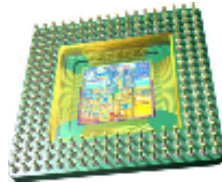


ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

**«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ
ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ»**



Σπουδαστής:

Μαυρομανωλάκης Γιώργος

Επιβλέπων καθηγητής:

Αντωνιδάκης Μανώλης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	IV
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	6
1.1 Τι είναι ένας μικροεπεξεργαστής;.....	6
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	8
1.2.1 Intel 4004	9
1.2.2 Intel 8008 – 8080	9
1.2.3 Motorola 6800.....	10
1.2.4 Zilog Z80.....	12
1.2.5 Texas Instruments TMS 9900	13
1.2.6 Intel 8086	13
1.2.7 AT&T Bell Labs BELLMAC 32A.....	15
1.2.8 Motorola MC68000.....	15
1.2.9 Intel 80286 / 80386 / 80486	16
1.2.10 Intel Pentium / Pro / II / III / IV / D	17
1.2.11 AMD K6 / Athlon / Athlon 64 / Phenom II	18
1.2.12 Intel Core 2 Duo / Quad-core / Atom / Core i7.....	21
1.3 Η χρήση των μικροεπεξεργαστών σήμερα.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	24
2.1 Η Αρχιτεκτονική των μικροεπεξεργαστών	24
2.2 Βασικές κατηγορίες μικροεπεξεργαστών.....	25
2.2.1 Μικροεπεξεργαστές CISC.....	26
2.2.2 Μικροεπεξεργαστές RISC.....	28
2.3 Περιφερειακά μικροεπεξεργαστών.....	30
2.3.1 Χρονιστές (Timers)	30
2.3.2 Βασικές λογικές πύλες	31
2.3.3 Μνήμες.....	34
2.3.4 Καταχωρητές.....	36
2.3.5 Συσκευές Προγραμματιζόμενης λογικής	38
2.4 Βασικά χαρακτηριστικά μικροεπεξεργαστών	39

2.4.1 Συχνότητα λειτουργίας μικροεπεξεργαστή	39
2.4.2 Μήκος λέξης μικροεπεξεργαστή	40
2.4.3 Το σετ εντολών ενός μικροεπεξεργαστή	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	44
3.1 Εταιρείες – Οικογένειες μικροεπεξεργαστών	44
3.1.1 Altera.....	45
3.1.2 ARM	45
3.1.3 Atmel.....	47
3.1.4 Freescale Semiconductor	47
3.1.5 IBM	48
3.1.6 Intel	49
3.1.7 Microchip Technologies.....	50
3.1.8 MIPS Technologies	51
3.1.9 SPARC	51
3.1.10 Texas Instruments	52
3.1.11 Xilinx	53
3.1.12 ZiLOG.....	53
3.2 Ανάλυση αγοράς	54
3.2.1 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Atmel.....	54
3.2.2 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Microchip Technologies.....	57
3.2.3 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Motorola	67
3.2.4 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Texas Instruments.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	92
4.1 Τιμές - Κοστολόγιο.....	92
4.2 Επιλογή καταλληλότερου μικροεπεξεργαστή.....	100
4.2.1 Κριτήρια επιλογής.....	100
4.2.2 Απαιτήσεις Συστήματος.....	102
4.2.3 Γενικά χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή.....	103
4.2.4 Το σετ εντολών του μικροεπεξεργαστή	103
4.2.5 Οριστικοποιώντας την επιλογή	104
4.3 Επίλογος	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Ένας σύγχρονος μικροεπεξεργαστής.....	6
Εικόνα 1.2 Ο μικροεπεξεργαστής 4004 της Intel.....	9
Εικόνα 1.3 Ο μικροεπεξεργαστής 8008 της Intel.....	10
Εικόνα 1.4 Ο μικροεπεξεργαστής 6800 της Motorola.....	11
Εικόνα 1.5 Ο μικροεπεξεργαστής Z80 της Zilog.....	12
Εικόνα 1.6 Ο μικροεπεξεργαστής TMS 9900 της Texas Instruments.....	13
Εικόνα 1.7 Ο μικροεπεξεργαστής 8086 της Intel.....	14
Εικόνα 1.8 Ο μικροεπεξεργαστής MC 6800 της Motorola.....	15
Εικόνα 1.9 Ο μικροεπεξεργαστής Pentium 4 της Intel.....	18
Εικόνα 1.10 Μικροεπεξεργαστής της σειράς K6 της AMD.....	19
Εικόνα 1.11 Ο μικροεπεξεργαστής Athlon της AMD.....	19
Εικόνα 1.12 Ο μικροεπεξεργαστής Athlon 64 της AMD.....	20
Εικόνα 2.1 Εσωτερική δομή ενός τυπικού μικροεπεξεργαστή.....	25
Εικόνα 2.2 Η μνήμη cache και η κύρια μνήμη.....	34
Εικόνα 2.3 Ο νόμος του Moore.....	41

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μικροεπεξεργαστές, στα 30 περίπου χρόνια εξέλιξής τους, πέρασαν από πολλά στάδια. Ο σχεδιασμός των πρώτων μικροεπεξεργαστών ήταν προσανατολισμένος στη δημιουργία απλών συστημάτων αυτομάτου ελέγχου και στη χρήση τους σε συσκευές, όπως εκτυπωτές, τερματικές συσκευές, αριθμομηχανές κ.ά. Στη συνέχεια οι σχεδιαστές μικροεπεξεργαστών στράφηκαν στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, τα οποία θα ήταν γενικού σκοπού και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές με τη βοήθεια συμπληρωματικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που κατασκευάζονταν ειδικά για κάθε εφαρμογή. Η εξέλιξη στο σχεδιασμό των μικροεπεξεργαστών δεν θα μπορούσε να είναι ανεξάρτητη από τις ανάγκες των χρηστών, με αποτέλεσμα σύγχρονες εφαρμογές όπως, π.χ. φορητές συσκευές, ή δικτυακές εφαρμογές με μετάδοση εικόνας και ήχου, να οδηγήσουν στην εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών. Απ' την άλλη, οι νέοι μικροεπεξεργαστές έδιναν τη δυνατότητα για την ανάπτυξη ακόμα πιο πολύπλοκων και "έξυπνων" συσκευών. Το παραπάνω γεγονός σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που έδωσε τη δυνατότητα για την ενσωμάτωση εκατομμυρίων τρανζίστορ μέσα σ' ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων και ισχυρών μικροεπεξεργαστών.

Σε αυτή την μελέτη παρουσιάζονται και συγκρίνονται σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές ως προς το κόστος κατασκευής, το κόστος λειτουργίας αλλά και ως προς την εφαρμογή την οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, με απώτερο σκοπό την κατάλληλη επιλογή.

SUMMARY

Microprocessors in the almost 30 years of their development, went through several stages. The design of the first microprocessor was oriented in the creation of simple control systems and their use in devices such as printers, terminals, calculators, etc. Thereafter, microprocessor designers have turned to the development of integrated circuits, which would be of general purpose and could be used in many applications through additional integrated circuits manufactured specifically for each application. Changes in the design of microprocessors could not have been separated from user needs, resulting in modern applications such as portable devices, or web applications which broadcast video and audio and lead to the development of microprocessors. On the other hand, the new chips made it possible to develop more sophisticated and "smart" devices. The above fact in conjunction with the development of technology for integrated circuits, which allowed for the integration of millions of transistors inside a chip, led to the development of new and powerful microprocessors.

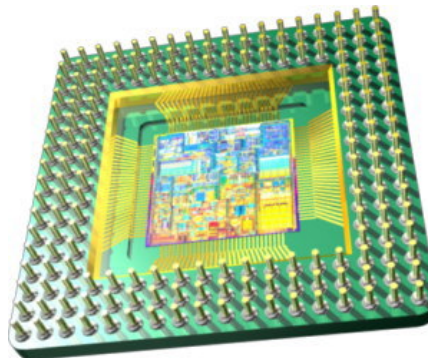
In this study are presented and compared synchronous microprocessors as far as construction, operating costs are concerned as well as the application which they will be used in order to lead to an appropriate choice.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Στο κεφάλαιο αυτό εισάγεται η έννοια του μικροεπεξεργαστή, δηλαδή γίνεται μια προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: *τι ακριβώς είναι και πως χρησιμοποιείται*. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή για την πορεία του μικροεπεξεργαστή από την δημιουργία του μέχρι τις μέρες μας, και τέλος, αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες εφαρμογές τις οποίες βρίσκει ένας μικροεπεξεργαστής σήμερα, καθώς επίσης, γίνεται σαφέστερη και η γενικότερη χρησιμότητά του.

1.1 Τι είναι ένας μικροεπεξεργαστής;

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ενός μικροεπεξεργαστή είναι ότι ολόκληρη η μονάδα επεξεργασίας περιέχεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (εικόνα 1.1). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα αποτελούνται από ένα κομμάτι ημιαγωγικού υλικού¹, πάνω στο οποίο έχει δημιουργηθεί το κύκλωμα, το οποίο επιθυμούμε, με τρανζίστορ (transistors), διόδους, αντιστάσεις και πυκνωτές. Το κομμάτι αυτό του πυριτίου προστατεύεται από πλαστικό ή κεραμικό περίβλημα, ενώ οι είσοδοι και οι έξοδοι του κυκλώματος καταλήγουν σε μεταλλικές επαφές εκτός περιβλήματος, που ονομάζονται ακροδέκτες (pins).



Εικόνα 1.1 Ένας σύγχρονος μικροεπεξεργαστής

¹ Ημιαγωγός είναι κάθε υλικό, όπως το γερμάνιο ή το πυρίτιο, που επιτρέπει να περνά το ηλεκτρικό φορτίο από μέσα του με κάποιες προϋποθέσεις, όπως είναι αύξηση της θερμοκρασίας ή η πρόσπτωση φωτός.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έγινε δυνατό να κατασκευαστούν χάρη σε πειραματικές ανακαλύψεις που έδειξαν ότι τα ημιαγώγιμα στοιχεία μπορούσαν να εκτελούν τις λειτουργίες των λυχνίων κενού. Η ολοκλήρωση (ενσωμάτωση) ενός μεγάλου αριθμού από μικροσκοπικά τρανζίστορ σε ένα λεπτό τσιπ αποτέλεσε μία πολύ σημαντική βελτίωση σε σχέση με χειροκίνητη συναρμολόγηση κυκλωμάτων με χρήση διακριτών ηλεκτρονικών στοιχείων. Η δυνατότητα μαζικής παραγωγής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, η αξιοπιστία που παρείχαν καθώς και η δυνατότητα προσθήκης περαιτέρω πολυπλοκότητας σε αυτά, συνέβαλαν στην ταχύτατη αντικατάσταση των λυχνίων κενού και των διακριτών κυκλωμάτων από αυτά.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα έχουν δύο κύρια πλεονεκτήματα έναντι των διακριτών κυκλωμάτων:

- Κόστος
- Απόδοση

Το **κόστος** είναι χαμηλό επειδή τα “τσιπ”, μαζί με όλα τα στοιχεία τους, τυπώνονται ενιαία σαν μία μονάδα με τη χρήση φωτολιθογραφίας, αντί να κατασκευάζεται το κάθε τρανζίστορ ξεχωριστά. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερα υλικά για να κατασκευαστεί ένα κύκλωμα ως “τσιπ”, παρά ως διακριτό κύκλωμα. Η **απόδοση** είναι υψηλή αφού τα στοιχεία μεταστρέφονται γρήγορα και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα αντίστοιχα των διακριτών κυκλωμάτων, επειδή τα στοιχεία είναι μικρά και κοντά το ένα στο άλλο.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των τρανζίστορ, που περιέχονται πάνω στην επιφάνεια του αγώγιμου υλικού. Σε γενικές γραμμές διαχωρίζονται ως εξής:

- Κυκλώματα μικρής κλίμακας ολοκλήρωσης (*Small Scale Integration* ή *SSI*), που περιέχουν μερικά μόνο τρανζίστορ.
- Κυκλώματα μεσαίας κλίμακας ολοκλήρωσης (*Medium Scale Integration* ή *MSI*), που περιέχουν από μερικές δεκάδες μέχρι εκατοντάδες τρανζίστορ.
- Κυκλώματα μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (*Large Scale Integration* ή *LSI*), που περιέχουν από μερικές εκατοντάδες έως χιλιάδες τρανζίστορ.
- Κυκλώματα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (*Very Large Scale Integration* ή *VLSI*), που περιέχουν από μερικές χιλιάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες τρανζίστορ.

- Κυκλώματα εξαιρετικά υψηλής κλίμακας ολοκλήρωσης (*Ultra Large Scale Integration* ή *ULSI*), που περιέχουν από ένα εκατομμύριο τρανζίστορ και πάνω.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

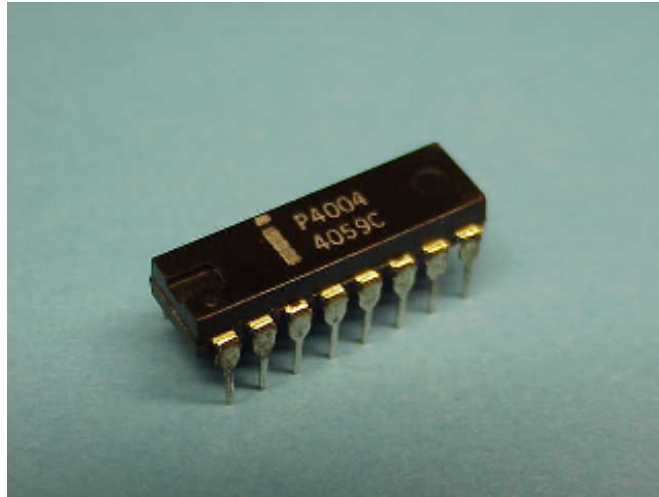
Καθώς οι υπολογιστές εξελίσσονταν, η ανάγκη να χρησιμοποιηθούν σε όσο το δυνατόν περισσότερες καθημερινές εφαρμογές γινόταν και πιο επιτακτική. Πολλές συσκευές, όπως ηλεκτρικές, συσκευές ελέγχου μηχανών, αλλά και συστήματα σηματοδότησης, θα μπορούσαν να γίνουν πολύ πιο αποδοτικές και λειτουργικές, εάν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν την «ευφυΐα» και την ευκολία, με την οποία κάνουν πράξεις οι υπολογιστές.

Το ζητούμενο λοιπόν, ήταν να κατασκευασθεί ένα σύστημα που να περιέχει τόσο τα κυκλώματα όσο και τη βασική λογική, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στο σύνολο των απαιτούμενων εφαρμογών. Με άλλα λόγια, η λύση θα ήταν ένας ολοκληρωμένος αυτοδύναμος υπολογιστής με τη μορφή ενός μοναδικού ολοκληρωμένου κυκλώματος, ο οποίος θα έπρεπε να είχε τη δυνατότητα αποθήκευσης προγραμμάτων και εκτέλεσης σύνθετων μαθηματικών πράξεων. Προφανώς, η κατασκευή ενός υπολογιστή πάνω σ' ένα μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα φαινόταν σαν μία μακρινή επιδίωξη, έως ότου τη λύση φάνηκε να δίνει η τεχνολογία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, εφόσον μπορούσαν πλέον να τοποθετηθούν χιλιάδες κυκλώματα πάνω σε μια πολύ μικρή επιφάνεια, δημιουργώντας έτσι έναν μικροεπεξεργαστή.

Ο τρόπος κατασκευής των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (CPU) άλλαξε σημαντικά στις αρχές της δεκαετίας του 70, όταν κατασκευάστηκαν οι πρώτοι επεξεργαστές από ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγάλης ολοκλήρωσης. Επειδή μειώθηκε το μέγεθός τους, οι νέοι επεξεργαστές ονομάστηκαν μικροεπεξεργαστές. Μέχρι τότε οι επεξεργαστές (ή πιο σωστά οι πλακέτες επεξεργασίας) αποτελούνταν από δεκάδες πύλες και περίπλοκα κυκλώματα τα οποία μετά από παρατεταμένη χρήση εξέπεμπαν θερμότητα, αλλά έπιαναν και πολύ χώρο.

1.2.1 Intel 4004

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής “Intel 4004” δημιουργήθηκε από τον Ted Hoff και το συνεργάτη του Stan Mazor το 1969 και παρουσιάστηκε το 1971 (εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 Ο μικροεπεξεργαστής 4004 της Intel

Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής², κατασκευασμένος από περίπου 2300 τρανζίστορ με συχνότητα ρολογιού 108 KHz. Επιπλέον, εκτελούσε 60.000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να δει 640 bytes μνήμης. Η αρχική του εφαρμογή ήταν η δημιουργία αριθμομηχανών. Τον Νοέμβριο του 1971, η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικροϋπολογιστή, το σύστημα MCS-4, για το οποίο χρησιμοποιήθηκε ο 4004, το 4001 ROM chip, το 4002 RAM chip και το 4003 shift register chip για σειριακή επικοινωνία. Ωστόσο, ενώ ο 4004 ήταν περιορισμένων δυνατοτήτων, θεωρήθηκε για την εποχή του τεχνολογικό αποκορύφωμα.

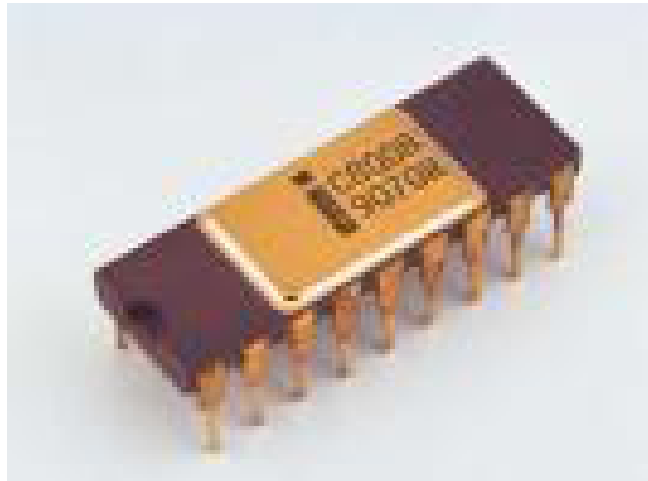
Ταυτόχρονα σχεδόν, αναπτύχθηκαν άλλοι δύο 4bit επεξεργαστές, ο TMS 100 της Texas Instruments και ο επεξεργαστής MP944, που χρησιμοποιήθηκε από το αμερικάνικο ναυτικό για τα μαχητικά αεροπλάνα

1.2.2 Intel 8008 – 8080

Η έλευση του 4004 οδήγησε γρήγορα στην παρουσίαση του 8bit μικροεπεξεργαστή, ο οποίος άνοιξε το δρόμο για την εποχή των προσωπικών

² 4bit επεξεργαστής: διάλογος δεδομένων πλάτους 4 bit, δηλαδή τόσα μόνα bit μπορεί να λαμβάνει κάθε φορά από τη μνήμη

υπολογιστών (Personal Computer - PC). Πρόκειται για τον 8008 (εικόνα 1.3), τον πρώτο 8bit μικροεπεξεργαστή παγκοσμίως. Οι εν λόγω μικροεπεξεργαστές, έδωσαν στη συνέχεια τη σκυτάλη στους πολύ επιτυχημένους Intel 8080, Zilog Z80, και τους ακόλουθους 8bit επεξεργαστές της Intel.



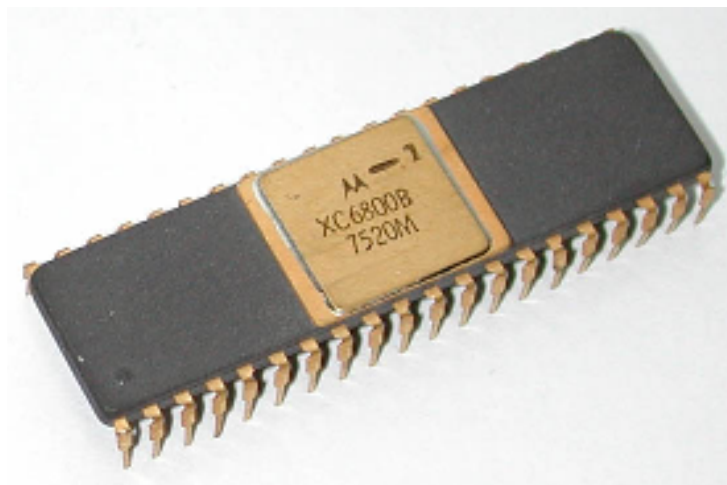
Εικόνα 1.3 Ο μικροεπεξεργαστής 8008 της Intel

Πιο συγκεκριμένα, τον Απρίλιο του 1974, η Intel παρουσιάζει τον 8080, έναν 8bit μικροεπεξεργαστή, συμβατό εν μέρει με τον 8008. Ο 8080 “έτρεχε” στα 2 MHz, μπορούσε να δει 64 Kbytes μνήμης και περιείχε 6.000 τρανζίστορ. Την ίδια χρονιά, η εταιρία Microcomputer Applications Associates υλοποιεί το λειτουργικό σύστημα CP/M για Intel 8080 συστήματα, το οποίο ήταν χρήσιμο για τον έλεγχο προγραμμάτων μικροϋπολογιστών. Λίγους μήνες μετά την παρουσίαση του 8080 το περιοδικό Popular Electronics δημοσιεύει άρθρο, που ανακοινώνει ότι ο υπολογιστής Altair 8800, σχεδιασμένος από τον Edward Roberts, χρησιμοποιεί τον μικροεπεξεργαστή Intel 8080 με 256 bytes RAM. Ο υπολογιστής αυτός σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της γλώσσας Micro-Soft Basic, από τον Bill Gates και τον Paul Allen, θεωρείται από πολλούς σαν "η ανάφλεξη της έκρηξης των προσωπικών υπολογιστών". Άλλος 8bit μικροεπεξεργαστής της Intel είναι ο 8085, που αποκαλύφθηκε το 1978 και ήταν πρόγονος του 16bit 8086.

1.2.3 Motorola 6800

Η επιτυχία γεννά τον ανταγωνισμό, με αποτέλεσμα τον Αύγουστο του 1974, η ανταγωνιστική εταιρεία Motorola να παρουσιάσει τον 6800, έναν πρώιμο 8bit

μικροεπεξεργαστή που χρησιμοποιήθηκε σε υπολογιστές, σε όλα τα ηλεκτρονικά pinball-παιχνίδια, καθώς και σε βιομηχανικές συσκευές ελέγχου (εικόνα 1.4). Είχε 4000 τρανζίστορ, 78 εντολές, σήμα χρονισμού στα 1 ή 2 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων. Για τους παραπάνω λόγους, η εταιρία MITS ξεκινά τη σχεδίαση ενός Altair βασισμένου στον εν λόγω μικροεπεξεργαστή, ώστε λίγο αργότερα να παρουσιαστεί ο υπολογιστής “Sphere I” με τα εξής χαρακτηριστικά: επεξεργαστή Motorola 6800, 4Kbytes RAM, πρόγραμμα ROM monitor, πληκτρολόγιο και διασύνδεση βίντεο.

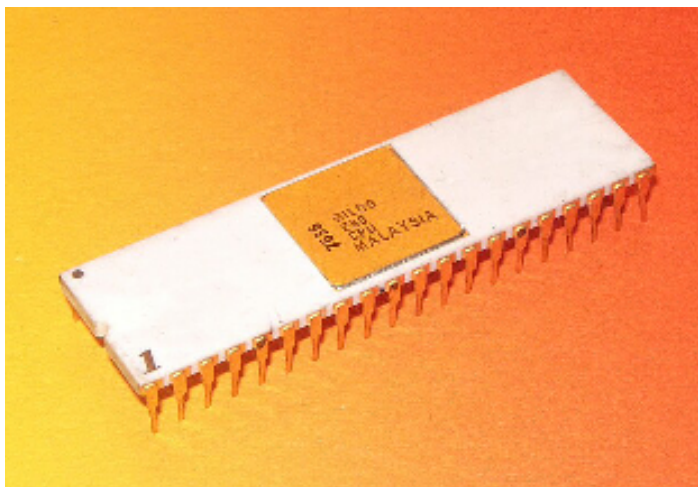


Εικόνα 1.4 Ο μικροεπεξεργαστής 6800 της Motorola

Το 1978, η Motorola ανέτρεψε ολόκληρο τον 8bit κόσμος με την εισαγωγή του 6809, ένα από τα πιο ισχυρά σχέδια μικροεπεξεργαστή και επίσης ένα από τον πιο σύνθετα σχέδια λογικής που έγιναν ποτέ στην παραγωγή οποιουδήποτε μικροεπεξεργαστή. Το 1975 βγήκε στην αγορά ο μικροεπεξεργαστής MOS Technology 6502, ο οποίος ήταν ένα αντίγραφο του 6800 της Motorola, αλλά αρκετά αλλαγμένος ώστε να μην υπάρχουν νομικά προβλήματα. Στο σύνολο εντολών οι δυο επεξεργαστές είχαν ομοιότητες, αλλά αντί για 16bit καταχωρητή ο 6502 χρησιμοποιούσε δυο 8bit καταχωρητές. Ο 6502 γνώρισε μεγάλη επιτυχία γεγονός που οφείλεται στην απλότητά του, αλλά κυρίως στην υψηλή αποδοτικότητά του και στην συγχρόνως χαμηλή του τιμή. Είχε 5000 τρανζίστορ, 56 εντολές, σήμα χρονισμού αρχικά 20 KHz μέχρι 4 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων.

1.2.4 Zilog Z80

Το 1975, ο Federico Faggin ιδρύει την εταιρία Zilog. Ένα χρόνο μετά την ίδρυσή της, η Zilog φτιάχνει τον Z80, έναν 8bit μικροεπεξεργαστή βασισμένο στον 8080, του οποίου η γλώσσα μηχανής είναι υπερσύνολο αυτής του Intel 8080 (εικόνα 1.5). Είχε σήμα χρονισμού στα 3.5 MHz με 16 bit πλάτος διαύλου διευθύνσεων, ενώ μπορούσε να δει 64 Kbytes μνήμης. Ο Z80 είχε μεγάλη δημοτικότητα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 80, καθώς επικεντρώθηκε στο χαμηλό κόστος σε συνδυασμό με τη μικρή συσκευασία.



Εικόνα 1.5 Ο μικροεπεξεργαστής Z80 της Zilog

Σημαντικό τεχνολογικό επίτευγμα αποτέλεσε και η κατασκευή του μικροεπεξεργαστή RCA(CDP)1802 της RCA, αφού χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των δορυφόρων Voyager και Viking, αλλά και του διαστημόπλοιου “Γαλιλαίος”. Ο συγκεκριμένος μικροεπεξεργαστής είχε πολύ μικρή κατανάλωση, ενώ η αρχιτεκτονική του ήταν διαφορετική από αυτή των κοινών 8bit μικροεπεξεργαστών. Ο 1802 υποστηρίζεται ότι είναι ο πρώτος ανθεκτικός σε ακτινοβολία μικροεπεξεργαστής, επειδή η διαδικασία παραγωγής του εξασφάλισε πολύ καλύτερη προστασία ενάντια στην κοσμική ακτινοβολία και τις ηλεκτροστατικές αποφορτίσεις από αυτή οποιοδήποτε άλλου επεξεργαστή της εποχής.

1.2.5 Texas Instruments TMS 9900

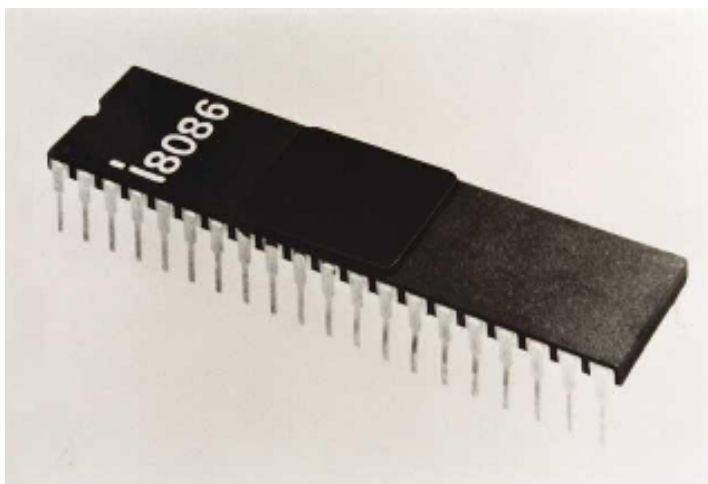
Ο πρώτος 16bit μικροεπεξεργαστής multi-chip ήταν ο IMP 16 της National, που εισήχθη στις αρχές του 1973. Δύο χρόνια αργότερα, η National εισήγαγε το πρώτο 16bit single-chip μικροεπεξεργαστή, τον PACE, ο οποίος ακολουθήθηκε αργότερα από μια NMOS έκδοση, το INS8900. Το 1976, εμφανίζεται ο TMS 9900 της Texas Instruments, ένας από τους πρώτους καθαρά 16bit μικροεπεξεργαστές (εικόνα 1.6). Ο TMS 9900 δεν είχε καθόλου εσωτερικούς καταχωρητές, εκτός από έναν που όριζε την θέση των καταχωρητών του στην RAM, όπου αποθηκεύονται. Η σχεδίαση επέτρεπε την ταχύτατη αλλαγή context, αφού για να αλλάξουν όλοι οι καταχωρητές και να κληθεί μια συνάρτηση, πρέπει να αλλάξει ο μοναδικός εσωτερικός καταχωρητής. Η συγκεκριμένη σχεδίαση είχε νόημα για την εποχή της, διότι η εσωτερική μνήμη ήταν πιο αργή από την εξωτερική.



Εικόνα 1.6 Ο μικροεπεξεργαστής TMS 9900 της Texas Instruments

1.2.6 Intel 8086

Η Intel επανέρχεται στο προσκήνιο αναβαθμίζοντας το σχέδιο του 8080 στον 16bit Intel 8086, το πρώτο μέλος της x86 οικογένειας που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι σύγχρονοι υπολογιστές (εικόνα 1.7). Ο 8086 είχε 10 φορές καλύτερη απόδοση από τον 8080. Η Intel εισήγαγε τον 8086 ως οικονομικός αποδοτικό τρόπο μεταφοράς του λογισμικού από τον 8080, κερδίζοντας έτσι την εμπιστοσύνη πολλών επιχειρήσεων.



Εικόνα 1.7 Ο μικροεπεξεργαστής 8086 της Intel

Ο 8086 είχε 29.000 τρανζίστορ, ταχύτητα λειτουργίας στα 10 MHz, ενώ χρησιμοποιούσε καταχωρητές των 16 bit και δίαυλο δεδομένων των 16 bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Τον Ιούνιο του 1979, αποκαλύφθηκε ο μικροεπεξεργαστής 8088, που ήταν μια παραλλαγή του 8086. Πρόκειται για έναν 16bit επεξεργαστή εσωτερικά, του οποίου ο εξωτερικός δίαυλος δεδομένων ήταν των 8 bits. Η σχεδίαση αυτή είχε σκοπό τη χρήση των υπάρχοντων 8bit controller chips για συσκευές. Ο 8088 περιείχε 29000 τρανζίστορς και μπορούσε να δει 1 Mbyte μνήμης. Μετά τον 8088 η Intel απελευθέρωσε τους 16bit μικροεπεξεργαστές 80186 και 80286, παγιώνοντας την κυριαρχία της στην αγορά προσωπικών υπολογιστών. Ο 80286 παρουσιάστηκε το 1982, και είχε συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 6 MHz και έπειτα στα 12 MHz. Ο ιστορικός αυτός μικροεπεξεργαστής ήταν μέλος της οικογένειας x86 και περιελάμβανε δίαυλο δεδομένων 16 bit, δίαυλο διευθύνσεων 24 bit. Επιπλέον, μπορούσε να δει μέχρι 16 MBytes μνήμης και περιείχε 130.000 τρανζίστορ.

Το 1979, η Zilog έστειλε δείγματα του 16bit μικροεπεξεργαστή της, του Z8000. Η αρχιτεκτονική σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τους Bernard Peuto και Masatoshi Shima. Ο Z8000 δεν ήταν συμβατός με τον Z80 και παρόλο που ο σχεδιασμός του ήταν πολύ καλός, δε χρησιμοποιήθηκε ευρέως, διότι έφθασε πάρα πολύ αργά στην αγορά, και έτσι εξαφανίστηκε γρήγορα.

1.2.7 AT&T Bell Labs BELLMAC 32A

Τα 16bit σχέδια ήταν στην αγορά μόνο για λίγο, όταν άρχισαν να εμφανίζονται οι πλήρεις 32bit εφαρμογές. Ο παγκόσμιος πρώτος single-chip 32bit μικροεπεξεργαστής ήταν ο BELLMAC 32A της AT&T Bell Labs, ο οποίος παρουσιάστηκε το 1980 και κυκλοφόρησε το 1982. Μετά από την αποστέρηση του AT&T το 1984 και την αλλαγή της επωνυμίας της εταιρίας, ο BELLMAC 32A μετονομάστηκε σε WE 32000 (WE είναι τα αρχικά της Western Electric). Η επόμενη γενιά μικροεπεξεργαστών που στηρίχτηκε στον WE 32000, είναι ο WE 32100 και ο WE 32200. Αυτοί οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιήθηκαν στους μίνι-υπολογιστές AT&T 3B5, 3B15 στο 3B2, τον πρώτο super microcomputer γραφείου. Όλα αυτά τα συστήματα έτρεξαν το αρχικό λειτουργικό σύστημα Unix των Bell Labs.

1.2.8 Motorola MC68000

Ο διασημότερος 32bit μικροεπεξεργαστής είναι ο MC68000 (εικόνα 1.8). Εισήχθη το 1979 και ήταν το πρώτο μέλος της οικογένειας m68k. Είχε 32bit καταχωρητές αλλά χρησιμοποίησε 16bit διαδρομές δεδομένων, καθώς και έναν 16bit εξωτερικό δίαυλο δεδομένων.



Εικόνα 1.8 Ο μικροεπεξεργαστής MC 6800 της Motorola

Η Motorola το χαρακτήριζε γενικά ως 16bit επεξεργαστή, αν και είχε 32bit αρχιτεκτονική. Ο 68000 έτρεχε στα 8MHz και είχε 68.000 τρανζίστορ. Ο συνδυασμός της υψηλής ταχύτητας, του μεγάλου χώρου αποθήκευσης (16 Mbyte) και του αρκετά χαμηλού κόστους τον έκανε τον δημοφιλέστερο μικροεπεξεργαστή της κατηγορίας του, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί στους υπολογιστές Apple Lisa και η Macintosh. Η επιτυχία της Motorola με τον 68000 οδήγησε στον σχεδιασμό του MC68010, ο οποίος πρόσθεσε την υποστήριξη της εικονικής μνήμης. Ο MC68020,

που εισήχθη το 1985, είχε 200.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 16 MHz. Τα 68020 έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή στη super microcomputer Unix αγορά, ενώ πολλές μικρές επιχειρήσεις, όπως η Altos, παρήγαγαν τα συστήματα desktop. Έπειτα, ακολούθησε ο MC68030, ο οποίος πρόσθεσε τη μονάδα διαχείρισης μνήμης (MMU) στο τσιπ. Η συνεχής επιτυχία οδήγησε στον 68040, ο οποίος περιέλαβε τη μονάδα υπολογισμού κινητής υποδιαστολής (FPU) για καλύτερη απόδοση. Ο 68050 δεν κατάφερε να επιτύχει τους στόχους απόδοσής του και έτσι δεν απελευθερώθηκε. Το ακόλουθο MC68060 απελευθερώθηκε την περίοδο που κυκλοφορούσαν ευρέως στην αγορά τα πολύ γρηγορότερα σχέδια RISC. Η οικογένεια m68k εξασθένησε από την αγορά υπολογιστών γραφείου στις αρχές της δεκαετίας του 90.

1.2.9 Intel 80286 / 80386 / 80486

Ο πρώτος 32bit μικροεπεξεργαστής της Intel ήταν το iAPX 432, ο οποίος εισήχθη το 1981 χωρίς να αποτελέσει εμπορική επιτυχία. Παρόλο που είχε μια προηγμένη αντικειμενοστραφή αρχιτεκτονική, η κακή απόδοσή της, σε σχέση με άλλες ανταγωνιστικές αρχιτεκτονικές όπως το Motorola 68000, ήταν καταδικαστική. Δούλευε στα 5, 7, και 8 MHz και είχε μέγιστη απόδοση 2.000.000 εντολές το δευτερόλεπτο. Τον Οκτώβριο του 1985, η Intel παρουσιάζει τον απόγονο του 80286 τον μικροεπεξεργαστή 80386 με συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 16 MHz. Ο συγκεκριμένος επεξεργαστής χρησιμοποιούσε καθαρούς 32bit καταχωρητές και 32bit διαύλους δεδομένων και διευθύνσεων. Δεχόταν μέχρι 4 Gbytes μνήμης, ενώ περιείχε 275.000 τρανζίστορ. Τα επιπλέον χαρακτηριστικά του 80386 ήταν η υποστήριξη πολυδιεργασίας (multitasking)³, το ενσωματωμένο κύκλωμα διαχείρισης και προστασίας της μνήμης (MNU), η υποστήριξη εικονικής μνήμης με δυνατότητα σελιδοποίησης (paging)⁴ και ο μεγάλος φυσικός γραμμικός χώρος διευθυνσιοδότησης. Για λόγους συμβατότητας με τους προηγούμενους επεξεργαστές, ο 80386 αναγκάζεται να προσφέρει μια κατάσταση συμβατότητας με τον 8088/8086, ονόματι Real Mode (πραγματική κατάσταση λειτουργίας). Το 1989, εμφανίζεται ο μικροεπεξεργαστής Intel 80486, ο οποίος είχε 1.200.000 τρανζίστορ και συχνότητα

³ Όταν ένα λειτουργικό σύστημα εκτελεί «ταυτόχρονα» περισσότερες από μια εργασίες. Οι εργασίες μπορεί να είναι προγράμματα αυτοτελή ή κομμάτια του ίδιου προγράμματος

⁴ Η κύρια μνήμη (χώρος φυσικών διευθύνσεων) είναι χωρισμένη σε ισομεγέθεις περιοχές γνωστές ως «πλαίσια σελίδων»

λειτουργίας 50 MHz. Στον 80486, που αποτελεί επίσης απόγονο του 80286, δεν προστέθηκαν περισσότεροι καταχωρητές, αλλά ορίστηκαν κάποια bits σε ορισμένους καταχωρητές, που δεν είχαν οριστεί στον 80386. Τη δεκαετία του έκαναν την εμφάνισή τους οι μικροεπεξεργαστές Intel Pentium, οι οποίοι αποτελούσαν τη συνέχεια του 80486 ενώ είχαν υπερβαθμωτή (superscalar) αρχιτεκτονική και 32bit δίαυλο δεδομένων.

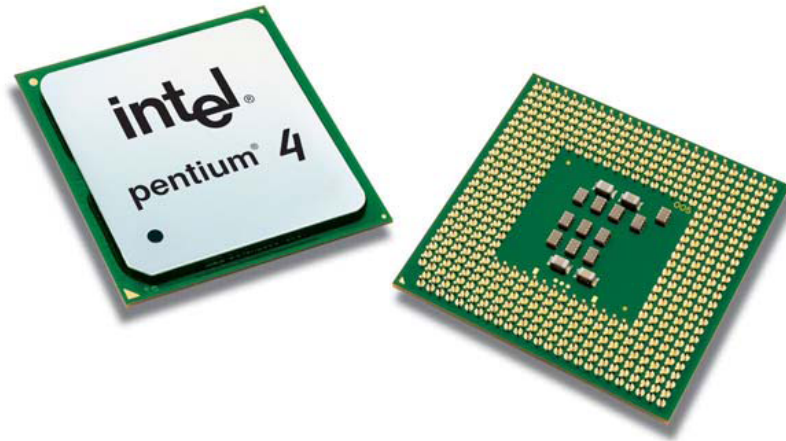
1.2.10 Intel Pentium / Pro / II / III / IV / D

Το 1993 εμφανίζεται ο Intel Pentium της οικογένειας P5, ο οποίος περιείχε 3.100.000 τρανζίστορ και λειτουργούσε στα 60 και 66 MHz. Το 1995, η Intel παρουσιάζει τον Pentium Pro, τον πρώτο στην οικογένεια των P6. Είχε 5.500.000 τρανζίστορ και ανήκε στην έκτη γενιά των επεξεργαστών της οικογένειας x86. Ο Pentium Pro είχε διαφορετική αρχιτεκτονική από αυτή του Pentium, ενώ ήταν μόνο κατά 20% ταχύτερος. Δύο χρόνια αργότερα, η Intel εισάγει τον μικροεπεξεργαστή Pentium II, έναν Pentium Pro με τεχνολογία *MMX*⁵ (MMX εντολές) για την υποστήριξη πολυμέσων. Η μικροαρχιτεκτονική του ήταν σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε η εκτέλεση του 32bit κώδικα της αρχιτεκτονικής της Intel να είναι γρήγορη και να μην απαιτεί επιπρόσθετη προσπάθεια του προγραμματιστή. Ο Pentium II είχε 7.500.000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του βρισκόταν στα 300 MHz. Το 1999, ακολούθησε ο Pentium III με 9.500.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 450 MHz (έφτασε και τα 1,13 GHz). Ο συγκεκριμένος μικροεπεξεργαστής ήταν ουσιαστικά ένας Pentium II εφοδιασμένος με *SSE* (Streaming SIMD Extensions). Οι νέες αυτές επεκτάσεις των SIMD εντολών είχαν ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση της απόδοσης των εφαρμογών σε σχέση με αυτή του Pentium II. Την επόμενη χρονιά, εμφανίστηκε ο Pentium IV (εικόνα 1.9). Ο επεξεργαστής αυτός ήταν σχεδιασμένος σύμφωνα με την μικροαρχιτεκτονική NetBurst⁶, η οποία αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί την τεχνολογική καρδιά του Pentium IV και διαφόρων παραλλαγών του. Με την συγκεκριμένη αρχιτεκτονική η Intel άγγιξε την κορυφή των GHz, όχι όμως και της απόδοσης, με την κυκλοφορία του

⁵Είναι μια τεχνολογία που αποσκοπεί στην επιτάχυνση των πολυμέσων και της επικοινωνίας, μέσω μιας σειράς οδηγιών πολυμέσων που είναι χτισμένο σε μικροεπεξεργαστές για να τους επιτρέψουν να χειρίζονται κοινές multimedia λειτουργίες όπως DSP, ή Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος.

⁶Ο Pentium 4 περιλαμβάνει την αρχιτεκτονική "Netburst", η οποία έχει σχεδιαστεί για να επιταχύνει εργασίες όπως η κρυπτογράφηση δεδομένων και η συμπίεση video

επεξεργαστή Pentium D, που είχε συχνότητα λειτουργίας τα 3,73 GHz. Εκεί ήρθε το τέλος για την NetBurst. Ο Pentium D ήταν και ο τελευταίος μικροεπεξεργαστής της σειράς Pentium, η οποία σταμάτησε να κυκλοφορεί το 2008.



Εικόνα 1.9 Ο μικροεπεξεργαστής Pentium 4 της Intel

Από τις αρχές του 1998 η Intel αντιμετώπιζε δυσκολίες με τον Pentium II, καθώς ήταν πολύ ακριβός. Για αυτό το λόγο, δημιούργησε ένα καινούριο επεξεργαστή, που ονομάστηκε Celeron. Ο Celeron είχε πιο προσιτή τιμή, αλλά δεν μπορούσε να λειτουργήσει σε πολύ υψηλές συχνότητες. Με βάση αυτόν τον επεξεργαστή κατασκευάστηκαν εκδόσεις των Pentium II, Pentium III, Pentium IV και Pentium M. Την ίδια χρονιά με την παρουσίαση του Pentium II Celeron, η Intel παρουσίασε άλλον ένα νέο Pentium II επεξεργαστή που ονομάστηκε Xeon. Έπειτα, ακολούθησαν και άλλες εκδόσεις του επεξεργαστή Xeon.

1.2.11 AMD K6 / Athlon / Athlon 64 / Phenom II

Από την αντίπερα όχθη, η εταιρεία AMD (Advanced Micro Devices) ήταν για καιρό γνωστή ως παροχέας επεξεργαστών χαμηλής απόδοσης σε υπολογιστές χαμηλού κόστους. Το 1997, η AMD μπήκε δυναμικά στην αγορά των μικροεπεξεργαστών παρουσιάζοντας τους επεξεργαστές της σειράς K6, οι οποίοι ήταν εφάμιλλοι αυτών της Intel σε τιμή και επιδόσεις (εικόνα 1.10).



Εικόνα 1.10 Μικροεπεξεργαστής της σειράς K6 της AMD

Η RISC86 μικροαρχιτεκτονική προσδιόριζε τα χαρακτηριστικά της οικογένειας K6. Με τον επεξεργαστή K6-III, η AMD πέρασε πρώτη το φράγμα των 600 MHz, διεκδικώντας τον τίτλο του ταχύτερου επεξεργαστή για πρώτη φορά στους προσωπικούς υπολογιστές. Το 1999, η AMD προώθησε την καινούρια οικογένεια μικροεπεξεργαστών Athlon (εικόνα 1.11). Ο Athlon Classic, που αποτελεί τον πρώτο επεξεργαστή της σειράς και μεγάλο ανταγωνιστή των Pentium, εισήγαγε την έβδομη γενιά επεξεργαστών της οικογένειας x86.



Εικόνα 1.11 Ο μικροεπεξεργαστής Athlon της AMD

Αν και οι πρώτοι 64bit επεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές του 1990, άρχισαν να εφαρμόζονται στους υπολογιστές γραφείου το 2003. Μέχρι το 2003, οι 64bit επεξεργαστές απευθύνονταν αποκλειστικά στην αγορά των ακριβών σταθμών εργασίας και των διακομιστών. Στην ευρεία αγορά, τον Σεπτέμβριο του 2003 πρώτη η AMD εισήγαγε τον Athlon 64, “την καλύτερη καινοτομία στους επεξεργαστές για το έτος 2003”, όπως χαρακτηρίστηκε (εικόνα 1.12). Έπειτα, ακολούθησε η Intel με τον Intel 64. Και οι δύο επεξεργαστές μπορούσαν να τρέξουν την κληρονομιά των 32bit εφαρμογών καθώς επίσης και το νέο λογισμικό 64bit. Ένας 64bit υπολογιστής μπορεί να κάνει μαθηματικές πράξεις με μεγαλύτερους αριθμούς και να είναι πολύ πιο αποτελεσματικός με μικρότερους αριθμούς σε σχέση με έναν 32bit. Για αυτό το λόγο,

πολλοί υποστηρίζουν ότι μόνο τα ακαδημαϊκά ιδρύματα και οι ιδιωτικές εταιρίες μπορούν να ωφεληθούν από τις επιδόσεις ενός 64bit επεξεργαστή, καθώς μόνο εκεί απαιτούνται μεγάλοι υπολογισμοί, γρήγορες προσβάσεις σε μεγάλες βάσεις δεδομένων αλλά και επίλυση σύνθετων προβλημάτων.



Εικόνα 1.12 Ο μικροεπεξεργαστής Athlon 64 της AMD

Ο Athlon 64 σχεδιάστηκε σύμφωνα με την αρχιτεκτονική AMD64, διαφοροποιήθηκε ωστόσο σε ορισμένα σημεία προκειμένου να μειωθεί το κόστος του. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του Athlon 64 είναι και η τεχνολογία Cool'n'Quiet την οποία ενσωματώνει, με αποτέλεσμα να εξοικονομεί ενέργεια. Το 2005, η AMD ανακοίνωσε τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Opteron για servers και workstations, καθώς και τους διπλοπύρηνους επεξεργαστές Athlon 64 για προσωπικούς υπολογιστές. Στην ουσία, οι διπλοπύρηνιοι Athlon 64 ήταν δύο Athlon 64 ενωμένοι μεταξύ τους με την αρχιτεκτονική Direct Connect.

Τον Φεβρουάριο του 2009, η AMD παρουσίασε τον τετραπύρηνιο επεξεργαστή Phenom II με το κωδικό όνομα Deneb. Σύμφωνα με την εταιρία, οι εκπληκτικές ικανότητες του νέου επεξεργαστή όσον αφορά στον υπερχρονισμό, οφείλονται στην ανανεωμένη και αρχιτεκτονικά βελτιωμένη κατασκευή του Phenom II συγκριτικά με την πρώτη έκδοση του επεξεργαστή που κυκλοφόρησε στα τέλη του 2007. Ο νέος αυτός επεξεργαστής αποτελεί ένα από τα τρία βασικά συστατικά της πλατφόρμας Dragon. Οι πιο πρόσφατοι επεξεργαστές της AMD ανακοινώθηκαν τον Ιούλιο. Συγκεκριμένα η εταιρία ενημέρωσε για τη διάθεση πέντε νέων εξαπύρηνων επεξεργαστών Istanbul, με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά στην

απόδοση, τα καινούργια μοντέλα δεν καταφέρνουν να φτάσουν τους Xeon E5504 και E5520 της Intel.

1.2.12 Intel Core 2 Duo / Quad-core / Atom / Core i7

Το 2006, η Intel ανακοίνωσε δέκα νέους επεξεργαστές που στηρίζονταν στην τεχνολογία Intel Core 2 Duo και Intel Core 2 Extreme. Οι συγκεκριμένοι επεξεργαστές ήταν ιδανικοί για οικιακούς και επιχειρηματικούς, επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές και για σταθμούς εργασίας. Η νέα αυτή σειρά επεξεργαστών έθεσε νέα δεδομένα σε θέματα απόδοσης, εμφάνισης και κατανάλωσης των υπολογιστών ενώ παράλληλα, άλλαξε ριζικά τον τρόπο χρήσης τους. Η οικογένεια επεξεργαστών Intel Core 2 Duo στηρίζεται στην μικροαρχιτεκτονική Intel Core, η οποία παρέχει ισχυρή απόδοση με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη χρήση των δυο πυρήνων οι επεξεργαστές Intel Core 2 Duo μπορούν να διαχειριστούν πολλές εργασίες ταχύτερα, καθώς επίσης και να λειτουργήσουν πιο ομαλά όταν τρέχουν πολλαπλές εφαρμογές. Επιπλέον, βελτιώνουν εργασίες όπως η αναπαραγωγή βίντεο υψηλής ευκρίνειας, η προστασία του υπολογιστή και των στοιχείων του και η βελτιωμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας για κομψότερους και ελαφρύτερους φορητούς υπολογιστές. Ο Intel Core 2 Extreme Quad-Core είναι ένας εξαιρετικά γρήγορος τετραπύρηνος επεξεργαστής, η τιμή του οποίου είναι αρκετά υψηλή. Το 2008, κυκλοφόρησε ο Atom, ο μικρότερος σε μέγεθος επεξεργαστής της Intel που υλοποιήθηκε με τα μικρότερα τρανζίστορ του κόσμου. Δημιουργήθηκε ως μία εντελώς νέα σχεδίαση, ειδικά για φθηνές συσκευές, όπως πολύ μικρά notebooks και φορητές συσκευές με πρόσβαση στο Internet. Για τη σχεδίαση του Atom χρησιμοποιήθηκε η μικροαρχιτεκτονική Core, η ίδια δηλαδή τεχνολογία με την οποία η Intel κατασκευάζει τους γνωστούς Core 2 Duo επεξεργαστές για επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές. Την ίδια χρονιά η Intel ανακοίνωσε τη νέα σειρά επεξεργαστών της με το όνομα Core i7. Η νέα αρχιτεκτονική στην οποία βασίζονται οι Core i7 είναι ριζικά διαφορετική από οτιδήποτε έχει επιδείξει η Intel μέχρι σήμερα. Ο Intel Core i7, δεν είναι απλά ένας νέος επεξεργαστής, αλλά μία ολόκληρη νέα πλατφόρμα η οποία επεκτείνεται σε όλα τα μέρη του υπολογιστή. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- Ενσωμάτωση τεσσάρων διακριτών πυρήνων, πλήρης έλεγχος σε καθέναν από αυτούς.

- Ενσωμάτωση του ελεγκτή μνήμης εντός του επεξεργαστή, με αποτέλεσμα πολύ καλύτερη και αποδοτικότερη επικοινωνία επεξεργαστή και μνήμης.
- Υποστήριξη δύο ή περισσότερων καρτών γραφικών στο ίδιο σύστημα.
- Συχνότητες των 2,66 GHz και 2,93 GHz.

Ο Core i7 αναμένεται να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο, αφού η Intel έχει προγραμματίσει στα τέλη του 2009 την κυκλοφορία ενός νέου επεξεργαστή, τον 960, ο οποίος θα έχει συχνότητα 3,2 GHz.

Οι μικροεπεξεργαστές συνεχίζουν να εξελίσσονται με αμειώτους ρυθμούς, καθώς οι κατασκευαστές των μικροεπεξεργαστών εργάζονται πυρετωδώς, ώστε να κερδίσουν έδαφος έναντι του μεγάλου ανταγωνισμού που υπάρχει. Η Intel και η AMD, που έχουν κυριαρχήσει στην αγορά, συνεχώς ανακοινώνουν καινούργια προϊόντα με αποτέλεσμα να αναμένουμε την κυκλοφορία εξαπύρηνων και οχταπύρηνων επεξεργαστών. Η συνεχής βελτίωση των επιδόσεων έχει οδηγήσει στην μαζική κυκλοφορία νέων εκδόσεων μικροεπεξεργαστών. Έτσι στα επόμενα χρόνια περιμένουμε να δούμε νέες τεχνολογικές ανακαλύψεις να ενσωματώνονται σε αυτούς και να αποκτούν ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες επεξεργασίας. Ταυτόχρονα η χρήση τους θα επεκτείνεται σε όλο και περισσότερες εφαρμογές, κάνοντας τη ζωή μας πιο εύκολη.

1.3 Η χρήση των μικροεπεξεργαστών σήμερα

Η ανάγκη να κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη αποτέλεσε το βασικό στόχο για τους κατασκευαστές συστημάτων να μας προσφέρουν έξυπνες συσκευές με πολλές δυνατότητες και με μικρό μέγεθος. Κλασικό παράδειγμα είναι οι κατασκευαστές αυτοκινήτων. Θέλοντας να κάνουν όλο και πιο ξεκούραστη και πιο ασφαλή την οδήγηση, ανέπτυξαν διάφορα συστήματα ελέγχου της οδικής συμπεριφοράς. Οι μικροεπεξεργαστές τους έδωσαν τα μέσα για να το πετύχουν χωρίς επιβάρυνση σε όγκο ή βάρος. Άλλο παράδειγμα είναι τα σύγχρονα αυτοκίνητα, όπου μπορούν να ελέγχουν τη συμπεριφορά τους στο δρόμο και να απελευθερώνουν τους τροχούς, όταν αυτοί μπλοκάρουν (σύστημα ABS). Χρησιμοποιώντας αισθητήρες στους τροχούς

(αποτελεί την είσοδό μας προς το μικροεπεξεργαστή), ο μικροεπεξεργαστής γνωρίζει πότε αυτοί περιστρέφονται και πότε όχι. Στη δεύτερη περίπτωση οι διατάξεις ελέγχου των τροχών απελευθερώνουν τα φρένα (αυτό είναι και η έξοδος του μικροεπεξεργαστή).

Σήμερα, μικροεπεξεργαστές περιέχονται σχεδόν σε κάθε ηλεκτρονική συσκευή. Υπολογιστές, και κάθε άλλη υπολογιστική μηχανή όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (PDAs), φορητοί υπολογιστές (laptops), υπολογιστές παλάμης (palmtops), ψηφιακές βίντεο κάμερες, ψηφιακές κάμερες, κλπ. Οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούνται επίσης και σε πολλά αυτοκίνητα ή μεταφορικά μέσα γενικότερα, σε οικιακές συσκευές όπως σε πλυντήρια, σε ψυγεία, σε φούρνους ακόμα και σε μηχανές του καφέ. Βασικά, σχεδόν κάθε ηλεκτρονική συσκευή, ή συσκευή που χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά, περιέχει κάποια μορφή ενός μικροεπεξεργαστή.

Το μέγεθος των συσκευών που χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές επεκτείνεται ακόμα και στις συσκευές εκείνες που ήταν παλιότερα καθαρά ηλεκτρικές, ή ηλεκτρομηχανικές, συσκευές όπως οι διακόπτες για φως ή σε λάμπες φωτισμού. Επίσης τεχνολογίες όπως ο έλεγχος «έξυπνων σπιτιών», έκανε αυτές τις συσκευές να αναπτυχθούν σε έξυπνες, υπολογιστικές ηλεκτρονικές συσκευές όπου κατέχουν κάποια νοημοσύνη (με την έννοια ενός μικροεπεξεργαστή πάντα), και να επικοινωνούν μέσω άλλων τεχνολογιών όπως το διαδίκτυο με τον ίδιο τρόπο όπως επικοινωνεί ένας υπολογιστής με έναν ιστοχώρο μέσω ίντερνετ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

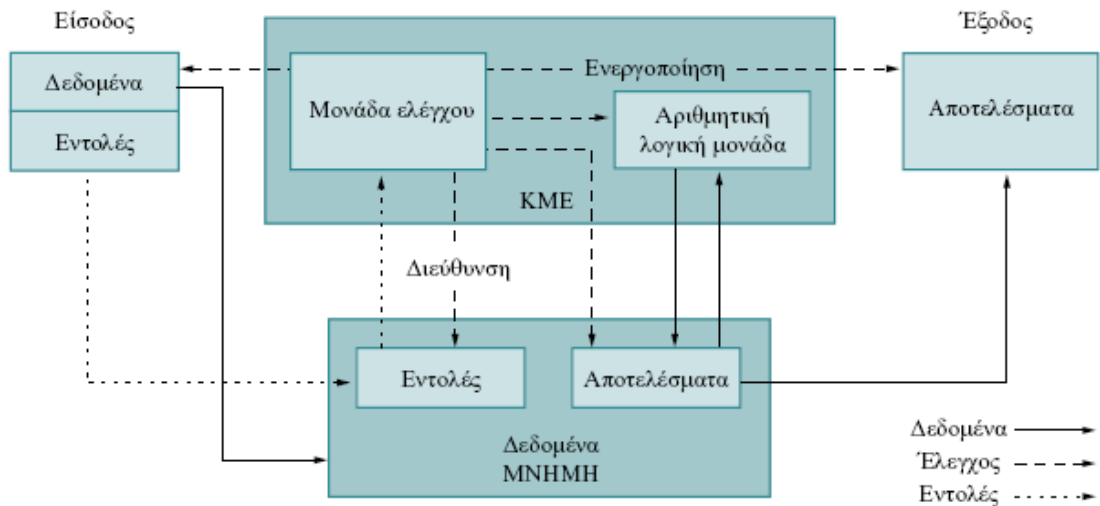
Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι δυο βασικές κατηγορίες των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών με βάση την αρχιτεκτονική τους, οι *CISC* (Complex Instruction Set Computer) και *RISC* (Reduced Instruction Set Computer). Επίσης, γίνεται μια σύντομη περιγραφή για τα είδη των περιφερειακών μονάδων που συνυπάρχουν σε ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα (chip) με τον μικροεπεξεργαστή και πως αυτά χρησιμοποιούνται. Τέλος, παρουσιάζονται τα διάφορα βασικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών.

2.1 Η Αρχιτεκτονική των μικροεπεξεργαστών

Ο μικροεπεξεργαστής (microprocessor) είναι αυτός που ρυθμίζει όλες τις ενέργειες που επιτελούνται στο μικροϋπολογιστικό σύστημα, καθώς επίσης καθορίζει τη σειρά εκτέλεσης των εντολών. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εντολών συντονίζει τη μεταφορά των δεδομένων από τις εισόδους προς αυτόν και προς την κύρια μνήμη και επεξεργάζεται τα δεδομένα σύμφωνα με το πρόγραμμα επεξεργασίας του μικροϋπολογιστικού συστήματος ώστε να ανταποκρίνονται στη ζητούμενη εφαρμογή. Επίσης κατευθύνει τη μεταφορά δεδομένων από τον ίδιο ή από την κύρια μνήμη προς τις εξόδους του.

Οι μικροεπεξεργαστές αποτελούνται βασικά από τρία τμήματα (εικόνα 2.1), τα οποία συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους:

1. Αριθμητική και λογική μονάδα (arithmetic and logic unit, ALU)
2. Μονάδα ελέγχου (control unit, CU)
3. Καταχωρητές (registers)



Εικόνα 2.1 Εσωτερική δομή ενός τυπικού μικροεπεξεργαστή

Η εκτέλεση των διαφόρων λογικών και αριθμητικών πράξεων, που απαιτούνται από το σύνολο εντολών ενός μικροεπεξεργαστή, πραγματοποιείται στο τμήμα, που καλείται *αριθμητική και λογική μονάδα* (ALU).

Η *μονάδα ελέγχου* είναι το κατευθυντήριο κέντρο του μικροεπεξεργαστή και παρέχει τις λειτουργίες χρονισμού, αποκωδικοποίησης και ενεργοποίησης για όλα τα τμήματα του μικροϋπολογιστικού συστήματος. Η βασική πηγή για όλα τα σήματα ελέγχου, που κατευθύνουν τις συσκευές του συστήματος, είναι το ρολόι το οποίο παράγει σήματα χρονισμού και ελέγχου που ρυθμίζουν τις μεταφορές δεδομένων και τις πράξεις που περιλαμβάνονται σε κάθε εντολή.

Οι *καταχωρητές* (registers) είναι απαραίτητοι για την αποθήκευση προσωρινών αποτελεσμάτων ή δεδομένων, που χρησιμοποιεί συχνά ο μικροεπεξεργαστής (microprocessor). Ανάμεσα στα διάφορα χαρακτηριστικά που έχει ένας μικροεπεξεργαστής, στα οποία θα αναφερθούμε αργότερα, είναι και το σετ των εντολών το οποίο διαθέτει.

2.2 Βασικές κατηγορίες μικροεπεξεργαστών

Με τον όρο *σετ εντολών* (instruction set) ενός μικροεπεξεργαστή, αναφερόμαστε στις εντολές που μπορεί να εκτελέσει. Το σετ εντολών ενός μικροεπεξεργαστή είναι σημαντικός παράγοντας για να αποφασίσει κανείς αν είναι

κατάλληλος για να χρησιμοποιηθεί σε μια εφαρμογή. Για παράδειγμα, σε μια εφαρμογή ψηφιακής επεξεργασίας της ανθρώπινης φωνής, ο μικροεπεξεργαστής θα πρέπει να διαθέτει εντολές που εκτελούν γρήγορα μαθηματικές πράξεις. Αντιθέτως, για να χρησιμοποιηθεί ένας μικροεπεξεργαστής σε μια εφαρμογή όπως η μεταγωγή κλήσεων σε ένα ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο, πρέπει να διαθέτει εντολές για γρήγορη μεταφορά δεδομένων από τη μνήμη και τις περιφερειακές μονάδες.

Επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό των εντολών ενός μικροεπεξεργαστή είναι η *συμβατότητα* με παλαιότερους μικροεπεξεργαστές. Η πείρα έδειξε ότι ένας νέος μικροεπεξεργαστής είναι καλό να μπορεί να εκτελεί προγράμματα που εκτελούνταν σε παλαιότερους μικροεπεξεργαστές. Δηλαδή το σετ εντολών ενός νέου μικροεπεξεργαστή, θα πρέπει να περιέχει όλες τις εντολές του προηγούμενου μικροεπεξεργαστή της ίδιας εταιρείας. Με αυτόν τον τρόπο, τα προγράμματα που έχουν γραφτεί για ένα παλαιότερο μικροεπεξεργαστή δε χρειάζεται να ξαναγραφτούν από την αρχή.

Με κριτήριο το μέγεθος του σετ εντολών, οι μικροεπεξεργαστές διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

1. Μικροεπεξεργαστές διευρυμένου σετ εντολών
(CISC - Complex Instruction Set Computers)
2. Μικροεπεξεργαστές μειωμένου σετ εντολών
(RISC - Reduced Instruction Set Computers)

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μικροεπεξεργαστές, όπου το μεγαλύτερο βάρος της επεξεργασίας δεδομένων το χειρίζεται κυρίως η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστικού συστήματος (αυτόνομοι), ενώ αντίθετα στην δεύτερη, ο φόρτος επεξεργασίας κατανέμεται και στα γύρω περιφερειακά (μνήμες, καταχωρητές, κ.λ.π.) πέρα από το μικροεπεξεργαστή.

2.2.1 Μικροεπεξεργαστές CISC

Το σετ εντολών ενός μικροεπεξεργαστή διευρυμένου σετ εντολών (CISC) είναι σαφές ότι περιλαμβάνει πιο πολύπλοκες εντολές, επομένως μπορεί με λιγότερες εντολές να εκτελέσει πιο πολύπλοκες διαδικασίες. Οι μικροεπεξεργαστές που σχεδιάζονταν αρχικά ανήκαν στην κατηγορία αυτή. Έτσι, οι σχεδιαστές προσπαθούσαν να σχεδιάσουν μικροεπεξεργαστές που να μπορούν να εκτελέσουν όλο και πιο πολύπλοκες εντολές, με αποτέλεσμα να είναι και πιο “ισχυροί”.

Ένας μικροεπεξεργαστής CISC έχει τις περισσότερες από τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Οι περισσότερες εντολές (σύνθετες) χρειάζονται πάνω από ένα κύκλο του ρολογιού για να εκτελεστούν
- Όλες οι εντολές αναφέρονται στην μνήμη
- Μεγάλο πλήθος εντολών
- Πλουσιότερο σετ εντολών, κάποιες απλές, και οι περισσότερες πολύ πολύπλοκες
- Μεγάλος αριθμός τύπων διευθυνσιοδότησης
- Οι εντολές επικοινωνούν με την μνήμη με διάφορους μηχανισμούς με πολύπλοκες τεχνικές διευθυνσιοδότησης
- Δεν υπάρχει διοχέτευση (Pipeline)⁷ ή υπάρχει χαμηλό επίπεδο αυτής
- Εντολές μεταβλητής μορφής και μήκους πολλές αναφορές στη μνήμη
- Ένα σύνολο καταχωρητών
- Υπάρχει συμβατότητα με προηγούμενες οικογένειες μικροεπεξεργαστών
- Λειτουργούν καλύτερα με απλούς μεταγλωττιστές

Μια οικογένεια μικροεπεξεργαστών με CISC αρχιτεκτονική με μεγάλη κατανάλωση στην αγορά έγινε η οικογένεια της Intel x86. Τυπικά, τα «τσιπ» αρχιτεκτονικής CISC έχουν μεγάλο πλήθος από διαφορετικές και σύνθετες εντολές. Η αρχιτεκτονική αυτή ασπάζεται την άποψη ότι το υλικό (hardware) είναι πιο γρήγορο από το λογισμικό (software), επομένως θα πρέπει να υποστηρίζει ένα πολύ δυνατό σετ εντολών, το οποίο θα παρέχει στους σχεδιαστές εντολές συμβολικής γλώσσας μηχανής (assembly instructions), με τις οποίες θα μπορούν να κάνουν αρκετά, ακόμα και με μικρά προγράμματα (κώδικα). Πάντως, τα τσιπ CISC είναι σχετικά αργά ανά εντολή σε σύγκριση με τα τσιπ RISC, αλλά χρησιμοποιούν λιγότερες εντολές από αυτά των RISC.

Με την πάροδο όμως του χρόνου και ύστερα από μελέτες, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: πρώτον, ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος του σετ εντολών ενός μικροεπεξεργαστή, τόσο πιο πολύπλοκη είναι η σχεδίασή του, συνεπώς τόσο

⁷ Οι παλαιότεροι επεξεργαστές εκτελούσαν τις εντολές τελείως σειριακά, η πρώτη εντολή ξεκινούσε την εκτέλεση, ολοκληρώνονταν και μετά άρχιζε να εκτελείται η επόμενη. Το πρώτο βήμα της εκτέλεσης μιας εντολής εκτελείται και όταν η εντολή περάσει στο επόμενο βήμα, αρχίζει μια καινούρια εντολή. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *διοχέτευση*, η οποία οδηγεί σε δραματική αύξηση της απόδοσης του συστήματος

περισσότερο καθυστερεί η εκτέλεση κάθε εντολής, και δεύτερον, κατά την εκτέλεση ενός τυπικού προγράμματος, μόνο ένα μικρό μέρος των εντολών χρησιμοποιείται συχνά, ενώ το μεγαλύτερο πλήθος των (σύνθετων συνήθως) εντολών χρησιμοποιείται σπάνια.

Μια νέα αντίληψη λοιπόν ξεκίνησε ως προς την κατεύθυνση της σχεδίασης των μικροεπεξεργαστών. Στην κατεύθυνση αυτή άρχισαν να σχεδιάζονται μικροεπεξεργαστές με όσο το δυνατό μικρότερο σύνολο εντολών, κάθε μια από τις οποίες εκτελείται όσο το δυνατό πιο γρήγορα. Έτσι, η σχεδίαση του μικροεπεξεργαστή απλοποιείται σημαντικά, και κάθε εντολή μπορεί να εκτελεστεί πολύ πιο γρήγορα από ότι μια εντολή ενός μικροεπεξεργαστή διευρυμένου σετ εντολών. Οι μικροεπεξεργαστές που σχεδιάστηκαν με την φιλοσοφία αυτή είναι οι μικροεπεξεργαστές μειωμένου σετ εντολών (Reduced Instruction Set Computers, RISC).

2.2.2 Μικροεπεξεργαστές RISC

Για την ακρίβεια οι μικροεπεξεργαστές RISC όπως είναι οι RISC I και RISC II κατασκευάστηκαν στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Berkeley και ο MIPS από το πανεπιστήμιο του Stanford έχουν τις περισσότερες από τις ακόλουθες κοινές ιδιότητες :

- Οι εντολές εκτελούνται σε ένα κύκλο του ρολογιού (εκτός από τις Load και Store)
- Μόνο οι εντολές Load και Store αναφέρονται στη μνήμη
- Σταθερό και μικρό πλήθος εντολών
- Ένα και μοναδικό σχήμα εντολής
- Μικρός αριθμός μεθόδων διευθυνσιοδότησης
- Οι εντολές εκτελούνται από το υλικό
- Υψηλό επίπεδο διοχέτευσης (Pipeline)
- Εντολές σταθερού μήκους και μορφής με μόνο μια αναφορά στη μνήμη
- Πολλά σύνολα καταχωρητών
- Η πολυπλοκότητα μεταφέρεται στον μεταγλωττιστή

Επίσης, περισσότερες ιδέες έχουν προστεθεί στην σύγχρονη τεχνολογία των RISC μικροεπεξεργαστών, συμπεριλαμβανομένων και των παρακάτω :

- Υπερβαθμωτές (Superscalar)⁸ αρχιτεκτονικές
- Δυνατότητα εκτέλεσης εκτός σειράς (out-of-order) των εντολών
- Μεγάλο αριθμό καταχωρητών
- Καλύτερες επιδόσεις με προγράμματα με πράξεις κινητής υποδιαστολής (floating point)⁹ σε σχέση με αυτά που βασίζονται σε πράξεις ακίνητης υποδιαστολής (integer).

Η ουσία λοιπόν της αρχιτεκτονικής RISC είναι ότι επιτρέπει την εκτέλεση περισσότερων εντολών παράλληλα και σε υψηλότερη κλίμακα από ότι με αυτή της αρχιτεκτονικής CISC κατέχοντας περίπου την ίδια πολυπλοκότητα κατασκευής. Η RISC αρχιτεκτονική όχι μόνο βελτιώνει τον παραλληλισμό με την διοχέτευση, αλλά κάνει την υπερβαθμωτή οργάνωση (superscalar) αλλά και την δυνατότητα εκτέλεσης εντολών εκτός σειράς (out-of-order) πλέον εφικτή.

Παλιότερα κοντά στο τέλος της δεκαετίας του 80, η μάχη μεταξύ των αρχιτεκτονικών RISC και CISC ήταν κυρίως σε όχι-Intel και Intel x86 αντίστοιχα, ενώ φαινόταν ότι η RISC είχε το προβάδισμα, μέχρι την εμφάνιση του i486, Pentium και αργότερα του Pentium II και Pentium III. Πλέον οι μικροεπεξεργαστές της Intel's ακόμα έχουν κρατήσει το παλιό σετ εντολών, αλλά έχουν υιοθετήσει και κάποια χαρακτηριστικά της RISC αρχιτεκτονικής όπως την εκτέλεση εντολής σε ένα κύκλο του ρολογιού, απλά μοντέλα αναφοράς στην μνήμη, υψηλό επίπεδο διοχέτευσης, υπερβαθμωτές λειτουργίες, πολλούς καταχωρητές ακόμα και εκτέλεση εντολών εκτός σειράς. Από την άλλη πλευρά, κάποιοι μικροεπεξεργαστές RISC πρόσθεσαν περισσότερες εντολές στην αρχιτεκτονική τους από την ανάγκη εισαγωγής νέων τύπων δεδομένων. Συνεπώς, με την πάροδο του χρόνου το χάσμα μεταξύ των αρχιτεκτονικών RISC-CISC όλο και μειώνεται.

Επομένως, η διαφορά πλέον ανάμεσα σε RISC και CISC μικροεπεξεργαστές δεν υπόκειται σε αυτή του σετ εντολών τους, αλλά στην όλη αρχιτεκτονική του τσιπ και του υπολογιστικού συστήματος γενικότερα. Οι ορισμοί των RISC και CISC

⁸ Εκτέλεση πολλαπλών εντολών ανά κύκλο μηχανής (παράλληλη εκτέλεση)

⁹ Παλαιότερα η μικρή κλίμακα ολοκλήρωσης δεν επέτρεπε την FPU (Floating point Unit) να στεγάζεται στο ίδιο chip με τον μικροεπεξεργαστή όπως συμβαίνει στους σύγχρονους πλέον μικροεπεξεργαστές

μικροεπεξεργαστών δεν έχουν πλέον την έννοια της αρχικής τους ερμηνείας. Αυτό που μετράει στον πραγματικό κόσμο θα είναι πάντα το πόσο γρήγορα ένας μικροεπεξεργαστής θα τρέξει τις εντολές που θα του δοθούν και πόσο καλά μπορεί να τρέξει τα προγράμματα που ήδη υπάρχουν.

2.3 Περιφερειακά μικροεπεξεργαστών

Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή των βασικότερων περιφερειακών κυκλωμάτων όπου μπορεί να συναντήσει κανείς μέσα σε ένα τσιπ μικροεπεξεργαστή.

2.3.1 Χρονιστές (Timers)

Η πρώτη κατηγορία περιφερειακών συσκευών που θα μελετήσουμε σε αυτό το σημείο της εργασίας, είναι οι *χρονιστές (timers)*. Πρόκειται για συσκευές που αυξάνουν ή μειώνουν την τιμή μιας παραμέτρου κατά μια μονάδα. Οι χρονιστές έχουν δυο τρόπους λειτουργίας. Είτε να μεταβάλουν την τιμή αυτή της παραμέτρου με περιοδικό τρόπο, με συχνότητα που καθορίζεται από ένα *ρολόι (clock)*, είτε να λειτουργούν σαν μετρητές κάποιων παλμών που δέχονται από εξωτερικό περιβάλλον του μικροϋπολογιστικού συστήματος του μικροεπεξεργαστή.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην αρχή αυτού του κεφαλαίου, η *Μονάδα Ελέγχου και Χρονισμού* είναι το κύκλωμα του μικροεπεξεργαστή που παίρνει τις εντολές από τον καταχωρητή εντολών και δίνει τα απαραίτητα σήματα ελέγχου για να εκτελεστεί σωστά η εντολή. Στη μονάδα ελέγχου υπάρχουν λογικά κυκλώματα που παράγουν παλμούς συγχρονισμού και κυκλώματα που απαριθμούν τους παλμούς αυτούς, δηλαδή χρονιστές. Με βάση τους παλμούς χρονισμού ενεργοποιούνται τόσο οι εσωτερικές μονάδες του μικροεπεξεργαστή όσο και οι εξωτερικές μονάδες, μέσω των σημάτων ελέγχου που εμφανίζονται στο διάδρομο ελέγχου. Τα κυκλώματα που αποτελούν τη μονάδα ελέγχου, χρονίζονται από μια κεντρική γεννήτρια παλμών (ρολόι) του μικροεπεξεργαστή. Μετά από την ανάκληση μιας εντολής και την αποκωδικοποίησή της, η μονάδα ελέγχου στέλνει τα κατάλληλα σήματα μέσα και έξω

από τον μικροεπεξεργαστή, ώστε να διεκπεραιωθούν οι εργασίες που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση της συγκεκριμένης εντολής.

2.3.2 Βασικές λογικές πύλες

Οι λογικές πύλες είναι η βάση της ηλεκτρονικής λογικής. Βασίζονται στο γεγονός ότι κάθε πληροφορία ή απόφαση μπορεί να βασιστεί σε μόνο δύο λέξεις, το ναι ή το όχι, ή με άλλα λόγια, στον δυαδικό κώδικα γιατί κάθε λογικό πρόβλημα μπορεί να συνοψιστεί σε μια αλυσίδα από ερωτήσεις που έχουν μόνο δύο πιθανές απαντήσεις: «ναι» ή «όχι».

Οι αρχές των πυλών είναι βασικές αρχές για τα ψηφιακά συστήματα. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των μνημών και των μικροεπεξεργαστών. Οι πύλες αποτελούνται από βασικά στοιχεία της ηλεκτρονικής όπως διόδους και τρανζίστορ. Έχουν τουλάχιστον μία ή δύο εισόδους και μία μόνο έξοδο. Τα κυκλώματα λογικής αποτελούνται από πύλες συνδεδεμένες η μία με την άλλη ώστε να πραγματοποιούν διάφορες πράξεις (π.χ. αθροίσματα αριθμών).

Οι βασικές πύλες είναι :

Πύλη NOT (OXI)

Η πύλη NOT εκτελεί την πράξη της αντιστροφής. Το λογικό της σύμβολο φαίνεται παρακάτω σχήμα. Έχει μόνο μία είσοδο και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης NOT περιγράφεται από τον παρακάτω πίνακα αλήθειας. Η πύλη αντιστρέφει την τιμή της εισόδου (εάν η είσοδος είναι λογικό 1 η έξοδος γίνεται λογικό 0, εάν η είσοδος είναι λογικό 0 η έξοδος γίνεται λογικό 1).



A	X
0	1
1	0

Πύλη AND (ΚΑΙ)

Η πύλη AND εκτελεί την λογική πράξη ΚΑΙ. Το σύμβολό της φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης AND περιγράφεται από τον πίνακα αλήθειας, που έχει δύο στήλες, όσες και οι εισοδοί, και μία τρίτη στήλη για την έξοδο X. Από τον πίνακα αλήθειας συμπεραίνουμε ότι για να είναι η έξοδος λογικό 1 θα πρέπει η είσοδος A ΚΑΙ η είσοδος B να είναι λογικό 1. Αν μία από τις εισόδους είναι λογικό 1 ή και οι δύο είναι λογικό 0 τότε και η έξοδος είναι 0.



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Πύλη OR (Η)

Η πύλη OR εκτελεί την λογική πράξη Η. Το σύμβολο της πύλης φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Η λειτουργία της πύλης OR περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα αλήθειας όπου συμπεραίνουμε ότι για να είναι η έξοδος μιας πύλης OR ίση με λογικό 1 ή η μια είσοδος ή η άλλη ή και οι δύο πρέπει να είναι λογικό 1. Εάν και οι δύο εισοδοί είναι μηδέν τότε και η έξοδος θα είναι λογικό 0.



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Πύλη XOR (Αποκλειστικό Η)

Η πύλη XOR εκτελεί την λογική πράξη "αποκλειστικό Η". Το σύμβολό της φαίνεται παρακάτω. Έχει δύο ή περισσότερες εισόδους και μία έξοδο. Από τον πίνακα αλήθειας μιας πύλης XOR παρατηρούμε ότι όταν μία από τις δύο εισόδους είναι λογικό 1, τότε η έξοδος είναι και αυτή λογικό 1.



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Πύλες NAND, NOR, XNOR

Η πύλη NOT μπορεί να συνδυαστεί με τις άλλες πύλες που περιγράψαμε παραπάνω και να προκύψουν τρεις ακόμη πύλες. Έτσι με το συνδυασμό των AND και NOT προκύπτει η NAND, με το συνδυασμό OR και NOT προκύπτει η NOR και τέλος με το συνδυασμό XOR και NOT προκύπτει η XNOR.

NAND



A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XNOR



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

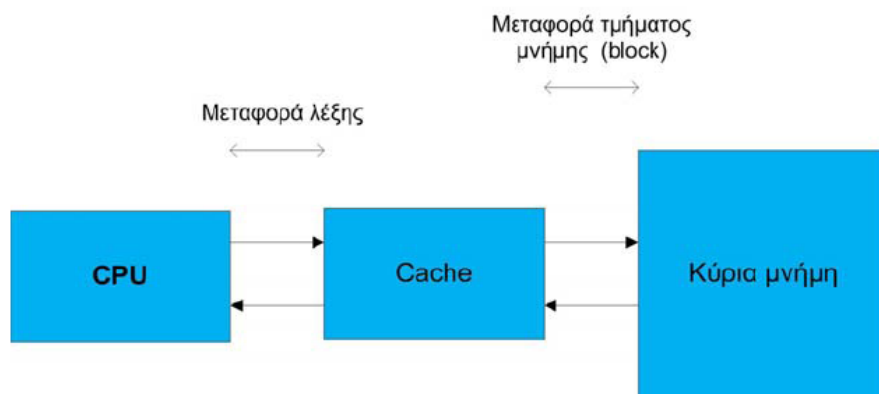
Συνεπώς, το γεγονός ότι τα εξαρτήματα αυτά είναι κατασκευασμένα με την χρήση τρανζίστορ και διόδων, η λειτουργία τους μοιάζει περισσότερο με ένα συνδυασμό ρελέ και διακοπών συνδεδεμένων σε σειρά ή παράλληλα. Η πύλη έχει εισόδους και εξόδους. Η τιμή της εξόδου εξαρτάται εντελώς από το σήμα εισόδου.

2.3.3 Μνήμες

Οι μνήμες χρησιμεύουν για την αποθήκευση των εντολών του προγράμματος, των αρχικών δεδομένων και των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων και μεγαλύτερη ποικιλία σε τύπους, τεχνολογία, οργάνωση, απόδοση και κόστος από οποιοδήποτε άλλο τμήμα ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος. Οι βασικότεροι τύποι λοιπόν είναι:

Ενδιάμεση μνήμη (cache)

Η μνήμη cache προορίζεται για να δώσει ταχύτητα μνήμης που προσεγγίζει εκείνη των πιο γρήγορων διαθέσιμων μνημών, και ταυτόχρονα να παρέχει μεγάλη χωρητικότητα στην τιμή των λιγότερων ακριβών τύπων μνήμης ημιαγωγών. Η έννοια αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 2.2):



Εικόνα 3.2 Η μνήμη cache και η κύρια μνήμη

Όταν ο επεξεργαστής επιχειρεί να διαβάσει μια λέξη από τη μνήμη, γίνεται έλεγχος για να διαπιστωθεί αν η λέξη αυτή βρίσκεται στην cache. Αν είναι έτσι η λέξη στέλνεται στον επεξεργαστή. Αν όχι, ένα τμήμα της κύριας μνήμης, που αποτελείται από κάποιο σταθερό αριθμό λέξεων μεταφέρεται στην cache και μετά η λέξη στέλνεται στον επεξεργαστή. Λόγω του φαινομένου της τοπικότητας αναζήτησης, όταν ένα τμήμα δεδομένων προσκομίζεται στην cache για να ικανοποιήσει μια και μοναδική αναζήτηση στη μνήμη, είναι πιθανό ότι θα υπάρχουν και άλλες μελλοντικές αναζητήσεις σε εκείνη την ίδια θέση μνήμης ή σε άλλες λέξεις στο τμήμα.

Μνήμες RAM

Μια μονάδα μνήμης είναι ένα σύνολο από δυαδικά κύτταρα αποθήκευσης (τα δυαδικά κύτταρα μπορούν να αποθηκεύσουν είτε την τιμή "0", είτε την τιμή "1"). Πάνω στην κάρτα της μνήμης υπάρχουν και διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα που ελέγχουν τη λειτουργία της (τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισης της πληροφορίας, μεταφορά πληροφοριών από και προς αυτή). Για την καλύτερη κατανόηση της RAM θα μπορούσαμε να τη φανταστούμε ως ένα διδιάστατο πίνακα, όπου σε κάθε κελί αποθηκεύεται η ελάχιστη πληροφορία, δηλαδή ένα bit "0" ή "1". Κάθε γραμμή του πίνακα έχει μια ξεχωριστή "*διεύθυνση*", που βοηθάει στην άμεση προσπέλαση της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη στα στοιχεία της γραμμής. Οποιαδήποτε αίτηση (ανάκληση ή αποθήκευση πληροφοριών) για τη RAM συνοδεύεται και από τη διεύθυνση, στην οποία θα εκτελεστεί η αίτηση. Επειδή μπορεί να γίνει προσπέλαση σε οποιαδήποτε διεύθυνση για μεταφορά πληροφορίας, προέκυψε το όνομα "*μνήμη τυχαίας προσπέλασης*" που συντμήθηκε στον αγγλικό όρο RAM.

Οι δυαδικές πληροφορίες αποθηκεύονται σαν ομάδες από bits, που είναι γνωστές ως "*λέξεις*" ("*words*"). Τα bits κάθε λέξης μεταφέρονται μέσα και έξω από τη μνήμη, όλα μαζί ως μια ομάδα. Το περιεχόμενο κάθε λέξης είναι ένα σύνολο από "0" ή "1" και μπορεί να αντιπροσωπεύει έναν αριθμό, μια εντολή, έναν ή περισσότερους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ή ακόμα, οποιαδήποτε πληροφορία κωδικοποιημένη σε δυαδικό σύστημα. Συνήθως, μια ομάδα των 8 bits χαρακτηρίζεται ως 1 byte.

Στατική RAM

Η *στατική RAM* (*Static RAM - SRAM*) είναι ένας τύπος μνήμης RAM που έχει την ικανότητα να διατηρεί αναλλοίωτα τα περιεχόμενά της για όσο χρονικό διάστημα τροφοδοτείται με ρεύμα, χωρίς να απαιτείται κάποια επιπλέον εξωτερική επέμβαση.

Στις SRAMs χρησιμοποιούνται ειδικοί *διακόπτες (switches)*, που μπορεί να είναι ανοικτοί ή κλειστοί (on/off). Ο τρόπος κατασκευής της SRAM μοιάζει περισσότερο με την τεχνολογία που εφαρμόζεται στους επεξεργαστές: πολλά ολοκληρωμένα κυκλώματα, που έχουν τοποθετηθεί πάνω σε μια μικρή πλακέτα πυριτίου. Για την αποθήκευση κάθε bit στη μνήμη SRAM, απαιτούνται τέσσερα με έξι transistors, γι' αυτό και το μέγεθος της SRAM είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος της DRAM (κάθε bit χρειάζεται μόνο έναν πυκνωτή). Η πολυπλοκότητα και ο μεγάλος αριθμός transistors που χρησιμοποιούνται για τη μνήμη SRAM, είναι ο βασικότερος λόγος, εξαιτίας του οποίου η μνήμη SRAM έχει μεγαλύτερο κόστος από την DRAM.

Δυναμική RAM

Η *δυναμική RAM (Dynamic RAM - DRAM)* είναι ένας τύπος RAM, που μπορεί να διατηρήσει αναλλοίωτα τα περιεχόμενά της, μόνο αν γίνεται συνεχής αναζωογόνηση σε αυτά από ένα ειδικό κύκλωμα που ονομάζεται *refresh circuit (κύκλωμα αναζωογόνησης)*. Το κύκλωμα αναζωογόνησης διαβάζει με μεγάλη συχνότητα τα περιεχόμενα κάθε πυκνωτή (σε κάθε πυκνωτή μπορούμε να αποθηκεύσουμε ένα bit), ανεξάρτητα αν τα περιεχόμενα του πυκνωτή χρησιμοποιούνται ή όχι εκείνη τη στιγμή. Εξαιτίας του τρόπου κατασκευής του κυκλώματος αναζωογόνησης, το διάβασμα των περιεχομένων των πυκνωτών έχει ως αποτέλεσμα και τη διατήρησή τους. Αν το κύκλωμα αναζωογόνησης δεν υπήρχε, τότε τα περιεχόμενα της μνήμης θα χάνονταν ακόμα και όταν ο υπολογιστής τροφοδοτούνταν με ρεύμα. Η DRAM ονομάζεται δυναμική RAM, εξαιτίας της διαδικασίας αναζωογόνησης των περιεχομένων της.

2.3.4 Καταχωρητές

Οι *καταχωρητές (registers)* χρησιμεύουν για την αποθήκευση προσωρινών αποτελεσμάτων ή δεδομένων, που έχουν σημασία για το μικροεπεξεργαστή. Παρά το γεγονός ότι το πλήθος και το είδος των καταχωρητών είναι διαφορετικό σε κάθε μικροεπεξεργαστή, συνήθως συναντάμε τους παρακάτω:

Συσσωρευτής (accumulator): Βρίσκεται στην αριθμητική και λογική μονάδα και χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει (α) τον έναν από τους αριθμούς που απαιτούνται για να εκτελεστεί η πράξη και (β) το αποτέλεσμα της πράξης.

Καταχωρητής γενικού σκοπού (general purpose register): Βρίσκεται στην αριθμητική και λογική μονάδα και χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει τον άλλο αριθμό που απαιτείται για να εκτελεστεί μία πράξη, καθώς και ως αποθηκευτικός χώρος για ενδιάμεσα αποτελέσματα. Οι καταχωρητές αυτοί μπορούν να αποθηκεύσουν επίσης τη διεύθυνση της θέσης μνήμης, όπου βρίσκονται οι αριθμοί, ή τη διεύθυνση της θέσης μνήμης, όπου θα αποθηκευτεί το αποτέλεσμα. Σε πολλούς μικροεπεξεργαστές η ύπαρξη πολλών καταχωρητών γενικού σκοπού καθιστά περιττή την ύπαρξη του συσσωρευτή.

Καταχωρητής κατάστασης επεξεργαστή (processor status word): Βρίσκεται και αυτός στην αριθμητική και λογική μονάδα. Συνήθως αποτελείται από ένα σύνολο από δυαδικά ψηφία (bits), που ονομάζονται δείκτες (flags) ή σημαίες κατάστασης. Αυτά χρησιμοποιούνται για να δείχνουν στο χρήστη την παρούσα κατάσταση του μικροεπεξεργαστή, καθώς επίσης και χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αποτελεσμάτων της προηγούμενης πράξης. Όλοι οι μικροεπεξεργαστές είναι σε θέση μέσω του καταχωρητή κατάστασης να υποδείξουν ένα μηδενικό αποτέλεσμα (zero), ένα αρνητικό αποτέλεσμα (negative), ένα κρατούμενο (carry), μία υπερχειλίση (overflow), κ.λπ.

Καταχωρητής εντολών (instruction register): Βρίσκεται στη μονάδα ελέγχου του μικροεπεξεργαστή και χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει τον κώδικα λειτουργίας της εντολής, ενώ αυτή αποκωδικοποιείται για να εκτελεστεί.

Μετρητής προγράμματος (program counter): Βρίσκεται και αυτός στη μονάδα ελέγχου και αποθηκεύει τη διεύθυνση της θέσης μνήμης, στην οποία βρίσκεται η επόμενη προς εκτέλεση εντολή, έτσι ώστε να ανακληθεί από τη μνήμη, όταν τελειώσει η εκτέλεση της τρέχουσας εντολής.

Δείκτης σωρού (stack pointer): Όλοι οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούν μια περιοχή για αποθήκευση δεδομένων. Η περιοχή αυτή ονομάζεται σωρός (stack). Ο σωρός μπορεί να είναι ένα σύνολο από καταχωρητές μέσα στο μικροεπεξεργαστή είτε ένα τμήμα της κύριας μνήμης (RAM). Ο σωρός χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει ενδιάμεσα αποτελέσματα αλλά και πληροφορίες, που αφορούν συνήθως στο

μικροεπεξεργαστή. Συνήθως ο σωρός είναι της μορφής Last In First Out (LIFO), όπου η τελευταία πληροφορία, που τοποθετείται στο σωρό, είναι και η πρώτη που θα πρέπει να αποσπαστεί. Ο δείκτης σωρού δείχνει πάντα στην κορυφή του σωρού, η οποία περιέχει την τελευταία πληροφορία, που τοποθετήθηκε στο σωρό.

2.3.5 Συσκευές Προγραμματιζόμενης λογικής

Οι συσκευές προγραμματιζόμενης λογικής *PLD (Programmable Logic Devices)* αποτελούνται από δυο επίπεδα συλλογής πυλών. Το πρώτο επίπεδο αποτελείται από πύλες AND και το δεύτερο από πύλες OR. Με τη χρήση του κατάλληλου προγράμματος και συσκευής προγραμματισμού μπορούν να υλοποιηθούν λογικές εξισώσεις με πολύ απλό τρόπο.

Έτσι οι PLDs μπορούν να χρησιμεύσουν σαν «συγκολλητική» λογική μεταξύ μικροεπεξεργαστή, μνημών και συσκευών εισόδου-εξόδου δεδομένων. Τα πλεονεκτήματα που έχουμε είναι ότι ελαττώνεται ο αριθμός των ολοκληρωμένων, και ότι οι συσκευές προγραμματιζόμενης λογικής είναι κάτω από τον έλεγχο του χρήστη δηλαδή μπορούν να επαναπρογραμματιστούν και να ελεγχθούν. Έτσι έχουμε χαμηλότερο κόστος και μεγαλύτερη αξιοπιστία.

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (π.χ. τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

Στον μικροεπεξεργαστή, το ολοκληρωμένο κύκλωμα που τον αποτελεί περιέχει μόνο την *Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU)*, στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας (cache memory) και, κάποιες φορές, τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία

ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά.

2.4 Βασικά χαρακτηριστικά μικροεπεξεργαστών

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στα βασικότερα χαρακτηριστικά των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά λοιπόν ενός μικροεπεξεργαστή είναι:

- η συχνότητα λειτουργίας (operating frequency)
- το μήκος λέξης (word length)
- το σετ εντολών (instruction set)

2.4.1 Συχνότητα λειτουργίας μικροεπεξεργαστή

Όταν ο μικροεπεξεργαστής χρειαστεί να εκτελέσει μια εντολή, εκτελεί μια σειρά από διαδοχικές λειτουργίες, όπου κάθε μια από αυτές διαρκεί ένα χρονικό διάστημα. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει για τον συγχρονισμό των λειτουργιών αυτών είναι απαραίτητο ένα ρολόι (clock). Έτσι λοιπόν, σε κάθε «χτύπημα» του ρολογιού ο μικροεπεξεργαστής εκτελεί μια στοιχειώδη λειτουργία. Το σήμα του ρολογιού, το οποίο παράγεται από ένα εξωτερικό κύκλωμα, εναλλάσσεται μεταξύ της στάθμης των 5 Volts και αυτής των 0 Volt. Το σήμα αυτό ονομάζεται *τετραγωνική παλμοσειρά* (λόγω του σχήματός του). Το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών εναλλαγών του σήματος (πχ. από 0 έως 5 Volts και πάλι έως 0 Volt), είναι ίσο με μια ημιπερίοδο του ρολογιού, διαφορετικά δυο διαδοχικές ημιπερίοδοι αποτελούν έναν *κύκλο* του ρολογιού.

Η *συχνότητα* του ρολογιού δείχνει το πλήθος των κύκλων του ρολογιού στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Για τους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές το μέγεθος αυτό είναι της τάξεως των μερικών GHz. Το ένα GHz είναι ίσο με 1 δισεκατομμύριο κύκλους το δευτερόλεπτο. Για παράδειγμα αν ένας μικροεπεξεργαστής έχει περίοδο 1 nsec, η συχνότητα λειτουργίας του μικροεπεξεργαστή είναι $1/(1 \times 10^{-9}) = 10^9 = 1$ GHz. Κάθε μικροεπεξεργαστής είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί μέχρι κάποια

μέγιστη συχνότητα, την συχνότητα του ρολογιού, την οποία αν προσπαθήσει κανείς να την υπερβεί το αποτέλεσμα θα είναι είτε λανθασμένη λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος είτε ακόμα και καταστροφή του μικροεπεξεργαστή.

Ο ρυθμός με τον οποίο εκτελούνται οι εντολές σε ένα μικροεπεξεργαστή είναι συνάρτηση της συχνότητας λειτουργίας του. Ουσιαστικά, η συχνότητα του ρολογιού δείχνει το πλήθος των κύκλων μηχανής σε ένα μικροεπεξεργαστή ($1 \text{ GHz} = 10^9$ κύκλους μηχανής). Ένας κύκλος εντολής μπορεί να αποτελείται από (περισσότερους από ένα) κύκλους μηχανής. Άρα, αν μια εντολή πρόσθεσης για παράδειγμα χρειάζεται 5 κύκλους μηχανής σε έναν μικροεπεξεργαστή των 1 GHz, τότε χρειάζεται $5 \cdot 1 \text{ nsec} = 5 \text{ nsec}$ για να εκτελεστεί, επομένως μπορεί να εκτελέσει 200 εκατομμύρια προσθέσεις το δευτερόλεπτο.

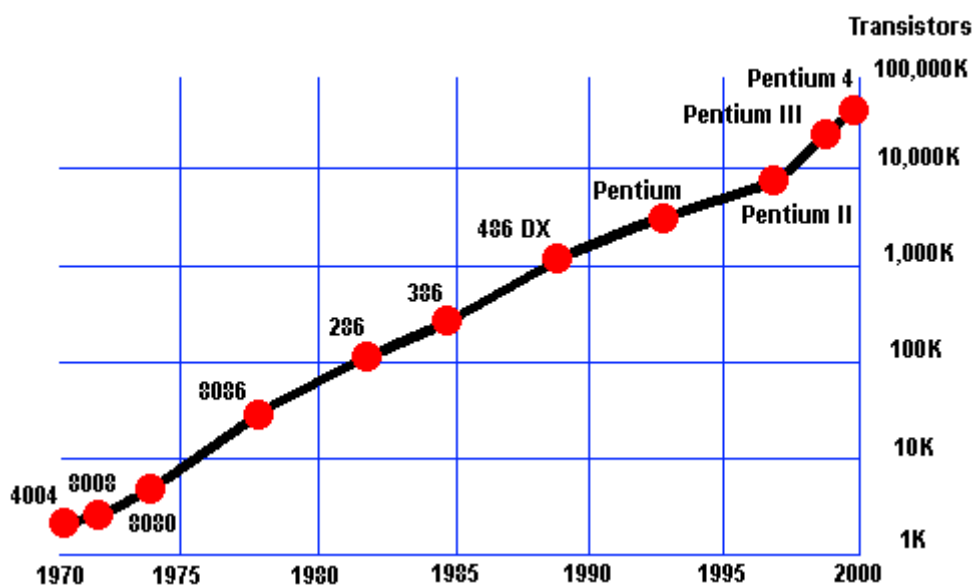
2.4.2 Μήκος λέξης μικροεπεξεργαστή

Ένας μικροεπεξεργαστής μπορεί να κάνει αριθμητικές ή λογικές πράξεις μεταξύ των καταχωρητών του. Συνεπώς κάθε φορά τα δεδομένα εισάγονται από την μνήμη ή από τις περιφερειακές μονάδες σε κάποιο καταχωρητή του μικροεπεξεργαστή και μετά πραγματοποιείται η επεξεργασία τους. Το μήκος των καταχωρητών του μικροεπεξεργαστή επηρεάζει την ταχύτητα με την οποία εκτελούνται οι πράξεις. Συνεπώς, όσο πιο μεγάλοι είναι οι καταχωρητές ενός μικροεπεξεργαστή τόσο πιο γρήγορα κατά κανόνα εκτελούνται τα προγράμματα.

Οι καταχωρητές συνήθως έχουν το ίδιο μήκος με το μήκος σε bits των υπόλοιπων εσωτερικών μονάδων του μικροεπεξεργαστή, όπως η αριθμητική και λογική μονάδα (ALU), το οποίο και λέμε *μήκος λέξης* του μικροεπεξεργαστή. Έτσι λοιπόν, οι μικροεπεξεργαστές χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 8 δυαδικά ψηφία (8bit) (όπως ήταν ο MC6809 της Motorola)
- μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 16 δυαδικά ψηφία (16bit) (όπως ήταν ο TMS9900 της Texas Instruments)
- μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 32 δυαδικά ψηφία (32bit) (όπως ήταν ο BELLMAC 32A της AT&T Bell Labs)
- μικροεπεξεργαστές με μέγεθος καταχωρητή 64 δυαδικά ψηφία (64bit) (όπως είναι ο AMD64 της AMD)

Μια διαφορετική προσέγγιση για την βελτίωση της απόδοσης ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος είναι η αύξηση των μικροεπεξεργαστών, όπως είναι σε διατάξεις συμμετρικής πολυεπεξεργασίας όπου έχουν παρατηρηθεί σε υπολογιστές εξυπηρέτησης δικτύων (servers) και υπολογιστών κοινής χρήσης (workstations) από τις αρχές της δεκαετίας του 90. Συμβαδίζοντας με τον νόμο του Moore¹⁰ έχει αρχίσει να γίνεται μεγαλύτερη η πρόκληση οι κατασκευαστές μικροεπεξεργαστών τείνουν να φτάσουν τα φυσικά όρια της τεχνολογίας (εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Ο νόμος του Moore

Ο νόμος του Moore διαπραγματεύεται με την ταχύτητα επεξεργασίας, την χωρητικότητα μνήμης και το κόστος των τρανζίστορ όπου βελτιώνονται (περίπου) σε εκθετικό βαθμό μέσα σε δυο χρόνια. Ως απάντηση, οι κατασκευαστές μικροεπεξεργαστών προσπαθούν να βρουν άλλες μεθόδους για την βελτίωση της απόδοσής τους, με σκοπό να αντεπεξέλθουν στην ορμή της συνεχής αύξησης των μικροεπεξεργαστών στην αγορά.

Ένας πολυπύρηνος μικροεπεξεργαστής είναι απλά ένα ξεχωριστό τσιπ το οποίο περιέχει παραπάνω από ένα πυρήνα μικροεπεξεργαστών, πολλαπλασιάζοντας αποτελεσματικά την ενδεχόμενη απόδοση με τον αριθμό των πυρήνων (εφόσον τον λειτουργικό σύστημα και το λογισμικό έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται τους παραπάνω μικροεπεξεργαστές). Κάποια στοιχεία βέβαια, όπως είναι η μονάδα

¹⁰ Ο αριθμός των τρανζίστορ στα ολοκληρωμένα κυκλώματα διπλασιάζεται κάθε 2 χρόνια περίπου

διασύνδεσης διαύλου (*Bus Interface Unit*) και η ενδιάμεση μνήμη δευτέρου επιπέδου (*L2 Cache*), χρειάζεται να τα μοιράζονται μεταξύ τους οι πυρήνες. Επειδή από τη φυσική οπτική γωνία οι πυρήνες είναι κοντά μεταξύ τους, αλληλεπιδρούν σε πολύ πιο γρήγορες ταχύτητες του ρολογιού σε σύγκριση με ξεχωριστά συστήματα πολυεπεξεργαστών, βελτιώνοντας την όλη απόδοση του συστήματος.

2.4.3 Το σετ εντολών ενός μικροεπεξεργαστή

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου για τις βασικές κατηγορίες μικροεπεξεργαστών, με τον όρο σετ εντολών αναφερόμαστε στο σετ των εντολών που μπορεί να εκτελέσει ένας μικροεπεξεργαστής. Ανάλογα με την τεχνολογία και το σχεδιασμό του, ο κάθε μικροεπεξεργαστής διαθέτει το δικό του σύνολο εντολών. Το πλήθος των εντολών αυτών διαφέρει και μπορεί να είναι από πολύ μικρό, όπως λίγες δεκάδες εντολών, έως πολύ μεγάλο, όπως μερικές εκατοντάδες εντολές. Για παράδειγμα ο μικροεπεξεργαστής 6502, που παρουσιάστηκε από την εταιρία MOS Technology το 1975, διαθέτει 151 διαφορετικές εντολές, ενώ ο 8085 της Intel διαθέτει 239 εντολές. Το μήκος των εντολών εξαρτάται από τον αριθμό των εντολών και συνήθως είναι μεταξύ ενός και τριών byte. Το πρώτο byte αποτελεί πάντα τον κωδικό λειτουργίας της εντολής. Για το λόγο αυτό το σύνολο εντολών των μικροεπεξεργαστών αποτελείται από λιγότερες από 255 εντολές. Τα υπόλοιπα bytes περιέχουν είτε δεδομένα είτε διευθύνσεις καταχωρητών είτε διευθύνσεις μνήμης.

Έγινε κατανοητό λοιπόν ότι οι ορισμοί των RISC (Μειωμένου σετ εντολών) και CISC (Σύνθετου σετ εντολών) μικροεπεξεργαστών δεν έχουν πλέον την έννοια της αρχικής τους έννοιας. Αυτό που μετράει για τον πραγματικό κόσμο είναι το πόσο γρήγορα ένας μικροεπεξεργαστής θα τρέξει τις εντολές που θα του δοθούν και πόσο καλά μπορεί να τρέξει τα προγράμματα που ήδη υπάρχουν.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, ότι μικρότερο μέγεθος chip συνήθως σημαίνει μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, μικρότεροι μικροεπεξεργαστές, χαμηλότερο κόστος κατασκευής και περισσότερο χώρο για νέα chips που θα προσθέτουν νέες δυνατότητες στα μικροϋπολογιστικά συστήματα. Λιγότερα νανόμετρα συνεπάγονται σε λιγότερη κατανάλωση ρεύματος κυρίως για τους χρήστες. Η επόμενη γενιά μικροεπεξεργαστών θα παράγεται με την κατασκευαστική τεχνολογία των 45 νανομέτρων, όπου τόσο θα είναι το πάχος των μικρότερων

εξαρτημάτων στα τσιπ. Κατά το 2022 εκτιμάται ότι θα έχουμε τρανζίστορ στα 4nm. Ένα επίσης μεγάλο πρόβλημα της αρχιτεκτονικής μικροεπεξεργαστών σήμερα είναι και η *κατανάλωση ισχύος* όπου σήμερα οι μικροεπεξεργαστές της Intel με 2 και 4 πυρήνες καταναλώνουν τουλάχιστον 65-85 watt, ενώ αναμένεται έως το 2011 μικροεπεξεργαστές των 16 πυρήνων που θα αγγίζουν μετά βίας τα 5 watt σε κατανάλωση (πτώση δηλαδή στα επίπεδα κατανάλωσης των μικρών και φορητών συσκευών).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τις πιο γνωστές κατασκευαστικές εταιρείες μικροεπεξεργαστών και τις βασικότερες οικογένειες μικροελεγκτών που υπάρχουν σήμερα. Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν συγκριτικοί πίνακες όπου θα περιγράψουν μικροεπεξεργαστές από τις γνωστότερες κατασκευαστικές εταιρείες στις μέρες μας, συγκρίνοντας τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

3.1 Εταιρείες – Οικογένειες μικροεπεξεργαστών

Γενικά, όλες οι οικογένειες μικροελεγκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα περιφερειακά που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη ύπαρξη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και στο είδος της. Έτσι λοιπόν, υπάρχουν μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως *ROM-less*. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη αρτηρία (bus) δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεγκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης. Μικροελεγκτές με μνήμη ROM, όπου παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους, όταν αγοράζονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες και μικροελεγκτές με μνήμη FLASH, οι οποία μπορεί συνήθως να προγραμματιστεί πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ISP).

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τις δημοφιλέστερες κατασκευαστικές εταιρείες τέτοιων μικροεπεξεργαστών αλλά και τις σημαντικότερες οικογένειες αυτών.

3.1.1 Altera



Α εταιρεία Altera είναι από τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές υψηλής ποιότητας PLDs (συσκευές προγραμματιζόμενης λογικής). Η εταιρεία κατασκεύασε την πρώτη συσκευή προγραμματιζόμενης λογικής το 1984.. Οι PLDs μπορούν να επαναπρογραμματιστούν τόσο στην διάρκεια του σχεδιασμού τους, αλλά και στην διάρκεια χρήση τους για να εκτελέσουν διάφορες λειτουργίες. Οι κύριες οικογένειες μικροεπεξεργαστών της Altera's είναι:

- Οικογένεια *Cyclone*, μια οικογένεια FPGAs, δηλαδή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που μπορούν να προγραμματιστούν μετά την κατασκευή τους, με πολύ χαμηλό κόστος και χαμηλής κατανάλωσης ισχύος. Ο πρώτος εμφανίστηκε το 2002, ενώ ο τελευταίος Cyclone IV το 2009.
- Οικογένεια *Arria*, επίσης μια οικογένεια FPGAs με ενσωματωμένους πομποδέκτες στα 3.75 Gbps, με επίσης πολύ χαμηλό κόστος και κατανάλωση ισχύος, στα 40nm (Arria II GX το 2009).
- Οικογένεια *Stratix*, όπου περιέχει FPGAs με περισσότερες δυνατότητες από τις προηγούμενες οικογένειες.
- Οικογένεια *MAX*, μια οικογένεια CPLDs, δηλαδή PLDs με πιο σύνθετα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά από αυτά των απλών συσκευών προγραμματιζόμενης λογικής, με χαμηλή κατανάλωση ισχύος, που αναφέρονται περισσότερο σε εφαρμογές όπως είναι οι φορητές συσκευές (ο MAX IIZ στα 0.18μm το 2007).
- Οικογένεια *HardCopy*, όπου περιέχει ASICs δηλαδή ολοκληρωμένα κυκλώματα προσαρμοσμένα για συγκεκριμένη χρήση, όπως για παράδειγμα στα κινητά τηλέφωνα (ο HardCopy IV στα 40nm το 2008).

3.1.2 ARM



Οι μικροεπεξεργαστές της ARM είναι 32-bit και αρχιτεκτονικής RISC (Μειωμένου σετ εντολών) από την κατασκευαστική εταιρεία ARM Limited. Πλέον είναι γνωστή ως Advanced RISC Machine (ARM), ενώ παλαιότερα ως Acorn RISC

Machine (ARM). Από το 2007, το 98% του πάνω από ένα δισεκατομμύριο κινητών τηλεφώνων που πουλιέται κάθε χρόνο χρησιμοποιούν τουλάχιστον ένα μικροεπεξεργαστή. Οι ARM μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτρονική αγορά, όπως σε ψηφιακούς προσωπικούς βοηθούς (PDAs), κινητά τηλέφωνα, σε συσκευές ψηφιακών πολυμέσων και μουσικής, παιχνιδιομηχανές του χεριού, αριθμομηχανές αλλά και σε περιφερειακά προσωπικών υπολογιστών όπως σκληροί δίσκοι και δρομολογητές. Ο στόχος της ARM δεν ήταν να κατασκευάζει δικούς της μικροεπεξεργαστές αλλά να κυρίως να δίνει την άδεια σε άλλες κατασκευαστικές να χρησιμοποιούν τα προϊόντα της ως βασικό σχεδιασμό, όπως είναι η Intel, η Motorola, η Hitachi, η Mitsubishi κ.α. Οι οικογένειες της ARM παρουσιάζονται παρακάτω.

Οι πρώτες αρχιτεκτονικές μικροεπεξεργαστών της κατασκευαστικής ARM είναι:

- Οικογένεια *ARM1*
- Οικογένεια *ARM2*
- Οικογένεια *ARM3*
- Οικογένεια *ARM6*

και στη συνέχεια η επόμενη γενιά μικροεπεξεργαστών των οικογενειών

- Οικογένεια *ARM7* όπου βρίσκουν εφαρμογή σε συσκευές όπως το Game Boy Advance, Nintendo DS, iPod και άλλες.
- Οικογένεια *StrongARM* σε συνεργασία με την κατασκευαστική DEC όπως θα φανεί παρακάτω
- Οικογένεια *ARM8*
- Οικογένεια *ARM9* βρίσκει εφαρμογή σε αρκετά κινητά τηλέφωνα των εταιρειών Nokia, Sony Ericsson και Siemens καθώς και σε ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές όπως της εταιρείας Canon
- Οικογένεια *ARM10*
- Οικογένεια *XScale* αντικατέστησε την οικογένεια της StrongARM
- Οικογένεια *ARM11* βρίσκει εφαρμογή σε συσκευές πολύ γνωστές και χρήσιμες ακόμα και σήμερα όπως το Apple iPod και Apple iPod touch καθώς και σε κάρτες γραφικών της εταιρείας NVIDIA
- Οικογένεια *Cortex*

3.1.3 Atmel



Η εταιρεία Atmel είναι μια κατασκευαστική ημιαγωγών όπου ιδρύθηκε το 1984. Στοχεύει στο να δίνει λύσεις σε συστήματα που βασίζονται σε επαναπρογραμματιζόμενους μικροελεγκτές. Τα προϊόντα της περιέχουν μικροελεγκτές όπως η οικογένεια AT89, που βασίζεται στην αρχιτεκτονική του 8051 της Intel, αλλά και η οικογένεια AT91SAM και AT91CAP βασισμένοι στην αρχιτεκτονική της ARM. Επίσης περιέχει και καθαρά δικούς της μικροελεγκτές όπως είναι οι Atmel AVR and AVR32. Επίσης κατασκευάζει και RF συσκευές (radio frequency), EEPROM¹¹ αλλά και συσκευές Flash memory, καθώς και ένα μεγάλο αριθμό από προϊόντα για συγκεκριμένες εφαρμογές. Η Atmel παρέχει τις συσκευές της όπως ASICs ή ASSPs βασισμένα στις απαιτήσεις των πελατών της. Σε πάρα πολλές περιπτώσεις μπορεί να παρέχει και λύσεις, με συστήματα σε ένα και μόνο τσιπ.

3.1.4 Freescale Semiconductor



Η εταιρεία Freescale Semiconductor είναι μια Αμερικάνικη κατασκευαστική ημιαγωγών. Δημιουργήθηκε από την πτώχευση του τομέα Προϊόντων Ημιαγωγών της Motorola το 2004. Η Freescale επικεντρώνει προϊόντα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων της στις αγορές αυτοκίνησης, ενσωματωμένων συστημάτων τηλεπικοινωνιών. Σήμερα η Freescale είναι ανάμεσα στις 20 πρώτες στις πωλήσεις προϊόντων ημιαγωγών σε όλο τον κόσμο. Οι οικογένειες της Freescale ανάλογα με την αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών χωρίζονται σε 8-bit, όπως είναι οι 68HC05, 68HC08 και 68HC11, των 16-bit, όπως είναι οι 68HC12, 68HC16 και ο DSP56800, και των 34-bit, όπως είναι η σειρά 683xxx, οι M-CORE, και οι διάφορες οικογένειες των MPC.

¹¹ EEPROM (Electrically Erasable PROM) και NVRAM (Non Volatile RAM). Μνήμες που επιτρέπουν την αλλαγή των πληροφοριών που περιέχουν, από τον κεντρικό μικροελεγκτή και δεν χάνουν τα δεδομένα όταν απολεστεί η τροφοδοσία τους.

3.1.5 IBM



Η Αμερικάνικη εταιρεία International Business Machines (IBM), είναι μια διεθνής εταιρεία και μια από τις λίγες στον τομέα της τεχνολογίας με μεγάλη ιστορία από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Η εταιρεία IBM είναι υπεύθυνη για την κατασκευή και την πώληση υλικού και λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών (δίνοντας έμφαση τελευταία στο λογισμικό), προσφέροντας υπηρεσίες σε διάφορους τομείς, που έχουν να κάνουν με υπολογιστές μεγάλης ισχύος μέχρι και με νανοτεχνολογία. Η IBM μέχρι προσφάτως είναι γνωστή ως η μεγαλύτερη παγκοσμίως εταιρεία υπολογιστών, και είναι ανάμεσα στις 20 πρώτες στις πωλήσεις προϊόντων ημιαγωγών σε όλο τον κόσμο τα τελευταία χρόνια. Υπάρχουν δυο βασικές οικογένειες μικροεπεξεργαστών από την IBM:

- Οικογένεια *POWER (Performance Optimization With Enhanced RISC)* η οποία ακολουθεί την αρχιτεκτονική RISC (Μειωμένου σετ εντολών) και μικροεπεξεργαστές σε αυτή την οικογένεια χρησιμοποιούνται σε πολλούς υπολογιστές εξυπηρέτησης δικτύων (servers) της IBM, μικροϋπολογιστές, αλλά και υπερυπολογιστές (supercomputers). Οι μικροεπεξεργαστές POWER3 (1998) αλλά και οι μετέπειτα στην οικογένεια της POWER (όπως POWER5 2004, POWER6 2007) υλοποιούν μικροεπεξεργαστές της 64-bit αρχιτεκτονικής.
- Οικογένεια *PowerPC-AS(Performance Optimization With Enhanced RISC – Performance Computing)* η οποία επίσης ακολουθεί την αρχιτεκτονική RISC δημιουργήθηκε από την συμμαχία της AIM (Apple-IBM-Motorola). Αρχικά οι μικροεπεξεργαστές της οικογένειας αυτής προοριζόταν για προσωπικούς υπολογιστές (όπως οι Macintosh μέχρι το 2006 πριν η Apple μεταβεί στην Intel) αλλά βρήκε χρήση και σε άλλες κονσόλες όπως ήταν οι παιχνιδιομηχανές.

3.1.6 Intel



Η Αμερικάνικη εταιρεία Intel (Integrated Electronics) είναι η μεγαλύτερη στον κόσμο κατασκευάστρια μικροεπεξεργαστών, βάση του εισοδήματός της. Η εταιρεία είναι αυτή που επινόησε την αρχιτεκτονική x86 για τους μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι βρίσκονται σήμερα στους περισσότερους προσωπικούς υπολογιστές. Η Intel κατασκευάζει επίσης μητρικές πλακέτες υπολογιστών, ελεγκτές δικτύων και ολοκληρωμένα κυκλώματα, μνήμες, τσιπ γραφικών, μικροεπεξεργαστές με δυνατότητα ενσωμάτωσης σε διάφορα μηχανήματα, καθώς επίσης και άλλες συσκευές που σχετίζονται με υπολογιστές και τηλεπικοινωνίες. Η Intel ήταν επίσης η πρώτη κατασκευάστρια μνημών SRAM και DRAM. Ενώ η Intel έδωσε στο εμπόριο τον πρώτο της μικροεπεξεργαστή το 1971, όταν βρήκε απήχηση στον τομέα των προσωπικών υπολογιστών (PC) ήταν που άλλαξε γραμμή και ασχολήθηκε με την κατασκευή μικροεπεξεργαστών. Έτσι στην δεκαετία του 1990 η Intel έγινε ο κύριος προμηθευτής μικροεπεξεργαστών σε προσωπικούς υπολογιστές, με κύριο αντίπαλό της την AMD, και βρίσκεται σε μια συνεχή προσπάθεια μαζί με την εταιρεία της Microsoft για τον έλεγχο της κατεύθυνσης της βιομηχανίας των προσωπικών υπολογιστών. Οι οικογένειες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Intel παρουσιάζονται παρακάτω.

- Οικογένεια *MCS-4* (1971) όπου περιείχε τον πρώτο μικροεπεξεργαστή σε ένα και μοναδικό τσιπ (4004)
- Οικογένεια *MCS-40* περιελάμβανε 4-bit μικροεπεξεργαστές
- Οικογένεια *MCS-85* περιλαμβάνει 8-bit μικροεπεξεργαστές μετά 8008 (1972) και 8080 (1974)
- Οικογένεια *MCS-86* περιέχει 16-bit μικροεπεξεργαστές επόμενης γενιάς, το ξεκίνημα της αρχιτεκτονικής x86, όπως ήταν ο 8086 (1978), ο 8088 (1979), ο 80286 (1982) αλλά και 32-bit μικροεπεξεργαστές όπως ο 80386 (1985) και ο 80486 (1989). Αργότερα υπήρξαν και άλλες γνωστές οικογένειες μικροελεγκτών όπως οι *MCS-96* και *MCS-296*. Στις επόμενες οικογένειες μικροεπεξεργαστών, η Intel άρχισε να δίνει μεγάλη σημασία στην υπολογιστική ισχύ των προϊόντων της.

- Οικογένεια *Pentium (P5)* περιείχε 32-bit μικροεπεξεργαστές όπως ήταν ο πρώτος κλασικός Pentium (1993), ο Pentium Pro (1995), ο Pentium με MMX τεχνολογία (1997)
- Οικογένεια *Pentium(P6)* περιείχε επίσης 32-bit μικροεπεξεργαστές όπως ο Pentium II (1997), ο Celeron (1998), ο Pentium III (1999), ο Pentium M (2003)
- Οικογένεια *Netburst* όπου περιείχε αρχικά 32-bit μικροεπεξεργαστές όπως ήταν ο Pentium 4 (2000), ο Itanium (2001), ο Pentium 4E , 4F και Xeon (2004), ενώ αργότερα 64-bit μικροεπεξεργαστές όπως ο Pentium D (2005) όπου περνάμε στην επόμενη γενιά και οικογένεια μικροεπεξεργαστών της Intel
- Οικογένεια *Atom* περιείχε 32-bit μικροεπεξεργαστές με τεχνολογία Hyper-Threading (παραλληλισμός των υπολογιστικών διαδικασιών)
- Οικογένεια *Core* όπου περιείχε 64-bit μικροεπεξεργαστές όπως ο Core 2 (2006), Dual Core (2007) και τέλος μικροεπεξεργαστές που εξελίξει την αρχιτεκτονική της οικογένειας Netburst σε αρχιτεκτονική ονομαζόμενη Nehalem, όπως ο Core i3, Core i5 (2008), Core i7 (2009) και Core i9.

3.1.7 Microchip Technologies



Η Microchip Technologies είναι μια Αμερικάνικη κατασκευαστική εταιρεία μικροελεγκτών, μνημών και αναλογικών ημιαγωγών. Η εταιρεία ιδρύθηκε το 1987. Τα προϊόντα της περιέχουν μικροελεγκτές (PICmicro, dsPIC / PIC24, PIC32), συσκευές σειριακών EEPROM, συσκευές σειριακών SRAM, , συσκευές RF, αλλά και αναλογικές συσκευές διαχείρισης θερμότητας, ισχύς, και μπαταρίας και πολλές άλλες, όπως συσκευές που επιτρέπουν στον χρήστη να αλληλεπιδρά με κάποιο ηλεκτρονικό πληροφοριακό σύστημα (Interface Devices, IDF). Η εταιρεία αυτή με το να συνδυάζει χαμηλή κατανάλωση ισχύος και λειτουργικότητα στους μικροελεγκτές της (PIC), τους καθιστά ιδανικούς για οποιαδήποτε μικρής παροχής ενέργειας εφαρμογή. Οι βασικότερες οικογένειες της Microchip Technologies διαμορφώνονται με βάση την αρχιτεκτονική τους και είναι οι παρακάτω.

- Οικογένεια των 8-bit (8-bit data bus), όπου περιέχει μικροελεγκτές όπως ο PICmicro, με ένα μόνο αθροιστή (8 bits), ο PIC10 και ο PIC12 με 12-bit σετ εντολών
- Οικογένεια των 16-bit, όπως είναι η σειρά των μικροελεγκτών PIC16, με 14-bit σετ εντολών, ο PIC16F84, ο PICAXE, η σειρά των PIC18, με 16-bit σετ εντολών, ο PIC24 με 24-bit σετ εντολών, ο dsPIC βασισμένος στον PIC24, με λειτουργίες DSP και η
- Οικογένεια των 32-bit (32 bit data bus) μικροελεγκτών όπως η σειρά των PIC32MX με 32 bit εντολές, χρησιμοποιώντας αρχιτεκτονική MIPS.

3.1.8 MIPS Technologies



Η εταιρεία MIPS Technologies, πρώην MIPS Computer Systems, είναι παγκοσμίως γνωστή για την ανάπτυξη και δημιουργία μικροεπεξεργαστών αρχιτεκτονικής MIPS, μιας σειράς μικροεπεξεργαστών αρχιτεκτονικής RISC. Η εταιρεία MIPS παρέχει αρχιτεκτονικές και πυρήνες μικροεπεξεργαστών σε διάφορους τομείς όπως σε δίκτυα, προσωπική ψηφιακή ψυχαγωγία, τηλεπικοινωνίες αλλά και σε επιχειρηματικές εφαρμογές. Η εταιρεία δεν κατάφερε να συναγωνιστεί τις πολύ μεγαλύτερες εταιρείες στην αγορά υπολογιστών με αποτέλεσμα για να διασώσει την παραγωγή μεταγενέστερων γενεών μικροεπεξεργαστών MIPS (όπως ο 64-bit R4000), η εταιρεία SGI αγοράζει την MIPS το 1992 και την μετονομάζει σε MIPS Technologies Inc. (MTI), θυγατρική πλέον της SGI. Ουσιαστικά περιέχει μια και μόνο οικογένεια μικροεπεξεργαστών την οικογένεια *R* που περιείχε ενδεικτικά τους R2000 (1986), R4000 (1991), R8000 (1994), R10000 (1996), R12000 (1998) και R18000 (2001).

3.1.9 SPARC



Η εταιρεία SPARC International (Scalable Processor Architecture) κατασκευάζει μικροεπεξεργαστές αρχιτεκτονικής RISC και δημιουργήθηκε από την γνωστή εταιρεία Sun Microsystems το 1986. Η SPARC ιδρύθηκε το 1989 για να

προάγει την αρχιτεκτονική SPARC. Υλοποιήσεις της πρώτης 32-bit SPARC αρχιτεκτονικής αρχικά σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε σε συστήματα της εταιρείας Sun αλλά και σε υπολογιστές εξυπηρέτησης δικτύων της ίδιας, αντικαθιστώντας τα προηγούμενα συστήματά της που βασίζονταν στην οικογένεια μικροεπεξεργαστών της Motorola 68000. Αργότερα, μικροεπεξεργαστές της SPARC χρησιμοποιήθηκαν από άλλες γνωστές εταιρείες για τα δικά τους προϊόντα όπως ήταν η Solbourne και η Fujitsu. Η SPARC International θέλησε το 2006 να δώσει την αρχιτεκτονική της στο ευρύ κοινό για να δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο οικοσύστημα ως προς την σχεδίαση, για την οποία σχεδίαση έχει δώσει άδεια να χρησιμοποιούν διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες μικροεπεξεργαστών και συσκευών, όπως είναι η Texas Instruments, η Atmel, η Cypress Semiconductor, και η Fujitsu. Υπήρξαν μέχρι τότε 2 μεγάλες οικογένειες μικροεπεξεργαστών.

- Η απλή *SPARC* οικογένεια με διάφορες γενεές όπως η SPARC V7 (1986), SPARC V8 (1990) και SPARC V9 (1993) η οποία περιείχε 64-bit μικροεπεξεργαστές και η
- *UltraSPARC* οικογένεια ακολουθώντας τις προδιαγραφές της προηγούμενης οικογένειας μετά την έκδοση των HyperSPARC και SuperSAPRC μικροεπεξεργαστών

3.1.10 Texas Instruments



Η εταιρεία Texas Instruments, παγκοσμίως γνωστή ως TI, είναι μια Αμερικάνικη εταιρεία βιομηχανίας ημιαγωγών μετά την Intel, Samsung και Toshiba, και η πρώτη σε παραγωγή μικροεπεξεργαστών ψηφιακού σήματος (digital signal processors, DSPs) και αναλογικών ημιαγωγών, παρέχοντας μια μεγάλη σειρά από προϊόντα τέτοιας φύσεως. Στον τομέα παραγωγής μικροεπεξεργαστών ξεκίνησε το 1971 με την οικογένεια μικροεπεξεργαστών την *TMS* όπου το 1973 κυκλοφόρησε ο TMS7000 για την χρήση του σε ένα μικροϋπολογιστή. Το 1976 κυκλοφόρησε τον TMS9900 έναν 16-bit μικροεπεξεργαστή ο οποίος συναγωνιζόταν τότε τον 8086 της Intel επειδή ήταν φθηνότερος και έτρεχε τα προγράμματα πιο γρήγορα (θερμαινόταν περισσότερο όμως) , όπως και ο διάδοχος TMS9980. Μια άλλη οικογένεια είναι αυτή

των MSP430, με 4 γενεές μικροελεγκτών των 16-bit, που χρησιμοποιούνται ευρέως μέχρι και σήμερα, διότι καταφέρνουν να συνδυάσουν χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ισχύος σε διάφορες εφαρμογές, όπως μέτρησης, ασύρματης μηχανικής ή μικρής κατανάλωσης ενέργειας. Σήμερα η TI έχει μόνο δυο τομείς εργασίας: ένας της βιομηχανίας ημιαγωγών (Semiconductors, SC) και ένας για εκπαιδευτική τεχνολογία (Educational Technology, ET).

3.1.11 Xilinx



Η εταιρεία Xilinx, είναι η μεγαλύτερη στον κόσμο προμηθεύτρια συσκευών προγραμματιζόμενης λογικής (PLDs), ο εφευρέτης των FPGAs αλλά και η πρώτη εταιρεία ημιαγωγών με πλήθος κατασκευαστικών μοντέλων. Ιδρύθηκε το 1984 με συνέταιρους σε διάφορες χώρες όπως Νότια Αμερική, Ασία και Ευρώπη. Στην αγορά των συσκευών προγραμματιζόμενης λογικής (PLDs) η Xilinx είναι κυρίαρχη μέχρι τα τέλη του 1990 και συνεχίζει να είναι στην κορυφή των κατασκευαστικών εταιρειών μέχρι και σήμερα.

Η εταιρεία Xilinx έχει δυο μεγάλες οικογένειες μικροελεγκτών: την υψηλής απόδοσης σειράς *Virtex* και της υψηλής ισχύος σειράς *Spartan*, αλλά και μια χαμηλότερου κόστους επιλογής, της σειράς *EasyPath*. Επίσης κατασκευάζει δυο σειρές CPLDs, αυτής της CoolRunner και της σειράς 9500. Κάθε μοντέλο σειράς έχει κυκλοφορήσει στην αγορά και σε μετέπειτα γενεές από την πρώτη. Η τελευταίες Virtex-6 και Spartan-6 οικογένειες FPGA καταναλώνουν 50% λιγότερη ισχύ, κοστίζουν 20% λιγότερο, και έχουν τουλάχιστον την διπλάσια λογική χωρητικότητα προηγούμενων γενεών FPGAs.

3.1.12 ZiLOG



Η εταιρεία ZiLOG συστάθηκε το 1998 ως μια βιομηχανία 8-bit, 16-bit, 24-bit, and 32-bit μικροεπεξεργαστών και έγινε γνωστή λόγω μιας και μόνο σειράς παραγωγής επεξεργαστών την Z80, η οποία ήταν συμβατή με αυτή της 8080 της Intel. Παρέχει ουσιαστικά μια μόνο οικογένεια μικροεπεξεργαστών την Z με σειρές όπως την Z8 και Z180-Z80 (π.χ. Z800, Z8000, Z280, Z180) αν εξαιρέσουμε την σειρά eZ8, eZ80 και Z16 που ουσιαστικά ήταν μικροεπεξεργαστές με τις ίδιες προδιαγραφές με

αυτούς της προηγούμενης οικογένειας, με τη μόνη διαφορά ότι ήταν 4 φορές πιο γρήγοροι λόγω αναβάθμισης του υλικού.

3.2 Ανάλυση αγοράς

Στο σημείο αυτό, αφού έγινε μια σύντομη περιγραφή των επικρατέστερων εταιρειών κατασκευής μικροεπεξεργαστών, αλλά και μια παρουσίαση των οικογενειών της κάθε μιας, θα δούμε συγκριτικούς πίνακες μεταξύ των χαρακτηριστικών των μικροεπεξεργαστών, από τις μεγαλύτερες και επικρατέστερες μέχρι και σήμερα εταιρείες κατασκευής σύγχρονων πλέον μικροεπεξεργαστών, όπως είναι η Atmel, η Microchip Technologies, η Freescale Semiconductors, (πρώην Motorola) αλλά και η Texas Instruments.

3.2.1 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Atmel

Στους παρακάτω πίνακες συγκρίνονται οι βασικότεροι μικροεπεξεργαστές της εταιρείας Intel ως προς τα βασικά τους χαρακτηριστικά, όπως είναι η χωρητικότητα των μνημών Flash (σε Kbytes), EEPROM (σε Kbytes), SRAM (σε Bytes), τα I/O Pins, η συχνότητα λειτουργίας τους F.max (σε MHz), τάση λειτουργίας τους Vcc (σε Volts), αν και πόσους χρονιστές (timers) περιέχουν, αριθμό Interrupts κ.α. Ταυτόχρονα γίνεται μια κατηγοριοποίηση στην παρουσίαση των πολύ γνωστών μικροελεγκτών της εταιρείας Atmel, ως προς την εφαρμογή τους.

Έχουμε λοιπόν:

Για εφαρμογές *αυτοκίνησης (automotive)*

Συσκευή	Flash (Kbytes)	EEPROM (Kbytes)	SRAM (Bytes)	Max I/O Pins	F.max (MHz)	Vcc (V)	10-bit A/D Channels	16-bit Timers	8-bit Timer	Ext Interrupts
AT90CAN128	128	4	4096	53	16	2.7 - 5.5	8	2	2	8
AT90CAN32	32	1	2048	53	16	2.7 - 5.5	8	2	2	8
AT90CAN64	64	2	4096	53	16	2.7 - 5.5	8	2	2	8
ATmega164P	16	0.5	1024	32	16	2.7 - 5.5	8	1	2	32
ATmega168	16	0.5	1024	23	16	2.7 - 5.5	8	1	2	26
ATmega169P	16	0.5	1024	54	16	2.7 - 5.5	8	1	2	17
ATmega324P	32	1	2048	32	16	2.7 - 5.5	8	1	2	32
ATmega32C1	32	1	2048	27	16	2.7 - 5.5	11	NAI	NAI	4
ATmega32M1	32	1	2048	27	16	2.7 - 5.5	11	NAI	NAI	4
ATmega48	4	0.25	512	23	16	2.7 - 5.5	8	1	2	26
ATmega644P	64	2	4096	32	16	2.7 - 5.5	8	1	2	32
ATmega64C1	64	2	4096	27	16	2.7 - 5.5	11	NAI	NAI	4
ATmega64M1	64	2	4096	27	16	2.7 - 5.5	11	NAI	NAI	4
ATmega88	8	0.5	1024	23	16	2.7 - 5.5	8	1	2	26
ATtiny167	16	0.5	512	16	16	2.7 - 5.5	11	1	1	16
ATtiny24	2	0.125	128	12	16	2.7 - 5.5	8	1	1	12
ATtiny25	2	0.125	128	6	16	2.7 - 5.5	4	--	2	7
ATtiny261	2	0.125	128	16	16	2.7 - 5.5	11	1	2	2
ATtiny44	4	0.25	256	12	16	2.7 - 5.5	8	1	8	12
ATtiny45	4	0.25	256	6	16	2.7 - 5.5	4	--	2	7
ATtiny461	4	0.25	256	16	16	2.7 - 5.5	11	1	2	2
ATtiny84	8	0.5	512	12	16	2.7 - 5.5	8	1	1	12
ATtiny85	8	0.5	512	6	16	2.7 - 5.5	4	--	2	7
ATtiny861	8	0.5	512	16	16	2.7 - 5.5	11	1	2	2
ATtiny87	8	0.5	512	16	16	2.7 - 5.5	11	1	1	16

Για εφαρμογές *διαχείρισης ενέργειας (battery management)*

Συσκευή	Flash (Kbytes)	EEPROM (Kbytes)	SRAM (Bytes)	Max I/O Pins	F.max (MHz)	Vcc (V)	12-bit A/D Channels	16-bit Timers	8-bit Timer	Ext Interrupts
ATmega16HVA	16	256	512	6	4	1.8 - 9.0	5	2	--	3
ATmega16HVB	16	512	1K	12	8	4 - 25	7	2	--	4
ATmega32HVB	32	1	2K	12	8	4 - 25	7	2	--	4
ATmega406	40	0.5	2048	18	1	4 - 25	--	1	1	4
ATmega8HVA	8	256	512	6	4	1.8 - 9.0	5	2	--	3

Για εφαρμογές *φωτισμού(lighting)*

Συσκευή	Flash (Kbytes)	EEPROM (Kbytes)	SRAM (Bytes)	Max I/O Pins	F.max (MHz)	16-bit Timers	8-bit Timer	Ext Interrupts
AT90PWM1	8	0.5	512	19	16	1	1	4
AT90PWM2	8	0.5	512	19	16	1	1	4
AT90PWM216	16	0.5	1024	19	16	1	1	4
AT90PWM2B	8	0.5	512	19	16	1	1	4
AT90PWM3	8	0.5	512	27	16	1	1	4
AT90PWM316	16	0.5	1024	27	16	1	1	4
AT90PWM3B	8	0.5	512	27	16	1	1	4

Για εφαρμογές *οθονών υγρών κρυστάλλων (LCD)*

Συσκευή	Flash (Kbytes)	EEPROM (Kbytes)	SRAM (Bytes)	Max I/O Pins	F.max (MHz)	Vcc (V)	16-bit Timers	8-bit Timer	10-bit A/D Channels	Ext Interrupts
ATmega169P	16	0.5	1024	54	16	1.8-5.5	1	2	8	17
ATmega329	32	1	2048	54	16	1.8-5.5	1	2	8	17
ATmega3290	32	1	2048	69	16	1.8-5.5	1	2	8	32
ATmega3290P	32	1	2048	69	20	1.8-5.5	1	2	8	32
ATmega329P	32	1	2048	54	20	1.8-5.5	1	2	8	17
ATmega649	64	2	4096	54	16	1.8-5.5	1	2	8	17
ATmega6490	64	2	4096	69	16	1.8-5.5	1	2	8	32

Για εφαρμογές *ενιαίου σειριακού διαύλου (USB)*

Συσκευή	Flash (Kbytes)	EEPROM (Kbytes)	SRAM (Bytes)	Max I/O Pins
AT90USB1286	128	4	8192	48
AT90USB1287	128	4	8192	48
AT90USB162	16	0.5	512	22
AT90USB646	64	2	4096	48
AT90USB647	64	2	4096	48
AT90USB82	8	0.5	512	22
ATmega16U2	8	0.5	512	22
ATmega16U4	16	1	2.5K	26
ATmega32U2	8	1	1024	22
ATmega32U4	32	1	2.5K	26
ATmega8U2	8	0.5	512	22

3.2.2 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Microchip Technologies

Στους παρακάτω πίνακες συγκρίνονται οι βασικότεροι μικροεπεξεργαστές της εταιρείας Microchip Technologies ως προς την μνήμη του προγράμματος που κατέχουν (Program Memory σε KBytes), την μνήμη EEPROM, την μνήμη RAM, τα I/O Pins, την μέγιστη ταχύτητα CPU (σε MHz), πόσους και τι είδους χρονιστές περιέχουν αλλά και την τάση λειτουργίας τους (Vcc). Ταυτόχρονα γίνεται μια κατηγοριοποίηση της παρουσίας των μικροελεγκτών της Microchip ως προς την αρχιτεκτονική τους (8-bit και 16-bit).

Για τους μικροελεγκτές των **8-bit** έχουμε τους εξής πίνακες για τις οικογένειες **PIC10, PIC12, PIC16** και **PIC18**

Οικογένεια PIC10	Program Memory (Kbytes)	EEPROM	RAM	I/O Pins	CPUSpeed (MHz)	Timers	Vcc
PIC10F200	0.375	0	16	4	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC10F202	0.75	0	24	4	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC10F204	0.375	0	16	4	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC10F206	0.75	0	24	4	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC10F220	0.375	0	16	4	8	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC10F222	0.75	0	23	4	8	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V

Οικογένεια PIC12	Program Memory (Kbytes)	EEPROM	RAM	I/O Pins	CPUSpeed (MHz)	Timers	Vcc
PIC12F1822	3.5	256	128	6	32	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC12F508	0.75	0	25	6	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F509	1.5	0	41	6	4	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F510	1.5	0	38	6	8	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F519	1.5	64	41	6	8	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F609	1.75	0	64	6	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 15V
PIC12F615	1.75	0	64	6	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 15V
PIC12F617	3.5	0	128	6	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F629	1.75	128	64	6	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F635	1.75	128	64	6	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F675	1.75	128	64	6	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC12F683	3.5	256	128	6	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V

Οικογένεια PIC16	Program Memory (Kbytes)	EEPROM	RAM	I/O Pins	CPUSpeed (MHz)	Timers	Vcc
PIC16F1823	3.5	256	128	12	32	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1826	3.5	256	256	16	32	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1827	7	256	384	16	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1933	7	256	256	25	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1934	7	256	256	36	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1936	14	256	512	25	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1937	14	256	512	36	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1938	28	256	1024	25	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1939	28	256	1024	36	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1946	14	256	512	53	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F1947	28	256	1024	53	32	4 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F505	1.5	0	72	12	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F506	1.5	0	67	12	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F526	1.5	64	67	12	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F54	0.75	0	25	12	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F57	3	0	72	20	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F59	3	0	134	32	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F610	1.75	0	64	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 15V
PIC16F616	3.5	0	128	12	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 15V
PIC16F627A	1.75	128	224	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F628A	3.5	128	224	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F630	1.75	128	64	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F631	1.75	128	64	18	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F636	3.5	256	128	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F639	3.5	256	128	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F648A	7	256	256	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F676	1.75	128	64	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F677	3.5	256	128	18	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F684	3.5	256	128	12	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F685	7	256	256	18	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F687	3.5	256	128	18	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F688	7	256	256	12	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F689	7	256	256	18	20	1 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F690	7	256	256	18	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F716	3.5	0	128	13	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F72	3.5	0	128	22	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F720	3.5	0	128	18	16	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F721	7	0	256	18	16	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F722	3.5	0	128	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F723	7	0	192	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F724	7	0	192	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F726	14	0	368	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F727	14	0	368	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC16F73	7	0	192	22	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F737	7	0	368	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F74	7	0	192	33	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F747	7	0	368	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F76	14	0	368	22	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V

PIC16F767	14	0	368	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F77	14	0	368	33	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F777	14	0	368	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F785	3.5	256	128	18	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 15V
PIC16F818	1.75	128	128	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F819	3.5	256	256	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F84A	1.75	64	68	13	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit	2V - 6V
PIC16F87	7	256	368	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F88	7	256	368	16	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC16F882	3.5	128	128	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F883	7	256	256	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F884	7	256	256	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F886	14	256	368	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F887	14	256	368	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F913	7	256	256	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F914	7	256	256	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F916	14	256	352	25	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F917	14	256	352	36	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16F946	14	256	336	54	20	2 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC16HV540	1.5	0	25	12	20	1 - 8-bit , 0 - 16-bit	3.5V - 15V

Οικογένεια PIC18	Program Memory (Kbytes)	EEPROM	RAM	I/O Pins	CPUSpeed (MHz)	Timers	Vcc
PIC18F1220	4	256	256	16	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F1230	4	128	256	16	40	2 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F1320	8	256	256	16	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F1330	8	128	256	16	40	2 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F13K22	8	256	256	18	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F13K50	8	256	512	15	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F14K22	16	256	512	18	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F14K50	16	256	768	15	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F2220	4	256	512	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2221	4	256	512	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2320	8	256	512	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2321	8	256	512	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2331	8	256	768	24	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F23K20	8	256	512	25	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F2410	16	0	768	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2420	16	256	768	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2423	16	256	768	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2431	16	256	768	24	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2450	16	0	768	23	48	1 - 8-bit , 2 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2455	24	256	2048	24	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2458	24	256	2048	24	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2480	16	256	768	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F24J10	16	0	1024	21	40	1 - 8-bit , 2 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F24J11	16	0	3800	21	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F24J50	16	0	3800	22	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F24K20	16	256	768	25	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V

PIC18F2510	32	0	1536	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2515	48	0	3968	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2520	32	256	1536	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2523	32	256	1536	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2525	48	1024	3968	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2550	32	256	2048	24	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2553	32	256	2048	24	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2580	32	256	1536	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2585	48	1024	3328	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F25J10	32	0	1024	21	40	1 - 8-bit , 2 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F25J11	32	0	3800	21	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F25J50	32	0	3800	22	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F25K20	32	256	1536	25	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F25K22	32	256	1536	25	64	3 - 8-bit , 4 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F2610	64	0	3968	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2620	64	1024	3968	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2680	64	1024	3328	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F2682	80	1024	3328	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F2685	96	1024	3328	25	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F26J11	64	0	3800	21	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F26J50	64	0	3800	22	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F26K20	64	1024	3936	25	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F4220	4	256	512	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4221	4	256	512	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4320	8	256	512	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4321	8	256	512	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4331	8	256	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F43K20	8	256	512	36	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F4410	16	0	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4420	16	256	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4423	16	256	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4431	16	256	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4450	16	0	768	34	48	1 - 8-bit , 2 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4455	24	256	2048	35	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4458	24	256	2048	35	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4480	16	256	768	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F44J10	16	0	1024	32	40	1 - 8-bit , 2 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F44J11	16	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F44J50	16	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F44K20	16	256	768	36	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F4510	32	0	1536	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4515	48	0	3968	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4520	32	256	1536	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4523	32	256	1536	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4525	48	1024	3968	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4550	32	256	2048	35	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4553	32	256	2048	35	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4580	32	256	1536	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4585	48	1024	3328	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F45J10	32	0	1024	32	40	1 - 8-bit , 2 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F45J11	32	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V

PIC18F45J50	32	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F45K20	32	256	1536	36	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F45K22	32	256	1536	36	64	3 - 8-bit , 4 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 5.5V
PIC18F4610	64	0	3968	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4620	64	1024	3968	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4680	64	1024	3328	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F4682	80	1024	3328	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F4685	96	1024	3328	36	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F46J11	64	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F46J50	64	0	3800	34	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F46K20	64	1024	3936	36	64	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	1.8V - 3.6V
PIC18F6310	8	0	768	54	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6390	8	0	768	50	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6393	8	0	768	50	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F63J11	8	0	1024	54	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F63J90	8	0	1024	51	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F6410	16	0	768	54	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6490	16	0	768	50	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6493	16	0	768	50	32	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F64J11	16	0	1024	54	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F64J90	16	0	1024	51	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F6520	32	1024	2048	52	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6527	48	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F65J10	32	0	2048	50	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F65J11	32	0	2048	54	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F65J15	48	0	2048	50	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F65J50	32	0	3904	49	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F65J90	32	0	2048	50	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F6622	64	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6627	96	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F6628	96	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F66J10	64	0	2048	50	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J11	64	0	3904	50	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J15	96	0	3936	50	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J16	96	0	3904	50	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J50	64	0	3904	49	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J55	96	0	3904	49	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J60	64	0	3808	39	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J65	96	0	3808	39	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J90	64	0	3900	51	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F66J93	64	0	3900	51	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F6722	128	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F6723	128	1024	3936	54	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F67J10	128	0	3936	50	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F67J11	128	0	3904	50	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F67J50	128	0	3904	49	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F67J60	128	0	3808	39	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F67J90	128	0	3900	51	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F67J93	128	0	3900	51	48	3 - 8-bit , 1 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F8310	8	0	768	70	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8390	8	0	768	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V

PIC18F8393	8	0	768	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F83J11	8	0	1024	70	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F83J90	8	0	1024	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F8410	16	0	768	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8490	16	0	768	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8493	16	0	768	66	32	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F84J11	16	0	1024	70	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F84J90	16	0	1024	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F8520	32	1024	2048	68	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8527	48	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F85J10	32	0	2048	66	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F85J11	32	0	2048	70	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F85J15	48	0	2048	66	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F85J50	32	0	3904	65	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F85J90	32	0	2048	66	40	1 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F8622	64	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8627	96	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 5.5V
PIC18F8628	96	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F86J10	64	0	2048	66	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J11	64	0	3904	66	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J15	96	0	3936	66	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J16	96	0	3904	66	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J50	64	0	3904	65	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J55	96	0	3904	66	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J60	64	0	3808	55	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J65	96	0	3808	55	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J90	64	0	3900	67	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F86J93	64	0	3900	67	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F8722	128	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F8723	128	1024	3936	70	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 5.5V
PIC18F87J10	128	0	3936	66	40	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F87J11	128	0	3904	66	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit	2V - 3.6V
PIC18F87J50	128	0	3904	65	48	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F87J60	128	0	3808	55	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F87J90	128	0	3900	67	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F87J93	128	0	3900	67	48	1 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F96J60	64	0	3808	70	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F96J65	96	0	3808	70	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V
PIC18F97J60	128	0	3808	70	42	2 - 8-bit , 3 - 16-bit , 0 - 32-bit	2V - 3.6V

Για τους μικροελεγκτές των **16-bit** έχουμε τους εξής πίνακες για τις οικογένειες **PIC24F**, **PIC24H**, και τις **dspPIC30** και **dspPIC33**

Οικογένεια PIC24F	Program Memory (Kbytes)	RAM (bytes)	EEPROM	Vcc	I/O Pins	Timers
PIC24F04KA200	4	512	0	1.8V - 3.6V	12	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24F04KA201	4	512	0	1.8V - 3.6V	18	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24F08KA101	8	1536	512	1.8V - 3.6V	18	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24F08KA102	8	1536	512	1.8V - 3.6V	24	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24F16KA101	16	1536	512	1.8V - 3.6V	18	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24F16KA102	16	1536	512	1.8V - 3.6V	24	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ16GA002	16	4096	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ16GA004	16	4096	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GA002	32	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GA004	32	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GA102	32	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GA104	32	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GB002	32	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ32GB004	32	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ48GA002	48	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ48GA004	48	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA002	64	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA004	64	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA006	64	8192	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA008	64	8192	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA010	64	8192	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA102	64	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GA104	64	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GB002	64	8192	0	2V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GB004	64	8192	0	2V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GB106	64	16384	0	2V - 3.6V	52	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GB108	64	16384	0	2V - 3.6V	68	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ64GB110	64	16384	0	2V - 3.6V	84	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ96GA006	96	8192	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ96GA008	96	8192	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ96GA010	96	8192	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA006	128	8192	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA008	128	8192	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA010	128	8192	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA106	128	16384	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA108	128	16384	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GA110	128	16384	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GB106	128	16384	0	2V - 3.6V	52	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GB108	128	16384	0	2V - 3.6V	68	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ128GB110	128	16384	0	2V - 3.6V	84	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ192GA106	192	16384	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ192GA108	192	16384	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ192GA110	192	16384	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit

PIC24FJ192GB106	192	16384	0	2V - 3.6V	52	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ192GB108	192	16384	0	2V - 3.6V	68	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ192GB110	192	16384	0	2V - 3.6V	84	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GA106	256	16384	0	2V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GA108	256	16384	0	2V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GA110	256	16384	0	2V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GB106	256	16384	0	2V - 3.6V	52	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GB108	256	16384	0	2V - 3.6V	68	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit
PIC24FJ256GB110	256	16384	0	2V - 3.6V	84	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 0 x 32-bit

Οικογένεια PIC24H	Program Memory (Kbytes)	RAM (bytes)	EEPROM	Vcc	I/O Pins	Timers
PIC24HJ12GP201	12	1024	0	3V - 3.6V	13	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
PIC24HJ12GP202	12	1024	0	3V - 3.6V	21	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
PIC24HJ16GP304	16	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
PIC24HJ32GP202	32	2048	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
PIC24HJ32GP204	32	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
PIC24HJ32GP302	32	4096	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ32GP304	32	4096	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ64GP202	64	4096	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ64GP204	64	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ64GP206	64	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP206A	64	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP210	64	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP210A	64	8192	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP502	64	4096	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ64GP504	64	4096	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ64GP506	64	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP506A	64	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP510	64	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ64GP510A	64	8192	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP202	128	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ128GP204	128	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ128GP206	128	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP206A	128	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP210	128	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP210A	128	8192	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP306	128	16384	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP310	128	16384	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP310A	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP502	128	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ128GP504	128	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
PIC24HJ128GP506	128	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP506A	128	8192	0	3V - 3.6V	64	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ128GP510	128	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ256GP206	256	16384	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ256GP206A	256	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ256GP210	256	16384	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
PIC24HJ256GP610	256	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit

Οικογένεια dspPIC30	Program Memory (Kbytes)	RAM	EEPROM	Vcc	I/O Pins	Timers
dsPIC30F1010	6	256	0	3V - 5.5V	21	0 x 8-bit , 2 x 16-bit , 0 x 32-bit
dsPIC30F2010	12	512	1024	2.5V - 5.5V	20	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F2011	12	1024	0	2.5V - 5.5V	12	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F2012	12	1024	0	2.5V - 5.5V	20	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F2020	12	512	0	3V - 5.5V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F2023	12	512	0	3V - 5.5V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F3010	24	1024	1024	2.5V - 5.5V	20	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F3011	24	1024	1024	2.5V - 5.5V	30	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F3012	24	2048	1024	2.5V - 5.5V	12	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F3013	24	2048	1024	2.5V - 5.5V	20	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F3014	24	2048	1024	2.5V - 5.5V	30	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC30F4011	48	2048	1024	2.5V - 5.5V	30	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F4012	48	2048	1024	2.5V - 5.5V	20	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F4013	48	2048	1024	2.5V - 5.5V	30	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F5011	66	4096	1024	2.5V - 5.5V	52	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F5013	66	4096	1024	2.5V - 5.5V	68	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F5015	66	2048	1024	2.5V - 5.5V	52	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F5016	66	2048	1024	2.5V - 5.5V	68	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6011A	132	6144	2048	2.5V - 5.5V	52	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6013A	132	6144	2048	2.5V - 5.5V	68	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6010A	144	8192	4096	2.5V - 5.5V	68	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6012A	144	8192	4096	2.5V - 5.5V	52	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6014A	144	8192	4096	2.5V - 5.5V	68	5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC30F6015	144	8192	4096	2.5V - 5.5V	52	5 x 16-bit , 2 x 32-bit

Οικογένεια dspPIC33	Program Memory (Kbytes)	RAM	EEPROM	Vcc	I/O Pins	Timers
dsPIC33FJ06GS101	6	256	0	3V - 3.6V	13	0 x 8-bit , 2 x 16-bit , 0 x 32-bit
dsPIC33FJ06GS102	6	256	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 2 x 16-bit , 0 x 32-bit
dsPIC33FJ06GS202	6	1028	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 2 x 16-bit , 0 x 32-bit
dsPIC33FJ12GP201	12	1024	0	3V - 3.6V	13	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ12GP202	12	1024	0	3V - 3.6V	21	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ12MC201	12	1024	0	3V - 3.6V	15	3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ12MC202	12	1024	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16GP304	16	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16GS402	16	2048	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16GS404	16	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16GS502	16	2048	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16GS504	16	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ16MC304	16	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ32GP202	32	2048	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ32GP204	32	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ32GP302	32	4096	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ32GP304	32	4096	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit

dsPIC33FJ32MC202	32	2048	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ32MC204	32	2048	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 3 x 16-bit , 1 x 32-bit
dsPIC33FJ32MC302	32	4096	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ32MC304	32	4096	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP202	64	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP204	64	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP206	64	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP206A	64	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP306	64	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP306A	64	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP310	64	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP310A	64	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP706	64	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP706A	64	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP708	64	16384	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP708A	64	16384	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP710	64	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP710A	64	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP802	64	16384	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64GP804	64	16384	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC202	64	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC204	64	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC506	64	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC506A	64	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC508	64	8192	0	3V - 3.6V	69	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC508A	64	8192	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC510	64	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC510A	64	8192	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC706	64	16384	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC706A	64	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC710	64	16384	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC710A	64	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC802	64	16384	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ64MC804	64	16384	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP202	128	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP204	128	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP206	128	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP206A	128	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP306	128	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP306A	128	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP310	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP310A	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP706	128	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP706A	128	16384	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP708	128	16384	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP708A	128	16384	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP710	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP710A	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP802	128	16384	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128GP804	128	16384	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC202	128	8192	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit

dsPIC33FJ128MC204	128	8192	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC506	128	8192	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC506A	128	8192	0	3V - 3.6V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC510	128	8192	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC510A	128	8192	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC706	128	16384	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC706A	128	16384	0	3V - 3.3V	53	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC708	128	16384	0	3V - 3.6V	69	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC708A	128	16384	0	3V - 3.6V	69	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC710	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC710A	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC710A	128	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC802	128	16384	0	3V - 3.6V	21	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ128MC804	128	16384	0	3V - 3.6V	35	0 x 8-bit , 5 x 16-bit , 2 x 32-bit
dsPIC33FJ256GP506	256	16384	0	3V - 3.6V	53	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ256GP510	256	16384	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ256GP710	256	30720	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ256MC510	256	16384	0	3V - 3.6V	85	9 x 16-bit , 4 x 32-bit
dsPIC33FJ256MC710	256	30720	0	3V - 3.6V	85	0 x 8-bit , 9 x 16-bit , 4 x 32-bit

3.2.3 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Motorola

Στους παρακάτω πίνακες συγκρίνονται οι βασικότεροι μικροεπεξεργαστές της εταιρείας Freesclae Semiconductor (πρώην Motorola) ως προς την μνήμη RAM, οι ακροδέκτες I/O (Pins), την συχνότητα του διαύλου (Bus Frequency σε MHz), πόσους και τι είδους χρονιστές περιέχουν, την τάση λειτουργίας τους (Vcc) κ.α. Ταυτόχρονα γίνεται μια κατηγοριοποίηση της παρουσίασης των μικροελεγκτών της Microchip ως προς την αρχιτεκτονική τους (8-bit, 16-bit και 32-bit).

Για τους μικροελεγκτές των **8-bit** έχουμε τους εξής πίνακες για τις οικογένειες **RS08**, **HCS08**, **HC08**, και για τις σειρές *Legacy* τις οικογένειες **HC05** και **HC11**.

Οικογένεια HCS08 (Αριθμός)	Internal RAM (kByte)	Bus Frequency (MHz)	Supply Voltage Min-Max(V)	Number of Timers	Timers Size(bit)	I/O Pins
S08EL (18)	1	20	2.7 - 5.5	1	16	16- 22
S08FL (4)	0.768 - 1.024	10	-	3	16	30
S08JM (16)	1 - 4	24	2.7 - 5.5	1	16	21 -51
S08JS (8)	0.512	24	-	1	16	14
S08LC (5)	2.5 - 4	20	1.8 - 3.6	1	16	18 - 24
S08LG (20)	2	20	2.7 - 5.5	1	16	39 - 69
S08LL (9)	2 - 4	10 -20	1.8 - 3.6	1 - 2	16	31 - 64

S08MP (11)	0.5 - 1	20 - 25	2.7 - 5.5	1	16	22 - 40
S08QB (6)	0.256 - 0.512	10	1.8 - 3.6	1	8 - 16	14 - 24
S08SE (19)	0.256 - 0.512	10	2.7 - 5.5	1	16	14 - 24
S08SG (86)	0.256 - 0.512	18 - 20	2.7 - 5.5	1 - 2	8 - 16	4 - 22
S08SL (17)	0.512	20	2.7 - 5.5	1	16	16 - 22
S08SV (4)	0.768 - 1.024	20	-	3	16	30
S08AC (73)	0.7 - 8	20	2.7 - 5.5,	1-3	16	22 - 70
S08AW (119)	0.7 - 32	20	2.7 - 5.5	1	16	22 - 54
S08D (279)	1 - 8	20	2.7 - 5.5	1	16	26 - 88
S08GB (13)	2 - 4	20	1.8 - 3.6	1	16	56
S08GT (69)	1 - 4	20	1.8 - 3.6	1 - 2	16	24 - 39
S08QA (6)	0.16 - 0.256	10	1.8 - 3.6	1	16	5
S08QD (26)	0.128 - 0.256	8	2.7 - 5.5	1	16	6
S08QE (41)	0.256 - 8	10 - 25	1.8 - 3.6	1 - 2	16	12 - 70
S08QG (47)	0.256 - 0.512	10	1.8 - 3.6	1	8 - 16	4 - 12
S08R (115)	1 - 2	8	1.8 - 3.6	1	16	23 - 39
S08SH (68)	0.256 - 1	20	2.7 - 5.5	1 - 2	8 - 16	4 - 23

Οικογένεια RS08 (Αριθμός)	Internal RAM (kByte)	Bus Frequency (MHz)	Supply Voltage Min-Max(V)	Number of Timers	Timers Size(bit)	I/O Pins
RS08LA (4)	0.256	10	2.7 - 5.5	1	16	34
RS08LE (2)	0.256	10	2.7 - 5.5	2	16	26
RS08KA (24)	0.064 - 0.256	10	1.8 - 5.5	4	8 - 16	2 - 18

Οικογένεια HC08 (Αριθμός)	Internal RAM (kByte)	Bus Frequency (MHz)	Supply Voltage Min-Max(V)	Number of Timers	Timers Size(bit)	I/O Pins
HC08AB (20)	0.512 - 1	8	4.5 - 5.5	0 - 8	16	51 - 64
HC08AP (54)	1 - 2	8	2.7 - 5.5	0 - 2	16	3 - 32
HC08AS-AZ (73)	1 - 2	8 - 8.4	4.5 - 5.5	0 - 1	16	40 - 64
HC08BD (6)	0.512 - 1	6	4.5 - 5.5	0 - 1	16	32
HC08EY (41)	0.256 - 0.512	8	4.5 - 5.5	2	16	24
HC08G (151)	0.384 - 2	4 - 8.2	2.7 - 5.5	0 - 2	16	21 - 64
HC08GZ (80)	1 - 2	8	3 - 5.5	0 - 1	16	21 - 64
HC08JB-JG(37)	0.128 - 1	3 - 8	2 - 5.5	0 - 1	16	13 - 37
HC08JK-JL (105)	0.128 - 0.512	4 - 8	-	0 - 2	16	14 - 26
HC08K (23)	0.192	4 - 8	-	0 - 1	16	13 - 39
HC08LD (3)	1 - 2.048	6	3 - 3.6	0 - 2	16	39
HC08LJ-LK (35)	0.512 - 0.768	4 - 8	3 - 5.5	0 - 2	16	20 - 48
HC08LV (2)	0.512	8	3.3 - 5.5	2	16	40
HC08MR (35)	0.256 - 0.768	8 - 8.2	4.5 - 5.5	0 - 1	16	12 - 44
HC08Q (329)	0.128 - 0.512	3.2 - 8.2	2.7 - 5.5	0 - 1	2 - 16	5 - 26
HC08RF (8)	0.128	2 - 4	-	0	16	32

Οικογένεια HC05 (Αριθμός)	Internal RAM (kByte)	EEPROM (kByte)	Bus Frequency (MHz)	Supply Voltage Typ(V)	Timer Channels	Timers Size(bit)	I/O Pins
68HC05B16 (6)	0.352	0.256	1 - 2.1	3.3 - 5	4	0 - 16	32
68HC05B32 (5)	0.512	0.256	1 - 2.1	3.3 - 5	4	0 - 16	32
68HC05B6 (3)	0.16 - 0.176	0.256	1 - 2.1	3.3 - 5	4	0 - 16	32
68HC05B8 (1)	0.176	0.256	1 - 2.1	3.3 - 5	4	16	32
68HC05BD5	-	-	-	-	-	-	-
68HC05C8A (11)	0.16 - 0.176	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	0 - 16	31
68HC05C9A (5)	0.352	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	0 - 16	31
68HC05J1A (3)	0.064	-	2.1 - 1	3.3 - 5	-	15	14
68HC05J5A (2)	0.128	-	2.1	2.2 - 5	1	16	14
68HC05JB3 (2)	-	-	-	-	-	-	-
68HC05JB4 (1)	-	-	-	-	-	-	-
68HC05JJ6 (3)	0.224	-	1.1 - 2.1	3 - 5	2	16	14
68HC05JP6 (4)	0.224	-	1.05 - 2.1	3 - 5	2	16	22
68HC05K3 (2)	0.064	0.128	1 - 2	3 - 5	-	8	10
68HC05L16 (2)	0.512	-	1 - 2.1	2.7 - 5	2	8 - 16	39
68HC05L25	-	-	-	-	-	-	-
68HC05LJ5 (1)	0.064	-	1 - 2.1	3.3 - 5	-	16	14
68HC05P18A (3)	0.192	0.128	2 - 4	5	2	16	21
68HC05P4A (5)	0.16 - 0.176	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	0 - 16	21
68HC05P6 (6)	0.176 - 0.16	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	0 - 16	21
68HC05PV8A (3)	0.192	0.128	2.1	5	4	0 - 16	20
68HC05SR3	-	-	-	-	-	-	-
68HC05SU3A (1)	0.192	-	2	5	-	8	32
68HC05X16 (1)	0.352	0.256	2.2	5	4	16	32
68HC05X32 (3)	0.512	0.256	2.2	5	4	16	32
68HC05X4	-	-	-	-	-	-	-
68HC705B16(11)	0.352	0.256	2.1 - 4	3.3 - 5	4	16	32
68HC705B32 (8)	0.512	0.256	1 - 2.1	3.3 - 5	4	0 - 16	32
68HC705C8A(31)	0.304	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	0 - 16	31
68HC705C9A (6)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705F32 (1)	0.92	0.256	1.8	2.7 - 5	8	16	80
68HC705J1A (9)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705J5A	-	-	-	-	-	-	-
68HC705JB3	-	-	-	-	-	-	-
68HC705JB4	-	-	-	-	-	-	-
68HC705JJ7 (4)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705JP7(14)	0.224	-	1.05 - 2.1	3.3	2	16	22
68HC705KJ1 (2)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705L16 (1)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705P6A(11)	0.16	-	1 - 2.1	3.3 - 5	2	-	21
68HC705SR3 (4)	-	-	-	-	-	-	-
68HC705X32 (8)	0.512	0.256	2.2	5	4	16	32
68HC705X4 (1)	-	-	-	-	-	-	-
68HC805PV8 (3)	0.192	8	2.1	5	4	16	20

Οικογένεια HC11 (Αριθμός)	Internal RAM (kByte)	EEPROM (kByte)	Bus Frequency Max(MHz)	Supply Voltage Typ(V)	Timer Channels	Timers Size (bit)	I/O Pins
68HC11D0 (14)	0.192	-	2	3	8	0 - 16	16
68HC11D3 (3)	0.192	-	3	-	2	0 16	26
68HC11E0 (9)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11E1 (21)	0.512	0.512	3	5	8	16	38
68HC11E20 (1)	0.512	0.512	3	5	8	16	38
68HC11E9 (5)	0.512	0.512	3	5	8	0 - 16	38
68HC11EA9	-	-	-	-	-	-	-
68HC11F1 (15)	1	0.512	3 - 5	5	8	16	30
68HC11K0 (3)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11K1 (8)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11K4 (9)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11KS1 (1)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11KS2 (2)	1	0.64	4	5	8	16	51
68HC11P1 (1)	-	-	-	-	-	-	-
68HC11P2 (4)	-	-	-	-	-	-	-
68HC711D3 (6)	-	-	-	-	-	-	-
68HC711E20 (13)	-	-	-	-	-	-	-
68HC711E9 (10)	-	-	-	-	-	-	-
68HC711KS2 (12)	1	0.64	3 - 4	5	8	0 - 16	51

Για τους μικροελεγκτές των **16-bit** έχουμε τους εξής πίνακες για τις οικογένειες **S12 - S12X** και **HC16**.

Οικογένεια S12 - S12X (Αριθμός)	Bus Frequency (MHz)	Internal RAM (kByte)	EEPROM (kByte)	Supply Voltage Min - Max(V)	Number of Timers	Timers Size(bit)	I/O Pins
S12C (180)	25	2 - 4	-	-	0 - 1	16	31,6
S12A (15)	25	4 - 12	1 - 4	-	0	0 - 18	59 - 91
S12HZ (34)	25	4 - 12	1 - 2	4.5 - 5.5	1	16	58 - 85
S12XA (13)	40	16 - 32	4	3.15 - 5.5	1	16 - 24	59 - 119
S12R	-	-	-	-	-	-	-
S12UF (4)	30	3 - 5	-	4.25 - 5.5	-	16	75 - 77
S12NE (4)	25	8	-	3.13 - 3.46	1	16	-
S12XE (230)	50	12 - 64	2 - 4	3.13 - 5.5	1	16	59 - 152
MC9S12H (19)	16 - 25	6 - 12	2 - 4	4.5 - 5.5	0 - 1	0 - 16	83 - 117
S12XS (71)	40	4 - 12	-	3.13 - 5.5	1	16	44 - 91
S12GC (54)	16 - 25	1 - 4	-	2.97 - 5.5	0 - 1	0 - 16	6 - 31
S12XD (193)	40	4 - 32	1 - 4	3.15 - 5.5	1	16 - 24	59 - 119
MC3S12RB128	-	-	-	-	-	-	-
S12E (23)	25	2 - 16	-	3.13 - 5.5	1 - 3	0 - 4	9 - 58
S12XHZ (30)	40	16 - 32	4	4.5 - 5.5	1	16 - 24	85 - 117
S12XB (8)	40	1 - 6	1 - 2	3.15 - 5.5	1	16 - 24	59 - 91

S12XF (49)	50	16 - 32	2 - 4	3.13 - 5.5	1	16	-
S12HY (14)	32	2 - 4	4	4.5 - 5.5	1 - 2	16	5 - 80
MC9S12DB32	-	-	-	-	-	-	-
MC9S12DP256	-	-	-	-	-	-	-
S12B (77)	25	2 - 4	1 - 2	3 - 5.5	0 - 1	0 - 16	59 - 91
S12D (308)	25	4 - 12	1 - 4	-	0	0 - 16	59 - 91
S12P (59)	32	2 - 6	4	3.13 - 5.5	1 - 2	8 - 16	34 - 64
S12Q (51)	8 - 16	1 - 4	-	3 - 5.5	1	16	31 - 60

Οικογένεια HC16 (Αριθμός)	Bus Frequency (MHz)	Internal RAM (kByte)	Supply Voltage Typ(V)	Timers Channels	Timers Size(bit)	I/O Pins
68HC16R1	-	-	-	-	-	-
68HC16Y1 (6)	16	2	5	8	16	24
68HC16Y3	-	-	-	-	-	-
68HC16Z1 (24)	16 - 25	1	3.3 - 5	2 - 8	8 - 16	16
68HC16Z3 (5)	16 - 25	4	5	8	16	16

Για τους περισσότερους μικροελεγκτές της Motorola των **32-bit** έχουμε τους εξής πίνακες για τις οικογένειες **ColdFire**, μια οικογένεια βασισμένη σε αρχιτεκτονικές της **ARM**, την **MCORE** αλλά και μια βασισμένη στην αρχιτεκτονική **POWER**.

Οικογένεια ColdFire	Bus Frequency (MHz)	Internal RAM (kByte)	Number of Timers	Timers Size(bit)	External Interrupts	I/O Pins	Supply Voltage Typ(V)
MC9S08QE8CLC	10	0.512	2	16	8	26	3
MC9S08AC128CLKE	20	8	1	16	-	70	5
MC9S08AC16CFDE	20	1	1 - 2	16	8	38	5
MC9S08AC32CFJE	20	2	1 - 3	16	5	22	5
MC9S08AC32MFUE	20	2	1 - 2	16	9	54	5
MC9S08AC32MPUER	20	2	1	16	9	54	5
MC9S08AC48CFDE	20	2	1 - 2	16	8	38	5
MC9S08AC48CFGE	20	2	1 - 2	16	7	34	5
MC9S08AC48CFJE	20	2	1 - 3	16	5	22	5
MC9S08AC8CFDE	20	0.7	1 - 2	16	8	38	5
MC9S08AC8CFGE	20	0.7	1 - 2	16	7	34	5
MC9S08AC8CFJE	20	0.7	1 - 3	16	5	22	5
MC9S08AC8MBE	20	0.7	1 - 2	16	7	32	5
MC9S08AC96MFGE	20	6	1	16	8	38	5
MC9S08AC96MFUE	20	6	1	16	9	54	5
MC9S08JM16CGT	24	1	1	16	8	37	5

MC9S08JM16CLC	24	1	1	16	6	21	5
MC9S08JM32CGT	24	2	1	16	8	37	5
MC9S08JM32CLD	24	2	1	16	8	33	5
MC9S08JM60CGT	24	4	1	16	8	37	5
MC9S08JM60CLD	24	4	1	16	8	33	5
MC9S08JM8CGT	24	1	1	16	8	37	5
MC9S08JM8CLC	24	1	1	16	6	21	5
MC9S08JM8CLD	24	1	1	16	8	33	5
MC9S08QE128CFT	25	8	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE128CFTR	25	8	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE128CLD	25	8	1 - 2	16	16	34	3
MC9S08QE16CFT	25	1	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE16CLC	25	1	1 - 2	16	16	26	3
MC9S08QE32CFT	25	2	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE32CLC	25	2	1 - 2	16	16	26	3
MC9S08QE32CLD	25	2	1 - 2	16	16	34	3
MC9S08QE32CWL	25	2	1 - 2	16	16	22	3
MC9S08QE4CLC	10	0.256	2	16	8	26	3
MC9S08QE4CLCR	10	0.256	2	16	8	26	3
MC9S08QE64CFT	25	4	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE64CLC	25	4	1 - 2	16	16	26	3
MC9S08QE8CTGR	10	0.512	2	16	8	12	3
MC9S08QE96CFT	25	6	1 - 2	16	16	38	3
MC9S08QE96CLD	25	6	1 - 2	16	16	34	3
MC9S08QE96CLH	25	6	1 - 2	16	16	54	3
MC9S08QE96CLK	25	6	1 - 2	16	16	70	3
MCF51AC128ACFUE	25	32	1	16	9	54	5
MCF51AC128ACLKE	25	32	1	16	9	70	5
MCF51AC128CCFUE	25	16	1	16	9	54	5
MCF51AC128CCFUER	25	32	1	16	-	54	5
MCF51AC128CCLKE	25	16	1	16	9	70	5
MCF51AC128CCPUE	25	16	1	16	9	54	5
MCF51AC128CVFUE	25	16	1	16	9	54	5
MCF51AC256BCLKE	25	32	1 - 2	16	9	70	5
MCF51AC256BCLKER	25	32	2	16	-	69	5
MCF51AC256BCPUE	25	32	1	16	9	54	5
MCF51CN128CLH	25	24	2	16	13	54	3.3
MCF51CN128CLK	25	24	2	16	17	70	3.3
MCF51JM128EVL D	25	16	1	16	7	33	-
MCF51JM128EVLH	25	16	1	16	9	51	-
MCF51QE64CLH	25	8	1	16	17	54	-
MCF51QE96CLH	25	8	1	16	17	54	-
MCF51QE96CLK	25	8	1	16	17	70	-
MCF5206EAB40	40	8	2	16	3	8	-
MCF5206EAB54	54	8	2	16	3	8	-
MCF5206ECAB40	40	8	2	16	3	8	-
MCF52100CAE66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52100CAE80	40	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52100CEP66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52110CAE66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52110CAE80	80	16	1 - 2	16,16	7	55	-

MCF52110CAF80	40	16	1 - 4	8 - 32	7	63	-
MCF52110CEP66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF5211CEP66	66	16	1 - 2	16	7	55	-
MCF5211LCEP66	66	16	1 - 2	16	7	55	-
MCF5213CAF66	66	32	1 - 2	16	7	55	-
MCF5213CAF80	80	32	1 - 2	16	7	55	-
MCF52211CAE66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52211CAE80	40	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52211CAF80	40	16	1 - 4	8 - 32	7	63	-
MCF52211CEP66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52212AE50	25	8	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52212CAE50	25	8	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52213AE50	25	8	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52213CAE50	25	8	1 - 4	8 - 32	7	43	-
MCF52230CAF60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52230CAL60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	73	-
MCF52231CAF60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52231CAL60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	73	-
MCF52232AF50	50	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52232CAF50	50	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52233CAF60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52233CAL60	60	32	1 - 4	16 - 32	15	73	-
MCF52236AF50	50	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52236AF50A	50	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52236CAF50	50	32	1 - 4	16 - 32	15	43	-
MCF52252AF80	80	32	1 - 4	16 - 32	4	56	-
MCF52252CAF66	66	32	1 - 4	16 - 32	4	56	-
MCF52254AF80	80	64	1 - 4	16 - 32	4	56	-
MCF52254CAF66	66	64	1 - 4	16 - 32	4	56	-
MCF52255CAF80	80	64	1 - 4	16 - 32	4	56	-
MCF52256AG80	80	32	1 - 4	16 - 32	4	96	-
MPC5553MZP80	82	64	1	24	-	220	-
MPC5553MZQ132	135	64	1	24	-	220	-
MPC5554AZP132	135	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MVR132	135	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MVR132R2	135	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MVR80	80	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP112	112	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP112R2	112	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP132	135	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP132R2	135	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP80	80	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5554MZP80R2	80	64	1 - 2	24	-	256	-
MPC5565MVZ132	135	80	1	24	-	192	-
MPC5566MVR132	135	128	1 - 2	24	-	256	-
MPC5566MZP132	135	128	1 - 2	24	-	256	-
MPC5566MZP132R	135	128	1 - 2	24	-	256	-
MPC5566MZP144	135	128	1 - 2	24	-	256	-
MPC5567MVR132	135	80	1	24	-	238	-
MPC5567MVR80	135	80	1	24	-	238	-
PC9S08AC128CFGE	20	8	1 - 2	16	7	34	5

PC9S08AC128CFUE	20	8	1 - 2	16	9	54	5
PC9S08AC128CLKE	20	8	1 - 2	16	9	69	5
PC9S08QE128CLH	25	8	1 - 2	16	16	70	3
PC9S08QE64CLH	25	4	1 - 2	16	16	70	3
PCF51AC128ACFUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51AC128ACLKE	25	32	1	16	9	70	5
PCF51AC128ACPUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51AC128CCFUE	25	16	1	16	9	54	5
PCF51AC128CCLKE	25	16	1	16	9	70	5
PCF51AC128CCPUE	25	16	1	16	9	54	5
PCF51AC256ACFUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51AC256ACLKE	25	32	1	16	9	70	5
PCF51AC256ACPUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51AC256AVLKE	25	32	1	16	9	70	5
PCF51AC256BCFUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51AC256BCLKE	25	32	1	16	9	70	5
PCF51AC256BCPUE	25	32	1	16	9	54	5
PCF51JM128EVLK	25	16	1	16	9	66	5
PCF51JM128VLH	25	16	1	16	9	51	5
PCF51JM128VQH	25	16	1	16	9	51	5
PCF51JM64EVLK	25	16	1	16	9	66	5
PCF51JM64VLH	25	16	1	16	9	51	5
PCF51QE128CLH	25	8	1	16	17	54	-
PCF51QE128CLK	25	8	1	16	17	70	-
PCF5207CAG166	83	16	4	32	8	30	-
PCF5208CAB166	83	16	4	32	8	50	-
PCF52211CEP66	33	16	1 - 4	8 - 32	7	43	-
PCF52274CLU120	60	128	2 - 4	16 - 32	3	47	-
PPC5534MVZA80	82	64	1	24	-	192	-
PPC5534MZQA80	82	64	1	24	-	192	-
PPC5553MVRA132	135	64	1	24	-	220	-
PPC5553MVZA132	135	64	1	24	-	220	-
PPC5553MZPA132	135	64	1	24	-	220	-
PPC5553MZQA132	135	64	1	24	-	220	-
PPC5554MVR132	135	64	1 - 2	24	-	256	-
PPC5566MVR144	135	128	1 - 2	24	-	256	-
PPC5567MVR132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MVRA132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MZP132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MZPA132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MZPA132R	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MZQ132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5567MZQA132	135	80	1	24	-	238	-
PPC5633MMLQ80	66	64	1	24 - 32	-	114	-
SCF5250AG120	120	128	2	16	-	57	-
SCF5250CAG120	120	128	2	16	-	57	-
SCF5250LAG100	100	128	2	16	-	57	-
SPC5533MVZ80	82	48	1	24	-	-	-
SPC5533MVZ80R	80	48	1	24	-	220	-
SPC5533MZQ80R	80	64	1	24	-	192	-
SPC5534MVZ80	82	64	1	24	-	192	-

SPC5534MZQ80	82	64	1	24	-	192	-
SPC5534MZQ80R	80	64	1	24	-	192	-
SPC5553MVR80	82	64	1	24	-	220	-
SPC5553MVZ132	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MVZ132R2	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MVZ80	82	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZP132	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZP132R	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZP80	82	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZQ112	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZQ132	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZQ132R	135	64	1	24	-	220	-
SPC5553MZQ80	82	64	1	24	-	220	-
SPC5554MZP80	80	64	1 - 2	24	-	256	-
SPC5565MVZ132	135	80	1	24	-	192	-
SPC5565MVZ132R	135	80	1	24	-	192	-
SPC5566MVR112	135	128	1 - 2	24	-	256	-
SPC5566MVR112R	135	128	1 - 2	24	-	256	-
SPC5566MVR132	135	128	1 - 2	24	-	256	-
SPC5566MVR132R	135	128	1 - 2	24	-	256	-
SPC5566MVR144	135	128	1 - 2	24	-	256	-
SPC5567MVR132	135	80	1	24	-	238	-
SPC5567MVR132R	135	80	1	24	-	238	-
SPC5567MVR80	135	80	1	24	-	238	-

Οικογένεια ARM Based	Core Operating Frequency	Bus Frequency	Internal RAM	L2 Cache	Number of Timers	Timers Size	Core Operating Voltage
MCIMX27LMOP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27LMOP4AR2	400	133	-	-	-	-	-
MC9328MX21CJM	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21CJMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21CVK	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21CVKR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21CVM	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21CVMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21DVK	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21DVKR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21DVM	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21DVMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SCVK	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SCVKR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SCVM	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SCVMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SVK	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SVKR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SVM	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21SVMR2	266	133	-	-	3	32	1.65

MC9328MX21VK	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21VKNN	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21VKR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21VM	233	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MX21VMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
MC9328MXSCVP10	100	100	-	-	2	32	1.8
MC9328MXSCVP10R2	100	100	-	-	2	32	1.8
MC9328MXSVP10	100	96	-	-	2	-	-
MC9328MXSVP10R2	100	100	-	-	2	32	1.8
MC93MX21DVKNN	266	133	-	-	3	32	1.65
MC94MX21DVKN3	350	133	-	-	3	32	1.8
MC94MX21DVKN3R2	350	133	-	-	3	32	1.8
MCIMX233CJM4B	454	454	32	-	1	16	1.4
MCIMX233DJM4B	454	454	32	-	1	16	1.4
MCIMX251AJM4	400	133	128	128	-	-	1.52
MCIMX253CJM4	400	133	128	128	-	-	1.52
MCIMX253CVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX253DJM4	400	133	128	128	-	-	1.52
MCIMX255AJM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX257CJM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX257DJM4	400	133	128	128	-	-	1.52
MCIMX257DJM4R2	400	133	128	128	-	-	1.52
MCIMX257DVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX258CJM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX27IPCAM	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27LPDK	400	133	45	0	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27LVOP4A	400	133	45	0	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27LVOP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27MJP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27MJP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27MOP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27MOP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27VJP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27VJP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27VOP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27VOP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX27WPKD	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
MCIMX31CJKN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31CJKN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31CJMN4C	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31CJMN4CR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CJMN4D	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CJMN4DR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CVKN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31CVKN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31CVMN4C	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CVMN4CR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CVMN4D	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31CVMN4DR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31DJKN5D	532	133	0.016	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31DJKN5DR2	532	133	0.016	128	1 - 3	8 - 32	1.65

MCIMX31DVKN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31DVKN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31DVMN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31DVMN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LCJMN4D	400	133	0.016	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LCJMN4DR2	400	133	0.016	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LCVKN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LCVKN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LCVMN4C	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LCVMN4CR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LCVMN4D	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LCVMN4DR2	400	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.47
MCIMX31LDVKN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LDVKN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LDVMN5C	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LDVMN5CR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LDVMN5D	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LDVMN5DR2	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX31LPDK	532	133	16	128	-	-	-
MCIMX31WPDK	532	133	16	128	1 - 3	8 - 32	1.65
MCIMX351AVM4B	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX351AVM4BR2	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353CJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353CJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353CVM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353DJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353DJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353DVM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353DVM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX353DVQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX355AJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX355AJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX355AVM4B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJM5B	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AVM4B	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AVM4BR2	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CVM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CVM5BR2	532	133	133000	128	1	32	1.47
MCIMX357DJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357DJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357DVM5B	532	133	133000	128	1	32	1.47
MCIMX357DVM5BR2	532	133	133000	128	1	32	1.47
MCIMX512CJM6C	600	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX512DJM8C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX512DJM8CR2	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX513CJM6C	800	200	128	256	5	32000	1.15

MCIMX513DJM8C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX513DJM8CR2	800	200	128	256	5	32	1.15
MCIMX514AJM6C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX515CJM6C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX515DJM8C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX515DJM8CR2	800	200	128	256	-	-	1.15
MCIMX515DVK8B	800	200	128	256	1 - 6	8 - 32	1.15
MCIMX515DVK8C	800	200	128	256	5	32000	1.15
MCIMX515DVM8B	800	200	128	256	-	-	1.15
MCIMX516AJM6C	800	200	128	256	5	32000	1.15
PC9328MX21CJM	266	133	-	-	3	32	1.65
PC9328MX21CJMR2	266	133	-	-	3	32	1.65
PCIMX27VJP4A	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
PCIMX27VJP4AR2	400	133	45	-	1 - 6	8 - 32	1.45
PCIMX357CJM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX357CJM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX357CJQ5C	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX357CJQ5CR2	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX357CVM5B	532	133	133000	128	1	32	1.47
PCIMX357CVM5BR2	532	133	133000	128	1	32	1.47
PCIMX515DJM8C	800	200	128	256	-	-	1.15
PCIMX515DVK8C	800	200	128	256	5	32000	1.15
PCIMX516AJM6C	800	200	128	256	5	32000	1.15
SAC7111J1VAG50	50	-	32	-	1	24	3.3
SAC7111J1VAG50R	50	-	32	-	1	24	3.3
SAC7116J0VAG50	50	-	48	-	1	24	3.3
SAC7116J0VAG50R	50	-	48	-	1	24	3.3
SAC7136J0VVF50	50	-	48	-	1	24	3.3
SAC7136J0VVF50R2	50	-	48	-	1	24	3.3
MCIMX251AVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX253DVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX255AVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX257CVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX258CVM4	400	133	128	-	4	-	-
MCIMX31DVKN5C	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31DVKN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31DVMN5C	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31LDVKN5C	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31LDVKN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX351AVM5B	532	133	128	128	-	-	-
MC9328MXSCVF10	100	96	-	-	2	-	-
MC9328MXSVF10	100	96	-	-	2	-	-
MCIMX31CVKN5C	532	-	-	-	-	-	-
MCIMX31CVKN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31LCVKN5C	532	133	-	128	3	-	-
MCIMX31LCVKN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31LVKN5C	532	133	-	128	3	-	-
MCIMX31LVKN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31LVMN5C	532	133	-	128	3	-	-
MCIMX31LVMN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX31VMN5C	532	133	-	128	3	-	-

MCIMX31VMN5CR2	532	133	0.016	128	1	8 - 32	-
MCIMX351AJM4B	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX351AJM4BR2	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX351AJM5B	532	-	-	128	-	-	-
MCIMX351AJM5BR2	532	-	-	128	-	-	-
MCIMX351AJQ5B	532	-	-	128	-	-	-
MCIMX351AJQ5BR2	532	-	-	128	-	-	-
MCIMX353CVM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJM4B	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJM4BR2	400	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJQ5B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX356AJQ5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CJM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
MCIMX357CJM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX351AVM4B	400	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX351AVM4BR2	400	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX355AVM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX355AVM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX356AVM5B	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX356AVM5BR2	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX356BVMB	532	133	128	128	1	32	1.47
PCIMX356BVMBR2	532	133	128	128	1	32	1.47

Οικογένεια MCORE	Bus Frequency (MHz)	Internal Flash (kByte)	Internal RAM (kByte)	Timers Channels	I/O Operating Voltage (V)	I/O Pins
MMC2107CFCAF33	33	128	8	4	3.6	72
MMC2107CFCAG33	33	128	8	4	3.6	72
MMC2114CFCAF33	33	256	32	4	3.6	67
MMC2114CFCAG33	33	256	32	4	3.6	104
MMC2114CFCVM33	33	256	32	4	3.6	104
MMC2114CFCVF33	33	256	32	4	3.6	104
MMC2001HCPV33B	16.368	-	32	-	3.6	-
MMC2107CFCPU33	33	128	8	4	3.6	72
MMC2107CFCPV33	33	128	8	4	3.6	72
MMC2113CFCPU33	33	128	8	4	3.6	67
MMC2113CFCPV33	33	128	8	4	3.6	104
MMC2113CFCVF33	33	128	8	4	3.6	104
MMC2114CFCPU33	33	256	32	4	3.6	67
MMC2114CFCPV33	33	256	32	4	3.6	104
SC550008CPV16B	16.368	-	32	-	3.6	-

Οικογένεια POWER	Bus Frequency (MHz)	Internal RAM (kByte)	Cache (kByte)	Number of Timers	Timers Size(bit)	I/O Pins	I/O Operating Voltage (V)
MPC5553MVR132	135	64	8	1	24	220	4.6
MPC5553MVZ132	135	64	8	1	24	220	4.6
MPC5553MZP132	135	64	8	1	24	220	4.6
MPC5553MZP80	82	64	8	1	24	220	4.6
MPC5553MZQ132	135	64	8	1	24	220	4.6
MPC5554AZP132	135	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MVR132	135	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MVR132R2	135	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MVR80	80	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP112	112	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP112R2	112	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP132	135	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP132R2	135	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP80	80	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5554MZP80R2	80	64	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC555LFAVR40	40	26	-	-	-	101	5
MPC555LFAZP40	40	26	-	-	-	101	5
MPC555LFCVR40	40	26	-	-	-	101	5
MPC555LFMVR40	40	26	-	-	-	101	5
MPC555LFMZP40	40	26	-	-	-	101	5
MPC5565MVZ132	135	80	8	1	24	192	4.6
MPC5566MVR132	135	128	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5566MZP132	135	128	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5566MZP132R	135	128	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5566MZP144	135	128	32	1 - 2	24	256	4.6
MPC5567MVR132	135	80	8	1	24	238	4.6
MPC5567MVR80	135	80	8	1	24	238	4.6
MPC561CVR40	40	32	-	-	-	56	5
MPC561CZP40	40	32	-	-	-	56	5
MPC561MVR56	56	32	-	-	-	56	5
MPC561MZP56	56	32	-	-	-	56	5
MPC561MZP56R2	56	32	-	-	-	56	5
MPC562MZP56	56	32	-	-	-	56	5
MPC562MZP56R2	56	32	-	-	-	56	5
MPC563CVR40	40	32	-	-	-	56	5
MPC563CZP40	40	32	-	-	-	56	5
MPC563MVR56	56	32	-	-	-	56	5
MPC563MVR56R2	56	32	-	-	-	56	5
MPC563MVR66	66	32	-	-	-	56	5
MPC563MVR66R	66	32	-	-	-	56	5
MPC563MZP56	56	32	-	-	-	56	5
MPC563MZP56R2	56	32	-	-	-	56	5
MPC563MZP66	66	32	-	-	-	56	5
MPC563MZP66R2	66	32	-	-	-	56	5
MPC564CVR40	40	32	-	-	-	56	5
MPC564CVR66	56	32	-	-	-	56	5
MPC564CZP40	40	32	-	-	-	56	5
MPC564CZP66	56	32	-	-	-	56	5

MPC564MVR56	56	32	-	-	-	56	5
MPC564MZP56	56	32	-	-	-	56	5
MPC564MZP66	56	32	-	-	-	56	5
MPC564MZP66R2	56	32	-	-	-	56	5
MPC565CVR40	40	36	-	-	-	56	5
MPC565CVR56	56	36	-	-	-	56	5
MPC565CZP40	40	36	-	-	-	56	5
MPC565CZP56	56	36	-	-	-	56	5
MPC565MVR56	56	36	-	-	-	56	5
MPC565MZP56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566AVR56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566AZP56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566CVR40	40	36	-	-	-	56	5
MPC566CVR56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566CZP56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566MVR56	56	36	-	-	-	56	5
MPC566MZP56	56	36	-	-	-	56	5
MPC8245ARZU400D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LVV266D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LVV300D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LVV333D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LVV350D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LZU266D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LZU300D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LZU333D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245LZU350D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TVV266D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TVV300D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TVV333D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TVV350D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TZU266D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TZU300D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TZU333D	133	-	32	-	-	120	3.3
MPC8245TZU350D	100	-	32	-	-	120	3.3
MPC8247CVRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247CVRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247CVRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247VRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247VRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247VRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247ZQMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247ZQPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8247ZQTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248CVRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248CVRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248CVRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248VRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248VRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248VRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248ZQMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8248ZQPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3

MPC8248ZQTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8250ACVRIHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250ACZQIHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250ACZUMHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250AVRIHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250AZQIHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250AZUMHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8250AZUPIBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8255ACZUMHBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8255AZUMHBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8255AZUPIBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8260ACZUMHBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8260ACZUMIBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8260AZUMHBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8260AZUPIBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8260AZUPJDB	83	32	32	-	-	120	3.3
MPC8264ACZUMIBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8264AZUMHBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8264AZUPIBB	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8264AZUPJDB	83	32	32	-	-	120	3.3
MPC8265ACZUMHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8265ACZUMIBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8265AZUMHBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8265AZUPIBC	66	32	32	-	-	120	3.3
MPC8265AZUPJDC	83	32	32	-	-	120	3.3
MPC8270CVRMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8270CZQMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8270VRMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8270ZQMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8271VRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8271VRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8271VRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8271ZQMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8271ZQPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8271ZQTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272VRMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272VRPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272VRTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272ZQMIBA	66	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272ZQPIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8272ZQTIEA	100	20	32	-	-	120	3.3
MPC8275CVRMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8275CZQMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8275VRMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3
MPC8275ZQMIBA	66	64	32	-	-	120	3.3

3.2.4 Συγκριτικοί Πίνακες μικροεπεξεργαστών της εταιρείας Texas Instruments

Στους παρακάτω πίνακες συγκρίνονται όλοι σχεδόν οι μικροεπεξεργαστές της εταιρείας Texas Instruments ως προς την μνήμη RAM και Flash που περιέχουν, την μέγιστη ταχύτητα τους (σε MHz), το StandBy (σε μA) και Active ($\mu\text{A}/\text{MHz}$) ρεύμα που απαιτείται για την λειτουργία τους, πόσους χρονιστές περιέχουν αλλά και τον αριθμό των ακροδεκτών (pins) που παρέχουν.

Για τους μικροελεγκτές της Texas Instruments έχουμε τους εξής συγκριτικούς πίνακες, με βάση τον πυρήνα του μικροεπεξεργαστή, τις σειρές *Stellaris ARM based*, *MSP430* και *C2000*.

Οικογένεια Stellaris ARM Based	Flash (Kb)	RAM (Kb)	Max Speed (MHz)	Standby Current (μA)	Active Current ($\mu\text{A}/\text{MHz}$)	Timers	Capture Pins
LM3S101	8	2	20	1	2.5	4	1
LM3S102	8	2	20	1	2.5	4	2
LM3S1110	64	16	25	180	2.5	5	2
LM3S1133	64	16	50	180	2.04	6	8
LM3S1138	64	16	50	180	2.04	6	6
LM3S1150	64	16	50	180	2.04	6	6
LM3S1162	64	16	50	180	2.04	6	6
LM3S1165	64	16	50	180	2.04	6	8
LM3S1332	96	16	50	180	2.04	6	8
LM3S1435	96	32	50	180	2.04	5	4
LM3S1439	96	32	50	180	2.04	5	6
LM3S1512	96	64	25	180	2.5	6	8
LM3S1538	96	64	50	180	2.04	6	8
LM3S1601	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S1607	128	32	50	180	2.04	6	6
LM3S1608	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S1620	128	32	25	180	2.5	5	4
LM3S1625	128	32	50	180	2.04	6	4
LM3S1626	128	32	50	180	2.04	6	4
LM3S1627	128	32	50	180	2.04	6	4
LM3S1635	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S1637	128	32	50	180	2.04	6	6
LM3S1751	128	64	50	180	2.04	5	6
LM3S1776	128	64	50	180	2.04	5	2
LM3S1811	256	32	50	N/A	0.56	1	8
LM3S1816	256	32	50	N/A	0.56	1	8
LM3S1850	256	32	50	180	2.04	5	6
LM3S1911	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S1918	256	64	50	180	2.04	6	8

LM3S1937	256	64	50	180	2.04	5	4
LM3S1958	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S1960	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S1968	256	64	50	180	2.04	6	4
LM3S1J11	128	20	50	N/A	0.56	1	6
LM3S1J16	128	20	50	N/A	0.56	1	6
LM3S1N11	64	12	50	N/A	0.56	1	6
LM3S1N16	64	12	50	N/A	0.56	1	6
LM3S1W16	32	8	50	N/A	0.56	1	6
LM3S1Z16	16	6	50	N/A	0.56	1	6
LM3S2110	64	16	25	180	2.5	5	4
LM3S2139	64	16	25	180	2.5	5	6
LM3S2276	64	32	50	180	2.04	5	1
LM3S2410	96	32	25	180	2.5	5	4
LM3S2412	96	32	25	180	2.5	5	4
LM3S2432	96	32	50	180	2.04	5	4
LM3S2533	96	64	50	180	2.04	6	6
LM3S2601	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S2608	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S2616	128	16	50	180	2.04	6	0
LM3S2620	128	32	25	180	2.5	6	6
LM3S2637	128	32	50	180	2.04	6	6
LM3S2651	128	32	50	180	2.04	6	6
LM3S2671	128	32	50	180	2.04	6	2
LM3S2678	128	32	50	180	2.04	6	2
LM3S2730	128	64	50	N/A	2.04	5	4
LM3S2739	128	64	50	N/A	2.04	5	6
LM3S2776	128	64	50	N/A	2.04	5	1
LM3S2793	128	64	80	N/A	0.56	7	8
LM3S2911	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S2918	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S2939	256	64	50	180	2.04	5	4
LM3S2948	256	64	50	180	2.04	6	8
LM3S2950	256	64	50	180	2.04	6	6
LM3S2965	256	64	50	180	2.04	6	6
LM3S2B93	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S300	16	4	25	0.95	2.4	5	6
LM3S301	16	2	20	1	2.5	4	2
LM3S308	16	4	25	0.95	2.4	5	6
LM3S310	16	4	25	0.8	2.4	5	6
LM3S315	16	4	25	0.8	2.4	5	6
LM3S316	16	4	25	0.8	2.4	5	6
LM3S317	16	4	25	0.8	2.4	5	6
LM3S328	16	4	25	0.95	2.4	5	6
LM3S3651	128	32	50	180	2.04	6	8
LM3S3739	128	64	50	180	2.04	6	8
LM3S3748	128	64	50	180	2.04	6	8
LM3S3749	128	64	50	180	2.04	6	7
LM3S3826	256	32	50	N/A	0.56	1	6
LM3S3J26	128	20	50	N/A	0.56	1	6
LM3S3N26	64	12	50	N/A	0.56	1	6
LM3S3W26	32	8	50	N/A	0.56	1	6

LM3S3Z26	16	6	50	N/A	0.56	1	6
LM3S5632	128	32	50	180	2.04	5	5
LM3S5651	128	32	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5652	128	32	50	180	2.04	5	6
LM3S5656	128	32	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5662	128	32	50	180	2.04	5	5
LM3S5732	128	64	50	180	2.04	5	5
LM3S5737	128	64	50	180	2.04	5	3
LM3S5739	128	64	50	180	2.04	6	8
LM3S5747	128	64	50	180	2.04	5	2
LM3S5749	128	64	50	180	2.04	6	5
LM3S5752	128	64	50	180	2.04	5	6
LM3S5762	128	64	50	180	2.04	5	5
LM3S5791	128	64	80	N/A	0.56	7	8
LM3S5951	256	64	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5956	256	64	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5B91	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S5K31	128	24	80	N/A	0.56	1	6
LM3S5K36	128	24	80	N/A	0.56	1	6
LM3S5P31	64	24	80	N/A	0.56	1	6
LM3S5P36	64	24	80	N/A	0.56	1	6
LM3S5P51	64	24	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5P56	64	24	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5R31	256	48	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5R36	256	48	80	N/A	0.56	1	8
LM3S5T36	32	12	80	N/A	0.56	1	6
LM3S5Y36	16	8	80	N/A	0.56	1	6
LM3S600	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S601	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S608	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S610	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S6100	64	16	25	210	2.5	5	4
LM3S611	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S6110	64	16	25	210	2.5	5	4
LM3S612	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S613	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S615	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S617	32	8	50	0.95	2.45	5	6
LM3S618	32	8	50	0.95	2.45	5	4
LM3S628	32	8	50	0.95	2.4	5	4
LM3S6420	96	32	25	210	2.5	5	4
LM3S6422	96	32	25	210	2.5	5	4
LM3S6432	96	32	50	210	2.04	5	4
LM3S6537	96	64	50	210	2.04	6	6
LM3S6610	128	32	25	210	2.5	6	6
LM3S6611	128	32	50	210	2.04	6	6
LM3S6618	128	32	50	210	2.04	6	6
LM3S6633	128	32	50	210	2.04	5	6
LM3S6637	128	32	50	210	2.04	6	6
LM3S6730	128	64	50	210	2.04	5	4
LM3S6753	128	64	50	210	2.04	6	4
LM3S6911	256	64	50	210	2.04	6	6

LM3S6918	256	64	50	210	2.04	6	6
LM3S6938	256	64	50	210	2.04	6	6
LM3S6950	256	64	50	210	2.04	6	6
LM3S6952	256	64	50	210	2.04	5	4
LM3S6965	256	64	50	210	2.04	6	4
LM3S800	64	8	50	0.95	1.95	5	6
LM3S801	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S808	64	8	50	0.95	1.95	5	6
LM3S811	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S812	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S815	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S817	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S818	64	8	50	0.95	2.4	5	4
LM3S828	64	8	50	0.95	2.4	5	6
LM3S8530	96	64	50	210	2.04	6	2
LM3S8538	96	64	50	210	2.04	6	4
LM3S8630	128	32	50	210	2.04	6	2
LM3S8730	128	64	50	210	2.04	6	2
LM3S8733	128	64	50	210	2.04	6	4
LM3S8738	128	64	50	210	2.04	6	6
LM3S8930	256	64	50	210	2.04	6	2
LM3S8933	256	64	50	210	2.04	6	4
LM3S8938	256	64	50	210	2.04	6	6
LM3S8962	256	64	50	210	2.04	6	2
LM3S8970	256	64	50	210	2.04	6	2
LM3S8971	256	64	50	210	2.04	6	6
LM3S9790	128	64	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9792	128	64	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9997	256	64	80	N/A	0.56	1	8
LM3S9B90	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9B92	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9B95(100)	256	96	100	N/A	0.56	7	8
LM3S9B95 (80)	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9B96	256	96	80	N/A	0.56	7	8
LM3S9L97	128	48	80	N/A	0.56	1	8

Οικογένεια MPS430	Flash (Kb)	RAM (Kb)	Max Speed (MHz)	Standby Current (μ A)	Active Current (μ A/MHz)	Timers	Capture Pins
MSP430C1101	0	0.125	8	1.2	0.16	2	3
MSP430C1111	0	0.125	8	1.2	0.16	2	3
MSP430C1121	0	0.25	8	1.2	0.16	2	3
MSP430C1331	0	0.25	8	0.9	0.16	3	3
MSP430C1351	0	0.5	8	0.9	0.16	3	3
MSP430C412	0	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430C413	0	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430CG4616	0	4	8	1.3	0.28	4	10
MSP430CG4617	0	8	8	1.3	0.28	4	10
MSP430CG4618	0	8	8	1.3	0.28	4	10

MSP430CG4619	0	4	8	1.3	0.28	4	10
MSP430F1101A	1	0.125	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1111A	2	0.125	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1121A	4	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1122	4	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1132	8	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F122	4	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1222	4	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F123	8	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F1232	8	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F133	8	0.25	8	0.9	0.28	3	3
MSP430F135	16	0.5	8	0.9	0.28	3	3
MSP430F147	32	1	8	0.9	0.28	3	10
MSP430F148	48	2	8	0.9	0.28	3	10
MSP430F1481	48	2	8	0.9	0.28	3	10
MSP430F149	60	2	8	0.9	0.28	3	10
MSP430F1491	60	2	8	0.9	0.28	3	10
MSP430F155	16	0.5	8	1.1	0.33	3	3
MSP430F156	24	1	8	1.1	0.33	3	3
MSP430F157	32	1	8	1.1	0.33	3	3
MSP430F1610	32	5	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F1611	48	10	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F1612	55	5	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F167	32	1	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F168	48	2	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F169	60	2	8	1.1	0.33	3	10
MSP430F2001	1	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2002	1	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2003	1	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2011	2	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2012	2	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2013	2	0.125	16	0.5	0.22	2	2
MSP430F2101	1	0.125	16	0.7	0.25	3	3
MSP430F2111	2	0.125	16	0.7	0.25	3	5
MSP430F2112	2	0.25	16	0.3	0.2	3	5
MSP430F2121	4	0.25	16	0.7	0.25	3	5
MSP430F2122	4	0.5	16	0.3	0.2	3	5
MSP430F2131	8	0.25	16	0.7	0.25	3	5
MSP430F2132	8	0.5	16	0.3	0.2	3	5
MSP430F2234	8	0.5	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F2252	16	0.5	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F2254	16	0.5	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F2272	32	1	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F2274	32	1	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F2274-EP	32	1	16	0.5	0.27	3	6
MSP430F233	8	1	16	0.3	0.27	3	6
MSP430F2330	8	1	16	0.7	0.27	3	6
MSP430F235	16	2	16	0.3	0.27	3	6
MSP430F2350	16	2	16	0.7	0.27	3	6
MSP430F2370	32	2	16	0.7	0.27	3	6
MSP430F2410	56	4	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F2416	92	4	16	0.5	0.365	3	10

MSP430F2417	92	8	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2418	116	8	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2419	120	4	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F247	32	4	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F2471	32	4	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F248	48	4	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F2481	48	4	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F249	60	2	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F249-EP	60	2	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F2491	60	2	16	0.3	0.27	3	10
MSP430F2616	92	4	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2617	92	8	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2618	116	8	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2618-EP	116	8	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F2619	120	4	16	0.5	0.365	3	10
MSP430F412	4	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F413	8	0.25	8	0.7	0.2	2	3
MSP430F4132	8	0.5	8	0.9	0.22	3	2
MSP430F415	16	0.5	8	0.7	0.2	3	8
MSP430F4152	16	0.5	8	0.9	0.22	3	2
MSP430F417	32	1	8	0.7	0.2	3	8
MSP430F423A	8	0.25	8	1.6	0.4	2	3
MSP430F4250	16	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430F425A	16	0.5	8	1.6	0.4	2	3
MSP430F4260	24	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430F4270	32	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430F427A	32	1	8	1.6	0.4	2	3
MSP430F435	16	0.5	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F4351	16	0.5	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F436	24	1	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F4361	24	1	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F437	32	1	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F4371	32	1	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F447	32	1	8	1.1	0.28	3	10
MSP430F448	48	2	8	1.1	0.28	3	10
MSP430F449	60	2	8	1.1	0.28	3	10
MSP430F47166	92	4	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47167	92	4	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47176	92	8	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47177	92	8	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47186	116	8	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47187	116	8	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F47196	120	4	16	1.1	0.35	33	6
MSP430F47197	120	4	16	1.1	0.35	3	6
MSP430F477	32	2	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F478	48	2	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F4783	48	2	16	1.1	0.28	3	6
MSP430F4784	48	2	16	1.1	0.28	3	6
MSP430F479	60	2	8	1.1	0.28	3	6
MSP430F4793	60	2.5	16	1.1	0.28	3	6
MSP430F4794	60	2.5	16	1.1	0.28	3	6
MSP430F5418	128	16	25	2.6	0.165	4	15

MSP430F5419	128	16	25	2.6	0.165	4	15
MSP430F5435	192	16	25	2.6	0.165	4	15
MSP430F5436	192	16	25	2.6	0.165	4	15
MSP430F5437	256	16	25	2.6	0.165	4	15
MSP430F5438	256	16	25	2.6	0.165	4	15
MSP430F5500	8	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5501	16	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5502	24	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5503	32	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5504	8	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5505	16	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5506	24	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5507	32	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5508	16	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5509	24	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5510	32	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5513	32	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5514	64	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5515	64	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5517	96	8	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5519	128	10	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5521	32	8	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5522	32	10	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5524	64	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5525	64	6	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5526	96	8	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5527	96	8	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5528	128	10	25	2.6	0.16	5	18
MSP430F5529	128	10	25	2.6	0.16	5	18
MSP430FE4232	8	0.25	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE423A	8	0.25	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE4242	12	0.5	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE4252	16	0.5	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE425A	16	0.5	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE4272	32	1	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FE427A	32	1	8	1.6	0.4	4	3
MSP430FG4250	16	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430FG4260	24	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430FG4270	32	0.25	8	1.1	0.25	2	3
MSP430FG437	32	1	8	1.1	0.3	5	3
MSP430FG438	48	2	8	1.1	0.3	5	3
MSP430FG439	60	2	8	1.1	0.3	5	3
MSP430FG4616	92	4	8	1.3	0.4	5	10
MSP430FG4617	92	8	8	1.3	0.4	5	10
MSP430FG4618	116	8	8	1.3	0.4	5	10
MSP430FG4619	120	4	8	1.3	0.4	5	10
MSP430FG477	32	2	8	1.1	0.28	4	6
MSP430FG478	48	2	8	1.1	0.28	4	6
MSP430FG479	60	2	8	1.1	0.28	4	6
MSP430FW423	8	0.25	8	0.7	0.2	5	8
MSP430FW425	16	0.5	8	0.7	0.2	5	8
MSP430FW427	32	1	8	0.7	0.2	5	8

Οικογένεια C2000	Flash (Kb)	RAM (Kb)	Max Speed (MHz)	Timers	Capture Pins
TMS320C2801	0	12	100	9	2
TMS320C2802	0	12	100	9	2
TMS320C2810	0	36	150	8	6
TMS320C2811	0	36	150	8	6
TMS320C2812	0	36	150	8	6
TMS320C28341	0	196	200	14	6
TMS320C28342	0	196	300	14	6
TMS320C28343	0	260	200	19	6
TMS320C28344	0	260	300	19	6
TMS320C28345	0	516	200	19	6
TMS320C28346	0	516	300	19	6
TMS320F2801-100	32	12	100	9	2
TMS320F2801-60	32	12	60	9	2
TMS320F28015	32	12	60	10	2
TMS320F28016	32	12	60	10	2
TMS320F2802-100	64	12	100	9	2
TMS320F2802-60	64	12	60	9	2
TMS320F28020	32	6	40	9	1
TMS320F280200	16	4	40	8	0
TMS320F28021	64	10	40	9	1
TMS320F28022	32	12	50	9	1
TMS320F28023	64	12	50	9	1
TMS320F28026	32	12	60	9	1
TMS320F28027	64	12	60	9	1
TMS320F28030	32	12	60	12	1
TMS320F28031	64	16	60	12	1
TMS320F28032	64	20	60	12	1
TMS320F28033	64	20	60	12	1
TMS320F28034	128	20	60	12	1
TMS320F28035	128	20	60	12	1
TMS320F28044	128	20	100	24	0
TMS320F2806	64	20	100	14	4
TMS320F2808	128	36	100	14	4
TMS320F2809	256	36	100	14	4
TMS320F2810	128	36	150	8	6
TMS320F2811	256	36	150	8	6
TMS320F2812	256	36	150	8	6
TMS320F28232	128	52	100	14	4
TMS320F28234	256	68	150	14	6
TMS320F28235	512	68	150	16	6
TMS320F28332	128	52	100	14	4
TMS320F28334	256	68	150	14	6
TMS320F28335	512	68	150	16	6

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφέρουμε ενδεικτικές τιμές για τις περισσότερες οικογένειες των παραπάνω μικροελεγκτών. Ο στόχος αυτής της εργασίας πέρα από την μελέτη των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών, είναι η χρησιμότητά της μελέτης αυτής για την κατάλληλη επιλογή ενός μικροεπεξεργαστή για κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή. Θα μελετήσουμε τα βασικότερα κριτήρια και βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε για να μπορεί κανείς να επιλέξει τον καταλληλότερο μικροεπεξεργαστή ως συνάρτηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας του ανάλογα με την εφαρμογή που θέλουμε να τον χρησιμοποιήσουμε.

Πρέπει να πούμε στο σημείο αυτό ότι όλοι οι παραπάνω πίνακες βασίστηκαν στα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνουν οι ίδιες οι κατασκευαστικές εταιρείες μικροεπεξεργαστών από τους επίσημους ιστοχώρους (site) τους στο διαδίκτυο (www).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Η επιλογή του καταλληλότερου μικροεπεξεργαστή για μια εφαρμογή είναι μια από τις κρίσιμες αποφάσεις που καθορίζουν την επιτυχία της σωστής λειτουργίας της εφαρμογής αυτής. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια που μπορεί να αναλογιστεί κανείς για την σωστή επιλογή ενός μικροεπεξεργαστή και αυτή η εργασία θα απαριθμήσει τα περισσότερα από αυτά. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει κανείς ώστε να οδηγηθεί στην κατάλληλη επιλογή ενός μικροεπεξεργαστή.

Ο βασικός στόχος είναι να επιλέξουμε τον μικροεπεξεργαστή με το χαμηλότερο κόστος, ο οποίος να μειώνει το συνολικό κόστος του συστήματος, ενώ παράλληλα να πληρεί τις προδιαγραφές του συστήματος, όπως για παράδειγμα, η απόδοση και η αξιοπιστία. Το συνολικό κόστος του συστήματος περιλαμβάνει τα πάντα, όπως μηχανολογική έρευνα και ανάπτυξη (R&D), κατασκευή (μέρη και εργασία), εγγύηση για επισκευές, ενημερώσεις, συμβατότητα, ευκολία χρήσης, κλπ.

4.1 Τιμές - Κοστολόγιο

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία επιλογής του καταλληλότερου μικροελεγκτή, θα παρουσιαστεί ενδεικτικά το κόστος αγοράς των δημοφιλέστερων σύγχρονων μικροελεγκτών, βάσει της οικογένειας, της εταιρεία που ανήκει, αλλά και της εφαρμογής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Αρχικά, οι μικροελεγκτές της εταιρείας **Atmel** μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως προαναφέρθηκε, σε εφαρμογές αυτοκίνησης (automotive), διαχείρισης ενέργειας (battery management), οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD), φωτισμού (lighting), αλλά και σε εφαρμογές ενιαίου σειριακού διαύλου (USB). Το κοστολόγιό τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Μικροελεγκτής	Περιγραφή	Οικογένεια	Τιμή
AT89C1051U-24PC	AT89C1051 20-Pin 24MHz 1kb 8-bit Microcontroller	89 Series	\$1.75
AT89C2051-24PC	AT89C2051 20-Pin 24MHz 2kb 8-bit Microcontroller	89 Series	\$1.75
AT89C4051-24PC	AT89C4051 20-Pin 24MHz 4kb 8-bit Microcontroller	89 Series	\$2.25
AT89S4051-24PC	AT89S4051 20-Pin 24MHz 4kb 8-bit Microcontroller	89 Series	\$2.45
AT89C51-24PC	AT89C51 40-Pin 24MHz 4kb 8-bit Microcontroller	89 Series	\$2.25
AT89C52-24JC	AT89C52 44-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	AT89CXX Series	\$3.90
AT89C52-24PC	AT89C52 40-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller	AT89CXX Series	\$2.90
AT89C55-33JC	AT89C55 44-Pin 33MHz 8kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	AT89CXX Series	\$6.90
AT89C55WD-24PC	AT89C55WD 40-Pin 24MHz 20kb 8-bit Microcontroller	AT89CXX Series	\$3.90
AT89C51ED2-3CSIM	AT89C51ED2 40-Pin 64kb Microcontroller	AT89CXX Series	\$7.90
AT89C51ED2-SLSIM	AT89C51ED2 44-Pin 64kb Microcontroller (PLCC)	AT89CXX Series	\$6.90
AT89C51ED2-SMRIM	AT89C51ED2 68-Pin 64kb Microcontroller (PLCC)	AT89CXX Special	\$7.90
AT89C51SND1C	AT89C51SND1C 80-Pin 64kb MP3 Microcontroller (SMD)	AT89CXX Series	\$15.90
AT89C5131-TISIL	AT89C5131 28-Pin 32kb USB Microcontroller (SMD)	AT89CXX Series	\$9.90
AT89S51-24PC	AT89S51 40-Pin 24MHz 4kb 8-bit Microcontroller	AT89SXX Series	\$1.55
AT89S52-24PI	AT89S52 40-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller	AT89SXX Series	\$1.90
AT89S52-24JI	AT89S52 44-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	AT89SXX Series	\$1.90
AT89S53-24PC	AT89S53 40-Pin 24MHz 12kb 8-bit Microcontroller	AT89SXX Series	\$5.20
AT89S8252-24PC	AT89S8252 40-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller	AT89SXX Series	\$5.50
AT89S8252-24JC	AT89S8252 44-Pin 24MHz 8kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	AT89SXX Series	\$5.90
AT89S8253-24PC	AT89S8253 40-Pin 24MHz 12kb 8-bit Microcontroller	AT89SXX Series	\$4.70
AT89S8253-24JC	AT89S8253 44-Pin 24MHz 12kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	AT89SXX Series	\$4.20
T89C51RB2	T89C51RB2 44-Pin 16kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	T89CXX Series	\$7.90
T89C51RC2	T89C51RC2 40-Pin 32kb 8-bit Microcontroller	T89CXX Series	\$7.90
AT90USB162-16AU	AT90USB162 32-Pin 16MHz 16kb 8-bit Micro with USB	90 Series	\$3.20
ATTINY11-6PC	ATTiny11 8-Pin 6MHz 1kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$0.60
ATTINY12-8PC	ATTiny12 8-Pin 8MHz 1kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$1.60
ATTINY13V-10PI	ATTiny13V 8-Pin 10MHz 1kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$1.30

ATTINY13V-10PU	ATTiny13V 8-Pin 10MHz 1kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	TinyAVR Series	\$1.30
ATTINY26-16PC	ATTiny26 20-Pin 16MHz 2kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$2.50
ATTINY26L-8PI	ATTiny26L 20-Pin 8MHz 2kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$3.25
ATTINY26L-8PU	ATTiny26L 20-Pin 8MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	TinyAVR Series	\$1.30
ATTINY28L-4PC	ATTiny28L 28-Pin 4MHz 2kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$1.90
ATTINY2313-20PI	ATTiny2313 20-Pin 20MHz 2kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$1.45
ATTINY2313-20PU	ATTiny2313 20-Pin 20MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	TinyAVR Series	\$1.55
ATTINY2313V-10PI	ATTiny2313V 20-Pin 10MHz 2kb 8-bit Microcontroller	TinyAVR Series	\$1.50
ATTINY2313V-10PU	ATTiny2313V 20-Pin 10MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	TinyAVR Series	\$1.60
ATTINY25-20PU	ATTiny25 8-Pin 20MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX5 - 8-pin 20MHz μ e Flash Memory	\$1.40
ATTINY45-20PU	ATTiny45 8-Pin 20MHz 4kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX5 - 8-pin 20MHz μ e Flash Memory	\$1.90
ATTINY85-20PU	ATTiny85 8-Pin 20MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX5 - 8-pin 20MHz μ e Flash Memory	\$2.40
ATTINY24-20PU	ATTiny24 14-Pin 20MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$1.60
ATTINY24A-PU	ATTiny24A 14-Pin 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$1.60
ATTINY44-20PU	ATTiny44 14-Pin 20MHz 4kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$1.90
ATTINY44A-PU	ATTiny44A 14-Pin 4kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$1.70
ATTINY44V-10PU	ATTiny44V 14-Pin 10MHz 4kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$1.90
ATTINY84-20PU	ATTiny84 14-Pin 20MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$2.60
ATTINY84V-10PU	ATTiny84V 14-Pin 10MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX4 - 14-pin 10/20MHz μ eFlash Memory	\$2.60
ATTINY261-20PU	ATTiny261 20-Pin 20MHz 2kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX61 - 20-pin 20MHz μ eFlash Memory	\$1.90
ATTINY461-20PU	ATTiny461 20-Pin 20MHz 4kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX61 - 20-pin 20MHz μ eFlash Memory	\$2.20
ATTINY861-20PU	ATTiny861 20-Pin 20MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS)	ATTinyX61 - 20-pin 20MHz μ eFlash Memory	\$2.90
ATMEGA8515-16JI	ATMega8515 44-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller (PLCC)	ATMega Series	\$3.90
ATMEGA8515L-8PI	ATMega8515L 40-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller	ATMega Series	\$5.90
ATMEGA8515L-8PU	ATMega8515L 40-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series	\$3.70
ATMEGA8535L-8PI	ATMega8535L 40-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller	ATMega Series	\$4.70

ATMEGA48V-10PI	ATMega8 28-Pin 10MHz 4kb 8-bit Microcontroller	ATMega4 - 4k Flash Memory	\$1.90
ATMEGA8-16PC	ATMega8 28-Pin 16MHz 8kb 8-bit Microcontroller	ATMega8 - 8k Flash Memory	\$4.50
ATMEGA8L-8PI	ATMega8L 28-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller	ATMega8 - 8k Flash Memory	\$4.50
ATMEGA8L-8PU	ATMega8L 28-Pin 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega8 - 8k Flash Memory	\$2.60
ATMEGA88-20PU	ATMega88 28-Pin 20MHz 8kb 8-bit Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega8 - 8k Flash Memory	\$2.80
ATMEGA88V-10PI	ATMega88V 28-Pin 10MHz 8kb 8-bit Microcontroller	ATMega8 - 8k Flash Memory	\$2.90
ATMEGA16-16PC	ATMega16 40-Pin 16MHz 16kb 8-bit Microcontroller	ATMega16 - 16k Flash Memory	\$5.90
ATMEGA162V-8PI	ATMega162V 40-Pin 8MHz 16kb 8-bit Microcontroller	ATMega16 - 16k Flash Memory	\$7.50
ATMEGA168V-10PI	ATMega168V 28-Pin 10MHz 16kb 8-bit Microcontroller	ATMega16 - 16k Flash Memory	\$3.70
ATMEGA32-16PC	ATMega32 40-Pin 16MHz 32kb 8-bit Microcontroller	ATMega32 - 32k Flash Memory	\$6.90
ATMEGA32-16AC	ATMega32 44-Pin 16MHz 32kb 8-bit Microcontroller	ATMega32 - 32k Flash Memory	\$5.40
ATMEGA32L-8AI	ATMega32L 44-Pin 8MHz 32kb 8-bit Microcontroller	ATMega32 - 32k Flash Memory	\$7.40
ATMEGA64-16AI	ATMega64 64-Pin 16MHz 64kb 8-bit Microcontroller	ATMega64 - 64k Flash Memory	\$8.90
ATMEGA64L-8AI	ATMega64L 64-Pin 16MHz 64kb 8-bit Microcontroller	ATMega64 - 64k Flash Memory	\$8.90
ATMEGA128-16AC	ATMega128 64-Pin 16MHz 128kb 8-bit Microcontroller	ATMega128 - 128k Flash Memory	\$13.90
ATMEGA128L-8AI	ATMega128L 64-Pin 8MHz 128kb 8-bit Microcontroller	ATMega128 - 128k Flash Memory	\$12.90
ATMEGA103-6AC	ATMega103 64-Pin 6MHz 128kb 8-bit Microcontroller	ATMega128 - 128k Flash Memory	\$22.70
ATMEGA103L-4AI	ATMega103 64-Pin 4MHz 128kb 8-bit Microcontroller	ATMega128 - 128k Flash Memory	\$23.90
AT89C2051-24SC	AT89C2051 20-Pin 24MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$1.60
AT89C2051-24SU	AT89C2051 20-Pin 24MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	SMD Type	\$1.40
AT89C4051-24SC	AT89C4051 20-Pin 24MHz 4kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$1.90
AT89C4051-24SU	AT89C4051 20-Pin 24MHz 4kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	SMD Type	\$1.60
AT89C52-24AC	AT89C52 44-Pin 24MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$2.60
AT89S8252-24AC	AT89S8252 44-Pin 24MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$5.90
AT90S1200-12SC	AT90S1200 20-Pin 12MHz 1kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$2.60
AT90S2313-10SI	AT90S2313 20-Pin 4MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$3.50
AT90S2323-10SC	AT90S2323 8-Pin 10MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$2.40
AT90S8515-4AC	AT90S8515 44-Pin 4MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	SMD Type	\$6.90

ATMEGA48-20AU	ATMega48 32-Pin 20MHz 4kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$1.60
ATMEGA48V-10AI	ATMega48V 32-Pin 10MHz 4kb 8-bit SMD Microcontroller	ATMega Series - SMD Type	\$1.70
ATMEGA8-16AC	ATMega8 32-Pin 16MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	ATMega Series - SMD Type	\$2.90
ATMEGA8-16AU	ATMega8 32-Pin 16MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$1.90
ATMEGA8L-8AC	ATMega8L 32-Pin 8MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	ATMega Series - SMD Type	\$2.70
ATMEGA88V-10AI	ATMega88V 32-Pin 10MHz 8kb 8-bit SMD Microcontroller	ATMega Series - SMD Type	\$2.50
ATMEGA162-16AU	ATMega162 44-Pin 16MHz 16kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$7.50
ATMEGA168-20AU	ATMega168 32-Pin 20MHz 16kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$3.70
ATMEGA168V-10AI	ATMega168V 32-Pin 10MHz 16kb 8-bit SMD Microcontroller	ATMega Series - SMD Type	\$3.80
ATMEGA168V-10AU	ATMega168V 32-Pin 10MHz 16kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$3.70
ATMEGA16L-8AU	ATMega16L 44-Pin 8MHz 16kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$3.90
ATMEGA32-16AU	ATMega32 44-Pin 16MHz 32kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATMega Series - SMD Type	\$5.30
ATTINY12-4SI	ATTiny12 8-Pin 4MHz 1kb 8-bit SMD Microcontroller	ATTiny Series - SMD Type	\$1.50
ATTINY12L-4SC	ATTiny12L 8-Pin 4MHz 1kb 8-bit SMD Microcontroller	ATTiny Series - SMD Type	\$1.55
ATTINY15L-1SC	ATTiny15L 8-Pin 1MHz 1kb 8-bit SMD Microcontroller	ATTiny Series - SMD Type	\$2.30
ATTINY26-16SI	ATTiny26 20-Pin 16MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller	ATTiny Series - SMD Type	\$2.30
ATTINY2313-20SU	ATTiny2313 20-Pin 20MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller (RoHS Compliant)	ATTiny Series - SMD Type	\$1.45
ATTINY2313V-10SI	ATTiny2313V 20-Pin 10MHz 2kb 8-bit SMD Microcontroller	ATTiny Series - SMD Type	\$1.50

Όσον αφορά τους μικροελεγκτές της εταιρείας **Microchip Technologies**, αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές αυτοκίνησης, οικιακών συσκευών, υψηλής θερμοκρασίας, έξυπνης παροχής ενέργειας, φωτισμού, ιατρικών λύσεων, ελέγχου αυτοκινήτων, σχεδιασμού συστημάτων, τεχνολογίας αίσθησης αφής, αλλά και ασύρματης τεχνολογίας. Το κοστολόγιό τους παρατίθεται στον επόμενο πίνακα.

Μικροελεγκτής	Περιγραφή	Οικογένεια	Τιμή
PIC10F200	PIC10F200 8-bit 4-pin 4MHz 16 RAM	PIC10	\$0.30
PIC10F202	PIC10F202 8-bit 4-pin 4MHz 24 RAM	PIC10	\$0.33
PIC10F204	PIC10F204 8-bit 4-pin 4MHz 16 RAM	PIC10	\$0.33
PIC10F206	PIC10F206 8-bit 4-pin 4MHz 24 RAM	PIC10	\$0.36
PIC10F220	PIC10F220 8-bit 4-pin 4MHz 16 RAM	PIC10	\$0.36
PIC10F222	PIC10F222 8-bit 4-pin 4MHz 23 RAM	PIC10	\$0.39
PIC12F508	PIC12F508 8-bit 6-pin 4 MHz 25 RAM	PIC12	\$0.41
PIC12F509	PIC12F509 8-bit 6-pin 4 MHz 41 RAM	PIC12	\$0.45
PIC12F510	PIC12F510 8-bit 6-pin 8 MHz 38 RAM	PIC12	\$0.49
PIC12F519	PIC12F519 8-bit 6-pin 8 MHz 41 RAM	PIC12	\$0.49
PIC12F609	PIC12F609 8-bit 6-pin 20 MHz 64 RAM	PIC12	\$0.52
PIC12F617	PIC12F617 8-bit 6-pin 20 MHz 128 RAM	PIC12	\$0.59
PIC16F631	PIC16F631 8-bit 18 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$0.91
PIC16F639	PIC16F639 8-bit 12 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$2.27
PIC16F73	PIC16F73 8-bit 22 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$2.97
PIC16F74	PIC16F74 8-bit 33 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$3.61
PIC16F883	PIC16F883 8-bit 25 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$1.37
PIC16F914	PIC16F914 8-bit 36 pin 20MHz Flash Memory type	PIC16	\$2.03
PIC16HV540	PIC16HV54112 8-bit pin 20MHz OTP Memory type	PIC16	\$1.27
PIC18F1220	8-bit 16-pin 40MHz 256 RAM	PIC18	\$1.96
PIC18F13K22	8-bit 18-pin 64MHz 256 RAM	PIC18	\$1.33
PIC18F13K50	8-bit 15-pin 48MHz 512 RAM	PIC18	\$1.39
PIC18F2450	8-bit 23-pin 48MHz 768 RAM	PIC18	\$2.23
PIC18F2455	8-bit 24-pin 48MHz 2048 RAM	PIC18	\$3.30
PIC18F86J11	8-bit 66-pin 48MHz 3904 RAM	PIC18	\$2.59
PIC18F86J15	8-bit 66-pin 40MHz 3936 RAM	PIC18	\$2.44
PIC18F86J65	8-bit 55-pin 42MHz 3808 RAM	PIC18	\$3.44
PIC18F86J90	8-bit 67-pin 48MHz 3900 RAM	PIC18	\$2.73
PIC24FJ16GA002	16-bit 21-pin 4096 RAM	PIC24F	\$1.74
PIC24FJ32GA002	16-bit 21-pin 8192 RAM USB	PIC24F	\$2.06
PIC24FJ48GA002	16-bit 21-pin 8192 RAM	PIC24F	\$2.27
PIC24FJ64GA002	16-bit 21-pin 8192 RAM	PIC24F	\$2.48
PIC24FJ96GA010	16-bit 85-pin 8192 RAM	PIC24F	\$3.42
PIC24FJ128GA008	16-bit 69-pin 8192 RAM USB	PIC24F	\$3.32
PIC24FJ192GA106	16-bit 53-pin 8192 RAM	PIC24F	\$3.77
PIC24FJ256GA110	16-bit 85-pin 8192 RAM	PIC24F	\$4.45
dsPIC33FJ06GS202	16-bit 21-pin 40 MIPS 1028 RAM	dsPIC33	\$2.38
dsPIC33FJ12MC202	16-bit 21-pin 40 MIPS 1024 RAM	dsPIC34	\$2.31
dsPIC33FJ16MC304	16-bit 35-pin 40 MIPS 2048 RAM	dsPIC35	\$2.65
dsPIC33FJ64MC804	16-bit 35-pin 40 MIPS 16384 RAM	dsPIC36	\$3.89
dsPIC33FJ128MC802	16-bit 21-pin 40 MIPS 16384 RAM	dsPIC37	\$3.82

dsPIC33FJ128MC80 4	16-bit 35-pin 40 MIPS 16384 RAM	dsPIC38	\$4.23
dsPIC33FJ256GP710	16-bit 85-pin 40 MIPS 30720 RAM	dsPIC39	\$5.32

Οι μικροελεγκτές της εταιρείας **Motorola** μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές αυτοκίνησης, ελέγχου αυτοκινήτου, τηλεπικοινωνιών, διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών, αλλά και σε εφαρμογές που αφορούν τον βιομηχανικό και ιατρικό τομέα. Το κοστολόγιό τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Μικροελεγκτής	Περιγραφή	Οικογένεια	Τιμή
MC68HC908AZ60CFU	68HC908 8MHz 60kb 8-bit Micro. with A/D (64 pin QFP)	HC08	\$19.90
MC68HC908GP32CP	68HC908 8MHz 32kb 8-bit Micro. with A/D (40 pin DIP)	HC08	\$17.90
MC68HC908GR8CP	68HC908 8MHz 8kb 8-bit Micro. with A/D (28 pin DIP)	HC08	\$6.50
MC68HC908JB8JP	68HC908 6MHz 8kb 8-bit Microcontroller (20 pin DIP)	HC08	\$4.90
MC68HC908JK1CP	68HC908 8MHz 1kb 8-bit Micro. with A/D (20 pin DIP)	HC08	\$2.20
MC68HC908JK3CP	68HC908 8MHz 4kb 8-bit Micro. with A/D (20 pin DIP)	HC08	\$3.50
MC68HC908JL3CP	68HC908 8MHz 4kb 8-bit Microcontroller (28 pin DIP)	HC08	\$5.90
MC68HC908KX8CP	68HC908 8MHz 8kb 8-bit Microcontroller (16 pin DIP)	HC08	\$6.90
MC68HC908QT1CP	68HC908 8MHz 1.5kb 8-bit Microcontroller (8 pin DIP)	HC08	\$1.90
MC68HC908QT2CP	68HC908 8MHz 1.5kb 8-bit Micro. with A/D (8 pin DIP)	HC08	\$2.30
MC68HC908QT4CP	68HC908 8MHz 4kb 8-bit Micro. with A/D (8 pin DIP)	HC08	\$2.70
MC68HC908QY1CP	68HC908 8MHz 1.5kb 8-bit Microcontroller (16 pin DIP)	HC08	\$2.20
MC68HC908QY2CP	68HC908 8MHz 1.5kb 8-bit Micro. with A/D (16 pin DIP)	HC08	\$2.50
MC68HC908QY4CP	68HC908 8MHz 4kb 8-bit Micro. with A/D (16 pin DIP)	HC08	\$2.90

Τέλος, οι μικροελεγκτές της εταιρείας **Texas Instruments** μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές αυτοκίνησης, τηλεπικοινωνιών, εφαρμογές ήχου και εικόνας, υπολογιστών και περιφερειακών του (πχ. εκτυπωτές), διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών, εφαρμογές ενέργειας, ζητήματα ασφαλείας και άμυνας, αλλά και εφαρμογές που αφορούν τον βιομηχανικό και ιατρικό τομέα, ακόμα και σε διαστημικές εφαρμογές. Το κοστολόγιό τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Μικροελεγκτής	Περιγραφή	Οικογένεια	Τιμή
MSP430F135IPM	MSP430F135 8MHz Micro. 16-bit 16k bytes Flash Memory	MP430	\$6.90
MSP430F148IPM	MSP430F148 8MHz Micro. 16-bit 48k bytes Flash Memory	MP430	\$8.90
MSP430F149IPM	MSP430F149 8MHz Micro. 16-bit 60k bytes Flash Memory	MP430	\$9.90
MSP430F1111AIDW	MSP430F1111A 8MHz Micro. 16-bit 2k bytes Flash Memory	MP430	\$2.90
MSP430F1121AIDW	MSP430F1121A 8MHz Micro. 16-bit 4k bytes Flash Memory	MP430	\$3.50
MSP430F1122IDW	MSP430F1122 8MHz Micro. 16-bit 4k bytes Flash Memory	MP430	\$4.90
MSP430F1132IDW	MSP430F1132 8MHz Micro. 16-bit 8k bytes Flash Memory	MP430	\$5.50
MSP430F1222IDW	MSP430F1222 8MHz Micro. 16-bit 4k bytes Flash Memory	MP430	\$5.30
MSP430F1232IDW	MSP430F1232 8MHz Micro. 16-bit 8k bytes Flash Memory	MP430	\$5.50
TMS320C6205GHK200	TMS320C6205 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$29.90
TMS320C6205GHKA200	TMS320C6205 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$20.90
TMS320C6211BGFN150	TMS320C6211 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$29.90
TMS320C6211BGFNA150	TMS320C6211 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$59.90
TMS320F206PZ	TMS320F206 Digital Signal Processor	C2000	\$17.90
TMS320F240PQA	TMS320F240 16-Bit Fixed Point DSP with Flash	C2000	\$24.90
TMS320F2812PGFA	TMS320F2812 32-Bit Digital Signal Controller with Flash	C2000	\$31.90
TMS320LF2401AVFA	TMS320LF2401 16-Bit Fixed Point DSP with Flash	C2000	\$6.40
TMS320LF2402APGA	TMS320LF2402 16-Bit Fixed Point DSP with Flash	C2000	\$11.90
TMS320VC33PGE120	TMS320VC33 Digital Signal Processor	C2000	\$16.90
TMS320VC33PGE150	TMS320VC33 Digital Signal Processor	C2000	\$18.90
TMS320VC33PGEA120	TMS320VC33 Digital Signal Processor	C2000	\$16.90
TMS320VC5402PGE100	TMS320VC5402 Digital Signal Processor	C2000	\$6.90
TMS320VC5409PGE100	TMS320VC5409 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$14.90
TMS320VC5416PGE160	TMS320VC5416 Digital Signal Processor	C2000	\$24.90
TMS320VC5509APGE	TMS320VC5509 Fixed Point Digital Signal Processor	C2000	\$25.90

4.2 Επιλογή καταλληλότερου μικροεπεξεργαστή

Η διαδικασία επιλογής ξεκινά από τη σκοπιά του σχεδιαστή, ο οποίος θα πρέπει αρχικά να αναρωτηθεί, ποιες είναι οι απαιτήσεις του μικροελεγκτή σε σχέση με το σύστημα. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό υπαγορεύει τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του μικροεπεξεργαστή για το σύστημα και αποτελεί το βασικότερο κομμάτι στη διαδικασία επιλογής. Το δεύτερο βήμα είναι η διεξαγωγή μιας έρευνας για μικροεπεξεργαστές, που συναντούν όλες τις απαιτήσεις του συστήματος. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει έρευνα στην βιβλιογραφία, πρωταρχικά βιβλία δεδομένων, φύλλα δεδομένων (data sheets), αλλά και διάφορα τεχνικά περιοδικά. Στις μέρες μας, τα τεχνικά περιοδικά που υπάρχουν περιέχουν την πιο έγκυρη και επίκαιρη πληροφορία για τους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές. Εάν η εφαρμογή μας δεν έχει πολλές απαιτήσεις, τότε η λύση είναι ένας μικροελεγκτής σε ένα και μόνο τσιπ (single-chip). Διαφορετικά, μια δεύτερη έρευνα πρέπει να διεξαχθεί για την εύρεση ενός μικροεπεξεργαστή που ανταποκρίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις του συστήματος με το ελάχιστο της επιπλέον σχεδίασης του κυκλώματος, αναλογίζοντας πάντα το κόστος και το διαθέσιμο χώρο. Προφανώς, μια λύση του ενός τσιπ (single-chip) προτιμάται για λόγους κόστους και αξιοπιστίας.

Το τρίτο και τελευταίο βήμα αποτελείται από διάφορα μέρη, τα οποία προσπαθούν να μειώσουν την λίστα των αποδεκτών μικροεπεξεργαστών, σε μία και μόνο επιλογή. Αυτά τα μέρη περιλαμβάνουν την τιμή, την διαθεσιμότητα, εργαλεία ανάπτυξης, υποστήριξη από τον κατασκευαστή, σταθερότητα κ.α. Η όλη διαδικασία μπορεί να χρειαστεί να επαναληφθεί αρκετές φορές για να φτάσει κανείς στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

4.2.1 Κριτήρια επιλογής

Το γενικό περίγραμμα το βασικών κριτηρίων για την επιλογή ενός μικροεπεξεργαστή παρουσιάζεται παρακάτω με σειρά προτεραιότητας, όσον αφορά τη σημασία. Αργότερα κάθε κριτήριο θα αναλυθεί διεξοδικά.

1. Καταλληλότητα στην εφαρμογή.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να δοθούν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: *αρκεί ένας single-chip μικροεπεξεργαστής, ή θα χρειαστούν και άλλα πρόσθετα τσιπ; Περιέχει ο μικροεπεξεργαστής που θα χρησιμοποιήσουμε τον κατάλληλο αριθμό I/O (input/output) σε ακροδέκτες/θύρες (pin/ports);* Για παράδειγμα, μπορεί ένας μικρός αριθμός να μην κάνει για την εφαρμογή, ενώ ένας μεγάλος αριθμός να συνδέεται και με μεγάλο κόστος.

Δεύτερον, ο μικροεπεξεργαστής θα πρέπει να περιλαμβάνει τα απαραίτητα περιφερειακά όπως σειριακά I/O, την κατάλληλη μνήμη RAM ή ROM, αναλογικούς σε ψηφιακούς μετατροπείς (A/D) ή ψηφιακούς σε αναλογικούς μετατροπείς (D/A), κλπ. Δεν θα πρέπει να περιλαμβάνει άλλα περιφερειακά που δεν χρειάζονται.

Τρίτον, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) θα πρέπει να έχει την κατάλληλη παραγωγή και έξοδο. Για παράδειγμα, η υπολογιστική ισχύς θα πρέπει να είναι η κατάλληλη ώστε να χειρίζεται τις απαιτήσεις του συστήματος σε όλη την διάρκεια ζωής του για την επιλεγμένη γλώσσα υλοποίησης, διότι περισσότερη ισχύς είναι περιττή και λιγότερη δεν θα επιτρέπει την σωστή λειτουργία της εφαρμογής.

Τέλος, βασικό ρόλο παίζει και η τιμή του μικροεπεξεργαστή, στον οποίο έχει καταλήξει κανείς, γιατί αυτή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια του προϋπολογισμού της εφαρμογής.

2. Διαθεσιμότητα.

Η διαθεσιμότητα σχετίζεται με το πόσο εύκολα μπορεί κανείς να βρει στην αγορά τον μικροεπεξεργαστή, στον οποίο έχει καταλήξει. Επίσης, κριτήρια όπως η παραγωγή του ή κάποια αναβάθμισή του στο μέλλον, παίζουν σημαντικό ρόλο. Αυτό που σίγουρα θα πρέπει να αποφύγει κανείς είναι η απόσυρσή του.

3. Διαθέσιμη υποστήριξη ανάπτυξης

Απαραίτητη είναι η ύπαρξη κάποιων συμβολομεταφραστών (assemblers), μεταγλωττιστών (compilers), αλλά και εργαλεία εκσφαλμάτωσης (debugging), όπως η υπομονάδα αξιολόγησης (EValuation Module), εξομοιωτές του εσωτερικού μέρους του κυκλώματος (in-circuit emulators), λογικούς αναλυτές (logic analyzer pods), οθόνες εκσφαλμάτωσης (debug monitors), καθώς επίσης και οθόνες εκσφαλμάτωσης σε επίπεδο κώδικα (source-level debug monitors), για την εύκολη χρήση του

μικροεπεξεργαστή. Περεταίρω εργαλεία τα οποία καθιστούν επίσης ευκολότερη τη χρήση ενός μικροεπεξεργαστή είναι η άμεση (on-line) υπηρεσία του πίνακα ανακοινώσεων (bulletin board service, BBS), η οποία παρέχει παραδείγματα εφαρμογών, αναφορές λαθών ή βλαβών (bug reports), προγράμματα γενικής χρήσης, δωρεάν assemblers, αλλά και δείγματα πηγαίου κώδικα. Εξίσου σημαντική είναι και η υποστήριξη που παρέχει η κατασκευαστική εταιρεία όσον αφορά τις εφαρμογές, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο εκάστοτε μικροεπεξεργαστής. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που θα προκύψει κάποιο πρόβλημα γύρω από το κομμάτι της σχεδίασης και όχι μόνο, θα ήταν καλό να υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο τμήμα εξυπηρέτησης, τεχνικοί, κάποιο τηλέφωνο ή φαξ.

4. *Ιστορικό της κατασκευαστικής εταιρείας και επιτεύγματα*

Η πορεία μιας κατασκευαστικής εταιρείας σε συνδυασμό με το κύρος που μπορεί να έχει, είναι οι πρώτοι λόγοι για τους οποίους μπορεί να στραφεί κάποιος σε αυτήν. Η αγορά των μικροεπεξεργαστών είναι σίγουρα ένας χώρος με μεγάλη ανταγωνιστικότητα, με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός, η αξιοπιστία των προϊόντων, η ποιότητα κατασκευής, η βέλτιστη απόδοση αλλά και η εμπειρία ανά τα χρόνια, να καθιστούν μια εταιρεία ασυναγώνιστη.

4.2.2 Απαιτήσεις Συστήματος

Η ανάλυση του συστήματος είναι η επόμενη διαδικασία που θα χρειαστεί, ώστε να καθορίσει κανείς τις απαιτήσεις του μικροεπεξεργαστή που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, αναλύοντας το σύστημα θα πρέπει ο σχεδιαστής να γνωρίζει ποιες περιφερειακές συσκευές χρειάζονται, πόσες συσκευές/bits (I/O pins) χρειάζεται να ελέγχονται, όπως διακόπτες, ρελέ, πλήκτρα, αισθητήρες (θερμοκρασίας, πίεσης, φωτός, τάσης, κλπ), οθόνες LCD, LEDs, καθώς και A/D - D/A μετατροπείς. Η απλή ή πολλαπλή τάση ισχύος στο σύστημα, η ανοχή της παροχής ενέργειας, η μεταβολή σε μικρό ή μεγάλο εύρος της τάσης του συστήματος, αλλά και το απαιτούμενο ρεύμα λειτουργίας, είναι επίσης ζητήματα που χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής. Με την βοήθεια της ανάλυσης του συστήματος μπορεί επιπλέον ο σχεδιαστής να καταλήξει αν το σύστημα θα λειτουργεί με μπαταρία ή όχι, ποιος καθώς επίσης και ποιος είναι ο απαιτούμενος χρόνος λειτουργίας για την φόρτιση των μπαταριών στην περίπτωση που αυτές είναι επαναφορτιζόμενες.

Τέλος δεν θα μπορούσε να παραβλέψει ο σχεδιαστής το μέγεθος, το βάρος, αλλά και το περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, ύψος) λειτουργίας του συστήματος.

4.2.3 Γενικά χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι μικροελεγκτές μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν σε μικροελεγκτές των 8-bit, 16-bit, και 32-bit ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους. Έτσι, η επιλογή του κατάλληλου μικροελεγκτή θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος γνωρίζοντας βέβαια ότι ένας 8-bit μικροελεγκτής είναι χαμηλού κόστους σε αντίθεση με τους 16-bit ή 32-bit, όπου το κόστος αυξάνεται. Για παράδειγμα, μπορεί ένας 8-bit μικροελεγκτής να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να υλοποιεί λειτουργίες ενός αθροιστή των 16-bit, με την προϋπόθεση ότι ο σχεδιαστής θα επιλέξει μια υψηλού επιπέδου γλώσσα υλοποίησης ή γλώσσα assembler, επηρεάζοντας έτσι σημαντικά την απόδοση του συστήματος.

Η ταχύτητα του ρολογιού, για την ακρίβεια, η ταχύτητα του διαύλου (bus), καθορίζει την ποσότητα επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα από τον μικροελεγκτή. Πολλοί μικροελεγκτές έχουν ένα ελάχιστο εύρος ταχύτητας ρολογιού ενώ άλλοι μπορούν να λειτουργούν αρκετά πιο γρήγορα (κοντά στο μηδέν). Γενικά, η υπολογιστική δύναμη, η κατανάλωση ισχύος, και το κόστος του συστήματος αυξάνονται με μεγαλύτερες συχνότητες ρολογιού. Το κόστος του συστήματος αυξάνεται με την συχνότητα διότι όχι μόνο είναι ακριβότερος ο μικροεπεξεργαστής αλλά και όλα τα περιφερειακά που απαιτούνται όπως η μνήμη RAM, ROM, PLDs (programmable logic device), αλλά και οι οδηγοί διαύλων (bus drivers).

4.2.4 Το σετ εντολών του μικροεπεξεργαστή

Το σετ εντολών και οι καταχωρητές ενός μικροεπεξεργαστή πρέπει να εκτιμώνται με προσοχή διότι παίζουν σημαντικό ρόλο στις δυνατότητες του συστήματος. Ο σχεδιαστής του συστήματος πριν επιλέξει έναν μικροεπεξεργαστή, θα πρέπει να γνωρίζει αν υπάρχουν ξεχωριστές εντολές που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει, όπως ο πολλαπλασιασμός, η διαίρεση, πίνακες αναζήτησης-

παρεμβολής (lookup-interpolate), αλλά και αν διαθέτει διάφορες καταστάσεις, όπως κατάσταση χαμηλής ενέργειας (low-power) για την διατήρηση της μπαταρίας, εντολές stop, low-power stop, ή wait. Άλλες εντολές που μπορούν να φανούν χρήσιμες είναι και εκείνες για τον χειρισμό των bit (bit set, bit clear, bit test, bit change, branch on bit set, branch on bit clear), οι οποίες διευκολύνουν την υλοποίηση εφαρμογών, όπως για παράδειγμα είναι αυτή των controllers.

Εν κατακλείδι, το καλύτερο μέτρο απόδοσης είναι ο αριθμός κύκλων του ρολογιού που χρειάζονται για την εκτέλεση μιας εντολής, και όχι ο συνολικός αριθμός των εντολών που εκτελούνται. Έτσι ο ιδανικός τρόπος για να επιλέξει κανείς τον κατάλληλο επεξεργαστή είναι η εφαρμογή ενός κώδικα για την καταμέτρηση του συνολικού αριθμού κύκλων ρολογιού και των bytes που χρησιμοποιήθηκαν στους υπό σύγκριση μικροεπεξεργαστές.

4.2.5 Οριστικοποιώντας την επιλογή

Τελικό βήμα στην προσπάθεια επιλογής του κατάλληλου μικροεπεξεργαστή, αποτελεί η δημιουργία ενός πίνακα με κάθε μικροελεγκτή. Ο πίνακας αυτός θα απαρτίζεται με τα βασικά χαρακτηριστικά που δίνει ο εκάστοτε κατασκευαστής, έτσι ώστε να έχει μια συνολική εικόνα. Ορισμένοι κατασκευαστές έχουν ήδη δημιουργήσει τέτοιους πίνακες σύγκρισης, καθιστώντας τη διαδικασία αυτή πιο εύκολη. Επίσης, ο σχεδιαστής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι οι εν λόγω πίνακες σύγκρισης είναι ενημερωμένοι, και περιέχουν μικροεπεξεργαστές που κατασκευάζονται ακόμα και σήμερα. Τέλος, παρουσιάζονται κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να περιέχουν οι πίνακες αυτοί.

- Τιμή
- RAM, ROM, EPROM, και EEPROM
- Χρονιστές (Timers)
- Μετατροπείς A/D and D/A
- Σειριακές θύρες (Serial ports) και Παράλληλες θύρες (Parallel ports)
- Ταχύτητα διαύλου (Bus speed) – ελάχιστη/μέγιστη
- Ξεχωριστές εντολές (multiply, divide, κλπ.)
- Αριθμός διαθέσιμων interrupts, και interrupt response time

- *Μέγεθος και τύπος του πακέτου (ceramic DIP (dual in-line package)ή LCC, plastic 0.3-inch DIP ήor 0.6-inch DIP, shrink DIP (.071-inch pin spacing), PLCC (plastic-leaded chip carrier), PQFP (plastic quad flat pack), EIAJQFP, SOIC*
- *Απαιτήσεις παροχής ενέργειας*
- *Όσα άλλα χαρακτηριστικά είναι σημαντικά για το προς σχεδίαση σύστημα*

Ένα πιθανό πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι η περίπτωση στην οποία ο σχεδιαστής θα καταλήξει σε παραπάνω από έναν μικροελεγκτή. Τότε θα πρέπει να λάβει υπόψη κριτήρια όπως η επεκτασιμότητα και η τιμή. Για παράδειγμα, αν χρειαστούν πιθανές μελλοντικές αλλαγές του συστήματος, θα πρέπει η επεκτασιμότητα να καλύπτει τις νέες απαιτήσεις. Από την άλλη, εάν δυο μικροελεγκτές κοστίζουν το ίδιο, ωστόσο ο ένας προσφέρει περισσότερα χαρακτηριστικά, που ενδεχομένως να μην χρειάζονται αρχικά, τότε θα ήταν προτιμότερο να επιλεγεί αυτός με τα περισσότερα χαρακτηριστικά στην περίπτωση μιας μελλοντικής επέκτασης χωρίς επιπλέον κόστος,.

4.3 Επίλογος

Συμπερασματικά, η επιλογή του καταλληλότερου μικροεπεξεργαστή για μια εφαρμογή δεν είναι μια εύκολη απόφαση, καθώς οι μικροεπεξεργαστές έχουν μετατραπεί σήμερα σε πολύπλοκες συσκευές. Καθώς η σημερινή τάση προς την on-chip ενσωμάτωση σε διάφορες εφαρμογές για την μείωση του κόστους ενός συστήματος όλο και αυξάνεται, η επιλογή αυτή θα γίνεται περισσότερο πολύπλοκη και δύσκολη.

Η εργασία αυτή δεν έχει ως στόχο την απλή επιλογή ενός κατάλληλου μικροεπεξεργαστή, αλλά αντίθετα βοηθάει δίνοντας κάποιες κατευθυντήριες γραμμές γύρω από όλα τα πιθανά κριτήρια επιλογής και τελικά βελτιώνει τον τρόπο που θα πρέπει να σκεφτεί ο σχεδιαστής ώστε να καταλήξει σε μια επιλογή που θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του συστήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. David A. Patterson, “Reduced Instruction Set Computers”, *Commun. ACM* 28, 1 (Jan. 1985), Pages 8 – 21
2. David A. Patterson, Carlo H. Sequin, “RISC I: A Reduced Instruction Set VLSI Computer”, 25 years of the international symposia on Computer architecture (selected papers), June 27 – July 2, 1998, Barcelona Spain, Pages 216-230
3. Jeff Prosser, “RISC vs. CISC: The Real Story -- What makes the PowerPC a RISC processor and the Pentium a CISC?“, from <http://www.zdnet.com/pcmag/pctech/content/14/18/tu1418.001.html>
4. Κ.Πεκμεστζή, Ι. Βογιατζής, Γ.Λιβιεράτος, Π. Μπουγάς, «Δομή και Λειτουργία Μικροϋπολογιστών (Θεωρία)», Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 2000
5. Λαμπρινουδάκης, «Σημειώσεις μαθήματος *Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι*», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, 1999
6. Γ. Αλεξίου, «Μικροεπεξεργαστές», τόμος Γ΄, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας ΕΑΠ, Πάτρα 2001
7. Ken Arnold, “*Embedded Controller Hardware Design*”, LLH Technology Publishing, 2001
8. Wikipedia, <http://el.wikipedia.org/wiki/Wiki>

9. St. Gill, Al. Tringham, M. Spencer, "*ARM Achieves 10 Billion Processor Milestone*", ARM Technology, 22 January 2008.

10. Graham, Lea (1998-12-14). "*USA versus Microsoft: the fourth week*". BBC News, 2008-01-07.

11. Peter Clarke, "*Xilinx launches Spartan-6, Virtex-6 FPGAs.*", EE Times, February 2, 2009