

ARQUITECTURA DEL ORDENADOR

La Máquina

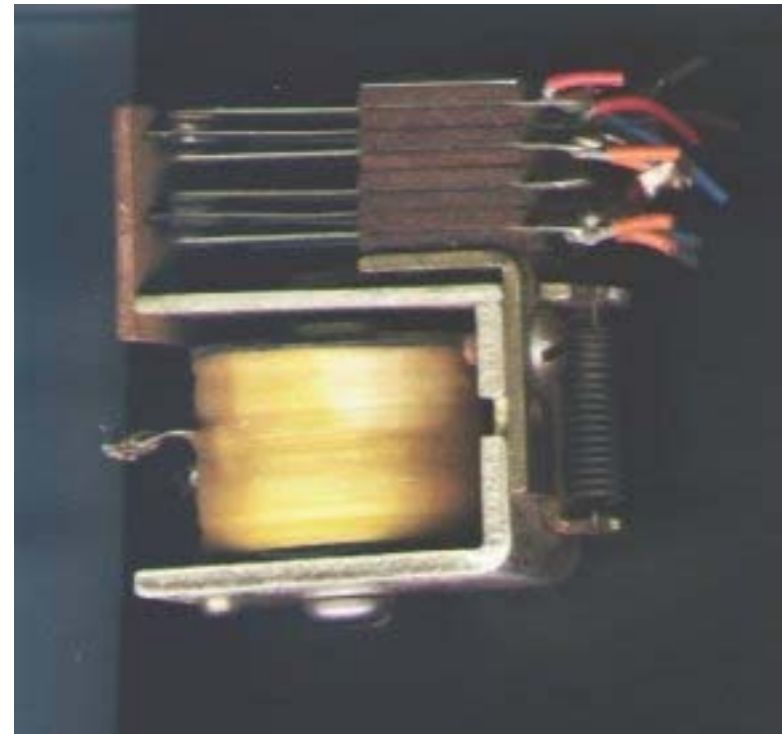
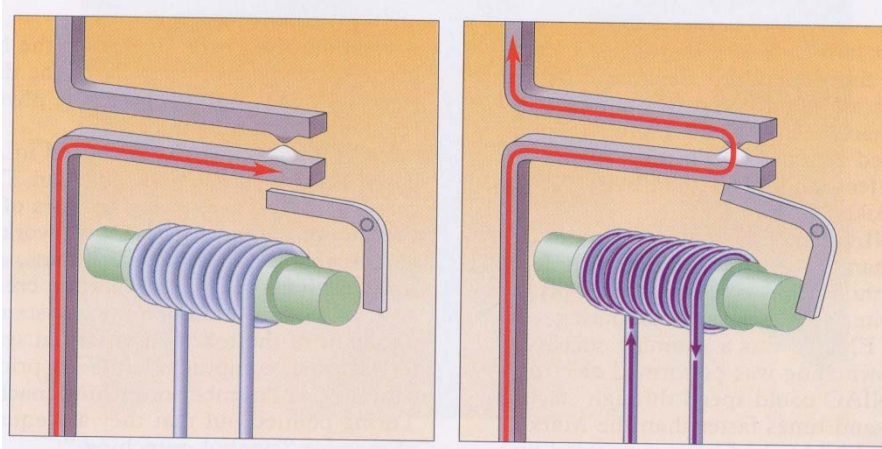
GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL PC

Década de los 40: del tubo de vacío al transistor

- **ENIAC (1946). (Electronic Numerical Integrator and Calculator).**
El primer computador de propósito general (90 m² y 30 toneladas de peso).
Financiado por la armada de Estados Unidos.
Construido con tubos de vacío y programable manualmente con tarjetas perforadas (programa externo).
Programación tediosa y pequeña cantidad de memoria.
- **EDSAC (1949)** Primer computador operativo de programa almacenado del mundo. Surge el término arquitectura tipo *Von Neumann*.
- **Ordenadores Mark-I, Mark-II,...** en Harvard. Surge el término *arquitectura tipo Harvard*.
- **El transistor.** Brattain y Bardeen (Nobel de 1956).

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL PC

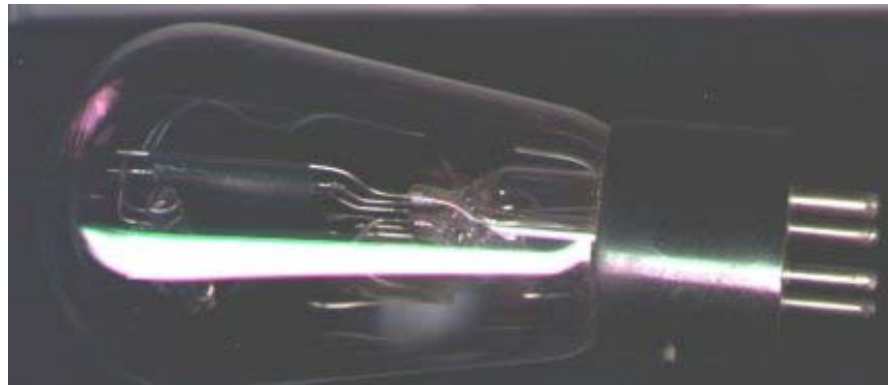
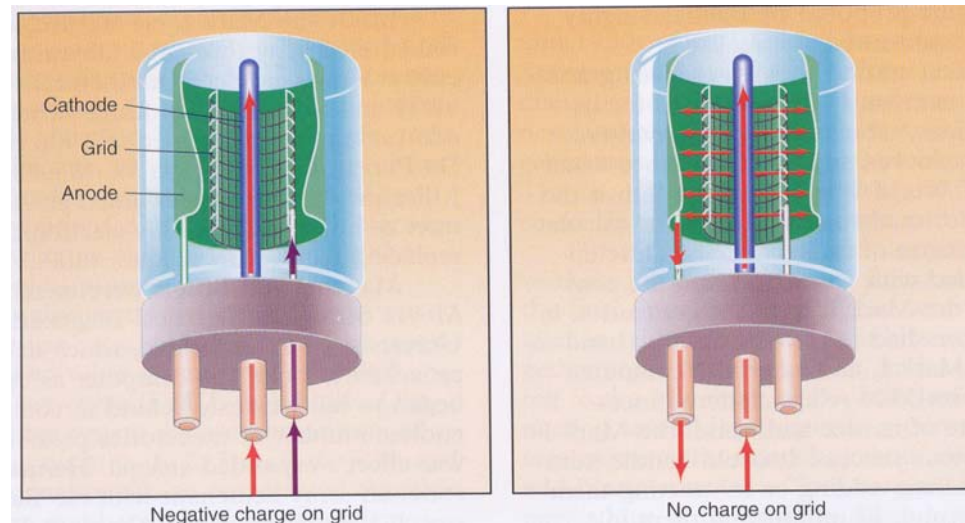
Relé: dispositivo de conmutación.
Funcionamiento:



Relé de los años 30

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL PC

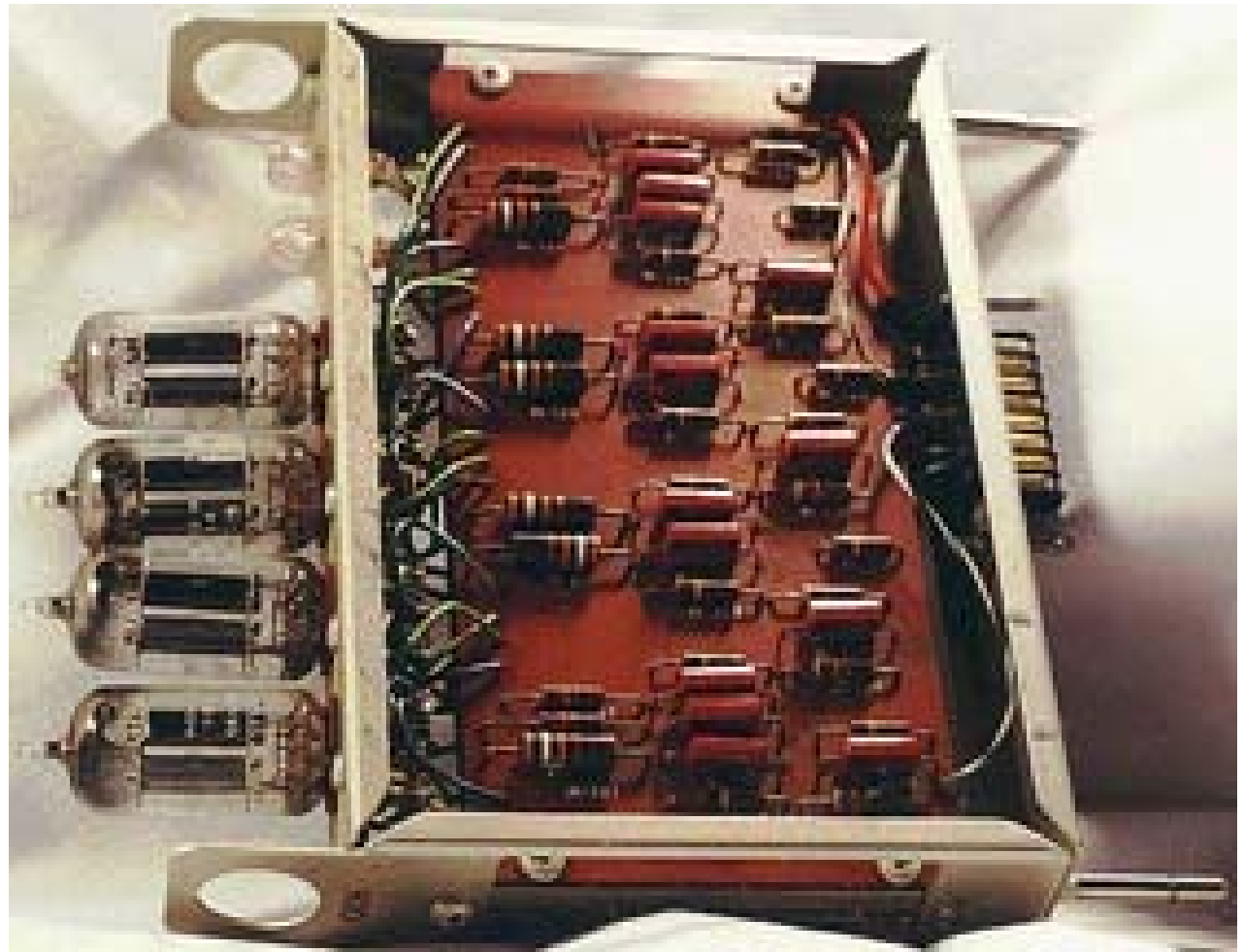
Válvulas de vacío



Válvula de
los años 40.

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL PC

- **Atanasoff**
- El primer contador con válvulas
- Año 39.



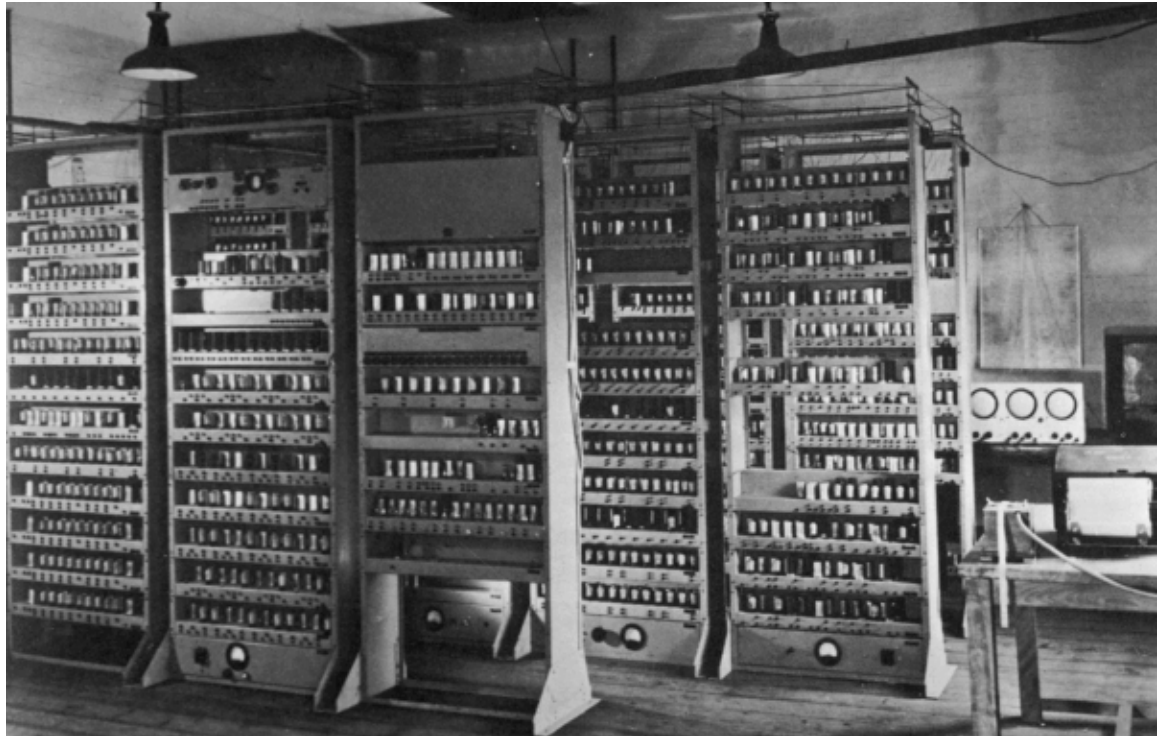
Eniac 2 (1943)

- Primer computador digital electrónico de propósito general.
- 18000 válvulas y 1500 relés.
- 30 m de largo y 2,5 de alto.
- Suma en 200 microsegundos. Multiplica en 2,8 milisegundos.
- Procesa 800 tarjetas por minuto.
- Programa externo.



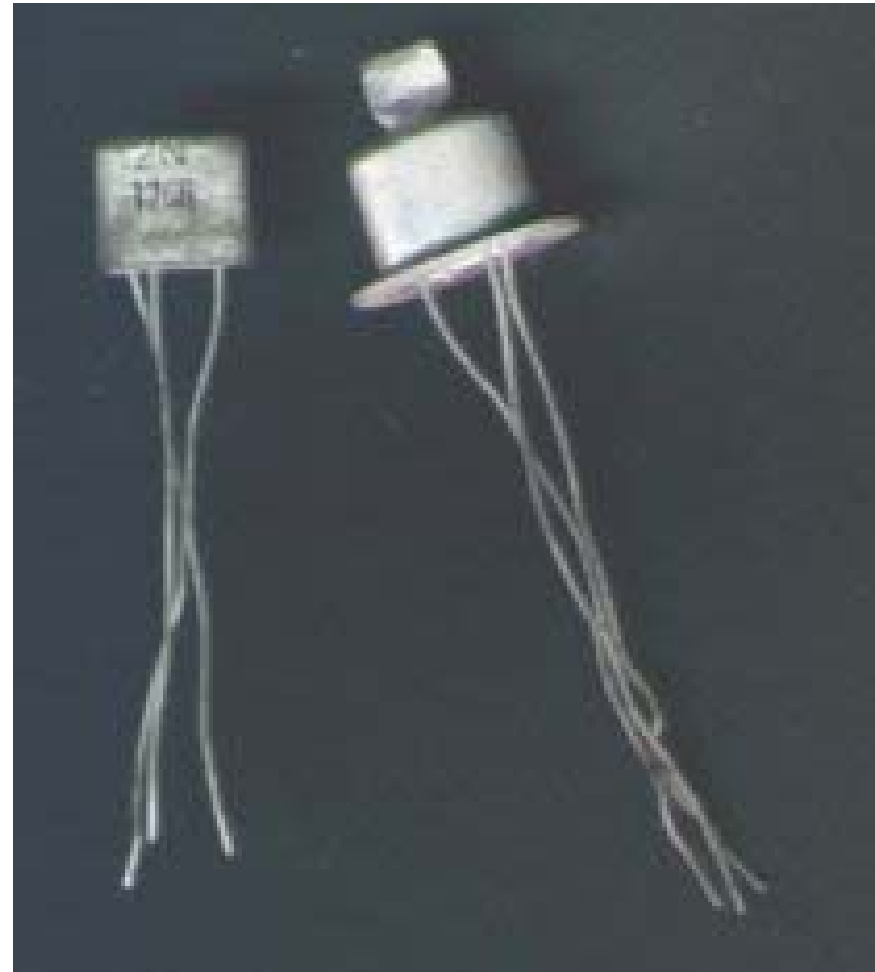
EDSAC 1949 (Programa almacenado)

- Programa almacenado.
- Suma en 1,5 ms.
Multiplica en 6 ms.
- Consumo 15 kW.
- Memoria de 1024 palabras.



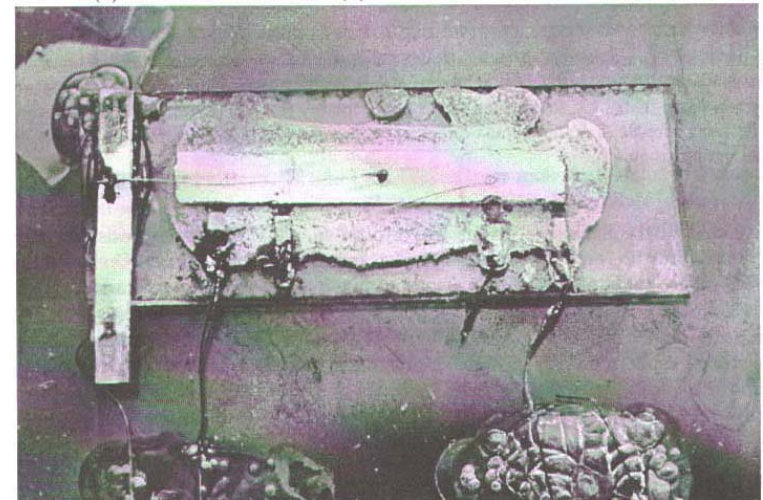
GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL PC

Transistores



Década de los 50: el circuito integrado

- **UNIVAC (1951)** Primer computador de propósito general diseñado para ser vendido. Costaba un millón de dólares. Se construyeron 48 unidades.
- **EDVAC (1952).** Computador de programa almacenado (computador Von Neumann).
- **Surge el silicio entre 1954-1957.** Fairchild Semiconductors fue la primera empresa dedicada a la tecnología con semiconductores. Inicio de Silicon Valley al sur de San Francisco.
- **El primer circuito integrado (1958).** Jack Kilby lo construyó en Texas Instruments (Premio Nobel 2000). Junto con Robert Noyce que diseñó el proceso de fabricación.



UNIVAC I (1952)

- Primer computador comercial: \$1000000.
- Se construyeron 48 unidades.



Década de los 60

Microelectrónica: Electrónica aplicada a la tecnología del silicio.

El primer supercomputador comercial: CDC6600 fue diseñado por un equipo dirigido por Cray Seymour.

La primera familia de computadores fue la IBM/360 (1964).

Intel (1968). Creada a partir de trabajadores de Fairchild (Noyce y Moore). Mecenazgo.

AMD (1969). Comienzan como fabricantes de chips y en los 90 relevancia en el mercado del PC.

Rank Xerox creó el PARC (*Palo Alto Research Center*) en Silicon Valley. Crearon la impresora láser, el ratón y los entornos de ventanas e iconos. Crearon también el Alto (1973) que podría ser considerado el primer PC y que seis años más tarde Apple tomó de partida para su Apple I.

Silicon Valley queda configurado como el enclave de empresas de “nueva economía”

Década de los 70: el PC

El 4004 de Intel (1971). El primer microprocesador comercial a partir del encargo de una calculadora. **2300 transistores** en 12 mm² parcialmente de madera. La patente era de Busicom.

La ley de Moore (1964). La capacidad de integración se duplica cada 18 meses.

El 8008 (1972). Nueva versión del 4004 de 3500 transistores. El **futuro era incierto para el computador integrado**. El mercado estaba copado por los computadores de IBM.

El 8080 (1974) introduce buses desacoplados de datos y direcciones y mejora defectos anteriores. 6000 transistores.

Altair. Computador que incluye el 8080 y el S.O. CP/M. Menos de 1000 dólares. Apuesta por el desarrollo de una capa software que facilite la programación.

Z80 de Zilog (1975) Es compatible con el 8080 con lo cual puede usar CP/M. Su evolución dio lugar años después al Spectrum.

Otros fabricantes: Motorola con su 6800 o Texas Instruments con sus TMS-1000.

Década de los 70: el PC (*continuación*)

Apple II (1977) hace que Apple consolide el mercado del microcomputador. Se inicia la clave de fiabilidad de Apple.

432 de Intel (1977) Constituyó uno de los grandes fiascos de Intel. El diseño iba muy por delante de su época conceptualmente pero el rendimiento final no fue el esperado.

8086(1978), 8088 (1979) de Intel Las versiones más avanzadas de 8080 usando bus de datos de 16 bits.

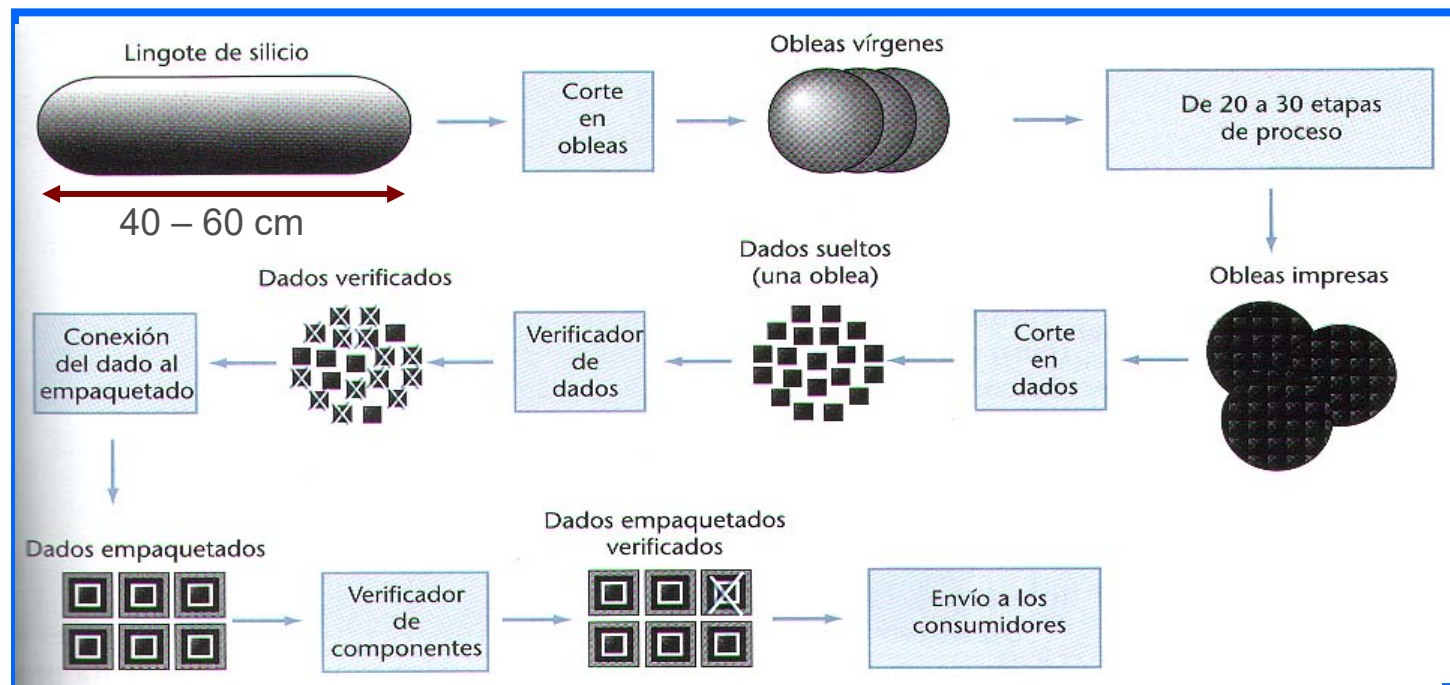
Postura opuesta: buscar el microordenador más barato del mundo. IBM se consolida como líder lanzando el IBM-PC **ensamblando componentes de otros fabricantes** (procesador 8086 de Intel) **y usando el MS-DOS** que Microsoft le ofreció. Surgen las empresas dedicadas a clónicos.

MICROPROCESADORES

Microprocesador

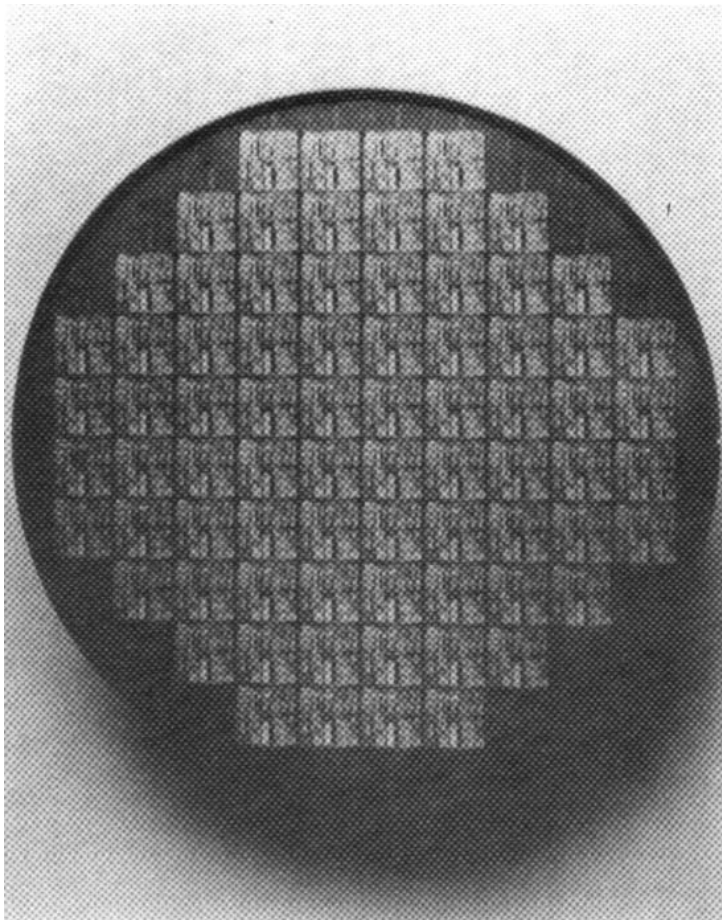
- Es un circuito integrado que contiene todos los elementos necesarios que conforman la CPU.
- En la actualidad este componente electrónico está compuesto por millones de transistores, integrados en una misma placa de silicio.

Proceso de fabricación de chips

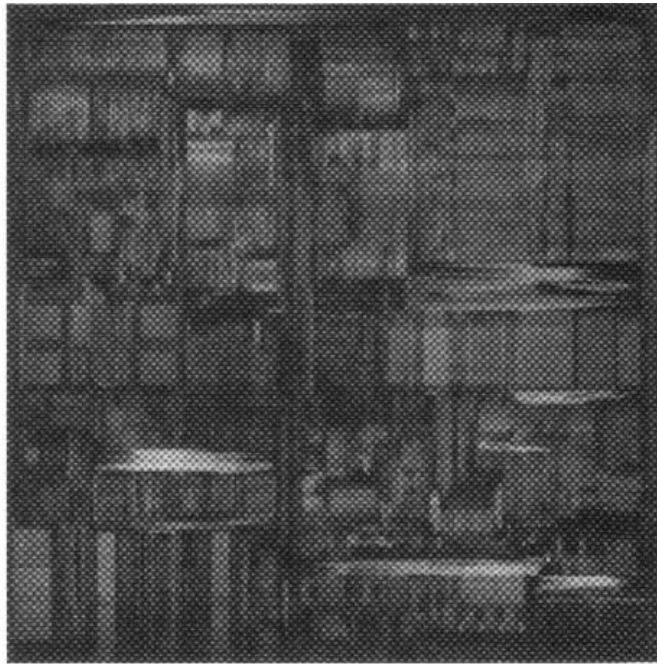


Conceptos: oblea (*wafer*), dados (*dies*) o chips, factor de *yield*, empaquetado (*package*), testeo o verificación.

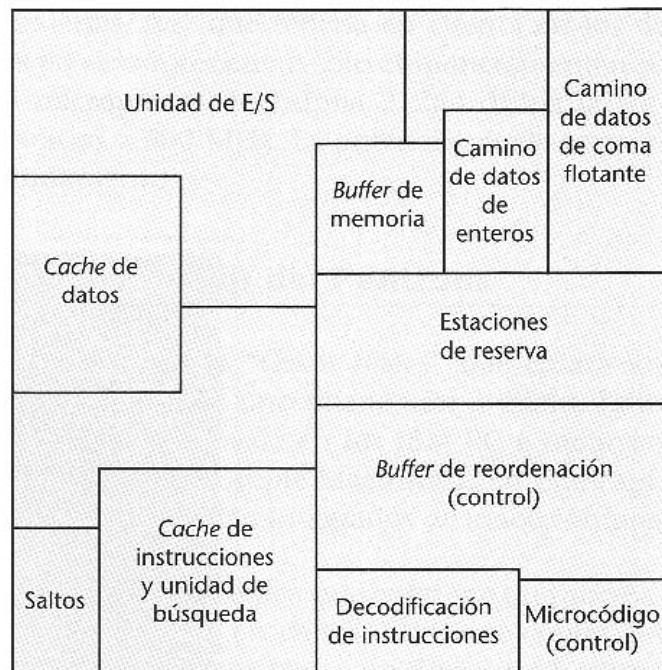
PROCESO DE FABRICACIÓN DE CHIPS



- Oblea de 8 pulgadas (200 mm)
- Contiene procesadores Intel Pentium Pro (1995)
- Número de dados por oblea: 78
- Dados de 306 mm².
- Cada dado 5,5 millones de transistores
- Cada oblea tiene un coste fijo (no depende del número de dados).



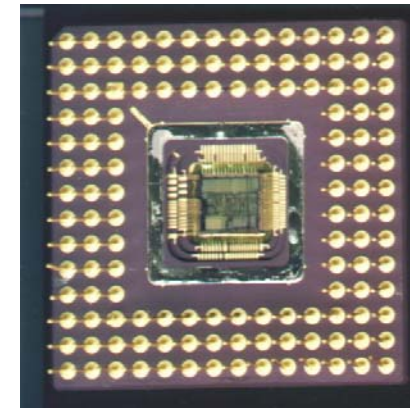
- Detalle de un chip de Pentium Pro.
- Area de 360 mm².
- Caché interna de 1 millón de transistores.
- Se vende empaquetado con una caché externa de 31 millones de transistores.
- Total del chip: 5,5 millones de transistores.
- El Pentium Pro usa 387 pins.



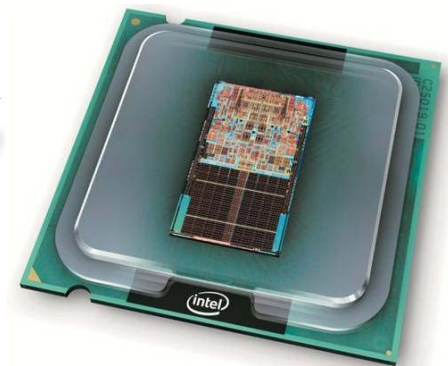
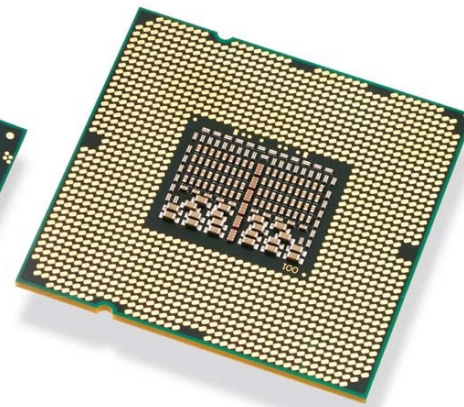
← Identificación de los bloques Principales en el chip del micro Pentium Pro.

Encapsulado del micro de Intel

80386(1985)
275.000 transistores
(1,5 micras)



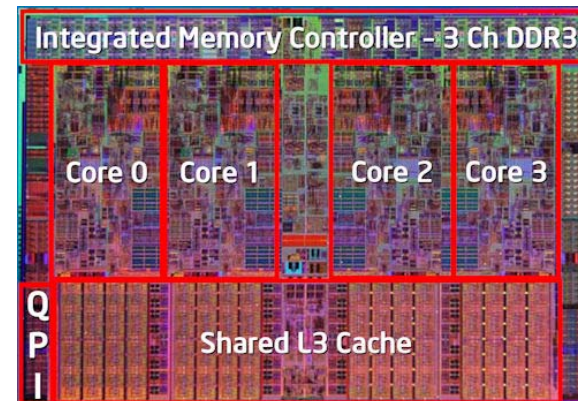
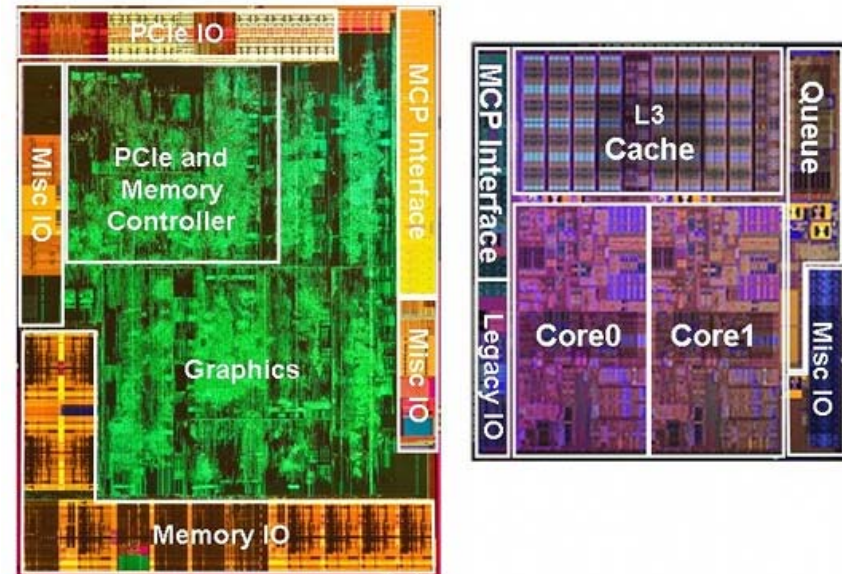
Core i7 (2012)
1.400.000.000
transistores
(22 nm)



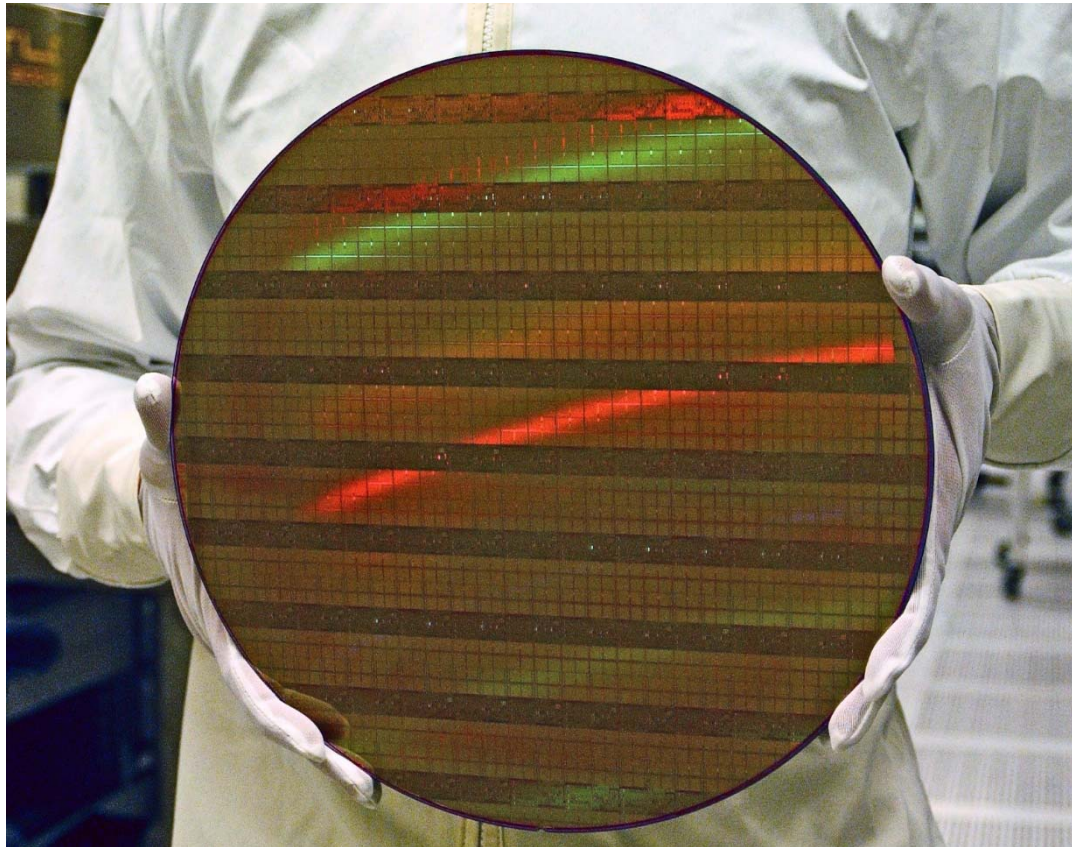
CORE I5



Intel® Core™ i5-600, i3-500 Desktop Processor Series (Clarkdale)



OBLEA DE 45NM



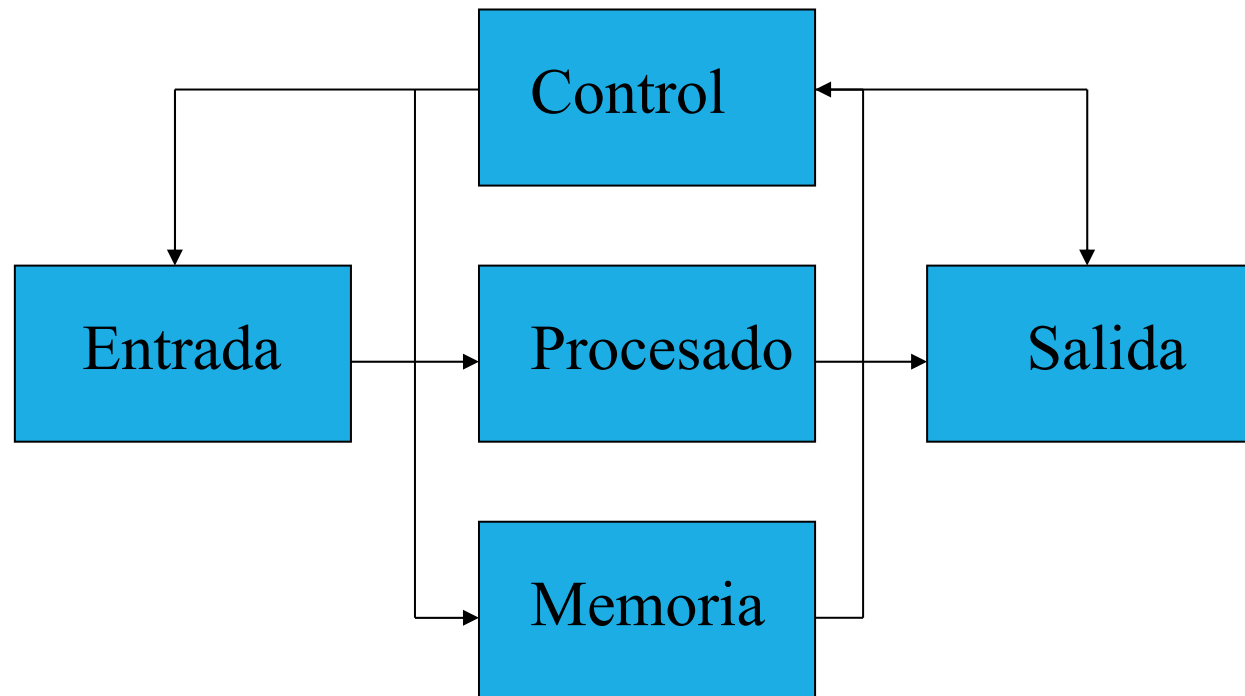
INTRODUCCIÓN

Computadores actuales: basados en la arquitectura Von Neumann (1945)

Esta arquitectura diferencia los componentes:

- Memoria principal
- Unidad central de procesamiento: CPU
 - Unidad aritmético-lógica (ALU)
 - Unidad de control (UC)
- Dispositivos de entrada/salida

ARQUITECTURA VON NEUMANN



Control centralizado

Unidad memoria accedida secuencialmente

Unidad de procesado realiza operaciones

Problema: Cuello Botella

SOLUCIONES

Pequeñas modificaciones

- Cache
- Procesador de video separado
- Procesador e/s separado

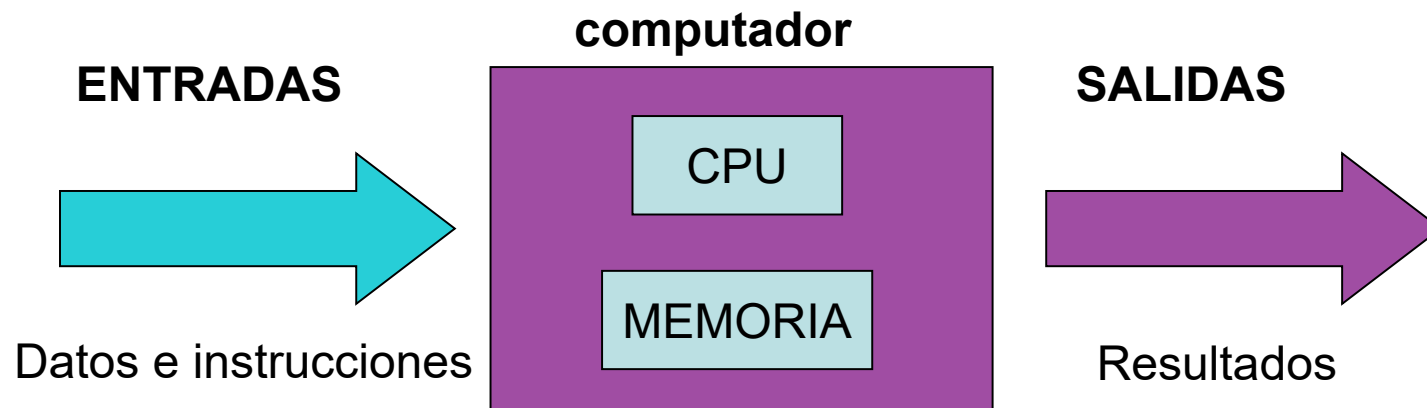
Grandes modificaciones

- Sistemas paralelos, multiprocesador
- Sistemas Distribuidos

FILOSOFÍA

Filosofía del computador:

- Recibe datos del usuario (u otro sistema) a través de las unidades o dispositivos de entrada.
- Procesa estos datos con la CPU según un programa almacenado en la memoria.
- Presenta el resultado empleando las unidades o dispositivos de salida.



ENTRADA/SALIDA

Unidades de entrada: dispositivos por donde se introducen los datos e instrucciones en el computador

- En estas unidades se transforma la información de entrada en señales binarias (1s y 0s) de naturaleza eléctrica.
- Una misma computadora puede tener varias unidades de entrada.
- Ejemplos de unidades de entrada: el teclado, el ratón, un escáner, etc.

Unidades de salida: dispositivos por donde se obtienen los resultados de los programas ejecutados.

- Transforman las señales eléctricas binarias en información utilizable por el usuario.
- Ejemplos de unidades de salida: un monitor, una impresora, unos altavoces, etc.

PROCESADOR

Unidad Aritmético Lógica (ALU)

- Contiene los circuitos que realizan las operaciones de tipo aritmético (sumas, restas, etc.) y de tipo lógico (negación, y , o, etc.)

Unidad de Control (UC)

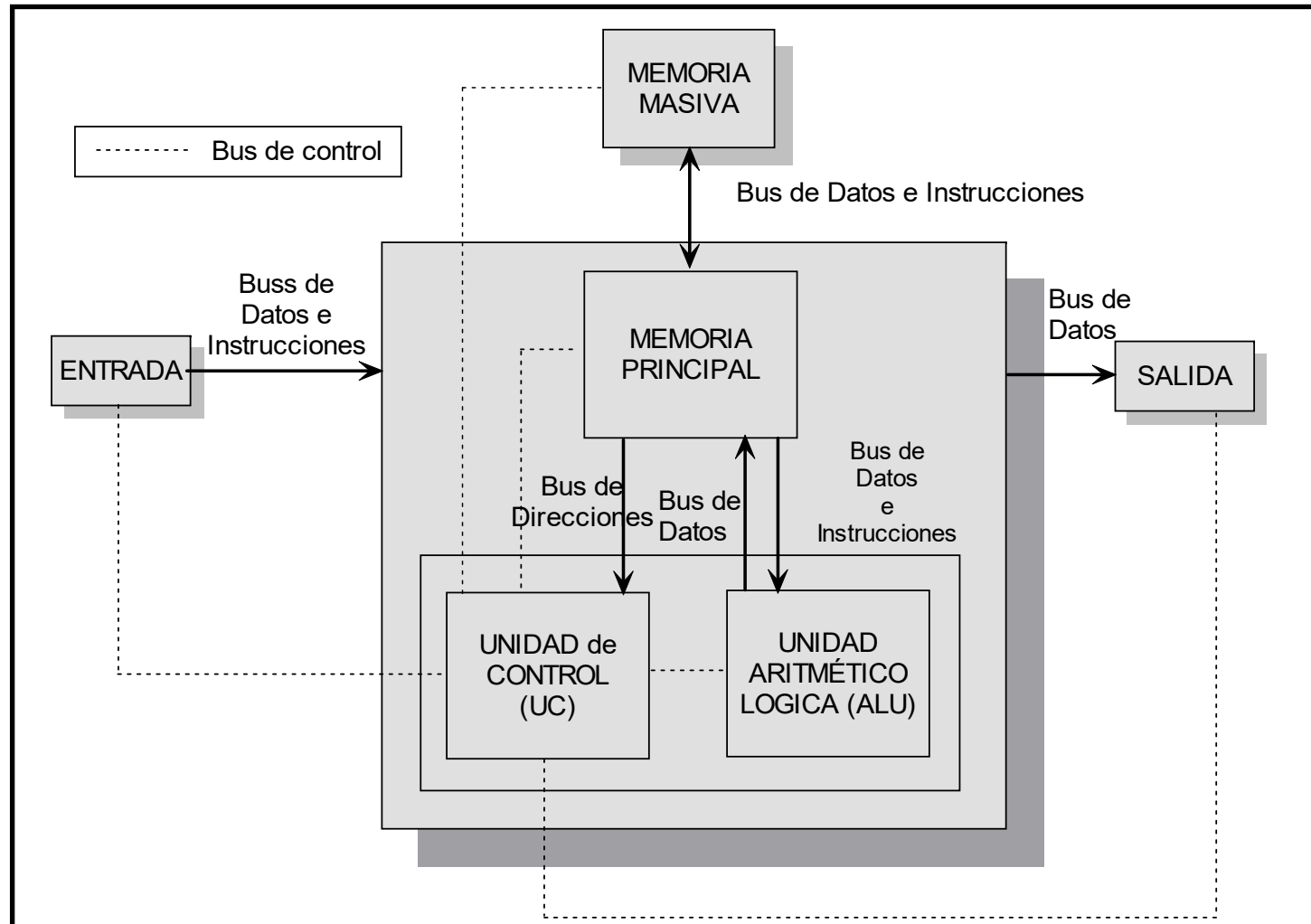
- Controla el funcionamiento de las demás unidades. Recibe de la memoria las instrucciones del programa y genera las señales de control para que el resto de las unidades lleven a cabo estas instrucciones.
- La unidad de control (UC) contiene un reloj o generador de pulsos:
 - Sincroniza todas las operaciones elementales del computador.
 - El período de esta señal se llama tiempo de ciclo, suele darse en hercios (ej: MHz, millones de ciclos por segundo) y es uno de los parámetros que determina la velocidad del computador.

MEMORIA

Memoria: es la unidad donde se almacenan los datos e instrucciones de los programas. Existen dos tipos, diferenciados básicamente por su velocidad y por el tipo de datos que almacenan:

- Memoria principal (central o interna):
 - Es la más rápida y cara. Formada por circuitos integrados.
 - Almacena datos de arranque del computador o datos de los programas en ejecución
- Memoria secundaria (auxiliar o masiva):
 - Es más lenta pero tiene mayor capacidad y es más barata
 - Almacena todos los datos del usuario

ESQUEMA BÁSICO



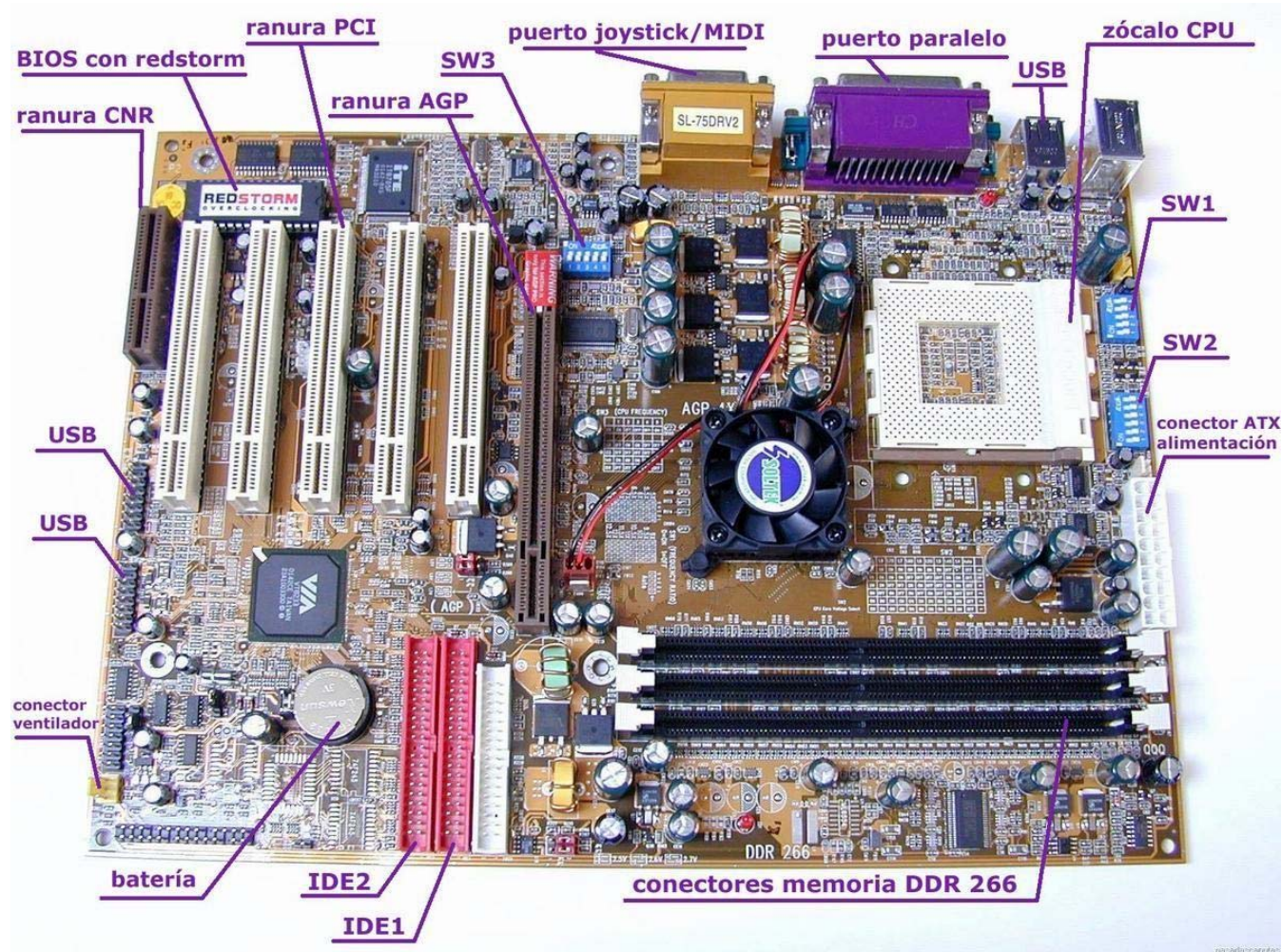
PLACA MADRE

Principal bastidor de circuitos

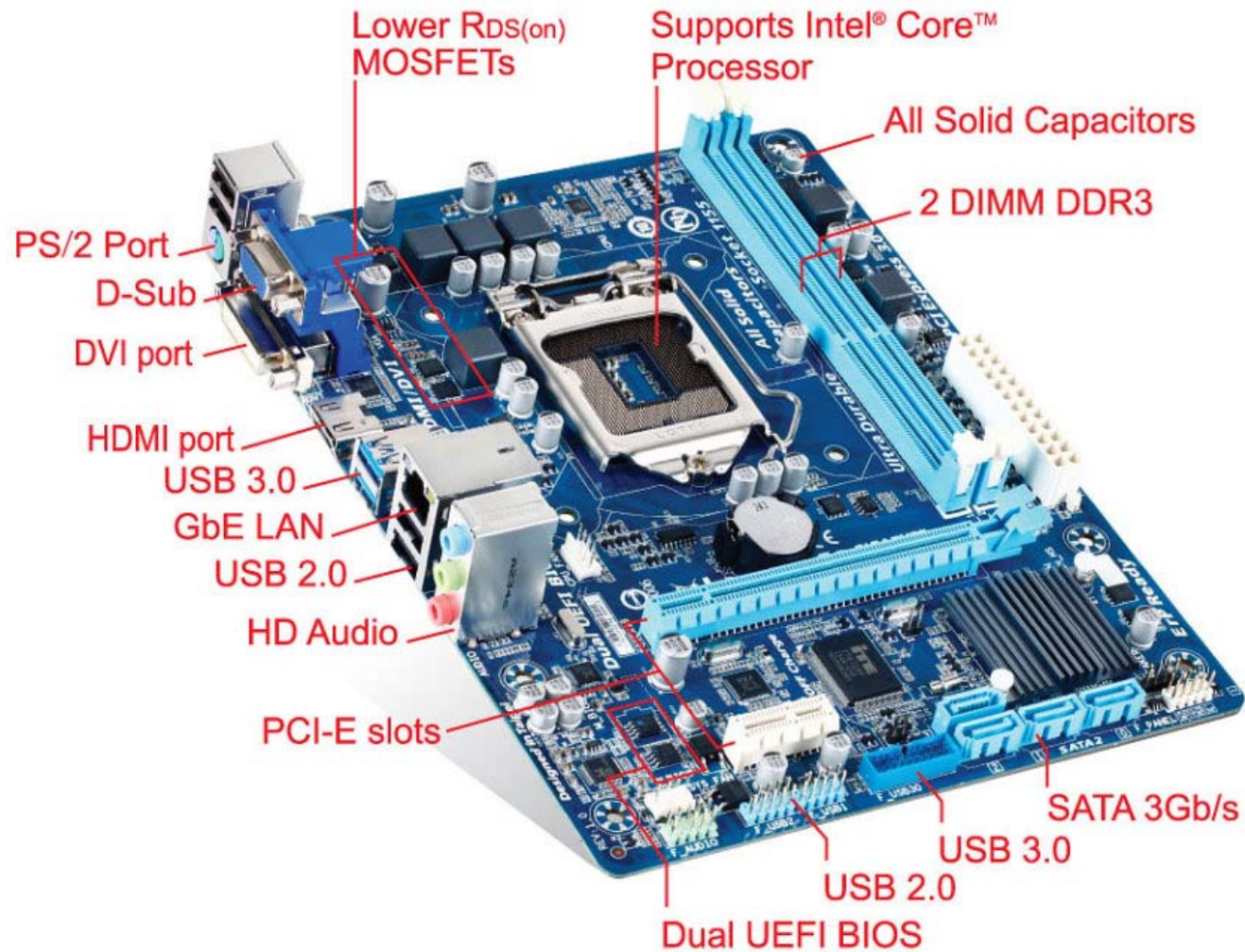
Contiene

- CPU (Central Processing Unit)
- Memoria
- Reloj del sistema
- Algunos Controladores
- Puertos
- Buses
- Conexión para unidades de almacenamiento

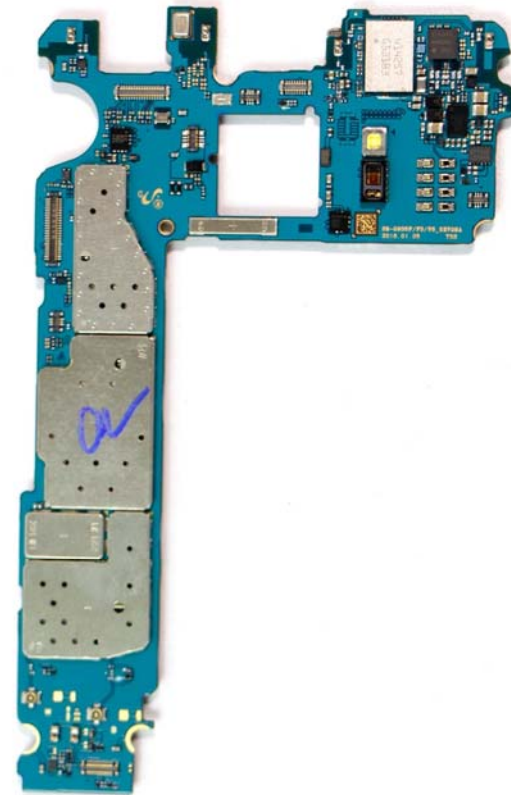
ESQUEMA DE LA PLACA BASE



PLACA BASE 2



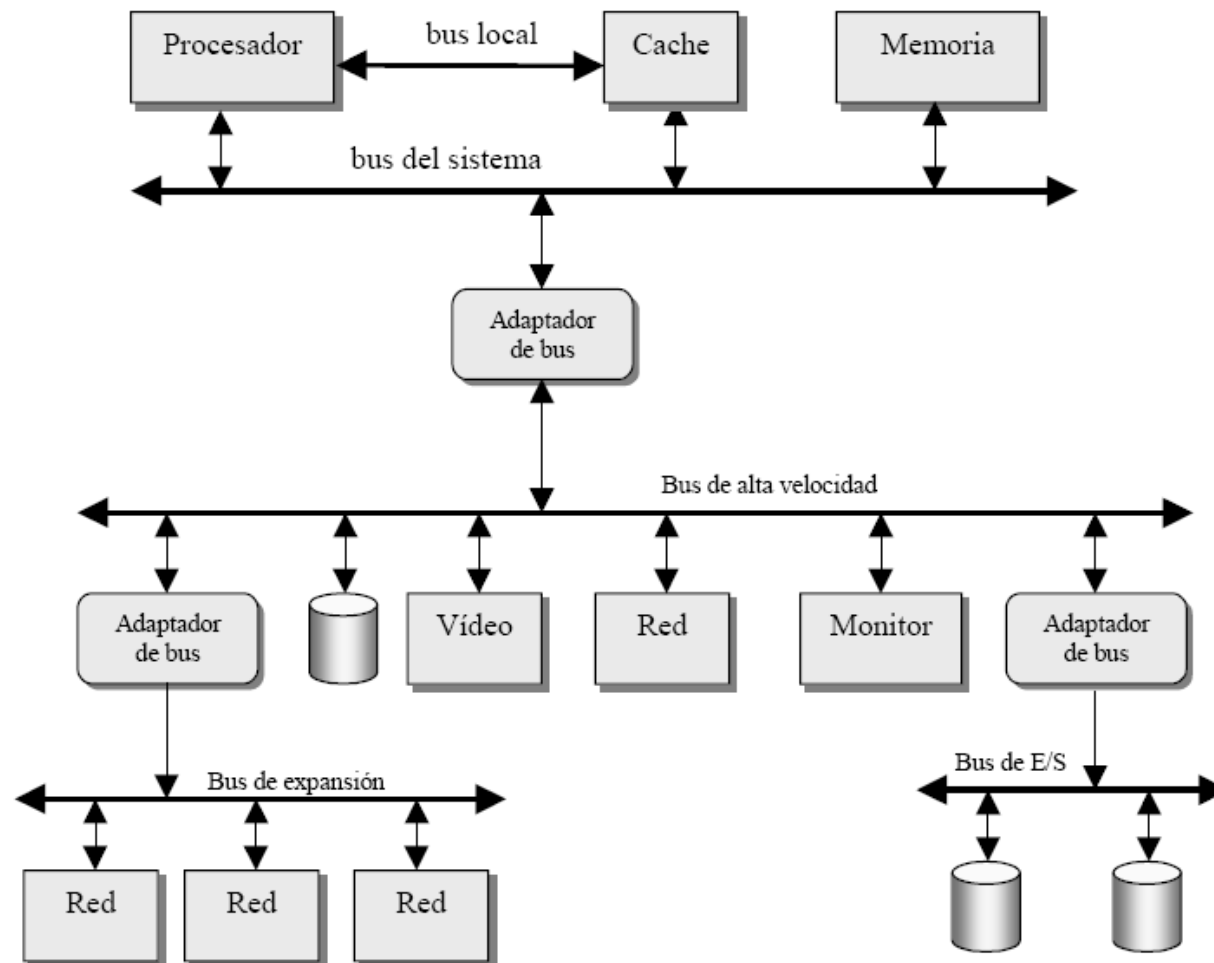
PLACA BASE 3 (IPHONE 4S Y SAMSUNG S7 EDGE)



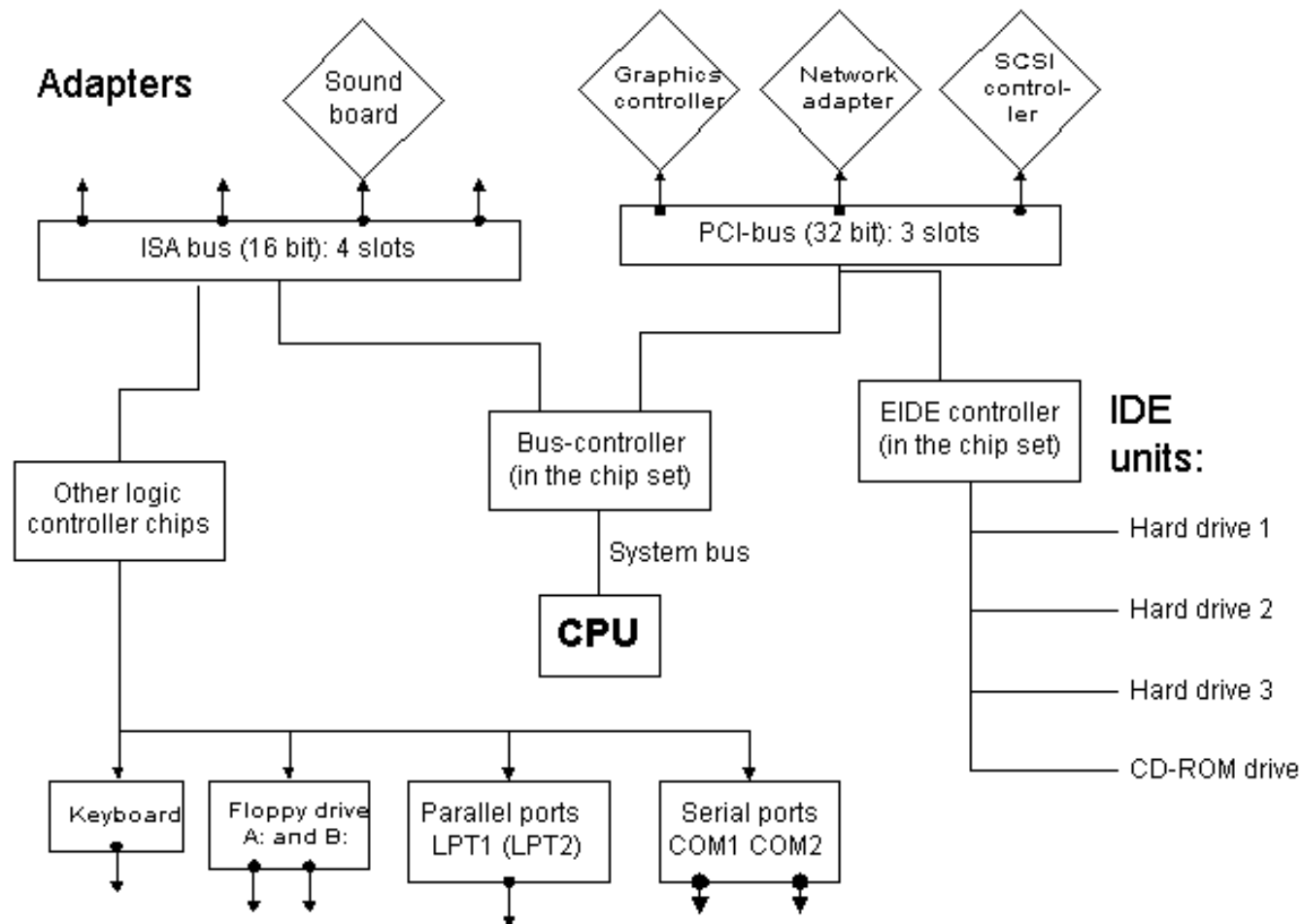
CARACTERÍSTICAS DETERMINADAS POR LA PLACA BASE

- El tipo de microprocesador (**CPU**).
- La **frecuencia** de funcionamiento del micro.
- El **tipo de memoria principal** (módulos de memoria, gestión de paridad y corrección de errores).
- El **tamaño de la memoria principal**. Los módulos de memoria principal que se montan sobre zócalos SIMM y DIMM.
- El **tipo de caché de segundo nivel**. Todas soportan memoria con tiempo de respuesta entre 4.5 y 8 nsecs.
- El **tamaño de la caché externa**. En Pentium es L2 entre 256KB y 1MB y en Pentium II y III es L3 y de hasta 4MB.

JERARQUÍA DE BUSES



ESTRUCTURA DE UNA PLACA BASE CLÁSICA



LOS COMPONENTES DE LA PLACA BASE

Los que se conectan a la placa base: se compran por separado y se configuran desde la BIOS.

- El **chip del microprocesador** (conectado a su zócalo y asistido por el ventilador).
- Los **módulos de memoria principal** que se montan sobre zócalos SIMM y DIMM.
- Los **periféricos**: discos flexibles, discos duros, CD-ROMs, teclado, ratón, impresora, tarjeta gráfica para el monitor... Conectados a los conectores internos y externos de la placa base.

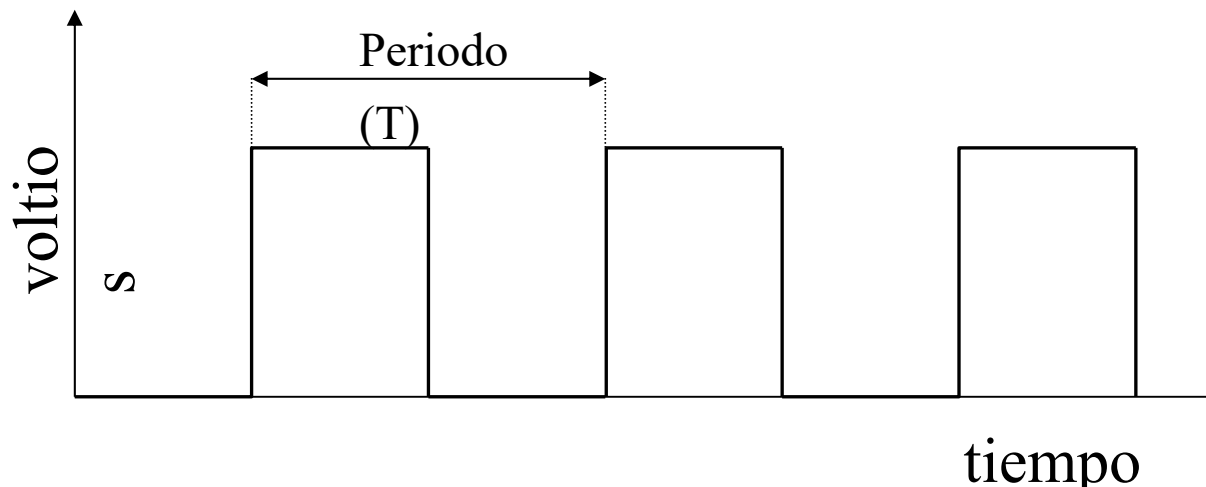
Los que viene de serie con la placa base: están integrados en ella y no pueden desmontarse.

- ROM BIOS, CMOS RAM y memoria caché externa.
- En conjunto con la placa base el precio es de entre 120 y 180 euros.

RELOJ DEL SISTEMA

- Se encarga de proporcionar una **base de tiempos** para que todas las componentes tengan la misma referencia y se puedan entender.
- La señal que proporciona es **digital, cuadrada y periódica**.
- La frecuencia de la **placa base** de un PC es variable:
 - 66 MHz (K5 y Pentium entre otros)
 - 100 MHz (K6-2 y Pentium II),
 - 133 MHz (Pentium III)
 - 266 MHz (K7 Athlon e Itanium)
 - 400 o 533 MHz de Pentium 4 .
 - 2.6 GHz Intel Core 2 Duo

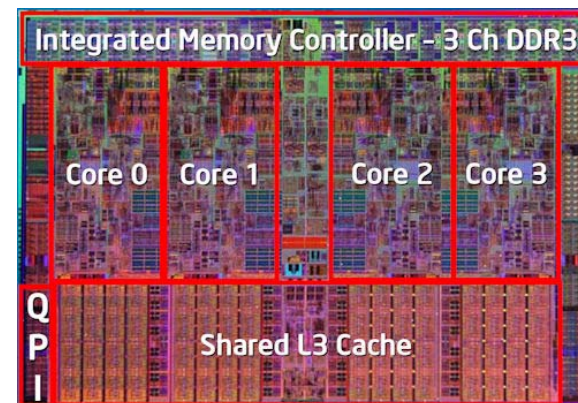
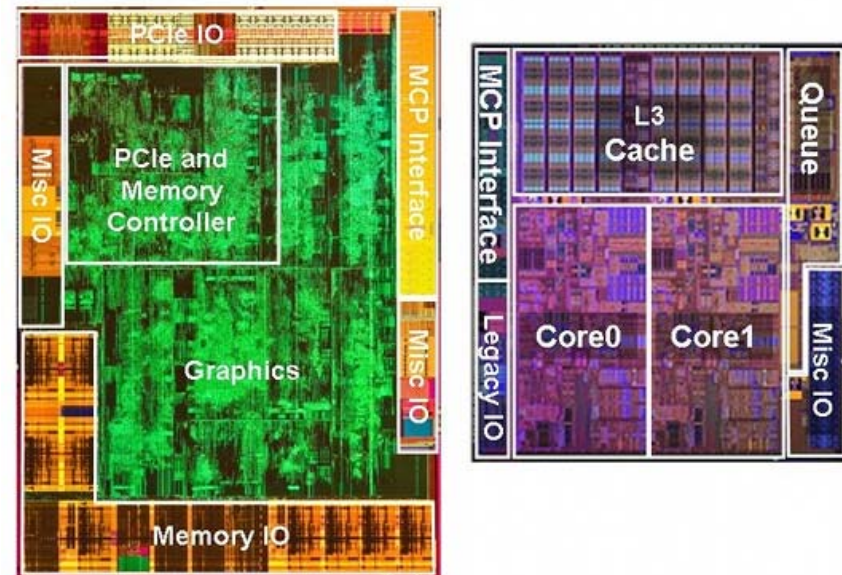
Frecuencia $f=1/T$



CPU



Intel® Core™ i5-600, i3-500 Desktop Processor Series (Clarkdale)



CPU

Determina el funcionamiento del computador y procesa los datos

Frecuentemente recibe el nombre de **procesador**

Funciones:

- **Captar una instrucción:** la CPU lee la instrucción de memoria
- **Interpretar una instrucción:** decodificación de la instrucción para determinar la acción a realizar
- **Captar datos:** leer datos de memoria o de un dispositivo de entrada si lo requiere una instrucción
- **Procesar datos:** realizar operación aritmética o lógica si lo requiere una instrucción
- **Escribir datos:** en memoria o en un dispositivo de salida

CPU (CENTRAL PROCESSING UNIT)

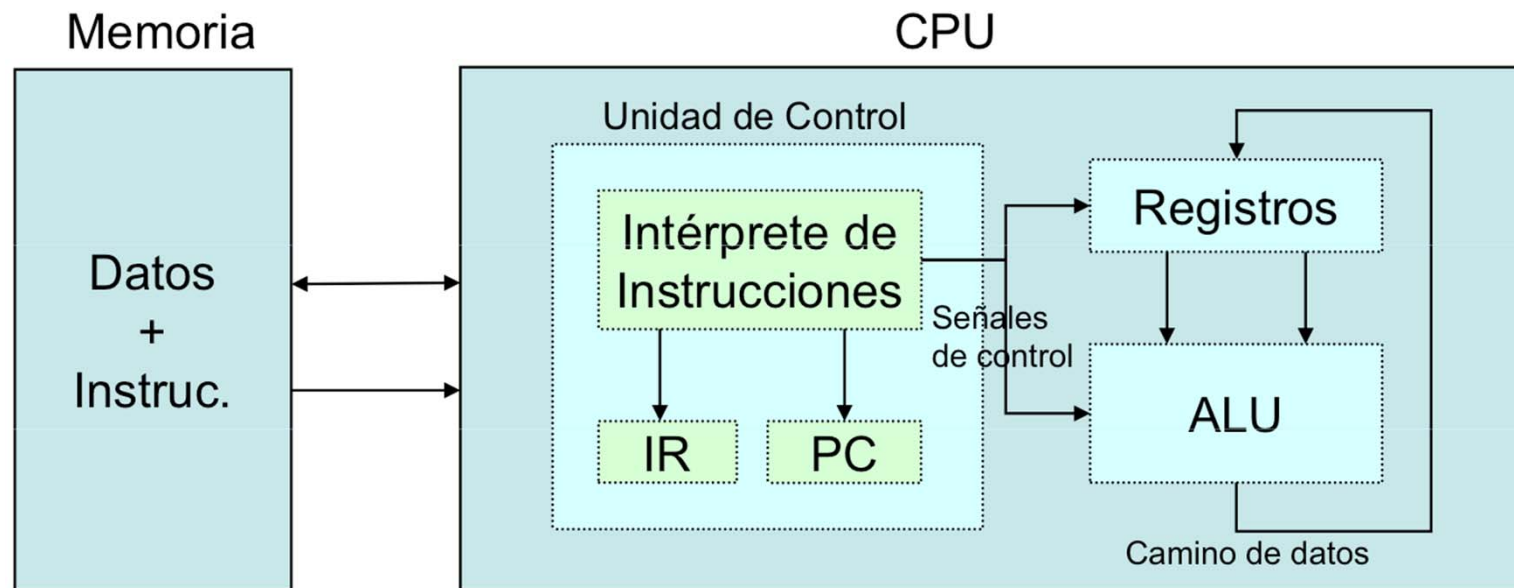
- **Unidad de Control**

- Coordina Actividades del Ordenador
 - Flujos de datos
 - Operaciones
- Ejecuta INSTRUCCIONES (en lenguaje máquina)
- Contiene REGISTROS para sus datos o direcciones

- **ALU (Arithmetic Logic Unit)**

- Realiza operaciones aritméticas y lógicas
- Contiene
 - Registros para guardar datos con los que se opera
 - Circuitos para cada operación

COMPONENTES DE LA CPU



Un **registro** almacena un dato de forma análoga a una celda de memoria y su tamaño depende de la estructura interna del procesador (tamaño de palabra).

La **ALU** realiza la operación aritmética o lógica que el intérprete de instrucciones le indique mediante las señales de control.

LA UNIDAD DE CONTROL

- Dirige las operaciones más importantes del computador
- Establece la comunicación entre la ALU, la memoria principal y el resto de componentes
- Controla la ejecución de cada instrucción de un programa enviando las señales de control adecuadas a cada componente del computador.
- Una vez cargado el programa en la memoria la UC realizará las siguientes fases:
 - Fase de captación de la instrucción
 - Fase de ejecución de la instrucción

COMPONENTES DE LA CPU

La **unidad de control** es la parte más compleja y se encarga de que los datos fluyan al ritmo adecuado en cada uno de los pasos que componen una instrucción.

- La unidad de control debe de ir tomando las instrucciones almacenadas en memoria secuencialmente.

Denominamos **camino de datos** a las líneas por las que circula la información entre los registros y la ALU.

El **tamaño de palabra** del procesador indica el n° de bits capaz manejar en paralelo. Es una característica esencial que afecta a toda la estructura interna.

- Ej: Procesador de 32 bits → Entrada/Salida de ALU, Registros y Buses de 32 bits

REGISTROS DE LA CPU

- Conjunto de elementos de memoria
- Empleados para el almacenamiento temporal de los datos relevantes del proceso de ejecución
- Suelen ser de tamaño de una palabra de memoria
- Son muy rápidos (> caché >> memoria principal)
- Se agrupan en 2 categorías:
 - Registros visibles para el usuario
 - Registros de control y estado

REGISTROS DE LA CPU

Registros visibles para el usuario:

- Puede acceder a ellos el programador (lenguaje máquina o ensamblador)
- Categorías:
 - **Uso general:** para diversas funciones, e.g., operandos, direccionamiento, etc.
 - **Datos:** sólo pueden contener datos
 - **Direcciones:** para direccionamiento de memoria
 - **Códigos de condición (o flags):** bits que indican algún resultado, e.g., número negativo, nulo, desbordamiento, etc. en alguna operación aritmética

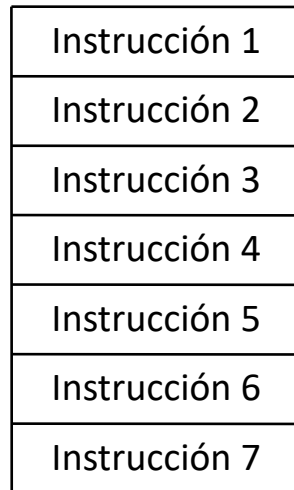
REGISTROS DE LA CPU

Registros de control y estado:

- Usados por la UC para controlar el funcionamiento de la CPU
- Generalmente no son visibles para el programador
- Existen 4 registros esenciales:
 - **Contador de programa (PC):** contiene la dirección de la instrucción a ejecutar
 - **Registro de instrucciones (IR):** contiene la instrucción obtenida
 - **Registro de dirección de memoria (MAR):** Contiene la dirección de la posición de memoria a leer
 - **Registro intermedio de memoria (MBR):** Contiene la palabra de datos a escribir en memoria o leída recientemente

LA UNIDAD DE CONTROL

Memoria principal



Dirección
Carga

CPU

Registro MAR

Registro PC

Dirección

Registro MBR

Carga

Registro IR

Decodificación

Unidad de Control

ALU

Señales control

Señales control

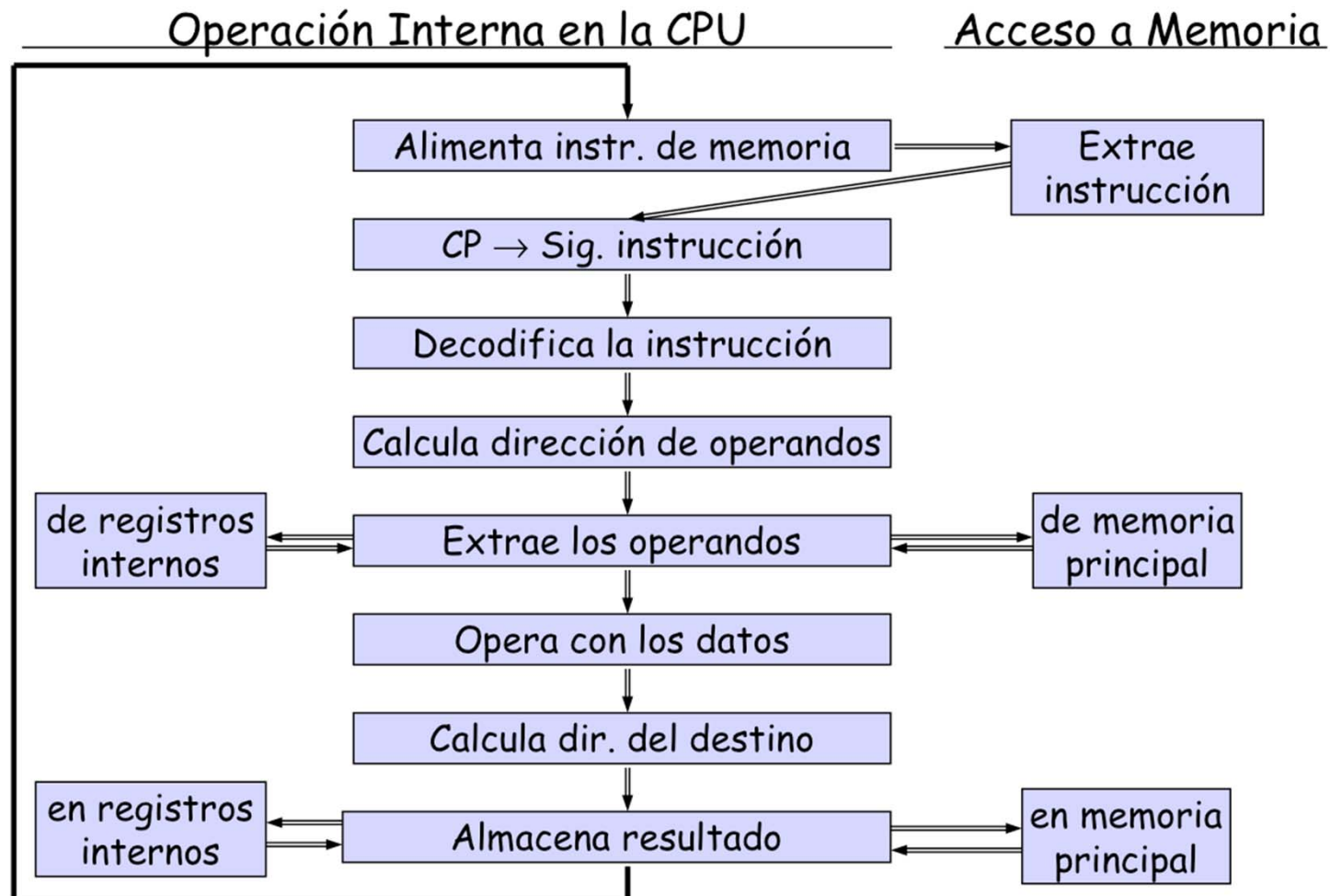
**Dispositivos
Entrada/
Salida**

Señales control

UNIDAD ARITMÉTICO-LÓGICA

- Realiza las operaciones aritméticas y lógicas con los datos
- El resto de elementos del computador proporcionan datos a la ALU
- Los datos se presentan a la ALU en registros y ésta devuelve los resultados en ellos
- Puede activar alguno de los indicadores (flags) como resultado de una operación
- La Unidad de Control (UC) es la que determina la operación que se realiza

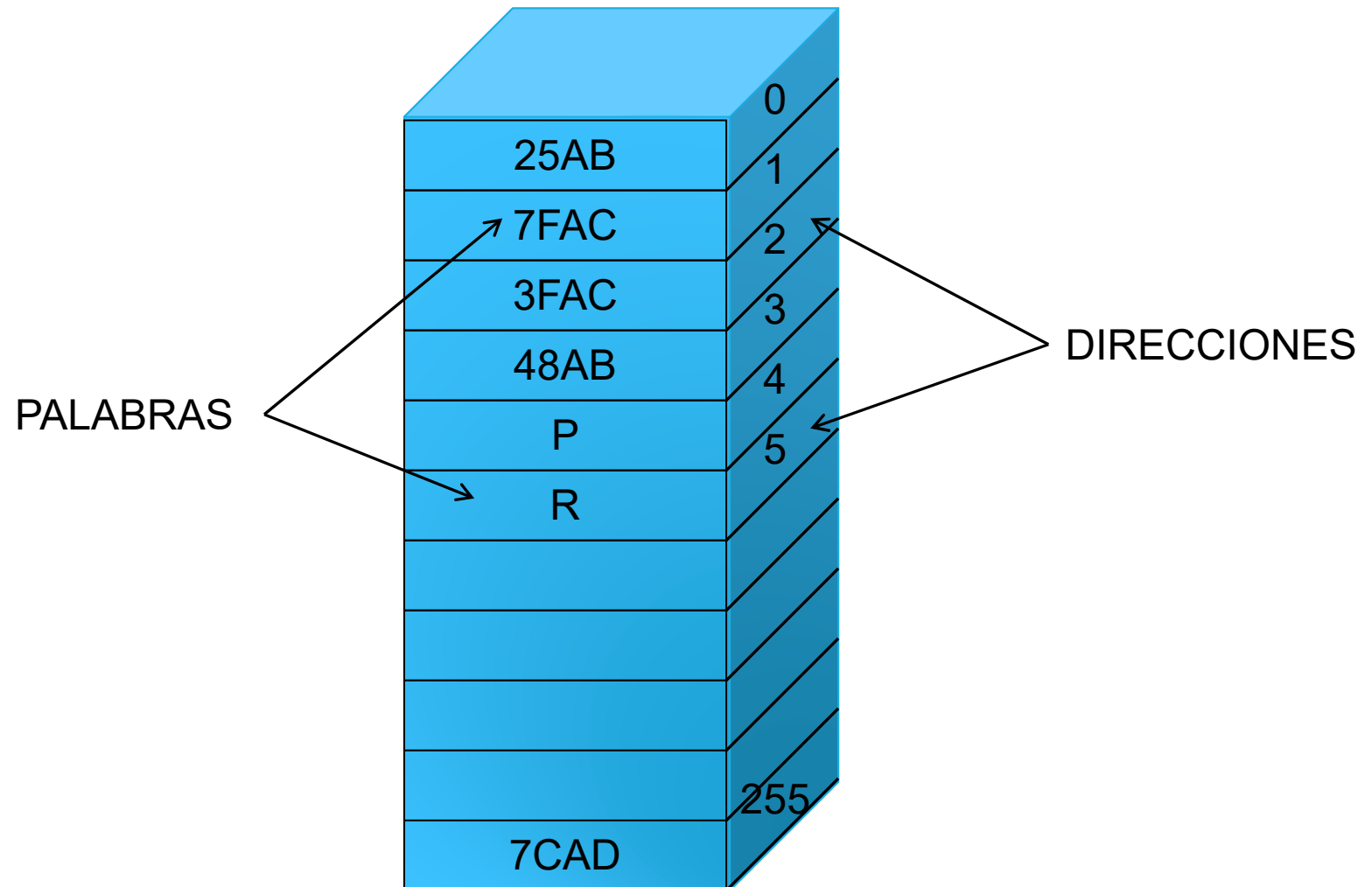
CICLO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CPU



MEMORIA PRINCIPAL

- Conjunto de circuitos digitales que permiten:
 - Almacenar y recuperar información (valores binarios)
- Cada valor se almacena en una **celda de memoria**
- Las celdas se organizan en **palabras de memoria**:
 - Conjunto de celdas que se pueden leer o escribir simultáneamente (suele ser un número exacto de bytes)
- Cada palabra de memoria tiene su **dirección de memoria**:
 - Número que la identifica de forma única
- Por ello la memoria principal es de acceso directo
- El coste de acceso a cualquier palabra es el mismo

MEMORIA PRINCIPAL



TIPOS DE MEMORIA PRINCIPAL

Tipos básicos:

- Memoria R.A.M. (Random Access Memory)
- Memoria R.O.M. (Read Only Memory)

Memoria RAM:

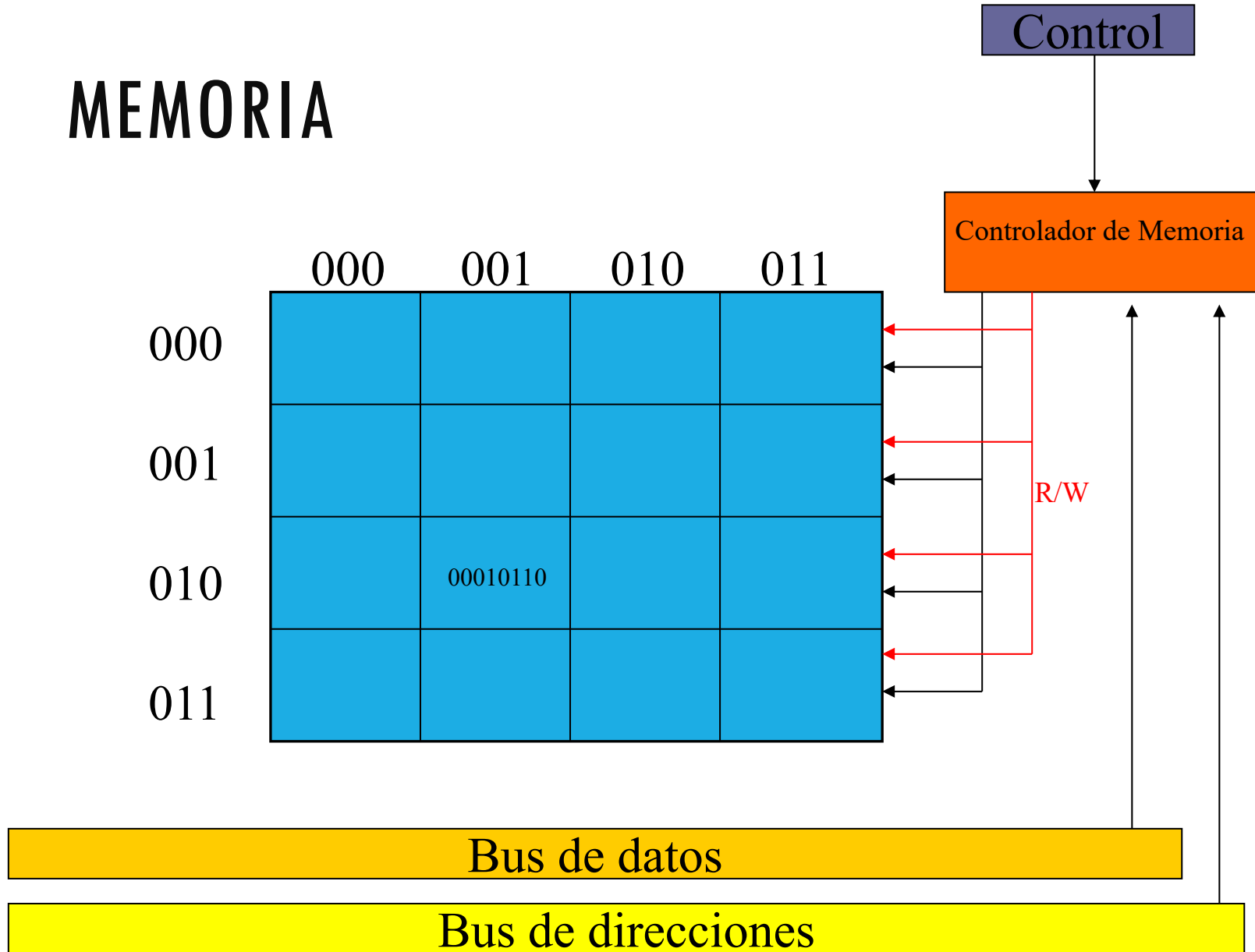
- Se puede acceder a cualquier posición al mismo coste (acceso directo)
- Memoria volátil
- Almacena información para ser usada por la CPU

TIPOS DE MEMORIA PRINCIPAL

Memoria ROM:

- Acceso directo
- No volátil
- Es más lenta que la RAM (tiempo acceso ≈ 200 ns)
- En un **computador** se utiliza para gestionar (entre otras cosas):
 - El proceso de arranque, el chequeo inicial del sistema, carga del sistema operativo y diversas rutinas de control de dispositivos de entrada/salida (BIOS)
- Tipos:
 - PROM (Programmable ROM): se pueden programar una vez y no borrar
 - EPROM (Erasable PROM): programable. Se puede borrar con rayos ultravioleta
 - EEPROM (Electrically EPROM): programable. Se puede borrar eléctricamente. Tipo especial: memoria FLASH

MEMORIA



RENDIMIENTO CPU-MEMORIA

La memoria es más lenta que el procesador:

- Perjudica la capacidad de proceso del computador

Por tanto, después de que la CPU emite una solicitud a la memoria:

- Transcurren muchos ciclos de reloj antes de que reciba los datos de memoria

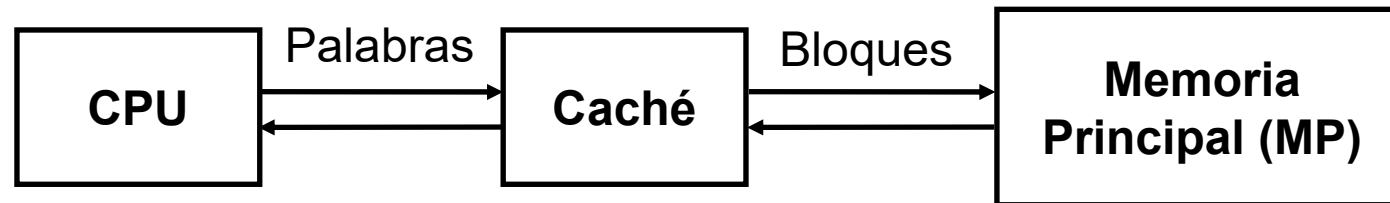
Período:

- Tiempo que puede durar una operación elemental (determinado por el reloj de la CPU)
- Inverso de la frecuencia
- Ejemplo: CPU a 150MHz, Período = $1/(150 \times 10^6) = 6,6 \text{ ns}$

RENDIMIENTO CPU-MEMORIA

Caché:

- Suele ser del orden de 15-60 veces más rápida que la MP
- Tamaño: hasta 4 MB hoy en día



- Funcionamiento:
 - La CPU envía dirección a la caché
 - La caché traduce esa dirección a dirección caché y comprueba si la tiene almacenada
 - Si la tiene devuelve el contenido a la CPU
 - Si no la tiene se lee de la MP y se sustituye por un bloque de la caché

RENDIMIENTO CPU-MEMORIA

Caché:

- Cualquier modificación de los datos de la caché deberá realizarse también en la MP
- El obtener aciertos en los accesos a la memoria caché: **principio de localidad**
 - **Espacial**: si se accede a dato de la memoria es muy probable que se acceda a otros cercanos a él.
 - **Temporal**: si se accede a dato de la memoria es muy probable que se vuelva a referenciar.
- Este principio se cumple debido a la organización del programa (secuencial)

RENDIMIENTO CPU-MEMORIA

Cuando la CPU requiere información de la memoria principal, se debe:

- Almacenar en la caché esa información junto con la de direcciones próximas (bloque de datos)
- Almacenar en la caché el bloque de datos durante un cierto tiempo

Niveles de memoria caché:

- **L1**: la más rápida y cara. Forma parte del microprocesador. De 4 a 32 Kb
- **L2**: la memoria caché estándar. Externa a la CPU. De 256 Kb a 4 MB

JERARQUÍA DE MEMORIA

