

Introducción a los fundamentos de los computadores

A. Josep Velasco González

PID_00163597

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. El estudio de los fundamentos de los computadores	7
1.1. ¿Por qué estudiar los fundamentos de los computadores?	7
1.2. ¿Qué tenemos que saber para entender los computadores?	7
1.2.1. ¿Qué es la electrónica digital?	8
1.2.2. La codificación de la información	9
1.2.3. Los sistemas digitales	10
2. La evolución de los computadores	12
2.1. Primera generación (1940-1955)	13
2.2. Segunda generación (1955-1965)	14
2.3. Tercera generación (1965-1970)	15
2.4. Cuarta generación (1970-)	15
3. ¿Cómo són los computadores digitales actuales?	17
3.1. Arquitectura de Von Neuman	18
3.2. La arquitectura de Harvard	20
Resumen	21
Bibliografía	23

Introducción

Actualmente, el uso de los ordenadores está plenamente generalizado en nuestra sociedad. Los encontramos por todas partes. Se han convertido en una herramienta de la que conocemos un buen número de funcionalidades y a la que damos un montón de aplicaciones muy variadas para facilitar nuestro trabajo o mejorar nuestra calidad de vida.

El éxito de los computadores digitales deriva del hecho de que son máquinas de propósito general, que pueden ser programadas para casi cualquier tarea si se dispone de la interfaz adecuada. Puede ser, al mismo tiempo, una herramienta de trabajo y un dispositivo de ocio. La misma máquina puede llevar a cabo cálculos sofisticados para hacer simulaciones de procesos, convertirse en una herramienta de precisión para dibujar planos o gestionar con eficiencia una base de datos compleja.

En este módulo presentamos la estructura básica de los computadores actuales, la evolución que han sufrido hasta llegar al estado actual y una introducción a los conceptos que se irán desarrollando a lo largo de los módulos siguientes, para entender en profundidad el funcionamiento de los computadores digitales.

Objetivos

El objetivo de este módulo es presentar la estructura básica de un computador digital, poniendo de manifiesto los conocimientos que se trabajarán para entender en profundidad su funcionamiento y su diseño. Con este módulo se persigue:

- 1.** Saber diferenciar entre la electrónica digital y la electrónica analógica.
- 2.** Entender que es posible codificar cualquier información con un conjunto reducido de símbolos, como 0 y 1.
- 3.** Conocer a grandes rasgos, la evolución de los computadores y las mejoras tecnológicas que han marcado cambios cualitativos profundos.
- 4.** Conocer la arquitectura básica de un computador digital actual.

Entender la estructura básica de un computador digital es el objetivo final del curso. En este módulo se describe la arquitectura de un computador a grandes rasgos. A lo largo de los módulos siguientes se irán presentando conceptos, herramientas y metodologías para entender con profundidad el funcionamiento y la construcción de este tipo de máquinas.

1. El estudio de los fundamentos de los computadores

1.1. ¿Por qué estudiar los fundamentos de los computadores?

Desde el principio nos podríamos cuestionar la utilidad de analizar el funcionamiento de los computadores. El argumento para ello puede ser que queremos utilizar los computadores sólo como una herramienta, que en último término seremos usuarios de las máquinas y que, como tales, el conocimiento de la organización interna del computador tiene poca utilidad. La conclusión sería que se trata de una materia que tiene interés para un número reducido de ingenieros, sólo para aquellos que tienen en su horizonte trabajar en el desarrollo de procesadores.

Sin embargo, el conocimiento de los principios de funcionamiento de los computadores es necesario tanto si nos dedicamos al desarrollo de aplicaciones, al análisis de sistemas o al desarrollo de circuitería específica. El desarrollo de aplicaciones optimizadas, requiere del conocimiento de los paradigmas básicos de funcionamiento de las máquinas donde se ejecutarán, y éstas se extienden en un abanico de aplicaciones que va desde los PLC industriales a la inteligencia artificial.

Los computadores son sistemas digitales complejos. Entenderlos y conocer herramientas metodológicas para su diseño y síntesis nos abre el camino al desarrollo de sistemas digitales específicos.

No se trata sólo de conocimientos de cultura general. Los conceptos básicos del funcionamiento de los computadores son conocimientos necesarios para aquel que quiera que trabajar en el diseño de sistemas electrónicos, en la programación de los mismos o en el desarrollo de aplicaciones específicas que requieran un cierto grado de optimización.

1.2. ¿Qué tenemos que saber para entender los computadores?

Los computadores actuales son aparatos electrónicos. La electrónica, finalmente, trabaja con señales eléctricas. ¿Cómo podemos procesar la información del mundo que nos rodea mediante señales eléctricas?

Hemos de saber cómo se codifica la información que tenemos que procesar dentro de las máquinas. Tenemos que determinar cómo son los datos y cuáles son las limitaciones implícitas en las máquinas. La matemática nos da herramientas para codificar adecuadamente la información que queremos almacenar o con la que queremos trabajar dentro de los computadores.

PLC

PLC es la sigla de *programmable logic controller* y se trata de un equipamiento electrónico programable diseñado para controlar procesos secuenciales en un entorno industrial.

Los computadores se basan en la electrónica digital. Sin embargo, ¿qué es la electrónica digital? ¿En qué se diferencia de la que no es digital? En definitiva, ¿cuáles son las bases de funcionamiento de la tecnología con la que se diseñan las máquinas digitales?

Por otra parte, ¿cómo podemos utilizar la electrónica digital para construir un computador digital? Tenemos que disponer de metodologías que, de manera organizada, nos permitan concebir sistemas digitales complejos, y en particular, concretarlo sobre la organización de un computador convencional.

Éstos son los interrogantes a los que iremos dando respuesta a lo largo del curso, pero, a modo de introducción, los apartados siguientes nos dan algunas pinceladas al respecto.

1.2.1. ¿Qué es la electrónica digital?

Se llama **electrónica digital o discreta** a la electrónica basada en señales sobre las que sólo se identifica un conjunto finito de valores diferentes (habitualmente dos).

En contraposición, en la electrónica analógica las señales pueden variar de forma continua, es decir, no están reducidas a un conjunto (pequeño) de valores diferentes. En una señal digital sólo se diferencia entre el valor alto de tensión y el valor bajo de tensión, por ejemplo 0 V y 5 V. En cambio, una señal analógica puede registrar cualquier valor de tensión, 0,1 V o 0,2 V o 0,23 V o 2,35 V o 1,13 V o cualquier otro dentro de los márgenes de funcionamiento, y cada valor se considera diferente.

v es el símbolo que identifica la unidad de medida del voltaje, el voltio.

Las tecnologías actuales con las que se construyen los sistemas digitales (es decir, los dispositivos basados en la electrónica digital y los computadores en particular) trabajan especialmente bien cuando sobre las señales tan sólo se identifican dos valores de tensión diferentes. Estos valores reciben denominaciones diferentes según el ámbito de trabajo, como **verdad y falso** o bien **0 y 1 lógicos**.


Esto quiere decir que, como sistema digital, toda la información que deba procesar un computador tiene que estar codificada de forma adecuada, utilizando sólo los dos valores de tensión posibles, lo que llamamos 0 y 1 lógicos.

Vivimos en un mundo analógico y nos parece natural registrar la información de manera analógica. Sin embargo, trabajar directamente con información analógica resulta poco práctico y nada adecuado si queremos procesar esta in-

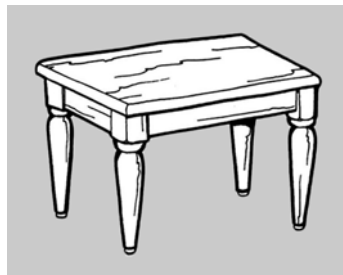
formación en un computador digital. Habrá que disponer de mecanismos para digitalizar la información, es decir, para codificarla utilizando sólo ceros y unos.

1.2.2. La codificación de la información

Quizás no hayamos caído en la cuenta de que, en realidad, toda la información está siempre codificada de una manera u otra. Cuando escribimos, codificamos la información en palabras que pueden estar compuestas por un conjunto de símbolos diferentes (las letras del abecedario). Cualquier valor numérico lo codificamos mediante un conjunto de símbolos que llamamos **dígitos**. Pues bien, los computadores digitales actuales gestionan información codificada utilizando los valores 0 y 1.

La codificación de los números es la que conceptualmente resulta más sencilla. De hecho, solo tenemos que entender una idea básica: un valor numérico es un concepto abstracto, que tendrá una representación u otra según el sistema de numeración (es decir, según el conjunto de reglas de codificación) que utilicemos. 

Dicho de esta forma, puede parecer un poco extraño, pero estamos muy acostumbrados a esta idea. Observemos la imagen siguiente:



Unos pensaremos *mesa*, otros *taula*, otros *table*, etc. La imagen es la misma para todos, pero es posible que la tengamos asociada a palabras distintas, de hecho, con letras distintas y, si nuestra lengua es el árabe o el chino, con signos distintos. Por lo tanto, estamos codificando esta información según nuestro sistema de representación.

Con los números pasa exactamente lo mismo. Un determinado valor numérico es independiente del sistema de representación que utilicemos. Para poder codificar los valores numéricos sólo con ceros y unos, tenemos que utilizar un sistema de numeración adecuado, diferente al sistema decimal al que estamos acostumbrados.

Todo parece indicar que, muy al inicio, para referirse por ejemplo a un conjunto de cinco ovejas, el hombre dibujaba literalmente cinco ovejas. Después consiguió separar el valor numérico del objeto, por ejemplo, dibujando una

única oveja y cinco rayas o puntos o marcas de cualquier tipo. Con toda probabilidad aprendió a dar nombre a este valor numérico independiente del objeto al que se aplicaba.

No debía de ser nada práctico tener un nombre para cada valor numérico (demasiados nombres a recordar), así que se empezaron a hacer grupos para facilitar los recuentos de conjuntos “grandes”. Claro está que la cantidad de elementos de un grupo tenía que ser fácil de recordar, especialmente cuando el sistema se extendió para trabajar con grupos de grupos. En este asunto, la anatomía humana ha tenido bastante que ver y, por este motivo, los “grupos” que más se adoptaron fueron los de cinco, los de diez y los de veinte, coincidiendo con el número de dedos de una mano, de dos manos o de manos y pies.

De entre éstas, la base 10 ha salido ganadora (quizás por la aparición del calzado, quién sabe) y la idea de grupos de grupos acabó desembocando en un sistema de numeración posicional como el que tenemos ahora, donde la posición que ocupa un dígito está asociada a un grupo de grupos (decimos un peso), lo que facilitó enormemente el desarrollo de la aritmética.

Pues bien, dentro de los computadores tenemos que adaptar el sistema de numeración a su propia “anatomía”. Trabajan utilizando señales sobre las que diferencian dos niveles de tensión. Por lo tanto, tendremos que utilizar un sistema de numeración en base 2. Además, cambiar el sistema de numeración conlleva cambios en la manera de calcular el resultado de las operaciones aritméticas. Es decir, el concepto de suma es independiente del sistema de numeración, pero la forma de hacer la suma depende de la forma como representemos los números.

Todas estas cuestiones se tratan en el segundo módulo, donde se analiza nuestro sistema de numeración y se adapta a las características de las máquinas, además de identificar las limitaciones propias de las máquinas.

1.2.3. Los sistemas digitales

Hemos hecho una introducción al concepto de electrónica digital. Habrá que ver, sin embargo, qué es lo que la hace atractiva, adecuada para el procesamiento de información, cuáles son las herramientas que nos permiten construir circuitos complejos para el procesamiento de información y, en último término, computadores digitales de propósito general.

Conceptualmente, la electrónica digital es la electrónica de los números. Aquí, las señales eléctricas representan números. Son fáciles de codificar y resistentes a la degradación con una codificación adecuada. En los sistemas analógicos, que trabajan con ondas, la información está contenida en la forma de la onda, que se puede degradar fácilmente y que, por lo tanto, es susceptible de perder

información con facilidad, además de requerir circuitería específica para cada aplicación.

Intentar construir o entender el funcionamiento de circuitos digitales complejos, como los computadores, es una tarea inviable si no se dispone de las herramientas y de las metodologías que permitan sistematizar, en cierta medida, la construcción de sistemas digitales complejos. En este sentido, se establece una diferenciación importante entre los circuitos digitales combinacionales y los circuitos digitales secuenciales, es decir, entre los circuitos con capacidad de memoria (los segundos) y los que no la tienen (los primeros).

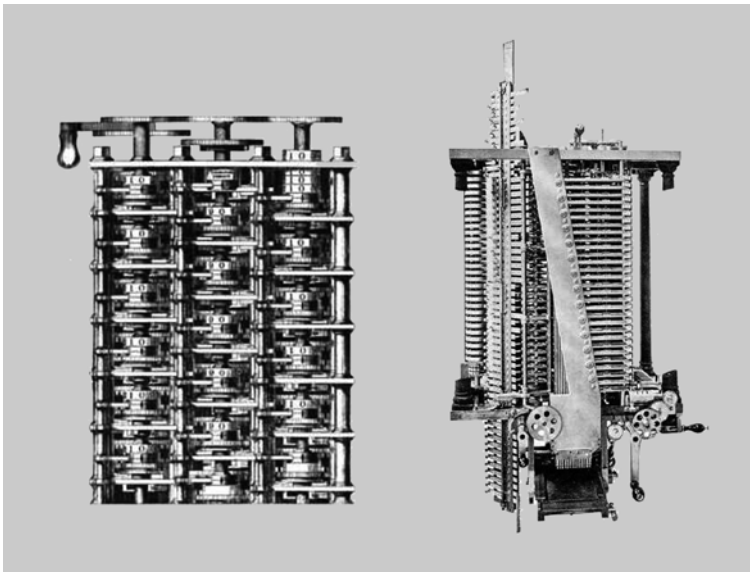
El módulo 3, dedicado a los circuitos combinacionales, y el módulo 4, donde se trabajan los circuitos secuenciales, se encargan de hacer una introducción a los sistemas digitales y a las herramientas que nos ayudan en su concepción y análisis.

Los dos apartados siguientes de este módulo introductorio están dedicados al computador digital. En el primero encontraréis una descripción del camino que se ha seguido desde los primeros ingenios de cálculo hasta los computadores actuales. Se describen características y técnicas que han ido apareciendo a lo largo de los años y que se acumulan en los ordenadores actuales. En el segundo apartado se muestra la arquitectura básica de los computadores actuales. El módulo 5 está dedicado a un análisis de la arquitectura básica que aquí se describe.

2. La evolución de los computadores

Desde hace siglos, se ha perseguido una mejora en el procesamiento de información, especialmente, en cálculos aritméticos, para lo cual se ha utilizado la tecnología existente en cada momento. Los primeros intentos dieron lugar a toda una serie de ingenios mecánicos, básicos como el ábaco, o realmente elaborados y complejos como la máquina diferencial de Charles Babbage.

Máquina analítica de Charles Babbage



Fuente: Bettman Archive

Charles Babbage (1791-1871) ocupa un lugar especialmente destacado en la historia de la computación por la concepción de la **máquina analítica** que incorpora por primera vez el concepto de máquina dirigida por un programa externo. El diseño de la máquina analítica incluía una memoria (mecánica), una unidad de procesamiento, una unidad de control (constituida por “barriles” similares a los cilindros de las cajas de música), una entrada de datos (inspirada en las tarjetas perforadas del telar de Jacquard) y salida por impresión (similar a la máquina de escribir).

El descubrimiento de la energía eléctrica permitió el desarrollo de máquinas electromecánicas que incluían lectores de tarjetas y procesamiento con conmutadores. De entre este tipo de máquinas destaca la **máquina tabuladora** de **Herman Hollerith** (1860-1929), que fue escogida para ayudar en el censo de los Estados Unidos en el año 1890. El censo manual tardaba cerca de 10 años, pero con la máquina tabuladora, que leía y procesaba (básicamente contaba) las tarjetas perforadas diseñadas al efecto, el tiempo se redujo a menos de 3 años. Herman Hollerith es considerado el primer informático, el primero en hacer un tratamiento automatizado de la información.

Máquina tabuladora de Herman Hollerith



Creative CommonsAttribution 2.0 Generic
Fuente: <http://en.wikipedia.org>

Las máquinas electromecánicas llegaron a convertirse en los primeros computadores digitales. **Konrad Zuse** (1910-1995) concibió la **Z1**, que disponía de memoria mecánica binaria, la **Z2**, que realizaba el procesamiento a partir de relés y mejoras que se convirtieron en las **Z3** y **Z4**. **George Stibitz** (1904-1995) concibió computadores de relés para los laboratorios Bell, y **Howard Aiken** (1900-1973) es el responsable de la serie **Mark** para la Universidad de Harvard. Éstas fueron las primeras máquinas desarrolladas con propósito comercial.

La revolución electrónica en la computación se inicia durante la Segunda Guerra Mundial. El conflicto bélico había animado el desarrollo de dispositivos electrónicos, y las experiencias en máquinas electromecánicas hicieron que enseguida se viera la aplicación de estos dispositivos a la computación.

La era de los computadores electrónicos se divide en cuatro generaciones atendiendo a los progresos en la tecnología. Los saltos generacionales vienen determinados por cambios tecnológicos. Dentro de cada generación aparecen diferentes técnicas o conceptos que se han convertido en esenciales para los computadores actuales.

2.1. Primera generación (1940-1955)

Esta primera generación está marcada por el uso de válvulas de vacío y la introducción de la tecnología de anillos de ferrita para la memoria. Son computadores de esta primera generación:

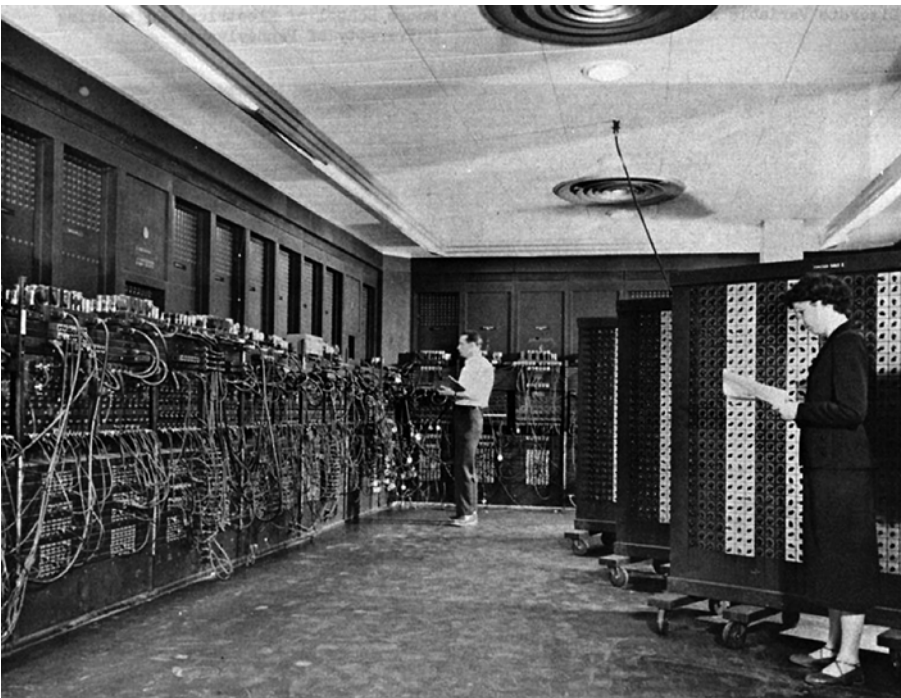
- **ENIAC**. J. Mauchly; J. P. Eckert (1941-1945). *Electronic Numerical Integrator And Computer*. Moore School of Engineering (Pennsylvania U.). Este ingenio constaba de 18.000 válvulas de vacío, 70.000 resistencias y 10.000 condensadores. Ocupaba un espacio de 100 m², pesaba 30 tm y tenía un consumo de 140 kw/h.

Consumo ENIAC

Para valorar el consumo eléctrico del computador ENIAC (140 kw/h) lo podemos comparar con un electrodoméstico de consumo elevado: el consumo de un horno eléctrico está en torno a los 2 kw/h.

- **EDVAC (1952!).** *Electronic Discrete Variable Automatic Computer*, de dimensiones más reducidas que el ENIAC. Es especial porque es la máquina sobre la que J. Von Neumann en 1945 escribió su *First Draw of a Report on the EDVAC*, en la Moore School, el primer documento donde se describe el concepto de **programa almacenado**, que forma parte de la base de los computadores actuales. También es de destacar el uso, por primera vez, de la **aritmética binaria**, en detrimento de la decimal.
- **UNIVAC (1951).** *Universal Automatic Computer*. Ecker-Mauchly Company. Con 5.400 válvulas y 1.000 palabras de memoria presenta la característica de **programa parcialmente almacenado**.

Programación del ENIAC. Imagen bajo dominio público



Fuente: <http://es.wikipedia.org>

2.2. Segunda generación (1955-1965)

El paso a la segunda generación viene marcado por la utilización de los transistores en sustitución de las válvulas de vacío. Son máquinas de esta generación:

- **PDP-1** de DEC, aparecida en 1960, que presenta por primera vez un **terminal gráfico**. Sobre esta máquina corrió el primer videojuego.
- **IBM 7030**. Esta máquina de 1961 incorpora la idea de **segmentación de memoria** y de **memoria virtual**, técnicas con las que se consiguió mejorar sensiblemente la capacidad, la gestión y el rendimiento de la memoria.
- **ATLAS** de Ferranti Ltd. & U. Manchester, 1962. Se trata de uno de los primeros **supercomputadores**. Tecnológicamente destaca por la incorporación del uso de lo que se denominan **interrupciones** para controlar los periféricos.

- **CDC 6600**. S. Cray. Control Fecha Corp., 1964. Con una velocidad de cálculo de 1 megaFLOPS (un millón de operaciones de coma flotante por segundo) conseguida gracias al paralelismo de las unidades de cálculo, ostentó el título de máquina más rápida entre 1964 y 1969.

2.3. Tercera generación (1965-1970)

La aparición de los primeros circuitos integrados marca el final de la segunda generación de computadores y el inicio de la tercera. Los circuitos integrados aportan una reducción de espacio significativa, una reducción importante del consumo y un aumento de la fiabilidad, que da lugar a la aparición de los primeros **minicomputadores**. De esta generación podemos destacar:

- **IBM 360**, 1964. Inicia la primera serie de computadores compatibles (seis en total), es decir, que podían utilizar el mismo software y los mismos periféricos.
- **DEC PDP/8**, 1965. Primer minicomputador de éxito comercial. Como innovaciones presentaba circuitos lógicos en módulos integrados (*chips*) y un conjunto de líneas de conexión en paralelo para interconectar los módulos: **el bus**.
- **IBM 360/85**, 1968. Es la primera en incorporar el concepto de **memoria caché**, técnica que reduce enormemente el tiempo de acceso a la memoria y que se ha convertido en un elemento central de los sistemas actuales.

2.4. Cuarta generación (1970-)

Las mejoras en el proceso de fabricación de circuitos integrados conducen a un aumento considerable de la densidad de integración. Es este aumento en la densidad de integración lo que permite integrar todos los circuitos de la unidad central de proceso en un único *chip*: nacen los **microprocesadores**, el primero de los cuales es el Intel 4004 en 1971.

La cuarta generación se inicia con el desarrollo de este microprocesador. Al mismo tiempo, y debido también a las mejoras en los procesos de fabricación de circuitos integrados, se abandonan las memorias de ferritas y se incorporan las **memorias de semiconductores**. El campo de los computadores personales está sembrado, y pronto germina:

- **Altair 8800**, 1975. Se considera el primer computador personal.
- **Supercomputador Cray 1**, 1976. Incorpora por primera vez el procesamiento paralelo.

- **IBM PC**, 1981. Con el microprocesador Intel 8086 y el sistema operativo Microsoft DOS marca el inicio de la revolución de la computación personal.
- **Lisa (Apple)**, 1983. Incorpora un nuevo dispositivo revolucionario, el ratón y una interfaz de usuario gráfico (estilo Windows).

IBM PC



Creative Commons Genérica de Atribución/Compartir-Igual 3.0
Fuente: <http://es.wikipedia.org>

3. ¿Cómo són los computadores digitales actuales?

En términos generales, un **computador** es un dispositivo construido con el propósito de manipular o transformar información para conseguir una información más elaborada, como por ejemplo, el resultado de un problema determinado.

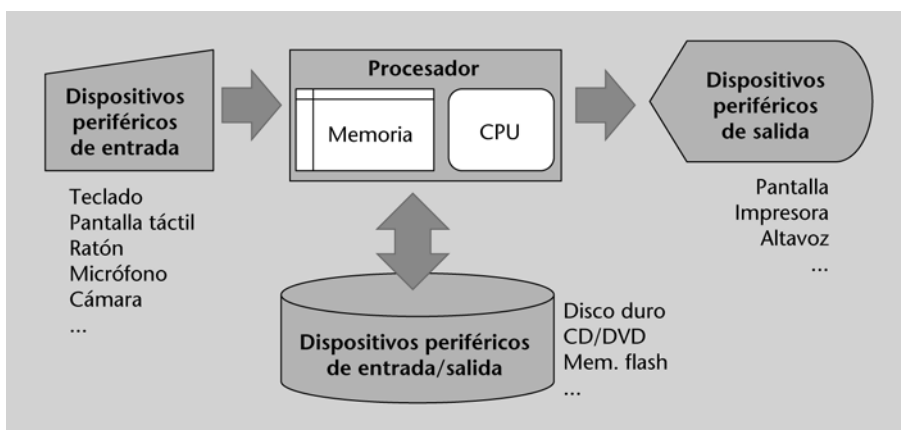
Un computador digital es un computador que trabaja con datos numéricos, cuya interpretación depende del formato con que se esté trabajando, codificados todos ellos en un sistema de numeración en base 2, es decir, basado en señales binarias, señales sobre las que podemos identificar sólo dos valores distintos. ⚠

El concepto de computador es, en principio, independiente de la tecnología utilizada para construirlo. Es cierto, sin embargo, que en la actualidad los computadores digitales se basan en la electrónica digital y que, por lo tanto, un computador digital es un sistema digital complejo.

La complejidad que rodea un computador digital hace inviable su concepción sin una estructura y organización en módulos diferenciados con tareas y funcionalidades bien definidas. La estructura general de un computador digital es la que se representa de forma esquemática en la figura 1, donde el sentido de las flechas indica el flujo de información. Podríamos definir la ecuación de funcionamiento de la forma siguiente:

Datos de entrada + procesamiento = resultado (datos de salida)

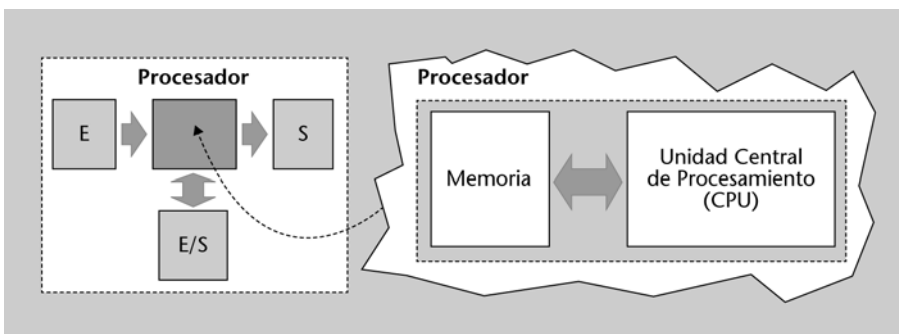
Figura 1. Estructura general de un computador



Los **dispositivos de entrada y los de salida** claramente constituyen elementos de conversión de la información entre el mundo analógico que nos rodea y el mundo digital en el que trabaja el procesador. Los dispositivos de entrada/salida, mayoritariamente, están constituidos por dispositivos para almacenar información digital, en uno u otro formato, pero información digital que el procesador puede recuperar.

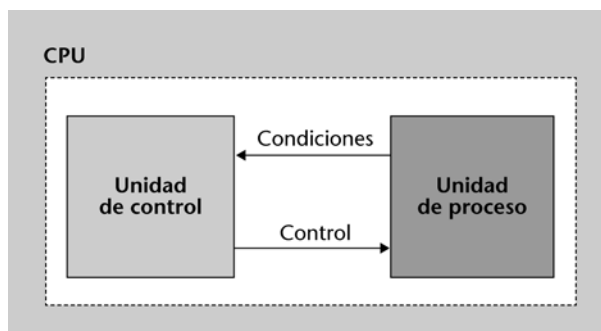
El **procesador** está constituido por una **unidad central de proceso** (CPU, *Central Process Unit*) y una **memoria** íntimamente relacionada con él (figura 2).

Figura 2. Arquitectura general de un procesador



La unidad central de proceso es realmente la encargada de procesar los datos de acuerdo con el programa establecido, y se organiza en dos grandes bloques, como se muestra en la figura 3, la **unidad de control** y la **unidad de proceso** o **camino de datos**.

Figura 3. Estructura de una CPU



La unidad de proceso reúne los recursos de cálculo, y la unidad de control es la encargada de dar las órdenes en la secuencia correcta a la unidad de proceso para realizar las operaciones que establece el programa en ejecución.

3.1. Arquitectura de Von Neuman

Se conoce por este nombre la arquitectura que implementan los computadores actuales y que se describe por primera vez en un documento escrito por John Von Neumann (1903-1957) como colaborador en el proyecto EDVAC, de donde toma el nombre.

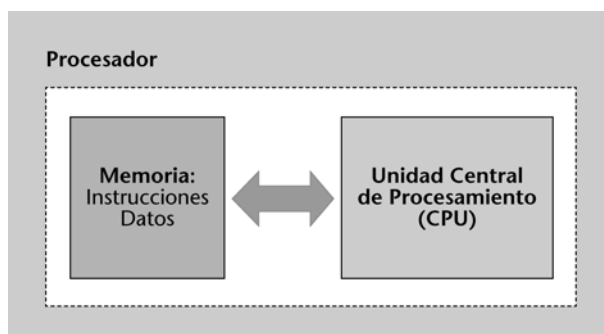
La característica distintiva es que se trata de una arquitectura en la que tanto los datos como el programa se almacenan en la memoria principal, que está ligada directamente a la CPU. El concepto de programa almacenado difiere radicalmente del tipo de programación que se practicaba en los computadores precedentes, y que se basaba en la modificación de los circuitos electrónicos.

Esta arquitectura es la base de los computadores modernos, en los que podemos identificar estas dos características:

1) **Programa almacenado.** Tanto los datos como las instrucciones del programa a ejecutar se encuentran en la memoria principal del computador. De este hecho se derivan dos consecuencias. Por una parte, esta característica dota al computador de una amplia generalidad. De la otra, la comunicación entre la memoria y la CPU se convierte en crítica y constituye un verdadero cuello de botella en el rendimiento de la máquina.

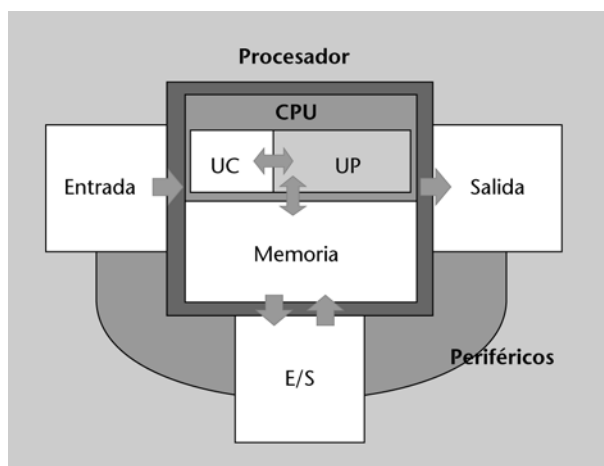
2) **Unidad de control (relativamente) simple.** En esta arquitectura, la unidad de control no se tiene que ocupar de ejecutar todo el programa, sino que hace de manera iterativa una única tarea: el ciclo de ejecución de instrucciones.

Figura 4. Arquitectura de Von Neumann



Con un procesador de este tipo, la estructura básica de un computador digital es la que aparece en la figura 5.

Figura 5. Arquitectura de un computador tipo Von Neumann



3.2. La arquitectura de Harvard

La arquitectura de Von Neumann tiene en sí misma dos grandes limitaciones. Por una parte, el acceso a memoria es un punto crítico y limita el rendimiento de los sistemas basados en este tipo de arquitectura. Por otra parte, lleva implícita la idea de la ejecución secuencial, es decir, de la ejecución de una única instrucción al mismo tiempo, lo cual limita las posibilidades de ejecución en paralelo.

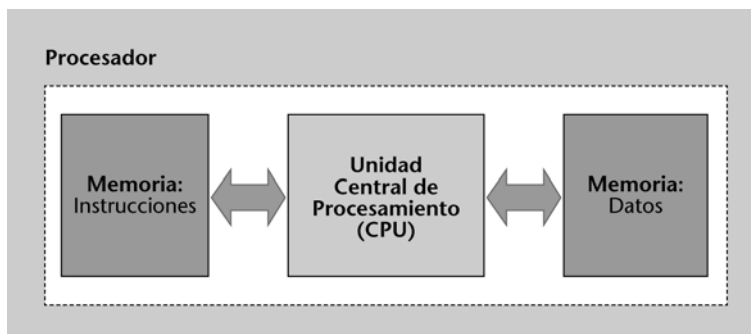
De las llamadas arquitecturas no Von Neumann podemos destacar la arquitectura de Harvard. La característica principal de esta arquitectura es que dispone de una memoria dedicada al programa y una segunda memoria para los datos. Esta diferencia ayuda a corregir la limitación que supone el acceso a memoria, ya que permite hacer operaciones con la memoria de datos mientras se accede a la memoria de programa. Por otra parte, también limita la posibilidad de la automodificación de los programas, que si bien desde el primer momento fue un aliciente en la arquitectura de Von Neumann, ha llegado a convertirse en un problema.

El uso de la arquitectura de Harvard se ha extendido en el campo de los microcontroladores y de la electrónica distribuida. Su estructura general la podemos ver reflejada en la figura 6.

Automodificación del código

La automodificación del código (la capacidad de un programa para cambiarse a sí mismo) ha sido uno de los recursos que se ha aprovechado para elaborar código malintencionado como los virus.

Figura 6. Arquitectura de Harvard



Resumen

En este módulo se hace una introducción a los conceptos que se trabajan a lo largo de los módulos siguientes: la codificación adecuada de la información para interpretarla y tratarla dentro de los computadores, la tecnología con la que se construyen los sistemas digitales en general y la arquitectura básica de los computadores.

Los computadores actuales se presentan como el resultado de una evolución que se ha llevado a cabo a lo largo de los años, partiendo de la arquitectura básica fijada en la primera generación de computadores, con la incorporación del concepto de programa almacenado, y se enumeran los principales cambios tecnológicos que han permitido mejorar el rendimiento de las máquinas hasta el momento actual.

Se dedica un apartado a describir con más detalle la arquitectura básica de los computadores digitales, indicando la relación entre los dispositivos de entrada, el procesador y los dispositivos de salida. Al mismo tiempo, se muestran los elementos constitutivos del procesador: la CPU y la memoria.

Bibliografía

Augarten, S. (1984). *Bit by Bit. An Illustrated History of Computers*. Nueva York: Ticknor & Fields

Ceruzi, P. E. (1998). *A History of Modern Computing*. Massachussets: The MIT Press.

Williams, M. R. (1997). *History of Computing Technology*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.

