

El microprocesador 6502 y su impacto en la revolución digital

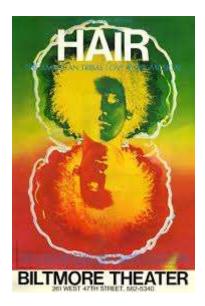
Gabriel Caffarena Fernández
@bitcaffe/@gacaffe
Abril de 2017



"La increíble sensación de venirse arriba"

El microprocesador 6502 y su impacto en la revolución digital

Es <u>necesario</u> venirse arriba, ilusionarse ;)





Trayectoria profesional

6809

Z80

68000







commons.wikimedia.org

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





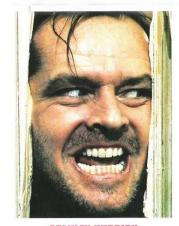






- Fundada en 1928 en Illinois
- Empresa dedicada a las comunicaciones
 - Estaciones de radio
 - Radios portátiles
 - Comunicaciones satélite
 - Telefonía móvil
 - Microprocesadores...
- Cuando el hombre fue a la Luna utilizó equipos de comunicaciones de Motorola:
 - "A small step for a man, a huge step for Mankind"



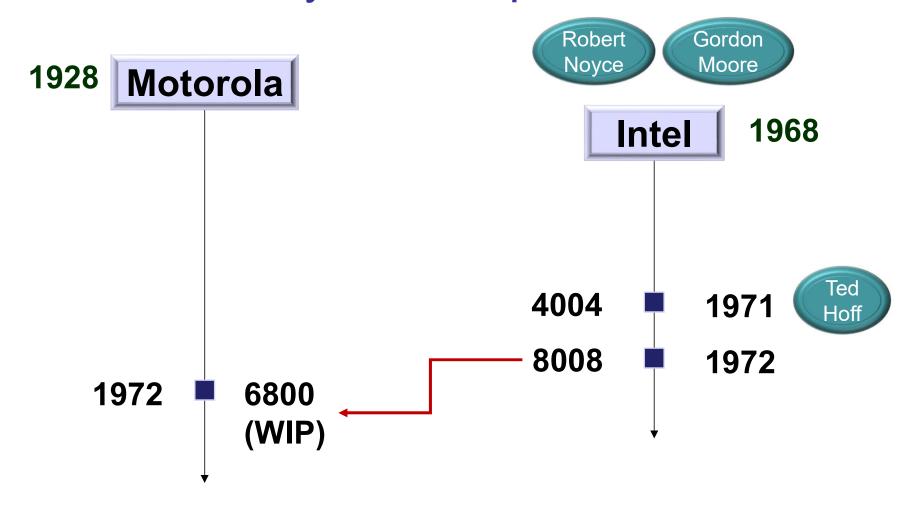


commons.wikimedia.org





Motorola y el microprocesador





Computación 1940-1970

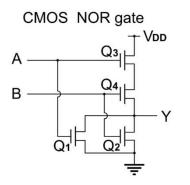
- 1946: ENIAC
 - 17000 válvulas de vacío
 - 300 diodos de cristal
 - 1500 relés
 - 1 KIPS
 - 10 dígitos (31 bits aprox.)
 - "Habitación"
- 1960: IBM 7090
 - 50000 transistores
 - 100 KFLOPS
 - Palabras 36 bits
 - Memoria: 32K palabras
 - Coma flotante (*float*)
 - "Mueble"

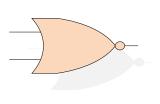
- 1964: IBM System/360
 - Solid Logic Transistor (SLT)
 - 10-2000 KIPS
 - Palabras de 32 Bits
 - 64 KB RAM
 - Coma flotante
 - "Mueble"
- 1971: 4004
 - 2300 transistores
 - 70 KIPS
 - 4 KB ROM, 640 B RAM
 - Palabras de 4/8 Bits
 - Aritmética entera
 - 25-30 \$, 2-3 cm² aprox.



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





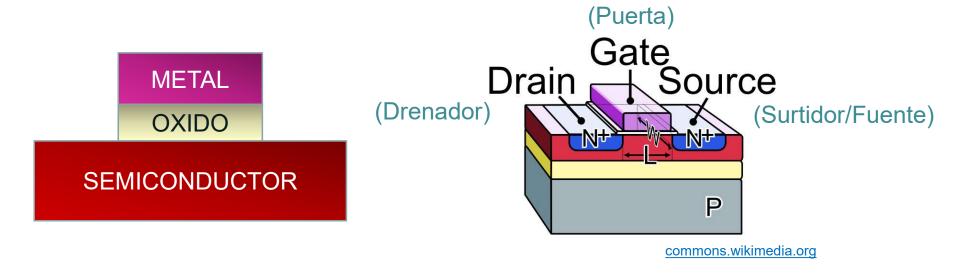


commons.wikimedia.org



Circuito integrado

El transistor predominante hoy en día es el MOS:
 Metal Óxido Semiconductor



 Su nombre lo determinan las tres capas de materiales que se disponen formando un "sándwich"



Circuito integrado

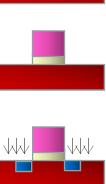
 Los circuitos integrados se contruyen por capas que se depositan sobre una base de Silicio:

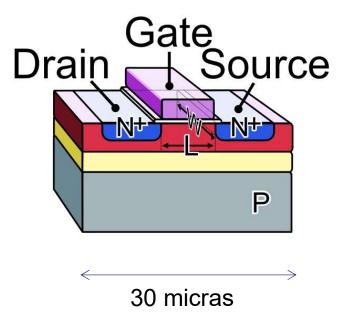
Tecnología Planar

1. Se **depositan** materiales



- Se eliminan materiales (dar forma)
- Se implantan iones (modificar propiedades)

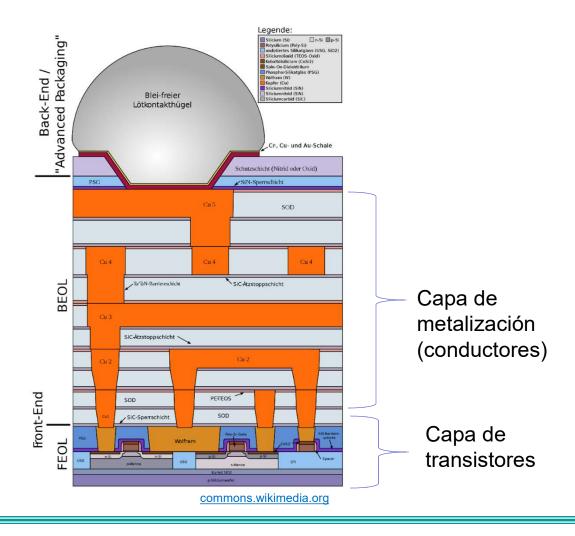




commons.wikimedia.org

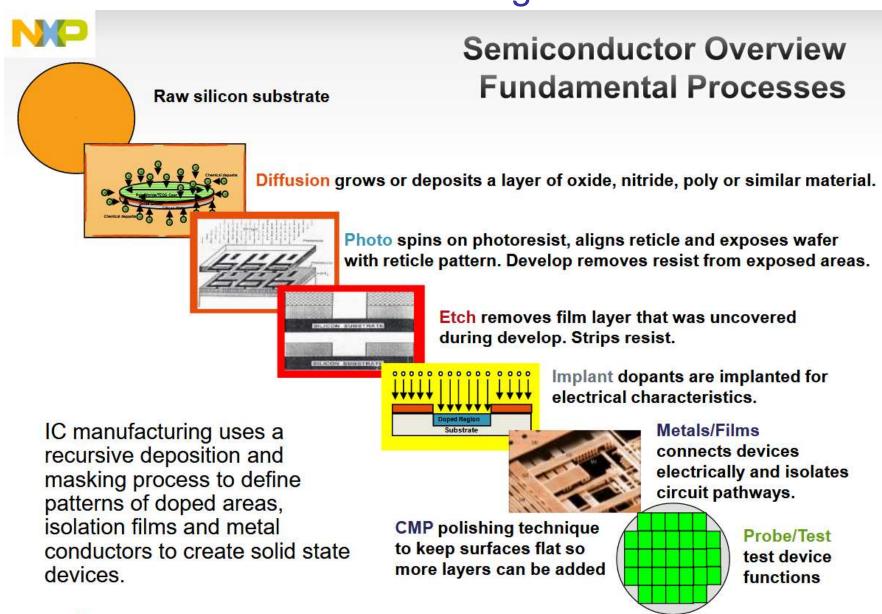


Circuito integrado



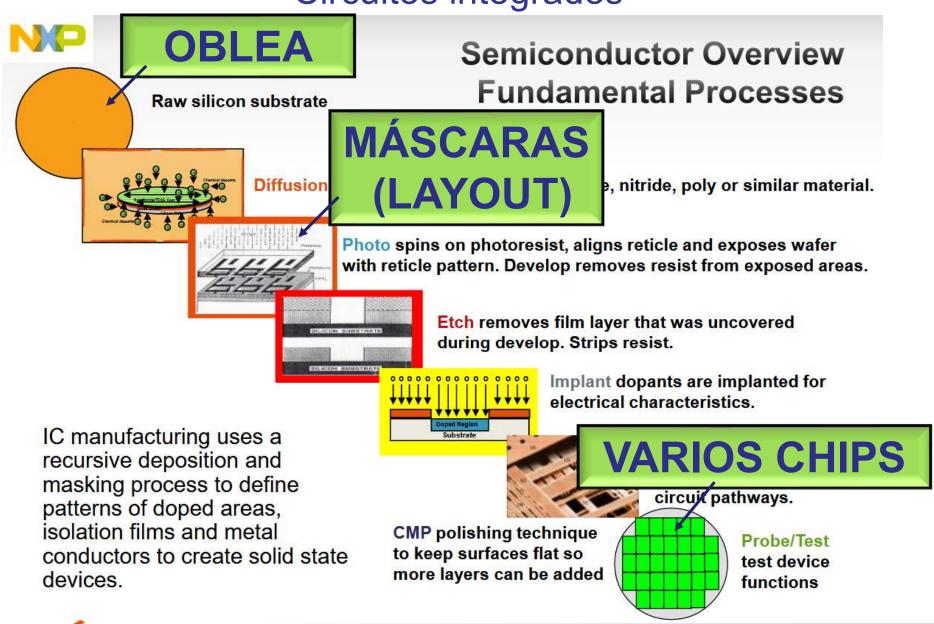


Circuitos integrados





Circuitos integrados





¡Oiga!

¿Y qué tal si seguimos con el 6502?



- Charles Ingerham Peddle Nace en 1937
- Estudia Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Maine (Nordeste EE.UU)

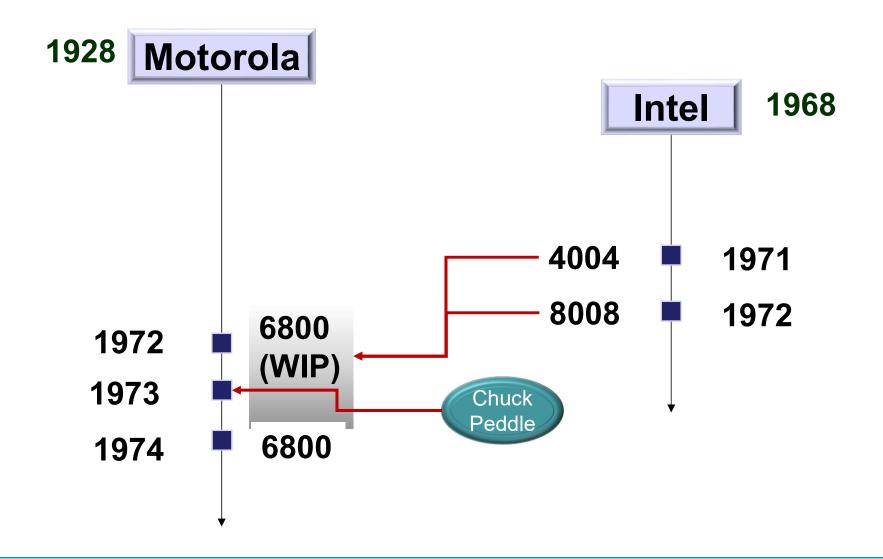


- Un profesor del MIT le enseña Electrónica Digital
- Trabaja en **General Electrics** (GE) Phoenix Arizona (Suroeste EE.UU)
 - Ordenadores Time-Sharing
 - Cajas registradoras
- El negocio de los sistemas Time-Sharing se va a pique
- GE abandona el sector de la computación



- En 1973 Tom Bennett, que dirige el grupo de diseño del 6800 en Motorola (Mesa, Arizona), contrata a Chuck Peddle
 - Ayudar al equipo de marketing a entender qué es un microprocesador y cómo venderlos
 - Promocionar el 6800 entre las empresas del sector







- En sus esfuerzos de evangelización sobre el 6800 descubre que
 - Muchos ingenieros creen que el micro es caro

```
4004 → 29$
```

 $6800 \rightarrow 300$ \$

- Chuck propone realizar una versión reducida del 6800 que actúe como microcontrolador
 - Propone y... comienza su diseño
 - La idea es situarse entre el 4004 y el 8008
- La empresa le envía una carta indicándole que abandone su trabajo en el nuevo microcontrolador
- Chuck Peddle abandona Motorola (1974)



MOS Technology y el 6502

- Búsqueda de financación
- Contacta con John Paivinen al que conoció en GE que había cofundado MOS Technology
 - Norristown, Pensilvania, Costa Este EE.UU
 - Microchips para calculadoras
 - Pong de Atari
- Se crea la sección de microprocesadores de MOS Technology
- El micro recibe el nombre de 6502
- John Paivinen se compromete a crear el proceso de fabricación n-MOS que necesita el micro



wikipedia.org



MOS Technology y el 6502

- El equipo:
 - Arquitectura

Chuck Peddle (ex-Motorola)

Will Mathys (ex-Motorola)

Rod Orgill (ex-Motorola)

Microelectrónica (layout)

Bill Mensch (ex-Motorola)

Ray Hirt (ex-Motorola)

Harry Bawcom (ex-Motorola)

Mike Jaynes

Sidney-Ann Holt

Manager

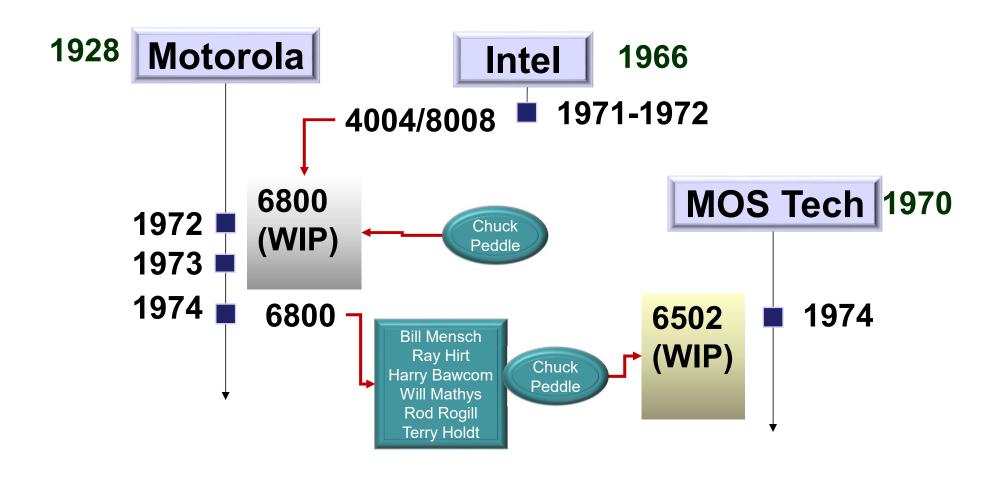
Terry Holdt (ex-Motorola)



EE Times 1975



MOS Technology y el 6502





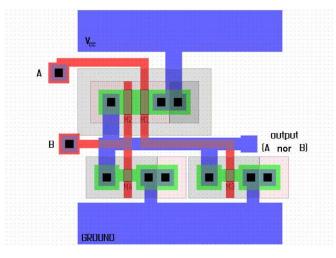
- Objetivos de Peddle
 - -6502
 - Microprocesador de 8 bits (basado en el PDP-II)
 - Precio en torno a 25\$
 - -6501
 - Con patillaje (pinout) compatible con el 6800 de Motorola
 - Precio en torno a 25\$
 - **6507**
 - Chip de muy bajo coste
 - Pocos pines (bus de direcciones limitado)
 - Precio en torno a lo 5\$
- ¿Cómo iban a conseguirlo?



- Arquitectura hecha con lápiz y papel
 - Conjunto de instrucciones
 - Bloques principales de la CPU
- Chuck Peddle aplica la técnica de pipeline (segmentación)
 - Reduce <u>aproximadamente</u> entre 4 el número de ciclos de cada instrucción
 - Es el primer microprocesador que utiliza esta técnica
 - Aunque ya la utilizaban los mainframes
 - No sólo compite con el 4004 sino con el 8008



- Layout
 - Disposición de los transistores en el chip
 - Interconexión entre transistores
 - Diseño de máscaras
- Bill Mencsh realiza el layout del 6502



commons.wikipedia.org





- Diseño del layout manual
 - 3510 transistores
 - Dibujando el chip en una mesa de gran tamaño
 - Reglas, lápices de colores
- Máscaras hechas a mano
 - Se hacían con un material llamado Rubylith
 - Rubylith: capa de acetato y capa opaca
 - Usaban cuchillas de afeitar y reglas
 - Importante llevar calcetines nuevos
- Las máscaras se footgrafiaban y se reducía su tamaño

commons.wikipedia.org





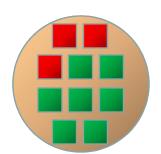
- Jaynes, Hirt y Bawcon crearon un total de 6 máscaras
 Agosto 1974 → Junio 1975
- Las máscaras usadas en la fabricación de chips se degradaban con cada uso
- MOS Technology utilizaba una técnica diferente en la que la máscara no estaba en contacto con el chip
 - No había degradación
- ¡Ya se puede fabricar!

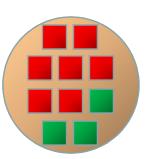


- En Septiembre de 1975 ya estaba el chip operativo
- Cuando fabricaron el primer chip

¡Funcionaba!

- Las obleas contenían 50 chips
- Los chips pueden salir defectuosos (yield)
- El % de chips 6502 defectuosos era del 30 %
 - Lo habitual para esa época era el 70%





Alta reducción del coste



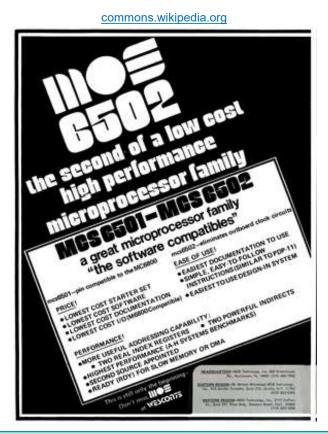
 El primer paso era presentar los chips con varios kits (KIM y TIM) en el evento

WESCON

(Western Electronics Show and Convention)

16 de Septiembre de 1975

- Presentan lo siguiente:
 - -6501
 - 6502
 - Chips asociados
 - Kits KIM y TIM
 - Manuales HW y SW





- Querían vender los chips en la WESCON, pero no estaba permitido
- Montaron "oficina" en un hotel cercano
 - McArthur Suite, St. Francis Hotel
 - 6502 por **25\$**
 - Manuales por 10\$
- Querían distribuir los chips entre
 - Ingenieros
 - -Hackers





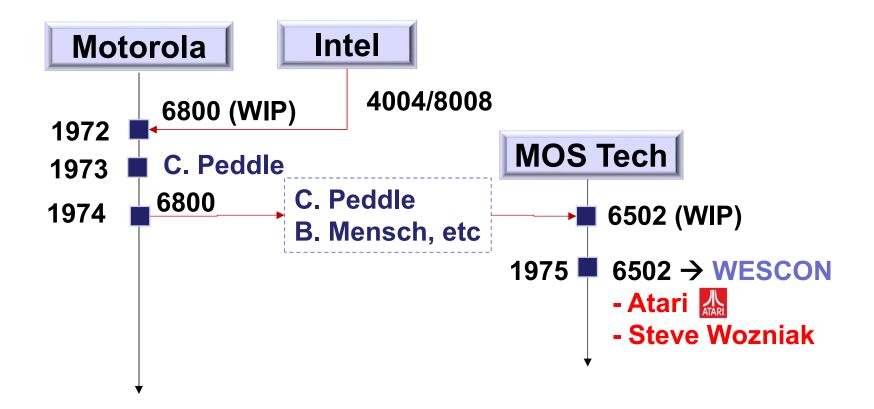
- ¿Funcionó la idea?
 - Ingenieros de Atari hablaron son Chuck sobre una posible consola de videojuegos
 - Y también un tal Steve Wozniak compró chips





commons.wikipedia.org







Venta del 6502: Atari



- 2 días después de la WESCON firman contrato con ATARI
- A Atari le interesa el 6507
- Les venden el 6507 y los chips asociados por 12\$
 - Con otras empresas rondaba los 150\$
- MOS Techonology permite a la compañía Synertek fabricar los chips 65xx
- Esto ofrece mayor seguridad a Atari (y a otros clientes)



https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Evan-Amos



Venta del 6502 (seguimos)

- Chuck Peddle entra en contacto con ingenieros que utilizan visita numerosas empresas e incluso diseña los circuitos
- En el período 1975-1976 consigue
 - Primera máquina de pinball con microprocesador (Allied Leisure Industries)
 - Primer conmutador de red con microprocesador (Telenet)
 Primera red pública de conmutación de paquetes
 - Recreativa con microprocesador (Sprint 2, Grass Valley)
 Gun Fight de Taito ya usaba un 8080 (1975)
 - Fotocopiadora con microprocesador (Saxxon)
 - Etc.

¡Esto marcha!



Venta... ¡ejem! Pleito con Motorola

- En Noviembre de 1975 Motorola les lleva a juicio por infracción de patente
- Posible motivación:
 - Diáspora ("robo") de ingenieros
 - Compatibilidad del 6501 con el 6800
 - Pérdida del contrato con Atari



https://es.wikipedia.org/wiki/Usuario:Swazmo/27



6502 y la creación del PC

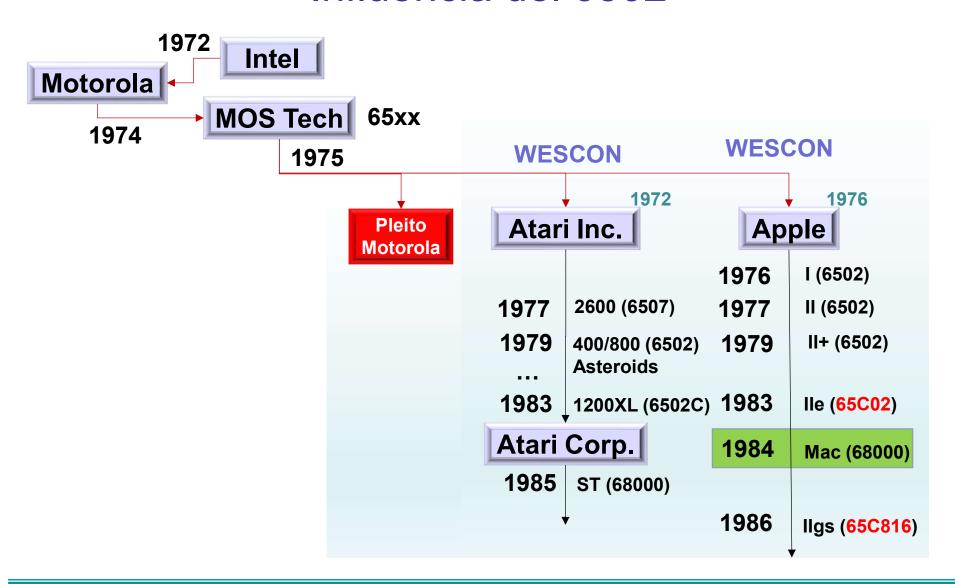
- Chuck Peddle se soprende al ver el interés por los kits KIM y TIM
- Empieza a considerar la idea de usar el 6502 como CPU de un ordenador de reducido tamaño

Ordenador Personal

- A John Paivinen le gusta la idea...
- Apple ya se estaba gestando y perseguía un objetivo similar



Influencia del 6502





- Allen-Bradley, el principal cliente de MOS Technology "se retira" del negocio de las calculadoras en 1976
 - Da sus acciones a los fundadores de la empresa
- Al mismo tiempo, los ingenieros más importantes se marchan gradualmente
 - Tras crear el 6502 la empresa se centra en venderlos
 - No hay un proyecto de continuación a corto plazo
 - La historia se repite: Motorola
- Bill Mensch decide continuar el legado del 6502 y "planea su fuga"
- Finalmente, no se autoriza el proyecto de ordenador personal de Chuck



- MOS technology se desmorona
 - Pérdida del negocio de las calculadoras
 - Ingenieros descontentos
 - Pleito con Motorola
- El pleito con Motorola supuso muchos gastos y que el 6501 no saliese al mercado



• Entra en escena la compañía uno de sus clientes:

Commodore Business Machines



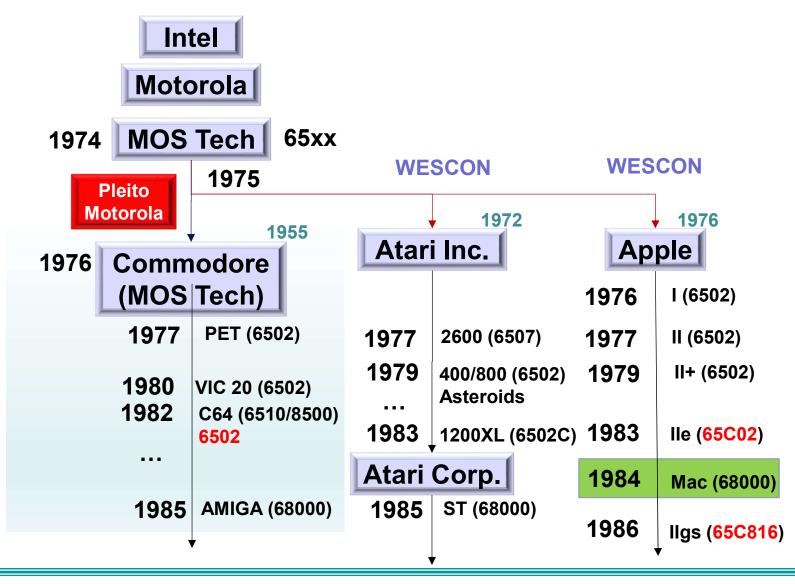
- El negocio de Commodore es también el de las calculadoras
 - Está a punto de quebrar
 - Al saber de la situación de MOS tech. ven el potencial de ser capaces de fabricar sus propios chips
- Commodore adquiere MOS Tech. en Septiembre de 1976



- Todos los ingenieros del equipo 6502 se han marchado, y Chuck Peddle ya ha encontrado trabajo en en Allied Leisure Industries
- A punto de salir del edificio llegan:
 - Dick Sanford, director financiero de CBM
 - Jack Tramiel, fundador de CBM
- Habla con Sanford acerca de su visión del PC
- Tramiel le dice inmediatamente que se quede y que siga adelante con el proyecto



Influencia del 6502





Influencia del 6502 Intel **Motorola MOS Tech 65xx** 1974 **WESCON WESCON** 1975 Pleito **Motorola** 1972 1976 1955 Atari Inc. Apple 1976 Commodore 1889 (MOS Tech) 1976 I (6502) **Nintendo** 1977 **PET (6502)** 1977 2600 (6507) 1977 II (6502) 1979 1979 II+ (6502) 400/800 (6502) 1980 VIC 20 (6502) **Asteroids** 1982 C64 (6510/8500) 1983 1983 1200XL (6502C) lle (65C02) 1983 Famicom (RICOH 2A03) Atari Corp. 1984 Mac (68000) -6502-1985 1985 ST (68000) **AMIGA (68000)** 1986 llgs (65C816) 1990 Super **Famicom** RICOH 5A22) -65C816-



¿Qué fue de... Bill Mensch?

Bill Mensch fundó la empresa en 1978

Western Design Center (WCN)



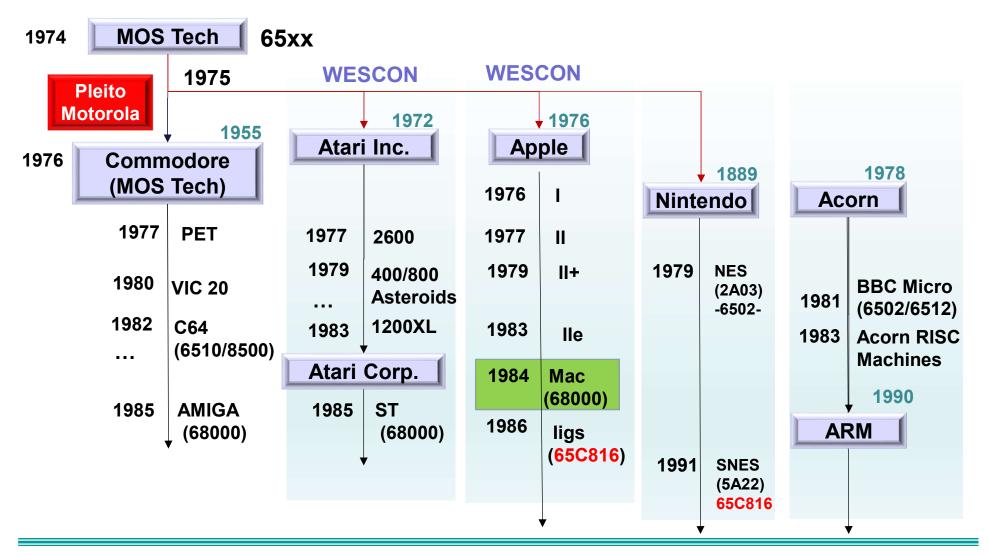
Crea la evolución del 6502 a 16 bits en 1983:

65C816

En esta época recibe la visita de ingenieros de la empresa británica
 Acorn Computers

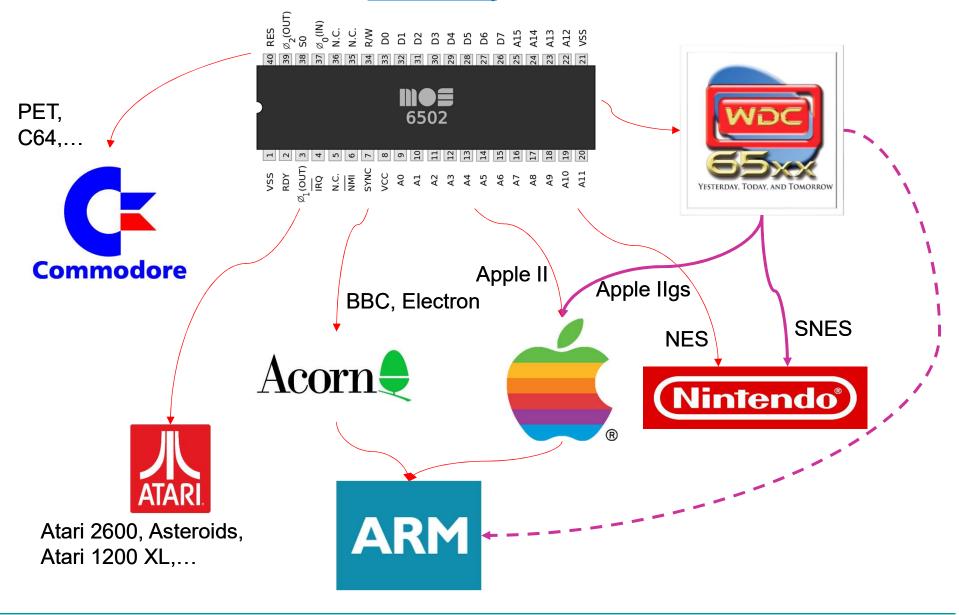


Influencia del 6502



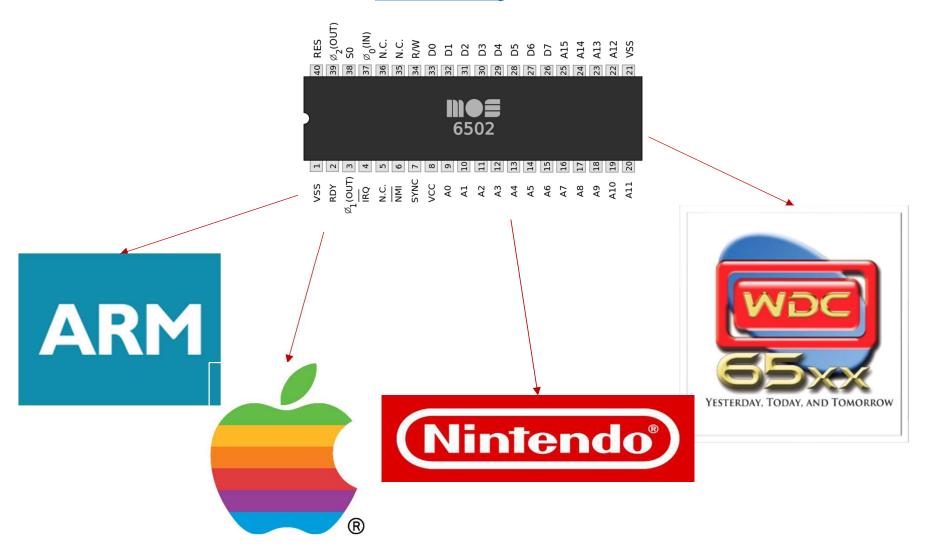


commons.wikimedia.org Bill Bertram





commons.wikimedia.org Bill Bertram





¿Qué fue de... Chuck Peddle?

- Trabajó en Commodore hasta el año 1980
- Tensiones con Jack Tramiel le animaron a marcharse y fundar su propia empresa
- En 1980 funda la empresa Sirius con John Paivinen y Chris Fish
- Intenta competir con IBM creando el Victor 9000
- Commodore le lleva a juicio por infracción de patente
- Sigue estando activo en el entorno de la tecnología

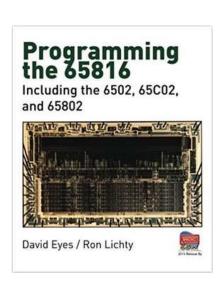


El 6502 hoy en día

- Es posible comprarlo por 7 €
 - www.mouser.es W65C02S6TPG-14



- MENSCH microcomputer (30\$)
 - https://www.tindie.com/products/dcwdc/ mensch-microcomputer/
- Reedición del libro (2015)
 Programming the 65816
 D. Eyes, R. Litchy

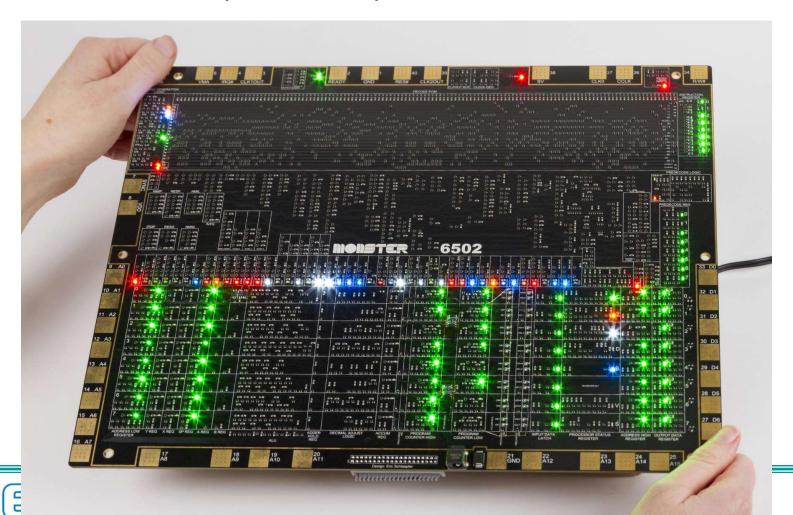






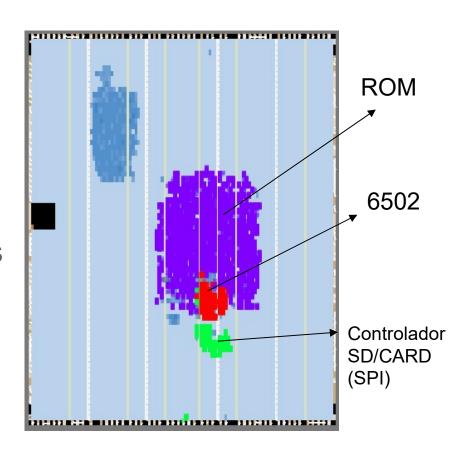
El 6502 hoy en día

- monster6502.org
 - con suerte, pronto en http://www.evilmadscientist.com/



El 6502 hoy en día: FPGAs

- WDC vende el 6502 para FPGAs de Altera
- Existen numerosos cores gratuitos en opencores.org
 - T65
 - cpu6502_tc
- Al igual que implementaciones en FPGA
 - C64: ZX-UNO, MIST, DE2, ...
 - Apple][: ZX-UNO, Papilio, DE2, DE2-115, ...
 - BBC Micro: DE1,...





El 6502 hoy en día: visual6502.org



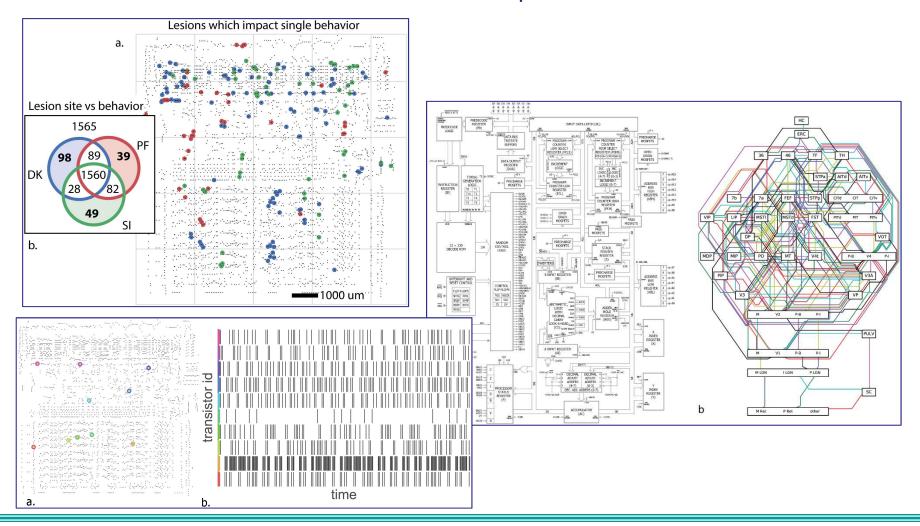
El 6502 y el cerebro

- Could a neuroscientist understand a microprocessor?
 E. Jonas, K. P. Kording
 Computational Biology, 12 Enero 2017
- Trata a la Atari 2600 como si se tratase de un organismo
 - Su cerebro es el 6502
 - Las tareas que estudian son
 - 1. Donkey Kong (DK)
 - 2. Space Invaders (SI)
 - 3. Pitfall (PF)



El 6502 y el cerebro

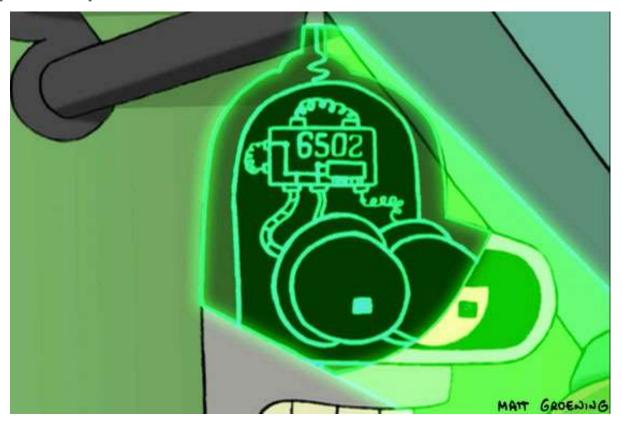
Could a neuroscientist understand a microprocessor?





El 6502 y el cerebro

• Y por supuesto, el cerebro de Bender es un...



Futurama: "Fry y la fábrica de slurm" 1x13



gacaffe@gmail.com Muchas gracias @gacaffe @bitcaffe 1899 C11 (L) TOTAL **# 19:38** COST WORLD TIME MARIO 000000 0x00 TOTAL 14438.16 ACTIVISION 1 PLAYER EREMY -2 PLAYER -Moumos-TOP- 000 · usmo · HOLDING-POWER. · WEAPOURY · 甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲 五五五五五五五五五五五五五五



Bibliografía y enlaces

- Commodore: a company on the edge
 http://variantpress.com/books/commodore-a-company-on-the-edge/
- Sophistication & Simplicity: The Life & Times of the Apple II Computer.
 Steven Weyhrich
 http://apple2history.org/book/
- The Man Behind the Microchip: Robert Noyce and the Invention of Silicon Valley. Leslie Berlin http://leslieberlinauthor.com/?page_id=11
- http://spectrum.ieee.org/semiconductors/processors/25-microchips-that-shookthe-world
- http://6502.org
- http://visual6502.org

