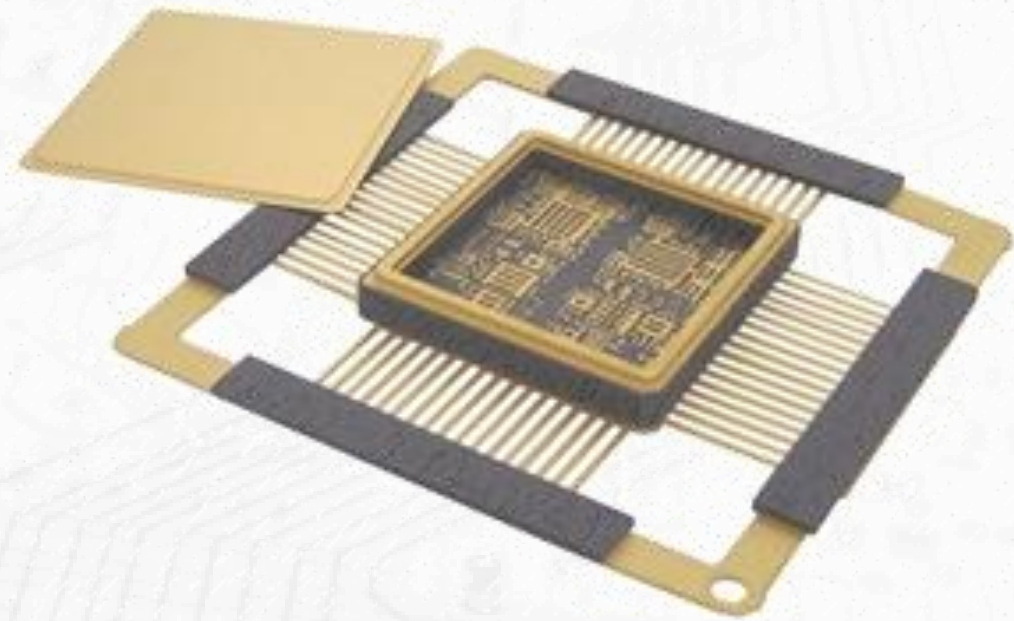




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
& ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Μάθημα 0^ο

Εισαγωγικό Μάθημα Γνωριμίας

Ενσωματωμένα Συστήματα

Διδάσκον: Γρηγόριος Δουμένης

Διδακτικό Υλικό: Γρηγόριος Δουμένης, Νικόλαος Γιαννακέας, Ιωάννης Μασκλαβάνος

○ Γρηγόρης Δουμένης (ΕΕ, επίκουρος καθ. - 2011)

- Ψηφιακή επεξεργασία σήματος
- Ενσωματωμένα συστήματα

○ Εμπειρία

- Επιστ. συν. Εργαστ. Τηλεπ. & δικτύων ΕΜΠ (1990-σήμερα)
- Διδασκαλία ΗΜΜΥ ΕΜΠ (407) και ΕΚΠΑ (Φυσικό)
- Βιομηχανία (CEO, Τεχνικός Διευθ. – R&D manager, 1996 - 2011)

○ Επικοινωνία

- greg@uoi.gr (mail, teams), gregdoug (skype)

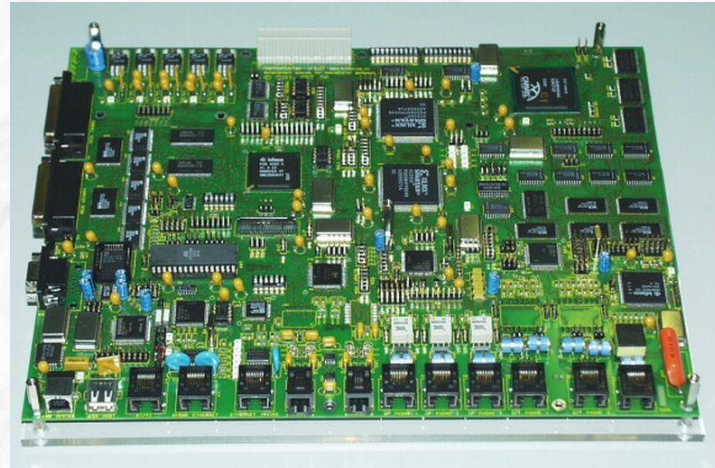
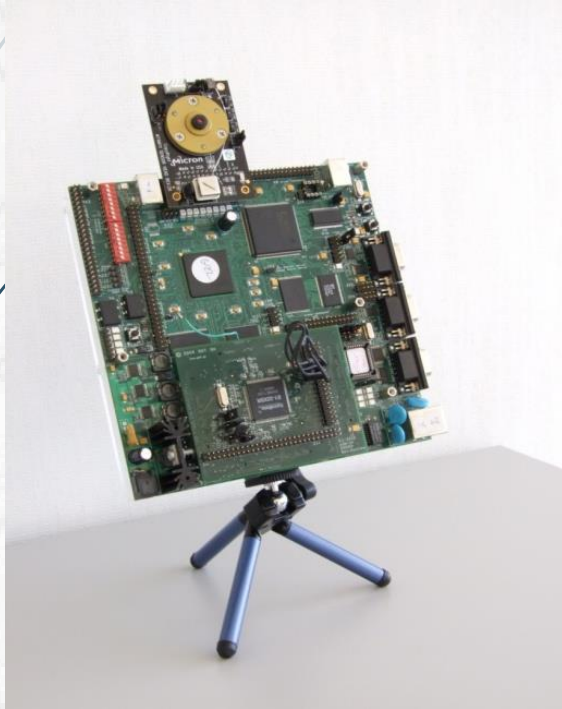
○ Διδακτορικό: Ολοκληρωμένοι τερματικοί προσαρμοστές ευρείας ζώνης (1994)

- *Επίβλεψη ~7PhDs, 20 διπλωματικών (ΕΜΠ, 1998 - 2008)*
- *Technical coordinator (~7 EU projects, > 250MYs)*

○ Εμπειρία

- *SoC design (RISC+ DSP)*
- *Ενσωματωμένα συστήματα (Linux + uC)*

Case Studies, Embedded



Στόχοι Μαθήματος

1. Η εξοικείωση με την **τεχνολογία των ενσωματωμένων συστημάτων** και των εφαρμογών αιχμής που απορρέουν από αυτά (Internet of Things, Robotics κτλ.)
2. Η ενασχόληση με τον **μικροεπεξεργαστή MSP430** (LaunchPad Development Kit). Υλοποίηση **βασικών εφαρμογών** και παραλλαγές αυτών με χρήση προηγμένων εργαλείων.
3. Εκπόνηση εργασίας εξαμήνου (**εργασία + project προγραμματισμού**)

Οργάνωση του Μαθήματος

Εγγραφές:

- Teams (Τηλεδιάλεξη, ανακοινώσεις, chat)
- Ασύγχρονη e-class (Σημειώσεις, ανακοινώσεις, εργασία)

Φυσική παρουσία:

- Διάλεξη (90 λεπτά / εβδομάδα)
- Εργαστήριο (90 λεπτά / 2 εβδομάδες)

Εργασία:

- Εργαστήριο (90 λεπτά / 2 εβδομάδες)
- Φροντιστήριο (δια ζώσης ή διαδικτυακά όποτε απαιτείται)

Διδασκαλία του μαθήματος:

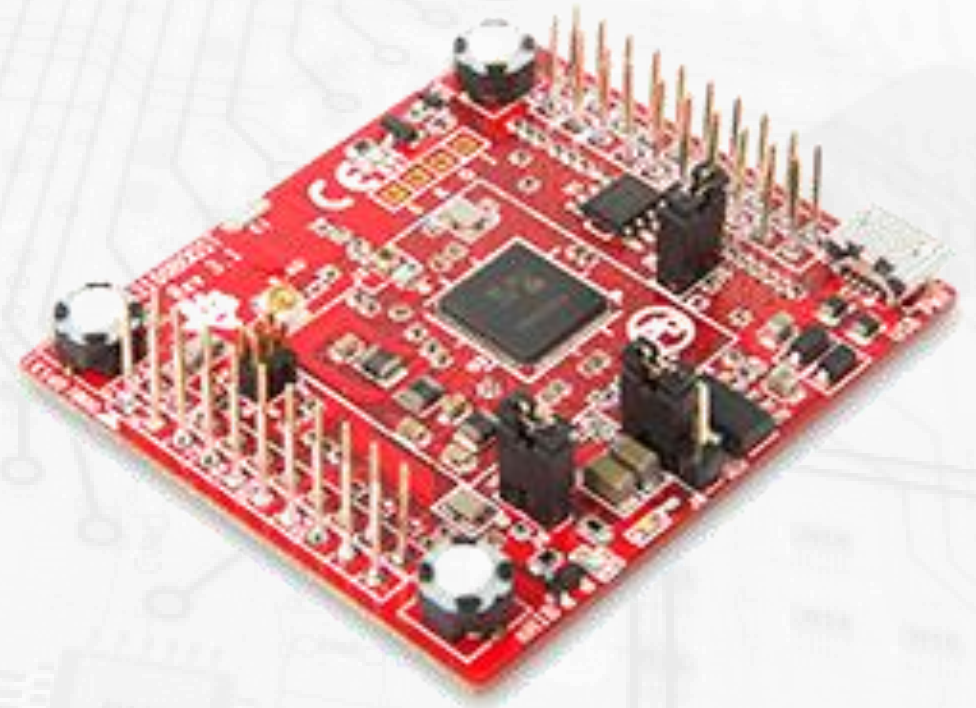
- Τετάρτη: 12:40-14:10 Εργαστήριο Ε4
- Τετάρτη: 14:40-16:10 (θεωρία) Αμφ. Β
- Τετάρτη: 16:40-17:10 Εργαστήριο Ε4

Ώρες γραφείου: Τρίτη 12:00-13:00

Τετάρτη 11:00-12:00 Εργαστήριο ASL

Ενσωματωμένα συστήματα

- Εισαγωγή στα ενσωματωμένα συστήματα
 - Μοντελοποίηση ενσωματωμένων συστημάτων/εργαλεία
 - Τρόποι Υλοποίησης ενσωματωμένων συστημάτων
 - Η μνήμη σε ένα προγραμματιζόμενο σύστημα
 - Διασύνδεση και Είσοδος/Έξοδος
 - Λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου
 - Παραδείγματα Driverlib/TI-RTOS
-
- **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ (6^ο Εξαμ.)**
Προαπαιτούμενο?



ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Διαλέξεις αρχιτεκτονικής υπολ. Συστημάτων
(με έμφαση στα ενσωματωμένα δικτυακά συστήματα)
- Διαλέξεις προγραμματισμού ενσωματωμένων συστημάτων
- Ειδικά θέματα μικροελεγκτών και αισθητήρων
(Εμφαση στο TI *MSP430/ MSP432*)
- Ασκήσεις και παραδείγματα προγραμματισμού ενσωματωμένων συστημάτων
- Ανάθεση εργασίας ανάπτυξης εφαρμογής

Υλοποιήσεις στο Development Kit MSP430

- Υλοποιήσεις στην πλατφόρμα Code Composer

Εργασία

1. Περιγραφή των χαρακτηριστικών και των εφαρμογών ενός τυπικού μοντέρνου μικροελεγκτή
2. Ανάδειξη των ιδιοτεροτήτων του περιβάλλοντος ανάπτυξης ενός ενσωματωμένου Συστήματος
3. Περιγραφή των δυνατοτήτων ενός τυπικού συστήματος ανάπτυξης ενσωματωμένων εφαρμογών
4. Ανάπτυξη μιας περιορισμένης (πλην ολοκληρωμένης) εφαρμογής, με χρήση των τεχνικών και των ειδικών επεξεργαστικών πόρων που παρέχουν οι μοντέρνοι μικροελεγκτές για απλοποίηση του κώδικα και περιορισμό της κατανάλωσης

Διευκρινήσεις

- Η εργασία θα εκτελεστεί ατομικά ή ομαδικά ανά δύο άτομα
- Η εργασία θα υποβληθεί μέχρι την ημ/νία λήξης των διαλέξεων
- Η εργασία θα παρουσιαστεί προφορικά με συνοδεία εποπτικού υλικού (slides) κατά την εξέταση του μαθήματος
- Το πρακτικό σκέλος της εργασίας (κώδικας και χειρισμός του περιβάλλοντος ανάπτυξης) θα εξεταστούν κατά την εξέταση του εργαστηρίου
- Ο βαθμός του μαθήματος (θεωρία και εργαστήριο) θα προκύψει από συνυπολογισμό της πληρότητας και ποιότητας της εργασίας, της επιτευχθείσας προγραμματιστικής λύσης (και της ευληψίας του κώδικα) και της προφορικής εξέτασης κατά την διάρκεια της παρουσίασης
- Έμφαση δίδεται στην συνολική προσέγγιση και ανάπτυξη του θέματος και ιδιαίτερα στις εμπειρίες των σπουδαστών από το μάθημα

- Διαφάνειες διαλέξεων
- Βασικό Σύγγραμμα:
 - «Ενσωματωμένα Συστήματα, Ο αθέατος ψηφιακός κόσμος» (ISBN: 978-960-603-390-2)
 - <http://arch.ict.e.uowm.gr/mdasyg/book/embedded/>,
 - <http://arch.ict.e.uowm.gr/courses/embedded/>
 - Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία, Wayne Wolf
- Επιλεγμένο υλικό
- Επιλεγμένα web sites (www.ti.com)

Ενσωματωμένα συστήματα

Ο αθέατος ψηφιακός κόσμος

Δασυγένης, Μηνάς, Σούντρης, Δημήτριος

ISBN: 978-960-603-390-2

ID Ευδόξου: 320162



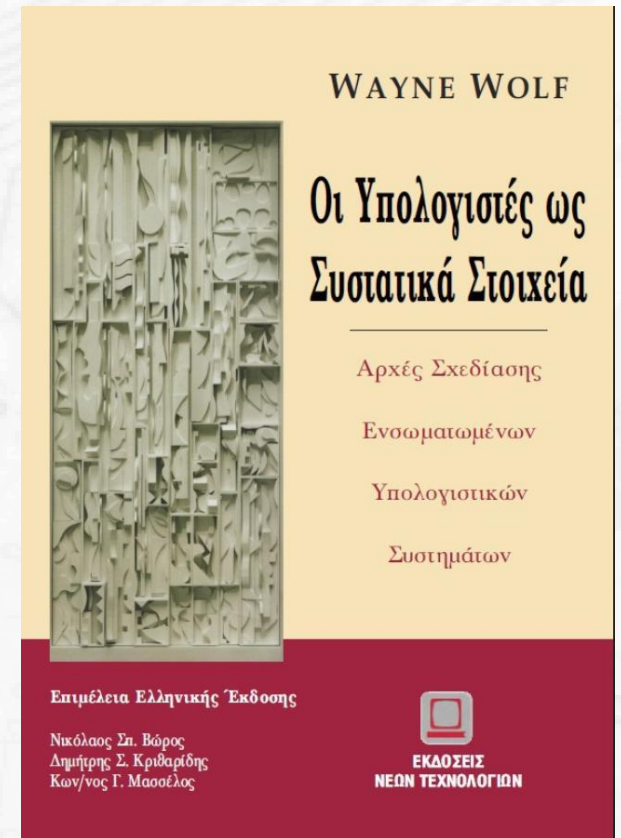
Οι Υπολογιστές ως Συστατικά Στοιχεία

Wayne Wolf

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 3409

Έκδοση: 1η έκδ./2008

ISBN: 978-960-6759-18-5



- An **embedded system** is a [computer system](#) designed to do one or a few dedicated and/or specific [functions](#)^{[1][2]} often with [real-time computing](#) constraints. It is *embedded* as part of a complete device often including hardware and mechanical parts. By contrast, a general-purpose computer, such as a [personal computer](#) (PC), is designed to be flexible and to meet a wide range of end-user needs. Embedded systems control many devices in common use today.^[3]
(http://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system)

- Ενσωματωμένος Η/Υ



- «Σύμμορφος» Η/Υ



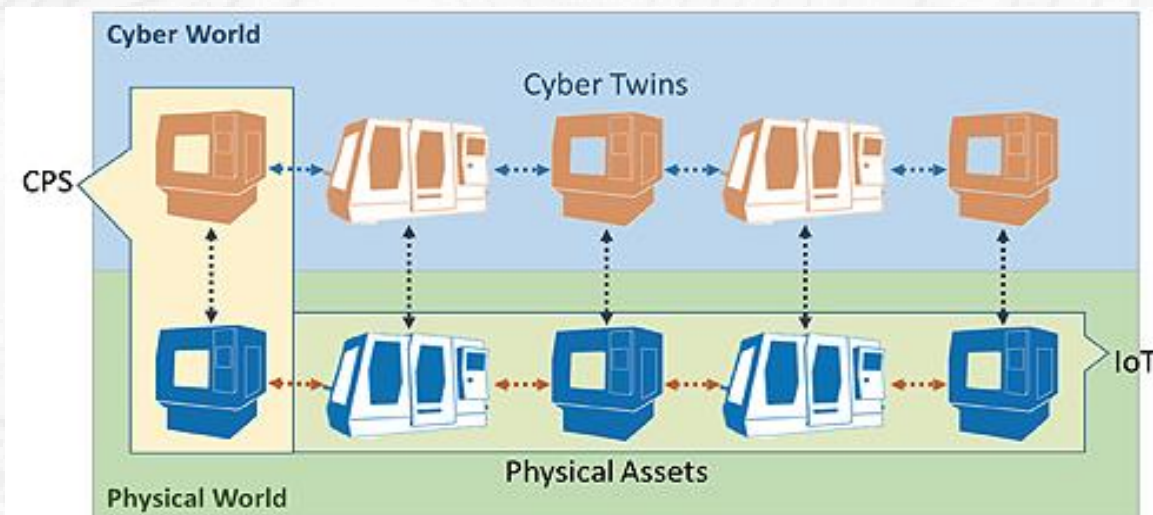
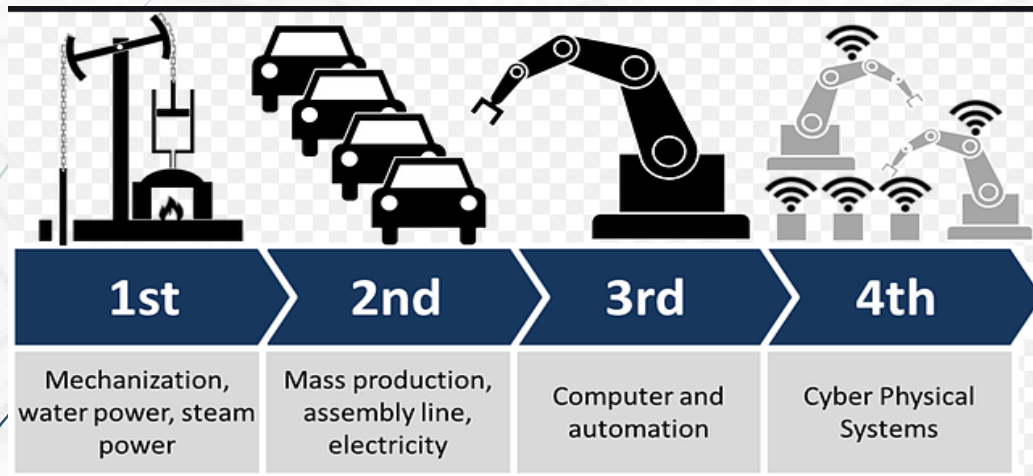
○ Εφαρμογές των ενσωματωμένων συστημάτων

- Τηλεπικοινωνίες (τηλέφωνα)
- ΟΛΕΣ οι οικιακές (ηλεκτρονικές) συσκευές
- Αυτοκίνητα (+ Infotainment): A 2003 7-Series BMW and S-class Mercedes boast about 100 processors apiece. A relatively low-profile Volvo still has 50 to 60 baby processors on board.
(<http://www.eetimes.com/discussion/significant-bits/4024611/Motoring-with-microprocessors>)
- Αεροναυτική (fly by wire)
- Ρομποτική
- ...

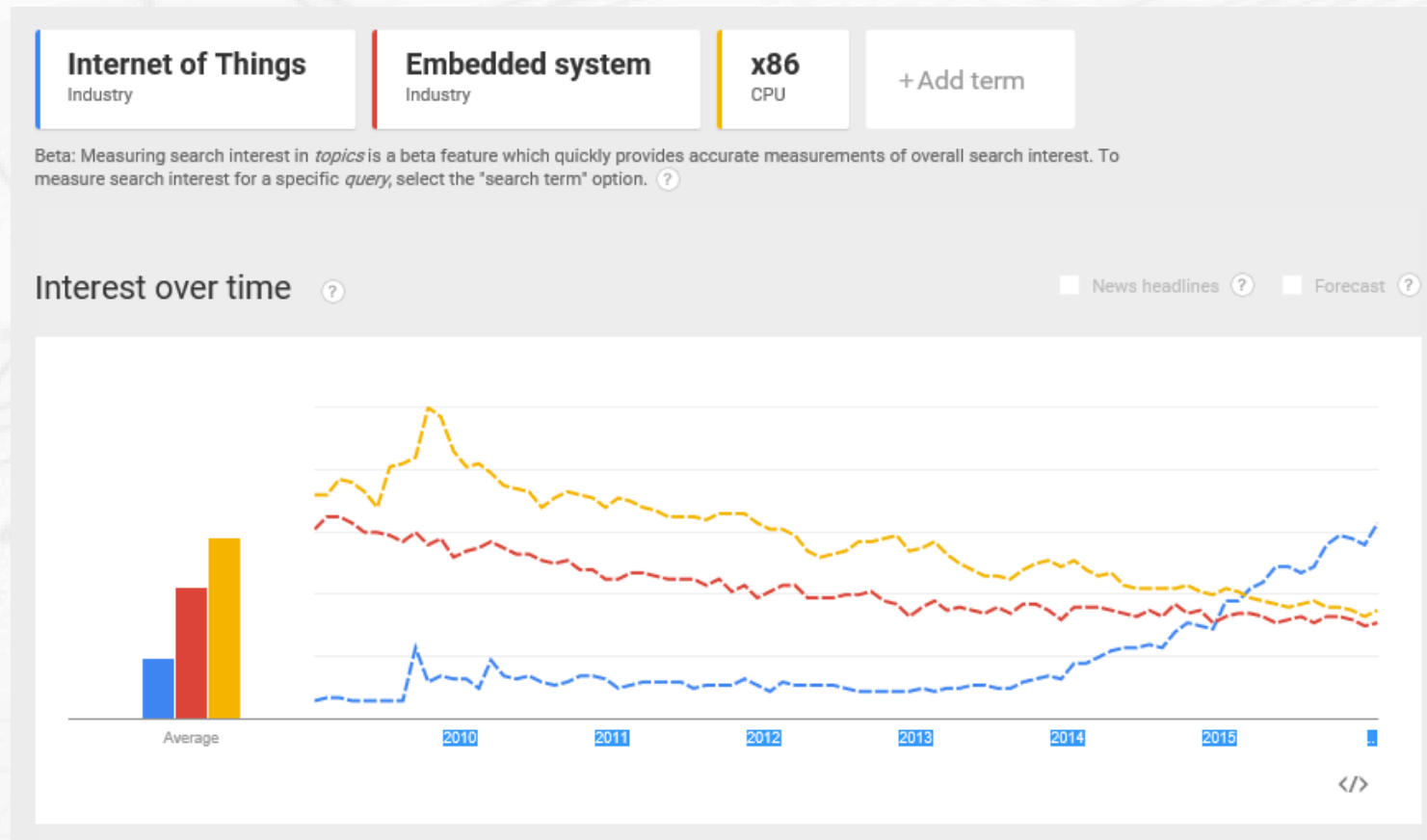


Κυβερνοφυσικά Συστήματα

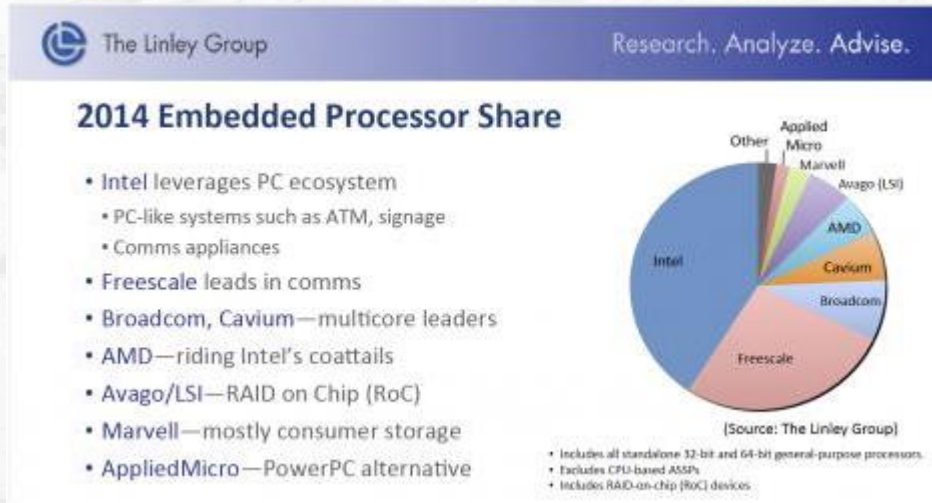
- Συλλογή (και αλληλεπίδραση) ενσωματωμένων συστημάτων



- Αξίζει να ασχοληθώ με τα ενσωματωμένα?



- Αξίζει να ασχοληθώ με τα ενσωματωμένα?
- Smartphones contain 2 to 4 chips with CPU IP; this segment drives the most shipments.
- However, the fastest growing segment is embedded, growing at 29% in 2014. Most of this is MCU's. In 2014 CPU IP was used in 15.3 billion chips. Two thirds of which were mobile and embedded.
<https://www.semiwiki.com/forum/content/5086-processors-rule-day.html>



Βασικές προδιαγραφές

- FUNCTION (dedicated system)
- Response Time -- Real Time Systems
- Form factor - Area
- Portability
- Cost
- Low Power (Battery Life)
- ❑ Fault Tolerance

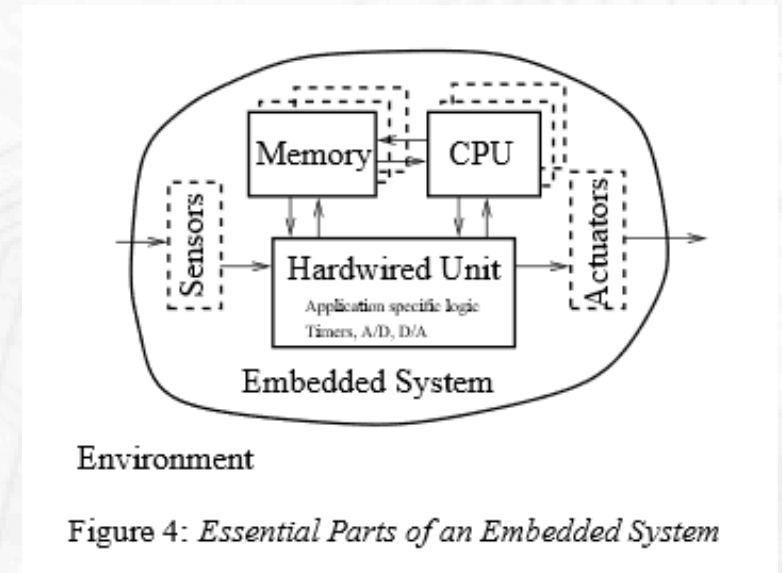
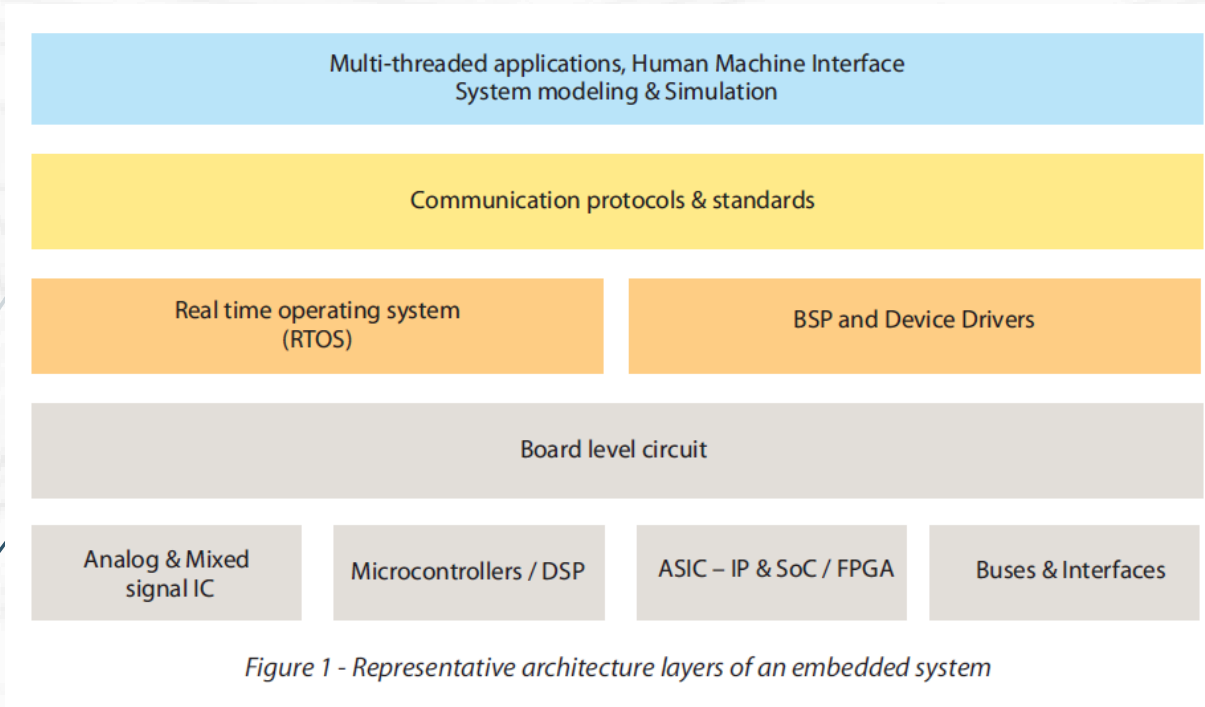
■ Απαραίτητα:

- Microprocessor / DSP
- Memory (On-chip and Off chip)
- Communication path with the interacting environment

■ Προαιρετικά:

- Storage (permanent memory)
- User Interface
- Sensors
- Converters (A-D and D-A)
- Actuators

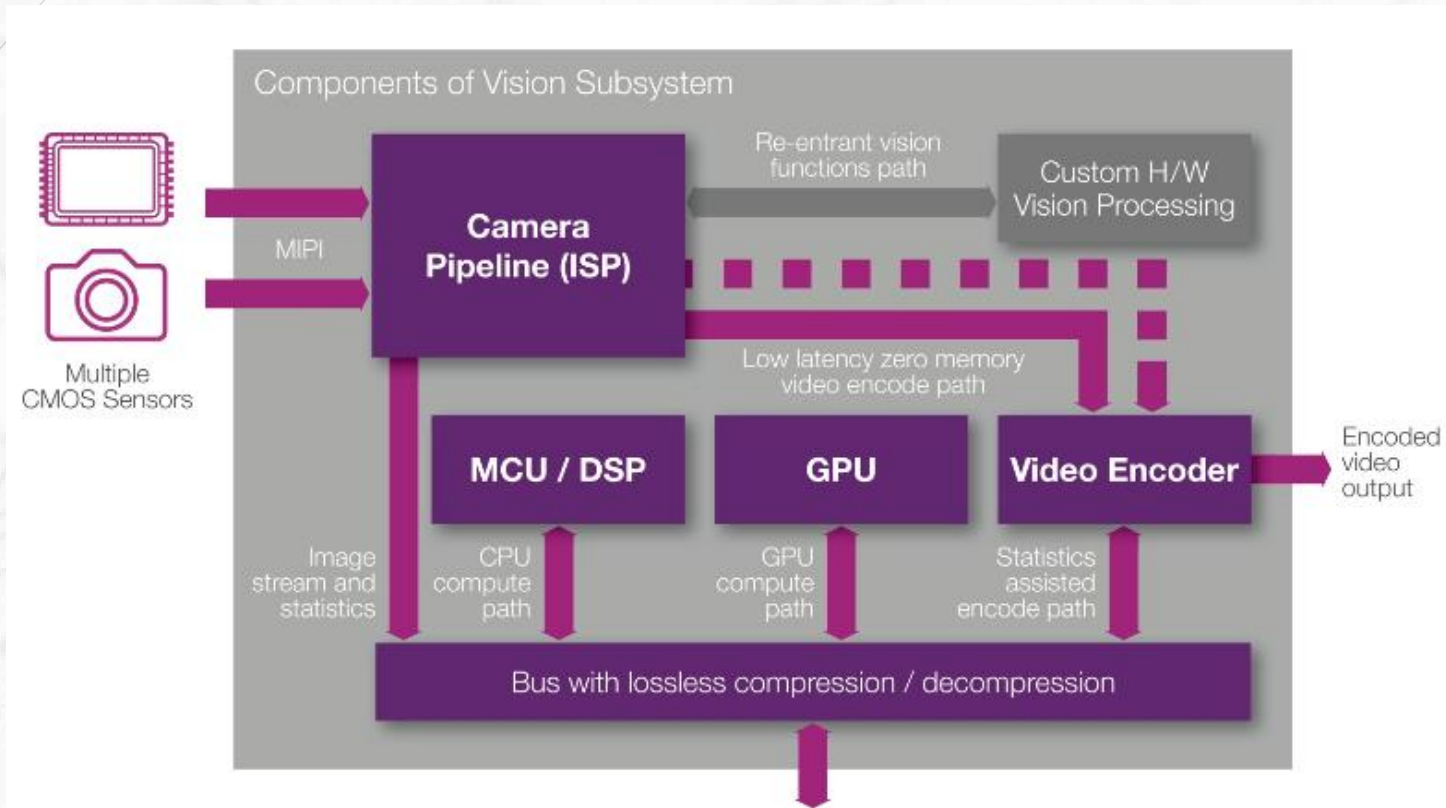
ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗ Η/W -> S/W



http://www.tcs.com/sitecollectiondocuments/white%20papers/tcs_hitech_whitepaper_Trends-Implications-Embedded-Systems-Development.pdf

https://www.researchgate.net/publication/2947346_Embedded_Processors_Characteristics_and_Trends

Παραδειγματα – VIDEO CAMERA

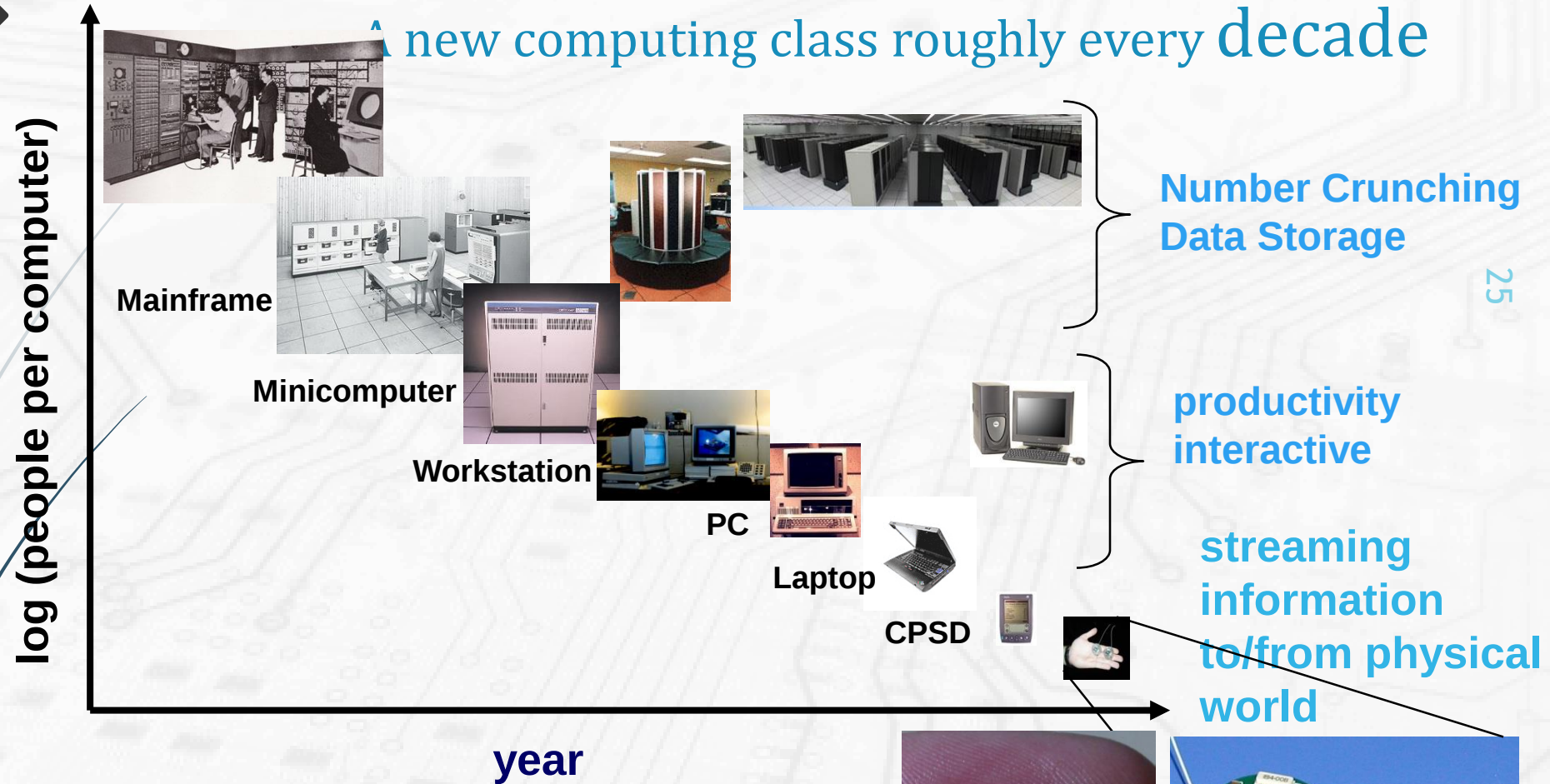


<http://embedded-computing.com/articles/whats-next-for-mobile-heterogeneous-processing-evolves/>

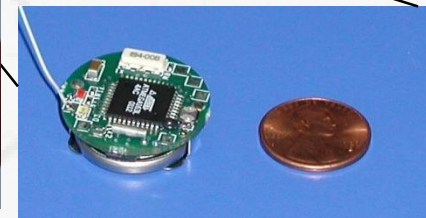
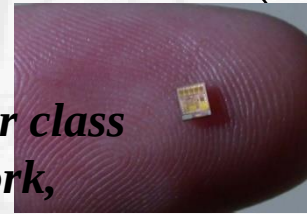
What is driving the
embedded everywhere explosion?

Bell's Law of Computer Classes:

A new computing class roughly every decade



“Roughly every decade a new, lower priced computer class forms based on a new programming platform, network, and interface resulting in new usage and the establishment of a new industry.”



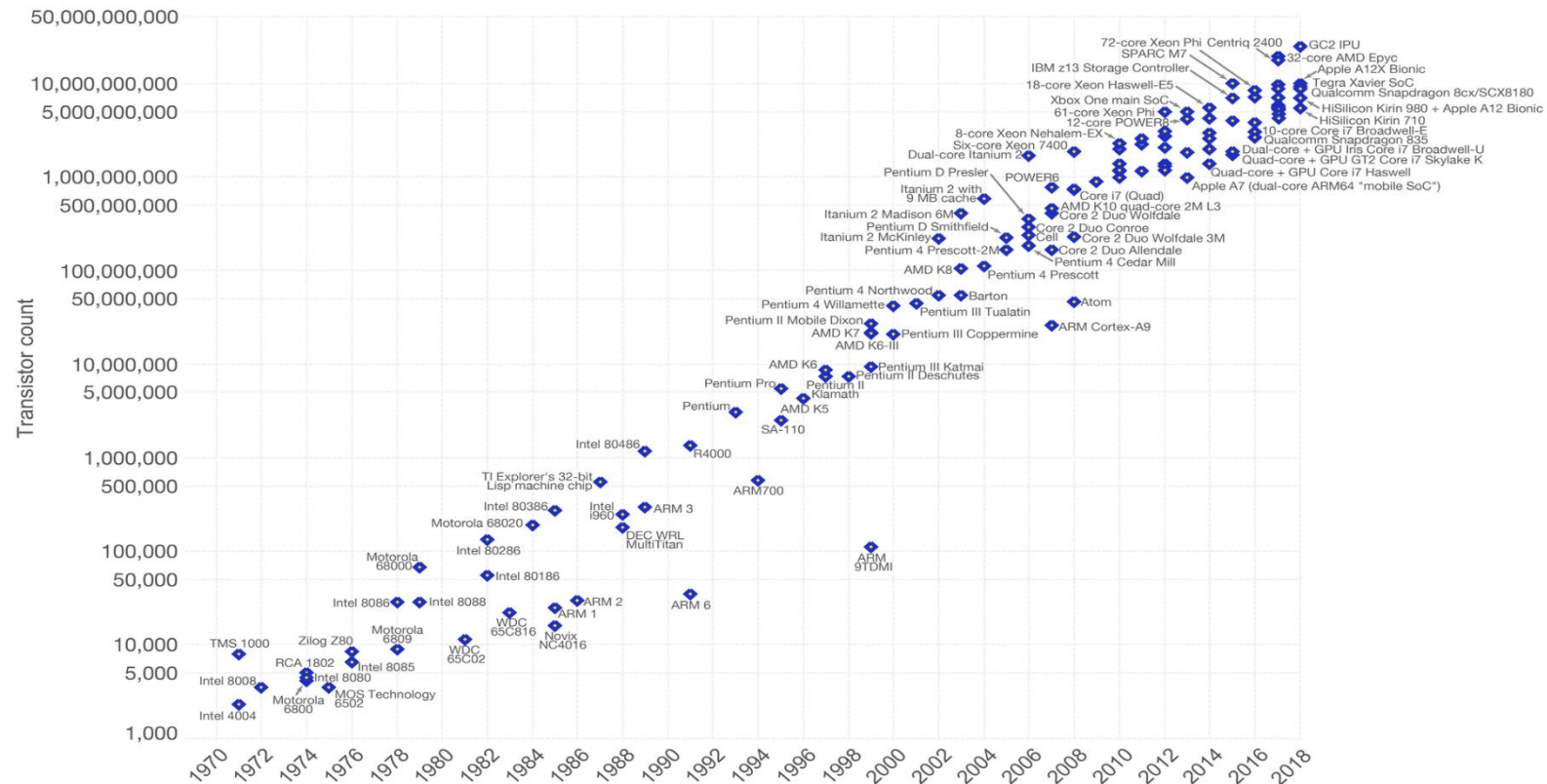
Adapted from
D. Culler

Moore's Law: IC transistor count doubles

Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2018)

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are linked to Moore's law.

OurWorld
in Data

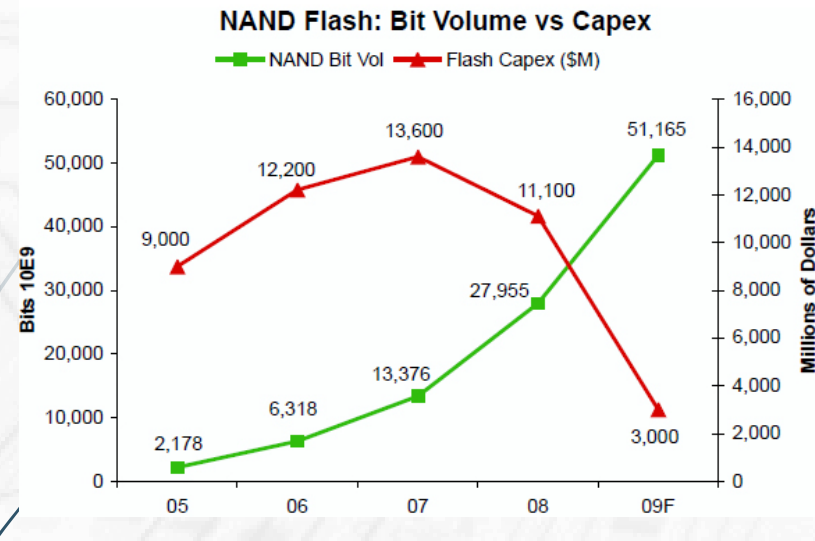


Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
The data visualization is available at OurWorldinData.org. There you find more visualizations and research on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

Flash memory scaling:

Rise of density & volumes; Fall (and rise) of prices



27

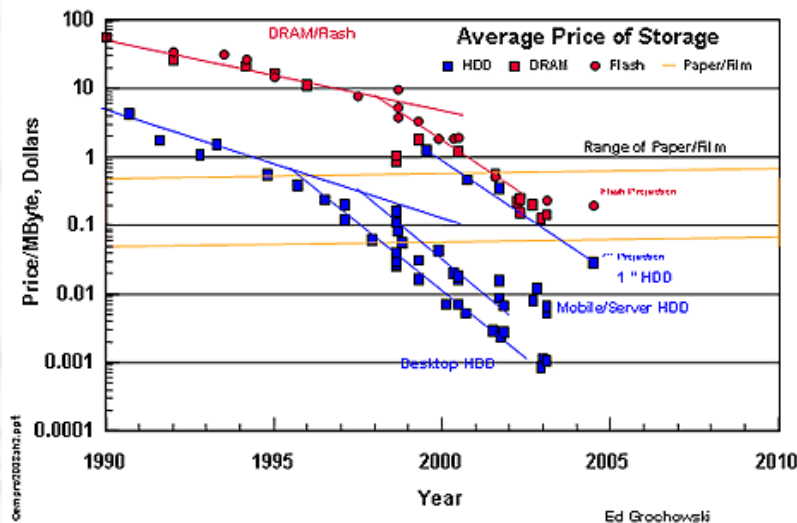
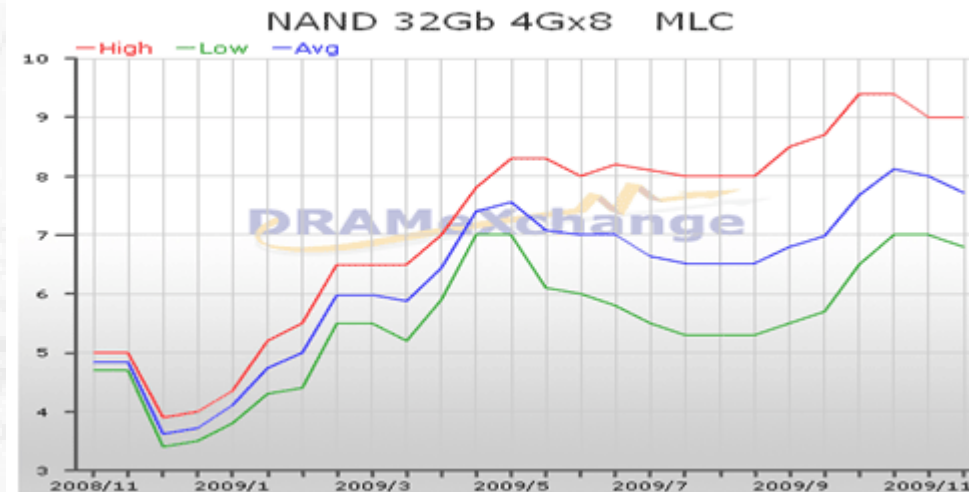
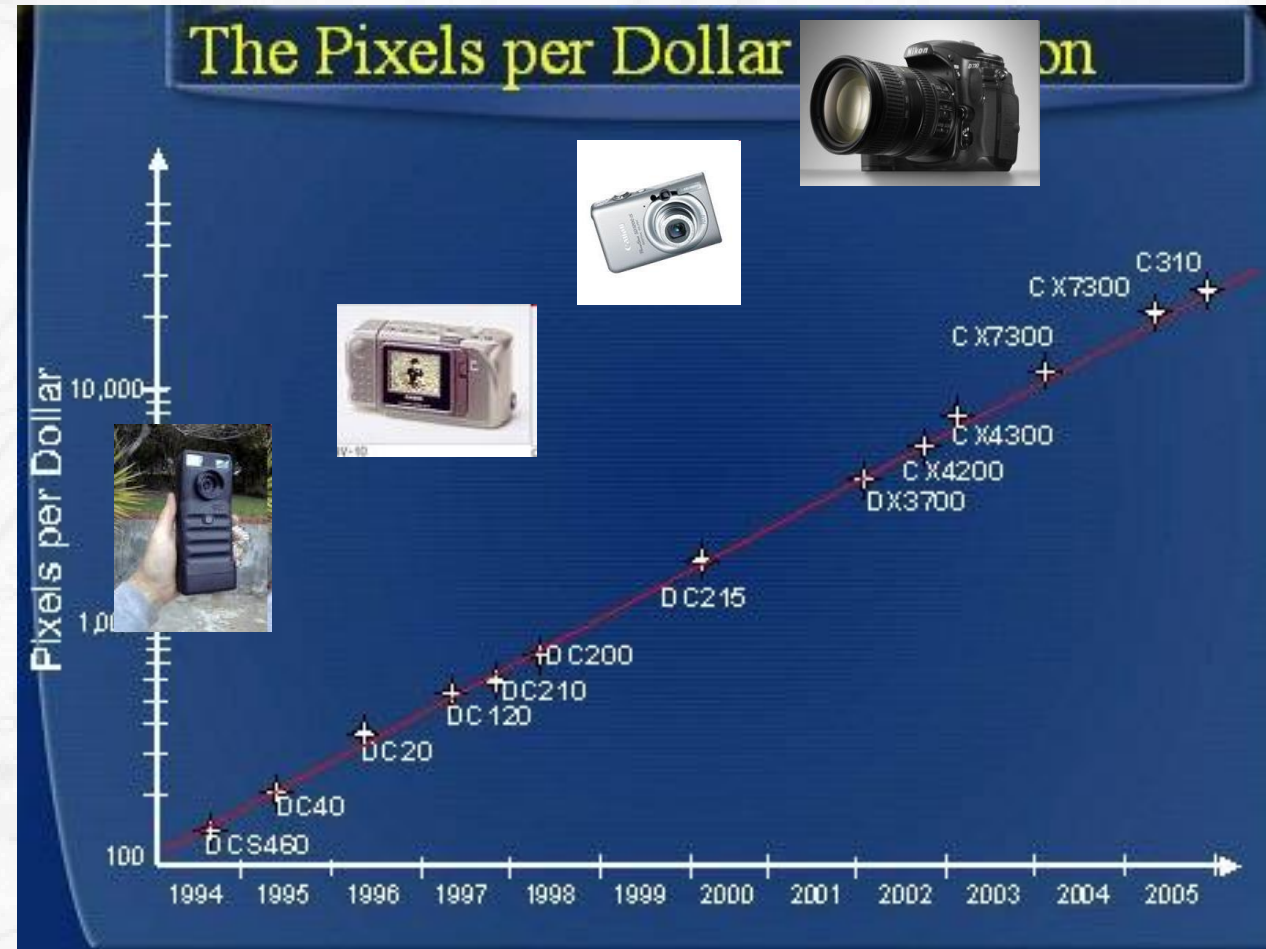


Figure-1 32Gb MLC NAND Flash contract price trend

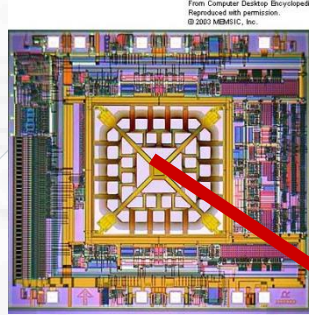


Hendy's "Law": Pixels per dollar doubles annually

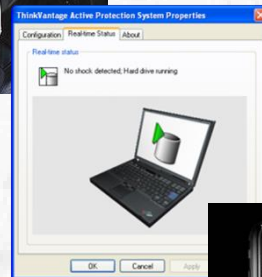


Credit: Barry Hendy/Wikipedia

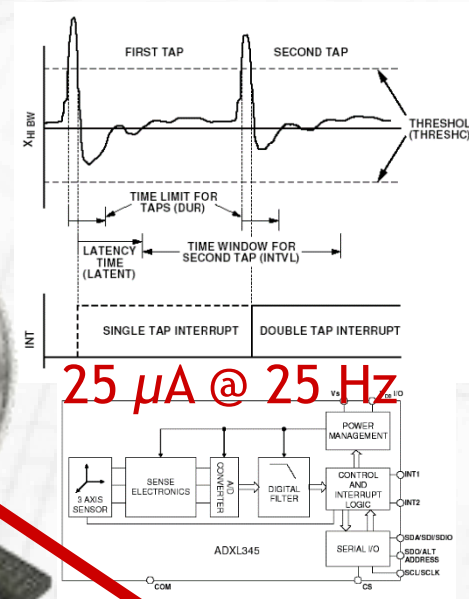
MEMS Accelerometers: Rapidly falling price and power



0(mA)



Price
Power



25 μ A @ 25 Hz

ADXL345

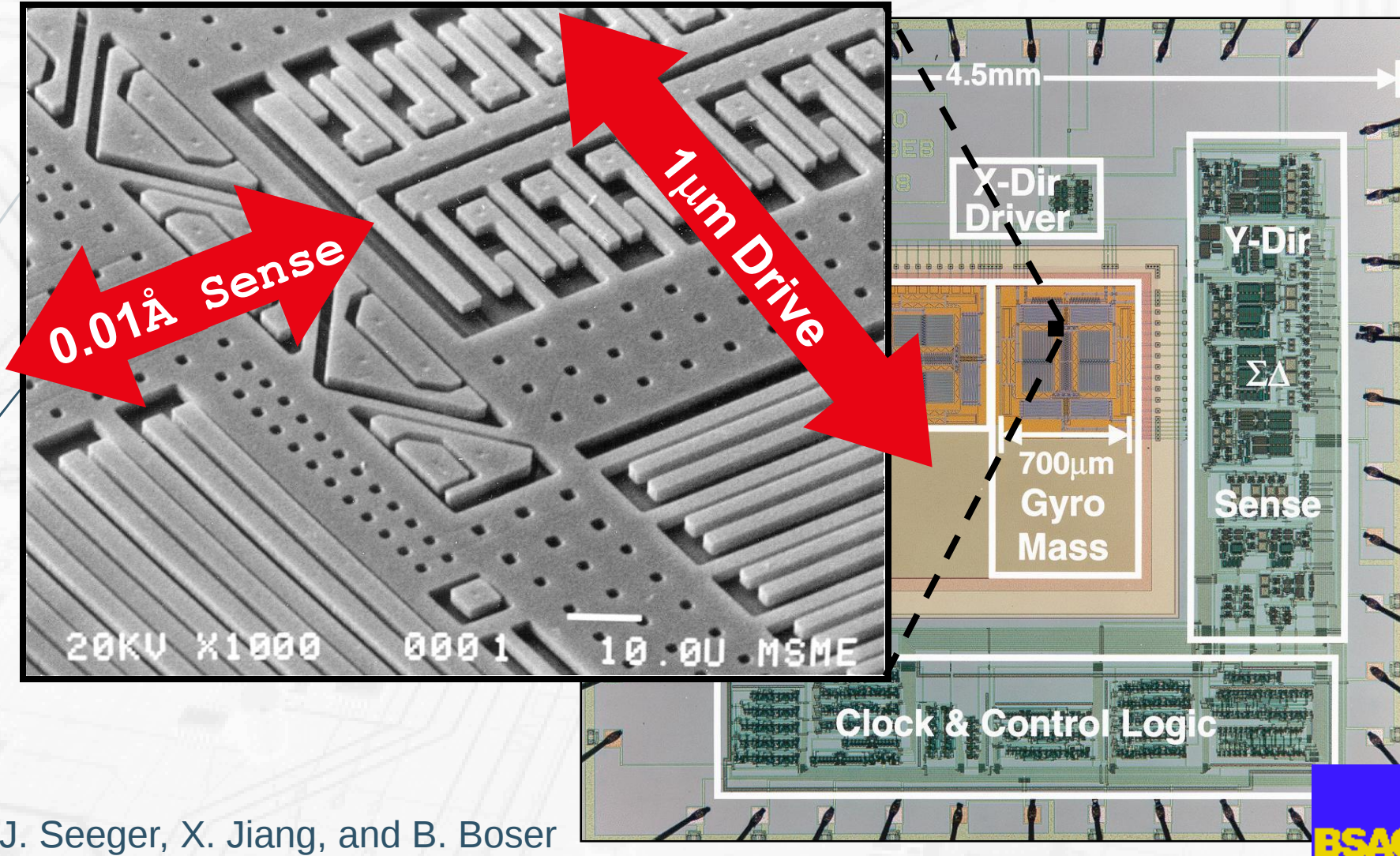
[Analog Devices, 2009]



10 μ A @ 10 Hz @ 6 bits

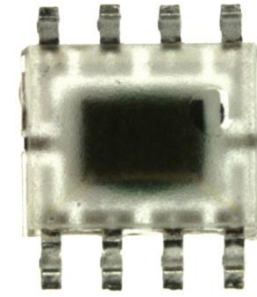
[ST Microelectronics, ann. 2009]

MEMS Gyroscope Chip



Energy harvesting Small doesn't mean

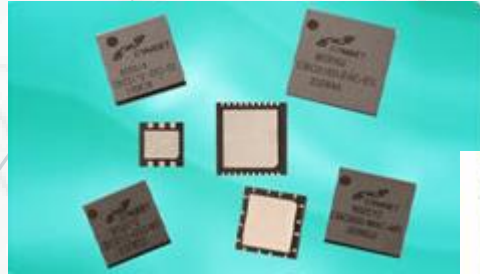
Storage:
Effortless...



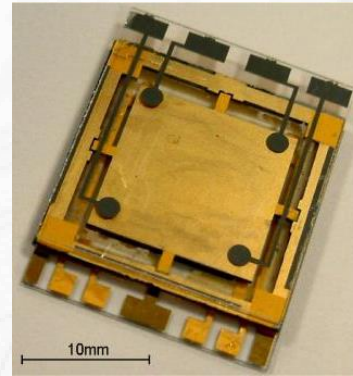
Clare Solar Cell



RF [Intel]



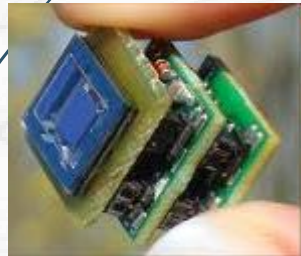
Thin-film batteries



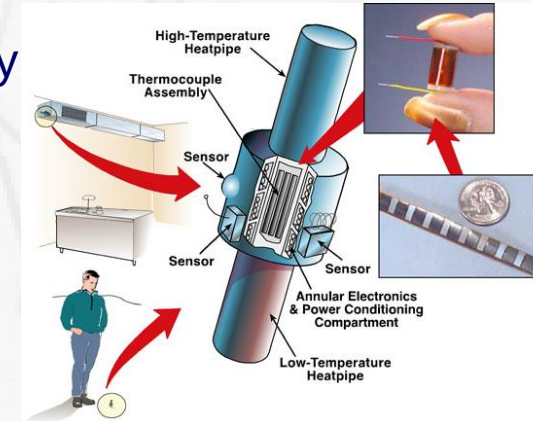
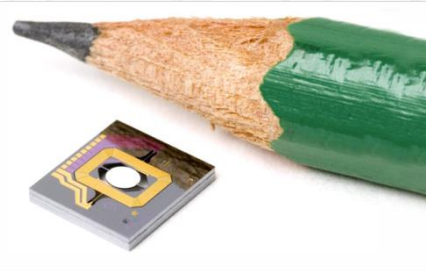
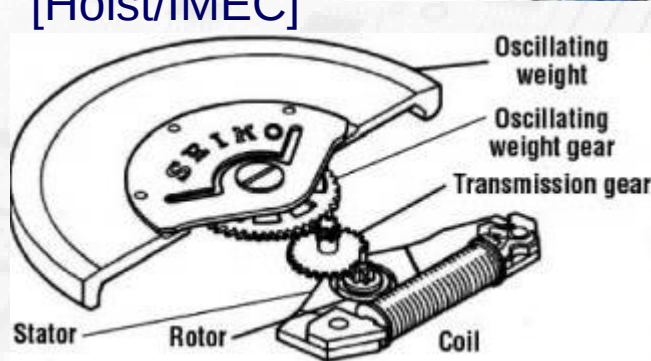
Electrostatic Energy Harvester [ICL]



Shock Energy Harvesting
CEDRAT Technologies



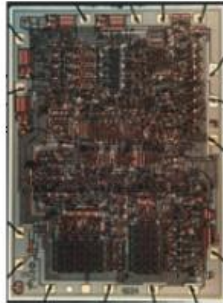
Piezoelectric
[Holst/IMEC]



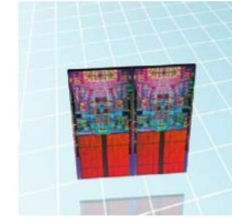
Thermoelectric Ambient
Energy Harvester [PNNL]

Corollary

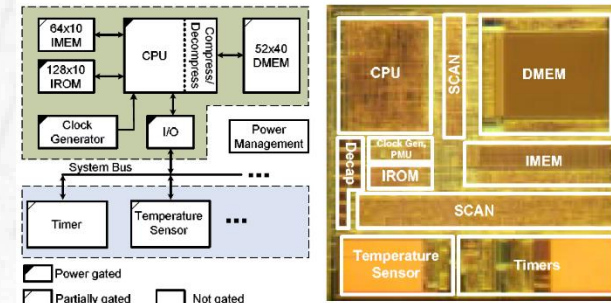
Ball's Law, Take 2: Laws of Scale



Intel® 4004 processor
Introduced 1971
Initial clock speed
108 KHz
Number of transistors
2,300
Manufacturing technology
10 μ



Quad-Core Intel® Xeon® processor
Quad-Core Intel® Core™2 Extreme processor
Introduced 2006
Intel® Core™2 Quad processors
Introduced 2007
Initial clock speed
2.66 GHz
Number of transistors
582,000,000
Manufacturing technology
65nm



UMich Phoenix Processor
Introduced 2008
Initial clock speed
106 kHz @ 0.5V Vdd
Number of transistors
92,499
Manufacturing technology
0.18 μ

**15x size decrease
40x transistors
55x smaller λ**

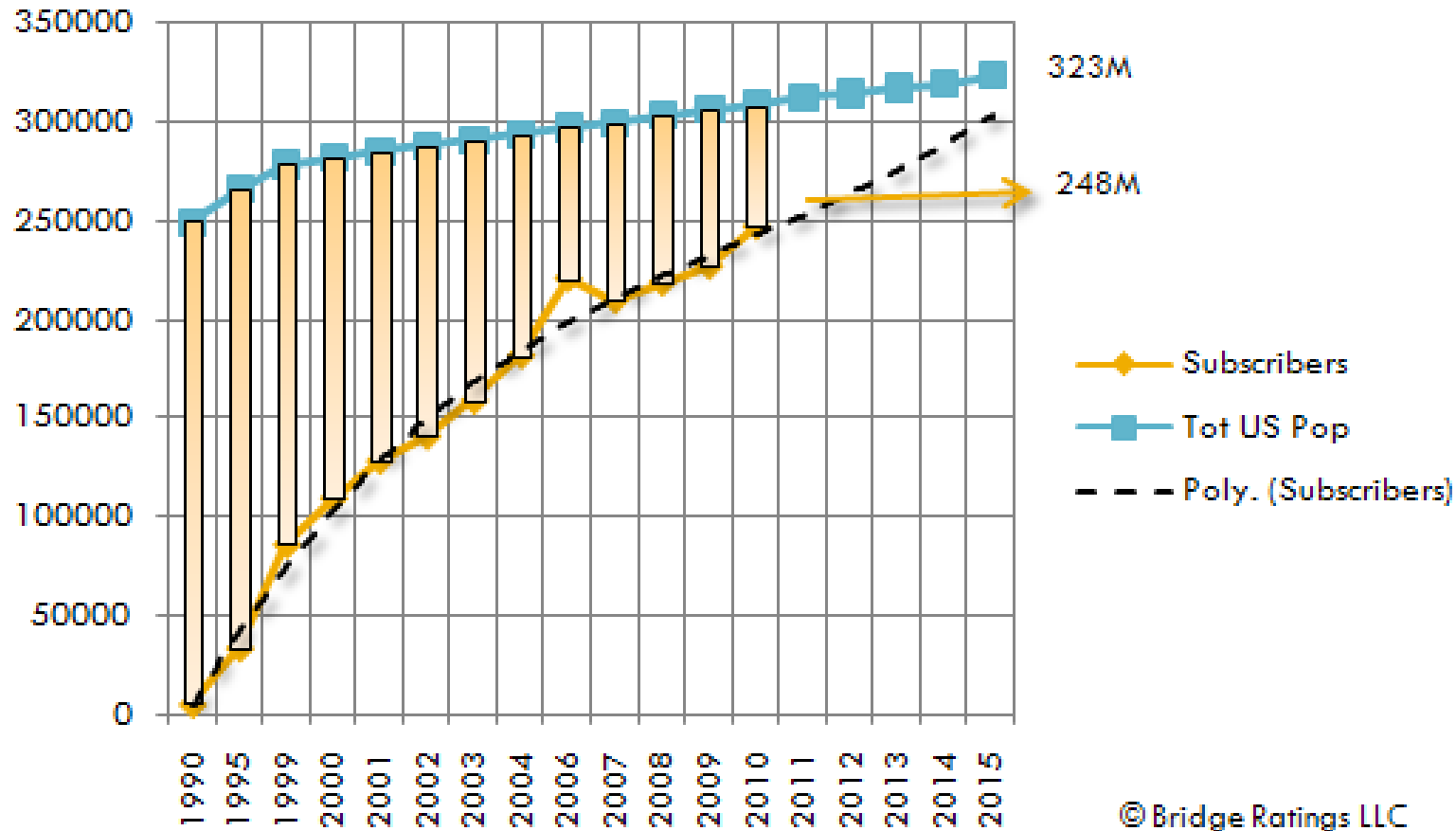
Photo credits: Intel, U. Michigan

Design Questions

Learning happens when assumptions
are challenged and invalidated, so...

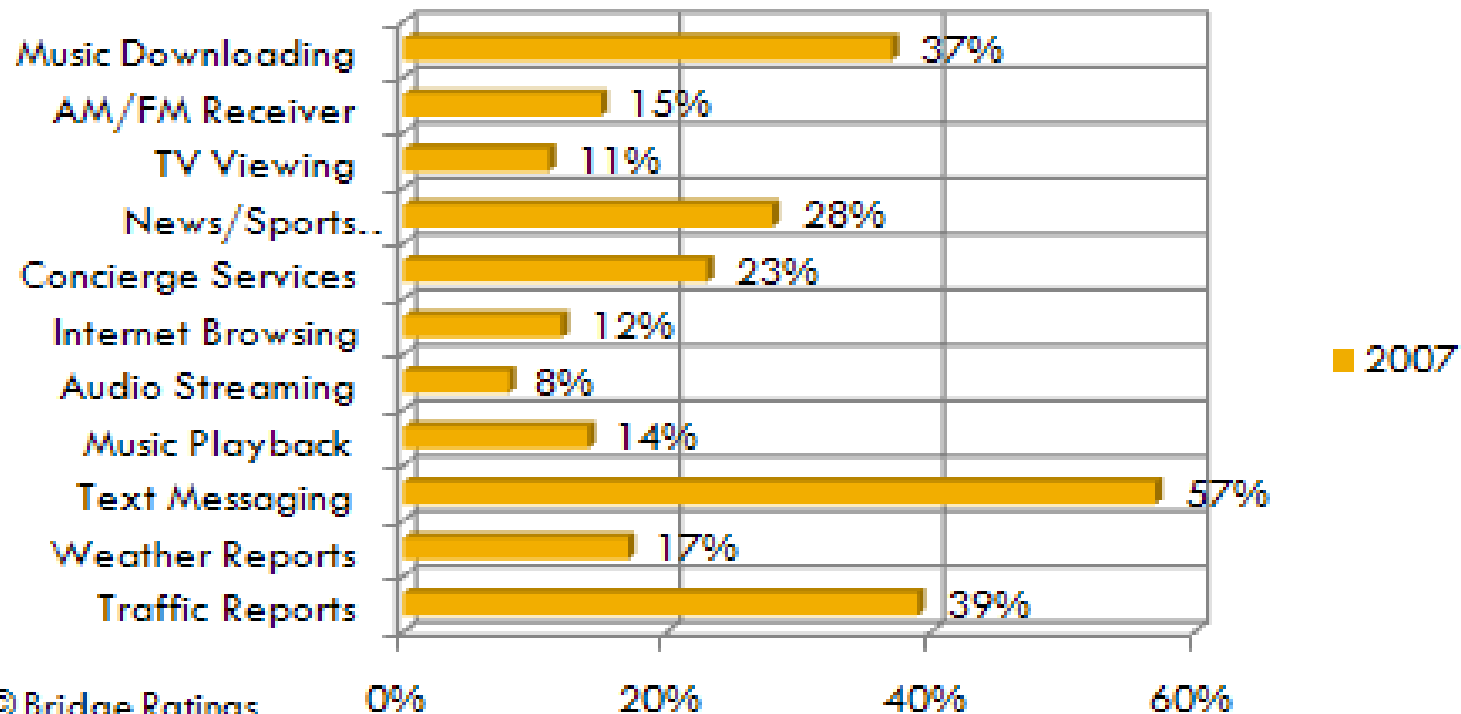
Mobile phones: the most successful technology ever

U.S. Cell Phone Subscriber Growth 1990-2015



What happened elsewhere now happens on the phone

Preferred Cell Phone Services



© Bridge Ratings
LLC

35