

Curso 22/23

Sistemas Informáticos

UD1: INTRODUCCIÓN A LOS SI

PARTE II:

Componentes Físicos.

El microprocesador y la memoria

Contenido

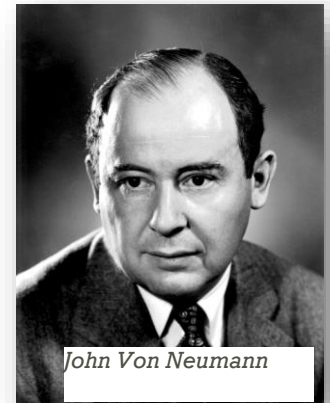
| | |
|--|----|
| 1. Elementos funcionales del ordenador. Arquitectura | 2 |
| 1.1. Arquitectura de John Von Neumann. | 2 |
| 1.2. Arquitectura de un Computador Actual..... | 4 |
| 2. La CPU. El Microprocesador | 5 |
| 2.1. La Unidad de Control. | 7 |
| 2.2. La Unidad Aritmético Lógica o ALU. | 9 |
| 2.3. Registros de la CPU..... | 9 |
| 2.4. Características Generales de los Microprocesadores. | 9 |
| 2.5. Arquitectura..... | 11 |
| 2.5.1. Diferencias ente 32 y 64 bits:..... | 11 |
| 2.5.2. ¿Cómo distinguir un software específico de una arquitectura u otra? | 11 |
| 2.6. Tipos de procesadores..... | 12 |
| 2.7. Tecnologías..... | 13 |
| 2.8. Encapsulado. | 15 |
| Zócalo o socket del microprocesador. | 16 |
| 2.9. Overclocking y underclocking..... | 18 |
| 3. La Memoria del Ordenador | 20 |
| 3.1. Jerarquía de Memorias..... | 20 |
| 3.1.1. La Memoria Principal | 21 |
| 3.2. Clasificación de las memorias..... | 22 |
| 3.3. Memoria RAM. | 24 |
| 3.3.1. Características y parámetros de la RAM..... | 25 |
| 3.3.2. Tipos de RAM | 29 |
| 3.3.3. Tipos de Módulos | 35 |
| 3.3.4. Memoria virtual..... | 36 |
| 3.4. Memorias ROM | 36 |
| 3.4.1. Tipos de ROM..... | 36 |
| 3.4.2. Resumen sobre el Funcionamiento de las memorias | 37 |

1. Elementos funcionales del ordenador.

Arquitectura

1.1. Arquitectura de John Von Neumann.

John Von Neumann fue un matemático húngaro-estadounidense que realizó contribuciones fundamentales en muchos campos, considerándolo como uno de los matemáticos más importantes de la historia moderna. Aunque John Von Neumann está considerado el padre de la computación electrónica, antes de él hubo otros que desarrollaron máquinas capaces de realizar operaciones de forma mecánica, como ya sabemos.

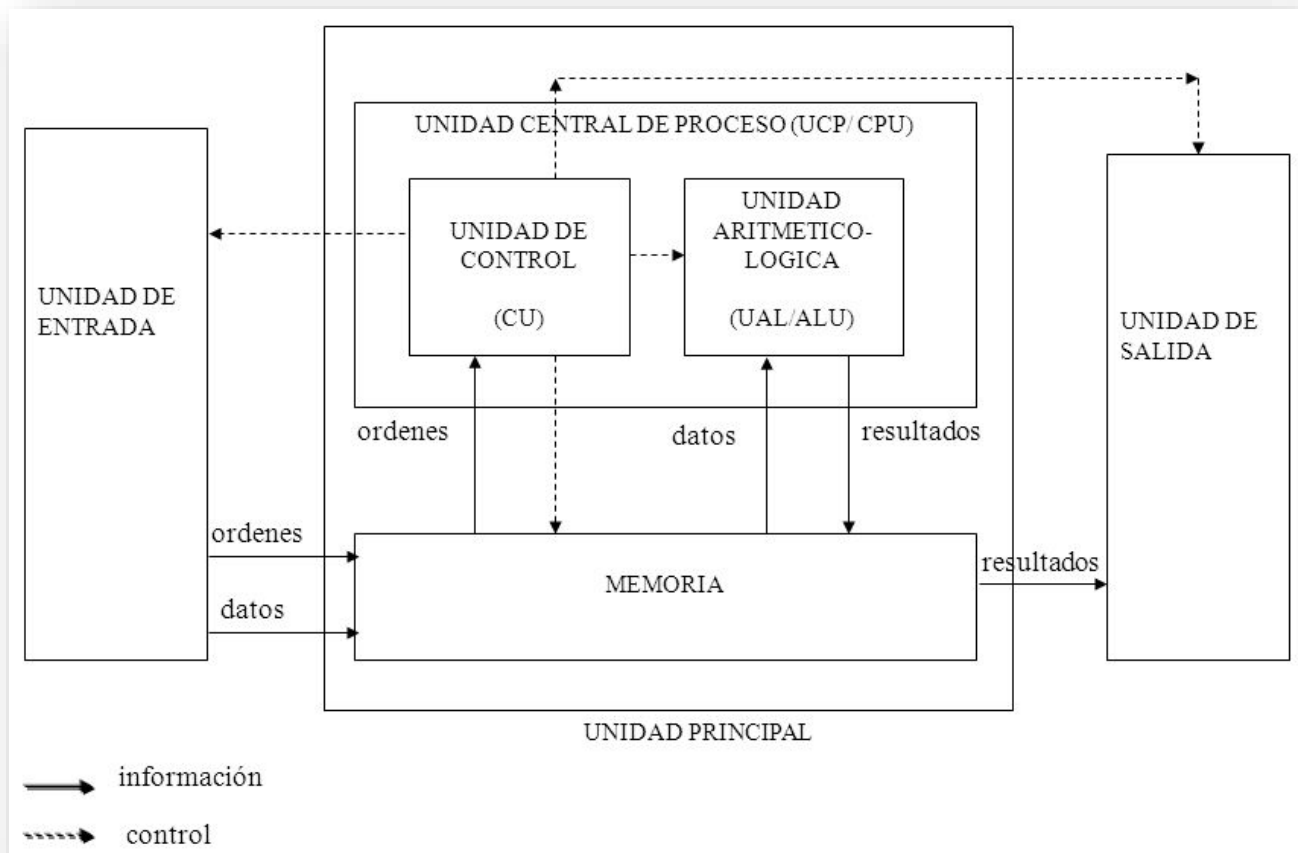


John Von Neumann quien describió en su famoso modelo, un computador con un programa almacenado en memoria electrónica. Este modelo se utilizó en la construcción del EDVAC en 1952 y es la que se utilizan en la mayoría de los ordenadores que hay en la actualidad.

Según la arquitectura de Von Neumann, un computador está formado por los siguientes **elementos funcionales**:

- La **Unidad Central de Proceso** (CPU), que no es más que un circuito secuencial que interpreta y ejecuta instrucciones y se compone de:
 - La **Unidad Aritmético-Lógica** (ALU), encargada de realizar los cálculos, comparaciones y toma de decisiones lógicas.
 - La **Unidad de Control** (UC), que interpreta cada una de las instrucciones máquina y de acuerdo con su microprogramación, irá generando las señales lógicas para que se realicen las modificaciones sobre los registros y/o la memoria principal.
 - Los **registros**, que son pequeñas memorias que almacenan información de forma temporal.
- La **unidad de memoria**, que está formada por los elementos que permiten almacenar y recuperar información (en esta arquitectura, se refiere principalmente a la memoria RAM).
- Las **unidades de E/S** son componentes que permiten la entrada y salida de datos.

Estas unidades se conectan entre sí mediante **buses**. El siguiente esquema ejemplificaría dicha estructura con sus interconexiones:



1.2. Arquitectura de un Computador Actual

La imagen que tenemos de un ordenador es la de una caja (carcasa) a la que están conectados un teclado y un monitor, como mínimo. El ordenador propiamente dicho está dentro de la carcasa y está constituido por la placa base, el procesador, la memoria y el bus (el resto de los elementos que podemos ver son los periféricos que nos permiten comunicarnos con él).



Todos estos elementos están interconectados y reciben energía de la fuente de alimentación que les suministra corriente **continua**.

Las fuentes de alimentación tienen un factor de forma estandarizado y que las puede clasificar. Así tenemos fuentes AT o fuentes ATX (**Advanced Technology eXtended**). Estas fuentes suministran +12v, 5v y 3,3v para los diferentes componentes que tengamos insertados en nuestra caja.



Los componentes básicos electrónicos que forman los circuitos de un ordenador son resistencias, condensadores, diodos, transistores, etc. En su mayoría están implementados en circuitos integrados (miniaturizados en pequeñas cápsulas de silicio). Un chip contiene varios de estos circuitos, equivalentes a millones de transistores. Todos los componentes electrónicos de un sistema informático son circuitos integrados y, muchos de ellos, chips.

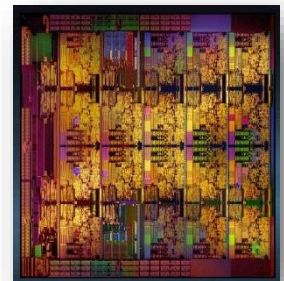
Vamos a estudiar cada uno de los componentes del ordenador por separado.

2. La CPU. El Microprocesador

La **CPU** (*Central Process Unit* o *Unidad Central de Proceso*) es un circuito integrado, que se encarga de realizar y controlar las operaciones que se llevan a cabo en un ordenador.



Un **microprocesador** es una implementación de la CPU en un circuito electrónico. Puede contener una o más CPUs. En este sentido ha surgido el concepto de **núcleo**, o **core**, como una porción del procesador que lleva a cabo todas las actividades de una CPU real existiendo microprocesadores capaces de integrar varios núcleos.



El procesador es la parte fundamental del ordenador; se encarga de controlar todas las tareas y procesos que se realizan dentro de él. Sus componentes principales son: la **Unidad de Control** (UC) y la **Unidad Aritmético-Lógica** (UAL). Utilizan a los **registros** para realizar sus funciones.

El socket de la CPU es la conexión entre la placa base y el procesador. Los paquetes de procesadores y sockets de CPU modernos se basan en las siguientes arquitecturas:

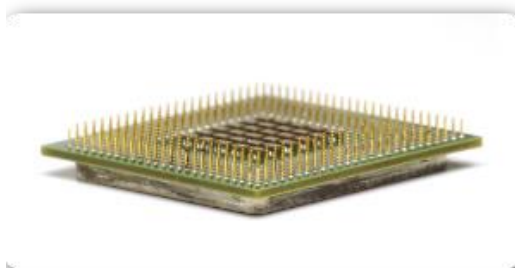


Figura 1



Figura2

Matriz de pines en cuadrícula (PGA): (Figura 1) en la arquitectura de la PGA, los pines se encuentran en la parte inferior del paquete de procesadores, que

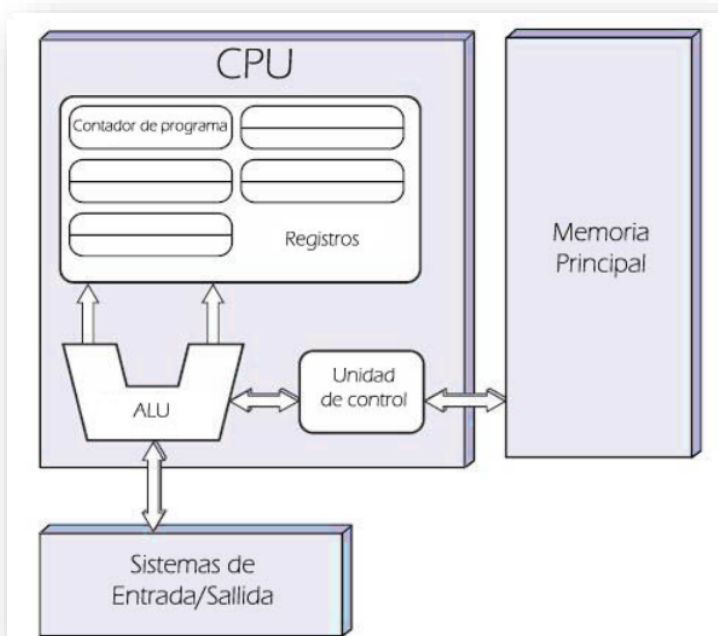
se inserta en el socket de la CPU de la placa base mediante una fuerza de inserción cero (ZIF). La ZIF se refiere a la cantidad de fuerza que se necesita para instalar una CPU en el socket o la ranura de la placa base.

Interfaz de conexión a nivel físico (LGA): (Figura 2) en una arquitectura de LGA, los pines se encuentran en el socket y no en el procesador.

(Lo veremos con más detalle a lo largo del tema).

¿Qué proceso sigue la producción de un microprocesador?

En primer lugar, debemos tener claro que el material que se usa en la



fabricación de un procesador es el **silicio**, cuyo costo, características y abundancia lo hacían mucho más interesante que el germanio utilizado anteriormente en las válvulas de vacío. Ambos son **semiconductores** que se comportan como aislantes o como conductores dependiendo de la temperatura a la que se encuentren. El silicio es el elemento más abundante en la corteza terrestre (27,7%) después del oxígeno.

Durante los últimos 40 años, este modesto material ha sido el motor que impulsa la revolución microelectrónica. Con el silicio se han construido incontables generaciones de circuitos integrados y microprocesadores, cada una reduciendo el tamaño de los transistores que lo componen. Puestos a hablar de tamaños, en la superficie de un glóbulo rojo podríamos acomodar casi 400 transistores. O, ya que estamos, se pueden poner unos 30 millones sobre la cabeza de un alfiler.

Pero ¿Cómo es posible fabricar algo tan pequeño? El proceso de fabricación de un microprocesador es complejísimo.

Podemos ver este **proceso** en el siguiente vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=r0ZMsGgOvqk>

Actualmente se buscan alternativas al silicio debido a que ya no se pueden integrar más componentes en el espacio que ocupa una CPU. Se están investigando nuevos materiales a usar, formas de innovar para conseguir nuevos equipos. Por ejemplo, se sigue trabajando en los ordenadores **cuánticos** (<https://www.xataka.com/ordenadores/asi-ordenador-cuantico-49-qubits-intel-dentro>).

***Nota:** El Premio Nobel de física de 2010, entregado a Andre Geim y Konstantin Novoselov, refleja la investigación y aportaciones sobre el **grafeno**. Este nuevo material y sus características de conductividad, dureza, etc., lo proclaman como la alternativa más prometedora al silicio.*

2.1. La Unidad de Control.

La unidad de control es el auténtico cerebro del ordenador, ya que desde ella se controlan y gobiernan todas las operaciones. Como funciones básicas tiene:

- Tomar las instrucciones de memoria.
- Decodificar o interpretar las instrucciones.
- Ejecutar las instrucciones.

Para realizar su función, la unidad de control consta de los siguientes elementos:

Contador de programa.

Contiene permanentemente la dirección de memoria de la siguiente instrucción a ejecutar. Al iniciar la ejecución de un programa toma la dirección de su primera instrucción. Incrementa su valor, de forma automática, cada vez que se concluye una instrucción, salvo si la instrucción que se está ejecutando es de salto o de ruptura de secuencia, en cuyo caso el contador de programa tomará la dirección de la instrucción que se tenga que ejecutar a continuación.

Registro de instrucciones.

Contiene la instrucción que se está ejecutando en cada momento. Esta instrucción llevará consigo el código de operación (que indica qué tipo de operación se va a realizar, por ejemplo, una suma) y en su caso los operandos (datos sobre los que actúa la instrucción, por ejemplo, los números a sumar) o las direcciones de memoria de estos operandos.

Decodificador.

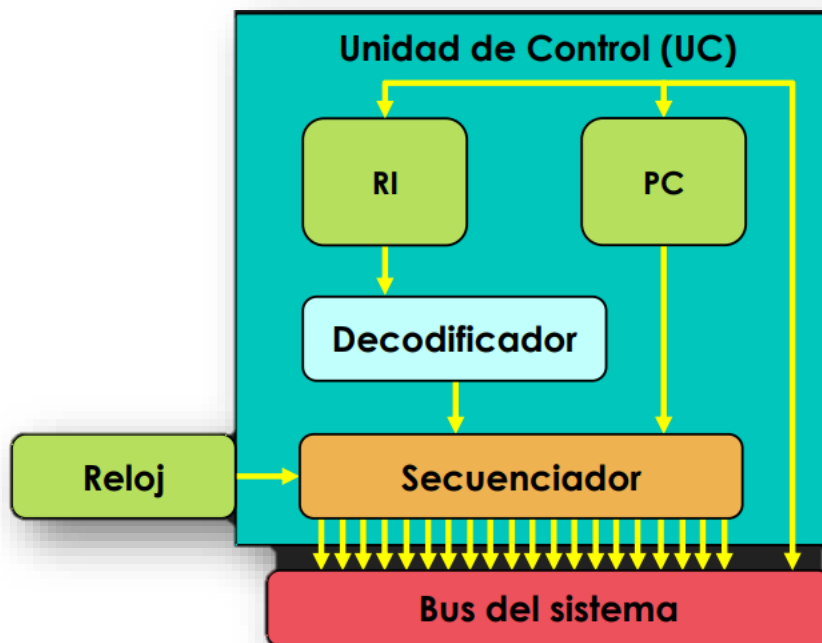
Se encarga de **extraer el código de operación de la instrucción en curso** (que está en el registro de instrucción), lo analiza y emite las señales necesarias al resto de elementos para su ejecución a través del secuenciador.

Reloj.

Proporciona una **sucesión de impulsos eléctricos o ciclos a intervalos constantes (frecuencia constante)**, que marcan los instantes en que han de comenzar los distintos pasos de que consta cada instrucción.

Secuenciador.

En este dispositivo **se generan órdenes muy elementales (micro-órdenes) que, sincronizadas por los impulsos de reloj**, hacen que se vaya ejecutando poco a poco la instrucción que está cargada en el registro de instrucción.

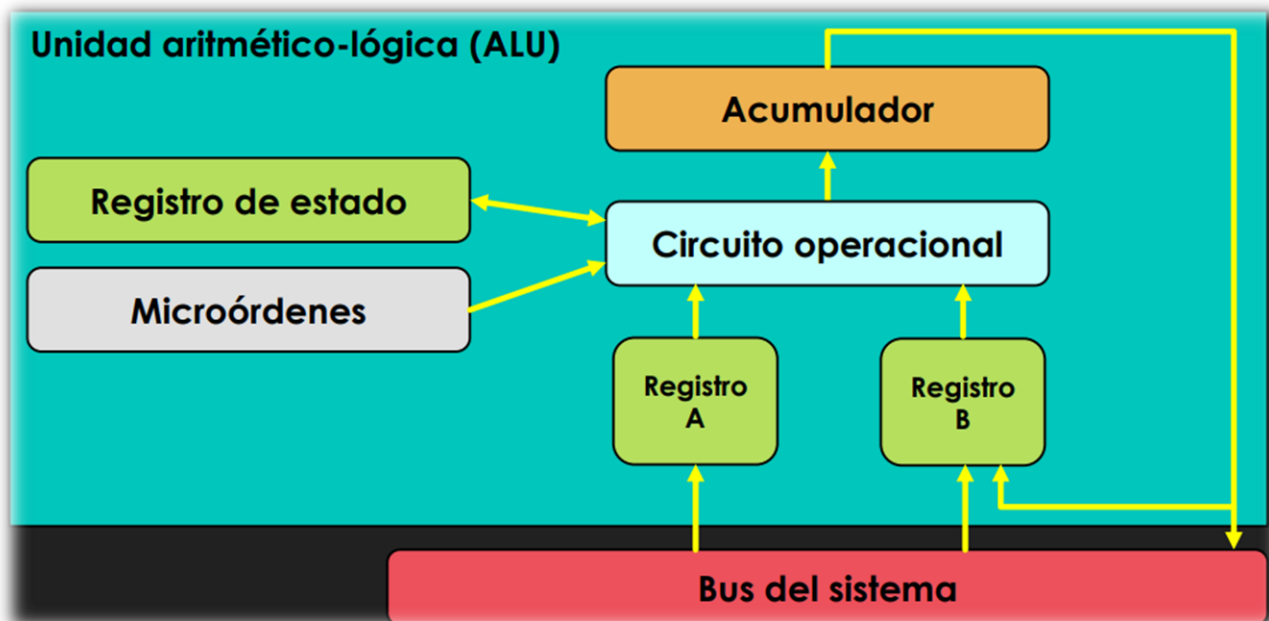


Se pueden diferenciar 2 tipos de unidades de control según sea el repertorio interno de microinstrucciones de la unidad de control:

- **Cableada:** Las micro-operaciones que puede realizar por la unidad de control están implementadas por hardware.
- **Microprogramada:** Las micro-operaciones que se pueden realizar por la unidad de control están implementadas en un microprograma. Tiene la ventaja que el repertorio de microinstrucciones se puede variar cargándolo de nuevo.

2.2. La Unidad Aritmético Lógica o ALU.

La Unidad Aritmético-Lógica se encarga de realizar las operaciones elementales de tipo aritmético (sumas, restas, productos, divisiones, etc.) y de tipo lógico (comparaciones, operaciones lógicas, condicionales, etc.). A través de un bus interno se comunica con la unidad de control la cual le envía los datos y le indica la operación a realizar.



2.3. Registros de la CPU.

La CPU tiene una serie de registros que permiten albergar los datos con los que está trabajando tanto la U.C. como la ALU. La CPU necesita trabajar con registros, ya que, si para cada operación tuviera que acceder a memoria principal o incluso a la memoria caché, se ralentizaría mucho la velocidad de procesamiento.

2.4. Características Generales de los Microprocesadores.

Características generales de los microprocesadores.

- **Velocidad de procesamiento:** Velocidad con la que se ejecutan las instrucciones dentro del procesador.

- **Frecuencia de reloj:** Número de veces (millones) que se activa la señal de reloj del sistema por segundo, coincide con la velocidad del bus de datos o la velocidad a la que se trabaja la placa base. Se mide en MegaHerzios (MHz) y, cuanto mayor sea, mayor será la velocidad de procesamiento.
- **Ciclos por instrucción:** Número de pulsos de reloj necesarios para la ejecución de una instrucción, cuantos menos ciclos sean necesarios para ejecutar una instrucción, mayor suele ser la velocidad de procesamiento.
- **Longitud de palabra:** Indica la cantidad de información a la que se puede acceder en un solo acceso a memoria.
- **Ancho de banda o velocidad de transferencia:** Cantidad de información que se puede transmitir por unidad de tiempo entre CPU y memoria.
- **Gestión de interrupciones:** capacidad de la CPU para procesar las interrupciones que generan el resto de los componentes.
- **MIPS:** Millones de instrucciones por segundo que la CPU puede realizar. Indica la velocidad de ejecución de las instrucciones máquina.
- **MFLOPS:** Millones de instrucciones en coma flotante por segundo que es capaz de ejecutar. Indica la potencia de cálculo científico.
- **Cantidad de Memoria caché:** Una de las características de los microprocesadores es la memoria caché, muy rápida y de pequeño tamaño.

La **memoria caché** es usada por el procesador para reducir el tiempo promedio necesario para acceder a los datos de la memoria principal. La caché es una mini memoria más rápida, que guarda copias de los datos que son usados con mayor frecuencia. Todos los procesadores actuales tienen dos niveles de caché L1 y L2, los microprocesadores de gama más alta llegan a tener un nivel más L3. Los niveles L4 quedaron descartados. Mientras el número es más pequeño su capacidad es menor pero su velocidad es mucho mayor y su precio de fabricación desorbitado.

- **La alimentación:** Los microprocesadores reciben la electricidad de la placa base. Existen dos voltajes distintos:
 - Voltaje externo o voltaje de E/S: permite al procesador comunicarse con la placa base, suele ser de 3,3 voltios.

- Voltaje interno o voltaje de núcleo: es menor que el anterior (2,4v y 1,8v) y le permite funcionar con una temperatura interna menor.

2.5. Arquitectura.

Cuando se habla de arquitecturas se habla de 32, 64 o 128 bits se hace referencia al tamaño de los registros con los que trabaja la ALU, o al ancho de los buses de datos o de direcciones.

2.5.1. Diferencias ente 32 y 64 bits:

- Las arquitecturas de 32 bits estaban enfocadas a ejecutar aplicaciones de carga pequeña o media, tareas típicas en una pequeña o mediana empresa, con lo que tienen una serie de limitaciones.
- Números de rango 2^{32} : Este límite implica que toda operación realizada se encuentra limitada a números en un rango de 2^{32} , en caso de que una operación dé como resultado un número superior o inferior a este rango, ocurre lo que es conocido como un *overflow* o *underflow*, respectivamente.
- Al utilizar un procesador de 64 bits, este rango dinámico se hace 2^{64} , lo cual se incrementa notablemente comparado con un procesador de 32 bits. Para las aplicaciones matemáticas y científicas que requieren de gran precisión, el uso de esta tecnología puede ser imprescindible.
- Límite memoria 4GB. La arquitectura de 32 bits se encuentra la incapacidad de mapear/controlar la asignación sobre más de 4 GB de memoria RAM. Esta limitación puede ser grave para aplicaciones que maneja volúmenes elevados de información.

Actualmente los procesadores de 64 bits se imponen; sin embargo, no todo el software (sea sistema operativo o aplicación) está diseñado para explotar los recursos ofrecidos por un procesador de 64 bits; su ejecución en eficiencia y velocidad será idéntica a la de utilizar un procesador de 32 bits a no ser que este desarrollado para su uso en sistemas de 64 bits.

2.5.2. ¿Cómo distinguir un software específico de una arquitectura u otra?

Fácil, sólo hay que fijarse en el instalador o en el enlace de descarga de la aplicación que ponga:

- “X86” → Arquitectura de 32 bits.

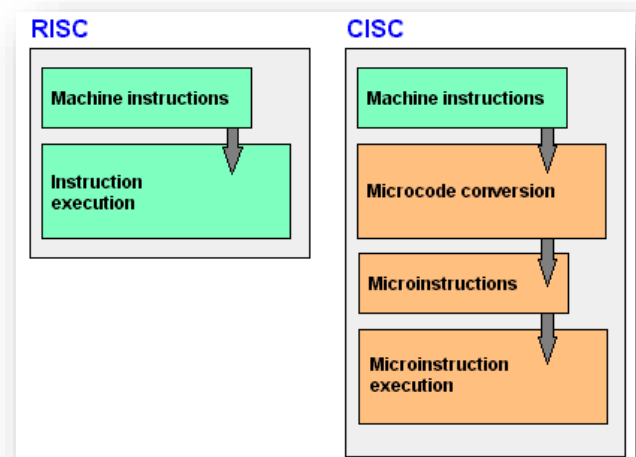
- “X64” → Arquitectura de 64 bits.

2.6. Tipos de procesadores.

Se puede distinguir los procesadores de muy diversas formas, por tecnologías, por sockets, por marcas, etc. Aquí los clasificaremos por **arquitectura de diseño** de procesadores o explicado de otra forma por el juego de instrucciones que utilizan.

Lo primero es definir qué es un **juego de instrucciones**:

El juego de instrucciones máquina se refiere al conjunto de instrucciones que puede ejecutar. Es un aspecto muy importante a la hora de configurar la CPU ya que en función del juego de instrucciones las características de ésta diferirán, por ejemplo, si escogemos un juego de instrucciones complejo, la CPU necesitará una UC microprogramada y como consecuencia será más lenta.



En función a la complejidad del juego de instrucciones tenemos tres tipos de arquitecturas de diseño de procesadores.

1. **CISC o Complex Instruction Set Code:** Son procesadores que tienen un amplio conjunto de instrucciones que permiten realizar operaciones complejas, necesitan varios ciclos de reloj para realizar una operación compleja. Los procesadores de escritorio siguen esta arquitectura de construcción.

- CPU Intel i3,i5,i7
- CPU AMD FX (Están siendo sustituidas por AMD Ryzen y ThreadRipper)
- APU AMD

Pros:

- Mayor rendimiento.
- Mayor cantidad de aplicaciones profesionales.

2. **RISC o Reduced Instruction Set Code:** tienen un reducido conjunto de instrucciones simples, para la ejecución de una instrucción se necesitan un ciclo de reloj. Se ejecutan mucho más lentas las instrucciones

complejas con este tipo de diseño, pero las simples se ejecutan muchos más rápido. Los procesadores de dispositivos móviles siguen esta arquitectura

Pros:

- Mayor eficiencia energética.
- Precios mucho más bajos.

3. **HÍBRIDOS:** Verdaderamente todos los microprocesadores son híbridos, la cuestión es en qué porcentaje. Todos los microprocesadores expuestos anteriormente como microprocesadores CISC, lo son “esencialmente” pero poseen algún conjunto de instrucciones reducidas para ejecutar operaciones sencillas de una manera más rápida. Lo mismo pasa con los procesadores RISC pero en menor medida puesto que un aumento de dichas instrucciones los encarecería demasiado.

2.7. Tecnologías.

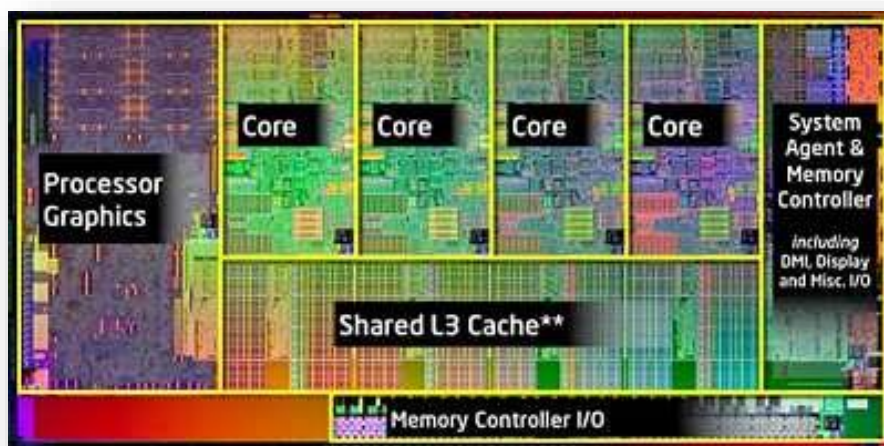
A día de hoy las mejoras de los procesadores aparecen en la incorporación de nuevas tecnologías o mejoras de las que ya tenían heredadas de procesadores anteriores. Algunas de las tecnologías más destacadas son:

- **Tecnología Quickpath** (INTEL) y **HyperTransport** (AMD), estas tecnologías asume que el procesador tiene un controlador de memoria integrado. Esto hace que el puente norte se integre en el procesador y se mejore la velocidad de acceso a memoria exponencialmente.
- **MMX** o **MultiMedia eXtension** (Intel) y **3DNow!** (AMD). Son tecnologías que aportaban un set de instrucciones para mejorar el rendimiento multimedia, el de AMD incorporaba además un set de instrucción para operaciones en coma flotante, posteriormente INTEL incluyó **AVX** (*Advanced Vector Extension*) con instrucciones de 256 bits para manipular operaciones en coma flotante.
- **Núcleos y Threads.** Hace tiempo que los procesadores para mejorar dejaron de lado el aumentar sus frecuencias hasta límites insospechados, estos aumentos de frecuencia hacían que el TDP (consumo en Watios de un componente electrónico) se disparase al igual que la temperatura. Por eso desde hace años se ha optado por otra línea de investigación: aumentar los **núcleos** de cómputo del procesador es decir los “**cores**” y los **hilos** o **threads** de ejecución por core, además claro está acompañándolos de una buena cantidad de nuevas tecnologías. Para

explicar este punto lo primero es definir qué es un core o núcleo y un thread o hilo.

Núcleos o Cores

Los *cores* son **como un subprocesador en sí mismo**. Antes, los procesadores eran de un solo núcleo (*single core*), por lo que no podían realizar más que una tarea al mismo tiempo. Como un núcleo es un procesador en sí mismo, una CPU multinúcleo de dos núcleos puede ejecutar dos tareas al mismo tiempo. Uno de cuatro, pues cuatro, y así de forma correlativa con tantos núcleos como incorpore.



Hilos

Los hilos (“*thread*” en inglés) son otra cosa totalmente distinta a los núcleos, aunque a menudo se confunden. Se puede definir como **el flujo de control de programa**. Ayudan de forma directa a la manera en la que un procesador administra sus tareas.

Se comprobó que algunos subcomponentes del núcleo no se usaban para ciertos tipos de instrucciones, mientras que podía haberse ejecutado otra instrucción de larga duración. Por lo tanto, la CPU podría funcionar en 2 cosas simultáneamente. La función de los hilos se podría decir que hace que los tiempos de espera entre procesos se aprovechen mejor.

Aunque un núcleo solamente pueda realizar una tarea al mismo tiempo, **se pueden usar los hilos para hacer creer al usuario (y al propio ordenador) que sí se puede hacer más de una cosa al mismo tiempo**.

¿Y cómo es eso? Es muy simple: **en vez de realizar una tarea por completo, divides la tarea en porciones** (cada hilo se encarga de un aspecto concreto

del programa), de modo que vas alternando entre porciones de tareas para que parezca que ambas se ejecutan al mismo tiempo.

OJO: El doble de hilos NO equivale al doble de núcleos.

Esto de los hilos se le llama *multi-threaded* (también conocido como *Hyperthread* o HT en los procesadores de Intel), **una tecnología que hace creer al ordenador por medio de software que tiene el doble de núcleos de los que realmente hay**. Es lo que se llama procesador lógico, y por supuesto aun con el doble de procesadores, no se tiene el doble de rendimiento, ni siquiera tanto rendimiento como tendríamos con 4 núcleos físicos.

No obstante, **esto no viene en todos los procesadores**.

Por otro lado, en caso de que tengamos multi-hilo, podemos activarlo o desactivarlo desde la BIOS, aunque viene por defecto activado (podría ser interesante porque hay programas muy antiguos que no lo soportan).

ACTIVIDAD

¿Cuántos núcleos e hilos tienen mi ordenador?

2.8. Encapsulado.

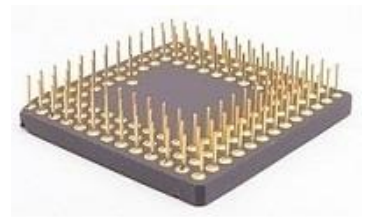
En el apartado de microprocesadores estudiábamos el proceso que sigue la fabricación de un microprocesador. Veíamos cómo a partir de una oblea de silicio se construían gran cantidad de CPUs que posteriormente se adherían a una PCB (Placa de Circuito Impreso o *Printed Circuit Board*) con elementos funcionales complementarios que forman el propio procesador.

El encapsulado es la parte visible de un microprocesador y tiene tres funciones básicas:

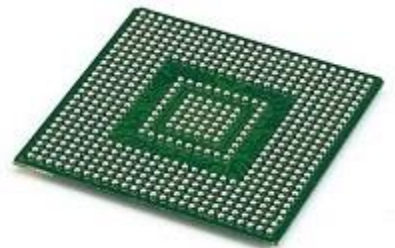
- Proteger al núcleo de la oxidación y cualquier elemento ambiental como el polvo
- Enfriar el núcleo o ayudar a disipar el calor generado en él
- Dar soporte a las patillas de conexión, pines o contactos (E/S)

El tipo de encapsulado ha ido cambiando a lo largo del tiempo, veamos los más comunes actualmente:

- **PGA** (*Ping Grid Array*): Aparece con el Intel 486. Lleva patillas también en el interior facilitando la inserción en el zócalo. Pines en el micro.



- **BGA** (*Ball Grid Array*): Este tipo de encapsulado no tiene patillas sino contactos (bolitas de cobre), que facilitan la colocación en el zócalo.



- **LGA** (*Lang Grid Array*): La principal diferencia es que los conectores no están en el microprocesador si no que se encuentran en el socket.



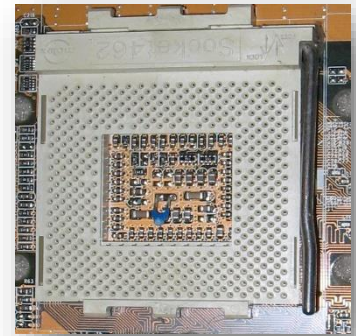
Zócalo o socket del microprocesador.

El zócalo¹ es un elemento más de la placa base que del microprocesador, es donde se conecta este último y que permite a la conexión con el resto de los componentes del PC.

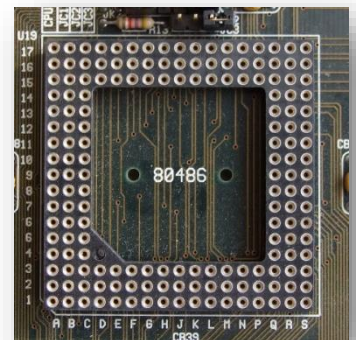
Es vital elegir una placa base con socket compatible con el procesador. Existen diferentes tipos de zócalos necesarios para albergar los diferentes tipos de encapsulados que hemos visto en el apartado anterior. Entre los zócalos de microprocesador encontramos:

¹ <https://pcsinmisterios.com/2016/04/03/socketzocalo/>

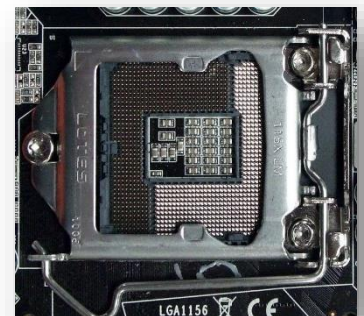
- **ZIF** (*Zero Insertion Force*): Son zócalos de “fuerza de inserción cero”. Son los zócalos usados en distintos tipos de encapsulados. Disponen una pequeña palanca que debemos colocar en posición vertical a la hora de montar los procesadores, este movimiento hace que una parte plástica se desplace liberando los contactos con la placa, una vez introducido el procesador la palanca se baja, moviendo nuevamente la parte plástica y haciendo que todas las patillas del micro hagan contacto con la placa. Utilizado actualmente por la mayoría de los procesadores AMD excepto en los ThreadRipper.



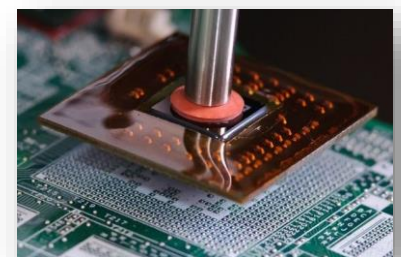
- **PGA**: (*Pin Grid Array*) son el modelo clásico, usado en el 386 y el 486; consiste en un cuadrado de conectores en forma de agujero donde se insertan las patitas del chip aplicando presión. Según el chip, tiene más o menos agujeritos.





- **LGA** (*Land Grid Array*): Tipo de zócalo usado actualmente por los procesadores Intel en todas sus versiones y en AMD sólo en sus procesadores ThreadRipper. Se caracteriza por la presencia de los pines en el zócalo. El funcionamiento es parecido al ZIF sólo que la palanca lo único que hace es aplicar fuerza sobre el procesador para dejarlo fijo sobre los contactos que se encuentran al aire desprotegidos.



- **BGA**: (*Ball Grid Array*) no es propiamente un socket, es un tipo de soldadura basado en diminutas bolitas de estaño.



|  | |  | |
|---|---|--|--|
| Socket | Microprocesador | Socket | Microprocesador |
| 2066 | Core i5, i7, i9 (7xxx) | AM4 | Ryzen |
| 2011-3 | Core i7 (3xxx series) | TR4 | AMD Ryzen Threadripper |
| 1150/1151 | Core i3, i5, i7 (4xxx, 7xxx) | FM2 | Trinity |
| G2 | Core i3, i5, i7 (2xxx, 3xxx) | AM3+ | Phenom II, Athlon II Sempron |
| 2011 | Core i7 (3xxx), Xeon (E5) | FM1 | AMD Fusion |
| 1366 | Core i7, Xeon (5500) | AM3 | Phenom II, Athlon II Sempron |
| 775 | Pentium 4, D Celeron Core 2 Duo, Extreme, Quad, Xeon | AM2+ | Athlon 64 y 64X2 Opteron Phenom II, X2, X3, X4 |
| 478 | Pentium 4, Celeron, D | AM2 | Athlon 64, 64FX, 62X2 Sempron |

2.9. Overclocking y underclocking.

El propósito del **overclocking** es ganar rendimiento adicional de un determinado componente incrementando su velocidad de funcionamiento por encima de las especificaciones del fabricante. Generalmente, en los sistemas modernos, el overclocking está dirigido a aumentar la velocidad del reloj de componentes como el procesador principal o el controlador de gráficos, pero también en otros componentes como memoria de sistema (RAM) o buses de sistema (generalmente en la placa base).

Esta técnica aumenta el consumo de energía (calor) y el ruido del ventilador (refrigeración) de los componentes. La mayoría de los componentes están diseñados con un margen de seguridad para hacer frente a condiciones fuera del control del fabricante; como la temperatura y las fluctuaciones en el voltaje de funcionamiento.

Las técnicas de overclocking comerciales en general, simulan este margen de seguridad colocando el dispositivo en el extremo superior del margen, provocando que la temperatura y voltaje deban ser más estrictamente

supervisados y controlados por el usuario ya que el restante "colchón de seguridad" se reduce.

Como consecuencia, se puede provocar la pérdida de estabilidad o acortar la vida útil del componente, además se incrementa el consumo de corriente y el calor desprendido, lo que puede afectar a otros componentes. Por este motivo es usual en estos casos, contar con sistemas de refrigeración avanzados.

Por otra parte, es usual que el sistema se vuelva inestable y provoque errores de todo tipo, como corrupción de datos, escrituras incorrectas, etc. y molestos reinicios.

Para hacer overclocking de la CPU, ésta debe estar desbloqueada. Fabricantes como Intel tienen una **gama de procesadores desbloqueados** de fábrica con el **distintivo "K"** en el modelo. Entonces una CPU que tenga la K detrás del número, será una CPU a la que se le puede hacer overclocking. AMD por su parte cuenta con **toda la nueva gama Ryzen con multiplicadores desbloqueados**, por lo que **son los mejores procesadores para hacer overclocking**.

El **underclocking** es una técnica por la que se modifica la configuración de la velocidad del reloj de un circuito electrónico con el objetivo de reducir el consumo de energía, la generación de calor, aumentar la vida de las baterías, aunque se disminuye el rendimiento. Una de las posibilidades del underclocking es la de reducir los requerimientos de enfriamiento (menor número de ventiladores, más silenciosos), lo que conlleva un aumento de la batería.

Muchos ordenadores y otros dispositivos permiten underclocking. Los fabricantes añaden esta opción por muchas razones: Puede ayudar con la acumulación excesiva de calor, ya que un menor rendimiento no generará tanto calor dentro del dispositivo. También puede reducir la cantidad de energía necesaria para ejecutar el dispositivo. Ordenadores portátiles y otros dispositivos con batería o pilas a menudo tienen opciones para hacer underclocking, de modo que las baterías pueden durar más tiempo sin ser cargadas.

3. La Memoria del Ordenador

3.1. Jerarquía de Memorias

Antes de hablar de la unidad de memoria conviene indicar que la memoria en un ordenador se organiza en varios niveles en función de su velocidad. Esta distribución se denomina jerarquía de memoria y optimiza el uso de esta ya que la información se ubica en un determinado nivel según su probabilidad de ser utilizada: a mayor probabilidad, menor nivel.

Los niveles están diseñados de forma que las memorias más rápidas se sitúan en los niveles más bajos. Existe una relación entre la velocidad de una memoria y su capacidad y coste: a mayor velocidad, mayor coste y menor capacidad. En general, los niveles de jerarquía de memoria son estos:

| Nivel | Memoria | Velocidad | Capacidad |
|-------|------------|-----------|-----------|
| 4 | Auxiliar | < 10 KHz | GB a EB |
| 3 | Secundaria | > 100 KHz | GB a EB |
| 2 | Principal | > 66 MHz | MB a GB |
| 1 | Cache | > 200 MHz | KB a MB |
| 0 | Registros | > 1 GHz | bit |



Una representación típica de esta jerarquía es mediante la *pirámide de las memorias*



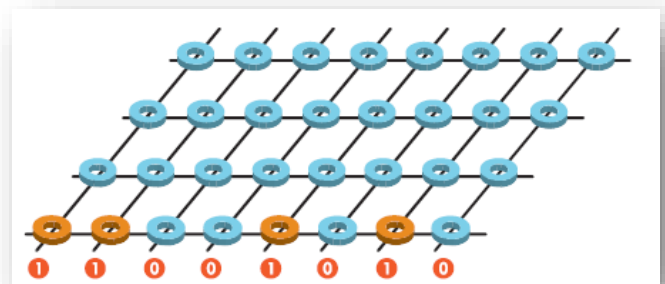
- **Auxiliar:** esta memoria se usa como soporte de respaldo de información, pudiendo situarse en medios extraíbles o en red.
- **Secundaria:** también llamada memoria de disco. Se utiliza para almacenar información de forma permanente, por lo que es de alta capacidad.
- **Principal:** conocida también como memoria RAM. Es el bloque que constituye realmente la UM. Se emplea para almacenar datos y programas de forma temporal.
- **Cache:** memoria intermedia entre la UM y la CPU utilizada como apoyo para acelerar los accesos de la CPU a la UM. La cache, en realidad, está dispuesta en varios niveles (L1, L2, L3, L4) siendo la L1 la más rápida y de menor capacidad, y la L4 la más lenta y de mayor capacidad. En función de la frecuencia de uso la información se va moviendo entre los diferentes niveles de la cache antes de abandonarla.
- **Registros:** son memorias de alta velocidad y baja capacidad utilizadas para el almacenamiento intermedio de datos en las unidades funcionales, especialmente en la UC y la UAL.

Los niveles 0, 1 y 2 constituyen lo que se conoce como la memoria interna del equipo. El resto de niveles conforman la memoria externa.

3.1.1. La Memoria Principal

La **memoria interna, principal o central (MC)** es la que está situada físicamente dentro de la carcasa del ordenador y está conectada directamente a la placa base mediante buses de alta velocidad. También es conocida como memoria **RAM** (*Random Access Memory*) y es un componente necesario para que se pueda procesar la información. Casi todo lo que se tiene que procesar dentro del ordenador, debe pasar tarde o temprano por la memoria central. En la memoria RAM se almacenan los datos y los programas.

Está formada por elementos electrónicos que almacenan bits. Si bien los primeros ordenadores tenían muy poca memoria, la gran capacidad de las memorias actuales hace necesario utilizar unidades de medida mayores para referirnos a su capacidad.



Los ordenadores modernos suelen tener un mínimo de 1 o 2 GBytes (GB), si bien lo normal es hablar de más de 4 GB. Podemos aumentar la memoria de nuestro equipo siempre que la placa base lo admita para lo que tenemos que mirar las especificaciones técnicas de la misma que suelen venir anotadas en el manual de la placa base o *motherboard*.

Existen una gran cantidad de memorias distintas. Antes de conocer mejor la RAM, vamos a ver algunas clasificaciones que se pueden realizar con la memoria.

3.2. Clasificación de las memorias.

Según las propiedades de lectura / escritura.

- **Memorias de acceso aleatorio** (*Random Access Memory*, RAM): reciben este nombre por su capacidad de acceder al contenido de una posición concreta en el mismo tiempo que requeriría cualquier otra dirección escogida de forma aleatoria. Es una memoria que permite tanto la lectura como la escritura por parte del procesador, siendo posible escribir y leer de ellas millones de veces.
- **Memorias de solo lectura** (*Read Only Memory*, ROM): son aquellas en las que su contenido se escribe sólo una vez (durante la fabricación), es decir, una vez que han sido programadas en su fabricación (se han escrito) no pueden volver a ser escritas nunca más, sino sólo leerse su contenido. No obstante, existen variantes que permiten modificar el contenido.
- **Memorias de lectura preferente.** Son memorias que están diseñadas esencialmente para ser leídas, aunque pueden ser grabadas más de una vez, pero a través de un procedimiento especial, como es el caso de las memorias PROM (ROM programables), EPROM (*Erasable Programmable ROM* – ROM programable borrable por rayos ultravioleta) o EEPROM (*Electrically Erasable Programmable ROM* o ROM programable y borrable eléctricamente). Algunas de estas memorias necesitan ser retiradas del ordenador para poder ser grabadas.

Según la persistencia de la información, podemos hablar de:

- **Memorias volátiles.** Representan un medio de almacenamiento temporal, que almacenan la información mientras el ordenador está encendido, ya que estas memorias necesitan un refresco continuo, es decir, la información se pierde en el momento en que se apaga el ordenador, como por ejemplo la RAM.

-
- **Memorias no volátiles o permanentes.** Nos permiten almacenar información, datos y programas de forma indefinida. Al contrario de lo que ocurre con las memorias volátiles, estas memorias no se borran cuando apagamos el ordenador, como por ejemplo la ROM.

La memoria con la que trabaja el ordenador puede ser de dos tipos:

- **Memoria externa o secundaria.** Reciben este nombre los soportes de almacenamiento masivo, ya que son capaces de almacenar gran cantidad de información de manera permanente. Son soportes de almacenamiento no volátil y tanto de lectura como de escritura. Algunos ejemplos de memoria externa son: discos duros, disquetes, cintas DAT, CD, DVD, memorias USB, unidades de estado sólido (SSD), etc. Este tipo de memoria es más lenta que la propia memoria principal.
- **Memoria interna o principal.** Existen dos tipos principales de memoria interna:
 - **RAM** es una memoria volátil que almacena datos y programas mientras el ordenador está encendido.

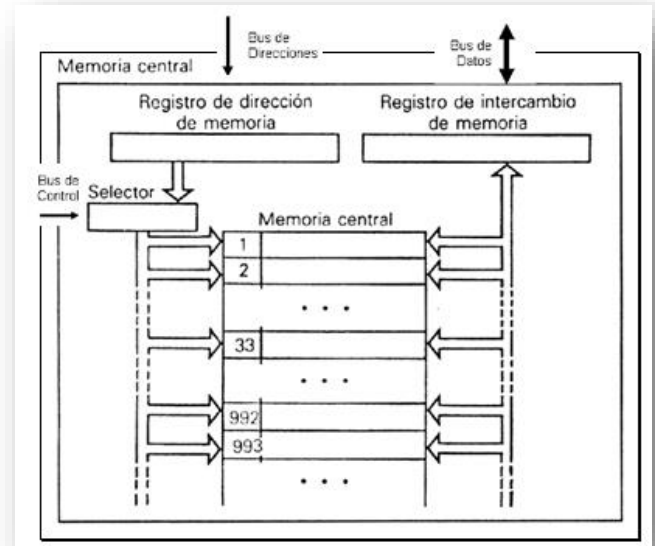


- **ROM:** es una memoria no volátil y de solo lectura, aunque suele ser borrrable y programable eléctricamente (EEPROM). La memoria ROM de un ordenador básicamente permite inicializar el sistema informático (BIOS – *Basic Input Output System*).



Los elementos que componen la memoria principal son los siguientes:

- **Registro de direcciones.** Contiene la dirección de la celda o posición de memoria a la que se va a acceder.
- **Registro de intercambio.** Recibe los datos en las operaciones de lectura y los almacena en las de escritura.
- **Selector de memoria.** Se activa cada vez que hay que leer o escribir, conectando la celda o posición de memoria con el registro de intercambio.
- **Señal de control.** Indica si una operación es de lectura o de escritura.



3.3. Memoria RAM.

La memoria RAM o de acceso aleatorio se utiliza como memoria de trabajo para el sistema operativo, los programas y la mayor parte del software. Es allí donde se cargan todas las instrucciones que ejecutan el procesador y otras unidades de cómputo. Se denominan «de acceso aleatorio» porque se puede leer o escribir en una posición de memoria con un tiempo de espera igual para cualquier posición, no siendo necesario seguir un orden para acceder a la información de la manera más rápida posible. Durante el encendido del computador, la rutina POST verifica que los módulos de memoria RAM estén conectados de manera correcta. En el caso que no existan o no se detecten los módulos, la mayoría de las placas base emiten una serie de pitidos que indican la ausencia de memoria principal. Terminado ese proceso, la memoria BIOS puede realizar un test básico sobre la memoria RAM indicando fallos mayores en la misma.

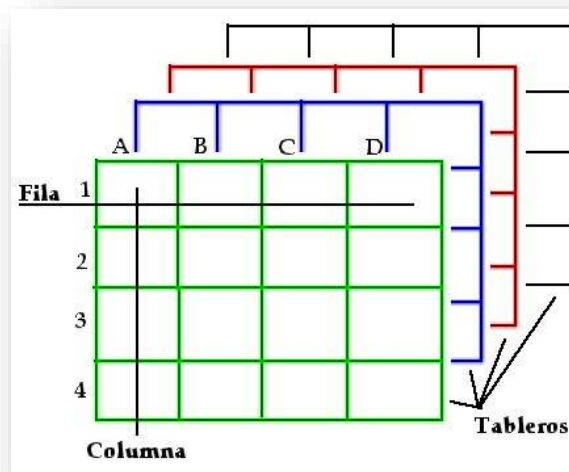
Los módulos de memoria RAM son tarjetas de circuito impreso que tienen soldados módulos integrados de memoria DRAM por una o ambas caras. Es más, algunos tipos de APUs (*Accelerated Processing Unit* – CPU + GPU + bus de alta velocidad) funcionan mejor con módulos integrados en ambas caras mejorando el rendimiento entre un 5% y un 7%.

3.3.1. Características y parámetros de la RAM.

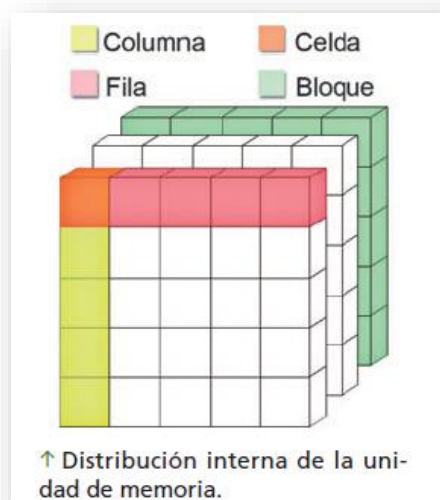
- La **velocidad** se mide en megahercios (MHz), que significa millones de operaciones de lectura y escrituras por segundo.
- **El ancho de banda o tasa de transferencia de datos.** Es la máxima cantidad de memoria que puede transferir por segundo, se expresa en megabytes por segundo (MB/s) o en gigabytes por segundo (GB/s).
- **Dual/Triple/Quad channel.** Permite a la CPU trabajar con dos/tres/cuatro canales independientes y simultáneos para acceder a los datos. De esta manera se multiplica el ancho de banda.
<https://www.youtube.com/watch?v=zSfl1-QMYi4>
- **Tiempo de acceso.** Es el tiempo que tarda la CPU en acceder a la memoria. Se mide en nanosegundos (1 nanosegundo = 10^{-9} segundos).
- **Latencia de memorias.** Es el retardo producido al acceder a los distintos componentes de la memoria RAM.
- **Latencia CAS** (*Column Access Strobe Latency*). Indica el tiempo (en números de ciclos de reloj) que transcurre desde que el controlador de memoria envía una petición para leer una posición de memoria hasta que los datos son enviados a los pines de salida del módulo. Cuanto menor sea, más rápida será la memoria.

- Antes de alcanzar la celda solicitada existen una serie de operaciones que producen retardos:

- CAS o CL (*column address strobe latency*): indica la posición de una columna en la memoria física. La latencia CAS indica el tiempo que se tarda en acceder a la columna.
- tRCD (*RAS to CAS Delay* - retardo de la dirección de la fila a la dirección de la columna): expresa el retardo desde que se activa la fila hasta que se activa la columna donde se encuentra almacenado el dato necesario.



- tRP (*RAS PRECHARGE* - tiempo de precarga de la fila): latencia que hay desde que se deja de acceder a una línea de datos hasta que se accede a otra.
- tRAS (tiempo activo de fila) es el número mínimo de ciclos de reloj durante los que una fila debe estar activa para garantizar que tendremos tiempo suficiente para acceder a la información que contiene.



- Los cuatro valores más destacados se agrupan tal que así: CL7-7-7-20. El valor más representativo para cuantificar la latencia es el primero (CL), el resto son tRCD – tRP – tRAS.

Recordemos que la frecuencia en Hercios (Hz) mide *el número de veces que se repite un ciclo cada segundo*, por lo que cuanto mayor sea la frecuencia, menos tiempo se tardará en realizar un ciclo. De aquí, conseguimos sacar esta fórmula:

$$\text{Latencia real (ns)} = \text{Tiempo que tarda un ciclo (ns)} \times \text{Latencia CAS.}$$

Podemos usar la siguiente fórmula similar:

$$\text{Latencia real (s)} = \text{Latencia CAS} / \text{Frecuencia (Hz)}$$

Comparación de parámetros:

1. A Igual CL ¿mayor o menor latencia real?

Por ejemplo, para una frecuencia de 2.133 MHz, y para otra de 1.066 MHz, con una latencia de CL9 ciclos de reloj se traducen en 4,2 ns y 8,4 ns respectivamente.

A igual CL, a mayor frecuencia, menor latencia.

2. ¿A menor CL, menor latencia real?

Si se tarda 1 nanosegundo en realizar un ciclo y se necesitan realizar 15 ciclos (CL15), la latencia real será de 15 nanosegundos (ns), pero si cambiamos este valor por 0,7 ns y aumentamos a CL17, la latencia real será inferior, de 11,9ns.

Para una frecuencia de 667 MHz una latencia de CL7 se traduce en 10,5 ns.

| CL \ MT/s | 1600 | 1866 | 2133 | 2400 | 2666 | 2800 | 3000 | 3200 | 3333 | 3400 | 3466 | 3600 | 3733 | 3866 | 4000 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8 | 10,00 | 8,57 | 7,50 | 6,67 | 6,00 | 5,71 | 5,33 | 5,00 | 4,80 | 4,71 | 4,62 | 4,44 | 4,29 | 4,14 | 4,00 |
| 9 | 11,25 | 9,65 | 8,44 | 7,50 | 6,75 | 6,43 | 6,00 | 5,63 | 5,40 | 5,29 | 5,19 | 5,00 | 4,82 | 4,66 | 4,50 |
| 10 | 12,50 | 10,72 | 9,38 | 8,33 | 7,50 | 7,14 | 6,67 | 6,25 | 6,00 | 5,88 | 5,77 | 5,56 | 5,36 | 5,17 | 5,00 |
| 11 | 13,75 | 11,79 | 10,31 | 9,17 | 8,25 | 7,86 | 7,33 | 6,88 | 6,60 | 6,47 | 6,35 | 6,11 | 5,89 | 5,69 | 5,50 |
| 12 | 15,00 | 12,86 | 11,25 | 10,00 | 9,00 | 8,57 | 8,00 | 7,50 | 7,20 | 7,06 | 6,92 | 6,67 | 6,43 | 6,21 | 6,00 |
| 13 | 16,25 | 13,93 | 12,19 | 10,83 | 9,75 | 9,29 | 8,67 | 8,13 | 7,80 | 7,65 | 7,50 | 7,22 | 6,96 | 6,73 | 6,50 |
| 14 | 17,50 | 15,01 | 13,13 | 11,67 | 10,50 | 10,00 | 9,33 | 8,75 | 8,40 | 8,24 | 8,08 | 7,78 | 7,50 | 7,24 | 7,00 |
| 15 | 18,75 | 16,08 | 14,06 | 12,50 | 11,25 | 10,71 | 10,00 | 9,38 | 9,00 | 8,82 | 8,66 | 8,33 | 8,04 | 7,76 | 7,50 |
| 16 | 20,00 | 17,15 | 15,00 | 13,33 | 12,00 | 11,43 | 10,67 | 10,00 | 9,60 | 9,41 | 9,23 | 8,89 | 8,57 | 8,28 | 8,00 |
| 17 | 21,25 | 18,22 | 15,94 | 14,17 | 12,75 | 12,14 | 11,33 | 10,63 | 10,20 | 10,00 | 9,81 | 9,44 | 9,11 | 8,79 | 8,50 |
| 18 | 22,50 | 19,29 | 16,88 | 15,00 | 13,50 | 12,86 | 12,00 | 11,25 | 10,80 | 10,59 | 10,39 | 10,00 | 9,64 | 9,31 | 9,00 |
| 19 | 23,75 | 20,36 | 17,82 | 15,83 | 14,25 | 13,57 | 12,67 | 11,88 | 11,40 | 11,18 | 10,96 | 10,56 | 10,18 | 9,83 | 9,50 |
| 20 | 25,00 | 21,44 | 18,75 | 16,67 | 15,00 | 14,29 | 13,33 | 12,50 | 12,00 | 11,76 | 11,54 | 11,11 | 10,72 | 10,35 | 10,00 |

Latencia de RAM en ns / profesionalreview.com

La latencia hay que ponderarla en su contexto y para cada frecuencia.

MT/s → Millones de transferencias por segundo

EJEMPLOS CÁLCULO DE LATENCIA REAL

Para calcular el tiempo en segundos que tarda en realizarse una operación (tiempo que tarda **un ciclo**):

$$1 \text{ Hz} = 1/\text{Tiempo} \rightarrow \text{Tiempo} = 1/1 \text{ Hz}$$

$$133 \text{ MHz} = 1/\text{Tiempo} \rightarrow \text{Tiempo} = 1/133.000.000 = 7,5 \cdot 10^{-9} = 7,5 \text{ ns}$$

$$200 \text{ MHz} = 1/\text{Tiempo} \rightarrow \text{Tiempo} = 1/200.000.000 = 5 \cdot 10^{-9} = 5 \text{ ns}$$

- Si la latencia CL es 2 (tardamos **2 ciclos** para realizar una operación), tardaremos $2 \cdot 7,5\text{ns} = 15 \text{ ns}$ en enviar la señal CAS para la memoria de 133MHz y unos 10 ns para las de 200.
- Cuando queremos acceder a una celda, y ésta no es la primera, para llegar a ella hay que pasar por las anteriores, por lo que, si queremos acceder a la celda 25, este tiempo hay que multiplicarlo por 25 puesto que hay que recorrer todas las celdas de forma secuencial.

Ejemplo 1. Supongamos que queremos acceder a la primera celda de la primera fila del primer tablero. ¿Cuánto tiempo tardaremos en el acceso para memorias de 133MHz y de 200MHz?

Para una memoria de 133MHz con latencias 2-2-2-5.

$$(7,5 \text{ ns} \cdot 2) + (7,5 \text{ ns} \cdot 2) + (7,5 \text{ ns} \cdot 2) + (7,5 \text{ ns} \cdot 5) = 82,5 \text{ ns}$$

Para una memoria de 200MHz con latencias 3-2-2-5.

$$(5 \text{ ns} \cdot 3) + (5 \text{ ns} \cdot 2) + (5 \text{ ns} \cdot 2) + (5 \text{ ns} \cdot 5) = 60 \text{ ns} \rightarrow \text{más rápida}$$

Ejemplo 2. Supongamos que queremos acceder a la última celda de la primera fila del primer tablero. Suponemos que los tableros tienen un tamaño de 100x100. ¿Cuánto tiempo tardaremos en el acceso para memorias de 133MHz y de 200MHz?

Para una memoria de 133MHz con latencias 2-2-2-5.

$$[100 \cdot (7,5 \text{ ns} \cdot 2)] + (7,5 \text{ ns} \cdot 2) + (7,5 \text{ ns} \cdot 2) + (7,5 \text{ ns} \cdot 5) = 1567,5 \text{ ns}$$

Para una memoria de 200MHz con latencias 3-2-2-5.

$$[100 \cdot (5 \text{ ns} \cdot 3)] + (5 \text{ ns} \cdot 2) + (5 \text{ ns} \cdot 2) + (5 \text{ ns} \cdot 5) = 1545,5 \text{ ns} \rightarrow \text{los tiempos se asemejan.}$$

Ejemplo 3. Supongamos que queremos leer la información de 2 filas completas y la mitad de una tercera fila del primer tablero. Suponemos que los tableros tienen un tamaño de 100x100. ¿Cuánto tiempo tardaremos en el acceso para memorias de 133MHz y de 200MHz?

Para una memoria de 133MHz con latencias 2-2-2-5.

$$[250 \cdot (7,5 \text{ ns} \cdot 2)] + (7,5 \text{ ns} \cdot 2) + [3 \cdot (7,5 \text{ ns} \cdot 2)] + (7,5 \text{ ns} \cdot 5) = 3847,5 \text{ ns}$$

Para una memoria de 200MHz con latencias 3-2-2-5.

$$[250 \cdot (5 \text{ ns} \cdot 3)] + (5 \text{ ns} \cdot 3) + [3 \cdot (5 \text{ ns} \cdot 2)] + (5 \text{ ns} \cdot 5) = 3815 \text{ ns}$$

- **ECC** (*Error Correcting Code*): Todas las memorias RAM pueden experimentar errores, debido a factores tales como fluctuaciones de energía, interferencias, componentes defectuosos, etc. Las memorias ECC son capaces de detectar y corregir algunos de estos errores ya que llevan, en un chip adicional, un bit extra de paridad.



¿Verdaderamente qué influye en el rendimiento de la memoria?

| Velocidad de memoria vs rendimiento | | | |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Pruebas | DDR3 800 | DDR3 1333 | DDR3 1866 |
| Science Mark (puntos) | 2.174 | 2.184 | 2.148 |
| Ancho de banda (Mbytes/s) | 12.212 | 12.811 | 13.052 |
| 3DMark 2011 (índice) | 9.065 | 9.246 | 9.323 |
| PCMark 2007 (índice) | 3.279 | 3.336 | 3.352 |
| KribiBench (fps) | 5,5 | 5,69 | 5,74 |
| Cinebench (puntos) | 8,59 | 8,59 | 8,89 |
| Cinebench 1x (puntos) | 1,2 | 1,2 | 1,21 |

| Cantidad de memoria vs rendimiento | | |
|------------------------------------|----------------|------------------|
| Pruebas con Photoshop | 500 Mbytes RAM | 4.000 Mbytes RAM |
| texturizer (s) | 26,2 | 1 |
| cmyk (s) | 1,5 | 1 |
| rgb (s) | 1,5 | 0,8 |
| ink out (s) | 60,1 | 15,6 |
| dust (s) | 3,4 | 1,2 |
| watercolor (s) | 31,8 | 15 |
| texturizer (s) | 9,1 | 1,1 |
| stained glass (s) | 16,5 | 9,3 |

¿La velocidad

¿La capacidad?

Los resultados de estas pruebas son esclarecedores, se puede apreciar que la mejora al aumentar la capacidad de la RAM es superior a utilizar módulos de frecuencia más alta.

ACTIVIDAD

La latencia en mi ordenador. Descarga el programa CPU-Z y comprueba los parámetros de tu ordenador.

3.3.2. Tipos de RAM

- **DRAM** (*Dynamic RAM*). Memoria dinámica de gran capacidad de almacenamiento formada por condensadores y transistores. Este tipo de memoria necesita actualizarse periódicamente para que la información que contiene no se pierda. La actualización se realiza en cada ciclo de reloj. Usada principalmente como **memoria principal** del sistema donde se almacenan los programas y los datos.
- **SRAM** (*Static RAM*). Memoria estática formada por transistores que no necesita señal de refresco para mantener el valor. Su tamaño es más pequeño, debido a su mayor coste de fabricación. Usada principalmente en la **caché** del microprocesador.
- **SDRAM** (*Synchronous DRAM*). Memoria que necesita actualizar sus celdas, pero en un intervalo superior de tiempo que la DRAM. Esta memoria es la que incorporaban los ordenadores personales hasta la llegada de las DDR

y tienen tiempos de acceso de entre 25 y 10ns. (nanosegundos). Se utilizaban con los Pentium II y III y AMD K6 y K7. Se presentan en módulos de 168 contactos.

- **DDRAM** (*Double Data Rate RAM*, RAM de doble tasa de transferencia de datos, conocida normalmente como DDR). Son memorias SDRAM como las anteriores, pero que cuentan con la ventaja de que permiten la transferencia de datos por dos canales distintos simultáneamente en un mismo ciclo de reloj, leyendo o escribiendo dos palabras de datos consecutivas por ciclo de reloj. Cuenta con un encapsulado 184-pin DIMM. Las frecuencias típicas son de 133, 166 y 200MHz.

| Standard name | Memory clock (MHz) | Cycle time ^[4] (ns) | I/O bus clock (MHz) | Data rate (MT/s) | V _{DDQ} (V) | Module name | Peak transfer rate (MB/s) | Timings (CL-tRCD-tRP) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|
| DDR-200 | 100 | 10 | 100 | 200 | 2.5±0.2 | PC-1600 | 1600 | |
| DDR-266 | 133.33 | 7.5 | 133.33 | 266.67 | | PC-2100 | 2133.33 | 2.5-3-3 |
| DDR-333 | 166.67 | 6 | 166.67 | 333.33 | | PC-2700 | 2666.67 | |
| DDR-400A DDR-400B DDR-400C | 200 | 5 | 200 | 400 | 2.6±0.1 | PC-3200 | 3200 | 2.5-3-3 3-3-3 3-4-4 |

- **DDR2:** Son una evolución de la DDR que mejoran sus prestaciones. Se incrementa el número de transferencias, permitiendo leer o escribir 4 palabras por ciclo en vez de 2, aumentando la tasa de transferencia al doble sin necesidad de incrementar la frecuencia. Además, se incrementa la frecuencia del bus. Consumen menos energía que las DDR y el encapsulado es 240-pin DIMM.

| Standard name | Memory clock (MHz) | Cycle time (ns) | I/O bus clock (MHz) | Data rate (MT/s) | Module name | Peak transfer rate (MB/s) | Timings ^{[2][3]} (CL-tRCD-tRP) | CAS latency (ns) |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|-------------|---------------------------|---|------------------|
| DDR2-400B DDR2-400C | 100 | 10 | 200 | 400 | PC2-3200 | 3200 | 3-3-3 4-4-4 | 15 20 |
| DDR2-533B DDR2-533C | 133.33 | 7.5 | 266.67 | 533.33 | PC2-4200* | 4266.67 | 3-3-3 4-4-4 | 11.25 15 |
| DDR2-667C DDR2-667D | 166.67 | 6 | 333.33 | 666.67 | PC2-5300* | 5333.33 | 4-4-4 5-5-5 | 12 15 |
| DDR2-800C DDR2-800D DDR2-800E | 200 | 5 | 400 | 800 | PC2-6400 | 6400 | 4-4-4 5-5-5 6-6-6 | 10 12.5 15 |
| DDR2-1066E DDR2-1066F | 266.67 | 3.75 | 533.33 | 1066.67 | PC2-8500* | 8533.33 | 6-6-6 7-7-7 | 11.25 13.125 |

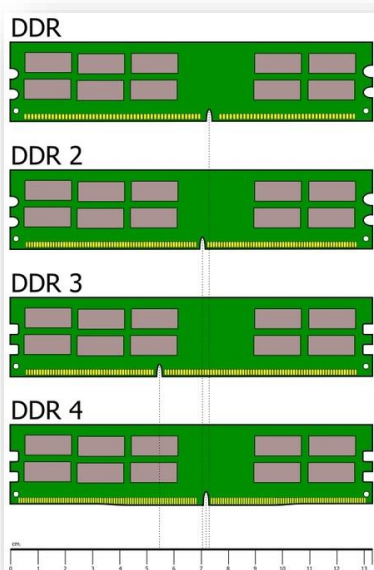
- **DDR3:** Reducen el consumo de la DDR2 en un 40%. Duplica el mínimo de lectura o escritura, siendo 8 palabras consecutivas en lugar de 4. Incremento en la latencia, aunque la velocidad del bus de datos es superior (666 MHz en adelante). Usa el mismo encapsulado que la DDR2 de 240-pin DIMM.

| Standard name ↕ | Memory clock (MHz) ↕ | Cycle time (ns) ↕ | I/O bus clock (MHz) ↕ | Data rate (MT/s) ↕ | Module name ↕ | Peak transfer rate (MB/s) ↕ | Timings (CL-tRCD-tRP) ↕ | CAS latency (ns) ↕ |
|--|-------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| DDR3-800D DDR3-800E | 100 | 10 | 400 | 800 | PC3-6400 | 6400 | 5-5-5 6-6-6 | 12.5 15 |
| DDR3-1066E DDR3-1066F DDR3-1066G | 133.33 | 7.5 | 533.33 | 1066.67 | PC3-8500 | 8533.33 | 6-6-6 7-7-7 8-8-8 | 11.25 13.125 15 |
| DDR3-1333F* DDR3-1333G DDR3-1333H DDR3-1333J* | 166.67 | 6 | 666.67 | 1333.33 | PC3-10600 | 10666.67 | 7-7-7 8-8-8 9-9-9 10-10-10 | 10.5 12 13.5 15 |
| DDR3-1600G* DDR3-1600H DDR3-1600J DDR3-1600K | 200 | 5 | 800 | 1600 | PC3-12800 | 12800 | 8-8-8 9-9-9 10-10-10 11-11-11 | 10 11.25 12.5 13.75 |
| DDR3-1866J* DDR3-1866K DDR3-1866L DDR3-1866M* | 233.33 | 4.286 | 933.33 | 1866.67 | PC3-14900 | 14933.33 | 10-10-10 11-11-11 12-12-12 13-13-13 | 10.56 11.786 12.857 13.929 |
| DDR3-2133K* DDR3-2133L DDR3-2133M DDR3-2133N* | 266.67 | 3.75 | 1066.67 | 2133.33 | PC3-17000 | 17066.67 | 11-11-11 12-12-12 13-13-13 14-14-14 | 10.313 11.25 12.188 13.125 |

- **DDR4:** Reduce el consumo otro 40% respecto a la DDR3, se incrementa el tamaño de los módulos y el de la frecuencia. No obstante, la latencia sube y la tasa de transferencia de datos no se incrementa y permanece en lecturas o escrituras de 8 palabras consecutivas. Usa el encapsulado 288-pin DIMM.

| Standard name | Memory clock (MHz) | I/O bus clock (MHz) | Data rate (MT/s) | Module name | Peak transfer rate (MB/s) | Timings, CL-tRCD-tRP | CAS latency (ns) |
|---------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------|---------------------------|----------------------|------------------|
| DDR4-1600J* | 200 | 800 | 1600 | PC4-1600 | 12800 | 10-10-10 | 12.5 |
| DDR4-1600K | | | | | | 11-11-11 | 13.75 |
| DDR4-1600L | | | | | | 12-12-12 | 15 |
| DDR4-1866L* | 233.33 | 933.33 | 1866.67 | PC4-1866 | 14933.33 | 12-12-12 | 12.857 |
| DDR4-1866M | | | | | | 13-13-13 | 13.929 |
| DDR4-1866N | | | | | | 14-14-14 | 15 |
| DDR4-2133N* | 266.67 | 1066.67 | 2133.33 | PC4-2133 | 17066.67 | 14-14-14 | 13.125 |
| DDR4-2133P | | | | | | 15-15-15 | 14.063 |
| DDR4-2133R | | | | | | 16-16-16 | 15 |
| DDR4-2400P* | 300 | 1200 | 2400 | PC4-2400 | 19200 | 15-15-15 | 12.5 |
| DDR4-2400R | | | | | | 16-16-16 | 13.33 |
| DDR4-2400U | | | | | | 18-18-18 | 15 |

También debemos saber que lo más normal es que se liste la memoria como, por ejemplo, “DDR4-2133” en vez de “DDR4-2133MHz”. En el último caso, **aunque lo llamemos ‘frecuencia’ de la RAM no lo es en realidad**, porque la frecuencia a la que en realidad trabaja la RAM es de la mitad, es decir, en este caso 1066.5MHz. Como en las memorias de tipo DDR (**DOUBLE data rate**) se realizan 2 operaciones por segundo y no una, los 2133MHz anunciados serían en realidad 2133MT/s (millones de transferencias por segundo) y la frecuencia sería de 1066.5MHz.



| Tecnología | Velocidad (MHz) | Ciclo de reloj (ns) | Latencia CAS (CL) |
|------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| SDR | 100 | 8.00 | 3 |
| SDR | 133 | 7.50 | 3 |
| DDR | 335 | 6.00 | 2.5 |
| DDR | 400 | 5.00 | 3 |
| DDR2 | 667 | 3.00 | 5 |
| DDR2 | 800 | 2.50 | 6 |
| DDR3 | 1333 | 1.50 | 9 |
| DDR3 | 1600 | 1.25 | 11 |
| DDR4 | 1866 | 1.07 | 13 |
| DDR4 | 2133 | 0.94 | 15 |
| DDR4 | 2400 | 0.83 | 17 |
| DDR4 | 2666 | 0.75 | 18 |

Las memorias DRAM de última generación son las **DDR5** SDRAM (*Double Data Rate Type 5 Synchronous Dynamic RAM*), que proporcionan significativas mejoras en el rendimiento (mejoran la frecuencia a 4266MHz y se esperan capacidades de 64GB) a menor voltaje (30% menos). No serán compatibles con versiones anteriores por diferencias en voltaje, forma, etc. Las DDR 5 empezaron a comercializarse en 2020 y aún no se comercializan las DDR6.

Diferencias entre DDR3 y DDR4

| | DDR 3 | DDR 4 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| FECHA DE LANZAMIENTO | 2007 | 2014 |
| FRECUENCIAS HABITUALES (MHZ.) | 400~1066 | 1066~2133 |
| VOLTAJE HABITUAL (V.) | 1,35 -1,5 | 1,1 - 1,35 |
| NÚMERO DE CONTACTOS O PINES | 240 | 288 |
| MEMORIA POR MÓDULO | 1 GB ~ 8 GB | 2 GB ~ 32 GB o más |
| TASA DE DATOS | Hasta 2133 MB/s | Hasta 3200 MB/s |
| TASA DE TRANSFERENCIA MÁXIMA | 17 GB/s | 25,6 GB/s |

Teniendo en cuenta que la frecuencia efectiva se obtiene multiplicando la velocidad de reloj por el número de accesos por ciclo, la tasa de transferencia será el producto de la frecuencia efectiva por el ancho de bus de datos, que en el caso de la memoria SDRAM es de 64 bits.

EJEMPLOS

■ ¿Cuál es la equivalencia de una memoria DDR3-1600?

DDR3 → PC3 → 8 accesos/ciclo

1.600 → 1.600 MHz de frecuencia efectiva

Ancho de bus = 8B

Tasa_de_transferencia (MB/s) = Frecuencia_efectiva (MHz) x Ancho bus (B)

Tasa de transferencia = $1.600 \times 8 = 12.800 \text{ MB/s}$

Así que la equivalencia sería **PC3-12800**

Además, su velocidad de reloj sería...

Velocidad_reloj = Frecuencia_efectiva / accesos/ciclo = $1.600 / 8 = 200 \text{ MHz}$

■ ¿Cuál es la equivalencia de una memoria PC2-3200?

PC2 → DDR2 → 4 accesos/ciclo

3.200 → 3.200 MHz de tasa de transferencia

Ancho de bus = 8B

Tasa_de_transferencia (MB/s) = Frecuencia_efectiva (MHz) x Ancho bus (B)

Frecuencia efectiva = $3.200 / 8 = 400 \text{ MHz}$

Así que la equivalencia sería **DD2-400**

Además, su velocidad de reloj sería...

Velocidad_reloj = Frecuencia_efectiva / accesos/ciclo = $400 / 4 = 100 \text{ MHz}$

recuerda

En los tipos de memoria DDR, cada número representa el doble de velocidad que su inmediato anterior: lee o escribe el doble de datos en cada ciclo de reloj:

SDR: 1 unidad por ciclo.

DDR: 2 unidades por ciclo.

DDR2: 4 unidades por ciclo.

DDR3: 8 unidades por ciclo.

3.3.3. Tipos de Módulos

caso práctico inicial

Los módulos de memoria, además de por la posición de sus muescas y el número de contactos, se reconocen por su tamaño:

- SIMM (30c) = 8,9 cm
- SIMM (72c) = 10,8 cm
- DIMM = 12,7 cm
- SO-DIMM = 6,36 cm
- Micro-DIMM = 3,8 cm

vocabulario

SDR

Simple Data Rate (tasa de datos simple).

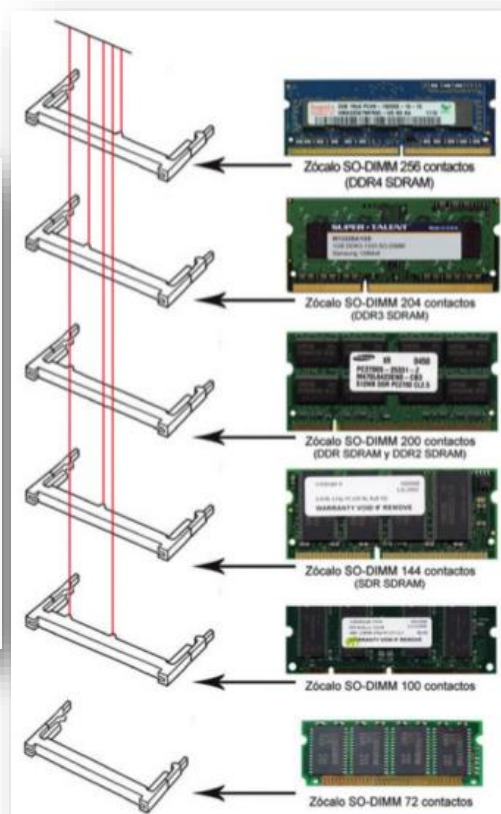
DDR

Double Data Rate (tasa de datos doble).

Hay distintos tipos de módulos de memoria que se ajustan a los diferentes zócalos de la placa base.

- **SIMM:** era habitual encontrar módulos SIMM en las primeras placas base de los ordenadores de 32 bits. Estos módulos pueden ser de 30 o de 72 contactos.
- **DIMM:** el más utilizado en la actualidad, está destinado a equipos de 64 bits. Puede encontrarse con 168, 184 y 240 contactos en memorias SDR, DDR y DDR2/DDR3, respectivamente.
- **SO-DIMM:** similar al anterior pero con un tamaño relativamente inferior, puesto que su uso está dirigido a ordenadores portátiles, agendas electrónicas, o incluso impresoras. Puede hallarse con 144, 200 o 240 contactos para memorias SDR, DDR/DDR2 y DDR3, respectivamente, o con 72 y 100 contactos en dispositivos que precisan memoria auxiliar, tales como impresoras, tarjetas gráficas, etc.
- **Micro-DIMM:** este tipo de módulos es más pequeño incluso que los módulos SO-DIMM, al estar destinado a netbooks. Se pueden encontrar Micro-DIMM SDR con 144 contactos, Micro-DIMM DDR con 172 contactos, Micro-DIMM DDR2 con 172 y 214 contactos, y Micro-DIMM DDR3 con 214 contactos.
- **RIMM:** dirigido a módulos de memoria con tecnología RDRAM. Los módulos RIMM disponen de 184 contactos. Su coste era muy elevado, razón por la cual dejaron de utilizarse hacia finales de la pasada década.

| | |
|--|-------|
| DIMM 184 contactos: para memoria SDR | DDR |
| DIMM 184 contactos: para memoria DDR | DDR 2 |
| DIMM 240 contactos: para memoria DDR2 y DDR3 | DDR 3 |
| DIMM 284 contactos: para memoria DDR4 | DDR 4 |



3.3.4. Memoria virtual.

Es una técnica mediante la que se usa una zona del disco duro como memoria. La ampliación de memoria mediante esta técnica es muy económica pero los tiempos de acceso aumentan (dependen de la velocidad del H.D.D.).

Dependiendo del sistema operativo que usemos tendremos su gestión automáticamente (Windows 95 y superiores) o deberemos gestionarla explícitamente (como en MS-DOS).

3.4. **Memorias ROM**

Las memorias ROM (Read Only Memory), son memorias de solo lectura, por lo que no se puede escribir sobre ella. Físicamente es un chip que va soldado a la placa base.

Es más lenta que la RAM.

No volátil: no necesitan ningún tipo de energía para mantener grabada la información.

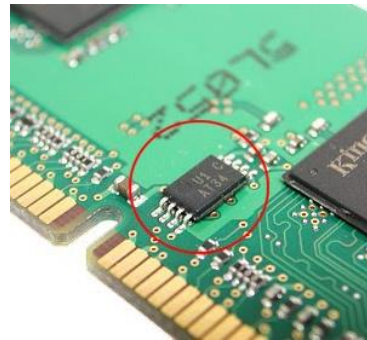
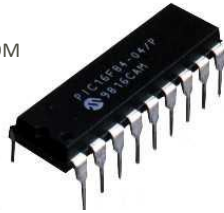
En ella se almacenan los programas o datos de gran interés de forma permanente. Quizás lo más importante sea la **BIOS** (*Basic Input Output System*, Sistema básico de E/S) que tiene la misión de chequear el sistema cada vez que arranca el ordenador, de controlar todas las entradas y salidas de datos del ordenador, así como dar orden al disco duro para que inicie el sistema operativo.



3.4.1. Tipos de ROM

- **PROM** (*Programmable ROM*): permite ser grabada una sola vez. Se puede comparar con los CD/DVD que vienen vacíos de fábrica y se pueden grabar una sola vez.
- **EPROM** (*Erasable PROM*): permite ser borrada por rayos ultravioletas y volver a ser grabada de nuevo.
- **EEPROM** (*Electrically Erasable PROM*): permite ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente.
- **FLASH**: se utiliza mucho en dispositivos móviles, cámaras, teléfonos, etc. Es fácil de borrar y de utilizar, y muy útil como BIOS. Esta es la tecnología que se aplica a las memorias USB (pen drives).

Memoria PROM



Memoria EEPROM

3.4.2. Resumen sobre el Funcionamiento de las memorias

Organización y jerarquía de memoria de un ordenador:

<https://www.youtube.com/watch?v=m3ykDMyjhIk&list=PLGnRLcmvdTqy26b-CCZvYZQJuFzyk8U5u&index=8>

Memoria Interna de un ordenador:

<https://www.youtube.com/watch?v=UD4oKg-QJLI&list=PLGnRLcmvdTqy26b-CCZvYZQJuFzyk8U5u&index=9>