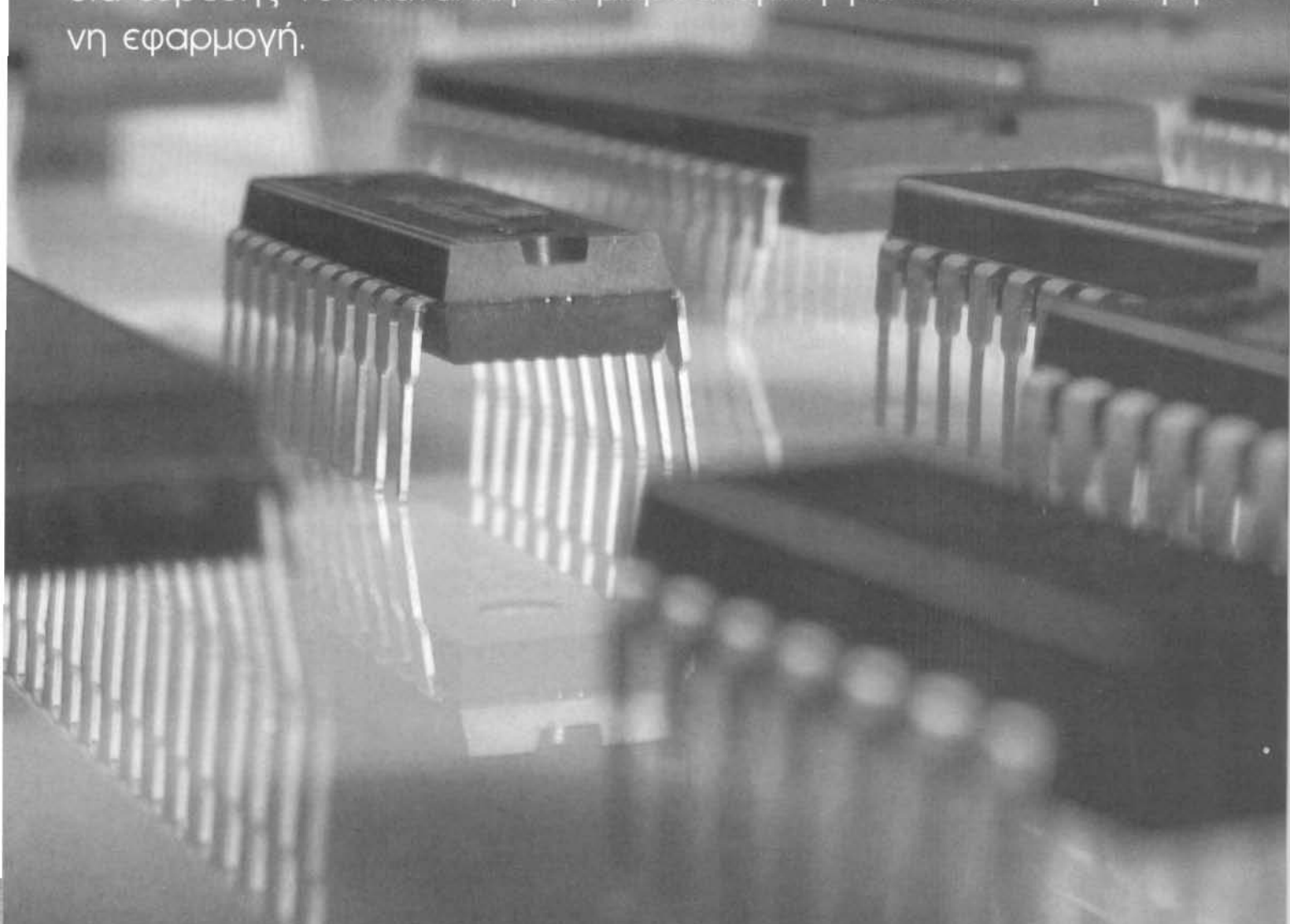


# Οδηγός αγοράς μικροελεγκτών

Ένα εκπληκτικό σύνολο από διαφορετικές επιλογές...

Πολλοί κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων τροφοδοτούν την αγορά και με μικροελεγκτές. Η πληθώρα των διαφόρων εκδόσεων σε συνδυασμό με την ολοένα αυξανόμενη ευελιξία των ολοκληρωμένων αυτών δεν καθιστά καθόλου εύκολη την διαδικασία εύρεσης του κατάλληλου μικροελεγκτή για κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή.



Η σύγκριση και η αξιολόγηση των προδιαγραφών μεταξύ διαφόρων μικροελεγκτών δεν αποτελεί μια εύκολη διαδικασία. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις αναζήτησης ενός τέτοιου στόχου, η ίδια η εφαρμογή είναι εκείνη η οποία θα αποτελέσει την ουσιαστική αφετηρία σε συνδυασμό με τις εξειδικευμένες για τον δικό της σκοπό απαιτήσεις. Σκοπός του παρόντος άρθρου δεν είναι η κάλυψη μιας τεράστιας γκάμας μέσα από αμέτρητες λίστες μικροελεγκτών, αλλά μια σύντομη παρουσίαση μερικών βασικών κριτηρίων επιλογής η οποία θα σας βοηθήσει να ελαττώνετε κάθε φορά το πλήθος των πιθανά χρησιμοποιούμενων διατάξεων σε έναν λογικό και αντιμετωπίσιμο αριθμό.

### Ταχύτητα

Αυτό που συνήθως αναφέρεται ως ταχύτητα λειτουργίας ενός μικροελεγκτή δεν εξαρτάται ουσιαστικά μόνον από την μέγιστη δυνατή συχνότητα του ρολογιού της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) και από την βασική γεννήτρια χρονισμού (κρυσταλλος) - αλλά θα πρέπει κανείς να εξετάσει τον αριθμό των κύκλων μηχανής που απαιτούνται κατά περίπτωση ώστε ο αντίστοιχος μικροελεγκτής να εκτελέσει κάποια εντολή καθώς επίσης και από την χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού (η γλώσσα assembly αποδεικνύεται τις περισσότερες φορές πολύ ταχύτερη σε σύγκριση με γλώσσες ανώτερου επιπέδου). Ανάλογα με την τιμή της συχνότητας χρονισμού, οι διάφοροι ελεγκτές γενικής χρήσης που διατίθενται στην αγορά κρίνονται κατάλληλοι για εφαρμογές των οποίων η βασική λειτουργία από άποψη ταχύτητας βρίσκεται στην περιοχή των μεγακύκλων (επεξεργασία εικόνας).

### Η Μνήμη Προγράμματος

Το πρόγραμμα εφαρμογής που πρόκειται να εκτελεστεί από έναν μικροελεγκτή αποθηκεύεται σε μια ανεξίτηλη μνήμη (non volatile memory). Μια τέτοια μνήμη τύπου OTP (One Time Programmable) EPROM μπορεί να φορτωθεί μόνον μια φορά, δεδομένου ότι η κάπως ακριβότερη έκδοση του ίδιου μικροελεγκτή με μνήμη προγράμματος τύπου Flash χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια ανάπτυξης του κώδικα εφαρμογής. Ο τύπος της μνήμης flash έχει την δυνατότητα φόρτωσης μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, ενώ εξίσου απλή είναι και η διαδικασία διαγραφής. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται συνήθως με την βοήθεια μιας συσκευής προγραμματισμού γενικής χρή-

σης ή κάποια ειδική έκδοση προγραμματιστή με δυνατότητα προγραμματισμού της διάταξης εντός του κυκλώματος (ISP). Σήμερα τα συνήθη μεγέθη της εσωτερικής μνήμης προγράμματος τύπου flash ενός τυπικού μικροελεγκτή ανέρχονται μέχρι τα 1024 kbytes (ενδεχομένως και περισσότερα).

Μικροελεγκτές με εσωτερική επανεγγράψιμη μνήμη τύπου UV EPROM με το κλασικό διαφανές 'παραθυρό', ανήκουν πλέον στην ιστορία. Τέτοιου είδους συσκευασίες χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα μόνον σε μερικές περιπτώσεις προγραμμάτων εφαρμογής εξαιρετικά μεγάλου μεγέθους. Την θέση των παλαιότερων μνημών τύπου EPROM καταλαμβάνουν ολοένα και με ταχύτερο ρυθμό μνήμες RAM τύπου Flash.

### Η Μνήμη EEPROM

Όπου υπάρχει η απαίτηση διατήρησης κάποιων δεδομένων ακόμη και μετά την πλήρη αποσύνδεση μιας διάταξης μικροελεγκτή από την τροφοδοσία, χρησιμοποιείται ένα είδος μη πτητικής μνήμης τύπου EEPROM, είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Αντίθετα με την γενική άποψη που επικρατεί, ο αριθμός των κύκλων εγγραφής σε μια τέτοια μνήμη ΔΕΝ είναι απεριορίστος.

Στην γενική περίπτωση οι εξωτερικές μνήμες EEPROM συνδέονται σε έναν μικροελεγκτή μέσω κάποιου σειριακού διαύλου δύο αγωγών (2-wire bus).

Τυπικά η χρήση των μνημών αυτών εξυπηρετεί την ανάγκη ανάγνωσης κάποιων συγκεκριμένων δεδομένων μιας εφαρμογής (όπως για παράδειγμα, κάποιες τιμές ρυθμίσεων) κατά την εκκίνηση του προγράμματος χρήσης.

### Η Μνήμη RAM

Η μνήμη RAM χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα μικροελεγκτή για την προσωρινή αποθήκευση μεταβλητών κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος της εφαρμογής.

Το μέγεθος της ενσωματωμένης μνήμης RAM στους περισσότερους μικροελεγκτές ανέρχεται μέχρι τα 4 kbytes περίπου, ενώ οι συνήθειες απαιτήσεις συχνά αντιστοιχούν σε πολύ μικρότερα μεγέθη. Είναι επίσης δυνατή και η σύνδεση εξωτερικής μνήμης RAM.

### Ψηφιακές Γραμμές Εισόδου-Εξόδου (I/O)

Είναι γενικά αρκετά εύκολο να προσδιορίσει κανείς τον ακριβή αριθμό των απαιτούμενων γραμμών ψηφιακών εισόδου -

εξόδου για κάποια εφαρμογή. Επίσης, στην περίπτωση που οι διαθέσιμοι πόροι της χρησιμοποιούμενης διάταξης έχουν εξαντληθεί τότε μπορούμε να κάνουμε χρήση των επιπλέον γραμμών εισόδου - εξόδου για να συνδέσουμε στο σύστημα διάφορα περιφερειακά κυκλώματα. Για απλές εφαρμογές οι επιλογές που έχουμε στην διάθεσή μας, με σχετικά μικρό αριθμό γραμμών I/O, είναι αρκετές (όπως οι ελεγκτές της σειράς Tiny της ATMEL, με μόλις 8 συνολικά ακροδέκτες). Σε πολλές περιπτώσεις ωστόσο απαιτούνται ολόκληρες θύρες εισόδου - εξόδου σε παράλληλη λειτουργία και τότε είναι που δεν μπορούμε να αποφύγουμε την διαδικασία συγκόλλησης των μεγάλων αυτών διατάξεων.

### Μονάδες Χρονισμού - Μέτρησης (Timers/Counters)

Αν σε ένα πρόγραμμα απαιτείται η μέτρηση κάποιας χρονικής περιόδου, ή η καταμέτρηση κάποιων συμβάντων, τότε ο αντίστοιχος μικροελεγκτής θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με κάποια μονάδα χρονιστή ή και μετρητή. Ευτυχώς οι περισσότερες από τις σύγχρονες διατάξεις ελεγκτών διαθέτουν τουλάχιστον τρεις τέτοιες μονάδες στα 8-bit ή στα 16-bit, οι οποίες ελέγχονται μέσω ειδικών εσωτερικών καταχωρητών. Οι μονάδες χρονιστή / μετρητή είναι επίσης χρήσιμες και στην περίπτωση που απαιτείται η δημιουργία ενός σήματος χρονισμού ανεξάρτητου από το βασικό ρολόι του συστήματος (PWM, UART).

Ειδική περίπτωση χρονιστή αποτελεί ο Χρονιστής Επιτήρησης (Watchdog Timer). Ο ειδικός αυτός χρονιστής ρυθμίζεται ώστε να μετρά κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ενώ θα πρέπει κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος εφαρμογής να μηδενίζεται σε τακτά διαστήματα.

### Πηγές Εξωτερικών Διακοπών

Δεν είναι μόνον οι μονάδες χρονιστών / μετρητών που δημιουργούν σήματα διακοπών (interrupts). Όταν ένα εξωτερικό γεγονός πρόκειται να σταματήσει την κανονική ροή του προγράμματος εφαρμογής και να εκκινήσει την εκτέλεση μιας αντίστοιχης ρουτίνας εξυπηρέτησης, τότε υπάρχουν διαθέσιμες κάποιες εισόδους εξωτερικής διακοπής για τον παραπάνω σκοπό στους περισσότερους μικροελεγκτές.

### Μονάδες Διασύνδεσης

Είναι πολύ χρήσιμο μια διάταξη να διαθέτει εσωτερικές μονάδες επικοινωνίας με

τυποποιημένους διαύλους όπως είναι I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, SPI, CAN, USB, LIN ή ακόμη και κάποιος τυπικός δίαυλος διασύνδεσης με οθόνη LCD. Είναι βέβαια γεγονός ότι οι παραπάνω μονάδες μπορούν να υλοποιηθούν και με την βοήθεια πρόσθετων ρουτινών στο κύριο πρόγραμμα αλλά διαπιστώνεται εύκολα ότι κάτι τέτοιο απαιτεί χρόνο και εμπειριστατωμένη γνώση της αντίστοιχης γλώσσας assembly.

### Αναλογικά Κυκλώματα

Διάφοροι μικροελεγκτές είναι κατάλληλα εφοδιασμένοι με ολοκληρωμένες μονάδες διασύνδεσης με αναλογικά κυκλώματα. Οι μονάδες αυτές περιλαμβάνουν μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (με διαφορετικές ακριβείες και μονάδες αναλογικού πολυπλέκτη), αναλογικούς συγκριτές καθώς και τελεστικούς ενισχυτές (με έξοδο σε κάποιον φυσικό ακροδέκτη).

### Τρόποι Λειτουργίας

Αρκετά μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι διάφοροι δυνατοί τρόποι λειτουργίας ενός μικροελεγκτή, ιδιαίτερα όταν από την ίδια την εφαρμογή απαιτείται τροφοδοσία από μπαταρία. Ένας αριθμός εσωτερικών κυκλωμάτων αναλαμβάνει την διαδικασία των κατάλληλων μεταγωγών ώστε η διάταξη του μικροελεγκτή να περιέλθει σε μια κατάσταση "ύπνου" (sleep mode) με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

### Δυνατότητες Προγραμματισμού

Όταν ένας μικροελεγκτής είναι εξοπλισμένος με μονάδα διασύνδεσης σειριακού προγραμματισμού ISP, τότε είναι δυνατό το εκάστοτε πρόγραμμα εφαρμογής να φορτωθεί στο ολοκληρωμένο χωρίς αυτό να απομακρυνθεί από το κύκλωμα της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Αν δεν υφίσταται μια τέτοια δυνατότητα,

τότε θα πρέπει να καταφύγουμε σε μια περισσότερο πολύπλοκη συσκευή προγραμματισμού για τον ίδιο σκοπό. Ένας μικροελεγκτής χωρίς μονάδα ISP ο οποίος έχει συγκολληθεί πάνω σε ένα κύκλωμα δεν είναι δυνατό να προγραμματιστεί εκ νέου χωρίς να απομακρυνθεί πρώτα από αυτό και κατά συνέπεια κάτι τέτοιο απαιτεί πρόσθετη εργασία.

### Ειδικά Χαρακτηριστικά

Υπάρχουν κάποιοι ειδικοί μικροελεγκτές οι οποίοι προορίζονται κατά μια έννοια για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα, έλεγχο κινητήρων, ελεγκτές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP), ακόμη και μικροελεγκτές με αντίστοιχα κυκλώματα υψηλών συχνοτήτων. Αν έχετε λοιπόν σκοπό να ασχοληθείτε με κάποια ειδική εφαρμογή τότε αξίζει τον κόπο να μελετήσετε την εκδοχή ενός τέτοιου είδους ολοκληρωμένου ελεγκτή.

### Κόστος, Διαθεσιμότητα και Συσκευασία

Το κόστος ενός ολοκληρωμένου μικροελεγκτή δεν παρουσιάζει κανένα πρακτικό ενδιαφέρον σε περιπτώσεις όπου πρόκειται να κατασκευαστεί μια εφαρμογή για μια φορά ή σε μια μικρή σχετικά παραγωγή. Εντούτοις είναι αρκετά δυσάρεστο και απογοητευτικό το γεγονός να έχουμε καταλήξει στον σχεδόν ιδανικό τύπο μικροελεγκτή για την εφαρμογή μας και να διαπιστώσουμε στην τελική φάση ότι το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα διατίθεται σε ποσότητες των 10.000 και πλέον τεμαχίων απευθείας από κάποιο εργοστάσιο στην Κορέα.

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αφορά και την συσκευασία του 'ιδανικού' για την εκάστοτε εργασία μικροελεγκτή, άλλωστε ποιος είναι σε θέση να συγκολλήσει με επιτυχία ένα 'επίπεδο' ολοκληρωμένο κύκλωμα με

256 ακροδέκτες, μεταξύ των οποίων οι αποστάσεις ανέρχονται σε μερικά δέκατα του χιλιοστού!

### Συστήματα Ανάπτυξης Εφαρμογών

Το αντικείμενο αυτό απορροφά ως επί το πλείστον το ενδιαφέρον των ημειπαγγελματιών που ενασχολούνται με τον συγκεκριμένο τομέα των ελεγκτών. Αν το πρόγραμμα της εκάστοτε εφαρμογής εκπονείται στην αντίστοιχη γλώσσα assembly τότε για κάθε μια καινούρια οικογένεια μικροελεγκτών θα απαιτείται και η εκμάθηση της ανάλογης γλώσσας. Αν κάτι τέτοιο ακούγεται δυσάρεστο τότε δεν έχετε παρά να ασχοληθείτε σταθερά με την ίδια οικογένεια ελεγκτών για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, ή εναλλακτικά να επενδύσετε σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως η C, η Pascal, ή η Basic.

Τα πακέτα ανάπτυξης λογισμικού των γλωσσών αυτών υποστηρίζουν αρκετούς τύπους μικροελεγκτών, αλλά κατά κανόνα παράγουν πιο σγκώδεις κώδικες εφαρμογής σε σύγκριση με τον κώδικα που δημιουργείται από τους αντίστοιχους ειδικούς συμβολομεταφραστές (assemblers).

Δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε ωστόσο και το κόστος αυτών των αναπτυξιακών συστημάτων.

Οι τιμές τέτοιων προϊόντων διαφέρουν, ώστε μερικοί κατασκευαστές διαθέτουν τα αντίστοιχα περιβάλλοντα ανάπτυξης δωρεάν, ενώ για παρόμοια προϊόντα άλλων κατασκευαστών θα πρέπει κανείς να βάλει το χέρι πολύ βαθιά μέσα στην τσέπη του. Ειδικότερα κάποιες συσκευές προγραμματισμού οι οποίες συνοδεύονται από μερικές πολύπλοκες βάσεις επέκτασης (θήκες ολοκληρωμένων ελεγκτών - rods) οι αντίστοιχες τιμές κόστους μπορούν να χαρακτηριστούν 'υπέρογκες'.

(040286-1)

## Συνοπτικός κατάλογος κατασκευαστριών εταιριών ολοκληρωμένων Μικροελεγκτών οικογένειες ολοκληρωμένων στα 4-, 8-, 16-, 32- και 64-bits

### Altera-www.altera.com

32-bits: EPXxxx (ARM V4T),  
Nios (Nios)

### Analog Devices- www.analog.com

8-bits: ADuC8xx  
(8051)

### AMD-www.amd.com

32-bits: Au1x00 (MIPS)

### Atmel-www.atmel.com

4-bits: T48C510, ATAxxx (MARC-4)  
8-bits: AVR (AVR), AT89xxxx (8051)  
Mega AVR (AVR)  
16-bits: C251 (8051), AT91xxxx (ARM)

### ARC International-www.arc.com

32-bits: ARC501 (ARCompact),  
ARC7xx, ARC6xx,  
ARCTangent (RISC)

### ARM-www.arm.com

32-bits: ARM10xx, ARM11xx,  
ARM7xx, ARM9xx, SCxxx,

MPCore (ARM)

### **Cirrus Logic-[www.cirrus.com](http://www.cirrus.com)**

32-bits: CS89712, EP73xx, EP93xx,  
PS7500xx (ARM)

### **Cybernetic Micro Systems- [www.controlchips.com](http://www.controlchips.com)**

8-bits: P-51(8051)

### **Cygnal Integrated Products- [www.cygnal.com](http://www.cygnal.com)**

8-bits: C8051Fxxx (8051)

### **Cypress Microsystems- [www.cypressmicro.com](http://www.cypressmicro.com)**

8-bits: CY8C2xxxx ((M8C)

### **Dallas Semiconductor (Maxim Integrated Products)- [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com)**

8-bits: DS2xxx, DS5xxx, DS80xxx,  
DS87xxx, DS89Cxxx,  
MAX765x (8051)

### **Fujitsu Microelectronics- [www.fujitsu.com](http://www.fujitsu.com)**

8-bits: MB89xxx (F2MC-8L)  
16-bits: MB90xxx (F2MC-16)  
32-bits: MB91xxx (FR)

### **IDT-[www.idt.com](http://www.idt.com)**

32-bits: RC32xxx (MIPS)

### **Infineon Technologies- [www.infineon.com](http://www.infineon.com)**

8-bits: C5xxx, C868 (8051)  
16-bits: C16xxx (C166 v1),  
XC16xxx (C166 v2)  
32-bits: TC11 IB, TC19xx  
(TriCore V1.3), TC17xx  
(TriCore V1.2)

### **Intel-[www.intel.com](http://www.intel.com)**

8-bits: 8xC251x, 8xC51xx (MCS51)  
16-bits: 80C18x, 8xCx96xx  
(=MCS-x96xxx)  
32-bits: 80960(i960), ICC1100,  
IXP4 (StrongARM v5TE)

### **MIPS Technologies- [www.mips.com](http://www.mips.com)**

32-bits: 4Kxx, M4K, 24Kx (MIPS)  
64-bits: 20k, 10Kx, 5Kx (MIPS)

### **Motorola Semiconductor- [www.freescale.com](http://www.freescale.com)**

8-bits: MC68Hxxx (HC0x)  
16-bits: HCS12x, M68HCxx (HCS12)  
32-bits: 68300 (68K), MCF5xxx  
(ColdFire), Mcore xxx (RISC),  
MAC7xxx (ARM), MPC5xxx  
(PowerPC)

### **National Semiconductor- [www.national.com](http://www.national.com)**

8-bits: COP8xxxx  
(Modified Harvard RISC)  
16-bits: CR16xxxx (Compact RISC)

### **NEC Electronics-[www.necel.com](http://www.necel.com)**

8-bits: 78K0S/Kx1, 78K0/Kx1  
(NEC K)  
32-bits: v850ES/Kx1 (v800)  
64-bits: VR41xx, VR5xxx (MIPS)

### **Oki Semiconductor-[www.okise-mi.com/us](http://www.okise-mi.com/us)**

4-bits: MSM6318xx,  
MSM6415xx (nX)  
32-bits: ML67xxxx (ARM7TDMI)

### **Philips Semiconductors- [www.semiconductors.philips.com](http://www.semiconductors.philips.com)**

8-bits: P8xC5x, P89LPC9xx,  
P8xLPC76x (8051)  
16-bits: PxAxxx (XA)  
32-bits: LPC2x0x (ARM7)

### **Rabbit Semiconductor- [www.rabbitsemiconductor.com](http://www.rabbitsemiconductor.com)**

8-bits: Rabbit 2000, Rabbit 3000  
(Z80/180)

### **Renesas Technology- [www.renesas.com](http://www.renesas.com)**

4-bits: M45xx (720),  
H4xxx (HMCS400)  
8-bits: M38xx, M78xx, M3754x,  
H8/380xx (H8)  
16-bits: M77xx, M79xx (740),  
H8/30xxx (H8), H8S2xxx  
(H8S), M16C/xx, M32C/xx  
(M16C), H8/36xx,  
H8SX/1xx (H8)  
32-bits: SH-xxxx (SuperH), M321xx  
(RISC)

### **Silicon Storage Technology- [www.sst.com](http://www.sst.com)**

8-bits: SST89xxx (FlashFlex 51)

### **Sharp Microelectronics- [www.sharpsma.com](http://www.sharpsma.com)**

16-bits: LH754xx (ARM)  
32-bits: LH7952x, LH7A4xx (ARM)

### **STMicroelectronics- [www.stm.com](http://www.stm.com)**

8-bits: ST62xx (ST6), ST72xxx,  
ST7Flite (ST7), uPSD3xxxx  
(8032)  
16-bits: ST10xxxx (80C166),  
ST92Fxxx (ST9), STR7xxx  
(ARM)  
32-bits: ST40RA (SH4)

### **SuperH-[www.superh.com](http://www.superh.com)**

32-bits: SH-4xxx (SuperH)  
64-bits: SH-5xxx (SuperH)

### **Tensilica-[www.tensilica.com](http://www.tensilica.com)**

32-bits: Xtensa V, Xtensa LX  
(Xtensa)

### **Texas Instruments-[www.ti.com](http://www.ti.com)**

16-bits: MSP430xxxx  
(MSP), TMS470 (ARM)

### **Toshiba America Electronic Components- <http://chips.toshiba.com>**

8-bits: TMPx8xxxx (TLCS)  
16-bits: TMP96xxxx TMP91xxxx,  
TMP95xxxx, TMP93xxxx  
(TLCS)  
32-bits: TMP92xxxx, TMP94xxxx  
(TLCS), TMPR19xxx,  
TMPR39xxx (MIPS)  
64-bits: TMPR49xx, TMPR99xx  
(MIPS)

### **Triscend-[www.triscend.com](http://www.triscend.com)**

8-bits: E5 (8051)

### **Ubicom-[www.ubicom.com](http://www.ubicom.com)**

8-bits: SXxxxx, IP2012/2022  
(MASI)  
32-bits: IP3023 (MASI V2)

### **Xemics-[www.xemics.com](http://www.xemics.com)**

8-bits: E88LC0x (RISC)

### **Xilinx-[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)**

32-bits: PowerPC 405(PowerPC)

### **Zilog-[www.zilog.com](http://www.zilog.com)**

8-bits: eZ80xxx, Z8xxxx, Z8Fxxx,  
Z8 Encorel (Z80/180)