

Arquitectura i Configuracions Informàtiques

Tema 1. Introducció – Parte 1

Davide Careglio

Temario

- ▶ Tema 1. Introducción
- ▶ Tema 2. El microprocesador
- ▶ Tema 3. Memoria
- ▶ Tema 4. Dispositivos de E/S y buses
- ▶ Tema 5. DataCenters y modelos de comunicación

Temario

- ▶ **Tema 1. Introducción**
 - ▶ Un poco de historia
 - ▶ Generaciones
 - ▶ Arquitectura de los ordenadores
 - ▶ Identificación de los componentes
- ▶ Tema 2. El microprocesador
- ▶ Tema 3. Memoria
- ▶ Tema 4. Dispositivos de E/S y buses
- ▶ Tema 5. DataCenters y modelos de comunicación

1.1 - Un poco de historia

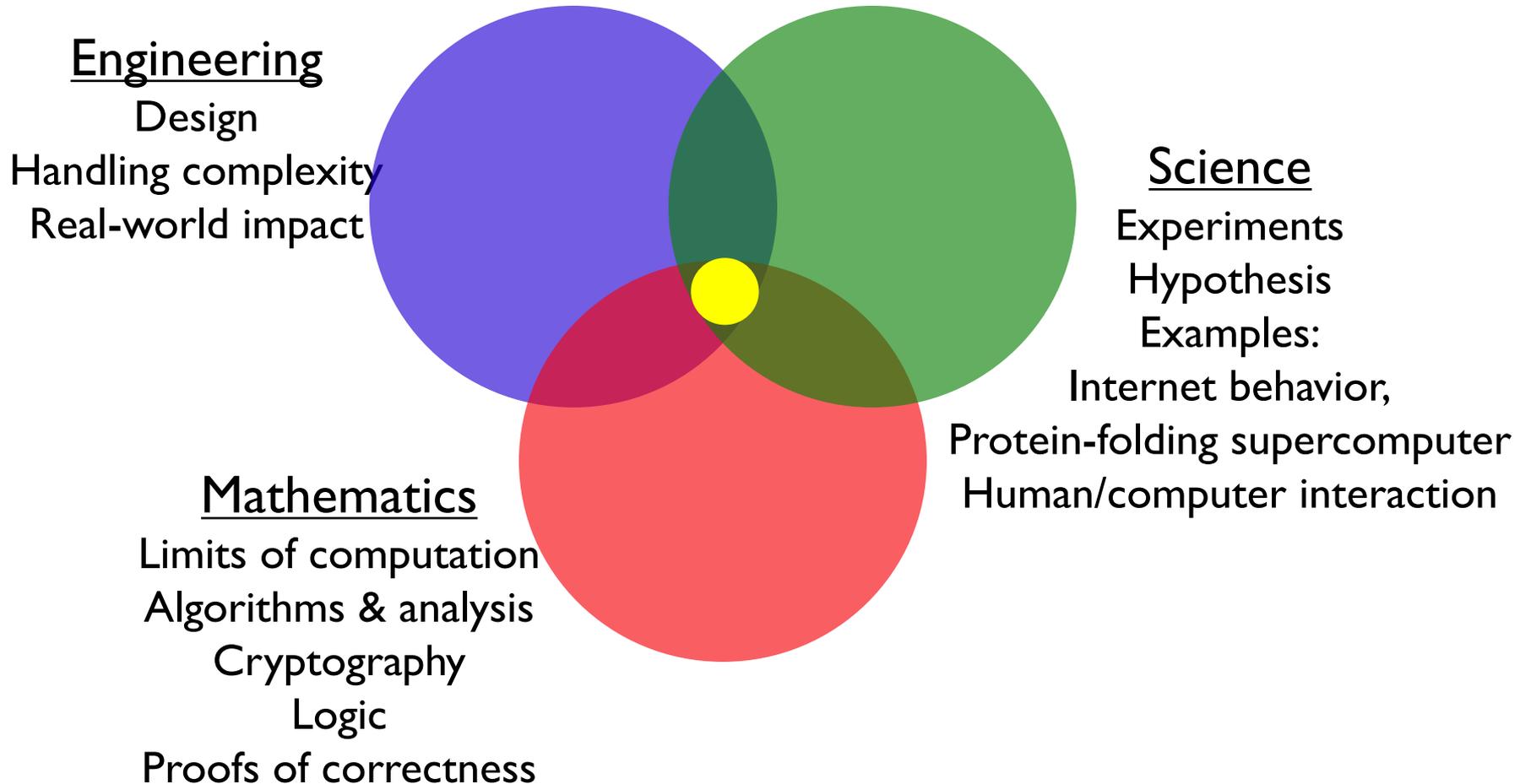
- ▶ ¿qué es un ordenador? [fuente Wikipedia]
 - ▶ A computer is a general purpose device that can be programmed to carry out a set of arithmetic or logical operations automatically.
 - ▶ Since the sequence of operations can be readily changed, **the computer can solve more than one kind of problem**
- ▶ Diferencia importante con los ordenadores específicos que están diseñado para hacer una única tarea bien definida y no son programables

1.1 - Un poco de historia

- ▶ **¿qué es la arquitectura de un ordenador? [fuente Patterson]**
 - ▶ La ciencia y el arte del diseño, selección, y la interconexión de los componentes de hardware y el diseño de la interfaz de hardware/software para crear un sistema de computación que cumpla los objetivos funcionales, de rendimiento, de consumo de energía, de costo y otros objetivos específicos

1.1 - Un poco de historia

- ▶ ... y es una tarea multidisciplinaria



1.1 - Un poco de historia

- ▶ ... con objetivos dispares y a veces opuestos
 - ▶ Funcional
 - ▶ Necesita ser correcto, no se puede modificar una vez construido (a diferencia del software)
 - ▶ Fiable
 - ▶ Debe seguir funcionando correctamente
 - ▶ Altas prestaciones
 - ▶ Computar el mayor número de operaciones en el menor tiempo posible
 - ▶ Bajo coste
 - ▶ De diseño, de fabricación de cada unida y de mantenimiento
 - ▶ Bajo gasto energético
 - ▶ Bajo coste de electricidad, de batería, de refrigeración
- ▶ Desafío: balanceo entre estos objetivos

1.1 - Un poco de historia

¿cuál fue el primer computer?

1.1 - Un poco de historia

¿cuál fue el primer computer?



UNIVAC I 101 by ERA in 1950 (program stored in memory)

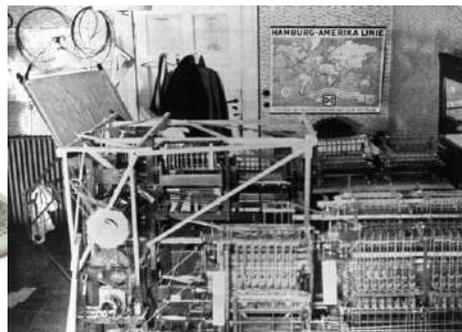
Whirlwind machine by MIT in 1955 (first RAM)



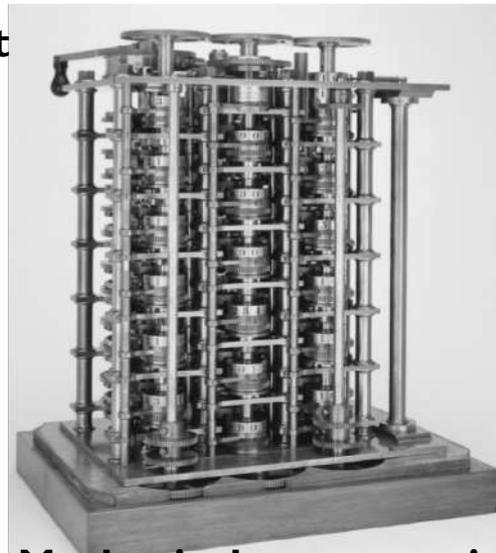
Apple I by Steve Wozniak in 1976



IBM PC, in 1981



Z1 created by Konrad Zuse in 1938 (programmable)



Mechanical computer, invented by Charles Babbage in 1822



First PC KENBAK-1 by John Blankenbaker in 1971

1.1 - Un poco de historia

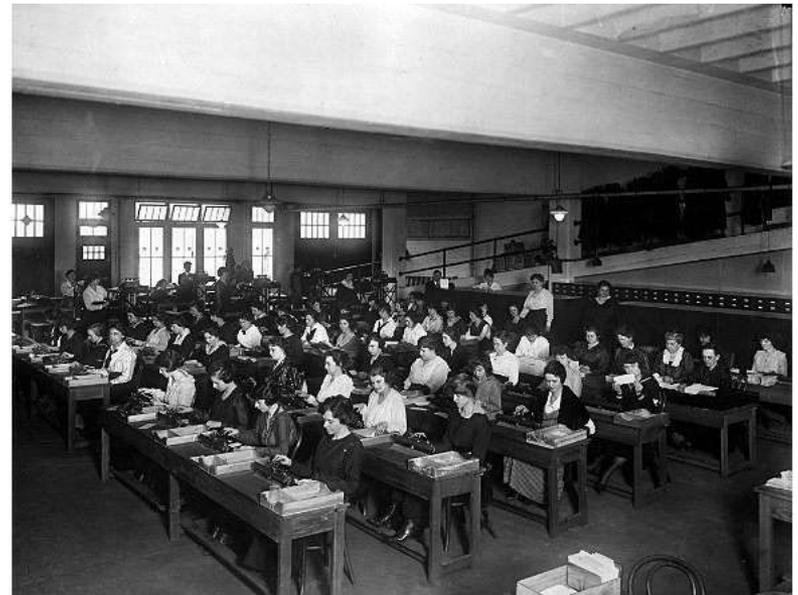
¿cuál fue el primer computer?



1.1 - Un poco de historia

Computación humana

- ▶ El termino "computer", usado al principio del siglo 17 (el primer documento encontrado que usa este termino es del 1613), significa "el que computa": una persona haciendo cálculos matematicos.
- ▶ "The human computer is supposed to be following fixed rules; he has no authority to deviate from them in any detail" (Alan Turing, 1950)
- ▶ Se usan grupos de personas para que hagan cálculos largos y tediosos
- ▶ Primer paralelismo: el trabajo se divide de manera que se pueda hacer de forma paralela, es decir al mismo tiempo, sin esperar que uno termine para poder hacer el siguiente calculo



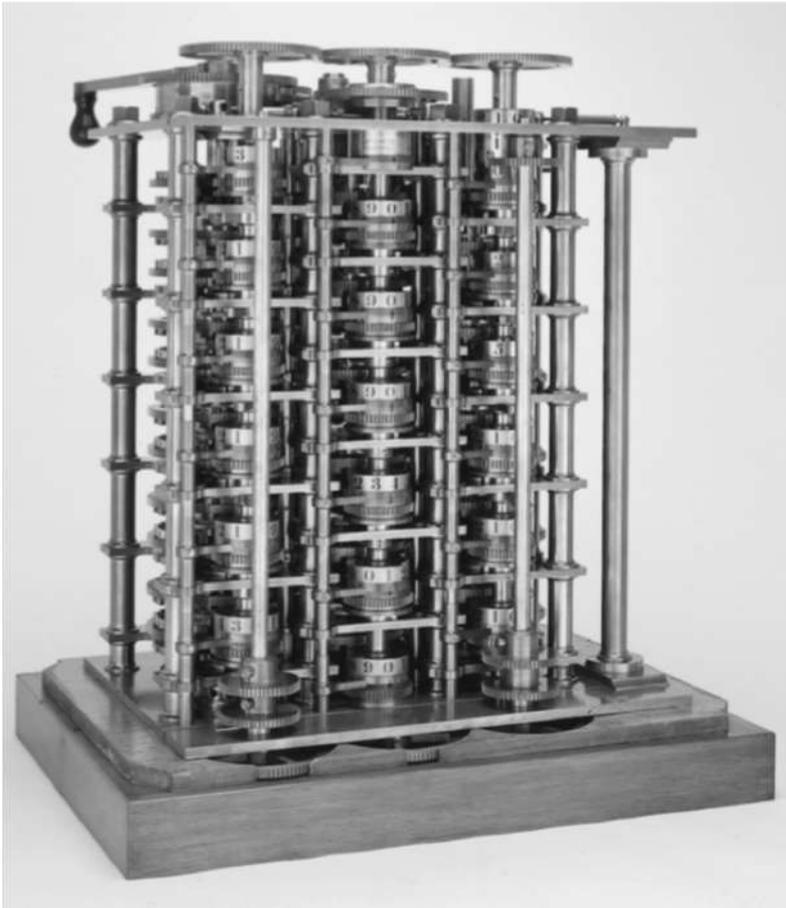
1.1 - Un poco de historia

- ▶ Y luego se fue progresivamente yendo hacia la computación por medio de maquinas



1.1 - Un poco de historia

- ▶ Pero ya en el siglo XIX se empezó a pensar en la computación por medio de maquinas



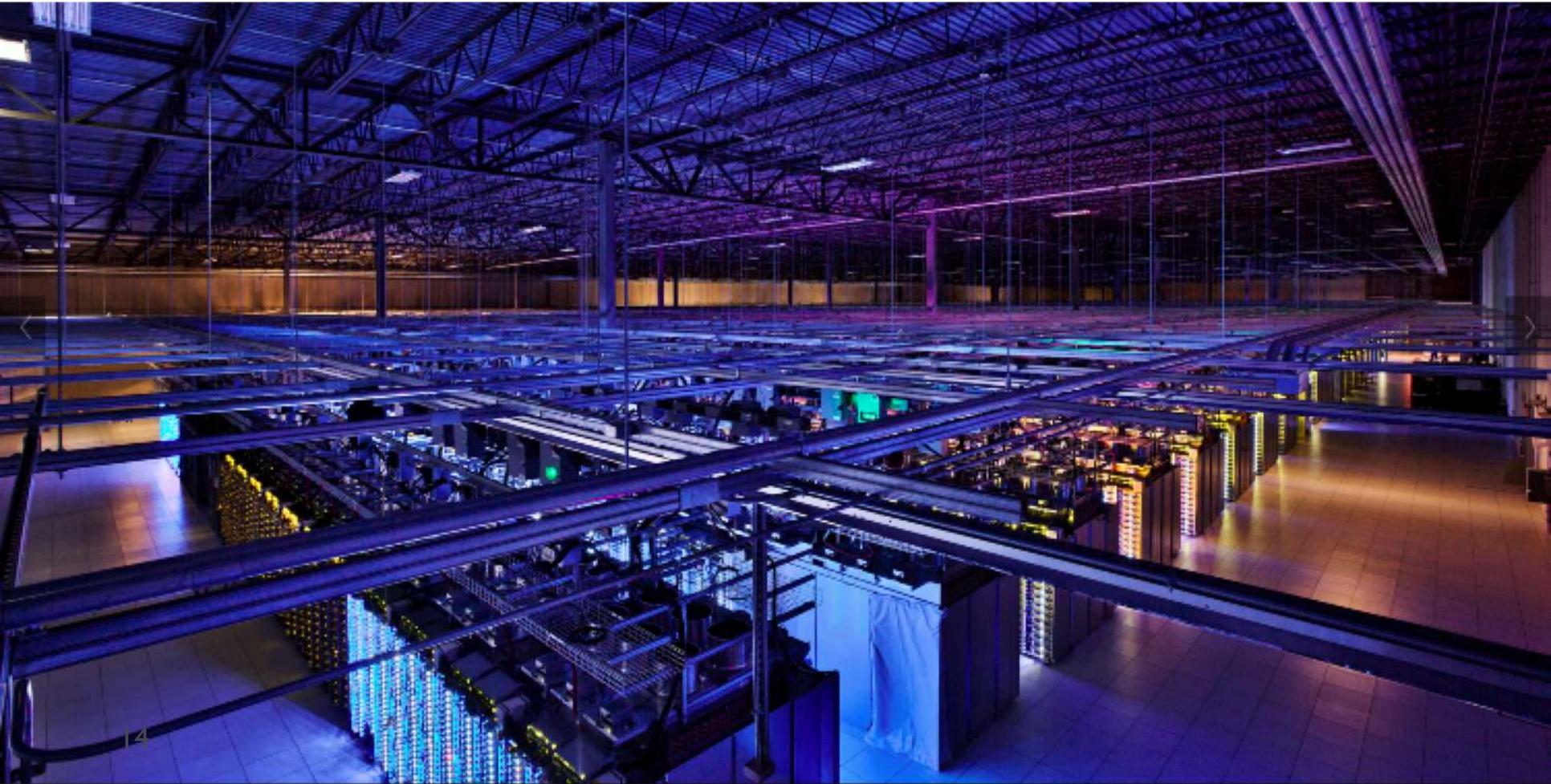
The Babbage Difference Engine

- ▶ 1822 (invención), 1831-1837 (prototipo)
- ▶ 25,000 partes
- ▶ 20,000 euros
- ▶ Ordenador mecánico para calcular funciones polinómicas

1.1 - Un poco de historia

► ... y ahora estamos

One Google Data Centre



1.1 - Un poco de historia

► arriba

One Google Data Centre



1.1 - Un poco de historia

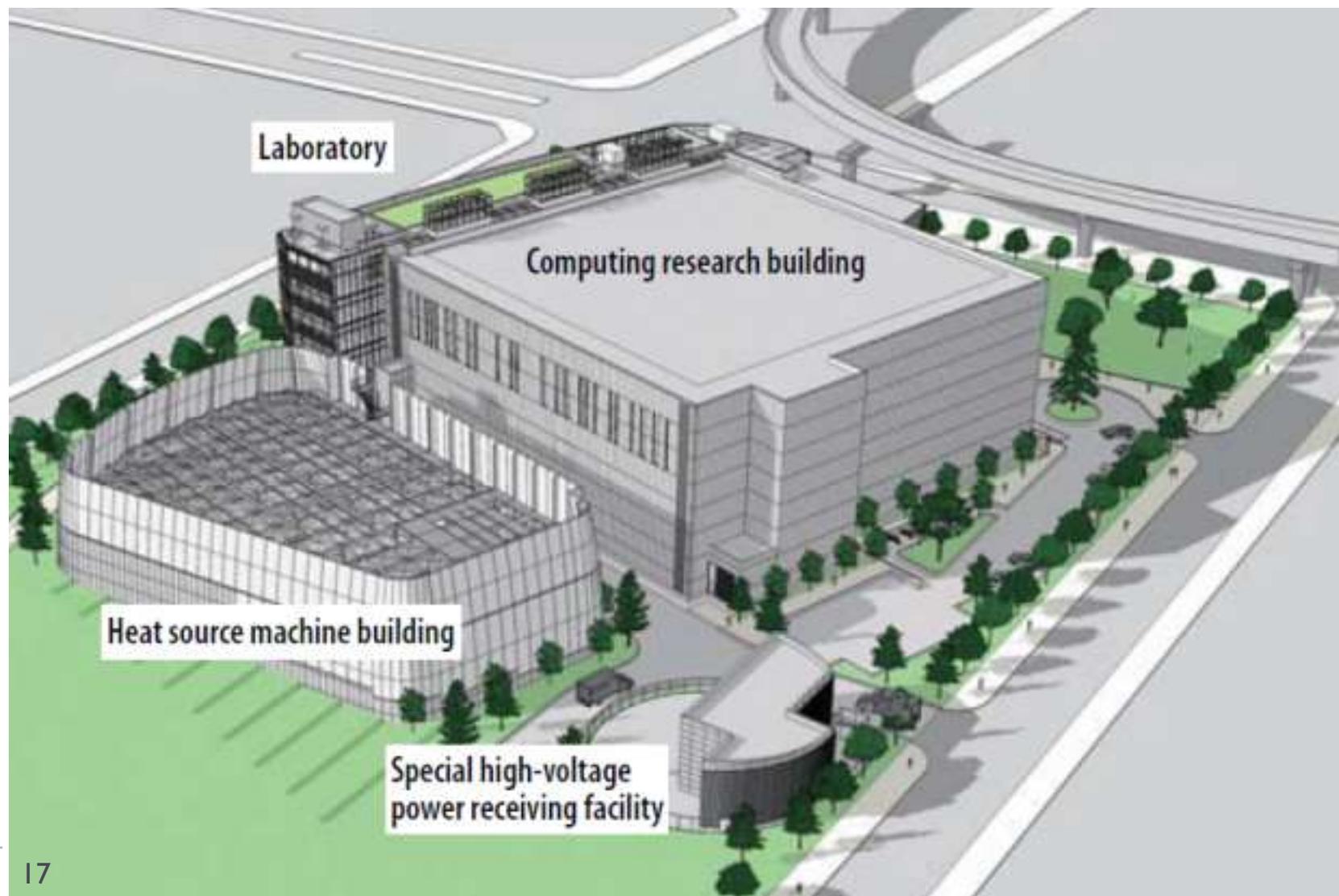
► y abajo

One Google Data Centre



1.1 - Un poco de historia

K computer (HPC)



1.1 - Un poco de historia

- ▶ A lo largo de estos años, se han ido creando nuevas generaciones de ordenadores
- ▶ Cada generación definiendo un cambio importante/drástico respecto a la anterior

1.2 – Generaciones

Primera generación

- ▶ **Ordenadores analógicos (mitad del siglo pasado)**
 - ▶ Mecánicos, hidráulicos
 - ▶ Usan los aspectos cambiantes de algunos fenómenos físicos (p.e., electricidad, hidráulica), para modelar un problema
 - ▶ Difíciles de programar (claramente) y difícilmente se obtienen los mismos idénticos resultados repitiendo la “computación”



1.2 – Generaciones

Primera generación

- ▶ **Primeros ordenadores digitales (mitad del siglo pasado)**
 - ▶ Descritos por Alan Turing en el 1936
 - ▶ Demostración que pueden computar cualquier cosa que sea computable ejecutando un algoritmo
 - ▶ Arquitectura definida por Janos von Neumann en el 1945
 - ▶ Usan cantidades variables simbólicas
 - ▶ Las bases matemáticas son la algebra de George Boole (1854) → Algebra booleana
 - ▶ Correspondencia entre esta algebra y el funcionamiento de los circuitos lógicos (true/false → on/off)
 - ▶ Operaciones de AND, OR, NOT, XOR
 - ▶ Repitiendo la ejecución de un mismo algoritmo usando las mismas condiciones (variables y parámetros), se obtiene el mismo resultado
 - ▶ Primeras fabricaciones durante la 2a guerra mundial
 - ▶ Se usan dispositivos “novedosos” para la época que reemplazan los puramente mecánicos
 - ▶ Relés, condensadores, tubos de vacío

1.2 – Generaciones

Primera generación

▶ Tubos de vacío

- ▶ El alma de un circuito electrónico de aquella época
- ▶ Permiten amplificar, conmutar, o modificar una señal eléctrica mediante el control del movimiento de los electrones en un espacio "vacío" a muy baja presión



1.2 – Generaciones

Primera generación

▶ Primeros ordenadores digitales

- ▶ 1941: Z3 (Konrad Zuse)
 - ▶ Primer ordenador programable de propósito general (Alemania)



- ▶ 1944: IBM Harvard Mark I
 - ▶ Usando las patentes de Zuse



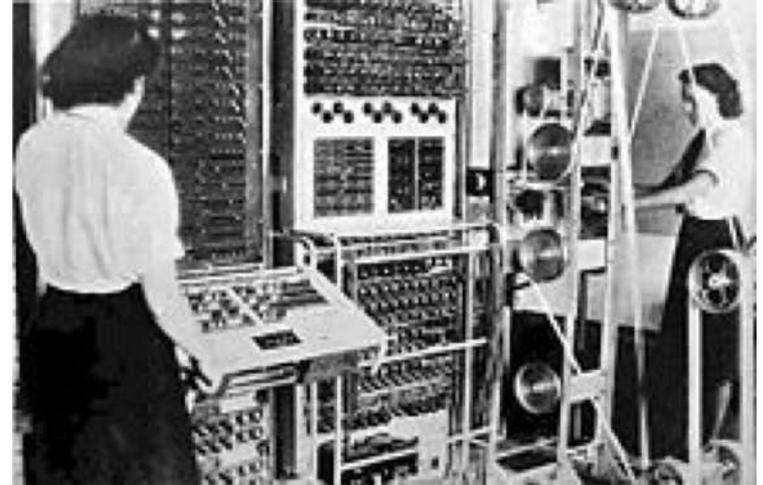
1.2 – Generaciones

Primera generación

▶ Primeros ordenadores digitales

▶ 1944: Colossus (UK)

- ▶ Para decodificar información encriptada
- ▶ (famosa maquina enigma y su codificación usada para los alemanes)



▶ 1946: ENIAC (US)

- ▶ Para calcular las trayectorias de los misiles balísticos
- ▶ Ocupa 167 m² y necesita 159 kW

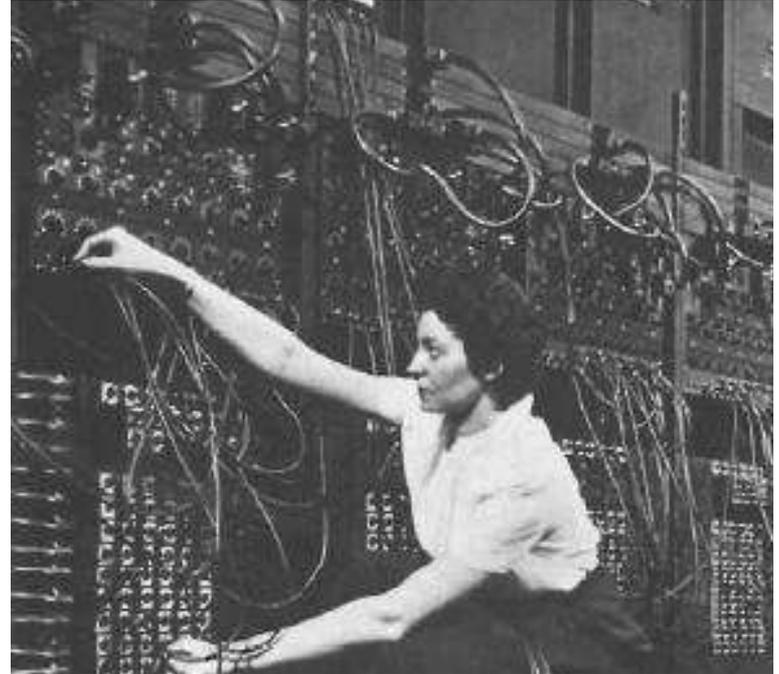


1.2 – Generaciones

Primera generación

▶ Primeros ordenadores digitales (mitad del siglo pasado)

- ▶ Todos se programan a través de cambios de interconexión de cables y conmutadores
- ▶ Aún no existen dispositivos de almacenamiento
- ▶ Ni sistemas operativos
- ▶ Ni lenguajes de programación (aunque Zuse afirma haber inventado el primer lenguaje llamado Plankalkül, 1943-1946 para su Z3)

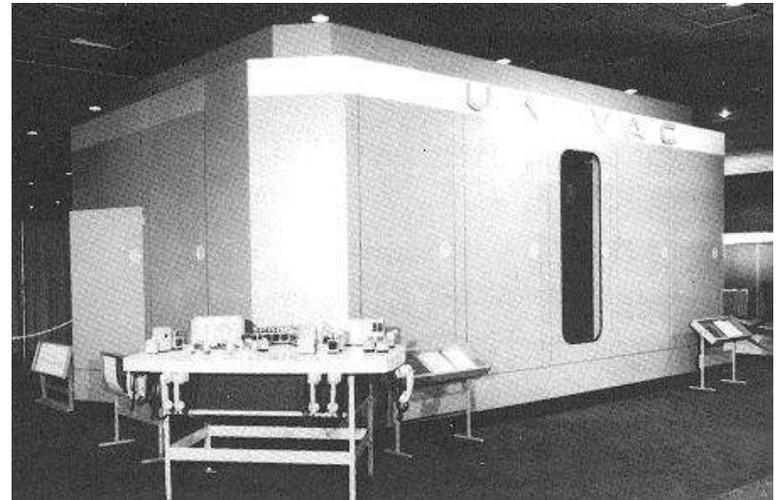


1.2 – Generaciones

Evolución y mejoras

▶ Programas almacenables en memoria

- ▶ 1948-1960
- ▶ Se define el concepto de instruction set (conjunto de instrucciones) que permiten la programación de un ordenador
- ▶ Se alcanzan ordenadores con 5000 tubos de vacíos y 2kbits de memoria
- ▶ 1951: UNIVAC
 - ▶ Primer ordenador comercial



1.2 – Generaciones

Evolución y mejoras

- ▶ **Almacenamiento en memoria de núcleos magnéticos**
 - ▶ 1954-1970
 - ▶ Para almacenar datos no volátil
 - ▶ Unos 10,000 dólares por Mbyte



1.2 – Generaciones

Segunda generación

▶ Nace el transistor

- ▶ 1947 (Nobel de Física en el 1956)
- ▶ A partir del 1955, reemplazan los tubos de vacío
- ▶ Más pequeños, más baratos, más estables, más fiables, menos frágiles, etc. etc. etc.
- ▶ Además de mejorar el procesador, también permiten el desarrollo y mejoras de los dispositivos periféricos como memorias, discos de datos, etc.
- ▶ Se pasa de la memoria de núcleo magnético a la memoria de semiconductor, reduciendo el coste, el tamaño y el consumo energético



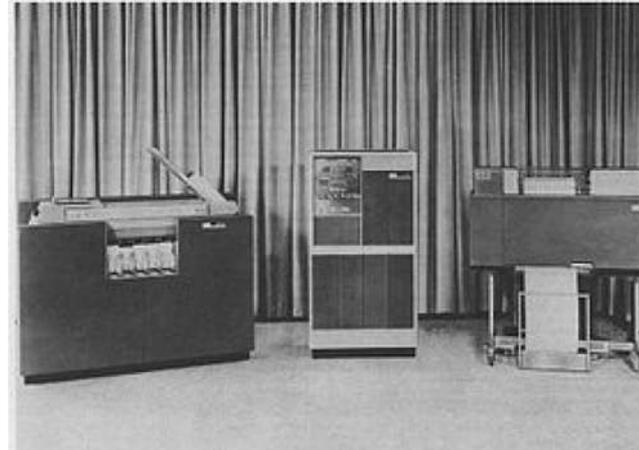
1.2 – Generaciones

Segunda generación

- ▶ 1959: IBM 1401

- ▶ Primer ordenador con transistores

Lector/
escritor



impresora

procesador

- ▶ 1960: Olivetti Elea 9003

- ▶ Único competidor de IBM por entonces

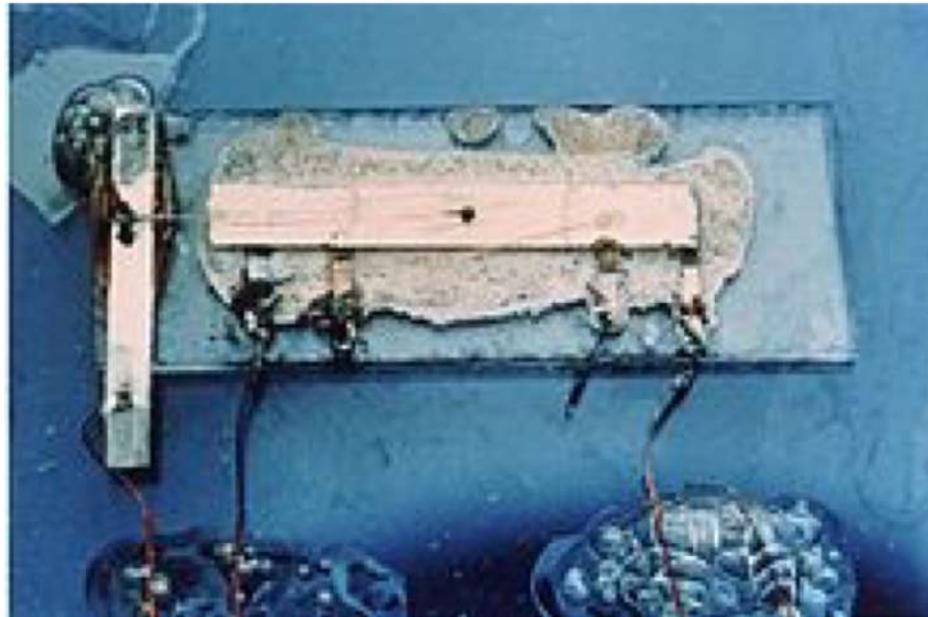


1.2 – Generaciones

Tercera generación

▶ Nace el circuito integrado

- ▶ 1959: Jack S. Kilby desarrolla el primer circuito integrado (Nobel de Física en el 2000) por Texas Instruments
- ▶ Todos los componentes son impresos a la vez como una sola pieza en una misma base semiconductora



- ▶ Primer cliente de TI fue US Air Force

1.2 – Generaciones

Tercera generación

▶ Nace el circuito integrado

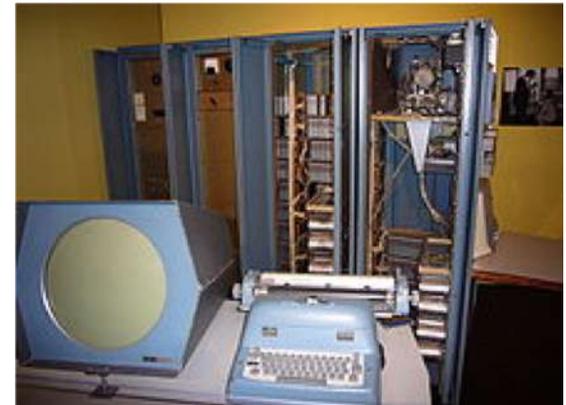
- ▶ Incremento masivo en el uso de los ordenadores
- ▶ 1964: IBM S/360
 - ▶ Uno de los primeros ordenadores comerciales con circuitos integrados
 - ▶ Memoria de entre 8kbytes y 9 Mbytes
 - ▶ Capacidad de computación entre 0,034 y 1,7 MIPS (Millions of Instruction Per Second)
 - ▶ Primer sistema escalable (se podía comprar un modelo mínimo y con el tiempo ir ampliándolo)
 - ▶ Primer ordenador atacado por un virus (Creeper en el 1972)
- ▶ 1971: ILLIAC IV
 - ▶ El primer supercomputador de la historia usado por NASA
 - ▶ Conectado a ARPAnet en el 1975 para uso distribuido
 - ▶ Un cuarto de millón de circuitos integrados
- ▶ 1976: Cray-1
 - ▶ Primer ordenador con procesamiento vectorial



1.2 – Generaciones

Tercera generación

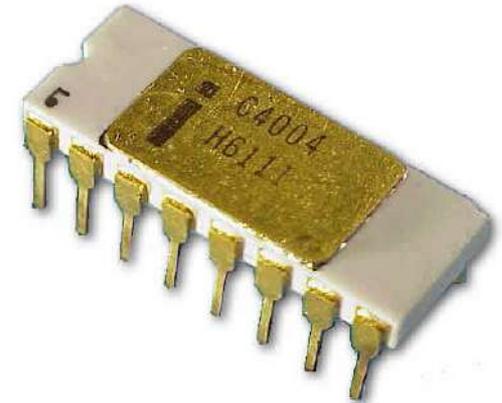
- ▶ No solo aumenta la potencia y capacidad del ordenador, también permitió el desarrollo de unidades de procesamiento muy pequeñas
- ▶ Así que
 - ▶ por un lado había los mainframes como el IBM S/360 para grandes computaciones y almacenamiento
 - ▶ por el otro se crearon los primeros “miniordenadores” para un uso más vastos y al alcance de más gente
 - ▶ 1959: DEC PDP-1
 - ▶ Primeros trabajos de sistema operativo de uso compartidos
 - ▶ Primer videojuego: Spacewar!
 - ▶ 1965: DEC PDP-7 (72,000 \$)
 - ▶ Primer sistema operativo Unix (1969)
K.Thompson lo creó para el juego Space Travel que necesitaba gráficos avanzados
 - ▶ 1966: HP-2116
 - ▶ 1969: Data General Nova (8,000 \$)



1.2 – Generaciones

Cuarta generación

- ▶ Nace el microprocesador
- ▶ **1971: primer microprocesador Intel 4004**
 - ▶ Suficientes transistores (25,000) integrables en un único chip (Very Large Scale Integration, VLSI)
 - ▶ Integración a 10000 nm (10 μ m) (tamaño de un único transistor)
 - ▶ Avance enorme en las prestaciones
 - ▶ Reducción incluido mayor en los costes
 - ▶ Instrucciones sobre datos de 4 bits
- ▶ Ordenadores basados en microprocesadores reemplazan los mainframes, miniordenadores y superordenadores de los años 60



1.2 – Generaciones

Cuarta generación

- ▶ Nacen los personal computer (PC)
 - ▶ 1975: Altair 8800
 - ▶ 1975: IMSAI 8080
 - ▶ Bill Gates y Paul Allen desarrollan un interpretador BASIC para Altair y crean Microsoft
 - ▶ 1975: IBM 5100 PC
 - ▶ 1977: Apple II
 - ▶ 1977: Commodore PET
 - ▶ 1981: IBM PC
 - ▶ El estándar PC de hecho
 - ▶ Nace MS-DOS (sistema operativo Microsoft)
 - ▶ Nace los ordenadores compatibles
 - ▶ ...



1.2 – Generaciones

Cuarta generación

- ▶ Culminación de esta generación
- ▶ 2003: Intel Pentium 4
 - ▶ Integración a 90 nm (1/100 del 4004)
 - ▶ 55 millones de transistores (x20000)
 - ▶ Tamaño 101 mm² (x10)
 - ▶ 3.4 GHz (x10000)
 - ▶ 1.2 volts (1/10)
 - ▶ Instrucciones sobre datos de 64 bits



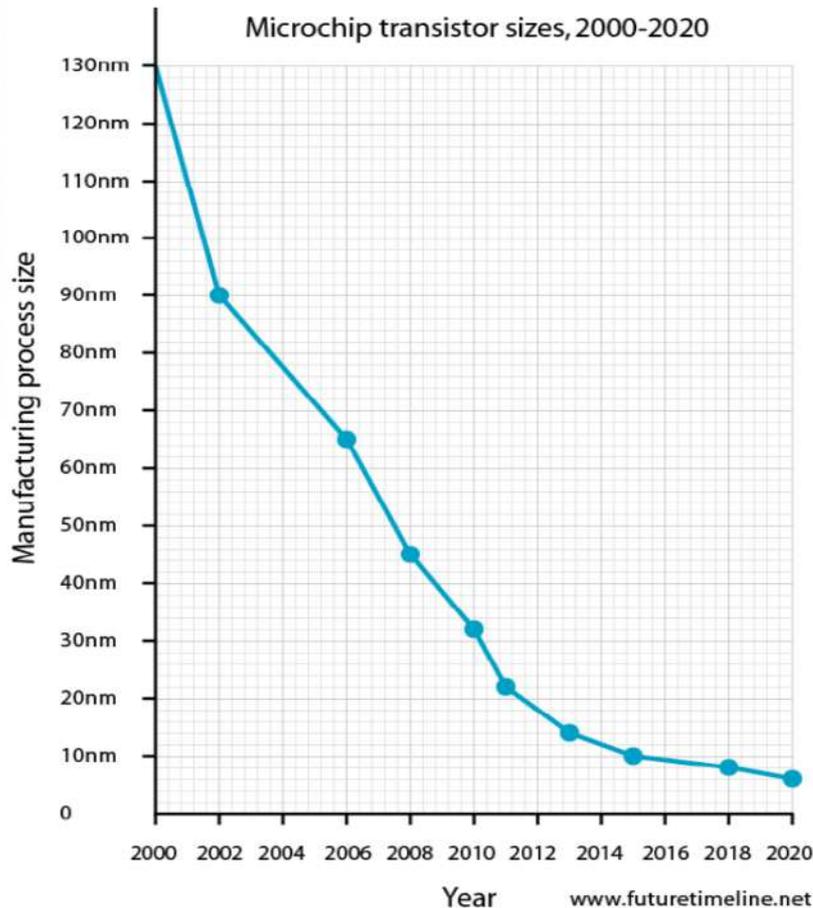
1.2 - Evolución

- ▶ Sobre el nivel de integración

Year	Technology used in computers	Relative performance/unit cost
1951	Vacuum tube	1
1965	Transistor	35
1975	Integrated circuit	900
1995	Very large-scale integrated circuit	2,400,000
2013	Ultra large-scale integrated circuit	6,200,000,000

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración

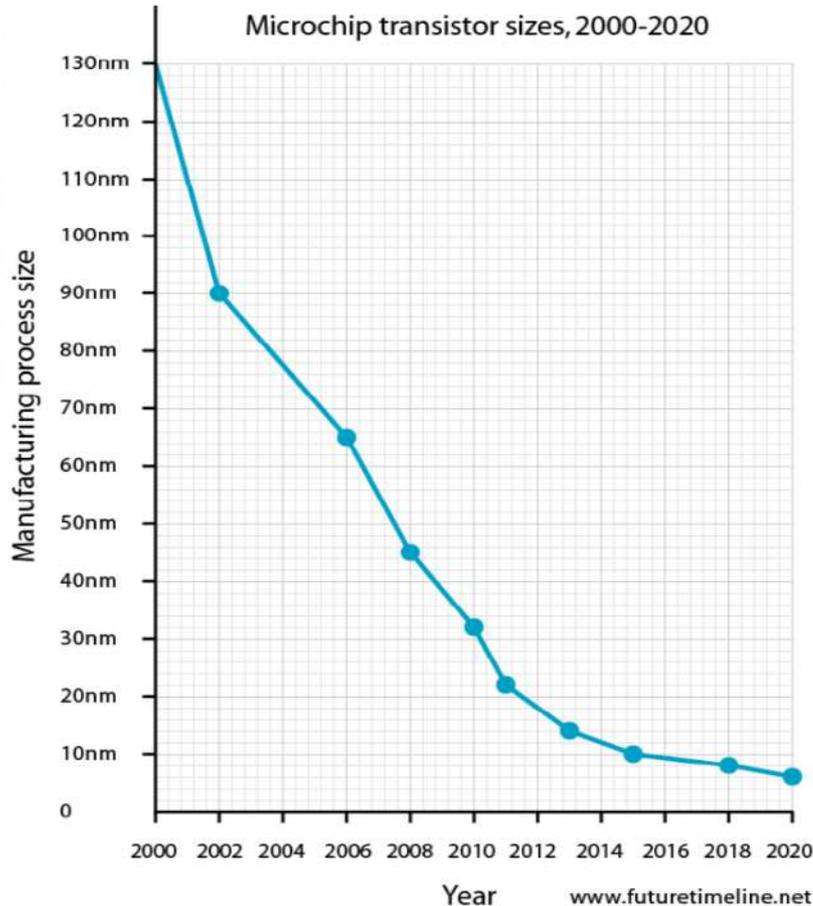


Transistors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

Por un lado aumenta el número de transistores en cada chip y por el otro debe disminuir su tamaño

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración



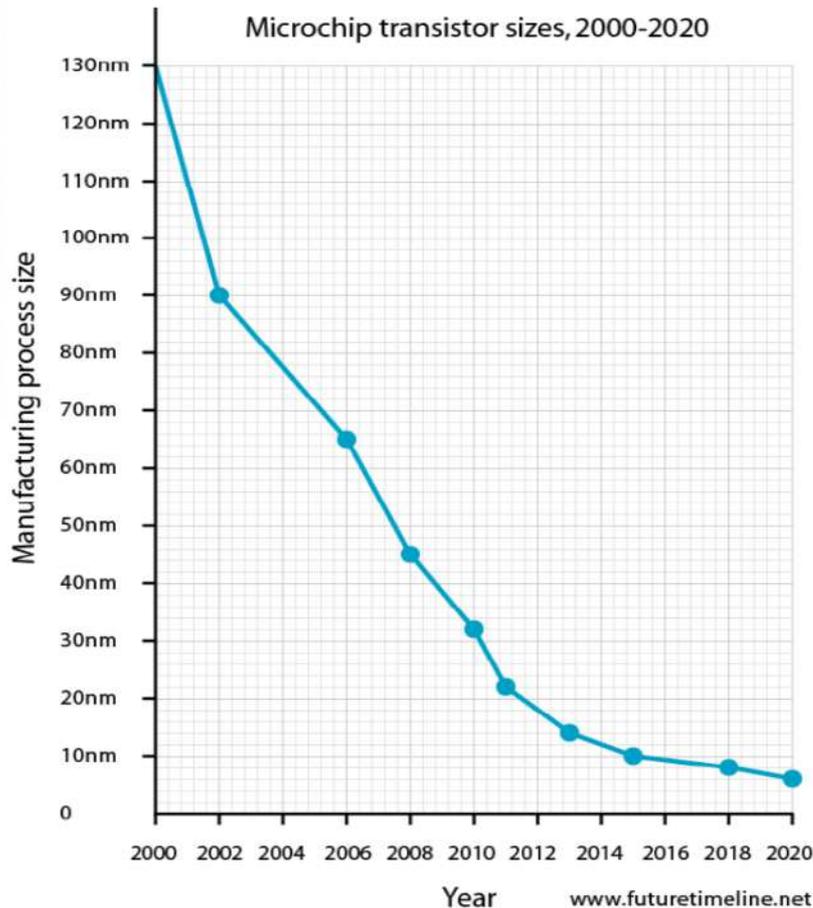
Transistors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

Por un lado aumenta el número de transistores en cada chip y por el otro debe disminuir su tamaño

¿por qué?

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración



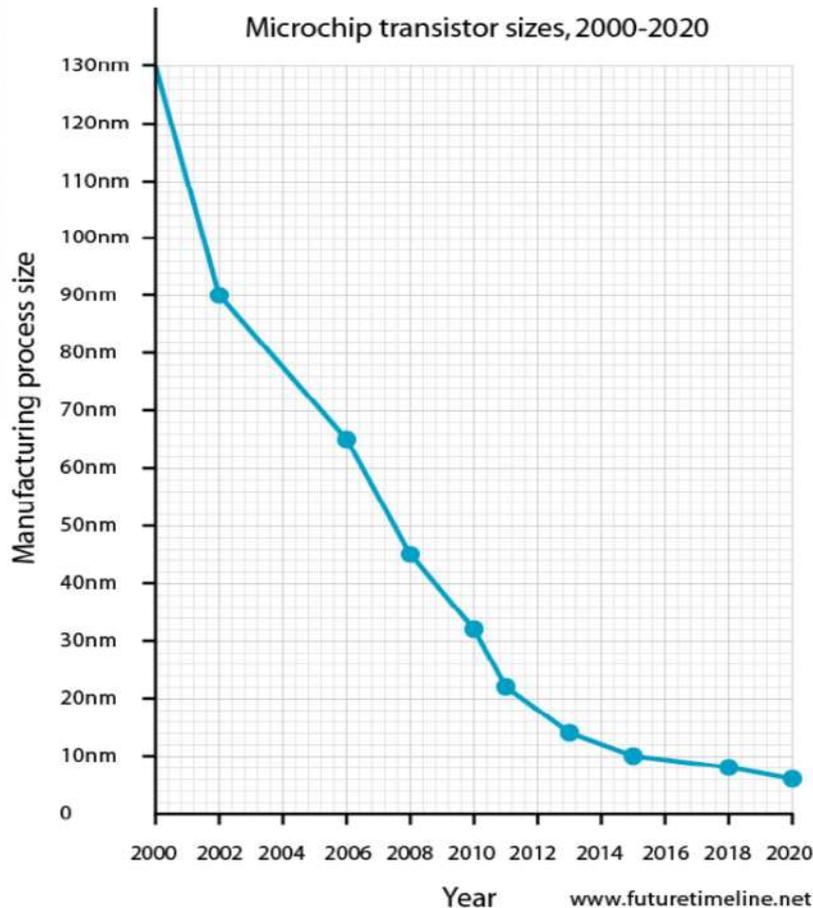
Transistors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

Por un lado aumenta el número de transistores en cada chip y por el otro debe disminuir su tamaño

¿por qué? Por lo menos hay 2 razones:

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración



Transistors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

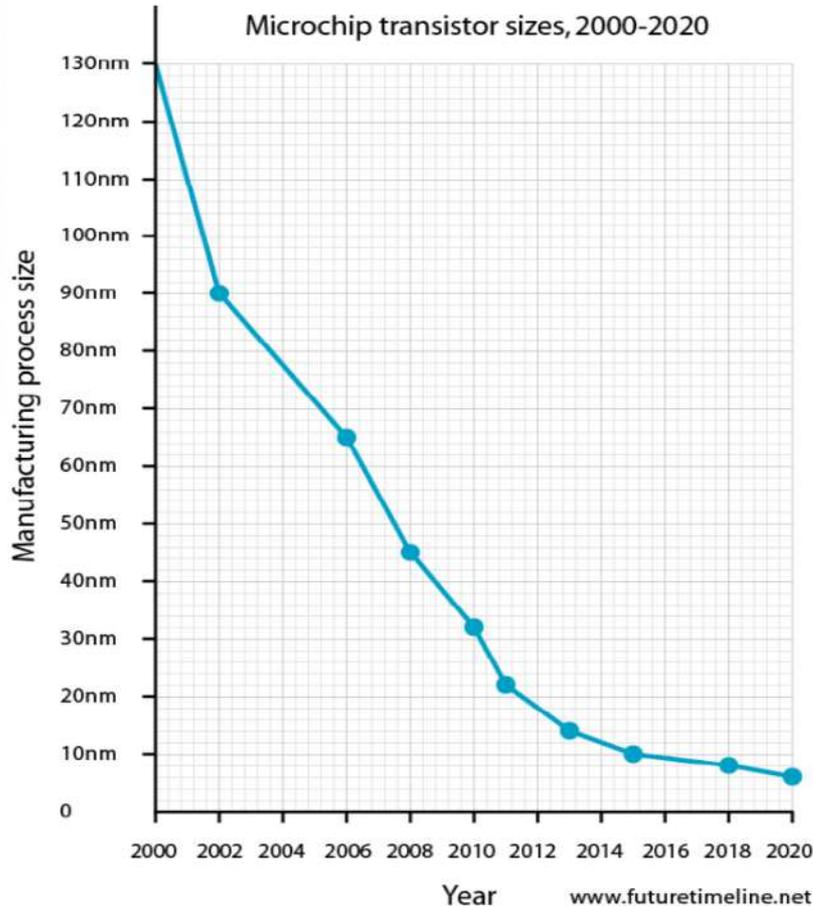
Por un lado aumenta el número de transistores en cada chip y por el otro debe disminuir su tamaño

¿por qué? Por lo menos hay 2 razones:

1. Tiempo de propagación
2. Veremos luego

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración



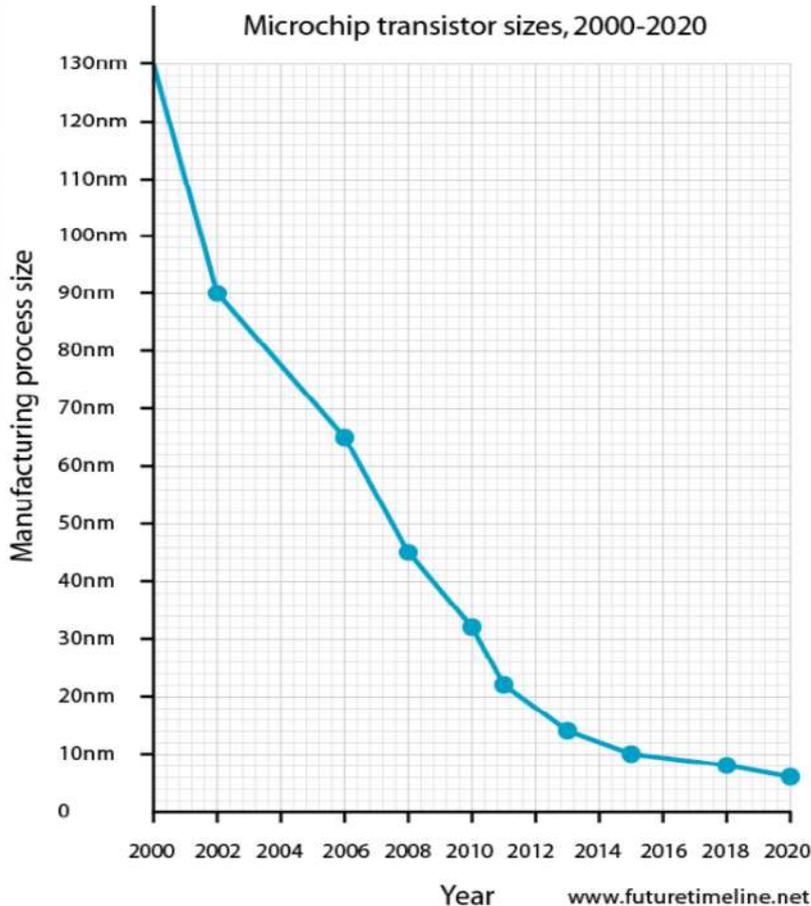
Processors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

En el 2000, IBM predijo que el mínimo posible tecnológicamente era 7 nm y se esperaba para 2020.

A partir de este tamaño, un transistor dejaría de funcionar correctamente
Se entra en la física cuántica y hay que considerar las partículas subatómicas

1.2 - Evolución

► Sobre el nivel de integración



Processors	Relative performance/unit cost
	1
	35
	900
	2,400,000
	6,200,000,000

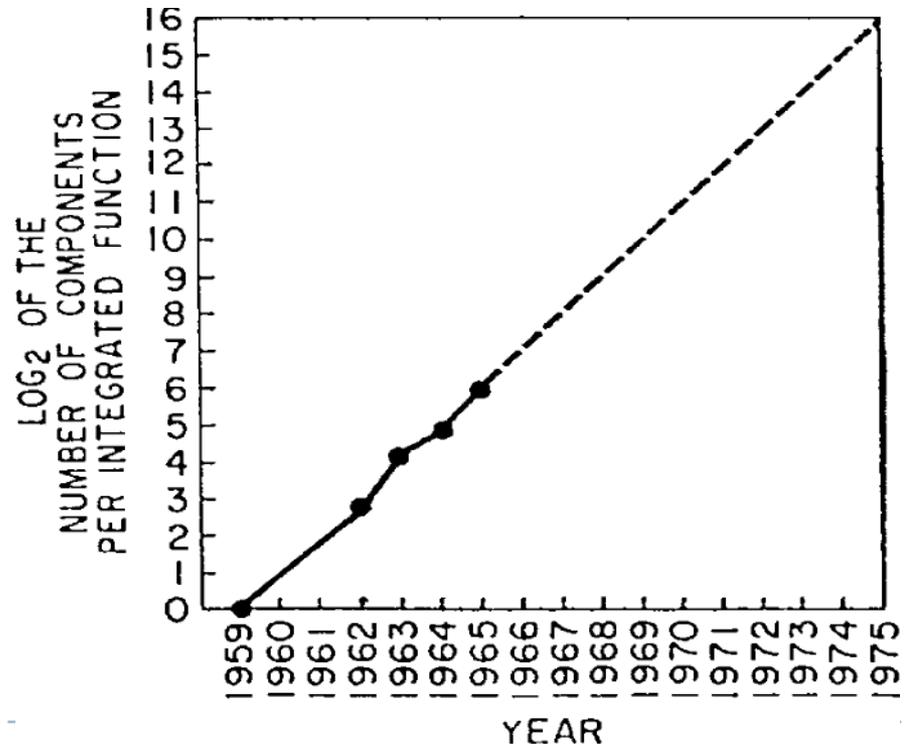
La realidad a 7nm:

- Memorias en 2018 (TSMC)
- CPU en 2018/2019 (Apple, Samsung, Huawei, AMD, etc.)

5nm en el año 2020 (Apple A14, Kirin 9000)
3nm esperado para 2022

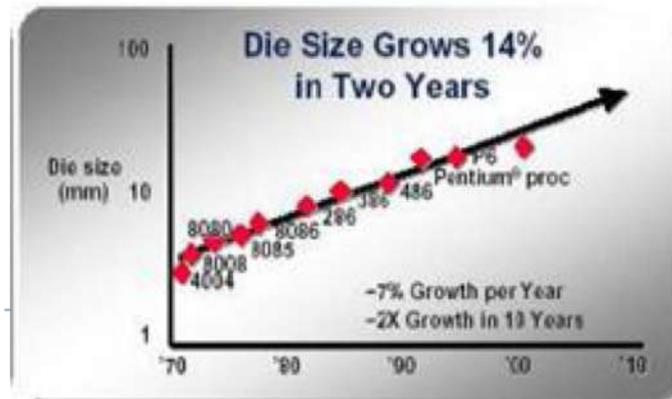
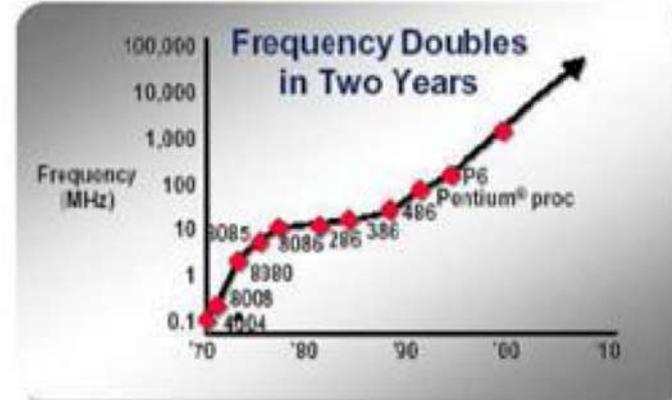
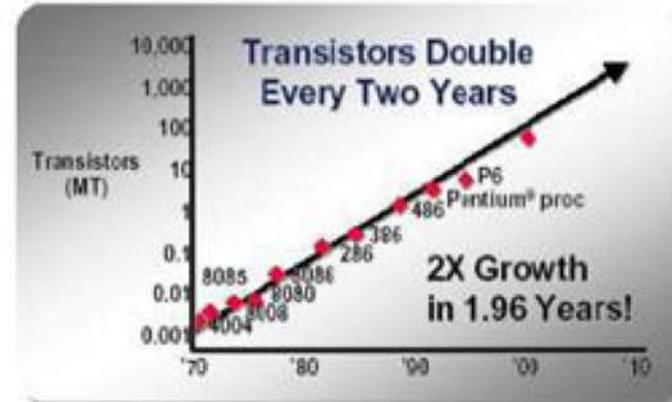
1.2 - Evolución

- ▶ ¿cuan rápido han evolucionado los sistemas?
- ▶ Ley de Moore (1965)
- ▶ Gordon Moore predijo que cada 18-24 meses se duplicaría la integración de los sistemas
 - ▶ Predicción basada en observación



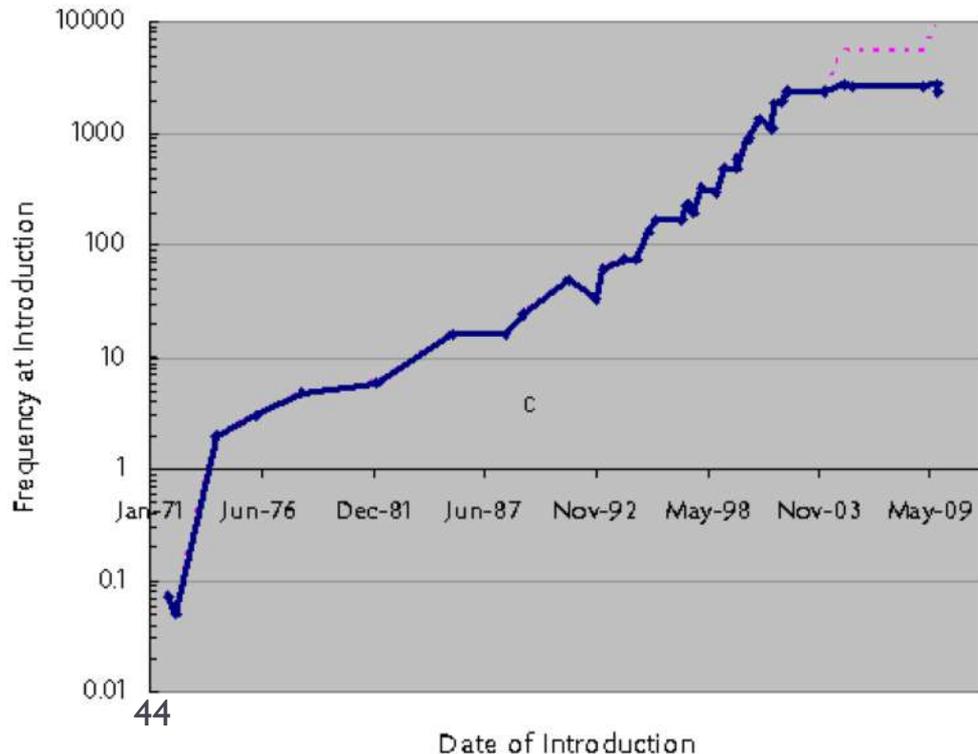
1.2 - Evolución

- ▶ ¿cuan rápido han evolucionado los sistemas?
- ▶ Ley de Moore (1965)
- ▶ Gordon Moore predijo que cada 18-24 meses
 - ▶ El número de transistores en un circuito integrado se duplica
 - ▶ La frecuencia (Hz) de los procesadores se duplica
 - ▶ La capacidad de proceso (MIPS) se multiplica por 1,8
 - ▶ Decremento de los costes en un factor de 1,8



1.2 - Evolución

- ▶ ¿Por que Intel Pentium 4 es a culminación de esta generación?
- ▶ Inconvenientes
 - ▶ No sólo aumenta la velocidad de los microprocesadores, sino que al mismo tiempo se incrementa la potencia
 - ▶ La potencia es proporcional a la frecuencia multiplicada por el voltaje al cuadrado
 - ▶ Riesgo de fundir el chip



La frecuencia de funcionamiento ha ido aumentando con el tiempo hasta 2003 luego ...

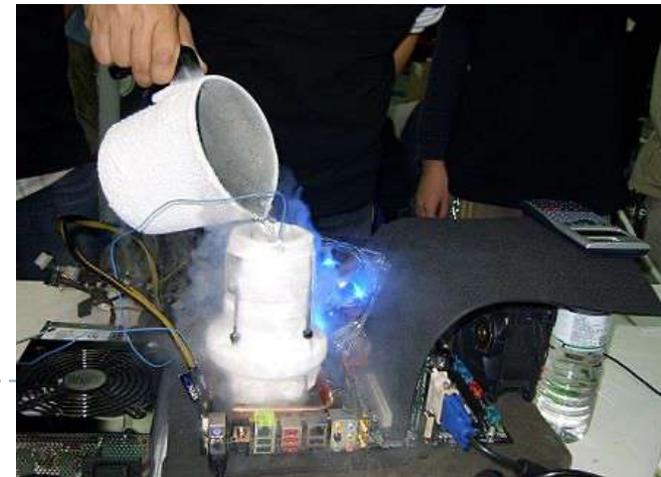
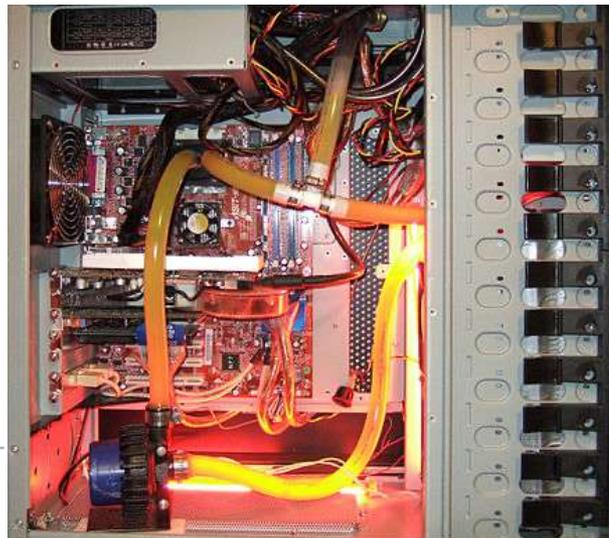
1.2 – Evolución

Cooling en los 80/90



1.2 – Evolución

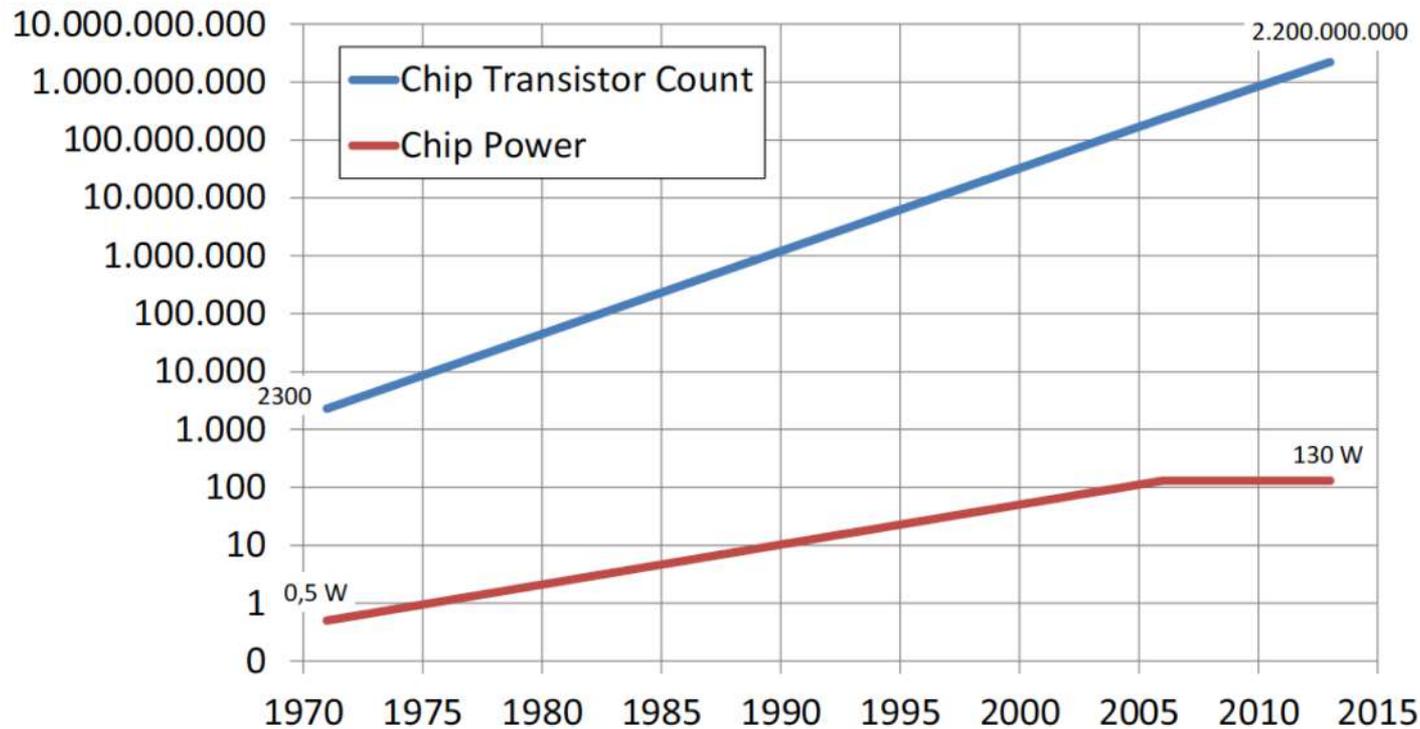
Cooling ahora



1.2 – Evolución

Riesgo de fundir el chip

- ▶ En 2004 Intel abandona proyectos de la línea Pentium 4. La frecuencia de operación cada vez más elevada produce un calentamiento dentro del chip que puede quemarlo.
- ▶ Se necesita encontrar otra solución para seguir aumentando el número de transistores y mantener la potencia constante o hasta reducirla

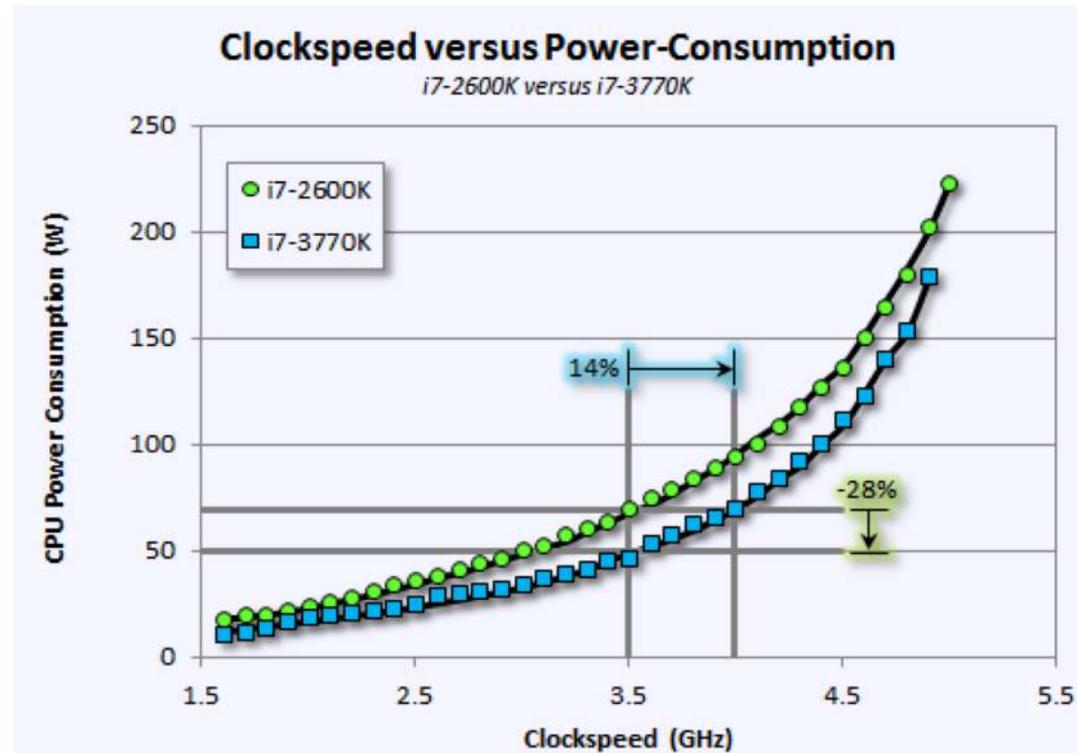


1.2 – Evolución

Riesgo de fundir el chip

- ▶ Puede reducirse bajando el voltaje aplicado

Si se consigue disminuir el voltaje, un microprocesador consume menos y puede operar a una frecuencia superior

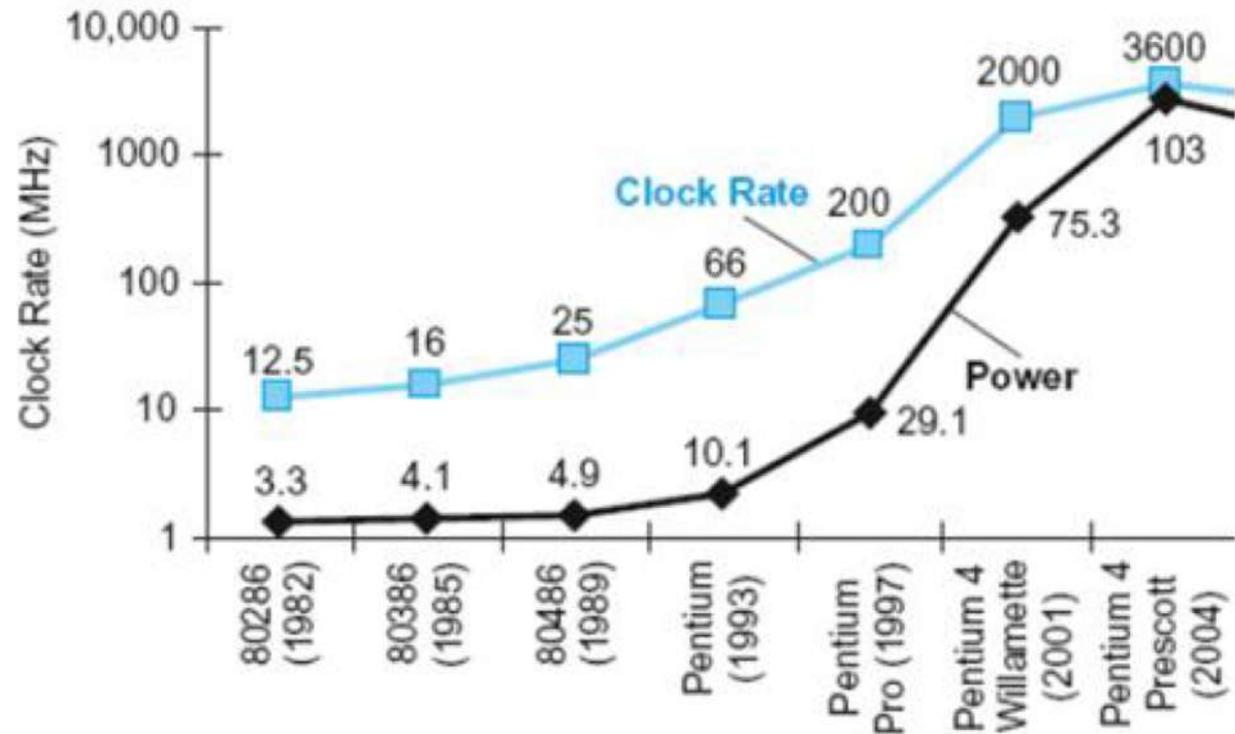


1.2 – Evolución

Riesgo de fundir el chip

- ▶ Puede reducirse bajando el voltaje aplicado

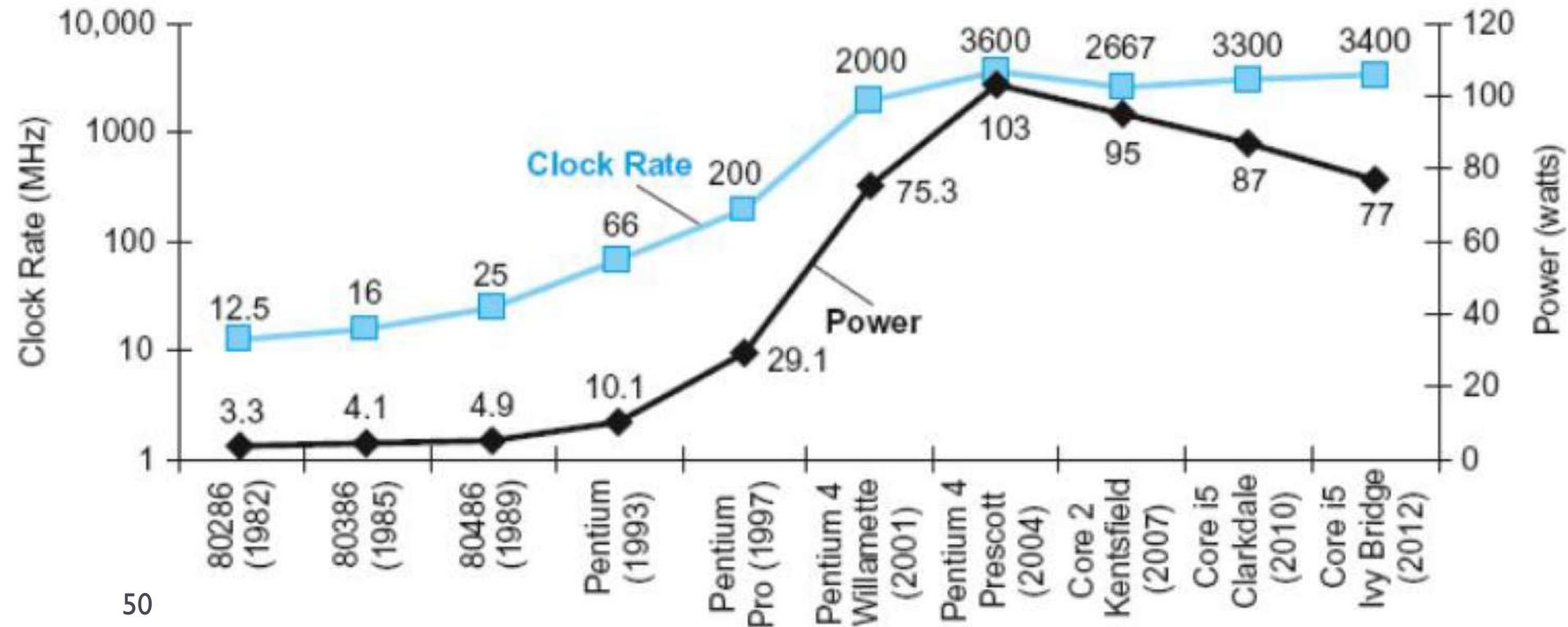
De todas maneras hay un límite tecnológico que no se puede superar
Riesgo de no poder mantener el microprocesador a temperaturas aceptables



1.2 – Generaciones

Quinta generación

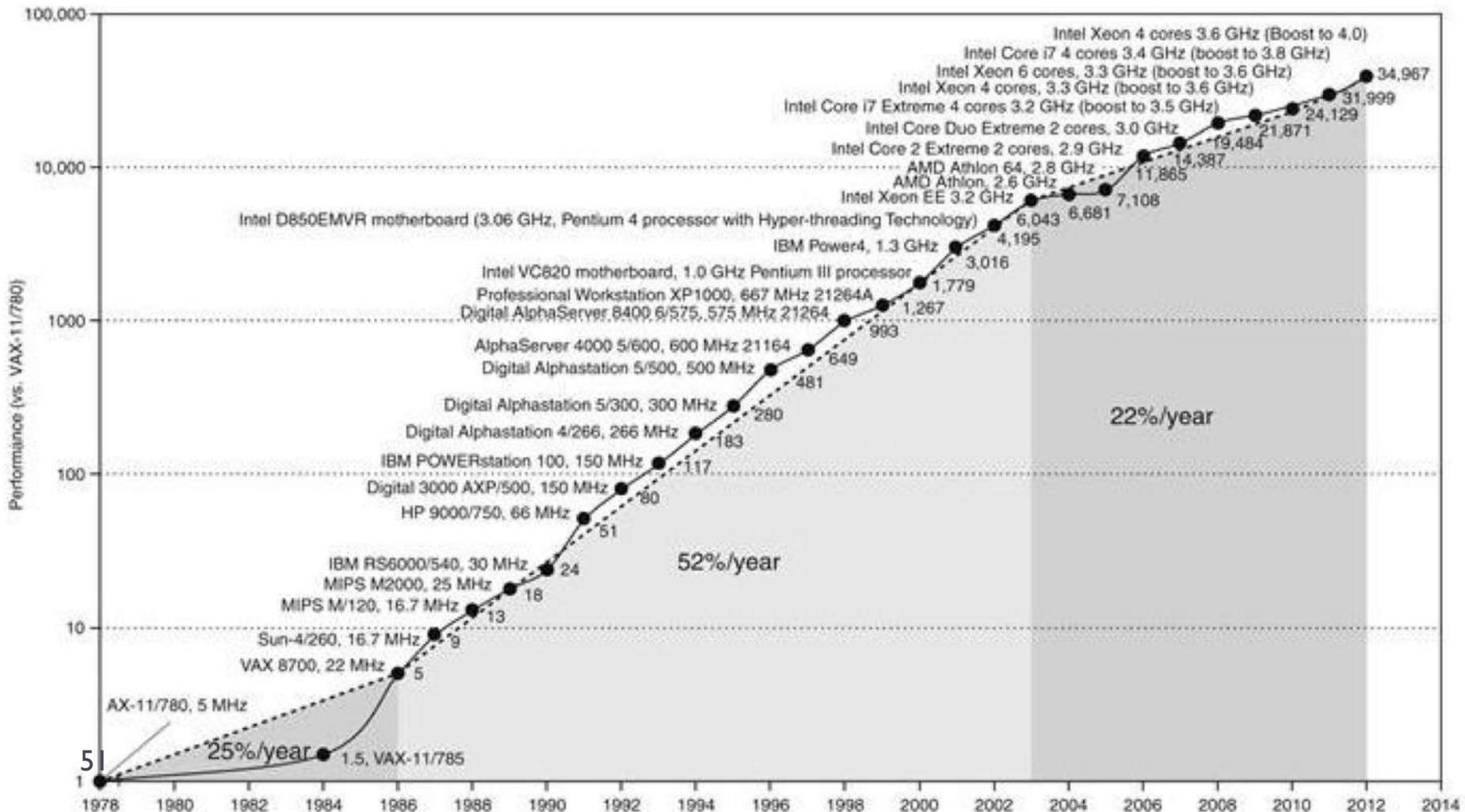
- ▶ A partir del año 2004, se produjo un cambio en el diseño de los microprocesadores
 - ▶ En lugar de aumentarles la frecuencia de operación como forma de aumentar el rendimiento, fueron multiplicando los procesadores dentro del circuito integrado → Multinúcleo
 - ▶ A partir de aquí, para sacar ventaja del multinúcleo, hay que reescribir los programas.



1.2 – Generaciones

Quinta generación

- ▶ A partir del año 2004, se produjo un cambio en el diseño de los microprocesadores



1.2 – Generaciones

Quinta generación: explosión del paralelismo

▶ 2001: IBM Power4

- ▶ Primer procesador multi-núcleo disponible comercialmente
- ▶ Integración a 130-180 nm
- ▶ 174 millones de transistores
- ▶ 2 núcleos
- ▶ 1,1 – 1,3 GHz
- ▶ 1.5 volts

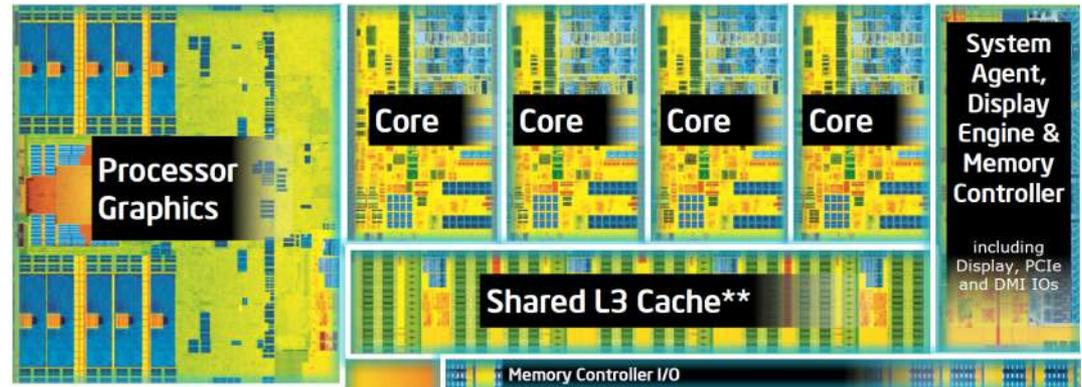
▶ 2005: Intel Pentium D

- ▶ Primer procesador multi-núcleo disponible para PC
- ▶ Integración a 65-90 nm
- ▶ 2 núcleos
- ▶ 2,66 – 3,73 GHz

1.2 – Generaciones

Quinta generación: explosión del paralelismo

- ▶ 2013: Intel Core i7
 - ▶ Integración a 22 nm (1/4 del Pentium4)
 - ▶ 1400 millones de transistores (x30)
 - ▶ Tamaño 170 mm² (x2)
 - ▶ 3.5 GHz (x1)
 - ▶ 1.8 volts (x1)



1.2 – Generaciones

Quinta generación: explosión del paralelismo

- ▶ 2021: IBM Power10
 - ▶ Integración a 7 nm
 - ▶ 18.000 millones de transistores
 - ▶ Tamaño 602 mm²
 - ▶ 3.5 – 4 GHz
 - ▶ de 8 a 15 núcleos

POWER10 Processor Chip

Technology and Packaging:

- 602mm² 7nm Samsung (18B devices)
- 18 layer metal stack, enhanced device
- Single-chip or Dual-chip sockets

Computational Capabilities:

- Up to 15 SMT8 Cores (2 MB L2 Cache / core)
(Up to 120 simultaneous hardware threads)
- Up to 120 MB L3 cache (low latency NUCA mgmt)
- 3x energy efficiency relative to POWER9
- Enterprise thread strength optimizations
- AI and security focused ISA additions
- 2x general, 4x matrix SIMD relative to POWER9
- EA-tagged L1 cache, 4x MMU relative to POWER9

Open Memory Interface:

- 16 x8 at up to 32 GT/s (1 TB/s)
- Technology agnostic support: near/main/storage tiers
- Minimal (< 10ns latency) add vs DDR direct attach

PowerAXON Interface:

- 16 x8 at up to 32 GT/s (1 TB/s)
- SMP interconnect for up to 16 sockets
- OpenCAPI attach for memory, accelerators, I/O
- Integrated clustering (memory semantics)

PCIe Gen 5 Interface:

- x64 / DCM at up to 32 GT/s

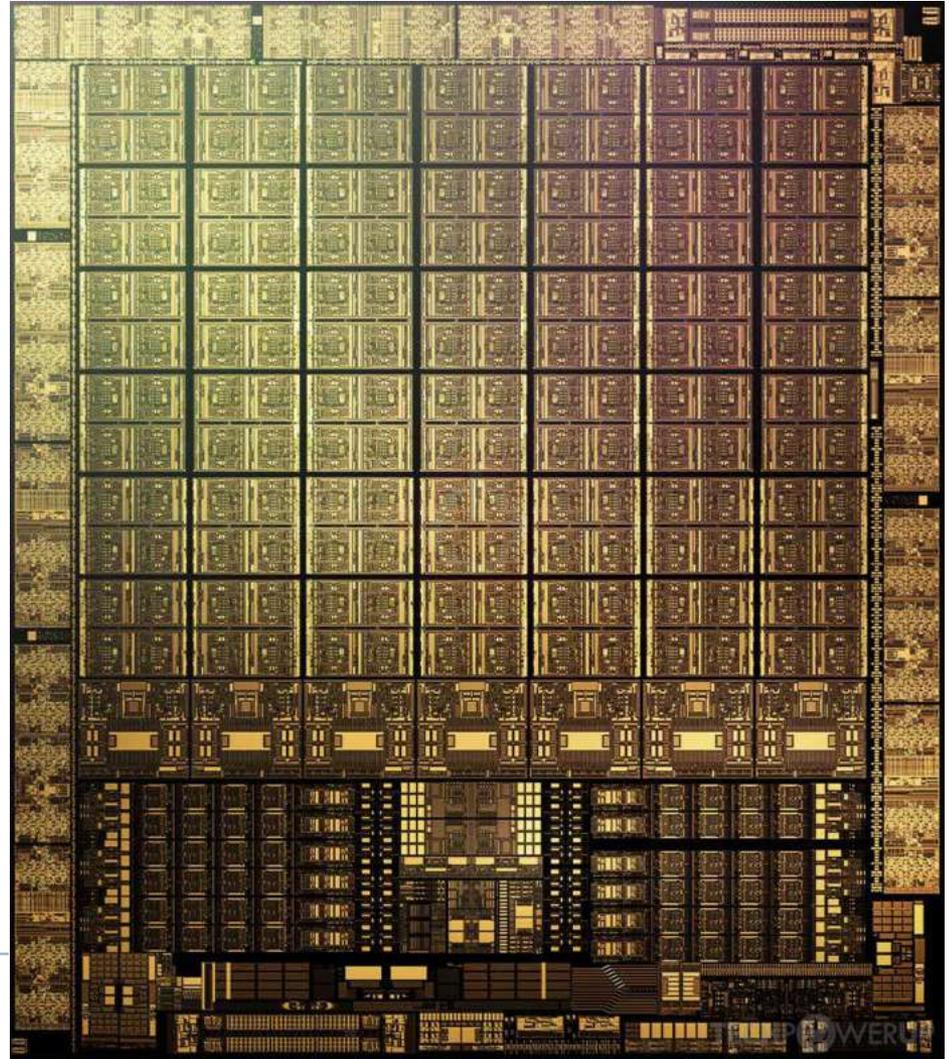


Die Photo courtesy of Samsung Foundry

1.2 – Generaciones

Quinta generación: explosión del paralelismo

- ▶ 2020: Nvidia GA102
 - ▶ Integración a 8 nm
 - ▶ 28.300 millones de transistores
 - ▶ Tamaño 628 mm²
 - ▶ GPU: procesado algo diferentes
 - ▶ 10752 shading units
 - ▶ 336 texture mapping units
 - ▶ 112 render output units
 - ▶ 336 tensor cores
 - ▶ 84 ray tracing cores



1.2 – Generaciones

Quinta generación: explosión del paralelismo

- ▶ **Limites a la computación en serie**
- ▶ **Velocidad de transmisión**
 - ▶ La velocidad de una computadora en serie depende directamente de la cantidad de datos rápidas pueden moverse a través de hardware. El límite absoluto es la velocidad de la luz (30 cm/ns), mientras que por cable de cobre es algo menos (9 cm/ns). El aumento de las velocidades exigen la proximidad cada vez mayor de los elementos de procesamiento.
- ▶ **Limites a la miniaturización**
 - ▶ La tecnología de procesador está permitiendo colocar un número creciente de transistores en un chip. Sin embargo, incluso con componentes de nivel atómico o molecular, se llegará a un límite inferior en el que las técnicas litográficas se vuelven complicadas.
- ▶ **Limitaciones económicas**
 - ▶ Es cada vez más caro hacer un solo procesador más rápido. Es menos costoso el uso de un mayor número de procesadores moderadamente rápidos para lograr el mismo (o mejor) rendimiento.

→ Arquitecturas informáticas actuales están confiando cada vez más en **paralelismo** a nivel de hardware para mejorar el rendimiento

1.2 – Generaciones

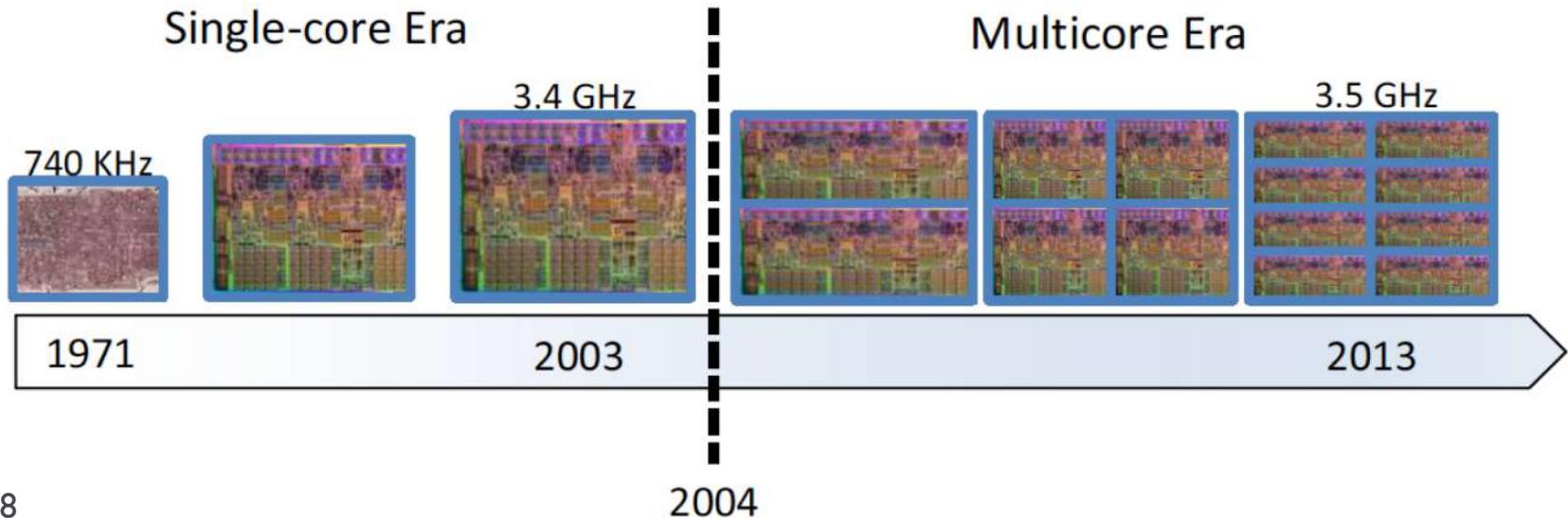
Quinta generación: explosión del paralelismo

- ▶ **Diferentes niveles de paralelismo**
- ▶ **Micro-arquitectura**
 - ▶ Múltiples instrucciones por ciclo (ejecución superescalar)
 - ▶ Registros especializados: cache
- ▶ **Chip**
 - ▶ Flujos de instrucciones: multithreading
 - ▶ Arquitectura multinúcleo
- ▶ **Sistemas multiprocesador**
 - ▶ Memoria compartida
 - ▶ Ayuda al procesamiento: GPU
- ▶ **Multisistema**
 - ▶ Clusters
- ▶ **Software**
 - ▶ Compiladores
 - ▶ Sistema operativo

1.2 - Evolución

▶ Ley de Moore reinterpretada

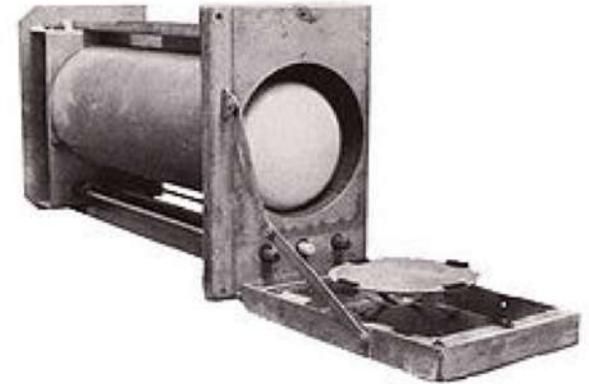
- ▶ La densidad del chip sigue multiplicándose por 2 cada 18-24 meses.
- ▶ La frecuencia de reloj no se incrementa (incluso puede reducir).
- ▶ El número de núcleos puede doblarse cada ~2 años.
- ▶ La potencia necesaria se halla bajo control, sin crecer.
- ▶ Es necesario manejar millones de hilos concurrentes.
- ▶ Es necesario manejar paralelismo inter-chip pero también intra-chip.



1.2 – Evolución

¿Y la memoria?

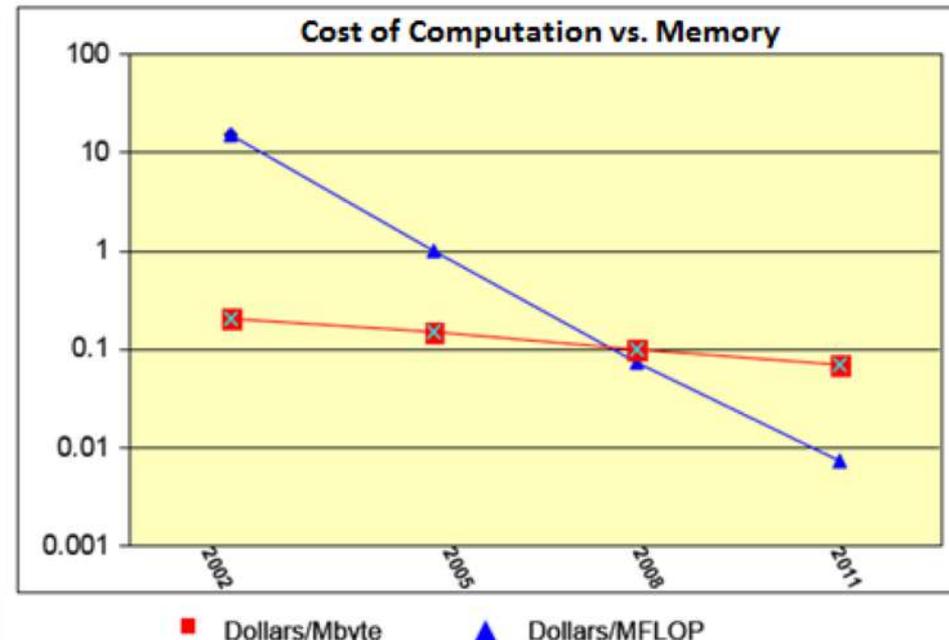
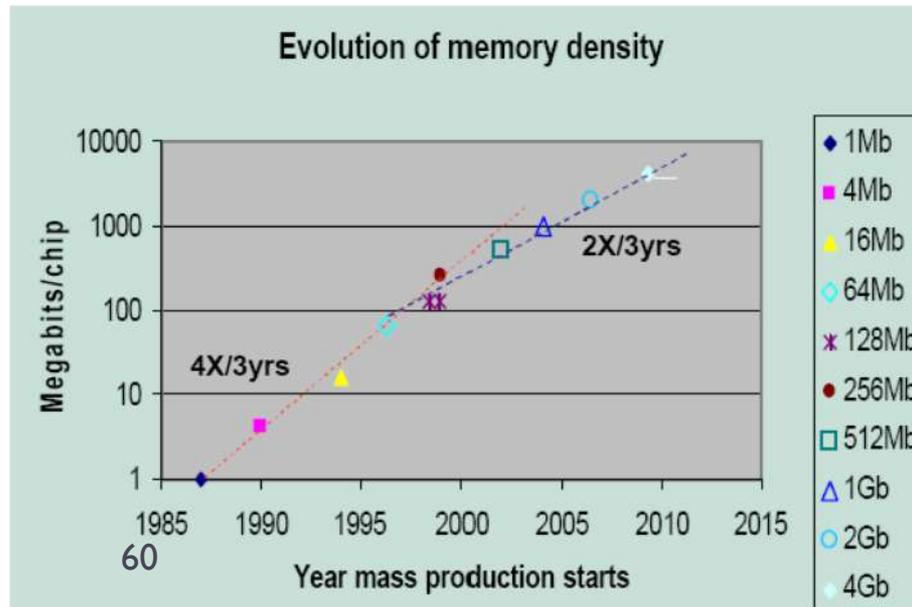
- ▶ 1946: tubo de rayos catódicos
 - ▶ 1024–2560 bits cada tubo
- ▶ 1947: líneas de retardo
- ▶ 1949: memoria de núcleo magnético
- ▶ 1969: primera memoria de silicio (circuito integrado)
- ▶ ...
- ▶ 2014: DDR4 SDRAM
 - ▶ Hasta 16 Gbytes cada modulo
- ▶ Previsión 2020: DDR5 SDRAM



1.2 – Evolución

¿Y la memoria?

- ▶ Diferencias con el rendimiento del procesador
- ▶ Se tiende a una memoria constante o creciente por núcleo
- ▶ Pero la densidad de memoria se dobla cada 3 años en lugar de cada 2 años y su coste se reduce sólo gradualmente, comparado con el coste de la computación.
- ▶ El rendimiento del procesador incrementa en $\sim 60\%$ por año, el ancho de banda de la memoria incrementa un $\sim 25\text{-}35\%$; la latencia de la memoria decrece $\sim 5\text{-}7\%$.



1.2 – Evolución

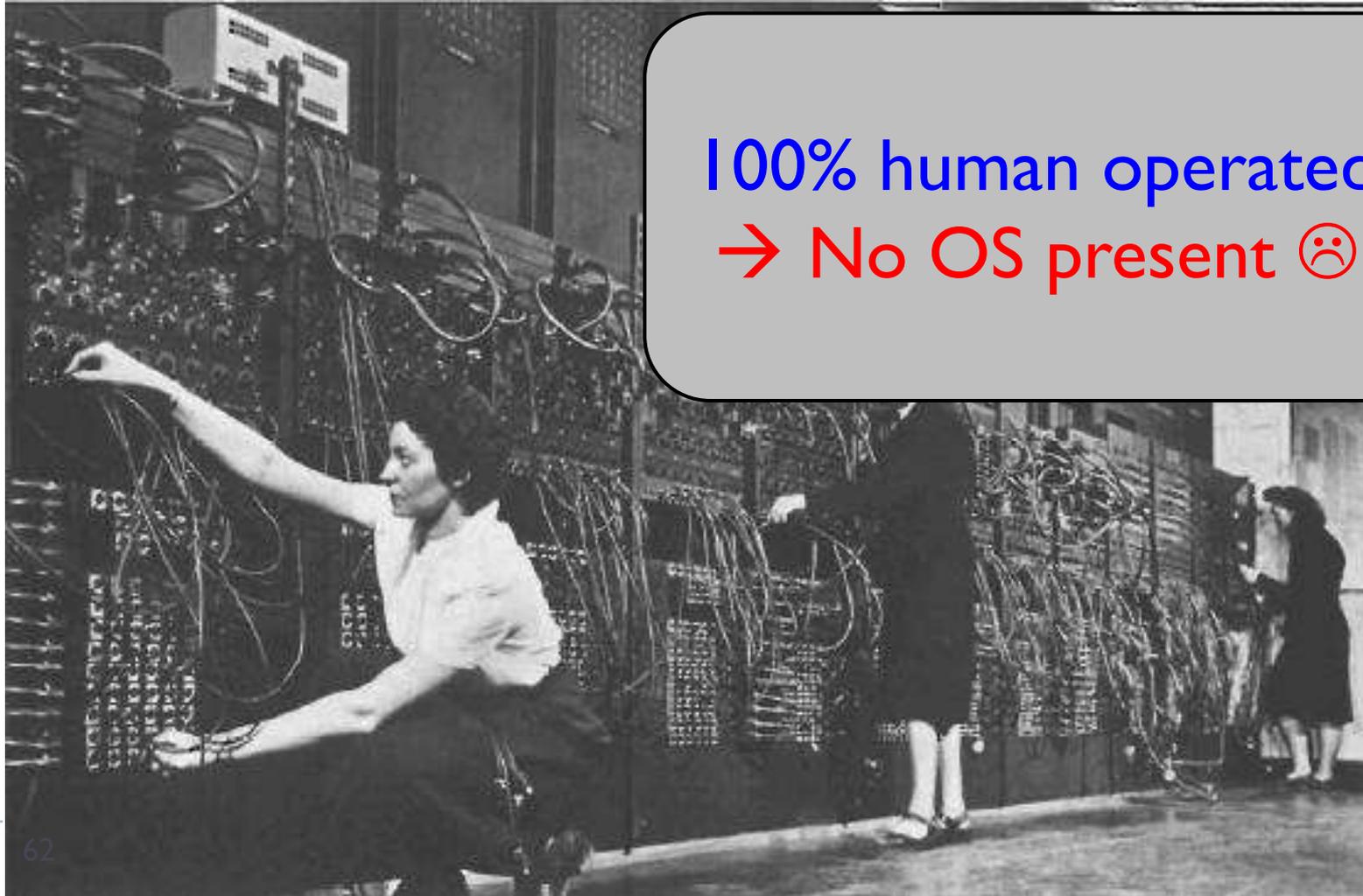
¿Y el sistema operativo?

- ▶ Una breve historia del OS

1.2 – Evolución

Sistema operativo

- ▶ Primera generación
 - ▶ Panel de control con cables y conector para instruir el ordenador



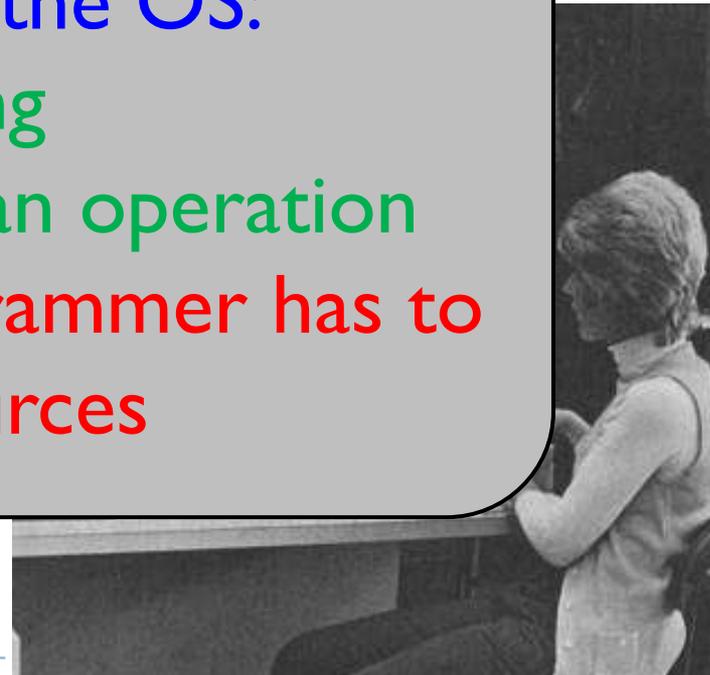
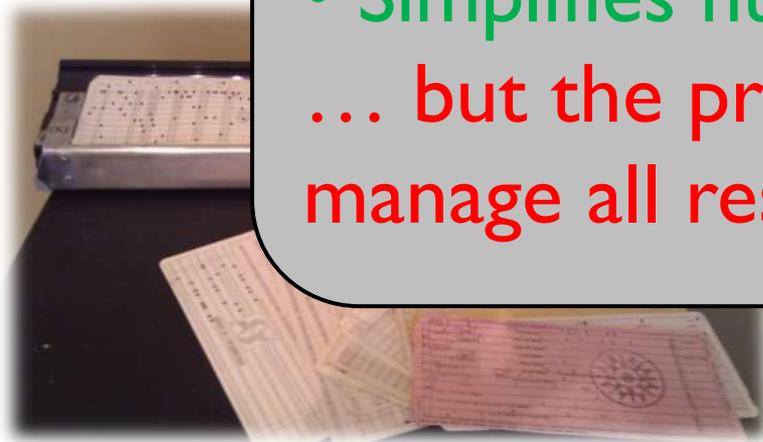
1.2 – Evolución

Sistema operativo

- ▶ Segunda generación
 - ▶ Lector de tarjetas, impresoras y cintas
 - ▶ Batch execution: ejecución de un programa sin intervención humana
 - ▶ Se inventa el lenguaje de programación Fortran y el respectivo compilador

Contribution of the OS:

- Program loading
 - Simplifies human operation
- ... but the programmer has to manage all resources



1.2 – Evolución

Sistema operativo

- ▶ Tercera generación
 - ▶ Primeros OS reales (mitad de los 60)
 - ▶ Multics, Minix, Unix
 - ▶ Interactivos: intervención humana a través de comandos vía texto
 - ▶ Gestionan los recursos del ordenador autónomamente
 - ▶ Gestionan los dispositivos
 - ▶ Multiuser
 - ▶ Multiproceso

Contribution of the OS:

- Usability
- Robustness
- Automatic management
- ... but limited capabilities

1.2 – Evolución

Sistema operativo

```
DOSBox 0.74, Cpu speed: max 100% cycles, Frameskip 0, Program: B
0 Symbolic links
1058 Free zones

Checking :
Checking A:\>MSCDEX.EXE /D:banana /L:R
Checking MSCDEX Version 2.23
Copyright (C) Microsoft Corp. 1986-1993. All rights reserved.

blocksize
2860 A:\>ca
138 A:\>se
0 A:\>fo
0 A:\>fo
4618 A:\>fo
0 Syntax
0 A:\>
24374 A:\>
/dev/c0d0 Bad co
Multiuser A:\>se
Starting A:\>If
Minix Re Param
moname lo A:\>se
A:\>xc
-
```

```
***
64K RAM
READY.
LOAD"LE
SEARCHI
LOADING
READY.
RUN
LEMON I
THIS IS
ABOUT E
COMMODO
HERE YO
OF CLAS
COMMENT
VISIT T
TALK AB
MEMORIE
READY.
```

```
vivek@nas01:~$ su -
Password:
* keychain 2.7.1 ~ http://www.funtoo.org
* Found existing ssh-agent: 2160
* Found existing gpg-agent: 2186
* Known ssh key: /root/.ssh/id_rsa

root@nas01:~# apt-get install screenfetch
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following NEW packages will be installed:
  screenfetch
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 0 B/41.4 kB of archives.
After this operation, 196 kB of additional disk space will be used.
Selecting previously unselected package screenfetch.
(Reading database ... 72532 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack ../screenfetch_3.6.5-1_all.deb ...
Unpacking screenfetch (3.6.5-1) ...
Processing triggers for man-db (2.7.0.2-5) ...
Setting up screenfetch (3.6.5-1) ...
root@nas01:~# logout
vivek@nas01:~$
```



1.2 – Evolución

Sistema operativo

- ▶ Cuarta generación
 - ▶ Generación actual
 - ▶ Conectividad integrada a Internet
 - ▶ Control y gestión completa
 - ▶ Abstracción e
 - ▶ Enorme va

- ▶ Proporciona
 - ▶ Eficiencia
 - ▶ Protección
 - ▶ Seguridad
 - ▶ User-friend

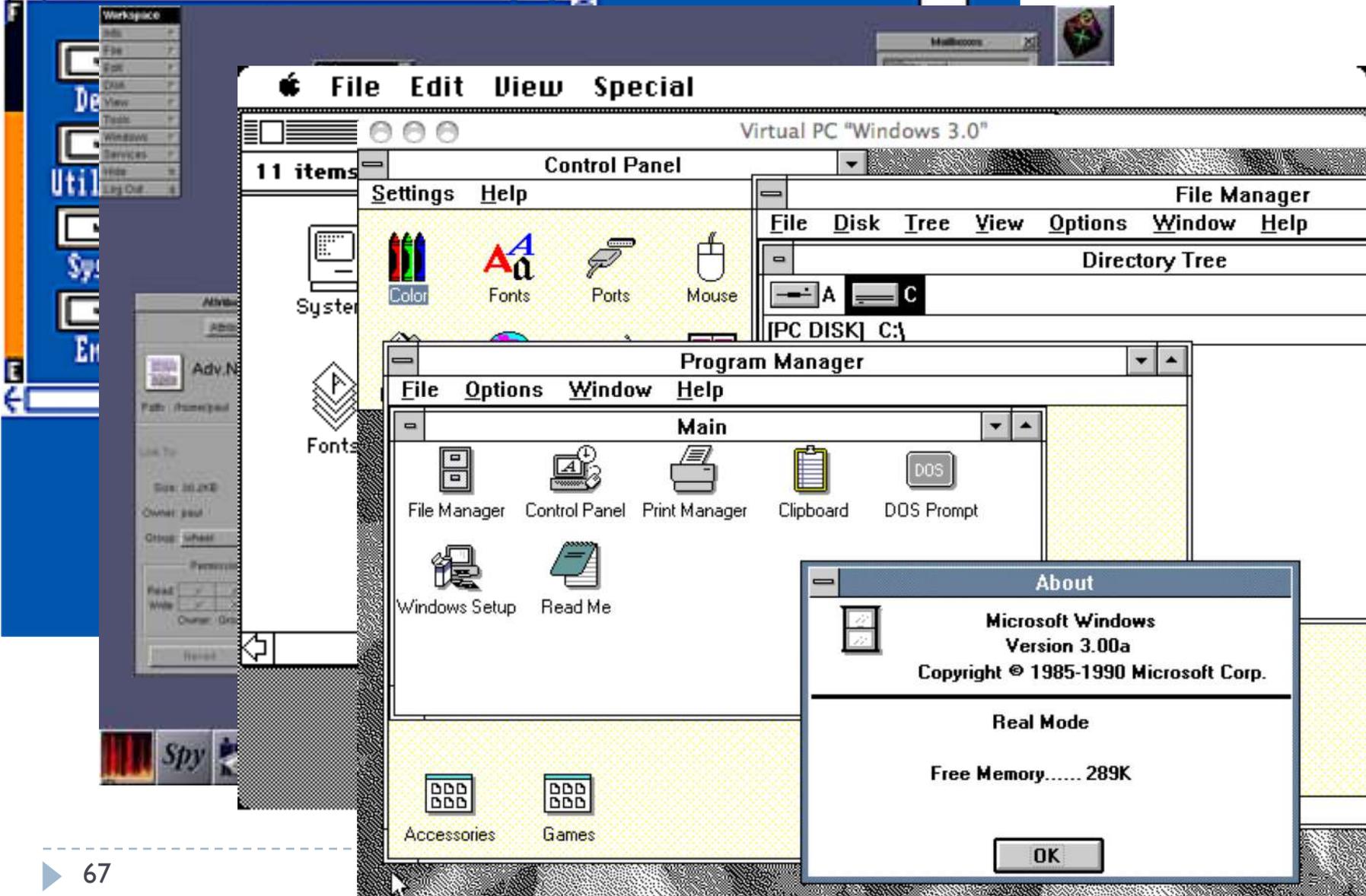
The OS is a set of code that:

- ... facilitates the use of computers
 - Easy of use
 - Robust
 - Protected
- ... manages computer resources
 - Efficient
 - Safe

1.2 – Evolución

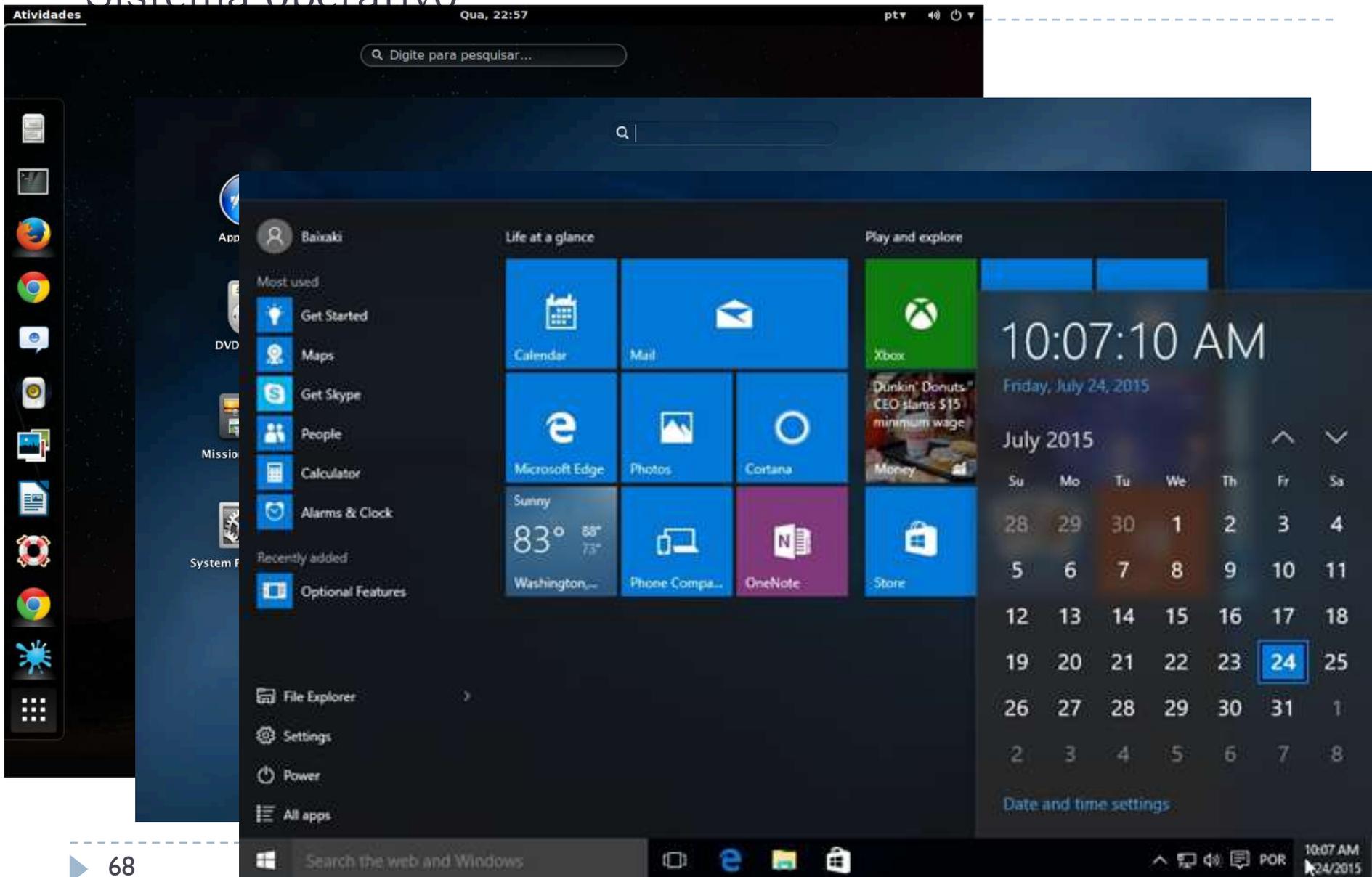
Amiga Workbench, Version 1.0, 383896 free memory

Workbench



1.2 – Evolución

Sistema operativo



1.2 – Evolución Sistema operativo



net
avan
nari



- ▶ Seguridad
- ▶ User-friendly



1.2 – Evolución

Sistema operativo

```
192.168.200.254 - PuTTY
User Access Verification

Username: blindhog
Password:

R1#
R1#
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#
R1(config)#ip ftp username sa_cisco_backup
R1(config)#ip ftp password cisco
R1(config)#
R1(config)#
R1(config)#archive
R1(config-archive)#path ftp://192.168.200.254/
R1(config-archive)#write-memory
R1(config-archive)#
R1(config-archive)#
R1(config-archive)#end
```

io
supercomputers, cloud, etc.

The screenshot shows the Juniper NCA web interface. The top navigation bar includes Dashboard, Configure, Monitor, Maintain, and Troubleshoot. The main content area is titled "Spanning Tree Monitoring" and displays "Bridge Parameters" and "Spanning Tree Interface Details".

Bridge Parameters

Context ID:	0
Enabled Protocol:	RSTP
Root ID:	32768:78:fe:3d:e9:d6:c1
Root cost:	20000
Root port:	ge-0/0/0.0
Hello time:	2

Spanning Tree Interface Details

Interface Name	Port Id	Designated Port Id	Designated Bridge Id	Port Cost	Port State	Port Role
ge-0/0/0.0	128: 513	128: 513	32768: 78fe3de9d6c1	20000	FWD	ROOT
ge-0/0/10.0	128: 523	128: 514	32768: b0a86e806c41	20000	BLK	ALT
ge-0/0/11.0	128: 524	128: 513	32768: b0a86e806c41	20000	BLK	ALT

Spanning Tree Statistics of Interface

Interface	BPDUs sent	BPDUs received	Next BPDU transmission
ge-0/0/0.0	6	130644	0
ge-0/0/2.0	0	0	0
ge-0/0/3.0	0	0	0

1.2 – Evolución

Sistema operativo



versus



1.2 - Generación actual

- ▶ HPC computer (TOP500, <http://www.top500.org>)
 - ▶ Procesador: 10,649,600 núcleos a 1,45 GHz (Sunway)
 - ▶ Memoria: 1,310,720 GBytes
 - ▶ Almacenamiento: 20,000,000 Gbytes
 - ▶ Prestaciones: 93,014.6 TFlops
 - ▶ Coste: 273 millones de dólares
 - ▶ Consumo: 15,371 kW



TOP 10 Sites for November 2019

For more information about the sites and systems in the list, click on the links or view the complete list.

[1-100](#)[101-200](#)[201-300](#)[301-400](#)[401-500](#)

Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148,600.0	200,794.9	10,096
2	Sierra - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	94,640.0	125,712.0	7,438
3	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway , NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
4	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000 , NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482

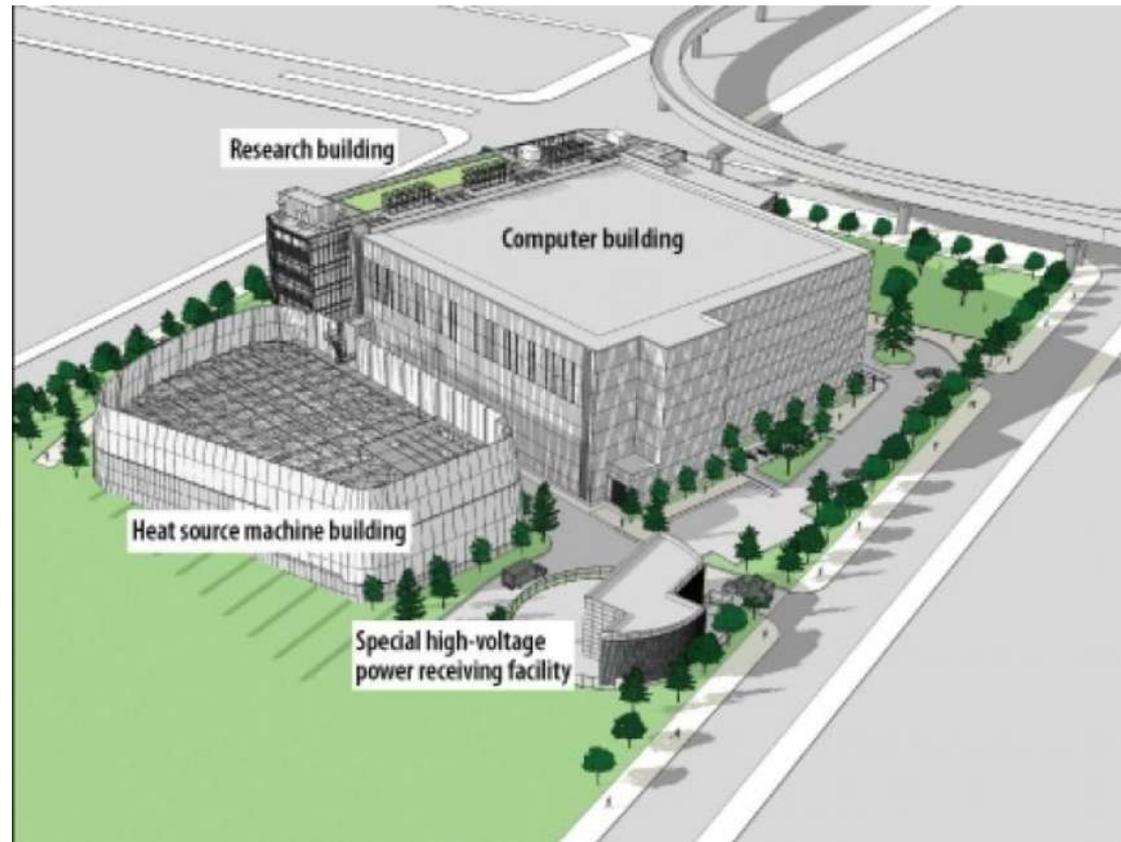
1.2 - Generación actual

▶ HPC computer (TOP500, <http://www.top500.org>)

- ▶ Procesador: 10,649,600 núcleos a 1,45 GHz (Sunway)
- ▶ Memoria: 1,310,720 GBytes
- ▶ Almacenamiento: 20,000,000 Gbytes
- ▶ Prestaciones: 93,014.6 TFlops
- ▶ Coste: 273 millones de dólares
- ▶ Consumo: 15,371 kW

+

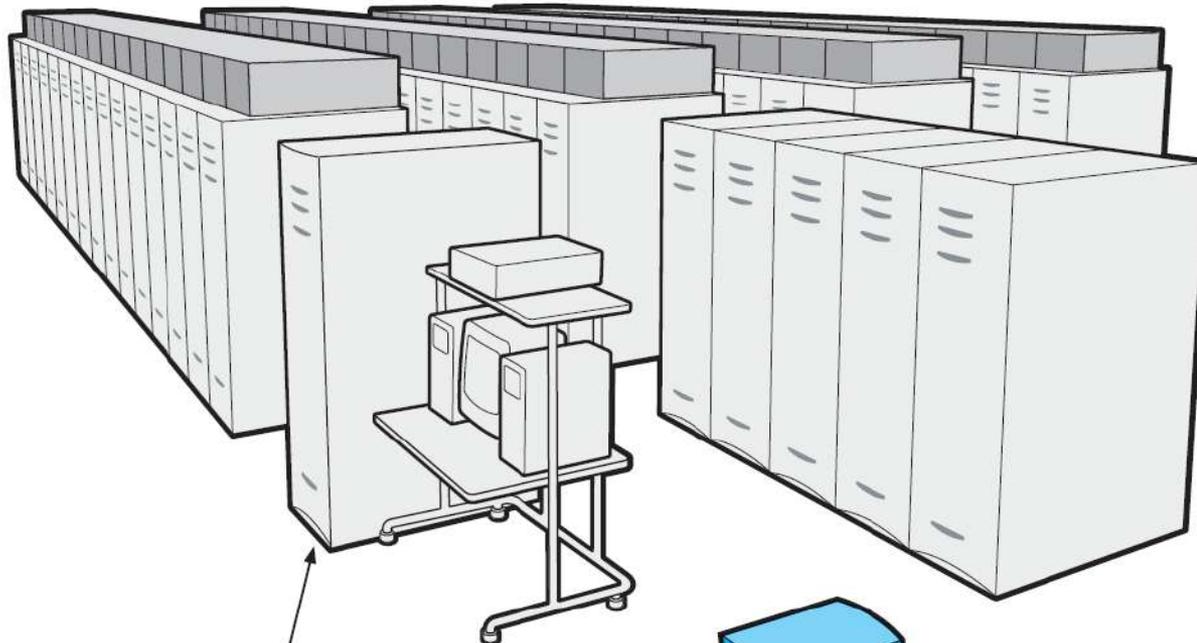
- ▶ Un sistema de refrigeración grande cuanto un edificio
- ▶ Una pequeña central eléctrica



1.2 - Generación actual

► Eficiencia energética vs. rendimiento

SUPERCOMPUTER VS. GAME CONSOLE



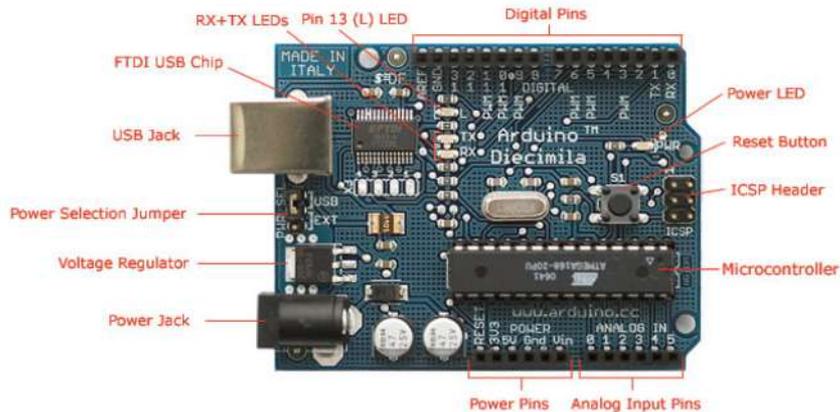
	SANDIA LAB'S ASCI RED	SONY PLAYSTATION 3
DATE OF ORIGIN	1997	2006
PEAK PERFORMANCE	1.8 teraflops	1.8 teraflops*
PHYSICAL SIZE	150 square meters	0.08 square meter
POWER CONSUMPTION	800 000 watts	<200 watts

* For GPU; CPU adds another 0.2 teraflops

1.2 - Generación actual

▶ Microcomputer

- ▶ 1 GHz single-core ARM1176JZF-S
- ▶ Memoria: 500 MBytes
- ▶ Almacenamiento: MicroSD slot
- ▶ Prestaciones: 24 GFLOPS
- ▶ Coste: 5 dólares
- ▶ Consumo: 0,8 W



1. No olvidar

▶ Velocidad

- ▶ 1 k = 1,000 = 10^3
- ▶ 1 M = 1,000,000 = 10^6
- ▶ 1 G = 1,000,000,000 = 10^9
- ▶ 1 T = 1,000,000,000,000 = 10^{12}
- ▶ 1 P = 1,000,000,000,000,000 = 10^{15}
- ▶ 1 E = 1,000,000,000,000,000,000 = 10^{18}
- ▶ 1 Z = 1,000,000,000,000,000,000,000 = 10^{21}

1. No olvidar

▶ Velocidad

- ▶ 1 k = 1,000 = 10^3
- ▶ 1 M = 1,000,000 = 10^6
- ▶ 1 G = 1,000,000,000 = 10^9
- ▶ 1 T = 1,000,000,000,000 = 10^{12}
- ▶ 1 P = 1,000,000,000,000,000 = 10^{15}
- ▶ 1 E = 1,000,000,000,000,000,000 = 10^{18}
- ▶ 1 Z = 1,000,000,000,000,000,000,000 = 10^{21}

▶ Almacenamiento

- ▶ 1 k = 1,024 = 2^{10}
- ▶ 1 M = $1,024^2 = 2^{20} = 1,048,576$
- ▶ 1 G = $1,024^3 = 2^{30}$
- ▶ 1 T = $1,024^4 = 2^{40}$
- ▶ 1 P = $1,024^5 = 2^{50} = 1,125,899,906,842,624$
- ▶ 1 E = $1,024^6 = 2^{60}$
- ▶ 1 Z = $1,024^7 = 2^{70}$

Arquitectura i Configuracions Informàtiques

Tema 1. Introducció – Parte 1

Davide Careglio