

## 3.2.- Memoria. Tipos, Características y funciones.

### 3.2.1.- Definición y estructura básica

La memoria en un ordenador es un componente cuya misión es la de almacenar los datos e instrucciones de los programas, y que las operaciones básicas que realiza es la lectura de los datos almacenados y la escritura de los datos a almacenar.

El elemento mínimo de memoria es el que contendrá un bit de información, al ser esta binaria (solo dos estados), estos se ha conseguido con diferentes tecnologías.

En los ordenadores más actuales se emplea a los semiconductores como tecnología de almacenamiento de información.

La información a utilizar en memoria es muy grande y los elementos mínimos de memoria solo podrán almacenar un dato de manera que para facilitar el trasiego de información se agrupa los **bits** en grupos denominados **palabras** de manera que las veces que hay que ir a por información es menor.

**Bit.:** Dígito binario (0 - 1)

**Longitud de palabra:** Cantidad de bit que el microprocesador es capaz de manejar en una sola instrucción.

Los factores que más determinan las características de la memoria son: la velocidad, la capacidad y el coste;

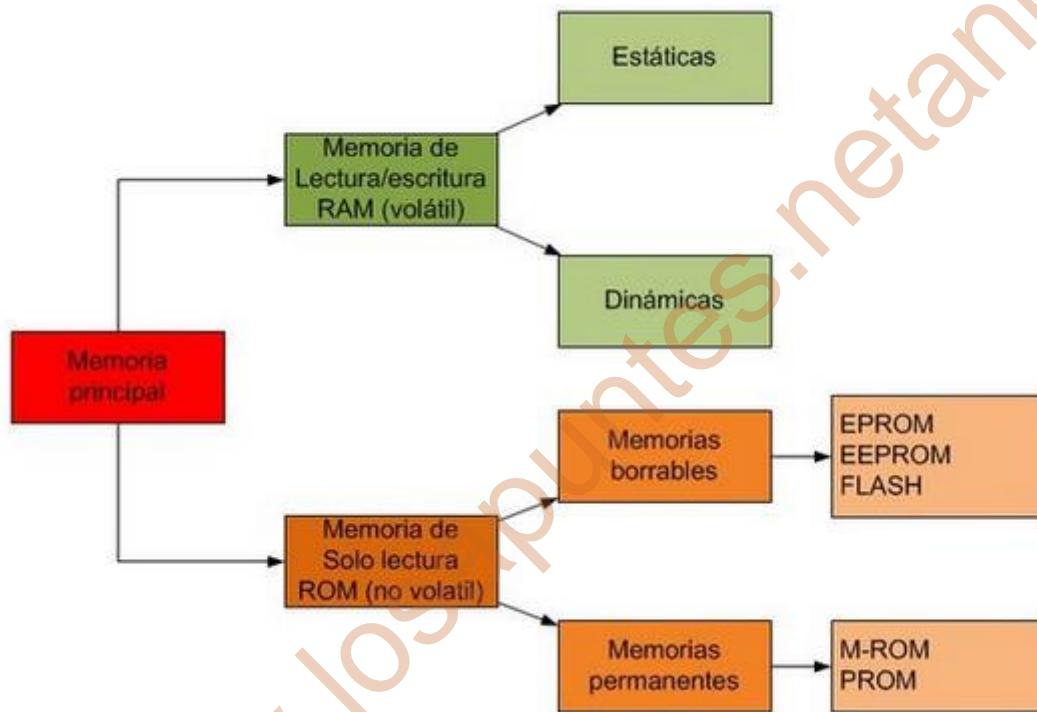
- Las memorias más rápidas tienen una capacidad más baja.
- Las memorias más lentas tienen una capacidad más alta.

### 3.2.3.- Características de las memorias

Las memorias se van a poder clasificar por diferentes factores estos son:

- Localización: Dependiendo donde se encuentra ubicada físicamente, tenemos:
  - Memoria interna del procesador. De alta velocidad utilizada de forma temporal, muy rápida. Ejemplo: el banco de registros.
  - Memoria interna. Es la Memoria Principal y es más rápida que la secundaria. En ella se ubican los programas para ser ejecutados y los datos con los que trabajan dichos programas. Ejemplo: Memoria RAM.(Memoria principal: Unidad dividida en celdas que se identifican mediante una dirección. Es la encargada de memorizar tanto datos como programas.).
  - Memoria externa. Es la Memoria Secundaria y es más lenta que la principal; se emplea para almacenar grandes cantidades de información, Ejemplo: discos duros, CD's y DVD's.

- Duración de la información: Es el tiempo que la información permanece en el soporte o medio sin degradarse desde que fue grabada. Así la memoria puede ser:
  - Duradera: La información de las celdas de memoria se mantiene permanentemente.
  - No duradera: La información de las celdas de memoria desaparece al hacerlo el suministro de energía.
  - Con refresco: La información de las celdas de memoria desaparece paulatinamente aunque no cese el suministro de energía, llegando un momento que la información contenida no tiene un valor significativo.
  - Permanente: La información de las celdas de memoria solo se puede escribir una vez, sin posibilidad de ser borradas.



- Modo de acceso: Es la forma en la que se puede disponer de una información de la memoria. Puede ser de dos formas:
  - Aleatorio: conocido también como por palabra, directo o selectivo. La información de las celdas de memoria es accesible individualmente conociendo su dirección, siendo el tiempo empleado en su localización fijo.
  - Secuencial: conocido también como por bloques. La información de las celdas de memoria es accesible después de pasar por las que se encuentran por delante; el tiempo de acceso dependerá del lugar donde se encuentre la información.
- Capacidad o Tamaño: Es la cantidad de información que puede almacenar el sistema de memoria y se mide en unidades de bits, octetos (Bytes) o palabras, junto con los prefijos **K** (kilo,  $2^{10} = 1024$  bits), **M** (mega, aproximadamente  $10^6$  bits), **G** (giga, aproximadamente  $10^9$  bits), **T** (tera, aproximadamente  $10^{12}$  bits).

- **Velocidad de memoria o ancho de banda:** Se mide en MHz y es la velocidad a la que la memoria puede aceptar datos (escribir en la memoria) o puede entregar datos (leer) de forma continua. La velocidad es la inversa del tiempo de acceso. Donde el tiempo de acceso es el tiempo que se tarda desde que se da la orden de leer / escribir hasta que los datos aparecen en los terminales de la memoria, este es del orden de nanosegundo (ns) =  $10^{-9}$  ( $1/10^{-9}$ ) seg. Conociendo la velocidad en MHz podremos conocer el tiempo de acceso y al revés.

 **Ejercicio resuelto**

Si tememos una memoria cuya velocidad sea 100MHz ¿cuál será su tiempo de acceso?

Velocidad=100MHz => tiempo de acceso=  $1/100\text{MHz} = 10\text{ns}$

[Ocultar retroalimentación](#)

Tiempo de acceso = $10\text{ns} => \text{Velocidad} = 1/10\text{ns} = 100\text{MHz}$

### 3.2.4.- Memorias semiconductoras (RAM, EPROM, FLASH)

Este tipo de memoria es las más empleadas como memoria principal de los computadores. Se basa en los materiales semiconductores y la tecnología de los circuitos integrados.

Todas las memorias que se van a tratar en este apartado son de direccionamiento cableado, o sea, de acceso aleatorio o RAM. Sin embargo, dentro de estas memorias se ha desarrollado otra terminología que resulta un poco confusa, pues repite términos empleados con otro sentido.

Se puede establecer la siguiente clasificación:

**De lectura y escritura (RAM):** Se conoce como memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory), ya que la información que está en memoria puede ser accedida desde cualquier parte sin pasar por la información anterior y posterior. También se les conoce como memoria volátil, ya que la información se pierde si falla el suministro eléctrico. En tipo de memoria podemos encontrar dos tipos fundamentales, las cuales emplean diferente tecnología para almacenar los datos:

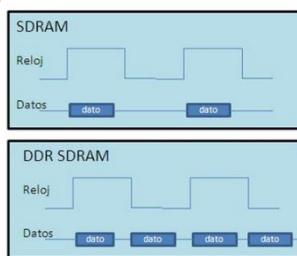
- **Ram Estática (SRAM - Static Random Access Memory):** La memoria estática de acceso aleatorio es el primer tipo utilizado como memoria principal. Mantiene la información, sin necesidad de refresco, mientras la memoria esté conectada (exista corriente eléctrica). Al no necesitar realizar operaciones de refresco, los tiempos de lectura y escritura son muy buenos, pero la electrónica necesaria para implementarla es cara. Por ello, éste tipo de memorias se descartaron rápidamente para el uso de memoria principal, y se relegó a la categoría de memorias cache (actualmente integradas en los propios microprocesadores).

**Cache:** Es una memoria de alta velocidad intermedia entre el procesador y la memoria principal, que ayuda al procesador a reducir los tiempos de acceso a memoria. Existen varios niveles de cache, cache L1 es la más rápida y más cercana al procesador, la cache L2 más lenta que la anterior pero más que la memoria principal suele ser mayor capacidad que la L1. Hay procesadores que incorporan otro nivel más, la cache L3, es más lenta que las anteriores, de más capacidad y más alejada del núcleo del procesador.

- **Ram Dinámica (DRAM - Dynamic Random Access Memory):** La memoria dinámica de acceso aleatorio incluye una ventaja fundamental respecto a la SRAM: el refresco. La información se escribe en memoria, pero no queda permanentemente fijada: si no es reescrita periódicamente, se pierde. A éste proceso de reescritura se le denomina refresco. Aunque parezca lo contrario, éste tipo de memorias es mucho más fácil de construir que las estáticas, lo que supone un coste mucho menor.
- **DRAM Sincrónica (SDRAM - Synchronous DRAM):** en éste tipo de memoria el refresco se realiza utilizando el reloj de sistema. De éste modo en cada ciclo de reloj se realiza la transferencia de información y/o refresco de la información almacenada. Dependiendo de la velocidad bus con el que se sincronicen, la memoria obtiene su nombre. Así han existido PC66, PC100 y PC133 (a velocidades de bus 66MHz, 100MHz, y 133MHz). Son modelos típicos de los antiguos Pentium.

Dinámicas o con refresco (**DRAM**) asíncronas y síncronas (**SDRAM**). Este tipo necesita ser refrescada ciento de veces por segundo, son más baratas y lentas que las SRAM.

- **DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM):** La evolución lógica a las SDRAM son las memorias DDR, que utilizan ambos flancos de reloj. Es decir, en lugar de escribir una vez por cada pulso de reloj, escriben dos:



- **NVRAM (Memoria RAM no Volatil):** Viene de las siglas de Non-Volatile Random Access Memory, ya que mantiene la información en ausencia de suministro eléctrica. Este tipo de memorias son muy conocidas actualmente como memorias flash y se emplean en multitud de dispositivos , como teléfonos móviles, reproductores MP3, pendrives, y en general en todos los pequeños dispositivos electrónicos que requieran un almacenamiento de datos de forma permanente con un pequeño tamaño.

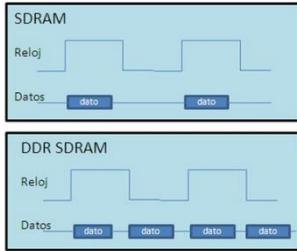
## **RAM:**

- **Velocidad (MHz):** 800 MHz, 800 millones de operaciones en un segundo.
- **Ancho de banda o tasa de transferencia:** Arquitectura de registro de 64 bits= 8 bytes,  $800 \text{ MHZ} \times 8 = 6.400 \text{ MB/s}$  (millones bytes por segundo)
- **Dual channel:** trabaja con dos módulos a la vez. Hay una mejoría de un 10 % a un 15 % nada más. Dual Channel y single Channel, la BIOS te dice cual está conectado.
- **Tiempo de acceso en nanosegundos**
- **Latencia:** La latencia CAS mide el número de ciclos de reloj que pasan desde que se realiza una petición para leer un dato hasta que dicha información está disponible
- **ECC:** Corrección y chequeo de errores.

**De sólo lectura (ROM):** Se las conoce como memorias de solo lectura (Read Only Memory), estas memorias no son volátiles de manera que la información queda retenida prácticamente de forma fija, aunque falte el suministro eléctrico. Este tipo de memorias al ser de solo lectura no se puede escribir información en ellas, ya que esta suele venir grabada de fábrica, pero el proceso de lectura se puede realizar las veces que queramos. Dentro de este grupo de memorias encontramos otros tipos que tienen alguna característica diferente , pero como norma general son de solo lectura:

- **PROM:** son memorias programables de solo lectura, en inglés (Programmable Read Only Memory), la característica que diferencia a este tipo de memoria ROM, es que la información que se almacena en ellas es puesta por el cliente y no por la empresa que la fabrica. Esta información se escribe una sola vez y no puede ser borrada.
- **EPROM:** son memorias programables de solo lectura borrables, en inglés (Erase Programmable Read Only Memory). Este tipo de memoria es como las memorias PROM con la diferencia que pueden ser borradas varias veces.
- **EEPROM:** son memorias programables de solo lectura borrables eléctricamente, en inglés (Electrical Erase Programmable Read Only Memory). Este tipo de memorias tiene las mismas características que las memorias EPROM con la diferencia que el borrado se realiza aplicando una tensión en un pin del chip. Esta memoria es utilizado para el programa en la BIOS de la placa base, borra el chip entero y lo hace entero eléctricamente. Tiene que ser del mismo fabricante de la placa.
- **EAPROM:** Electronically alterable Programmable ROM. Es modificable electrónicamente sin tener que borrar el Chip entero. Se utiliza para CMOS, que son los datos que utiliza la BIOS para reconocer el sistema.

**Continuando con la DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM):** La evolución lógica a las SDRAM son las memorias DDR, que utilizan ambos flancos de reloj. Es decir, en lugar de escribir una vez por cada pulso de reloj, escriben dos:



Todas las memorias DDR trabajan con 64 bits.

El hecho de utilizar tanto el flanco de subida como el de bajada (DDR), evolucionó a realizar dos operaciones tanto en subida como en bajada (DDR2, es decir 4 operaciones por ciclo), y posteriormente 4 operaciones subida/bajada (DDR3 y DDR4, 8 operaciones por ciclo).

Además DDR3 optimiza el consumo eléctrico frente a DDR2, (que a su vez mejoraba las prestaciones de DDR), utilizando unos valores de voltaje menores para ello.

DDR4 a parte de mejorar el consumo eléctrico respecto a DDR3, pasando de consumir 1,5V en DDR3 a 1,2V en DDR4, intercala lecturas en diferentes bancos de memoria para alcanzar velocidades de bus más altas. Principalmente, debido a la diferencia de voltaje, las memorias DDR-DDR2, DDR3 y DDR4 son incompatibles entre sí, y presentan distintos encapsulados para no cometer errores.

Para denominar a las memorias DDR se utiliza el prefijo PC acompañado de la tasa de transferencia en Mb/s (PC4200 indica DDR capaz de 4200Mb/s), o bien directamente con el prefijo DDR y la velocidad del reloj (DDR533). Por tanto existen las siguientes denominaciones de memorias DDR: PC1600 (DDR200), PC2100 (DDR266), PC2700 (DDR333), PC3200 (DDR400), PC4200 (DDR533).

Para las DDR2, los prefijos usados son PC2- y DDR2, existiendo por tanto: PC2-3200 (DDR2-400), PC2-4200(DDR2-533), PC2-5300 (DDR2-667), PC2-6400 (DDR2-800) y PC2-8500 (DDR2-1066). Es decir a la memoria DDR2 que usa un reloj de 1066MHz, y tiene una tasa de transferencia de 8500Mb/s, (ya que por cada ciclo de reloj transmite 8bytes, y por tanto  $8 \times 1066 = 8500$  Mb/s), se la denomina PC2-8500 ó DDR2-1066.

De forma similar las DDR3 se denominan con PC3-TASA ó DDR3-RELOJ, existiendo los tipos: PC3-6400 (DDR3-800), PC3-8500 (DDR3-1066), PC3-10600 (DDR3-1333), PC3-12800 (DDR3-1600), PC3-16000 (DDR3-2000), PC3-17000 (DDR3-2133).

También las más actuales, que son las DDR4, utilizan la denominación del tipo PC4-TASA o DDR4-RELOJ, pudiendo enumerar los siguientes tipos: PC4-12800 (DDR4-1600), PC4-14900 (DDR4-1866), PC4-17000 (DDR4-2133), PC4-19200 (DDR4-2400), PC4-25600 (DDR4-2666).

### 3.2.- Encapsulados

El encapsulado determina las características físicas de la memoria, indicando el tipo de conexión existente entre ésta y la placa base del equipo. Dado que las memorias se presentan en pequeñas placas rectangulares, lo que se determina es el tamaño de dicha placa, el número y posición de los contactos, y los anclajes al zócalos existentes (posición y número de los llamados **notch**).

Existen dos grandes tipos de módulos:

- SIMM: Single In Line Memory Module: módulos de memoria con una sola línea de contactos. Se usaron en los primeros modelos de memoria y están ya en desuso. Usaban de 30 contactos (sin muesca central, 16 bits) a 72 contactos (con muesca central, 32bits). La capacidad máxima por módulo era de 32Mb.
- DIMM: Dual In Line Memory Module: dos líneas de contactos, y un número de total de contactos entre 72 y 240, dependiendo del tipo de memoria contenida. Así encontraremos:
  - 168 contactos: memorias antiguas (SDRAM PC100 y PC133). Existieron distintos tipos de memoria compatibles físicamente, pero eléctricamente incompatibles. Esto ocasionaba que si, por error, se colocaban en una misma placa distintos módulos de distintos tipos memoria, el conjunto no funcionara e incluso llegaran a quemarse los módulos.
  - 184 contactos: memorias DDR.
  - 240 contactos: memorias DDR2 y DDR3. Aunque tienen el mismo número de contactos, los voltajes son distintos.
  - 288 contactos: memorias DDR4 y DDR5. Aunque tienen el mismo número de contactos, los voltajes son distintos.
- El número de contactos y la distinta posición de los notch permiten distinguir fácilmente los módulos y evitar colocaciones incorrectas sobre los zócalos de memoria (físicamente un encapsulado de memoria sólo encaja en su slot correspondiente).
- Otros encapsulados: Existen otro conjunto de encapsulados que básicamente son variaciones sobre el modelo DIMM: SODIMM, RIMM, SORIMM, MICRODIMM, FBDDIMM. Su propósito es adaptarse a entornos específicos como portátiles o equipos servidores.  
SODIMM-> portátiles, tiene 100 contactos (32 bits) y de 144, 200 o 204 pin (64 bits).

### 3.3.- Configuraciones en canal múltiple

El acceso a memoria es un proceso muy crítico, del cual depende enormemente el rendimiento global del equipo. Por ello, a pesar de los avances en las velocidades de acceso a memoria, es necesario constantemente apurar al máximo las posibilidades existentes.

Los desarrolladores de memorias descubrieron un método capaz de mejorar la velocidad de acceso: en lugar de buscar en un módulo buscar en varios. Es decir, se colocan dos (o más) módulos de memoria trabajando en paralelo. Al acceder al tiempo a dos módulos

de memoria, la cantidad de datos adquirida es el doble, y por tanto se consigue duplicar la tasa de transferencia.

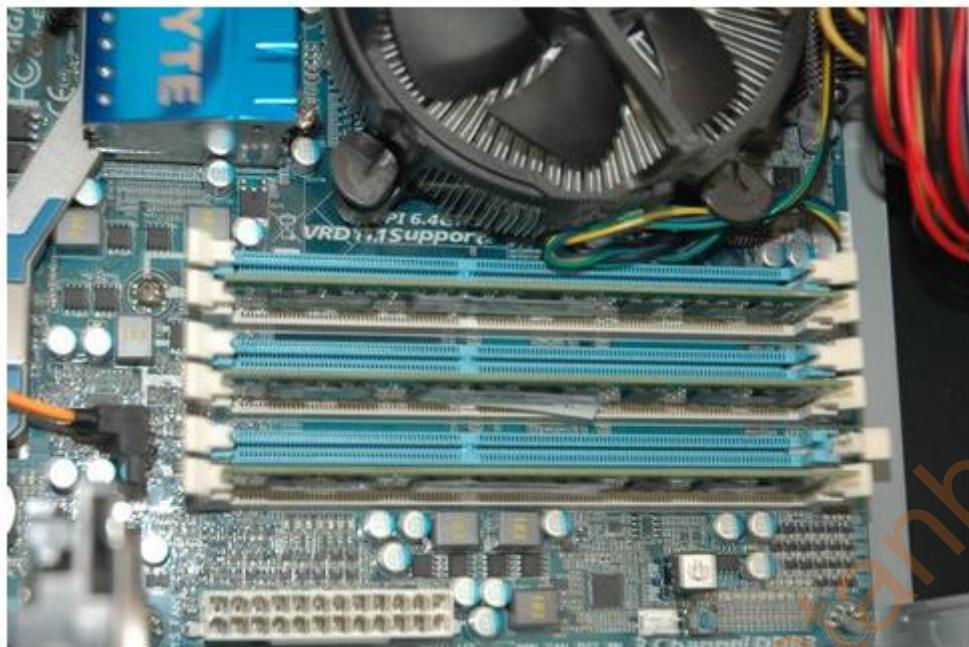
A la primera de éstas tecnologías se la denominó "Double Channel" (canal doble), y consiste en colocar dos módulos de memoria trabajando a la vez. Para ello, es necesario que los módulos sean compatibles con ésta técnica (todos los DDR lo son), que el chipset de la placa base lo permita, y que los módulos estén convenientemente pareados en los zócalos de memoria habilitados para ello. Dependiendo del controlador, los módulos deberán ser idénticos (tamaño, fabricante y modelo) o no: en ambos casos, la velocidad máxima total será el doble de la velocidad máxima del módulo más lento.

Para identificar en qué slots colocar las memorias pareadas, éstos suelen venir diferenciados por un código de colores. En la imagen, la placa base contiene 4 slots marcados 2 en amarillo y 2 en rojo. Si quisieramos colocar en Dual Channel un nuevo módulo, complementando el actual, deberíamos colocarlo en el otro slot amarillo:



Siguiendo la filosofía del Dual Channel, con la llegada de las memorias DDR3, Intel incorporó a sus nuevos procesadores Intel Core I7 la posibilidad de utilizar triple canal. Realmente el concepto es radicalmente distinto, ya que en el caso de éstos procesadores el [Northbridge](#) deja de encargarse del manejo de la memoria, y es el propio microprocesador quien realiza toda la gestión (incluida la configuración del triple canal de memoria). A ésta tecnología, se la denomina Intel QPI (Quick Path Interconnect), y constituye la respuesta de Intel a la tecnología HyperTransport lanzada por AMD años antes.

En la imagen se pueden apreciar los 3 módulos instalados de memoria DDR3 en Triple Channel trabajando contra un Intel Core i7. Al igual que en Dual Channel, Triple Channel obliga a usar específicamente un conjunto de slots (por ello en la imagen se utilizan los impares):



AMD por su parte no ha optado por esta tecnología: utiliza memorias DDR3 pero configuradas en Dual Channel, y normalmente utiliza el canal Hipertransport en sustitución del FSB. Otra diferencia radical entre Hipertransport y QPI es que el primero es una tecnología abierta (desarrollada por el HiperTransport Consortium), mientras que el QPI es propietario de Intel.



### Autoevaluación

¿Cuál de estas configuraciones es más eficiente?:

- 1 módulo de RAM de 6 Gb, configurado en QPI.
- 1 módulo de RAM de 1 GB, un módulo de 2 Gb y otro de 3 Gb, configurados en Triple Channel.
- 2 módulos de ROM de 3Gb, configurados en Hipertransport.
- 2 módulos de RAM de 3Gb configurados en Dual Channel.

Correcta: 2 módulos de RAM de 3Gb configurados en Dual Channel.