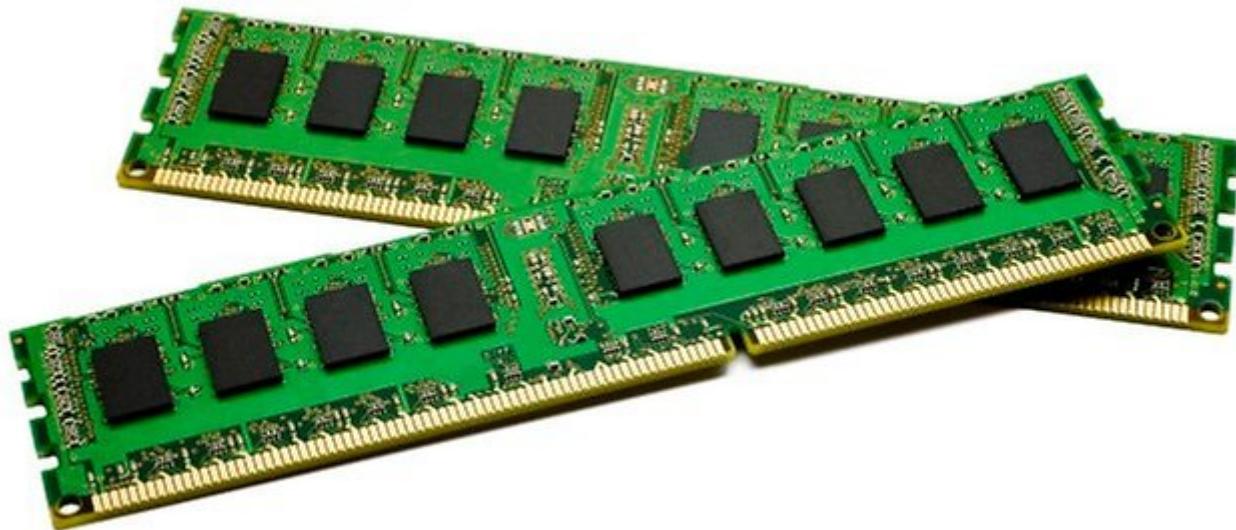


Componentes internos □ Memoria RAM

Memoria

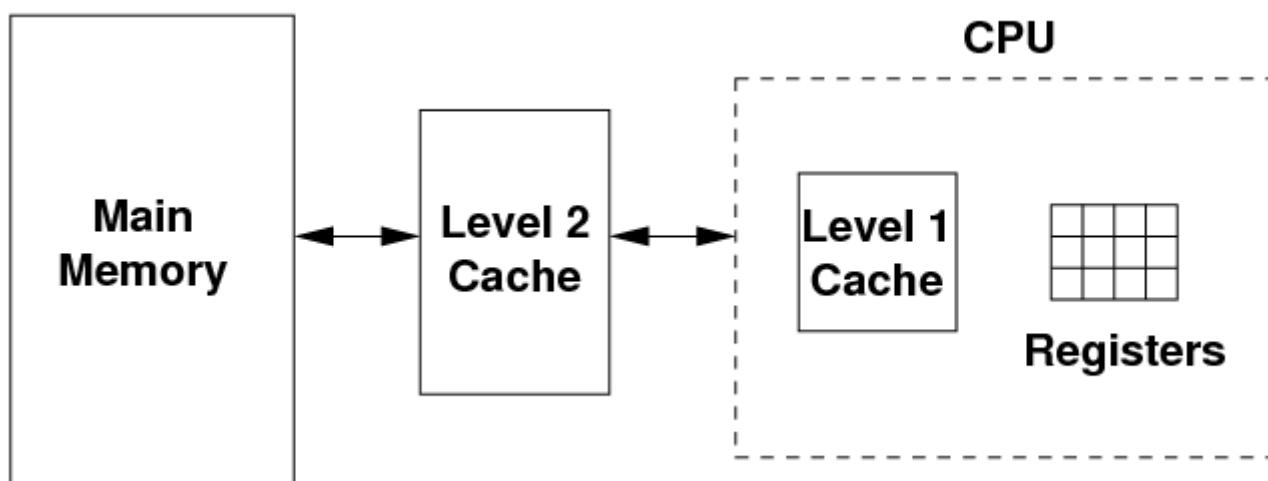
- Memoria
 - Dispositivo capaz de:
 - Almacenar información (guardar)
 - Suministrar información (leer)
- *Operaciones básicas de memoria*
 - **Lectura** : el dispositivo de memoria suministra información previamente almacenada
 - **Escritura** : el dispositivo de memoria almacena una información en un lugar disponible

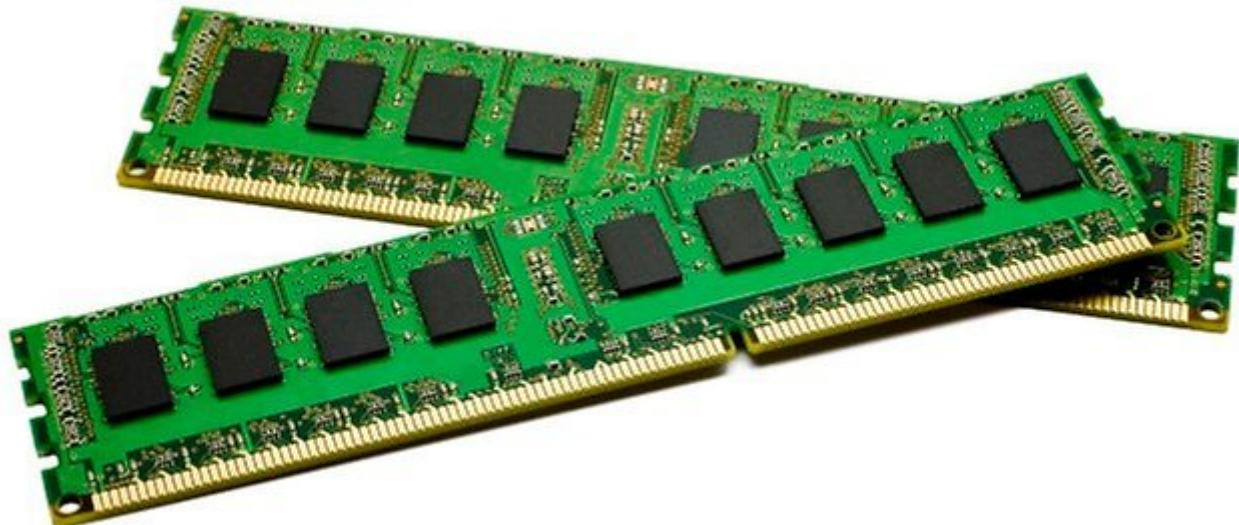




Jerarquía de la memoria de un ordenador

- *Dentro del ordenador*
 - Distintas memorias para distintas funciones
 - Desde las más pequeñas y rápidas
 - Hasta las más lentas y de mayor capacidad
 - Se organizan en **niveles**
- *Niveles*
 - **Registros** de la CPU
 - Memoria **caché** (L1, L2 y L3)
 - Memoria **principal** (RAM)
 - Memoria **secundaria** (HDD)
 - Memoria **auxiliar** (lápices USB, discos en red)
- Este conjunto de niveles se denomina **Jerarquía de Memoria**



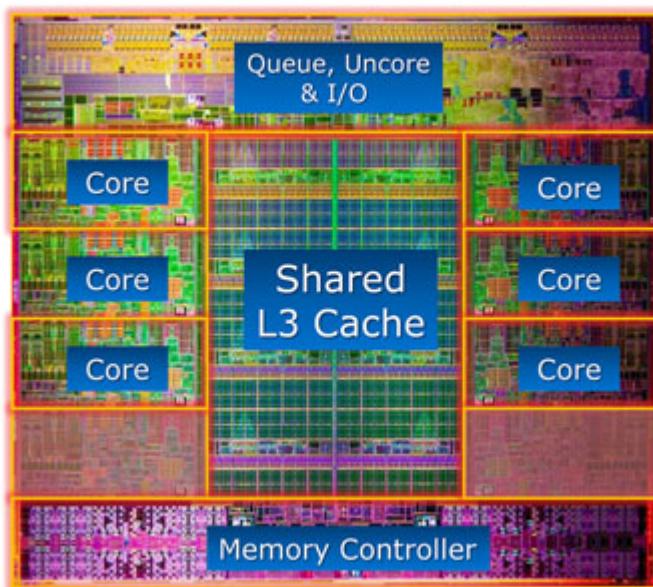


Características principales

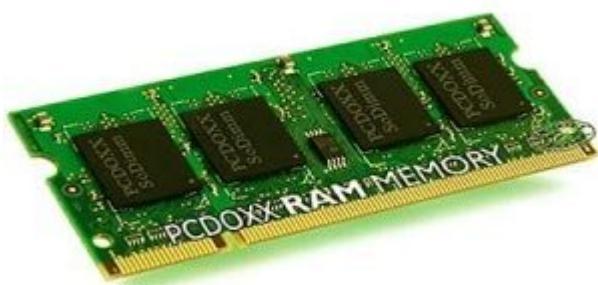
- *Estáticas o SRAM (Static _ RAM)*
 - Tipo de memoria RAM alternativa a la DRAM

- No necesita refrescarse.
- Debido al alto coste de fabricación de la SRAM y a su alta velocidad, suele utilizarse como **memoria caché**.

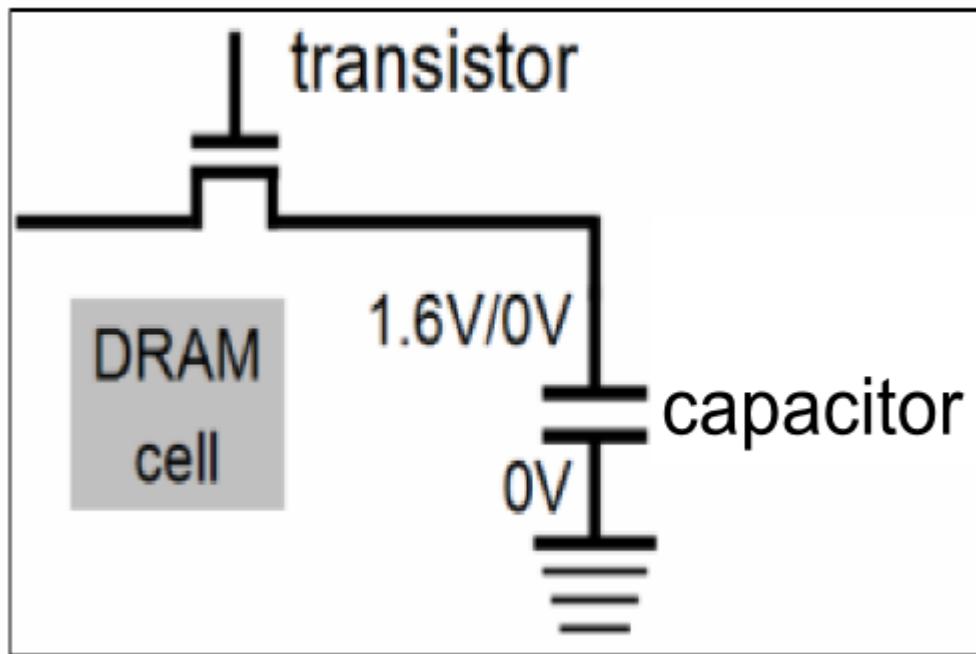
Intel® Core™ i7-3960X Processor Die Detail



Características principales



- *Dinámicas o DRAM (Dynamic RAM)*
 - Memoria construida mediante condensadores.
 - Cuando un condensador está cargado se dice que almacena un BIT a uno.
 - Si está descargado, el valor del BIT es cero.
 - Para mantener las celdillas cargadas
 - Este tipo de memoria _necesita refrescarse_ cada cierto tiempo
 - **Refrescar:** Recargar nuevamente con energía los condensadores que tienen almacenado un uno para evitar que la información se pierda
 - La memoria DRAM es
 - _Más lenta_ que la memoria SRAM
 - Mucho más barata de fabricar que la SRAM
 - Se utiliza en la **memoria principal**



Características principales

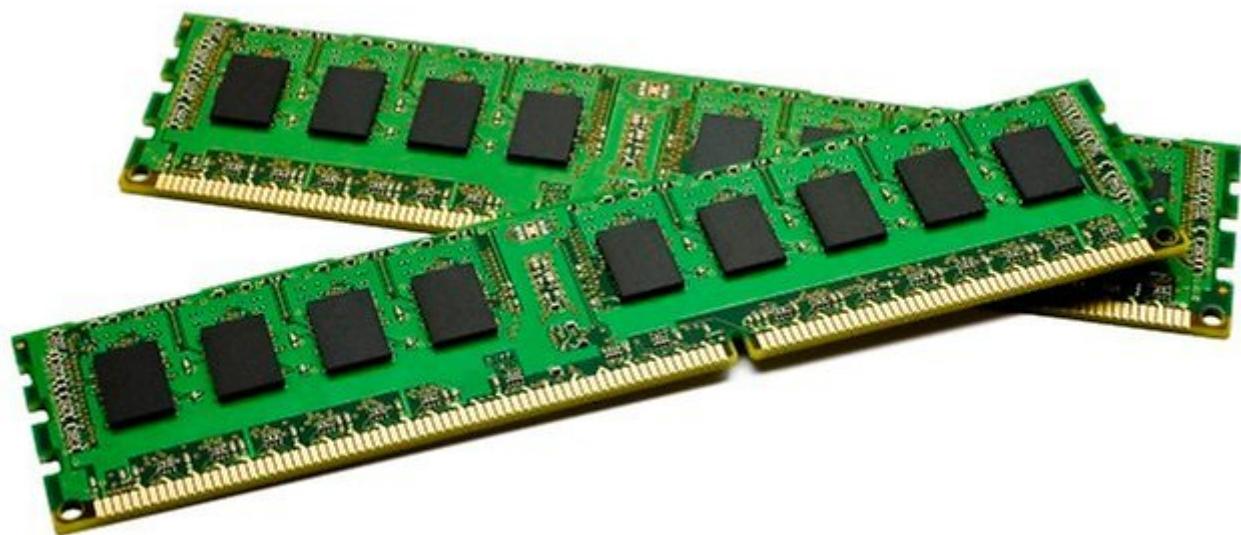
- *Síncronas o asíncronas*
 - **Asíncronas** : no utilizan ningún reloj que marque la cadencia para que el dato sea leído o escrito.
 - Equipos de comunicaciones, automoción
 - **Síncronas** : requieren de un reloj que marque las pautas de lectura o escritura de los datos.
 - Informática moderna
- Memoria RAM es **SD RAM**: **S**íncrona y **D**inámica
- La memoria caché es SRAM: **E**stática



Características principales

- *Volatilidad*
 - Memoria volátil
 - Memoria no volátil
- *Tipo de acceso a los datos*
 - Secuencial
 - Aleatorio
- *Material de fabricación*
 - Memorias magnéticas
 - Memorias de semiconductores
 - Memorias ópticas

- Memorias mixtas



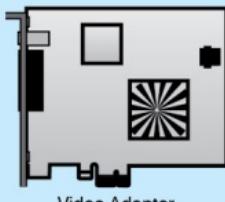


Memoria del ordenador

Tipos de memoria de semiconductores

RAM vs. ROM

RAM (random access memory)



Video Adapter

Change



ANGRY BIRDS
OpenOffice.org
Microsoft Office 2010



Motherboard RAM

Windows
iOS
Linux™
Android

Found on adapters

Can be changed

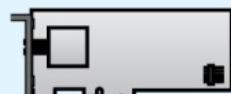
Volatile
(data goes away when power is removed)

Holds actively running applications

Found on motherboards

Stores part of the running operating system

ROM (read only memory)



Network adapter

Found on adapters

Change X

Cannot be changed



Nonvolatile
(data stays when power is removed)

Tipos de memoria

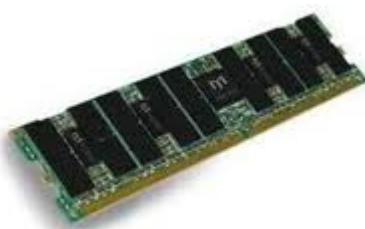
Memoria RAM



Formato de memoria RAM

Chips de memoria (circuitos integrados) soldados a una placa, llamada *módulo de memoria*.

Cada chip está compuesto de celdas de memoria, donde se almacenan los bits.



Chips de memoria

Muesca de posicionamiento

Pines de conexión al slot placa base



La memoria RAM

Memoria de acceso **aleatorio**

También llamada **memoria principal**

Función: Almacena temporalmente datos e instrucciones mientras la CPU los procesa

Rápida lectura/escritura : 10-20 GB/s (rápida)

Volátil : pierde sus datos al apagar el ordenador.

Tamaño: gigabytes (4,8,16,32,64 GB)

Se guarda en *módulos de memoria*, que son instalados en *ranuras de memoria* de la placa base

La memoria RAM

¿Dónde la podemos encontrar?

Dónde la podemos encontrar

Los equipos tienen memoria **RAM** en:

El *procesador* (memoria caché, registros)

En los *lectores ópticos* (buffer o caché)

En las *tarjetas gráficas* (memoria de vídeo o gráfica)

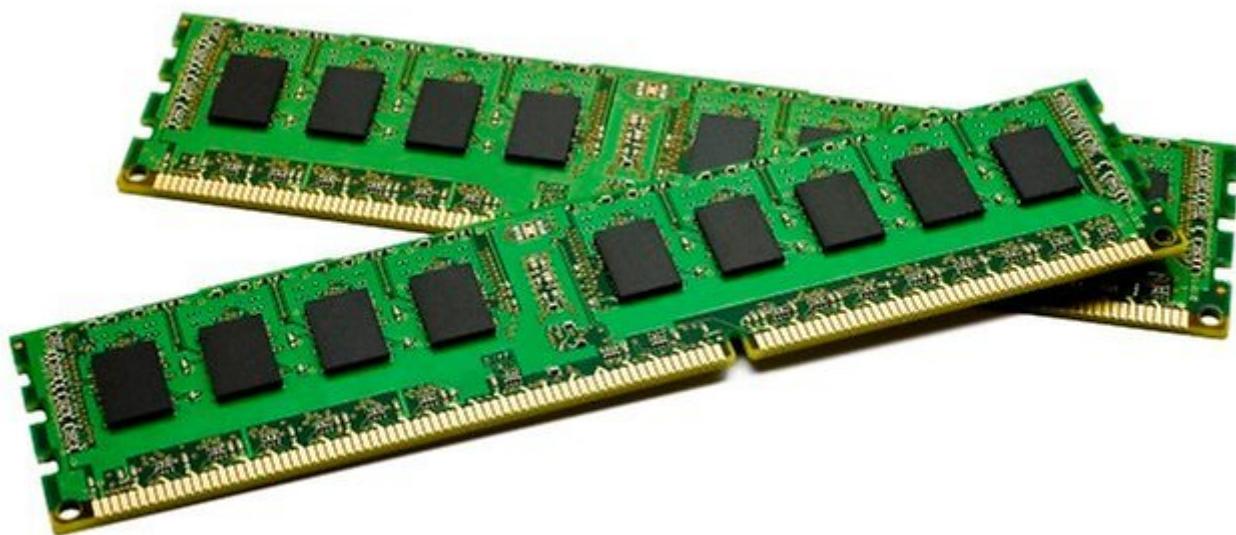
A qué llamamos RAM

Cuando hablamos de memoria RAM, estamos hablando principalmente de la **memoria que se inserta en la placa base**.

Memoria RAM

Carga de archivos y programas

- *Al cargar el SO, ejecutar un programa o abrir un archivo:*
 - El archivo o el programa están en el HD, DVD, etc.
 - Se cargan del HD a la RAM (se copian)
 - CPU lee la información de la RAM
- De este modo, se aceleran las tareas

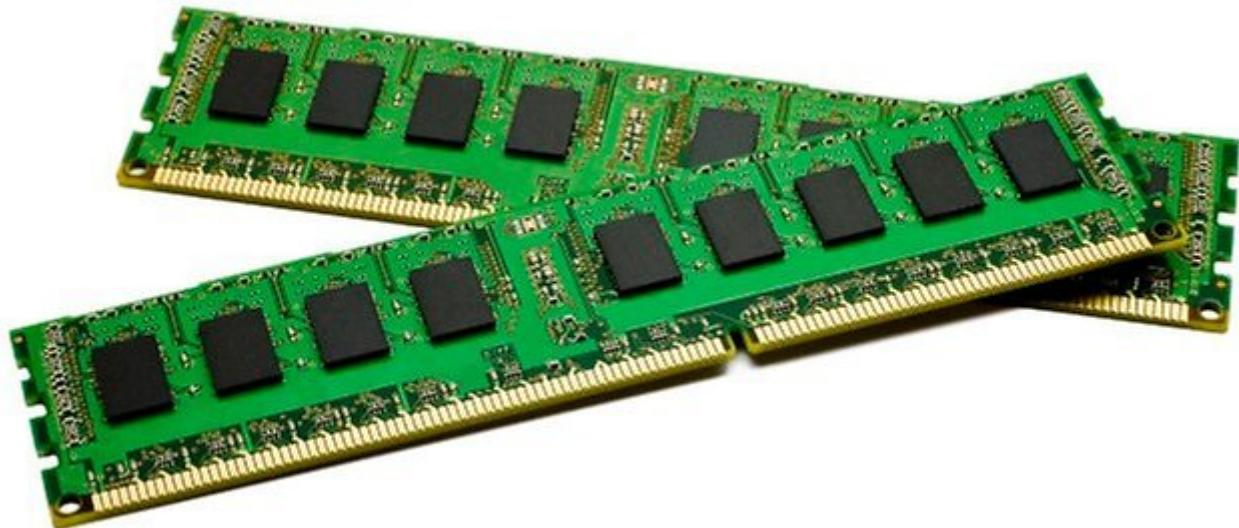




Carga de archivos y programas

- *¿Por qué el PC trabaja así?*
 - Trabajar directamente en el disco (CPU leyendo/escribiendo en disco) es sumamente lento.
- **En lugar de eso:**
 - El programa o los archivos se cargan a la RAM
 - Modificaciones de los datos, cálculos y búsquedas, se hacen en la RAM
 - El resultado se graba en la unidad de almacenamiento.





Sistema operativo

Cada sistema operativo, juego o aplicación, necesita un mínimo de memoria para poder cargarse y ejecutarse correctamente:

Assassins Creed: Origins System Requirements				< EMBED >	
	Developer-defined System Requirements				
	Minimum Requirements		GD Adjusted Requirements	Recommended Requirements	
Intel CPU	Core i5-2400S 2.5GHz		Core i5-4440S 2.8GHz		Core i7-3770 4-Core 3.4GHz
AMD CPU	FX-6350		FX-8150		FX-8350
Nvidia Graphics Card	GeForce GTX 660		GeForce GTX 750 Ti		GeForce GTX 760
SHARE	Radeon R9 270		Radeon HD 7850		Radeon R9 280X
VRAM	2 GB		2 GB		2 GB
RAM	6 GB		8 GB		8 GB
OS	Win 7 64		Win 7 64		Win 10 64
Direct X	DX 11		DX 11		DX 11
HDD Space	50 GB		20 GB		50 GB
GD Verdict		FPS		FPS	

_Windows 2000 y Windows XP y Vista: _ > 256MB.

_Windows 7 y 8 _ > de 1 GB.

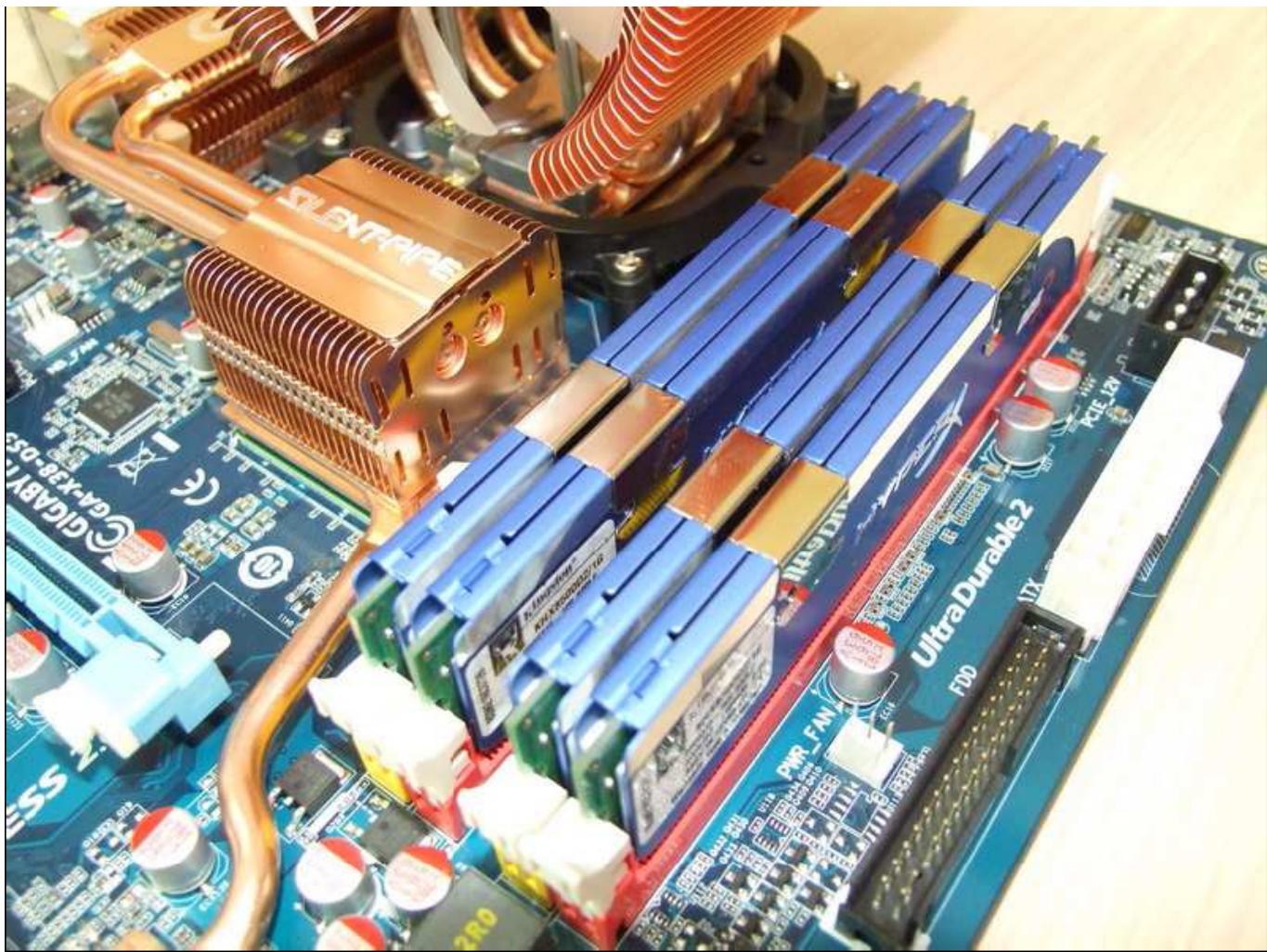
_Windows 10: _ 1GB (versión 32 bit) y 2 GB (versión de 64 bit)



Parámetros más importantes de la memoria

Parámetros memoria RAM

Velocidad y ancho de banda



- *Frecuencia de trabajo*
- Mide la *cantidad de operaciones que realiza la memoria en cada segundo*
 - Se mide en megahercios (**MHz**)
 - 800 MHz = realizar 800 millones de lecturas y escrituras en un segundo.
 - Cuanta más alta es, mayor es la tasa de transferencia (MB/s) entre la memoria y la CPU
- Ejemplo: 2.133 MHz



Memoria DDR2-600 / PC2-5300

Frecuencia de 600 MHz = realiza 600 Millones de operaciones por segundo

Velocidad y ancho de banda

- *Velocidad de transferencia de datos*
- Máxima *cantidad de información* que puede transferir entre la memoria y el procesador por segundo

- Depende de:
 - **Frecuencia** : cuantas operaciones se realizan por segundo
 - **Ancho de bus** : cuantos bytes se transmiten por operación
 - **Tipo de memoria** : DDR, DDR2, DDR3, etc.
- Se expresa en MB/s o GB/s
- Ejemplo: 17.000 MB/s



Memoria DDR2-600 / PC2-5300

Frecuencia de 600 MHz = realiza 600 Millones de operaciones por segundo

Transmite 5.300 MB por segundo entre RAM y CPU

Memoria RAM

Latencia CAS o CL

- *Latencia*
- Tiempo que transcurre desde que se piden los datos hasta que son enviados a los pines de salida del módulo.
- Cuanto menor sea, más rápida será la respuesta de la memoria.
- A veces se abrevia como CL (Cas Latency) o **CAS**.
- Ejemplo:
 - CL14 : 14 ciclos de reloj
 - 10 ns : tiempo de respuesta



Memoria DDR2-600 / PC2-5300

Frecuencia de 600 MHz = realiza 600 Millones de operaciones por segundo

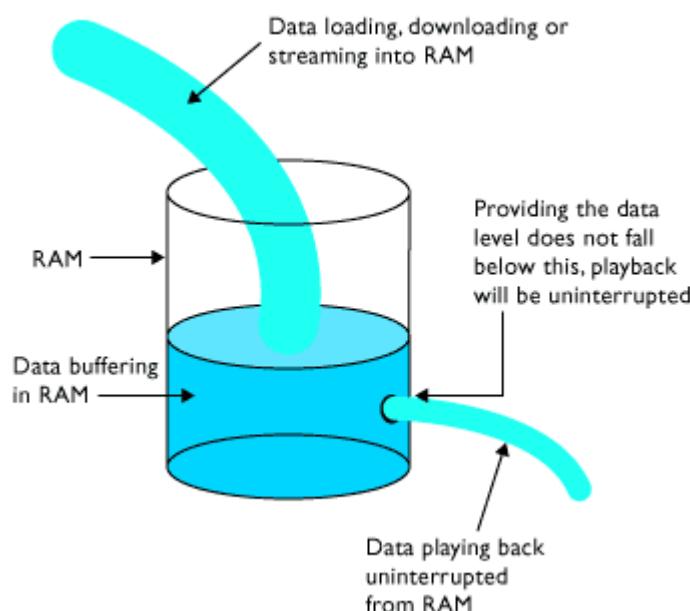
Transmite 5.300 MB por segundo entre RAM y CPU

Tiene una latencia de 6,7 ns

- *ECC*
- Memorias RAM pueden sufrir **fallos** (bits pueden cambiar de valor)
- Todas las memorias RAM experimentan errores
 - Fluctuaciones de energía
 - Interferencias
 - Componentes defectuosos
- ¿Qué es el *ECC*?
- Mecanismo de detección y corrección de errores
- Memorias ECC gracias a la paridad pueden detectar y corregir algunos de estos fallos.
- Se suelen encontrar en **servidores**, pero no en PC domésticos

KVR13S9S8/4 - 4 GB (1333 MHz, DDR3, Non-ECC , CL9, SODIMM 204-pin, 1.5 V)

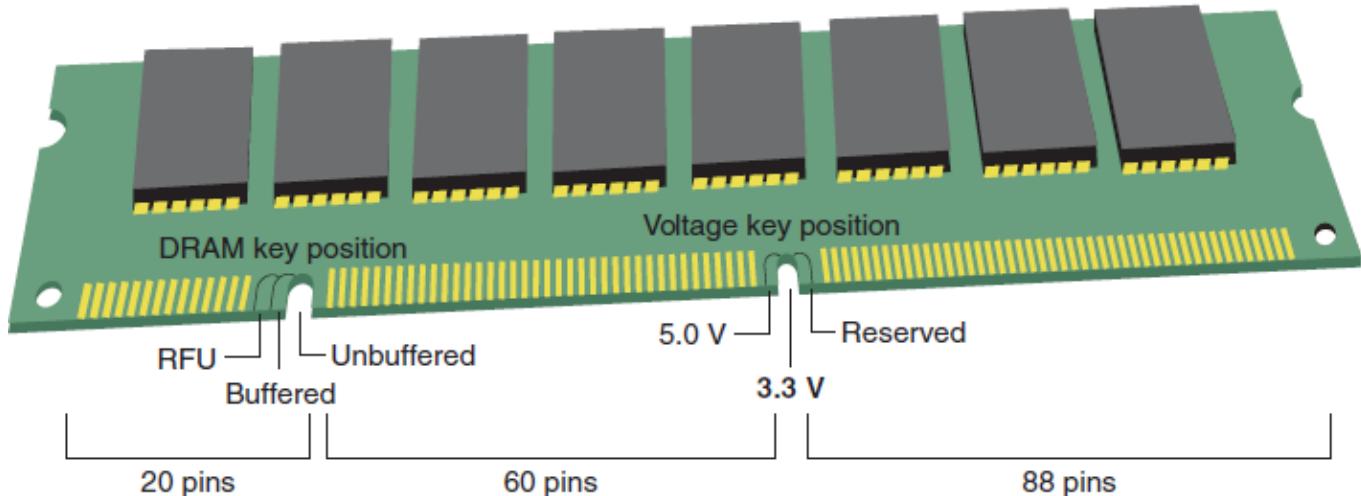
KVR16E11/8 - 8 GB (1600 MHz DDR3 **ECC** CL11 DIMM 240-pin)



Buffered y registered

- Los *buffers* y los *registros* contienen datos y amplifican una señal
- justo antes de que los datos se escriban en el módulo.
- Algunos DIMM usan búferes, algunos utilizan registros y otros no usan ninguno.
 - Si un DIMM usa búferes, se llama **buffered** _ DIMM_
 - Si usa registros, se llama **registered** _ DIMM_
 - Si un módulo de memoria no admite registros o búferes, se lo denomina **unbuffered** _ DIMM.
-
- **Full- buffered** _ DIMM (FB-DIMM):_ utiliza una técnica de almacenamiento en búfer avanzada que hace posible que los servidores admitan una gran cantidad de módulos DIMM.
- Muescas en los módulos DIMM
 - Ubicadas para identificar las tecnologías que admite el módulo.
 - Posición también evita que el tipo incorrecto de módulo se use en una placa base.

168-pin DIMM notch key definitions (3.3-V, unbuffered memory)



Características y efectos en el rendimiento

- **Cantidad de memoria:**
 - Cuanta más memoria hay, más rápido funciona sistema.
 - Tener en cuenta máximo soportado por la placa base y requisitos del sistema operativo
- **Tecnología de memoria:**
 - DDR3 es más rápido que DDR2. DDR2 > DDR > SDRAM.
 - Memorias buffered o registered pueden mejorar el rendimiento.
- **Velocidad de la memoria (MHz, PC o ns)**
 - Utilizar la más rápida compatible con la placa base.
 - Si instala módulos de diferentes velocidades, el sistema funcionará a la velocidad más lenta o podría volverse inestable.
- **ECC o non-ECC:** Non-ECC más rápido y menos costoso, no tan fiable.
- **Clasificación CL:** Cuanto más bajo, mejor
- **Multicanal**
 - DIMM de diferente capacidad o velocidad pueden funcionar en *canales individuales*
 - Utilizar canales dobles o triples si la placa es compatible con la función.
 - Instalar parejas o tríos de módulos DIMM del mismo fabricante y características en cada grupo de ranuras de canales (Kits)

Tipos de módulos según su formato físico

Memoria RAM

- ¿Por qué estandarizar?
- Necesidad de poder **intercambiar** los módulos
- Utilizar módulos de distintos **fabricantes**
- **Creación estándares JEDEC**
- **Estándares**
 - SIP
 - SIPP
 - RIMM: Módulo propietario (RAMBUS)
 - SIMM

- DIMM
- SO-DIMM: Portátiles
- FB-DIMM: Servidores



Módulos físicos (línea temporal)

Módulos obsoletos

Single In-line _ Memory _ Module

Conectores (pins) por ambos lados interconnectados

SIMM de 30 contactos

Longitud : 8,5 cm

Se deben instalar 4 módulos a la vez

Capacidades: 4Mb, 8Mb y 16Mb

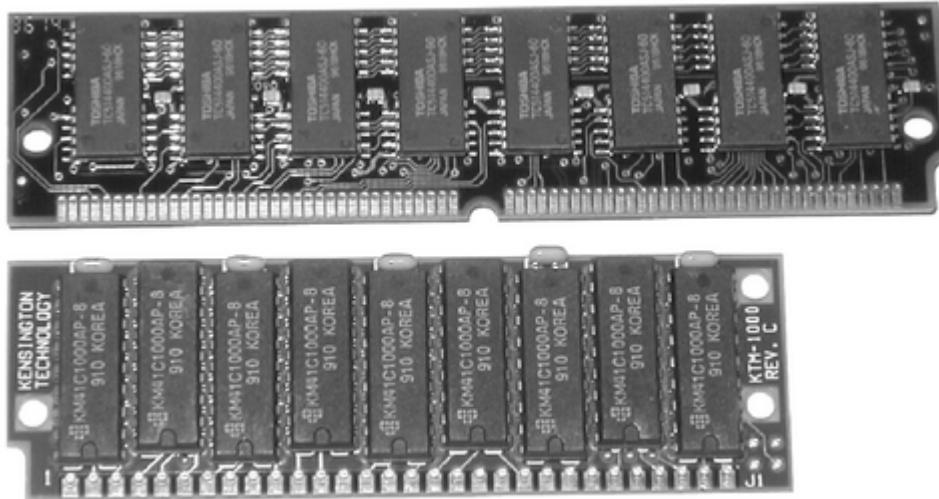
Diferentes velocidades de acceso

SIMM de 72 contactos

Longitud: 10,5 cm

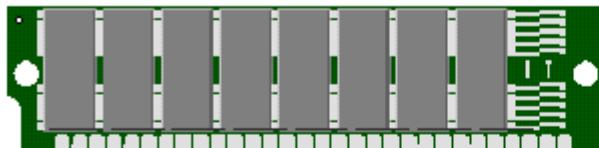
Se deben instalar 2 módulos a la vez

Bus de 32 bits.

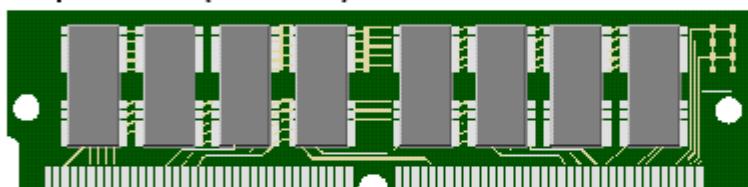


From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.

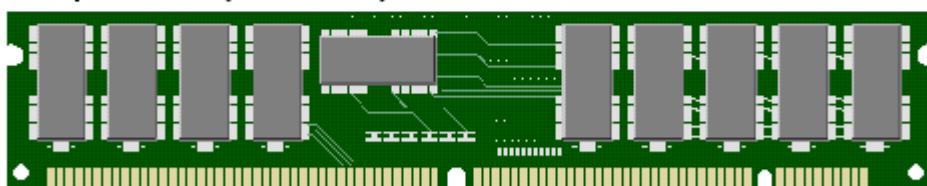
30-pin SIMM (3.5 x .75")



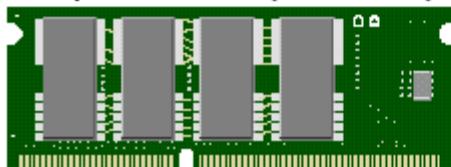
72-pin SIMM (4.25 x 1")



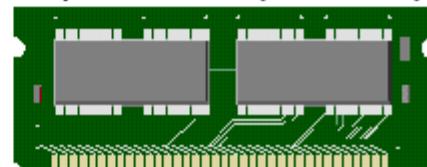
168-pin DIMM (5.375 x 1")



144-pin SODIMM (2.625 x 1")



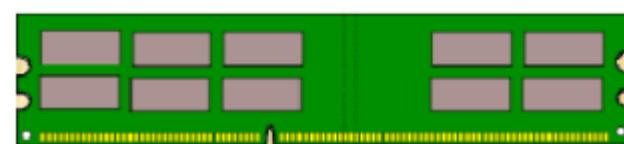
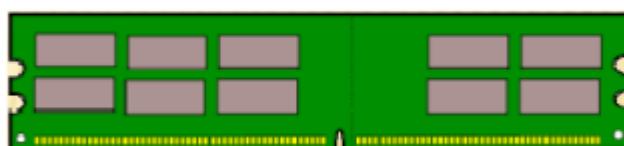
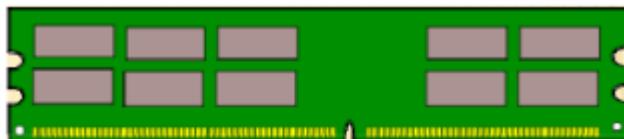
72-pin SODIMM (2.375 x 1")



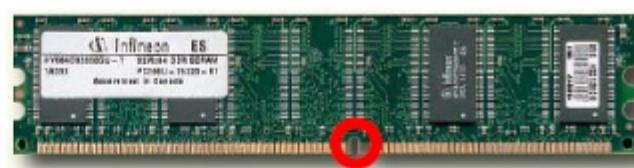
Módulos actuales

- DIMM (*Dual In-line Memory Module*)
- Tiene pines a lado y lado del borde de inserción
- Transfieren 64 bits de datos en cada ciclo de reloj
- No es necesario instalarlos módulos por parejas.
- El más utilizado para la memoria SDR y DDR SDRAM

- Versiones para portátiles: **SO-DIMM y Micro-DIMM**
- SO-DIMM (Small _ Outline _ DIMM) _
- Versión compacta del módulo DIMM convencional.
- Se utiliza en portátiles.
 - SO-DIMM de 200 contactos: DDR
 - SO-DIMM de 200 contactos : DDR2
 - SO-DIMM de 204 contactos: DDR3



DIMM 184 (DDR)



DIMM 240 (DDR2)



DIMM 240 (DDR3)

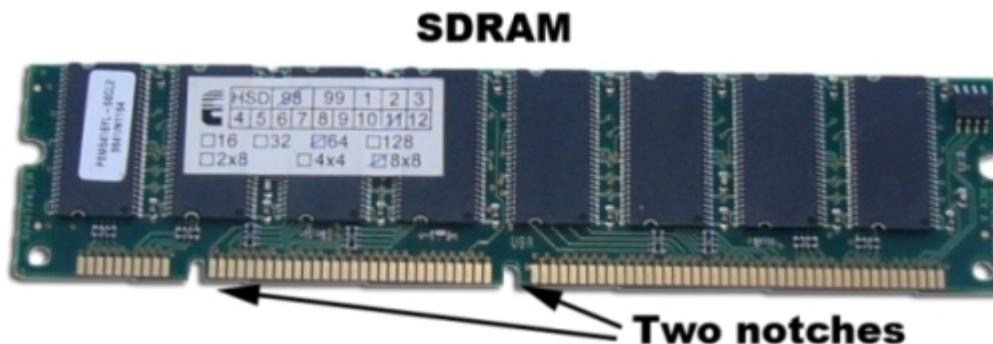


- *RIMM (Rambus In-line Memory Module)*
 - Módulos de 184 pines y dos muescas
 - Trabaja con chips de memoria Rambus (apareció con P4)
 - Altas frecuencias de trabajo —> requieren disipadores de calor (placa metálica que recubre los chips del módulo)
 - Todos los zócalos de un banco deben estar ocupados y si no, habrá que instalar un módulo de continuidad para cerrar el canal



Tipos de RAM

- *SDRAM (Synchronous DRAM) o SDR*
 - Tiene 2 muescas en el módulo
 - Se sincroniza con el reloj del sistema para leer y escribir
 - Frecuencias 100 MHz y 133 MHz (PC100/PC133 SDRAM)
 - En cada ciclo (Hz) se envían **64 bits (8 Bytes)**
- **Tasa de transferencia:**
 - PC100: 8 bytes/Hz x 100 MHz = **800 MB/s**
 - PC133: 8 bytes/Hz x 133 MHz = **1.066 MB/s**



DDR2

Tasa transferencia = Velocidad efectiva x 8

Tasa transferencia = (velocidad reloj x 2) x 8

_Doble tasa de transferencia _ de datos

Se transmiten dos datos por cada ciclo de reloj

Consegue duplicar velocidad de operación (hasta 200/266 MHz)

_Módulos: _ DIMM con 184 pines

Multicanal : Soporta dual channel

Nombre estándar	Frecuencia de Bus	Frecuencia de memoria	Datos transferidos por segundo	Nombre del módulo	Máxima capacidad de transferencia
DDR-200	100 MHz	100 MHz	200 Millones	PC-1600	1600 MB/s (1,6 GB/s)
DDR-266	133 MHz	133 MHz	266 Millones	PC-2100	2128 MB/s (2,1 GB/s)
DDR-333	166 MHz	166 MHz	333 Millones	PC-2700	2656 MB/s (2,6 GB/s)
DDR-400	200 MHz	200 MHz	400 Millones	PC-3200	3200 MB/s (3,2 GB/s)

DDR2

Tasa transferencia = Velocidad efectiva x 8

Tasa transferencia = (velocidad reloj x 4) x 8

Funciona a más velocidad que la DDR

Necesita menos voltaje, **reduce consumo de energía** y calor

Latencias son más altas que en las DDR.

Módulos: DIMM con 240 pines

Capacidad: hasta 2 GB por módulo

Multicanal : Soporta dual channel

Nombre est\'andar	Velocidad del reloj	Tiempo entre se\'ñales	Velocidad del reloj de E/S	Datos transferidos por segundo	Nombre del m\'odulo	M\'axima capacidad de transferencia
DDR2-333	100 MHz	18 ns	166 MHz	333 millones	PC2-2600	2664 MB/s
DDR2-400	100 MHz	10 ns	200 MHz	400 millones	PC2-3200	3200 MB/s
DDR2-533	133 MHz	7,6 ns	266 MHz	533 millones	PC2-4200	4264 MB/s
DDR2-600	150 MHz	6,7 ns	300 MHz	600 millones	PC2-4800	4800 MB/s
DDR2-667	166 MHz	6 ns	333 MHz	667 Millones	PC2-5300	5336 MB/s
DDR2-800	200 MHz	5 ns	400 MHz	800 Millones	PC2-6400	6400 MB/s
DDR2-1000	250 MHz	3,75 ns	500 MHz	1000 Millones	PC2-8000	8000 MB/s
DDR2-1066	266 MHz	3,75 ns	533 MHz	1066 Millones	PC2-8500	8530 MB/s
DDR2-1150	286 MHz	3,5 ns	575 MHz	1150 Millones	PC2-9200	9200 MB/s
DDR2-1200	300 MHz	3,3 ns	600 MHz	1200 Millones	PC2-9600	9600 MB/s

DDR3

Tasa transferencia = Velocidad efectiva x 8

Tasa transferencia = (velocidad reloj x 8) x 8)

Mayor tasa de transferencia de datos

Menor consumo debido a su tecnolog\'ia de fabricaci\'on

Latencias son m\'as altas que en las DDR2.

_M\'odulos: _ DIMM con 240 pines

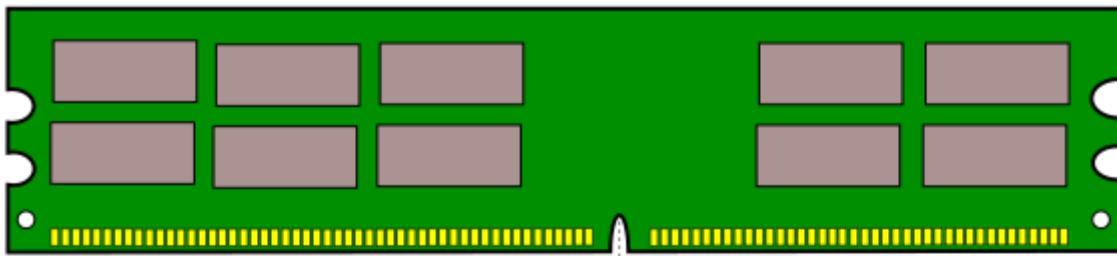
Capacidad: hasta 16 GB por m\'odulo

Multicanal : Soporta dual y triple channel

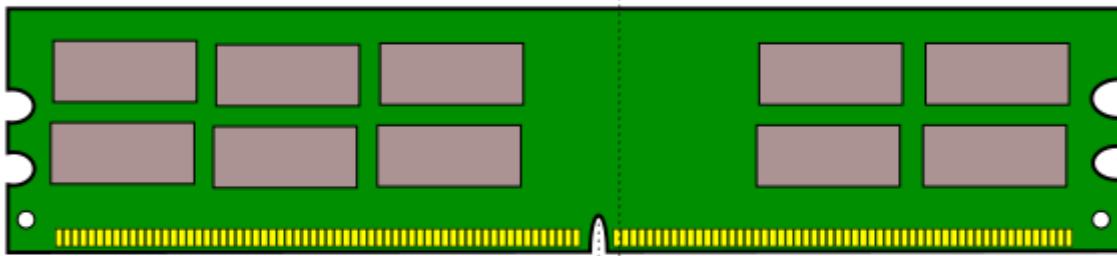
Nombre estándar	Velocidad del reloj	Tiempo entre señales	Velocidad del reloj de entrada/salida	Datos transferidos por segundo	Nombre del módulo	Máxima capacidad de transferencia
DDR3-1066	133 MHz	7,5 ns	533 MHz	1066 millones	PC3-8500	8530 MB/s
DDR3-1200	150 MHz	6,7 ns	600 MHz	1200 millones	PC3-9600	9600 MB/s
DDR3-1333	166 MHz	6 ns	666'5 MHz	1333 millones	PC3-10600	10 664 MB/s
DDR3-1375	170 MHz	5,9 ns	688 MHz	1375 millones	PC3-11000	11 000 MB/s
DDR3-1466	183 MHz	5,5 ns	733 MHz	1466 millones	PC3-11700	11 700 MB/s
DDR3-1600	200 MHz	5 ns	800 MHz	1600 millones	PC3-12800	12 800 MB/s
DDR3-1866	233 MHz	4,3 ns	933 MHz	1866 millones	PC3-14900	14 930 MB/s
DDR3-2000	250 MHz	4 ns	1000 MHz	2000 millones	PC3-16000	16 000 MB/s
DDR3-2200	350 MHz	3,3 ns	1200 MHz	2200 millones	PC3-18000	18 000 MB/s

Nota : Los módulos de memoria DDR, DDR2 y DDR3 no son compatibles entre sí. Físicamente es imposible por la posición de las muesca que evita su inserción.

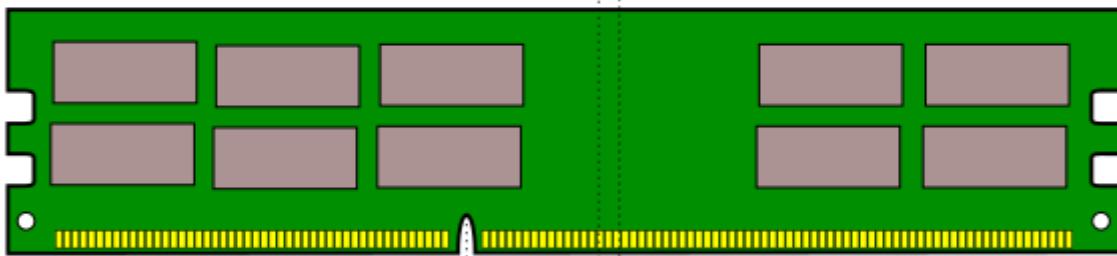
DDR



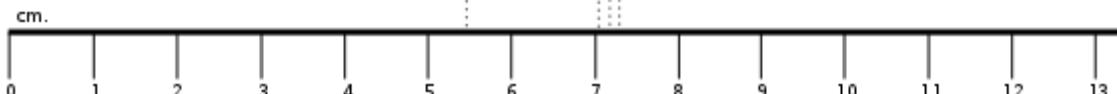
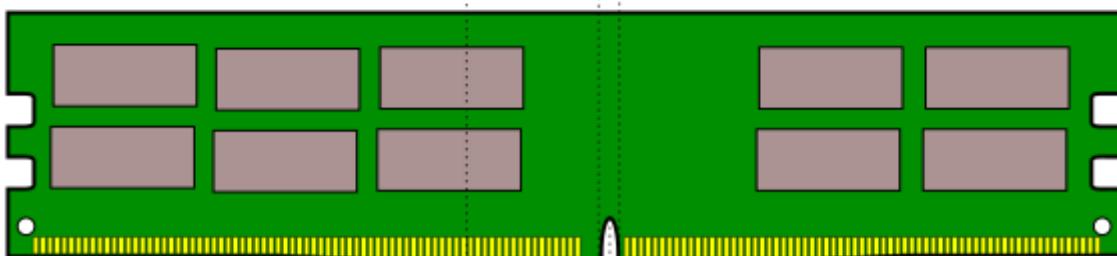
DDR 2



DDR 3



DDR 4



Funciona a más velocidad que la DDR

Necesita menos voltaje, **reduce consumo de energía** y calor

Latencias son más altas que en las DDR.

Módulos: DIMM con 288 pines

Capacidad: hasta 64 GB por módulo

Nombre estándar	Velocidad del reloj (MHz)	Tiempo entre señales	Velocidad del reloj de E/S (MT/s)	Operaciones por segundo	Nombre del módulo	Tasa de bits
DDR4-1600 ^{21 22 23 24 25}	200		1600 MHz ^{23 24}	1600 millones ^{21 26 25}	PC4-12800 ^{21 22 23 24}	12 800 MB/s ^{23 24}
DDR4-1866 ^{21 22 23 24 25}	233		1866 MHz ^{23 24}	1866 millones ^{21 26 25}	PC4-14900 ^{21 22 23 24}	14 933 MB/s ^{23 24}
DDR4-2133 ^{21 22 23 24 25}	266 ²⁴		2133 MHz ^{23 24}	2133 millones ^{21 26 25}	PC4-17000 ^{21 22 23 24}	17 066 MB/s ^{23 24}
DDR4-2400 ^{21 22 23 24 25}	300 ²⁴		2400 MHz ^{23 24}	2400 millones ^{21 26 25}	PC4-19200 ^{21 22 23 24}	19 200 MB/s ^{23 24}
DDR4-2666 ^{21 22 23 24 25}	333 ²⁴		2666 MHz ^{23 24}	2666 millones ^{21 26 25}	PC4-21300 ^{21 22 23 24}	21 300 MB/s ^{23 24}



- *GDDR*
- Son _chips de memoria insertados_
 - En algunas tarjetas gráficas
 - En placas base donde la tarjeta gráfica está integrada.
- Memorias muy rápidas
- Controladas por el procesador de la tarjeta gráfica.
- Se los conoce como RAM DDR para gráficos.
- Consolas de videojuegos como la Xbox 360 o la Playstation 3 utilizan este tipo de memoria RAM.



Parámetros memoria RAM

- Las memorias DDR, DDR2 y DDR3 se suelen denominar de dos formas:
- **Según frecuencia (Mhz)**: DDR3-1600, DDR3-1333, DDR3-1066...
- Según tasa transferencia (MBps): PC3-12800, PC3-10600, PC3-8500...
- ¿Cómo pasar de uno a otro?
- En las memorias DDR, DDR2 y DDR3 el ancho de banda de los módulos se calcula multiplicando por 8 la velocidad del bus.
 - DDR-400 = PC-3200
 - DDR3- **1600** = PC3- **12800** .

Memoria DDR3

Memoria RAM

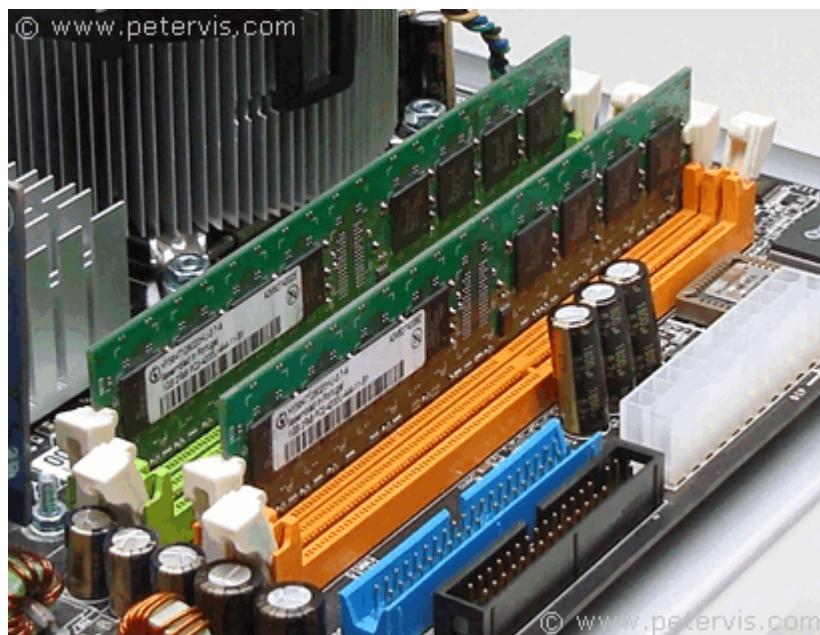
Dual / triple / quad channel

Memoria RAM

- Los canales tienen que ver con cuántas ranuras DIMM puede controlar el controlador de memoria a la vez .
- Los primeros DIMM solo usaban un solo canal, lo que significa que el controlador de memoria solo puede acceder a un DIMM a la vez.
- Para mejorar el rendimiento general de la memoria:
 - Dual **channels** permiten que el controlador de memoria se comunique con dos módulos DIMM al mismo tiempo , duplicando de forma efectiva la velocidad de acceso a la memoria.
 - Una placa base que admite triple channel puede acceder a tres módulos DIMM al mismo tiempo. Los DIMM DDR, DDR2 y DDR3 pueden usar canales duales. Los DIMM DDR3 también pueden usar canales triples.
- Para que dos canales o canales triples funcionen, la placa base y el DIMM deben ser compatibles con la tecnología.

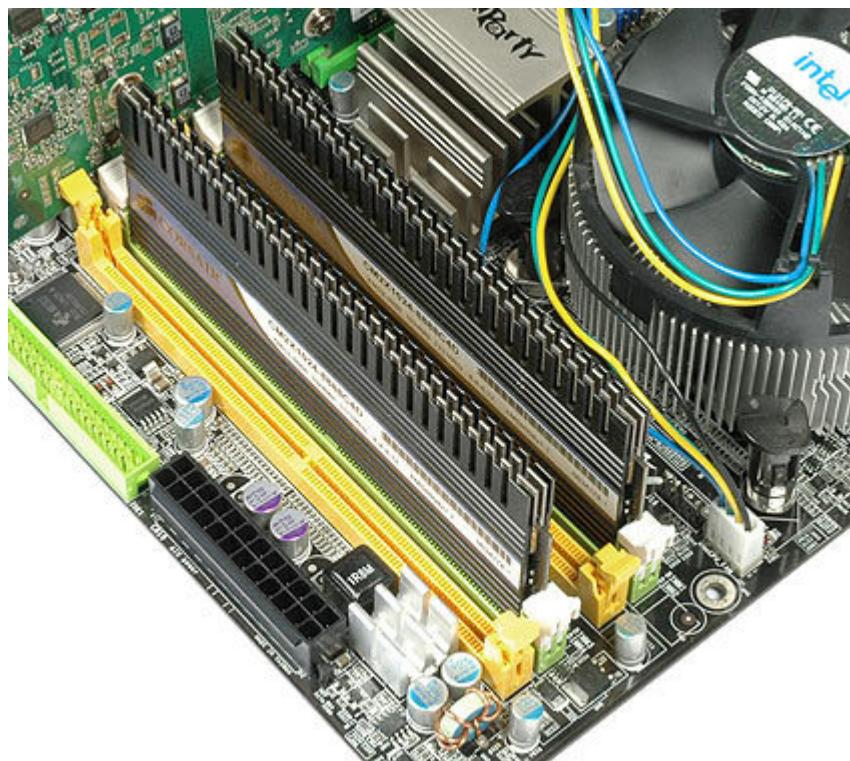
Dual / Triple / Quad channel

- Permite a la CPU trabajar
 - Con 2/3 canales de memoria simultáneamente
 - Utilizando 2 o 3 módulos de idénticas características.
- *Consecuencias*
 - Ancho de banda se multiplica
 - Mejoras de rendimiento (ej: GPU integrada)
- *Tipos*
 - Dual channel: entornos domésticos
 - Tri channel y **quad** channel: Se usan con Core i7 y algunos Xeon (servidores)



Combinación de memorias RAM

Múltiples canales



- **Para poder utilizar configuración dual/triple/ quad _ channel_**
 - La placa base lo tiene que soportar
 - El procesador lo tiene que soportar (controlador de memoria)
 - Se tienen que insertar en las ranuras correctas
 - Mismo tipo y capacidad de memoria
- **Kits de memoria**
 - Aseguran que funcionarán adecuadamente
 - No son obligatorios para utilizar esta tecnología
 - Nos garantizan que han sido probados

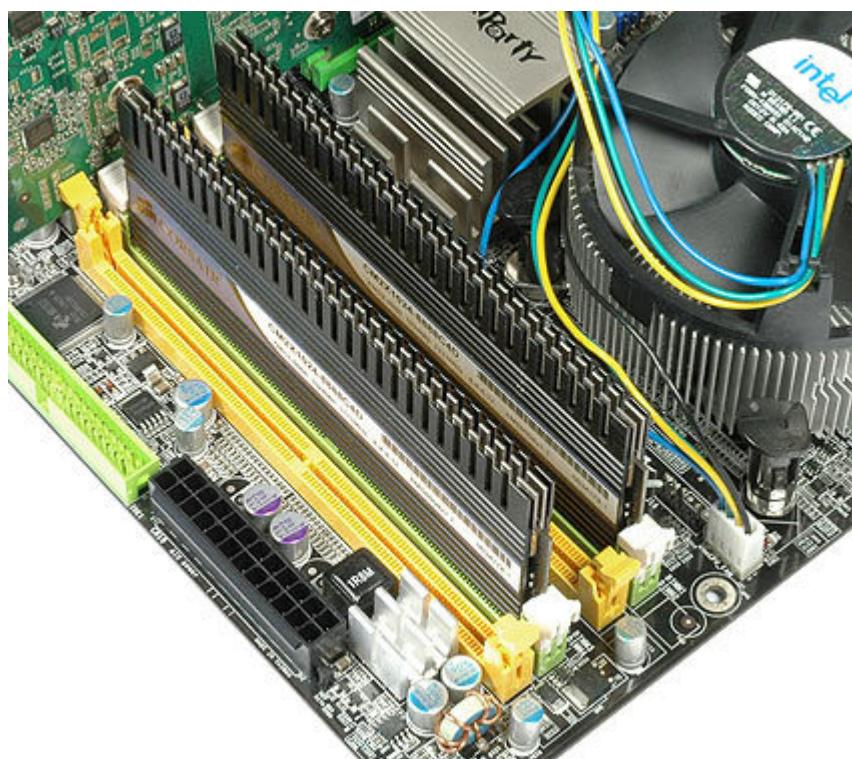


SAMSUNG

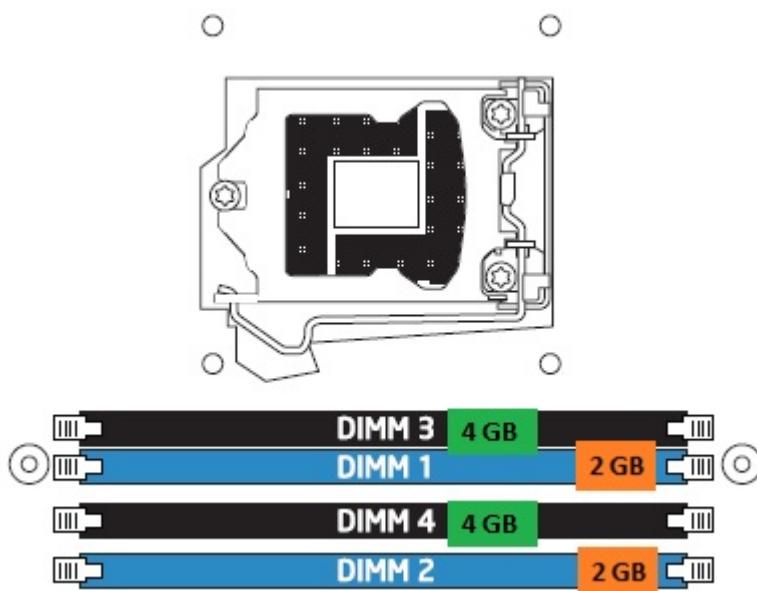
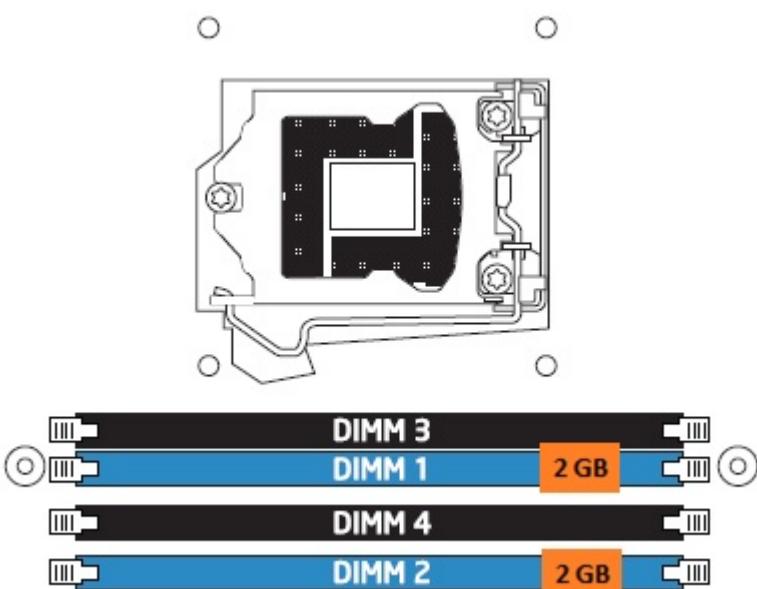
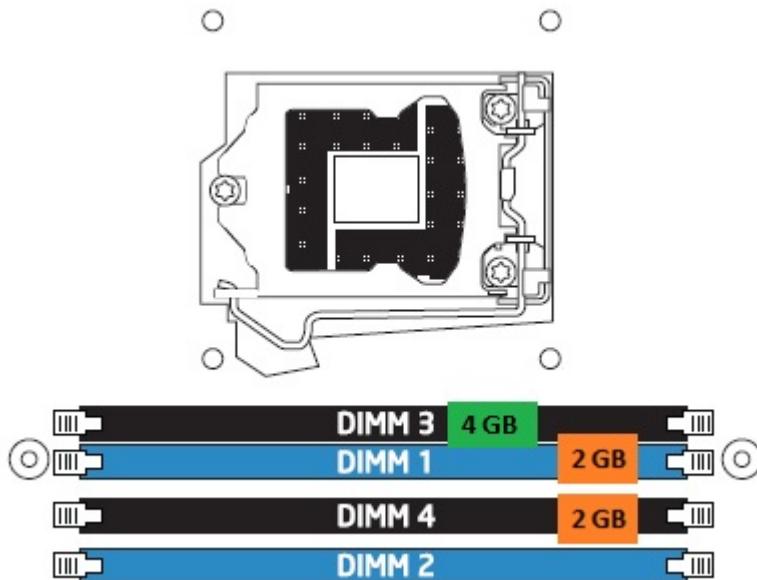
**8GB (2x4GB) 2Rx8 1,35V
Dual-Channel Kit
PC3L-12800S 1600MHz SO.Dimm**

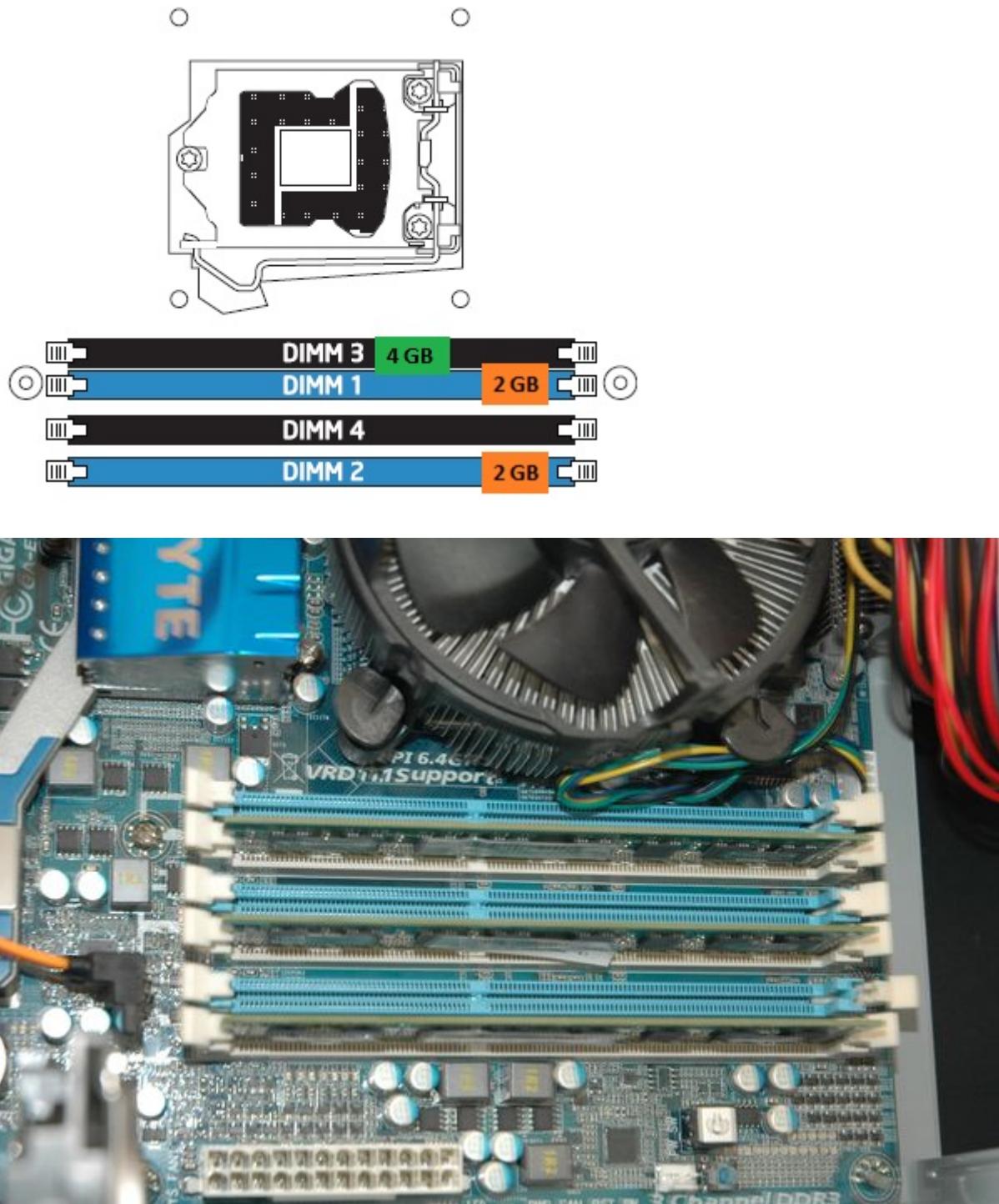


Combinación de módulos

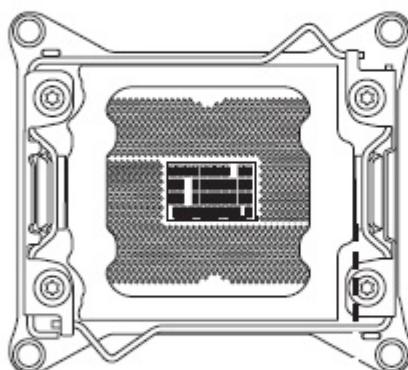
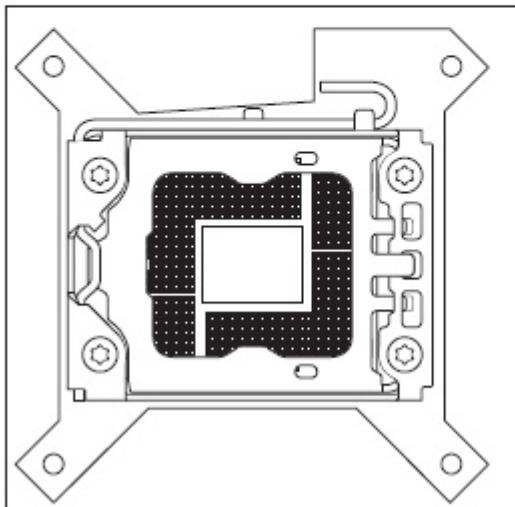
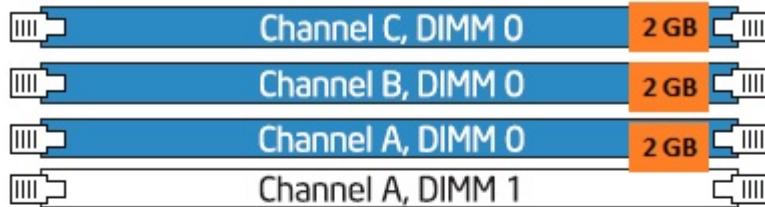


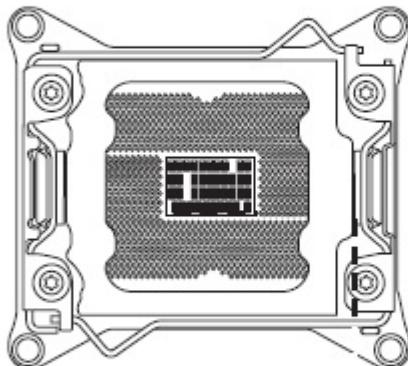
- Dual _ channel
- Desarrollada en 1993 (era Pentium)
- Tecnología permite incrementar el rendimiento
- Accediendo **simultáneamente** a 2 módulos RAM
- Transferencias de $64 \times 2 = \mathbf{128 \text{ bits}}$
- Para lograr dicho efecto
 - **Chipset** tiene que tener implementado un segundo controlador de memoria en el puente norte
 - 2 módulos de memoria de misma capacidad, velocidad y tipo
 - Colocados en **2 zócalos de igual color**



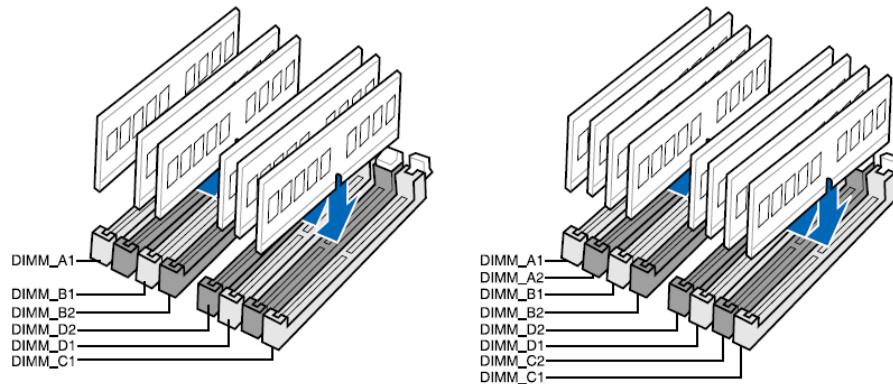
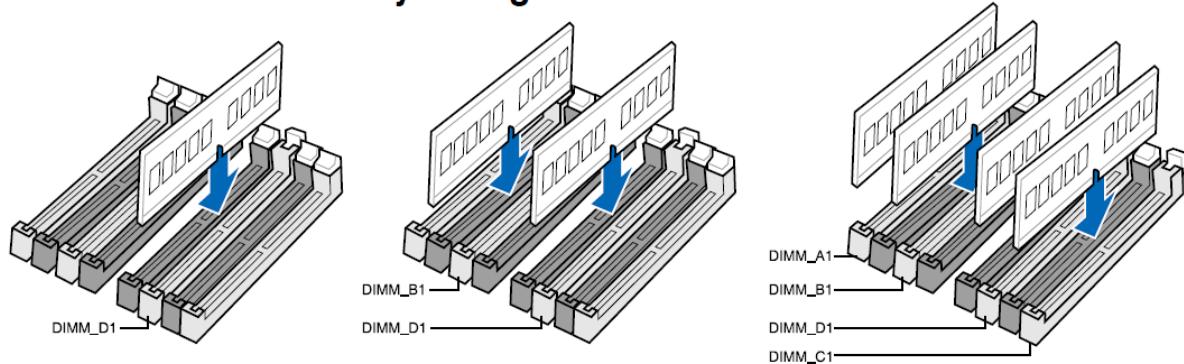


- Tri _ Channel
- Tecnología que nos permite acceder simultáneamente a 3 módulos de memoria.
- Transferencias de $3 \times 64 = \mathbf{192 \text{ bits}}$
- Para lograr dicho efecto
 - 3 módulos de memoria de la misma capacidad, velocidad y tipo
 - Colocados en 3 ranuras de igual color

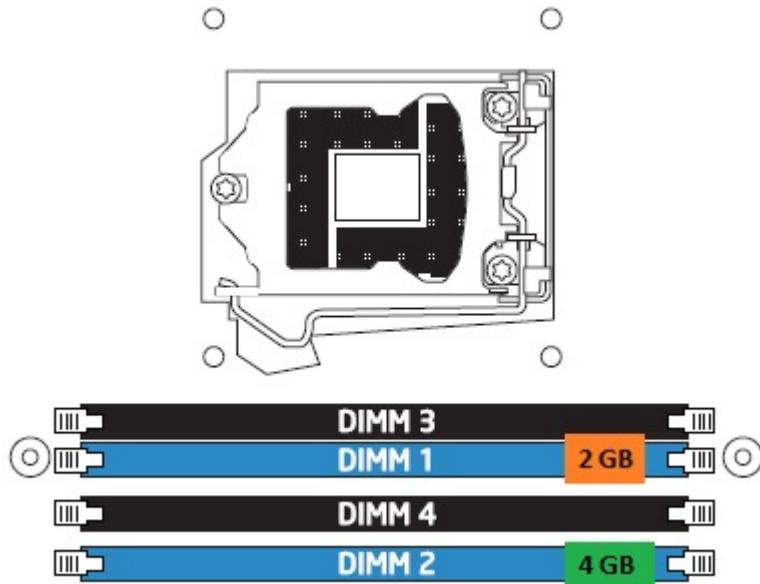




Recommended memory configurations



- Este modo da como resultado la operación dual y de un solo canal en toda la memoria DRAM
- La operación es la siguiente:
 - 2 GB (DIMM 1) + 2 GB (de DIMM2)
 - Funcionan conjuntamente en modo de doble canal.
 - 2 GB (DIMM2) restante funciona en modo monocanal.



Multicanal

Ejemplo configuraciones

Mode	Sockets				
	DIMM_A1	DIMM_A2	DIMM_B1	DIMM_B2	
Single channel	(1)	Populated	—	—	—
	(2)	—	Populated	—	—
	(3)	—	—	Populated	—
	(4)	—	—	—	Populated
Dual channel*	(1)	Populated	—	Populated	—
	(2)	—	Populated	—	Populated
	(3)	Populated	Populated	Populated	Populated