

ΔΙΑΧΥΤΑ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Εισαγωγή στους μικροεπεξεργαστές

Διδάσκων:

Παναγιώτης Καρκαζής

Περίγραμμα

- Ενσωματωμένα συστήματα
- Αρχιτεκτονική Μικροεπεξεργαστών
 - Non Newman
 - Harvard
 - RISC vs
- Assembly
- Μικροεπεξεργαστές vs Μικροελεγκτές

Ενσωματωμένα συστήματα I

- Υπολογιστικά συστήματα παντού
- Οι περισσότεροι αναφέρονται σε υπολογιστές:
 - Προσωπικούς υπολογιστές
 - Φορητούς υπολογιστές
 - Υπερ-υπολογιστές
 - Εξυπηρετητές

Ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα ορίζεται οποιαδήποτε συσκευή η οποία περιλαμβάνει έναν προγραμματιζόμενο υπολογιστή, ο οποίος δεν είναι υπολογιστής γενικού σκοπού

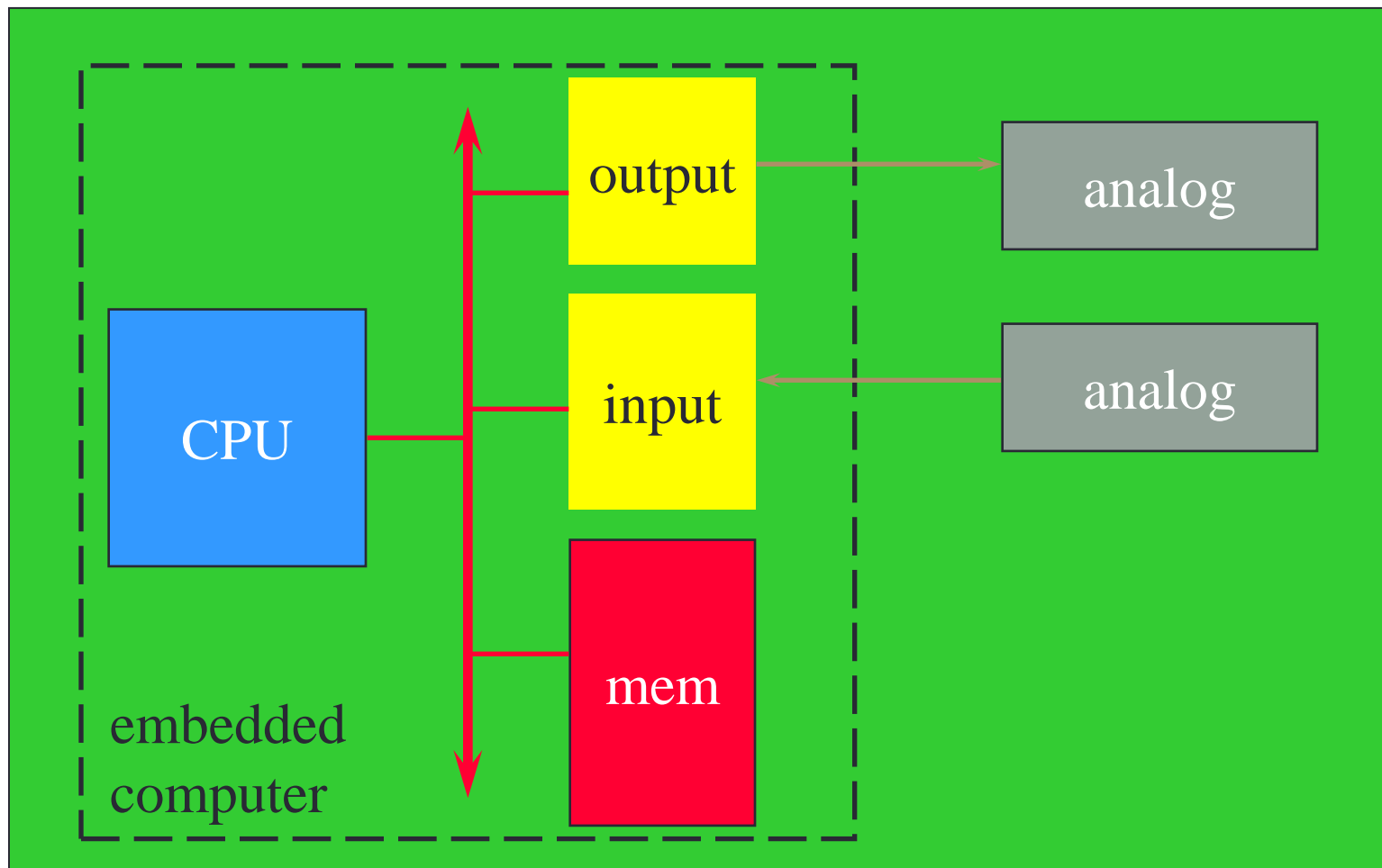
Ενσωματωμένα συστήματα II

- Υπολογιστικά συστήματα ενσωματωμένα με ηλεκτρονικές συσκευές
- Δισεκατομμύρια μονάδες παράγονται ετησίως, έναντι των εκατομμυρίων μονάδων επιτραπέζιων υπολογιστών

Παραδείγματα:

- Κινητά τηλέφωνα
- Εκτυπωτές
- Αυτοκίνητα (~100 cpus, e.g. 16/32bit: Engine, ABS, ESP, 4-bits: seat belts)
- Αεροπλάνα (Navionics, flight control, communications etc)
- Βιομηχανικοί αυτοματισμοί
- Οικιακές συσκευές (~50 συσκευές ανά σπίτι)

Ενσωματωμένο Υπολογιστικό σύστημα



Χαρακτηριστικά των ΕΣ

- Βελτιστοποίηση της σχεδίασης με βάση τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής
- Εκτελούν ένα πρόγραμμα (επαναληπτικά)
- Περιορισμένων δυνατοτήτων
(χαμηλό κόστος, μικρή επεξεργαστική ισχύ, χαμηλή κατανάλωση ισχύος, μικρές διατάσεις κα)
- Συνεχή λειτουργία - αξιοπιστία
- Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο
- Ελαχιστοποίηση του time-on-market
- Ασφάλεια (συνέπειες από την δυσλειτουργία των ΕΣ σε ένα αεροπλάνο)

Μονάδα επεξεργασίας

Είναι η συνεκτική μονάδα που συστήματος που χειρίζεται όλα τα περιφερικά υποσυστήματα.

Η επιλογή του επεξεργαστή είναι πολύ κρίσιμη και καθώς επηρεάζει άμεσα:

- Το κόστος
- Δυνατότητα υλοποίησης διαφόρων εφαρμογών
- Την απόδοση
- Την κατανάλωση ενέργειας

Μικροεπεξεργαστές

- Μικροελεγκτές
 - περιλαμβάνουν I/O interfaces
 - ενσωματωμένη μνήμη
- Επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (DSP):
 - Ειδική σχεδίαση για την ψηφιακή επεξεργασία σήματος
- Μέγεθος «λέξης»: 8-bit, 16-bit, 32-bit
- Οι μικροεπεξεργαστές είναι πολύ αποδοτικοί και κάνουν ευκολότερη την σχεδίαση παρεμφερών προϊόντων (FPGA)

Μικροελεγκτής

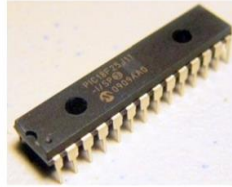

Οι πλεονόμματα των κόμβων βασίζονται σε υλοποιήσεις μικροελεγκτών διότι προσφέρουν:

- Συμπαγή κατασκευή (IC)
- Μικρό μέγεθος
- Χαμηλή κατανάλωση
- Χαμηλό κόστος

Το IC ενός microcontroller περιλαμβάνει:

- CPU core (4 – 64bit processor)
- RAM for data storage
- EPROM, EEROM, Flash Memory for program code
- I/O interfaces
- Communication interfaces (UART, I²C, SPI etc)
- Clock generator
- A/D converters

<http://www.ermicro.com/blog>

Description	PIC18F25J11	PIC24F16KA102
Packaging	28 Pin PDIP 	28 Pin PDIP 
Register	8 Bit	16 BIT
Program Memory	16 KByte	16 KByte
Instruction Clock	4 Cycles	2 Cycles
Price	USD 2.70	USD 2.41
Development Tools	Microchip MPLAB and Microchip C18 or Microchip HI-TECH C for PIC18 C Compiler	Microchip MPLAB and Microchip C30, Microchip HI-TECH C for dsPIC/PIC24 C Compiler
Peripherals	Advance	More Advance
Speed	Up to 12 MIPS at 48 MHz	Up to 16 MIPS at 32 MHz

Microchip PIC18F25J11 and PIC24F16KA102 Microcontroller Basic Comparison

Assembly
ANSI C

Επεξεργαστής ψηφιακού σήματος (DSP)

DSP είναι ένας εξειδικευμένος μικροεπεξεργαστής που έχει σχεδιαστεί για να την επεξεργασία διακριτών σημάτων, εκτελώντας σύνθετες μαθηματικές λειτουργίες σε εξαιρετικά υψηλή απόδοση.

Η επεξεργασία ψηφιακού σήματος, σε αντίθεση με το αναλογικό, δεν απαιτεί πολύπλοκα εξαρτήματα υλικού.

Η χρήση DSP μπορεί να δώσει λύσεις κόμβους, όπου απαιτείται επεξεργασία σήματος ήχου και εικόνας ή σε περιβάλλοντα που παρουσιάζουν ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο και παρεμβολές.

Ολοκληρωμένα κυκλώματα ειδικών εφαρμογών

Application-Specific Integrated Circuit (ASIC)

ASIC είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) που κατασκευάζεται με βάση τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Με έμφαση την βελτιστοποίηση της απόδοσης και της διαχείρισης ενέργειας

Μειονεκτήματα:

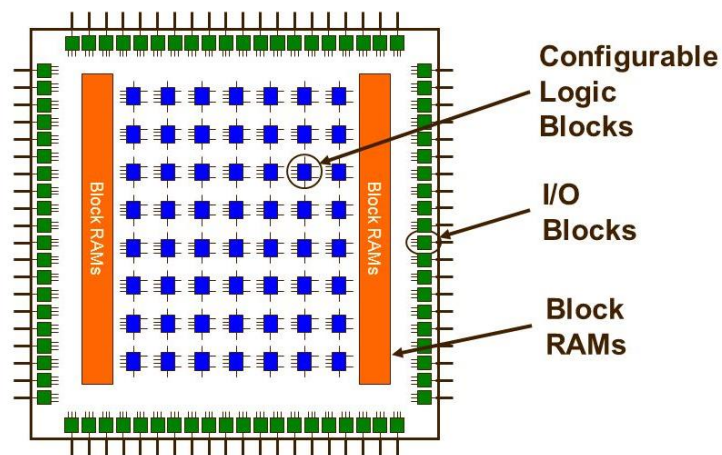
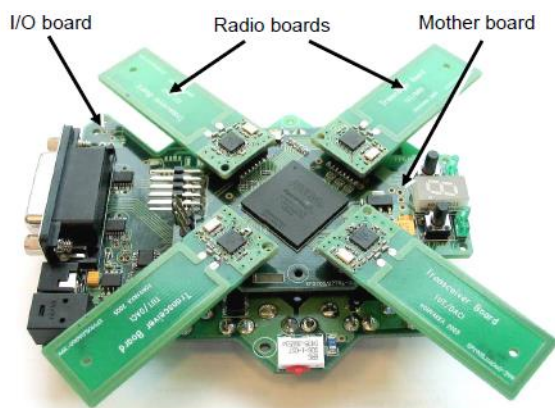
- Δυσκολία στον σχεδιασμό
- Δεν επαναπρογραμματίζονται
- Υψηλό κόστος ανάπτυξης

Ο ρόλος των ASIC στις εφαρμογές WSN δεν είναι να αντικαταστήσουν τους μικροελεγκτές ή DSP, αλλά σε ειδικές περιπτώσεις να τους συμπληρώσουν.

Διάταξη προγραμματιζομένων πυλών πεδίου

Field Programmable Gate Array (FPGA)

Τα FPGA χρησιμοποιούνται για να υλοποιήσουν εφαρμογές ειδικού σκοπού, αλλά παρέχουν και την δυνατότητα του επαναπρογραμματισμού.



- Μεγαλύτερο bandwidth από DSP
- Εφαρμογές παράλληλου προγραμματισμού
- Δεν παρέχουν ενσωματωμένα περιφερικά (A/D)
- Απαιτούν γνώση γλώσσας προγραμματισμού υλικού

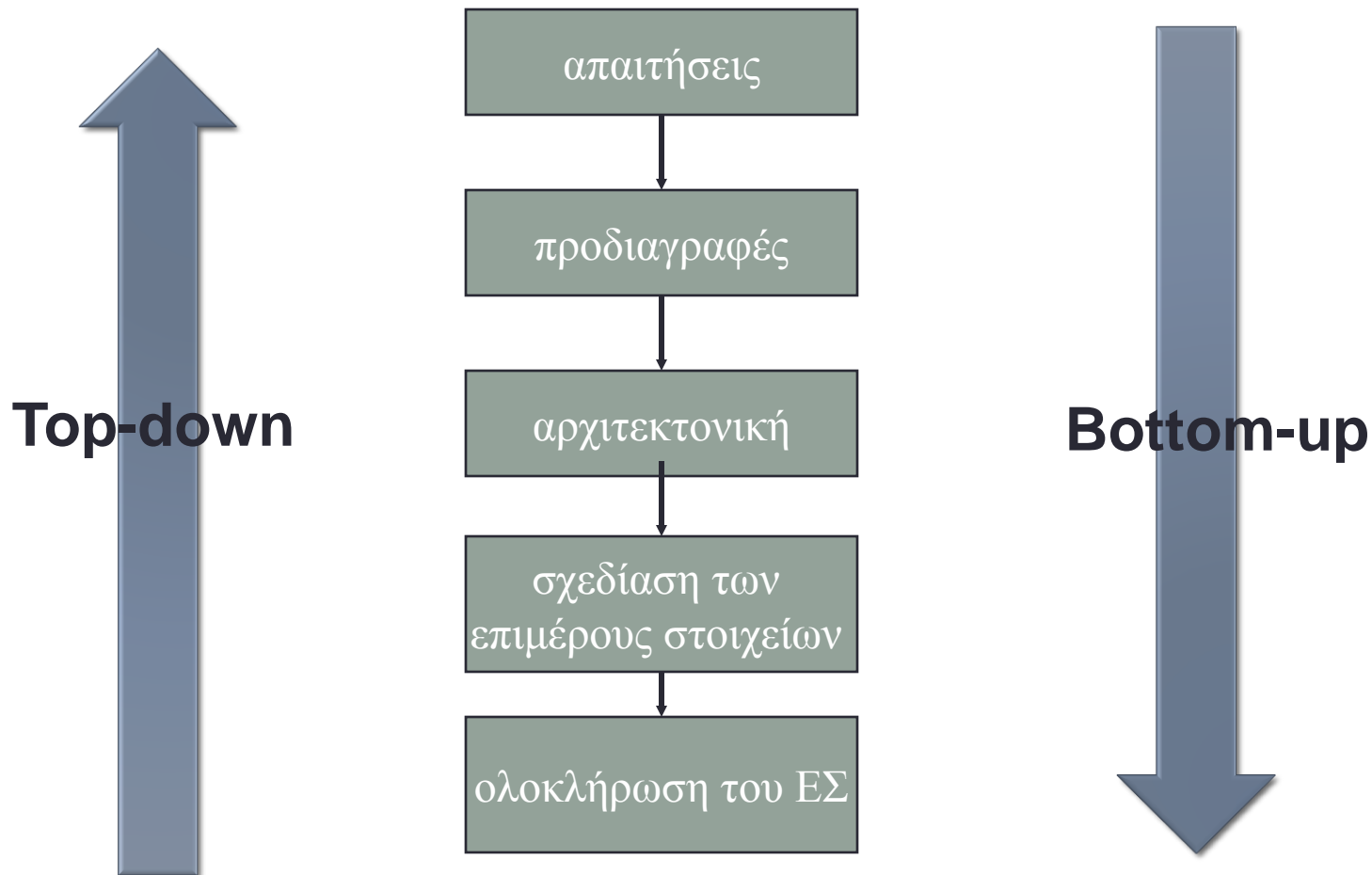
Προκλήσεις στο σχεδιασμό ΕΣ

- Πόσο υλικό χρειαζόμαστε;
 - Επεξεργαστική ισχύ (cpu)
 - Μνήμη (RAM/ROM)
- Πώς ικανοποιούμε τις προθεσμίες στα ΕΣ πραγματικού χρόνου;
 - Ταχύτερο υλικό ή εξυπνότερο λογισμικό;
- Πώς ελαχιστοποιούμε την κατανάλωση ισχύος;
 - Κατάργηση της περιττής λογικής
 - Μείωση των προσβάσεων στη μνήμη
- Έλεγχος καλής λειτουργίας
- Επιλογή πλατφόρμας ανάπτυξης

Στόχοι σχεδιασμού

- Απόδοση
 - Συνολική ταχύτητα, προθεσμίες
- Λειτουργικότητα και διασύνδεση με το χρήστη
- Κατασκευαστικό κόστος
- Κατανάλωση ισχύος
- Άλλες απαιτήσεις (φυσικό μέγεθος, κ.λπ.)

Σχεδιαστικές προσεγγίσεις



Απαιτήσεις

- Απλή περιγραφή των απαιτήσεων του πελάτη
- Λειτουργικές
 - Περιγραφή εξόδων σαν συνάρτηση των εισόδων
- Μη λειτουργικές
 - χρόνος επεξεργασίας
 - φυσικές διαστάσεις
 - περιβάλλον λειτουργίας
 - αξιοπιστία
 - κατανάλωση ισχύος
 - εκπομπές θερμότητας κ.α.

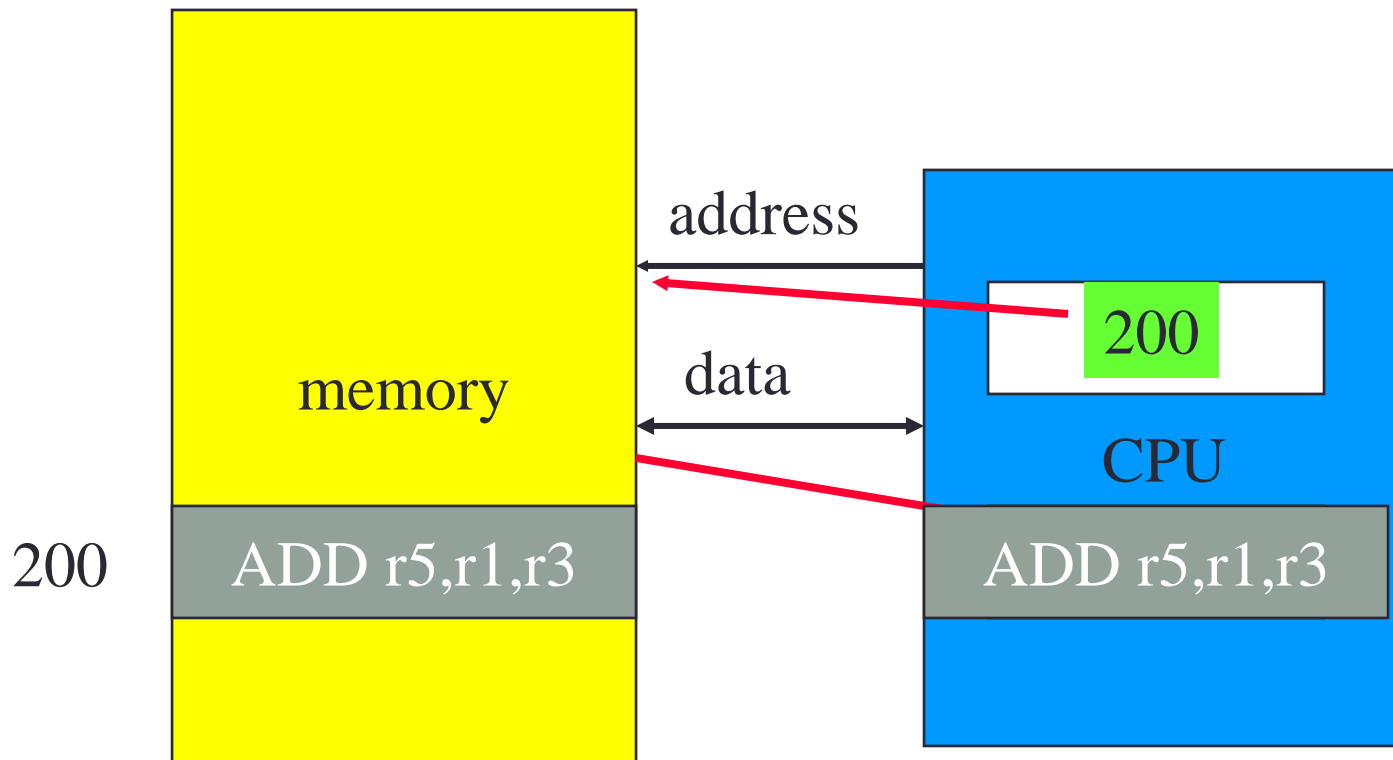
Αρχιτεκτονική Μικροεπεξεργαστών

- Αρχιτεκτονική von Neumann
- Αρχιτεκτονική Harvard
- RISC vs. CISC
- Assembly

Αρχιτεκτονική von Neumann I

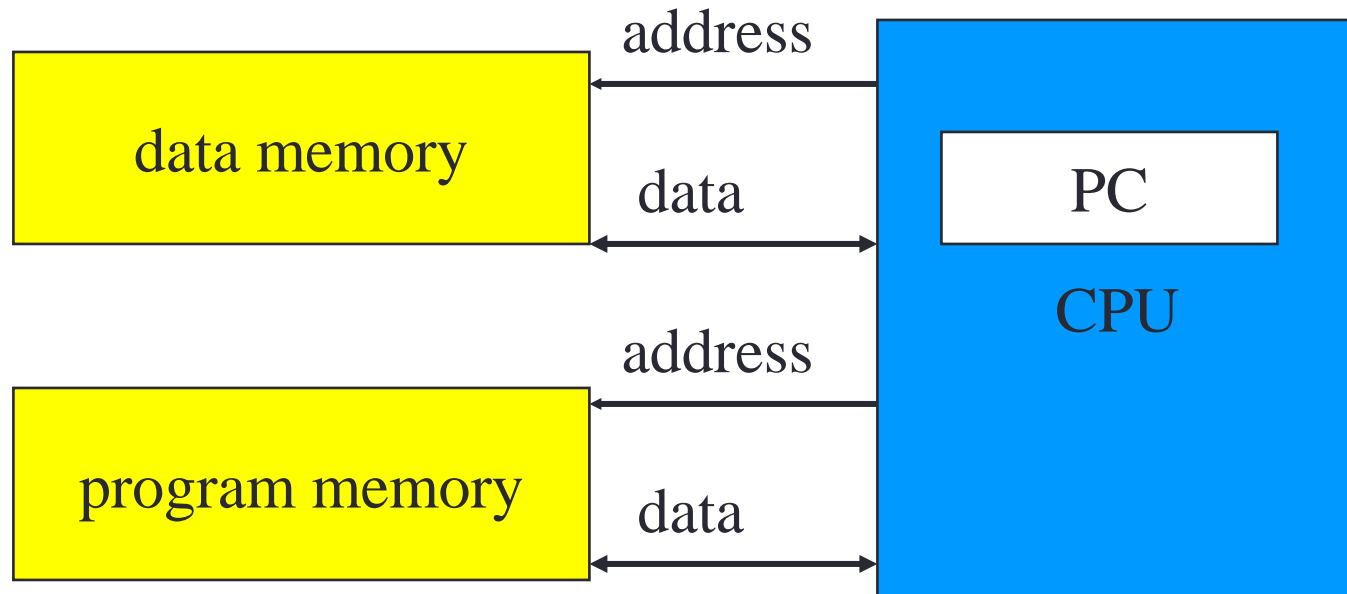
- Στην **ίδια** μνήμη αποθηκεύονται δεδομένα και εντολές
- Η CPU ανακαλεί τις εντολές από την μνήμη και τις εκτελεί
- CPU ξεχωριστή από την μνήμη
- Καταχώρησες CPU:
 - Program counter (PC)
Βασικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής
Καταδεικνύει την θέση μνήμης στην οποία βρίσκεται η επόμενη εντολή
 - Instruction register (IR)
 - General purpose registers

Αρχιτεκτονική von Neumann II



Αρχιτεκτονική Harvard

Οι εντολές και τα δεδομένα διατηρούνται διαφορετικές μνήμες



von Neumann vs. Harvard

- Στην αρχιτεκτονική Harvard είναι δύσκολη η σύνταξη «αυτοτροποποιούμενων» προγραμμάτων
- Η αρχιτεκτονική Harvard υποστηρίζει την ταυτόχρονη προσπέλαση των μνημών
- Οι περισσότεροι DSP που διαχειρίζονται ροές δεδομένων υλοποιούν Harvard
 - Μεγαλύτερο εύρος ζώνης μνήμης
 - Ευκολότερα προβλέψιμο εύρος ζώνης

RISC vs CISC

- Reduced Instruction Set Computer

- Έμφαση στο λογισμικό
- Load/Store
- Pipeline instructions
- Αρχικά οι RISC ήταν πιο γρήγοροι

- Complex Instruction Set Computer

- Πρώιμη αρχιτεκτονική
- Έμφαση στο υλισμικό
- Πολλοί τρόποι διευθυνσιοδότησης
- Πολλές λειτουργίες

Χαρακτηριστικά εντολών

- Μήκος εντολής
 - Σταθερό
 - Μεταβλητό
- Τρόπος διευθυνσιοδότησης
- Αριθμός τελεστών
- Τύποι τελεστών

Assembly

- Οι εντολές εκτελούνται διαδοχικά
- Χαρακτηριστικά:
 - Μια εντολή ανά γραμμή προγράμματος
 - Οι ετικέτες (labels) παρέχουν τα ονόματα για τις διευθύνσεις
 - Οι εντολές (instructions) ακολουθούν τις ετικέτες

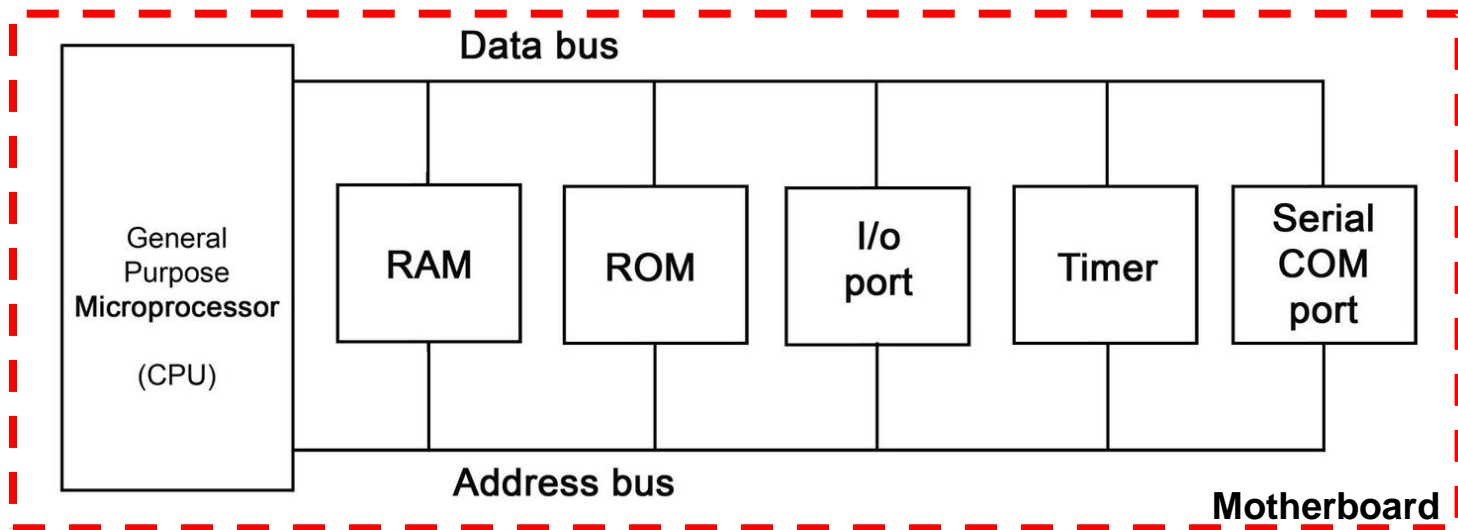
```
label1 ADR r4,c
        LDR r0,[r4] ; a comment
        ADR r4,d
        LDR r1,[r4]
        SUB r0,r0,r1 ; comment
```

Μικροελεκτές/Μικροεπεξεργαστές

- Central Processing Unit
- I/O: διεπαφές εισόδων/εξόδων
- Buses:
 - Address bus
 - Data bus
- Memory:
 - RAM,ROM,EEPROM
- Timers, Counters
- Interruptus (sw/hw)
- Communication Ports (Serial, Parallel)
- ADC and DAC

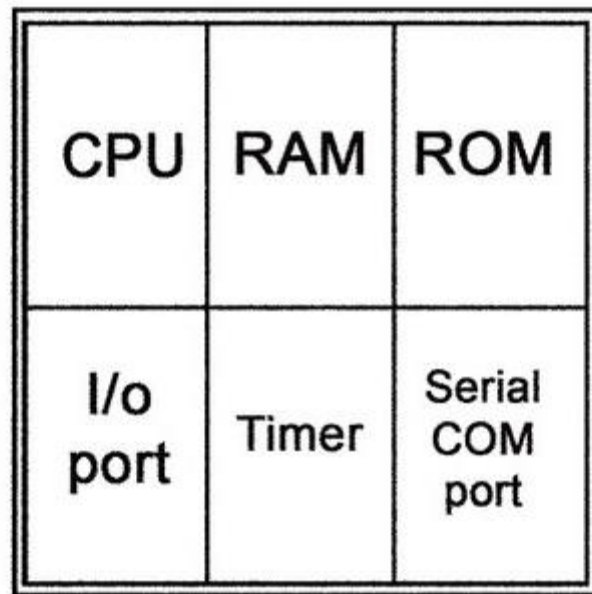
Μικροεπεξεργαστές γενικής χρήσης

Διαφορετικά ολοκληρωμένα κυκλώματα



Μικροελεγκτές

- A single-chip computer
- E.g.: Motorola 6811, Intel 8051, Zilog Z8 and PIC 16X



(Single chip)

Microprocessor vs Microcontroller

Microprocessor

- CPU is stand-alone, RAM, ROM, I/O, timer are separate
- designer can decide on the amount of ROM, RAM and I/O ports.
- expensive
- versatility
- general-purpose
- High processing power
- High power consumption
- Instruction sets focus on processing-intensive operations
- Typically 32/64 – bit
- Typically deep pipeline (5-20 stages)

Microcontroller

- CPU, RAM, ROM, I/O and timer are all on a single chip
- fixed amount of on-chip ROM, RAM, I/O ports
- for applications in which cost, power and space are critical
- single-purpose (control-oriented)
- Low processing power
- Low power consumption
- Bit-level operations
- Instruction sets focus on control and bit-level operations
- Typically 8/16 bit
- Typically single-cycle/two-stage pipeline

Δημοφιλείς μικροελεγκτές

- Intel 8051
- Microchip Technologies PIC
- Atmel AVR
- Texas Instruments MSP430



Atmel AVR



AVR



ATX Mega



ATmega 328P



PIC 16F877A



8051



Arduino



ARM

Intel 8051 (1981)

- 40 pin 8 bit microcontroller
- 128 bytes of RAM and 4KB of built in ROM (64 KB external memory)
- A crystalline oscillator is embedded on this microcontroller which comes with a frequency of 12 MHz.
- Two 16 bit timers are integrated can be used as a timer as well as a counter.
- 5 interrupts
 - External interrupt 0,1
 - Timer interrupt 0,1
 - Serial port interrupt.
- It also consists of four 8 bits programmable ports

Microchip PIC

- Harvard architecture
- It consists of ROM, CPU, serial communication, timers and counters, oscillators, interrupts, I/O ports and set of registers
- Low power consumption
- Micro-chip Technology is very concerned with the needs and requirements of the customers
- Low specification computer is enough to run the software that is capable of programming the PIC microcontroller circuit
- Serial port or USB port is used to connect the computer with the microcontroller

AVR (Advances Virtual RISC)

- Harvard Architecture
- AT90S1200 was the first AVR microcontroller that was commercially available in 1997
- The flash, EEPROM and SRAM all are integrated on a single chip, which removes the possibility of joining any external memory with the controller
- This controller has a watchdog timer and many power saving sleep modes that make this controller reliable and user-friendly

Millions of Instructions Per Second

$$\text{MIPS} = \frac{\text{clock frequency}}{\text{CPI}} * \frac{1}{10^6}$$

Παράδειγμα:

- Freq: 50MHz
- Cycles Per Instruction: 1.57
- Power consumption: 600mW

Operation	Frequency	CPI
ALU Operations	43%	1
Loads	21%	2
Stores	12%	2
branches	24%	2

$$\text{MIPS} = (600\text{MHz}/157)/10^6 = 31.85$$

Ερώτηση

Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ ενός μικροεπεξεργαστή και ενός μικροελεγκτή όσον αφορά την

- Αρχιτεκτονική
- Εφαρμογές
- Σύνολο οδηγιών

Βιβλιογραφία

- W. Wolf, - “Computers as Component”
- P. Marwedel - “Embedded Systems Design”

Καλό διάβασμα