

The Trend of Embedded Systems

嵌入式系統發展之趨勢



主講人：金明浩 主任

義守大學 資訊工程學系

mhjing@isu.edu.tw 07 6577711-6511/6501

時間：97年3月25日（星期二）

13:30 至15:00

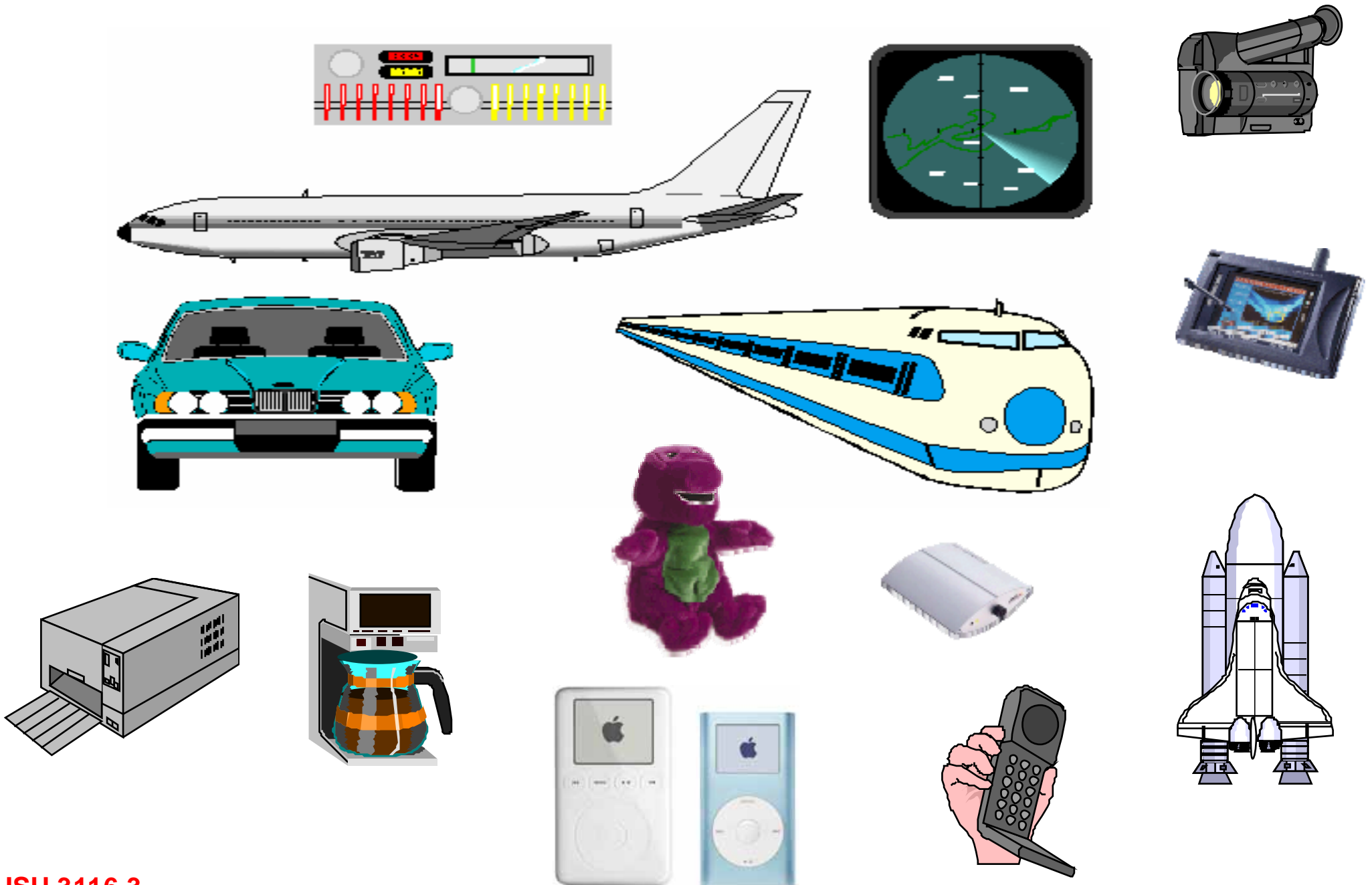
地點：國立屏東商業技術學院 資訊科技系

教學貳館一樓紅廳

Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

What are Embedded Systems?



What are Embedded 3C Systems?



What are Embedded Systems?

據英國電機工程師協會的定義，「嵌入式系統為控制、監視或輔助設備、機器或甚至工廠運作的裝置」。

嵌入式系統為一種電腦軟體與硬體的綜合體，特別強調「量身定做」的原則，基於某一種特殊用途上，針對這項用途開發出截然不同的系統，是所謂的客制化(Customized)系統。

- 手機
- 個人數位助理器(**PDA, Personal Digital Assistant**)
- 全球衛星定位系統(**GPS, Global Position System**)
- 數位電視機上盒(**Set-Top-Box**)
- 嵌入式伺服器(**Embedded Server**)
- 精簡型終端設備(**Thin Client**)
- 監視、識別、檢測...等。

Example: Hy-wire 未來汽車

<http://auto.howstuffworks.com/hy-wire.htm>

Hy-wire 為 **Hydrogen** 與 **by-wire** 的合成，為氫燃料驅動-線傳操控。

Hy-wire 概念車是在通用汽車於 **2002** 北美國際車展上首次推出的“自主魔力”(**AUTOnomy**) 概念車基礎上開發的，融合了“自主魔力”的各項主要技術創新。



Example: Roomba 機器人真空吸塵器

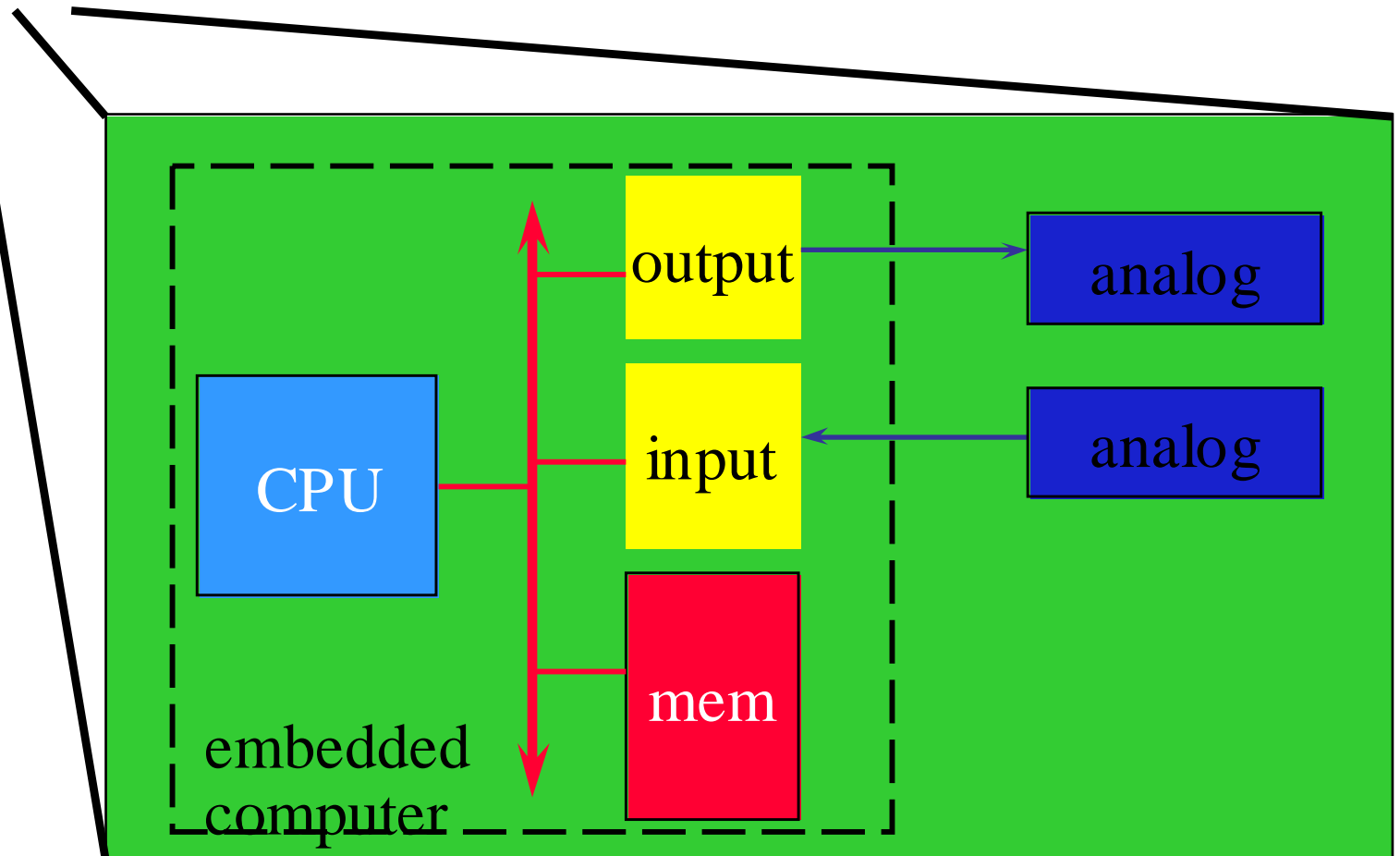


「**Roomba**」智慧型吸塵器，是由宏碁在美國所投資的機器人設計與製造公司**iRobot**所設計生產，並由宏碁旗下的管家婆科技代理引進。

Trilobite(三葉蟲)則是由首次進入台灣家電市場的**Electrolux**公司所引進。

<http://store.pchome.com.tw/irobot/>

基本架構仍然相同

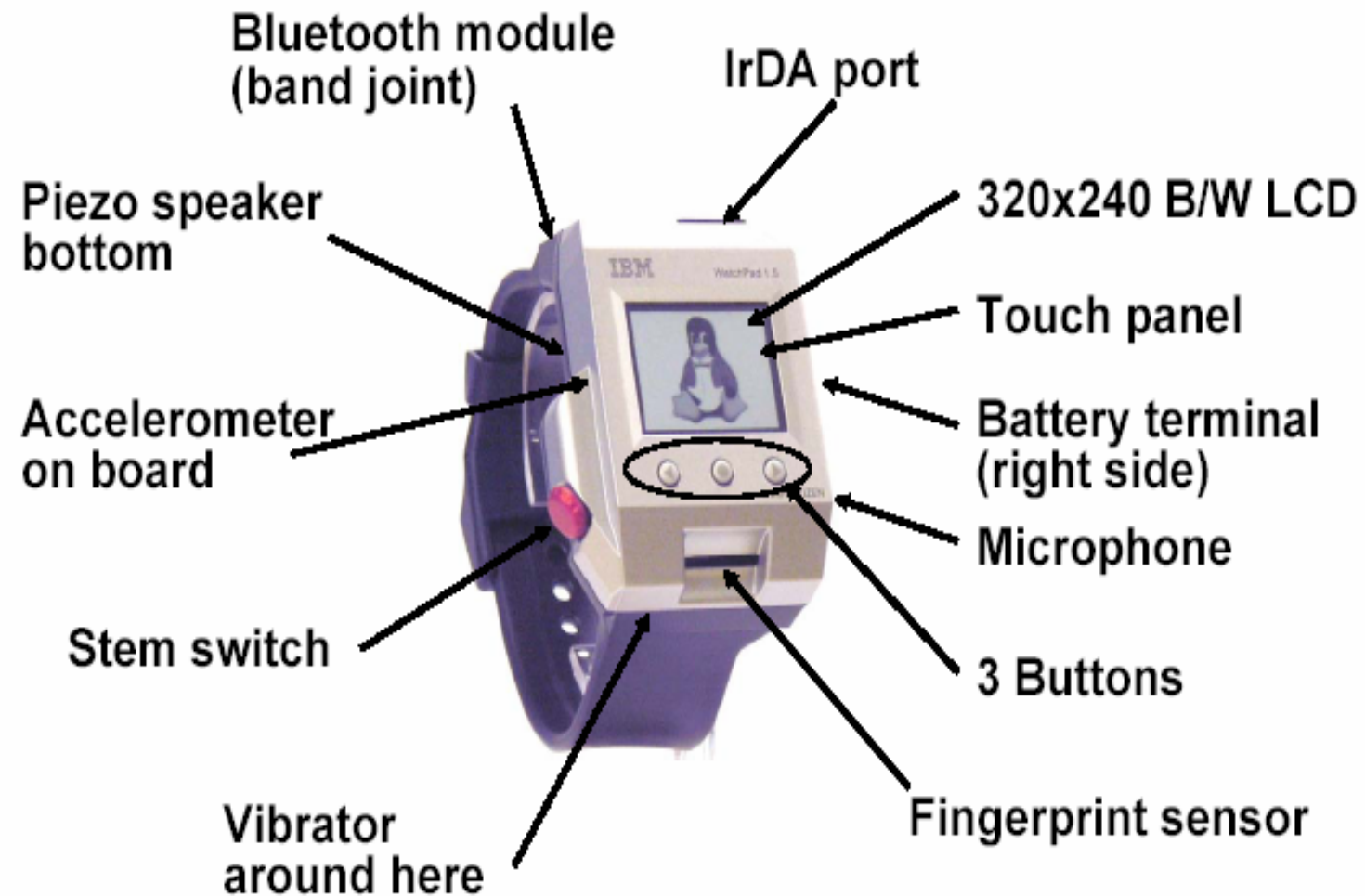


為何要嵌入電腦？

- 手錶的演進



爲何要嵌入電腦？



更聰明，更多功能，數位化並與虛擬世界介接

Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

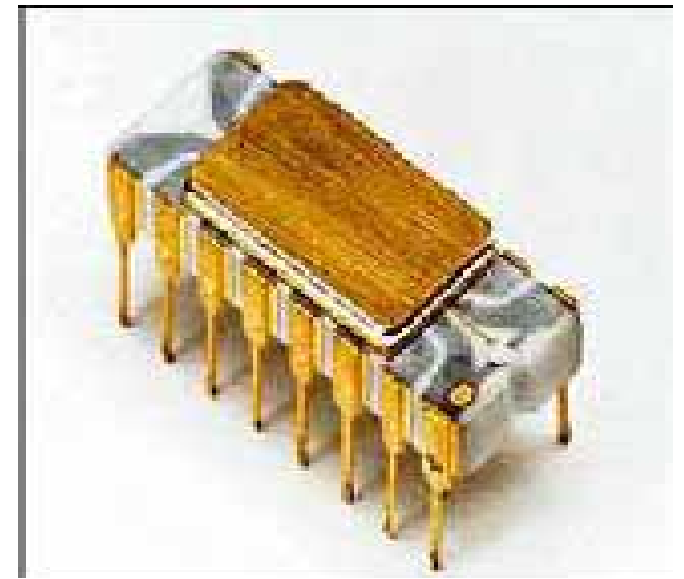
嵌入式系統的發展歷史

通常是以單晶片為核心，應用於一些工業控制系統中。這種嵌入式系統，通常沒有作業系統的支援，通過組合語言程式執行系統的功能，一般具有與監測、服務以及控制功能。

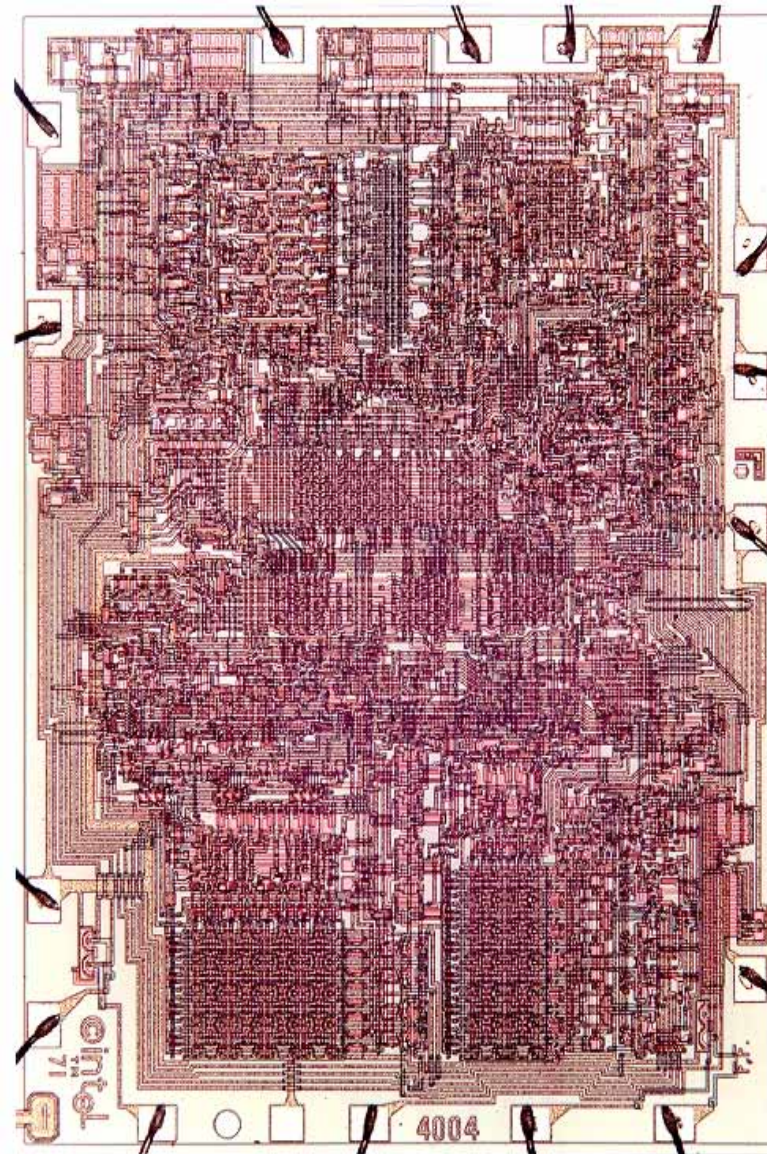
其主要特點是：

系統結構和功能都相對簡單，成本較低。這種嵌入式系統屬於低階應用領域。

第一顆四位元微處理器 **intel 4004**



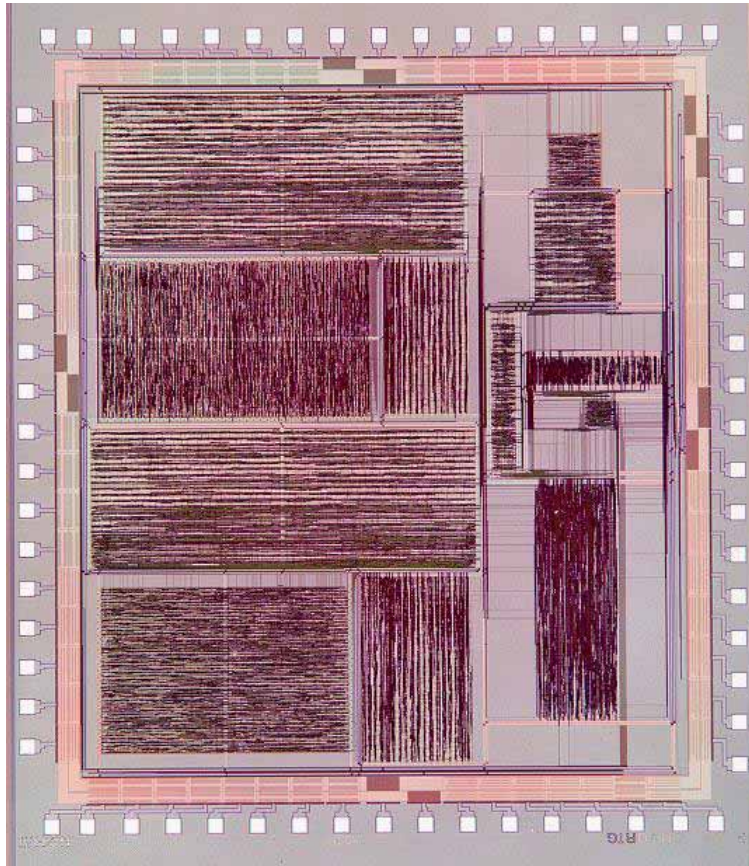
The Custom Approach



Intel 4004

“Traditional” Hardware Embedded Systems = ASIC

History



ASIC Features

Area: 4.6 mm x 5.1 mm

Speed: 20 MHz @ 10 Mcps

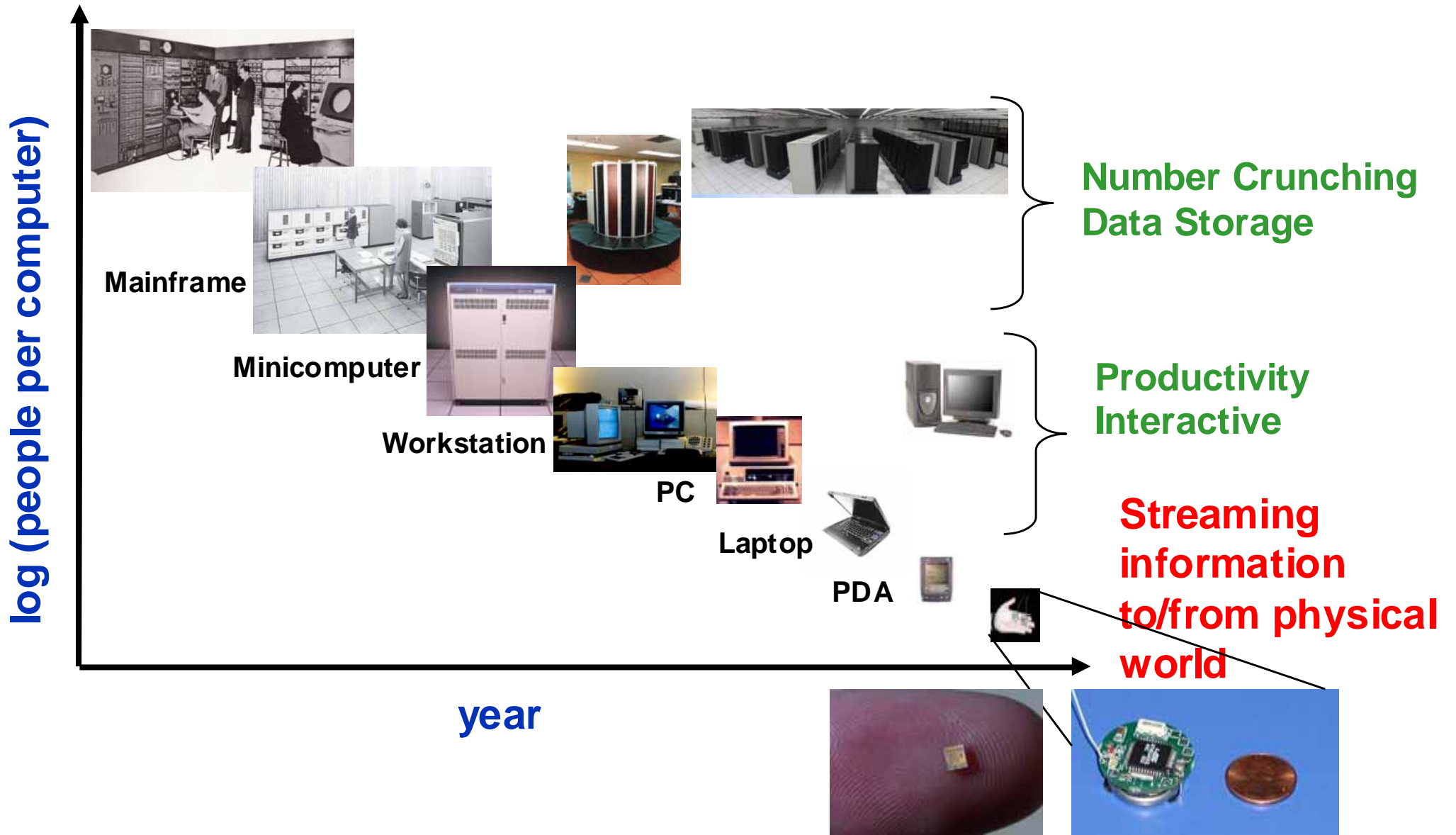
Technology: HP 0.5 μm

Power: 16 mW - 120 mW (mode dependent) @ 20 MHz, 3.3 V

Avg. Acquisition Time: 10 μs to 300 μs

- A direct sequence spread spectrum (DSSS) receiver ASIC (UCLA)

A New Paradigm of Computing



嵌入式系統的發展歷史- 第二階段

- 以嵌入式**CPU**和嵌入式作業系統為核心的嵌入式系統。
- 嵌入式作業系統能運行於不同類型的微處理器上，具有
 - **OS** 核心小
 - 效率高
 - 高度的模組化
 - 擴展性

嵌入式系統

電腦，假裝自己不是電腦



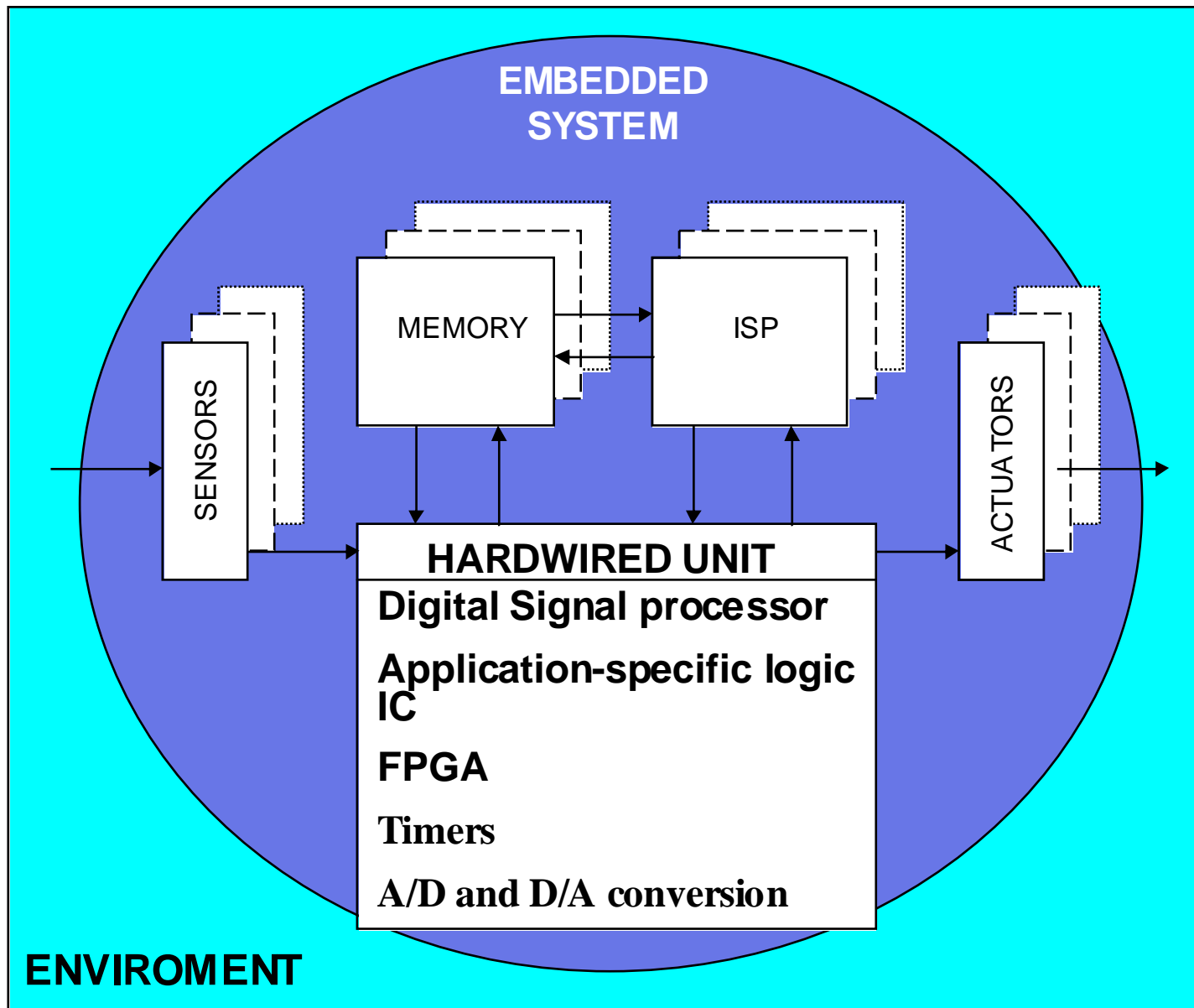
嵌入式系統的發展歷史- 第三階段

基於**Internet**為目標之嵌入式系統，目前正在迅速發展。進入**90**年代後，**Internet**的應用迅速普及，廣泛深入到社會、經濟、軍事、交通、通信等相關行業，消費電子、電腦與通信一體化的趨勢日趨明顯。嵌入式技術再度成爲一個研究的熱門主題。

1. 多工處理
2. 多程序處理
3. 多執行處理
4. 多種設備與輸出入介面支援
5. 網路功能
6. 圖形化視窗
7. 使用者介面等功能
8. 提供開發者大量的應用程式介面，開發應用程式相對簡單。

嵌入式系統的應用環境與其他類型的電腦系統有著明顯的不同，隨之也帶來了相對應作業系統的不同要求，從而構成了現代作業系統的一個新的類別：嵌入式作業系統。嵌入式作業系統是與應用環境密切相關的。

Embedded systems



Trend of Embedded Systems

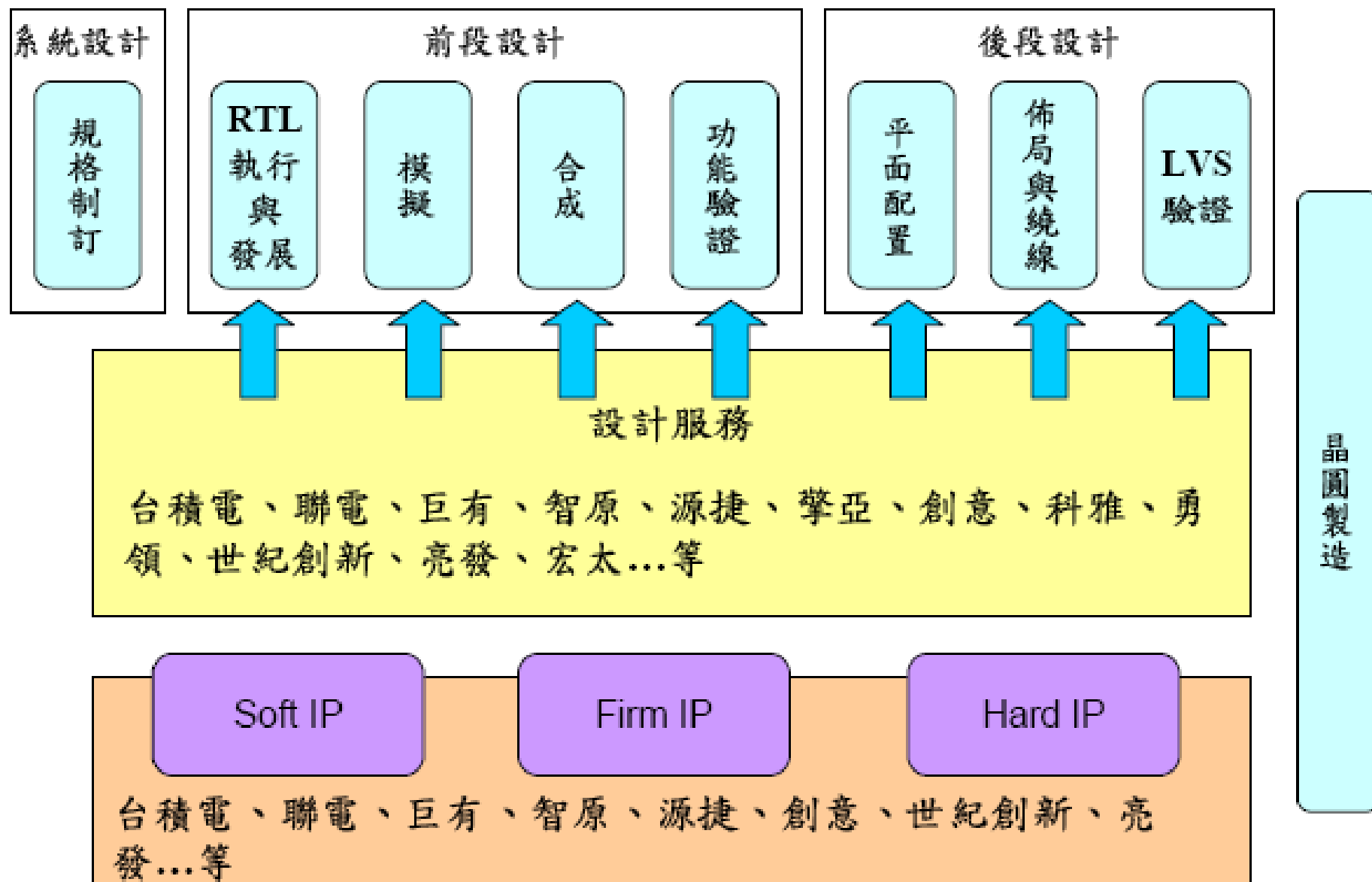
- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

嵌入式系統基本概念

嵌入式作業系統的硬體平台和應用環境有以下特點：

- 系統資源有限且省電：
微處理器(微控制器)指令較短，多數微處理器(微控制器)為**8**位元、**16**位元、**32**位元；嵌入式系統儲存多在**1**兆位元內有的沒有外部記憶體；多採用電池供電。
- 外接設備多變：
系統的輸入輸出設備以及被控設備千變萬化，比如鍵盤、滑鼠、觸控板、筆式設備，也可能是速度檢測信號或雷達信號等。
- 從應用面看，嵌入式作業系統有以下特點：
 - 佔用系統資源少
 - 即時回應要求嚴格
 - 對作業系統可靠性要求高
 - 具有可配置性

嵌入式系統基本概念



嵌入式系統的設計考量

- 複雜的演算法：
進行的運算相當複雜，例如控制汽車引擎的微處理器。
- 使用者介面：
因為微處理器有處理複雜功能的能力，可供組合的選單也變化很多，例如全球定位系統(**GPS**)的複雜使用者介面。
- 即時功能：
系統強調即時，也就是資料能夠在規定的時間內處理完畢。
- 多重速度匹配：
有些嵌入式系統是好幾件工作同時執行，並且須達到即時的要求，這種特性稱為多重速度匹配。
- 製造成本：
製造成本決定了硬體零組件的挑選。
- 省電：
電源設計直接影響製造成本，不過如果產品採用電池當作電力來源，這個成本就不能省略，否則無法達到省電的目的。

嵌入式系統的設計挑戰

- 應該使用多少硬體？
- 系統的期限是多少？
- 最小化電力的需求？
- 升級考量？
- 是否真的可以用？
- 完整測試？
- 難以觀察與控制？
- 嚴苛的發展環境？

嵌入式系統設計能力

- 硬體的晶片設計、電路與周邊設計，到軟體、韌體(Firmware)系統整合，以及各式各樣的應用程式與服務提供，都是整個嵌入式系統領域包含的範疇。
- 一個軟體工程師應該具備的能力：
 - 系統整合能力
 - 程式語言能力
 - 可視度設計能力
 - 硬體界面設計能力
 - 掌握市場應用導向

嵌入式系統硬體元件

- **Microcontroller**

通常微控制器晶片中週邊設備資源較豐富，適合於控制用途，因此稱之為微控制器。

- **DSP (Digital Signal Processor)**

數位訊號處理器(DSP)是一種功能強大且非常快速的微處理器。DSP的特性在於能即時地處理大量訊號。

- **ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)**

專用積體電路，是指能執行特定功能之晶片。

- **FPGA (Field programmable Gate Array)**

場效式可程式化硬體陣列

Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

資訊家電

- **3C**整合的資訊家電，在任何時間、任何地點來擷取各類資源，從家庭消費電子產品，到個人隨身攜帶、穿著、車載的各種多樣化行動資訊處理設備。
- 為家庭多媒體數位中心，有四大主要的功能：上網、娛樂、自動控制、保全。
- 分為三大產業：
網路設備商(用**Cable Modem**、**ADSL**)，
消費性電子廠商(用數位電視、**DVD Player**)、
用電腦來控制家庭各種數位設備。
- 各家展開激烈競爭，希望自己最擅長的產品，能成為未來數位家庭網路的運作中心：微軟(電腦)、**Sony(PS2及數位電視)**、諾基亞(手機)、優派(顯示器)、三星(手機、電視)、**LG(電冰箱、電視)**...

無所不在的運算 - 環繞智慧

- 嵌入的(**Embedded**): 周遭環境裡分佈許多隱藏起來的裝置。
- 情境感知的(**Context Aware**): 可以知道周遭狀況。
- 個人化的(**Personalized**): 可以依據您的需求量身定做，而且可以辨識您是誰。
- 可調適的(**Adaptive**): 可以依據您或是您的環境作不同的反應。
- 可預知的(**Anticipatory**): 可以預知您的喜好，不需要一直詢問。
- 無所不在的運算也稱為環繞智慧

感測器技術

- 感測器（**Sensor**）是測量系統中的一種前置部件，它將輸入變化轉換成可供測量的訊號。
- 達到情境感知（**Context Aware**）的重要基礎，如何讓一個裝置具有知覺，感受使用者周遭環境的變化，並且給予正確的反應。
- 做出檢測範圍寬，準確度高、可靠性高、穩定性好、回應速度快、互換性好、壽命長、抗干擾性高的感測器是感測器領域的目標。
- 需要智慧型處理與演算法，幫助判定所偵測到的大量訊號。
- 如何讓這些裝置能夠相互合作？
這包括了尋找網路、自我組態、傳輸路徑規劃與重建、取得網路伙伴的能力資訊、傳遞自我能力、省電等等。
- 感測器網路（**Sensor Network**）
由一組感測器以**Ad Hoc**方式構成的有線或無線網路。
互相合作、感知、採集和處理網路覆蓋的地理區域中感知物件的資訊，並傳遞給觀察者。
美國柏克萊大學的塵粒（**MOTE**）或智慧微塵（**Smart Dust**）計畫。

數位家庭的標準

Topics

BROADBAND

Entertainment,
E-Business, Services

MOBILE MULTIMEDIA

Entertainment,
Personal Pictures and Video,
Services

MEDIA

Pre-Recorded Content,
Personal Media

BROADCAST

Services,
Entertainment

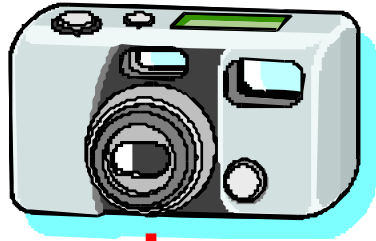
Consumers want their
devices to work together
and share content

: <http://www.dh wg.org>

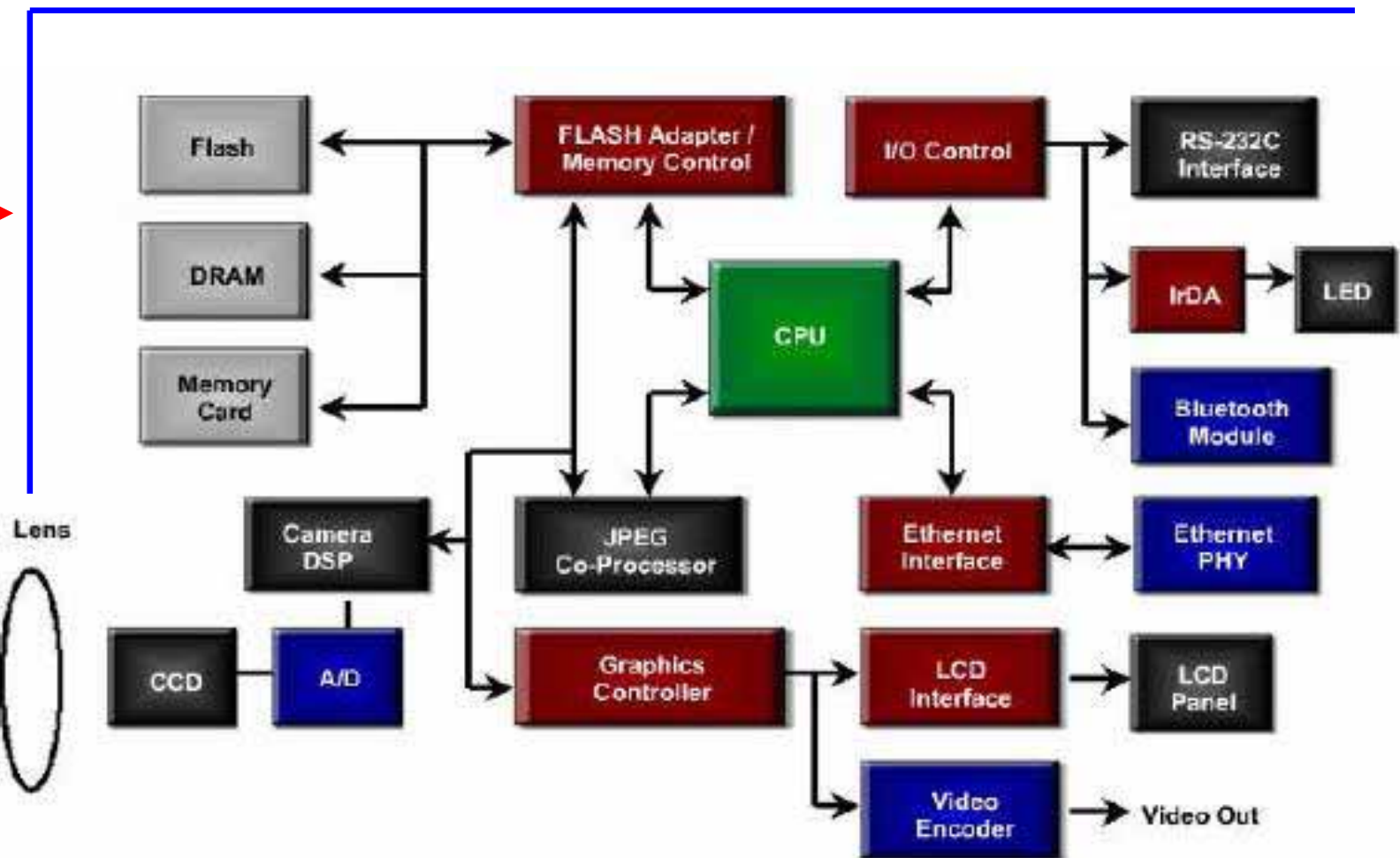
Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

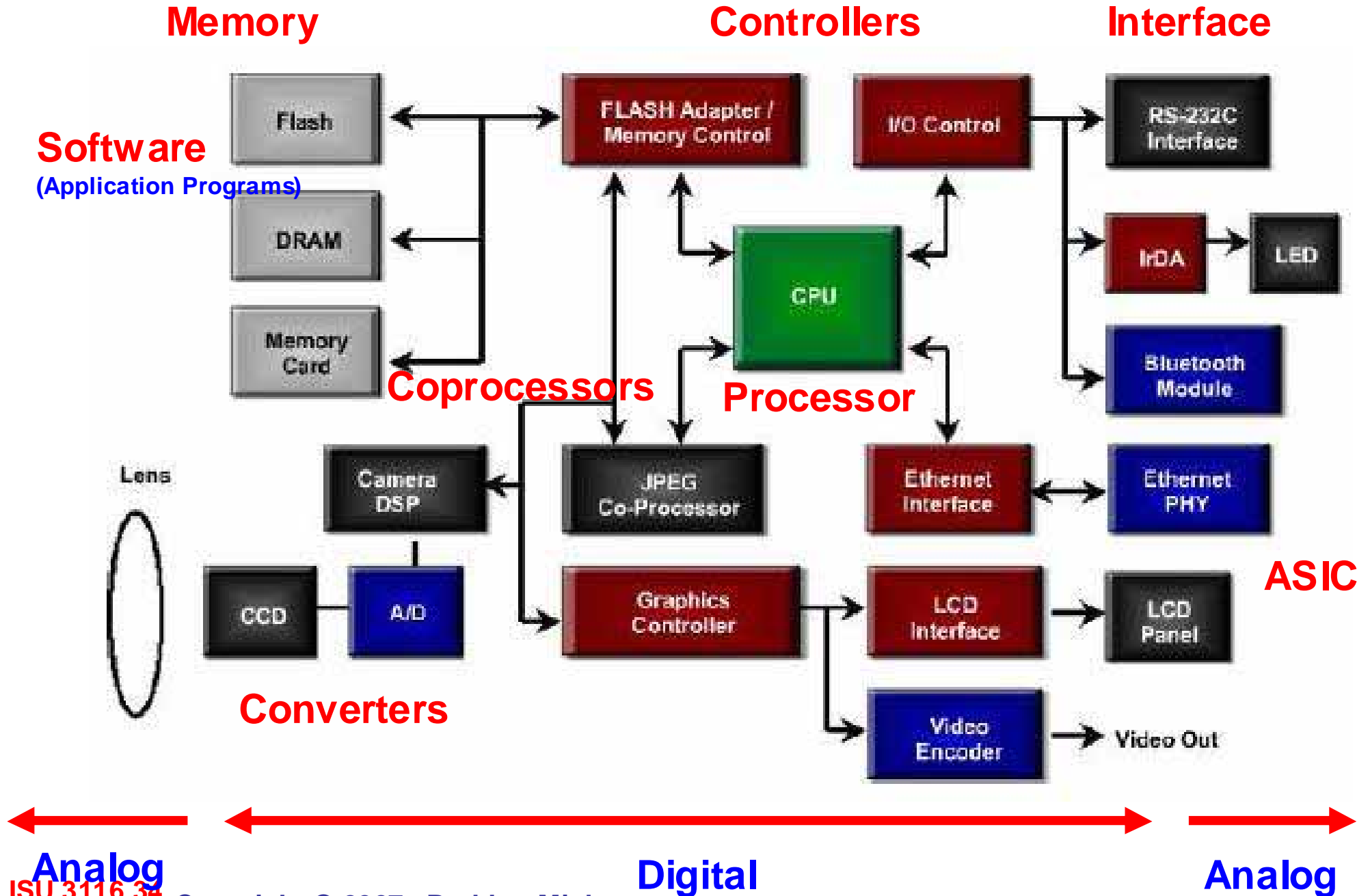
An Example Embedded System



Digital Camera Block Diagram



Components of Embedded Systems





LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet



• sira



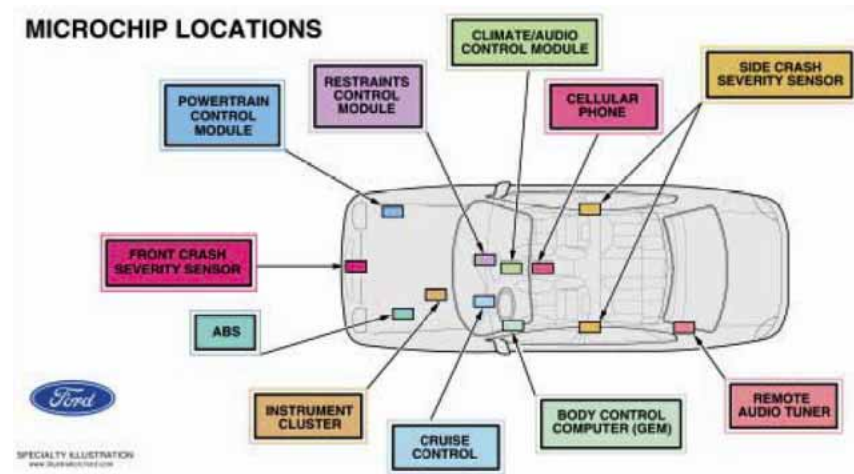
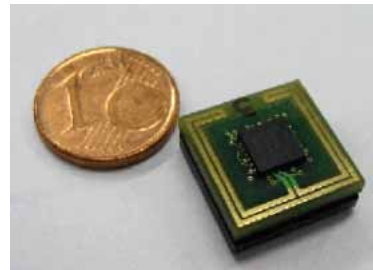
• USA



From RUNES project

Networked Embedded Systems

- Embedded systems are becoming increasingly **networked**
 - Controller-area-networks (CAN) bus in automobiles
 - Services in large buildings are now run across networks
 - e.g. heating, lighting, security



Internet worked Embedded Systems

- Networks are becoming increasingly **networked** and **heterogeneous** (inter-networked)



Connect Blue Sensor Routing Node
ARM7 – 32K RAM, 512K flash



Lippert MoteMaster: PC/104 128M RAM, 256M flash

Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

Example: BMW 745i

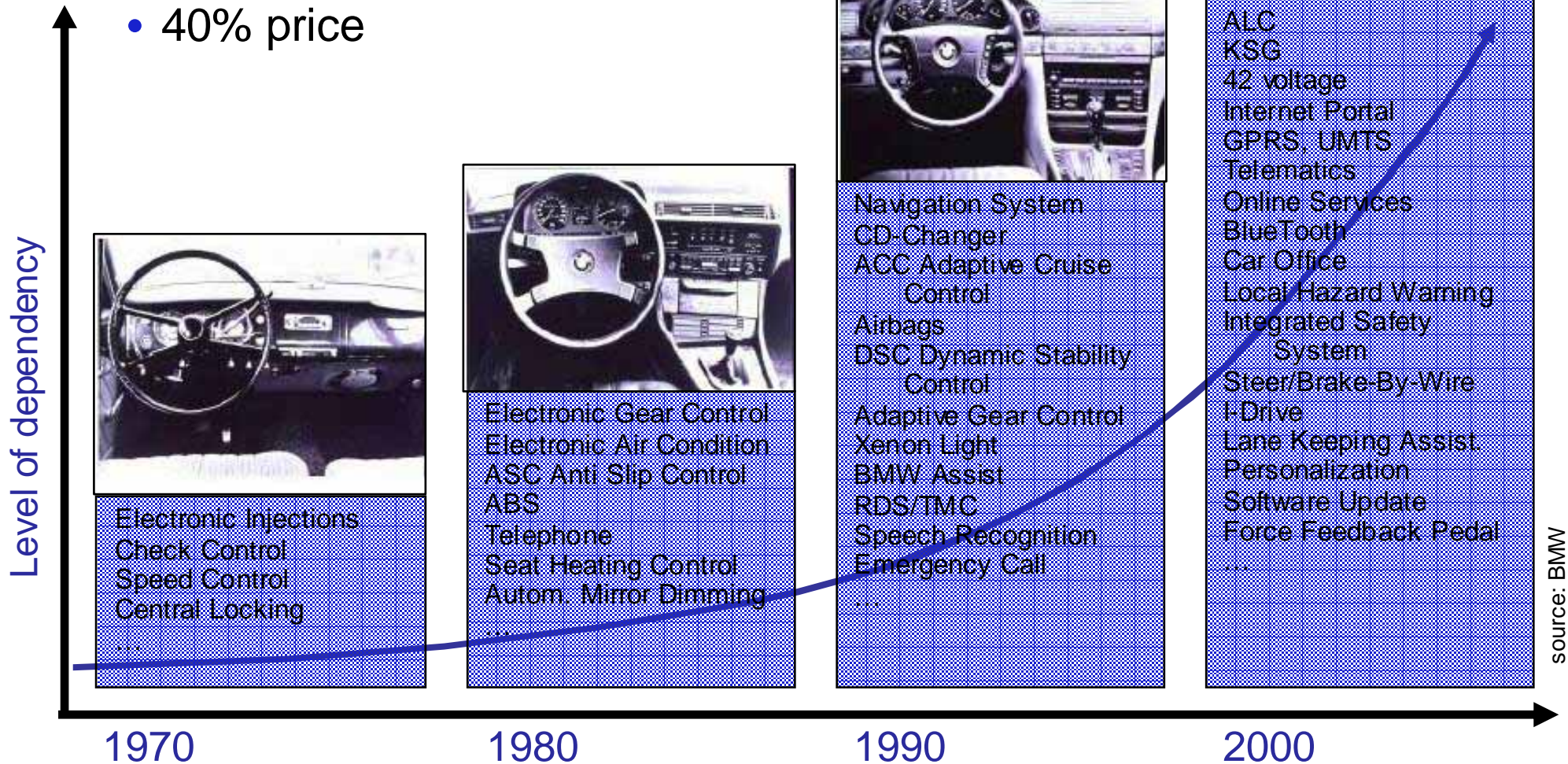
- 2, 000, 000 LOC
- Windows CE OS
- 53 8-bit μ P
- 11 32-bit μ P
- 7 16-bit μ P
- Multiple Networks
- Buggy!



Embedded systems: Intelligence and electronics in car industry Topics

Embedded systems:

- 90% future innovations
- 40% price



source: BMW

Automotive embedded systems

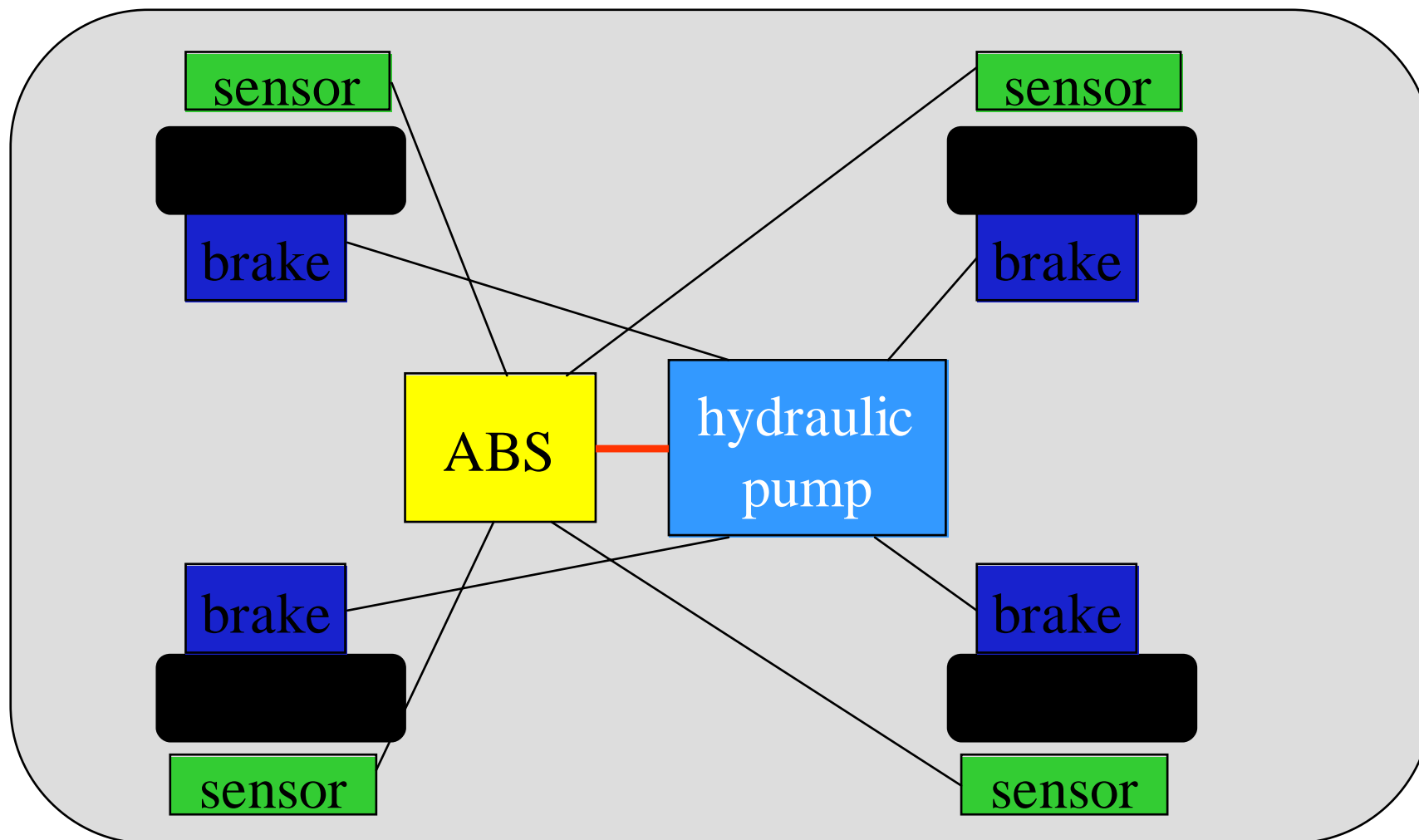
- Today's high-end automobile may have 100 microprocessors:
 - 4-bit microcontroller checks seat belt
 - microcontrollers run dashboard devices
 - 16/32-bit microprocessor controls engine
- Powertrain control
 - Fuel injection and ignition, automatic transmission
- Cabin control
 - Air quality, dashboard, belts, mirrors
- Safety devices
 - Airbag control, anti-lock braking systems (ABS), suspension control

BMW 850i brake and stability control system

- **Anti-lock brake system (ABS)**: pumps brakes to reduce skidding.
- **Automatic stability control (ASC+T)**: controls engine to improve stability.
- ABS and ASC+T communicate.
 - ABS was introduced first---needed to interface to existing ABS module.

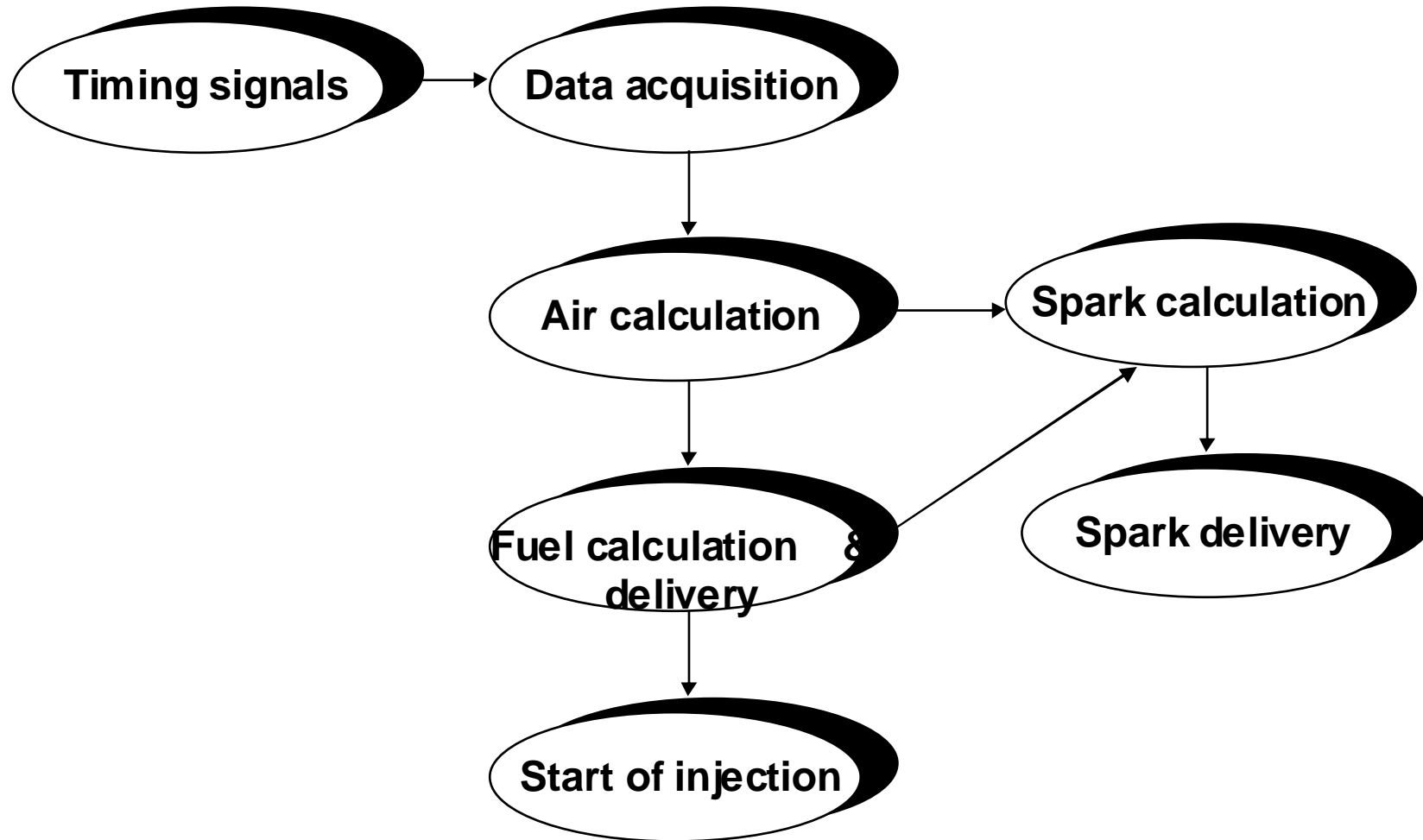
Automatic Stability Control plus Traction (ASC + T)

BMW 850i, cont'd.



Application-area example

Car fuel injection



Trend of Embedded Systems

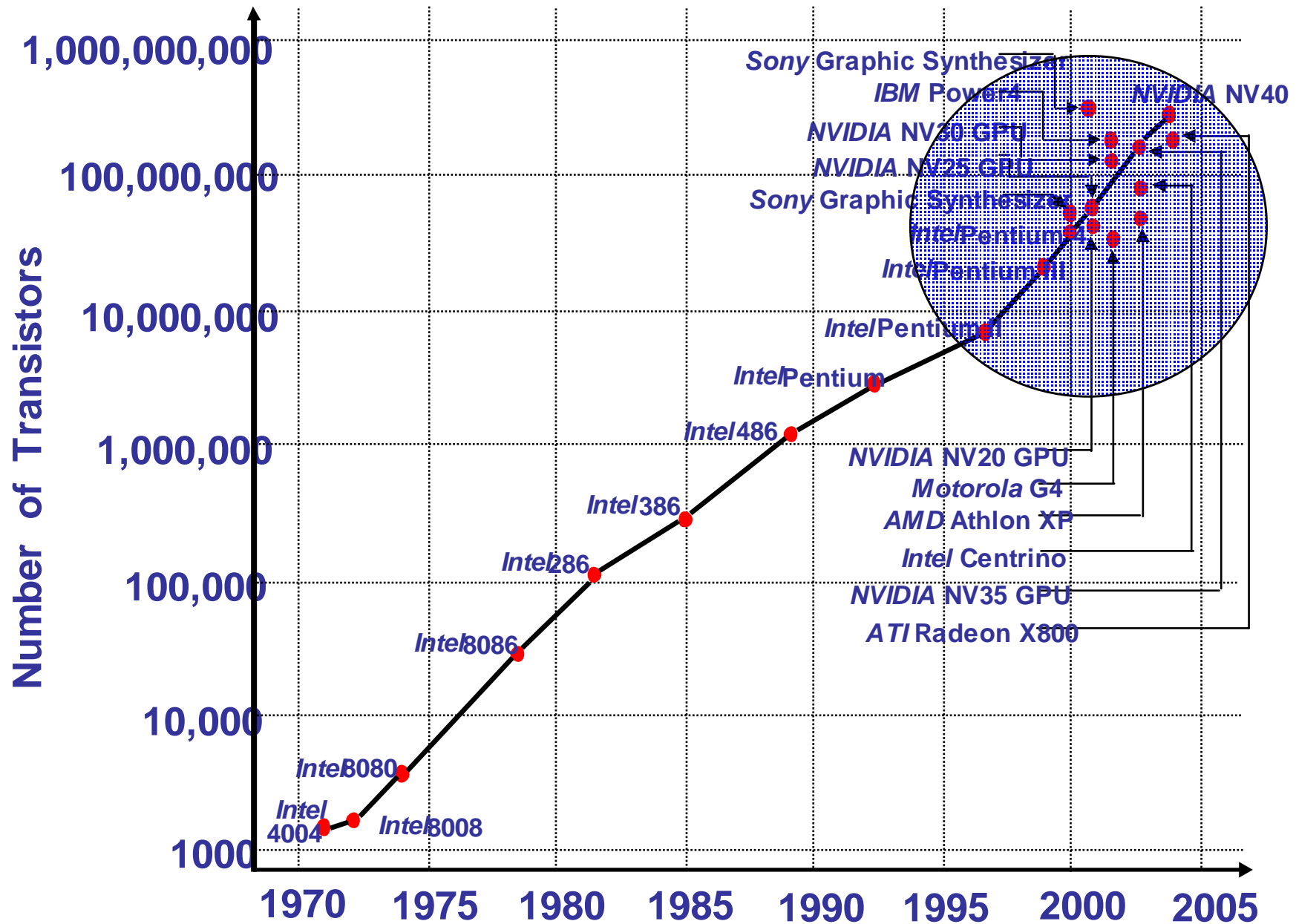
- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

Avionics

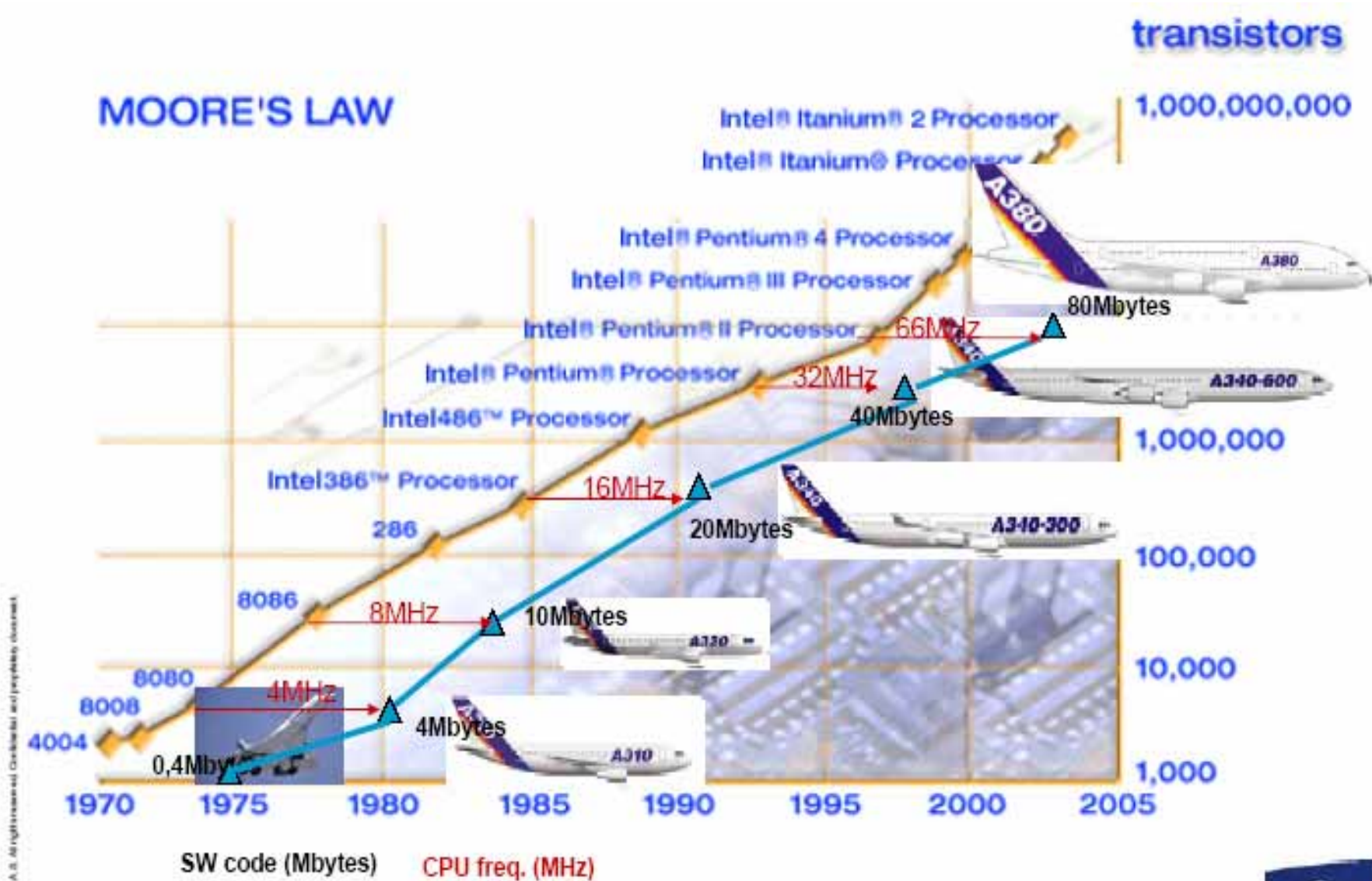


- Fly by *wire* controls
- Automatic flight control
- Data acquisition and monitoring systems
- Warning and maintenance system

Moore's law

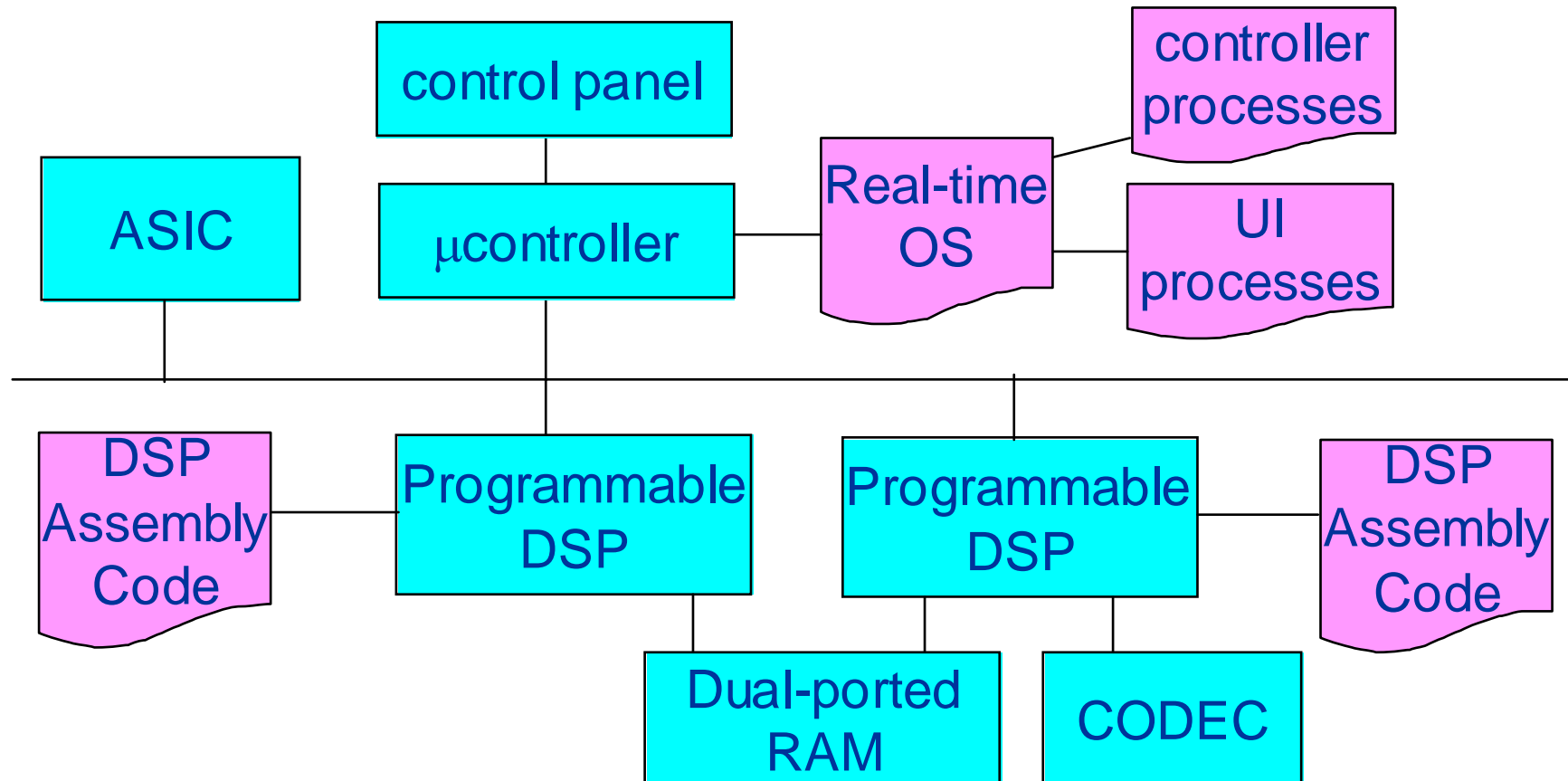


Moore's law in avionics



© AIRBUS A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Complexity and Heterogeneity

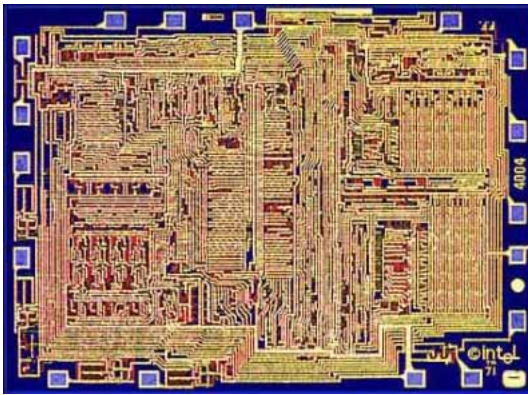


- Heterogeneity within H/W & S/W parts as well
 - S/W: control oriented, DSP oriented
 - H/W: ASICs, COTS ICs

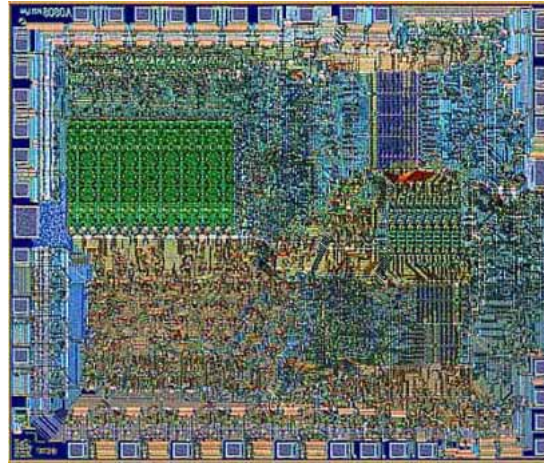
Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

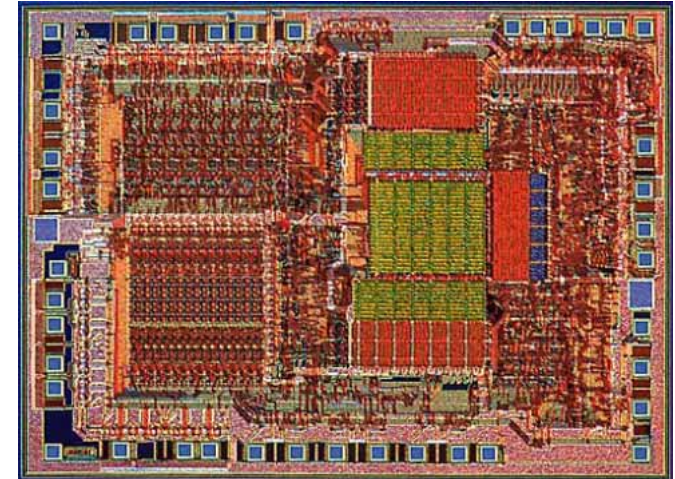
Transition to Automation and Regular Structures



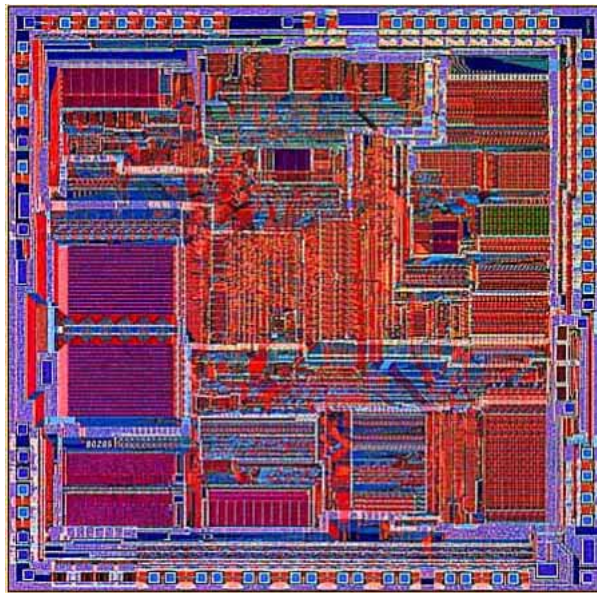
Intel 4004 ('71)



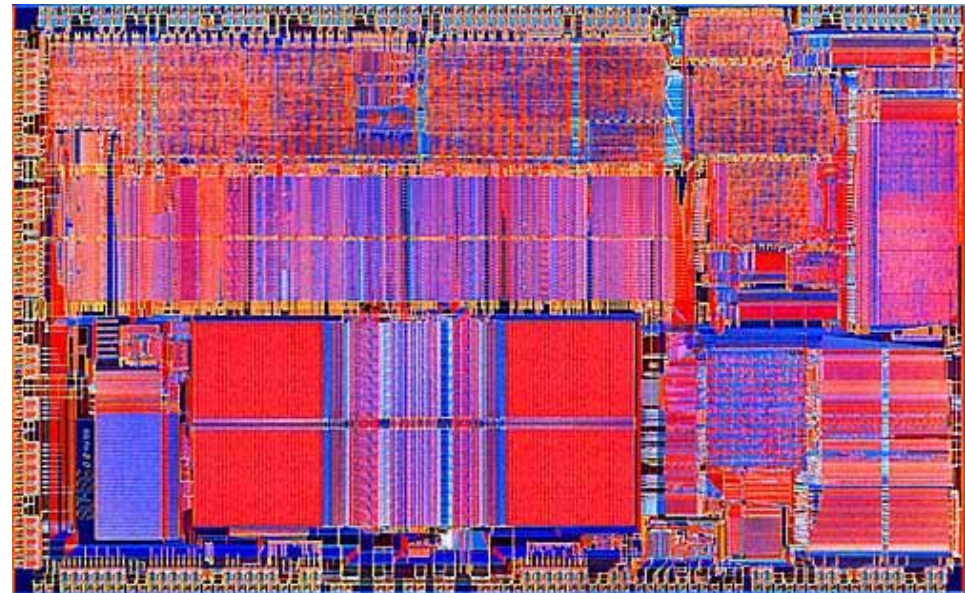
Intel 8080



Intel 8085

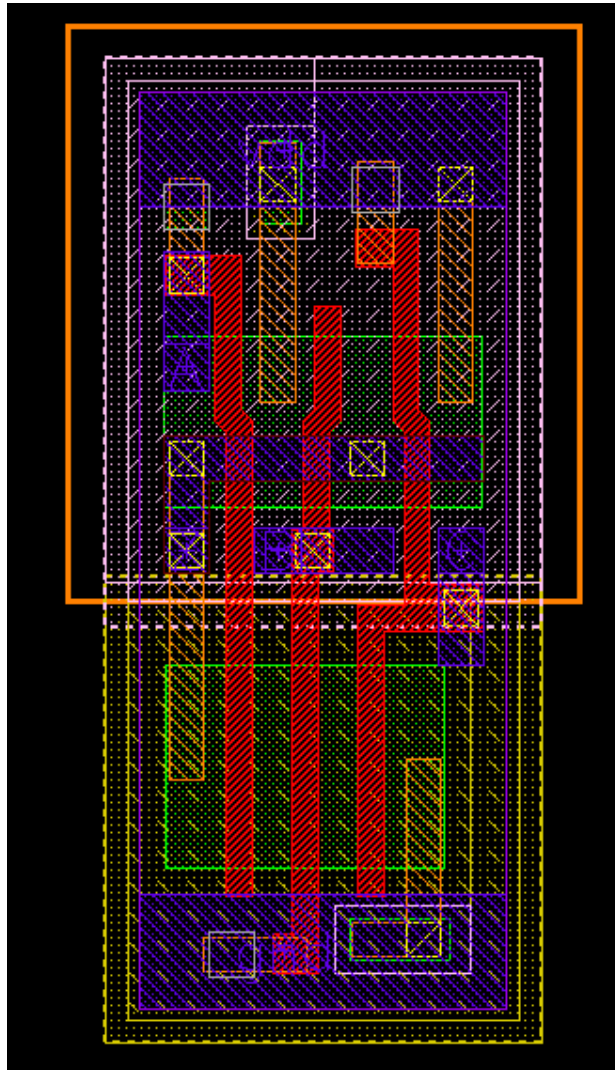


Intel 8286



Intel 8486

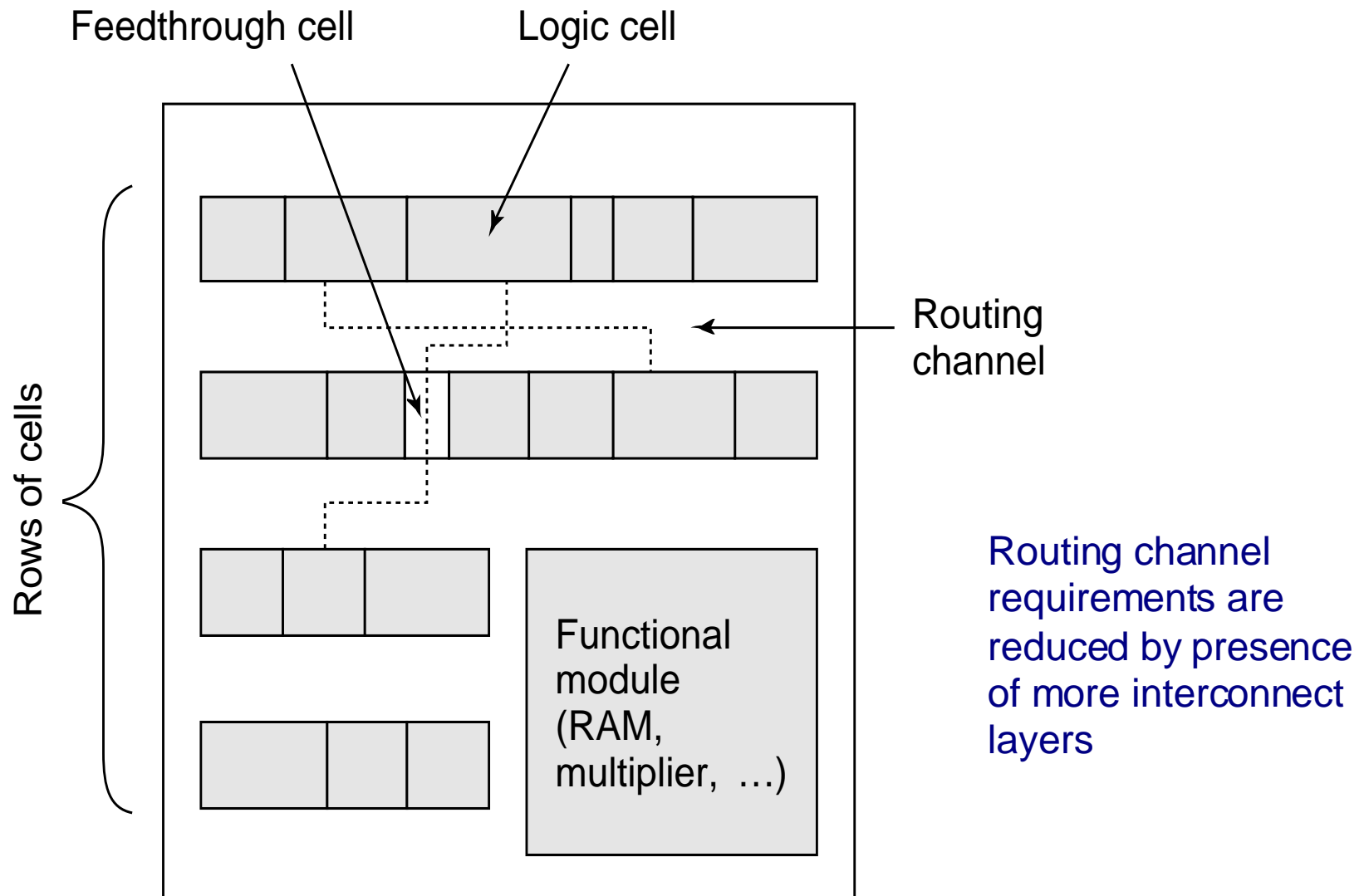
Standard Cell - Example



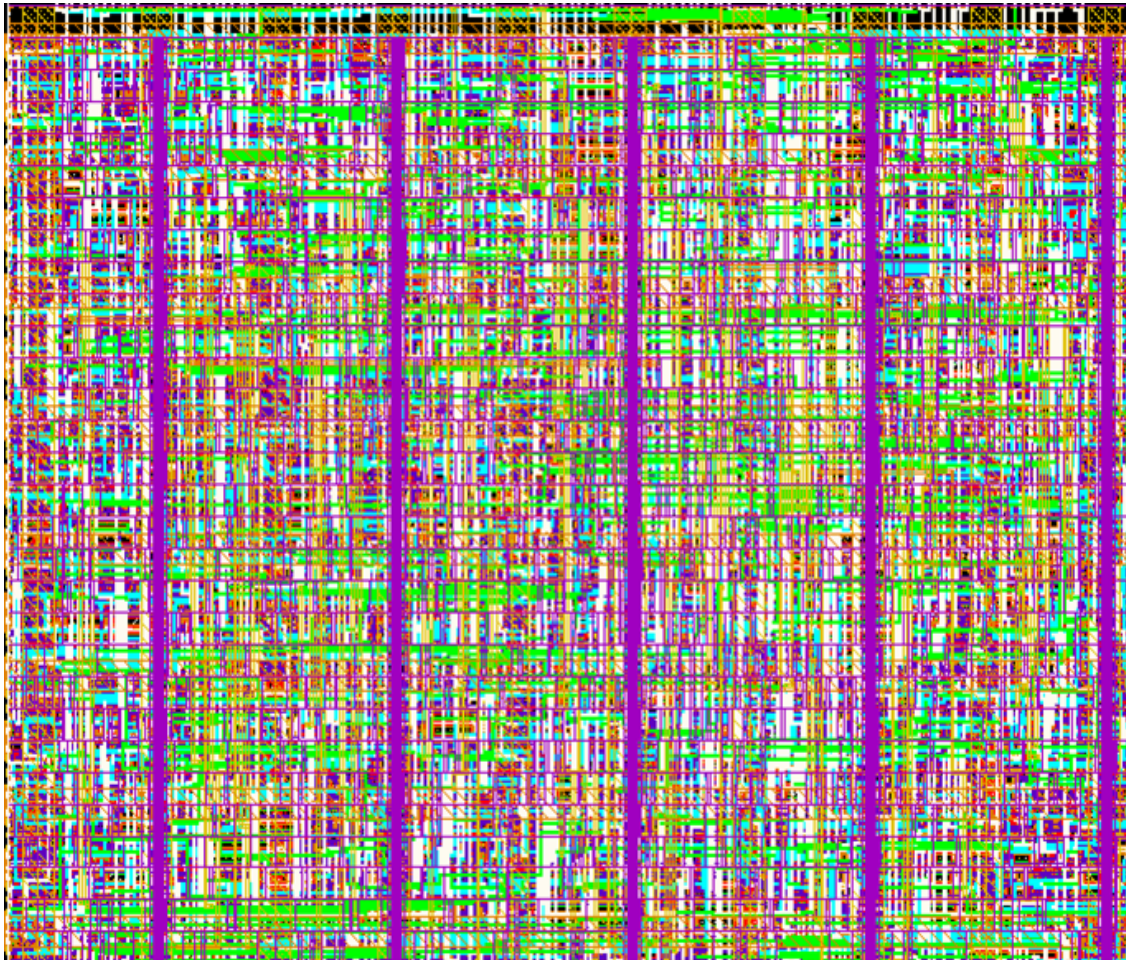
Path	1.2V - 125°C	1.6V - 40°C
$In1-t_{pLH}$	$0.073+7.98C+0.317T$	$0.020+2.73C+0.253T$
$In1-t_{pHL}$	$0.069+8.43C+0.364T$	$0.018+2.14C+0.292T$
$In2-t_{pLH}$	$0.101+7.97C+0.318T$	$0.026+2.38C+0.255T$
$In2-t_{pHL}$	$0.097+8.42C+0.325T$	$0.023+2.14C+0.269T$
$In3-t_{pLH}$	$0.120+8.00C+0.318T$	$0.031+2.37C+0.258T$
$In3-t_{pHL}$	$0.110+8.41C+0.280T$	$0.027+2.15C+0.223T$

3-input NAND cell
 (from ST Microelectronics):
 C = Load capacitance
 T = input rise/fall time

Cell-based Design (or standard cells)

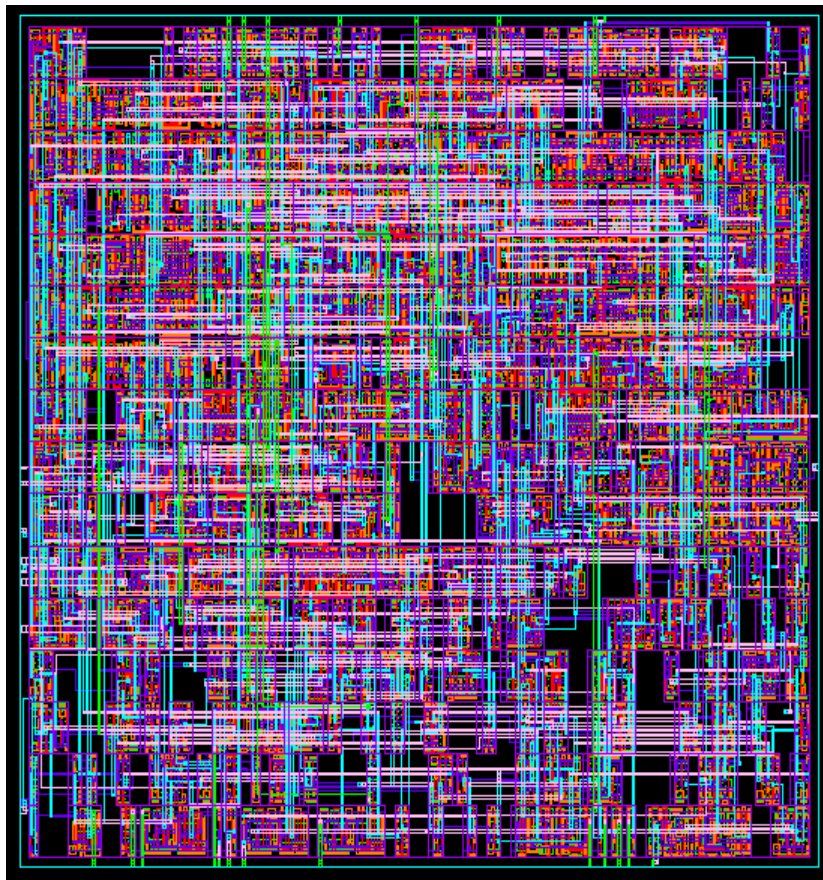


Standard Cell – The New Generation

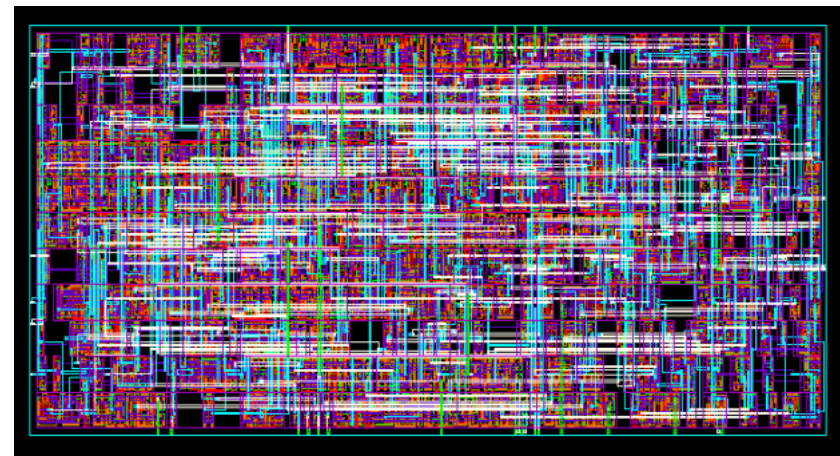


*Cell-structure
hidden under
interconnect layers*

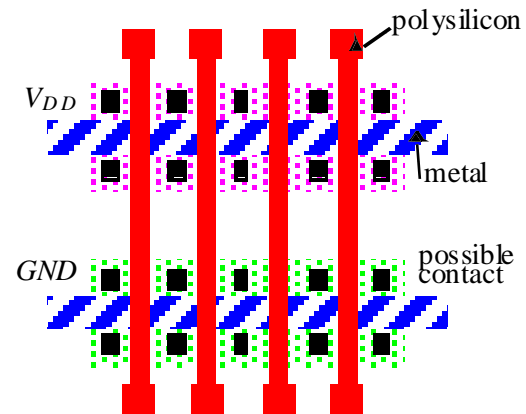
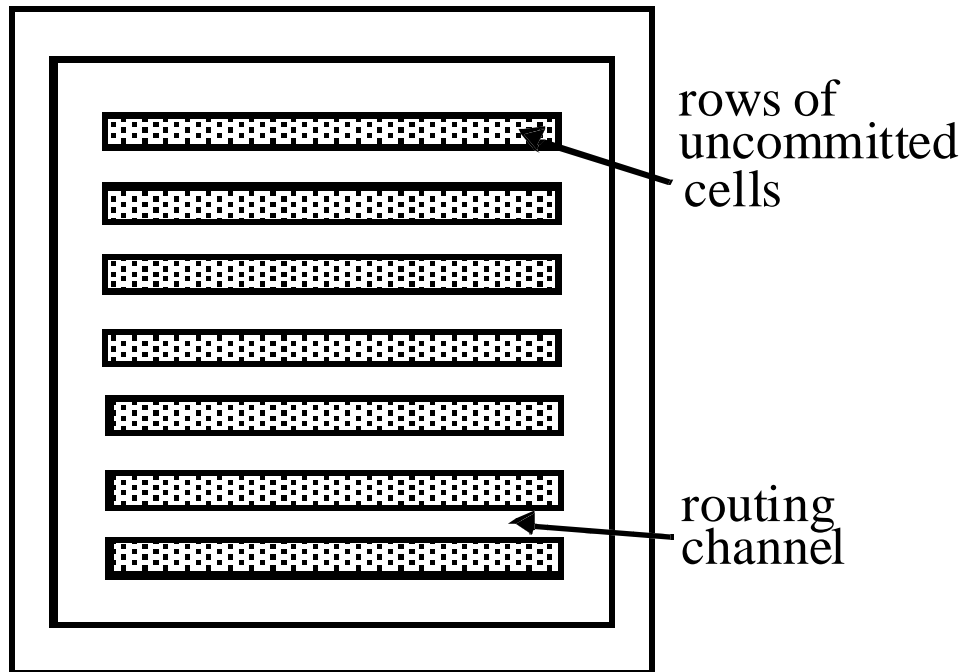
"Soft" MacroModules



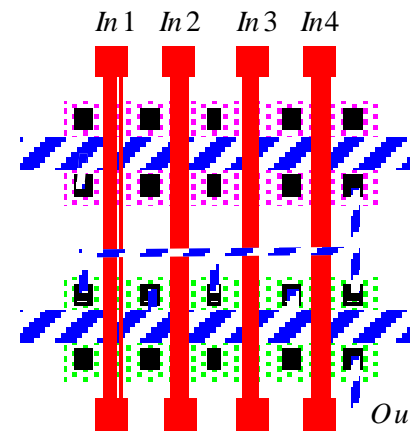
```
string mat = "booth";  
directive (multtype = mat);  
output signed [16] Z = A * B;
```



Gate Array — Sea-of-gates



Uncommitted Cell

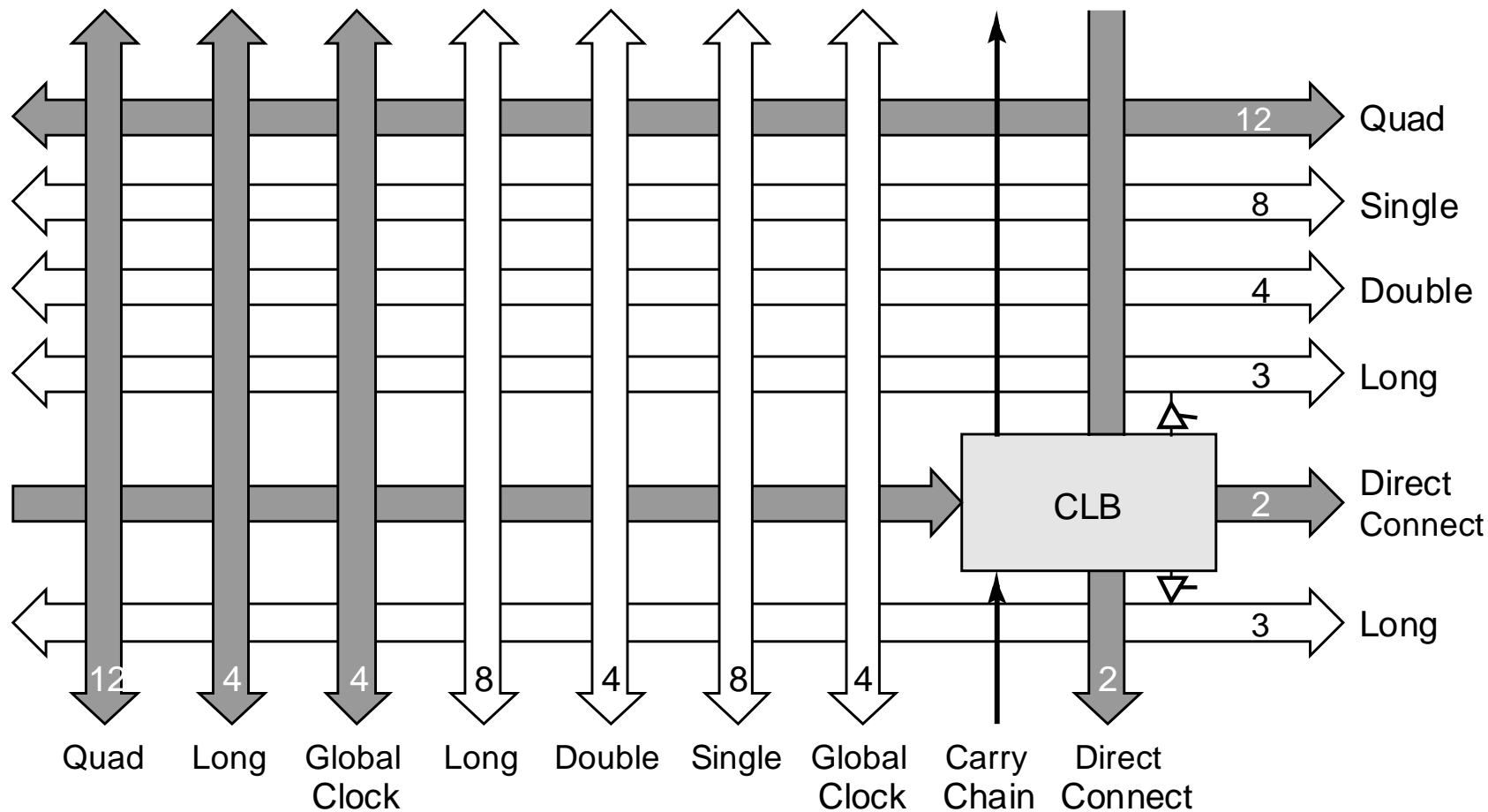


Committed Cell
(4-input NOR)

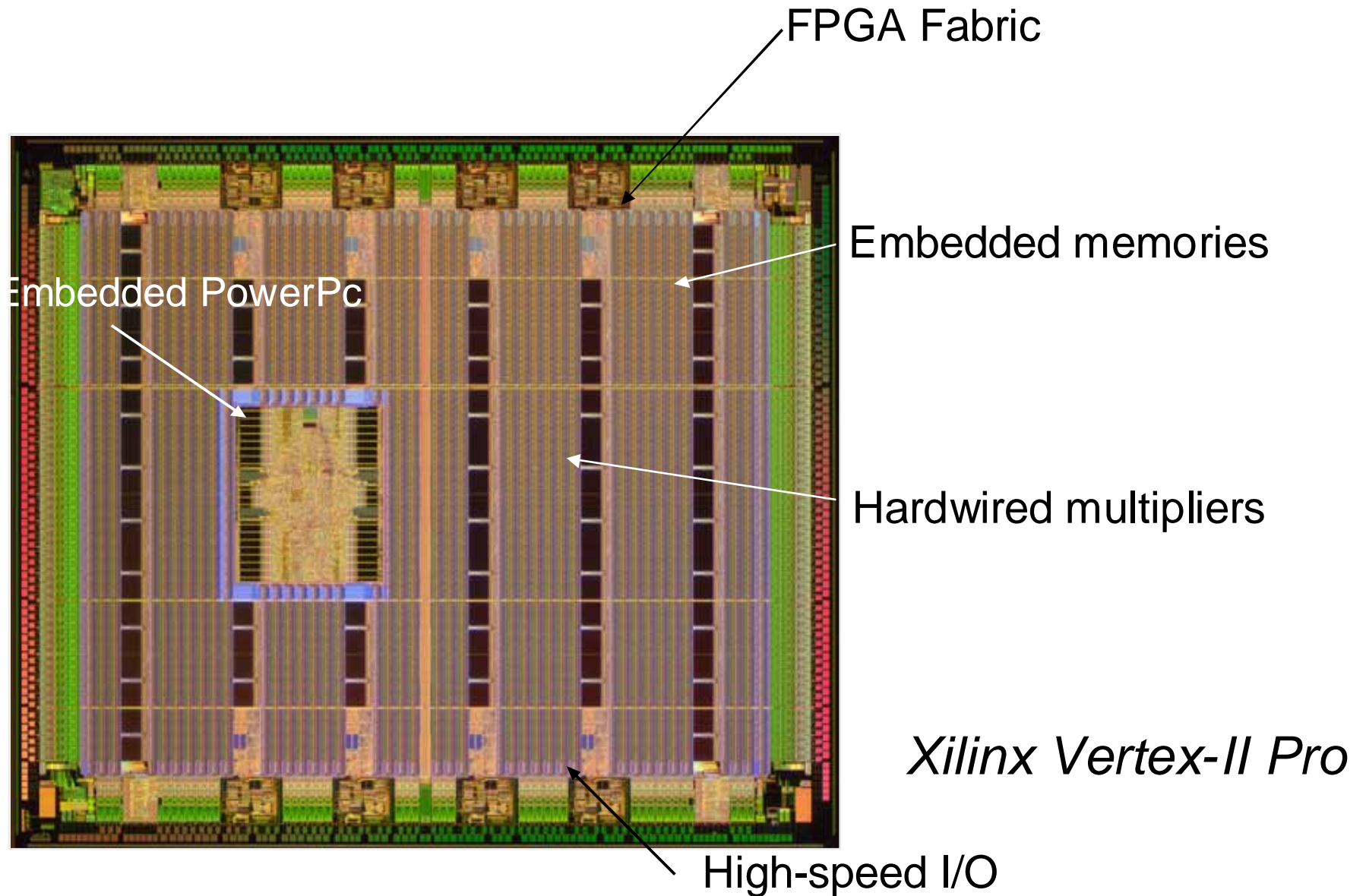
Field Programmable Gate Arrays

Xilinx 4000 Interconnect Architecture

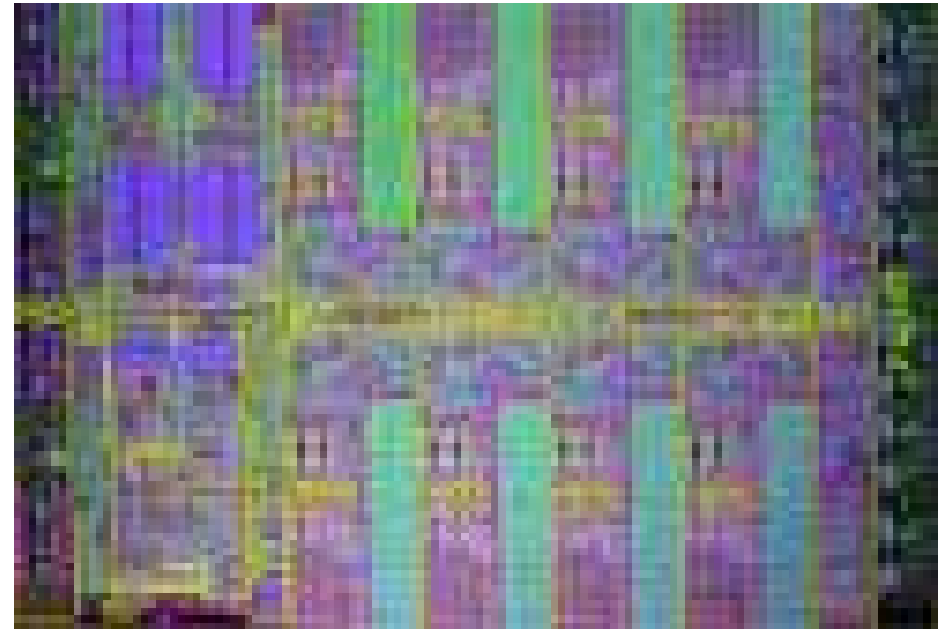
Advanced



Heterogeneous Programmable Platforms



- Large-scale
 - Billion transistor chips
 - Multi-cores, multi-threaded sw
- Power-consumption limited
- Very expensive to design
 - Non recurring engineering costs
 - Migration toward software



IBM Cell Processor

Mudge et al: Mobile supercomputing

- Future mobile platform:
 - Speech recognition.
 - Cryptography.
 - Augmented reality.
 - Typical applications (email, etc.).
- Requires 16x 2 GHz Pentium 4.
- Peak power must not exceed 75 mW.
 - Assumes 5% battery improvement per year.

Tied to Trends in Microelectronics

- 2001
 - 0.13 micron
 - 1.7GHz on chip clock
 - 7 wiring levels
 - 480-1700 pins
 - Vdd=1.1-1.2V
 - 2.4W / 61W / 130W
 - DRAM:
0.54 Gb/chip, 127 mm², 0.42 Gb/cm²
 - MPU
97 Mtrans/chip, 140 mm², 69 Mtrans/cm²
- 2007
 - 0.065 micron
 - 6.7 GHz on chip clock
 - 9 wiring levels
 - 600-3000 pins
 - Vdd=0.7-1.1V
 - 3.5W / 104W / 190W
 - DRAM:
4.29 Gb/chip, 183 mm², 2.35 Gb/cm²
 - MPU
386 Mtrans/chip, 140 mm², 276.1 Mtrans/cm²
- 2016
 - 0.022 micron
 - 28.8 GHz on chip clock
 - 10 wiring levels
 - 1320-7100 pins
 - Vdd=0.4-0.9V
 - 3.0W / 158W / 288W
 - DRAM:
68.72 Gb/chip, 238 mm², 28.85 Gb/cm²
 - MPU
3092 Mtrans/chip, 140 mm², 2209 Mtrans/cm²

Many Implementation Choices

- Microprocessors
- Domain-specific processors
 - DSP
 - Network processors
 - Microcontrollers
- ASIPs
- Reconfigurable SoC
- FPGA
- Gatearray
- ASIC

Speed



Power



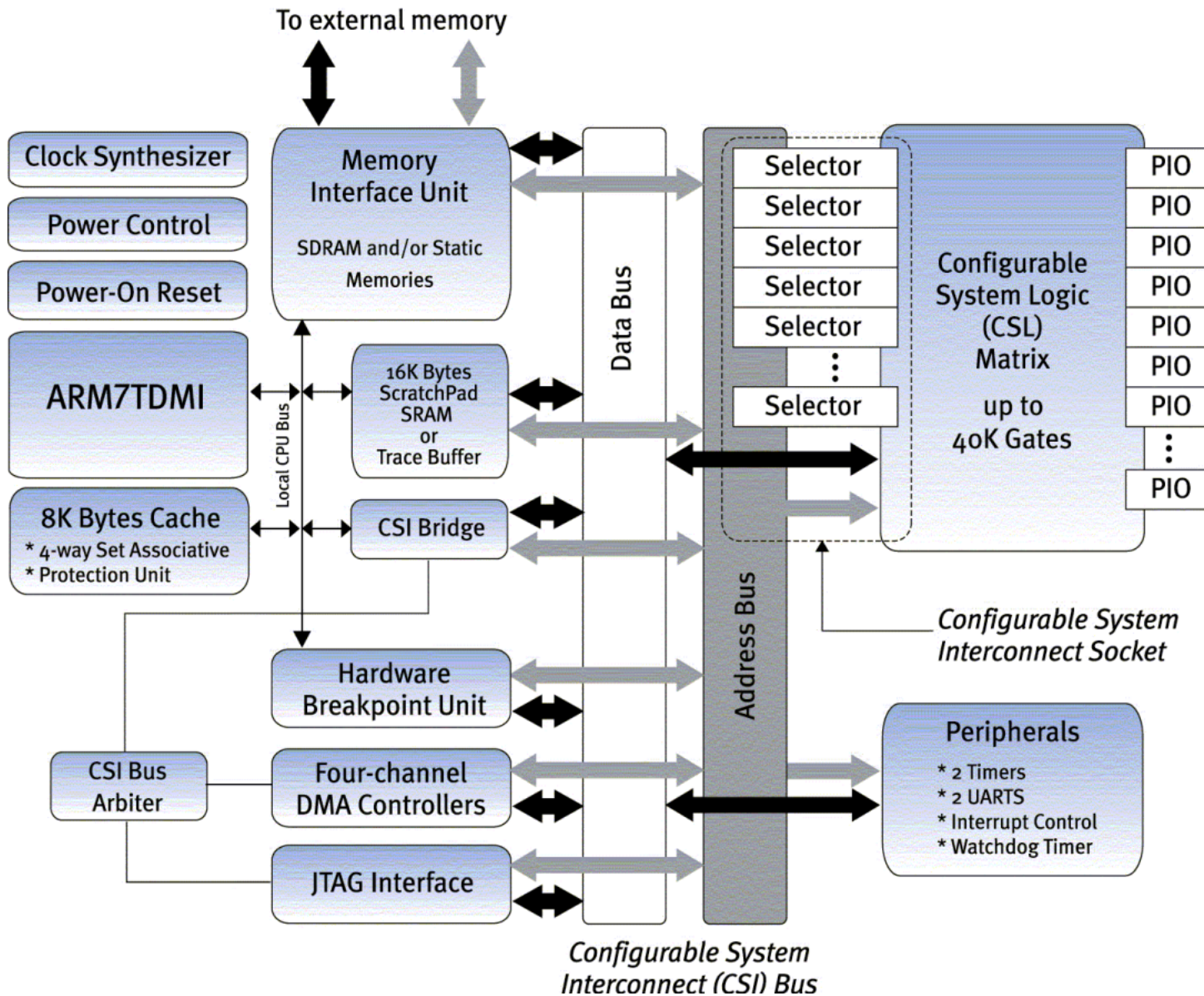
Cost



High
Volume

Low

Reconfigurable SoC



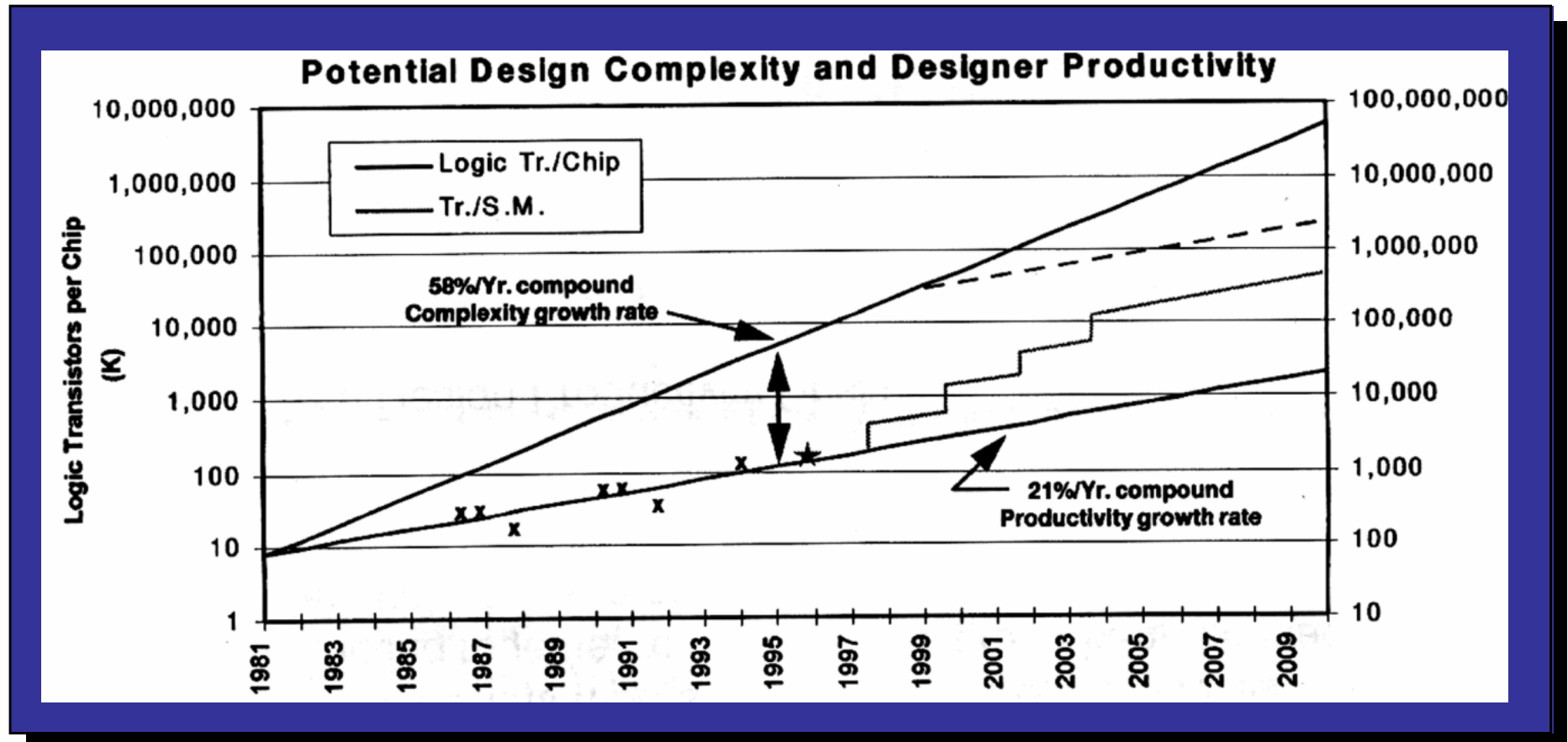
Other Examples

Atmel's FPSLIC (AVR + FPGA)

Altera's Nios (configurable RISC on a PLD)

Triscend's A7 CSoC

Productivity Gap in Hardware Design



Source: sematech97

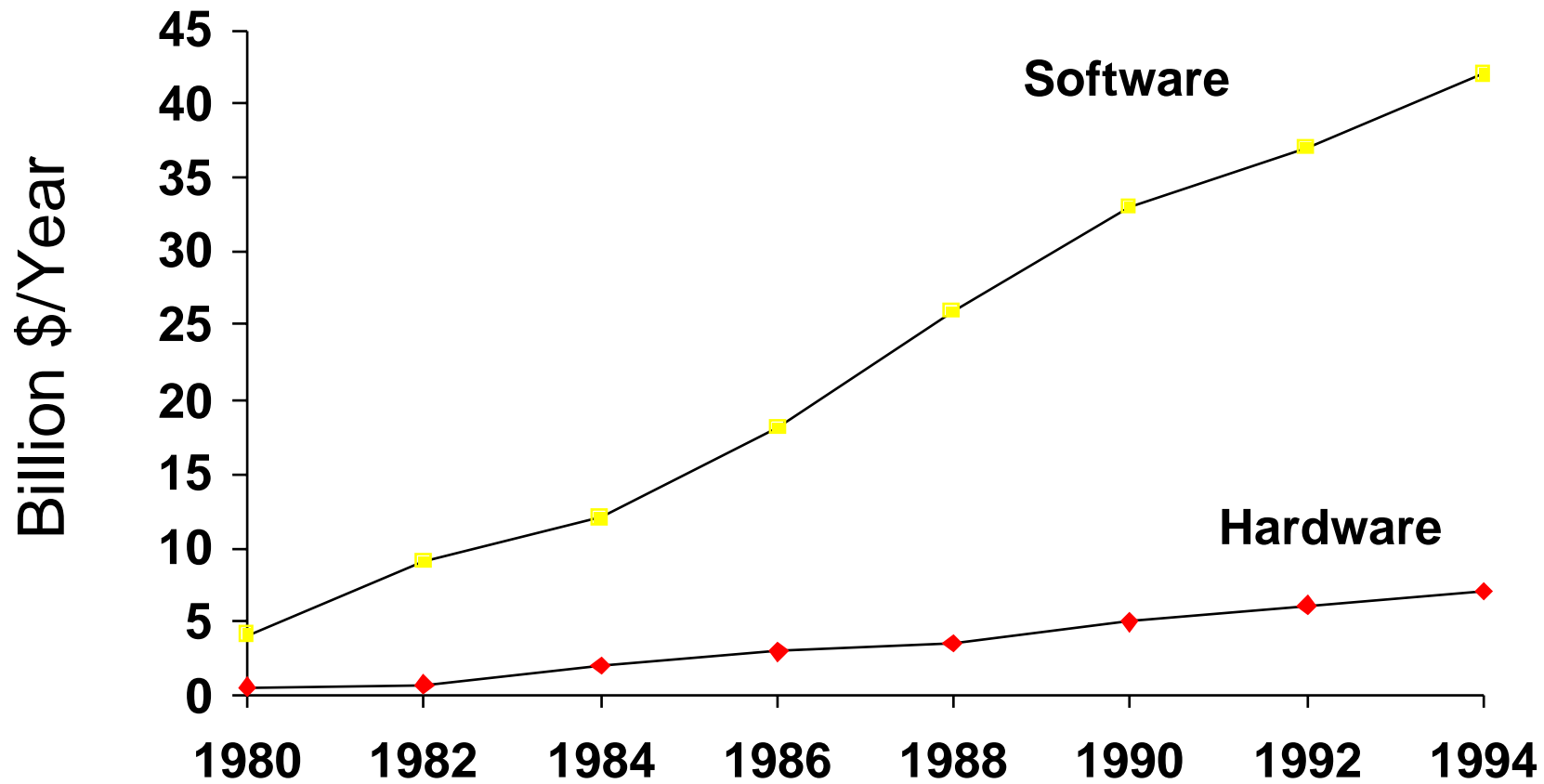
A growing gap between design complexity and design productivity

Trend of Embedded Systems

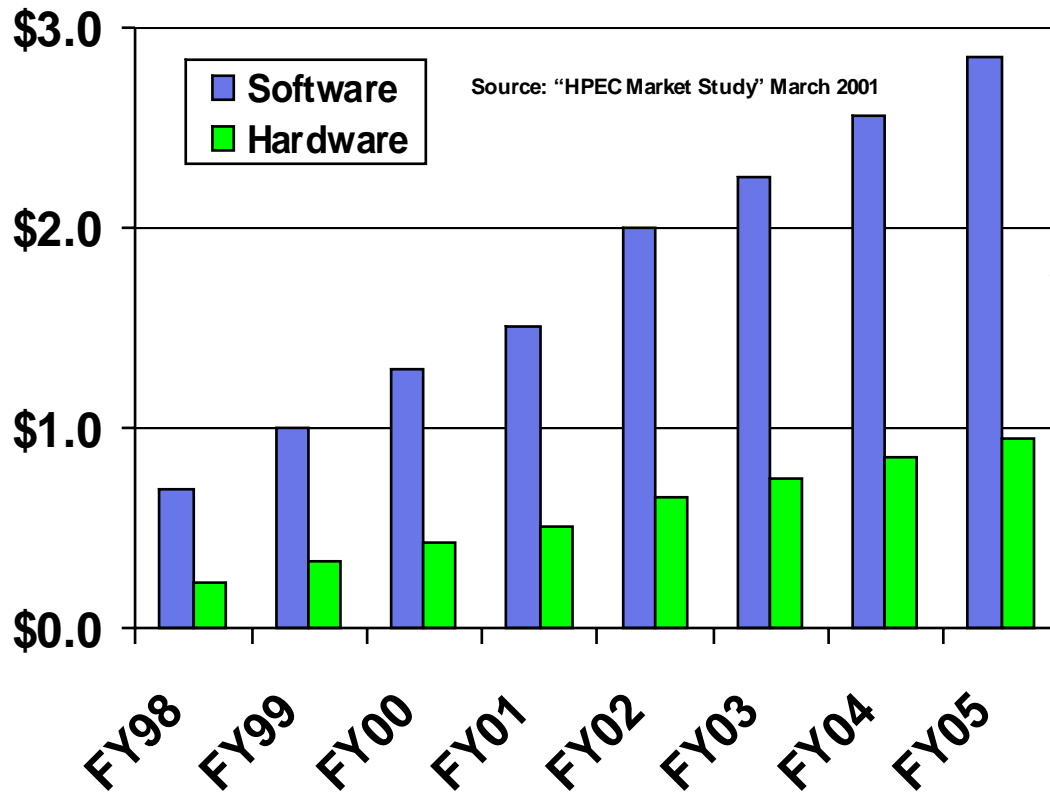
- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

Situation Worse in S/W

DoD Embedded System Costs



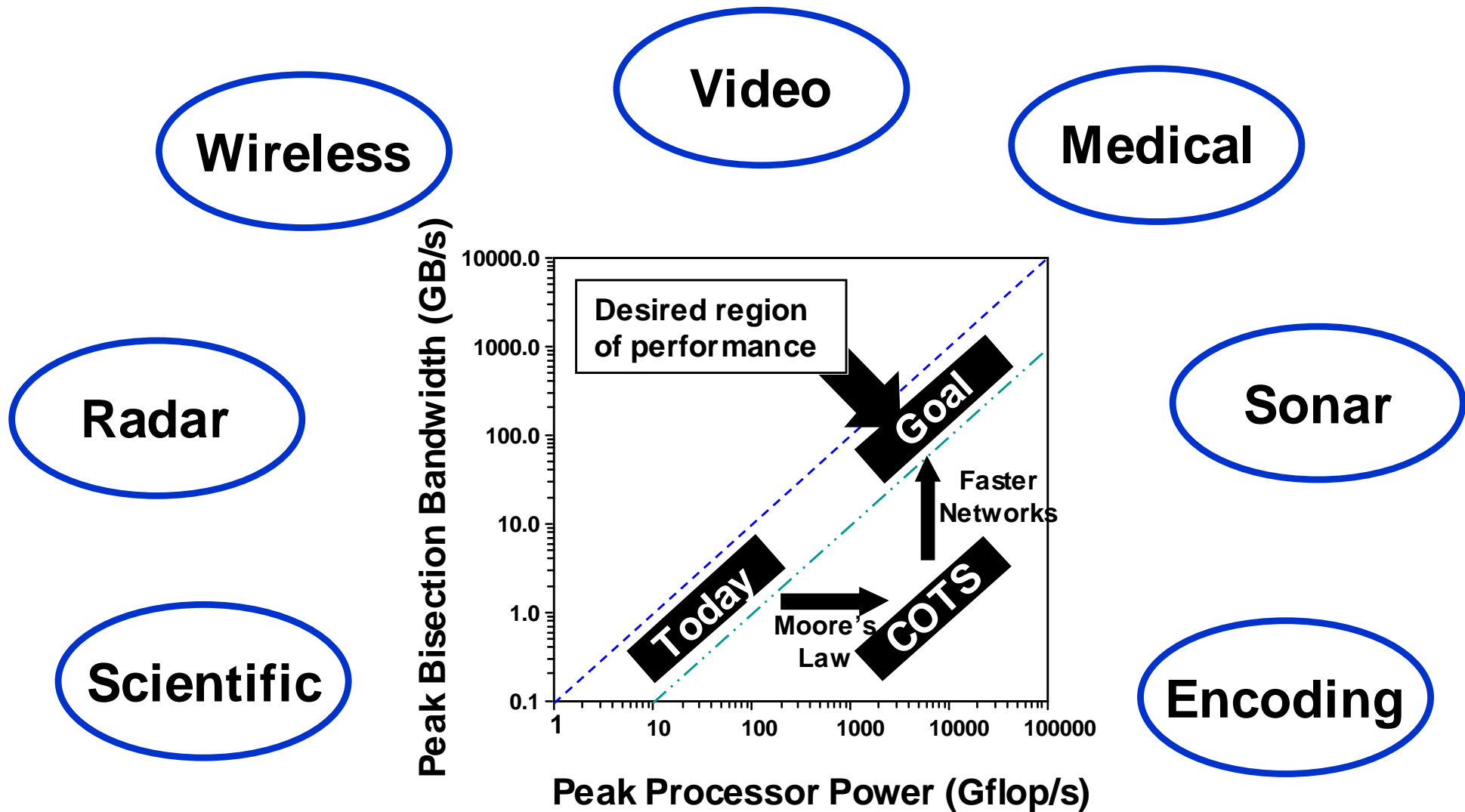
Why Is DoD Concerned with Embedded Software? Advanced



Estimated DoD expenditures for embedded signal and image processing hardware and software (\$B)

- COTS acquisition practices have shifted the burden from “point design” hardware to “point design” software (i.e. COTS HW requires COTS SW)
- Software costs for embedded systems could be reduced by one-third

Embedded Stream Processing

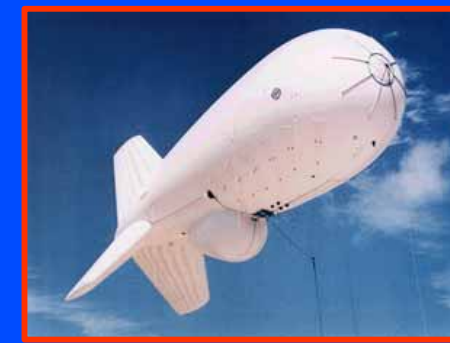
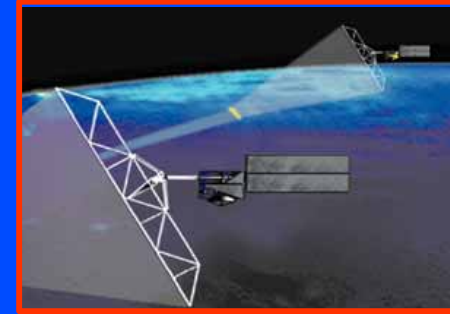
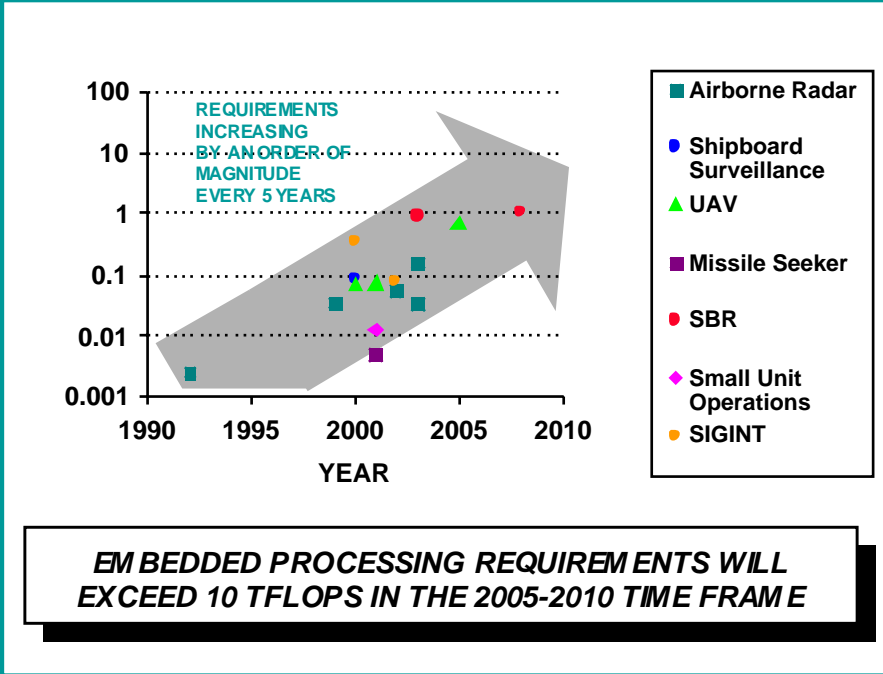


Requires high performance computing *and* networking



Military Embedded Processing

Advanced



- Signal processing drives computing requirements
- Rapid technology insertion is critical for sensor dominance



Military Query Processing

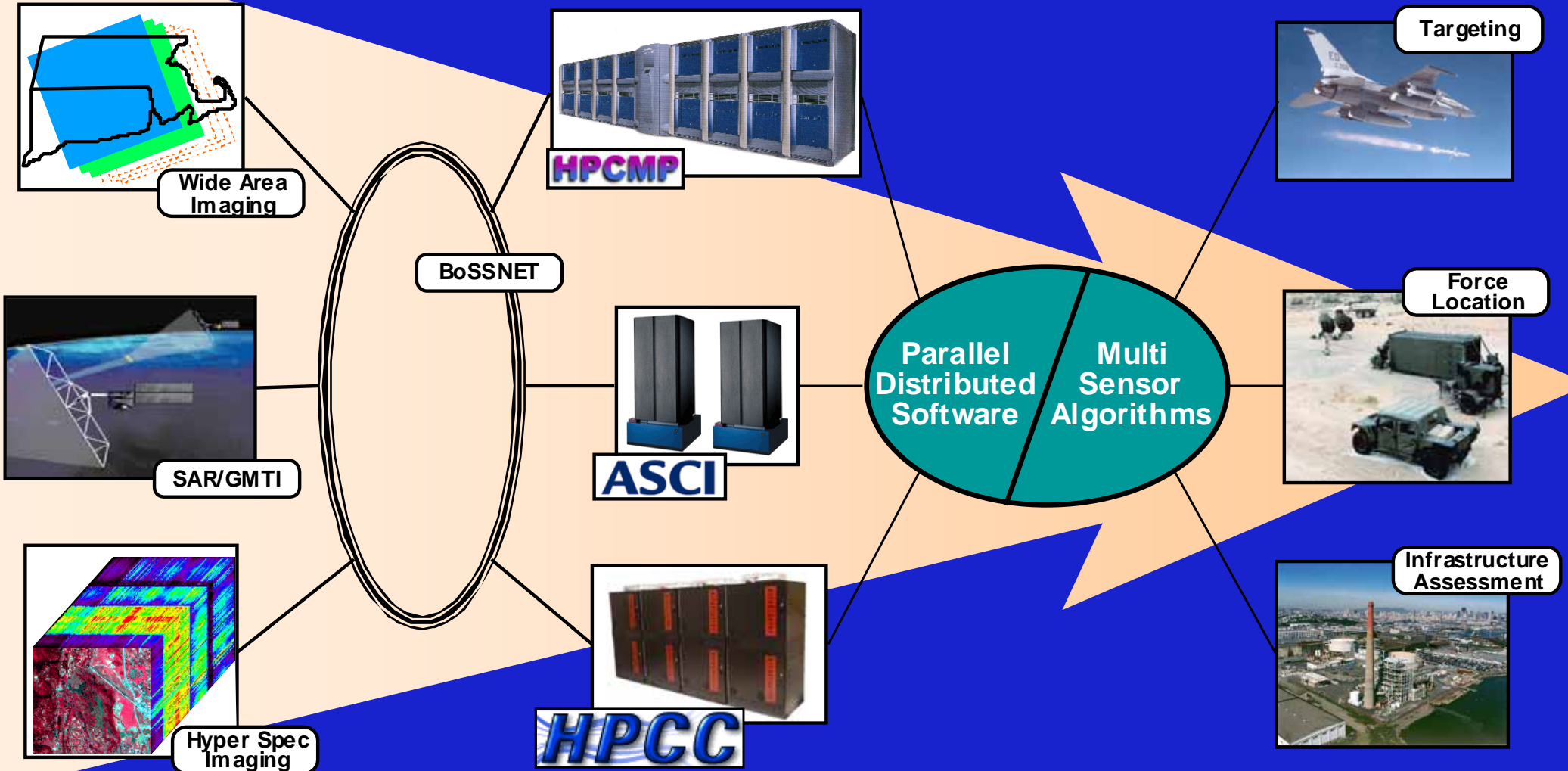
Sensors

High Speed Networks

Parallel Computing

Software

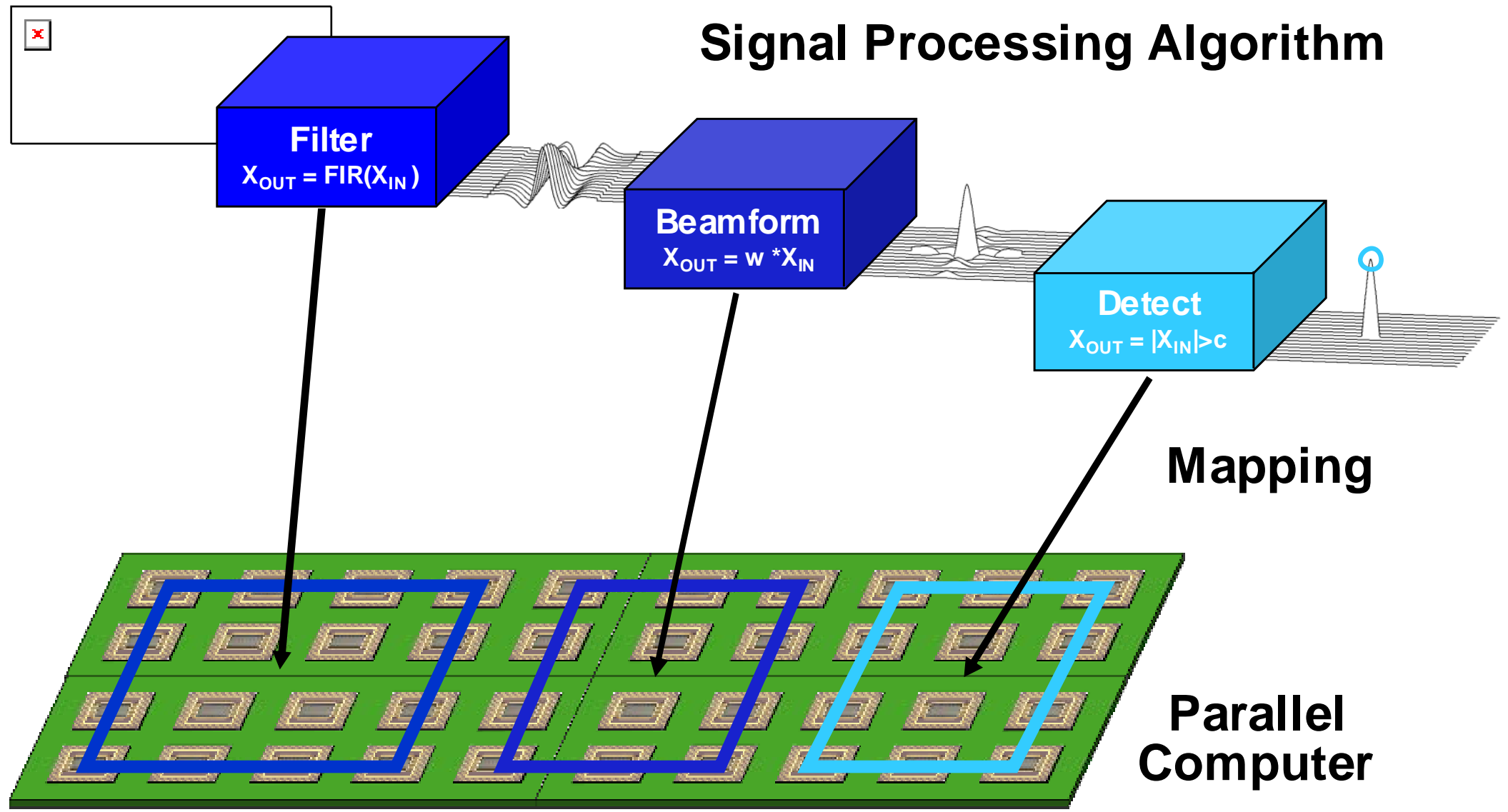
Missions



- Highly distributed computing
- Fewer very large data movements

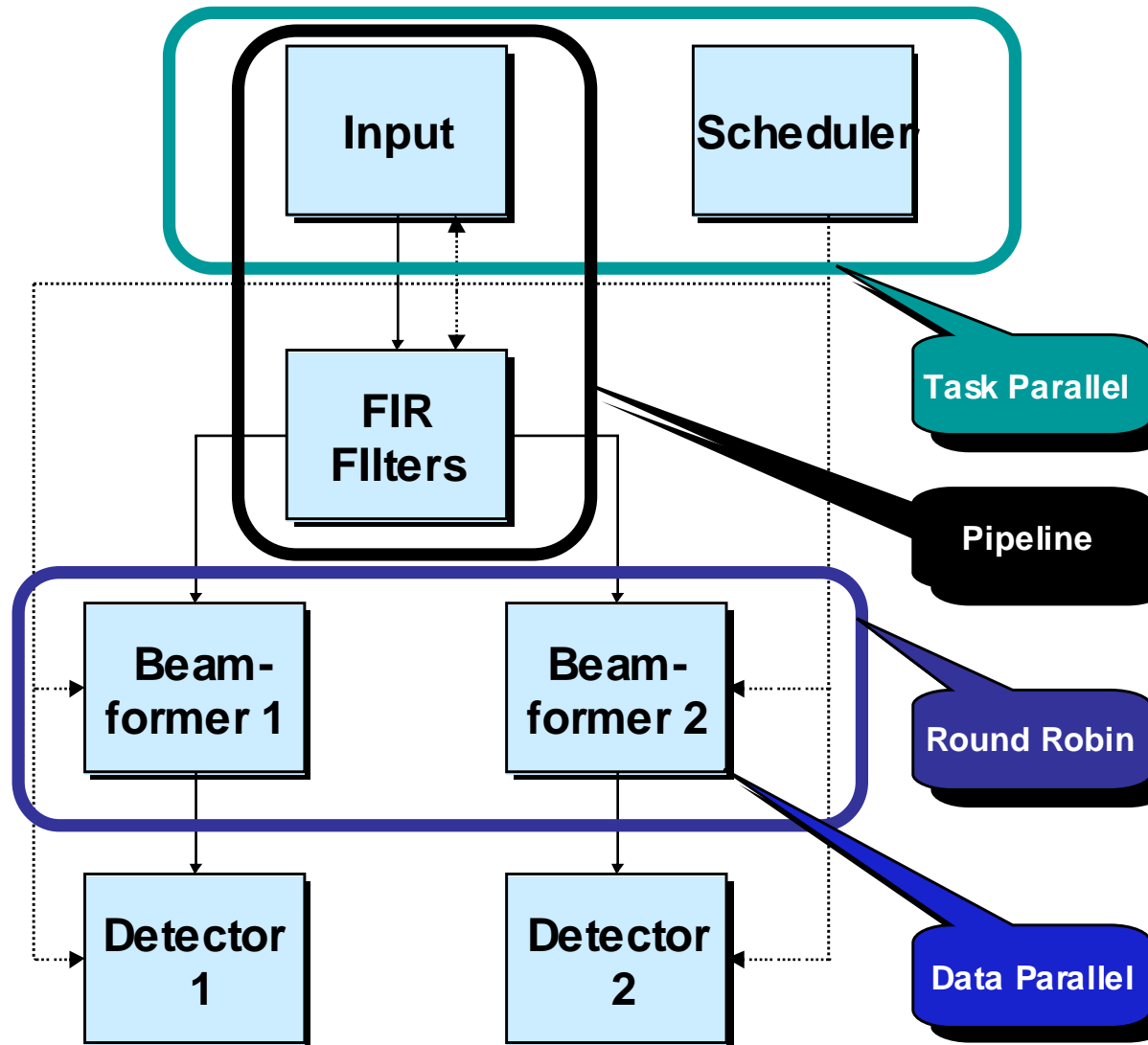
Parallel Pipeline

Signal Processing Algorithm



- Data Parallel within stages
- Task/Pipeline Parallel across stages

Types of Parallelism



Trend of Embedded Systems

- **Introduction**
- **The history of Embedded Systems**
- **Design of Embedded Systems**
- **Topics of Embedded Systems**
 - **Digital Home**
 - **RUNES project**
 - **Car Electronics**
 - **Fly by *wire* controls**
- **Advanced Developments**
- **Developments in ISU**

Altera 2007 Nios II 設計大賽

智慧型動態影像追蹤自控車

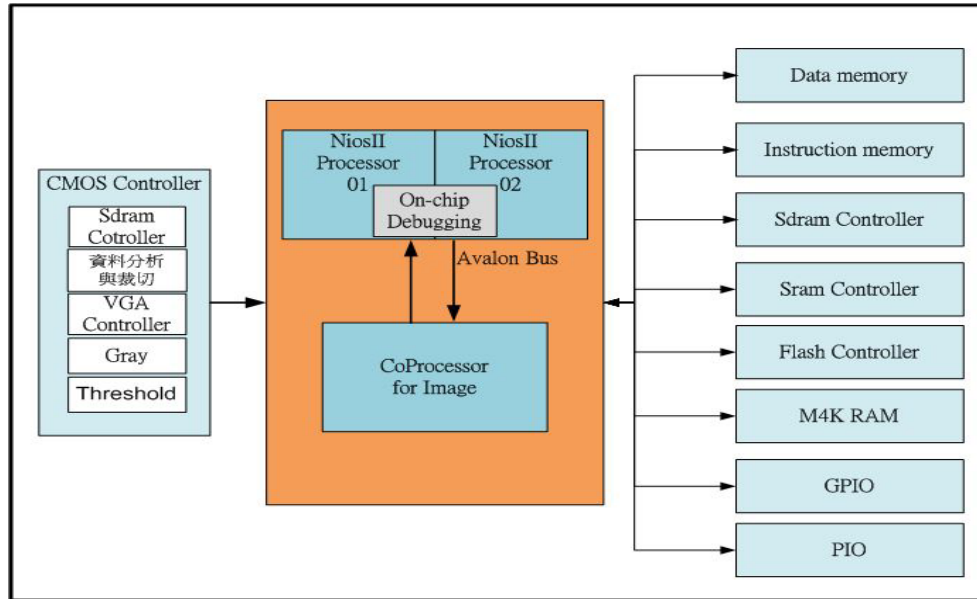
設計目的：

本作品將機械視覺演算法以硬體加速的模組來實現即時化的控制，結合雙核心高效能的嵌入式處理器**Nios**，完成一個自動化汽車導引的平台，未來可實現在自動化汽車駕駛及安全方面的應用，包括定位停車、防撞、行車異常警報、車道維持、背面障礙物警報、行人監測、車距監測、夜視、自動頭燈調節、交通/限速標誌識別和盲點監測...等等。

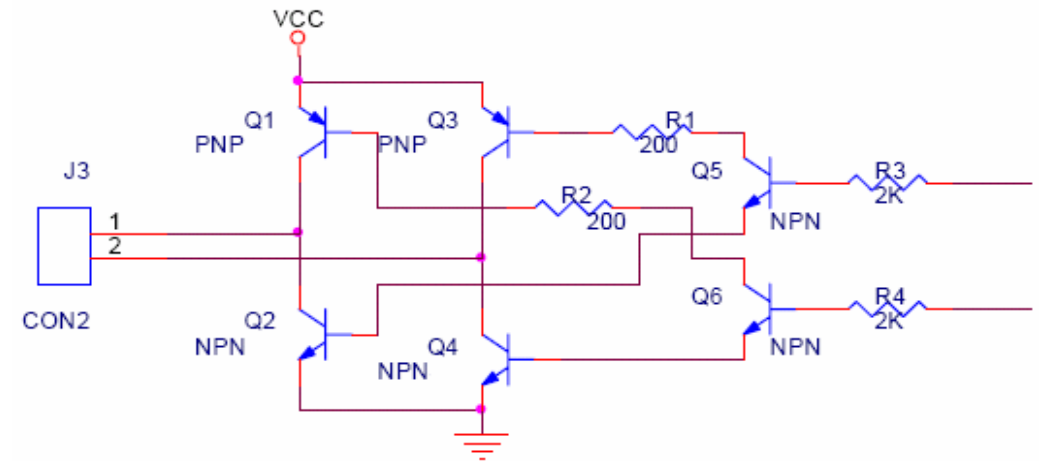
應用領域：

- 智慧性汽車電子裝置，應用於倒車入庫、路邊停車、自動化行駛之導引系統。
- AGV自動引導車之自動化傳輸及搬運系統。
- 車輛或飛機自動引導、自動定位。
- 輔具(輪椅、電動車)之自動化導引裝置。
- 自動化影像視覺操控介面，可應用於玩具車或玩具船或控制命令之輸入介面(視覺搖桿)。

雙核心處理架構



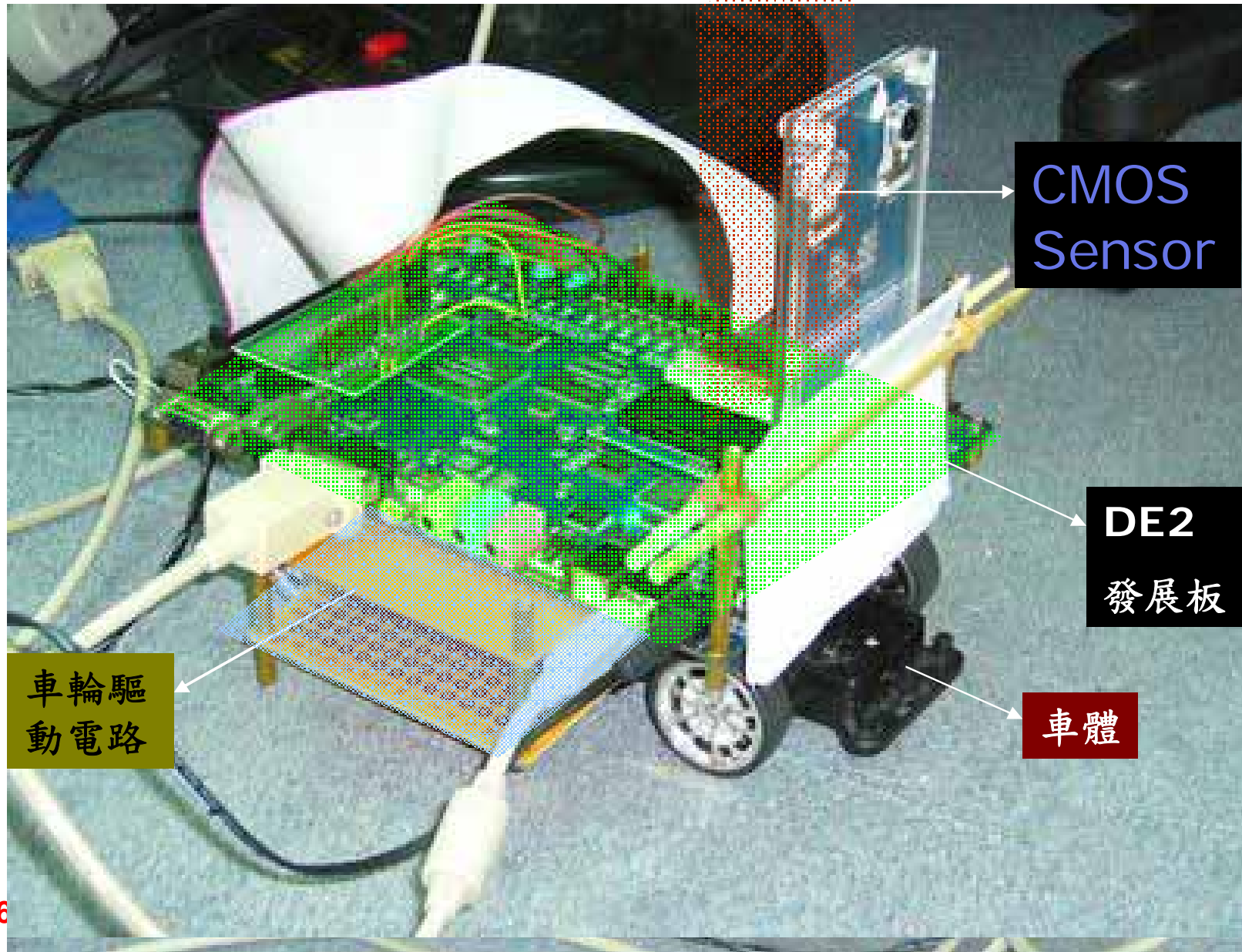
車控電路



- 雙CPU核心並可進行通訊
- 100%軟硬體共同設計及整合
- 具有硬體加速的客製化周邊
- 在NiosII核心外連結了三個自製IP
- 使用超過65%的邏輯單元及72%記憶體，並開發複雜的IP核心
- 提供玩具控制介面之新創意



智慧型動態影像追蹤自控車(實體圖)



智慧型動態影像追蹤自控車(效能評估)

本作品主要是針對每秒10張frame，而每個frame為640*480全彩24bit之即時影像進行影像辨視，每秒必須處理8.78MB之資料量，並進行二值化及X軸、Y軸Histogram之影像處理

	PC軟體模擬	嵌入式軟體	嵌入式軟硬體共同設計
每秒處理Frame數	5-7	3-4	9-11
附註	使用VFW函式開發，進行二值化、直方圖分析...等步驟	包含切換SDRAM控制權、讀SDRAM、二值化、直方圖分析...等步驟	包含讀SDRAM、二值化、直方圖分析...等步驟

Thank you for your attention

金明浩 主任

義守大學 資訊工程學系

mhjing@isu.edu.tw 07 6577711-6511/6501