Módulo 01

Introducción (Pt. 2)

Organización de Computadoras
Depto. Cs. e Ing. de la Comp.
Universidad Nacional del Sur

Copyright

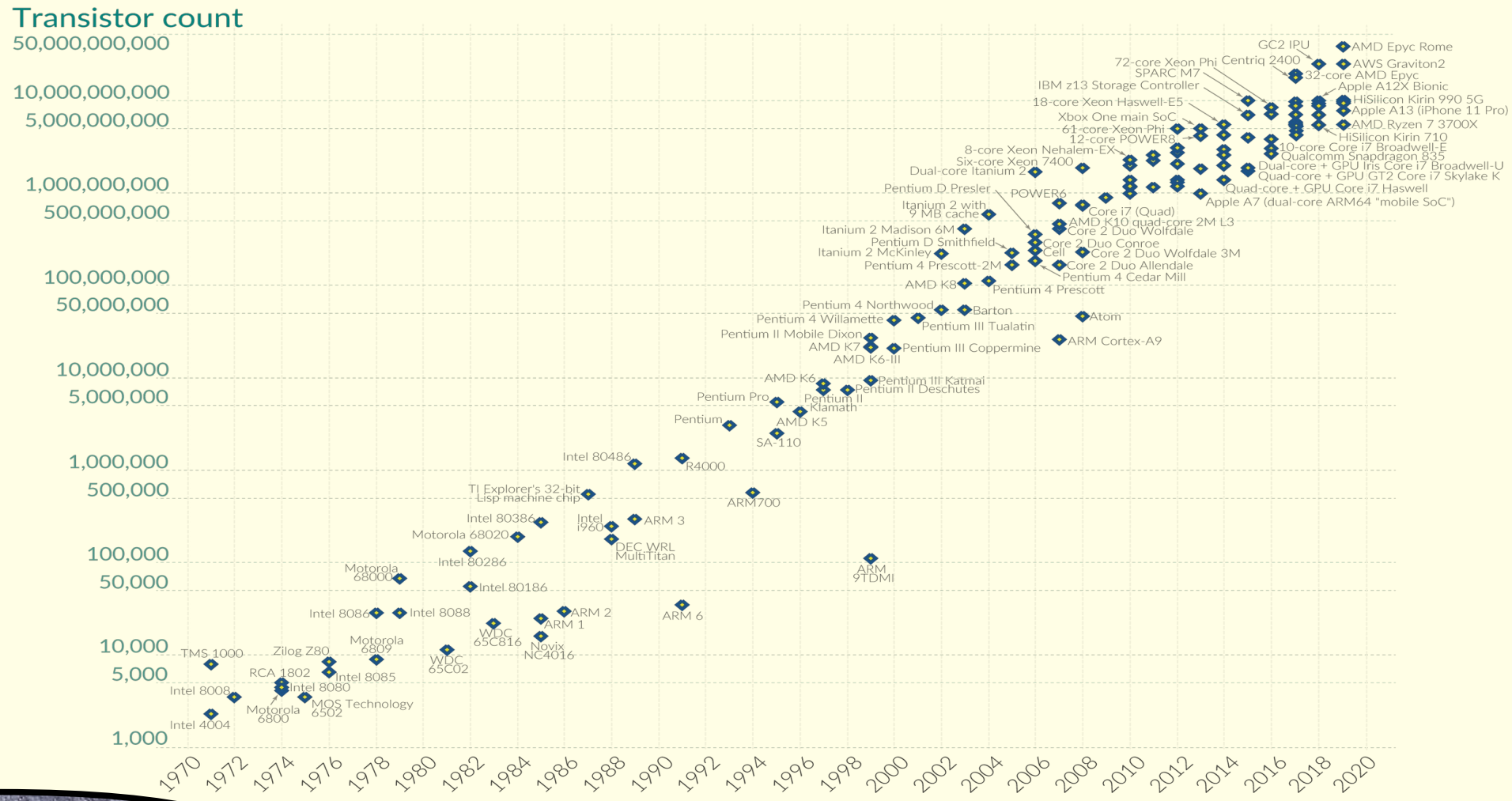
Contenidos

- Historia de la computación
- Arquitectura von Neumann
- Generaciones
- Ley de Moore
- Evolución de las arquitecturas
- Arquitecturas **CISC** vs. **RISC**
- Ciclo básico de un **CPU**
- Organización de la memoria

Ley de Moore

- Gordon Moore (1929-1923), uno de los fundadores de Intel, observó que la densidad de los circuitos integrados crecía constantemente
- Predijo que la cantidad de transistores en los chips iba a duplicarse cada año
  - Tan precisa fue esa predicción que hoy se la conoce como la Ley de Moore
- Desde la década del '70 este crecimiento se desaceleró:
  - ¡Ahora sólo se duplica cada 18 meses!

Transistores por CPU



https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count

Transistores por CPU

- ¿Qué beneficio genera contar dentro de un mismo chip con más transistores?
  - Los transistores de los integrados **CMOS** cuanto más pequeños resultan más veloces y disipan menos calor
  - Al ser más pequeños todos los componentes, sus interconexiones son mas cortas, por ende pueden tener un mejor desempeño
  - El costo de fabricar un cm^2 de chip se ha mantenido relativamente constante en moneda dura, por lo que al aumentar el nivel de integración baja el costo (es decir, pagando lo mismo podemos hacer más)

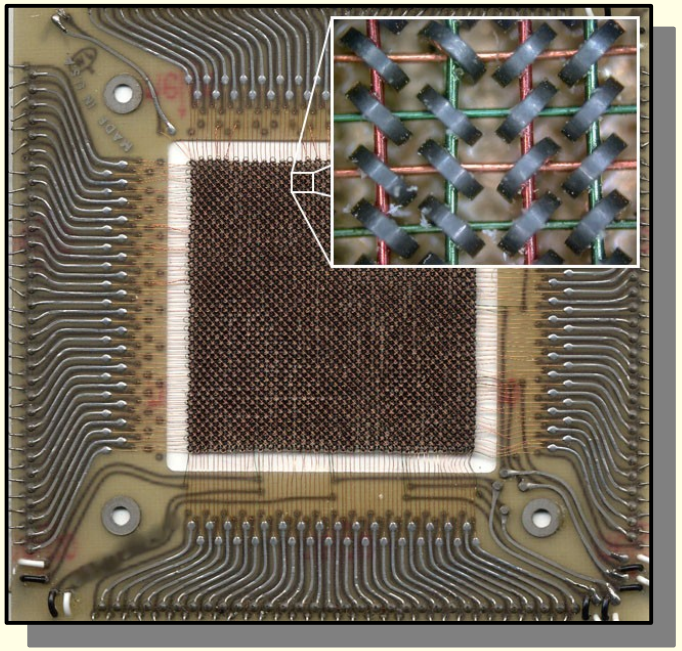
Ley de... ¿Alejandro?

- La ley de Moore nos permite contar con **CPU**s más veloces...
  - ¿Por qué razón más pequeño resulta más rápido?
- La forma más simple de recordarlo es teniendo en cuenta la siguiente aseveración:

  "No se puede ir rápido y lejos al mismo tiempo"
- Volveremos a este principio numerosas veces a lo largo del resto de la carrera

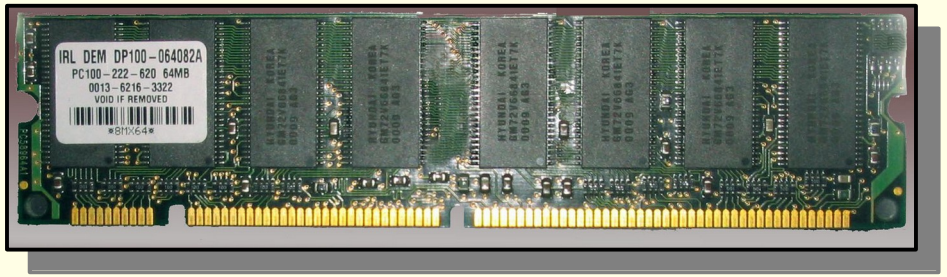
Evolución de la memoria

- La tecnología de la memoria principal de las primeras computadora era bien diversa
- Una de las alternativas más populares de la época (1955-1975) fue la memoria de núcleo
  - Cada bit se almacenaba en un pequeño toroide magnético
  - Se trata de una memoria persistente, pero cuyo contenido se destruye al leerlo



Evolución de la memoria

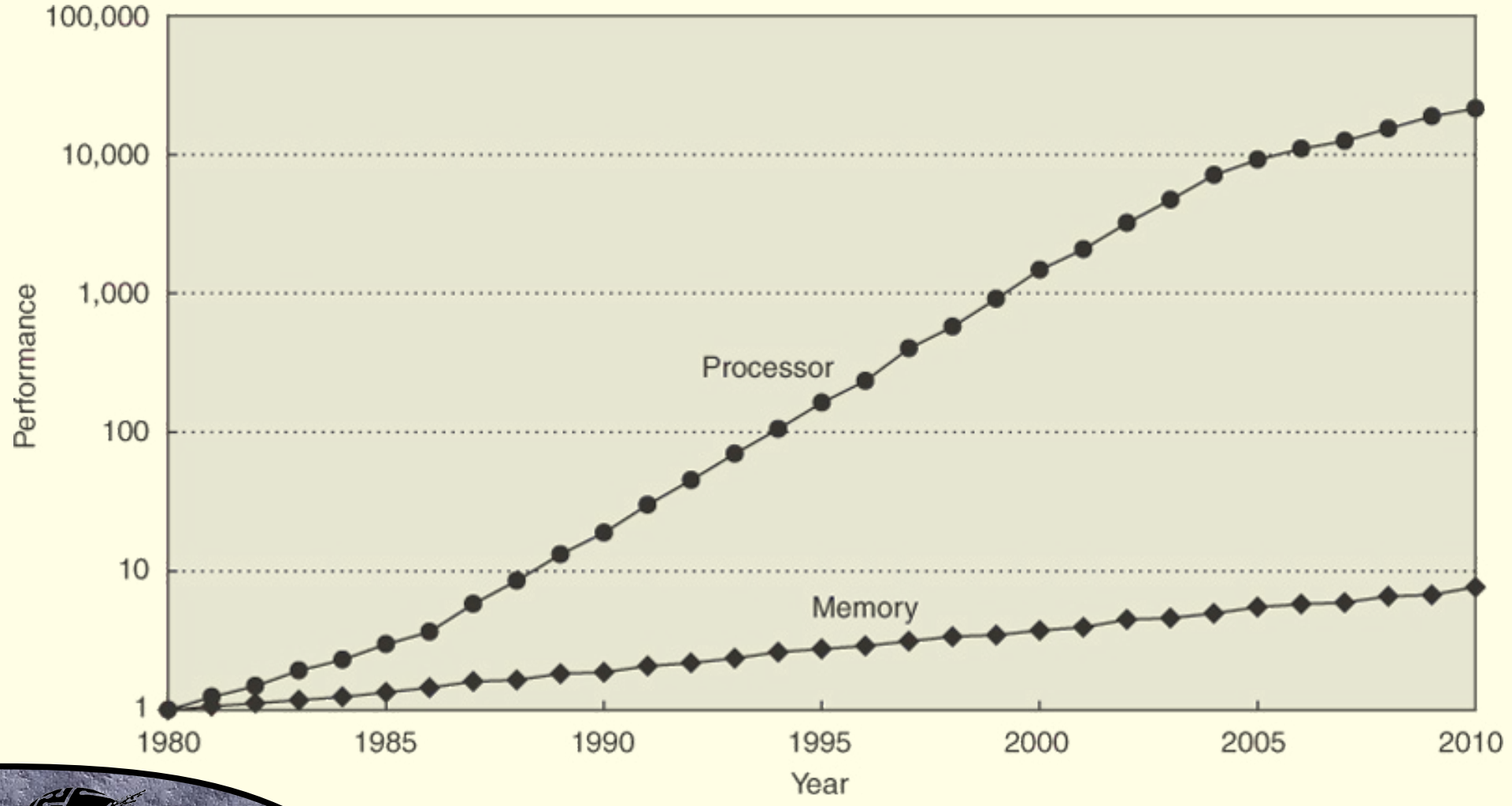
- En la década del '70 finalmente se pudo aplicar la tecnología de los circuitos integrados a la producción de memoria
  - La tecnología de los semiconductores permitió empaquetar unos 256 bits en el espacio ocupado por un único toroide de la memoria de núcleo
  - Las lecturas no eran destructivas y además el ciclo de lectura era mucho más veloz
  - Eso si, se trata de una memoria dinámica, el contenido se pierde pasado un cierto tiempo



Evolución de la memoria

- Una vez implementada la memoria dentro de un circuito integrado, se pudo sacar provecho de los avances en el nivel de integración:
  - La capacidad de los módulos de memoria se duplica cada unos 12 meses
- No obstante, sólo la capacidad de los módulos se incrementa de forma exponencial, no así su velocidad de acceso
  - Existe una separación (un gap) cada vez mayor entre las velocidades del procesador y de la memoria

CPU vs. Memoria



Soluciones ensayadas

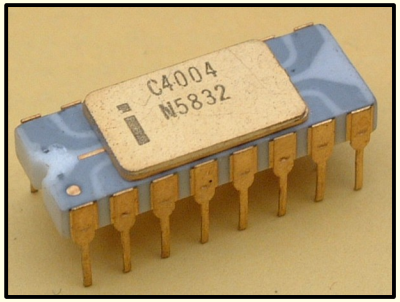
- A lo largo del tiempo se han ensayado distintas alternativas para atemperar el impacto de esta creciente diferencia de desempeño:
  - Traer más información a la vez (que los módulos de memoria tengan más pines o “patitas”)
  - Incorporar múltiples niveles de memoria cache
  - Minimizar los accesos a memoria (tarea tanto del programador como del compilador)
  - Mejorar la interconexión entre **CPU** y memoria (por ejemplo, haciendo uso de múltiples canales)

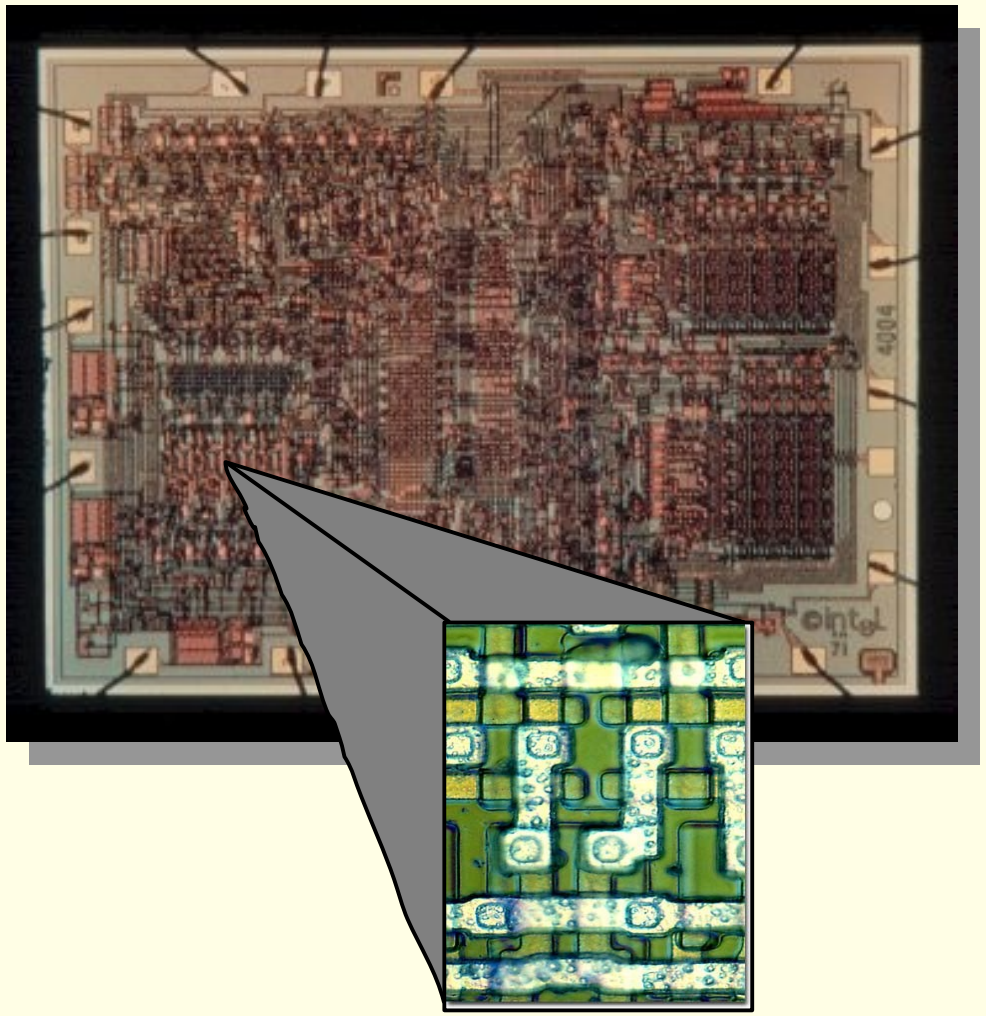
Intel

- Intel introdujo en 1971 el **i4004**, el primer microprocesador
  - Un microprocesador contiene todos los componentes del **CPU** dentro de un único chip
  - Se trata de una arquitectura de 4 bits
- En 1972 introdujo el **i8008**, de 8 bits
  - Tanto el **i4004** como el **i8008** eran de propósito específico
- Luego, en 1974 introdujo el **i8080**, el primer microprocesador de propósito general

Intel 4004 (1971)

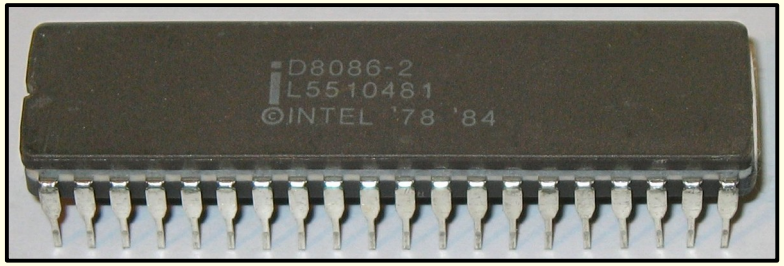
- Características:
  - Arquitectura de 4 bits
  - Capacidad de memoria: 4 KB (12 bits)
  - Transistores: 2.250
  - Tamaño: 12 mm²
  - Frecuencia: 108 KHz

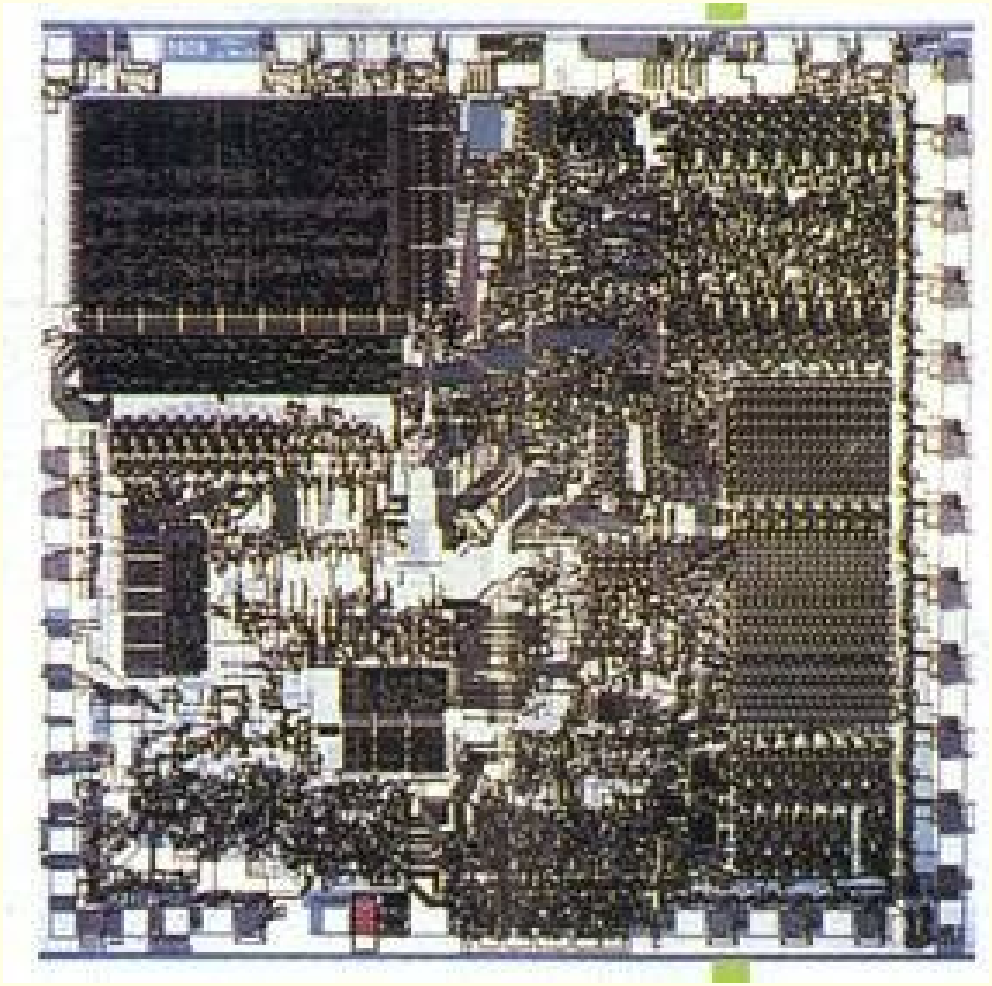




Intel 8086 (1978)

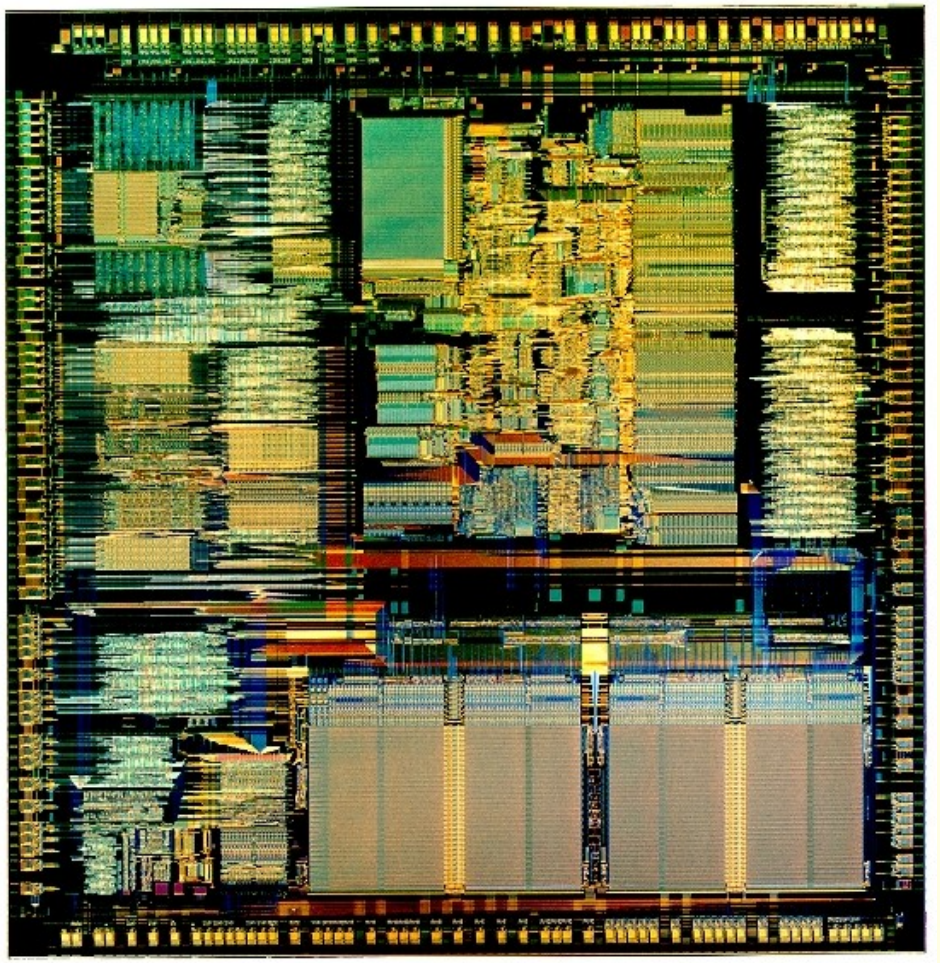
- Características:
  - Arquitectura de 16 bits
  - Capacidad de memoria: 1 MB (20 bits)
  - Transistores: 29.000
  - Tamaño: 23 mm²
  - Frecuencia: 5.000 KHz





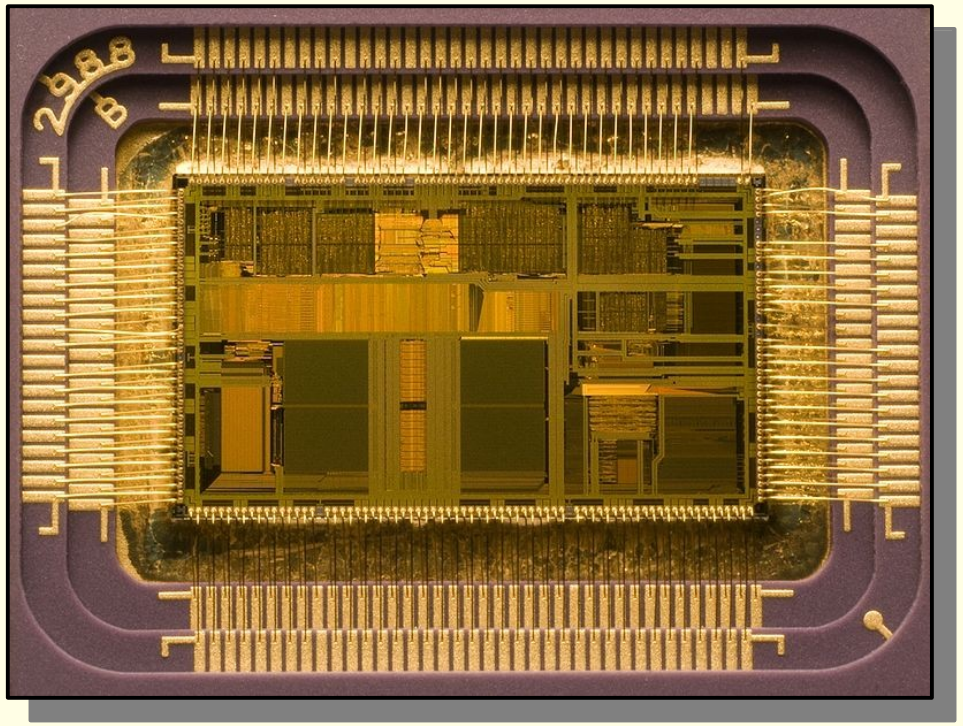
Intel 80386 (1985)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de memoria: 4 GB (32 bits)
  - Transistores: 275.000
  - Tamaño: 104-39 mm²
  - Frecuencia: 12-33 MHz



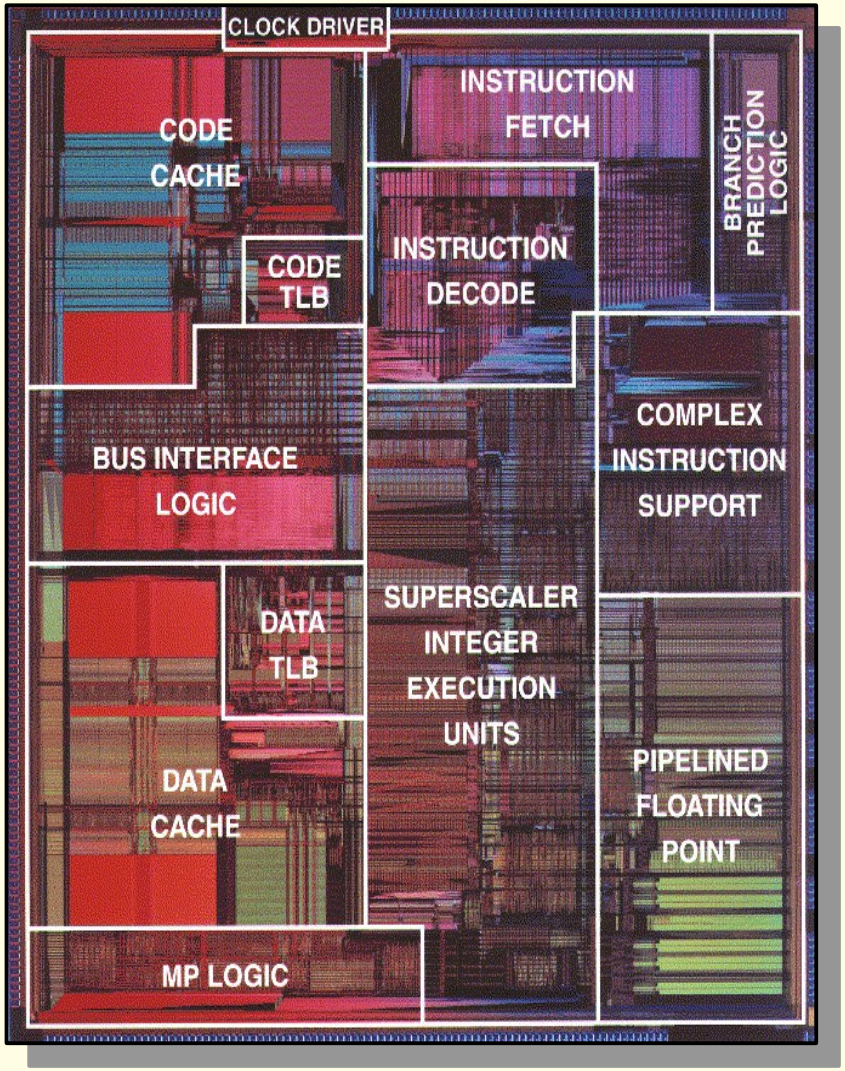
Intel 80486 (1989)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de memoria: 4 GB (32 bits)
  - Transistores: 1.200.000
  - Tamaño: 81 mm²
  - Frecuencia: 16-100 MHz
  - Cache: 8 KB
  - Incluye por primera vez un coprocesador matemático en el mismo chip



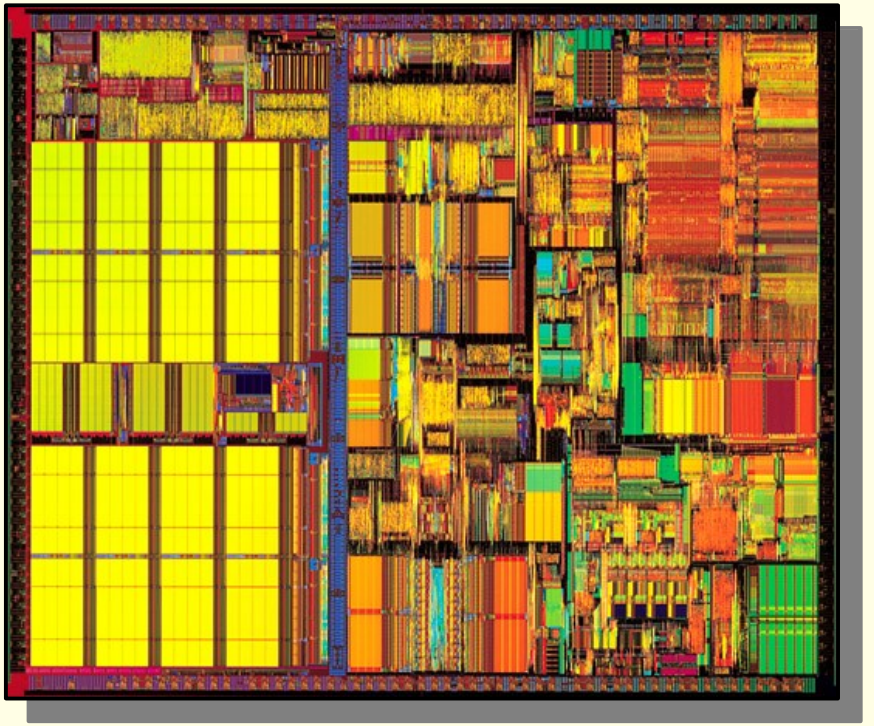
Intel Pentium (1993)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de memoria: 4 GB (32 bits)
  - Transistores: 3.100.000
  - Tamaño: 294 mm²
  - Frecuencia: 60-233 MHz
  - Cache: 16-32 KB
  - Primer arquitectura **x86** superescalar



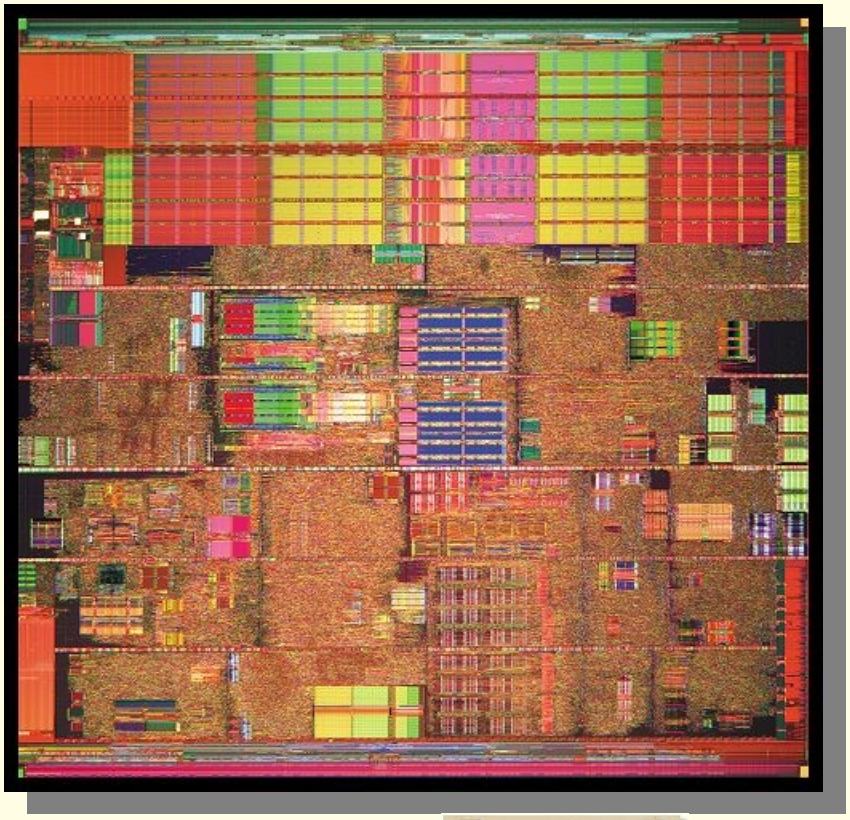
Intel Pentium III (1999)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits.
  - Capacidad de memoria: 4 GB (32 bits)
  - Transistores: 9.500.000
  - Tamaño: 125 mm²
  - Frecuencia: 450-1400 MHz
  - Cache: 256-512 KB



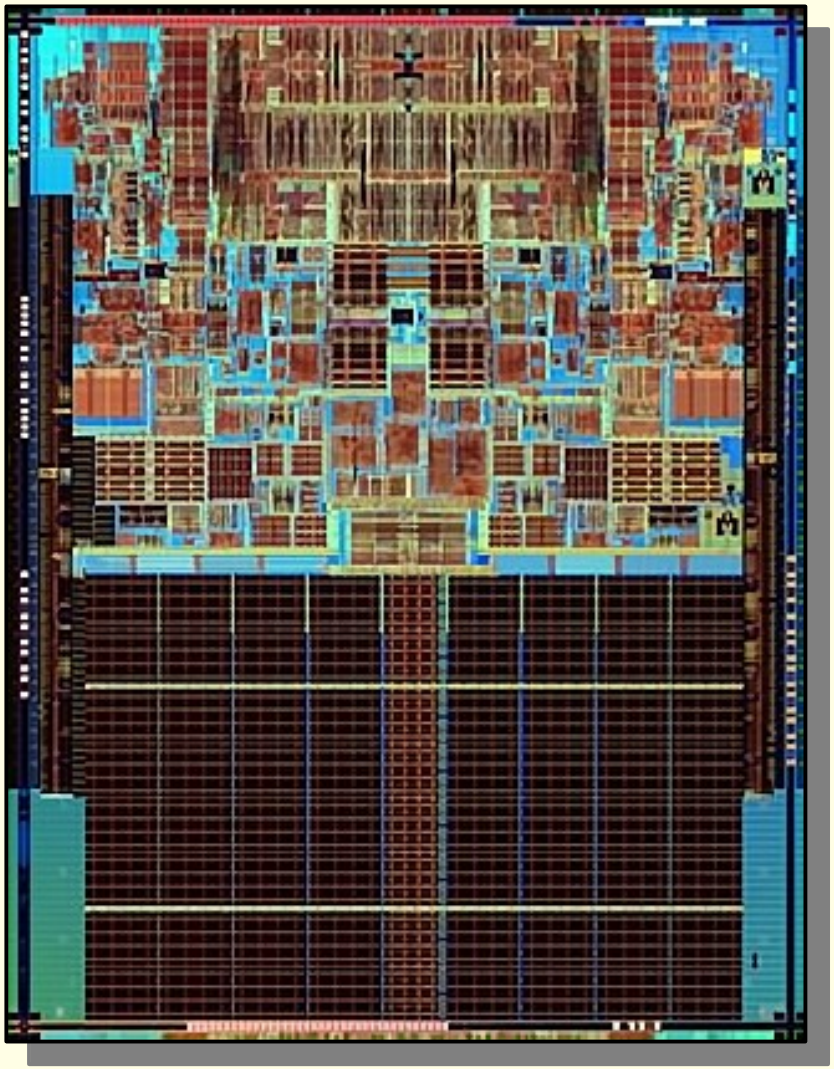
Intel Pentium IV (2000)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de memoria: 4 GB (32 bits)
  - Transistores: 42.000.000
  - Tamaño: 145 mm²
  - Frecuencia: 1.3-3.8 GHz
  - Cache: 256-2048 KB
  - Primera implementación de la técnica de hyperthreading



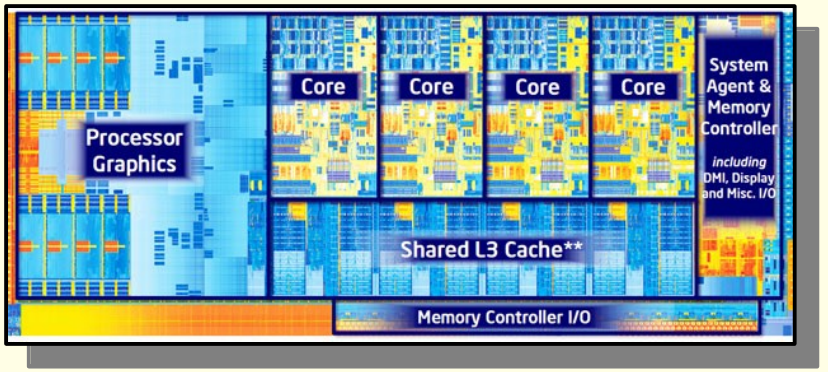
Intel Core2 (2006)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de memoria: 64 GB - 8 EB (36-64 bits)
  - Transistores: 291.000.000
  - Tamaño: 143 mm²
  - Frecuencia: 1.06-3.5 GHz
  - Cache: 1-12 MB
  - Núcleos: 1, 2 ó 4



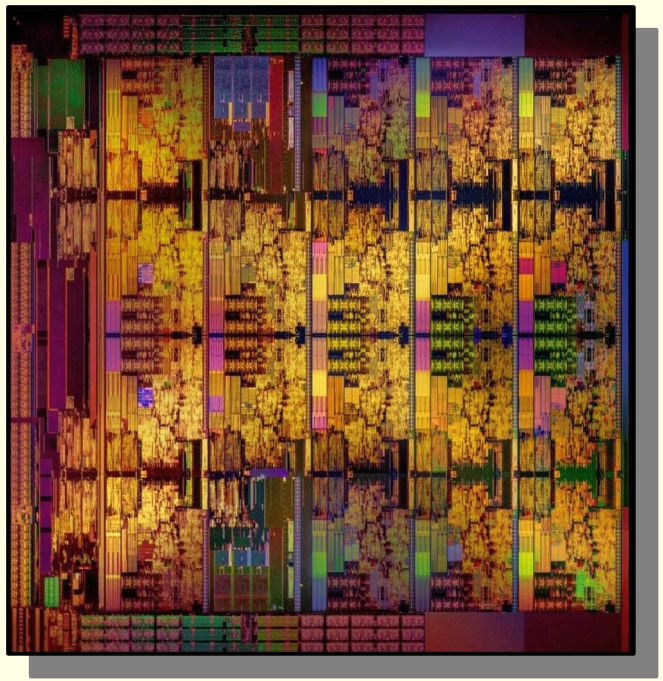
Intel Core i7 (2008)

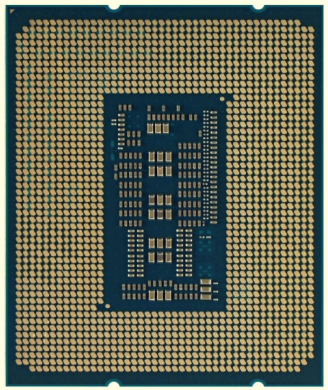
- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de memoria: 64 GB - 8 EB (36-64 bits)
  - Transistores: 1.600.000.000
  - Tamaño: 160 mm²
  - Frecuencia: 1.06-3.5 GHz
  - Cache: 5-15 MB
  - Núcleos: 2, 4 ó 6



Intel Core i9 (2017)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de memoria: 64 GB - 8 EB (36-64 bits)
  - Transistores:
  - Tamaño: 322-484 mm²
  - Frecuencia: 2.6-6 GHz
  - Cache: 24-68 MB
  - Núcleos: 10-24





ARM Cortex-A9 (2007)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    1 GB de RAM / 16 o 32 GB de datos
  - Transistores: 26.000.000
  - Tamaño: 31 mm²
  - Frecuencia: 1.5 GHz
  - Cache: 16-64 KB
  - Núcleos: 2

A15 (2010) + A7 (2007)

- Características:
  - Arquitectura de 32 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    2 GB de RAM / 16 o 32 GB de datos
  - Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 1.6 GHz + 1.2 GHz
  - Cache: 512 KB - 4 MB
  - Núcleos: 4 + 4

A57 (2012) + A53 (2012)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    4 GB de RAM / 32 o 64 GB de datos
  - Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 2.1 GHz + 1.5 GHz
  - Cache: 512 KB - 2 MB
  - Núcleos: 4 + 4

M2 (2017) + A53 (2012)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    4-6 GB de RAM / 64-128 GB de datos
  - Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 2.3 GHz + 1.7 GHz
  - Cache: 2 MB
  - Núcleos: 4 + 4

M4 (2019) + A75 (2017) + A55 (2017)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    8-12 GB de RAM / 128GB-1TB datos
  - Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 2.73/2.71/1.95 GHz
  - Cache: 2-4 MB
  - Núcleos: 2 + 2 + 4

M5 (2020) + A76 (2018) + A55 (2017)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    8-16 GB de RAM / 128GB-512GB datos
  - Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 2.73/2.60/2.00 GHz
  - Cache: 2-4 MB
  - Núcleos: 2 + 2 + 4

X2 (2021)+A710 (2021)+A510 (2021)

- Características:
  - Arquitectura de 64 bits
  - Capacidad de almacenamiento:
    8-12 GB de RAM / 128GB-1TB datos

    Transistores: ¡top secret!
  - Tamaño: ¡top secret!
  - Frecuencia: 2.8/2.52/1.82 GHz
  - Cache: 6 MB
  - Núcleos: 1 + 3 + 4

Hardware vs. Software

- Las computadoras hoy en día se componen esencialmente de hardware y de softwarte
- Denominamos hardware a todo componente tangible, es decir, que se puede tocar
  - Por caso, el procesador, la memoria, el teclado, etc.
- En contraste, denominamos software a los restantes componentes intangibles
  - Por caso, el sistema operativo, los programas de aplicación, etc.

Principio de equivalencia

- El principio de equivalencia nos brinda un puente entre el hardware y el software:

  "Todo lo que pueda ser implementado a nivel de software también puede ser reimplementado a nivel de hardware y todo lo que pueda ser implementado a nivel de hardware también puede ser reimplementado a nivel de software"

- La decisión de qué implementar en hardware y qué en software depende de otros parámetros:
  - Velocidad, costo, facilidad de mantenimiento, etc.

Microprogramación

- Una aplicación inmediata de la ley de equivalencia se puede observar, por caso, en las minicomputadoras de la compañía **DEC**
- En ocasiones, las instrucciones máquina más complicadas se implementaban en un software de bajo nivel llamado microcódigo
  - Parte de las instrucciones estaban implementadas directamente en hardware, pero parte también se implementaban a través de microprogramación
  - La idea era balancear costo vs. desempeño

Microprogramación

- La técnica de microprogramación floreció principalmente durante el período que la memoria principal era excesivamente lenta
  - El contar con un set de instrucciones complejo permite generar programas más compactos y con menor requerimiento de ancho de banda a memoria
  - Este tipo de arquitectura se denomina casualmente Complex Instruction Set Computer (**CISC**)
  - La familia de procesadores Intel es el ejemplo más conocido de las arquitecturas **CISC**

Microprogramación

- La utilidad de la microprogramación empezó a ceder de la mano de dos avances:
  - Por un lado el crecimiento exponencial de la cantidad de transistores disponibles permitió reimplementar en hardware más y más funcionalidad
  - Pero el mayor impacto vino de la mano de la mejora en el desempeño de la memoria principal
  - En la actualidad se opta por simplificar el set de instrucciones (**RISC**), mejorando el desempeño mediante el uso de pipeline y de múltiples núcleos
  - La arquitectura **ARM** pone en práctica esta filosofía

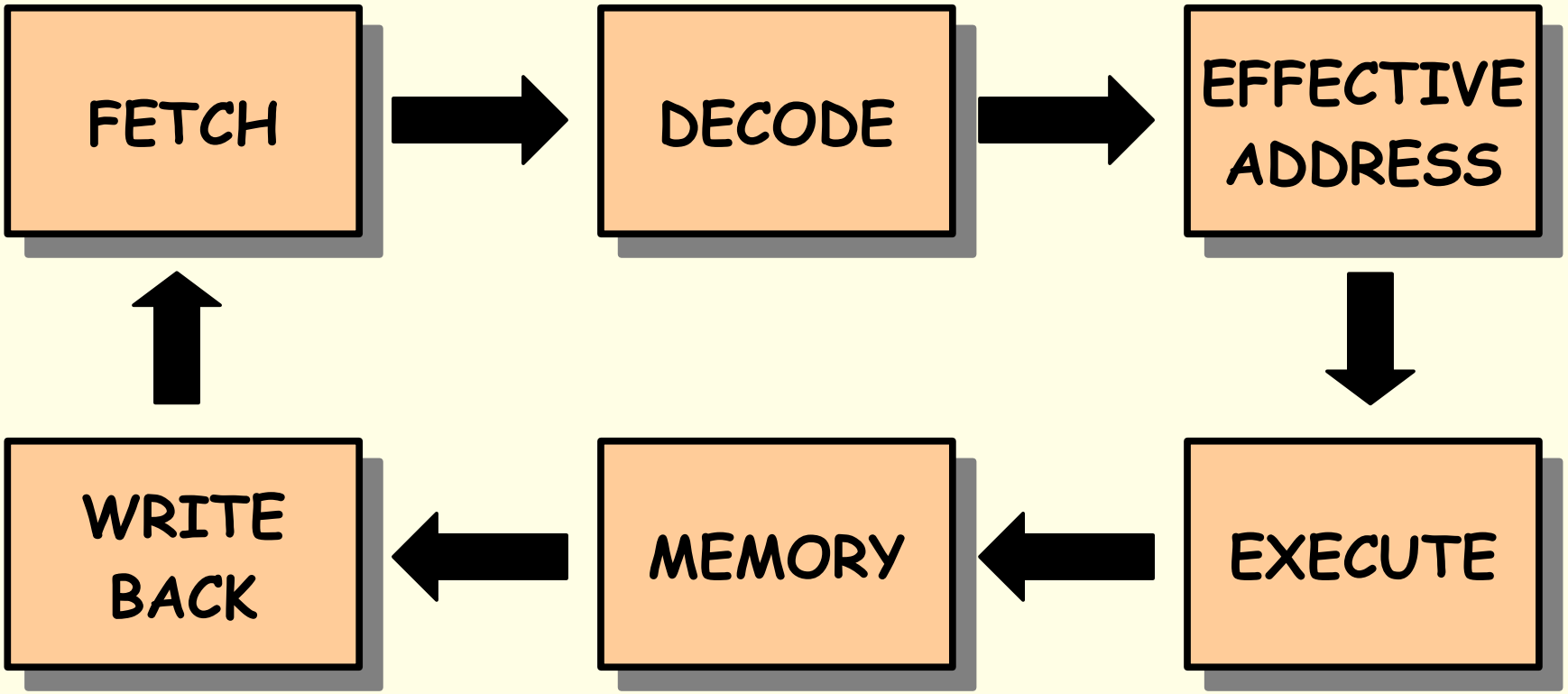
Ciclo básico del CPU

- Las computadoras llevan adelante infinitas veces su ciclo básico de operación:
  - Etapa Fetch: se busca la próxima instrucción a ser ejecutada, la cual es apuntada por el registro **PC**
  - Etapa Decode: luego, se determina de qué tipo de instrucción se trata
  - Etapa Effective Address: se calcula la dirección efectiva referida por la instrucción (si es que alguna) y/o se busca en memoria los operandos para poder ejecutar la instrucción

Ciclo básico del CPU

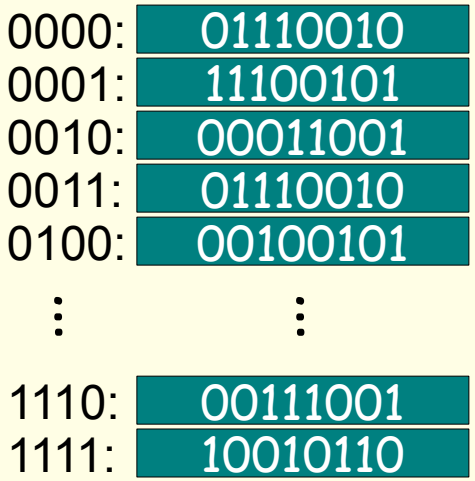
- Continúa:
  - Etapa Execute: sabiendo de qué instrucción se trata y contando con los operandos que se necesiten se puede enviar todo a la **ALU** para que sea ejecutado
  - Etapa Memory: las arquitecturas que no permiten acceder a operandos en memoria cuentan con una etapa específica donde se accede a memoria para leer o escribir una determinada locación
  - Etapa Write-Back: usualmente el resultado de la operación se almacena en alguno de los registros de la máquina durante esta etapa

Ciclo básico del CPU



Organización de la memoria

- La memoria se organiza como un arreglo de **n** locaciones, cada una de **k** bits
  - Cada locación cuenta con un identificador que la caracteriza denominado dirección
  - De igual forma, cada locación almacena un contenido de **k** bits



- Las operaciones básicas con la memoria son:
  - Leer un valor de la memoria
  - Escribir un valor en la memoria

¿Preguntas?