



Pioneros de los 4 y 8 bits: La invención del microprocesador

Gabriel Caffarena Fernández
@bitcaffe/@gacaffe
Abril de 2018



Trayectoria profesional

6809



Z80



68000



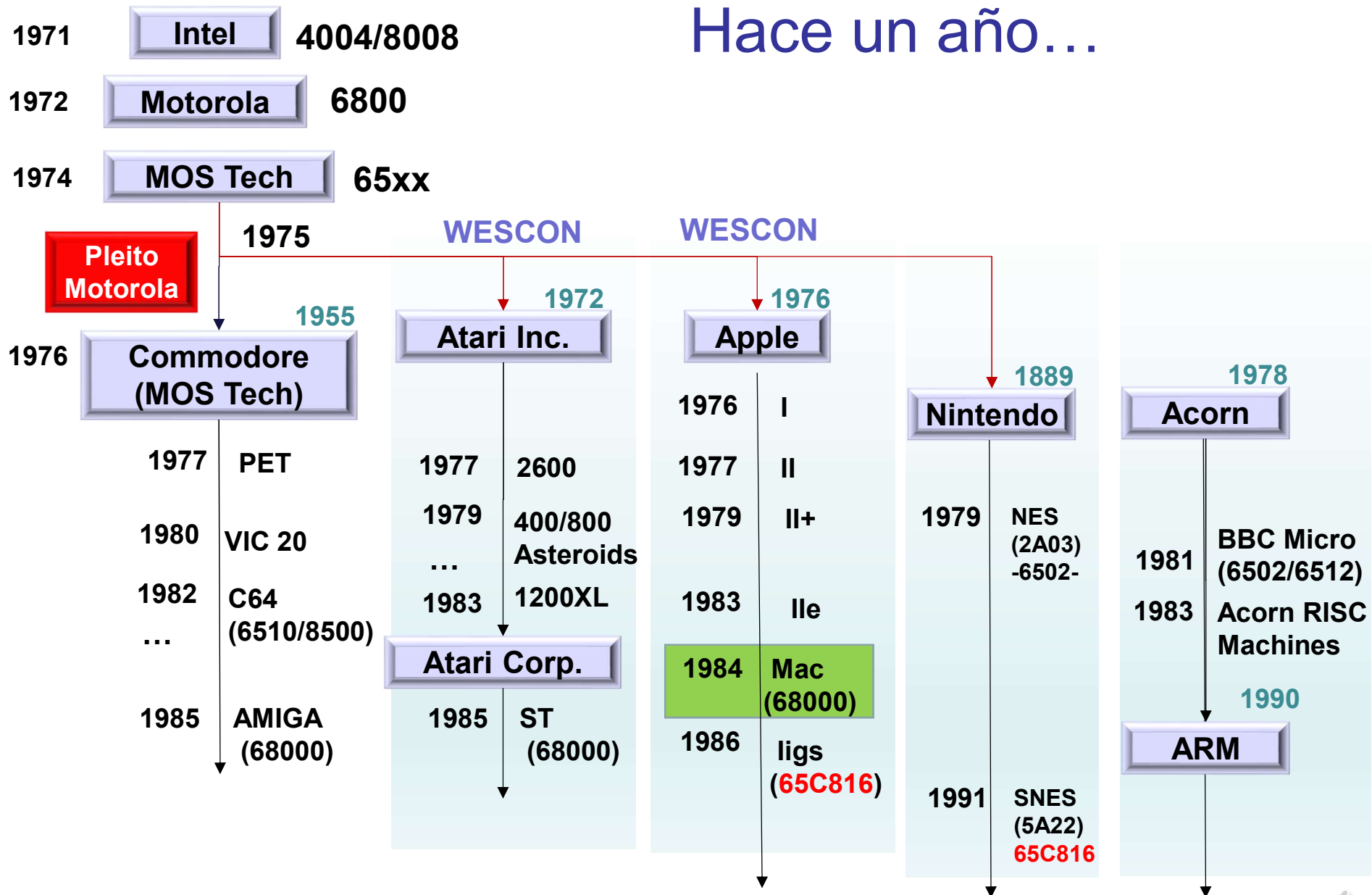
commons.wikimedia.org

- Dragon 64
- MSX 2 (Philips VG-8235)
- Amiga 500

Trayectoria profesional

- Trabajando en universidades desde 1998: UCL, Imperial College, UPM, USP-CEU
- Procesamiento de señales biomédicas
- Aceleración de aplicaciones científicas mediante GPU y FPGA

Hace un año...

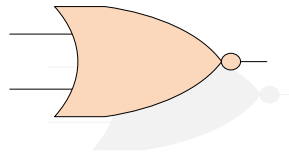
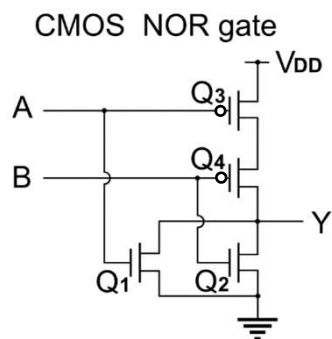


Hace un año: lecciones aprendidas

- ¡Vaya jardín!
- Labor de integración
- Interpretación
- Desinformación en las redes: hay que cotejar la información
 - Patentes
 - Historia oral
 - Notas de prensa
 - Manuales de los circuitos
 - Etc.
- Todos quieren ser los primeros:
 - Primer pinball con microprocesador
 - Primer recreativa con microprocesador
 - Primer nodo de red microprocesador
 - Etc.

Circuitos integrados

- Los microchips están formados principalmente por **transistores**
- El transistor es la base de la electrónica moderna
 - Conmutador binario: **0's y 1's** → **Puertas lógicas**

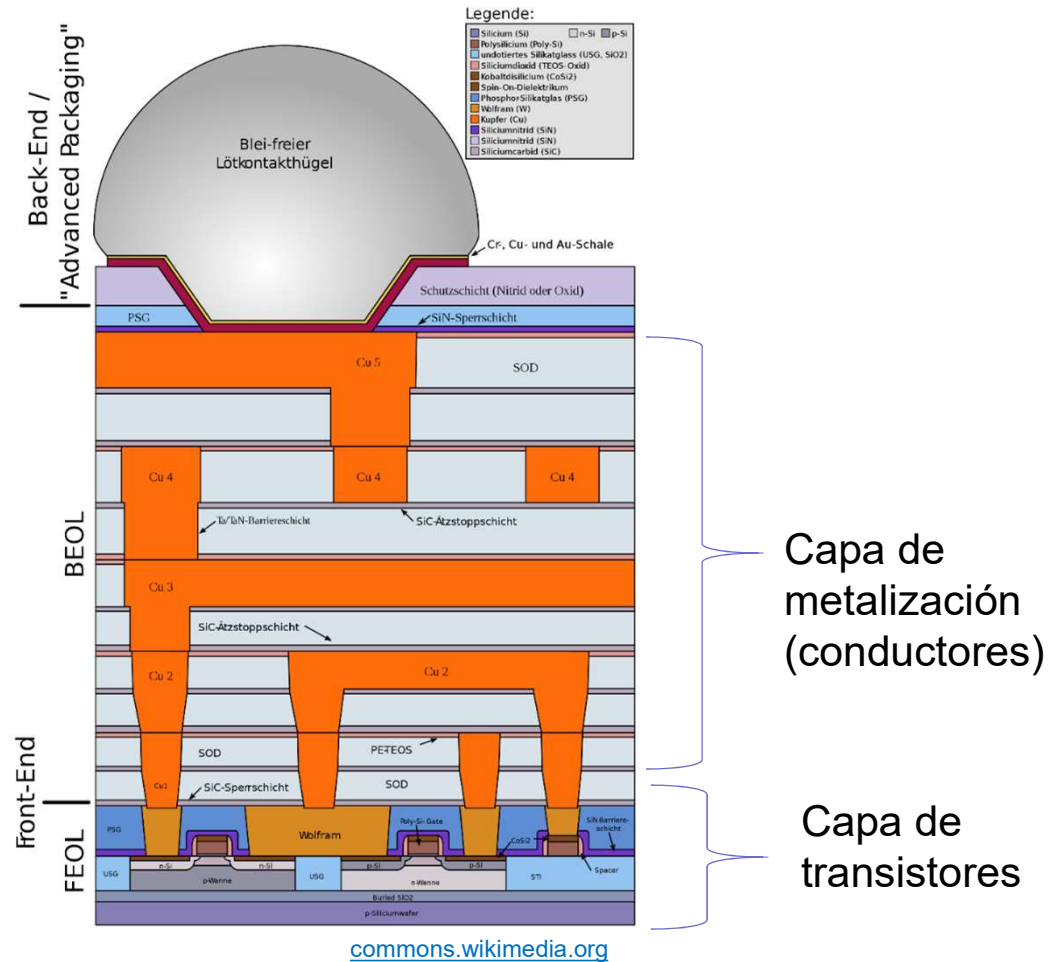
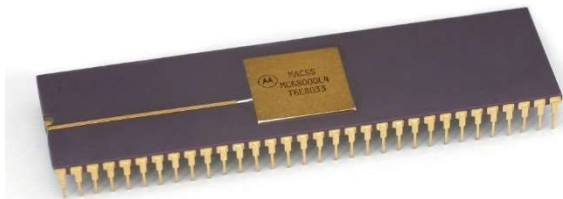


commons.wikimedia.org

Circuito integrado

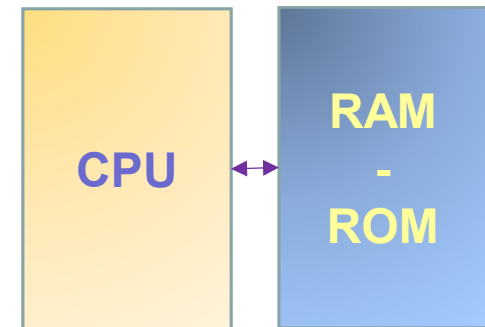
- **Circuito integrado**

- Transistores fabricados en un mismo bloque (chip)
- Miniaturización
- Alta velocidad



CPU: Unidad Central de Proceso

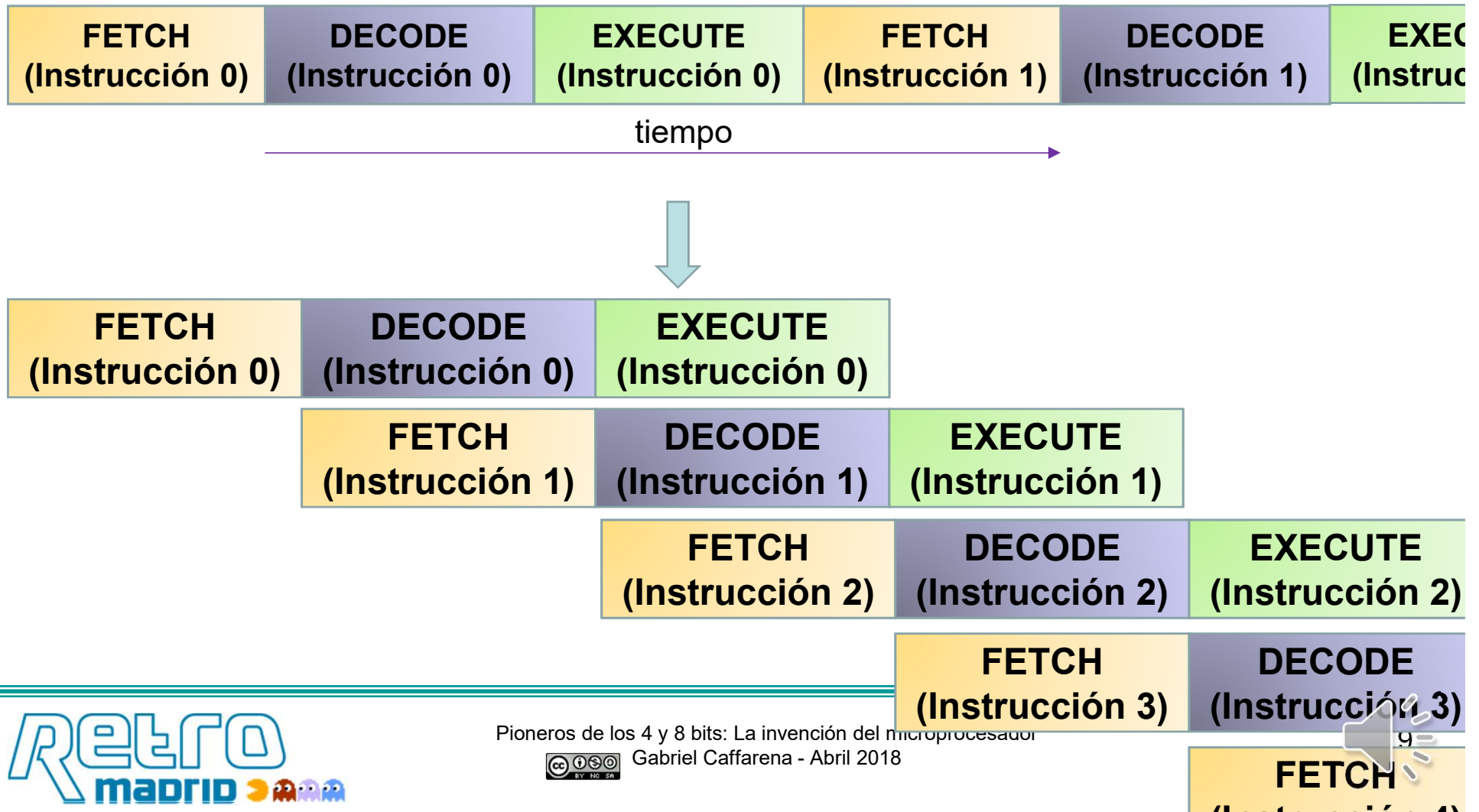
- Compuesta por
 - Unidad de control
 - Unidad aritmético-lógica (ALU)
 - Registros
- Funcionamiento:
 1. Leer instrucción de memoria (**Fetch**)
 2. Interpretar instrucción (**Decode**)
 3. Ejecutar instrucción (**Execute**)
 - Leer o escribir en memoria
 - Operación registros/ALU



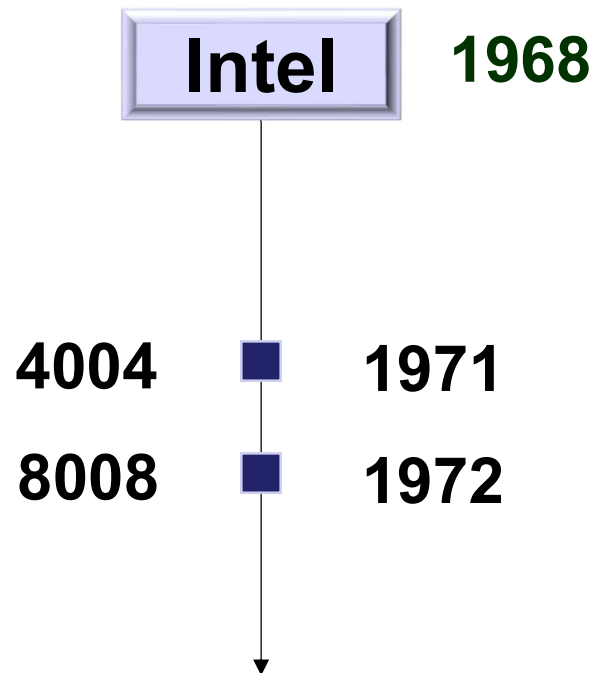
Microprocesador: CPU en un chip

CPU: Pipeline

- La segmentación o *pipeline* permite que una CPU trabaje más rápido
 - Se solapa el flujo de procesamiento de distintas instrucciones

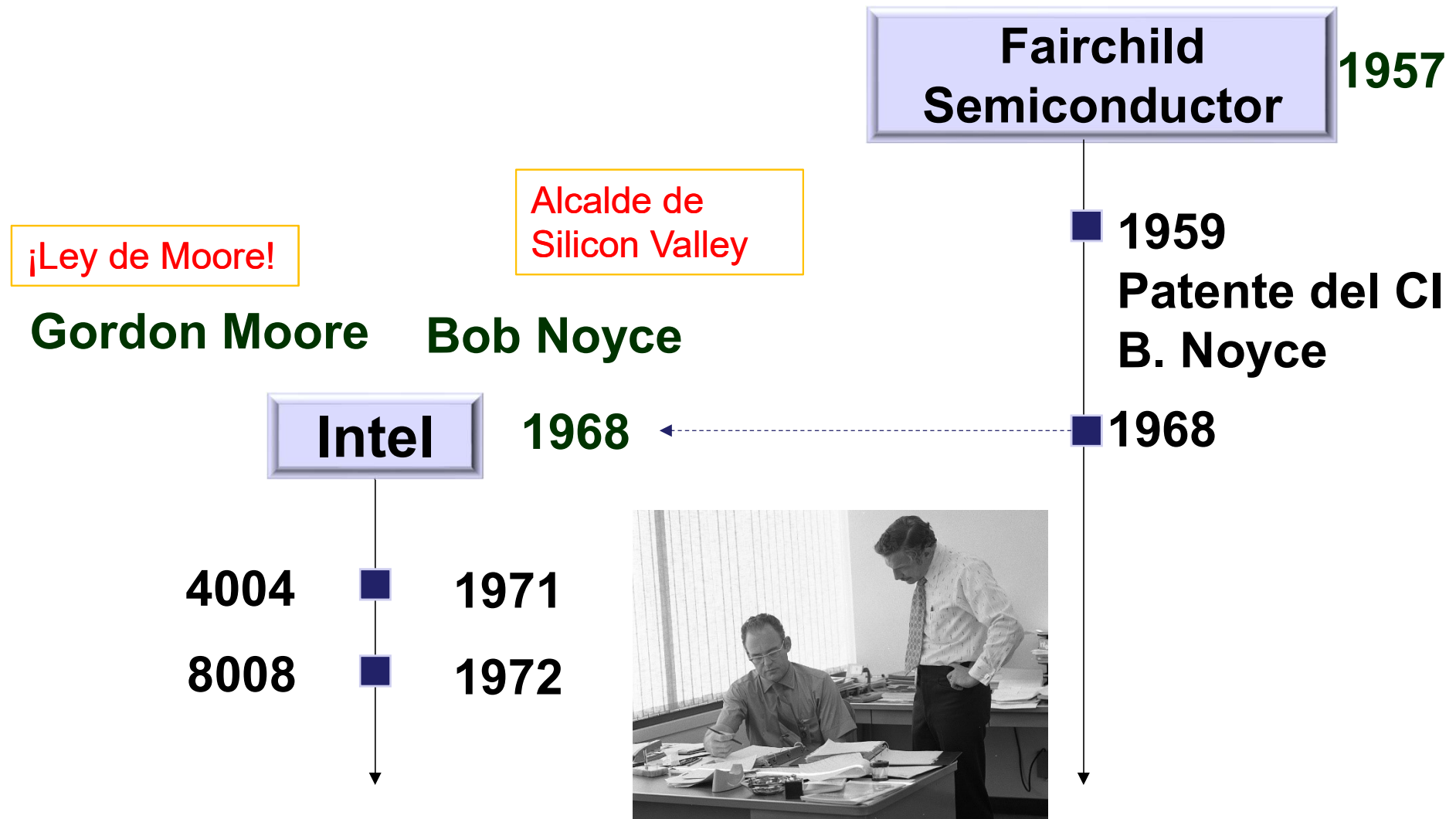


Intel y el microprocesador



commons.wikimedia.org

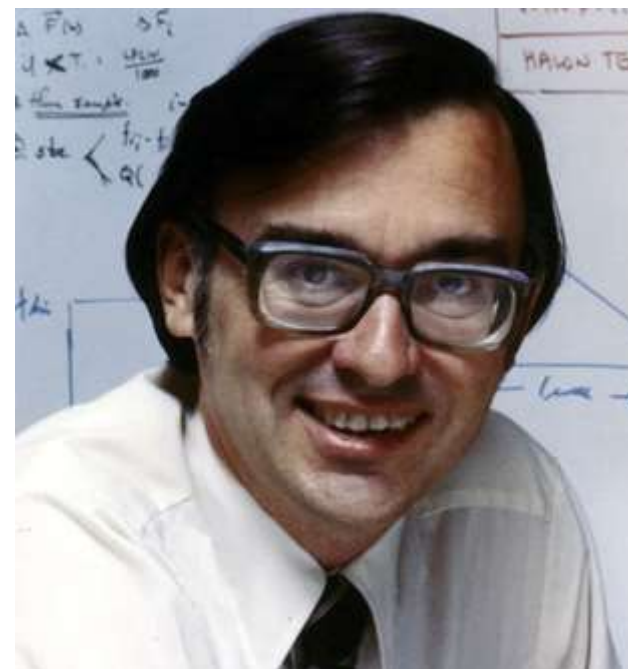
Intel y el microprocesador



commons.wikimedia.org

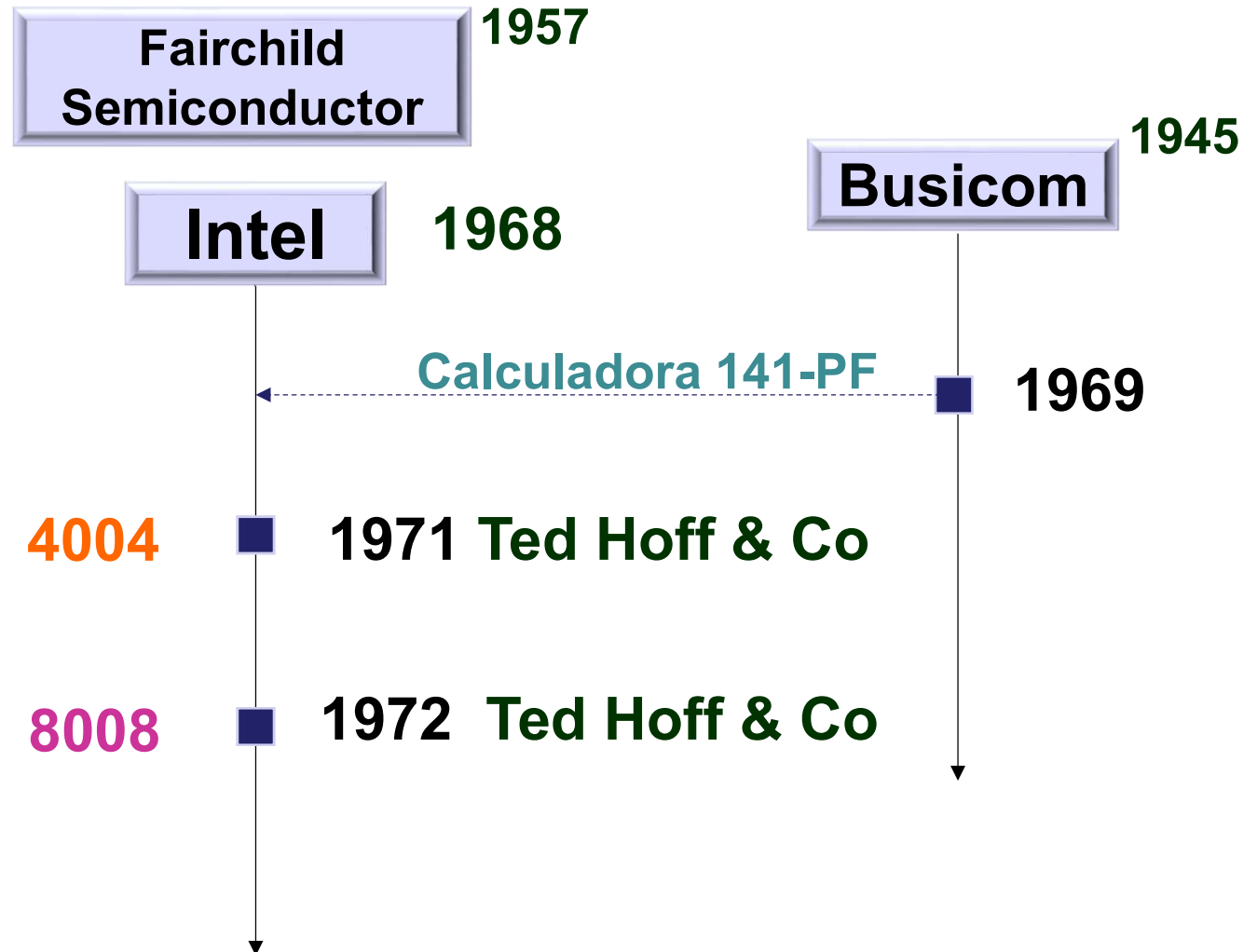
Intel y el microprocesador: calculadoras

- Busicom es una empresa japonesa dedicada al mundo de las calculadoras
- **1969**: Encarga a Intel reducir el número de chips de su calculadora **141-PF**
- Ted Hoff *idea* la arquitectura del microprocesador que se usaría en la calculadora: el chip 4004
- En **1971** el chip está fabricado



www.computerhistory.org

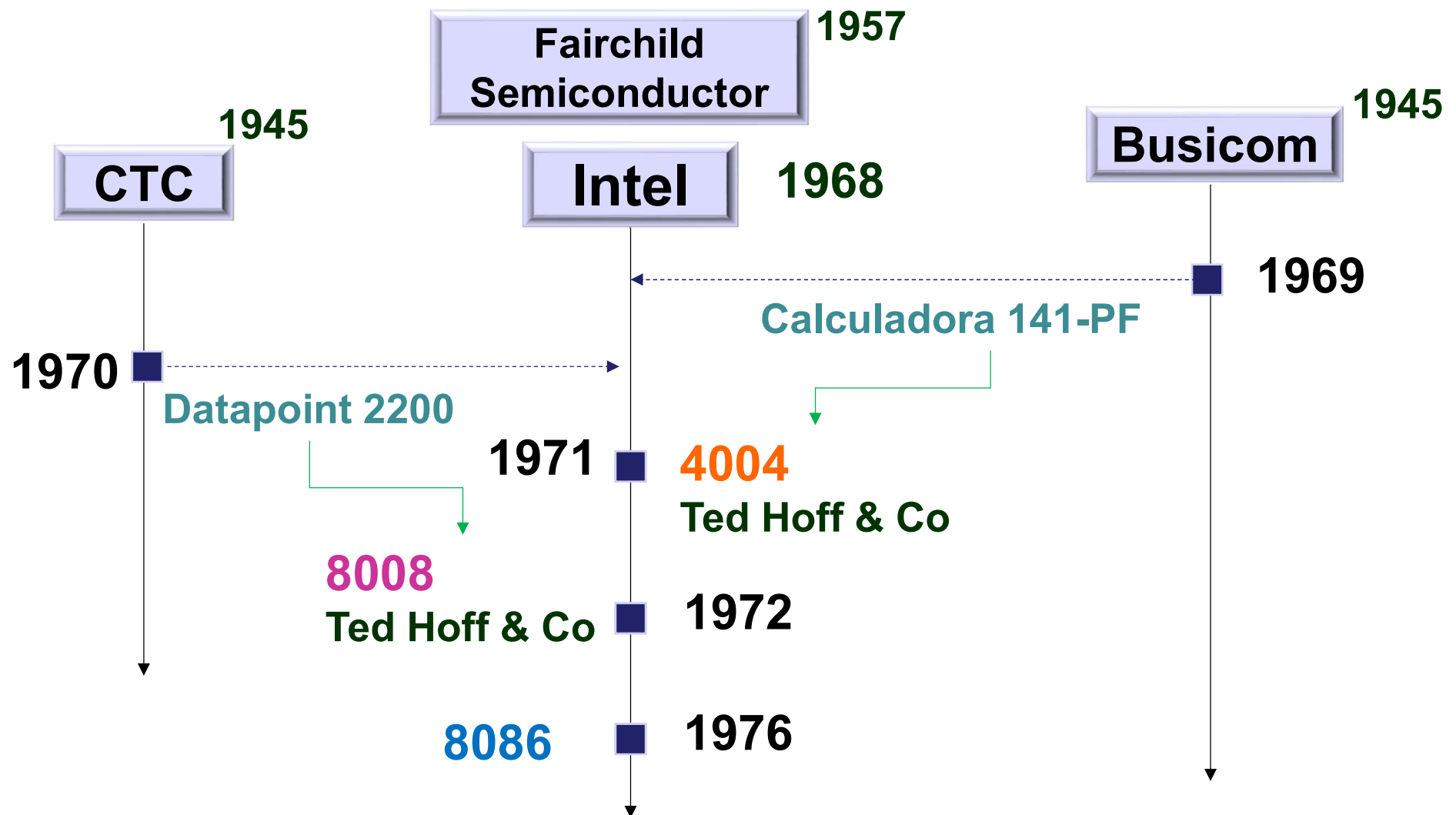
Intel y el microprocesador



Intel y el microprocesador: calculadoras y terminales

- **1970:** La empresa CTC (Computing Terminal Corp.) encarga a Intel reducir el número de chips de su terminal **Datapoint 2200**.
- Ted Hoff junto con varios ingenieros diseña el microprocesador que se usaría en el terminal: **el chip 8008**
- En **1972** el chip está fabricado

Intel y el microprocesador



Ordenador Personal

Intel y el microprocesador: Vamos a contarlo un poquito mejor

- Hay que tener cuidado con simplificar las cosas demasiado
- Por supuesto, siempre hay un punto de interpretación personal
- Desconfía de los medios...

- “(Ted Hoff) El hombre que inventó el microprocesador”, BBC Mundo, 2011

- http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/05/110517_inventor_microprocesador

- “Robert Noyce, inventor del microprocesador”, El País, 1990

- https://elpais.com/diario/1990/06/05/agenda/644536801_850215.html

4004 de Intel en detalle: Japón, CPUs y calculadoras

- **Tadashi Sasaki** (1915)
- **1938:** Se gradúa como ingeniero electrónico (Taiwan)
- **1961:** Doctor por la Universidad de Kyoto
- Trabajaba para Fujitsu cuando pensó que
 - Las calculadoras deberían hacerse con **transistores**
 - Para combatir la amenaza de calculadoras europeas
- Recomendaba a uno de sus clientes, **Sharp**, que forme a sus ingenieros en
 - **Computación**
 - **Transistores**

4004 de Intel en detalle: Japón, CPUs y calculadoras

- **1964:** Comienza a trabajar para Sharp
 - Los ingenieros de Sharp ya están formados
 - Sasaki lidera el equipo que creó la primera calculadora basada en **transistores**
- Del transistor se pasa a la tecnología MSI
- Le encargan reducir el números de chips. Su equipo elabora 2 ideas:
 - Extender la funcionalidad conforme mejora la tecnología
 - Diseñar un chip que englobe toda la calculadora – con cuatro bloques principales (ingeniera Murakami)

4004 de Intel en detalle: Japón, CPUs y calculadoras

- Sasaki propone a Rockwell implementar el chip de 4 partes pero **se niegan**
- Pide permiso para que lo haga Intel, pero **se niegan**
- Como resultado:
 - Sasaki invierte 40 M de Yenes en Busicom (1 M € de hoy)
 - La condición es que implementen el chip de 4 partes con Intel

4004 de Intel en detalle: Japón, CPUs y calculadoras

- **Masatoshi Shima** (1943)
- **1967:** Químico (Tohhoku)
- **1967:** Comienza a trabajar para Busicom
 - Programación
 - Ingeniero hardware
- **1968:** Su jefe, Tadashi Tanba, le encarga el diseño de
 - Una calculadora basada en un sistema programado
 - ROM, registros, ALUs, etc.
 - La calculadora era la 141-PF



www.computerhistory.org

4004 de Intel en detalle: Japón, CPUs y calculadoras

- **1968:** Sharp diseña una calculadora con 4 chips LSI (la anterior tenía 200 chips)
- Busicom reacciona con dos proyectos:
 - Contrata a Mostek para hacer una calculadora en un chip
 - Contrata a Intel para implementar el diseño de Shima
- **1969:** Shima visita **Intel**
- **1970:** Mostek crea la
 - primera calculadora en un chip – **MK6010**

4004 de Intel en detalle

- Intel ve el proyecto como una manera de conseguir **dinero rápido** para mantener su línea de memorias
- El equipo de Intel está formado por 2 ingenieros:
 - Ted Hoff (Doctor por Stanford)
 - Stanley Mazor
- Hoff tiene experiencia en computación (PDP-8), redes neuronales y fabricación de memorias
- Shima piensa que no entienden lo que les propone
 - La realidad es otra...

4004 de Intel en detalle

- Hoff piensa que el diseño de Shima es
 - Innecesariamente complicado
 - Demasiado específico para calculadoras
- Hoff propone
 - basarse en una **CPU sencilla** de propósito general
 - poner la carga en el **software**
 - **Además: ¡no tienen ingenieros que sepan de estos temas!**

4004 de Intel en detalle

Octubre 1969:

- Propuesta de Shima: 12 chips, 25K transistores (aprox.)
- Propuesta de Intel: 4 chips, 8K transistores (aprox.)

And the winner is... ¡INTEL!

4004 de Intel en detalle: Diseño y fabricación

- Marzo 1970: Shima visita Intel y...
 - No han hecho nada
 - Hoff y Mazor están diseñando el **8008**
 - Sólo hay un ingeniero:
Federico Faggin
- **Federico Faggin (1941)**
 - Doctor en Física
 - Experto en transistores MOS



commons.wikimedia.org



www.computerhistory.org

4004 de Intel en detalle: Diseño y fabricación

- Marzo 1970 – Marzo 1971:
 - Faggin **termina el diseño** con ayuda de Shima (¡estaba incompleto!)
 - Realiza el *layout* y fabrica los chips:
 - 4001 (ROM)
 - 4002 (RAM)
 - 4003 (shift register)
 - 4004 (microprocesador)
 - El 4004 tenía **2,300 transistores**



commons.wikimedia.org

4004 de Intel en detalle: Diseño y fabricación

- **Marzo 1971:** Busicom pone a la venta la calculadora
 - 141 PF
 - Primera calculadora basada en microprocesador (programable)
- **Abril 1971:** Busicom pide a Intel que baje los precios
 - Federico Faggin propone que cancelen la exclusividad

4004 de Intel en detalle: Venta

- Intel no tiene interés en el microprocesador (4004 o 8008)
 - Dinero rápido...
- Intel contrata un nuevo director de marketing
 - **Ed Gelbach**
 - Viene de **Texas Instruments** donde también se trabaja en los microprocesadores
 - Presiona para que se vendan microprocesadores
- El 4004 no vendió mucho, mientras que el 8008 tuvo más éxito

4004 de Intel en detalle: Venta

- 141-PF (1971, Busicom)
 - Primer calculadora con microprocesador



<http://www.technologizer.com/2011/11/15/intel-4004/>

4004 de Intel en detalle: Venta

- Bally Alley (1974, Bally)
 - Simulador de bolos
 - Mandos inalámbricos



<http://www.technologizer.com/2011/11/15/intel-4004/>

4004 de Intel en detalle: Venta

- Wang 1222 (1975, Wang)
 - Procesador de texto con CRT



<http://www.technologizer.com/2011/11/15/intel-4004/>

4004 de Intel en detalle: Venta

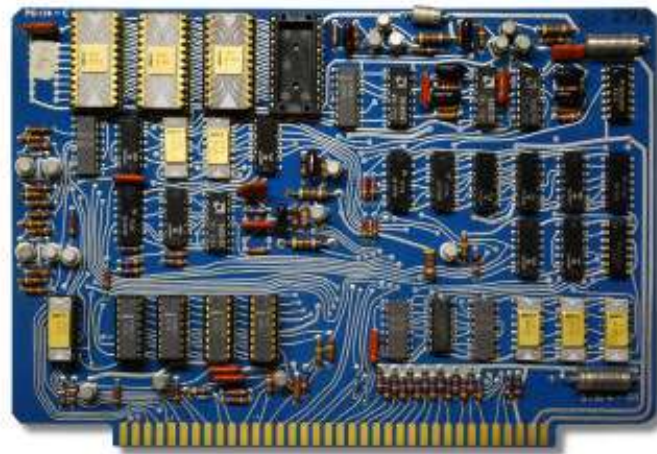
- Pinball Flicker (1975, David Nutting Associates)
 - Primer pinball (prototipo) con microprocesador



<http://www.technologizer.com/2011/11/15/intel-4004/>

4004 de Intel en detalle: Venta

- Sim-4 4004 (1972)
 - Primer ordenador con micro



intel®



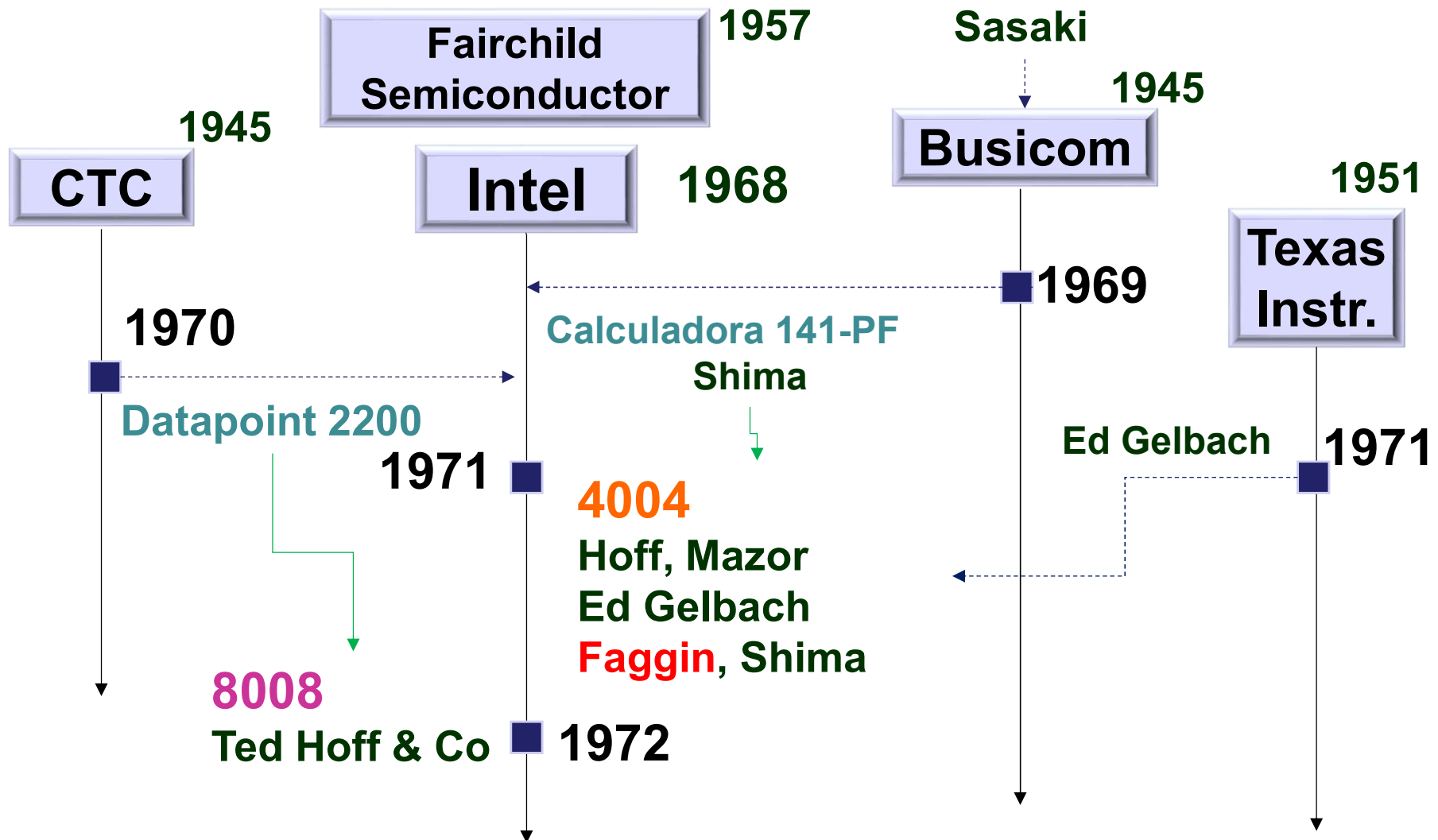
<http://www.technologizer.com/2011/11/15/intel-4004/>

4004 de Intel en detalle:

Invención del microprocesador

- Sasaki
 - Calculadora en un chip
 - Inversor en Busicom
- Shima
 - Lidera el proyecto de calculadora con CPU: microprocesador
 - Ayuda a diseñar el 4004
- Ted Hoff
 - Lidera el proyecto del 4004
 - Da las primeras pinceladas de la arquitectura
- Stanley Mazor
 - Hace de interfaz entre Hoff, Shima y Faggin
- Ed Gelbach
 - Marketing
- Federico Faggin
 - Diseño del 4004
 - Layout del 4004 y chipset
 - Marketing

Intel y el microprocesador



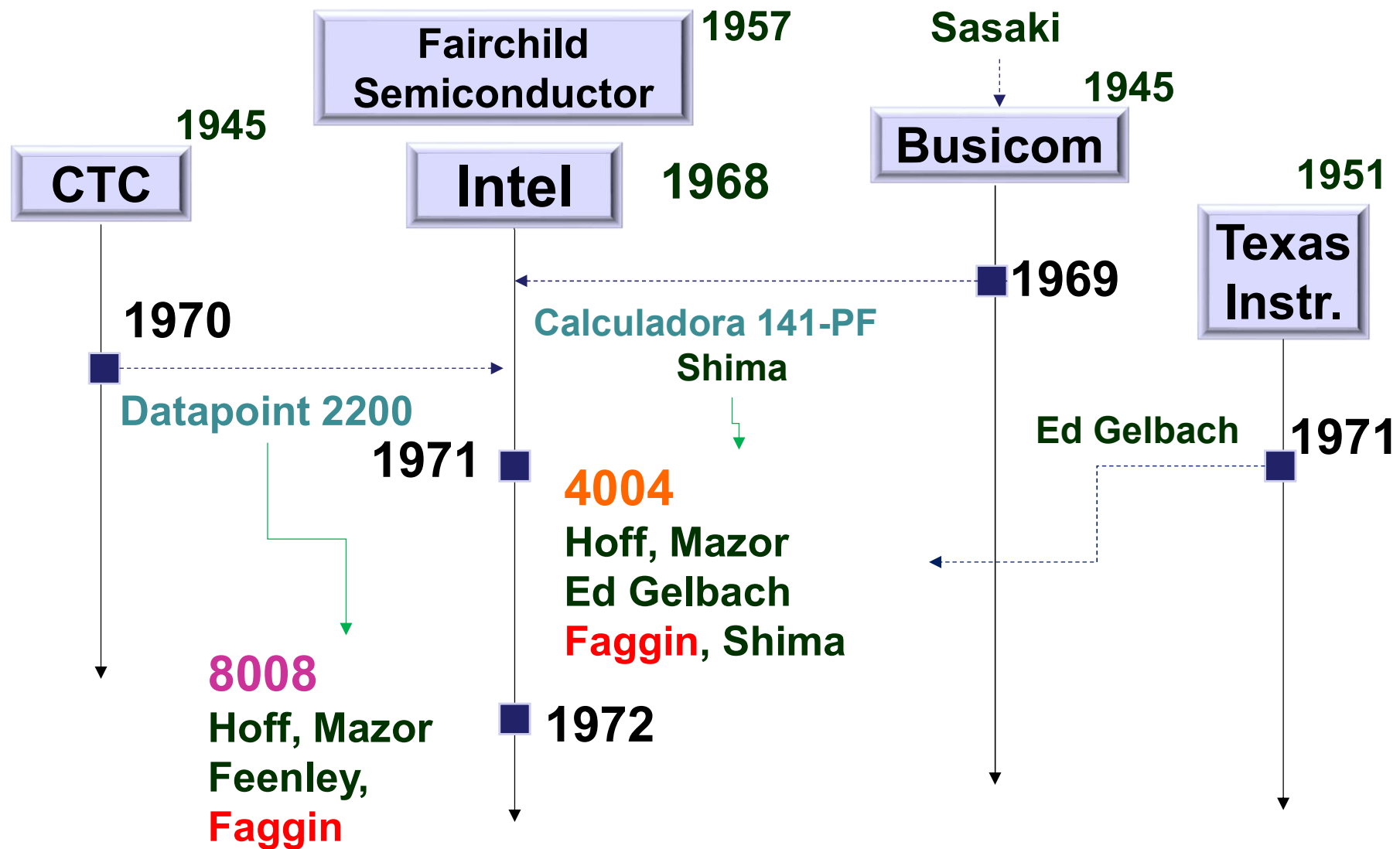
Intel y el microprocesador: 8008

- La arquitectura del 8008 no es de Intel, sino que la proporcionó CTC
- ¿Podemos decir que el PC viene del terminal Datapoint 2200?
- Realmente hasta el 8088 Intel no se involucra totalmente en el diseño de microprocesadores

Intel y el microprocesador: 8008

- El equipo original del 8008 estaba formado por
 - Ted Hoff
 - Stanley Mazor
 - Hal Feeney
- **Enero 1971:** Faggin releva a Feeney en el diseño del 8008, puesto que él era el único que dominaba la tecnología para implementar el 8008
- **Marzo 1972:** El microprocesador 8008 sale al mercado

Intel y el microprocesador



Definición de microprocesador

- Definición de microprocesador
 - CPU de propósito general implementada en un **único** circuito integrado
 - Debe permitir el acceso a una memoria externa en la que reside el programa
- ¿Aceptamos barco?

CPU reprogramables

- Volvamos con las calculadoras...
- En el momento del nacimiento del 4004 hubo diseños interesantes relacionados con el mundo de las calculadoras:
 - 1970: Calculadora en un chip (MK6010, Mostek)
CPU?
 - Sept 1971: Calculadora con **CPU**, pero ROM interna (TMS 1802, Texas Instruments). Hay que llamar a este chip **el primer microcontrolador**
- El chip TMS 1802 fue el germen de los microcontroladores TMS 0100 de TI
- Tenía entre unos 7000 transistores

CPU reprogramables

- La calculadora de TI demuestra que ya se estaba trabajando en integrar CPU en un chip, pero según la definición **no eran microprocesadores...**
 - ¿Aceptamos barco?
- Incluso si el chip TMS 1802 hubiese salido antes
 - El “microprocesador” sólo podía usar la empresa internamente
 - Mejoraba el time-to-market de los productos
 - No beneficiaba al resto de empresas
 - El 4004 habría un mundo de posibilidades (aunque estaba un poco limitado con sus 4 bits)

Un único chip

- Pregunta:

Si Intel hubiese diseñado un micro de... 24 bits con varios chips

¿Le habría llamado **microprocesador**?

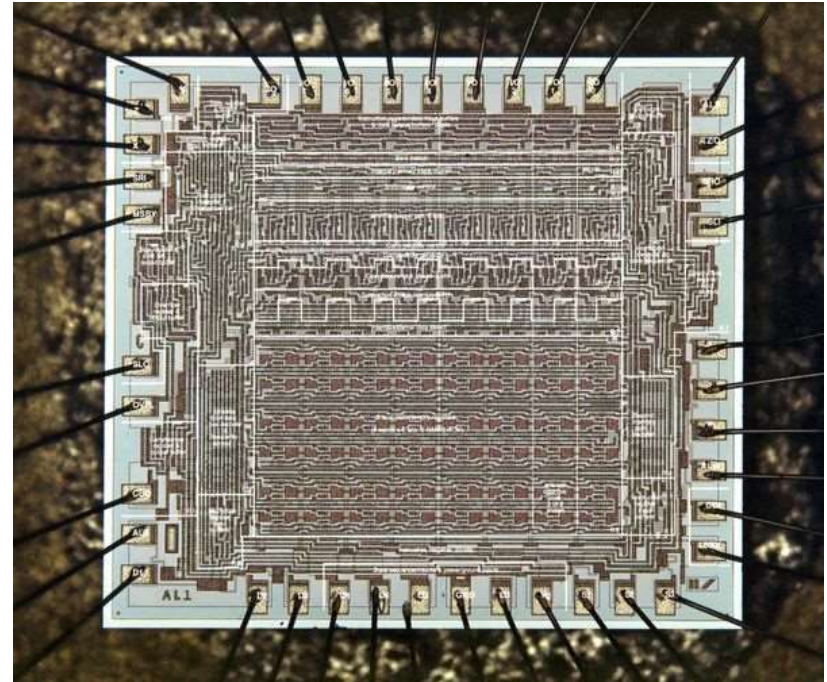
- El microprocesador ha quedado definido con CPU en un chip, aunque no siempre....

- WESCON 1973: Hank Smith, Microprocessor Marketing Manager, Intel Corp.:

“A CPU uses P-channel MOS and is contained in 1, 2, 3 or 4 LSI standard dual-in-line packages from 16 - 42 pins per package”

Un único chip

- Un ejemplo interesante es el ordenador chip **AL1**
- **1969:** Se funda **Four-Phase Systems**
- **Marzo 1969: Lee Boyzel** diseña el chip **AL1**
 - ALU 8 bits
 - 8 registros
 - Expandible a 32 concatenando chips



<http://www.computerhistory.org>

Un único chip

- **1970:** El chip AL1 se utiliza en el ordenador **System IV/70**
 - CPU de 24 bits
 - 9 microchips: 3 AL1, 3 ROMs, 3 chips con lógica
 - Suma en 15.2 microsegundos



<http://archive.computerhistory.org>

Un único chip

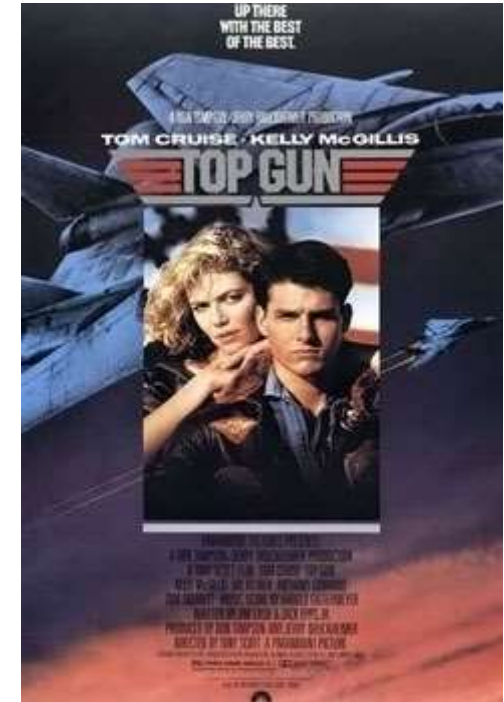
- Mientras tanto, en el ámbito militar...
- **1968-1970:** Central Air Data Computer (Garrett AiResearch)
 - 3 x CPU de 20 bits 6 chips por CPU (**MP944** chipset):
 - Multiplicador 20 bits (1 chip)
 - Divisor 20 bits (1 chip)
 - CPU 20 bits (1 chip)
 - Enrutado de datos (1 chip)
 - **Pipeline**
 - **Aritmética serie**
 - 28 chips en total (ordenador)
 - Operaciones en 106 microsegundos
 - Podrían conectarse hasta 16 procesadores

Un único chip

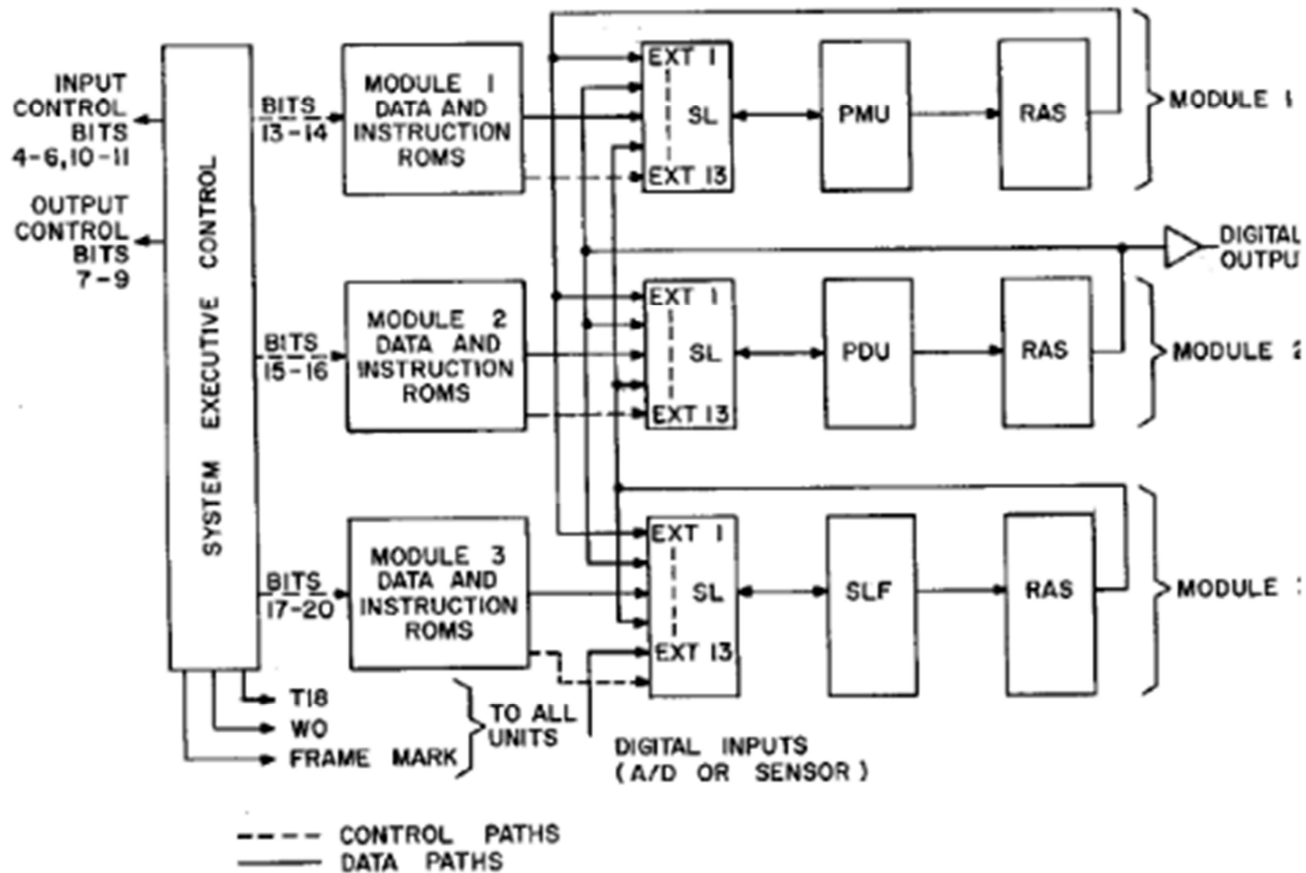
- El chip lo diseñan Ray Holt y Steve Geller
- El ordenador Central Air Data Computer se diseñó para el caza F-14 Tomcat
 - Realiza monitorización y control de vuelo
- El F-14 se usó en el período 1972-2006



commons.wikimedia.org



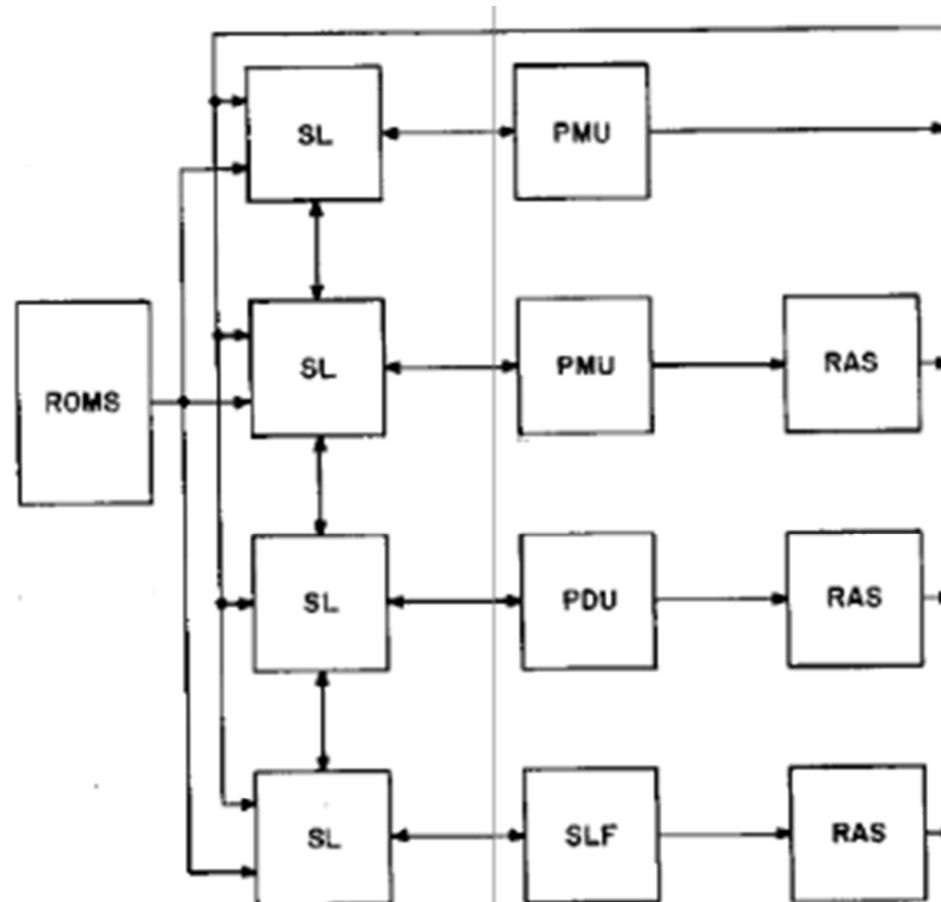
- Ejemplos de configuración del MP944



<http://firstmicroprocessor.com/documents/ap1-26-97.pdf>

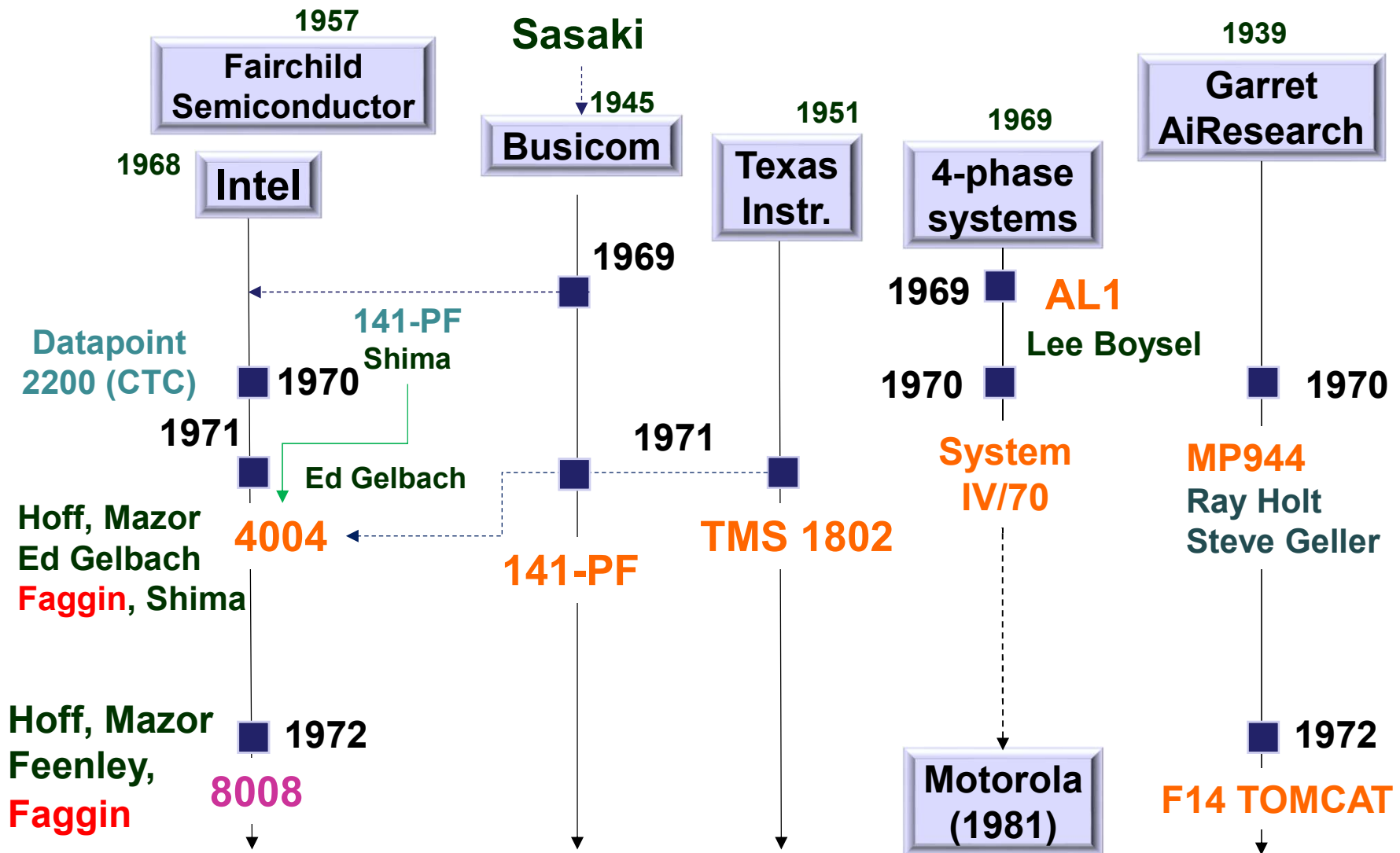
Un único chip

- Ejemplos de configuración del MP944



<http://firstmicroprocessor.com/documents/ap1-26-97.pdf>

Creación de los microprocesadores



Patentes

- Texas Instruments tiene las primeras patentes del microprocesador y el microcontrolador
- **1995:** Tuvieron un juicio con Lee Boysel que reivindicaba que el AL1 fue el primer microprocesador. No ganó el juicio.
- **1996:** Gilbert Hyatt diseñó un procesador serie de 16 bits en 1969. Perdió un juicio contra TI porque nunca lo fabricó.
- Hablemos un poco de Texas Instruments

Texas Instruments

- Fundada en 1951 en Dallas
- Padres de la tecnología TTL (familia 7400)
- Primera calculadora de bolsillo
- Primer chip de síntesis de voz:

Speak and Spell

- **Primer microcontrolador**
- **Pioneros** en microprocesadores
- Primer ordenador de 16 bits
(TI-99/44 **1981** [TMS9900])
- **Pioneros** en procesadores de señal digital (DSP)



commons.wikimedia.org



commons.wikimedia.org

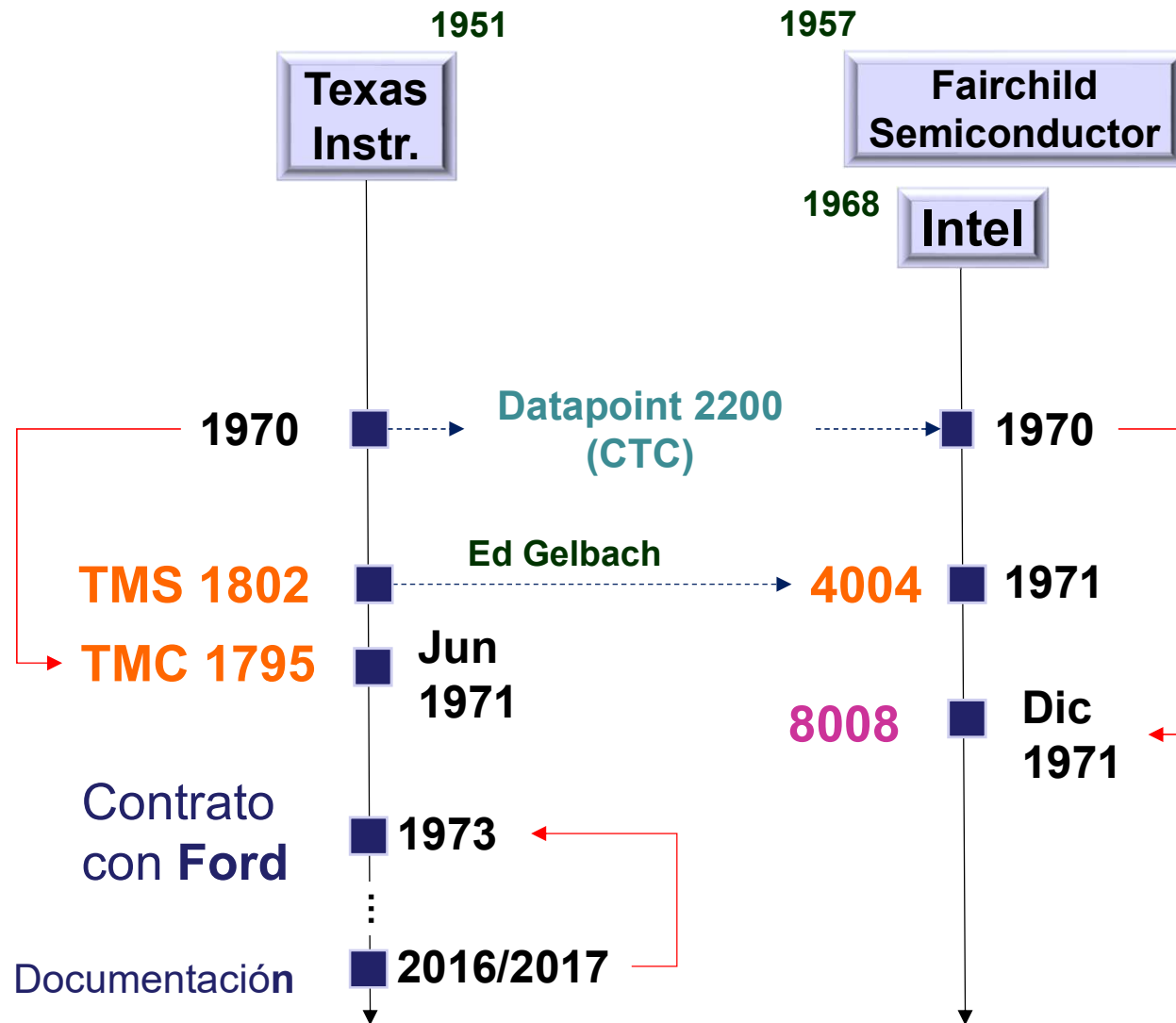
Texas Instruments

- TI contacta a CTC en 1970 para hacer los chips del Datapoint 2200
- El primer diseño tiene 3 chips
- Comienzan a diseñar un único chip en Abril de 1970
- **Junio de 1971:** TMC 1795, Gary Boone
 - 8008 terminado a **finales de 1971**
(comercializado en Abril 1972)
- Hay que destacar que
 - Intel tenía 100 empleados
 - TI 45000 empleados
- Curiosamente CTC descartó ambos microchips

Texas Instruments

- El TMC 1795 quedó en el olvido
 - Fue el **primer microprocesador de 8 bits**
- Recientemente (2016-2017) Gary Boone hizo públicos documentos acerca de un contrato con Ford
 - Hicieron una versión mejorada del micro: TMC 1795A
 - Parece ser que el negocio no cuajó. Se preveían una venta de **2 millones** de microprocesadores.
 - TI se centró en chips para calculadoras
- El TMC 1795 utilizaba 3078 transistores (vs 3098 del 8008) pero ocupaba un área de silicio mucho mayor que la suma del 4004 y 8008 juntos

Texas Instruments



Shima

- **1969:** Trabaja para Busicom y es el motor del proyecto 145-PF
- **1971:** Ayuda a Faggin a terminar el 4004
- **1972:** Intel le contrata para trabajar en el diseño del 8080
- **1976:** Comienza a trabajar en la empresa Zilog en el diseño del microprocesador Z80

Faggin

- **1960:** Olivetti I+D (Italia) - diseña un ordenador basado en transistores
- **1967:** SGS-Fairchild (Italia) - primeros circuitos CMOS
- **1968:** Fairchild Semiconductor (EEUU) – Trabaja en SGT (silicon gate transistor)
 - **Aportación fundamental** en la tecnología de puertas de silicio, que da pie a la microelectrónica tal como la conocemos.

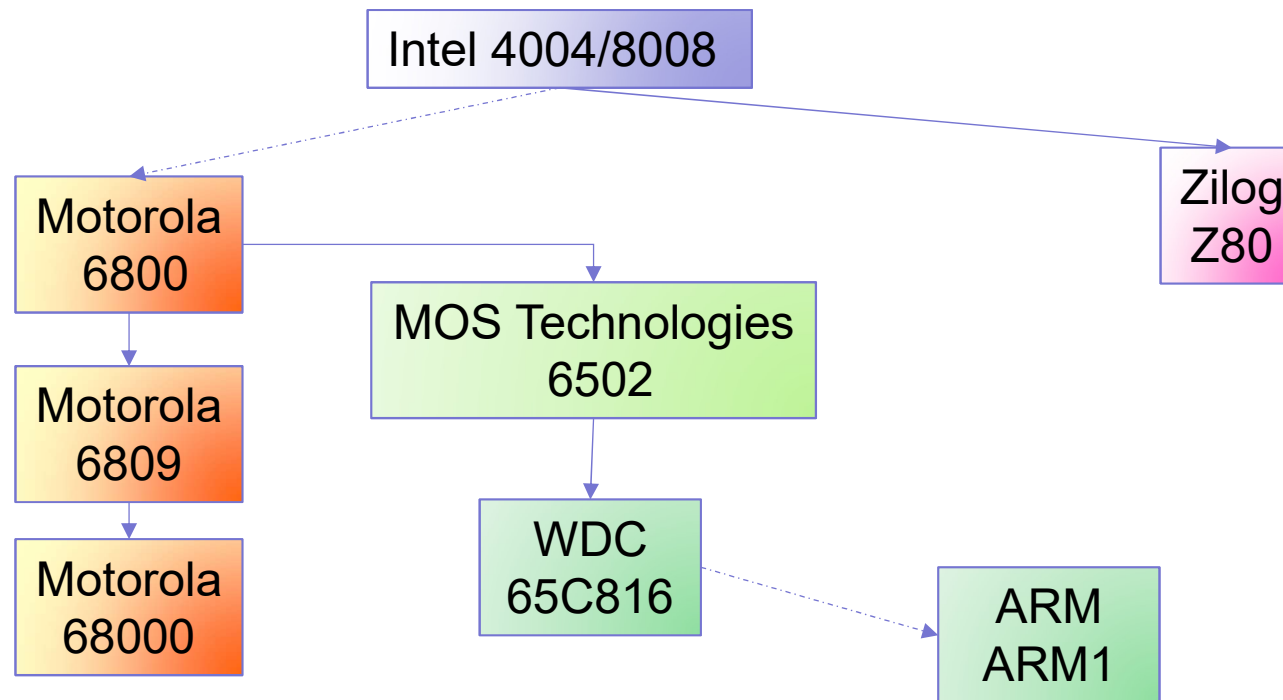
Faggin

- **1970:** Intel – Desarrolla los micros 4004, 8008 y 8080
- **1974:** Funda **Zilog** junto con Ralph Ugermann
- **1986:** Funda Synaptics – primer chip de OCR, inventor del *touchpad*
- **2011:** Federico and Elvia Faggin Foundation
 - Dedicada al estudio de la consciencia humana

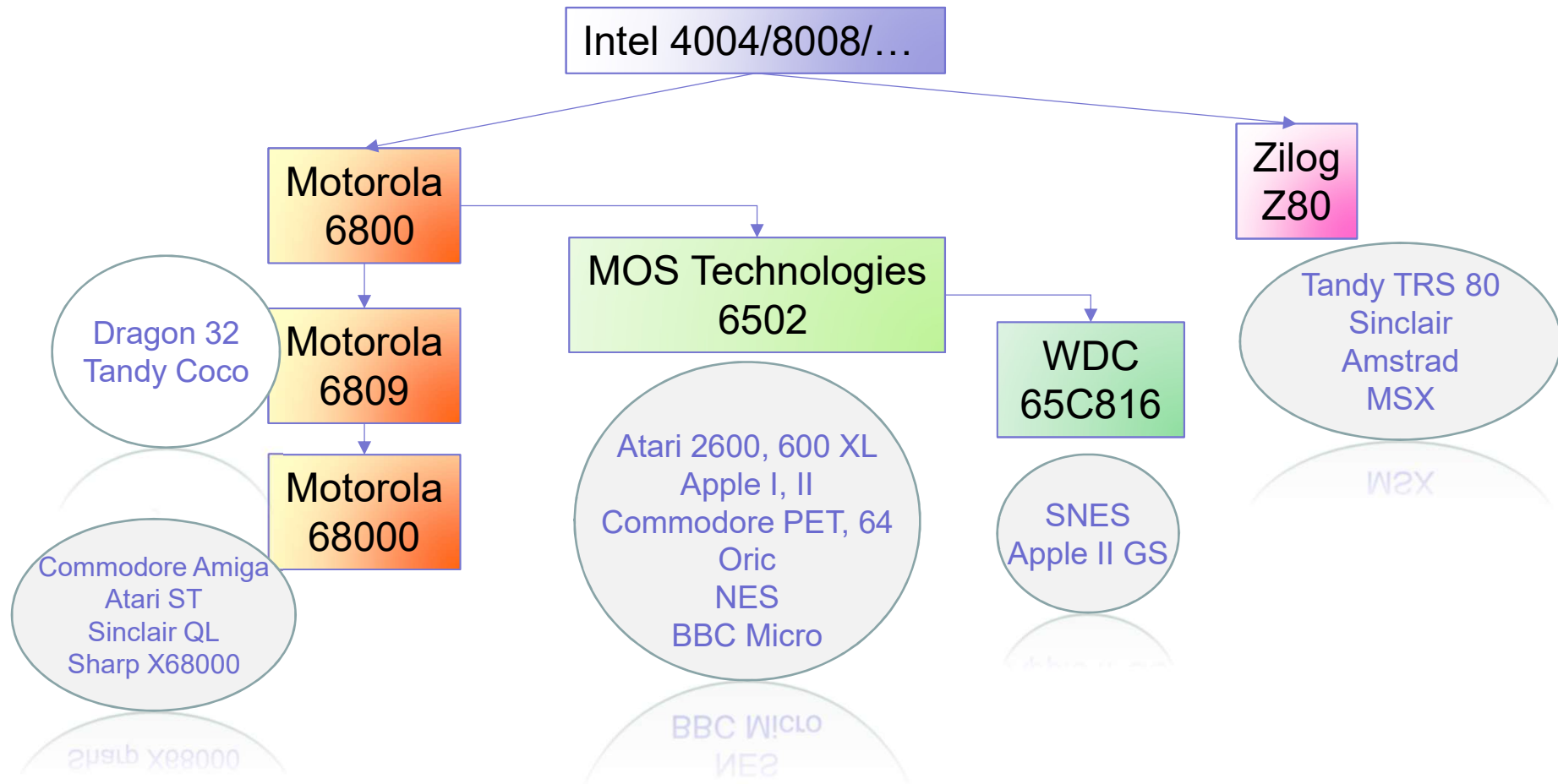
Pioneros de los 4, 8... 20 y 32 bits

- **Calculadora en un chip**
 - Tadashi Sasaki
- **4-phase system: AL1**
 - Lee Boysel & Co
- **Garret AiResearch: MP944**
 - Ray Holt y Steve Geller
- **Busicom/Intel: 4004**
 - Ted Hoff, Stanley Mazor, Ed Gelbach, Mastoshi Shima, Federico Faggin
- **Texas instruments: TMC1795**
 - Gary Boone & Co.

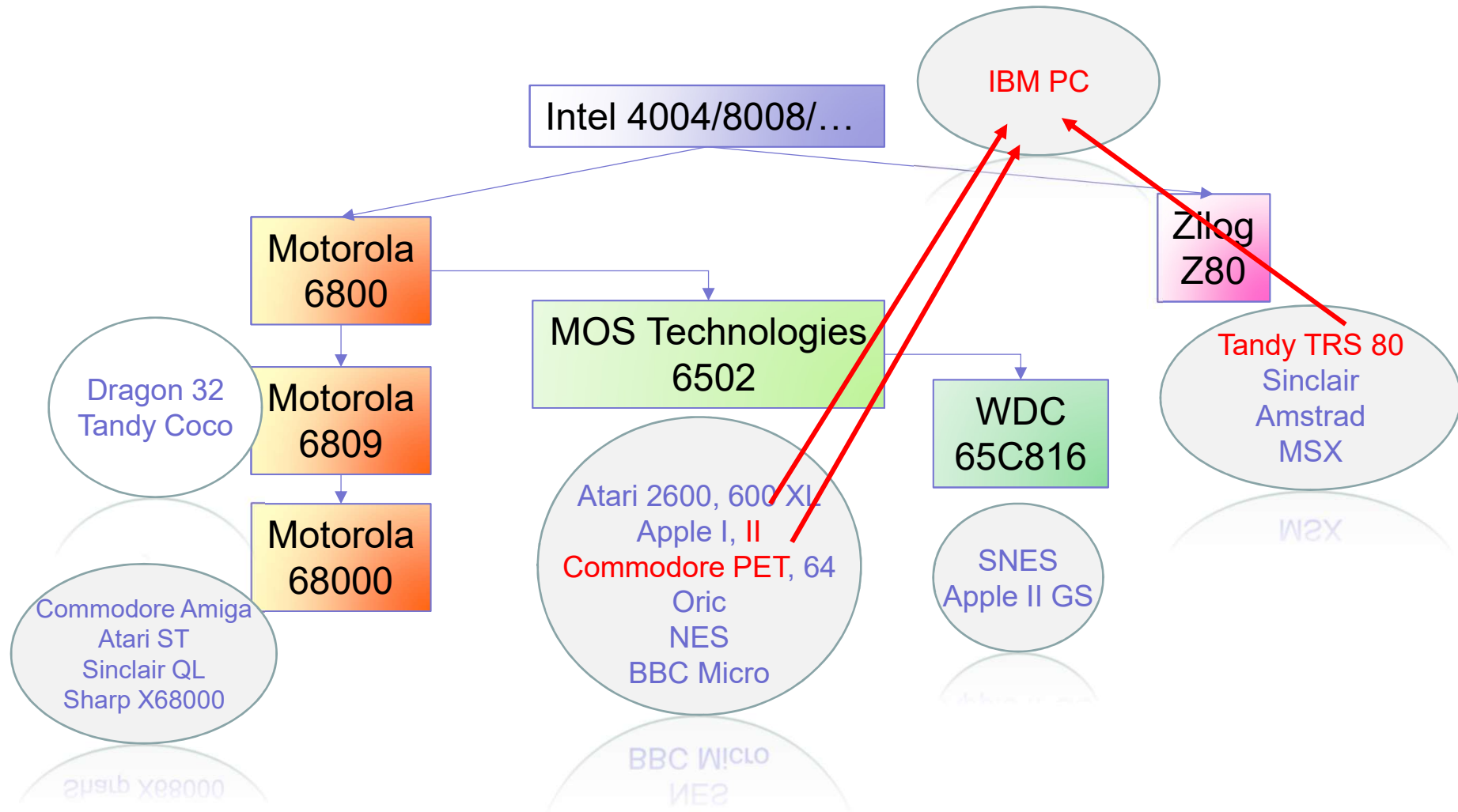
Pioneros de los 4, 8... 20 y 32 bits



Pioneros de los 4, 8... 20 y 32 bits



Pioneros de los 4, 8... 20 y 32 bits



Referencias

- “The surprising history of the first microprocessors”, IEEE Spectrum, 2017
<https://spectrum.ieee.org/tech-history/silicon-revolution/the-surprising-story-of-the-first-microprocessors>
- “The Intel 4004. What constituted invention?”, IEEE Annals of the History of Computing, 1997
- “The history of 4004”, IEEE Micro, 2002

Referencias

- System IV/70 Brochure, Four-Phase Systems, 1970, <http://archive.computerhistory.org>
- Web de Ray Holt sobre el MP944
<http://firstmicroprocessor.com/documents/>

¡Gracias!



- Twitter: @bitcaffe @gacaffe
- www.gacaffe.net (under construction)