

# El computador

Miquel Albert Orenga  
Gerard Enrique Manonellas

PID\_00177070



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 España de Creative Commons. Se puede modificar la obra, reproducirla, distribuirla o comunicarla públicamente siempre que se cite el autor y la fuente (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), y siempre que la obra derivada quede sujeta a la misma licencia que el material original. La licencia completa se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

## Índice

<b>Introducción.....</b>	5
<b>Objetivos.....</b>	6
<b>1. El computador.....</b>	7
1.1. Arquitectura y organización del computador .....	8
1.2. Tipos de arquitecturas .....	9
<b>2. Arquitectura Von Neumann.....</b>	10
2.1. Procesador .....	11
2.2. Memoria y unidades de E/S .....	12
2.3. Sistema de interconexión .....	12
<b>3. Arquitectura Harvard.....</b>	14
3.1. Microcontroladores .....	14
3.1.1. Estructura de un microcontrolador .....	15
3.1.2. Organización de la unidad de proceso .....	16
3.1.3. Dispositivos de E/S y recursos auxiliares .....	17
3.2. Procesador de señales digitales .....	18
3.2.1. Organización de un DSP .....	18
<b>4. Evolución de los computadores.....</b>	20
4.1. Evolución del procesador .....	21
4.2. Evolución del sistema de memoria .....	21
4.3. Evolución del sistema de interconexión .....	22
4.4. Evolución del sistema de E/S .....	22
4.5. Microporcesadores multinúcleo .....	23
<b>Resumen.....</b>	25



## Introducción

En este módulo se describe el concepto de computador y también su organización interna, los elementos que forman parte de él, el funcionamiento general que tienen y cómo se interconectan.

Se explican los dos tipos de organizaciones principales, Von Neumann y Harvard, y se ven cuáles son las características de cada una de estas organizaciones.

Asimismo, se presentan los dos tipos de computadores que utilizan habitualmente arquitectura Harvard:

- Los microcontroladores.
- Los procesadores digitales de señales (DSP).

Finalmente, se realiza una explicación breve sobre la evolución de los computadores desde las primeras máquinas electrónicas de cálculo hasta los computadores actuales, y se muestra la organización de los microprocesadores multinúcleo.

## Objetivos

Con el estudio de este módulo se pretende que el estudiante alcance los objetivos siguientes:

- 1.** Entender el concepto de computador.
- 2.** Conocer los dos tipos de organizaciones de un computador más habituales: Von Neumann y Harvard.
- 3.** Conocer la estructura de las dos aplicaciones más habituales de la arquitectura Harvard: microcontroladores y DSP.
- 4.** Conocer de manera general cómo ha evolucionado el concepto y la estructura del computador a lo largo del tiempo.

## 1. El computador

Un computador se puede definir como una máquina electrónica capaz de hacer las tareas siguientes:

- Aceptar información.
- Almacenarla.
- Procesarla según un conjunto de instrucciones.
- Producir y proporcionar unos resultados.

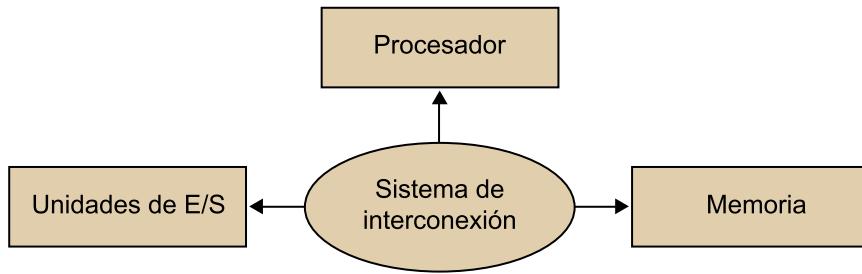
Un computador dispone de tres componentes principales para efectuar las tareas descritas anteriormente:

- 1) Unidades de E/S para aceptar información y comunicar los resultados.
- 2) Un procesador para procesar la información.
- 3) Una memoria para almacenar la información y las instrucciones.

Es necesario un cuarto componente que conecte entre sí el resto de los componentes: un sistema de interconexión que permita mover la información entre los tres componentes del computador.

Resumimos a continuación las tareas que debe realizar cada uno de los componentes del computador:

- **Procesador:** se encarga de gestionar y controlar las operaciones del computador.
- **Memoria:** almacena información (los programas y los datos necesarios para ejecutarlos).
- **Sistema de E/S:** transfiere los datos entre el computador y los dispositivos externos, permite comunicarse con los usuarios del computador, introduciendo información y presentando resultados, y también permite comunicarse con otros computadores.
- **Sistema de interconexión:** proporciona los mecanismos necesarios para interconectar todos los componentes.



### 1.1. Arquitectura y organización del computador

La arquitectura y la organización del computador son conceptos que habitualmente se confunden o se utilizan de manera indistinta, aunque según la mayoría de los autores tienen significados diferentes. Es interesante dejar claros los dos conceptos.

**La arquitectura del computador** hace referencia al conjunto de elementos del computador que son visibles desde el punto de vista del programador de ensamblador.

Los elementos habituales asociados a la arquitectura del computador son los siguientes:

- Juego de instrucciones y modos de direccionamiento del computador.
- Tipos y formatos de los operandos.
- Mapa de memoria y de E/S.
- Modelos de ejecución.

#### Véase también

Estos conceptos se estudian en el módulo "Juego de instrucciones".

**La organización o estructura del computador** se refiere a las unidades funcionales del computador y al modo como están interconectadas. Describe un conjunto de elementos que son transparentes al programador.

Los elementos habituales asociados a la arquitectura del computador son los siguientes:

- Sistemas de interconexión y de control.
- Interfaz entre el computador y los periféricos.
- Tecnologías utilizadas.

Teniendo en cuenta esta diferencia, podemos tener computadores con una organización diferente, pero que comparten la misma arquitectura.

Por ejemplo, los microprocesadores Intel64 tienen una organización diferente de los microprocesadores AMD64, sin embargo, comparten una misma arquitectura (excepto ciertas diferencias), la arquitectura que se denomina *x86-64*.

## 1.2. Tipos de arquitecturas

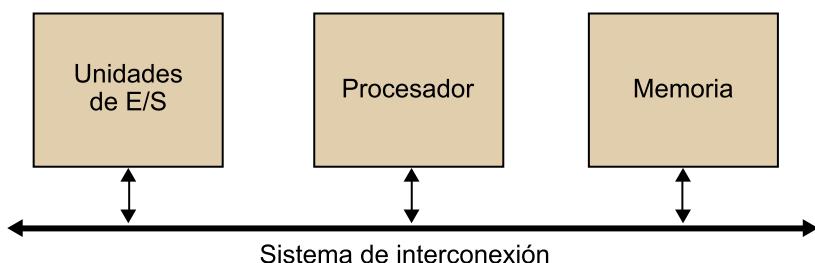
Aunque hablamos de conceptos de organización de los computadores, se mantiene tradicionalmente el término de *arquitectura* para distinguir los dos tipos de organización más habituales: la arquitectura Von Neumann y la arquitectura Harvard.

Se puede decir que la mayoría de los computadores actuales utilizan la arquitectura Von Neumann, o una arquitectura Von Neumann modificada, ya que a medida que los computadores han evolucionado se le ha añadido a esta características procedentes de la arquitectura Harvard.

La diferencia principal entre las dos arquitecturas se encuentra en el mapa de memoria: mientras que en la arquitectura Von Neumann hay un único espacio de memoria para datos y para instrucciones, en la arquitectura Harvard hay dos espacios de memoria separados: un espacio de memoria para los datos y un espacio de memoria para las instrucciones.

## 2. Arquitectura Von Neumann

Como ya se ha comentado en la descripción de un computador hecha en el apartado 1 del módulo, un computador está compuesto por los elementos siguientes: un procesador, una memoria, unidades de E/S y un sistema de interconexión. Todos estos elementos están presentes en la arquitectura Von Neumann.



En una máquina Von Neumann, la manera de procesar la información se especifica mediante un programa y un conjunto de datos que están almacenados en la memoria principal.

Los programas están formados por instrucciones simples, denominadas *instrucciones máquina*. Estas instrucciones son básicamente de los tipos siguientes:

- Transferencia de datos (mover un dato de una localización a otra).
- Aritméticas (suma, resta, multiplicación, división).
- Lógicas (AND, OR, XOR, NOT).
- Ruptura de secuencia (salto incondicional, salto condicional, etc.).

La arquitectura Von Neumann se basa en tres propiedades:

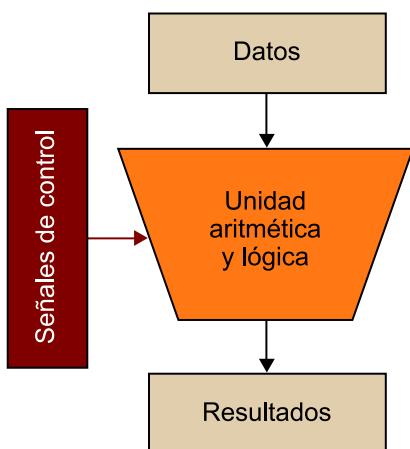
- 1) Hay un único espacio de memoria de lectura y escritura, que contiene las instrucciones y los datos necesarios.
- 2) El contenido de la memoria es accesible por posición, independientemente de que se acceda a datos o a instrucciones.
- 3) La ejecución de las instrucciones se produce de manera secuencial: después de ejecutar una instrucción se ejecuta la instrucción siguiente que hay en la memoria principal, pero se puede romper la secuencia de ejecución utilizando instrucciones de ruptura de secuencia.

El objetivo de la arquitectura Von Neumann es construir un sistema flexible que permita resolver diferentes tipos de problemas. Para conseguir esta flexibilidad, se construye un sistema de propósito general que se pueda programar para resolver los diferentes tipos de problemas. Para cada problema concreto se define un programa diferente.

## 2.1. Procesador

Un sistema de propósito general debe ser capaz de hacer unas operaciones aritméticas y lógicas básicas, a partir de las cuales se puedan resolver problemas más complejos.

Para conseguirlo, el procesador ha de disponer de una **unidad aritmética y lógica** (ALU) que pueda hacer un conjunto de operaciones. La ALU realiza una determinada operación según unas señales de control de entrada. Cada operación se lleva a cabo sobre un conjunto de datos y produce resultados. Por lo tanto, los resultados son generados según las señales de control y de los datos.



Desde el punto de vista de las instrucciones, cada instrucción máquina que se ejecuta en el procesador genera un determinado conjunto de señales a fin de que la ALU haga una operación determinada.

Desde el punto de vista de las operaciones que lleva a cabo la ALU, se puede decir que cada operación consiste en activar un conjunto de señales de control. Si se codifica cada conjunto de señales de control con un código, obtenemos un conjunto de códigos. Este conjunto de códigos define el conjunto de instrucciones con el que se puede programar el computador.

No todas las instrucciones corresponden a operaciones de la ALU. Las instrucciones de transferencia de datos, por ejemplo, pueden mover datos entre diferentes localizaciones del computador sin la intervención de la ALU.

Dentro del procesador es necesaria una unidad, denominada **unidad de control**, que sea capaz de interpretar las instrucciones para generar el conjunto de señales de control necesarias para gobernar la ejecución de las instrucciones.

También es necesario que el procesador disponga de un conjunto de registros (elementos de almacenamiento de información rápidos pero de poca capacidad) con los que sea capaz de trabajar la ALU, de donde leerá los datos necesarios para ejecutar las operaciones y donde almacenará los resultados de las operaciones hechas.

## 2.2. Memoria y unidades de E/S

Si analizamos el proceso de ejecución de las instrucciones, veremos que son necesarios otros elementos para construir un computador: la memoria principal y las unidades de E/S.

Las instrucciones que ejecuta el computador y los datos necesarios para cada instrucción están almacenados en la memoria principal, pero para introducirlos en la memoria es necesario un dispositivo de entrada. Una vez ejecutadas las instrucciones de un programa y generados unos resultados, estos resultados se deben presentar a los usuarios y, por lo tanto, es necesario algún tipo de dispositivo de salida.

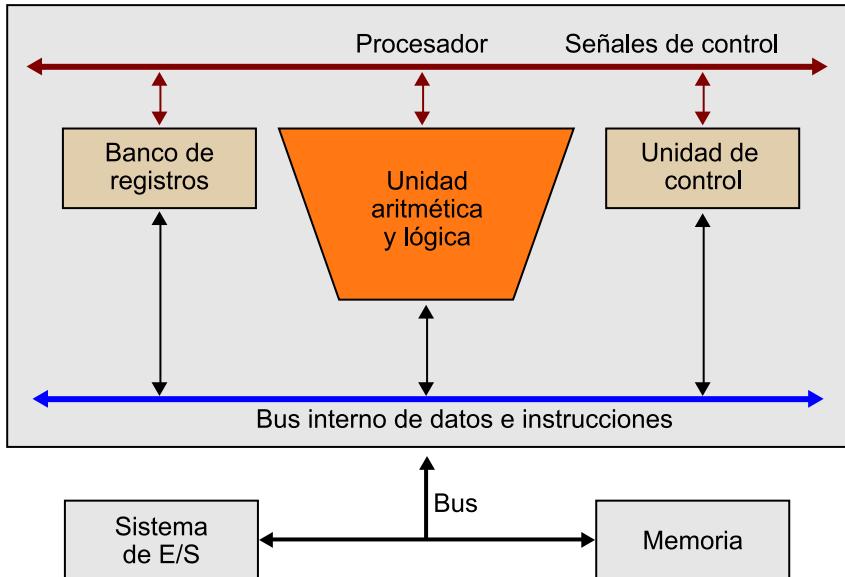
En un computador con arquitectura Von Neumann, además del procesador, son necesarios otros elementos:

- Dispositivos de entrada.
- Memoria principal.
- Dispositivos de salida.

Normalmente los dispositivos de entrada y de salida se tratan agrupados y se habla de *dispositivos de E/S*.

## 2.3. Sistema de interconexión

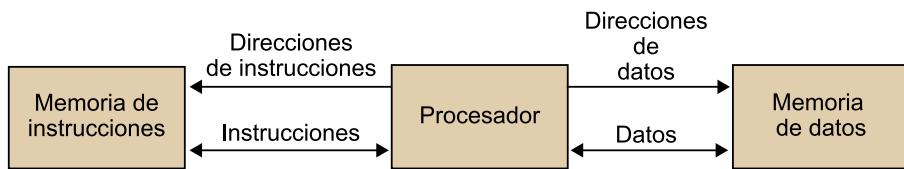
El medio de interconexión habitual en la arquitectura Von Neumann es el bus, un medio de comunicación compartido o multipunto donde se conectan todos los componentes que se quiere interconectar. Como se trata de un medio compartido, es necesario un mecanismo de control y acceso al bus. El sistema de interconexión es necesario pero generalmente no se considera una unidad funcional del computador.



### 3. Arquitectura Harvard

La organización del computador según el modelo Harvard, básicamente, se distingue del modelo Von Neumann por la división de la memoria en una memoria de instrucciones y una memoria de datos, de manera que el procesador puede acceder separada y simultáneamente a las dos memorias.

Arquitectura Harvard



El procesador dispone de un sistema de conexión independiente para acceder a la memoria de instrucciones y a la memoria de datos. Cada memoria y cada conexión pueden tener características diferentes; por ejemplo, el tamaño de las palabras de memoria (el número de bits de una palabra), el tamaño de cada memoria y la tecnología utilizada para implementarlas.

Debe haber un mapa de direcciones de instrucciones y un mapa de direcciones de datos separados.

Los microcontroladores y el DSP (procesador de señales digitales o *digital signal processor*) son dos tipos de computadores que utilizan arquitectura Harvard. Veamos a continuación las características más relevantes de estos dos tipos de computadores de uso específico.

#### 3.1. Microcontroladores

Un controlador o microcontrolador es un sistema encargado de controlar el funcionamiento de un dispositivo, como, por ejemplo, controlar que el nivel de un depósito de agua esté siempre entre un nivel mínimo y un nivel máximo o controlar las funciones de un electrodoméstico.

Actualmente se implementan utilizando un único circuito integrado, y por este motivo se denominan *microcontroladores* en lugar de simplemente *controladores*.

Un microcontrolador se considera un computador dedicado. Dentro de la memoria se almacena un solo programa que controla un dispositivo.

#### Usos de la arquitectura Harvard

La arquitectura Harvard no se utiliza habitualmente en computadores de propósito general, sino que se utiliza en computadores para aplicaciones específicas.

Un microcontrolador normalmente es un circuito integrado de dimensiones reducidas que se puede montar en el mismo dispositivo que ha de controlar (microcontrolador incrustado).

### **Aplicaciones de los microcontroladores**

Algunos de los campos de aplicación más habituales de los microcontroladores son los siguientes:

- **Telecomunicaciones.** En el campo de las telecomunicaciones, los productos que utilizan frecuentemente microcontroladores son los teléfonos móviles.
- **Productos de gran consumo.** En los productos de gran consumo se utilizan microcontroladores en muchos electrodomésticos de línea blanca (lavadoras, lavavajillas, microondas, etc.) y de línea marrón (televisores, reproductores de DVD, aparatos de radio, etc.).
- **Automoción.** En la industria del automóvil se utilizan microcontroladores para controlar buena parte de los sistemas del coche; por ejemplo, para controlar los *airbags*, o el frenado.
- **Informática.** En la industria informática hay muchos dispositivos periféricos que integran microcontroladores: ratones, teclados, impresoras, escáneres, discos duros, etc.
- **Industria.** En el mundo industrial se utilizan en diferentes ámbitos, como la robótica o el control de motores.

#### **3.1.1. Estructura de un microcontrolador**

Un microcontrolador incorpora en un único circuito integrado todas las unidades necesarias para que funcione. Se trata de un computador completo pero de prestaciones limitadas.

Tal como se puede ver en la figura siguiente, las unidades que forman un microcontrolador se pueden agrupar en tres bloques principales:

##### **1) Unidad de proceso:**

- Procesador
- Memoria de programa
- Memoria de datos
- Líneas de interconexión

##### **2) Dispositivos de E/S:**

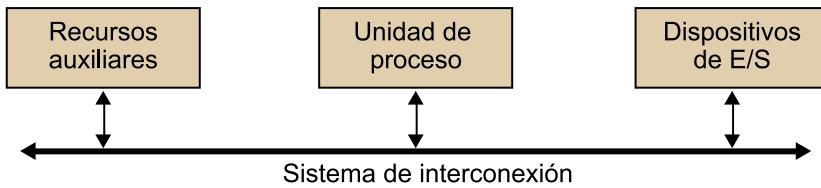
- Temporizadores
- Convertidores analógico-digital
- Comparadores analógicos
- Puertos de comunicación

##### **3) Recursos auxiliares:**

- Circuito de reloj

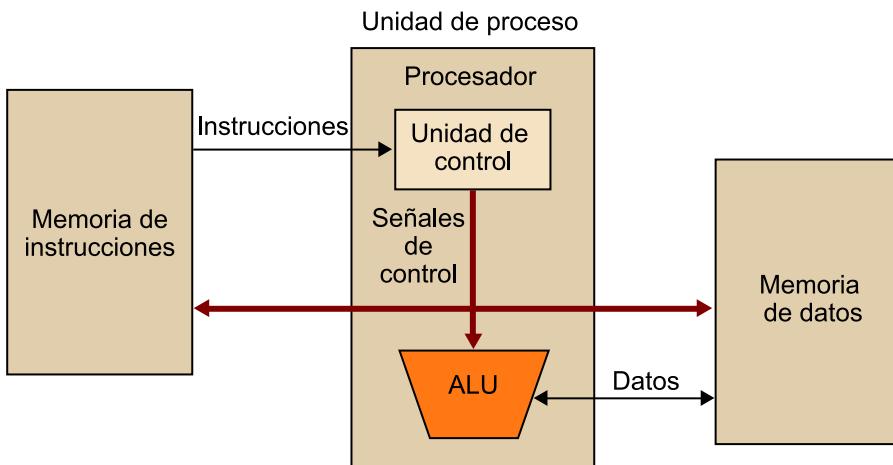
- Modos de bajo consumo
- Temporizador de vigilancia o *watchdog*
- Reinicialización o *reset*

Estructura de un microcontrolador



### 3.1.2. Organización de la unidad de proceso

A continuación se describe de manera general cada uno de los elementos que forman la **unidad de proceso** de un microcontrolador:



**1) Procesador.** De manera parecida a los procesadores de otros tipos de computadores, dispone de dos unidades funcionales principales: una unidad de control y una unidad aritmética y lógica.

Para ejecutar una instrucción, la unidad de control lee la instrucción de la memoria de instrucciones, genera las señales de control necesarias para obtener los operandos de la memoria de datos y después ejecuta la instrucción mediante la ALU y almacena el resultado producido en la memoria de datos.

**2) Memoria de instrucciones.** Es la memoria donde se almacenan las instrucciones del programa que debe ejecutar el microcontrolador. El tamaño de las palabras de la memoria se adapta al número de bits de las instrucciones del microcontrolador.

La memoria de instrucciones se implementa utilizando memorias no volátiles: ROM, PROM, EPROM, EEPROM o flash.

Si el programa que ha de ejecutar el microcontrolador es siempre el mismo, la capacidad de la memoria se adapta al tamaño previsto que tendrán los programas que tiene que ejecutar, con el fin de optimizar el espacio.

**3) Memoria de datos.** En esta memoria se almacenan los datos utilizados por los programas. Los datos varían continuamente y, por lo tanto, hay que implementarla utilizando memorias volátiles, memoria RAM, sobre la cual se pueden realizar operaciones de lectura y escritura. Habitualmente se utiliza SRAM (memoria RAM estática o *static RAM*). Si es necesario guardar algunos datos de manera permanente o que varíen poco (configuración o estado del microcontrolador), se utiliza memoria EEPROM o flash.

**4) Líneas de interconexión.** Son las líneas que interconectan los diferentes elementos que forman la unidad de proceso.

### 3.1.3. Dispositivos de E/S y recursos auxiliares

A parte de la unidad de proceso, un microcontrolador utiliza dispositivos de E/S y otros recursos auxiliares. Según la aplicación del microcontrolador, son necesarios unos recursos u otros. Los recursos más habituales que hay en la mayoría de los microcontroladores son los siguientes:

- **Circuito de reloj:** genera los pulsos para sincronizar todo el sistema.
- **Temporizadores:** permiten contar el tiempo y establecer retardos.
- **Temporizador de vigilancia:** circuito temporizador que provoca una re-inicialización del sistema si el programa se bloquea por alguna condición de fallo.
- **Convertidores analógico-digital (ADC) y digital-analógico (DAC).**
- **Comparadores analógicos:** permiten tratar señales analógicas.
- **Sistema de protección para posibles fallos de la alimentación.**
- **Modos de funcionamiento de bajo consumo.**
- **Módulos de comunicación:** en serie, paralelo, USB, etc. Mediante estos módulos se obtienen o se envían datos de los dispositivos externos al microcontrolador.

### 3.2. Procesador de señales digitales

Un procesador de señales digitales o *digital signal processor* (DSP) es un dispositivo capaz de procesar en tiempo real señales procedentes de diferentes fuentes.

Un DSP tiene características propias de los microcontroladores y también de los microprocesadores. Esto provoca que muchas veces sea difícil distinguir estos tres conceptos.

Dispone de un procesador con gran potencia de cálculo preparado para tratar señales en tiempo real y puede hacer operaciones aritméticas a gran velocidad; generalmente, también dispone de convertidores de señales analógicas a digitales (ADC) o convertidores de señales digitales a analógicas (DAC).

Una de las características principales de los DSP es que implementan muchas operaciones por hardware que otros procesadores hacen por software, e incorporan habitualmente unidades específicas para realizar sumas y productos. Por este motivo, el hardware del procesador puede ser más complejo que el de algunos microcontroladores o microprocesadores.

Otra de las diferencias importantes entre los DSP y otros procesadores es que están diseñados para que sean escalables y para trabajar en paralelo con otros DSP. Esto hace necesario disponer de elementos para sincronizar el funcionamiento de diferentes DSP.

#### Aplicaciones de los DSP

Algunas de las aplicaciones más habituales de los DSP son el procesamiento de audio digital, la compresión de audio, el procesamiento de imágenes digitales, la compresión de vídeo, el procesamiento de voz, el reconocimiento de voz, las comunicaciones digitales, el radar, el sonar, la sismología y la medicina.

Algunos ejemplos concretos de estas aplicaciones son los teléfonos móviles, los reproductores de audio digital (MP3), los módems ADSL, los sistemas de telefonía de manos libres (con reconocimiento de voz) y los osciloscopios.

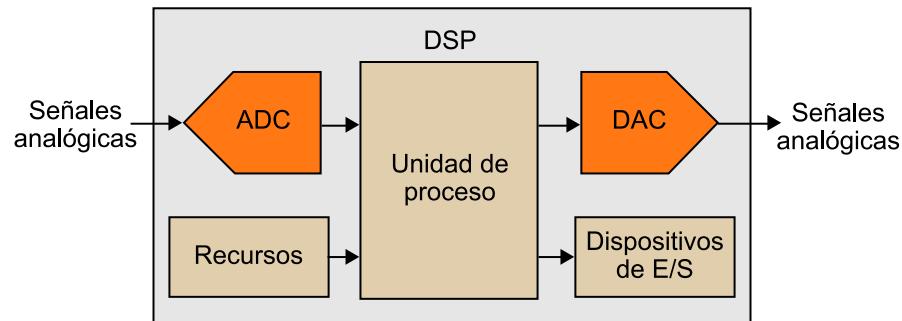
#### 3.2.1. Organización de un DSP

La estructura interna corresponde básicamente a una arquitectura de tipo Harvard, muchas veces mejorada para acelerar la ejecución de las instrucciones y la realización de operaciones aritméticas.

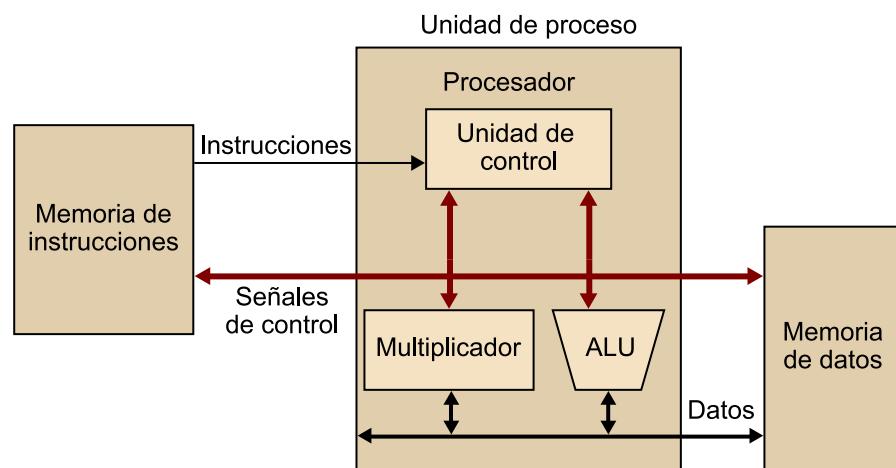
#### Mejoras de un DSP

Las mejoras que pueden incluir un DSP son varias: se incluyen buses para transferir instrucciones y datos de tamaño superior al necesario, más de un bus de direcciones y de datos para acceder a los datos, implementación de técnicas de paralelismo para permitir la segmentación de la ejecución de las instrucciones y hacer varias operaciones elementales por ciclo, operaciones lógicas y aritméticas complejas, etc.

## Organización interna de un DSP



El procesador habitualmente dispone de múltiples ALU y multiplicadores que son capaces de hacer distintas operaciones aritméticas en un solo ciclo de reloj del sistema.



## 4. Evolución de los computadores

Las primeras máquinas de cálculo, los primeros computadores de la historia, estaban construidos a partir de válvulas de vacío y se programaban mecánicamente mediante interruptores. Ocupaban espacios muy grandes y tenían una capacidad de cálculo muy limitada. Los primeros computadores de este tipo fueron el ENIAC y el IAS.

La segunda generación de computadores se basaba en el uso de transistores (hechos a partir de silicio), que sustituyen a las válvulas de vacío. Se trataba de computadores mucho más pequeños y económicos. Los primeros ejemplos de computadores basados en transistores fueron el IBM 7000 y el DEC PDP1.

Las siguientes generaciones de computadores han basado la construcción en transistores y en la microelectrónica, que ha permitido integrar cantidades elevadas de transistores en un solo circuito integrado (chip).

La integración de transistores empieza a mediados de los años sesenta y, a medida que pasa el tiempo, se consiguen niveles de integración más elevados. Según el número de transistores que se puede incluir en un chip, se definen los niveles o escalas de integración siguientes:

- *small scale integration* (SCI): hasta 100 transistores en un solo chip,
- *medium scale integration* (MSI): por encima de 100 transistores en un chip,
- *large scale integration* (LSI): por encima de 1.000 transistores en un chip,
- *very large scale integration* (VLSI): más de 10.000 transistores en un chip y
- *ultra large scale integration* (ULSI): por encima de 1.000.000 de transistores en un chip.

En los procesadores actuales, el número de transistores en un chip está por encima de los 100 millones y, en algunos casos, llega a estar por encima de los 1.000 millones de transistores.

La evolución en la escala de integración ha afectado a la evolución de los microprocesadores y también a los sistemas de memoria, que se han beneficiado de los aumentos en la escala de integración.

Con respecto a la organización del computador, a lo largo de la historia de los computadores, aunque se ha mantenido la organización básica del modelo Von Neumann, se han ido añadiendo nuevos elementos y se ha ido modificando el modelo original.

A continuación se comenta la evolución de los elementos que forman el computador: procesador, memoria, sistema de E/S y sistema de interconexión.

#### 4.1. Evolución del procesador

En las primeras generaciones de computadores los elementos que formaban el procesador eran elementos independientes, fabricados utilizando diferentes chips e interconectados con un bus. A medida que creció la escala de integración, cada vez hubo más unidades funcionales que se fueron integrando utilizando menos chips, hasta la aparición de lo que se denominó *microprocesador*.

El microprocesador es un procesador que integra en un solo chip todas las unidades funcionales.

Hoy en día es equivalente hablar de *procesador* o de *microprocesador*, ya que todos los procesadores actuales se construyen como microprocesadores. Actualmente, además de incluir todas las unidades funcionales, se incluye un nivel de memoria caché o más de uno.

##### Intel 4004

El primer microprocesador lo desarrolló Intel en 1971. Se trataba del Intel 4004, un microprocesador de 4 bits que podía dirigir una memoria de 640 bytes y que se había construido utilizando 2.300 transistores.

#### 4.2. Evolución del sistema de memoria

Una de las mejoras más importantes ha sido la aparición de la jerarquía de memorias, con la incorporación de memorias cachés. La memoria caché es una memoria más rápida que la memoria principal, pero también de coste mucho más elevado. Por este motivo tiene un tamaño más reducido que la memoria principal.

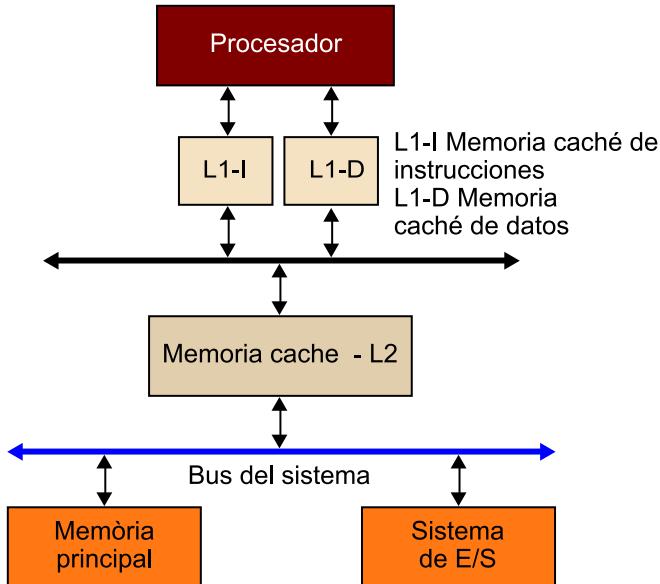
La memoria caché se coloca como una memoria intermedia entre la memoria principal y el procesador. Cuando el procesador necesita un dato o una instrucción, primero se comprueba si está en la memoria caché y solo en caso de que no lo esté se debe traer de la memoria principal para acceder a él.

La utilización de las memorias cachés ha ido evolucionando incorporando diferentes niveles de memoria caché. Actualmente se trabaja con tres niveles, denominados *L1*, *L2* y *L3*. Algunos niveles o todos juntos se pueden integrar en el mismo chip del microprocesador.

La memoria caché puede estar dividida en dos partes: una memoria caché de instrucciones y una de datos. Desde este punto de vista, se puede decir que los computadores con memoria caché dividida utilizan una arquitectura Harvard, o una arquitectura Harvard modificada, ya que la separación de la memoria solo existe en algunos niveles de la memoria caché, pero no en la memoria principal.

### Ejemplo de memoria caché

En el ejemplo siguiente se muestra un computador con dos niveles de memoria caché (L1 y L2), en el que el primer nivel de memoria caché está dividido en una memoria caché de instrucciones y una memoria caché de datos.



### 4.3. Evolución del sistema de interconexión

El sistema de interconexión también ha evolucionado. En los primeros computadores, consistía en un solo bus al que se conectaban todos los elementos del computador. Este sistema facilitaba la conexión de los diferentes elementos del computador, pero como se trataba de un solo bus que todos tenían que utilizar, se generaba un cuello de botella que hacía reducir las prestaciones del computador.

En los computadores actuales se ha ampliado y diversificado el número y tipo de sistemas de interconexión. Actualmente se utiliza una jerarquía de buses separados parecida a la jerarquía de memoria con el objetivo de aislar los dispositivos más rápidos de los más lentos.

Las tendencias actuales pasan por utilizar buses de tipo serie de alta velocidad en lugar de buses paralelos y también por utilizar interconexiones punto a punto, que permiten eliminar los problemas de compartir un bus entre diferentes elementos del computador. Un diseño cada vez más habitual es el de disponer de una conexión directa entre el sistema de memoria y el procesador.

### 4.4. Evolución del sistema de E/S

Inicialmente, la comunicación del procesador con los periféricos se efectuaba utilizando programas que accedían directamente a los módulos de E/S; posteriormente se introdujo la técnica de E/S por interrupciones, en la que el procesador no necesitaba esperar a que el periférico estuviera disponible para hacer la transferencia. La siguiente mejora fue introducir el acceso directo a me-

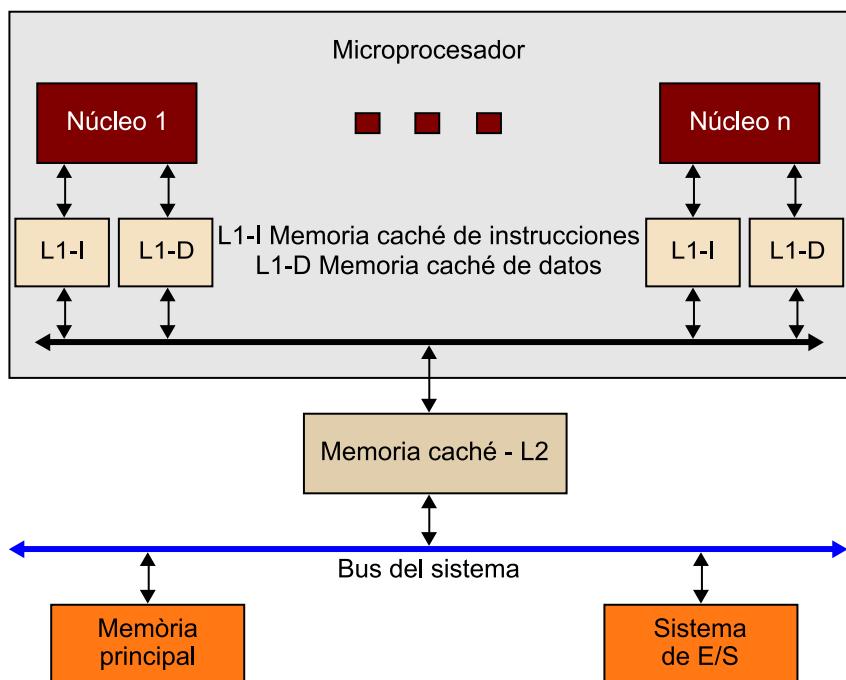
memoria (DMA), que permite transferir bloques de datos entre el periférico y la memoria sin la intervención del procesador utilizando controladores de DMA. Estos controladores han evolucionado y se comportan como procesadores específicos de E/S, denominados también *canales de E/S*.

Los sistemas de interconexión externos, entre el computador y los dispositivos periféricos, también han ido evolucionando. En los primeros diseños se utilizaban básicamente sistemas de interconexión multipunto (buses) que habitualmente tenían múltiples líneas de datos (paralelas). Los sistemas de interconexión actuales incluyen buses de tipo serie (una única línea de datos) de alta velocidad, como Firewire o USB, y también sistemas de interconexión punto a punto o sistemas inalámbricos, como Bluetooth y Ethernet inalámbrica.

#### 4.5. Microprocesadores multinúcleo

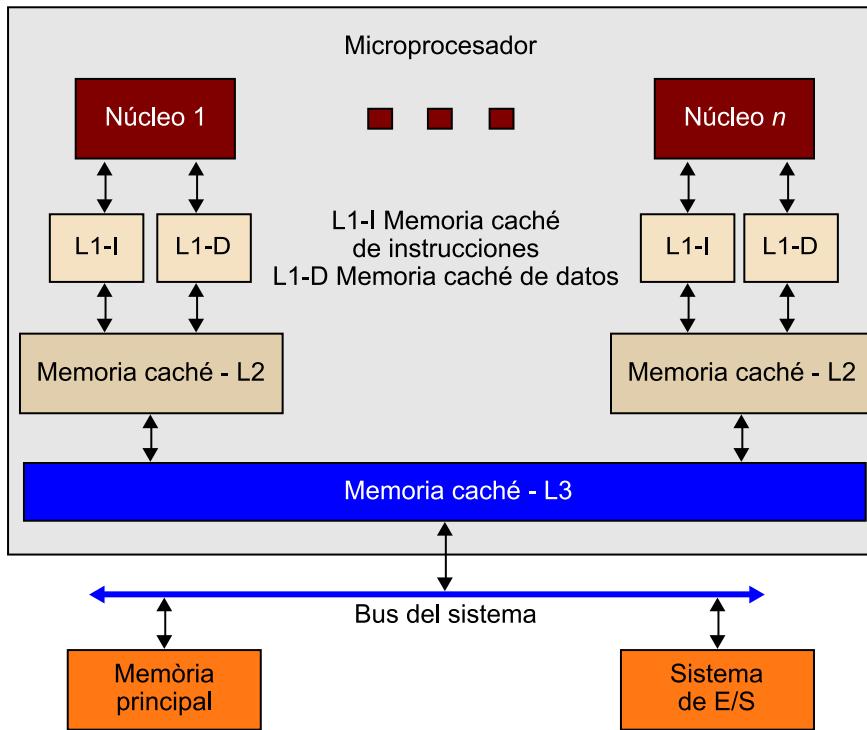
La evolución de los microprocesadores pasa por incluir en un solo chip varios núcleos, donde cada núcleo incluye todas las unidades funcionales de un procesador (registros, ALU y unidad de control), lo que da lugar a lo que se conoce como *procesador multinúcleo*.

Inicialmente, dentro del microprocesador se disponía de una memoria caché de primer nivel (denominada *L1*) para cada núcleo, habitualmente dividida en memoria caché de instrucciones y memoria caché de datos; fuera del microprocesador se disponía de una memoria caché de segundo nivel (*L2*) unificada (para instrucciones y datos) y compartida por todos los núcleos.



Esta organización ha variado mucho. Una primera evolución consistió en incorporar dentro del microprocesador el segundo nivel de memoria caché, y apareció un tercer nivel (L3) fuera del procesador.

Actualmente, dentro del microprocesador pueden estar los tres niveles de memoria caché (L1, L2 y L3). Dispone de una memoria caché de primer nivel para cada núcleo, dividida en memoria caché de instrucciones y memoria caché de datos, una memoria caché unificada de segundo nivel para cada núcleo y una memoria caché de tercer nivel unificada y compartida por todos los núcleos.



## Resumen

En este módulo se ha explicado el concepto de computador de manera genérica y se han diferenciado los conceptos de arquitectura y de organización.

Se han visto brevemente los elementos principales que forman un computador y la organización que tienen.

A continuación se han descrito los dos tipos de arquitecturas más habituales: la arquitectura Von Neumann y la arquitectura Harvard.

Dentro de la arquitectura Von Neumann se han estudiado los elementos que componen un computador que utilice esta arquitectura y las características principales que tiene:

- Procesador
- Memoria
- Unidades de E/S
- Sistema de interconexión

De la arquitectura Harvard se han visto las características que la diferencian de la arquitectura Von Neumann y se han descrito los dos tipos de computadores que utilizan habitualmente esta arquitectura:

- Microcontroladores
- DSP

Finalmente, se ha llevado a cabo una descripción breve de la evolución que han tenido los computadores, analizando las mejoras que se han ido introduciendo en cada uno de los elementos que los componen: procesador, sistema de memoria, sistema de interconexión y sistema de E/S. Se ha acabado comentando la organización de los microporcesadores actuales: los microporcesadores multinúcleo.

