

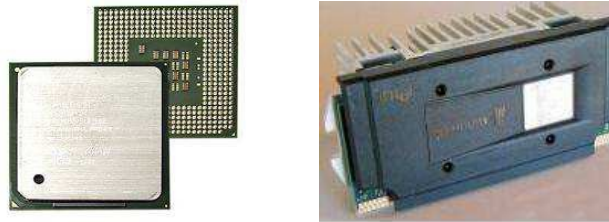
# Parte II – El procesador y la memoria RAM

<b>1. El procesador</b>	<b>2</b>
Diagrama de bloques de las CPU actuales	2
La velocidad	4
La memoria caché	4
Encapsulado	5
La alimentación y refrigeración	5
Instrucciones especiales	6
<b>2. La memoria RAM</b>	<b>6</b>
Parámetros de la memoria	7
Tipos de RAM	7
Módulos de memoria	8
Estándares	11

## 1. El procesador

Es el componente principal de ordenador que controla y dirige al resto. Realiza **operaciones matemáticas y lógicas** en un corto espacio de tiempo y **decodifica y ejecuta las instrucciones** de los programas cargados en memoria RAM.

Físicamente es un **circuito integrado o chip** formado por millones de minúsculos elementos electrónicos integrados en una misma placa de silicio. En la década de los 80 el procesador venía **soldado a la placa** y no podía cambiarse, pero en la actualidad tienen forma de cuadrado o rectángulo y se conectan a un **zócalo** denominado **socket** o a una ranura especial llamada **slot**.



Debemos tener en cuenta el uso que daremos al microprocesador, ya que es importante en su elección:

- ✓ Herramientas ofimáticas.
- ✓ Complejas aplicaciones multimedia.

Últimos microprocesadores sobrepasan los GHz → es útil porque:

- ✓ Sistemas operativos que utilizan muchos recursos.
- ✓ Nuevos formatos de audio o vídeo comprimido que se descomprimen en tiempo real (tarea realizada por la CPU).

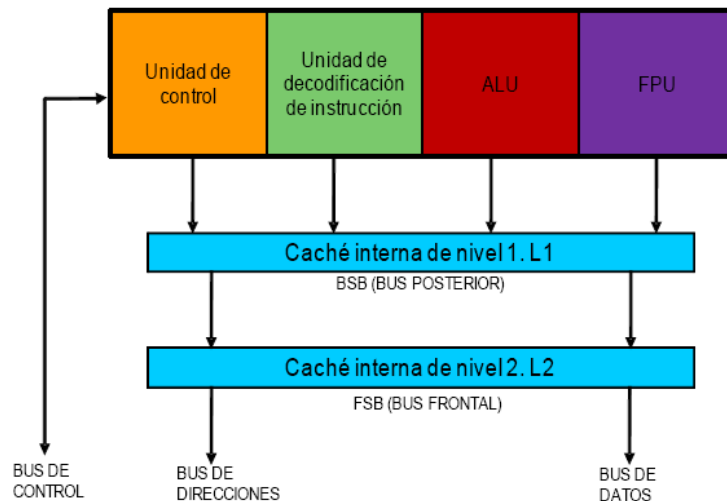
Un microprocesador a 2 GHz **no es el doble de rápido** que otro a 1 GHz porque hay que tener en cuenta otros aspectos como la **velocidad de los buses** de la placa, la **velocidad de la memoria** o si es un procesador más avanzado. Por ejemplo, un Intel Core i7 de 2,66 GHz es mucho más rápido que un Pentium 4 a 3,4 GHz.

### Diagrama de bloques de las CPU actuales

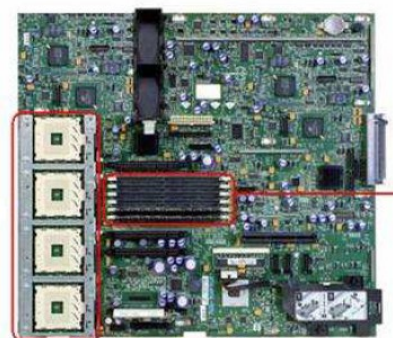
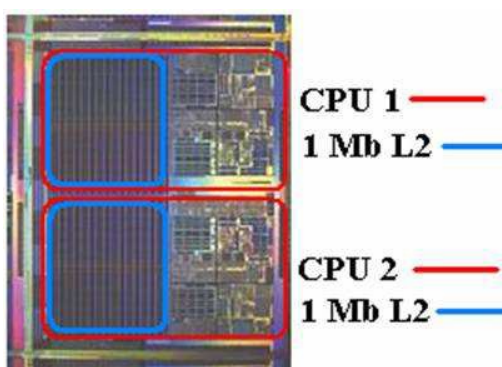
Primeros microprocesadores → UC + ALU + registros

En las CPU actuales se añaden los siguientes elementos a partir de la arquitectura Von Neumann:

- ✓ **Unidad de punto flotante, FPU (*Floating Point Unit*)**, coprocesador matemático, unidad de procesamiento numérico o procesador de datos numérico. Realiza operaciones en punto flotante.
- ✓ **La memoria caché del procesador, de nivel 1 y de nivel 2**. Para reducir el tiempo necesario en acceder a los datos de la memoria principal. Se trata pues, de una memoria de tamaño reducido más rápida, que guarda copia de los datos usados con frecuencia.
- ✓ **Bus Frontal, FSB (*Front Side Bus*)** conecta CPU con la placa base, es la interfaz entre la caché de nivel 2 del procesador y la placa base. Tiene un ancho de 64 bits.
- ✓ **Bus posterior, BSB (*Back Side Bus*)** interfaz entre la caché de nivel 1, el núcleo del procesador y la caché de nivel 2. El ancho de este bus es de 256 bits.

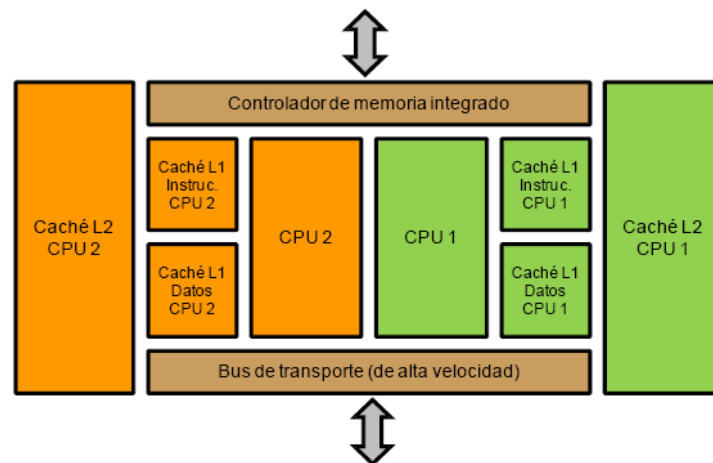


Procesador de doble núcleo	Sistema multiprocesador
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Recursos compartidos</b> y núcleos en la <b>misma CPU</b>.</li> <li>➤ CPU con <b>dos núcleos diferentes</b> en una sola base, cada uno con su <b>propia caché</b>.</li> <li>➤ Los núcleos pueden trabajar en el <b>mismo trabajo o en distinto</b> sin que el rendimiento de uno se vea afectado por el rendimiento del otro.</li> <li>➤ Con esto, se <b>aumenta la velocidad de ejecución moderando la temperatura</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Varias <b>CPUs completas</b> distintas con sus propios recursos.</li> <li>➤ Necesita de un nuevo zócalo o socket en la placa base.</li> <li>➤ Los procesadores, al igual que los núcleos, pueden trabajar en el <b>mismo trabajo o en distinto</b> sin que el rendimiento de uno se vea afectado por el rendimiento del otro.</li> </ul>



Un **controlador de memoria de DDR** integrado, de baja latencia y gran ancho de banda, que hace que sea **más rápido el acceso a la memoria RAM** y un **bus de transporte** con mayor ancho de banda para lograr unas **comunicaciones de E/S de alta velocidad**.

Diagrama de bloques de una arquitectura de doble núcleo.



## La velocidad

Se mide en **MHz** o actualmente en **GHz** (1 GHz = 1000 MHz). Es una unidad de frecuencia múltiplo del hercio, y se refiere a la frecuencia en el que un cristal de cuarzo emite una señal de reloj que regula un ciclo de un circuito integrado (microprocesador) síncrono.

Los microprocesadores modernos tienen dos velocidades:

- ✓ **Velocidad interna** → internamente velocidad a la que **funciona el microprocesador**.
- ✓ **Velocidad externa o del bus de sistema o velocidad FSB** → velocidad a la que el microprocesador se **comunica con la placa base**.

La **placa base funciona a una velocidad** y el microprocesador a otra → el microprocesador dispone de un **multiplicador** que indica la diferencia de velocidad entre la velocidad FSB y el propio procesador.

Por ejemplo: **Pentium D a 3,6 GHz** que usa un bus (FSB) de **800 MHz**

**Multiplicador** → 4,5 porque  $800 \times 4,5 = 3600$

En general esto se expresa así → Pentium D 3,6 GHz ( $800 \times 4,5$ )

## La memoria caché

Es una memoria rápida y de pequeño tamaño usada por la CPU para reducir el tiempo promedio de acceso a datos de la memoria principal. Esta “minimemoria” que guarda **copias** de los datos **usados con mayor frecuencia**. Actualmente, todos los procesadores actuales tienen una **caché de nivel 1 o L1** y una caché de **nivel 2 o L2** (mayor que la L1 pero menos rápida) y una **caché de nivel 3 o L3**, pero que no se encuentra incluida en la estructura del microprocesador.

AMD PHENOM 9600 QUADCORE

**Tres niveles de caché:** L1 512 KB, L2 4 x 512 KB, L3 2 MB → Total de caché 4,5 MB.

INTEL CORE 2 QUAD Q6600

**Dos niveles de caché:** L1 64 KB + 64 KB, L2 Caché 2 x 4 MB → Total de caché: 8,128 MB.

- Donde dice 64 KB + 64 KB → 64 KB son para **direcciones** y 64 KB para **datos**.
- Cuando aparece 2 x 4 MB son 4 MB por núcleo. Si tiene 2 núcleos o 4 MB por pareja de núcleos en caso de tener cuatro núcleos.
- Si dice 2 MB en lugar de 4 x 512 KB, entonces es compartido por todos los núcleos (4 en este caso).

## Encapsulado

A partir de una oblea de silicio se construyen gran cantidad de CPUs que posteriormente se adherían a una placa PCB con elementos funcionales complementarios que forman el propio procesador. El tipo de encapsulado ha ido cambiando a lo largo del tiempo.

### 1. DIP (*Dual In-Line Package*)

Es el tipo de encapsulado más antiguo. Se trata del típico chip con dos hileras de patillas. Tenía ciertos inconvenientes entre los que se encontraban la debilidad de sus contactos que se doblaban o rompían con facilidad.

### 2. PLCC (*Plastic Leaded Chip Carrier*)

Parecido al anterior con la diferencia de que poseía patillas en todos los lados, es decir, cuatro hileras de patillas. Su inserción en el zócalo era difícil.

### 3. PGA (*Package Grid Array*)

Aparece con el Intel 486. Lleva patillas también en el interior facilitando la inserción en el zócalo.

### 4. BGA (*Ball Grid Array*)

Este tipo de encapsulado no tiene patillas sino contactos (bolitas de cobre), que facilitan la colocación en el zócalo. Utilizado en la actualidad a partir del Intel Pentium 4 y en el Inter Xeron Intel Core 2 Duo y AMD Opteron. Se usa en zócalos de tipo LGA.

### 5. SEC (*Single Edge Connect*)

Tipo de encapsulado que se usó en el Pentium II. Se decidió el uso de este formato para poder mejorar la disipación del calor. No tuvo demasiado éxito y en los microprocesadores que le sucedieron los formatos usados fueron PGA o BGA.

## La alimentación y refrigeración

Los microprocesadores reciben la alimentación de la placa base. Existen dos voltajes diferentes:

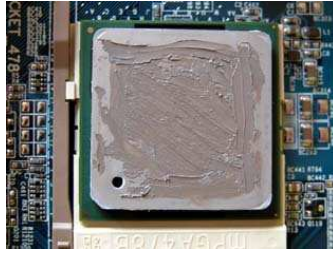
- ✓ **Voltaje externo** o voltaje **de E/S** → permite al procesador comunicarse con la placa base. Suele ser de 3,3 voltios.
- ✓ **Voltaje interno** o voltaje **de núcleo** → es menor que el anterior (2,4 V o 1,8 V) y le permite funcionar con una temperatura interna menor.

**Thermal Design Power** (TDP) es una característica del procesador que representa la máxima cantidad de calor que necesita disipar el sistema de refrigeración de un ordenador. Por ejemplo, una CPU de un portátil puede estar designado para 20 W TDP significa que puede disipar 20 W de calor sin exceder la máxima temperatura de funcionamiento para la que está diseñado el chip.

El **consumo de energía** de la CPU está ligado a la velocidad de proceso y a la actividad interna. Si se calienta demasiado la CPU puede haber problemas como reinicios espontáneos. Para evitar el calentamiento se usan disipadores de calor que suelen incluir un ventilador.

- ✓ El **disipador** extrae el calor de la CPU.
- ✓ El **ventilador** enfría el disipador.

Entre procesador y disipador se suele colocar una **pasta térmica** para **ayudar a la transferencia de calor**. El ventilador se conecta a la placa mediante un conector CPU-FAN para que controle tanto su velocidad como su funcionamiento.



Los **heat-pipes** (tuberías de calor) son básicamente **tubos huecos con un fluido** colocándose uno de los extremos del tubo sobre un generador de calor (microprocesador). Su funcionamiento es el siguiente: el líquido que se encuentra en el extremo del tubo colocado junto al microprocesador absorbe el calor que genera y se lo lleva al otro extremo cuando este líquido se convierte en vapor. En el otro extremo del tubo, el vapor se enfría y se condensa, cayendo de nuevo el líquido frío preparado para volver a absorber calor.

Otros tipos de refrigeración son los sistemas de refrigeración **líquida** o la refrigeración **Peltier**.

## Instrucciones especiales

Conjunto de instrucciones incorporadas en el procesador que usan la **matemática matricial** para aumentar el rendimiento de las aplicaciones multimedia y en 3D.

- ✓ Con el Pentium MMX surge la tecnología **MMX**.
- ✓ AMD saca el K6 con su especificación 3DNow!
- ✓ Pentium III (1998) → se incorporan al micro las instrucciones **SSE (70)** conocidas como **MMX-2**.
- ✓ Pentium IV y procesadores Opteron / Athlon 64 de AMD → instrucciones **SSE2** (144 instrucciones).
- ✓ **SSE3** → Pentium 4 5xx llamado Prescott.
- ✓ **SSSE3** → nueva mejora. Incorporada en los procesadores Intel Core 2 Duo y Xeon.
- ✓ **SSE4** → componentes internos del ordenador mejora del conjunto de instrucciones SSE.
  - **SSE4.1** → son 47 instrucciones orientadas a mejorar el rendimiento en la manipulación de datos multimedia, juegos, criptografía y otras aplicaciones.
  - **SSE4.2** → añade 7 instrucciones adicionales orientadas a mejorar el rendimiento al trabajar con procesadores de texto y acelerar algunas operaciones en aplicaciones específicas como las científicas, con estas son completadas las 54 instrucciones SSE4.

## 2. La memoria RAM

La memoria en general se encarga de almacenar datos para que estén accesibles para la CPU. El sistema de memoria de los ordenadores modernos consta de varias secciones con distintas tareas:

- ✓ **Memoria principal o RAM (*Random Access Memory*)** → memoria principal del ordenador que se puede leer y escribir con rapidez. Es volátil (pierde sus datos al apagar el ordenador). Se mide en MB o GB.

- ✓ **Memoria caché** → más rápida que la RAM. Se usa para acelerar la transferencia de datos (datos a los que accederá el micro próximamente)
- ✓ **Memoria CMOS** → almacena datos de configuración del equipo. Para cambiarla se hará a través del **Setup**.
- ✓ **ROM o memoria de sólo lectura (*Read Only Memory*)** → aunque es de sólo lectura sí se puede modificar una o más veces según el tipo de ROM. La BIOS de los ordenadores actuales está grabada en una ROM (**EEPROM**) conocida como **Flash-ROM** que nos permitirá actualizarla.
- ✓ **Memoria gráfica o de vídeo** → para la tarjeta gráfica si la lleva integrada y si no, se usa parte de la RAM.

## Parámetros de la memoria

- ✓ **Velocidad** (MHz) implica que una memoria con una velocidad de X MHz implica que con ella se pueden realizar X millones de operaciones (lecturas y escrituras) en un segundo.
- ✓ **Ancho de banda o tasa de transferencia de datos** (MB/s o GB/s) es máxima cantidad de memoria que puede transferir por segundo.
- ✓ **Dual Channel**, permite a la CPU trabajar con **dos canales independientes y simultáneos para acceder a los datos**, así se duplica el ancho de banda. Para conseguirlo, es necesario rellenar los bancos de memoria con dos módulos de idénticas características.
- ✓ **Tiempo de acceso** (ns) es el tiempo que tarda la CPU en acceder a la memoria.
- ✓ **Latencia** es el **retardo producido** al acceder a los distintos componentes de la memoria RAM.
- ✓ **Latencia CAS o CL** (tiempo en número de ciclos de reloj) hace referencia al tiempo 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 es la memoria.
- ✓ **ECC (*Error Checking and Correction*)** al experimentar todas las memorias RAM errores debido a factores como fluctuaciones de energía, interferencias, componentes defectuosos, etc., este tipo de memorias ECC son capaces de detectar y corregir algunos de estos errores.

## Tipos de RAM

Cuando ejecutamos un programa se copian las instrucciones del mismo desde el almacenamiento secundario a la **memoria RAM** (porque es más rápida la comunicación de la RAM con la CPU que la comunicación entre almacenamiento secundario y CPU). Después, **las instrucciones pasan a la CPU** para su ejecución.

Existen dos tipos de memoria: **DRAM** (memoria **RAM dinámica**) y **SRAM** (memoria **RAM estática**). Ambos tipos de memoria almacenan datos e instrucciones pero cada una tiene su propio propósito.

- ✓ **SRAM (*Static Random Access Memory*)** → memoria **estática** (mantiene la información si no se interrumpe la alimentación). Ocupan más tamaño, tienen menos capacidad y son **más caras y rápidas** que las DRAM. No se suelen usar como memoria principal pero sí como **caché**.
- ✓ **DRAM (*Dynamic Random Access Memory*)** → memoria **dinámica** (su contenido **se reescribe -refresco- continuamente**). **Memoria principal de los ordenadores personales**.

- **SDRAM (*Synchronous DRAM*)** → Es la más común actualmente. **Se sincroniza con el reloj del sistema** para leer y escribir en **modo ráfaga**. Puede soportar velocidades de la placa base de hasta 100 MHz y 133 MHz. Tiene un **ancho de bus** de datos igual a **64 bits**, es decir, en cada hercio o ciclo de reloj envía 64 bits. Normalmente son suministradas en **módulos DIMM con 168 pines con dos ranuras**.
- **DDR SDRAM o DDR** → SDRAM de **doble velocidad de datos**. Memoria de doble tasa de transferencia de datos porque permite la transferencia por **dos canales distintos simultáneamente** en un **mismo ciclo de reloj**. En relación a la SDRAM, duplica la velocidad hasta los 200 o 266 MHz. Normalmente se suministra en módulos **DIMM con 184 pines** con una sola ranura.
- **DDR2 SDRAM** → mejora de la DDR SDRAM, más velocidad y menos voltaje. **Latencias más altas** que en las DDR. La tasa de transferencia de datos va de 400 hasta 1024 Mb/s y permite capacidades de hasta 2 GB por módulo. Normalmente se suministran en **módulos DIMM con 240 pines** y una sola ranura.
- **DDR3 SDRAM** → mejora de la DDR2 SDRAM con **mayor tasa de transferencia de datos, menor consumo y módulos de mayor capacidad** (hasta 8 GB). **Latencias más altas** que en las DDR2. Suministradas en módulos DIMM con **240 pines**.
- **DDR4 SDRAM** → tienen un **mayor rendimiento y menor consumo** que las memorias DDR predecesoras, así como gran ancho de banda en comparación. **Tasa más alta de transferencia de datos** (2133 a 4400 MHz). Descarta los enfoques de doble y triple canal, cada controlador de memoria está conectado a un **módulo único**. Tiene una **mayor latencia**, lo que reduce su rendimiento. Suministradas en módulos DIMM con **288 pines**.
- ✓ **VRAM (*Video Random Access Memory*)** → tipo de memoria RAM usada por la **tarjeta gráfica** para manejar la información visual que le envía la CPU.
  - **GDDR-SDRAM (*Graphics Double Data Rate SDRAM*)**: es una memoria gráfica basada en DDR SDRAM, que se caracteriza por sus **tiempos optimizados de acceso y las altas frecuencias** de reloj, es el **tipo más común** de memoria gráfica a día de hoy.
  - **RAM extendida**: En la actualidad, es frecuente ver equipos con la tarjeta gráfica integrada en placa base o en el propio procesador, en lugar de disponer de un banco propio de memoria, se les asigna parte de los bancos de memoria de la RAM de procesador. Suelen ser equipos orientados a tareas ofimáticas o servidores, donde la rapidez de los gráficos no es algo crucial.

## Módulos de memoria

Los módulos de memoria son pequeñas placas de circuito impreso donde van integrados los chips de memoria.

### 1. SIP (*Single in-line package*)

Encapsulamiento en **una hilera** de pines.





## 2. DIP (Dual in-line package)

Encapsulamiento común en circuitos integrados, en un bloque con **dos hileras** paralelas de pines. Suelen escribirse como **DIPn**, donde **n** es el **número de pines totales** del circuito. Por ejemplo, un circuito integrado DIP16 tiene 16 pines, con 8 en cada fila, aunque los DIP raras veces se encuentran en presentaciones de más de 40 pines.

Los paquetes DIP han sido sustituidos por encapsulados **SMD (Superficial Mounted Device)** o de **montaje superficial**, más adecuados con un alto número de pines.

Las **memorias RAM integradas** en placas de vídeo suelen ser de éste tipo, así como lo fueron las RAM de los primeros ordenadores.



## 3. SIPP (Single in-line Pin Package)

Encapsulamiento con **una hilera de 30 pines**. Es un circuito impreso con chips de memoria, que será reemplazado por los módulos SIMM. Tiene **4 bits** por módulo.



## 4. SIMM (Single in-line Memory Module)

Módulos de memoria que consisten en una pequeña **placa de circuito impreso** que **almacena chips de memoria**, y que se inserta en un **zócalo o slot SIMM** de la placa. Tiene **16 bits** por módulo.



## 5. DIMM (Dual in-line Memory Module).

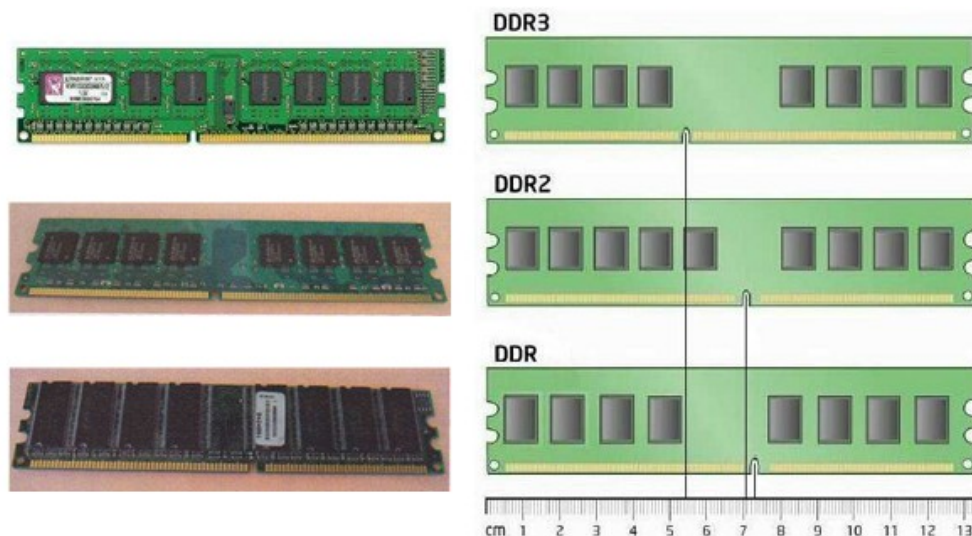
Módulos de memoria **en línea doble**. Este formato es similar al SIMM, pero físicamente es más grande y tiene **168 contactos**. Se distingue por tener una muesca en los dos lados y otras **dos en la fila de contactos**. Se monta en los zócalos de forma distinta a los SIMM. Existen módulos DIMM de 32, 64, 128, 256 y 512 MB y de 1,2 o más GB. Manejan **64 bits** (8 bytes).



## 6. DIMM DDR

Estos módulos han sustituido a los DIMM estándar. Vienen con **184 contactos** en lugar de 168 (DIMM). Los módulos de memoria parecen iguales, pero los **DIMM DDR** tienen **una muesca** en la fila de contactos. Los módulos **DIMM DDR2** tienen **240 pines** y una **muesca en una posición diferente** a los DIMM DDR. También las **ranuras** donde se insertarán los módulos de memoria **son distintas**. Los módulos **DIMM DDR3** tienen el **mismo número de pines que los DIMM DDR2**, pero **todos son física y eléctricamente incompatibles**, incluso los DDR4 (con **288 pines**) ya que la muesca está en distinta posición.

Las memorias DDR, DDR2, DDR3 y DDR4 **no son compatibles entre sí**, ya que los voltajes, pines y señales difieren.



## 7. RIMM o Módulos de memoria Rambus directos

Parecidos a los DIMM pero **algo mayores y cubiertos de un dissipador** de calor. Aparecieron con 168 contactos pero **actualmente usan 232 contactos**. Son más rápidos que los anteriores pero su precio es elevado y se usan en las memorias RDRAM.



## 8. FB-DIMM (Fully Buffered DIMM)

Se suelen usar en servidores. Los datos entre el módulo y en controlador de memoria se transmiten en serie, con lo que el número de líneas de conexión es inferior. Esto proporciona **grandes mejoras en cuanto a velocidad y capacidad** pero a un elevado coste. Son módulos de **240 pines**, como los DDR2, pero con la posición de las muescas diferente.

Se produce un mayor calentamiento debido al aumento de velocidad y hay incremento de latencia.



### 9. GDDR o RAM DDR para gráficas

Chips de memoria insertados en **tarjetas gráficas** o en placas donde la tarjeta gráfica está integrada. Se trata de memorias **muy rápidas, controladas por el procesador** de la tarjeta gráfica que se integran en la propia gráfica, sin otro tipo de soporte (como es el caso de las memorias RAM, que van integradas en módulos).

Usada en consolas de **videojuegos** como la Xbox o la PlayStation.



### 10. SO-DIMM y Micro-DIMM

Son **versiones compactas** de los módulos DIMM: se trata de **módulos DIMM** de memoria **para portátiles**; el segundo (micro-DIMM) tiene un formato más pequeño que el primero.

Los SO-DIMM para memorias DDR y DDR2 se diferencian porque tienen la muesca en distinta posición.



### 11. Módulos *Buffered* y *Unbuffered*

#### ➔ Módulos *Buffered* o *Registered*

Tienen **registros incorporados** (circuitos que aseguran la estabilidad a costa de perder rendimiento) que actúan como almacenamiento intermedio entre CPU y memoria y **aumentan la fiabilidad** pero **retardan** los tiempos de **transferencia**.

Se usan en servidores donde importa más la integridad que la velocidad. Los módulos **registered** se distinguen de los **unregistered** por tener **varios chips** de pequeño tamaño. Incluyen **detección y corrección de errores (ECC)**.

#### ➔ Módulos *Unbuffered* o *Unregistered*

Se comunican directamente con el **Northbridge** de la placa base, de forma que, esto hace que la memoria sea más rápida aunque, menos segura que la registered.

## Estándares

DDR4-xxx indica la **tasa de transferencia efectiva**, mientras que PC4-xxxxx indica el **ancho de banda teórico** (suele estar redondeado).

El ancho de banda máximo se calcula multiplicando la **velocidad de reloj E/S** por 8, ya que la DDR4 es una memoria con un bus de **64 bits = 8 bytes**, y por último por 8 (8 bancos internos, pero podría contener hasta 16).

Nombre estándar	Velocidad del reloj (MHz)	Velocidad del reloj de E/S (MHz)	Tasa de transferencia	Operaciones por segundo	Nombre del módulo	Tasa de bits
DDR4-1600	200	800	1600 MT/s	1600 millones	PC4-12800	12 800 MB/s
DDR4-1866	233	933	1866 MT/s	1866 millones	PC4-14900	14 933 MB/s
DDR4-2133	266	1067	2133 MT/s	2133 millones	PC4-17000	17 066 MB/s
DDR4-2400	300	1200	2400 MT/s	2400 millones	PC4-19200	19 200 MB/s
DDR4-2666	333	1333	2666 MT/s	2666 millones	PC4-21333	21 333 MB/s
DDR4-2933	367	1467	2933 MT/s	2933 millones	PC4-23467	23 467MB/s
DDR4-3200	400	1600	3200 MT/s	3200 millones	PC4-25600	25 600 MB/s

El estándar DDR4 permite hasta un **máximo de 128 GB por módulo DIMM**. Y otra de sus mejoras es que opera a un **voltaje inferior a DDR3**. Un módulo DDR4 típicamente requiere de **1,2 V** con **frecuencias entre los 2133 y los 4266 MHz**. DDR3, en cambio, opera entre los 800 y 2400 MHz con un requerimiento de voltaje entre los 1,5 y 1,65 V.