

Tema 2. Funcionamiento del ordenador

Tema 2. Funcionamiento del ordenador	1
2.1 Historia de los ordenadores	2
La era mecánica de los ordenadores.....	2
La era electrónica de los ordenadores.....	4
Generaciones de ordenadores	6
1ª generación	6
2ª generación	7
3ª generación	8
4ª generación	8
5ª generación	9
2.2 Arquitectura Von Neumann.....	9
Unidad central de proceso	10
Tipos de CPU	10
Microprocesadores con tecnología CISC.....	10
Microprocesadores con tecnología RISC.....	11
Los registros internos del microprocesador.....	12
Registros visibles al usuario	12
Registros de control y de estado.....	13
La memoria principal o central, la RAM.....	14
En una operación de lectura se efectúan los siguientes pasos:	15
En una operación de escritura, se efectúan los siguientes pasos:	15
Unidad de control.....	16
Componentes de la UC.....	16
Unidad aritmético-lógica (UAL).....	17
Buses de comunicación	17
Ejecución de una instrucción.....	18
2.3 Evolución de los microprocesadores	18
Diagrama de bloques de las CPU actuales.....	19
Instrucciones especiales	20
Conceptos Básicos	23
Actividades	25
Evaluación	27

2.1 Historia de los ordenadores

Definimos el ordenador como la máquina electrónica capaz de procesar datos, es decir, que puede aceptar datos de una entrada, manipularlos aritmética o lógicamente y obtener y presentar el resultado en una salida.

Un ordenador es una máquina destinada a procesar información, que transforma una información de entrada en una información de salida, para resolver un problema determinado.

Desde hace siglos, el hombre ha intentado liberarse de trabajos manuales y repetitivos utilizando máquinas y herramientas que facilitasen su tarea, sobre todo en operaciones de cálculo.

El ábaco chino, la primera máquina de calcular, data del 3500 y 2600 AC. Servía para representar números en el sistema decimal y realizar operaciones con ellos:

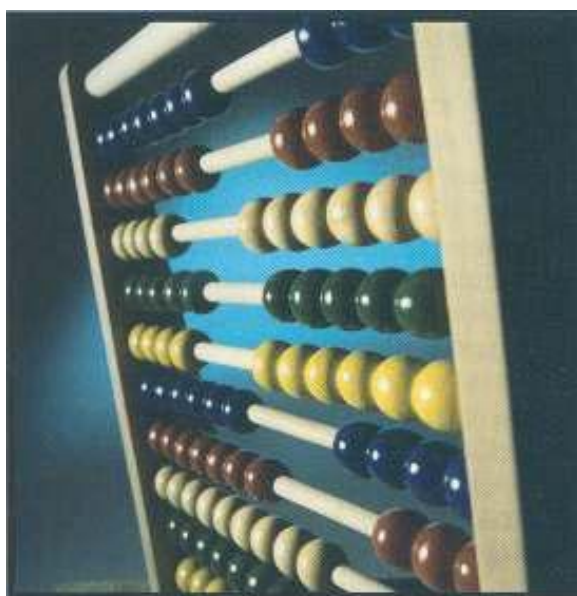


Fig. 2.1. Ábaco chino, origen de las máquinas de calcular.

La era mecánica de los ordenadores

En la que podríamos llamar generación 0, existían las máquinas mecánicas de calcular. Una evolución de estas máquinas son las registradoras mecánicas que aún existen en la actualidad en algunas tiendas.

- El filósofo y científico francés Blaise Pascal inventó en 1642 una máquina aritmética de calcular capaz de realizar sumas y restas mostrando el resultado por una serie de ventanillas. Estaba construida a partir de un determinado número de ruedas dentadas (habituales en la industria relojera), de forma que al rodar los 10 dientes de la primera rueda, avanzase la segunda; al rodar 10 dientes en la segunda avanzase 1 la tercera, y así sucesivamente:

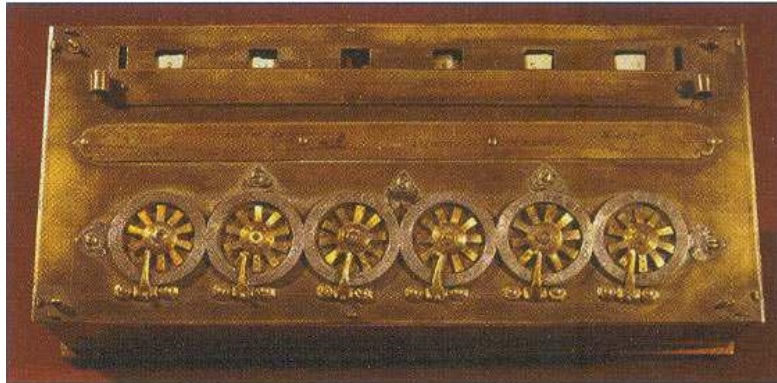


Fig. 2.2. Máquina aritmética de Pascal.

- Esta máquina sirvió de base para que el matemático alemán Gottfried Wilhelm Von Leibniz diseñara en 1671 una máquina que, además de sumar y restar, realizase multiplicaciones, divisiones y hasta raíces cuadradas.

Las máquinas de Pascal y Leibniz podrían considerarse precursoras de las actuales calculadoras de mesa, que requieren la presencia y acción constante de un operador para introducir los datos.

- Ya en el siglo XIX el matemático Charles Babbage dio un gran impulso al diseño de máquinas matemáticas. Ideó en 1822 la máquina diferencial con la que habrían podido obtenerse automáticamente tablas de valores de una variable Y en función de una variable X:

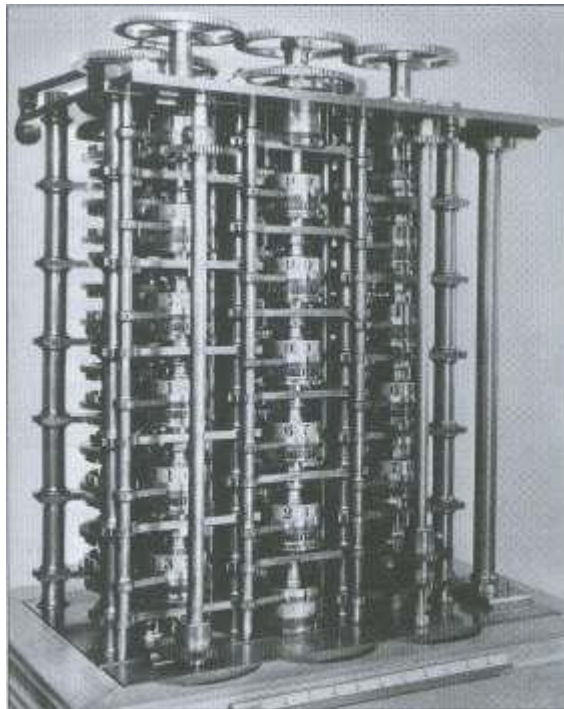


Fig. 2.3. Máquina diferencial de Babbage.

- En 1833 el mismo Charles Babbage ideó un nuevo aparato, la máquina analítica, con la que estableció los principios de funcionamiento de los ordenadores electrónicos, ya que incorporaba los conceptos de:
 - Dispositivos de entrada, que facilitan a la máquina las instrucciones necesarias para las operaciones y los datos objeto de las mismas.

- Memoria, para almacenar los datos introducidos y los resultados intermedios.
 - Unidad de control (UC), para vigilar la ejecución de las operaciones según la secuencia adecuada.
 - Unidad aritmético-lógica (ALU), encargada de efectuar las operaciones para las que ha sido programada la máquina.
 - Dispositivos de salida, que transmiten al exterior los resultados de los cálculos realizados.
- Alrededor del año 1885, Herman Hollerith, funcionario de la oficina del censo de Estados Unidos, ideó las tarjetas perforadas, para registrar la información de las personas censadas, y construyó una máquina censadora o tabuladora, capaz de leer y tabular dicha información. Fundó la compañía Hollerith Tabulating Company, que posteriormente pasó a formar parte de otra empresa que se convertiría en 1924 en IBM (International Business Machines Corporation).

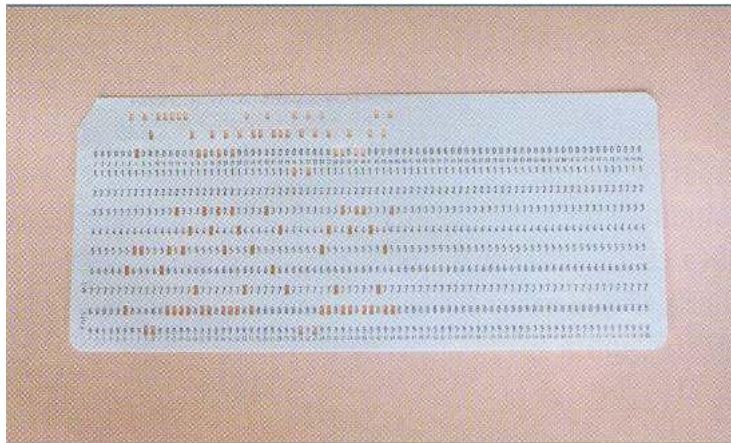


Fig. 2.4. Tarjeta perforada.

- Ya en 1944, Howard H. Aiken, de la universidad de Harvard, desarrolló la idea de Babbage y fabricó la primera computadora utilizando componentes electromecánicos (ruedas de contador, relés, embragues electromecánicos). La denominó calculadora automática de secuencia controlada (ASCC, automatic sequence controlled calculator), también conocida como Mark 1 o Harvard Mark 1. Fue construida por IBM y utilizaba como medio de entrada para los datos las tarjetas perforadas. Era una máquina de 17 metros de longitud por 2 de altura y cerca de 70 toneladas de peso. Estaba constituida por 700000 piezas móviles. Sumaba dos números en menos de un segundo, y los multiplicaba en menos de seis. Trabajaba con 23 dígitos decimales. Esta máquina puede considerarse como el primer ordenador que llegó a construirse y funcionar perfectamente.

La era electrónica de los ordenadores

Los ordenadores basados en elementos mecánicos planteaban ciertos problemas:

- La velocidad de trabajo está limitada a la velocidad de los componentes móviles.
- La transmisión de la información por medios mecánicos (engranajes, palancas, etc.) es poco fiable y difícilmente manejable.

Siguiendo siempre las ideas primitivas, la incorporación de la electrónica como base para la fabricación de los ordenadores no se hizo esperar. Los componentes

electrónicos salvan los inconvenientes que plantean los elementos mecánicos, ya que carecen de partes móviles y la velocidad de transmisión de la información por métodos eléctricos no es comparable a la de ningún elemento mecánico.

- El primer elemento electrónico usado para calcular fue la válvula de vacío y, el primer ordenador electrónico de uso general fue el ENIAC, construido en la Universidad de Pensilvania por J. Presper Eckert y John Mauchly entre 1943 y 1946:

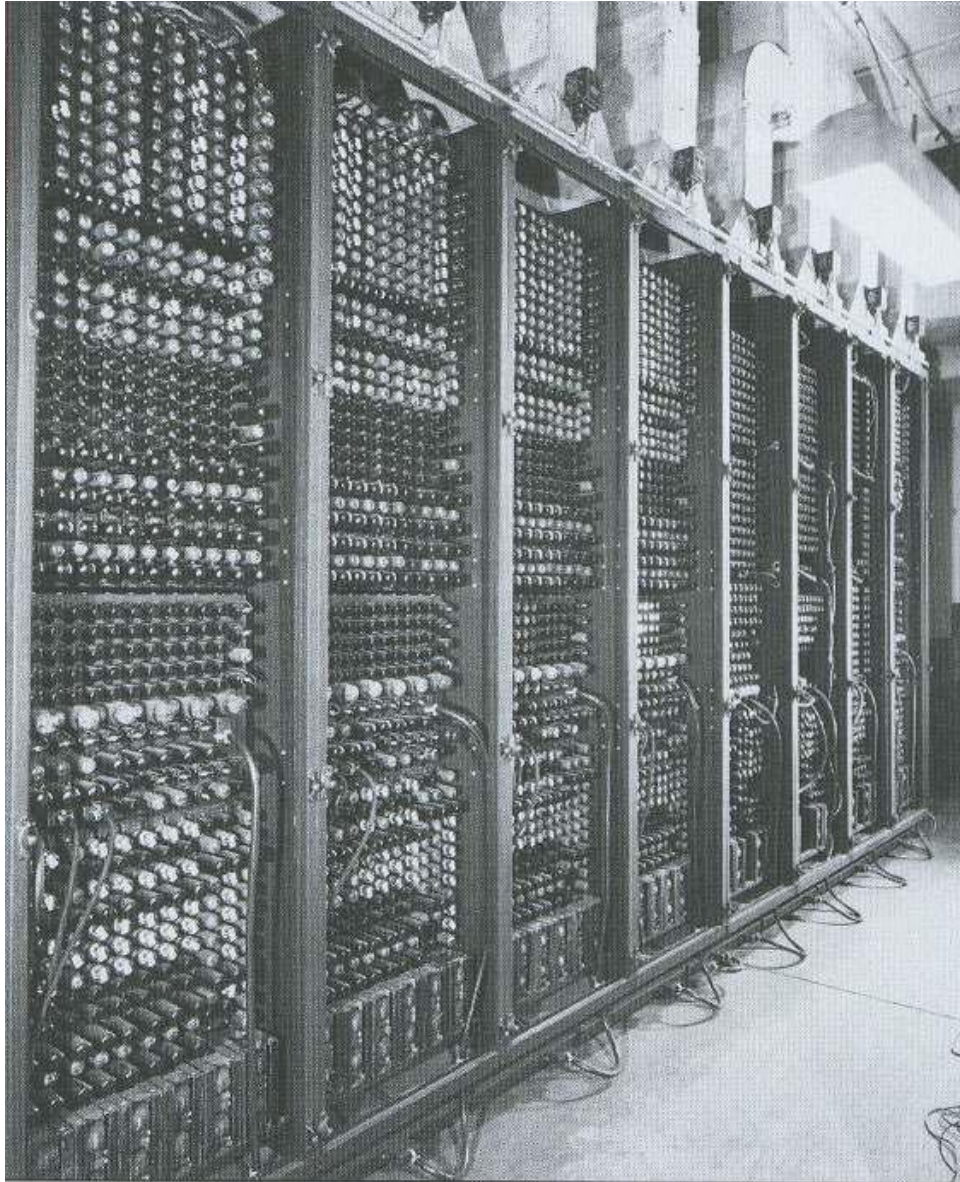


Fig. 2.5. *ENIAC, el primer ordenador electrónico.*

- El ENIAC tenía más de 15000 válvulas electrónicas de vacío, 50000 conmutadores, 70000 resistencias y 7500 interruptores. Tenía un peso de unas 30 toneladas y su consumo era tal que, en el momento de conectarse, las luces de la ciudad de Filadelfia sufrían un brusco descenso. Su velocidad de trabajo era muy superior al Mark 1, pues éste efectuaba una multiplicación de diez cifras en seis segundos, y el ENIAC empleaba tan sólo tres milésimas de segundo. Su primera utilización fue en la construcción de tablas para el cálculo de trayectorias de proyectiles.

- En 1944, John Von Neumann, ingeniero y matemático húngaro nacionalizado estadounidense, desarrolla la idea de programa interno o almacenado y describe el fundamento teórico de construcción de un ordenador electrónico, denominado modelo Von Neumann, que es el que siguen los ordenadores actuales. Las computadoras existentes hasta entonces trabajaban con programas cableados, los cuales se introducían estableciendo manualmente las conexiones entre las distintas unidades.

John Von Neumann participó en el proyecto ENIAC como asesor de los problemas de diseño lógico y emitió un informe decisivo en el posterior desarrollo del ordenador. Von Neumann adelantó que los ordenadores futuros almacenarían internamente los programas y que tanto la información como los programas se representarían como números binarios.

- El primer ordenador que fue capaz de trabajar con programa almacenado fue una modificación del ENIAC: el EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer; «Computadora Automática Electrónica de Variable Discreta»), desarrollado entre 1945 y 1951. Se basaba en la idea de que el programa debe almacenarse en la misma memoria que los datos con los que trabaja.
- En 1951 John W. Mauchly construye el primer ordenador comercial, UNIVAC-I, para la oficina del censo de Estados Unidos. Utilizaba ya las cintas magnéticas como dispositivo de almacenamiento externo.
- Finalmente, en 1952 se construyen ordenadores como el MANIAC-I, el MANIAC-II y el UNIVAC-II. Éste ya incluía memorias de núcleos de ferrita. Con estas máquinas acaba lo que se ha llamado la «prehistoria» de la informática.

Generaciones de ordenadores

Desde que en la década de 1950 se empezaron a utilizar los ordenadores con fines comerciales, han ido evolucionando hasta llegar a los ordenadores actuales. La causa de su vertiginosa evolución son los continuos avances y descubrimientos ocurridos durante estos años en el campo de la electrónica.

Así pues, los ordenadores pueden clasificarse de acuerdo con estos avances de la electrónica, estableciendo diferencias entre las denominadas generaciones de ordenadores. Cada nueva generación se caracteriza por una mayor velocidad, mayor capacidad de memoria, menor consumo y menor tamaño que la generación anterior. Hay muchas versiones de esto mismo, sobre todo en cuanto a fechas se refiere, pero podemos hablar de las siguientes generaciones:

1ª generación, 1946-1955. Ordenadores basados en válvulas electrónicas de vacío (véase Figura 2.6). Tenían un tamaño muy grande y su mantenimiento resultaba muy complicado. Se destinaban a aplicaciones para el campo científico y militar. Utilizaban como lenguaje de programación el lenguaje máquina, y los programas largos a veces tardaban días en ejecutarse. Empleaban la tarjeta perforada para almacenar la información.

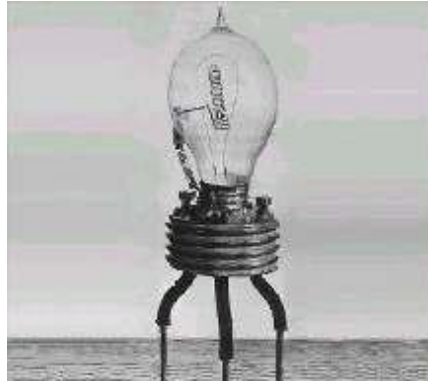


Fig. 2.6. Válvulas de vacío, elemento característico de la 1ª generación 2ª generación, 1955-1964. Se sustituye la válvula de vacío por el transistor (véase Figura 2.7). Los transistores estaban compuestos de silicio, con una base de algunas décimas de milímetro y una altura de alrededor de 150 micras. Esta innovación supuso una reducción considerable del tamaño de los ordenadores, que además ganaron en potencia, rapidez y fiabilidad. Comenzaron a utilizarse lenguajes de alto nivel: Cobol, Algol y Fortran. También se utilizaban memorias de núcleos de ferrita, cintas y tambores magnéticos para almacenar la información.

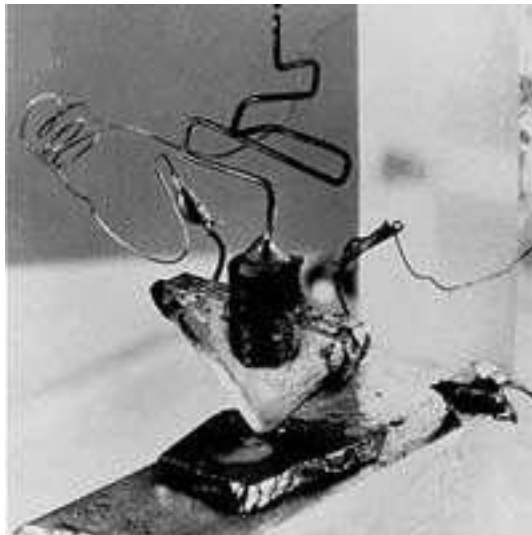


Fig. 2.7. Primer transistor, elemento característico de la 2ª generación

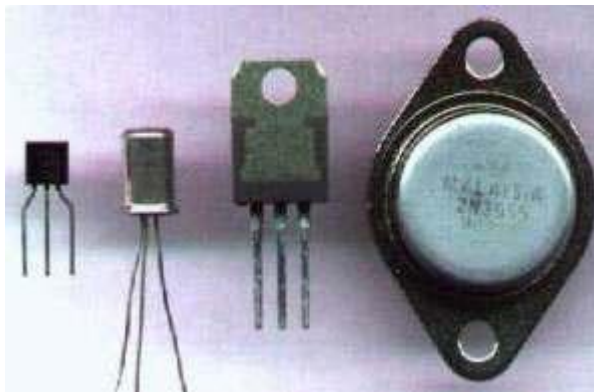


Fig. 2.7 (b) Diferentes transistores



Fig. 2.7 (c) Comparación entre válvulas y transistores

3ª generación, 1964-1974. Ordenadores basados en circuitos integrados (véase Figura 2.8), que revolucionaron el mundo de la informática. El primer circuito integrado apareció en 1958, y su divulgación comercial empezó en 1961. Los circuitos integrados se basan en el encapsulamiento de gran cantidad de componentes elementales (resistencias, transistores, diodos y condensadores) interconectados entre sí. Esto supuso la minimización de los ordenadores, así como el aumento notable de la velocidad. En esta época evolucionó el software de forma considerable, sobre todo en los sistemas operativos, en los que se incluyó la multiprogramación y el tiempo real. También evolucionaron apreciablemente las unidades de almacenamiento y aparecieron los discos magnéticos. Comenzaron a utilizarse memorias de semiconductores.

En La 3ª generación se integra todas las tareas en un sistema único, se puede trabajar con multiprogramación. Surge el concepto de memoria virtual, que optimiza el empleo de la memoria principal (IBM310).



Fig. 2.8. Circuitos integrados, elemento clave de la 3ª generación

4ª generación, 1974-1983. La componen los ordenadores que integran toda la CPU en un solo circuito integrado: los llamados microprocesadores (véase Figura 2.9). Los protagonistas de esta etapa fueron los ordenadores personales. También se perfeccionaron las unidades de almacenamiento y se empezó a utilizar el disquete o disco flexible (floppy disk). Comenzaron a proliferar las redes de ordenadores para la transmisión de datos. El primer micro (el 4004) lo desarrolló Intel en 1971. Aunque no tenía una finalidad informática, sentó precedente para el desarrollo de futuros micros que sí se utilizarían en computación.



Fig. 2.9. Microprocesadores, elemento clave de la 4ª generación

5ª generación, en 1983, Japón lanzó el llamado Programa de la Quinta Generación de Computadoras, con los objetivos explícitos de producir máquinas capaces de comunicarse en un lenguaje más cotidiano y no a través de códigos o lenguajes de control especializados. En Estados Unidos ya estaban desarrollando un programa que perseguía objetivos semejantes:

- Procesamiento en paralelo mediante arquitecturas y diseños especiales y circuitos de gran velocidad.
- Manejo de lenguaje natural y sistemas de inteligencia artificial.

2.2 Arquitectura Von Neumann

Como ya se dijo en el apartado anterior, Von Neumann describió el fundamento teórico de construcción de un ordenador electrónico con programa almacenado.

La idea era conectar permanentemente las unidades del ordenador, siendo coordinado su funcionamiento bajo un control central.

Esta arquitectura es todavía la que emplean la mayoría de los fabricantes de ordenadores:

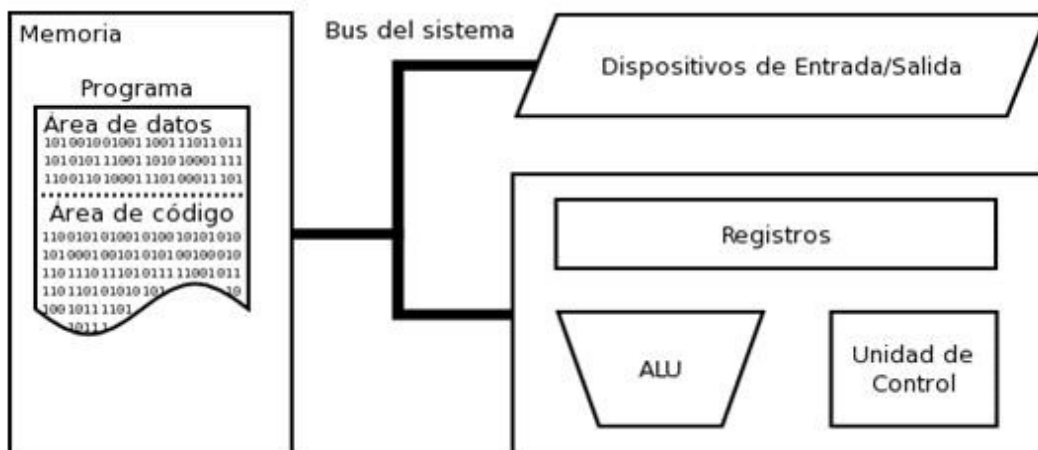


Fig. 2.10. Estructura general de un ordenador con arquitectura Von Neumann.

Unidad central de proceso

La UCP, o CPU (central processing unit), controla y gobierna todo el sistema y consiste en un circuito microscópico que interpreta y ejecuta las instrucciones de los programas almacenados en memoria y que además toma los datos de las unidades de entrada, los procesa y los envía a las unidades o periféricos de salida. Es decir, se trata del componente del ordenador que se ocupa del control y el proceso de datos. La potencia de un sistema informático se mide principalmente por la de su CPU.

La unidad central de proceso está formada por:

- La unidad de control (UC), que interpreta y ejecuta las instrucciones máquina almacenadas en la memoria principal y genera las señales de control necesarias para ejecutarlas.
- La unidad aritmético-lógica (UAL, o ALU, arithmetic and logical unit) recibe los datos sobre los que efectúa operaciones de cálculo y comparaciones, toma decisiones lógicas (determina si una afirmación es cierta o falsa mediante las reglas del álgebra de Boole) y devuelve luego el resultado, todo ello bajo la supervisión de la unidad de control.
- Los registros de trabajo o de propósito general, donde se almacena información temporal, que constituyen el almacenamiento interno de la CPU.

La UC, la UAL y los registros van a constituir el procesador central del sistema, encargado del control y ejecución de todas las operaciones del sistema, podemos hacer una similitud entre el microprocesador (Intel, AMD) con estos componentes de la UCP.

Para aceptar órdenes del usuario, acceder a los datos y presentar los resultados, la CPU se comunica a través de un conjunto de circuitos o conexiones llamado bus. El bus conecta la CPU a los dispositivos de almacenamiento (por ejemplo, un disco duro), los dispositivos de entrada (como el teclado o el ratón) y los dispositivos de salida (un monitor o una impresora, por ejemplo). Los buses son los caminos a través de los cuales las instrucciones y los datos circulan entre las distintas unidades del ordenador.

Los registros internos del microprocesador

En el interior del procesador existen unas celdas de memoria de alta velocidad que permiten a la CPU almacenar datos temporalmente mientras se efectúa alguna operación. Son los llamados registros internos, que constituyen la memoria interna del procesador.

Están formados por un conjunto de bits que se manipulan en bloque. Este número varía dependiendo de la CPU, pero siempre son múltiplos de ocho (8, 16, 32...).

El tamaño del registro indica el número de bits que pueden manipular a la vez en el procesador; cuanto mayor sea, más potente será el micro, pues podrá trabajar con más cantidad de información a la vez.

Las primeras CPU tenían 8 bits.

Las CPU de los primeros PC disponían de registros de 16 bits: sólo podían ejecutar software de 16 bits, como DOS y Windows 3.x, pues con este software sólo se pueden utilizar números de 16 bits para direccionar la memoria, lo que limita al procesador.

Con 32 bits se puede utilizar mayor cantidad de memoria, y el conjunto de instrucciones de 32 bits incluye algunas adicionales para la gestión de la memoria, aunque en los micros de 16 bits estas instrucciones las realizaban chips (circuitos integrados) suplementarios.

El 80386 de Intel fue el primer modelo de CPU que incluyó registros de 32 bits y, por consiguiente, era capaz de ejecutar software de esa cantidad de bits.

Los registros de la CPU se pueden dividir en dos tipos: visibles al usuario y de control y de estado.

Registros visibles al usuario

Estos registros se definen como aquellos que pueden ser referenciados por lenguaje ensamblador, o de máquina, con el fin de optimizar el uso de los recursos. Se distinguen cuatro categorías:

- Registros de dirección. Contienen las direcciones de memoria donde se encuentran los datos. Algunos de los registros de dirección más usados son los registros índices y los punteros de pila.

- Registros de datos. Se usan para contener datos. Esto hace que aumente la velocidad de proceso, sobre todo cuando un dato es solicitado, porque con frecuencia se deja en uno de estos registros y no es necesario acceder a la memoria principal.
- Registros de condición, también llamados flags o banderas. Específicamente son bits fijados mediante el hardware, que indican si una operación entrega un resultado positivo, negativo, nulo, o si hay overflow (desbordamiento).

Registros de control y de estado

Son los que intervienen en la ejecución de las instrucciones:

- Contador de programa (CP) (en inglés PC), también llamado contador de instrucciones. Contiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar; su valor es actualizado por la CPU después de capturar una instrucción.
- Registro de instrucción (RI) (en inglés IR). Contiene el código de la instrucción actual. Aquí se analiza el código de operación.
- Registro de dirección de memoria (RDM) (en inglés MAR). Contiene la dirección de una posición de memoria, donde se encuentra o va a ser almacenada la información; este intercambio se realiza a través del bus de direcciones.
- Registro de intercambio de memoria (RIM) (en inglés MBR). Recibe o envía (dependiendo de si es una operación de lectura o escritura) la información o el dato contenido en la posición apuntada por el RDM; el intercambio de datos con la memoria se realiza a través del bus de datos.

Estos cuatro registros funcionan de la siguiente forma: el registro contador de programa (CP) tiene la dirección de memoria de la próxima instrucción a ejecutar; para buscarla, el contenido de esa posición es pasado al RDM. La instrucción apuntada por el RDM se carga en el RIM, y desde aquí al RI. Seguidamente, el decodificador de instrucciones interpreta el contenido del RI, y se generan las órdenes oportunas para su ejecución. El CP se incrementa en 1, para apuntar a la siguiente instrucción a ejecutar:



La memoria principal o central, la RAM

En la memoria principal / central o abreviadamente RAM (random access memory, memoria de acceso aleatorio) se almacenan dos tipos de información:

- el programa o secuencia de instrucciones a ejecutar
- y los datos que manejan dichas instrucciones

La manipulación de los programas y los datos está dirigida por la CPU, y más concretamente por la unidad de control:

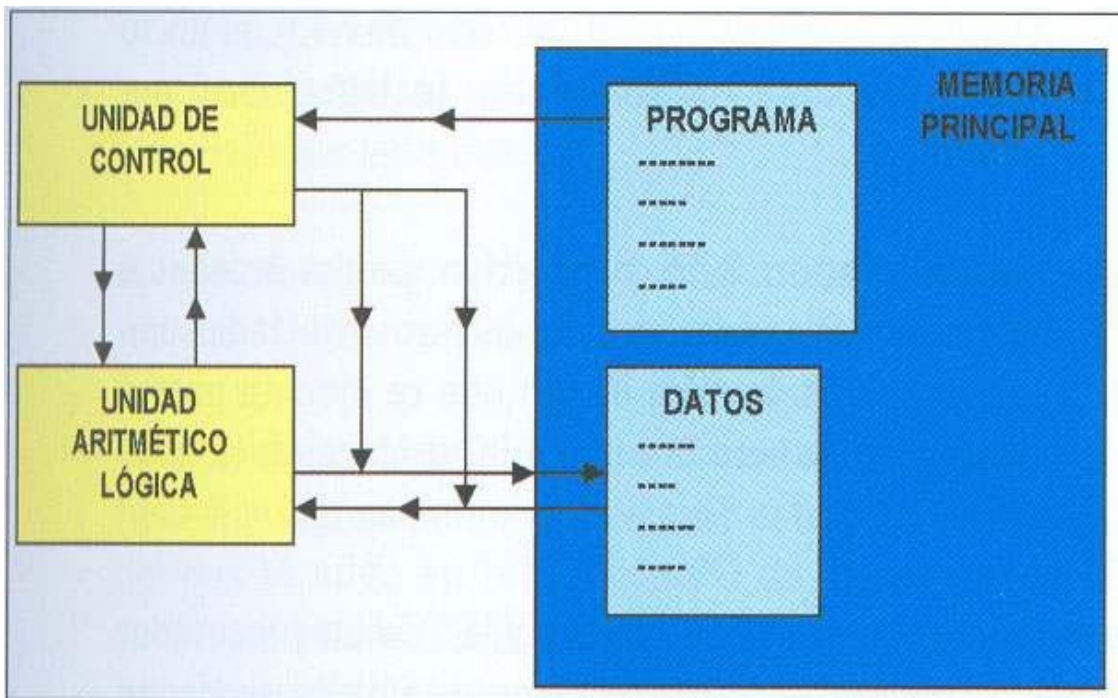


Fig. 2.12. Memoria principal y su conexión a la CPU.

La RAM está formada por un conjunto de casillas o posiciones de memoria capaces de almacenar un dato o una instrucción. Cada casilla contiene 8 bits, es decir, un byte u octeto, de manera que:

- si la RAM es de 1 KB ($2^{10} \Rightarrow 1024$ bytes), dispondrá de 1024 celdas de memoria y podrá almacenar 1024 caracteres
- si la memoria es de 1 MB, podrá almacenar 2^{20} bytes, o lo que es lo mismo, 1048576 caracteres

Cuando se apaga el ordenador, el contenido de la RAM desaparece; por eso se dice que esta memoria es volátil.

Cada una de las casillas que forman la memoria se identifica con un número; es lo que se conoce como dirección de memoria. La finalidad es que la unidad de control pueda diferenciar unas casillas de otras.

Unidad de control

Se encarga de interpretar y ejecutar las instrucciones máquina que forman los programas y de generar las señales de control necesarias para llevarlas a cabo.

Realiza las siguientes operaciones:

1. Extrae de la memoria principal la instrucción a ejecutar. Para ello dispone de dos registros: el contador de programa o de instrucciones (CP), en el que almacena la dirección de la celda que contiene la próxima instrucción a ejecutar, y el registro de instrucción (RI), en el que deposita el código de la instrucción a ejecutar. Está dividido en dos zonas: código de operación y dirección de memoria, donde se encuentra el operando.
2. Una vez conocido el código de operación, la UC establece las conexiones con los circuitos de la UAL que deberán intervenir en la operación.
3. Extrae de la memoria principal los datos necesarios para ejecutar la instrucción; es decir, ordena la lectura de la celda cuya dirección se encuentra en el IR (es la dirección del operando).
4. Ordena a la UAL que efectúe las operaciones necesarias. El resultado de este tratamiento se deposita en un registro especial de la UAL, el registro acumulador.
5. Finalmente se incrementa en uno el contenido del contador de programa, de manera que coincida con la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.

Componentes de la UC

La UC para realizar sus funciones, además del contador de programa y el registro de instrucción, cuenta con los siguientes componentes:

- Decodificador de instrucción (DI). Se encarga de extraer y analizar el código de operación de la instrucción en curso contenida en el RI y genera las señales de control necesarias para ejecutar correctamente la instrucción.
- Reloj. Proporciona una sucesión de impulsos eléctricos a intervalos constantes. Va marcando los tiempos de ejecución de los pasos a realizar para cada instrucción y marca el ritmo de funcionamiento del decodificador de instrucción. La velocidad del reloj se mide en megahercios (Mhz), es decir, millones de ciclos por segundo (una medida de la rapidez con la que la CPU realiza las operaciones). Los modernos ordenadores poseen velocidades superiores a 1 gigahercio (Ghz), es decir, mil millones de ciclos por segundo: si una instrucción se ejecutase en un ciclo de reloj, el micro ejecutaría mil millones de instrucciones por segundo.
- Secuenciador. Este dispositivo genera órdenes o micro órdenes elementales, que sincronizadas con los impulsos de reloj hacen que se ejecute paso a paso y de manera ordenada la instrucción cargada en él.

Una primera medida de la velocidad de un procesador lo da la frecuencia de su reloj, pero también se tienen en cuenta otros factores, como la cantidad de instrucciones ejecutadas por segundo (MIPS, millones de instrucciones por segundo) o el número de operaciones matemáticas efectuadas por segundo.

Unidad aritmético-lógica (UAL)

Su función es operar los datos que recibe siguiendo las órdenes de la UC. Se realizan tanto operaciones aritméticas como operaciones basadas en la lógica booleana.

La UAL necesita para realizar una operación aritmética el código de operación que indique la operación a efectuar. Por ejemplo, si queremos realizar una suma, hay que indicar el código de la suma, las direcciones de las celdas de memoria en la que se encuentran almacenados el primer y el segundo operando, y la celda en que se almacenará el resultado de la suma.

Buses de comunicación

Los buses son las líneas eléctricas u ópticas a través de las cuales se comunican las distintas unidades de un ordenador. Los buses son cables por los que circulan los bits en forma de información.

Distinguimos tres tipos de buses:

- Bus de datos. Permite establecer el intercambio de datos entre la CPU y el resto de unidades. Cada instrucción de un programa y cada byte de datos viaja por este bus.

El intercambio de datos se realiza a través de un conjunto de líneas eléctricas, una por cada BIT. Se transmiten todos a la vez, de forma paralela. Una de las características de la CPU es el número de bits que transfiere simultáneamente a través de este bus. El tamaño del bus se mide en bits. Las CPU de los primeros PC tenían un bus de 8 bits y sólo podían transferir un byte por cada ciclo de reloj. Los actuales Pentium y compatibles tienen un bus de datos de 64 bits, con lo que pueden transferir en un ciclo de reloj hasta 8 bytes.

CPU	Bus datos
8088, 80188	8 bits (1 byte)
8086,80186,80286,80386X	16 bits: 2 bytes
80386DX, 80486DX	32 bits: 4 bytes
Pentium, P II, P III, P IV	64 bits: 8 bytes

- Bus de direcciones. Transmite direcciones entre la CPU y la memoria. El bus de direcciones funciona sincronizado con el de datos. Es un bus necesario para saber las direcciones de los datos que se envían a la CPU (o que se reciben desde ella) por el bus de datos. Para determinar el volumen de memoria directamente accesible o direccionable por la CPU, hay que tener en cuenta el número de líneas o bits que forman el bus de direcciones. Cuanto mayor sea el número de bits, mayor es el rango de memoria direccionable. Por ejemplo, si el bus de direcciones tiene 10 bits, se podrá acceder a 2^{10} posiciones de memoria; es decir, 1024 celdas. Si tiene 16, accederá a 2^{16} posiciones; es decir, 65536 celdas. En la actualidad se utiliza un bus de 36 bits.

CPU	Bus Direcciones	Espacio Direccionable
8088, 80188	20 bits	2^{20} 1 MB
8086,80186,80286,80386X	24 bits	2^{24} 16 MB

80386DX, 80486DX	32 bits	2^{32} 4096 MB
Pentium, P II, P III, P IV	36 bits	2^{36} 65536 MB

- Bus de control. Controla las unidades complementarias de la CPU, generando los impulsos eléctricos necesarios para gobernarlas.

Ejecución de una instrucción

La CPU ejecuta los programas que se encuentran en la memoria principal. Los programas están formados por un conjunto de instrucciones. A la hora de ejecutar una instrucción, se distinguen dos fases:

- Fase de búsqueda. Consiste en localizar la instrucción a ejecutar dentro de la memoria principal y llevarla a la UC para procesarla.
- Fase de ejecución. Es la realización de las acciones que llevan asociadas las instrucciones; por ejemplo, una suma, o una resta.

2.3 Evolución de los microprocesadores

A medida que evoluciona la electrónica, también evolucionan los microprocesadores y se van integrando dentro del micro más componentes que hacen que sean cada vez más potentes y rápidos.

A la hora de elegir un microprocesador, hay que tener en cuenta para qué vamos a utilizar el ordenador; por ejemplo, si sólo vamos a trabajar con herramientas ofimáticas, como Word, o Excel, un 486 con Windows 95 y 16 MB de RAM sería suficiente, siempre y cuando utilicemos las versiones Windows 95, Word 95 y Excel95 vigentes en la época del 486.

Sin embargo, a medida que la informática evoluciona el software es cada vez más complejo y ello obliga a que los equipos sean cada vez más rápidos y más complicados.

Los programas multimedia y las enciclopedias requieren como mínimo un procesador Pentium de gama media.

Los programas de tratamiento de imágenes necesitarán igualmente al menos un Pentium de gama media y, sobre todo, un mínimo de RAM de 128 MB, para conseguir un rendimiento medianamente óptimo.

Con la llegada de los últimos juegos en 3D, el software de descompresión MPEG-2 (formato de vídeo) para visualizar DVD (la tarea la realiza el micro conjuntamente con la tarjeta gráfica), los gráficos tridimensionales, la ejecución multitarea de servidores de red, etc., es imprescindible que los micros sean cada vez más rápidos y complejos.

Los últimos micros sobrepasan la barrera del gigahercio, lo que es justificable por lo siguiente:

- Los nuevos sistemas operativos (como Windows XP) utilizan muchos recursos de la máquina.
- Los nuevos formatos de audio o vídeo comprimido (DivX y MP3), a diferencia de los vídeos y archivos de sonido normales, se descomprimen en tiempo real, tarea llevada a cabo por el micro, y realizan más trabajo en menos tiempo, como compresiones de archivos, renderizado de dibujos en 3D, etcétera.

Diagrama de bloques de las CPU actuales

Los primeros micros constaban de los componentes básicos que se han visto en el apartado anterior. Cada vez que aparecía un modelo nuevo en el mercado, éste incorporaba alguna funcionalidad nueva que le hacía más rápido y potente. En la Figura 2.15 se muestra el diagrama de bloques de las CPU actuales:

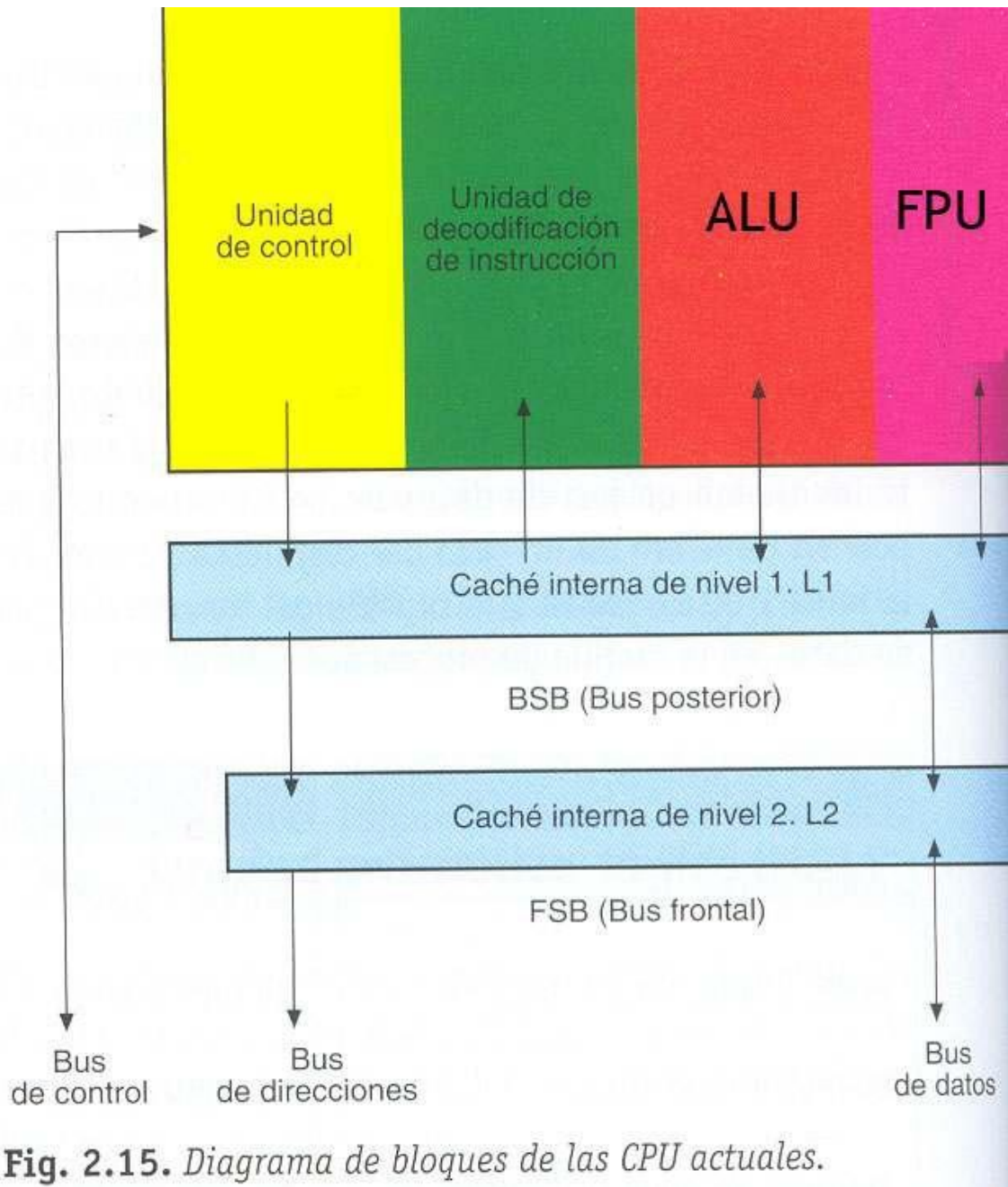


Fig. 2.15. *Diagrama de bloques de las CPU actuales.*

El núcleo del procesador es la parte de la CPU que funciona a la misma velocidad de reloj que la UAL (la unidad que ejecuta las instrucciones en la CPU).

Añade los siguientes elementos:

- Unidad de coma flotante (FPU, floating-point unit). Se conoce también con otros nombres: unidad de punto flotante, coprocesador matemático, unidad de procesamiento numérico (NPU) y procesador de datos numérico (NDP). Es la encargada de manejar todas las operaciones en coma flotante. Estas

operaciones involucran aritmética con números fraccionarios, operaciones matemáticas trigonométricas y logarítmicas. Antes de la aparición e introducción de la FPU, la UAL realizaba las operaciones en coma flotante; sin embargo, era muy lenta y lo que la FPU hace en un ciclo de reloj la ALU lo hacía en cien ciclos.

- La caché del procesador, de nivel 1 y de nivel 2. Las memorias cachés se utilizan para guardar las posiciones de memoria de la memoria principal más utilizadas. Almacenando la información en una caché, se incrementa enormemente la velocidad de adquisición de datos.

Cuando la caché contiene los datos que necesita la CPU, no hay tiempos de espera y se denomina acierto de la caché. Cuando la caché no contiene los datos, se denomina fallo de la caché, y la CPU tendrá que esperar un tiempo hasta que la memoria principal entregue los datos y estos se carguen en la caché.

Las primeras cachés surgieron en la época del micro 386 de Intel (año 1986). Los diseños de la placa base para este micro llevaban una caché de 64 Kb. Con el 486 (año 1989), se incluyó una pequeña cantidad de caché dentro del chip del micro; esta caché se denominó caché del procesador o interna. Los fabricantes de placas para 486 incluyeron también una caché en la placa base; a esta caché se la conoció como caché de nivel 2 (L2, del inglés level, 'nivel') y la integrada en el micro pasó a llamarse caché de nivel 1 (L1). Cuando la CPU solicita un dato, el primer lugar donde busca es en la caché L1.

- Bus frontal (FSB, front-side bus). Bus que conecta la CPU con la placa base. Es la interfaz entre la caché de nivel 2 del procesador y la placa base. El ancho de este bus es de 64 bits.
- Bus posterior (BSB, back-side bus). Es la interfaz entre la caché de nivel 1, el núcleo del procesador y la caché de nivel 2. El ancho de este bus es de 256 bits.

Jerarquía de memoria

Se conoce como **jerarquía de memoria** a la organización piramidal de la memoria en niveles, que tienen los [ordenadores](#). Su objetivo es conseguir el rendimiento de una memoria de gran velocidad al coste de una [memoria](#) de baja velocidad, basándose en el principio de [cercanía de referencias](#).

Los puntos básicos relacionados con la memoria pueden resumirse en:

- Cantidad
- Velocidad
- Coste

La cuestión de la cantidad es simple, cuanto más memoria haya disponible, más podrá utilizarse. La velocidad óptima para la memoria es la velocidad a la que el procesador puede trabajar, de modo que no haya tiempos de espera entre cálculo y cálculo, utilizados para traer operandos o guardar resultados. En suma, el costo de la memoria no debe ser excesivo, para que sea factible construir un equipo accesible.

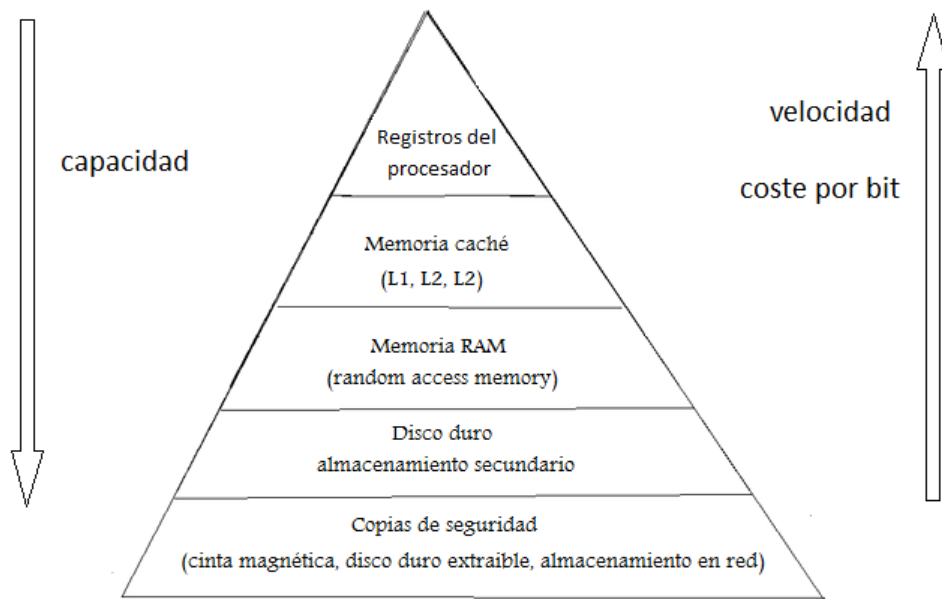
Como puede esperarse los tres factores compiten entre sí, por lo que hay que encontrar un equilibrio. Las siguientes afirmaciones son válidas:

- A menor tiempo de acceso mayor coste
- A mayor capacidad mayor coste
- A mayor capacidad menor velocidad.

Se busca entonces contar con capacidad suficiente de memoria, con una velocidad que sirva para satisfacer la demanda de rendimiento y con un coste que no sea excesivo. Gracias a un principio llamado [cercanía de referencias](#), es factible utilizar una mezcla de los distintos tipos y lograr un rendimiento cercano al de la memoria más rápida. Los niveles que componen la jerarquía de memoria habitualmente son:

- Nivel 0: [Registros](#)
- Nivel 1: [Memoria caché](#)
- Nivel 2: [Memoria principal](#)
- Nivel 3: [Disco duro](#) (con el mecanismo de [memoria virtual](#))
- Nivel 4: [Redes](#) (Actualmente se considera un nivel más de la jerarquía de memorias)

JERARQUÍA DE MEMORIA DEL COMPUTADOR



Conceptos Básicos

Álgebra de Boole. Sistema matemático que consiste en un método para resolver problemas de lógica que recurre solamente a los valores binarios 1 y 0, y a tres operadores: AND (y), OR (o) Y NOT (no).

Ancho de palabra. Expresa el número de bits que maneja en paralelo el computador. En general, cuanto mayor sea el ancho de palabra, mayor será su potencia de cálculo.

Circuito integrado o chip. Circuito en el que sus componentes electrónicos están integrados en una sola pieza.

Compilador. Aplicación que convierte un programa escrito en un lenguaje de alto nivel empleado por el usuario en el lenguaje propio del ordenador, es decir, en lenguaje máquina.

Lenguaje de alto nivel. Lenguaje de programación que (a diferencia del máquina) es independiente del ordenador que lo va a ejecutar, y que presenta mayores facilidades para el programador, pues utiliza signos cercanos al lenguaje natural; ejemplos de alto nivel son los lenguajes C, Pascal, Java o COBOL.

Lenguaje máquina. Conjunto de instrucciones codificadas que un ordenador puede interpretar y ejecutar directamente. Estas instrucciones son combinaciones binarias o hexadecimales.

Megahercio (Mhz). Frecuencia a la que funciona el reloj que marca los tiempos de ciclo del computador. Cuanto mayor es su valor, menores son los tiempos de ciclo y, por tanto, mayor será la velocidad de ejecución de los programas para una misma arquitectura.

Memoria de núcleo de ferrita. La primera memoria que se creó allá por 1951. Permitía almacenar información de manera electrónica, facilitando el acceso aleatorio a la información de manera rápida. Hoy en día está en desuso, pero desde mediados de la década de 1950 hasta la de 1970 la práctica totalidad de las memorias principales se construyeron con ferritas. La conexión a los buses se realiza mediante hilos de cobre barnizados, que pasan por el interior de unos pequeños aros de ferrita. La conexión se hacía con 2, 3 o 4 hilos.

Memorias de semiconductores. Tipo de memoria actualmente empleado, con carácter universal, como memoria principal de los computadores. La RAM pertenece a una clase particular de este tipo de memorias: la de direccionamiento cableado. Las memorias de semiconductores se presentan en pastillas integradas que contienen una matriz de memoria, un decodificador de direcciones, los transductores correspondientes y el tratamiento lógico de algunas señales de control.

MFLOPS (million floating-point operations per second). Millones de operaciones en coma flotante por segundo: expresa la potencia de cálculo científico de un computador.

Microordenador. Es un ordenador cuya CPU es un microprocesador.

Miniordenadores. Se caracterizan por dar servicio simultáneo a múltiples usuarios. Tienen más potencia y velocidad que un PC normal. En realidad, los micros actuales (Pentium IV, PowerPC) podrían considerarse como miniordenadores.

MIPS. Millones de instrucciones por segundo: expresa la velocidad de ejecución de las instrucciones de máquina.

Programa. Conjunto de instrucciones que, al ser ejecutadas, permiten la realización de una tarea.

Soportes magnéticos. Dispositivos para almacenamiento de información, consistentes en una base de plástico recubiertos por una capa magnética sobre la que se sitúan las cabezas de lectura/escritura, que lo que hacen es modificar la corriente eléctrica de manera que la grabación se produce gracias a pequeños puntos magnetizados. El tipo más común es el disco duro, aunque se iniciaron con las cintas magnéticas (primera generación de ordenadores), que duraron poco.

Superordenadores. Máquinas capaces de manejar cientos de millones de operaciones de coma flotante por segundo y cuyo precio es del orden de entre unos 8 y más de 11 millones de euros. Se han desarrollado para manejar problemas de simulación de campo continuo (presentes en disciplinas tales como la aerodinámica, la sismología, la meteorología, etc.). Tienen un uso y mercado limitados.

Tarjetas perforadas. Herman Hollerith ideó las tarjetas perforadas para contener información de las personas censadas y construyó una Máquina Censadora o Tabuladora capaz de leer y tabular dicha información. Utilizó las tarjetas perforadas para llevar a cabo el censo de Estados Unidos. Fundó la compañía Hollerith Tabulating Company, que posteriormente pasó a formar parte de la Calculating-Tabulating-Recording (C-T-R) cuyo nombre pasó a ser IBM en 1924.

Tiempo real. Comunicación entre dos computadoras que se realiza en el mismo momento.

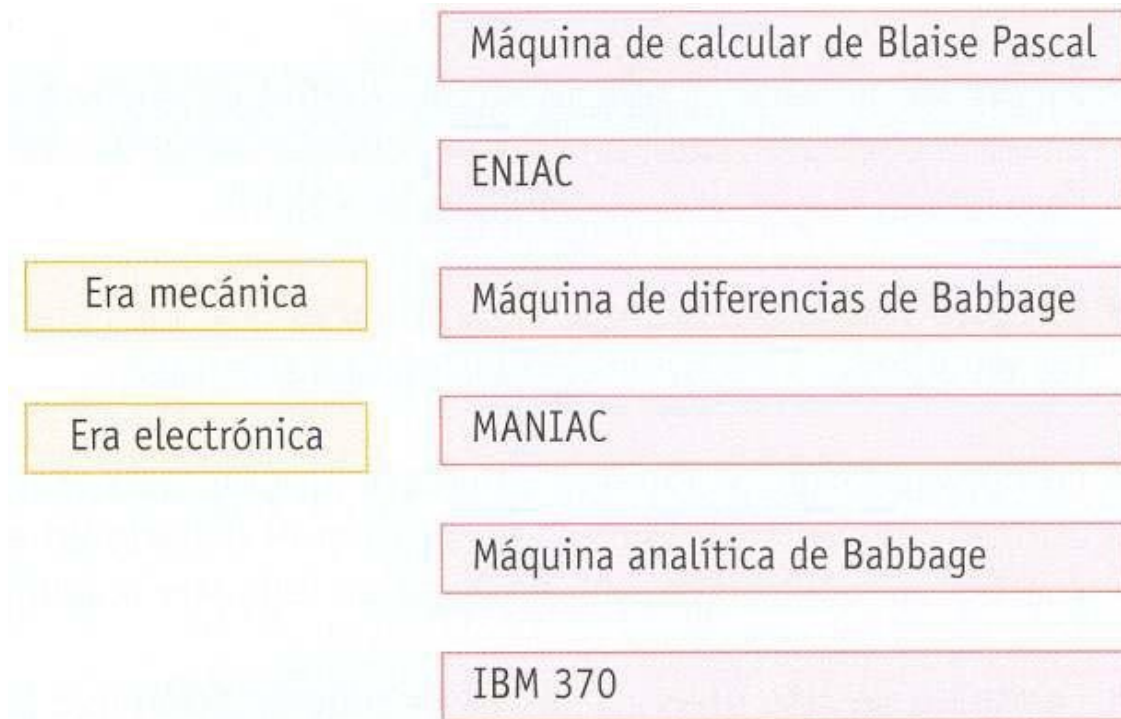
Actividades

- 1) Consigue documentación en manuales, revistas e Internet sobre los microprocesadores más actuales de los fabricantes: Intel, AMD y Ciryx.
- 2) Busca en Internet más documentación acerca de la evolución histórica de la informática.
- 3) Dibuja y explica el esquema de una arquitectura Von Neumann.
- 4) Dado este mapa de memoria, explica cómo se ejecuta paso a paso cada una de las instrucciones.

Memoria			
Programa		Datos	
1	9	17	25
2	10	18 Dato A	26 Dato B
3	11	19	27
4 Leer A	12	20	28
5 Leer B	13	21	29
6 Calcular $C = A * B$	14	22 Dato C	30
7 Calcular $C = C + A + B$	15	23	31
8 Visualizar C	16	24	32

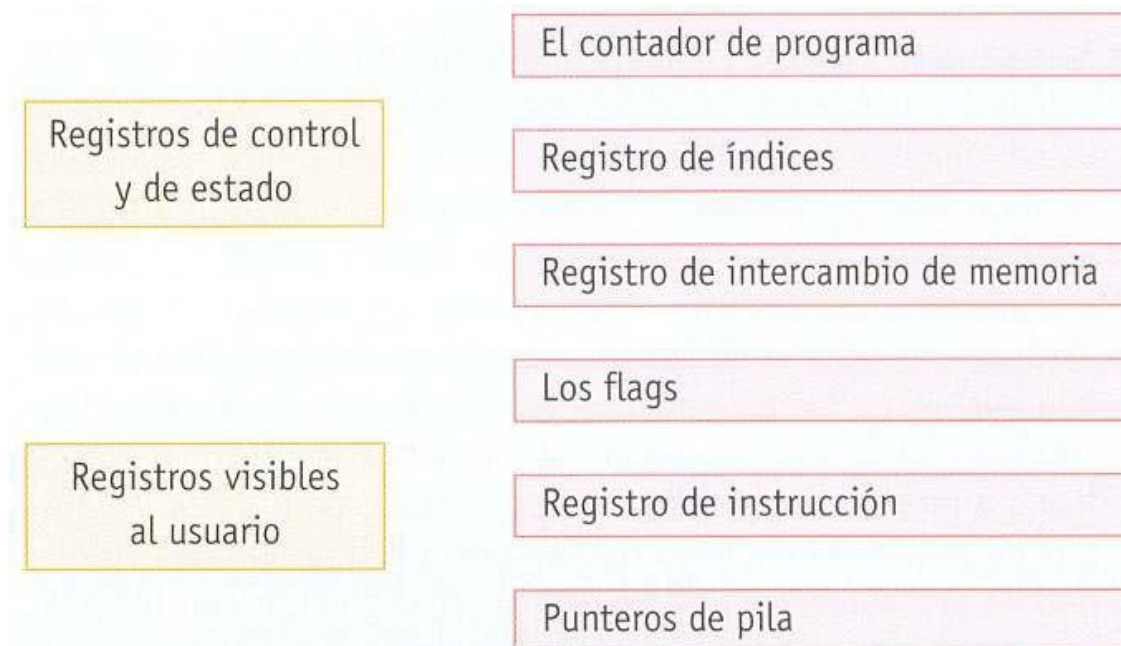
Tabla 2.6. Mapa de memoria.

- 5) Consulta los apuntes y di algunas diferencias entre la era mecánica y la era electrónica de los ordenadores.
- 6) ¿Para qué sirven los registros internos de la CPU? Cita los tipos de registros que puede tener una CPU.
- 7) Relaciona cada uno de los ordenadores con la era a la que pertenecen:



8) Dibuja y explica el diagrama de bloques de las CPU actuales.

9) Relaciona cada uno de los registros de la CPU con su tipo:



10) ¿Qué registros intervienen en una operación de lectura y de escritura en la memoria principal?

11) Describe qué son las cachés del procesador de nivel 1 y de nivel 2.

Evaluación

1. De estas máquinas, ¿cuál puede considerarse precursora de las actuales calculadoras?

- a) Máquina diferencial de Babbage
- b) Máquina aritmética de Blaise Pascal
- c) Ábaco
- d) Mark 1

2. ¿Quién estableció los principios de funcionamiento de los ordenadores electrónicos?

- a) Charles Babagge
- b) Herman Hollerith
- c) Gottfried Wilhelm Von Leibniz
- d) John Von Neumann

3. ¿Quién describió el fundamento teórico de construcción de un ordenador electrónico?

- a) Eckert y Mauchly
- b) Howard Aiken
- c) John Von Neumann
- d) Charles Babagge

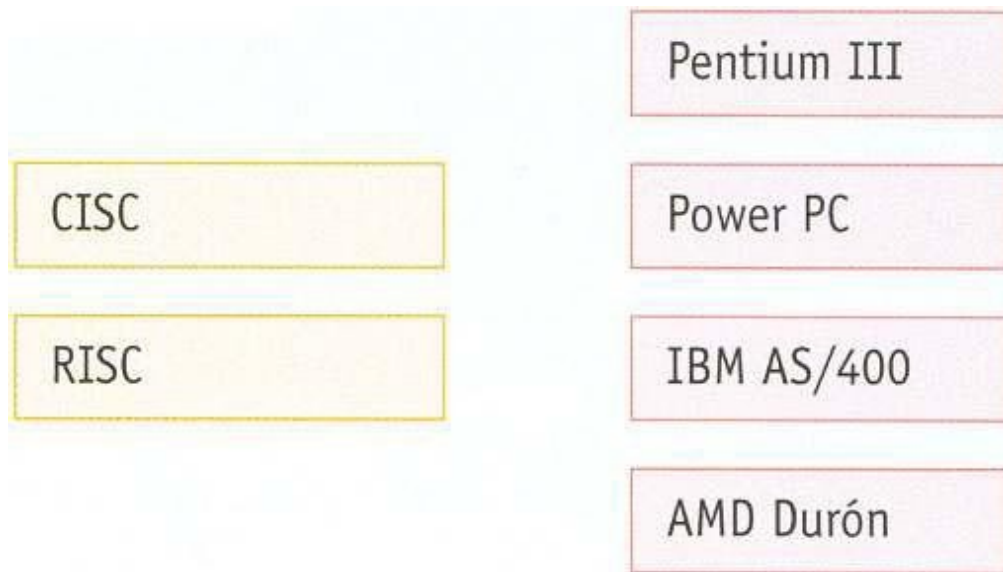
4. Relaciona generaciones y componentes.



5. De estas máquinas, ¿cuál fue el primer ordenador comercial?

- a) El PC
- b) MANIAC 1
- c) EDVAC
- d) UNIVAC 1

6. Relaciona tipo de CPU con microprocesadores.



7. En la memoria principal se almacenan:

- a) Sólo los datos
- b) Los programas que se ejecutan
- c) Los programas que se ejecutan y los datos que manejan los programas
- d) Los registros de la CPU

8. ¿Qué componente forma parte de la UC?

- a) La UAL
- b) La CPU
- c) El registro acumulador
- d) El reloj

9. Si el bus de direcciones de una CPU tiene 6 bits, ¿a cuántas posiciones de memoria podrá direccionar?

- a) 64 bytes
- b) 126bytes
- c) 2 MB.
- d) 1024 Kb

10. ¿Cuáles de estos componentes no se encontraban en los primeros microprocesadores?

- a) La FPU
- b) La ALU
- c) Caché L1 y L2
- d) El reloj

