SISTEMAS INFORMÁTICOS

ARQUITECTURAS DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

DIFERENCIAS ENTRE LA ARQUITECTURA VON NEUMANN Y LA ARQUITECTURA HARVARD

Alberto Martínez Pérez

1º CFGS DESARROLLO DE APLICACIONES WEB (daw)

ÍNDICE

[INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS 3](#_Toc116671171)

[ARQUITECTURA Y ORGANIZACIÓN 3](#_Toc116671172)

[TIPOS DE ARQUITECTURAS 4](#_Toc116671173)

[A. ESTRUCTURA 5](#_Toc116671174)

[B. PROCESADOR 7](#_Toc116671175)

[C. MEMORIA 9](#_Toc116671176)

[D. UNIDADES DE E/S 11](#_Toc116671177)

[E. SISTEMA DE INTERCONEXIÓN 12](#_Toc116671178)

[CONCLUSIONES 12](#_Toc116671179)

ÍNDICE DE FIGURAS

[*Fig. 1 Componentes de un sistema informático. 3*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669212)

[*Fig. 2 Arquitectura de von Neumann. 5*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669213)

[*Fig. 3 Arquitectura de Harvard. 5*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669214)

[*Fig. 4 Arquitectura de un microcontrolador. 6*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669215)

[*Fig. 5 Arquitectura de un DSP. 6*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669216)

[*Fig. 6 Procesador en el modelo de von Neumann (Unidad Aritmético-Lógica). 7*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669217)

[*Fig. 7 Esquema de la arquitectura de un microcontrolador. 8*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669218)

[*Fig. 8 Esquema de la arquitectura de un DSP. 8*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669219)

[*Fig. 9 Módulo de memoria principal en el modelo-arquitectura de von Neumann y su conexión con el procesador. 9*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669220)

[*Fig. 10 Módulos de memoria de un microprocesador y sus conexiones con el procesador. 10*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669221)

[*Fig. 11 Módulos de memoria de un DSP y sus conexiones con el procesador. 10*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669222)

[*Fig. 12 Sistema de buses en el modelo de von Neumann. 12*](https://ieslb-my.sharepoint.com/personal/2022400_iesluisbraille_es/Documents/1DAW/PRÁCTICAS%20Y%20EJERCICIOS/06%20SISTEMAS/02%20EJERCICIOS/UD1%20-%20E3%20-%20MODELO%20NEUMANN%20Y%20MODELO%20HARVARD.docx#_Toc116669223)

ÍNDICE DE TABLAS

[*Tabla 1 Comparativa de la estructura de las diferentes arquitecturas. 5*](#_Toc116712610)

[*Tabla 2 Comparativa del procesador en las diferentes arquitecturas. 7*](#_Toc116712611)

[*Tabla 3 Comparativa de la memoria en las diferentes arquitecturas. 9*](#_Toc116712612)

[*Tabla 4 Comparativa de las unidades de E/S de las diferentes arquitecturas. 11*](#_Toc116712613)

# INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS

Las principales funciones de un **sistema informático (SI)** o **computador** son aceptar información para almacenarla y procesarla y, de esa forma, producir unos resultados los cuales se pueden almacenar, volver a procesar (junto a otra información) o dar lugar a visualizaciones para el usuario.

Para llevar esto a cabo, el SI se va a componer de forma general de:

* Un **procesador (UCP o CPU)**. Encargado de gestionar y controlar las diferentes operaciones que han de suceder en el sistema.
* Una **memoria principal**. Encargada de almacenar la información. Esta información no son sólo los programas (o instrucciones) sino también los datos que son necesarios para la ejecución.
* Un **sistema o unidades de entrada/salida (E/S)**. Encargado de conectar el SI con los dispositivos externos por lo que estas unidades van a ser las responsables de facilitar la comunicación del usuario con el computador. También pueden encargarse de comunicar el computador con otros computadores.

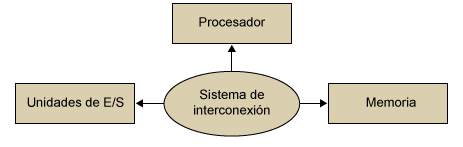
Además, debe existir un **sistema de interconexión** que sirva como enlace para los componentes descritos anteriormente.

Fig. Componentes de un sistema informático.

# ARQUITECTURA Y ORGANIZACIÓN

Al describir un computador hay que distinguir dos conceptos importantes: arquitectura y organización.

* Cuando se habla de **arquitectura del SI** se hace referencia al conjunto de elementos del SI. Es decir, aquellos elementos que son visibles para el usuario. También lo podemos definir como aquellos elementos que tienen un impacto directo en la ejecución lógica de un programa.

Elementos referidos a la arquitectura de un computador serían, por ejemplo, el conjunto de instrucciones, el número de bits usados para representar los datos, los mecanismos de E/S o las técnicas para el direccionamiento de memoria.

* Cuando se habla de **organización del SI** se hace referencia a las unidades funcionales del SI y al modo en el que se conectan unas a otras. Es decir, aquellos elementos que son invisibles (transparentes) para el usuario.

Ejemplos de elementos de la organización serían, por ejemplo, las señales de control, las interfaces entre el sistema y los periféricos o la tecnología de memoria que se usa.

De esa forma podemos tener dos sistemas que compartan la misma arquitectura, pero cuya organización sea completamente diferente.

# TIPOS DE ARQUITECTURAS

Tradicionalmente se pueden diferenciar dos modelos de arquitectura principales: la **arquitectura von Neumann** ideada por John von Neumann (también conocida como **arquitectura Princeton**) y la **arquitectura Harvard**.

Aunque a continuación se van a explicar los modelos de forma específica, de forma general se puede decir que la principal diferencia entre ambos modelos radica en el número de espacios de memoria que describen. Mientras que en el de von Neumann se describe un único espacio de memoria para datos y para instrucciones, en el modelo de Harvard se describen dos espacios de memoria, siendo uno de ellos dedicado para los datos y otro para las instrucciones.

En el caso de la arquitectura Harvard no sólo se hablará de la estructura pura del modelo sino también de las principales aplicaciones del mismo, ya que, a diferencia de la arquitectura de von Neumann utilizada en la construcción de computadores de propósito general, la arquitectura de Harvard se usa en computadores de aplicaciones específicas:

* + Los **microcontroladores**. Sistemas encargados de controlar el funcionamiento de un dispositivo. Actualmente son circuitos únicos integrados y contienen un único programa en memoria que controla el dispositivo.

Se utilizan en: teléfonos móviles, electrodomésticos, sistemas de seguridad de los automóviles (*airbags*, frenado…), periféricos informáticos, robótica…

* + Los **procesadores de señales digitales (DSP)**. Sistemas capaces de procesar en tiempo real señales procedentes de diferentes fuentes. Disponen de un procesador de gran potencia de cálculo que puede realizar operaciones a gran velocidad. Además, implementan por hardware operaciones que otros procesadores implementan por software e incorporan unidades para realizar sumas y productos. Son sistemas escalables y trabajan en paralelo con otros DSP.

Se utilizan en: el procesamiento de audio digital, la compresión de audio, el procesamiento de voz, el radar, el sonar… por lo que podemos encontrarlos en teléfonos móviles, sistemas manos libres, osciloscopios…

## ESTRUCTURA

Tabla Comparativa de la estructura de las diferentes arquitecturas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ARQUITECTURA**  **VON NEUMANN** | En el modelo von Neumann tenemos todos los elementos básicos de un SI que se han explicado más arriba. Por tanto, podemos encontrar un procesador, una memoria principal (tanto para datos como para instrucciones) y una serie de unidades de entrada y salida. Todos estos componentes tienen un sistema de interconexiones. | Fig. Arquitectura de von Neumann. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD (PURA)** | En el modelo de Harvard vuelve a haber un procesador, pero en este caso no tenemos una única unidad de memoria sino dos, una encargada de las instrucciones y una encargada de los datos.  Los sistemas de conexiones procesador-memorias son independientes, existe uno para instrucciones (con su mapa de direcciones de instrucciones) y uno para datos (con su mapa de direcciones de datos). | Fig. Arquitectura de Harvard. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD (MICROCONTROLADOR)** | Incorpora en un único circuito integrado todas las unidades necesarias para que funcione.  Se compone de:   * **Unidad de proceso**. Formada por procesador, memoria de programa, memoria de datos y líneas de interconexión. * **Dispositivos de E/S**. Como por ejemplo temporizadores, convertidores analógico-digitales, comparadores analógicos o puertos de comunicación. * **Recursos auxiliares**. Como podrían ser el circuito de reloj, los modos de bajo consumo, el *watchdog* y el *reset*. | Estructura de un microcontrolador  Fig. Arquitectura de un microcontrolador. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD**  **(DSP)** | La estructura interna de los DSP es una arquitectura Harvard mejorada para acelerar la ejecución de instrucciones y la realización de operaciones aritméticas.  Dispone de convertidores de señales analógicas a digitales (ADC) y convertidores de señales digitales a analógicas (DAC).  Pueden tener varias mejoras: más de un bus de direcciones y de datos, técnicas de paralelismo para la segmentación de instrucciones y permitir hacer varias operaciones por ciclo… | Fig. Arquitectura de un DSP. |

## PROCESADOR

Tabla Comparativa del procesador en las diferentes arquitecturas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ARQUITECTURA**  **VON NEUMANN** | Encontramos un procesador formado por dos unidades:   * **Unidad aritmética y lógica (ALU).** Encargada de realizar operaciones, las cuales se deciden según las señales de control de entrada. Estas operaciones se llevan a cabo sobre unos datos y producen una serie de resultados. * **Unidad de control (UC).** Necesaria porque no todas las instrucciones que lleva a cabo el procesador son de operación (también existen instrucciones de transferencia de datos o de ruptura de secuencia). Esta UC se encarga de interpretar las instrucciones a realizar para generar las señales de control necesarias para llevar a cabo la ejecución de las instrucciones.   El procesador también dispone de una serie de registros que sirven como elementos de almacenamiento de la información los cuales son rápidos, pero de muy corta capacidad. Estos registros son utilizados por la ALU para leer los datos y almacenar los resultados. | Fig. Procesador en el modelo de von Neumann (Unidad Aritmético-Lógica). |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD**  **(MICROCONTROLADOR)** | El procesador también se divide en ALU y UC. La UC lee la instrucción a realidad desde la memoria de instrucciones y genera una serie de señales de control para obtener los operandos de la memoria de datos. Posteriormente la ALU realiza las operaciones y guarda los resultados en la memoria de datos. | Fig. Esquema de la arquitectura de un microcontrolador. El procesador está formado por una unidad de control y una ALU. La unidad de control recibe instrucciones desde la memoria de instrucción y a través de señales de control se comunica con ALU, y ambos bloques de memoria. A su vez, la ALU recibirá y comunicará datos a la memoria de datos. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD**  **(DSP)** | El procesador también dispone de UC, pero a diferencia de los microcontroladores, los procesadores de los DSP disponen de múltiples ALU y multiplicadores que son capaces de realizar distintas operaciones aritméticas en un único ciclo de reloj del sistema. Las comunicaciones entre procesador y memoria son muy similares a las que se ven en un microcontrolador. | Fig. Esquema de la arquitectura de un DSP. El procesador está formado por una unidad de control, un multiplicador y una ALU. El procesador recibe instrucciones de la memoria de instrucciones y se comunica con el multiplicador y la ALU y, además, con las memorias a través de las señales de control. A su vez multiplicador y ALU reciben y transfieren datos a la memoria de datos. |

## MEMORIA

Tabla Comparativa de la memoria en las diferentes arquitecturas.

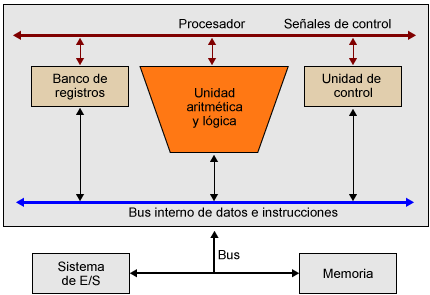
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ARQUITECTURA**  **VON NEUMANN** | En el modelo de von Neumann encontramos un único módulo de memoria, también conocida como memoria principal. Esta memoria es tanto de lectura como de escritura. En ella se encuentran las instrucciones que han de ser ejecutadas por el procesador y, además, se almacenan los resultados de las operaciones generadas en la ALU. | Qué es la arquitectura Von Neumann? | Frikosfera  Fig. Módulo de memoria principal en el modelo-arquitectura de von Neumann y su conexión con el procesador. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD**  **(MICROCONTROLADOR)** | En el microcontrolador al ser un esquema Harvard no encontramos un módulo de memoria sino dos, uno de ellos encargado para las instrucciones y otro encargado para los datos.   * **Memoria de instrucciones**. En ella se almacenan las instrucciones del programa que debe ejecutar el microcontrolador.   Es una memoria no volátil tipo ROM pudiendo ser PROM, EPROM, EEPROM o flash.[[1]](#footnote-1)  En el caso de tener que ejecutar siempre el mismo programa, la capacidad de este módulo será adecuada al tamaño del mismo y, de esa manera, optimizar el espacio.   * **Memoria de datos**. En ella se almacenan los datos utilizados por los programas.   Se utiliza una memoria volátil, es decir, una memoria RAM siendo la más habitual la SRAM[[2]](#footnote-2). Si es necesario guardar algunos datos de manera permanente entonces se usará una EEPROM o una flash. | Fig. Módulos de memoria de un microprocesador y sus conexiones con el procesador. |
| **ARQUITECTURA**  **HARVARD**  **(DSP)** | En el caso de los DSP volvemos a encontrar dos módulos de memoria como en el microcontrolador con un módulo destinado a instrucciones y uno destinado a datos. En características son muy similares si bien en este caso la ALU no es la única que se comunica con la memoria de datos sino también el multiplicador. | Fig. Módulos de memoria de un DSP y sus conexiones con el procesador. |

## UNIDADES DE E/S

Tabla Comparativa de las unidades de E/S de las diferentes arquitecturas.

|  |  |
| --- | --- |
| ARQUITECTURA  VON NEUMANN | ARQUITECTURA  HARVARD (MICROCONTROLADOR) |
| Las unidades de E/S en el modelo von Neumann se encargarán de llevar las instrucciones y datos necesarios desde la memoria principal hasta el procesador (dispositivos de entrada) y de que, una vez ejecutadas las instrucciones y generados los resultados, estos sean presentados a los usuarios (dispositivos de salida). | En los microcontroladores se utilizan dispositivos de E/S y recursos auxiliares entre los que destacan:   * Circuito de reloj. * Temporizadores. * Temporizador de vigilancia. * Comparadores analógicos. * Sistema de protección para posibles fallos de alimentación. * Módulos de comunicación. |

## SISTEMA DE INTERCONEXIÓN

Por último, y aunque no sean un componente principal como tal de las arquitecturas, hay que hablar del sistema de interconexión.

En el modelo von Neumann recibe el nombre de **bus** y es un medio de comunicación compartido donde se conectan todos los componentes que se quieren interconectar. Este sistema de interconexión de componentes tiene un mecanismo de control y acceso a los buses.

Fig. Sistema de buses en el modelo de von Neumann.

En el modelo Harvard podemos unas **líneas de interconexión** dentro de la unidad de proceso que se encargan de interconectar los diferentes elementos de la unidad de proceso.

# CONCLUSIONES

Como se ha podido ver a lo largo de los diferentes apartados, los modelos von Neumann y Harvard para la construcción de computadores tiene ciertas similitudes como el estar formados por el trío Procesador-Memoria-Unidades de E/S, pero también tienen algunas diferencias siendo la más importante el número de módulos de memoria asignados a cada arquitectura siendo un único módulo de memoria (para datos e instrucciones) en el modelo de von Neumann y dos módulos (uno para datos y otro para instrucciones) en el modelo Harvard.

En la actualidad, el modelo von Neumann es el elegido para la construcción de SI de propósito general como podrían ser los PC domésticos si bien no es un modelo von Neumann puro sino uno modificado ya que incluye algunas funciones del modelo Harvard, por ejemplo, si nos centramos en la memoria caché y su funcionamiento se puede ver que esta se divide en dos partes siendo habiendo una caché destinada para instrucciones y otra caché destinada para los datos.

Por su parte, el modelo Harvard se usa para para la construcción de SI de propósito específico ya que se tratan de circuitos integrados con los programas o instrucciones particulares de cada sistema. Por ejemplo, los podemos ver en los sistemas de seguridad de la industria de la automoción, en los dispositivos móviles, en los pequeños y medianos electrodomésticos o en los periféricos.

1. Las PROM (*Programmable Read Only Memory*)son memorias ROM que sólo se pueden programar una vez. Las EPROM (*Erasable PROM*) permiten una sobreescritura de la información previo borrado usando radiación ultravioleta. Las EEPROM (*Electrically EPROM*) permiten la sobreescritura de datos previo borrado usando corrientes eléctricas. Las memorias flash son memorias que permiten ser programadas con los valores de tensión propios de los computadores. [↑](#footnote-ref-1)
2. Las SRAM (*Static Random Access Memory*) son memorias RAM que no necesitan refresco. [↑](#footnote-ref-2)