

# Ενσωματωμένα Συστήματα

**Ενότητα 1:** Εισαγωγικές έννοιες στα ενσωματωμένα συστήματα.  
Ορισμός. Χαρακτηριστικά. Εφαρμογές.

Δρ. Μηνάς Δασυγένης

[mdasyg@ieee.org](mailto:mdasyg@ieee.org)

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

<http://arch.ict.e.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 ενότητας

---

- Η κατανόηση και ορισμός του ενσωματωμένου συστήματος.
- Η κατανόηση των προκλήσεων και των προβλημάτων στη σχεδίαση συστημάτων ενσωματωμένης υπολογιστικής.
- Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας σχεδίασης των ενσωματωμένων συστημάτων.





# Ορισμός

---

- **Ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα:**  
οποιαδήποτε συσκευή η οποία περιλαμβάνει έναν προγραμματιζόμενο υπολογιστή, ο οποίος δεν είναι υπολογιστής γενικού σκοπού.
- Επωφελούμαστε των χαρακτηριστικών της εφαρμογής για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης:
  - Δεν χρειάζονται όλες οι υπηρεσίες που παρέχουν οι υπολογιστές γενικού σκοπού (~bells and whistles).



# Επισκόπηση ενσωματωμένων συστημάτων (1/2)

---

- Υπολογιστικά συστήματα βρίσκονται παντού.
- Οι περισσότεροι σκέφτονται τους επιτραπέζιους υπολογιστές.
  - Προσωπικοί υπολογιστές.
  - Φορητοί υπολογιστές.
  - Υπερ-υπολογιστές.
  - Διακομιστές.
- Ωστόσο υπάρχει ακόμα ένας τύπος υπολογιστικού συστήματος.
  - Πολύ πιο συχνός...



# Επισκόπηση ενσωματωμένων συστημάτων (2/2)

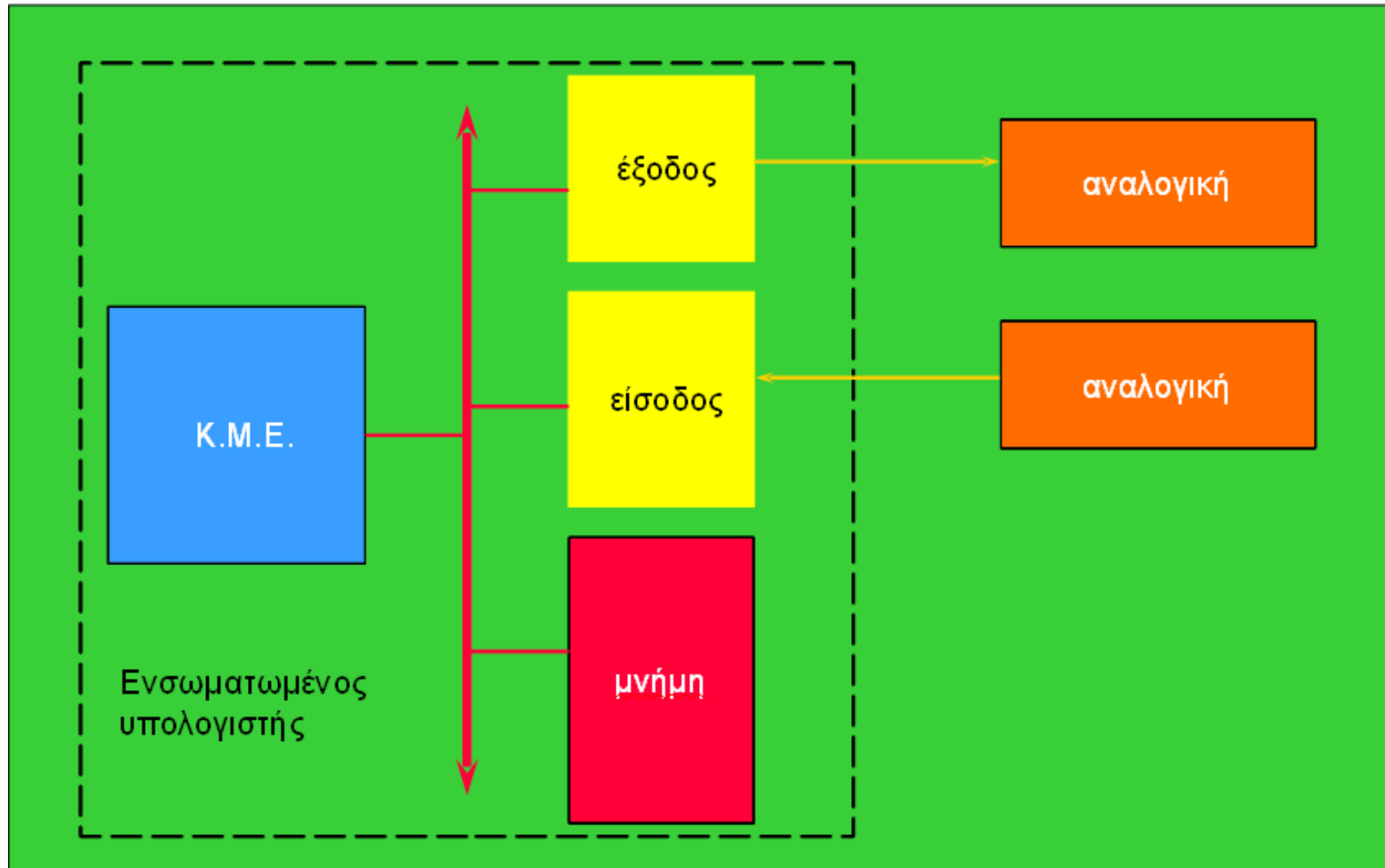
---

## Ενσωματωμένα υπολογιστικά συστήματα.

- Υπολογιστικά συστήματα ενσωματωμένα με ηλεκτρονικές συσκευές.
- Δύσκολο να καθοριστούν. Σχεδόν κάθε υπολογιστικό σύστημα εκτός από έναν επιτραπέζιο υπολογιστή.
- Δισεκατομμύρια μονάδες παράγονται ετησίως, έναντι των εκατομμυρίων μονάδων επιτραπέζιων υπολογιστών.
- Περίπου 50 ανά νοικοκυριό και αυτοκίνητο.



# Ενσωμάτωση υπολογιστή



# Παραδείγματα

---

- Κινητό τηλέφωνο.
- Εκτυπωτής.
- Αυτοκίνητο: μηχανή, φρένα, ταμπλό, κ.λπ.
- Αεροπλάνο: μηχανή, έλεγχοι πτήσης, πλοήγηση/επικοινωνία.
- Ψηφιακή τηλεόραση.
- Οικιακές συσκευές.



# Ενσωματωμένα συστήματα γύρω μας (1/2)

---



Motorola



Siemens

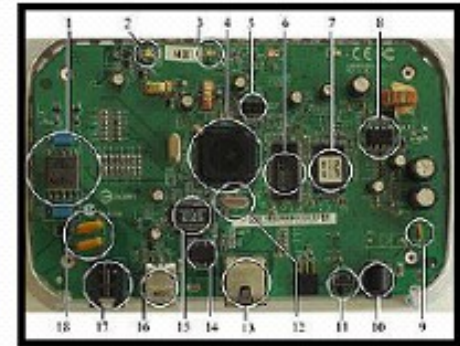


Apple





# Ενσωματωμένα συστήματα γύρω μας (2/2)



ADSL modem/router

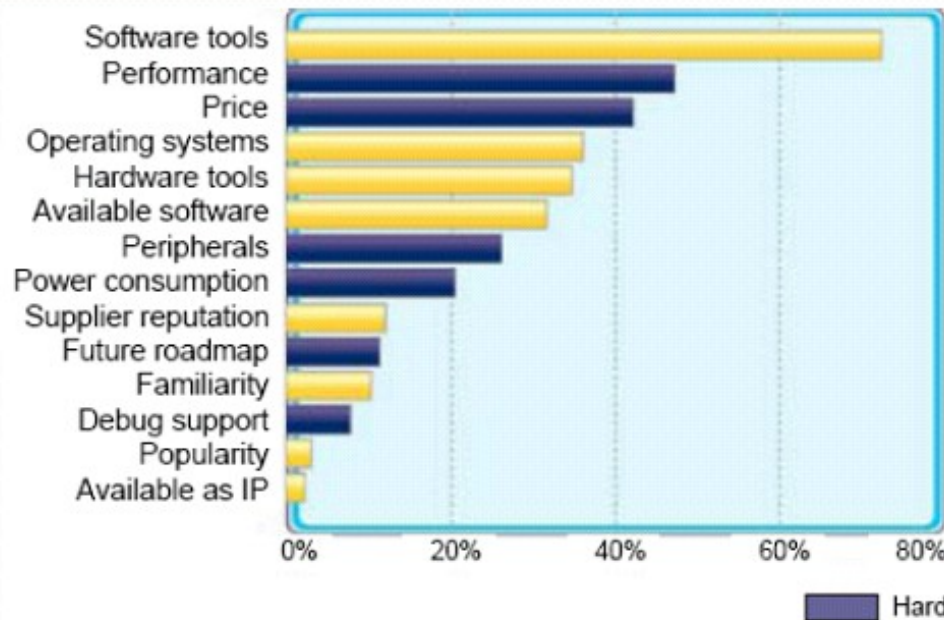


ABS brakes



# Πώς επιλέγεται μια ενσωματωμένη αρχιτεκτονική

... and the market chooses an (embedded) processor based on the following (mostly software) factors:



*Concurrent and parallel programming become crucial challenges in the multicore era*

From: HiPeAC roadmap, source CMP





# Κυριότερες κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων

## Economic importance of EmS

2002-2004 Industry domains	Average annual growth rate for Embedded System market	% of embedded electronics in final value (2004)	% of embedded electronics in final value (2009)
Automotive	10%	20%	36%
Avionics/ 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



# Μερικά κοινά χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων

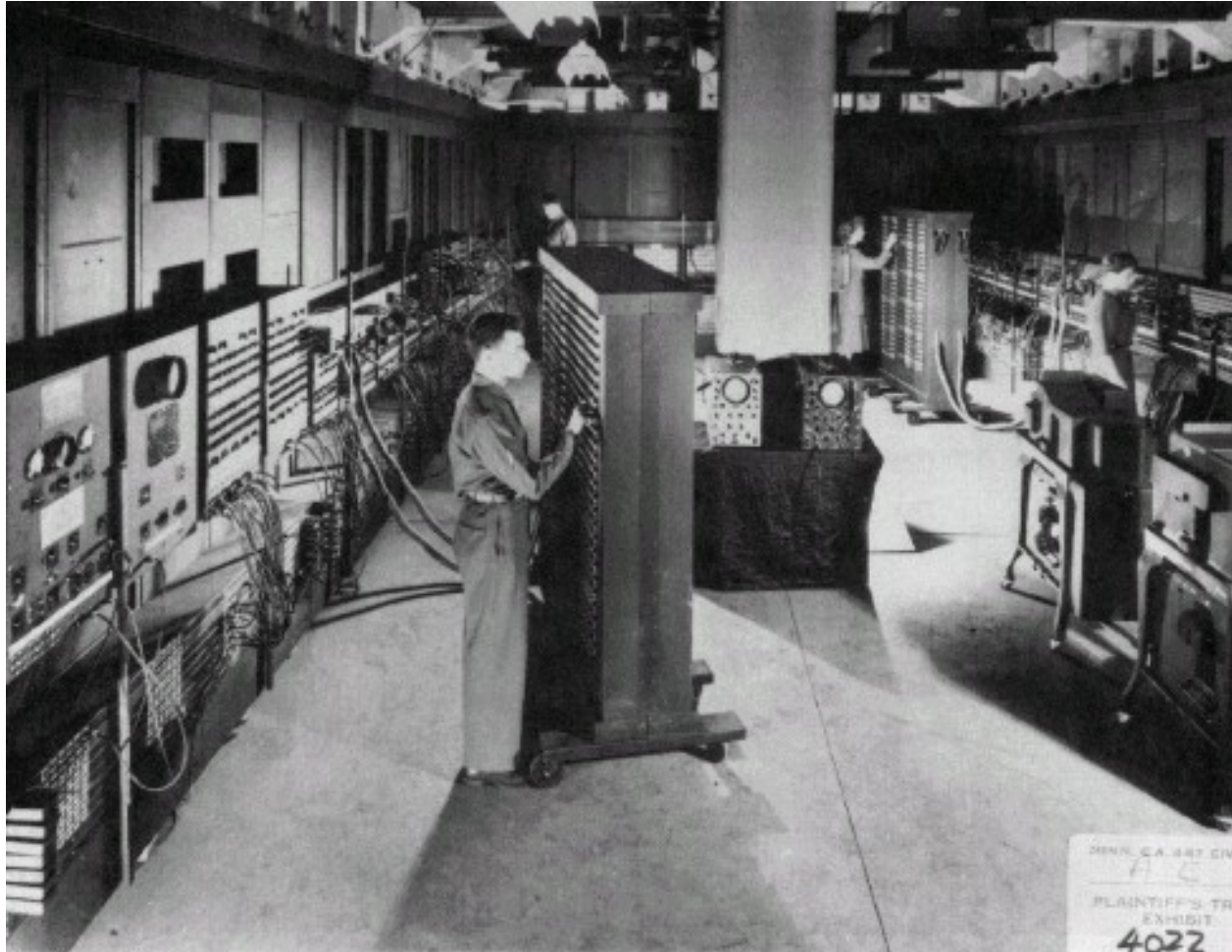
---

- **Μονής λειτουργίας.**
  - Εκτελεί ένα μόνο πρόγραμμα, κατ' επανάληψη.
- **Περιορισμένων δυνατοτήτων.**
  - Χαμηλό κόστος, χαμηλή ισχύς, μικρό, γρήγορο, κ.λπ.
- **Αντιδραστικά και πραγματικού χρόνου.**
  - Συνεχώς αντιδρά στις αλλαγές στο περιβάλλον του συστήματος.
  - Πρέπει να υπολογιστούν συγκεκριμένα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καθυστέρηση.



# ENIAC: Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής (1946)

---



# Πρώιμη ιστορία (1/2)

---

- Τέλη της δεκαετίας του '40: Ο υπολογιστής Whirlwind του MIT σχεδιάστηκε για λειτουργίες πραγματικού χρόνου.
  - Αρχική ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθεί σαν ένας μηχανισμός για τον έλεγχο ενός προσομοιωτή αεροσκαφών.
- Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής ήταν ο 4004 της Intel στις αρχές της δεκαετίας του '70.
- Η αριθμομηχανή χειρός HP-35 χρησιμοποιούσε αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα/τσιπ για την υλοποίηση ενός μικροεπεξεργαστή το 1972.



# Πρώιμη ιστορία (2/2)

---


- Τα αυτοκίνητα ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '70, να χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές για τον έλεγχο της μηχανής.
  - Έλεγχος μίγματος καυσίμου/αέρα, χρονισμός μηχανής, κ.λπ.
  - Πολλαπλοί τρόποι λειτουργίας: προθέρμανση, σύστημα αυτόματου πιλότου, ανάβαση λόφου, κ.λπ.
  - Παρέχει χαμηλότερες εκπομπές, καλύτερη αποδοτικότητα των καυσίμων.






# Αύξηση του επιπέδου αφάιρεσης για το σχεδιασμό

**Transistor**



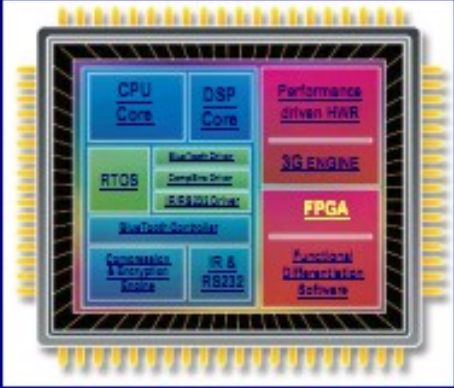
**Gate**



**RTL**

```
LIBRARY IEEE;  
USE IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;  
USE IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;  
USE IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;  
  
ENTITY hierarch IS  
    PORT (clock_25Mhz : IN STD_LOGIC;  
          pb2 : IN STD_LOGIC;  
  
          pb1_single_pulse : OUT STD_LOGIC);  
END hierarch;  
  
ARCHITECTURE a OF hierarch IS  
    SIGNAL clock_1MHz, clock_100Hz,  
          pb1_debounced : STD_LOGIC;
```

**IP Blocks & Buses**



**Courtesy from: Walden C. Rhines – Mentor Graphics Corporation, DAC 2004**



# Ποικιλίες μικροεπεξεργαστών

---

- **Μικροελεγκτής:**  
περιλαμβάνει συσκευές E/E,  
ενσωματωμένη μνήμη.
- **Επεξεργαστής ψηφιακού σήματος (DSP):**  
βελτιστοποίηση μικροεπεξεργαστή για  
ψηφιακή επεξεργασία σήματος.
- **Τυπικό μέγεθος λέξης:** 8-bit, 16-bit, 32-bit.



# Παραδείγματα εφαρμογών (1/)

---

- Απλός έλεγχος: πρόσοψη του φούρνου μικροκυμάτων, κ.λπ.
- Η φωτογραφική μηχανή Canon EOS 3 περιέχει τρεις μικροεπεξεργαστές.
  - Μια μειωμένου συνόλου εντολών (RISC) Κ.Μ.Ε. 32-bit ελέγχει τα συστήματα αυτόματης εστίασης και ελέγχου ματιών.
- Ψηφιακή τηλεόραση: προγραμματιζόμενες Κ.Μ.Ε. + καλωδιωμένη λογική για αποκωδικοποίηση βίντεο/ήχου, μενού, κ.λπ.





# Παραδείγματα εφαρμογών (2/)

---

- Προσωπικός ψηφιακός βοηθός (PDA).
- Εκτυπωτής.
- Κινητό τηλέφωνο.
- Αυτοκίνητο: μηχανή, φρένα, ταμπλό, κ.λπ.
- Τηλεόραση.
- Οικιακές συσκευές.
- Πληκτρολόγιο υπολογιστή.



# Ενσωματωμένα συστήματα αυτοκινήτου

---

- Τα υψηλής τεχνολογίας αυτοκίνητα σήμερα, μπορεί να έχουν 100 μικροεπεξεργαστές:
  - μικροελεγκτής 4-bit ανίχνευσης ζώνης ασφαλείας.
  - μικροελεγκτές ελέγχουν τις συσκευές του ταμπλό.
  - μικροελεγκτής 16/32-bit ελέγχει τη μηχανή.



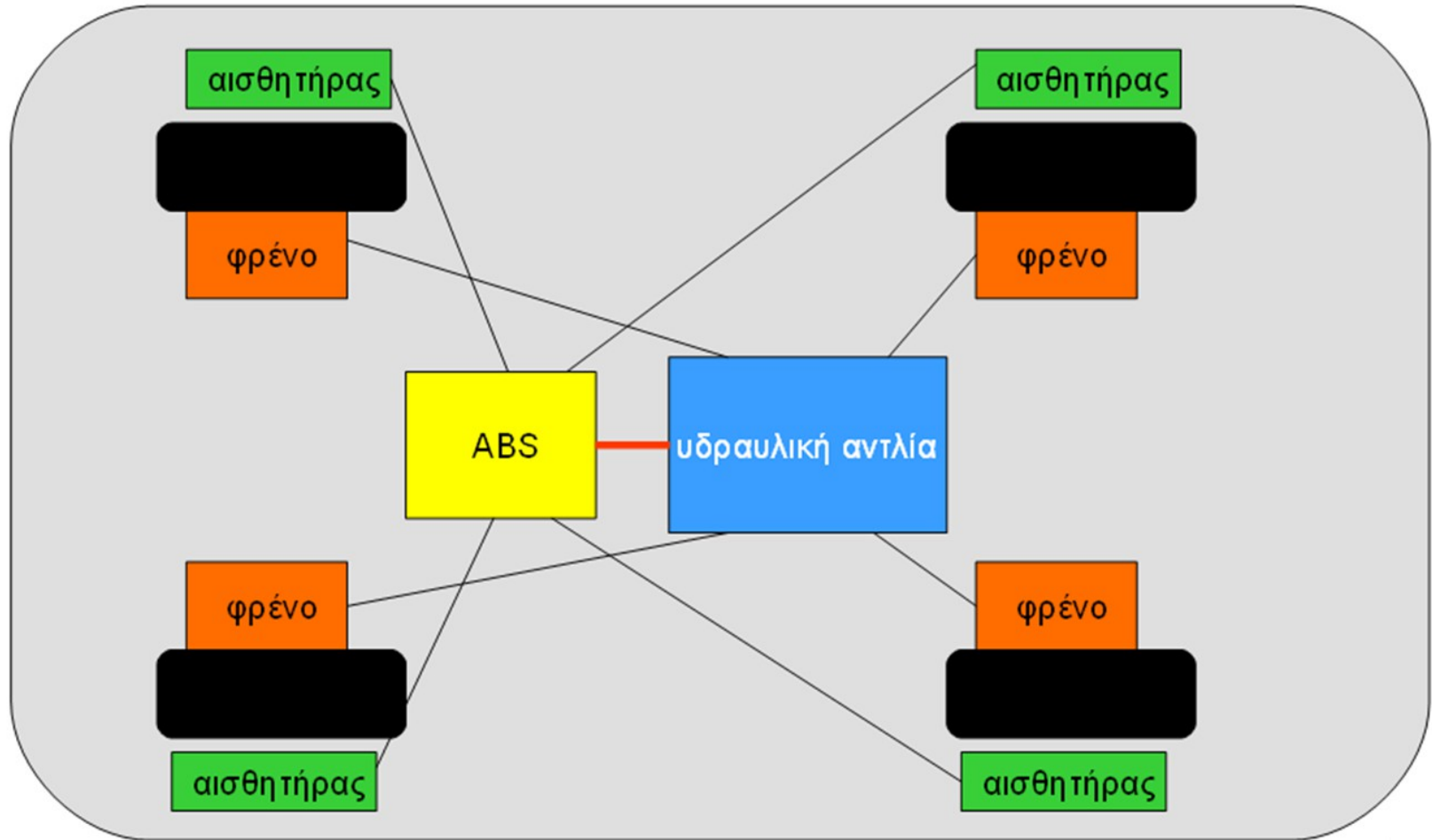
# Το σύστημα ελέγχου φρένων και σταθερότητας της BMW 850i

---

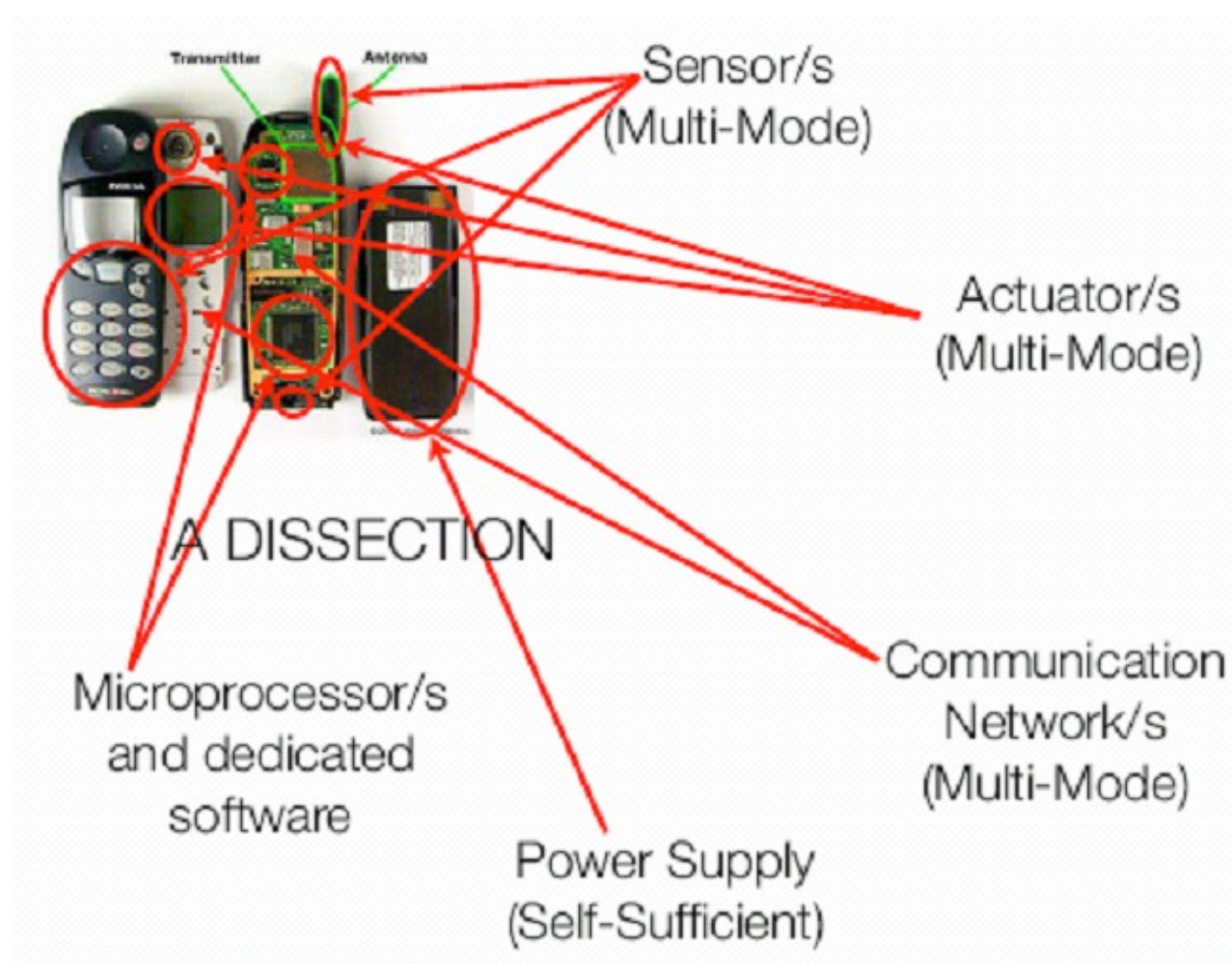
- **Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS):** μειώνει την ολίσθηση με την αυτόματη μεταβολή της πίεσης των φρένων.
- **Αυτόματο σύστημα ελέγχου σταθερότητας (ASC+T):** παρεμβαίνει στη μηχανή κατά τη διάρκεια των ελιγμών, για τη βελτίωση της σταθερότητας του αυτοκινήτου.
- Το ABS και το ASC+T επικοινωνούν.
  - Το ABS εισήχθη πρώτα--ήταν σημαντικό να υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης του με την υπάρχουσα μονάδα ABS.



# BMW 850i



# Πολύπλοκα ενσωματωμένα συστήματα εμπεριέχουν πολλαπλά υποσυστήματα



# Προοπτική

---

- Υψηλής απόδοσης Design Space (χθες): Απόδοση.
- Υψηλής απόδοσης Design Space (σήμερα): Απόδοση και ισχύς.
- Ενσωματωμένου συστήματος Design Space:
  - Ορθότητα σχεδίασης,
  - Προβλεψιμότητα,
  - Αξιοπιστία,
  - Έκλυση ενέργειας,
  - Μέγεθος,
  - Κόστος,
  - ...
  - Απόδοση.





# Περιορισμοί ενσωματωμένων συστημάτων

---



Energy



Form  
Factor



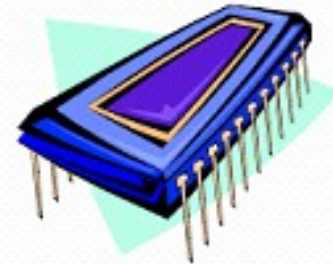
Processing  
Speed



Time  
Constraints



Frequent Disconnectivity

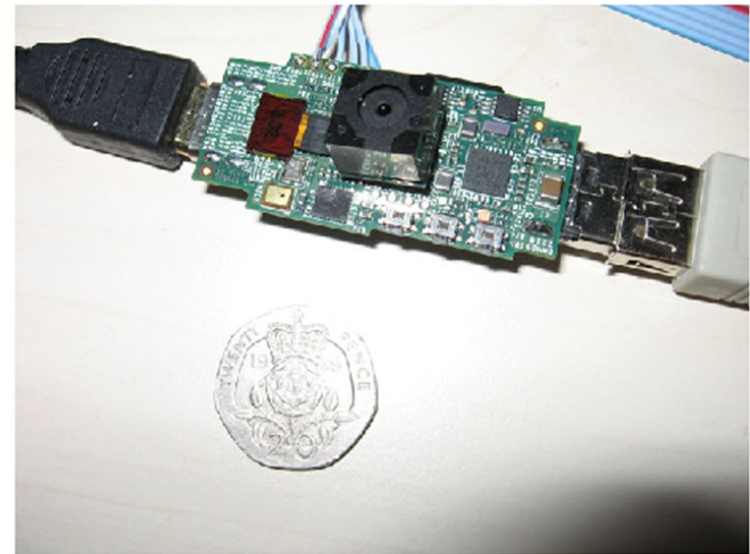
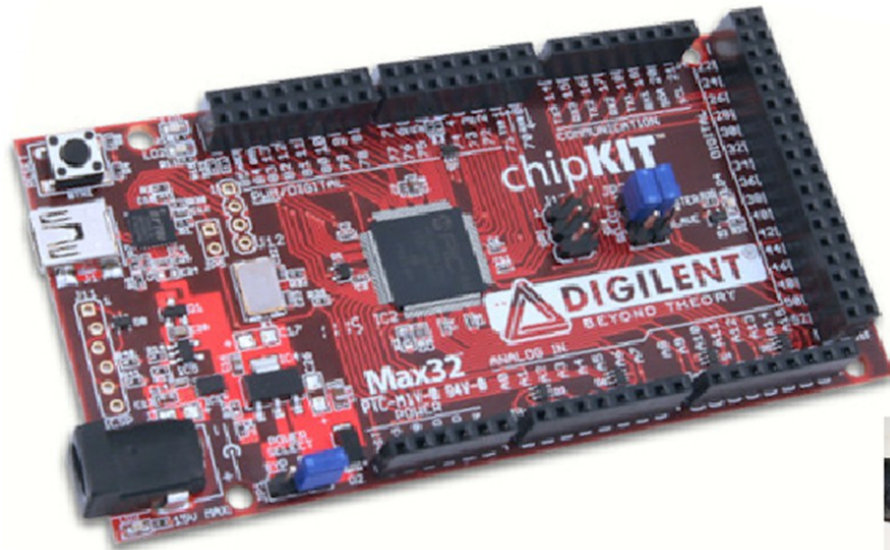


Memory



# Αναπτυξιακές πλακέτες

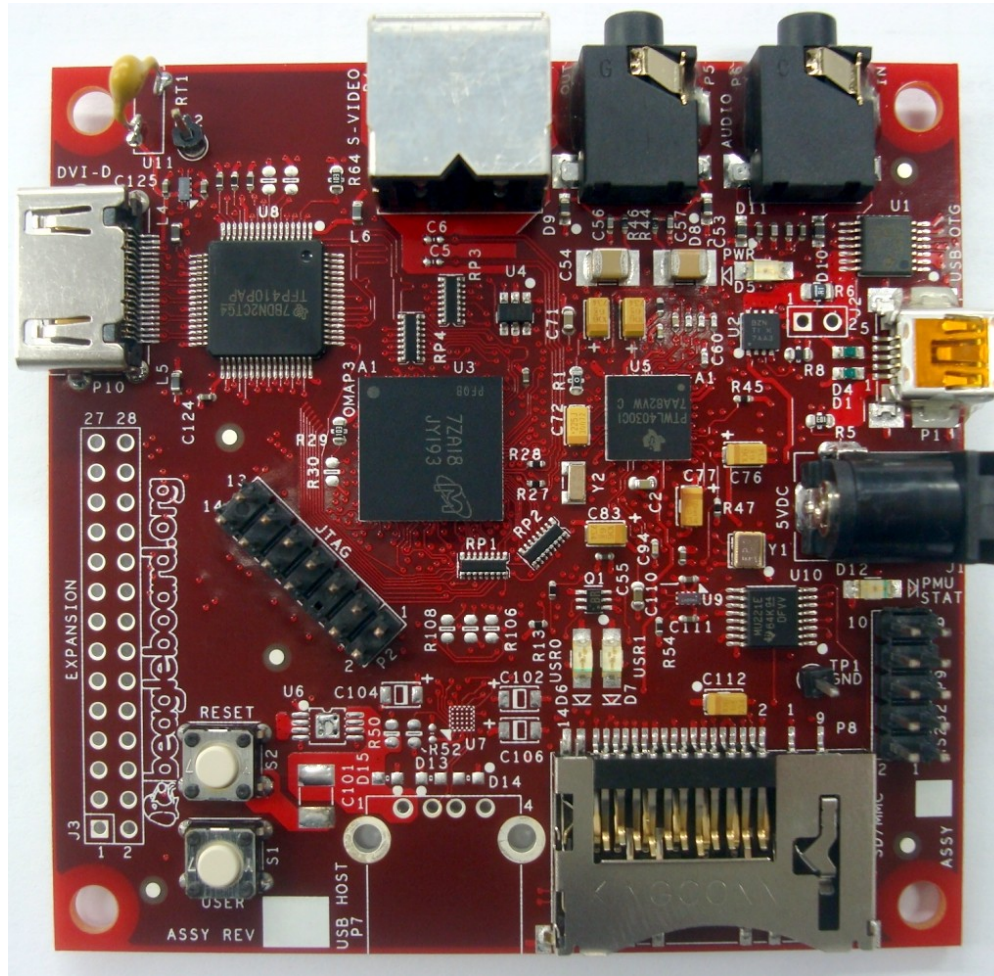
---



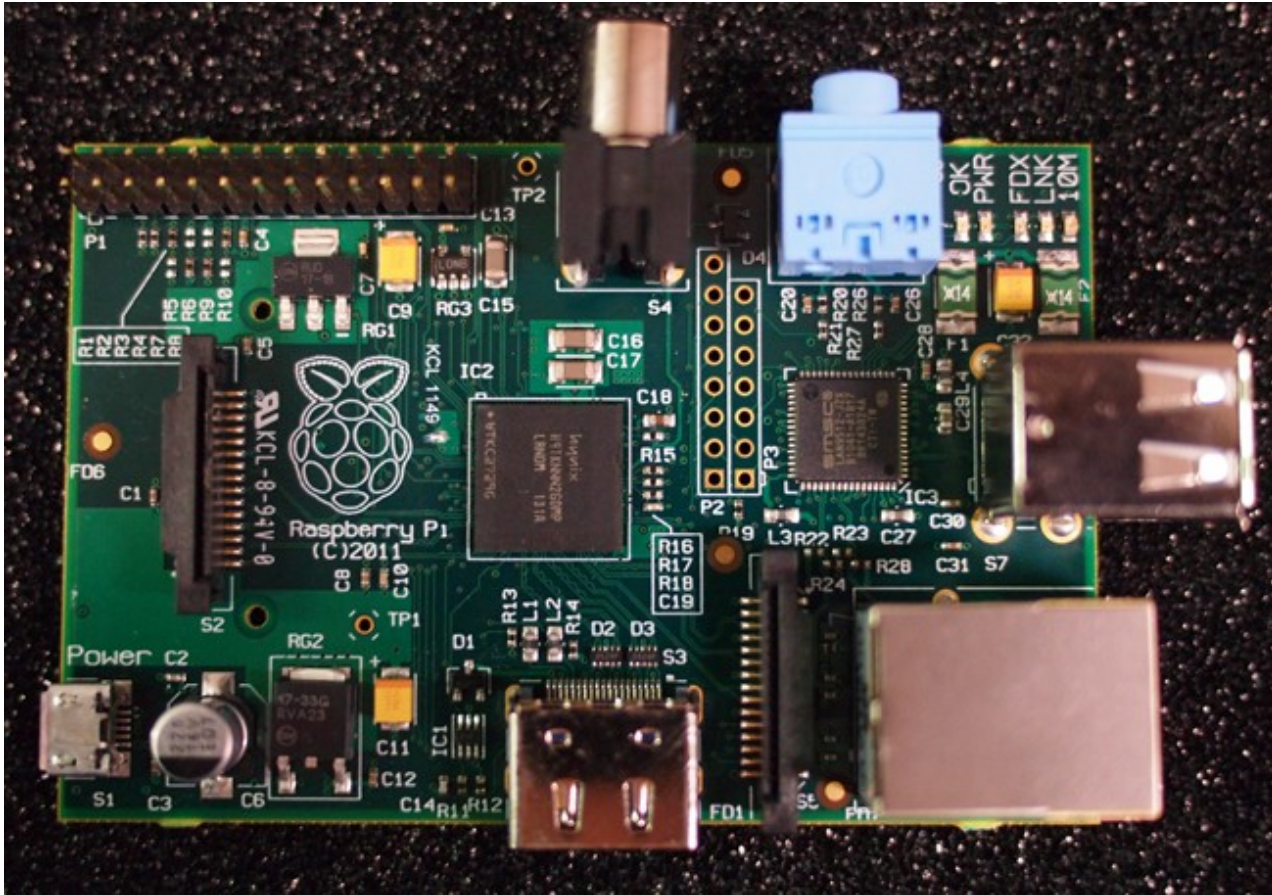


# \$150 BeagleBoard @1Ghz

---



# \$35 Raspberry Pi



## Επεξεργαστής

700MHz, 256MB RAM, υποστήριξη SD card και αμφότερες HDMI και RCA έξοδοι. Παρά το χαμηλό κόστος και το μικρό μέγεθος - το οποίο είναι περίπου ίσο με πιστωτική κάρτα - ο υπολογιστής Raspberry Pi είναι αρκετά ισχυρός ώστε να τρέξει παιχνίδια όπως το Quake III Arena και να υποστηρίξει 1080p βίντεο, ωστόσο, η εταιρεία προτίθεται η συσκευή να χρησιμοποιηθεί στα σχολεία για διδασκαλία των βασικών της επιτήμης του υπολογιστή. Ένα δεύτερο μοντέλο Raspberry Pi με 128MB RAM θα κυκλοφορήσει για \$ 25 σε μεταγενέστερη ημερομηνία.



# Χαρακτηριστικά (1/2)

---

- Ειδική λειτουργία (όχι γενικού σκοπού).
- Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον (πραγματικού χρόνου).
- Περιορισμός πόρων (ισχύς, χώρος, κόστος).
- Κρισιμότητα ασφάλειας (απώλεια ζωής, ιδιοκτησίας, κ.λπ.).
- Αύξηση της πίεσης on time-to-market.





# Χαρακτηριστικά (2/2)

---

- Εξελιγμένη λειτουργικότητα.
- Λειτουργία πραγματικού χρόνου.
- Χαμηλό κατασκευαστικό κόστος.
- Χαμηλή ισχύς.
- Σχεδίαση σε αυστηρές προθεσμίες από μικρές ομάδες.



# Σύγκριση χαρακτηριστικών

---

- Ειδική λειτουργία (όχι γενικού σκοπού).
- Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον (πραγματικού χρόνου).
- **Περιορισμός πόρων** (ισχύς, χώρος, κόστος).
- **Κρισιμότητα ασφάλειας** (απώλεια ζωής, ιδιοκτησίας, κ.λπ.).
- Αύξηση πίεσης **on time-to-market**.

**Αποτελεί κακό συνδυασμό!!!**



# Απειλητικά για τη ζωή παραδείγματα εξαιτίας κακού σχεδιασμού του συστήματος

---

**REUTERS**



NEWS AND FINANCIAL INTELLIGENCE FROM THE WORLD LEADER

TOP NEWS

## Official Trapped in Car After Computer Fails

*Mon May 12, 2003 09:44 AM ET*

BANGKOK (Reuters) - Security guards smashed their way into an official limousine with sledgehammers on Monday to rescue Thailand's finance minister after his car's computer failed.

Suchart Jaovisidha and his driver were trapped inside the BMW for more than 10 minutes before guards broke a window. **All doors and windows had locked automatically when the computer crashed**, and the air-conditioning stopped, officials said.

'We could hardly breathe for over 10 minutes,' Suchart told reporters. 'It took my guard a long time to realize that we really wanted the window smashed so that we could crawl out. It was a harrowing experience.'



# Παραδείγματα...

---

**Microsoft**

PressPass · Information for Journalists

## **Microsoft Technology Hits the Road in BMW 7 Series**

**Microsoft Navigates the Automotive Industry,  
Enhances the Driver Experience**

**REDMOND, Wash. -- March 4, 2002**





# Ποια εταιρεία πωλεί περισσότερους επεξεργαστές ανά έτος; (1/2)

---

- Intel
- IBM
- AMD
- ARM





# Ποια εταιρεία πωλεί περισσότερους επεξεργαστές ανά έτος; (2/2)

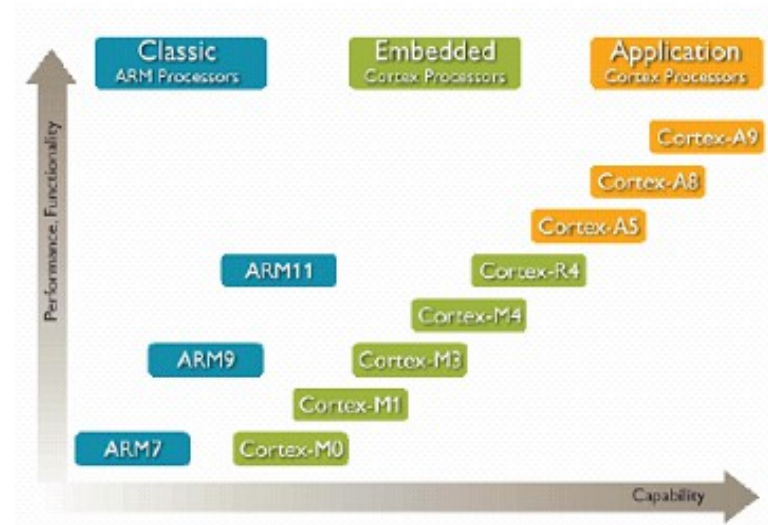
---

- Intel
- IBM
- AMD
- ARM



# ARM

- Από το 2007, περίπου το 98% άνω του ενός δισεκατομμυρίου κινητών τηλεφώνων που πωλούνται κάθε χρόνο χρησιμοποιούν τουλάχιστον έναν επεξεργαστή ARM.
- Από το 2009, οι επεξεργαστές ARM αντιπροσωπεύουν περίπου το 90% του συνόλου των ενσωματωμένων 32-bit επεξεργαστών RISC.
- Χρησιμοποιούνται ευρέως σε καταναλωτικά ηλεκτρονικά προϊόντα, όπως PDAs, κινητά τηλέφωνα, ψηφιακά μέσα και συσκευές αναπαραγωγής μουσικής, κονσόλες παιχνιδιών χειρός και αριθμομηχανές.



# Ποιος χρησιμοποιεί arm;

---



...ακόμη

---

**NEC**

**PHILIPS**

**SHARP**



**SYMBIOSIS**  
O G I C I



**YAMAHA**



**TEXAS**  
**INSTRUMENTS**



# Σύστημα-σε-ένα-τσιπ πολυεπεξεργαστή (MPSoC)

---

- Χοντρικά, σύστημα-σε-ένα-τσιπ με τουλάχιστον δύο επεξεργαστές.
- Συνήθως ετερογενής πολυεπεξεργαστής:
  - Κ.Μ.Ε, επεξεργαστές ψηφιακού σήματος, κ.λπ.
  - Καλωδιωμένοι επιταχυντές.
  - Mixed signal frontend.





# Λειτουργική πολυπλοκότητα

---

- Συχνά πρέπει να τρέχουν εξελιγμένους ή πολλαπλούς αλγόριθμους.
  - Κινητό τηλέφωνο, εκτυπωτής laser.
- Συχνά παρέχουν εξελιγμένες διεπαφές χρήστη.





# Λειτουργία πραγματικού χρόνου

---

- Οι λειτουργίες πρέπει να πραγματοποιούνται μέσα σε συγκεκριμένες προθεσμίες.
  - “**Αυστηρού**” πραγματικού χρόνου:  
μη ικανοποίηση της προθεσμίας προκαλεί αποτυχία.
  - “**Χαλαρού** πραγματικού χρόνου”:  
μη ικανοποίηση της προθεσμίας οδηγεί σε μειωμένη απόδοση.
- Πολλά συστήματα είναι **πολλαπλών ρυθμών**: πρέπει να ελέγχουν λειτουργίες οι οποίες εκτελούνται με ποικίλους ρυθμούς.



# Μη λειτουργικές απαιτήσεις

---

- Πολλά ενσωματωμένα συστήματα είναι προϊόντα μαζικής αγοράς που πρέπει να έχει χαμηλό κόστος κατασκευής.
  - περιορισμένη μνήμη, ισχύς μικροεπεξεργαστή, κ.λπ.
- Η κατανάλωση ισχύος είναι κρίσιμης σημασίας σε συσκευές μπαταρίας.
  - Η υπερβολική κατανάλωση ισχύος αυξάνει το κόστος του συστήματος, ακόμη και σε συσκευές πρίζας.



# Ομάδες σχεδιασμού

---

- Συχνά, σχεδιάζονται από μια μικρή ομάδα σχεδιαστών.
- Συχνά πρέπει να πληρούν αυστηρές προθεσμίες.
  - Το παράθυρο αγοράς 6 μηνών είναι το σύνηθες.
  - (παράδειγμα) Δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί αστοχία του παραθύρου επιστροφής-στο-σχολείο για αριθμομηχανή.



# Γιατί χρησιμοποιούμε μικροεπεξεργαστές;

---

- Εναλλακτικές: προγραμματιζόμενες στο πεδίο συστοιχίες πυλών (FPGAs), προσαρμοσμένη λογική, κ.λπ.
- Οι μικροεπεξεργαστές είναι συχνά πολύ αποδοτικοί: μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ίδια λογική για την εκτέλεση πολλών διαφορετικών λειτουργιών.
- Οι μικροεπεξεργαστές κάνουν ευκολότερη τη σχεδίαση οικογενειών προϊόντων.



# Το παράδοξο της απόδοσης

---

- Οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούν αποδοτικότερα τη λογική για την υλοποίηση μιας λειτουργίας από την προσαρμοσμένη λογική.
- Οι μικροεπεξεργαστές είναι συχνά τουλάχιστον τόσο γρήγοροι:
  - διασωλήνωση υψηλού βαθμού.
  - μεγάλες ομάδες σχεδίασης.
  - δυναμική τεχνολογία VLSI.



# Ισχύς

---

- Η προσαρμοσμένη λογική χρησιμοποιεί λιγότερη ισχύ, αλλά οι Κ.Μ.Ε. παρουσιάζουν πλεονεκτήματα:
  - Οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές προσφέρουν δυνατότητες για να βοηθήσουν στον έλεγχο της κατανάλωσης ισχύος.
  - Τεχνικές σχεδιασμού λογισμικού μπορεί να βοηθήσουν στη μείωση της κατανάλωσης ισχύος.
- Ετερογενή συστήματα: μερική προσαρμοσμένη λογική για σαφώς καθορισμένες λειτουργίες, Κ.Μ.Ε.+λογισμικό για όλα τα υπόλοιπα.





# Πλατφόρμες

---

- Πλατφόρμα ενσωματωμένης υπολογιστικής: αρχιτεκτονική υλικού + συναφές λογισμικό.
- Πολλές πλατφόρμες είναι πολυεπεξεργαστές.
- Παραδείγματα:
  - Πολυεπεξεργαστές μονού τσιπ για βασικής συχνότητας κινητό τηλέφωνο.
  - Δίκτυο αυτοκινήτου + επεξεργαστές.



# Η φυσική έννοια του λογισμικού

---

- Η υπολογιστική είναι μια φυσική πράξη.
  - Το λογισμικό δεν κάνει τίποτα χωρίς το υλικό.
- Η εκτέλεση του λογισμικού καταναλώνει ενέργεια, απαιτεί χρόνο.
- Για να κατανοήσουμε τη δυναμική του λογισμικού (χρόνος, ενέργεια), θα πρέπει να χαρακτηρίσουμε την πλατφόρμα πάνω στην οποία τρέχει το λογισμικό.



# Τι σημαίνει “απόδοση”;

---

- Σε υπολογιστές γενικού σκοπού, η απόδοση συχνά σημαίνει τη μέση περίπτωση, ωστόσο δεν παραμένει καλά καθορισμένη.
- Σε συστήματα πραγματικού χρόνου, η απόδοση σημαίνει τήρηση των προθεσμιών.
  - Το χάσιμο μιας προθεσμίας έστω και για λίγο είναι κακό.
  - Η ολοκλήρωση πριν από τη λήξη της προθεσμίας μπορεί να μη βοηθήσει.



# Χαρακτηρισμός της απόδοσης

---

- Πρέπει να αναλύσουμε το σύστημα στα διάφορα επίπεδα αφαίρεσης για να κατανοήσουμε την απόδοση:
  - Κ.Μ.Ε.
  - Πλατφόρμα
  - Πρόγραμμα.
  - Εργασία.
  - Πολυεπεξεργαστής.



# Προκλήσεις στο σχεδιασμό ενσωματωμένων συστημάτων

---

- Πόσο υλικό χρειαζόμαστε;
  - Πόσο μεγάλη είναι η Κ.Μ.Ε.; Μνήμη;
- Πώς ικανοποιούμε τις προθεσμίες;
  - Ταχύτερο υλικό ή εξυπνότερο λογισμικό;
- Πώς ελαχιστοποιούμε την κατανάλωση ισχύος;
  - Κατάργηση της περιττής λογικής;  
Μείωση των προσβάσεων στη μνήμη;



# Προκλήσεις, κ.λπ.

---

- Λειτουργεί πραγματικά;
  - Είναι οι προδιαγραφές σωστές;
  - Η υλοποίηση πληρεί τις προδιαγραφές;
  - Πώς δοκιμάζουμε χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου;
  - Πώς μπορεί να δοκιμαστεί σε πραγματικά δεδομένα;
- Πώς εργαζόμαστε στο σύστημα;
  - Παρατηρησιμότητα, ελεγχιμότητα;
  - Ποια είναι η πλατφόρμα ανάπτυξής μας;





# Μεθοδολογίες σχεδιασμού

---

- Μια διαδικασία για το σχεδιασμό ενός συστήματος.
- Κατανόηση της μεθοδολογίας, βοηθά να βεβαιωθείτε ότι δεν παραλείπετε τίποτα.
- Μεταγλωττιστές, εργαλεία μηχανικών λογισμικού, εργαλεία CAD (computer-aided design), κ.λπ., μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:
  - βοήθεια στην αυτοματοποίηση των βημάτων της μεθοδολογίας.
  - παρακολούθηση της μεθοδολογίας.



# Στόχοι του σχεδιασμού

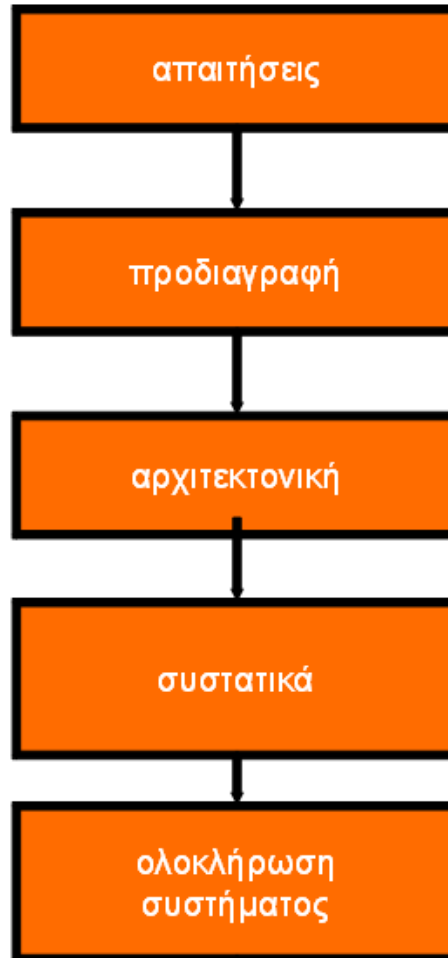
---

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



# Επίπεδα αφαίρεσης

---



# Πάνω-προς-τα-κάτω vs Κάτω-προς-τα-πάνω

---

- Σχεδίαση πάνω-προς-τα-κάτω:
  - ξεκινάμε με την πιο αφηρημένη περιγραφή
  - καταλήγουμε με συμπαγείς λεπτομέρειες
- Σχεδίαση κάτω-προς-τα-πάνω:
  - ξεκινάμε με μικρά συστατικά για την κατασκευή μεγάλου συστήματος
- Ο πραγματικός σχεδιασμός χρησιμοποιεί και τις δύο τεχνικές.



# Βελτίωση βήμα προς βήμα

---

- Σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης, πρέπει να:
  - **αναλύσουμε** τη σχεδίαση για να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά της τρέχουσας κατάστασης του σχεδιασμού
  - **εκλεπτύνουμε** το σχεδιασμό για να προσθέσουμε λεπτομέρειες.





# Απαιτήσεις

---

- Απλή περιγραφή για το τι θέλει ο πελάτης και αναμένει να πάρει.
- Μπορεί να αναπτυχθεί με διάφορους τρόπους:
  - μιλώντας απευθείας στους πελάτες.
  - μιλώντας στους εκπροσώπους μάρκετινγκ.
  - παρέχοντας πρωτότυπα στους χρήστες για την υποβολή παρατηρήσεων.



# Λειτουργικές vs μη λειτουργικές απαιτήσεις

---

- Λειτουργικές απαιτήσεις:
  - η έξοδος σαν συνάρτηση της εισόδου.
- Μη λειτουργικές απαιτήσεις:
  - απαιτείται χρόνος για τον υπολογισμό της εξόδου.
  - μέγεθος, βάρος, κ.λπ.
  - κατανάλωση ισχύος.
  - Αξιοπιστία.
  - κ.λπ.



# Προτεινόμενη φόρμα απαιτήσεων

---

όνομα	
σκοπός	
είσοδοι	
έξοδοι	
λειτουργίες	
απόδοση	
κατασκευαστικό κόστος	
ισχύς	
φυσικό μέγεθος/βάρος	



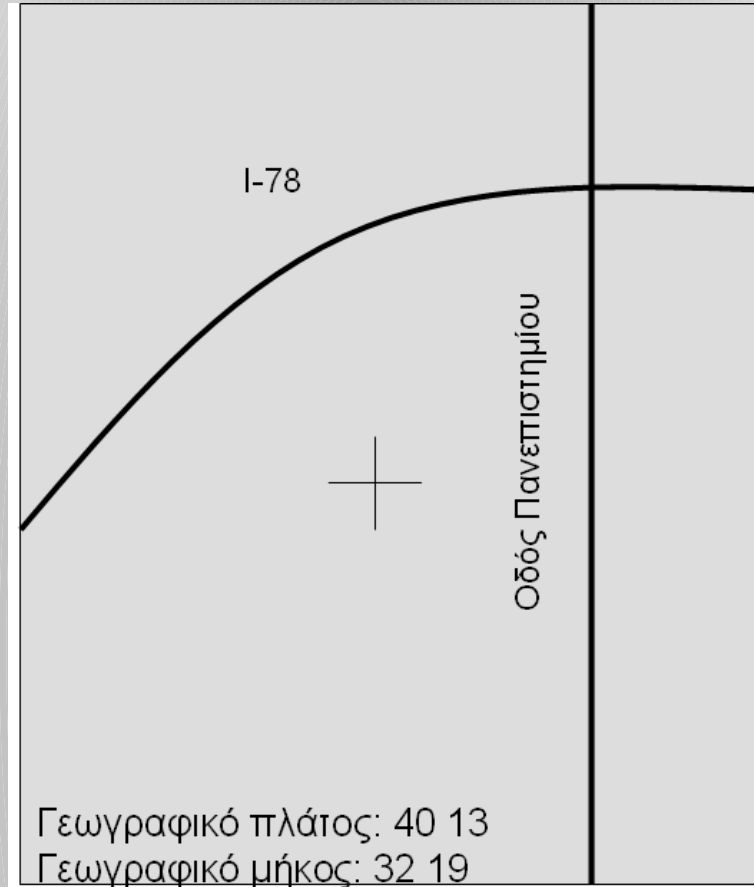
---

# Παράδειγμα σχεδίασης ενσωματωμένου συστήματος



# Παράδειγμα: απαιτήσεις ενός κινούμενου χάρτη GPS

Ο κινούμενος χάρτης  
λαμβάνει τη θέση του  
από το GPS, ο χάρτης  
σχεδιάζεται από την  
τοπική βάση δεδομένων.



# Ανάγκες κινούμενου χάρτη GPS (1/2)

---

- **Λειτουργικότητα:** Για χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία. Εμφάνιση μεγάλων οδικών αρτηριών και σημείων ενδιαφέροντος.
- **Διασύνδεση με το χρήστη:** Οθόνη τουλάχιστον 400x600 εικονοστοιχείων. Το πολύ τρία κουμπιά. Μενού pop-up.
- **Απόδοση:** Ο χάρτης θα πρέπει να κυλίνεται ομαλά. Όχι περισσότερο από 1 δευτερόλεπτο για ενεργοποίηση. Εντοπισμός μέσα σε 15 δευτερόλεπτα.
- **Κόστος:** \$120 τιμή λιανικής πώλησης = προσεγγιστικά \$30 κόστους πωληθέντων αγαθών.





## Ανάγκες κινούμενου χάρτη GPS (2/2)

---

- **Φυσικό μέγεθος/βάρος:** Πρέπει να χωράει στην παλάμη του χεριού.
- **Κατανάλωση ισχύος:** Πρέπει να μπορεί να λειτουργεί τουλάχιστον για 8 ώρες με τέσσερις μπαταρίες AA.



# Φόρμα απαιτήσεων κινούμενου χάρτη GPS

---

όνομα	κινούμενος χάρτης GPS
σκοπός	καταναλωτικής κατηγορίας για χρήση κατά την οδήγηση
είσοδοι	πλήκτρο ισχύος, δύο πλήκτρα ελέγχου
έξοδοι	φωτιζόμενη οθόνη LCD 400x600
λειτουργίες	GPS 5 δεκτών, 3 αναλύσεις, εκτύπωση τρέχοντος γεωγραφικού πλάτους/μήκους
απόδοση	ενημέρωση της οθόνης κάθε 0.25 δευτερόλεπτα σε κίνηση
κατασκευαστικό κόστος	\$100 κόστος αγαθού προς πώληση
ισχύς	100 mW
φυσικό μέγεθος/βάρος	όχι μεγαλύτερο από 5x15 εκατ., 340 γραμ.



# Προδιαγραφή

---

- Μια πιο ακριβής περιγραφή του συστήματος:
  - δεν θα πρέπει να συνεπάγεται μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική.
  - παρέχει στοιχεία για τη διαδικασία σχεδίασης της αρχιτεκτονικής.
- Μπορεί να περιλαμβάνονται λειτουργικά και μη λειτουργικά στοιχεία.
- Μπορεί να είναι εκτελέσιμη ή σε μαθηματική μορφή για αποδείξεις.



# Προδιαγραφή GPS

---

- Θα πρέπει να περιλαμβάνει:
  - δεδομένα που λαμβάνονται από το GPS;
  - δεδομένα χαρτών.
  - διασύνδεση με το χρήστη.
  - λειτουργίες που πρέπει να εκτελεσθούν για να ικανοποιήσουν τις αιτήσεις των πελατών.
  - ενέργειες που εκτελούνται στο παρασκήνιο και απαιτούνται για να κρατήσουν το σύστημα σε λειτουργία.



# Σχεδίαση αρχιτεκτονικής

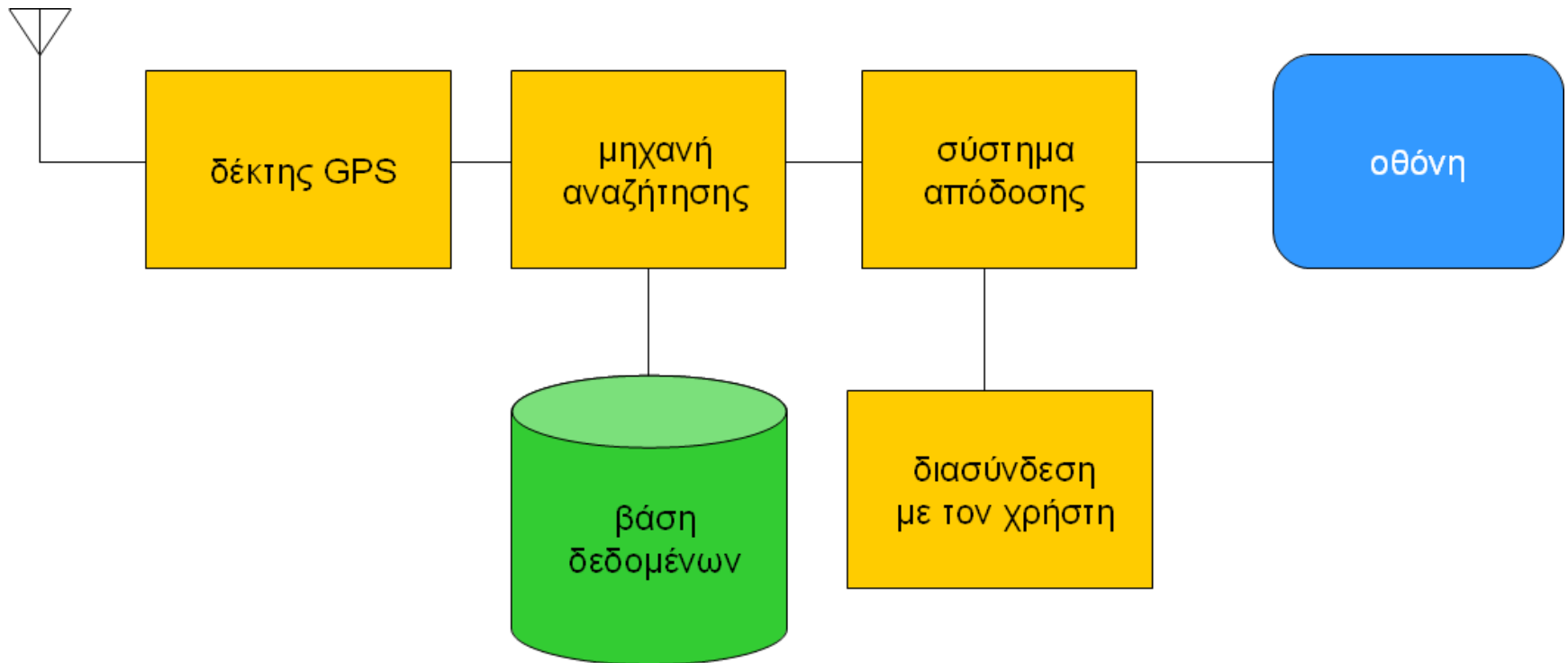
---

- Ποια βασικά συστατικά ικανοποιούν την προδιαγραφή;
- Συστατικά μέρη του υλικού:
  - Κ.Μ.Ε., περιφερειακά, κ.λπ.
- Στοιχεία του λογισμικού:
  - μεγάλα προγράμματα και οι λειτουργίες τους.
- Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι λειτουργικές και μη λειτουργικές προδιαγραφές.



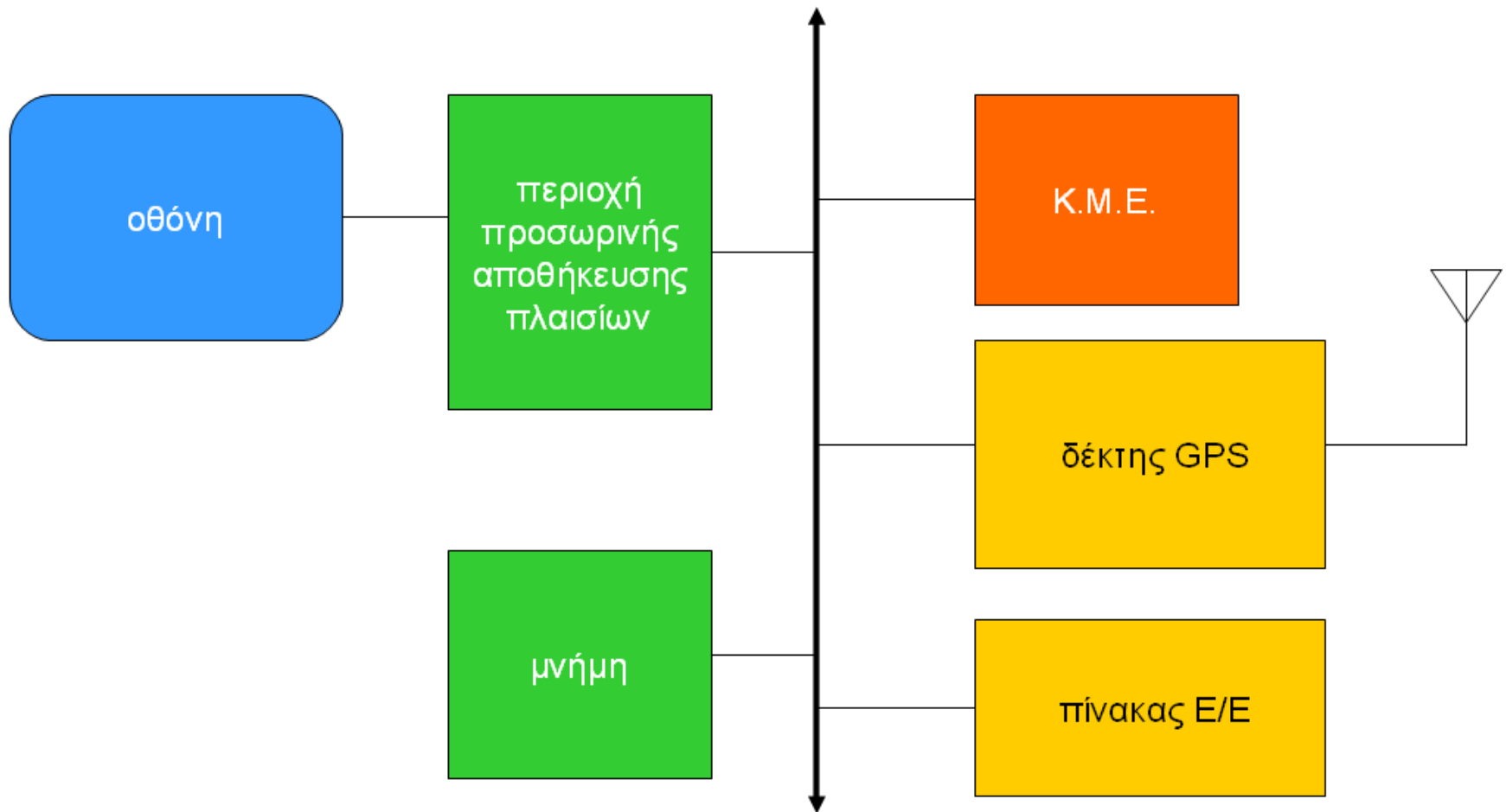
# Μπλοκ διάγραμμα για τον κινούμενο χάρτη GPS

---



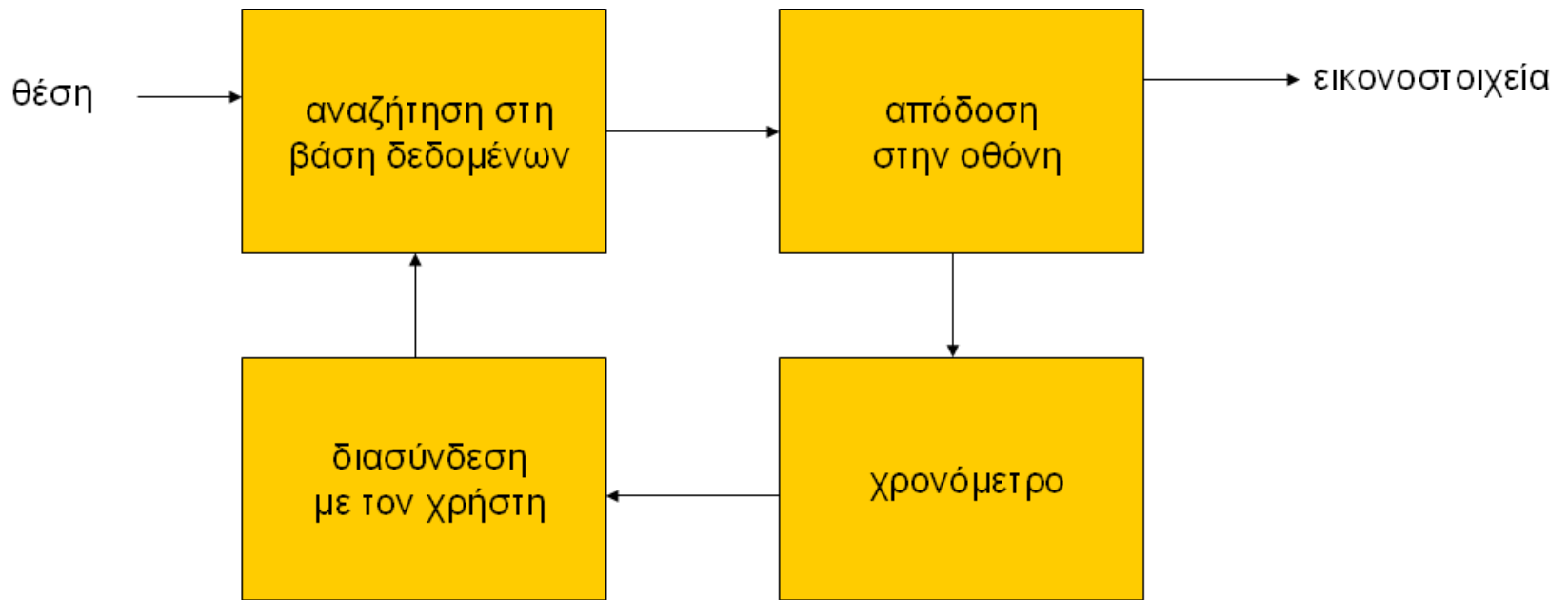


# Αρχιτεκτονική υλικού για τον κινούμενο χάρτη GPS (1/)



# Αρχιτεκτονική υλικού για τον κινούμενο χάρτη GPS (2/)

---



# Σχεδιασμός υλικού και λογισμικού

---

- Πρέπει να απαιτηθεί χρόνος για την αρχιτεκτονική του συστήματος πριν την έναρξη της κωδικοποίησης.
- Ορισμένα συστατικά είναι έτοιμα, κάποια μπορεί να τροποποιηθούν από τον αρχικό σχεδιασμό, άλλα πρέπει να σχεδιαστούν από το μηδέν.



# Ολοκλήρωση συστήματος

---

- Τοποθέτηση των συστατικών.
  - Πολλά σφάλματα εμφανίζονται μόνο σε αυτό το στάδιο.
- Έχετε ένα σχέδιο για την ενσωμάτωση των συστατικών για να αποκαλυφθούν σφάλματα, γρήγορα, μέσω δοκιμών λειτουργικότητας όσο το δυνατόν νωρίτερα.



# Σύνοψη

---

- Ενσωματωμένα συστήματα είναι παντού γύρω μας.
  - Πολλά συστήματα έχουν πολύπλοκο ενσωματωμένο υλικό και λογισμικό.
- Τα ενσωματωμένα συστήματα δημιουργούν πολλές σχεδιαστικές προκλήσεις: χρόνος σχεδίασης, προθεσμίες, ισχύς, κ.λπ.
- Οι μεθοδολογίες σχεδίασης μας βοηθούν να διαχειριστούμε τη διαδικασία σχεδίασης.



# Αναφορές

---

Χρησιμοποιήθηκε υλικό από παρουσιάσεις των:

- Dimitrios Soudris, NTUA
- Iraklis Anagnostopoulos, NTUA
- Wayne Wolf, “Computers as Components”





# Βιβλιογραφία

---

- W. Wolf, - “Computers as Component”
- P. Marwedel - “Embedded Systems Design”
- S. Furber, - “ARM System-on-Chip Architecture”
- P. Panda, - “Memory Issues in Embedded Systems-on-Chip”
- F. Vahid and T. Givargis, -“Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Introduction”
- F. Catthoor, -“Data Access and Storage Management for Embedded Programmable Processors”



---

# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

