

Μικροϋπολογιστές

Εισαγωγή

K. Harteros – G.Kornaros

Περίγραμμα μαθήματος

- Κ. Χαρτερός Γ.Κορνάρος
Email: harteros@epp.teicrete.gr
- Διαλέξεις
- Εργαστήρια
- Βιβλία – βοηθητικά συγγράμματα - manual

Εισαγωγή στους Μικροϋπολογιστές

– Ενσωματωμένα Συστήματα

- Προ-απαιτούμενα:
 - ✓ Εισαγωγή στα συστήματα υπολογιστών
 - ✓ Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική υπολογιστών
 - ✓ Προγραμματισμός σε C
 - ✓ Θεμελιώδεις γνώσεις ψηφιακής λογικής
 - ✓ Προγραμματισμός σε γλώσσα Assembly
 - ARM Instruction Set
 - Θα ήταν επιθυμητή η γνώση κάποιου άλλου μοντέρνου μικροεπεξεργαστή (MIPS)

Τι είναι τα Ενσωματωμένα Συστήματα ?

- Οτιδήποτε χρησιμοποιεί επεξεργαστή, αλλά δεν είναι γενικού σκοπού επεξεργαστής :
 - ✓ PDAs
 - ✓ Set-top boxes
 - ✓ Televisions
 - ✓ Video Games
 - ✓ Refrigerators
 - ✓ Cars
 - ✓ Planes
 - ✓ Elevators
 - ✓ Remote Controls
 - ✓ Alarm Systems
- Ο χρήστης «βλέπει» ένα “έξυπνο” σύστημα (ειδικού σκοπού).
- Ο χρήστης συνήθως δεν θέλει ή δεν επιτρέπεται να τροποποιήσει ή αναβαθμίσει το εσωτερικό της συσκευής

Γιατί είναι σημαντικοί οι μικροεπεξεργαστές στα ενσωματωμένα συστήματα

- Λόγοι engineering:
 - ✓ Χρειάζεται ένας δορυφόρος Windows prompt ?
 - ✓ Χρειάζεται το McDonald's POS (point-of-sale) τερματικό MacOS?
 - ✓ Οποιαδήποτε συσκευή που χρειάζεται έλεγχο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας microprocessor
- Λόγω της αγοράς
 - ✓ Η αγορά υπολογιστών γενικού σκοπού είναι σε billions of US \$
 - ✓ The embedded systems market is also in billions of \$
 - ✓ Το έτος 2000, about \$2,700 κάθε αυτοκινήτου goes to electronics
- Παιδαγωγικοί λόγοι
 - ✓ HW vs. SW
- Οι μηχανικοί ενσωματωμένων συστημάτων πρέπει να γνωρίζουν:
 - ✓ Hardware και Software,
 - ✓ Συνδυασμό θεωρίας ελέγχου, δικτύων, σημάτων
 - ✓ Business models

Τι θα μάθουμε

- Hardware
 - ✓ I/O, memory, busses, devices, control logic, interfacing hardware to software
- Software
 - ✓ C and assembly, device drivers, low-level OS issues, scheduling
 - ✓ Concurrency
- Αλληλεπίδραση Hardware/Software
 - ✓ Where is the best place to put functionality - hardware or software?
 - ✓ What are the costs:
 - Απόδοση
 - Απαιτήσεις σε μνήμη (RAM – ROM)
- Ολοκλήρωση hardware & software courses
 - ✓ Προγραμματισμός, λογική σχεδίαση, αρχιτεκτονική

Που σε οδηγεί

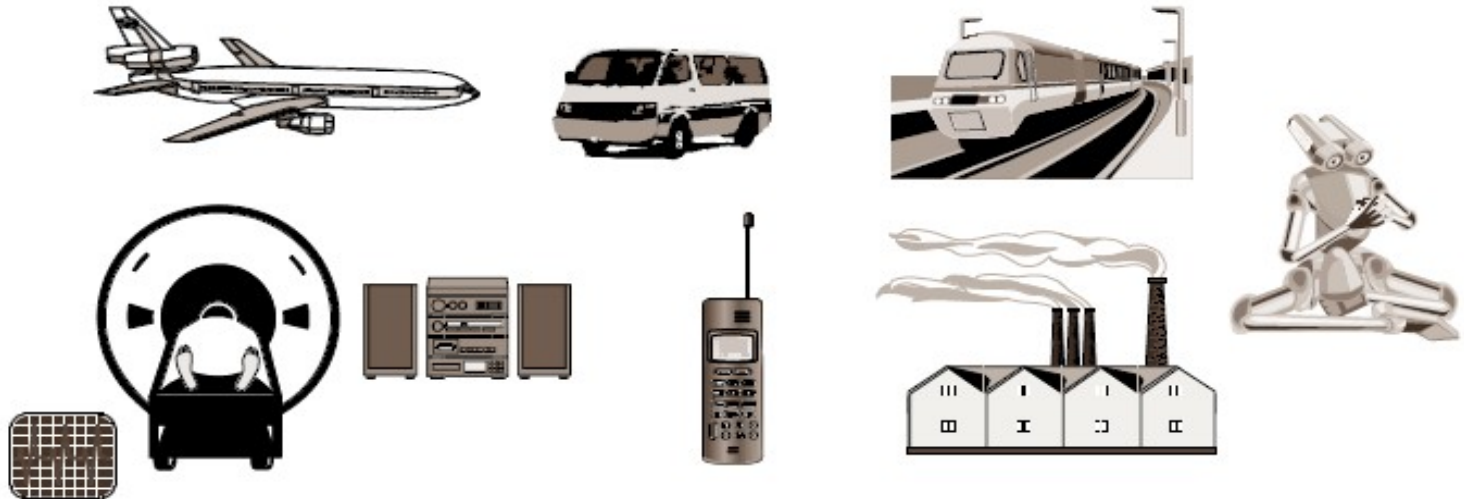
- Σχεδίαση Συστημάτων Αυτοκινήτου
- Τηλεπικοινωνίες
- Ηλεκτρονικά ευρείας κατανάλωσης
 - ✓ cellular phones, MP3 devices, integrated cellular/walkman/PDA/kitchen
 - ✓ Set-top boxes and HDTV
 - ✓ Home appliances
 - ✓ Internet appliances
- Defense and weapon systems
- Process control
 - ✓ gasoline processing, chemical refinement
- Automated manufacturing
 - ✓ Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)
- Space applications
 - ✓ Δορυφορικές επικοινωνίες

Ενσωματωμένα Συστήματα: Εισαγωγή

- Τι είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα?
 - ✓ Περισσότερο από έναν υπολογιστή
- Τι κάνει ένα ενσωματωμένο σύστημα να είναι διαφορετικό?
 - ✓ Λειτουργία πραγματικού χρόνου
 - ✓ Ένα μεγάλο σύνολο περιορισμών στη σχεδίαση:
 - Μέγεθος
 - Κόστος
 - Χρόνος
 - Αξιοπιστία
 - Ασφάλεια σε λάθη
 - Ενέργεια
 - Security

Τι είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα

- Ένας επεξεργαστής που βρίσκεται σε κάποιο τμήμα ενός εργαλείου/εξοπλισμού
 - ✓ Συνήθως έχει dedicated software (ίσως και να μπορεί να παρέμβει ο τελικός χρήστης)
 - ✓ Συχνά χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει προηγούμενα ηλεκτρομηχανικά μέρη
 - ✓ Δεν περιλαμβάνεται πραγματικό πληκτρολόγιο
 - ✓ Συχνά έχει περιορισμένο display.
- Κάθε σύστημα είναι μοναδικό – εξαιρέσεις.



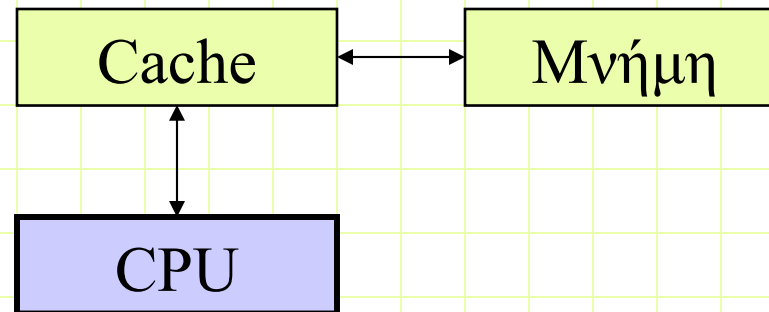
Μικροεπεξεργαστής: η συνήθης άποψη του Υπολογιστή

- Εκτιμάται με βάση την
 - ✓ Απόδοση - ταχύτητα

CPU

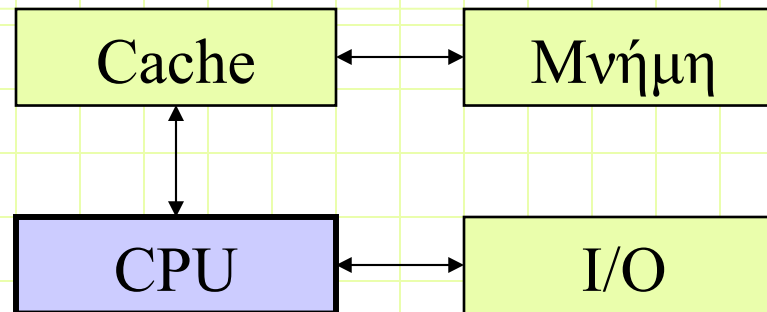
Η άποψη ενός προχωρημένου Μηχανικού Υπολογιστών

- Εκτιμάται πάλι με βάση την
 - ✓ Απόδοση – ταχύτητα
 - ✓ Συνεκτίμηση και του compiler



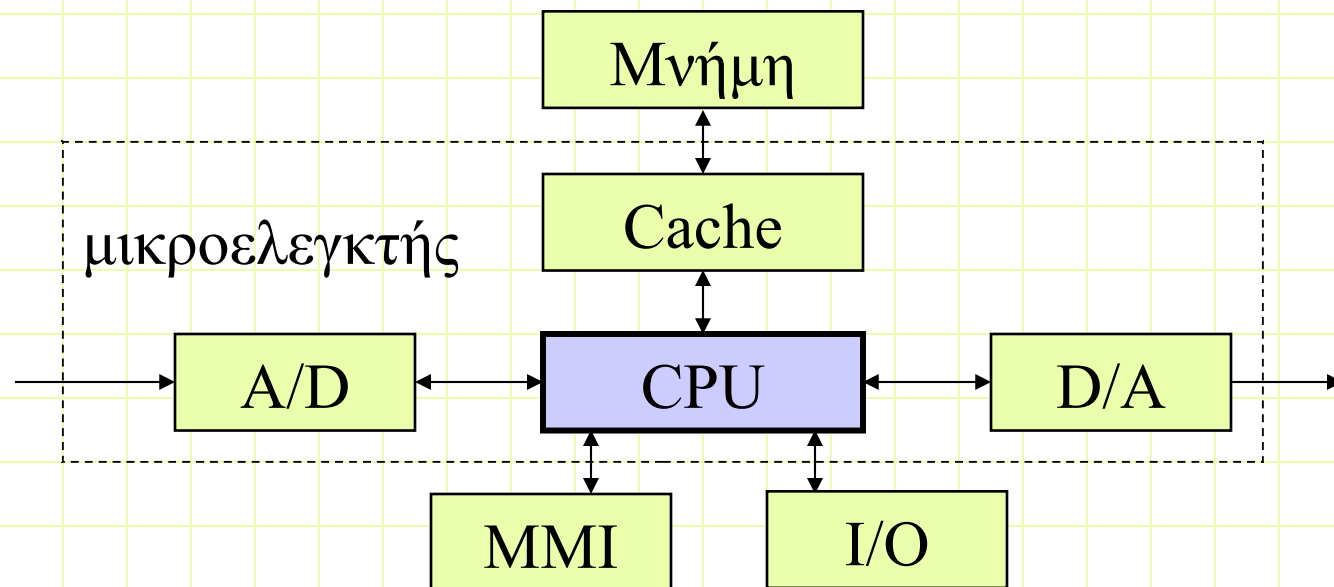
Με περισσότερη λεπτομέρεια

- Εκτιμάται πάλι με βάση την
 - ✓ Απόδοση – ταχύτητα
 - ✓ Συνεκτίμηση και του compiler και του Λ.Σ.



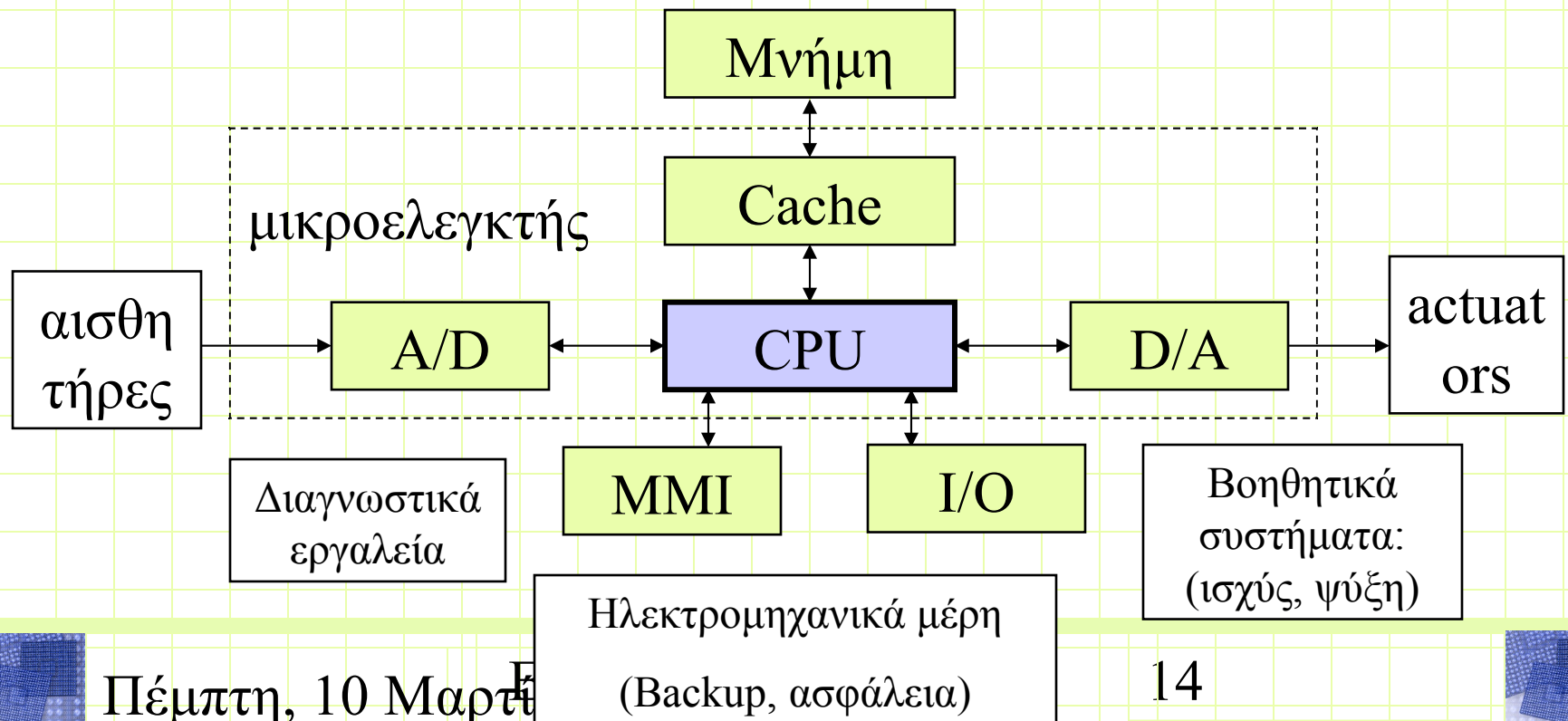
Η άποψη ενός σχεδιαστή ενσωματωμένων συστημάτων

- Εκτιμάται με βάση το Κόστος, Συνδέσεις I/O, Μέγεθος μνήμης, Απόδοση.



Η άποψη ενός σχεδιαστή ελέγχου ενσωματωμένων συστημάτων

- Εκτιμάται με βάση το Κόστος, Χρόνος για την Αγορά, Λειτουργικότητα, Συνδέσεις I/O, Μέγεθος μνήμης, Κόστος, Κόστος



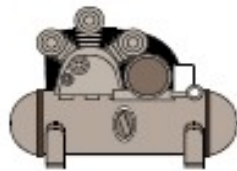
Η άποψη του πελάτη

- Μειωμένο κόστος,
- Αυξημένη Λειτουργικότητα
- Αυξημένη Απόδοση



Παραδείγματα Ενσωματωμένων Συστημάτων

- Pocket remote control RF transmitter
 - ✓ 100 KIPS, water/crush-proof, fits in pocket, 5-year battery life
 - ✓ Software hand-crafted for small size (less than 1 KB)
- Industrial equipment controller (e.g., elevator; jet engine)
 - ✓ 1-10 MIPS for 1 to 10 CPUs, 1 - 8 MB memory
 - ✓ Safety-critical software; real-time control loops
- Military signal processing (e.g., Radar/Sonar)
 - ✓ 1 GFLOPS, 1 GB/sec I/O, 32 MB memory
 - ✓ Software hand-crafted for extremely high performance



Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές κυρίαρχοι στην αγορά

- ~80 Million PCs vs. ~3 Billion Embedded CPUs annually
 - ✓ Η αγορά Embedded Συστημάτων είναι αναπτυσσόμενη
 - ✓ Η αγορά PC δείχνει κορεσμένη

Γιατί είναι διαφορετικά τα ενσωματωμένα συστήματα

- Τέσσερις γενικές κατηγορίες ενσωματωμένων συστημάτων:
 - ✓ Γενικών Υπολογισμών
 - Εφαρμογές παρόμοιες με αυτές των PC, αλλά σε ενσωματωμένη συσκευή
 - Video games, set-top boxes, wearable computers, automatic tellers
 - ✓ Συστήματα Ελέγχου
 - Έλεγχος συστημάτων πραγματικού χρόνου
 - Vehicle engines, chemical processes, nuclear power, flight control
 - ✓ Επεξεργασία Σήματος
 - Υπολογισμοί σχετικοί με μεγάλες ποσότητες δεδομένων
 - Radar, Sonar, video compression
 - ✓ Επικοινωνίες και Δικτύωση
 - Μεταγωγή και μετάδοση πληροφορίας
 - Telephone system, Internet



Κατηγορίες Λειτουργιών Ενσωματωμένων Συστημάτων

- Κανόνες Control
 - ✓ PID control, Fuzzy Logic, ...
- Ακολουθιακή Λογική
 - ✓ Μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων (FSMs),
 - ✓ Εναλλαγή καταστάσεων μεταξύ Control Laws
- Επεξεργασία Σήματος
 - ✓ Συμπίεση δεδομένων multimedia
 - ✓ Ψηφιακό φιλτράρισμα
- Εξειδικευμένες διεπαφές
 - ✓ Κουμπιά, φώτα, συναγερμοί,...
 - ✓ Υψηλής ταχύτητας I/O
- Διαχείριση Λαθών
 - ✓ Ανίχνευση και επαναρύθμιση
 - ✓ Διαγνωστικά

Ιδιότητες Ενσωματωμένων Συστημάτων

- Reactive: οι υπολογισμοί έρχονται ως απόκριση σε εξωτερικά γεγονότα
 - ✓ Περιοδικά γεγονότα (πχ. περιστρεφόμενο μηχάνημα, loops,...)
 - ✓ Μη περιοδικά γεγονότα (πχ. πάτημα κουμπιών)
- Πραγματικού χρόνου: η ακρίβεια στο χρονοισμό συνεπάγεται ένα σωστό σύστημα
 - ✓ Απόλυτα Πραγματικού Χρόνου:
 - Απόλυτη προθεσμία πέρα της οποίας η απόκριση είναι άχρηστη
 - Μπορεί να περιλαμβάνει όρια ελάχιστου χρόνου ή μέγιστου
 - ✓ Ελαστικά Πραγματικού Χρόνου:
 - Το να χαθεί μία προθεσμία δεν είναι καταστροφικό
 - Η απάντηση του συστήματος φθίνει σε αξιοπιστία όσο απομακρυνόμαστε από την προθεσμία
 - ✓ Παράδειγμα:
 - a train is entering an urban area...
 - • the railway gate in the city allows automotive traffic to go over the tracks
 - • when should the railway gate close?
 - In general,



Real Time != “Real Fast”

Τυπικοί περιορισμοί σε ένα ενσωματωμένο σύστημα



- Μικρό μέγεθος, μικρό βάρος
 - ✓ Ηλεκτρονικά χεριού
 - ✓ Μεταφερόμενες εφαρμογές – γενικά το βάρος κοστίζει σε χρήμα
- Χαμηλής κατανάλωσης
 - ✓ Ισχύς μπαταρίας, συνήθως 8 ώρες (laptops ~2)
 - ✓ Ελλιπή ψύξη μπορεί να περιορίσει την κατανάλωση
- Δύσκολες συνθήκες περιβαλλοντος
 - ✓ Ζέστη, δονήσεις
 - ✓ Αυξομειώσεις ισχύος, παρεμβολές RF, κεραυνοί
 - ✓ Νερό, διάβρωση, φυσική καταπόνηση
- Κρίσιμη Ασφάλεια
 - ✓ Πρέπει να λειτουργεί πάντα σωστά



Άποψη Σχεδίασης Ενσωματωμένων Συστημάτων

- Ένα σετ από πολύπλοκα tradeoffs:
 - ✓ Βελτιστοποίηση για περισσότερα πράγματα από απλά ταχύτητα
 - ✓ Θεώρηση σαν κάτι περισσότερο από ένα απλό υπολογιστή
 - ✓ Θεώρηση κάτι περισσότερο από ένα αρχικό πρότυπο, μαζικό προϊόν.

Multi-Discipline

- Electronic Hardware
- Software
- Mechanical Hardware
- Control Algorithms
- Humans
- Society/Institutions

X

Multi-Objective

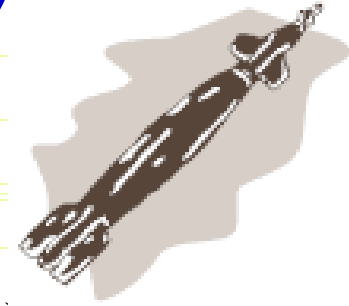
- Dependability
- Affordability
- Safety
- Security
- Scalability
- Timeliness

X

Multi-Phase

- Requirements
- Design
- Manufacturing
- Deployment
- Logistics
- Retirement

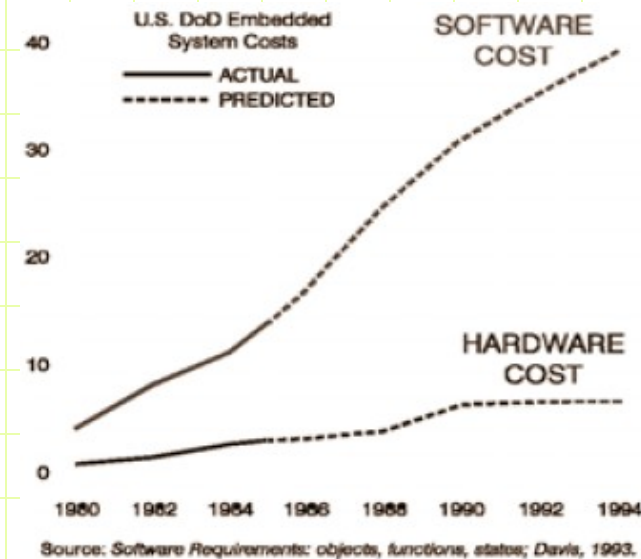
Εφαρμογές Κρίσιμες απαιτούν Robustness



- **Loss of Ariane inaugural flight in June, 1996**
 - ✓ Lost a \$400 million scientific payload (the rocket was *extra*)
- Οι προσπάθειες για μείωση του κόστους οδήγησαν στην αποτυχία
 - ✓ Επαναχρησιμοποίηση του λογισμικού από τον Ariane 4
 - ✓ Λάθος χειρισμός εξαίρεσης που προκλήθηκε από Overflow μεταβλητής, λόγω του ότι έγιναν περιορισμένες προσομιώσεις (cost – schedule)
 - ✓ 64-bit float converted to 16-bit int assumed not to overflow
- Τι πραγματικά συνέβη?
 - ✓ Στενή άποψη: ήταν ένα software bug
 - ✓ Γενική άποψη: το πρόβλημα προκλήθηκε από μειωμένη System Robustness σε συνθήκες που δεν είχαν προβλεφθεί.

Το Λογισμικό ορίζει το αναγκαίο κύκλωμα

- Το υλικό είναι κυρίως ένα κόστος “επανα-υπολογίσιμο”
 - ✓ Είναι ανάλογο με τα κομμάτια που κατασκευάζονται
- Το λογισμικό είναι ένα κόστος “one-time” non-recurring engineering design (NRE)
 - ✓ Πληρώνεται μία φορά
 - Διορθώσεις των bug, μπορεί να είναι ακριβές ή αδύνατες
 - ✓ Είναι ανάλογο με την πολυπλοκότητα και τον αριθμό των λειτουργιών



Σημαντικός ρόλος του Κύκλου Ζωής

- Η επιλογή ενός CAD συστήματος για επανασύνθεση του κυκλώματος για βελτιστοποίηση
 - ✓ Χρήση όποιων διαθέσιμων συστατικών είναι βέλτιστα (φθηνά, σε μεγάλες ποσότητες)
- Δεν είναι εφαρμόσιμη μεθοδολογία για μία εφαρμογή automotive
 - ✓ Embedded system έχει και αναλογικά τμήματα
 - ✓ Κόστος επανα-εξασφάλισης ασφάλειας, FCC
 - ✓ Βελτιστοποίηση κυκλώματος για λειτουργία και αδράνεια (το αυτοκίνητο μπορεί να μην χρησιμοποιείται για ένα μήνα...)
 - ✓ Οι τιμές πέφτουν μόνο για μεγάλη παραγωγή components
 - ✓ Αρχεία 20 χρονών ?

Ικανότητες του Σχεδιαστή Ενσωματωμένων Συστημάτων

- Εκτίμηση των πολλαπλών-διαφορετικών χαρακτηριστικών ενός συστήματος
 - ικανότητες για hardware & software
 - κατανόηση του συστήματος πέρα από την ψηφιακή λογική
 - ικανότητα διεκπεραίωσης ενός έργου από τις προδιαγραφές έως την παραγωγή
- Ικανότητες Επικοινωνίας και Ομαδικής δουλειάς
 - συνεργασία με άλλα τμήματα: κατασκευαστικό, marketing
 - συνεργασία με πελάτες για κατανόηση του πραγματικού προβλήματος που πρέπει να λυθεί
 - δημιουργία καλών παρουσιάσεων; even better -- write "trade rag" articles
- Και τέλος, τεχνικές γνώσεις-ικανότητες...
 - Low-level: Microcontrollers, FPGA/ASIC, assembly language, A/D, D/A
 - High-level: Object-oriented Design, C/C++, Real Time Operating Systems
 - Meta-level: Creative solutions to highly constrained problems
 - Likely in the future: **Unified Modeling Language**, embedded networks
 - (Un)certain future: Java, Windows CE

Σύνοψη

- Τι είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα?
 - ✓ Περισσότερο από έναν απλό υπολογιστή – ένα πλήρες σύστημα.