

# Introducció (2): Evolució de la computació

## Charles Babbage (1791-1871)

- Màquina calculadora (difference engine) 1822:
    - Aplicada a calcular taules matemàtiques, reduir l'error humà.
    - Mai arriba a construir una màquina completa (1/9)
    - Construida amb elements mecànics
  - Màquina analítica (analytic engine) 1833:
    - Ordinador mecànic d'us general
    - Unitat central de processat i unitat de memòria
    - Controlada per un programa d'instruccions
    - Tampoc arriba a veure mai una versió completa (tampoc se sap si realment es podria construir aquest tipus de màquina emprant *només* elements mecànics)
- Ambdós conceptes són digitals
- **Ada Byron** (Lady Lovelace) descriu el **primer algorisme** per la màquina analítica.

## Universal Turing Machine

- 1936, Turing inventa la computació moderna.
- Introdueix conceptes nous: el computador pot modificar el programa, el computador ha d'aprendre de l'experiència (amb Konrad Suse, memòria del computador pot guardar tant les instruccions com les dades)
- Durant la segona guerra mundial ha de deixar de treballar en aquest concepte.

## Bombe

- 1941, Alan Turing i Harold Keen completen la primera màquina electromecànica per desenscriptar codis militars Nazis (encriptats per la màquina ENIGMA)

## Harvard Mark I

- Màquina analògica basada en la màquina analítica de Babbage
- Construida 1944 per IBM
- Utilitza senyals electromagnètiques per moure les parts mecàniques i controlar alguns relés
- 15,5 metres de llarg, 2,4 metres d'alt i 60 cm de profunditat. Pesa unes 5 tonelades.
- Té un rellotge de sincronisme amb un període de 0,015 segons
- Triga:
  - 0,3 segons per a sumar
  - 6 segons per a multiplicar
  - 1 minut per a un càlcul d'un sinus

S'avariava un cop per setmana

## Atanasoff

- Durant els anys 30 John Atanasoff construeix el “Linear Equation Solver”
- Atanasoff decideix que la manera correcta per a “computar” és emprant “electrònica digital” (empra tubs de buit)

## Colossus

- Primer prototip funcional completament digital (1944)
- 1600 tubs de buit
- Programa d'instruccions extern

## ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)

- Presentat el 1946, conté elements electrònics. Realitza operacions 1000 cops més ràpid que els seus homòlegs electromecànics
- Disenyat per John Mauchly i J. Prespert Eckert. Pesa 30 tones, ocupa 72 m<sup>2</sup> i consumeix 200K W.
- von Neuman entra a l'equip de l'ENIAC i proposa que la memòria de programa sigui interna ... Finalment és externa:
  - Seqüències d'instruccions són executades independentment del resultat dels càlculs
- L'ENIAC:
  - Llegeix 120 cartes per minut
  - Triga 200 us per fer sumes i 6 ms per dividir
  - Conté 18000 tubs de buit

## EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)

- Eckert, Mauchly, John von Neumann i d'altres dissenyen l'EDVAC per solucionar els problemes derivats del sistema de programació extern de l'ENIAC => ara el programa pot ser manipulat com a dades
- Primer report de l'EDVAC presentat al 1945 per von Neumann, més tard (1973) s'atribuirà, també, la invenció a John Atanasoff
- L'EDVAC:
  - Triga 864 us per fer sumes i 2,9 ms per multiplicacions
  - Conté 4000 tubs de buit

## Més informació:

- <http://plato.stanford.edu/entries/computing-history/>
- <http://www.computerhistory.org/timeline/>
- <http://computerpioneer.rs/timeline/or/theoretical-computer-science>

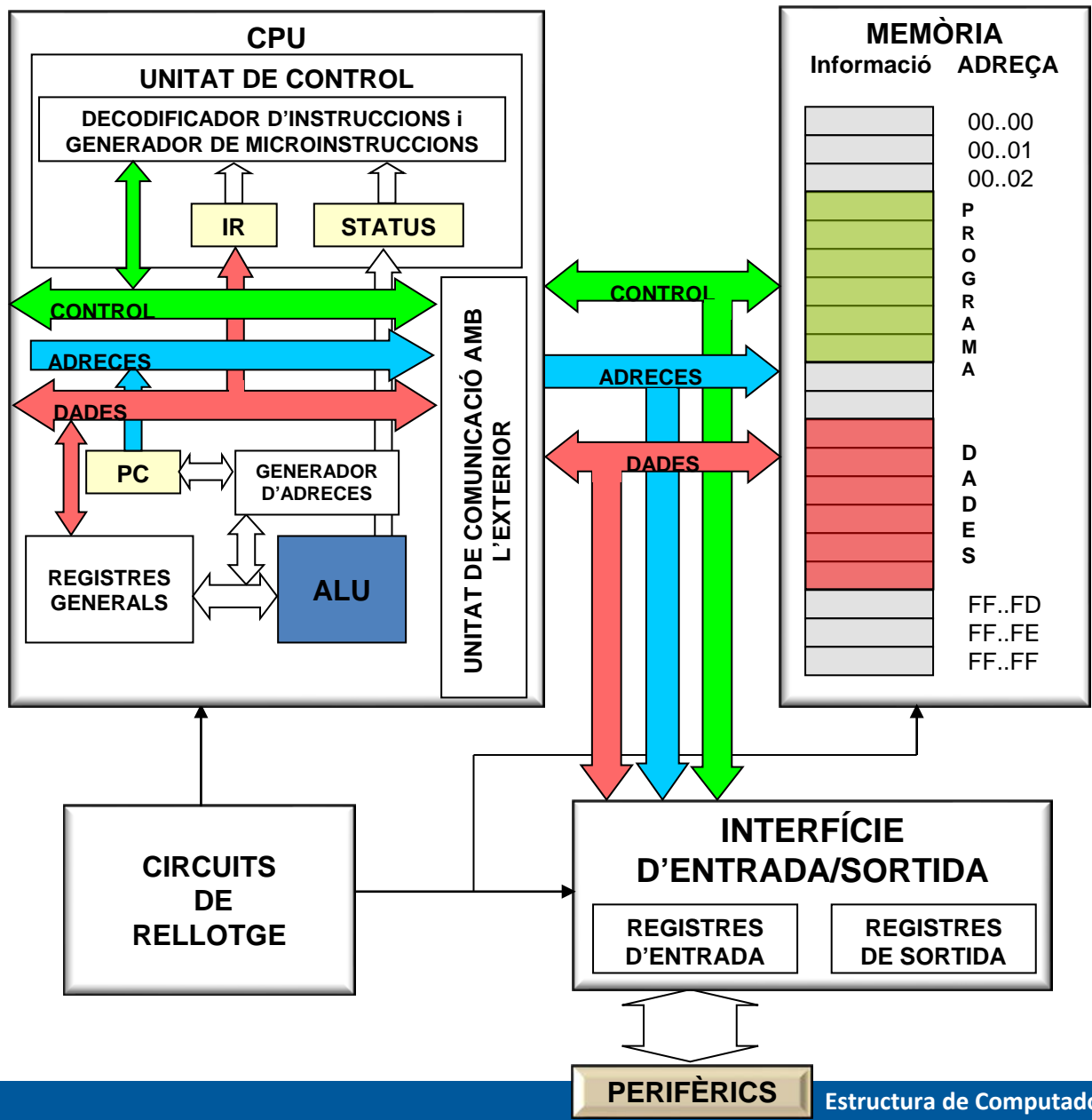
## 1947 s'inventa el transistor bipolar:

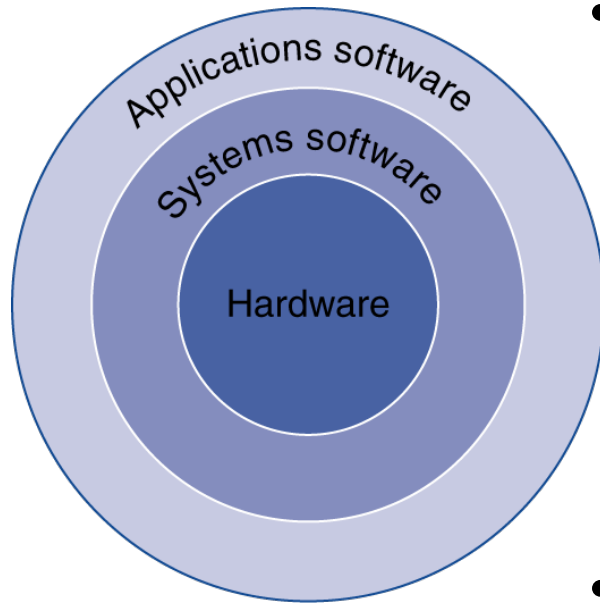
- Substitueixen els tubs de buit en els nous computadors
- Incrementen la velocitat, disminueixen consum, preu i àrea
- Dona pas a la computació «moderna»



Els dispositius bàsics d'un ordinador són:

- CPU:
  - UC (Unitat de Control)
  - UP (unitat d'execució)
- Memòria Principal
- Dispositius d'E/S





- Software escrit en llenguatge d'alt nivell (Application Software)
- System software
  - Compilador tradueix el programa a codi màquina
  - Sistema operatiu:
    - Interfície I/O
    - Mem. Management
    - Programació (temporal) tasques
    - Compartir recursos
- Hardware:
  - Processador
  - Memòria
  - Controladors I/O

- High-level language
- Assembly language
- Hardware representation

High-level  
language  
program  
(in C)

```
swap(int v[], int k)
{int temp;
  temp = v[k];
  v[k] = v[k+1];
  v[k+1] = temp;
}
```

Compiler

Assembly  
language  
program  
(for RISC-V)

```
swap:
  slli x6, x11, 3
  add x6, x10, x6
  ld x5, 0(x6)
  ld x7, 8(x6)
  sd x7, 0(x6)
  sd x5, 8(x6)
  jalr x0, 0(x1)
```

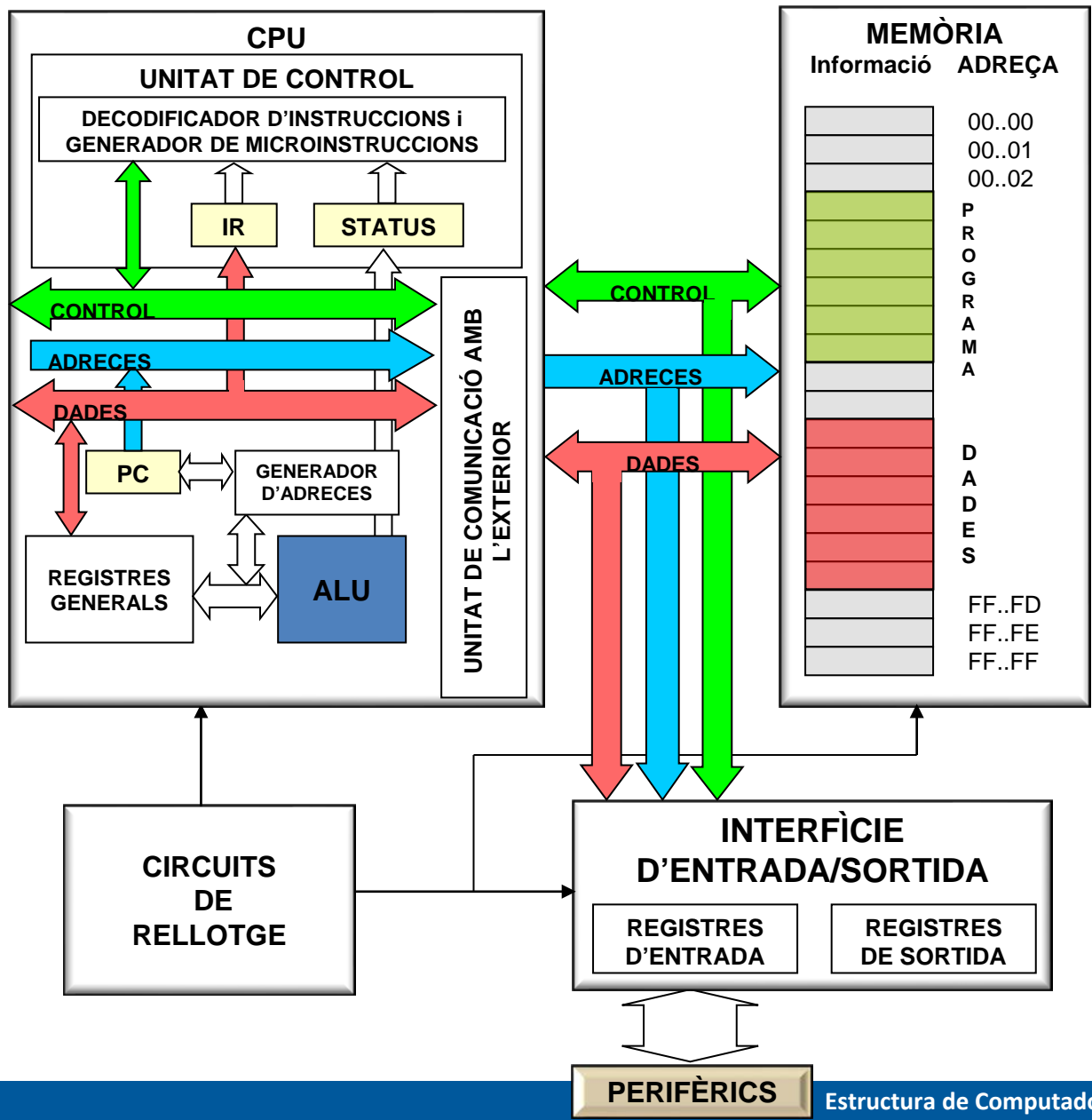
Assembler

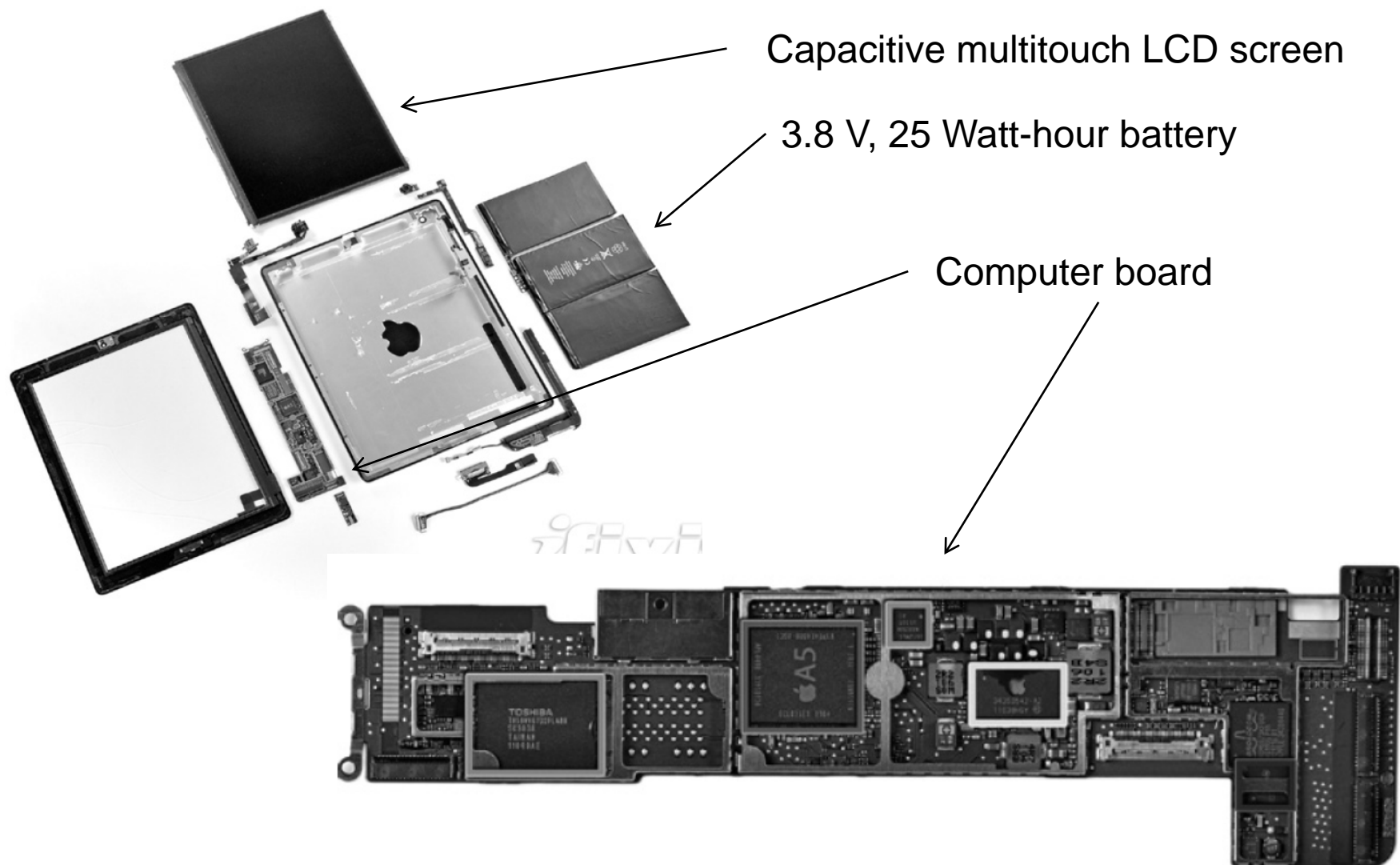
Binary machine  
language  
program  
(for RISC-V)

```
00000000001101011001001100010011
00000000011001010000001100110011
00000000000000110011001010000011
00000000100000110011001110000011
00000000011100110011000000100011
00000000010100110011010000100011
0000000000000001000000001100111
```

Els dispositius bàsics d'un ordinador són:

- CPU:
  - UC (Unitat de Control)
  - UP (unitat d'execució)
- Memòria Principal
- Dispositius d'E/S



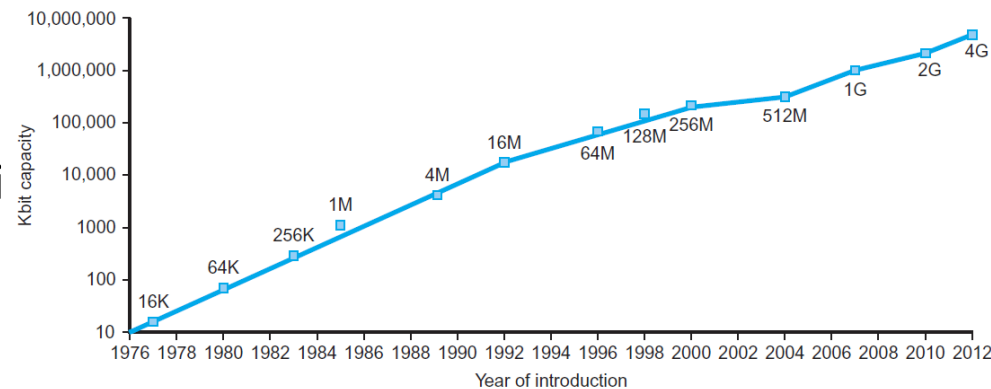


- Datapath: realitza les operacions amb les dades
- Control: controla les tasques del datapath, memòria, ...
- Cache memory
  - Petita i ràpida memòria SRAM per accedir ràpidament a les dades

- Apple A5



- Tecnologia electrònica continua evolucionant
  - Incrementant capacitat i rendiment
  - Reducció de costos

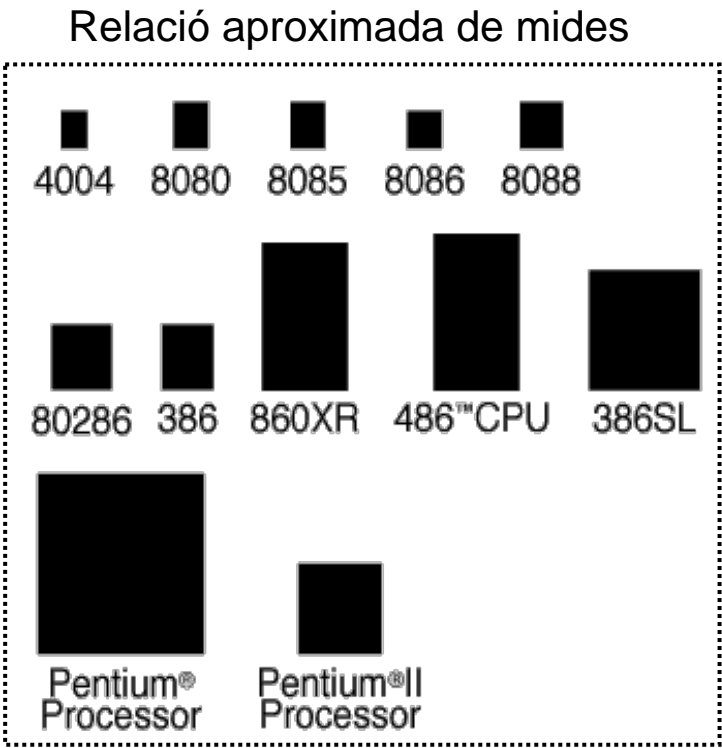


DRAM capacity

Year	Technology	Relative performance/cost
1951	Vacuum tube	1
1965	Transistor	35
1975	Integrated circuit (IC)	900
1995	Very large scale IC (VLSI)	2,400,000
2013	Ultra large scale IC	250,000,000,000

# EVOLUCIÓ DELS MICROPROCESSADORS INTEL

Microprocessador	Any	# Transistors*	Freqüència
4004	1971	2.300	100 kHz
8080	1974	6.000	2 MHz
8086	1978	29.000	4,77 - 10 MHz
80286	1982	134.000	6 - 25 MHz
80386	1985	275.000	16 - 33 MHz
80486	1989	1.200.000	25 - 50 MHz
Pentium	1993	3.100.000	60 - 120 MHz
Pentium II	1997	7.500.000	233 - 333 MHz
Pentium III (Katmai)	1999	9.500.000	450 MHz-1,4GHz
Pentium 4 (256kB caché)	2000	42.000.000	1,4 – 3,4 GHz
Itanium 2 (9MB caché)	2004	592.000.000	1,67 GHz
Intel Core 2 Duo (4MB L2 caché)	2006	291.000.000	1,86 - 3.3 GHz
Intel Core 2 Quad	2006	586.000.000	2,33 – 3,2 GHz
Intel Core i7 (8MB L3 caché)	2008	781.000.000	2,66 – 3,33 GHz
Intel Core i7 Sandy Bridge-E (i7-3970x: 20MB L3caché, 8 cores)	2011	2.270.000.000	3,5 – 4,0 GHz

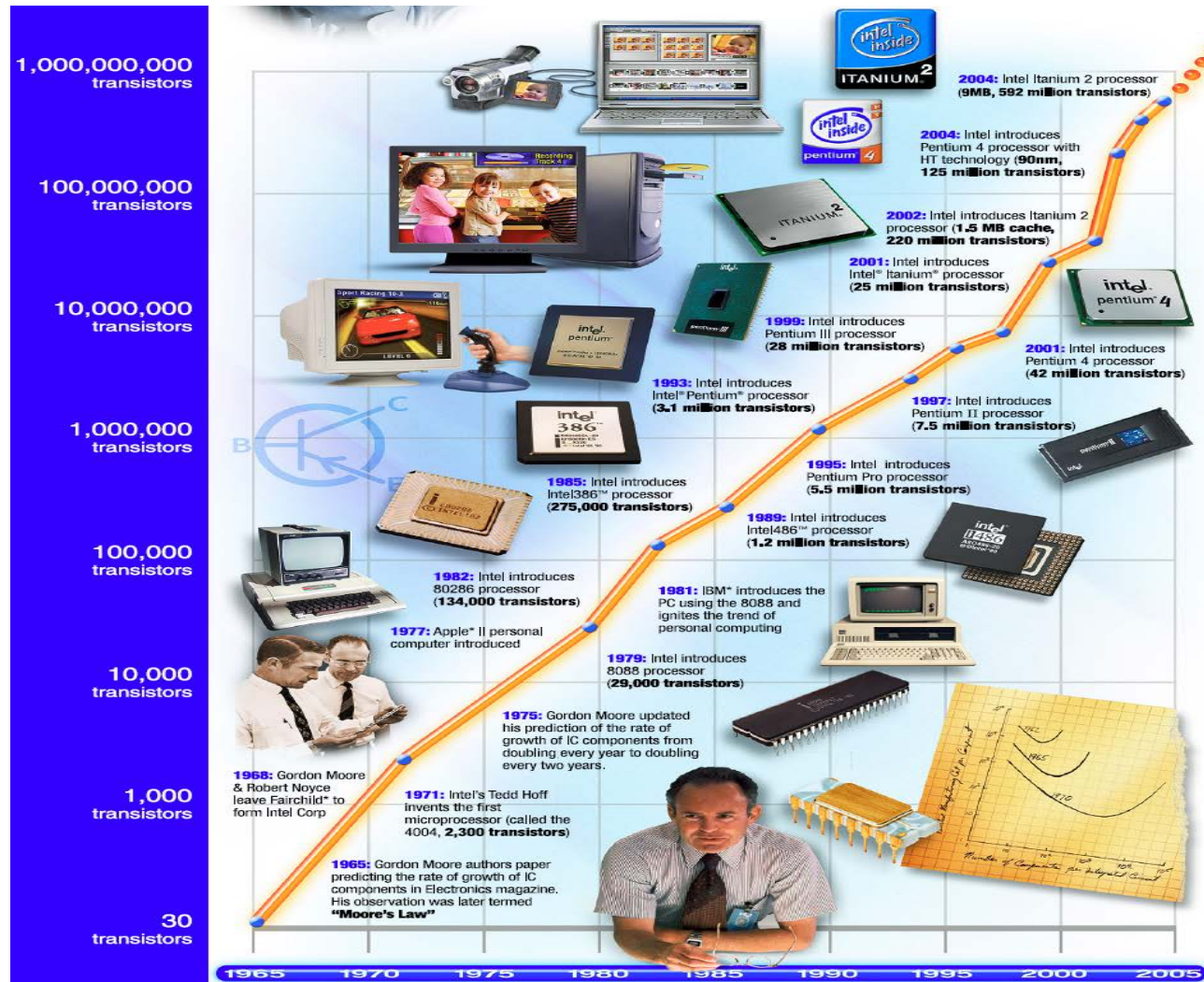


\*Tant el nº de transistors com la freqüència en alguns dels processadors mostrats depenen molt del model, ja que en alguns casos s’han fet molts models diferents d’un mateix microprocessador.

Nota: al 2007 el ARM Cortex-A9 té 26.000.000 transistors...

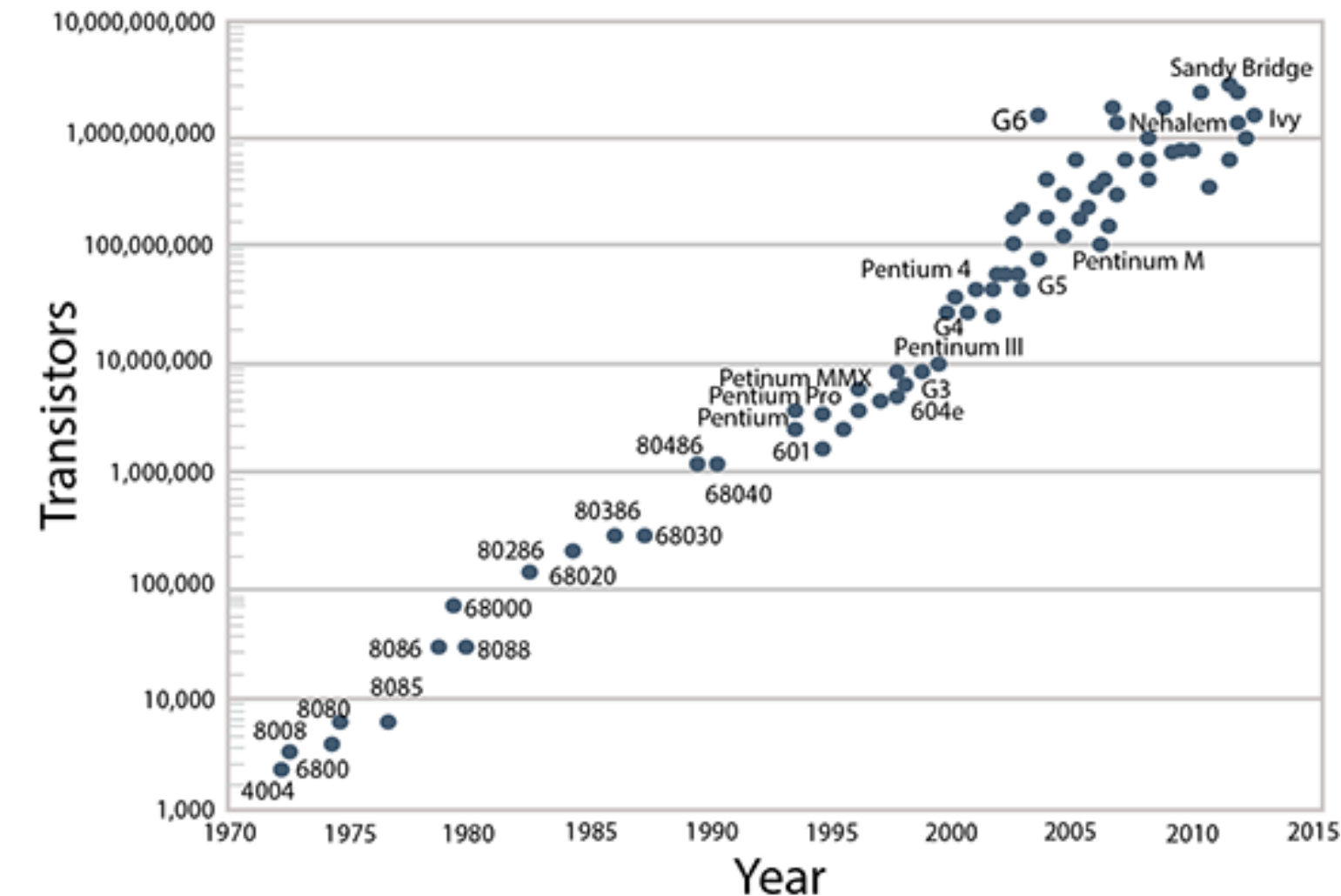


# EVOLUCIÓ DELS MICROPROCESSADORS



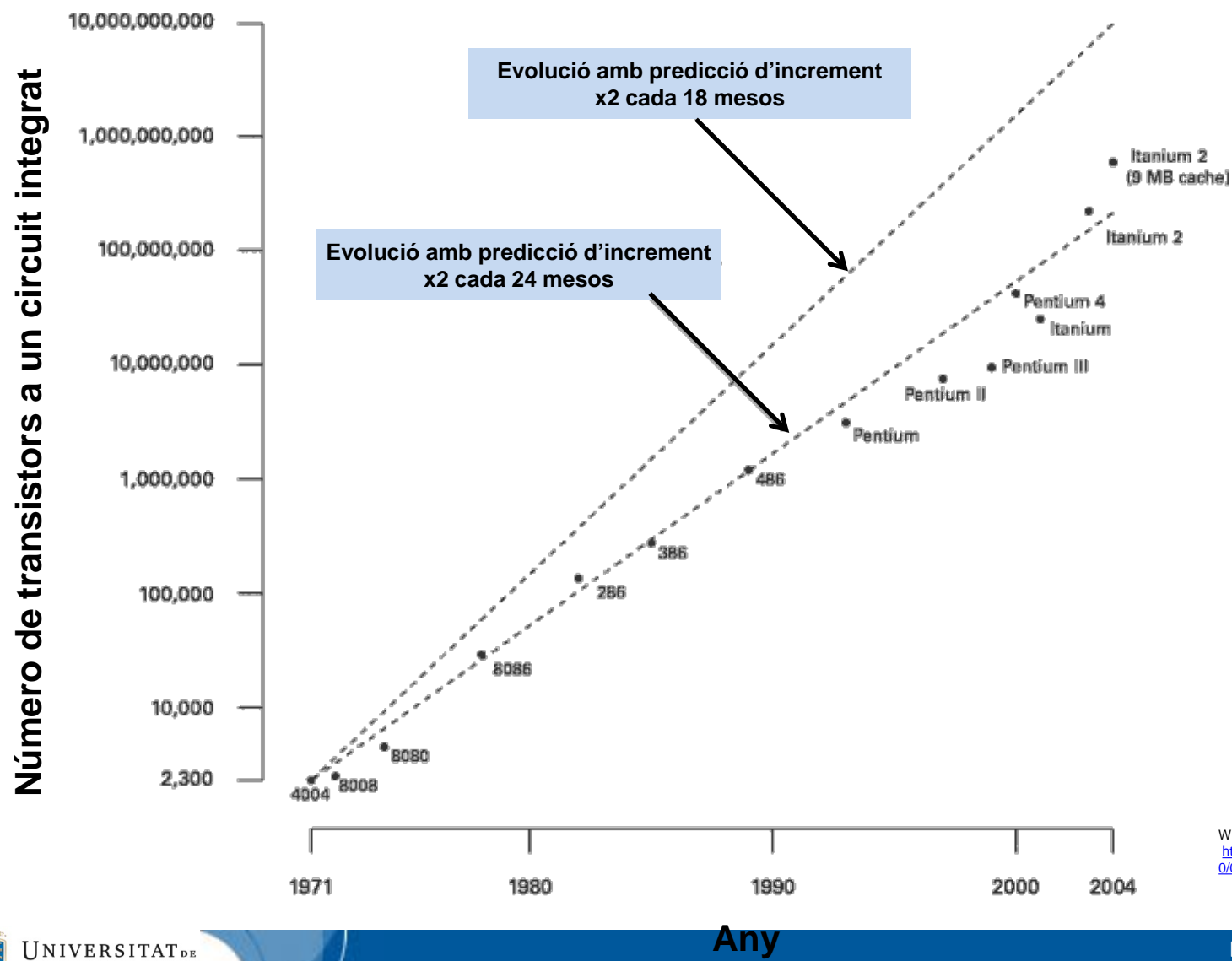
Llei de Moore : (1965) El número de "transistors" als circuits integrats es duplicaria cada 12 mesos. Això ho preveia fins al 1975, aquest any va fer un ajust a 24 mesos. Encara es compleix avui dia.

Font: <http://bonnerfamilyoffice.com/wp-content/uploads/2014/07/20140721-DRE1.png>



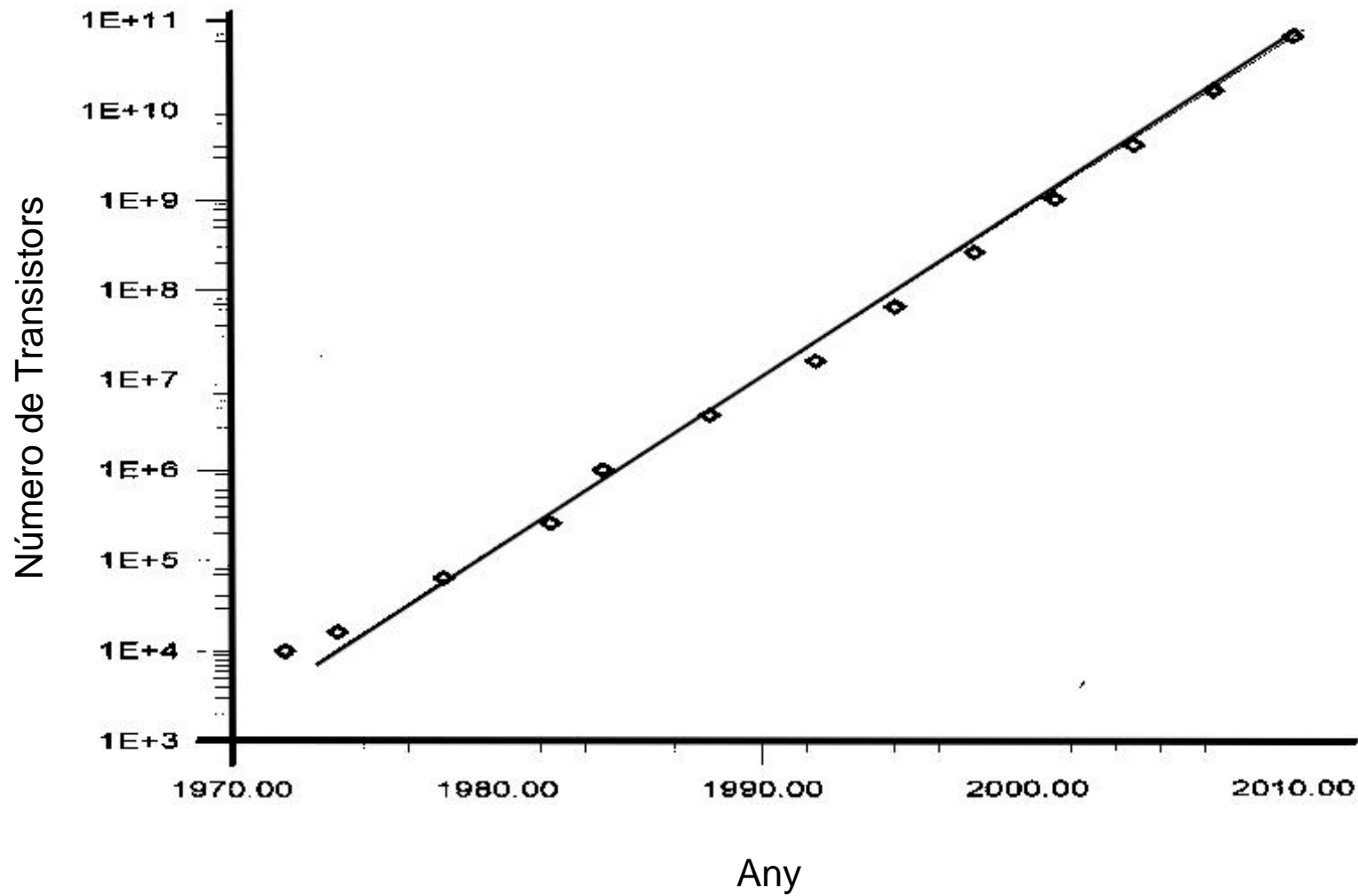
Llei de Moore : (1965) El número de “transistors” als circuits integrats es duplicaria cada 12 mesos. Això ho preveia fins al 1975, aquest any va fer un ajust a 24 mesos. Encara es compleix avui dia.

## Compliment de la llei de Moore als Microprocessadors d'Intel

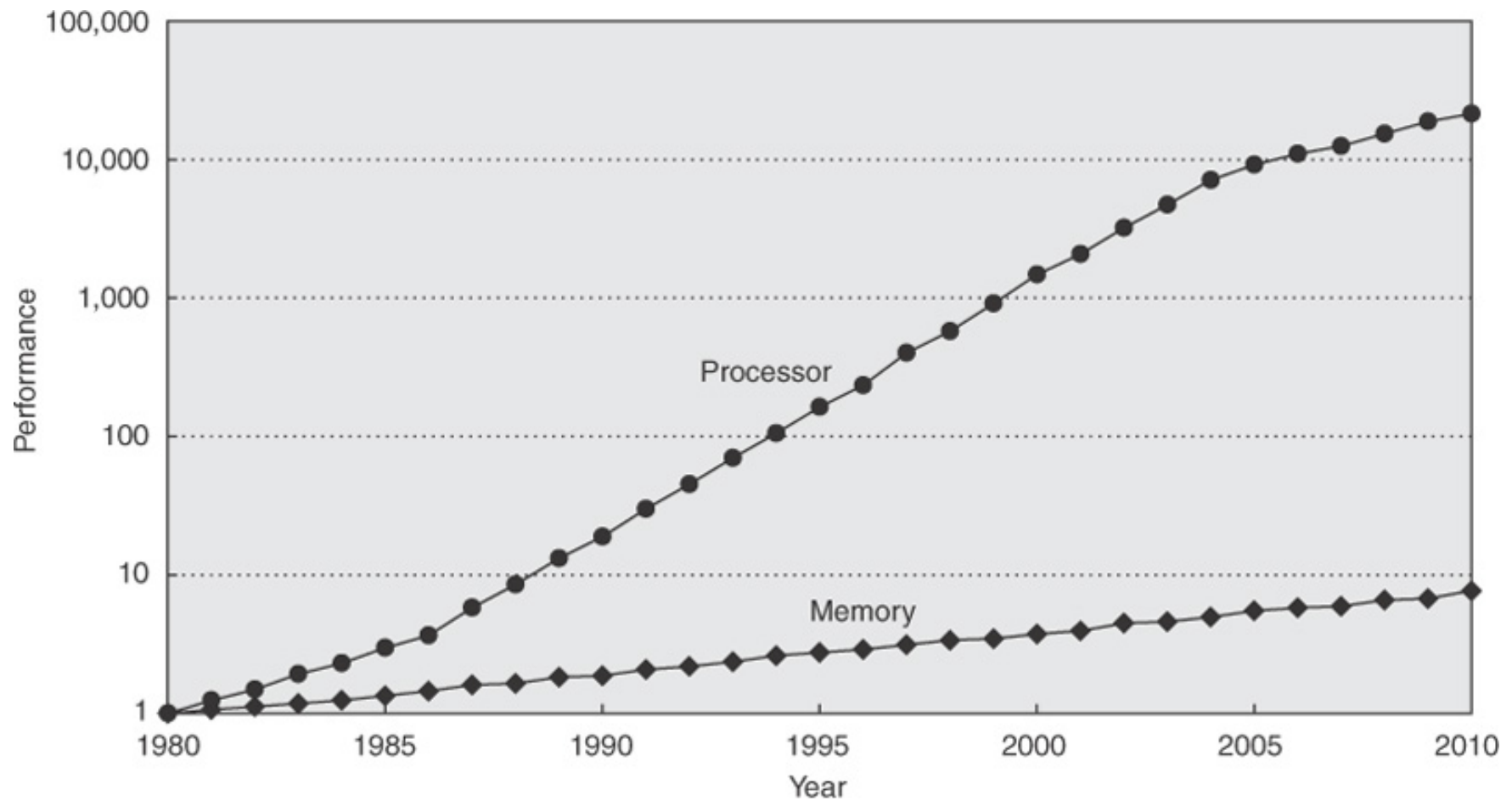


Wikipedia, "Moore's law"  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Moore\\_Law\\_diagram\\_\(2004\).png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Moore_Law_diagram_(2004).png)

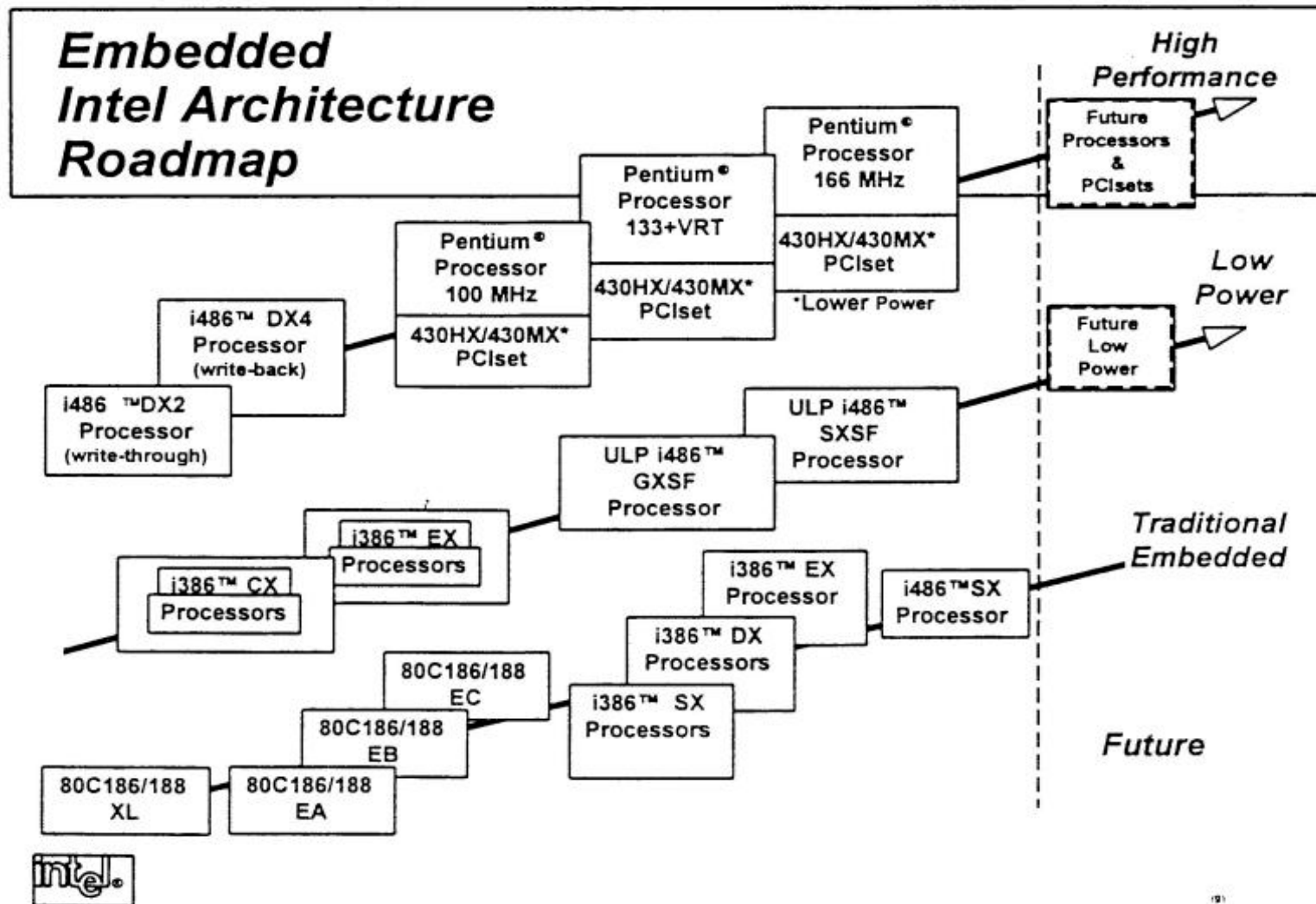
Evolució del número de Transistors a les Memòries



## Logic and Memory performance gap



© 2007 Elsevier, Inc. All rights reserved.



Amortitzar els dissenys, cada cop més complexos, dels processadors és molt important per garantir la viabilitat.



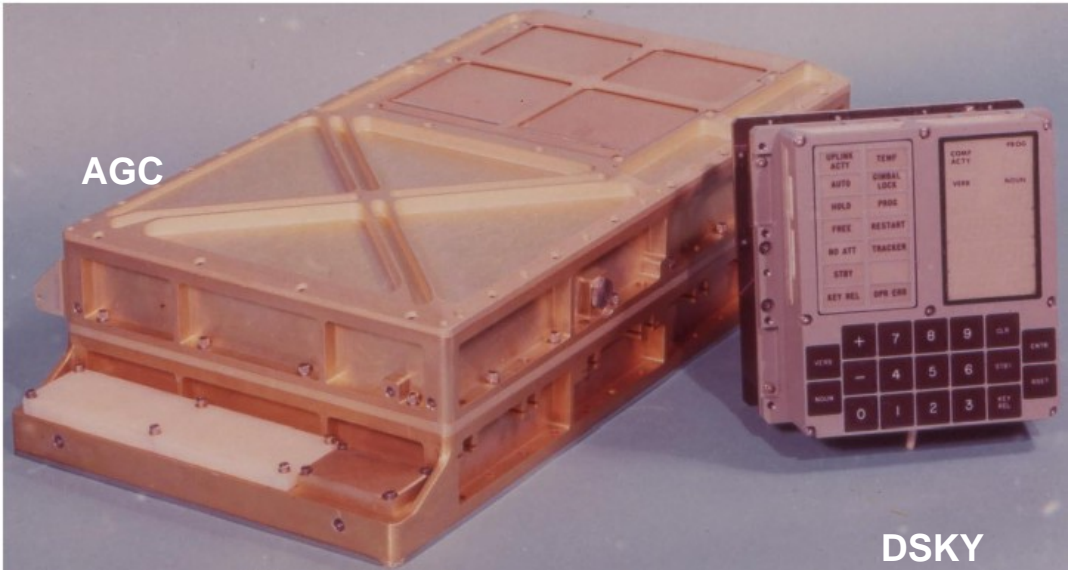
Apollo Guidance Computer (AGC) 1966

Dissenyat pel MIT pel programa *Apollo* i que anava tant al mòdul de comandament (CM) com al lunar (LM). El feien servir els astronautes per funcions de guiat, navegació i control de les naus.

Els astronautes es comunicaven amb el AGC mitjançant un teclat numèric anomenat DSKY.

El AGC va ser un dels primers ordinadors basats en “Circuits Integrats”

Processador	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4100 ICs, cada un amb 3 transistors (12300 Tx)</li><li>• Paraula: 16bits (15 de dades més 1 de paritat)</li><li>• 4 Registres (+20 espec.)</li><li>• 11 Instruccions</li></ul>
Freqüència	2,048 MHz
Memòria	<ul style="list-style-type: none"><li>• Organitzada en paraules de 16-bit.</li><li>• RAM: 2048 paraules (magnetic core memory)</li><li>• ROM: 36864 paraules (core rope memory)</li></ul>



PD-NASA