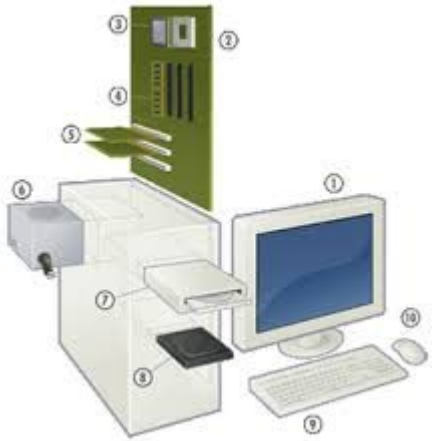
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Arquitectura de un Ordenador



Contexto y Motivación

- Para entender mejor lo que es un sistema software resulta necesario entender dos elementos muy importantes

  - El computador como elemento básico constructivo de una aplicación

  - El sistema operativo como intermediador de esas dos capas

- En esta sesión veremos lo que es un computador
  - Saber cómo está hecho por dentro un computador
  - Conocer el modelo básico de computación (Von Neumann)

Contenidos

- Historia de los ordenadores
- Introducción a las arquitecturas HW de un ordenador
  -la máquina de Von Neumann
- Arquitecturas HW modernas

Definición de un Ordenador

Según la RAE (Real Academia de la Lengua Española):

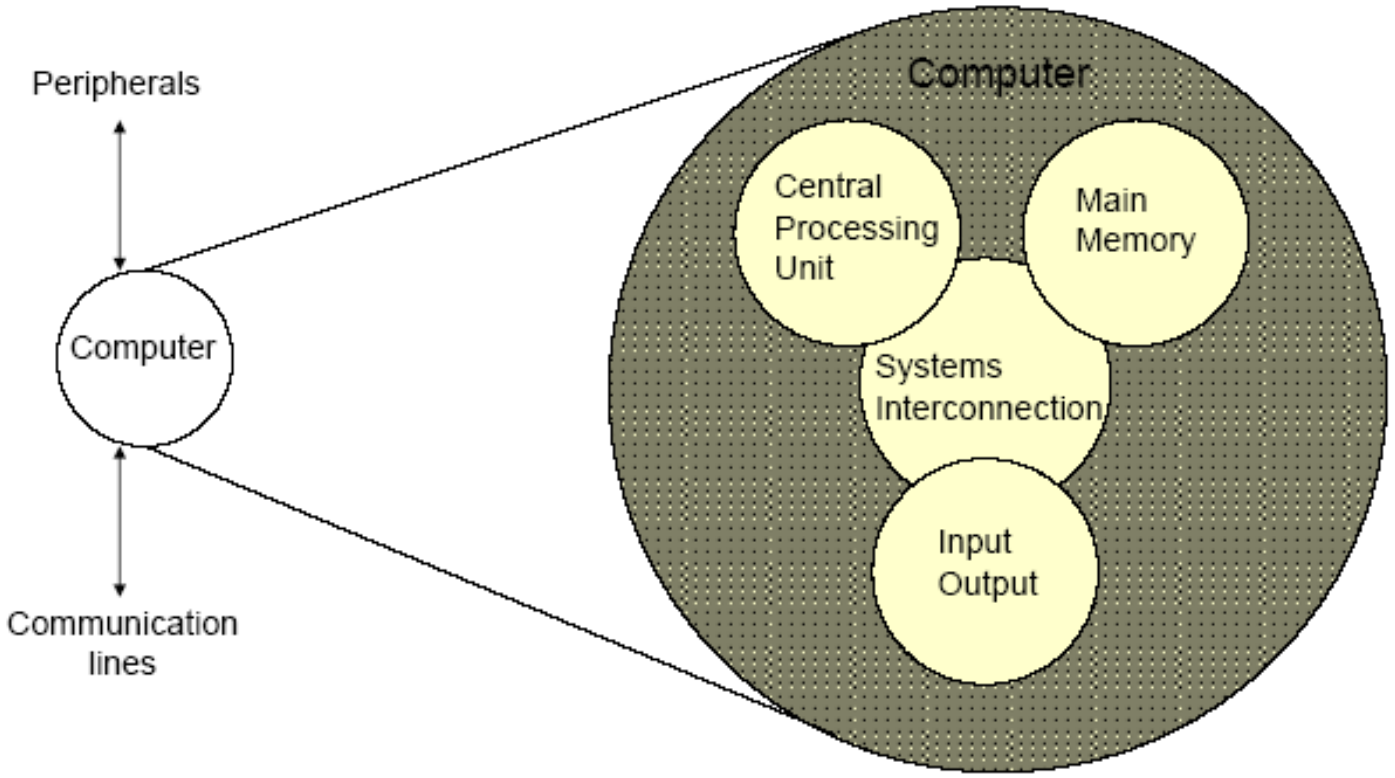
Máquina *electrónica*, analógica o digital, dotada de una memoria de gran capacidad y de métodos de tratamiento de información, capaz de resolver problemas matemáticos y lógicos mediante la utilización automática de **programas** informáticos.

Según 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.

Computer Organization and Architecture: Designing for Performance . **William Stallings** ISBN: 0-13-185644-8
Publisher: Prentice Hall

Estructura (Hw) de un computador



Conceptos

- Un **computador digital** es una máquina que puede resolver problemas ejecutando ciertas instrucciones.
- Un **programa** es una secuencia de instrucciones.
- Los circuitos electrónicos de cada computadora reconocen un conjunto limitado de instrucciones muy simples.
- **Lenguaje máquina** es el conjunto de instrucciones básicas de una computadora.
- Utilizar lenguaje máquina es difícil y tedioso.
- Solución:

sea L1 el lenguaje máquina
y L2 un lenguaje más fácil de utilizar



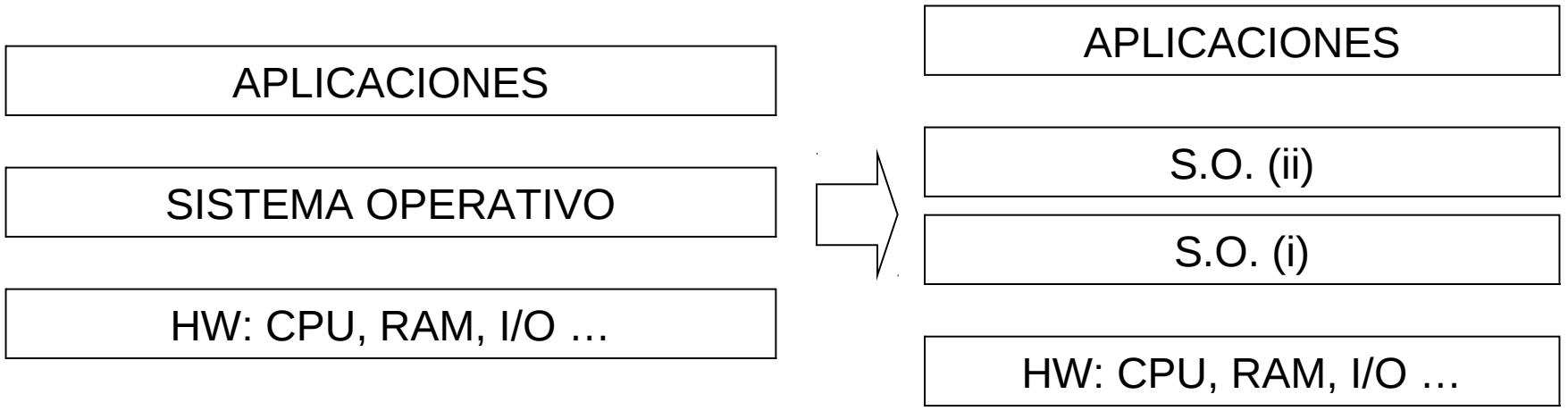
programa en L2

compilación (compilador

interpretación (intérpret

programa en L1

Hw y SW



- (i) – Gestión de tareas, gestión de memoria, drivers de dispositivos de I/O…
- (ii) – Sistema de ficheros, interpretes de comandos, interfaces de usuario, APIs de programación…

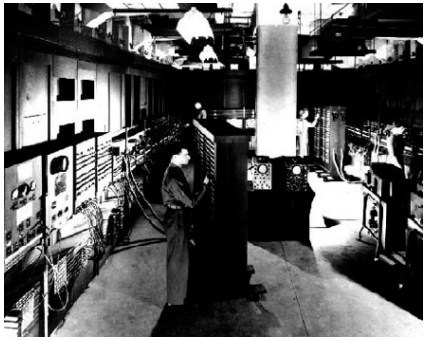
→ En este tema nos centraremos en el HW. En la próxima sesión en el SW.

Historia

- Algunas generaciones y sus tecnologías:
  - hasta 1945: Sistemas mecánicos y electro-mecánicos
  - 1945 – 1955: Tubos al vacío, tableros
  - 1955 – 1965: Transistores y sistemas por lotes
  - 1965 – 1980: Circuitos integrados y multiprogramación
  - desde 1980: Computadores personales



Difference Engine (1822)



ENIAC
(1946)

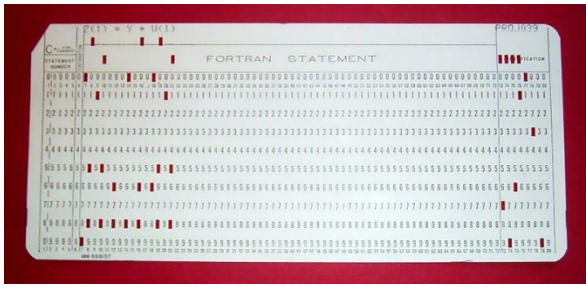
IBM 704 (1955)

- **Primera máquina comercial con hardware de punto flotante (5kFLOPS).**



Los compiladores

- Permiten escribir programas en lenguaje de alto nivel y traducir estos a las operaciones que es capaz de hacer el procesador de una determinada máquina.
- Primer compilador: FORTRAN (1957)
  - **Primer compilador FORTRAN para IBM 704 (Formula Translator)**
  - **Invención del mouse (1964).**





Irrumpe Intel

- Fundado en1968
- Laboratorios Bell desarrolla el lenguaje C (1972) -> para escribir UNIX

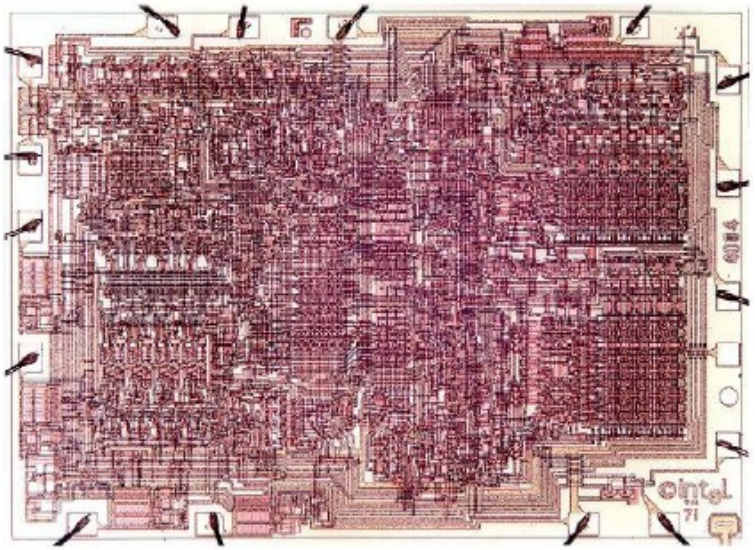


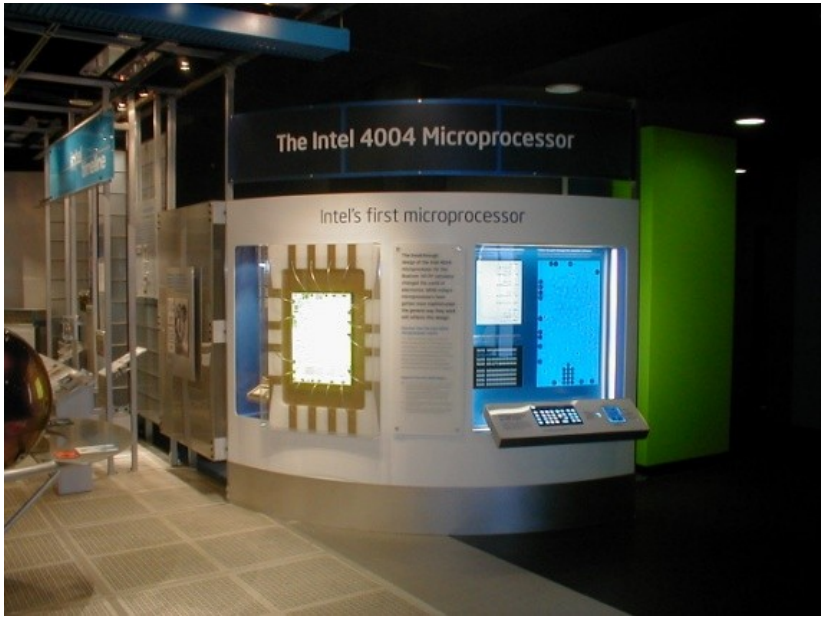
```
#include
main()
{
  for(;;)
  printf("Hello world..."\n);
}
```

El primer chip



- Intel 4004 (1971)

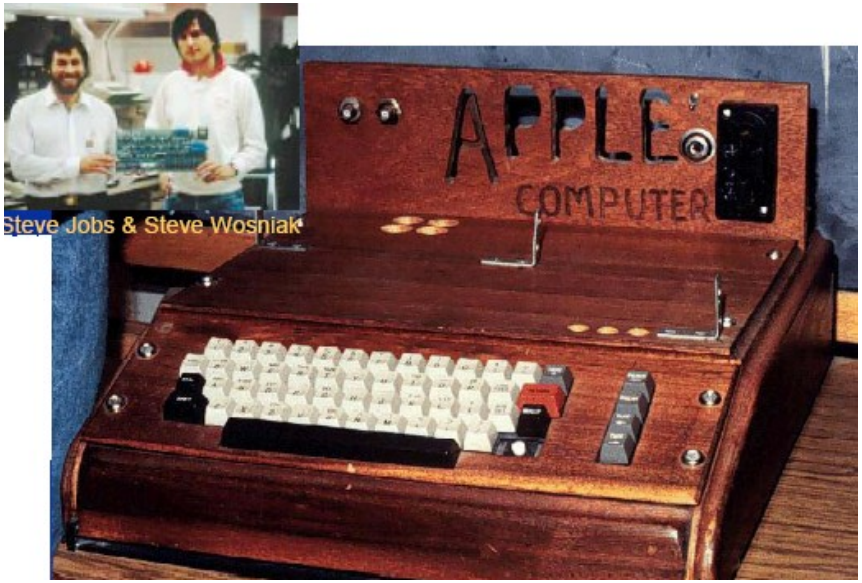




Apple

- Apple I (1976)

  - Precio de venta 666,66 $



Microsoft

- En 1978



Nacimiento del PC

- Nace en 1981

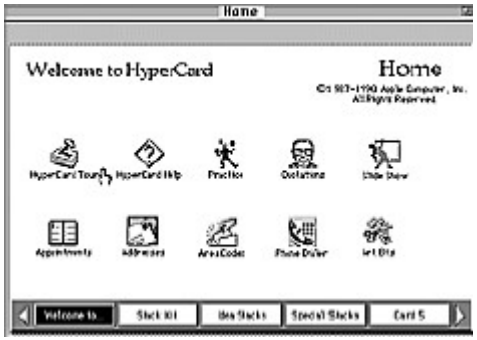


Primeros sistemas multimedia

- En 1984 nace el CD (por Sony)



Y las interfaces gráficas





Macintosh (1984)

Y las interfaces gráficas

- X Windows para UNIX (1984)



- Y también Windows (más tarde)



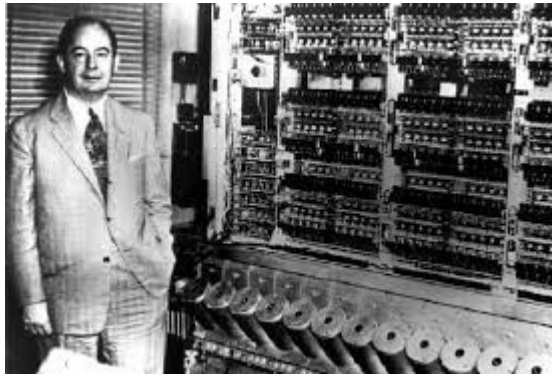
Contenidos

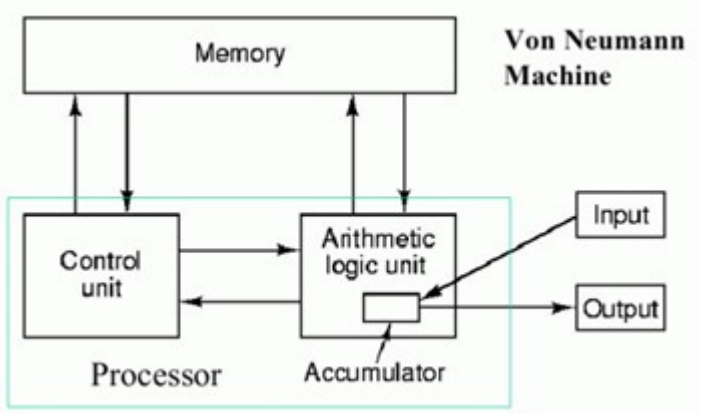
- La máquina de Von Neumann

La máquina de Von Neumann

- El modelo básico de arquitectura de un ordenador fue establecido en **1945** por **Von Neumann** (*Pennsylvania University*).

"…Puesto que el dispositivo final ha de ser una máquina computadora de propósito general, **deberá contener ciertos órganos fundamentales** relacionados con la aritmética, la memoria de almacenamiento, el control y la comunicación con el operador humano…".





La máquina de Von Neumann

- **Memoria principal**: es una unidad dividida en celdas, que se identifican mediante una dirección. Todas las celdas son del mismo tamaño y se emplean para almacenar datos e instrucciones.
- **Unidad aritmético-lógica**: permite realizar una serie de operaciones elementales, tales como suma resta, AND, OR, etc.
- **Unidad de control**: se encarga de leer, una tras otra las instrucciones de máquina, y de generar las señales de control necesarias para que el computador funcione.
- **Equipos de E/S**: realiza las transferencias de información con las unidades exteriores denominadas periféricos.

La máquina de Von Neumann

- **Memoria principal**: es una unidad dividida en celdas, que se identifican mediante una dirección. Todas las celdas son del mismo tamaño y se emplean para almacenar datos e instrucciones.
- **Unidad aritmético-lógica**: permite realizar una serie de operaciones elementales, tales como suma resta, AND, OR, etc.
- **Unidad de control**: se encarga de leer, una tras otra las instrucciones de máquina, y de generar las señales de control necesarias para que el computador funcione.
- **Equipos de E/S**: realiza las transferencias de información con las unidades exteriores denominadas periféricos.

Programa almacenado y propósito general

*"…La máquina debe ser capaz de almacenar no solamente la información digital necesaria en una determinada computación […] sino también las i**nstrucciones que gobiernen la rutina** a realizar sobre los datos numéricos. […] Para que la máquina sea de propósito general, debe ser posible instruirla de modo que pueda llevar a cabo cualquier computación formulada en términos numéricos. Por tanto, debe existir algún órgano capaz de almacenar esas órdenes de programa…".*

Actualmente se habla de instrucciones.

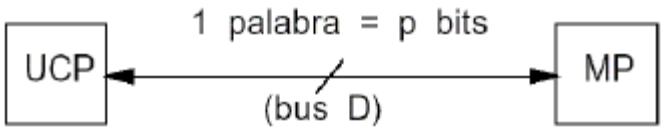
- El conjunto de instrucciones diferentes que puede ejecutar un ordenador se llama juego o repertorio de instrucciones.

Instrucciones

- El computador es capaz de ejecutar una serie de instrucciones simples, tales como sumas, restas, movimientos de información, etc.
- Las instrucciones no se ejecutan de golpe, ya que al ser los computadores dispositivos digitales, llevan asociado un "*reloj*" que les marca el paso.
- Por lo general, una instrucción es una orden de procesamiento de información, por lo que su ejecución obliga a cumplir unos requisitos previos.
- En cualquier caso, los dos puntos anteriores obligan a realizar una temporización de la ejecución.

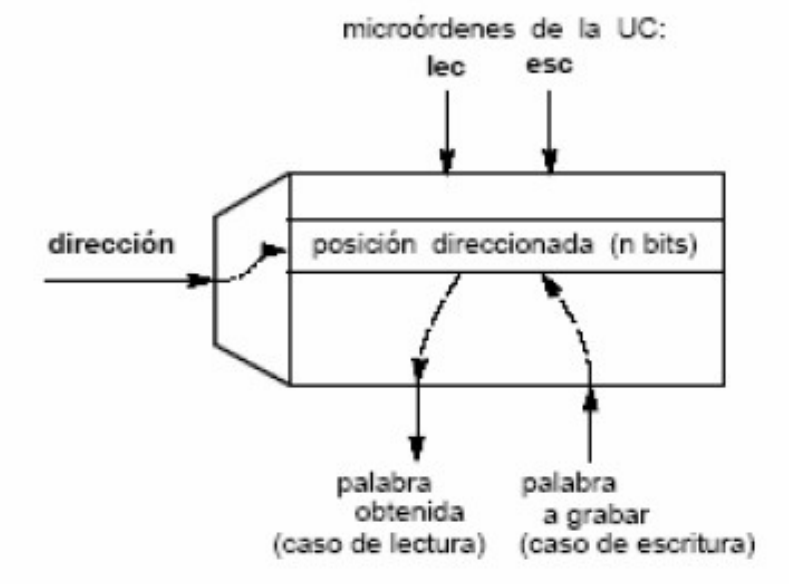
Memoria

- En el subsistema de memoria se almacenan tanto las instrucciones que forman un programa como los datos (arquitectura Princeton)
- La memoria ha de ser de acceso directo, también llamado acceso aleatorio.
- El elemento mínimo de almacenamiento es el bit.
- Un punto de memoria es un mecanismo físico capaz de almacenar un bit.



Memoria (II)

- Operaciones de lectura y escritura:



Memoria (III)

- Datos a almacenar en memoria

  -Direcciones o «punteros» y enteros sin signo:

  d bits para 2^d direcciones

  -Números enteros (con signo):

  binario (o decimal, BCD)

  n bits para una extensión de -2^{n-1} a 2^{n-1} -1 (formatos de coma fija)

  -Números reales:

  formatos de coma flotante

  n bits que determinan la extensión y la precisión

  -Caracteres:

  ASCII, o ISO Latin1 (8 bits) o Unicode (uno o varios bytes)

- Nota: sólo los dos primeros tienen sentido en la máquina de Von Neumann

Unidad Aritmético Lógica

"… Puesto que el dispositivo va a ser una máquina computadora, ha de contener un órgano aritmético que pueda realizar ciertas operaciones aritméticas elementales. Por tanto, habrá una unidad capaz de sumar, restar, multiplicar y dividir…".

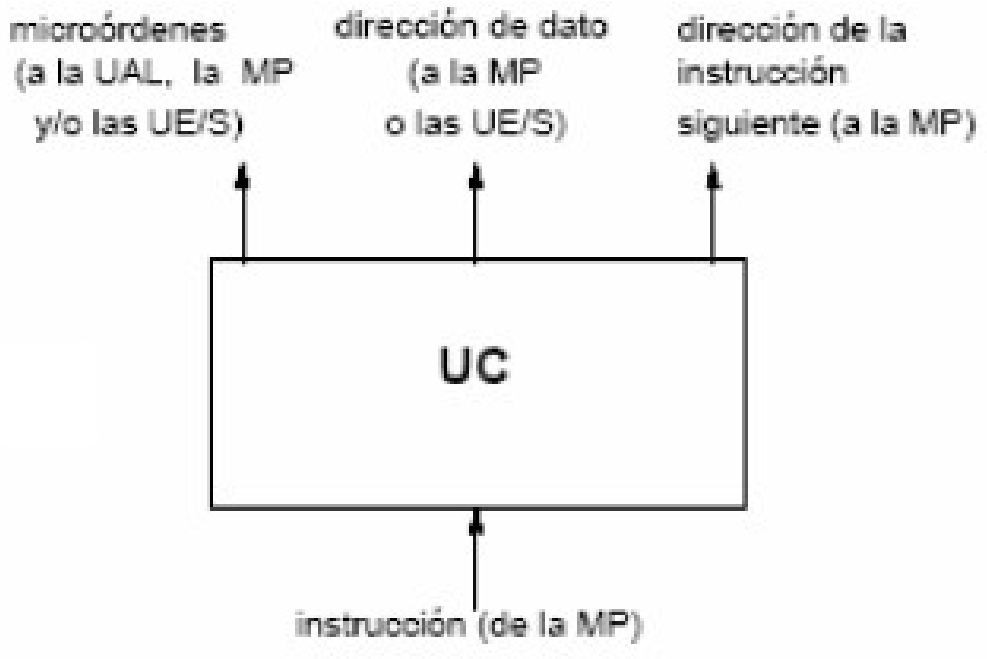
- La UAL incluye también las operaciones de tipo lógico.
- Disyuntiva hardware/software:

  muchas funciones pueden realizarse indistintamente de manera cableada (**por hardware**) o de manera programada (**por software**)



Unidad de Control

"… Si la memoria para órdenes es simplemente un órgano de almacenamiento, tiene que haber otro órgano que pueda ejecutar automáticamente las órdenes almacenadas en la memoria. A este órgano le llamaremos el control…".



Unidad de Control (II)

"… Tiene que ser posible extraer números de cualquier parte de la memoria en cualquier momento. Sin embargo, en el caso de las órdenes, el tratamiento puede ser más metódico, puesto que las instrucciones de control se pueden poner, por lo menos parcialmente, en secuencial lineal. ***En consecuencia, el control se construirá de forma que normalmente proceda de la posición n memoria a la posición (n+1) para su siguiente instrucción****…".*

- Otro aspecto: la modificación de instrucciones.

  -Originalmente empleada para recorrer zonas de memoria.

  -Ya no se emplea.

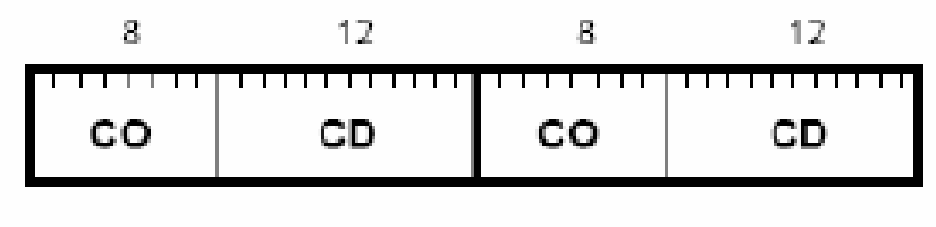
Unidades de Entrada y Salida

"… Por último, tiene que haber dispositivos, que constituyen el órgano de entrada y de salida, mediante los cuales el operador y la máquina puedan comunicarse entre sí".

- Las unidades de entrada y salida, o dispositivos periféricos, pueden ser muchas y variadas.

Formato de las Instrucciones

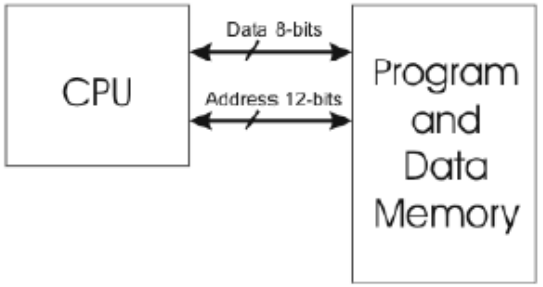
- Representación de datos: en binario, con 40 bits.



- Repertorio de instrucciones:

  Sumar, restar,…

  Hasta 2^8 instrucciones (256)



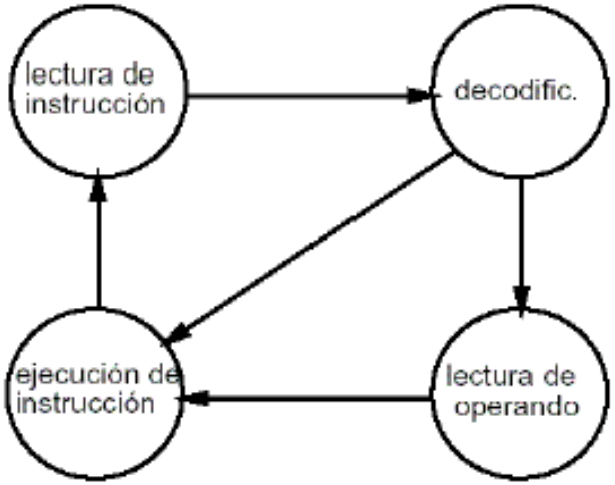
- Espacio de direccionamiento: 2^{12} = 4096 palabras.

Fases de Ejecución de una Instrucción

- Las fases de ejecución de una instrucción suelen ser las siguientes:
  1. La **Unidad de Control** indica a la **Memoria Principal** la siguiente instrucción que quiere ejecutar.
  2. La U.C. recibe la instrucción, procediendo a su análisis para determinar los operandos sobre los que actúa y su localización.
  3. Bajo las directrices de la U.C. la U.A.L realiza la operación y se guarda el resultado en su destino.
  4. Una vez ejecutada la instrucción se incrementa el **contador de programa** y se pasa a realizar la ejecución de la siguiente instrucción.

Fases de Ejecución de una Instrucción

- Con otros nombres (más actuales, pero similares):
  1. Fases de búsqueda o fetch
  2. Fase de decodificación
  3. Fase de Ejecución/ almacenamiento de resultados
  4. Fase de incremento de PC

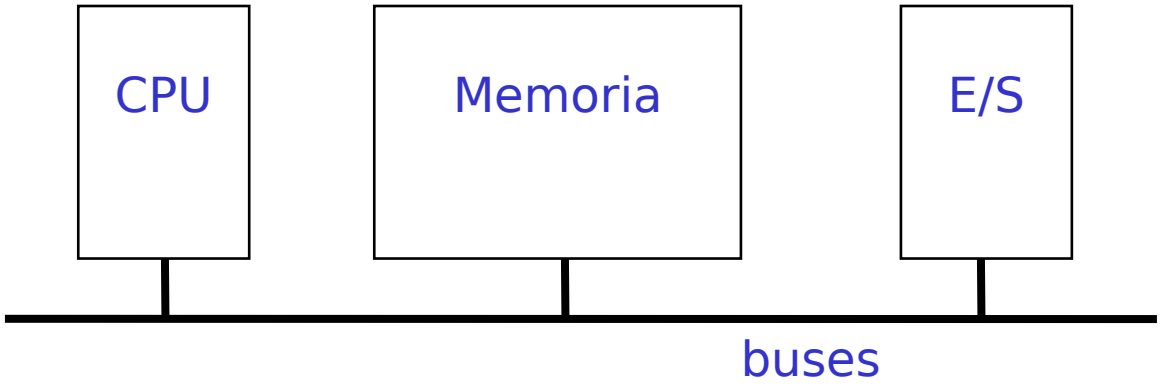


Ventajas y desventajas de Von Neumann

- Permite código automodificable
- Arquitectura electrónica “fácil” de diseñar
- Instrucciones y datos recuperados de forma secuencial (Von Neumann Bottleneck)

¿Y todas las arquitecturas son iguales a la de Von Neumann?

Podemos decir que se basan en ella pero han evolucionado desde ella… la base es la misma pero los detalles cambian

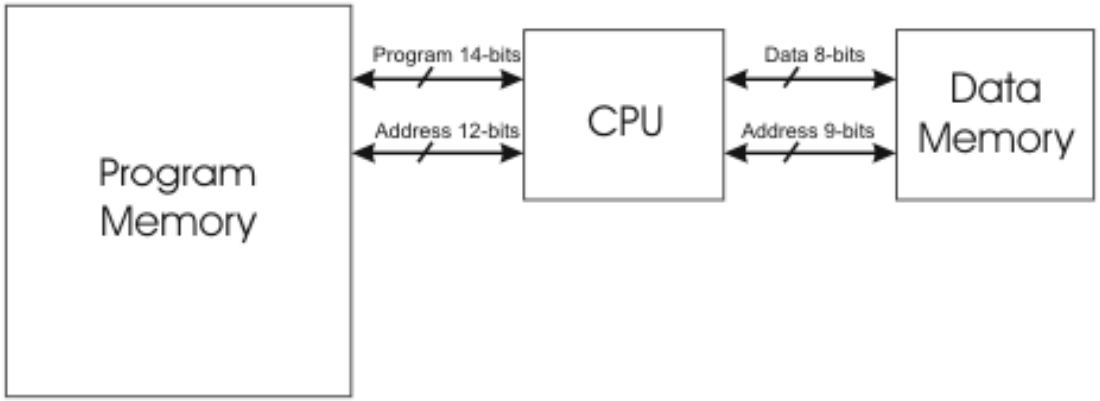


Arquitectura Harvard

- Ventajas y desventajas

  Facilita la realización del ***pipelining***

  - Mientras se procesa la instrucción actual se puede ir cargando la siguiente



Arquitecturas HW modernas

- Historia de los ordenadores
- Introducción a las arquitecturas HW de un ordenador
  -la máquina de Von Neumann
- **Arquitecturas HW modernas**

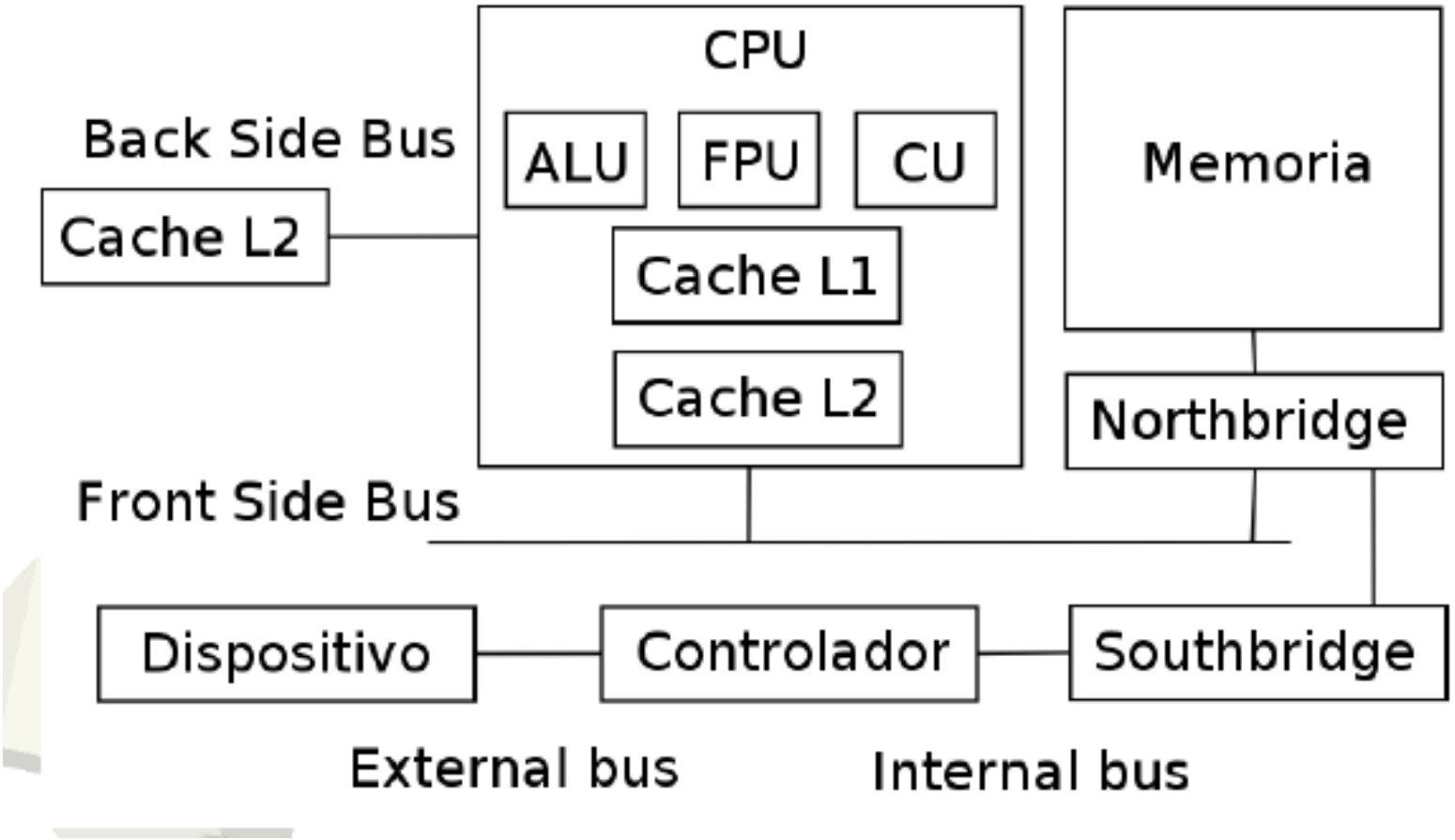
Diferentes tipos de UC: Juego de Instrucciones

CISC: Complex Instruction Set Computer, disponen de más de 80 instrucciones distintas, algunas de las cuales, muy complejas y potentes que requieren muchos ciclos de reloj para su ejecución.

RISC: Reduced Instruction Set Computer, juego de instrucciones reducido, con instrucciones simples, que se ejecutan en pocos ciclos de reloj.

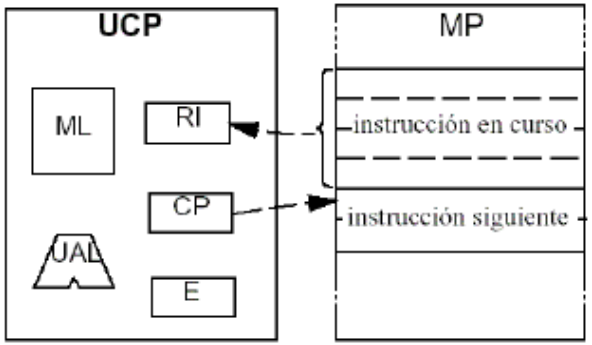
SISC: Specific Instruction Set Computer, destinados a aplicaciones muy concretas poseen un juego de instrucciones específico para las necesidades de la aplicación.

Una Arquitectura Moderna



Registros de la UCP

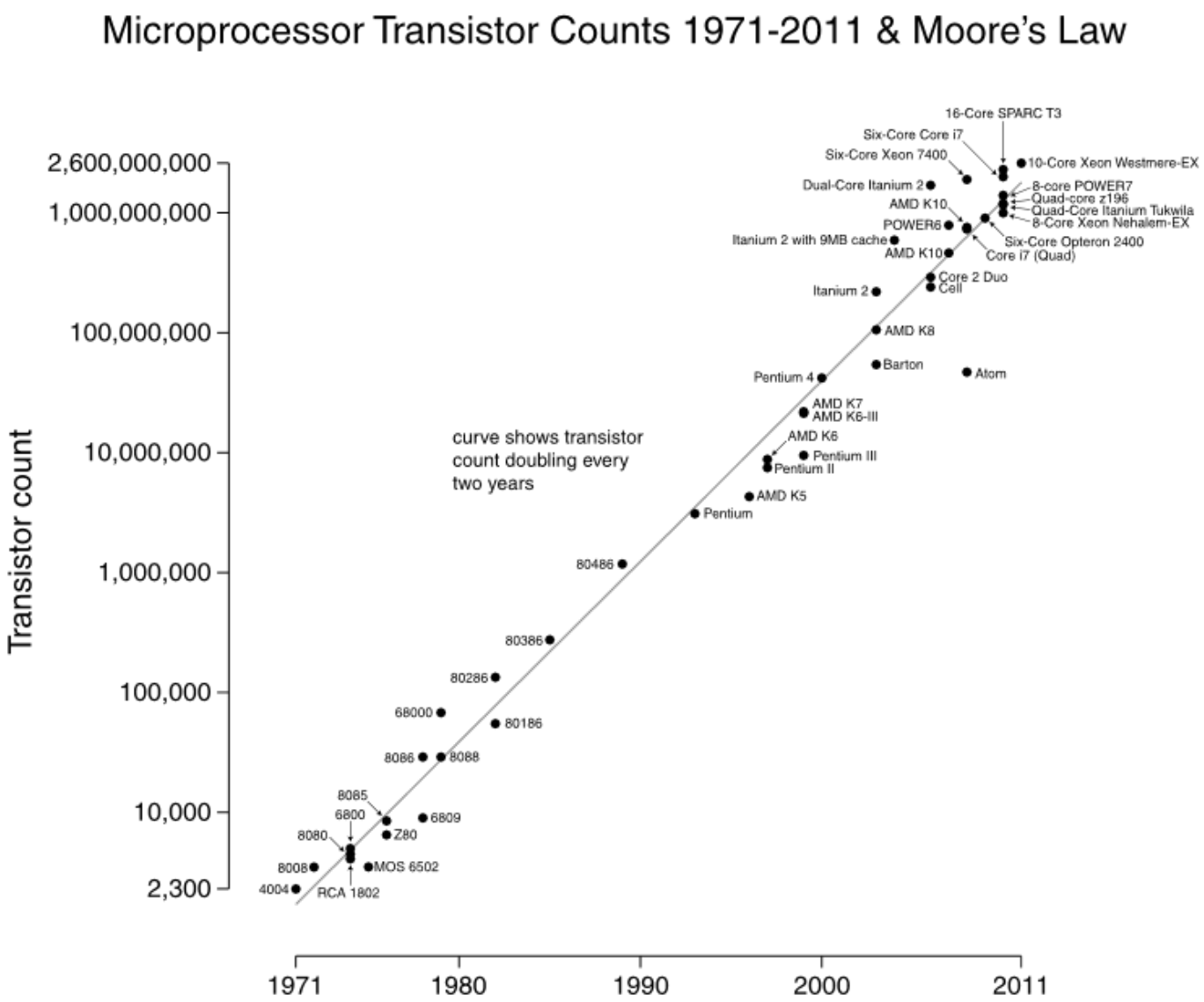
- Aritméticos (antiguos acumuladores)
- De direccionamiento (índice, base, etc.)
- De propósito general (normalmente, organizados como una ML)
- De estado (incluyen indicadores Z, V, N, C)
- Contador de programa
- Otros, transparentes (microarquitectura)



Una arquitectura moderna (II)

- Front Side Bus
  - EV6 (Athlon y Alpha), GTL+/AGTL+ (Intel)
- Internal bus – Paralelos
  - ISA, EISA, VESA, MCA, PCI, AGP
- Internal bus – Serie
  - PCI Express (PCIe), I2C, HyperTransport
- External bus – Paralelos
  - ATA (aka IDE, EIDE, ATAPI), SCSI, PCMCIA
- External bus – Serie
  - SATA, USB, IEEE 1394 (FireWire)

Ley de Moore


Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law
Transistor count
2,600,000,000
1,000,000,000
100,000,000
10,000,000
1,000,000
100,000
10,000
2,300
1971
1980
1990
2000
2011
curve shows transistor count doubling every two years
16-Core SPARC T3
Six-Core Core i7
Six-Core Xeon 7400
10-Core Xeon Westmere-EX
Dual-Core Itanium 2
8-core POWER7
Quad-core z196
AMD K10
Quad-Core Itanium Tukwila
POWER6
8-Core Xeon Nehalem-EX
Itanium 2 with 9MB cache
Six-Core Opteron 2400
AMD K10
Core i7 (Quad)
Core 2 Duo
Cell
Itanium 2
AMD K8
Barton
Atom
Pentium 4
AMD K7
AMD K6-III
AMD K6
Pentium III
Pentium II
AMD K5
Pentium
80486
80386
80286
68000
80186
8086
8088
8085
6800
6809
8080
Z80
8008
MOS 6502
4004
RCA 1802

Ley de Moore (II)

Procesador:

- 2X en velocidad cada 1.5 años; 1000X en la última década.

Memoria:

- DRAM capacidad: > 2x cada 1.5 años; 1000X en la última década.
- Coste por bit: mejora sobre un 25% cada año.

Disco:

- Capacidad: > 2X en tamaño cada 1.5 años.
- Coste por bit: mejora sobre un 60% cada año.
- 200X en la última década.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Gracias