



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

---

# 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.icte.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.



# Σκοπός της ενότητας

---

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



# Ένας αθέατος κόσμος

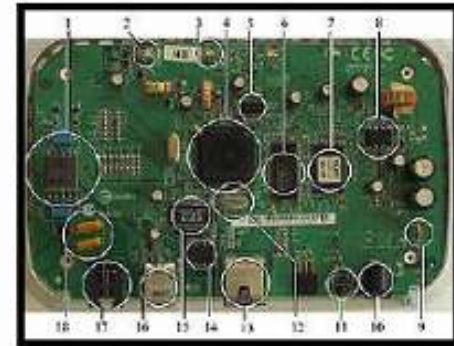
---

- 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 adidas-Salomon AG



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 Embeddee 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 επίπεδου 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).



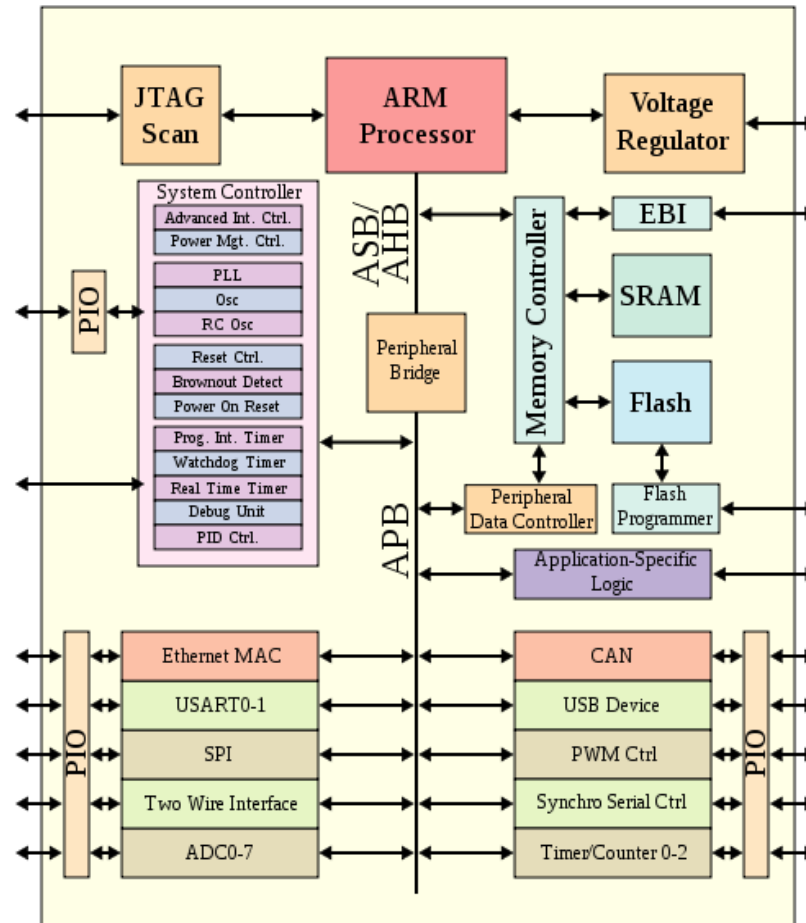
# Τα SoC εμπειριέχουν: (2/2)

---

- 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		0 0
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu1_timer</b> s1	Interval Timer Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001400	0x0100141f		1 1
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu1_jtag_uart</b> avalon_jtag_slave	JTAG UART Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x01001440	0x01001447		2 2
<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		3 3
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> <b>cpu2_jtag_uart</b> avalon_jtag_slave	JTAG UART Avalon Memory Mapped Slave	clk	0x00001020	0x00001027		4 4
<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



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

