



# Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

## Ενότητα 13: (Μέρος Α')

### Ενσωματωμένα Συστήματα

Δρ. Μηνάς Δασυγένης  
[mdasyg@ieee.org](mailto:mdasyg@ieee.org)

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών  
<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>



# Άδειες Χρήσης

---

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Σκοπός της ενότητας

---

- Η εισαγωγή στον κόσμο των ενσωματωμένων συστημάτων.
- Η κατανόηση των χαρακτηριστικών και των προκλήσεων των ενσωματωμένων συστημάτων.



# Ένας αθέατος κόσμος

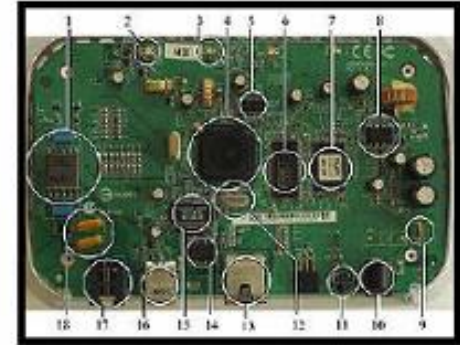
---

- Εκτός από τους υπολογιστές γενικού σκοπού, υπάρχουν εξειδικευμένοι υπολογιστές ειδικής χρήσης που ονομάζονται **ενσωματωμένα συστήματα**.
- **Ενσωματωμένο σύστημα:** Κάθε συσκευή που εμπεριέχει έναν προγραμματιζόμενο υπολογιστή που όμως, δεν είναι υπολογιστής γενικού σκοπού (**general purpose computer**).
- Τα ΕΣ παρέχονται σε μια ποικιλία οργανώσεων, μεγεθών και δυνατοτήτων.
- Η αρχιτεκτονική των ΕΣ ακολουθεί τους ίδιους κανόνες, νόμους και τεχνικές της αρχιτεκτονικής των επεξεργαστών γενικού σκοπού.



# Παραδείγματα ΕΣ

From Computer Desktop Encyclopedia  
Reproduced with permission.  
© 2004 Addison-Salomon AD



ADSL modem/router



ABS brakes



# Κυριότερες κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων

## Economic importance of EmS

2002-2004 Industry domains	Average annual growth rate for Embedded System market	%of Embedde electronics in final value (2004)	%of Embedded electronics in final value (2009)
Automotive	10%	20%	36%
Anionics/Aerospace	14%	n.a	n.a.
Industrial automation	7%	>13%	22%
Telecommunications	15%	>23%	37%
Consumer electronics and intelligent homes	15%	>14%	41%
Health & medical equipment	18%	25%	33%

Worldwide trends and R&D programmes in Embedded Systems, FAST 2005.



# Χαρακτηριστικά των ΕΣ

---

- Μια λειτουργία.
- Υψηλές απαιτήσεις:
  - ενέργεια, στιγμιαία ισχύς, απόδοση, μέγεθος, κόστος, ταχύτητα.
- Ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο.
- Μνήμη εντός IC (RAM,ROM,EEPROM,FLASH).
- Πολλαπλές ψηφιακές & αναλογικές διασυνδέσεις E/E παράλληλες και σειριακές.
- Ελεγχιμότητα & Αξιοπιστία.
- Αρκετά πιεστικό time-to-market.
- Ευρύτητα αρχιτεκτονικών (cpu, ram, OS, buses, peripherals...).





# Στοιχεία σχεδιασμού ΕΣ

---

- Λογισμικό (ανάπτυξη σε assembly ή σε υψηλού επιπέδου γλώσσα).
- Σύνολο εντολών (CISC/RISC).
- Εργαλεία ανάπτυξης.
- Υποστήριξη από την εταιρία.
- Υποστήριξη από την κοινότητα σχεδιαστών.



# System on Chip (SoC)

---

- Μερικές φορές χρησιμοποιούνται SoC στα ΕΣ για να καλυφθούν υψηλές απαιτήσεις (απόδοσης, ενέργειας,...).
- Τα SoC είναι ένα IC που εμπεριέχει πολλαπλά συστατικά που συνήθως είναι διακριτά στους τυπικούς υπολογιστές. Στο SoC όμως τοποθετούνται όλα στο ίδιο chip.
- Στην ιδανική περίπτωση θα χρησιμοποιείται μόνο ένα chip στο σύστημα. Όμως, κάποια υποσυστήματα δεν είναι δυνατό να τοποθετηθούν πάνω στο chip.
- Πλεονεκτήματα:
  - Μικρότερο κατασκευαστικό κόστος.
  - Μεγαλύτερη αξιοπιστία.
  - Μικρότερο μέγεθος.
  - Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.



# Τα SoC εμπειριέχουν: (1/2)

---

- Μικροεπεξεργαστές, dsp, επιταχυντές ειδικών λειτουργιών, ελεγκτές DMA.
- Μνήμη (RAM,ROM,EEPROM,FLASH).
- Πηγές χρονισμού (π.χ. ταλαντωτές, phased-locked loop).
- Περιφερειακά (μετρητές, μετρητές πραγματικού χρόνου).
- Ελεγκτές για εξωτερικές διεπαφές (π.χ. usb, firewire, ethernet, uart, spi).



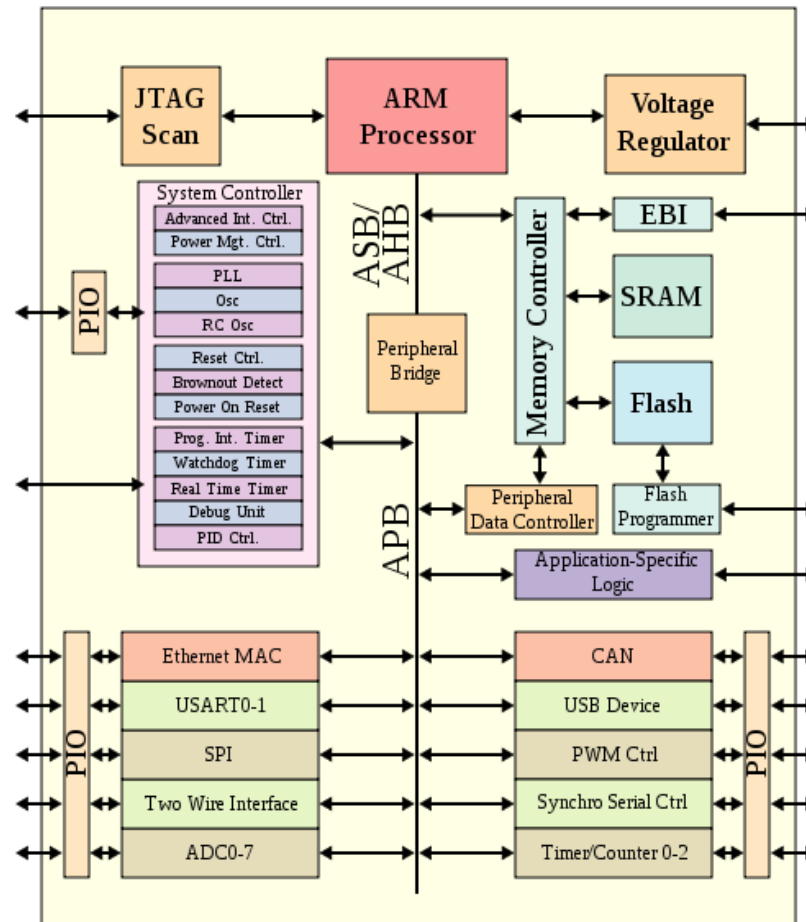
# Τα SoC εμπεριέχουν: (2/2)

---

- Αναλογικές διεπαφές (π.χ. ADC, DAC).
- Ρυθμιστές τάσης και κυκλώματα διαχείρισης ενέργειας.
- Ειδικούς διαύλους (π.χ. AMBA BUS).
- Ελεγκτές γραφικών & ήχου.
- Διάφορους επεξεργαστικούς πυρήνες (IP blocks, intellectual property blocks).



# Κυκλωματικό διάγραμμα SoC



# Υλοποίηση SoC σε FPGA

---

- Αρκετά συχνά τα SoC υλοποιούνται σε επαναδιαμορφώσιμες πλακέτες FPGA.
  - Η Xilinx παρέχει τον παραμετροποιήσιμο επεξεργαστή Microblaze.
  - Η Altera παρέχει τον παραμετροποιήσιμο επεξεργαστή Nios.
- Μέσω wizards ο χρήστης επιλέγει τα χαρακτηριστικά του επεξεργαστή που τον ενδιαφέρει και δημιουργείται η HDL περιγραφή. Ο σχεδιαστής μπορεί να τοποθετήσει επιπρόσθετα IP blocks και να δημιουργήσει το αρχείο προγραμματισμού (bitstream) για την πλακέτα του.



# Παράδειγμα υλοποίησης NIOS

Use	Connections	Module Name	Description	Clock	Base	End	Tags	IRQ
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu1</b> instruction_master data_master jtag_debug_module	Nios II Processor Avalon Memory Mapped Master Avalon Memory Mapped Master Avalon Memory Mapped Slave	clk	IRQ 0 0x01000800	IRQ 31 0x01000fff		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>data_jtag_uart</b> avalon_jtag_slave	JTAG UART Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001448	0x0100144f		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu1_timer</b> s1	Interval Timer Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001400	0x0100141f		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu1_jtag_uart</b> avalon_jtag_slave	JTAG UART Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001440	0x01001447		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu2</b> instruction_master data_master jtag_debug_module	Nios II Processor Avalon Memory Mapped Master Avalon Memory Mapped Master Avalon Memory Mapped Slave	clk	IRQ 0 0x00000800	IRQ 31 0x00000fff		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu2_timer</b> s1	Interval Timer Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x00001000	0x0000101f		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu2_jtag_uart</b> avalon_jtag_slave	JTAG UART Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x00001020	0x00001027		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>shared_sdram</b> s1	SDRAM Controller Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x00800000	0x00ffffff		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>mailbox1</b> s1	Mailbox Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001420	0x0100142f		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>mailbox2</b> s1	Mailbox Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001430	0x0100143f		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>mailbox_memory</b> s1	On-Chip Memory (RAM or ROM) Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001000	0x010013ff		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>mutex</b> s1	Mutex Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001450	0x01001457		



# Οικογένειες ΕΣ

---

- Intel 8051 και παράγωγα (8bit, πάρα πολύ δημοφιλής, 4 θύρες των 8 bit E/E, UART, 2 16-bit κυκλώματα χρονιστή-μετρητή, 4KB ROM, 128 Bytes RAM ή 4KB EPROM (Intel 8751)).

Κατασκευάζονται συμβατοί 8051 και από άλλους κατασκευαστές IC.

- Motorola 6800 και παράγωγα. (8bit, 5 θύρες E/E, 1 ασύγχρονη & 1 σύγχρονη σειριακή σύνδεση, 8 ADC, μετρητές & χρονιστές, 8KB ROM).
- ARM (SoC Design, 32bit, πλήρες παραμετροποιήσιμο).





# Ερωτήσεις αξιολόγησης

---

- Σε ένα σύστημα το οποίο υλοποιείται ως SoC, ο επεξεργαστής και η κύρια μνήμη εδράζονται εντός του ολοκληρωμένου. Υπάρχει η ανάγκη για χρήση κρυφής μνήμης; Εξηγείστε την άποψή σας.
- Περιγράψτε τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά ενός ΕΣ για:
  - Ένα έξυπνο πλυντήριο.
  - Ένα απλό κινητό τηλέφωνο.
  - Ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο.
  - Ένα όχημα με αναγνώριση αντικειμένων.



---

Για περισσότερες πληροφορίες υπάρχει  
το μάθημα “Ενσωματωμένα Συστήματα”,  
υποχρεωτικό σε μεγαλύτερο εξάμηνο.



---

# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

