

Arquitectura de computadores I

Presentación, Introducción e Historia

Recursos

➤ Libros:

- Andrew S. Tanenbaum, [Structured Computer Organization](#), Prentice Hall, 4ta edición (en adelante).
- William Stallings, [Computer Organization and Architecture](#), Prentice Hall, 5ta edición (en adelante). <Más importante>
- Linda Null, Julia Lobur, [The Essentials of Computer Organization and Architecture](#), Jones and Bartlett, 2da edición.

➤ Otros recursos:

- www.dc.uba.ar/people/materias/oc1verano
- Internet!

Introducción

- ¿Qué es una computadora?
- Stallings:

“Máquina digital electrónica programable para el tratamiento automático de la información, capaz de recibirla, operar sobre ella mediante procesos determinados y suministrar los resultados de tales operaciones.”

Introducción

- Por qué estudiar organización y arquitectura de computadoras?
 - Diseñar mejores programas de base:
 - compiladores, sistemas operativos, y drivers
 - Optimizar programas
 - Construir computadoras
 - Evaluar su desempeño
 - Entender los “compromisos” entre poder de computo, espacio y costos

Arquitectura vs Organización

➤ Arquitectura: atributos **visibles** al programador

- Set de instrucciones, bits utilizados para representar los datos, mecanismos de direccionamiento, entrada y salida, etc.

➤ Organización: cómo se **implementan**

- Señales de control, tecnología de la memoria
- Ejemplos:
 - Las instrucciones las ejecuta directo el hardware o son interpretadas por microprogramas?
 - La multiplicación es realizada directamente por un componente o se realizan muchas sumas?

Arquitectura vs. Organización

- Toda la familia x86 de Intel comparte la misma **arquitectura** básica
- Esto asegura la compatibilidad de código
 - Al menos la de programas antiguos
- La organización cambia entre diferentes versiones de una misma familia

Componentes

- No hay una clara distinción entre asuntos relacionados con la organización y los relevantes con la arquitectura
- Principio de equivalencia Hardware-Software:
“Cualquier cosa que puede ser hecha por software puede ser hecha en hardware y cualquier cosa que puede ser hecha con hardware puede ser hecha con software”

Estructura vs. Función

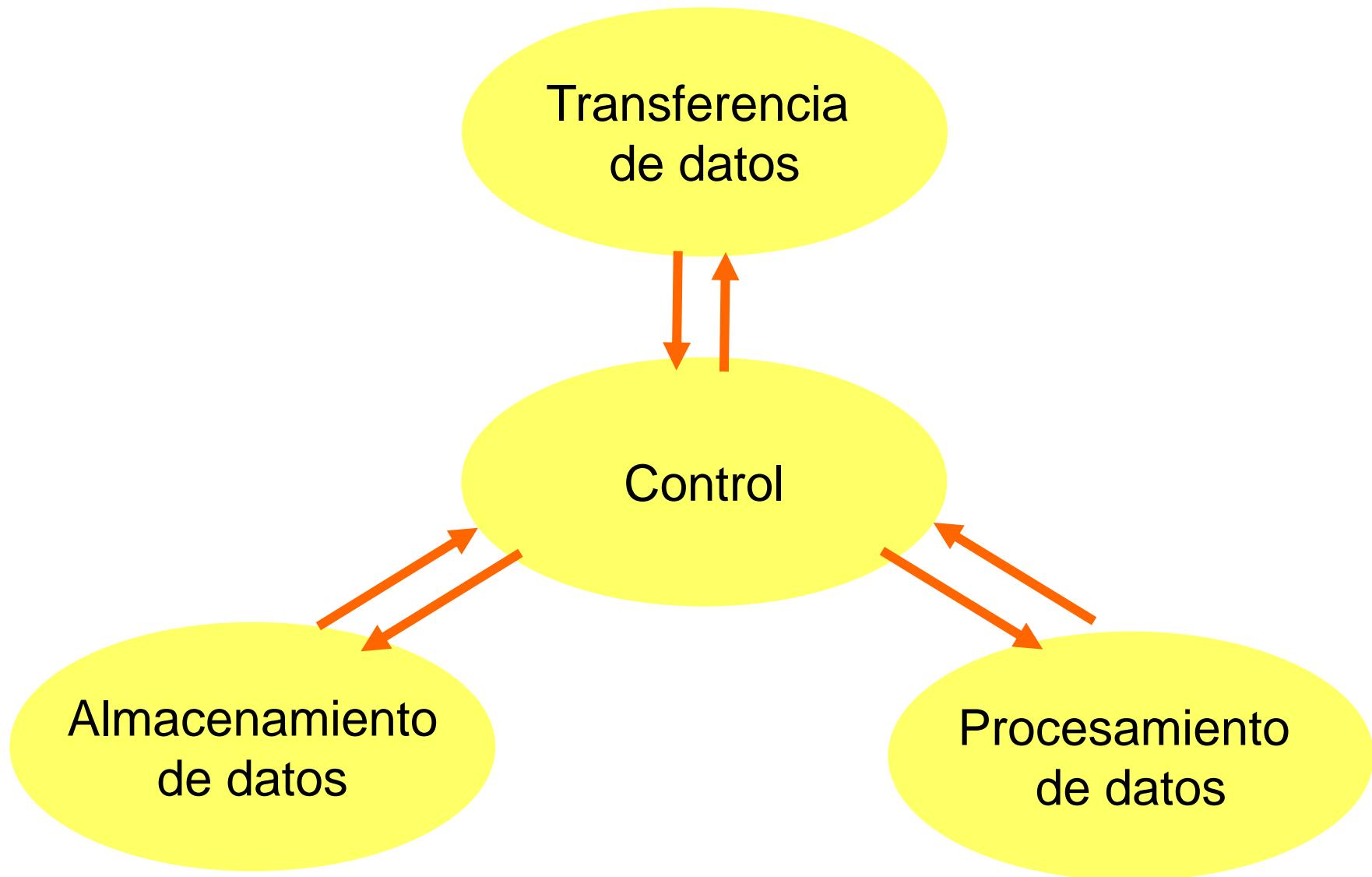
- La Estructura es la forma en que los componentes se relacionan entre sí.
- La función es la operación que realizan los componentes individuales como parte de una estructura

Funciones

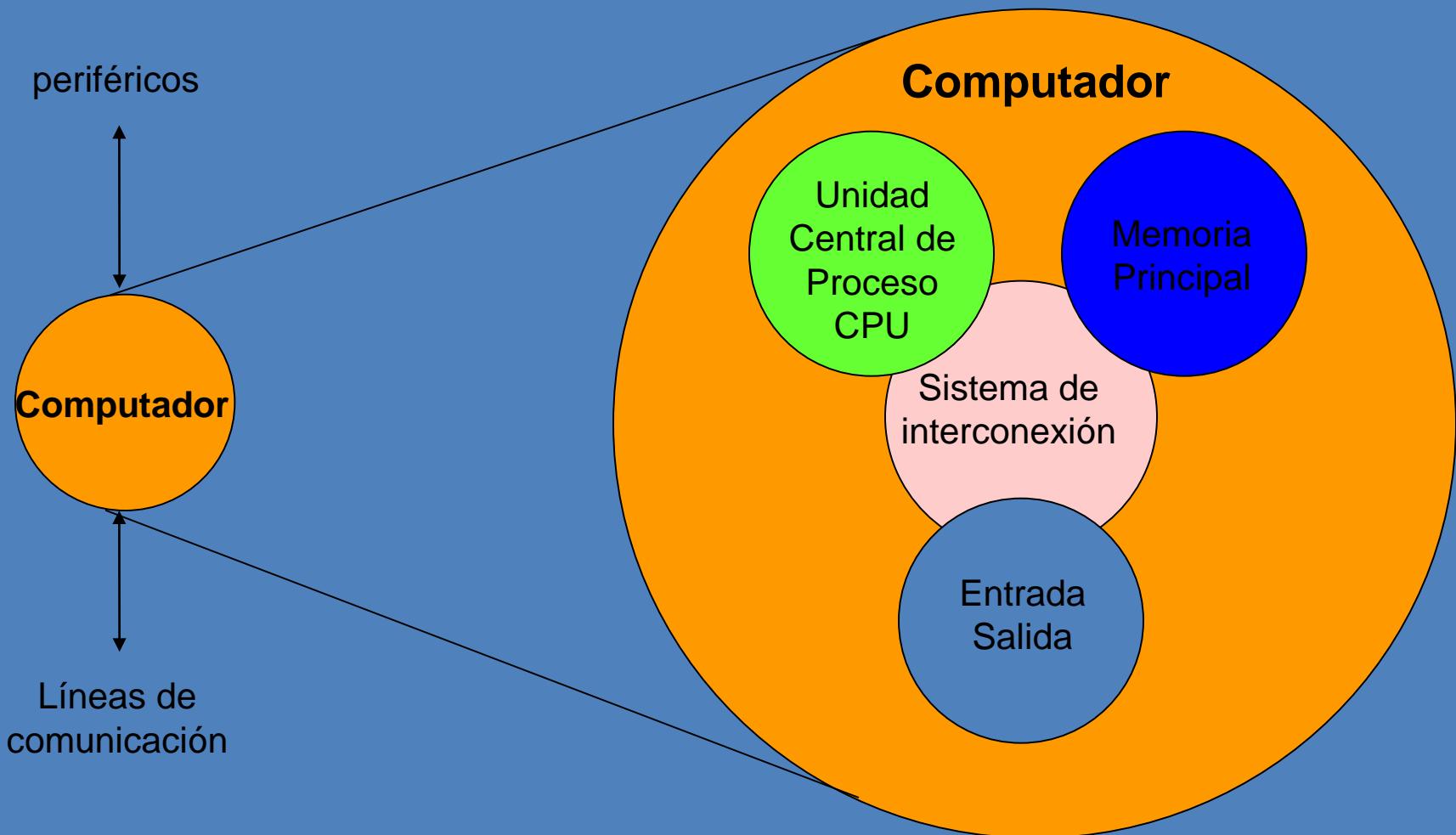
➤ Las funciones básicas de una computadora son:

- Procesamiento de Datos
- Almacenamiento de datos
- Transferencia de Datos
- Control

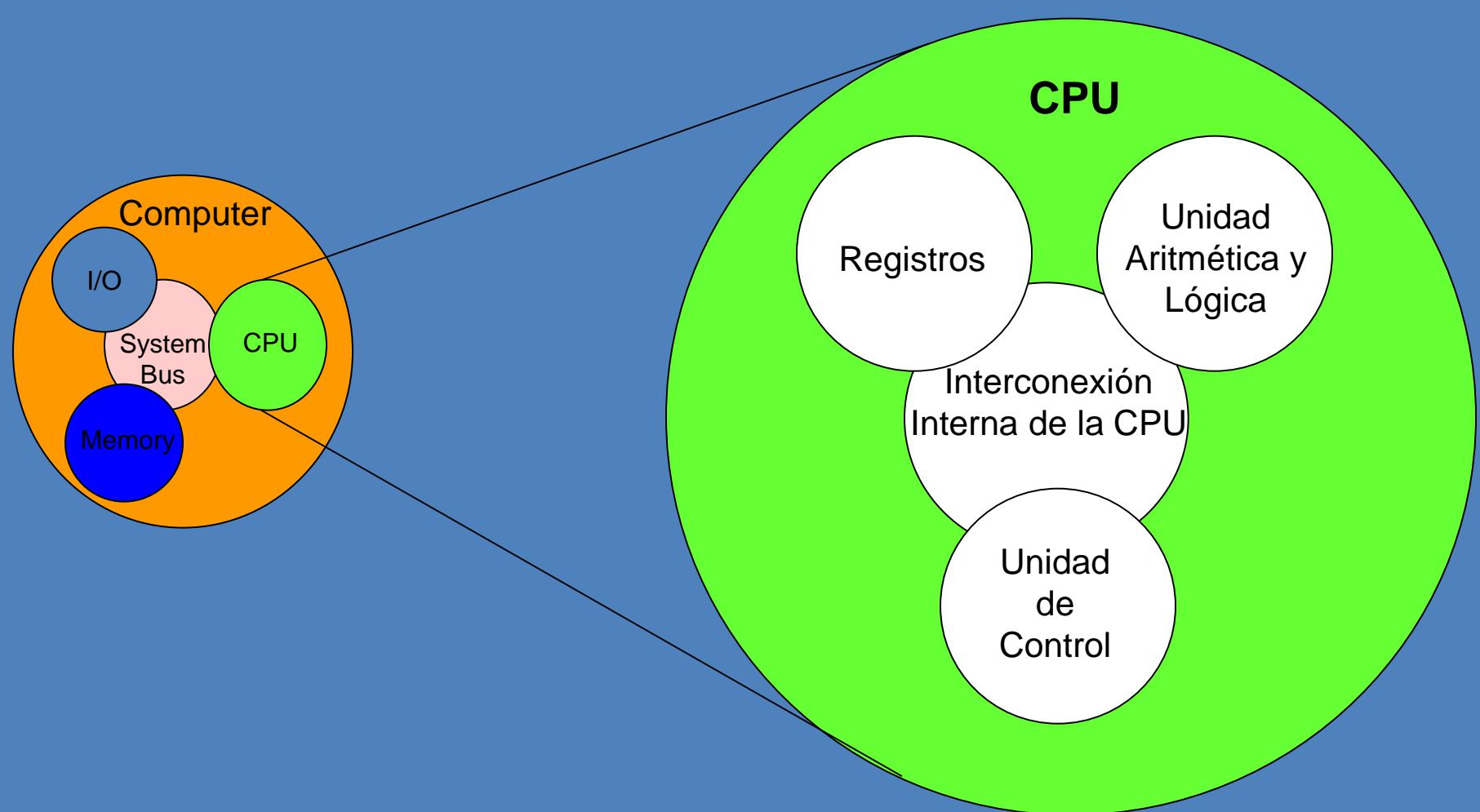
Visión Funcional



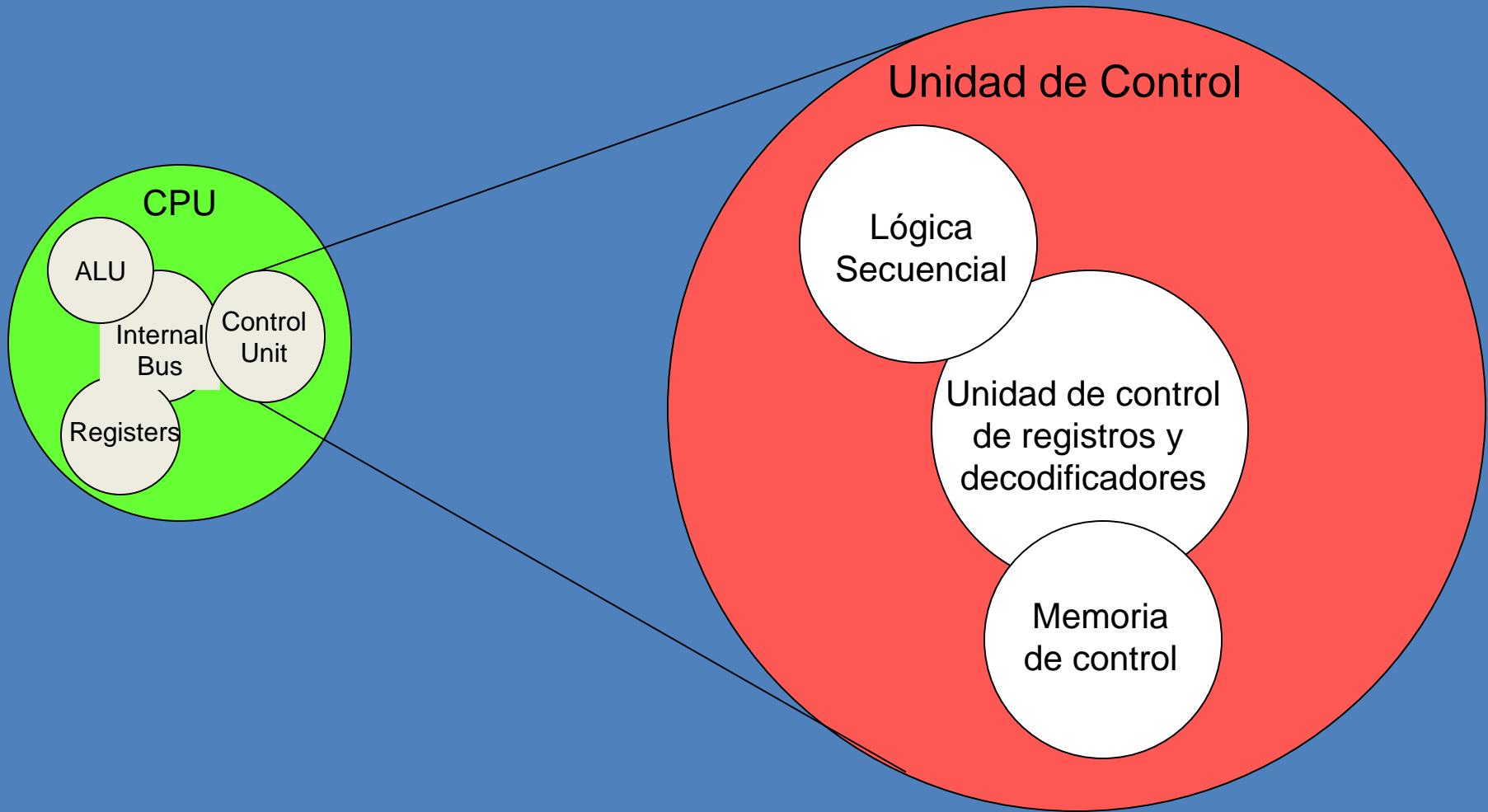
Estructura (computadora)



Estructura (CPU)



Estructura (UC)



Un ejemplo

Un aviso de segunda mano...

For Sale: Obsolete Computer – Cheap! Cheap! Cheap!



- Pentium III 667MHz
- 133MHz 64MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel port

Monitor, 19", .24mm AG, 1280x1024 at 85Hz

- Intel 3D AGP graphics card
- 56K PCI voice modem
- 64-bit PCI sound card

L1 Cache??

PCI??

MHz??

MB??

USB??

Que significa todo esto?

Algunas abreviaturas

Medidas de **capacidad** y **velocidad**:

- Kilo- (K) = mil = 10^3 y 2^{10}
- Mega- (M) = 1 millón = 10^6 y 2^{20}
- Giga- (G) = 1000 millones = 10^9 y 2^{30}
- Tera- (T) = 1 billón = 10^{12} y 2^{40}
- Peta- (P) = 1000 billones = 10^{15} y 2^{50}

Que una medida corresponda a potencias de 10 ó 2 depende de la magnitud a medir.

Algunas abreviaturas

- Hertz = ciclos de reloj por segundo (frecuencia)
 - 1 MHz = 1,000,000 Hz
 - 1GHz = 1,000 MHz
 - La velocidad del procesador se mide en MHz o GHz.
- Byte = unidad de almacenamiento
 - 1 KB = 2^{10} = 1024 Bytes
 - 1 MB = 2^{20} = 1,048,576 Bytes
 - La memoria principal (RAM) se mide en MB
 - El almacenamiento en disco se mide en GB para sistemas chicos, en TB para sistemas mas grandes.
- Word (palabra) = unidad de transferencia: cantidad de bits que pueden moverse simultáneamente dentro de la CPU
 - 8 bits, 16 bits, 32 bits, 64 bits

Algunas abreviaturas

Medidas de **tiempo** y **espacio**:

- Mili- (m) = milésima = 10^{-3}
- Micro- (μ) = millonésima = 10^{-6}
- Nano- (n) = mil millonésima= 10^{-9}
- Pico- (p) = billonésima = 10^{-12}
- Femto- (f) = mil billonésima = 10^{-15}

Un ejemplo

- Milisegundo = milésima de segundo
 - El tiempo de acceso de los HD suele ser de **10 a 20 milisegundos.**
- Nanosegundo = mil millonésima de segundo
 - El tiempo de acceso a RAM suele ser de **50 a 70 nanosegundos.**
- Micron (micrómetro) = millonésima de un metro
 - Los circuitos en los chips de una computadora suelen medirse en **micrones.**

Un ejemplo

- Notar que el tiempo de un ciclo es inversamente proporcional a la frecuencia del reloj.
- Un bus operando a 133 MHz tiene un tiempo de ciclo de 7.52 nanosegundos ($T = 1/F$):

Volvamos al aviso...

Un ejemplo

El microprocesador es el “cerebro” del sistema. Ejecuta las instrucciones de los programas. Este es un Pentium III (Intel) corriendo a 667MHz.



El bus del sistema mueve datos dentro de la computadora. Cuanto más rápido el bus mejor la performance. Este corre a 133MHz.

er - Cheap! Cheap! Cheap!

- Pentium III 667MHz
- 133MHz 64MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2 cache
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel port

AG, 1280

cs card

m

rd

Un ejemplo

- Las computadoras con **muchá memoria principal** pueden correr programas **más grandes con mayor velocidad** que las computadoras que tienen poca memoria.
- RAM es la sigla para nombrar a **memoria de acceso aleatorio**. Esto significa que los contenidos pueden ser accedidos directamente si se conoce su locación.
- El **cache** es un tipo de **memoria temporaria** que puede ser accedida más rápidamente que la RAM.

Un ejemplo

Este sistema tiene 64MB de una memoria dinámica RAM sincrónica (SDRAM) . . .



. . . y 2 niveles de cache de memoria, el cache de nivel 1 (L1) es más chica y (probablemente) más rápida que la cache L2.

- Cheap! Cheap! Cheap!

- Pentium III 667 MHz
- 133MHz 64 MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2 cache
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel
- Monitor, 19", .24mm AG, 1280x1024

Un ejemplo

La capacidad de HD determina la cantidad y el tamaño de los datos que podemos almacenar.



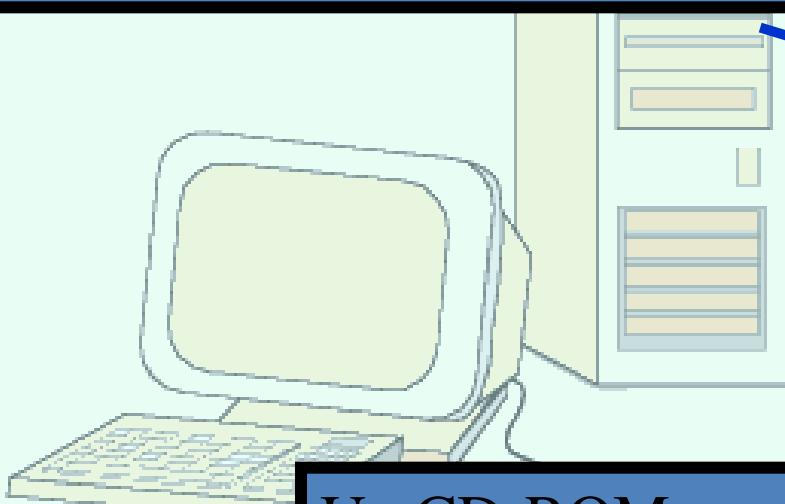
Este es de 30GB. 7200 RPM es la velocidad de rotacion del disco. En gral, cuanto más rapido gira el disco más datos puede enviar a la RAM.

Computer - Cheap! Cheap! Cheap!

- Pentium III 667MHz
- 133MHz 64MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2 cache
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel port
- Monitor, 19", .24mm AG, 1280x1024 resolution

Un ejemplo

EIDE (*enhanced integrated drive electronics*): describe cómo el HD debe comunicarse con otros componentes.

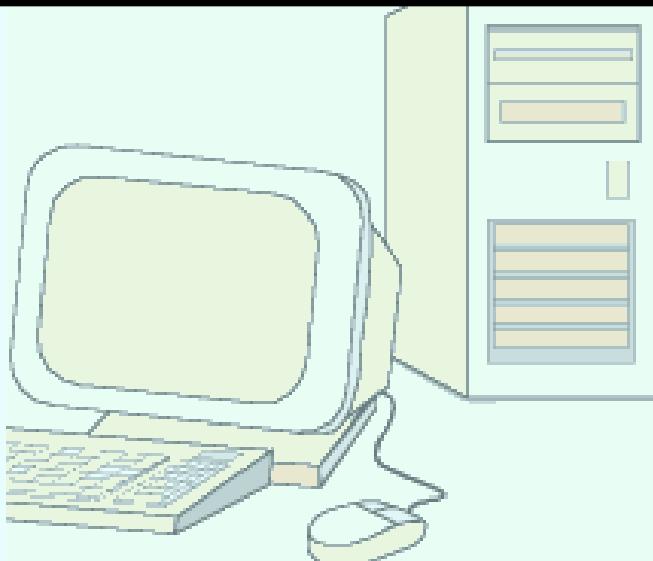


- 133MHz 64MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2 cache
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel port
- Monitor, 19", .24mm AG, 1280x1024 resolution
- Intel 3D AGP graphics card

Un CD-ROM puede almacenar entre 640 y 700MB de datos. 48x describe su velocidad.

Un ejemplo

Los *puertos* permiten el movimiento de datos entre el sistema y los dispositivos externos.



cheap! Cheap! Cheap!

- Pentium III 667MHz
- 133MHz 64MB SDRAM
- 32KB L1 cache, 256KB L2 cache
- 30GB EIDE hard drive (7200 RPM)
- 48X max variable CD-ROM
- 2 USB ports, 1 serial port, 1 parallel port
- Monitor, 19", .24mm AG, 1280x1024 at 85Hz
- Intel 3D AGP graphics card

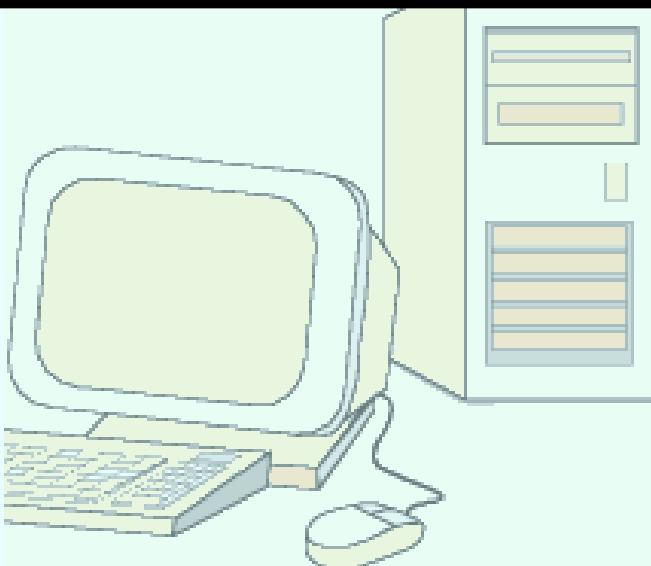
Este sistema tiene
4 puertos.

Un ejemplo

- Los puertos serial envían datos como una **serie de pulsos** sobre 1 o 2 líneas de datos, también denominados puertos RS-232.
- Los puertos paralelos envían datos como **un solo pulso sobre varias líneas de datos**.
- USB, universal serial bus, es una interface serie inteligente que se “auto-configura” (plug and play)

Un ejemplo

Los buses del sistema puede ser ampliados con buses dedicados a la E/S. El PCI, *peripheral component interface*, es un ejemplo.



Cheap! Cheap! Cheap!

Pentium III 667MHz

- 133MHz 64MB SDRAM

Este sistema tiene dos dispositivos PCI: una tarjeta de sonido y un modem.

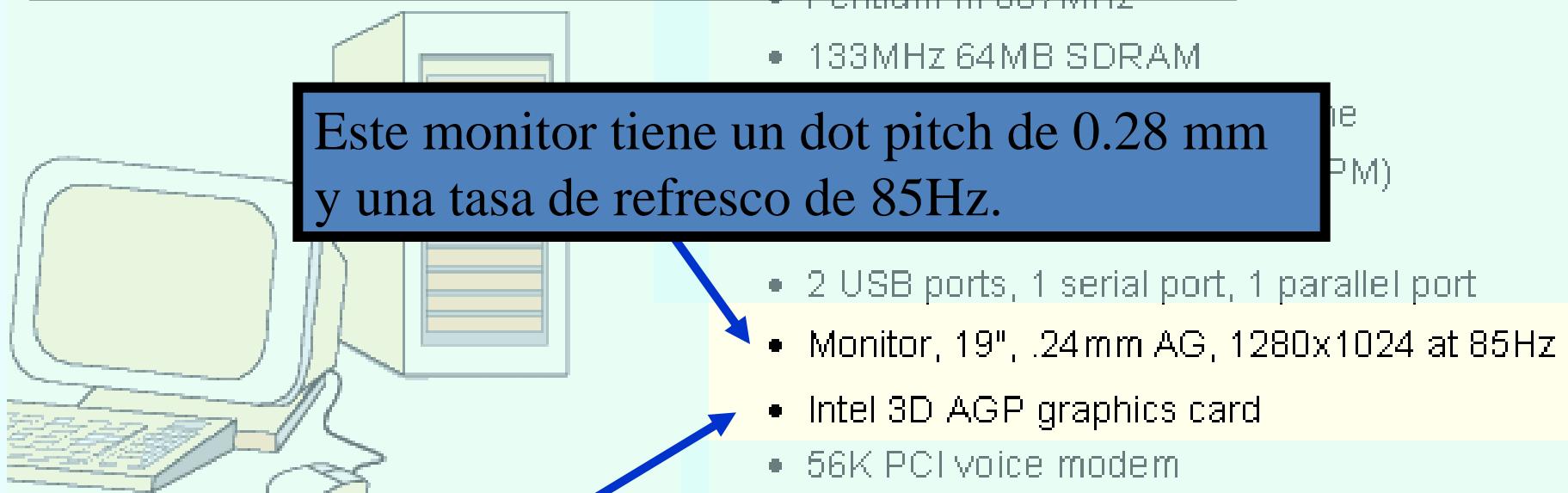
- Monitor, 19" .24mm AG, 1280x1024 at 85Hz
- Intel 3D AGP graphics card
- 56K PCI voice modem
- 64-bit PCI sound card

Un ejemplo

El numero de veces por segundo que la imagen del monitor se refresca se llama “tasa de refresco”. El *dot pitch* se relaciona con cuan clara es la imagen.

heap!

Este monitor tiene un dot pitch de 0.28 mm
y una tasa de refresco de 85Hz.



La tarjeta de video contiene memoria y
programas para manejar el monitor.

Organización del Computador 1

Historia

Historia

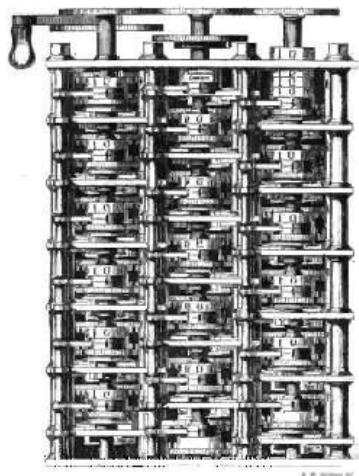
Generación	Años	Características
0	hasta 1945	Sistemas mecánicos y electro-mecánicos
1	1945 – 1954	Tubos al vacío, tableros
2	1955 – 1965	Transistores y sistemas por lotes
3	1965 – 1980	Circuitos integrados
4	desde 1980	VLSI - Computadores personales y super computadoras

Primeras “computadoras”

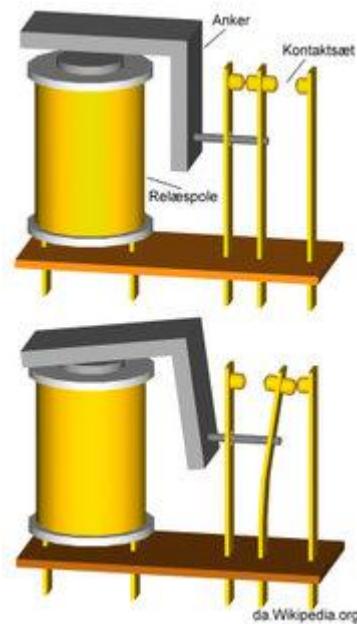
- Ábacos



- Calculadoras mecánicas



- Sistemas basados en relés



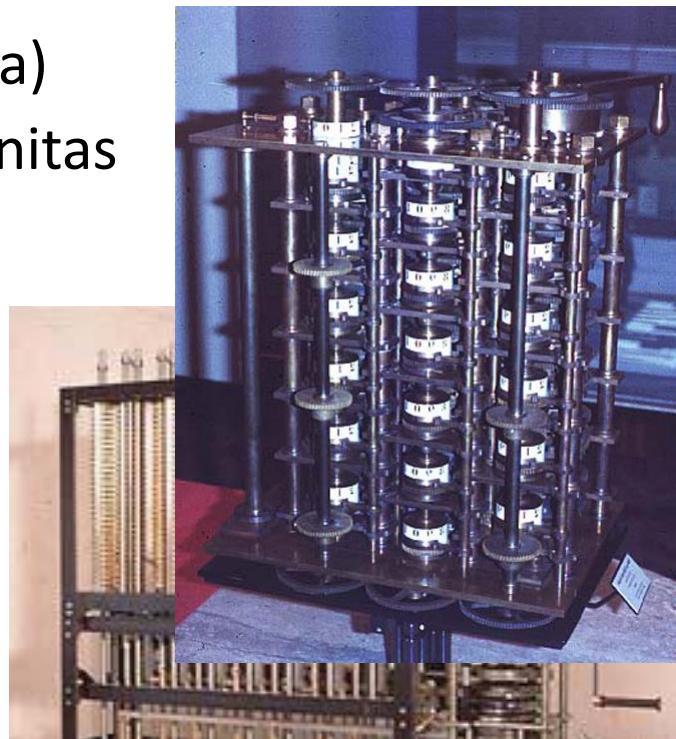
Maquinas diferenciales de Babbage

1822: Primera “computadora” (mecánica)

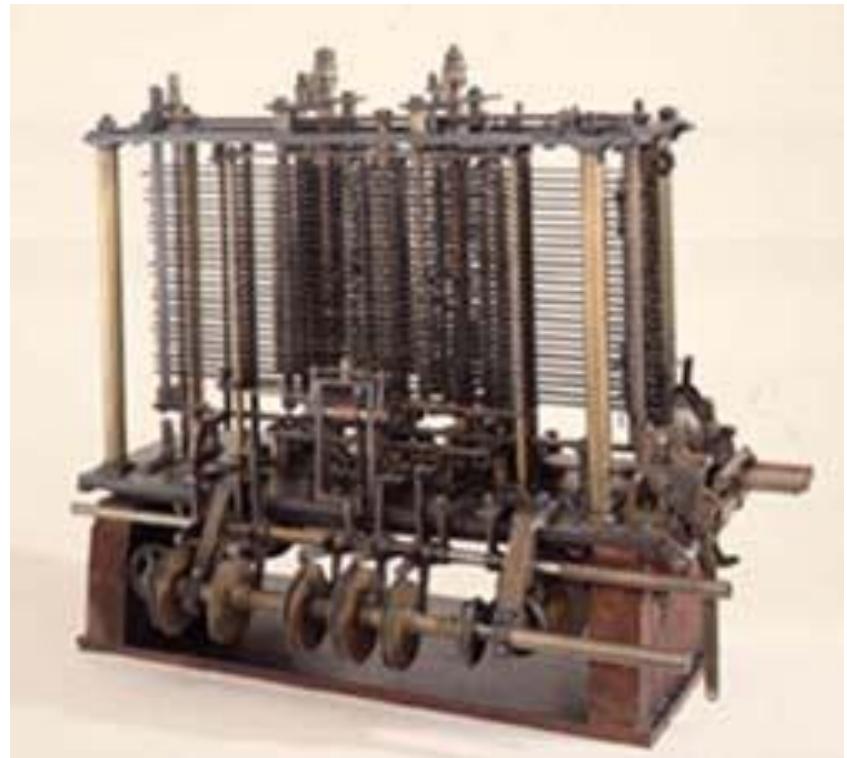
- Usaba el método de las diferencias finitas para el cálculo de polinomios de 2do grado.
- Requería aprox. 25.000 partes.
- Fracaso en el intento

1847: Otra versión más “pequeña”

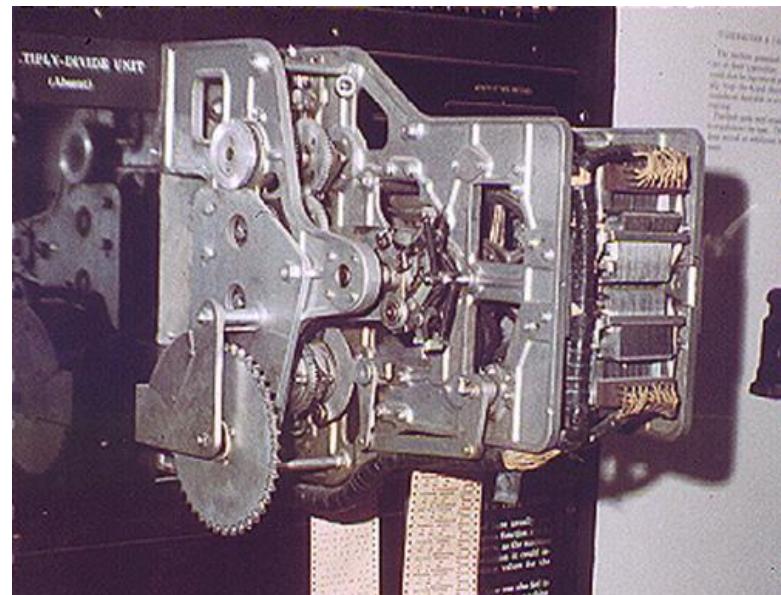
- No llegó a construirse
- Fue reproducida por el Museo de Ciencia en 1985



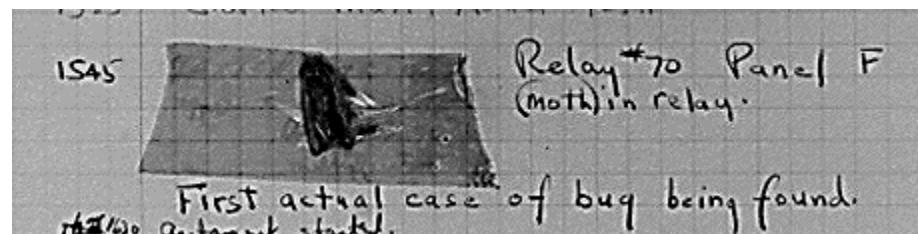
Maquina analítica (1834)



Harvard Mark I (1939-1944)



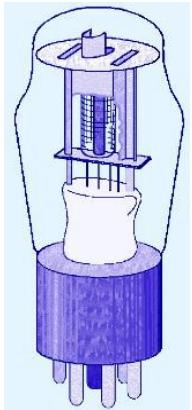
Grace Hooper: popularizo el nombre “Bug”
Escribió en su cuaderno de trabajo :"Relé #70 Panel F
insecto en Relé".



Primera Generación

1940-1955

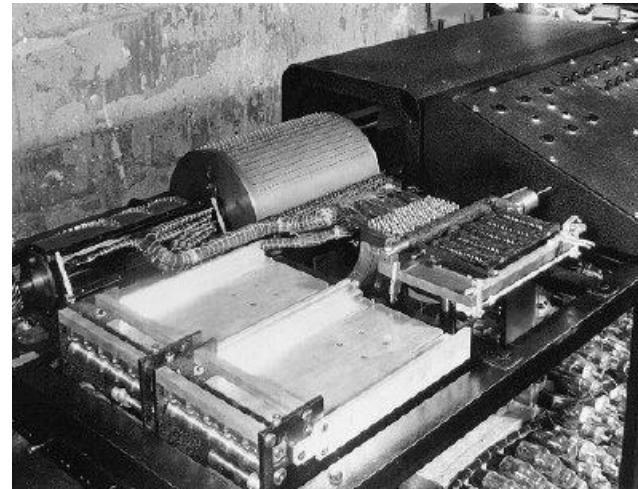
tubos al vacío



tablero

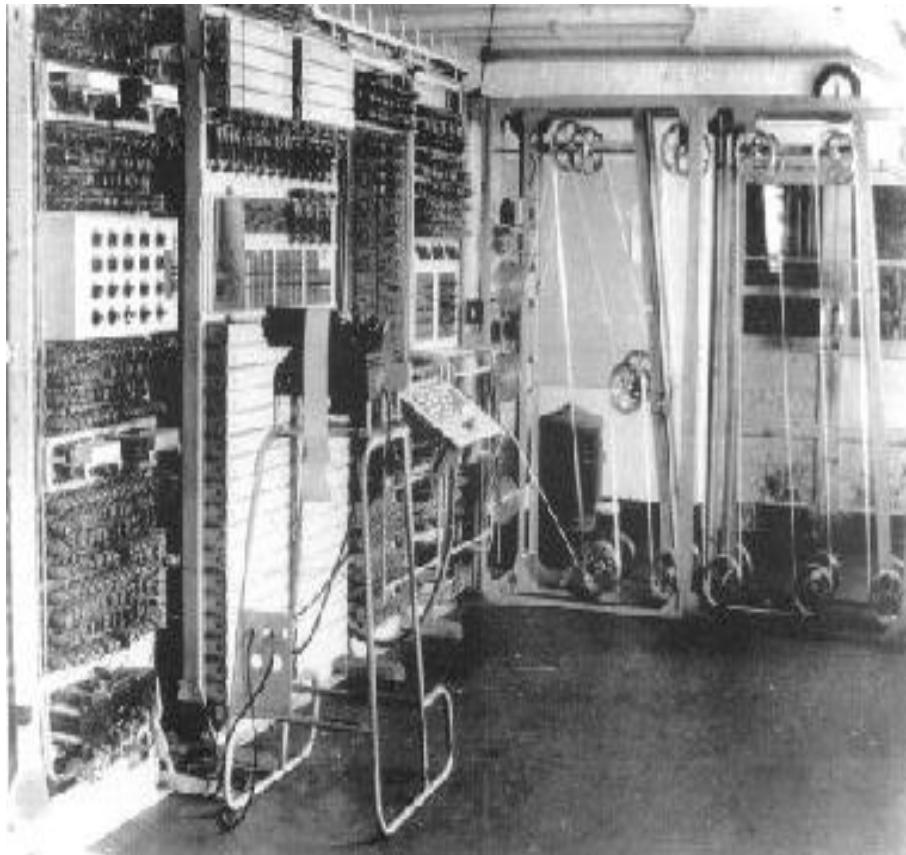
Atanasoff Berry Computer (1939 - 1942)

- Primera computadora digital (binaria)
- No era de propósito general
- Resolvía sistemas de ecuaciones lineales.
- John Atanasoff y Clifford Berry de la Iowa State University.



Colossus (1943)

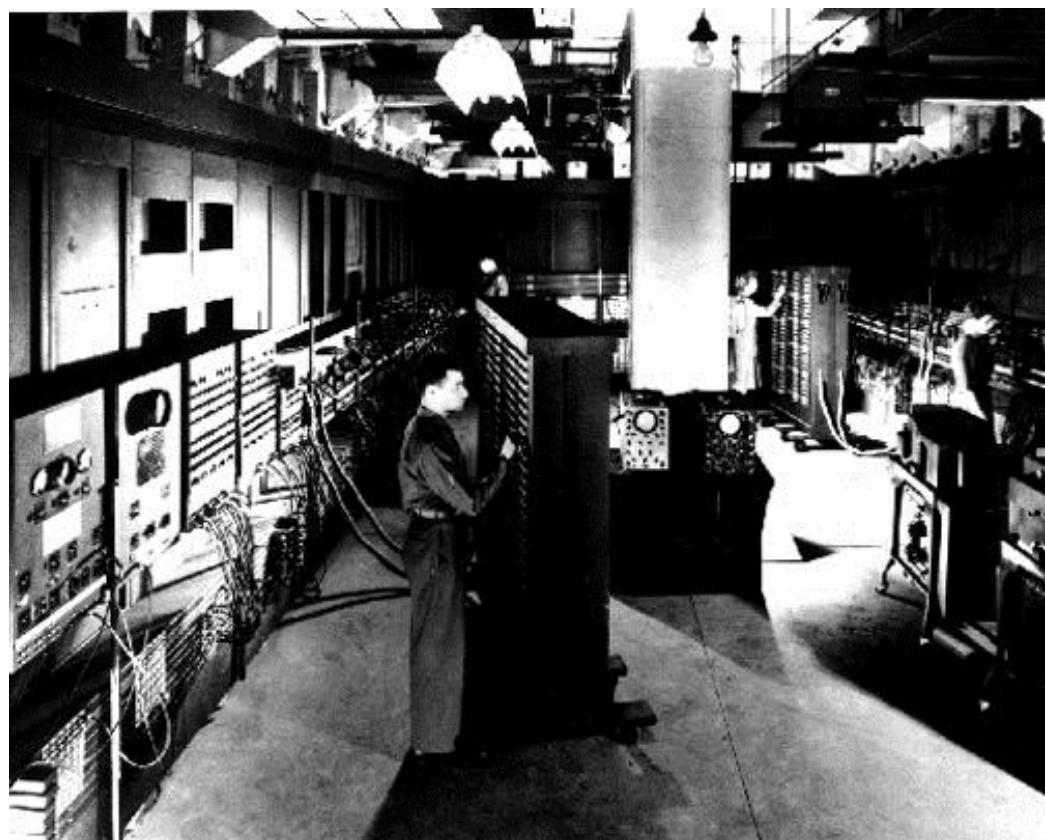
- Desarrollo Británico
- Diseñada para descifrar los mensajes encriptados por los alemanes
- Participo Turing
- No se conoció hasta los 80 (Top Secret)



Maquina Alemana “Enigma”
150,000,000,000,000,000 combinaciones
Pero los Aliados pudieron descifrar los mensajes

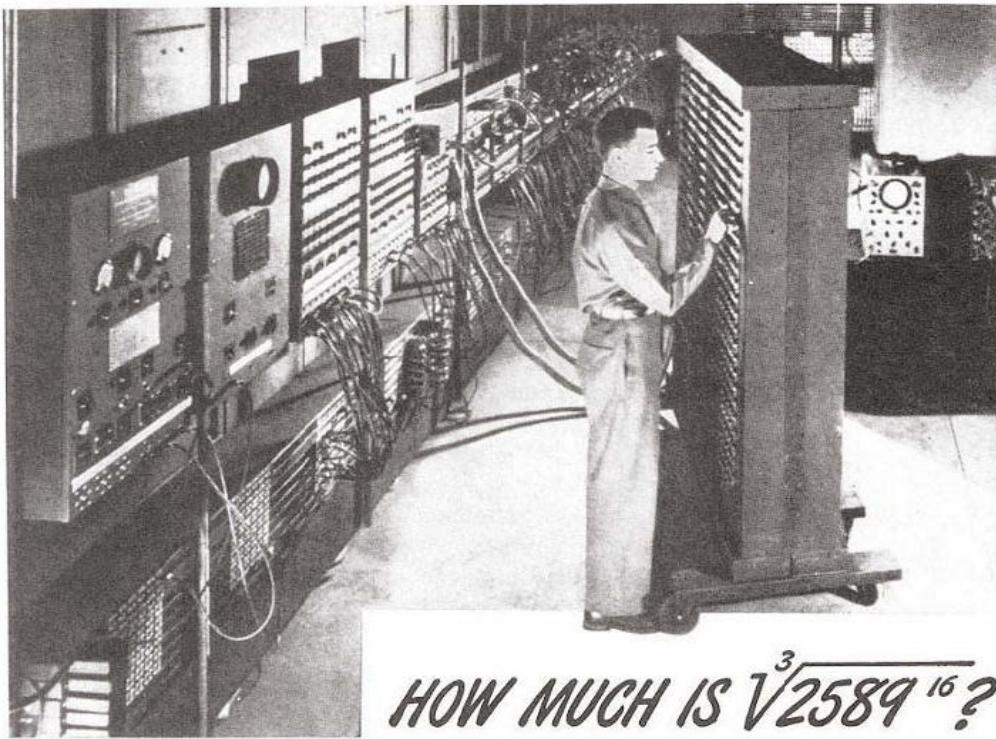
ENIAC (1946)

- Electronic Numerical Integrator and Computer
 - John Mauchly and J. Presper Eckert (Pennsylvania)
- Primera computadora de propósito general
- Se programaba “cableando”
 - Construida entre 1943-1946 para calcular trayectoria de las armas
 - Pero se terminó tarde...
 - Von Newman participó de las últimas etapas del proyecto
 - Se usó hasta 1955



ENIAC - Detalles

- Decimal (no binaria)
- 20 acumuladores de 10 dígitos
- Programada manualmente usando switches
- 18,000 válvulas
- 30 toneladas !
- 2.40 m ancho x 30 m largo !
- 140 kW de consumo
- 5,000 adiciones por segundo
- 500 Flops



HOW MUCH IS $\sqrt[3]{2589}^{\prime\prime}$?

The Army's ENIAC can give you the answer in a fraction of a second!

Think that's a stumper? You should see *some* of the ENIAC's problems! Brain twisters that if put to paper would run off this page and feet beyond . . . addition, subtraction, multiplication, division—square root, cube root, any root. Solved by an incredibly complex system of circuits operating 18,000 electronic tubes and tipping the scales at 30 tons!

The ENIAC is symbolic of many amazing Army devices with a brilliant future for you! The new Regular Army needs men with aptitude for scientific work, and as one of the first trained in the post-war era, you stand to get in on the ground floor of important jobs

YOUR REGULAR ARMY SERVES THE NATION AND MANKIND IN WAR AND PEACE

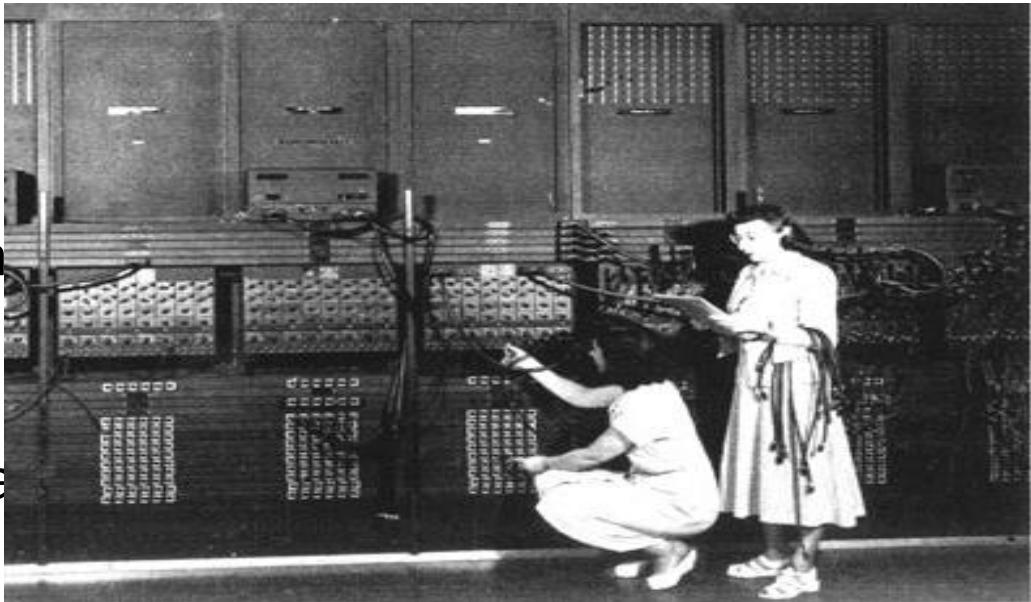
which have never before existed. You'll find that an Army career pays off.

The most attractive fields are filling quickly. Get into the swim while the getting's good! 1½, 2 and 3 year enlistments are open in the Regular Army to ambitious young men 18 to 34 (17 with parents' consent) who are otherwise qualified. If you enlist for 3 years, you may choose your own branch of the service, of those still open. Get full details at your nearest Army Recruiting Station.

A GOOD JOB FOR YOU
U. S. Army
CHOOSE THIS
FINE PROFESSION NOW!

El modelo de von Neumann

- Antes: programar era conectar cables...
- Hacer programas era mas una cuestión de ingeniería electrónica
- Cada vez que había que calcular algo distinto había que reconectar todo.



- Mauchly and Eckert (ENIAC) documentaron la idea de **almacenar programas** como base de la EDVAC
- Pero no lo publicaron...

John Von Neumann

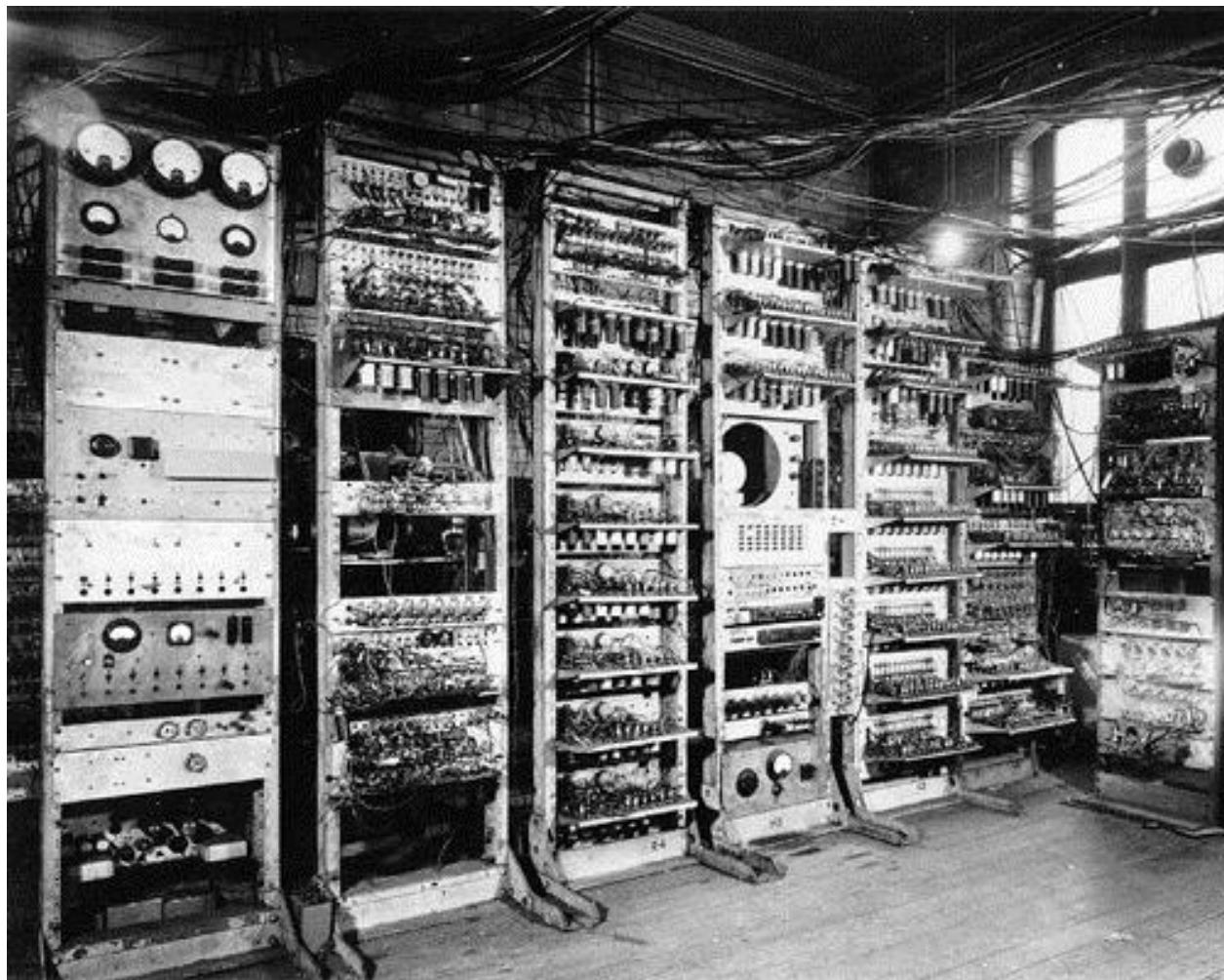
- 1903 (Hungría) – 1957
- Dr. en matemática y química
- Publicó y publicitó la idea de **programa almacenado en memoria**
- No esta claro que se le haya ocurrido a él...



von Neumann/Turing

- Los datos y programas se almacenan en una misma memoria de lectura-escritura
- Los contenidos de esta memoria se dirigen indicando su posición sin importar su tipo
- Ejecución en secuencia (salvo que se indique lo contrario)

Manchester Mark I (1948)



Tambien llamada Baby
Usada para demostrar el
concepto de programa
almacenado

En 1948 se contrató a
Turing para el desarrollo
de un lenguaje de
programación para la
máquina

Primer programa de la HM1

```

000 CI = S
001 A = A - S
010 A = - S
011 If A < 0, CI = CI + 1
100 CI = CI + S
101 A = A - S
110 S = A
111 HALT

```

Obtenía el máximo factor propio de A

1967/49 Kilburn Highest Factor Routine (anexas) -

function	C	26	26	27	Routine	0	1	2	3	4	5	13	4	6
-24 to C	-G _n	-	-	-	1	000	11	010						
-25 to 26	-	-G _n	-	-	2	010	11	110						
-26 to C	G _n	-	-	-	3	010	11	010						
-27 to 27	-	-G _n	G _n	-	4	110	11	110						
-23 to 25 C	a	T _{max}	-G _n	G _n	5	111	01	010						
subr. 27	a-a(b)	-	-	-	6	110	11	001						
Test	-	-	-	-	7	-	-	011						
Add 20 to b	-	-	-	-	8	001	01	100						or 000
subr. 26	T _n	-	-	-	9	010	11	001						
-25 to 25	T _n	-	-	-	10	100	11	110						
-26 to C	-	-	-	-	11	100	11	010						
Test	-	-	-	-	12	-	-	011						
Stop	0	0	-G _n	G _n	13	-	-	111						
-26 to C	G _n	T _n	-G _n	G _n	14	010	11	010						
subr. 21	(a-1)	-	-	-	15	101	01	001						
-27 to 27	G _{n+1}	-	-	-	16	110	11	110						
-27 to C	-G _{n+1}	-	-	-	17	110	11	010						
-26 to 26	-	-G _{n+1}	-	-	18	010	11	110						
-22 to b	T _n	-G _{n+1}	G _{n+1}	-	19	011	01	000						
int														
20	-3	10111 etc			23	-a						25	-	T _n (20)
21	1	10000			24	G _n						26	-	-G _n
22	4	00100										27	-	G _n

or 10100

UNIVAC (1949)

- Primera computadora comercial
- Eckert-Mauchly Computer Corporation
- (Universal Automatic Computer)

- Incorpora el uso de cintas magnéticas
- Cálculos para el censo de USA
- Fin de los 50'
 - UNIVAC II
 - +rápida
 - +memoria



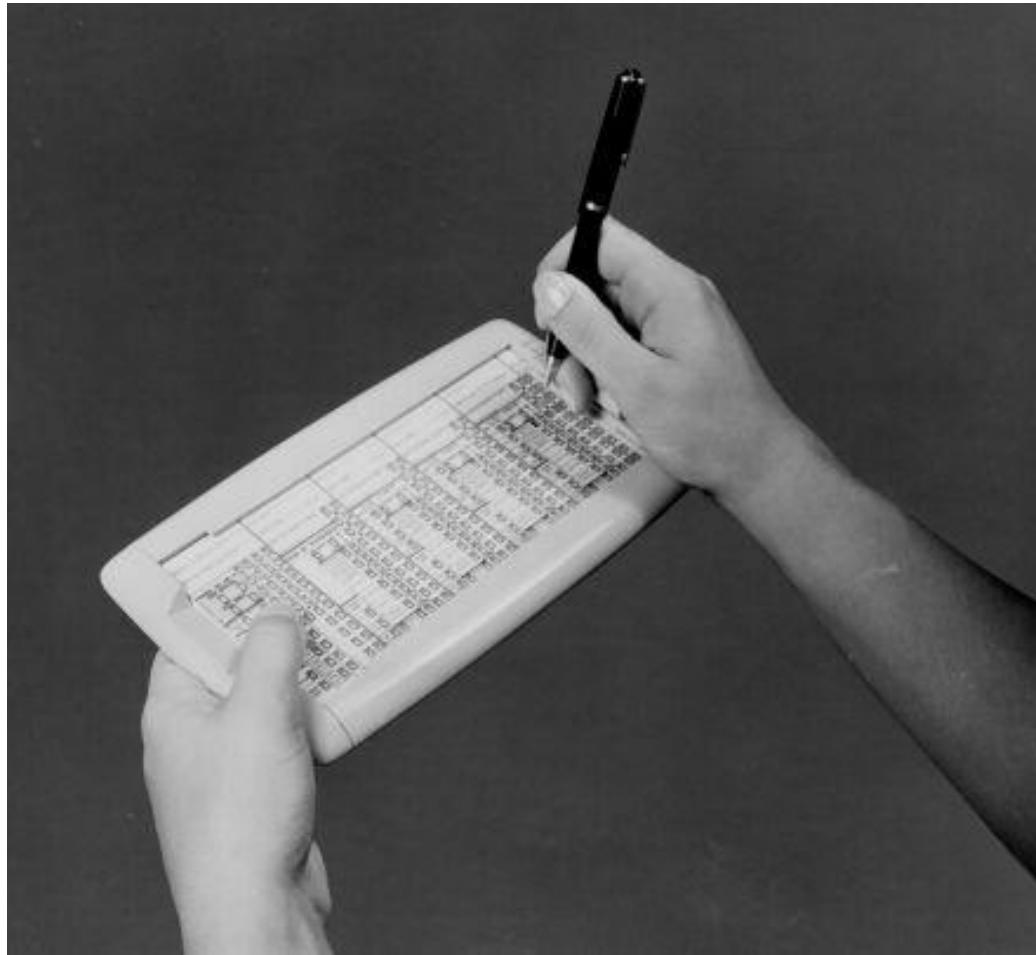
Remington Rand presents

THE ELECTRONIC ERA FOR BUSINESS WITH **UNIVAC***
FACT-TROLLER

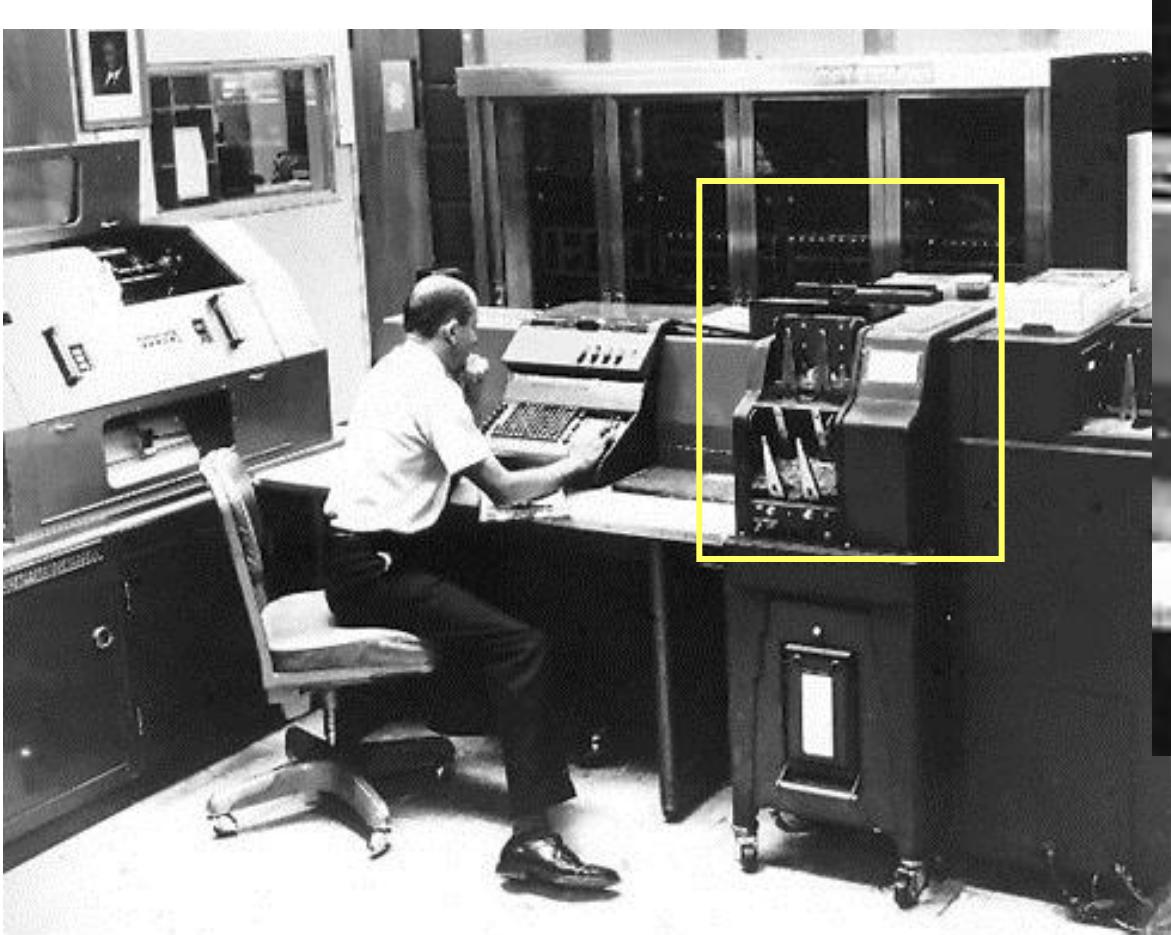
...THE FIRST UNIVERSAL
ELECTRONIC SYSTEM DESIGNED
FOR BOTH MANAGEMENT
AND SCIENCE

* A DEVELOPMENT OF THE MONARCH-MURCHLEY COMPUTER CORP.

Tarjetas perforadas



JOHNNIAC (1954)



Clone de la IAS
Máquina que funcionaba
con tarjetas.

IBM 650 (1955)

- Primera computadora producida en masa
- Fuera de circulación en 1969



IBM 704 (1955)



- Primera máquina comercial con hardware de punto flotante
- 5 KFLOPS.

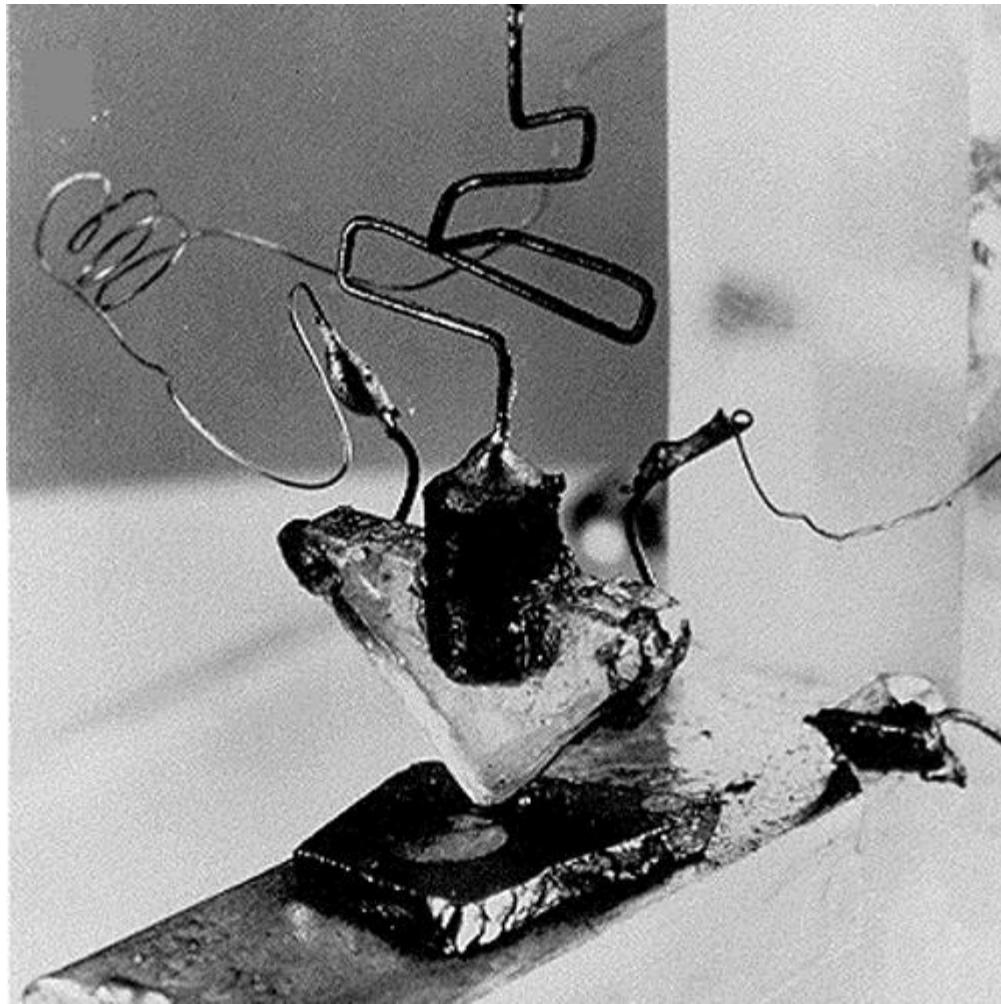
Segunda generación

1955-1966

transistores

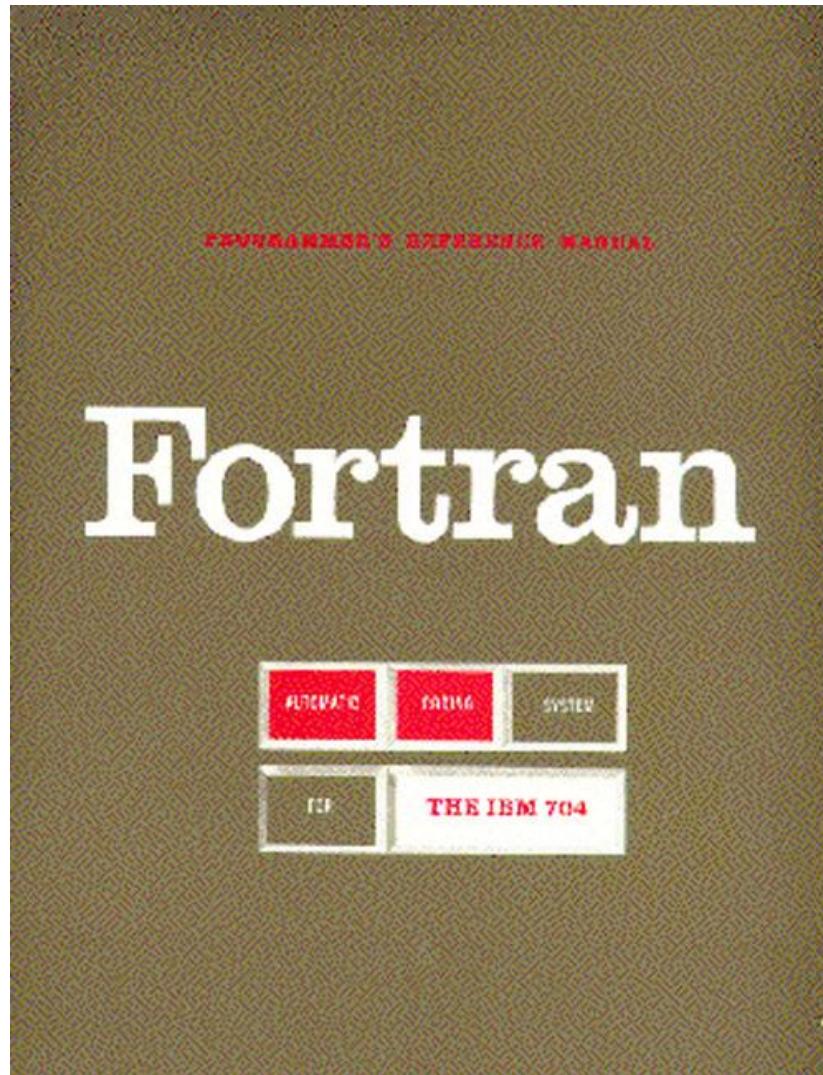
- Mainframes
- Nace la **microprogramación**

Transistor (1947)



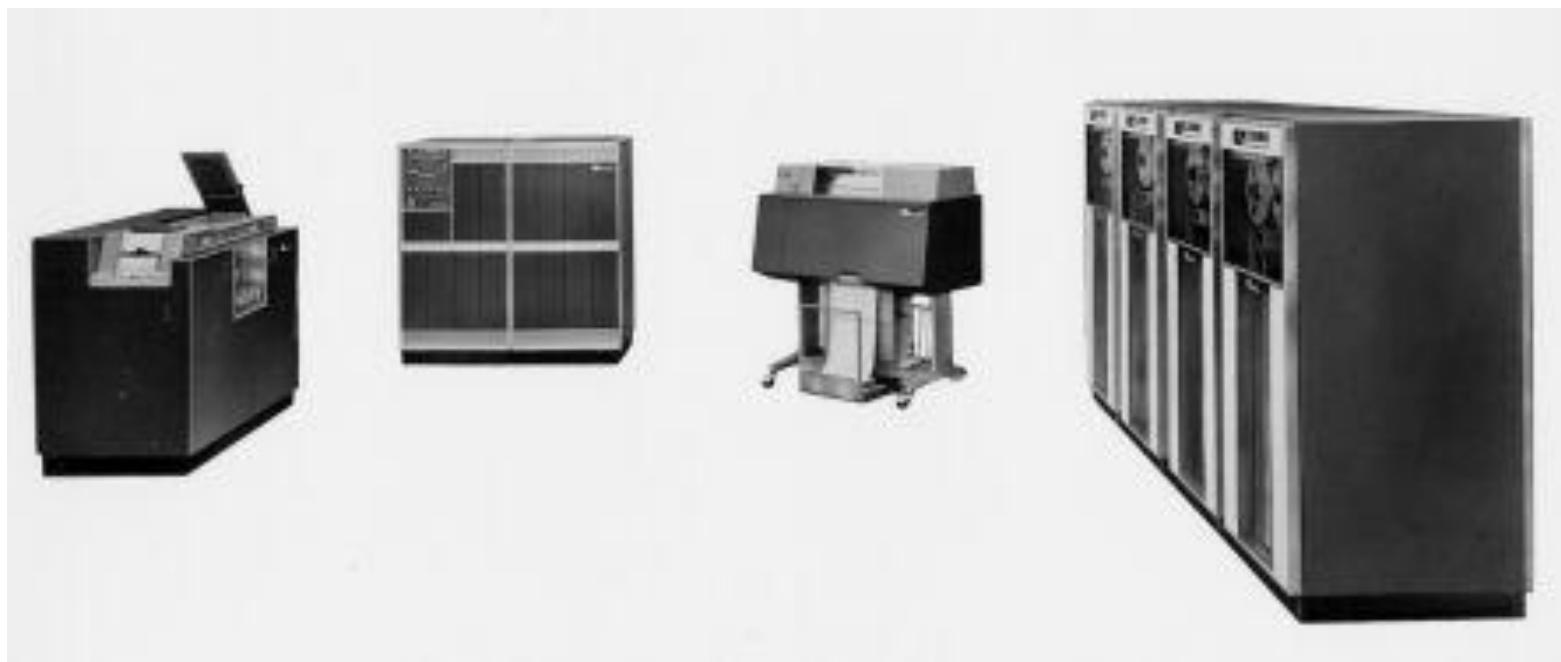
FORTRAN (1957)

- Primer compilador FORTRAN para IBM 704
- (Formula Translator)



IBM 1401(1959)

- 4KB de memoria expandible a 16KB.
- Buena para leer tarjetas, copiar cintas e imprimir resultados,
- Mala para cálculos numéricos.
- Se utilizaba con fines comerciales (bancos, etc.)

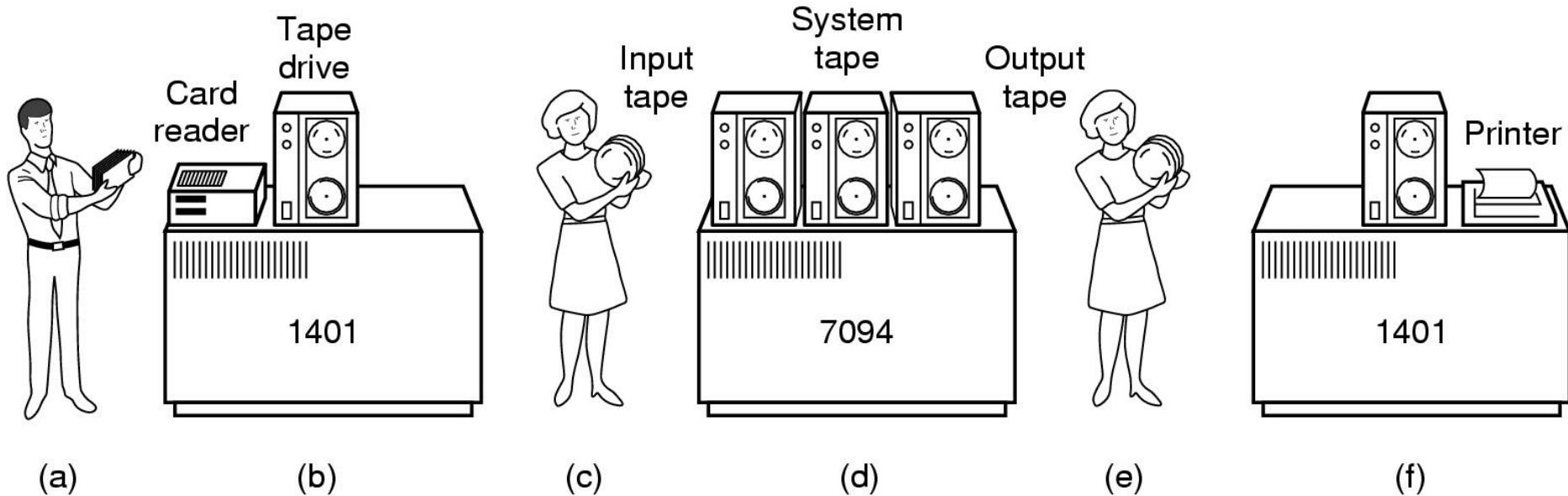


IBM 7094 (1962)

- Buena para hacer cómputos
- Se utilizaba con fines científicos.



IBM 7094 (1962)



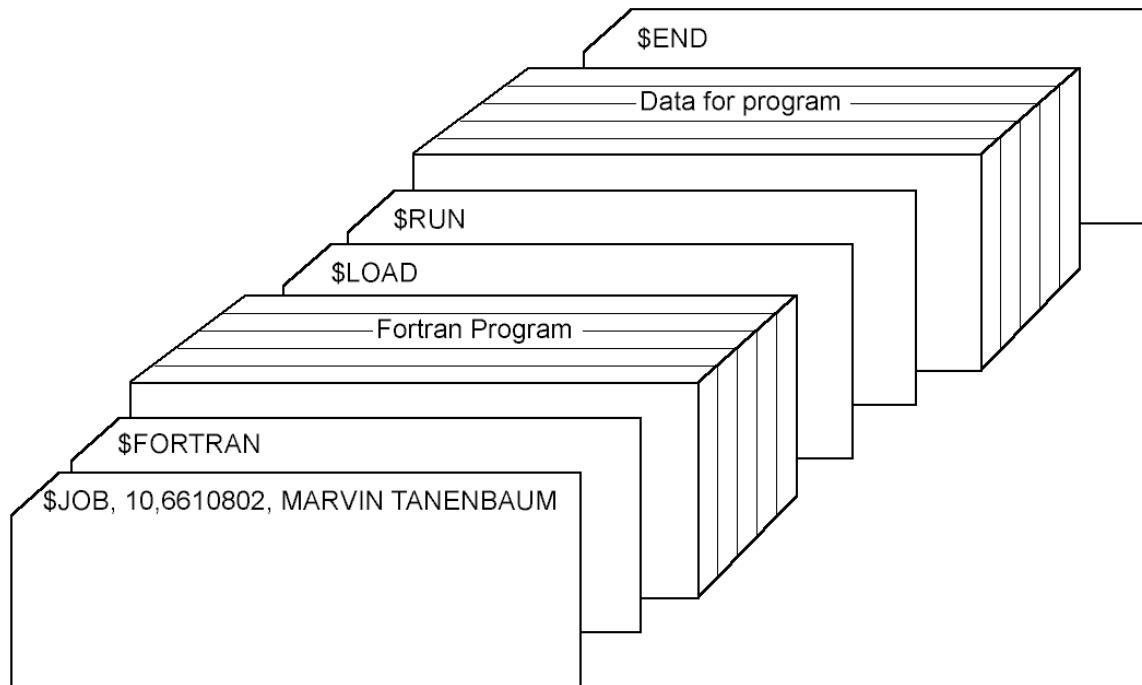
IBM 1401 – IBM 7094:

- a) los programadores llevan tarjetas
- b) La 1401 lee un lote de tarjetas y los graba en la cinta
- c) Un operador lleva la cinta a la 7094
- d) La 7094 realiza los cómputos
- e) Un operador lleva la cinta a una 1401
- f) La 1401 imprime las salidas

Trabajo en FORTRAN

Fortran Monitor System

Comienzo de los Sistemas Operativos

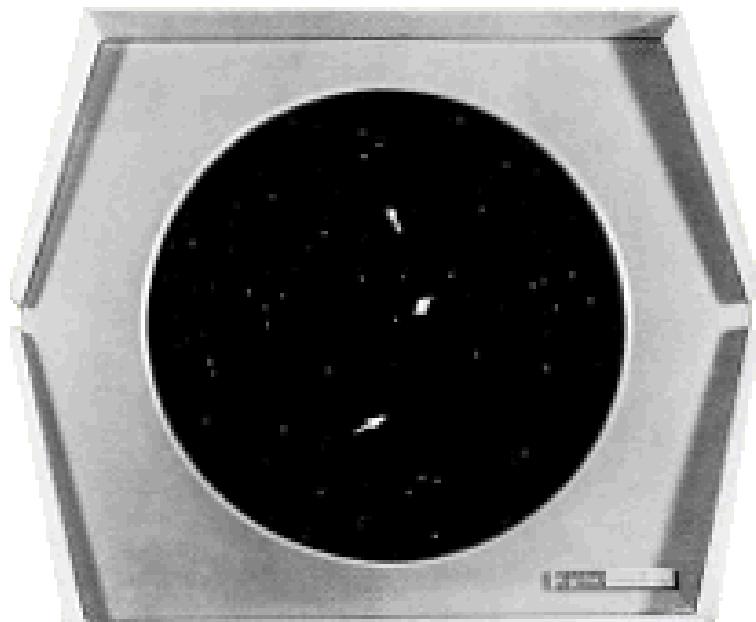


DEC PDP-1 (1961)

- 4K de palabras de 18 bits.
- US\$ 120,000
- < 5% del precio de la IBM 7094



Primer video-juego. Estudiantes de MIT (1962)



Implementado en una PDP-1

Invención del Mouse (1964)



Tercera Generación

1965-1980

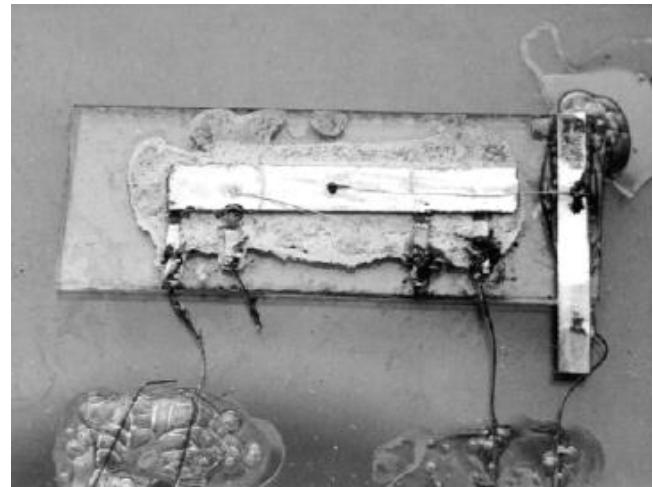
circuitos integrados

multiprogramación

Circuitos integrados

➤ Primer circuito integrado

- Jack Kilby (1958)
- 1 transistor, un capacitor, y 3 resistencias
- 10x15 mm



➤ Pentium 4

- 55 millones de transistores
- Un pelo = 75 micrones
- Transistor actual = 0.3 micrones!



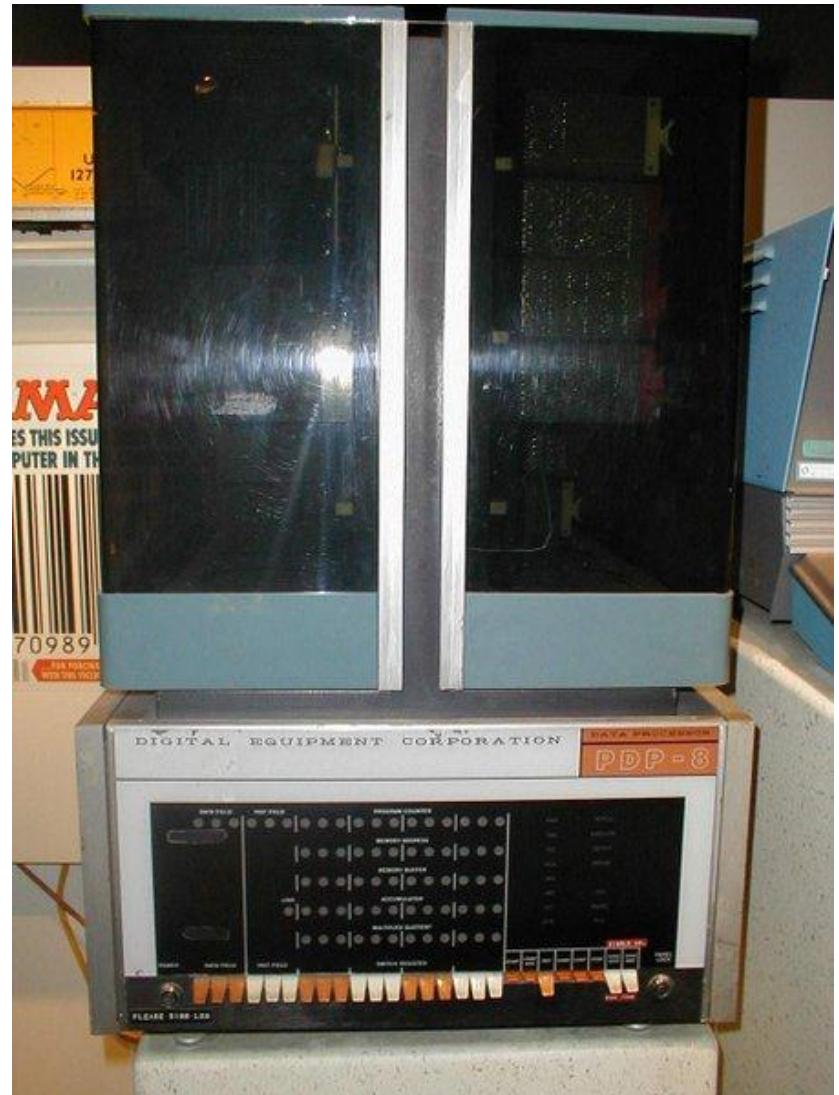
IBM 360 (1964)

-
-
-
-
-



DEC PDP-8 (1964)

- Primer minicomputador
- No necesita una habitación con aire acondicionado
- Lo bastante pequeño para colocarlo en una mesa de laboratorio
- US\$ 16,000



Fundación de Intel (1968)

➤ Andy Grove, Robert Noyce y Gordon Moore



Lenguaje C (1972)

➤ Laboratorio Bell desarrolla el lenguaje C

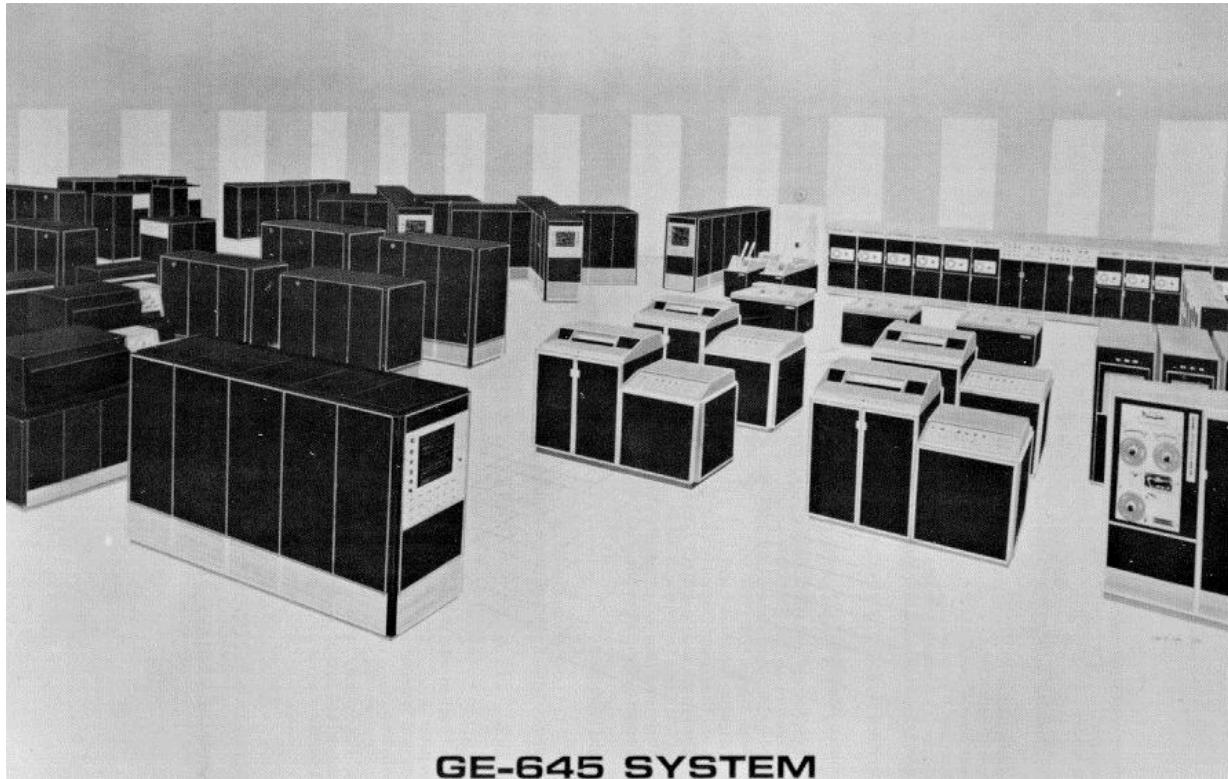
Cray 1 (1976)

- Seymour Cray
- Primera supercomputadora
- Procesamiento vectorial
 - 12 unidades procesando en paralelo
- Aprox. 120 MFlops



MULTICS (1976)

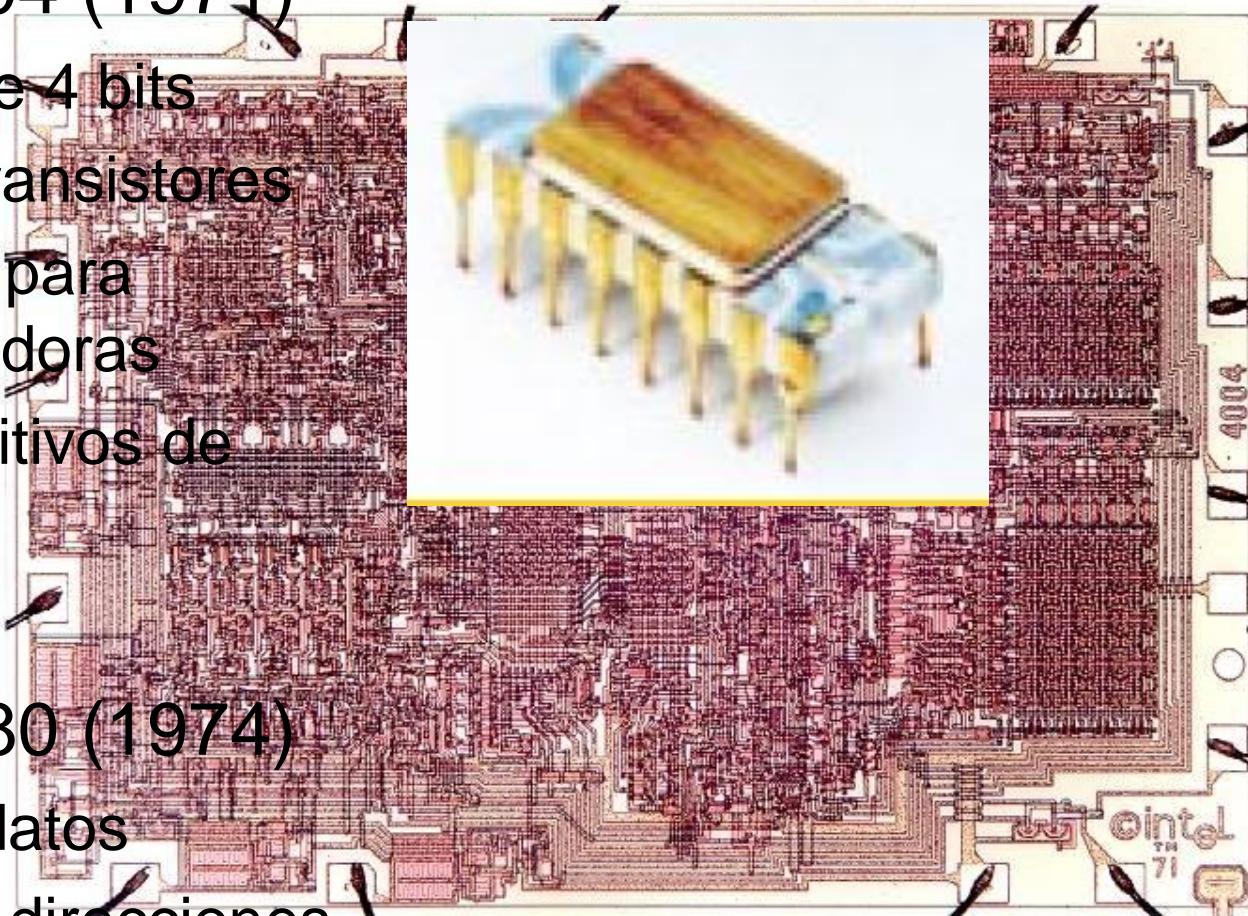
- Impulso en el desarrollo de SO “timesharing”



Primer microprocesador en un chip Intel

Intel 4004 (1971)

- CPU de 4 bits
- 2300 transistores
- Usado para calculadoras
- Dispositivos de control



Intel 8080 (1974)

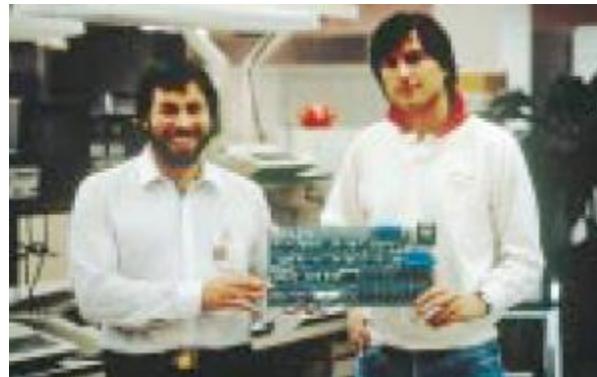
- 8 bits datos
- 16 bits direcciones

ALTAIR 8800 (1975)

- Primera computadora personal
- Tenía un Intel 8080



Apple I (1976)



Steve Jobs & Steve Wozniak



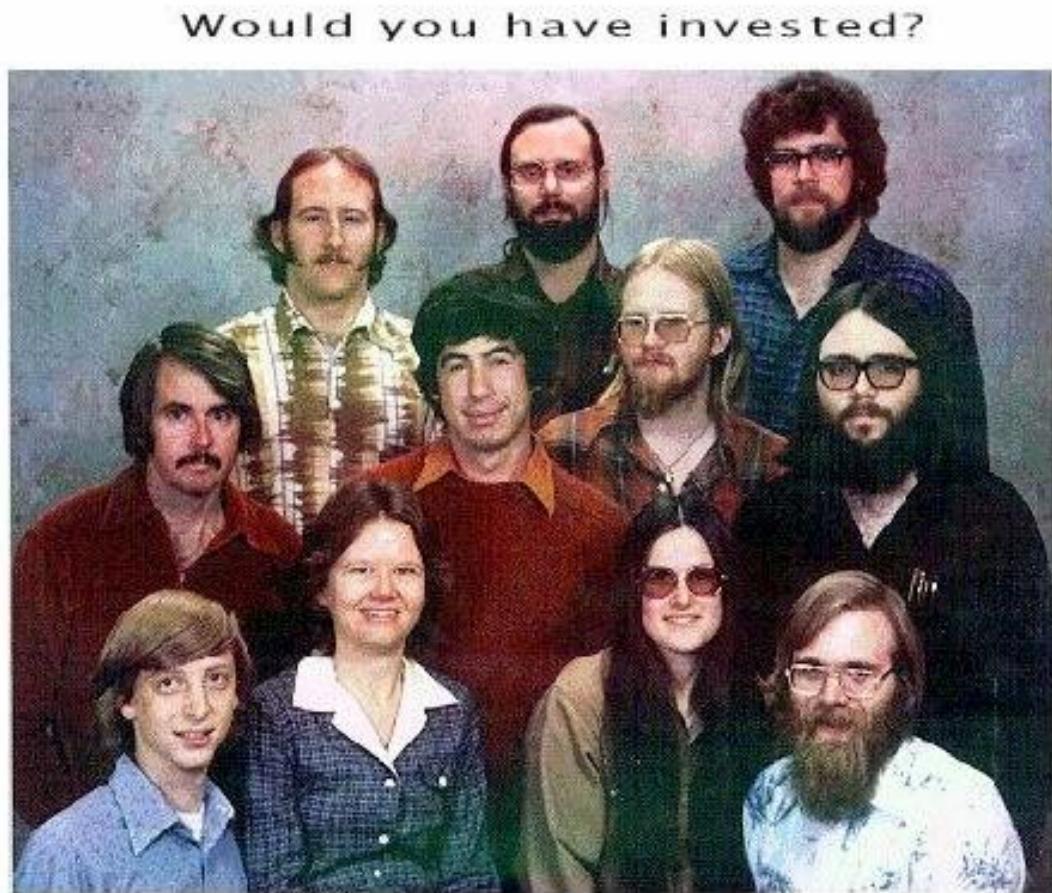
Apple II (1978)

- Se podía aumentar la RAM
- Tenía 8 slots de expansión



Microsoft (1978)

- 1975 – Basic para la Altair
- 1981 acuerdan con IBM el desarrollo de DOS



Microsoft Corporation, 1978

Cuarta generación

Desde 1980



IBM PC (1981)

- Usa el Intel 8088
- Sistema DOS (Microsoft)
- 1983: XT, con disco rígido



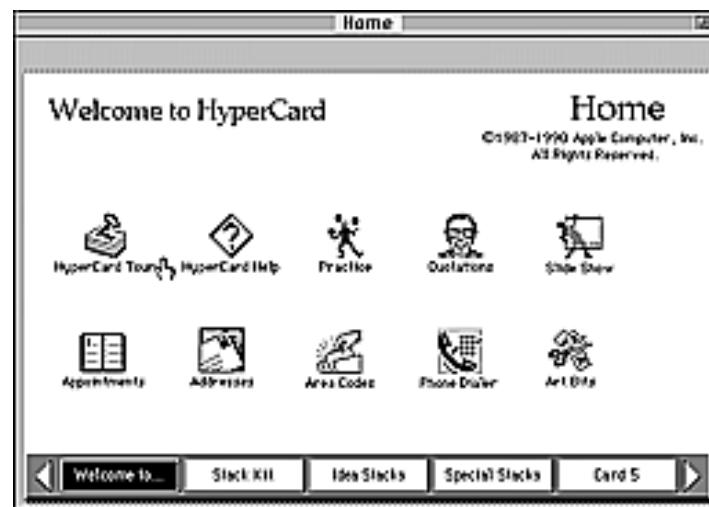
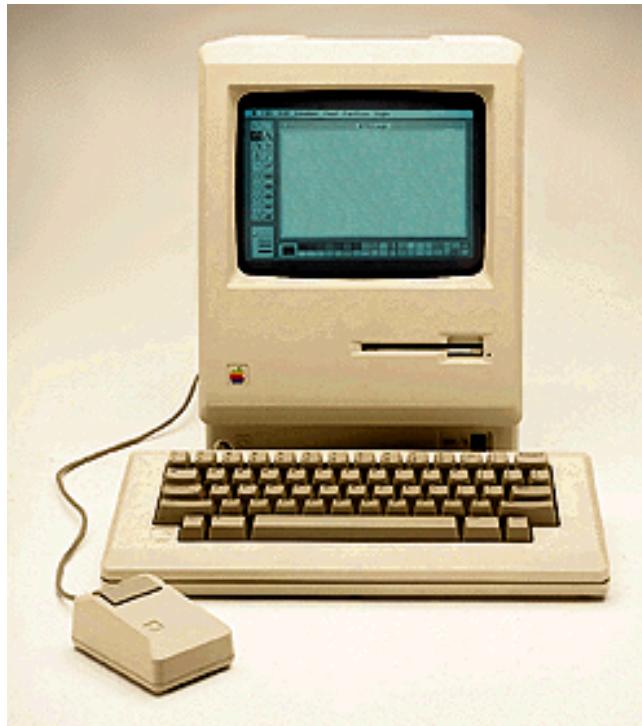
Commodore 64 (1982)



Sony introduce el CD (1984)



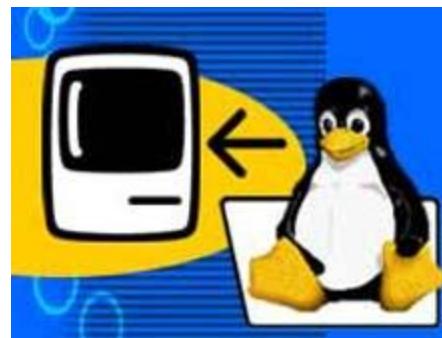
Macintosh (1984)



Linux (1991)

“Estoy construyendo un sistema operativo gratuito (no es más que un hobby, no será una cosa grande y profesional como GNU) para clones AT (con un 386 o 486).”

Linus Torvalds, Helsinki, Oct. 91



Pentium (1993)

- Incorpora ideas de maquinas RISC
- 1994: Pentium Bug
 - $5505001 / 294911 = 18.666\textcolor{blue}{00093}$
(Pentium)
 - $5505001 / 294911 = 18.666\textcolor{blue}{651973}$
(Powerpc)
 - $X = 5505001, Y = 294911$
 - $Z = (X/Y)*Y - X$ (deberia dar 0)
 - Pentium con Bug: -256.00000



Resumen

- Tubos de vacío - 1946-1957
- Transistores - 1958-1964
- Small scale integration (SSI) – hasta 1965
 - Hasta 100 dispositivos en un chip
- Medium scale integration (MSI) - hasta 1971
 - 100-3,000 dispositivos en un chip
- Large scale integration (LSI) - 1971-1977
 - 3,000 - 100,000 dispositivos en un chip
- Very large scale integration (VSLI) - 1978 -1991
 - 100,000 - 100,000,000 dispositivos en un chip
- Ultra large scale integration (ULSI) – 1991 -
 - Mas de 100,000,000 dispositivos en un chip

Desarrollo

➤ Moore's Law (1965)

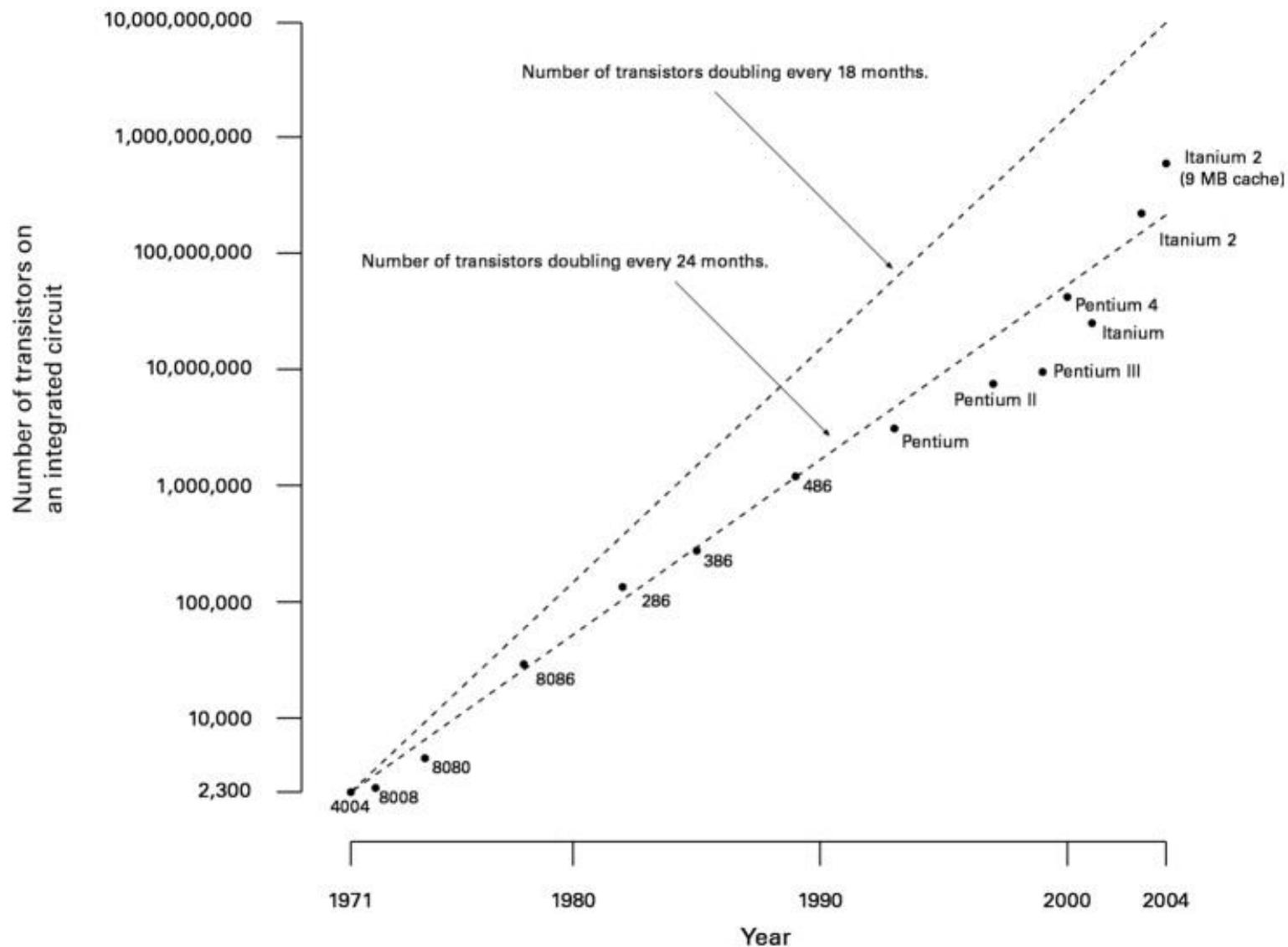
- Gordon Moore, fundador de Intel
- “La densidad de transistores en un circuito integrado se duplicara cada año”

➤ Versión contemporaria:

- “La densidad de chips de silicio se duplica cada 18 meses.”

Pero esta ley no puede durar por siempre...

Moore's Law



Desarrollo

➤ Rock's Law

- Arthur Rock, ejecutivo de finanzas de Intel
- “El costo de equipamiento necesario para construir semiconductores se duplicará cada cuatro años”
- En 1968, construir una planta para chips costaba alrededor de US\$ 12,000

Mas o menos lo que salía una casa linda en la periferia de la ciudad

Un muy buen sueldo anual de un ejecutivo

➤ Rock's Law

- En 2003, una fábrica de chips costaba aprox. US\$ 2,500 millones.

Esto es mas que el producto bruto de algunos países chicos como Belize y la República de Sierra Leona.

Intel (1)

➤ 8080

- Primer microprocessor de uso general
- 8 bit
- Usado en la primer PC – Altair

➤ 8086

- Mucho más poderoso
- 16 bit
- Cache de instrucciones, prefetch de instrucciones
- 8088 (bus externo de 8 bits) – Primera PC de IBM

➤ 80286

- Direcciona 16 Mbytes de memoria

Intel (2)

➤ 80386

- 32 bit
- Soporte para multitarea

80486

- Cache y pipeline de instrucciones
- co-procesador matemático

➤ Pentium

- Superscalar
- Varias instrucciones ejecutando en paralelo

➤ Pentium Pro

- Predicción de saltos
- Ejecución especulativa

➤ Pentium II

- MMX, procesamiento de graficos, videos & audio

Intel (3)

- Pentium III
 - Más instrucciones de punto flotante para gráficos
- Pentium 4
 - Mejoras en punto flotante y multimedia
 - Hiperthreading
- Itanium
 - 64 bit
- Itanium 2
 - Mejoras en hardware para aumentar la velocidad
- Mirar páginas de Intel!

Algunos Links

- <http://www.computerhistory.org/>
- <http://www.intel.com/>
 - Intel Museum
- <http://www.ibm.com/ibm/history>
- <http://www.dec.com>
- Charles Babbage Institute