

# **Organización del computador**

**Historia**

# Generaciones de computadoras

Generación	Años	Tecnología
0	hasta 1945	Sistemas mecánicos o electromecánicos
1	1945 - 1954	Válvulas de vacío, tableros con conectores
2	1955 - 1965	Transistores y cómputo por lotes
3	1966 - 1980	Circuitos integrados y programas almacenados
4	desde 1980	VLSI (Very Large Scale Integration), computadoras personales

# Generación 0

Sistemas mecánicos o electromecánicos

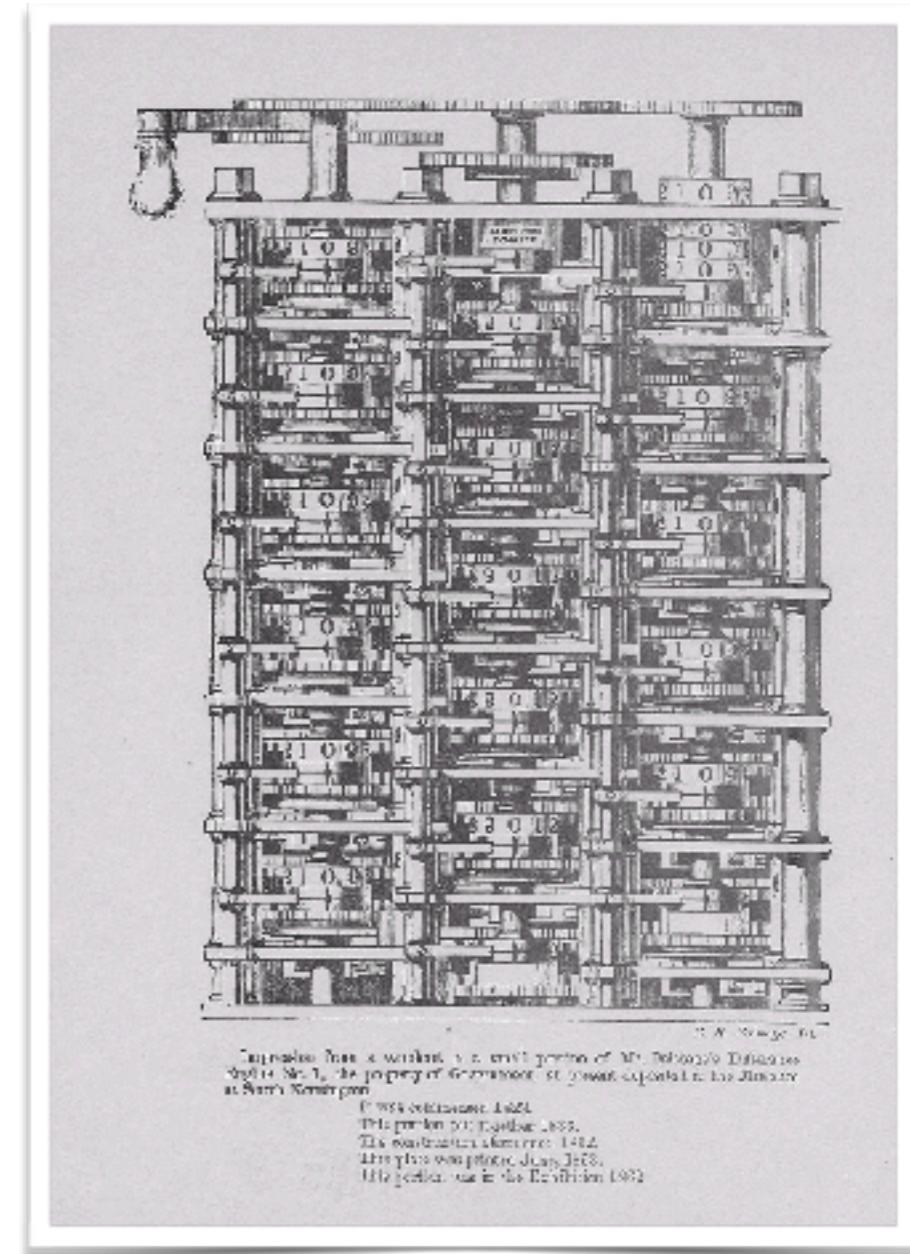
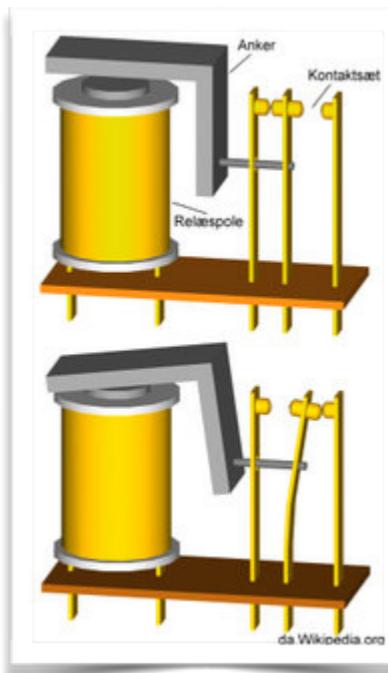
La tecnología utilizada (–1945)

Abaco



Calculadoras electromecánicas

Sistemas basados  
en relés

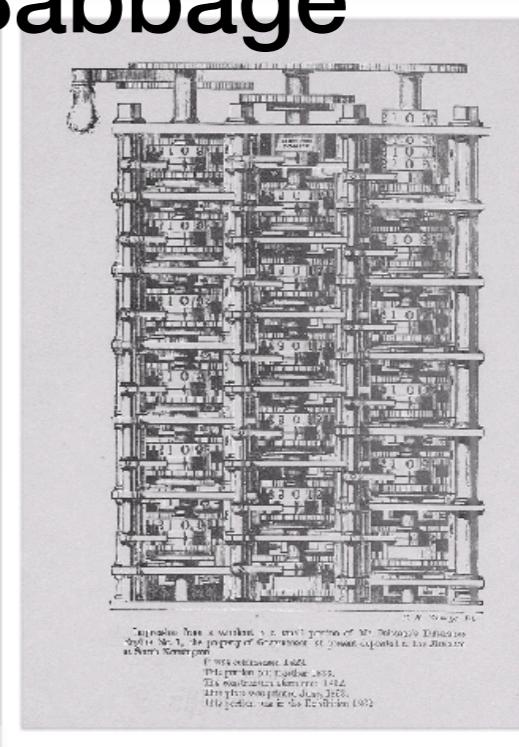


# Generación 0

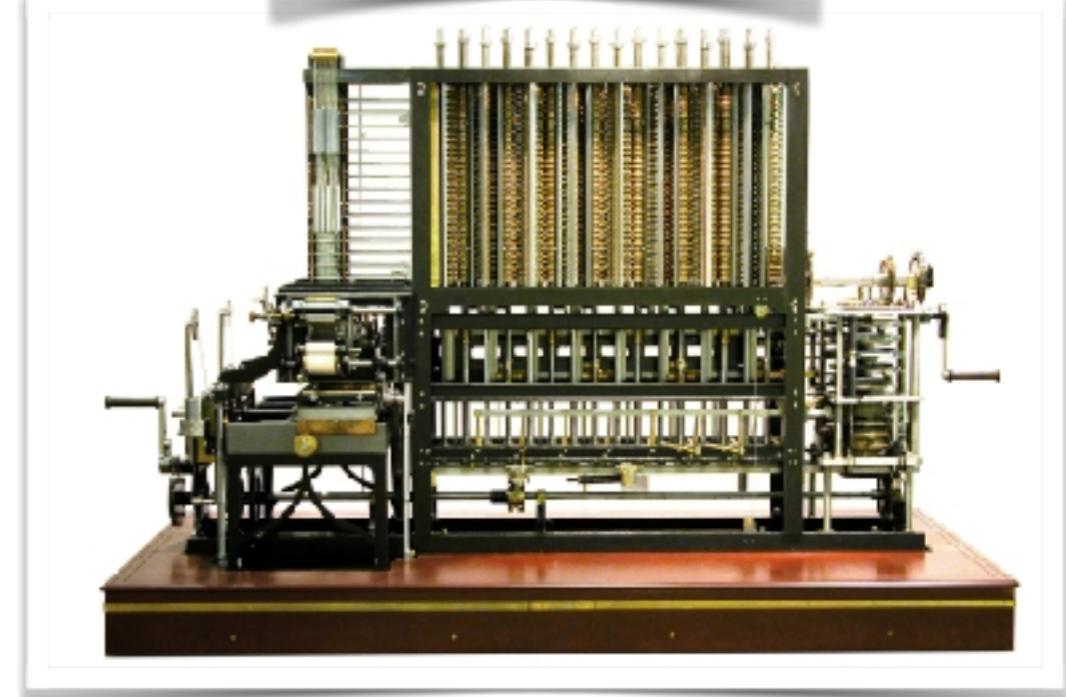
## Sistemas mecánicos o electromecánicos

### Máquinas de diferencias de Babbage

**The difference engine Nro. 1 (1822):** la primera computadora, implementaba mecánicamente el método de diferencias finitas para resolver polinomios de segundo grado, el diseño cuenta con 25000 partes aprox., **fracasó al construirla.**



**The difference engine Nro. 2 (1847):** mismo principio que la anterior, de diseño más simple, **no llegó a construirla** pero en 1985 fue reproducida a partir de los planos originales por el British Science Museum... ¡y funciona!

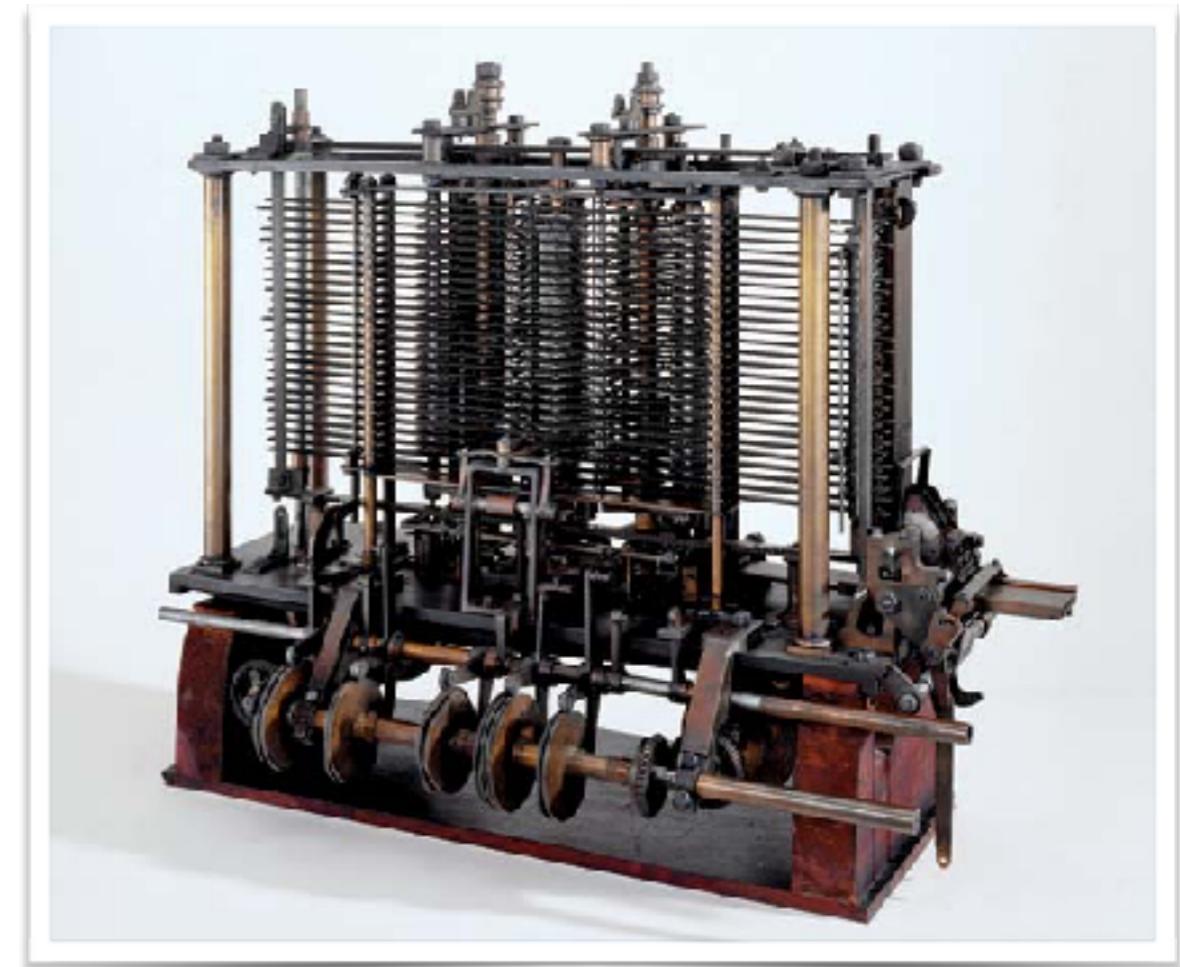


# Generación 0

Sistemas mecánicos o electromecánicos

Máquina analítica de Babbage y Lovelace

**The analytical engine (1834):** la primera computadora digital, calculaba cualquier función algebraica, podía almacenar números, se programaba con tarjetas perforadas (el primer lenguaje de programación diseñado por Ada Lovelace), **fracasó al construirla.**



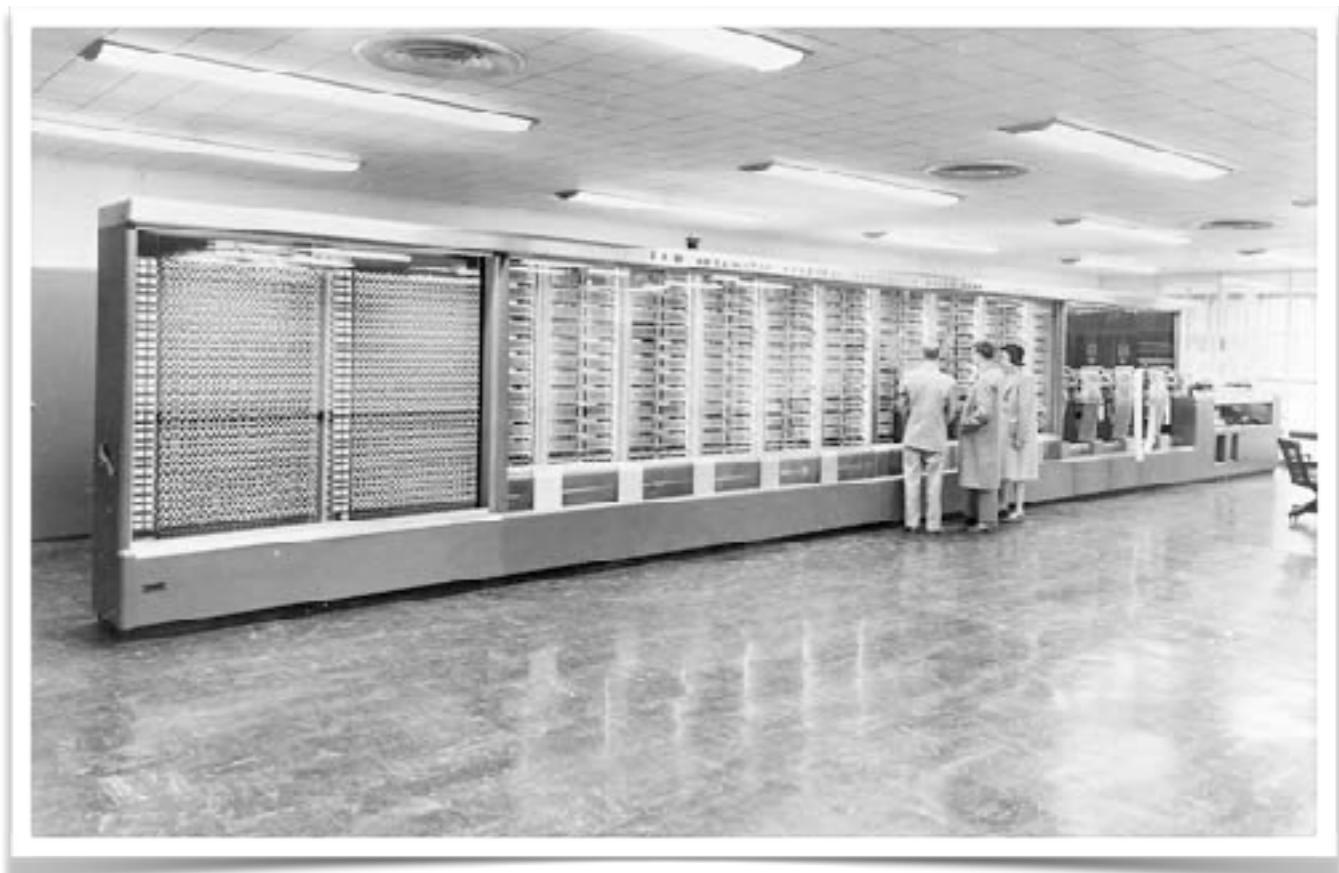
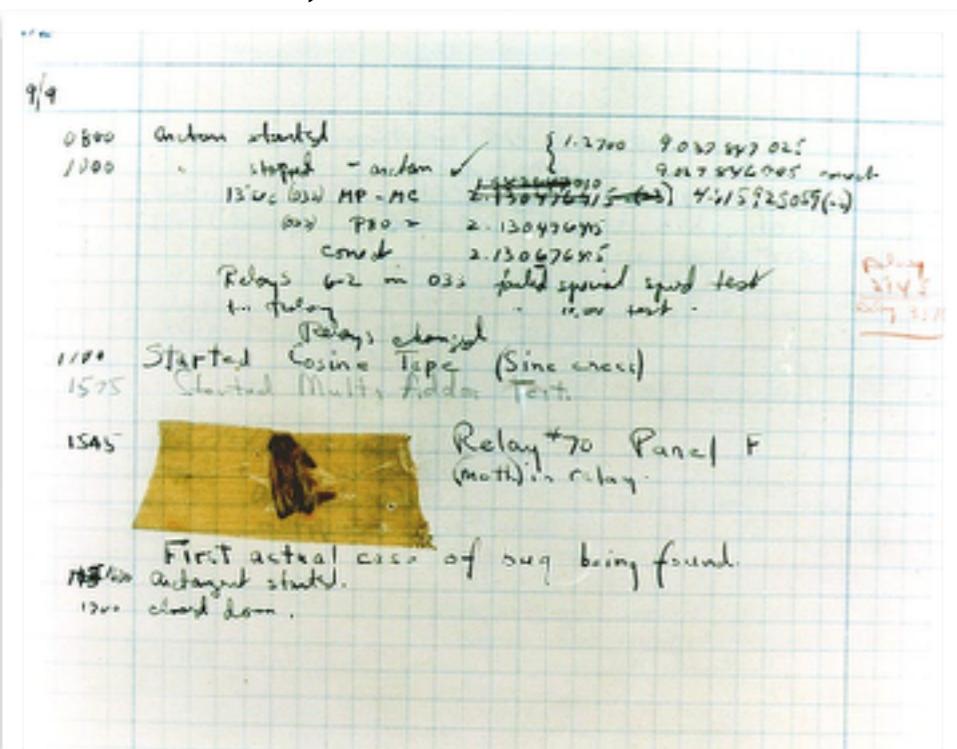
# Generación 0

## Sistemas mecánicos o electromecánicos

### Harvard Mark I

**IBM & Harvard (1939-1944):**

electromecánica (760000 ruedas y 800 km de cables), basada en la máquina analítica de Babbage y Lovelace, decimal, 0,3 a 10 seg. por cálculo, programable con cinta de papel perforada basada en el diseño de Lovelace, usada hasta 1959.



**Grace Hooper**

Relé #70 Panel F (polilla) en Relé.  
Primer caso real de insecto [bug]  
encontrado.



# Generación 1

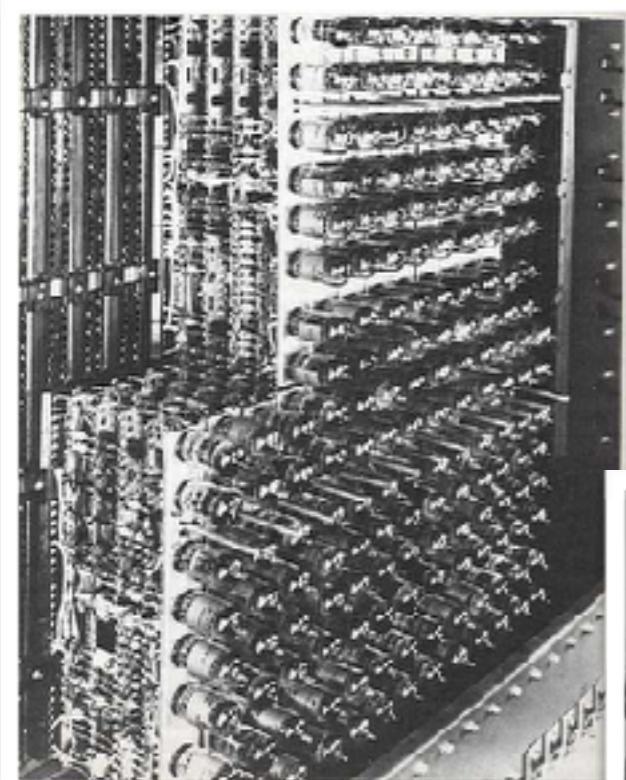
Válvulas de vacío, tableros con conectores

La tecnología utilizada (1945–1954)

Válvulas de vacío

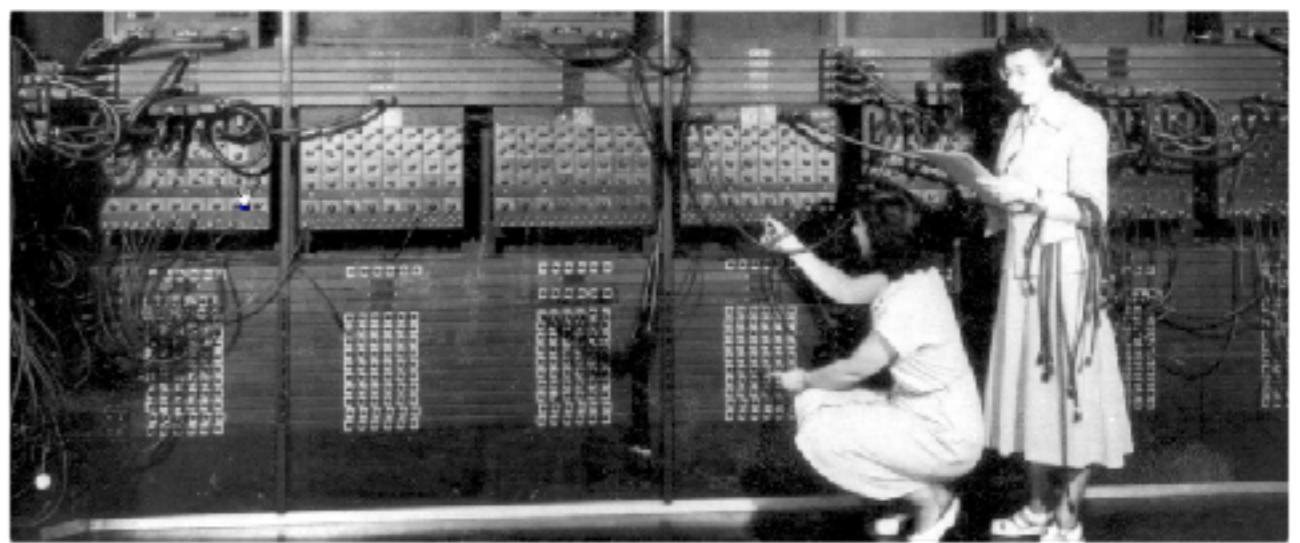
Gran tamaño (~20000 válvulas)

Lentas (~1 hertz)



La programación

Se usaban cables para conectar módulos en un tablero



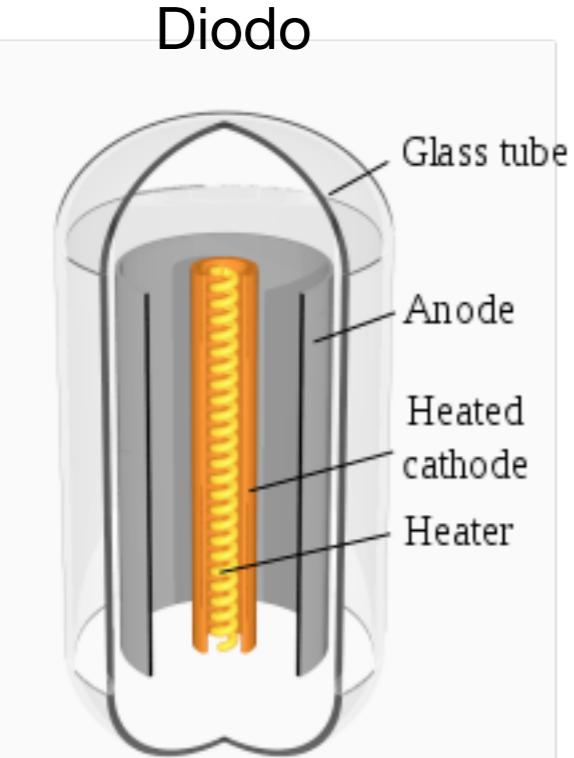
Tarjetas perforadas (1950)

# Generación 1

Válvulas de vacío, tableros con conectores

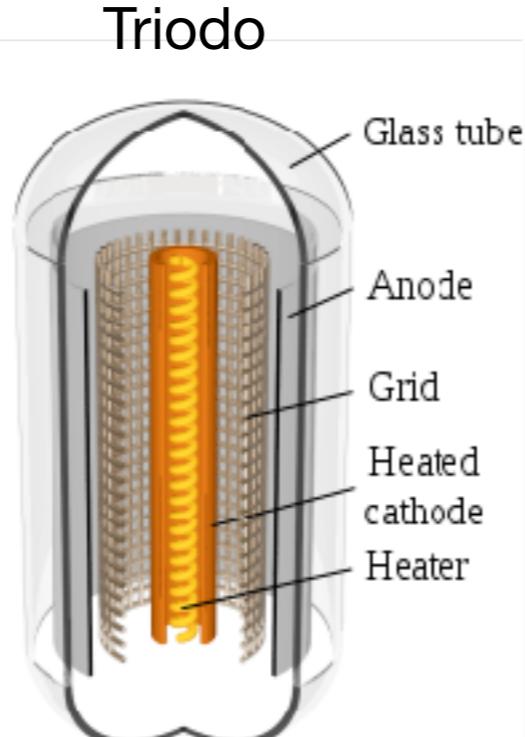
Válvulas de vacío

Diodo



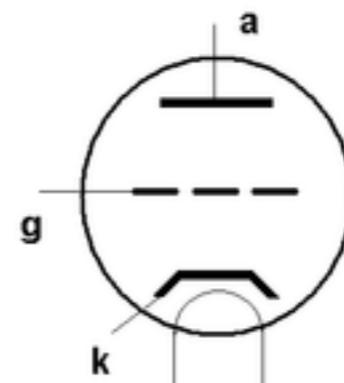
John Ambrose Fleming  
1904

Triodo

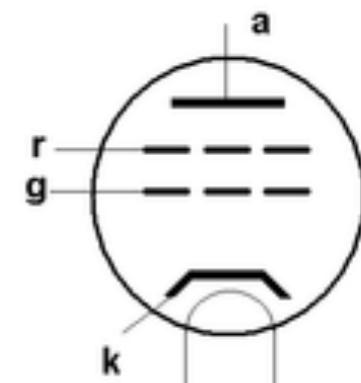


Lee De Forest  
1907

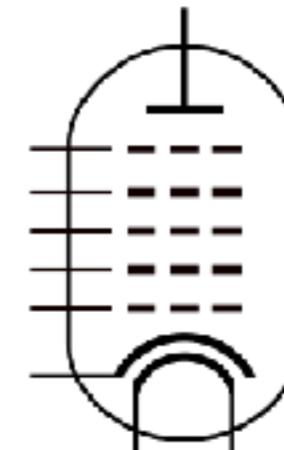
Triodo



Tetraodo



Pentaodo



# Generación 1

Válvulas de vacío, tableros con conectores

Resolución de sistemas de ecuaciones lineales

\***Atanasoff Berry computer (1939-1942)**: Diseñada por John Atanasoff y Clifford Berry (Iowa State University), programada, mantenida y utilizada por un único equipo de especialistas,

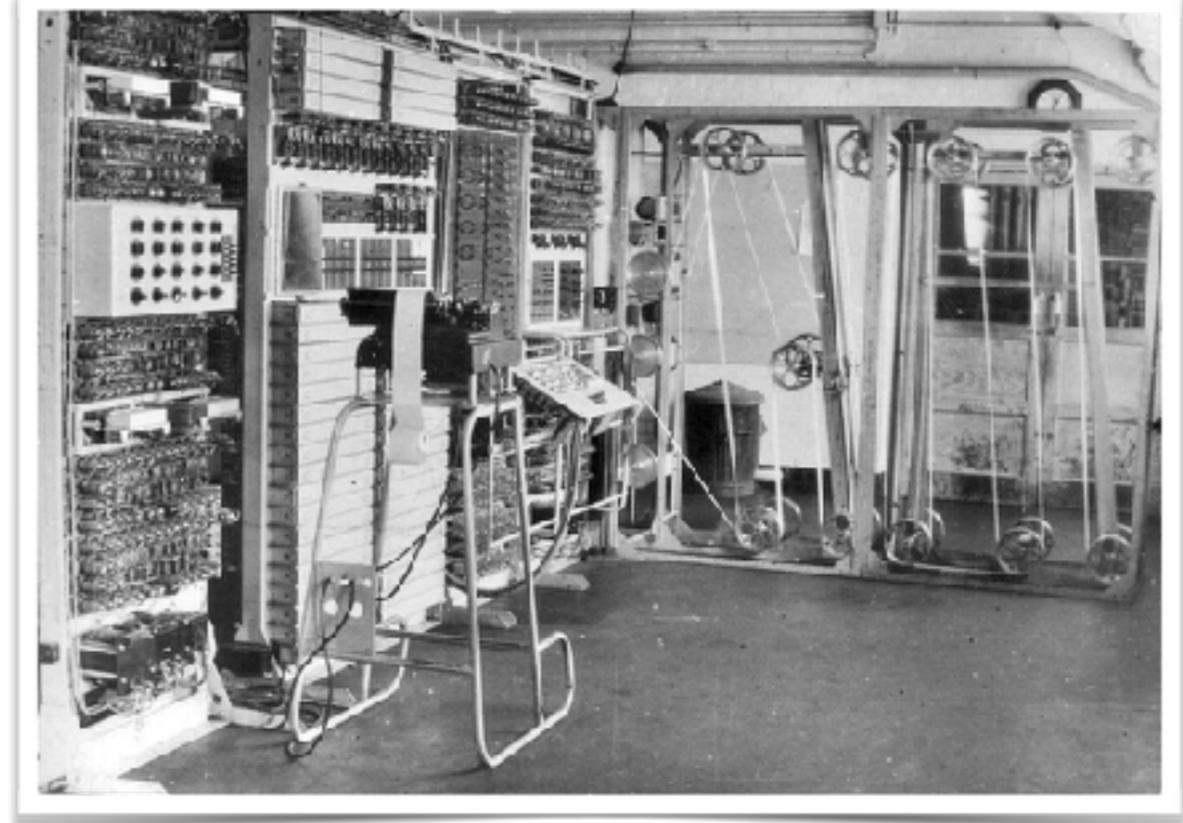


# Generación 1

Válvulas de vacío, tableros con conectores

Análisis criptográfico

→ **Colossus (1943-1945)**: Hubo dos diseños; la Mark 1 poseía ~1600 válvulas y la Mark 2 ~2400, relés e interruptores paso a paso mecánicos, la entrada de datos se hacía con cinta de papel. Usada en Bletchley Park para el descifrado de comunicaciones.



→ **Enigma (1920-1945)**: Dispositivo electromecánico de cifrado, famoso por el uso que hizo el ejército nazi durante segunda guerra mundial.

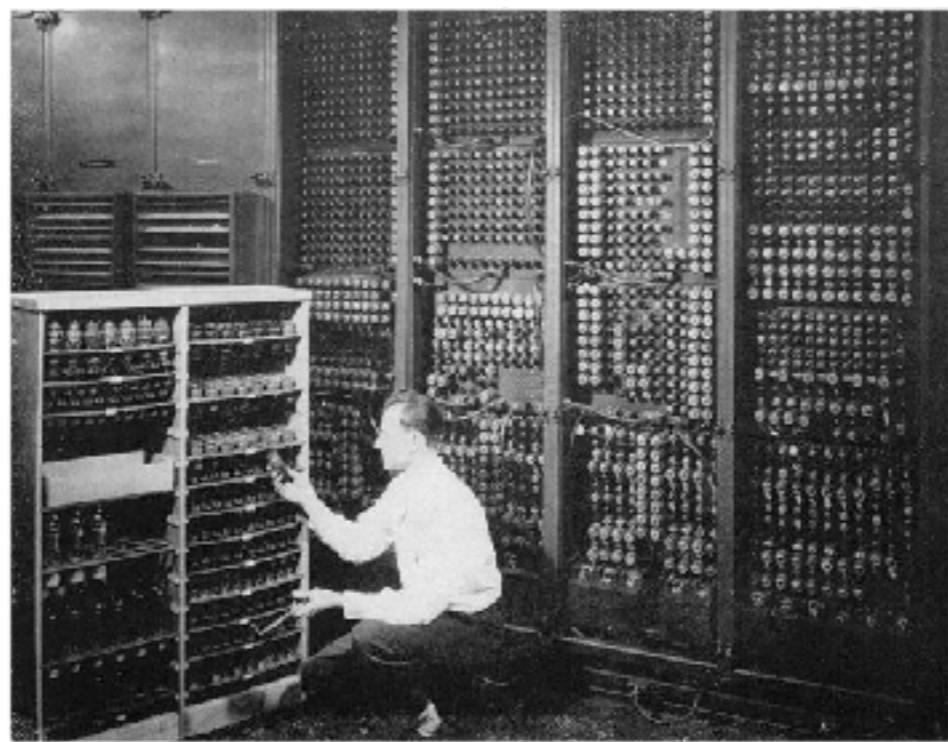


# Generación 1

Válvulas de vacío, tableros con conectores

Primera computadora de propósito general

- > Utilizaba sistema de circuitos heterotípicos
- > UNIAC (1949): Una de las primeras computadoras digitales.
- > 20 registros de 10 dígitos,
- > se programaba manualmente (usando switches)
- > calculaba trayectorias de misiles. John von Neumann participó del final del proyecto. Fue llamada hasta 1955
- > 140 Kw de consumo
- > 5000 adiciones por segundo
- > 500 Flops



# (El modelo de von Newman

- Programar se trataba de interconectar con cables las componentes de la máquina...  
... y cada vez que se quería ejecutar un programa se debía reconectar según lo documentado
- Ejecutar un programa distinto implicaba modificar el cableado de la máquina
- Programar era muy parecido a la ingeniería electrónica
- Mauchly y Eckert (diseñadores de ENIAC) documentaron la idea de almacenar programas como base para la construcción de EDVAC (**nunca lo publicaron**)

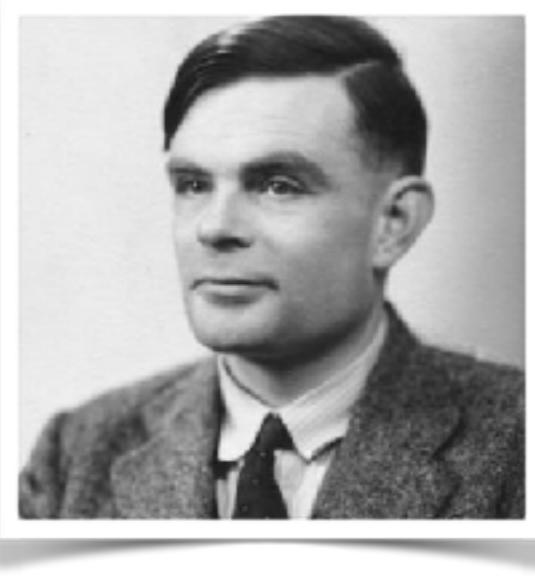
# El modelo de von Newman

## John von Neumann

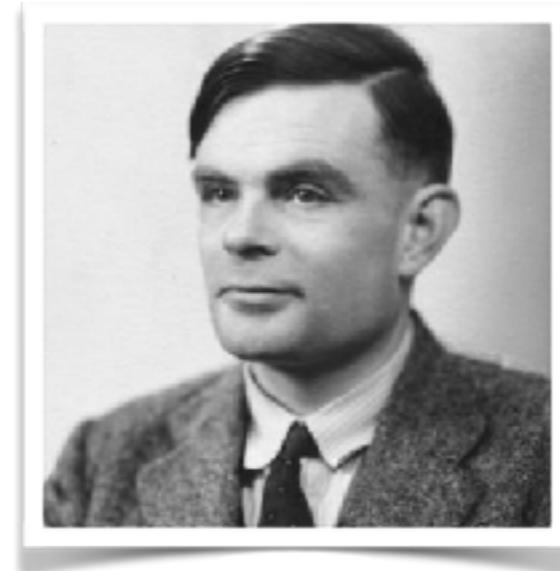
→ Publicó y popularizó la idea de que una computadora debiera tener una memoria en la cual almacenar los programas (The First Draft)



→ Desde un punto de vista teórico, esta idea responde a la máquina universal de Turing y data de 1936, publicada por **Alan Turing** (On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem)



# von Newmann / Turing



- Los programas y los datos se almacenan en la misma memoria sobre la que se puede leer y escribir
- La operación de la máquina depende del estado de la memoria
- El contenido de la memoria es accedido a partir de su posición
- La ejecución es secuencial (a menos que se indique lo contrario)

# von Newmann / Turing

## Manchester Mark I (a.k.a. Baby) (1948)

- Diseñada por F.C. Williams, Tom Kilburn y Geoff Tootill (Manchester University)
- Primera computadora que implementaba el modelo Von Newmann / Turing
- El propio Alan Turing diseñó el lenguaje de programación
- Comercializada por Ferranti Ltd. como Ferranti Mark I a partir de 1951



Kilburn y Williams frente a la consola



# von Newmann / Turing

Primer programa ejecutado en Baby (Tootill)

## Máximo factor propio

000 CI = S

100 CI = CI + S

010 A = -S

110 S = A

001/101 (\*) A = A - S

011 if A < 0, CI = CI + 1

111 HALT

— —

- CI es la dirección de control actual
- A es un acumulador
- S es el contenido de una dirección de almacenamiento

1967/49 Kilburn Highest Factor Routine (amended)

Instruction	C	25	26	27	Line	012345	13456
-245 C	-G <sub>1</sub>	-	-	-	1	00011	010
-2526	-	-G <sub>1</sub>	-	-	2	01011	110
-265 C	b <sub>1</sub>	-	-	-	3	01011	010
-2727	-	-b <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	4	-	11011	110
-235 C	a	T <sub>001</sub>	-b <sub>N</sub>	b <sub>N</sub>	5	11101	010
Sub 27	a-a(b <sub>1</sub> )	-	-	-	6	11011	001
Test	-	-	-	-	7	-	011
Add 2056	-	-	-	-	8	00101	100
Subr. 26	T <sub>n</sub>	-	-	-	9	01011	001
-2525	T <sub>n</sub>	-	-	-	10	10011	110
-265 C	-	-	-	-	11	10011	010
Test	-	-	-	-	12	-	011
Stop	0	0	-b <sub>N</sub>	b <sub>N</sub>	13	-	111
-265 C	b <sub>n</sub>	T <sub>n</sub>	-b <sub>n</sub>	b <sub>n</sub>	14	01011	010
Sub. 21	b <sub>n+1</sub>	-	-	-	15	10101	001
-2527	b <sub>n+1</sub>	-	-	-	16	11011	110
-275 C	b <sub>n+1</sub>	-	-	-	17	11011	010
-2726	-	-b <sub>n+1</sub>	b <sub>n+1</sub>	-	18	01011	110
-2256	T <sub>n</sub>	-b <sub>n+1</sub>	b <sub>n+1</sub>	-	19	01101	000

int first

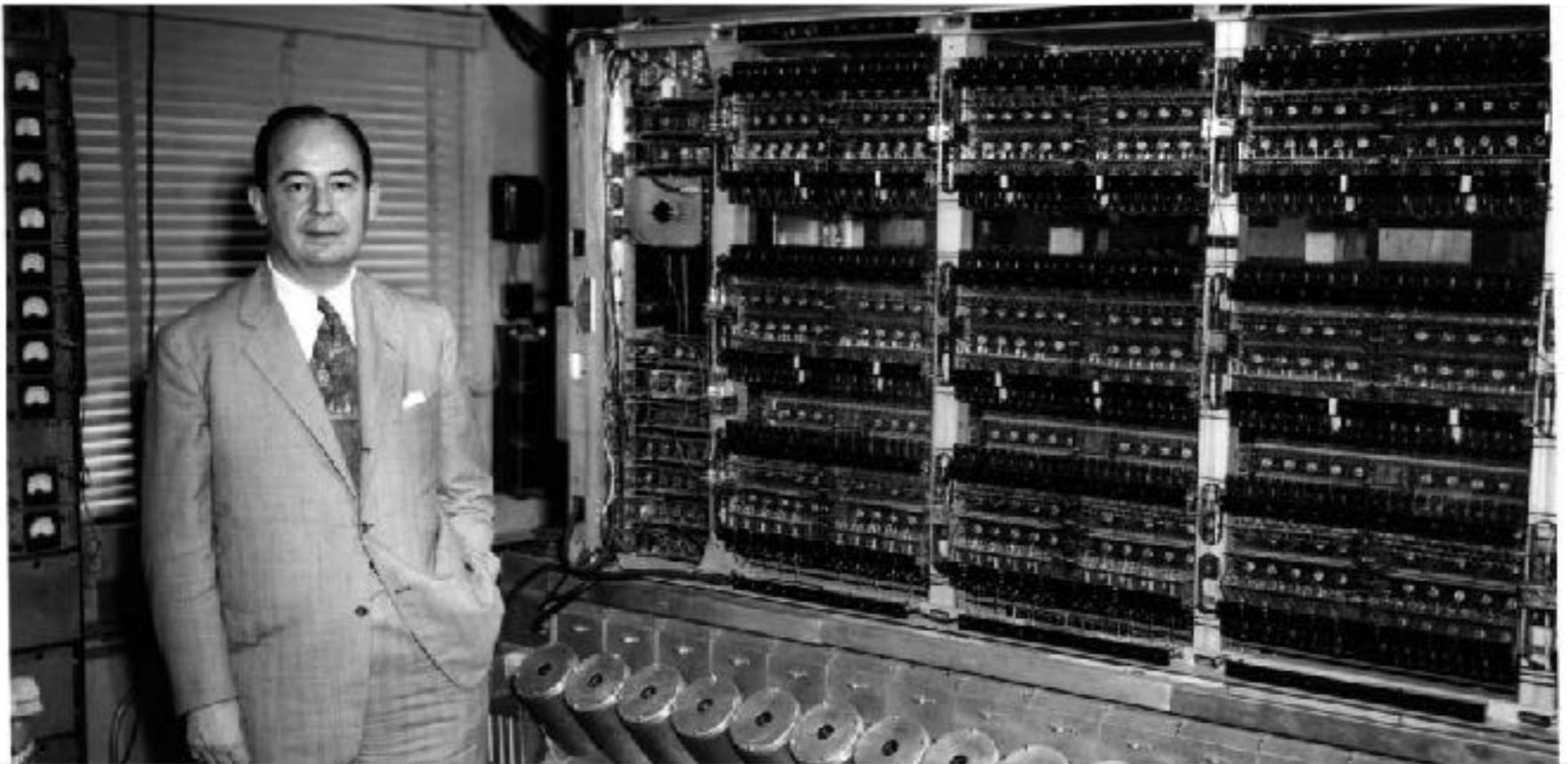
20	-3	10111124	123 -a	25 -	7469
21	1	100000	24 b <sub>1</sub>	26 -	-b <sub>N</sub>
22	4	00100	-	27 -	b <sub>N</sub>

or 10100

# von Newmann / Turing

## IAS machine (1945-1951)

- Diseñada por el Institute of Advanced Studies sobre la base de The First Draft
- La primera computadora en implementar la arquitectura de von Newman
- Fue utilizada para simular los efectos de la detonación de una bomba de hidrógeno
- Resolvió en 10 minutos una simulación climática que a ENIAC le tomó 36 horas.



# von Newmann / Turing

## UNIVAC - Universal Automatic Computer (1949)

- Diseñada por Eckert - Mauchly Computer Corporation
- La primera computadora comercial. Se utilizó para los cálculos de censos en USA
- Utilizaba cintas magnéticas como medio de almacenamiento
- Se convertían las tarjetas a cintas que luego eran leídas por un dispositivo



# von Newman / Turing

## JOHNNIAC (1954)

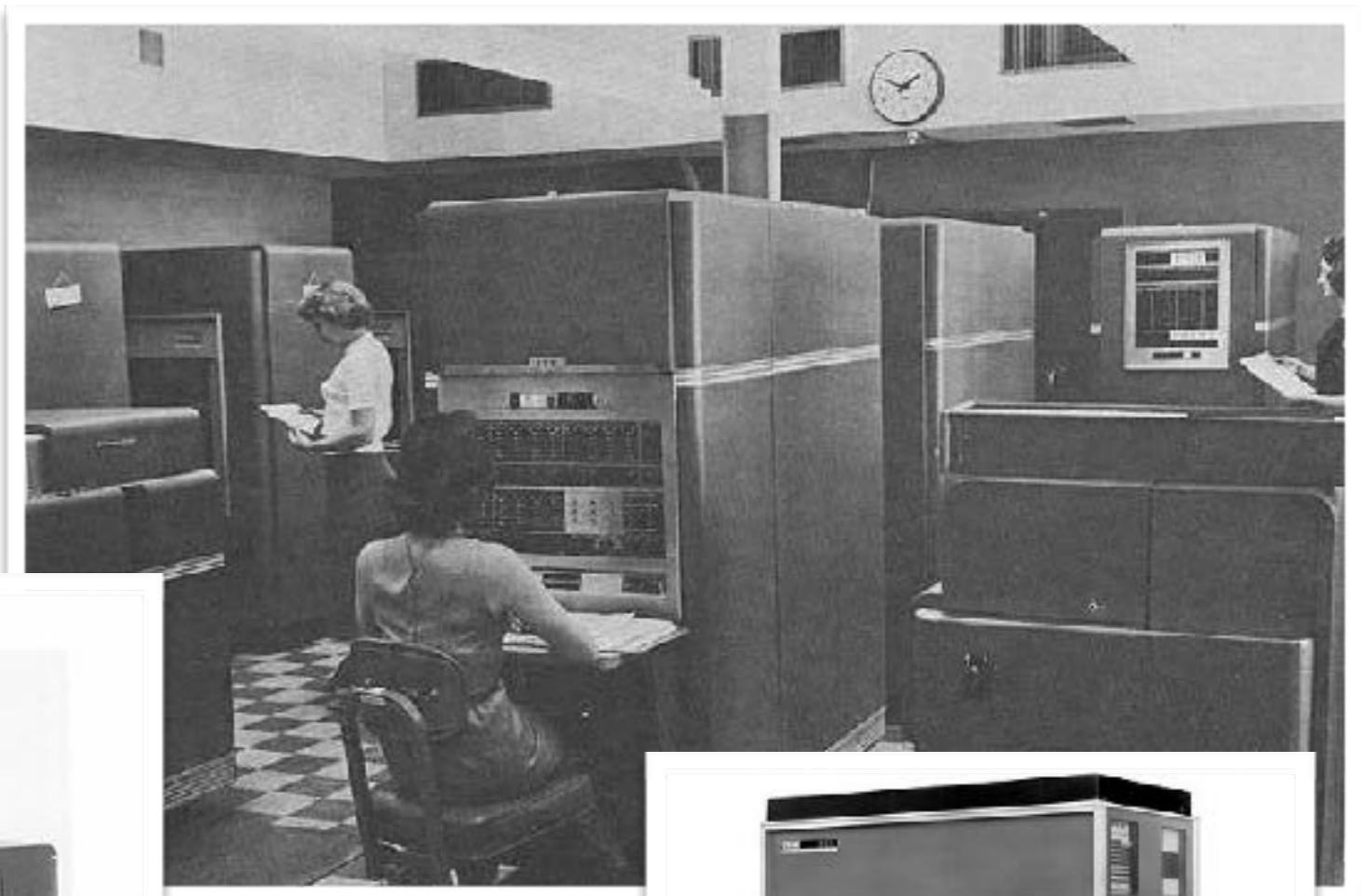
- ➔ Diseñada por The RAND Corporation (Research and Development) para la fuerza aérea de USA
- ➔ Fue el equipo de su época con mayor vida útil con más de 50000 horas entre 1953 a 1966
- ➔ Implementaba la arquitectura de Von Newman / Turing
- ➔ Era un clone de la IAS machine



# von Newman / Turing

IBM 650 (1955)

- La primera computadora comercial producida en masa
- Contaba con una unidad de discos llamada magnetic drum



# von Newman / Turing )

IBM 704 (1955)

- La primera computadora comercial con capacidad de realizar aritmética de punto flotante
- 5000 floating point operations per second (5KFlops)



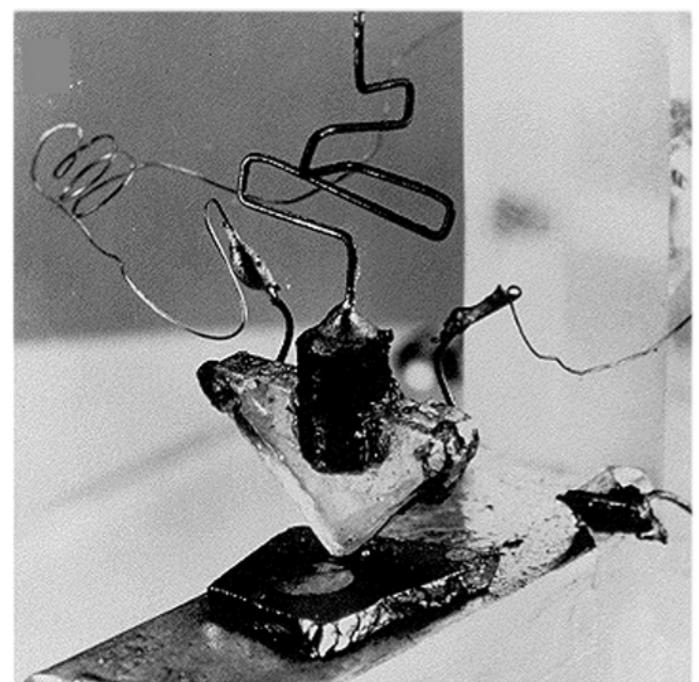
# Generación 2

Transistores y cómputo por lotes

La tecnología utilizada (1955–1965)

Transistores (1947)

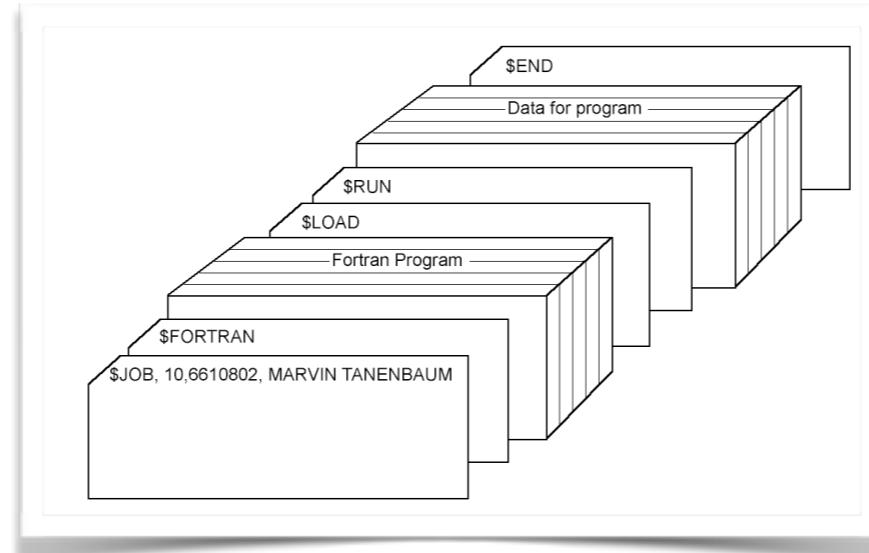
+ chicos, + baratos - calor



La programación (1957)

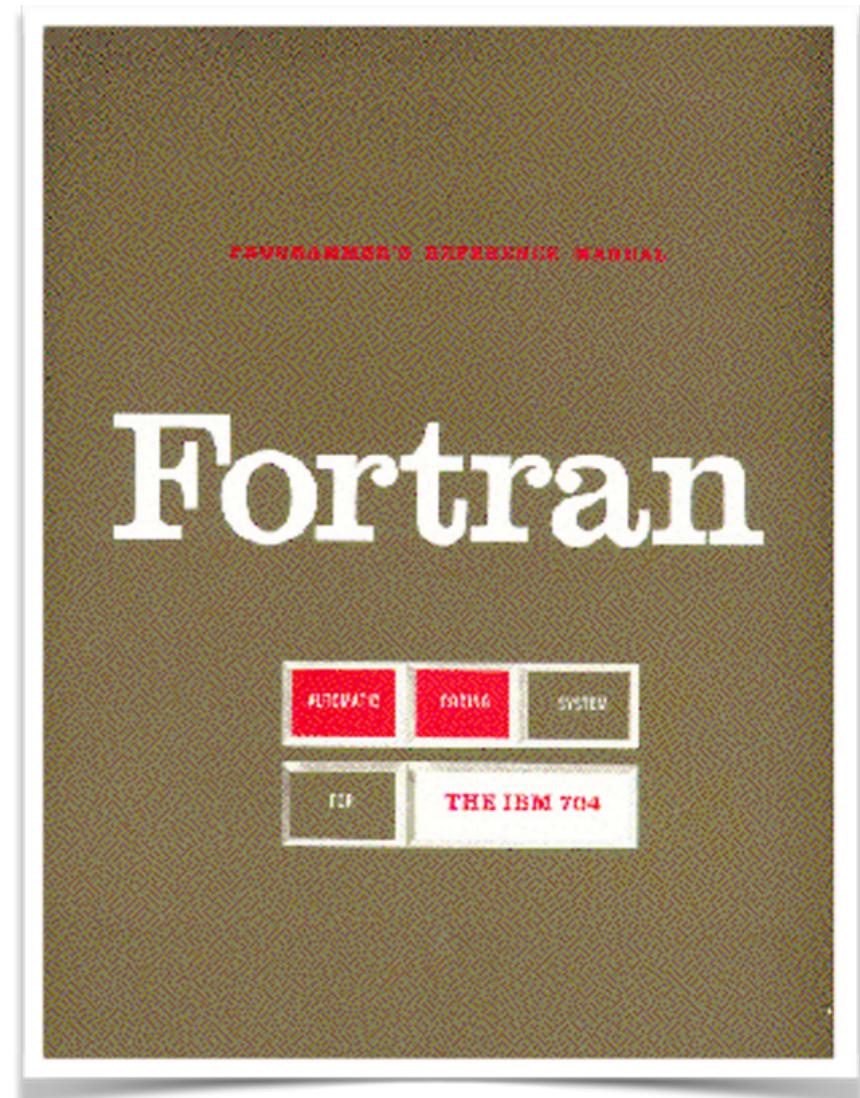
Nace el primer compilador Fortran para IBM 704

Trabajo por lotes



Distinción entre diseño, construcción, programación operación y mantenimiento

Comienzo de la microprogramación



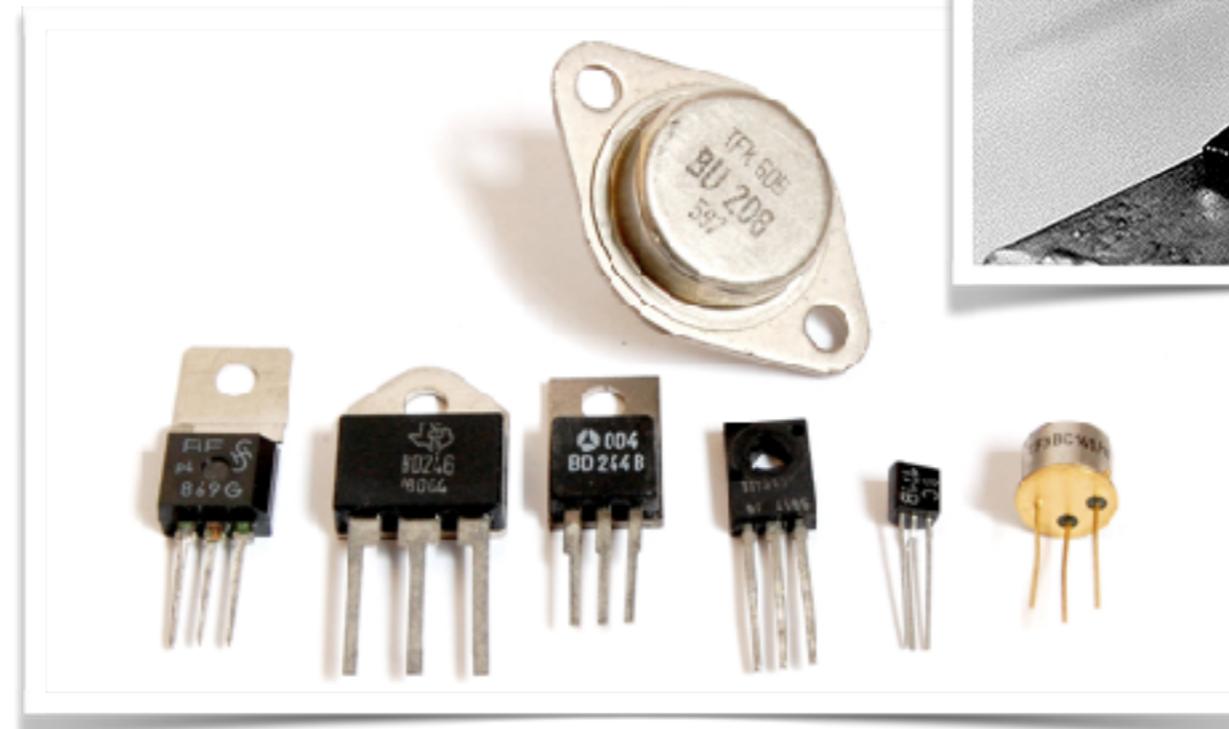
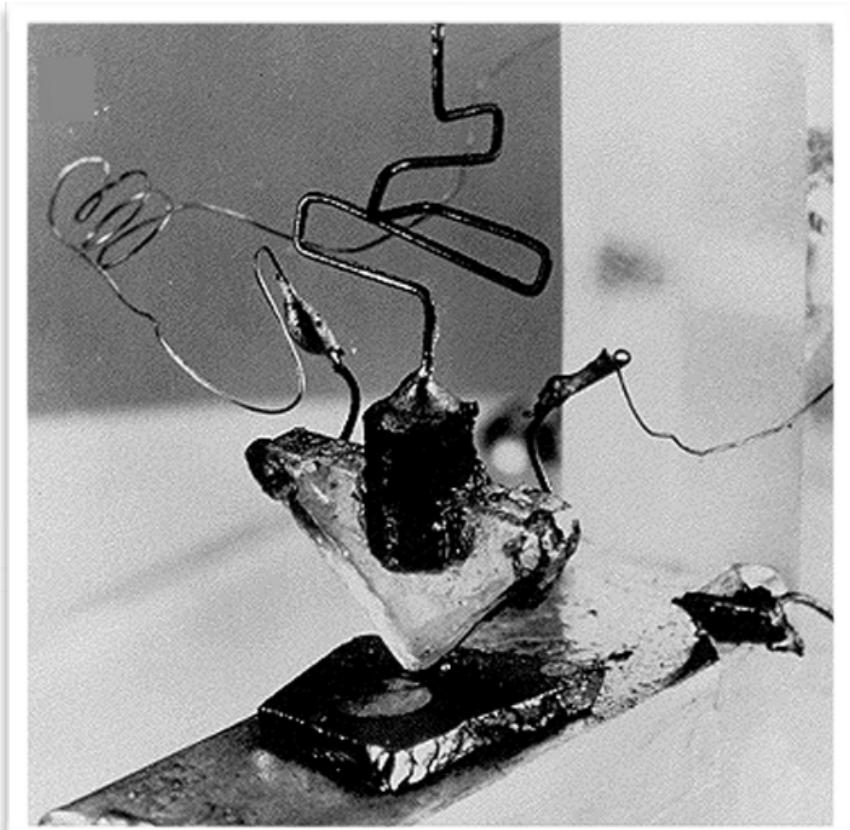
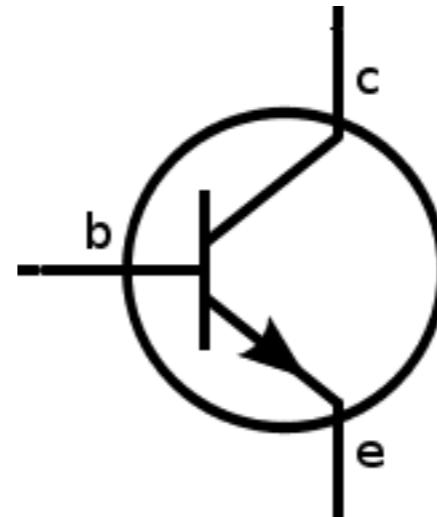
# Generación 2

## Transistores y cómputo por lotes

### Transistores (1947)

→ Los transistores funcionan igual que los relés y las válvulas, si se aporta una carga a 'b', entonces la carga presente en 'c' pasa a 'e'.

→ A diferencia de los relés no poseen elementos mecánicos y a diferencia de las válvulas requieren mucha menor carga para cerrar el circuito.

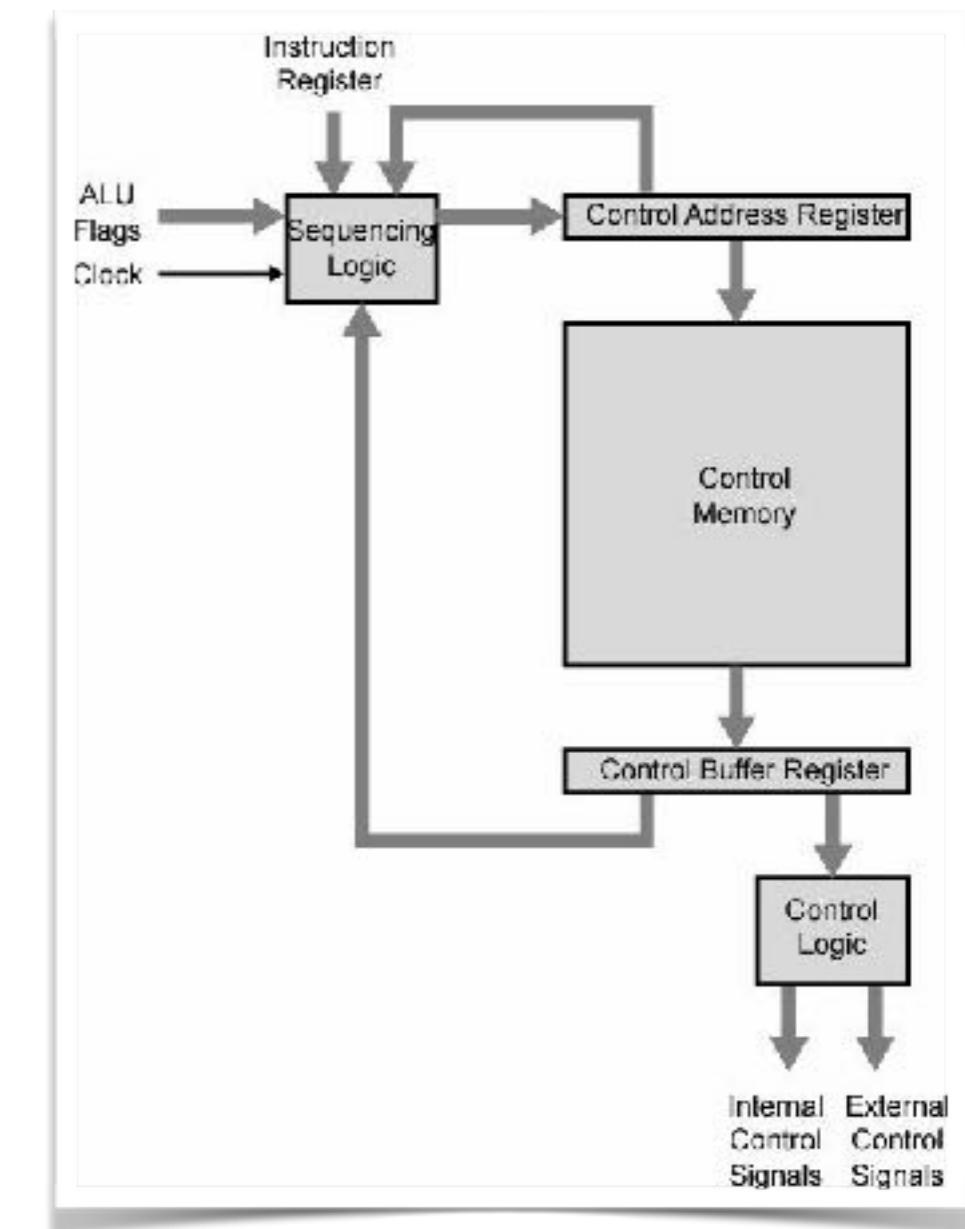


# Generación 2

Transistores y cómputo por lotes

Microprogramación (1947)

→ La idea detrás de la microprogramación es generar una abstracción de combinaciones de señales que llevan a cabo áreas específicas como lectura de instrucciones desde la memoria, descodificación de instrucciones usando la ALU, lectura de datos desde la memoria, escritura en la memoria, etc.

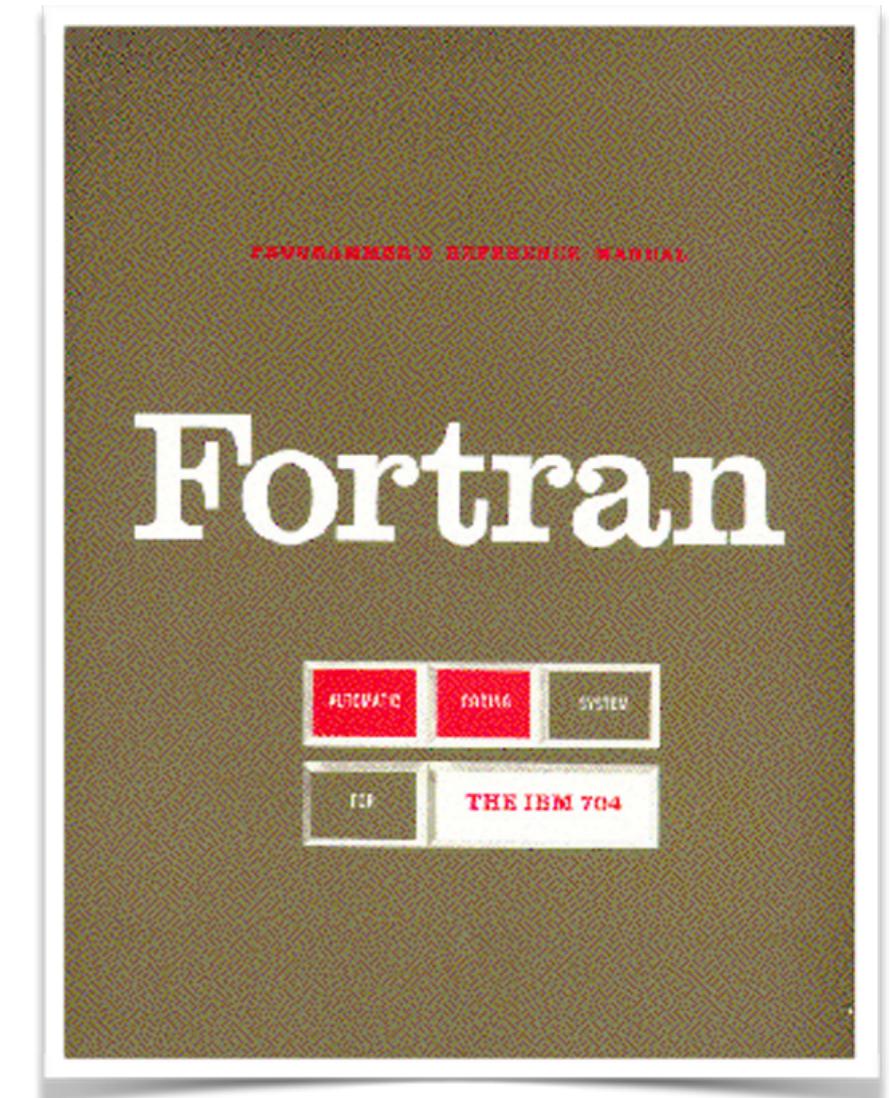
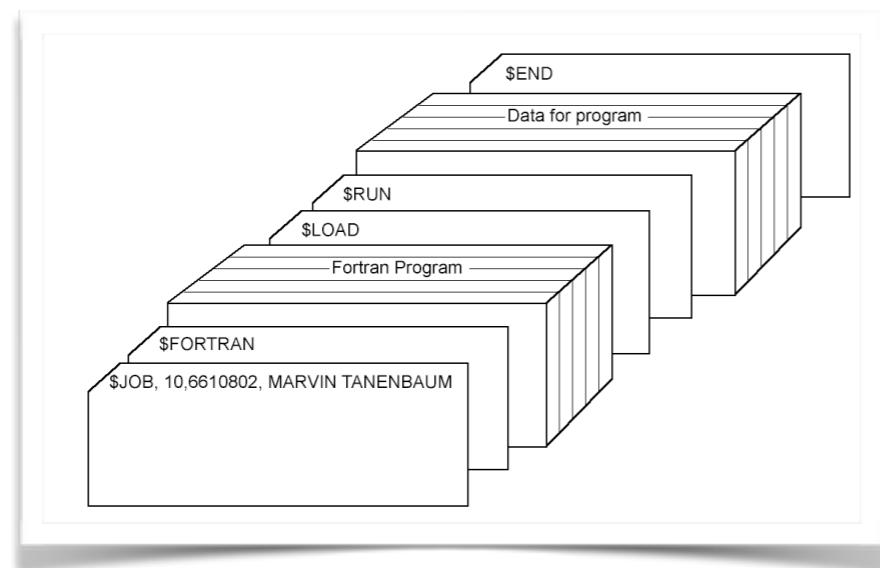


# Generación 2

Transistores y cómputo por lotes

La programación (1957)

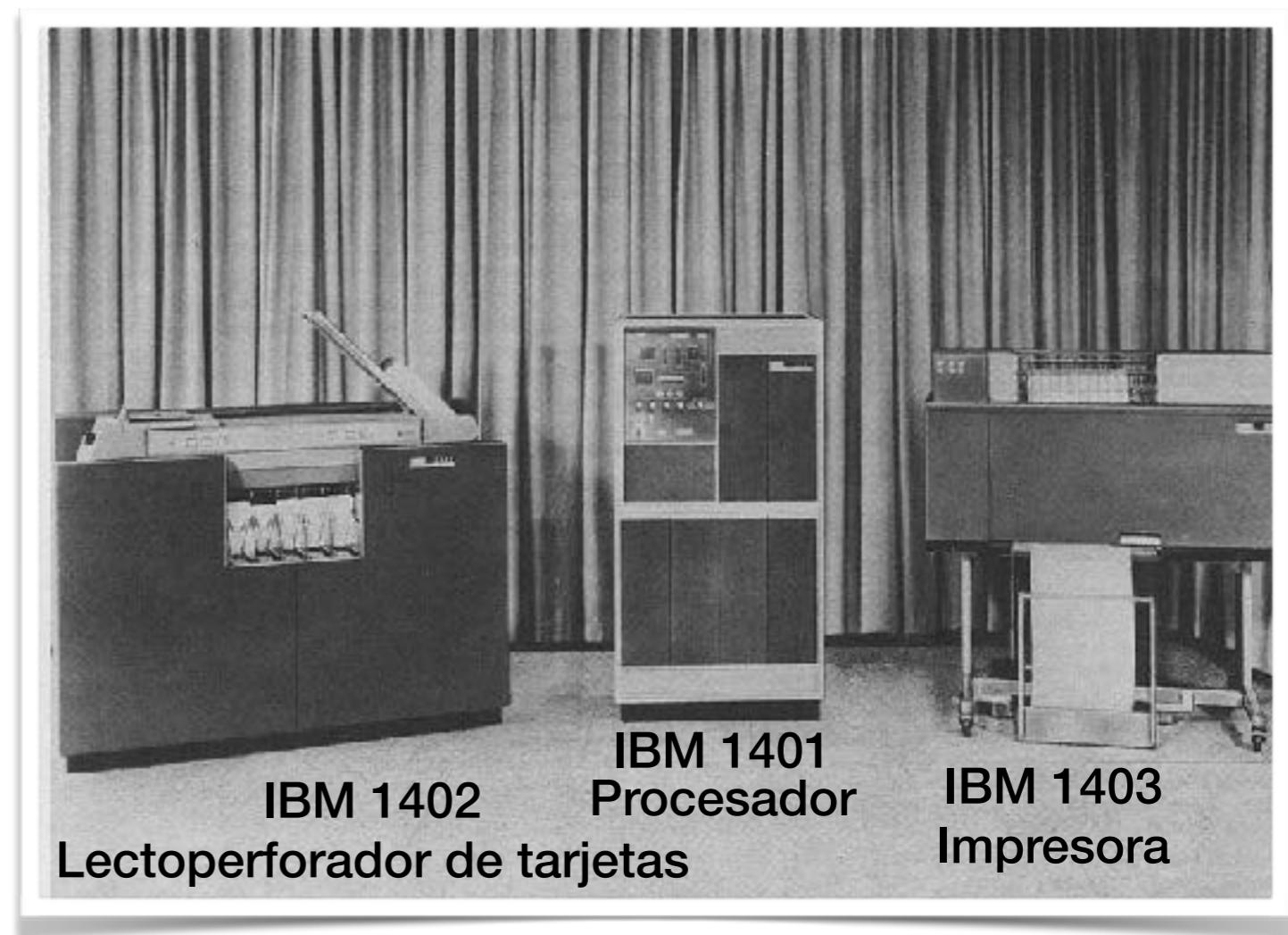
- Se carga en forma consecutiva el compilador (lote de tarjetas), cuyos datos son el programa (lote de tarjetas), que se ejecuta sobre sus datos (lote de tarjetas)
- Comienzo de los sistemas operativos como mecanismo para automatizar la carga y ejecución secuencias de procesos



# Mainframes

## IBM 1401 – primera de la serie 1400 (1959)

- Capacidad de cómputo muy limitada - 87 KHz
- Memoria máxima de 16 Kb
- Muy buena para procesar entrada / salida
- Se la utilizaba o bien para aplicaciones de bajo procesamiento como generar reportes comerciales, o como aporte de entrada salida de equipos más potentes (IBM serie 7090)



Alquiler: 2.500 (20.500 en 2017) dólares por mes

# Mainframes

**IBM 7094 – más importante de la serie 7090 (1962)**

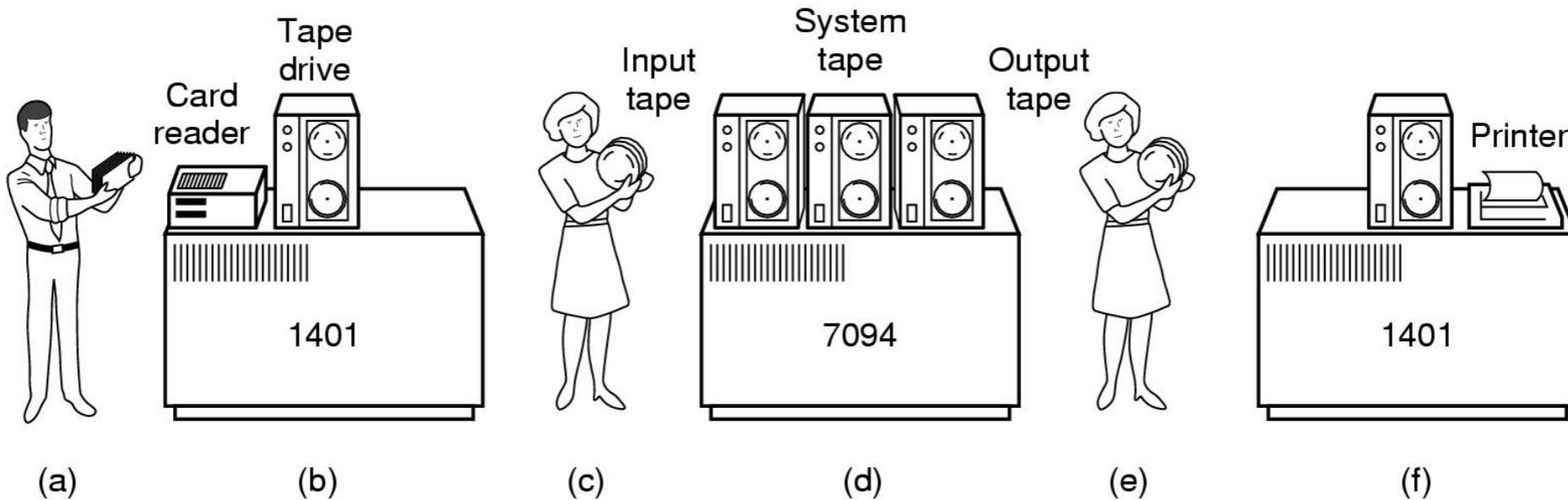
- ➤ Muy buena capacidad de cómputo - 2 MHz
- ➤ Registros de 36 bits para datos, 18 bits para operación y 15 bits para direcciones + Registros acumulador, multiplicador
- ➤ Prestó servicio, principalmente, para la realización de cómputo científico
- ➤ Floating point en doble precisión



**Compra:** 3.000.000 (24.500.000 en 2017) dólares

# Mainframes

## Uso combinado de los sistemas 1400 y 7090



- (a) un programador llevan tarjetas hasta el 1402,
- (b) la 1402 lee un lote de tarjetas y los graba en la cinta,
- (c) un operador lleva la cinta a la 7094,
- (d) la 7094 lee la cinta, realiza los cómputos y escribe otra cinta,
- (e) un operador lleva la cinta a una 1403, y
- (f) la 1401 lee la cinta e imprime la salida

# Microcomputadoras

## DEC PDP-1 (1961)

- Capacidad de cómputo intermedio entre la IBM 1400 y la 7090 - 200 Kh
- Primer juego de la historia: *Spacewar!*
- Usaba cintas perforadas como medio de almacenamiento
- Introduce el monitor 1024x1024 a 20000 puntos por segundo



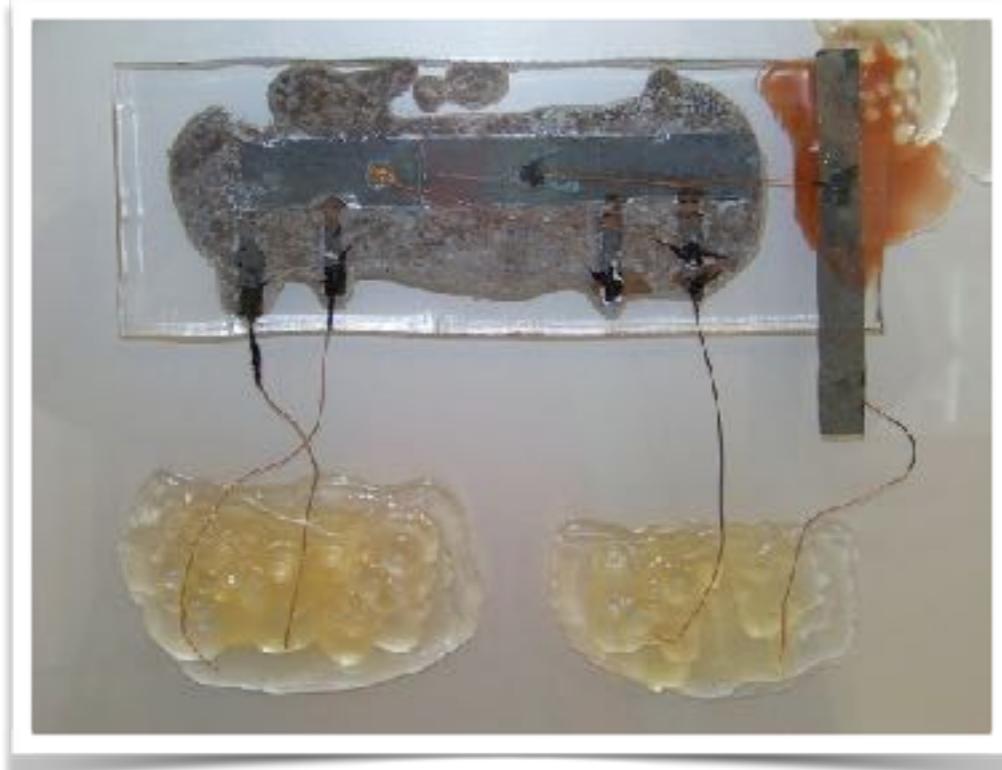
Compra: 120.000 (980.000 en 2017) dólares

# Generación 3

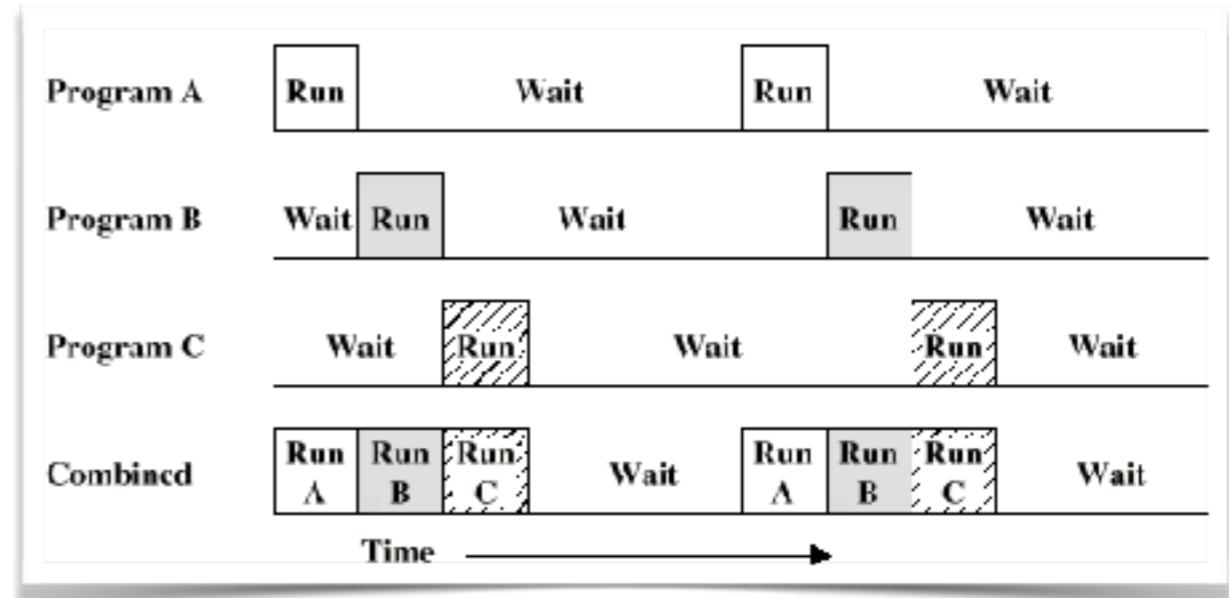
Circuitos integrados y programas almacenados

La tecnología utilizada (1966–1980)

Circuitos integrados  
+ chicos, + baratos + potentes



Multiprogramación



Discos duros



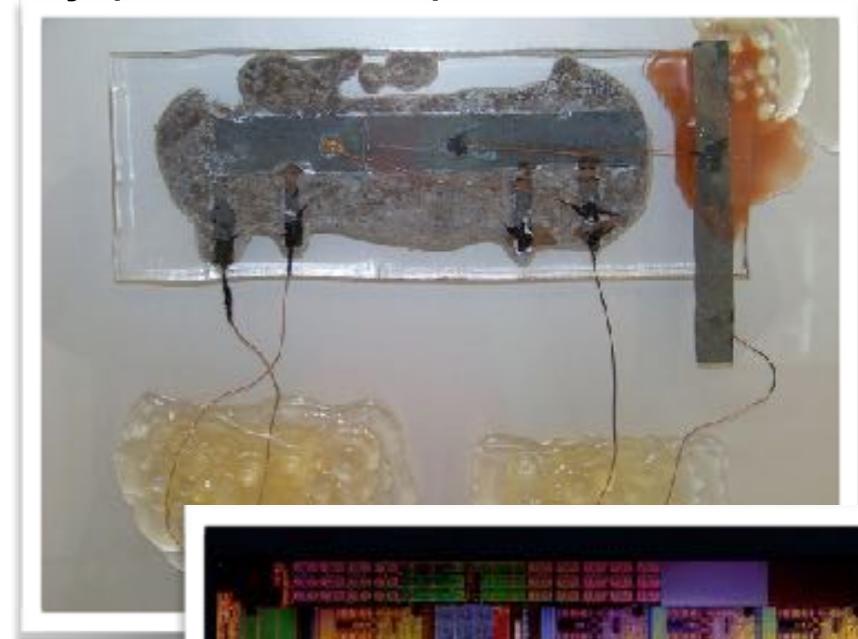
# Generación 3

Circuitos integrados y programas almacenados

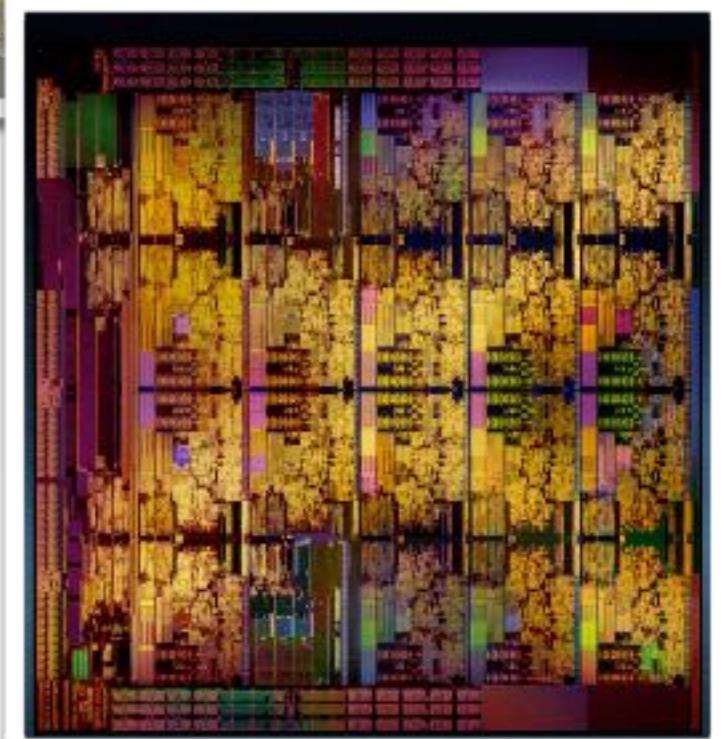
## Circuitos integrados

- Concebido originalmente por Werner Jacobi (Siemens AG - 1949) patentó un semiconductor de amplificación de 5 transistores
- Geoffrey Dummer (Royal Radar Establishment - 1952) diseminó la idea pero nunca lo construyó
- Jack Kilby (Texas Instruments - 1958) patenta el primer circuito integrado que funciona sobre germanio
- Robert Noyce (Fairchild Semiconductor - 1959) desarrolla su propio diseño sobre sílice

1 transistor, 1 capacitor y 3 resistencias  
Kilby (10 milímetros)



~10.000.000.000  
transistores  
Intel Core i9-Xtreme  
(10 nanómetros)

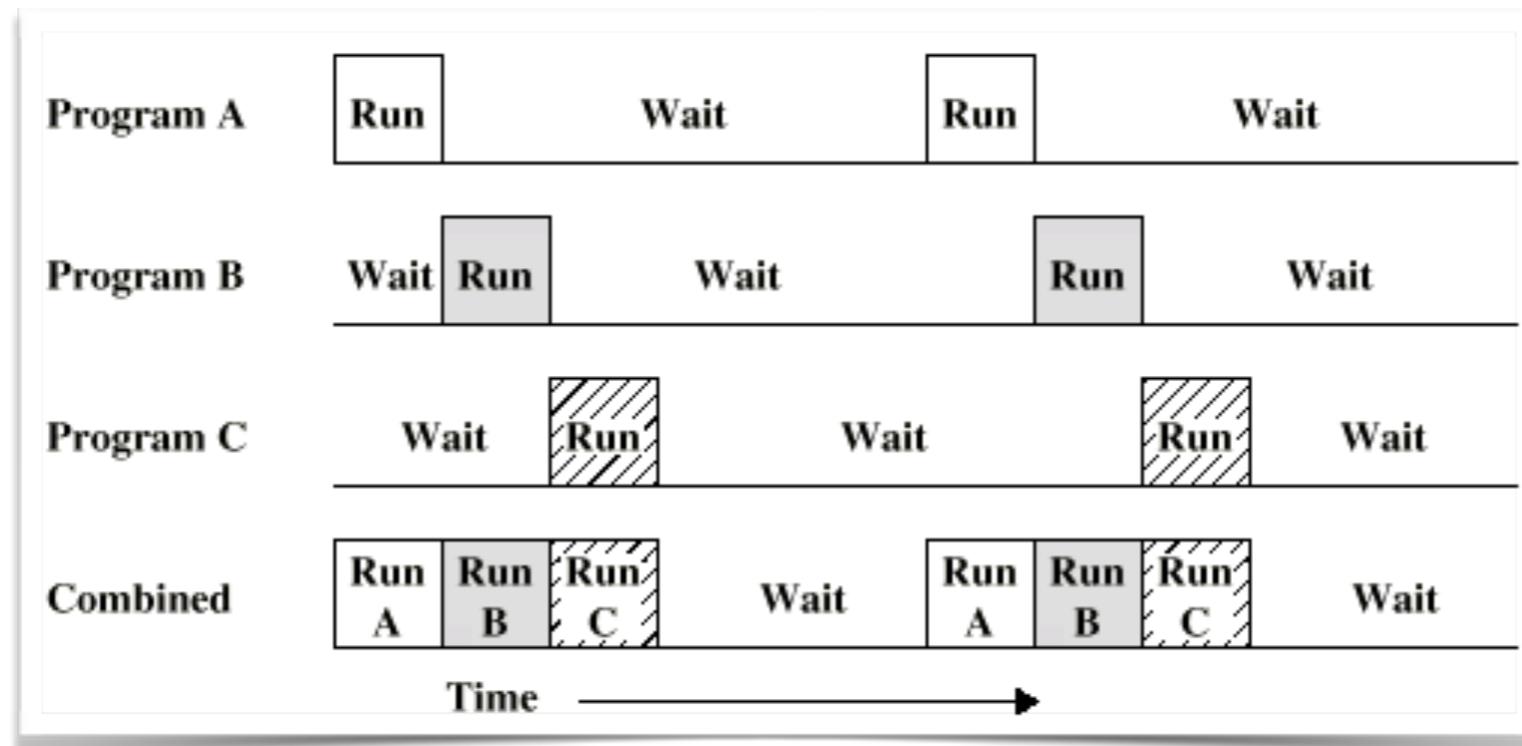


# Generación 3

Circuitos integrados y programas almacenados

## Multiprogramación

- El sistema operativo es responsable de la distribución y administración equitativa del tiempo de proceso
- Eventualmente implica desalojar un programa de la memoria y otros recursos... pero esto ya es cosas de Orga 2



# Mainframes

## IBM 360 (1964)

- Versatilidad: 0,034 / 1,7 MIPS - 8Kb / 8Mb
- Multiprogramación: podía soportar cientos de terminales
- Escalabilidad: se migraba a un sistema con mayor capacidad con facilidad
- Proveía compatibilidad hacia atrás a partir del uso de microcódigo
- Estandariza el byte de 8 bits



**Alquiler:** 5.000 (39.000 en 2017) dólares por mes  
**Compra:** 250.000 (2.000.000 en 2017) dólares

# Microcomputadoras

DEC PDP-8 (1964)

- Primer microcomputador  
(no requería una sala  
acondicionada)
- Se podía tener en un  
laboratorio



Compra: 16.000 (125.000 en 2017) dólares

# Otros datos

- Fundación de Intel (1968) - Andy Grove, Robert Noyce y Gordon Moore

Gordon Moore      Robert Noyce  
Andy Grove



- Se crea el lenguaje de programación C (1972) - Dennis Ritchie en Bell Labs

```
#include "stdio.h"
int main(int argc, char* argv)
{
    printf("Bye dad :-(\n");
    return 1;
}
```

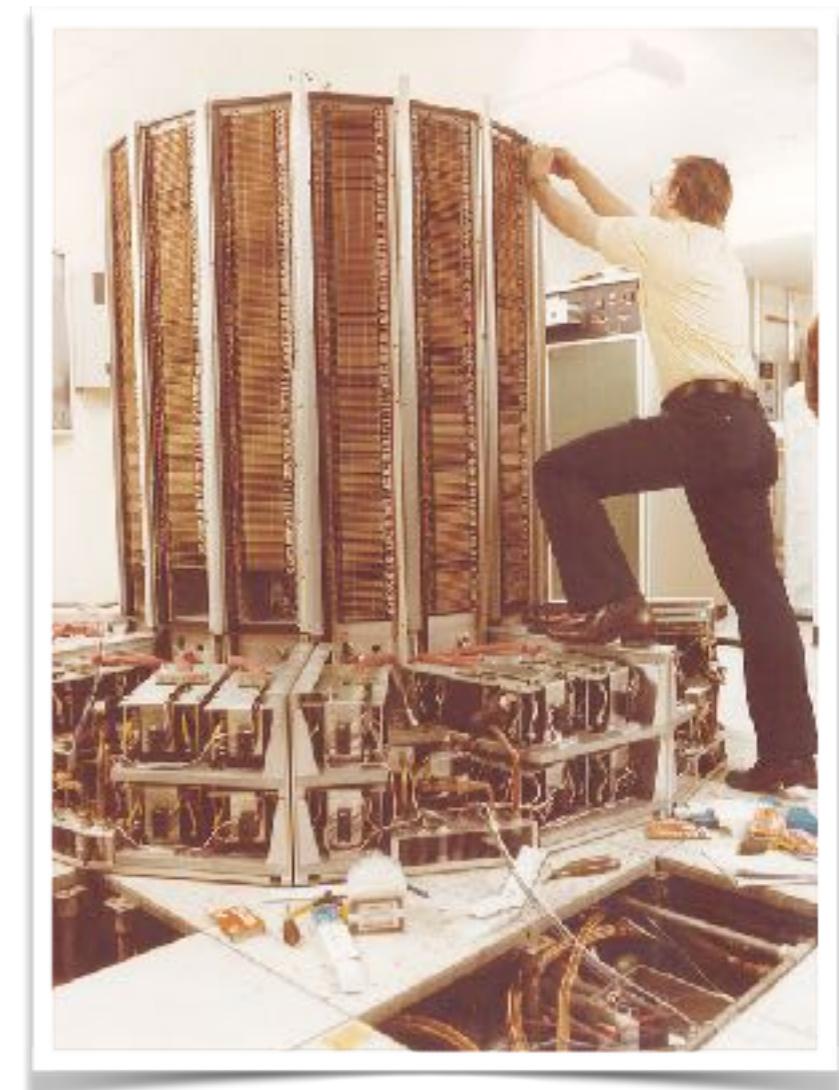
Dennis Ritchie  
1941-2011



# Supercomputadoras

## Cray 1 (1976)

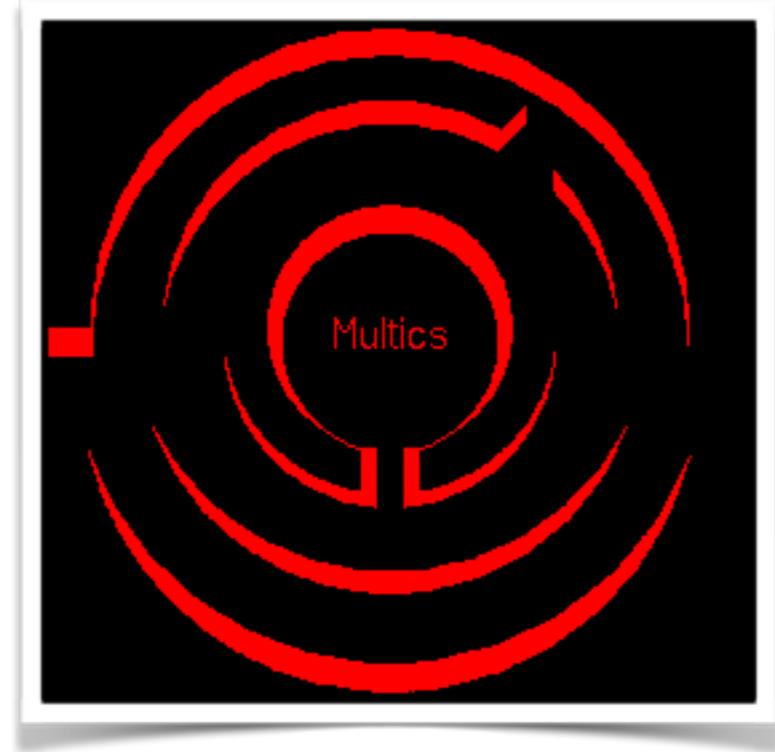
- Primera supercomputadora
- Procesamiento vectorial de 12 unidades
- 160 MFlops



**Compra:** 8.860.000 (38.500.000 en 2017) dólares

# Otros datos

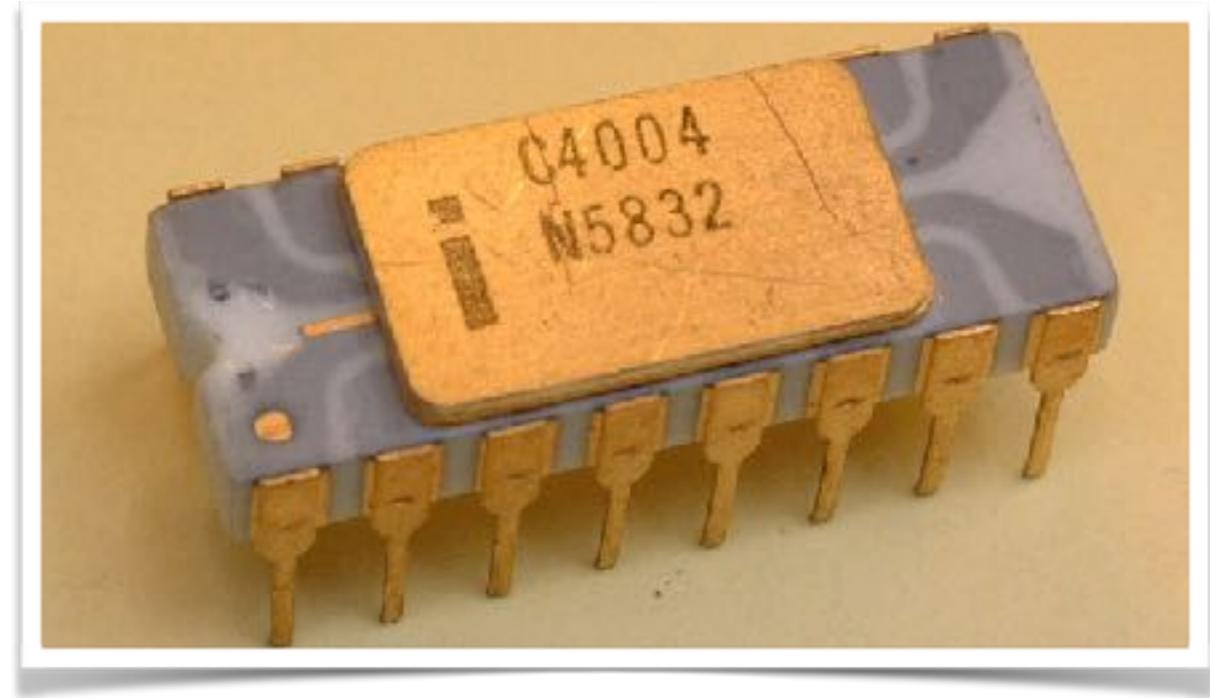
- Se crea Multics (**M**ultiplexed **I**nformation and **C**omputing **S**ervice): desarrollado en 1964-1969 por MIT, Bell Labs y General Electric
- Primer sistema operativo de tiempo compartido
- Influenció enormemente a UNIX y posteriores



# Primer microprocesador

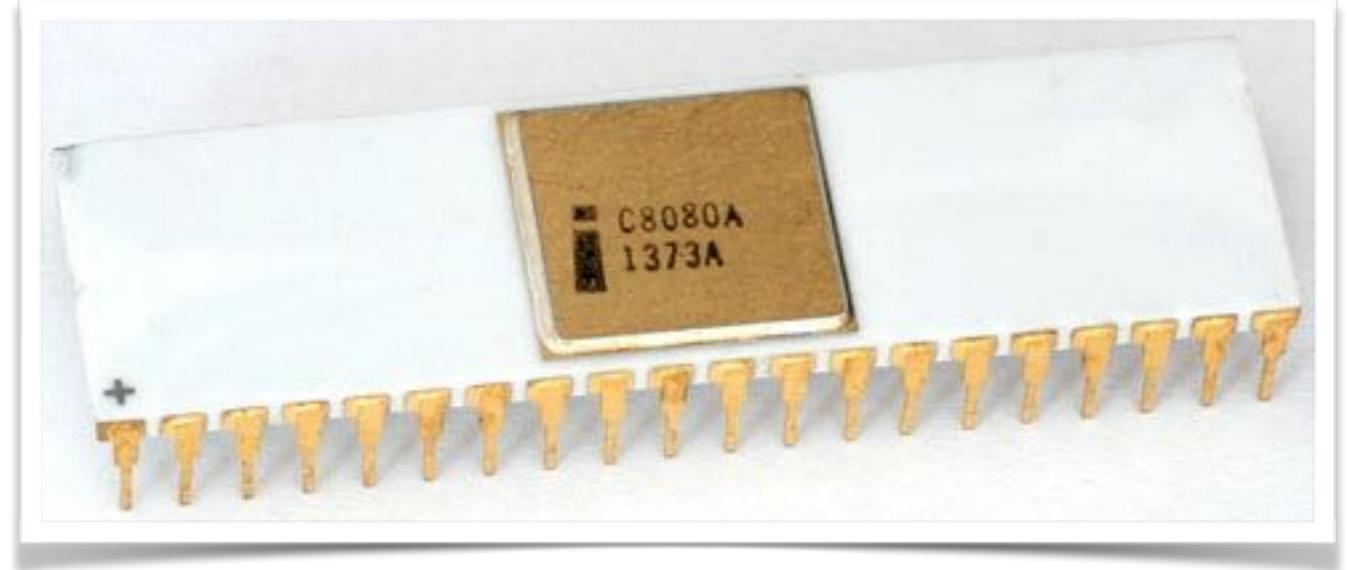
→ Intel 4004 (1971):

- 4 bits de datos,
- 8 bits de direcciones,
- 2300 transistores,
- usado para calculadoras y control de dispositivos.



→ Intel 8080 (1974):

- 8 bits de datos,
- 16 bits de direcciones,
- 6000 transistores
- usado en las primeras computadoras personales



# Computadoras personales

## Altair 8800 (1975)

- Primer computadora personal
- Tenía un procesador Intel 8080
- El interprete de BASIC (conocido como Altair BASIC o MITS 4K BASIC) fue producido por la empresa Traf-O-Data perteneciente a Bill Gates y Paul Allen quienes luego de este éxito fundaron Micro-Soft, hoy conocida como Microsoft

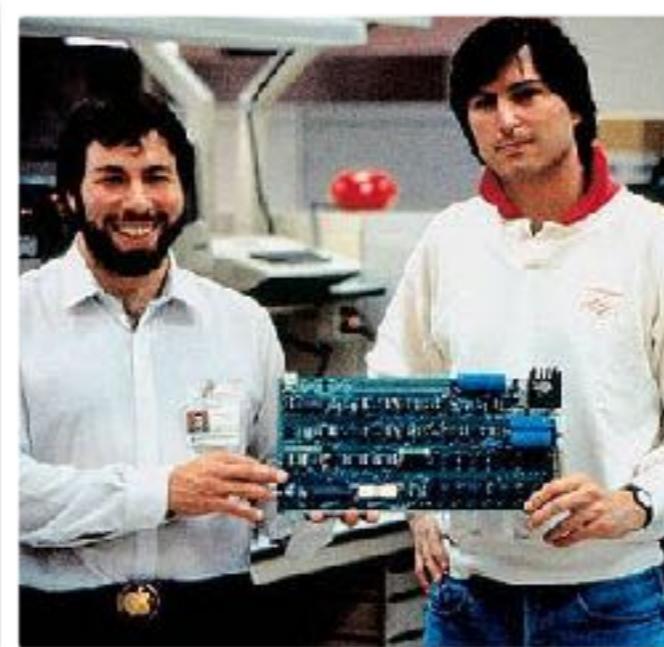


Compra: 621 (2824 en 2017) dólares

# Computadoras personales

## Apple I (1976)

- No se vendía en kit, se conectaba a un teclado y un televisor (primera computadora personal con hardware de video)
- 8Kb de RAM expansible a 64Kb
- Proveían un cassette con Apple BASIC



The advertisement features a top-down view of the Apple I computer system. It consists of a wooden case with a keyboard and a small monitor on top. The monitor displays the word "APPLE COMPUTER". To the right of the computer is a vertical column of text. At the bottom of the page is a detailed diagram of the circuit board with various components labeled.

**Apple Introduces the First Low Cost Microcomputer System with a Video Terminal and 8K Bytes of RAM on a Single PC Card.**

The Apple Computer. A truly complete microcomputer system on a single printed circuit card. OS the monitor, keyboard, and 8K bytes of RAM on a single PC card.

Keyboard Interface lets you use almost any ASCII-encoded keyboard.

The Apple Computer makes it possible for many people with limited budgets to step up to a video terminal as an I/O device for their computer.

No More Switches, No More Lights.

Compared to switches and LEDs, a video terminal can display vast amounts of information simultaneously. The Apple video terminal can display the contents of 192 memory locations at once on the screen. The firmware in PROMS enables the computer, display and debug programs in hex from the keyboard, or from a front panel switch. It also allows your programs to characters on the display you'll be looking at screens instead of just text open to all kinds of software (i.e., C).

Apple BASIC Chips!

Computer uses the new memory chips. It takes 14% of the space in the low power memory chip that every other computer uses 8K bytes in sixteen chips. It also means no more 28 amp power supplies.

The system is fully expandable to 65K via an edge connector which carries both the address and data buses, power supplies and all timing signals. All dynamic memory refreshing for both on and off-board memory is done automatically. Also, the Apple Computer can be upgraded to use the 16K chips when they become available.

**Byte into an Apple ..... \$666.66\***

\*includes 4K bytes RAM

**BREADBOARD AREA**  
**COMPLETE VIDEO TERMINAL ELECTRONICS**  
**LOW PROFILE SOCKETS ON ALL IC'S**  
**FIRMWARE IN PROMS**  
**CRYSTAL CONTROLLED TIMING**  
**FULLY REGULATED POWER SUPPLIES**  
**EXPANSION CONNECTOR**  
**CASSETTE BOARD CONNECTOR**  
**KEYBOARD INTERFACE**  
**6502 MICROPROCESSOR**  
**8K BYTES RAM**

**APPLE Computer Company • 770 Welch Rd., Palo Alto, CA 94304 • (415) 326-4248**  
OCTOBER 1976  
DIMENS. 10X14 INCHES CARDBOARD  
INTERFACE AGE 11

Compra: 666 (2900 en 2017) dólares

# Otros datos

- Fundación de Microsoft (1978)
- En 1981 acuerdan con IBM el desarrollo de DOS (**D**isk **O**perating **S**ystem) basado en QDOS (**Q**uick and **D**irty **O**perating **S**ystem) desarrollado por Tim Paterson



Bill Gates

Paul Allen



Tim Paterson

# Generación 4

VLSI (Very Large Scale Integration), computadoras personales

La tecnología utilizada (1980–)



IBM PC (1981)

Commodore 64 (1982)



Apple II (1984)

# Cost - Density laws

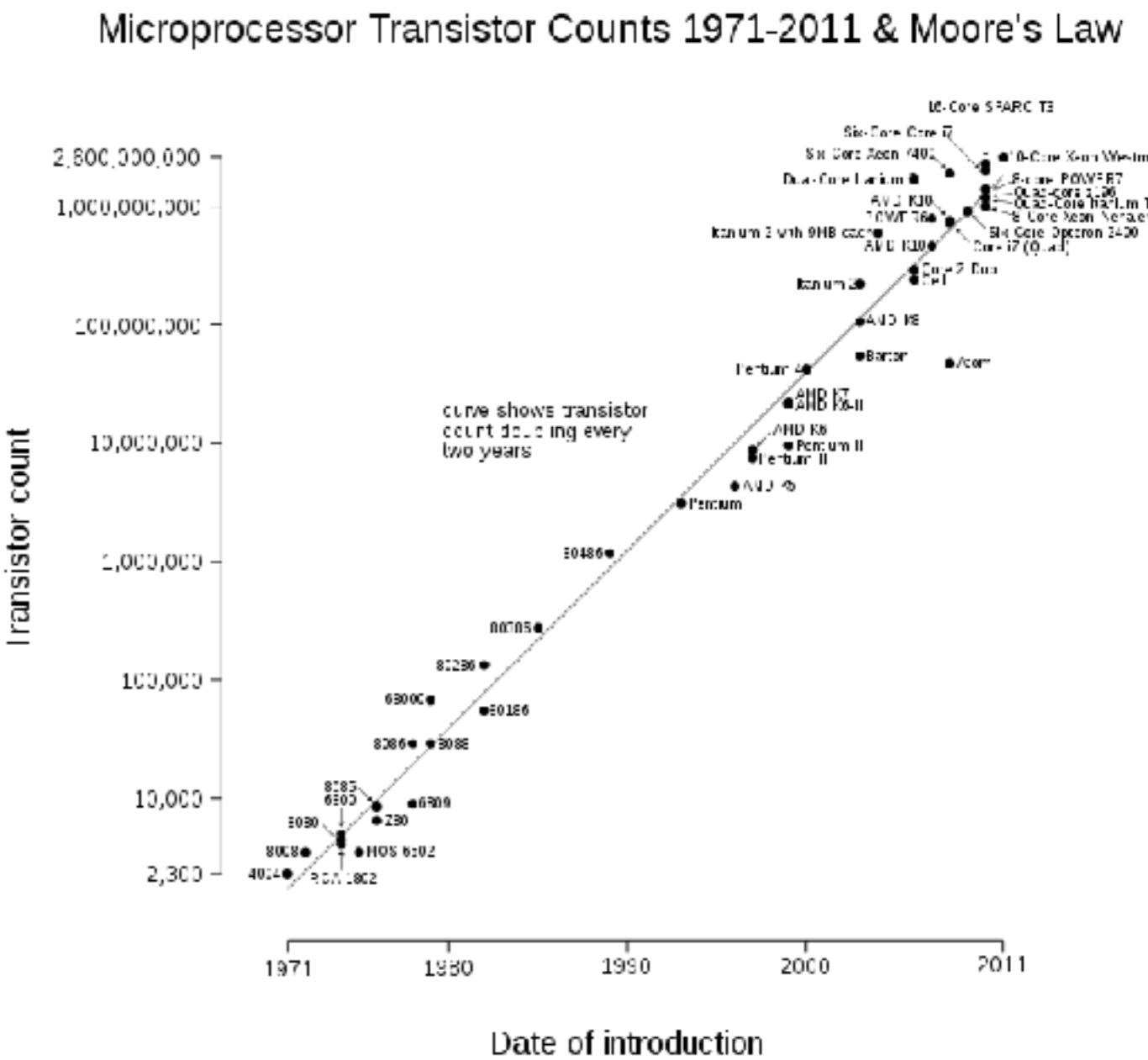
**Moore's Law:** La cantidad de transistores en un circuito integrado se duplican cada 2 años

**Second Moore's Law (Rock's Law):** El costo de equipamiento necesario para construir semiconductores se duplicará cada cuatro años

1968: 12.000 (85.500) dólares

2003: 2.500 millones (3.300 millones) de dólares

2017: 10.000 millones de dólares



# 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
  - Entre 100-3,000 dispositivos en un chip
- > Large scale integration (LSI) - 1971–1977
  - Entre 3,000 - 100,000 dispositivos en un chip
- > Very large scale integration (VSLI) - 1978 – 1991
  - Entre 100,000 - 100,000,000 dispositivos en un chip
- > Ultra large scale integration (ULSI) - 1991 –
  - Mas de 100,000,000 dispositivos en un chip