

UD 01 – Sistemas Informáticos. Hardware.

Microprocesador y memoria RAM.

Contenido

1	El microprocesador	3
1.1	Concepto de microprocesador	3
1.2	Arquitectura interna	4
1.2.1	Ley de Moore y densidad de integración.....	4
1.2.2	Número de núcleos del microprocesador	5
1.2.3	Elementos de un microprocesador	7
1.3	Arquitectura externa. El bus principal.....	9
1.3.1	Arquitectura de Doble-Bus.	9
1.3.2	Arquitectura QPI (QuickPath Interconnect), de Intel.	10
1.3.3	Arquitectura HT (Hypertransport), AMD.....	10
1.4	Características principales de los microprocesadores	11
1.4.1	Anchura de los buses	11
1.4.2	Memoria caché	12
1.4.3	Velocidad interna del procesador	15
1.4.4	Velocidad del Bus Principal o Velocidad Externa.....	20
1.4.5	Densidad de integración	20
1.4.6	Alimentación o Voltaje	20
1.4.7	Paralelismo	20
1.4.8	Otras características.....	22
1.4.9	Tipos de instrucciones (AMPLIACIÓN)	25
1.5	Microprocesadores de Intel y AMD en el tiempo, desde 2002	27
1.6	Refrigeración	27
1.6.1	Tipos de refrigeración	28
2	La memoria	32
2.1	La memoria principal (RAM)	33
2.1.1	Clasificación de memorias	33
2.1.2	Memorias que se utilizan actualmente, DDR3 y DDR4	34
2.1.3	Parámetros de las memorias RAM.....	35
2.1.4	Características específicas de las memorias	36
2.1.5	Ejemplos.....	37
2.2	Resumen de tipos de memorias y tecnologías	38
3	Bibliografía.....	39
4	Anexo (Ampliación)	40

4.1	Nomenclatura utilizada en DDR (índice PC).....	40
4.2	Algunos tipos de RAM según su formato físico:.....	42
4.3	Diferentes tecnologías DDR3: Las diferencias entre DDR3, DDR3L, DDR3U, LPDDR3.....	44

1 El microprocesador

1.1 Concepto de microprocesador

El microprocesador es el cerebro del ordenador, y se encarga de:

- **decodificar y ejecutar** las instrucciones de los programas cargados en memoria principal.
- **coordinar y controlar** el resto de componentes que forman el ordenador y aquellos periféricos conectados a este.

Físicamente, el microprocesador, también conocido como CPU, **es un circuito integrado** o chip formado por millones de transistores contruidos sobre una oblea de silicio. Suele tener forma cuadrada o rectangular y va colocado sobre un elemento de la placa base denominado **zócalo**. En ordenadores antiguos (década de 1980) el procesador iba soldado a la placa y no podía cambiarse por otro.

La aparición del microprocesador marcó el inicio de la cuarta generación de ordenadores.

Aspecto	Generación del computador			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Período	1950-1959	1960-1968	1969-1977	1978-hoy
Innovación que la origina	Tubos de vacío	Transistor	Circuito integrado. Escala de integración MSI.	Microprocesador. Escala de integración VLSI.
Modelo comercial de referencia	UNIVAC (1951)	IBM 360 (1964)	Cray-1 (1976)	Pentium Pro 200 MHz (1996)
Memoria	48 KB	64 KB	32 MB	16 MB
Potencia	124 KW	10 KW	60 KW	0.3 KW
Tamaño	28 m ³	1.68 m ³	1.62 m ³	0.05 m ³
Coste en €	5 500 000	4 570 000	9 340 000	4 850
Rendimiento	1	263 x UNIVAC	332 x IBM360	2.5 x Cray-1

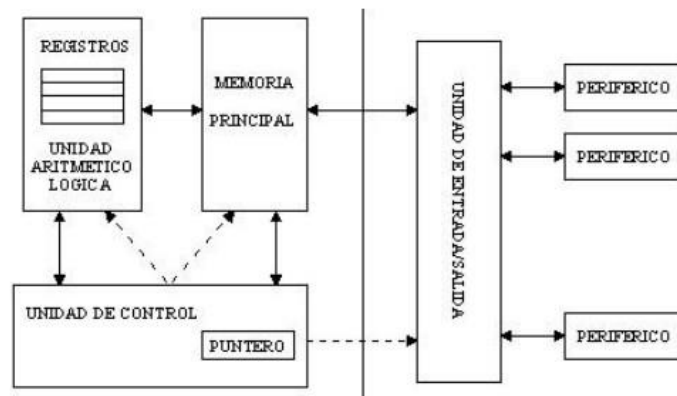
Si te interesa conocer algo acerca del proceso de fabricación de los microprocesadores, puedes ver el siguiente vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=ctS_hRcUoVI&feature=related

1.2 Arquitectura interna

Llamamos arquitectura interna del microprocesador a la distribución física de sus componentes.

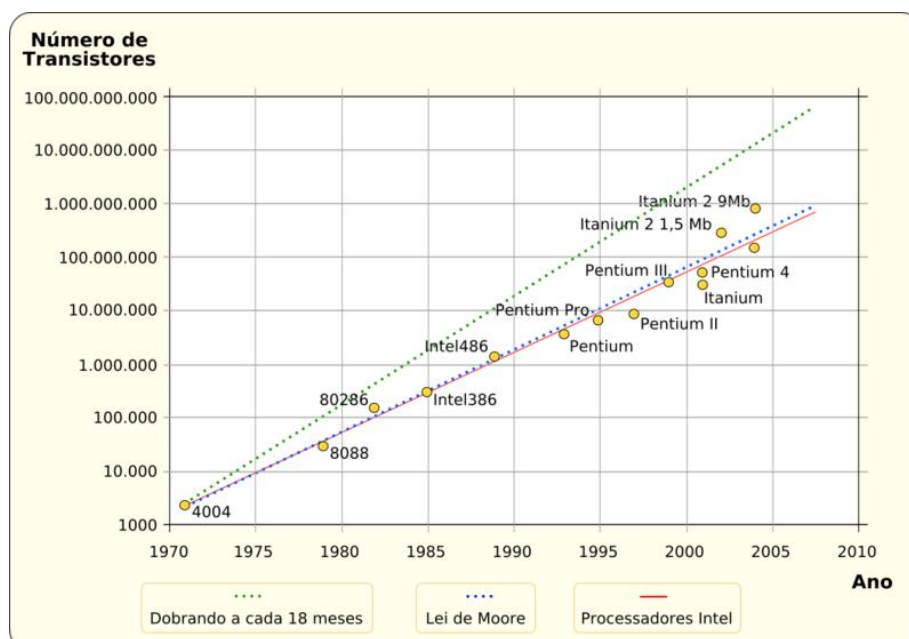
Los primeros microprocesadores se crearon de acuerdo a la arquitectura de Von Neumann que ya conocemos:



La evolución de la electrónica ha permitido integrar más componentes dentro del microprocesador que hacen que cada vez sean más potentes y rápidos.

1.2.1 Ley de Moore y densidad de integración

En 1965 Gordon Moore predijo que el número de transistores que incorpora un microprocesador se duplicaría cada 18/24 meses. A dicha afirmación se le conoce como **Ley de Moore** y prácticamente se ha cumplido hasta nuestros días.



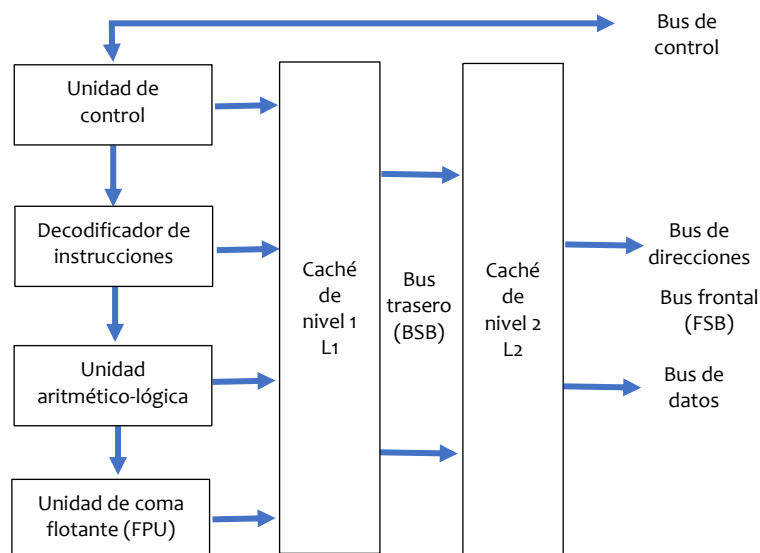
De José Maria Silveira Neto - Created in Inkscape based on http://fr.wikipedia.org/wiki/Image:Loi_de_Moore.png but with a better desing and colors and in portuguese., Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=898084>

Al aumentar la densidad de integración, se aumenta el número de transistores que se pueden integrar en un mismo espacio físico. Con ello, aumenta la velocidad de conmutación de los transistores y por tanto la frecuencia del chip. Pero aumenta la cantidad de elementos que deben atravesar las señales eléctricas, y la longitud de este camino condiciona fuertemente la frecuencia de funcionamiento del conjunto.

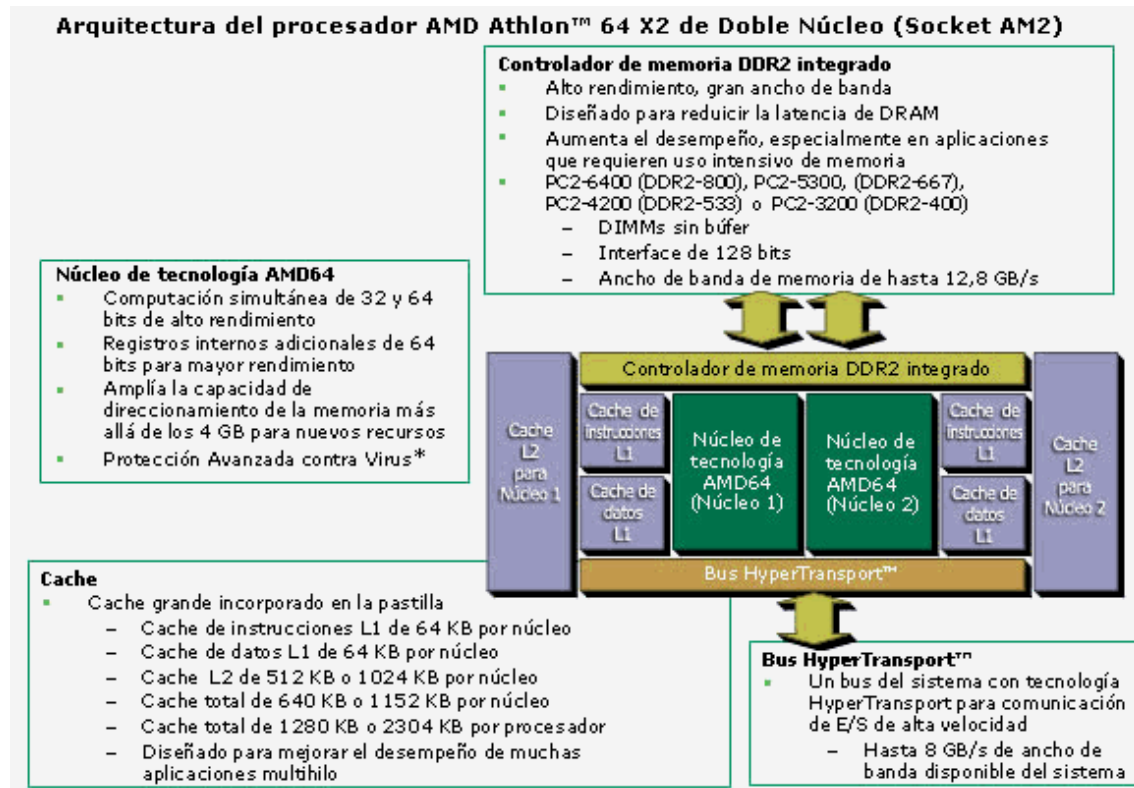
El aumento de la densidad de integración también permite aumentar el tamaño de la caché integrada.

1.2.2 Número de núcleos del microprocesador

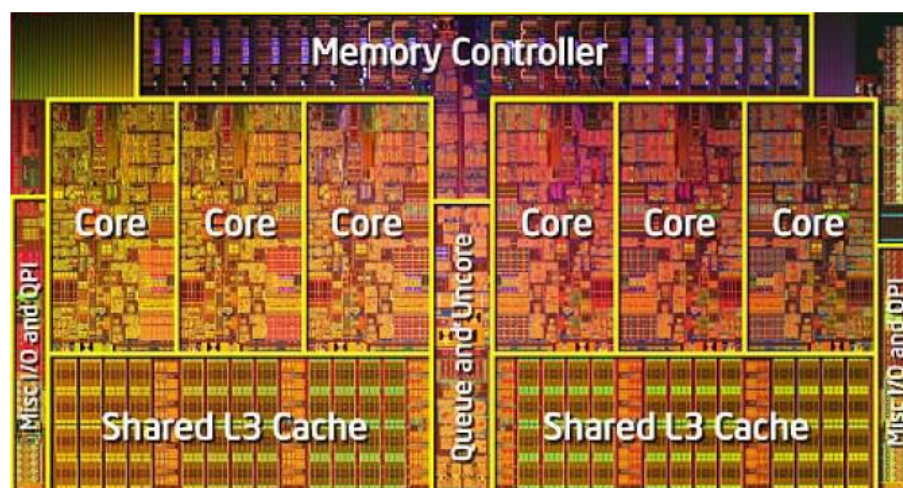
- **Procesadores mononúcleo.** Un único núcleo en el chip del microprocesador, es decir, una única unidad de procesamiento.



- Procesadores multinúcleo (no se debe confundir con sistemas multiprocesador, es decir, con dos o más microprocesadores). Disponen de varios núcleos en un mismo chip. Es como si tuviéramos varios cerebros en un mismo chip. Permiten mejorar el desempeño del sistema (siempre y cuando las aplicaciones o el sistema operativo sean capaces de aprovecharlos).

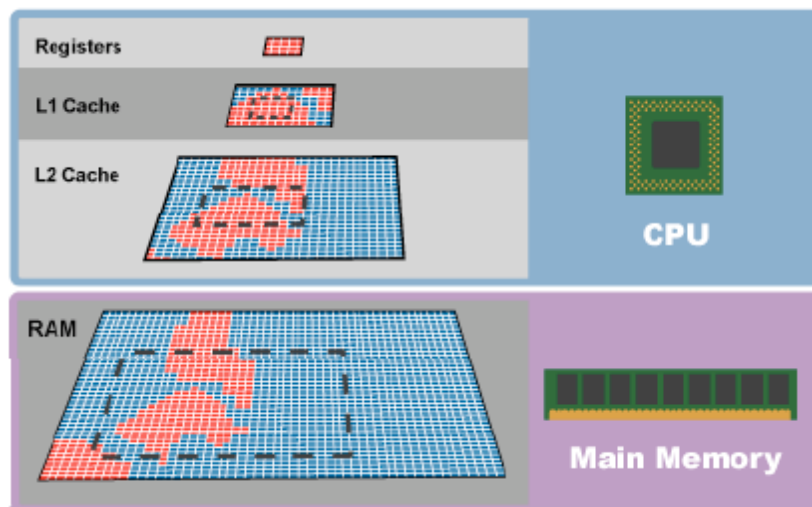


Vemos como **ejemplo** la estructura interna del Intel Core i7 980X Extreme Edition. Se distinguen seis núcleos, que incluyen memoria caché de nivel 1 y 2, y los bancos de memoria caché de nivel 3, compartida.



1.2.3 Elementos de un microprocesador

- **Unidad de control.** Busca las instrucciones en memoria principal y las pasa al decodificador para ejecutarlas.
- **Decodificador de instrucciones.** Interpreta y ejecuta las instrucciones.
- **Unidad aritmético-lógica (ALU).** También llamada coprocesador matemático. Se encarga de realizar las operaciones aritméticas (suma, resta, ...) y lógicas (AND, OR, ...) con números enteros.
- **Unidad de coma flotante (FPU).** Realiza las operaciones de coma flotante (números reales).
- **Memoria caché.** Es una memoria volátil que se utiliza para reducir los accesos del procesador a la memoria principal.



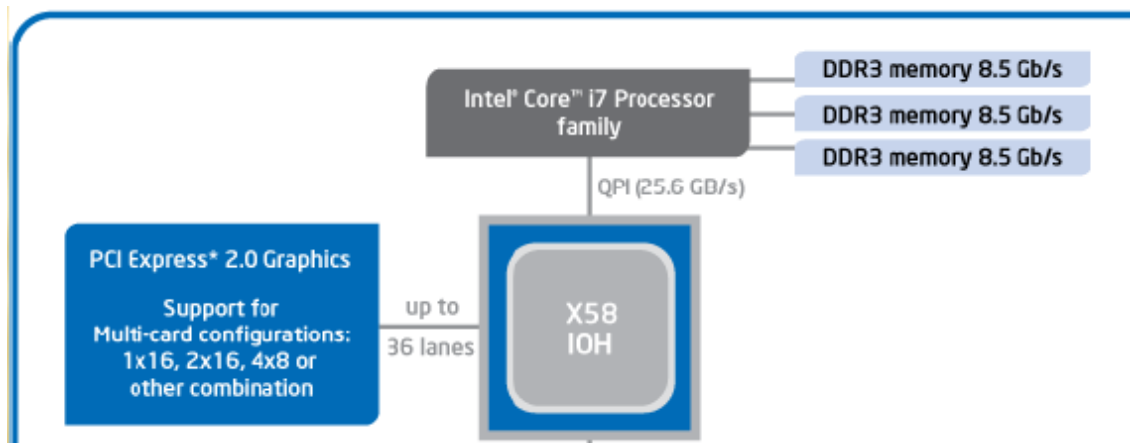
- **Bus frontal (Front Side Bus, FSB).** También conocido como bus principal o bus de sistema. Es el canal que comunica el procesador con la placa base (northbridge). En los procesadores actuales recibe nombres como Quick Path Interconnect (QPI) o Direct Media Interface (DMI) en sistemas Intel o Hypertransport en AMD.

Aunque los fabricantes lo llamen de distinta forma se trata del mismo bus → **Bus de sistema**, es decir, comunica el procesador y la placa.

- **Bus trasero (Back Side Bus, BSB).** Es el nombre que se daba al canal de comunicación entre el procesador y la memoria cache L2 cuando esta no estaba integrada en el núcleo.

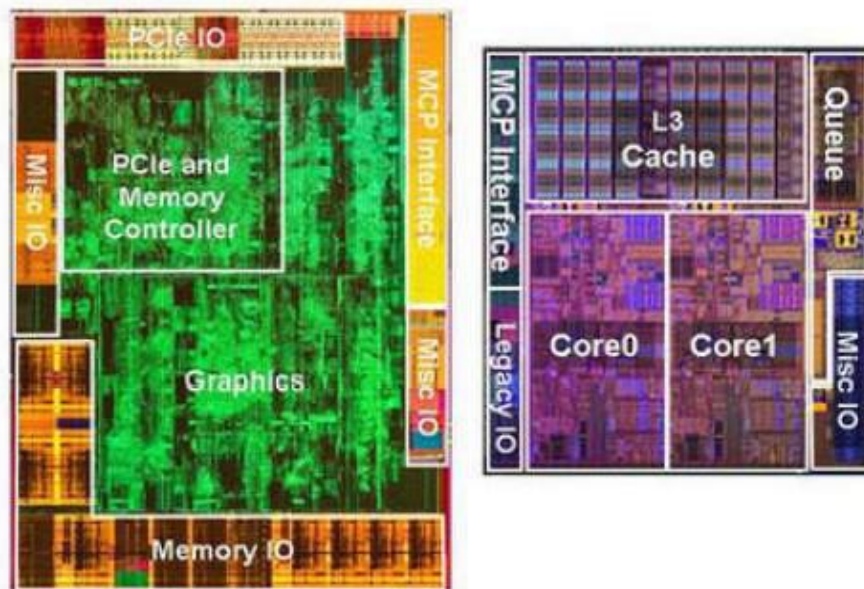
Con los nuevos procesadores multinúcleo aparecen nuevos elementos en el procesador:

- **Controlador de Memoria Integrado (IMC).**
 - Es el elemento que permite que los nuevos procesadores puedan acceder directamente a memoria principal.
- **Bus de sistema de alta velocidad.**
 - Es el sustituto del FSB en las nuevas arquitecturas de Intel (QPI) y AMD (HT). (Más detalle sobre el bus del sistema en el punto siguiente)

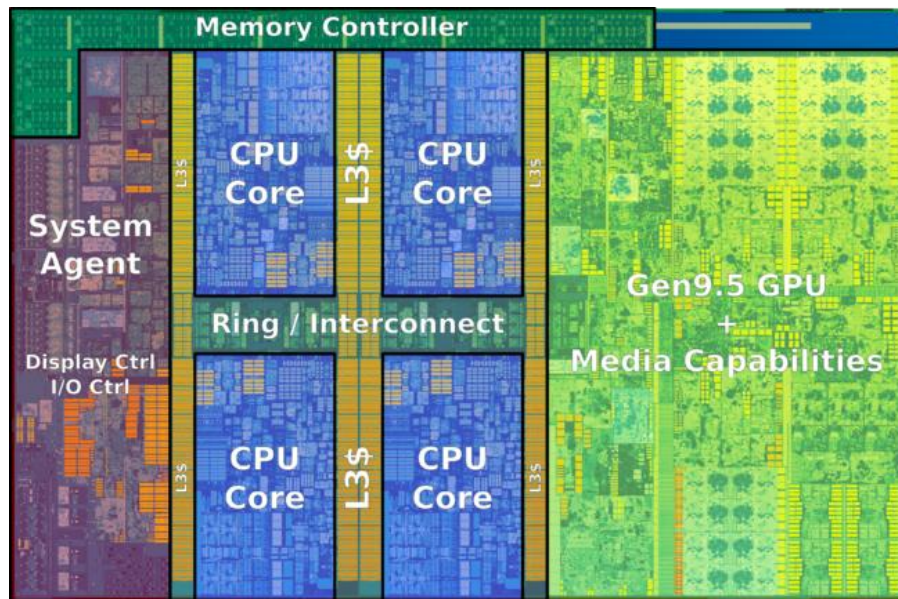


- **GPU integrada en el procesador**

Ejemplo: Microarquitectura Nehalem (izquierda puente norte, derecha microprocesador), la gestión de gráficos está en el puente norte, no integrada en el micro.



Ejemplo: Microarquitectura Kaby Lake (mayor integración). GPU integrada en el microprocesador.



Fuente: en.wikichip.org

1.3 Arquitectura externa. El bus principal

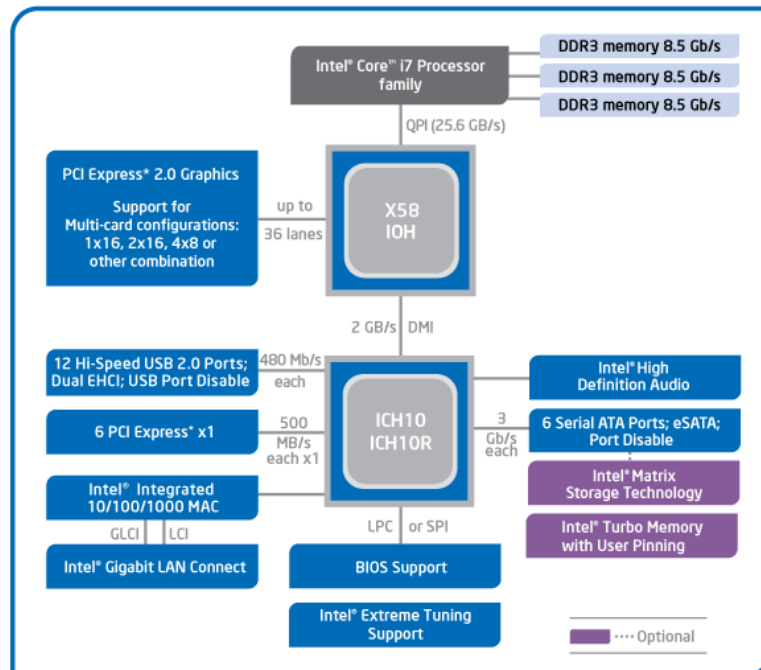
Se llama así a la estructura que presenta el conjunto procesador - placa base. Distinguiremos tres tipos principales:

1.3.1 Arquitectura de Doble-Bus.

- Se trata de la arquitectura usada tradicionalmente: Front Side Bus (FSB) + Back Side Bus (BSB)
- Intel utilizó dicha tecnología hasta hace relativamente poco, siendo el Quad Core el último procesador que la implementó.
- El controlador de memoria se encuentra en el Northbridge.
- El FSB es un bus con líneas independientes para direcciones, datos y control.
- Con la integración de las memorias caché en el propio núcleo del micro, el BSB desapareció como tal.

1.3.2 Arquitectura QPI (QuickPath Interconnect), de Intel.

- Arquitectura utilizada por Intel en sus procesadores Core i con microarquitecturas Nehalem y Sandy Bridge, por ejemplo.

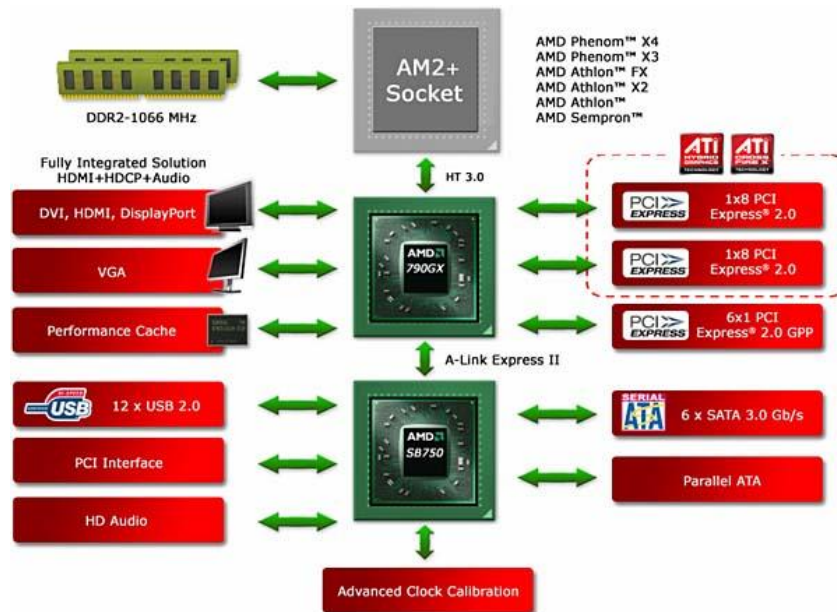


Intel® X58 Express Chipset Block Diagram

“Un bus es un subsistema que transfiere datos entre los componentes de una computadora o entre computadoras. Algunos tipos son el **bus frontal (FSB)**, que transporta datos entre la CPU y el concentrador de controladores de memoria; la **interfaz directa de medios (DMI)**, que es una interconexión de punto a punto entre un controlador de memoria integrado Intel y un concentrador de controladores de E/S Intel en la placa de una computadora y **Quick Path Interconnect (QPI)**, que es una interconexión punto a punto entre la CPU y el controlador de memoria integrado.” (Fuente: Intel)

1.3.3 Arquitectura HT (Hypertransport), AMD.

- Arquitectura propietaria de AMD creada para sustituir a la arquitectura de doble bus. En ocasiones se identifica con las siglas HTT para diferenciarlo de HyperThreading (HT).
- Estos procesadores incorporan el controlador de **memoria integrado** por lo que pueden comunicarse directamente con la memoria principal (RAM).



1.4 Características principales de los microprocesadores

Las características principales que determinan las prestaciones de un microprocesador son las siguientes:

- Anchura de los buses de datos y direcciones
- Tamaño de la memoria caché
- Frecuencia de reloj a la que trabaja (velocidad interna)
- Frecuencia a la que trabaja el bus de sistema (velocidad externa)
- Densidad de integración
- Alimentación (voltaje)

1.4.1 Anchura de los buses

Esta anchura de los buses coincide a su vez con el tamaño de los registros correspondientes (datos y direcciones) en el procesador.

- Bus de datos
 - Representa el dato más grande que es capaz de manejar el microprocesador en una sola operación.
 - Además, el tamaño de este bus determina el ancho de palabra de la memoria principal.

- Bus de direcciones
 - El tamaño de este bus determina la cantidad máxima de memoria que podemos direccionar.
 - Con 32 bits de ancho de bus podremos direccionar hasta 4 GB (2^{32}).
 - Actualmente los microprocesadores disponen de buses de direccionamiento de 64 bits por lo que podrían direccionar 16 exabytes.

1.4.2 Memoria caché

- La memoria caché es una memoria intermedia que se sitúa entre la memoria principal y la CPU para acelerar los accesos a memoria.
- Se trata de memorias de tamaño mucho más pequeño y de velocidades mucho mayores que la memoria RAM.
- En ellas se almacenan las últimas instrucciones procesadas o las futuras a procesar junto con sus datos.
- Existen varios tipos:

Modalidad de caché en relación al microprocesador	Ubicación en el sistema	Denominación de su conexión al microprocesador
Externa	En placa base	Bus local o bus frontal (FSB, Front-Side Bus)
Interna	En un segundo chip junto al de la CPU	Bus trasero (BSB, Back-Side Bus)
Integrada	Como parte del propio chip de la CPU	Conexión interna

En la actualidad la modalidad utilizada es la integrada.

- Las memorias caché son memorias SRAM, memorias que no necesitan refresco.
- Hay varios niveles de memoria caché, llamados L1, L2 y L3:

Caché de 1er nivel (L1):

- integrada en el propio núcleo del procesador
- muy rápida, trabaja a la misma velocidad que el procesador
- almacena instrucciones y datos de uso muy frecuente
- suele a su vez estar dividida en dos partes dedicadas: una para instrucciones y otra para datos.
- Si la parte de instrucciones y datos no está separada se denomina caché unificada. Esto era típico de las primeras cachés.

Caché de 2º nivel (L2):

- A partir de los procesadores Pentium III deja de estar en la placa base para incorporarse al microprocesador. Ahora la encontramos en los núcleos del microprocesador.
- algo más lenta que la L1, pero de mayor capacidad.
- guarda datos de uso menos frecuente que los almacenados en la cache L1
- a diferencia de la caché L1, no está dividida, y su utilización está más encaminada a programas que al sistema.

Caché de 3er nivel (L3):

- memoria caché más lenta que la L2
- puede encontrarse en el procesador (lo más habitual) o en placa base. En los microprocesadores multinúcleo suele estar compartida entre los diferentes núcleos.

Notas acerca de las maneras en que puede estar especificada la memoria caché de un microprocesador:

- Si aparece caché 64kB + 64 kB, quiere decir 64 kB para instrucciones y 64 kB para datos.
- Si vemos 2 x 4 MB, quiere decir que son 4MB por núcleo si tiene dos núcleos o 4 MB por pareja de núcleos si tiene cuatro núcleos.
- Si sale sólo una cantidad, por ejemplo 2 MB y no 4 x 512 kB, entonces es compartida por todos los núcleos, en este caso 4.

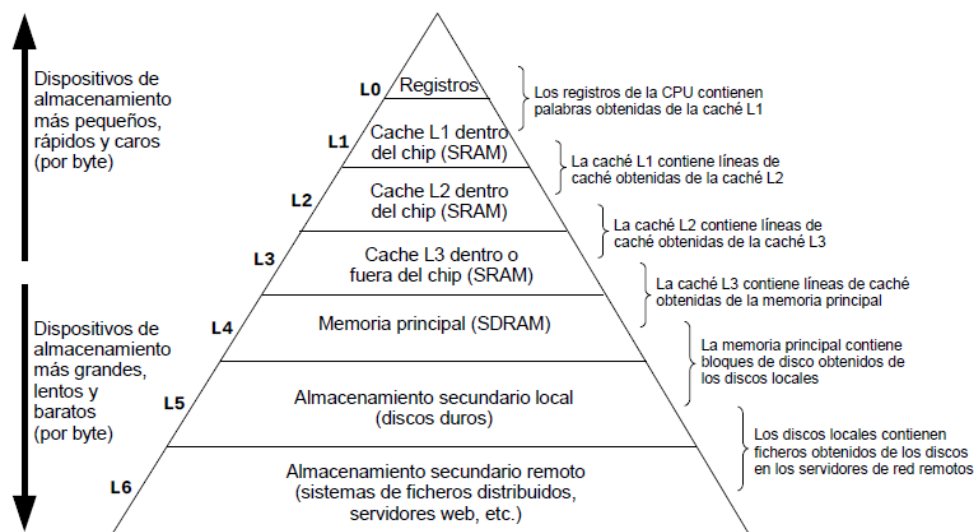


Figura: Estructura básica de la jerarquía de memoria.

En la figura anterior vemos cómo se establece una jerarquía de memoria en el computador, donde en la parte de arriba encontramos los tipos memorias más cercanos al

microprocesador, más rápidos y más caros, y a medida que descendemos en la jerarquía, encontramos memorias más grandes, más lentas y más baratas.

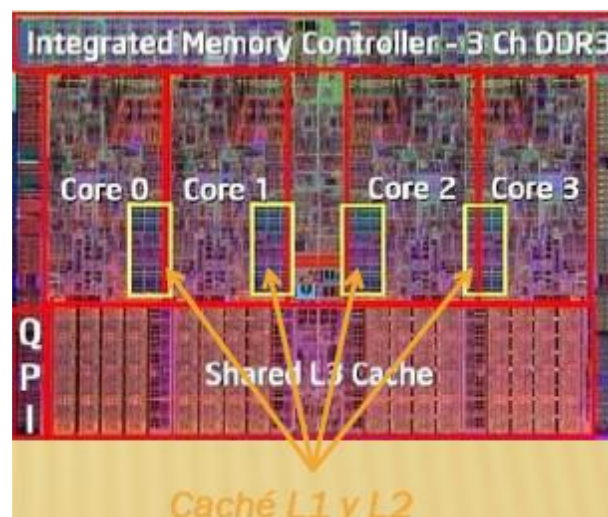
A continuación, se muestra una tabla con los tiempos de acceso y precios de las distintas tecnologías de memoria más comunes (año 2009). **Consideración:** las memorias más rápidas son las mas caras por bit y por tanto suelen ser más pequeñas.

Tecnología	Tiempo de acceso típico	€ por MB
SRAM	1 ns	20 €
SDRAM	5 ns	0,01 €
Disco magnético	8.500.000 ns	0,0001 €

- Ejemplos de dónde encontramos la memoria caché en distintos microprocesadores:
 - Intel Pentium II → Cache L2 junto al procesador, pero en chips distintos (interna)



- Intel Core i (4 núcleos) → Caches L1 y L2 integradas en cada núcleo y cache L3 integrada en el procesador y compartida por todos los núcleos.



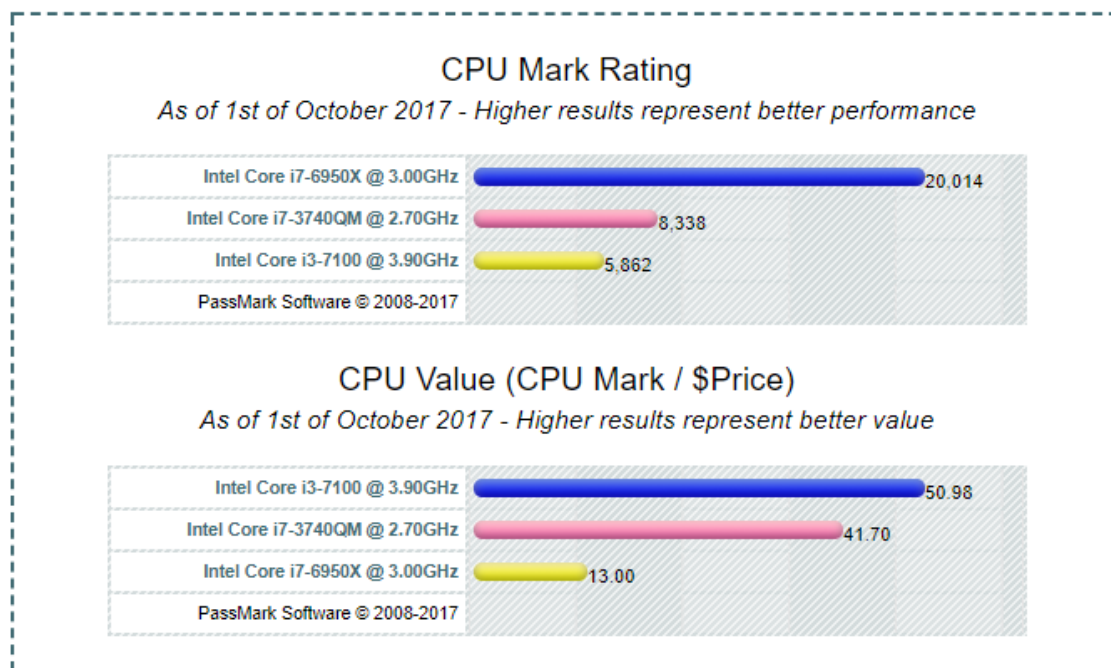
En la siguiente imagen podemos observar distintos tamaños de la memoria caché según el microprocesador. El primero de ellos está destinado a servidores. Un mayor tamaño de la memoria caché encarece el microprocesador.

<input checked="" type="checkbox"/> Highlight rows with differences	Intel® Xeon® Processor E7-8867L (30M Cache, 2.13 GHz, 6.40 GT/s Intel® QPI)	Intel® Core™ i5-2500K Processor (6M Cache, 3.30 GHz)	Intel® Core™ i3-2350M Processor (3M Cache, 2.30 GHz)	Intel® Core™ i3-2130 Processor (3M Cache, 3.40 GHz)
				
Code Name	Westmere EX	Sandy Bridge	Sandy Bridge	Sandy Bridge
Essentials				
Status	Launched	Launched	Launched	Launched
Launch Date	Q2'11	Q1'11	Q4'11	Q3'11
Processor Number	E7-8867L	i5-2500K	i3-2350M	i3-2130
# of Cores	10	4	2	2
# of Threads	20	4	4	4
Clock Speed	2.13 GHz	3.3 GHz	2.3 GHz	3.4 GHz
Max Turbo Frequency	2.533 GHz	3.7 GHz		
Cache	30 MB Intel® Smart Cache	6 MB Intel® Smart Cache	3 MB Intel® Smart Cache	3 MB Intel® Smart Cache
Lithography	32 nm	32 nm	32 nm	32 nm
Max TDP	105 W	95 W	35 W	65 W
Memory Specifications				
Max Memory Size (dependent on memory type)	32 GB	32 GB	16 GB	32 GB
Memory Types	DDR-3 800/978/1066/1333 (Max Speed 1066 MHz)	DDR3-1066/1333	DDR3-1066/1333	DDR3-1066/1333

1.4.3 Velocidad interna del procesador



- Se trata de la frecuencia de reloj interna a la que trabaja el microprocesador.
- En general, cuanto mayor sea la velocidad del procesador → mayor número de operaciones por unidad de tiempo realiza → mayor rendimiento.
- La inversa de la frecuencia es el período de reloj.
- Sin embargo, un procesador de 2GHz no es el doble de rápido que uno a 1GHz puesto que el rendimiento global va a depender también del resto de características que estamos viendo.
 - Para ilustrar esto, veamos la siguiente comparativa extraída de la web www.cpubenchmark.net, de PassMark Software. Vemos que el microprocesador con frecuencia de reloj más alta, el i3-7100 a 3.90GHz, es el que peor desempeño tiene, siendo su frecuencia más alta que la de los otros dos, con 3GHz y 2.7GHz. El número de núcleos del i3 es de 2, frente a los 10 y los 4 de los otros dos micros.

	Intel Core i7-6950X @ 3.00GHz	Intel Core i3-7100 @ 3.90GHz	Intel Core i7-3740QM @ 2.70GHz
Price	\$1539.99 BUY NOW!	\$114.98 BUY NOW!	\$199.95 BUY NOW!
Socket Type	LGA2011-v3	FCLGA1151	rPGA988B
CPU Class	Desktop	Desktop	Laptop
Clockspeed	3.0 GHz	3.9 GHz	2.7 GHz
Turbo Speed	Up to 4.0 GHz	Not Supported	Up to 3.7 GHz
# of Physical Cores	10 (2 logical cores per physical)	2 (2 logical cores per physical)	4 (2 logical cores per physical)
Max TDP	140W	51W	45W
First Seen on Chart	Q2 2016	Q1 2017	Q2 2012
# of Samples	259	328	952
Single Thread Rating	2147	2228	1875
CPU Mark	20014	5862	8338






A continuación, podemos ver algunos parámetros más de estos microprocesadores en una comparativa de Intel, <https://ark.intel.com/es-es/compare/94456,97126,70847>

Vemos también que la memoria caché del i3 es la más pequeña (3 MB frente a 25MB y 6MB de los otros dos micros).

3 Productos			
<div>    </div>			
<div> <div>Procesador Intel® Core™ i7-6950X Extreme Edition</div> <div>Procesador Intel® Core™ i3-7100</div> <div>Procesador Intel® Core™ i7-3740QM</div> </div>			
Puntos fundamentales			
« Colección de productos »	Procesadores Intel® Core™ serie X	Procesadores Intel® Core™ i3 de séptima generación	Procesadores Intel® Core™ anteriores
« Segmento vertical »	Desktop	Desktop	Mobile
« Número de procesador »	i7-6950X	i3-7100	i7-3740QM
« Estado »	Launched	Launched	Launched
« Fecha de lanzamiento »	Q2'16	Q1'17	Q3'12
« Litografía »	14 nm	14 nm	22 nm
« Precio de cliente recomendado »	\$1723.00 - \$1743.00	\$117.00	\$378.00 - \$380.00
Desempeño			
« Cantidad de núcleos »	10	2	4
« Cantidad de subprocesos »	20	4	8
« Frecuencia básica del procesador »	3,00 GHz	3,90 GHz	2,70 GHz
« Caché »	25 MB	3 MB SmartCache	6 MB SmartCache
« Velocidad del bus »		8 GT/s DMI3	5 GT/s DMI
« Cantidad de enlaces QPI »		0	
« TDP »	140 W	51 W	45 W
« Cantidad de enlaces QPI »		0	
« Frecuencia de la tecnología Intel® Turbo Boost Max 3.0 ‡ »	4,00 GHz		

La **frecuencia turbo** que vemos en las tablas, y que es superior a la frecuencia base del procesador, es aquella a la que ciertos núcleos del microprocesador son capaces de trabajar de forma automática, dependiendo de diversos factores, como la carga de trabajo del micro, su temperatura o los núcleos activos, entre otros.

3 Productos	 <p>Procesador Intel® Core™ i7-6950X Extreme Edition</p>	 <p>Procesador Intel® Core™ i3-7100</p>	 <p>Procesador Intel® Core™ i7-3740QM</p>
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Especificaciones de memoria


Tamaño de memoria máximo (depende del tipo de memoria)	128 GB	64 GB	32 GB
Tipos de memoria	DDR4 2400/2133	DDR4-2133/2400, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V	DDR3/L-RS 1333/1600
Cantidad máxima de canales de memoria	4	2	2
Máximo de ancho de banda de memoria			25,6 GB/s
Compatible con memoria ECC ‡	No	Sí	No

Especificaciones de gráficos


Gráficos del procesador ‡	None	Intel® HD Graphics 630	Intel® HD Graphics 4000
Frecuencia de base de gráficos		350 MHz	650 MHz
Frecuencia dinámica máxima de gráficos		1,10 GHz	1,30 GHz
Salida de gráficos			eDP/DP/HDMI/SDVO/CRT
Intel® Quick Sync Video		Sí	Sí
Tecnología Intel® InTru™ 3D		Sí	Sí
Intel® Flexible Display Interface			Sí
Tecnología Intel® de video nítido HD		Sí	Sí

« Nº de pantallas admitidas ‡ »		3	3
« ID de dispositivo »		0x5912	0x166
« Memoria máxima de video de gráficos »		64 GB	
« Compatibilidad con 4K »		Yes, at 60Hz	
« Resolución máxima (HDMI 1.4)‡ »		4096x2304@24Hz	
« Resolución máxima (DP)‡ »		4096x2304@60Hz	
« Resolución máxima (eDP - panel plano integrado)‡ »		4096x2304@60Hz	
« Compatibilidad con DirectX* »		12	
« Compatibilidad con OpenGL* »		4.4	
« Tecnología Intel® de video nítido »		Sí	


3 Productos



Procesador Intel® Core™ i7-6950X Extreme Edition



Procesador Intel® Core™ i3-7100



Procesador Intel® Core™ i7-3740QM

Opciones de expansión

« Revisión de PCI Express »	3.0	3.0	3.0
« Configuraciones de PCI Express ‡ »		Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4	1x16, 2x8, 1x8 2x4
« Cantidad máxima de líneas PCI Express »	40	16	16
« Escalabilidad »	1S Only	1S Only	

Especificaciones de paquete

« Zócalos compatibles »	FCLGA2011-3	FCLGA1151	FCPGA988
« Máxima configuración de CPU »	1	1	1
« T _{JUNCTION} »		100°C	105 C

1.4.4 Velocidad del Bus Principal o Velocidad Externa

- Es la frecuencia de reloj a la que viajan los datos por el bus principal (FSB, QPI o HT).
- Dado que el micro internamente funciona a una frecuencia y la placa a otra, se necesita de un multiplicador que ajuste/adapte la diferencia de velocidad entre ambos.
- Lógicamente, para aumentar el rendimiento del procesador interesa que la velocidad del bus principal **sea lo más alta posible**.

1.4.5 Densidad de integración

- En las especificaciones de Intel encontraremos este parámetro como “litografía”, y las de AMD como “CMOS”. En los procesadores actuales, este parámetro es 14nm.

1.4.6 Alimentación o Voltaje

- A mayor voltaje, mayor frecuencia de funcionamiento del procesador, pero también mayor calor disipado y mayor consumo de energía.
- En la actualidad se utiliza un parámetro conocido como **Thermal Design Power** (TDP) para representar la máxima cantidad de calor que necesitar disipar el microprocesador. Nos ayudará a la hora de elegir un sistema de refrigeración, aunque es un valor más cualitativo que cuantitativo, ya que cada fabricante realiza el cálculo de la TDP de forma distinta. En portátiles nos interesarán valores bajos, ya que la forma de disipar el calor en estos sistemas no es tan versátil como por ejemplo en los ordenadores de escritorio.

TDP en TechQuickie: <https://www.youtube.com/watch?v=yDWO177BjZY>

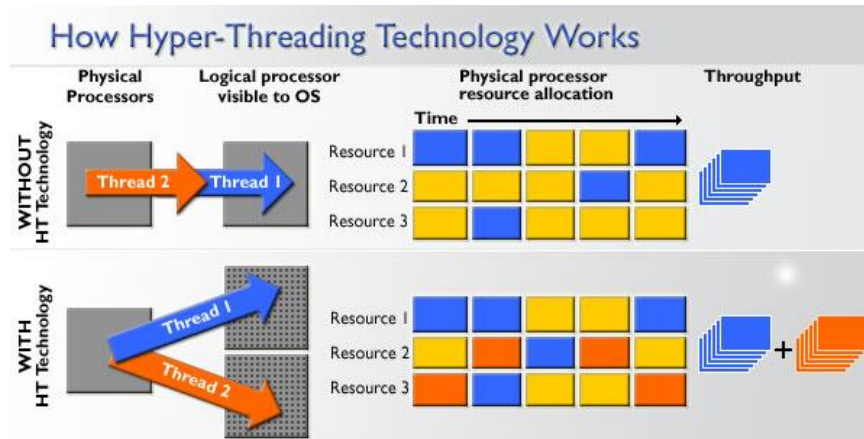
1.4.7 Paralelismo

“El paralelismo es una forma de computación en la cual varios cálculos pueden realizarse simultáneamente.” (<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1011116.1011127>)

Algunas técnicas relacionadas con el paralelismo son:

1.4.7.1 *Multihilo (Multithreading)*

- Consiste en dividir el trabajo de un programa (proceso) en varios subtrabajos que pueden correr en procesadores distintos.
- El HyperThreading (HT) de Intel es un ejemplo de tecnología multithreading.



- Mejora el rendimiento global del ordenador haciendo que un único **microprocesador físico emule a dos microprocesadores lógicos**.
- Para poder utilizar esta tecnología el sistema operativo, la placa base, el chipset y la BIOS deben soportar HT.
- Además, es necesario que las aplicaciones estén programadas de forma que sean divisibles en varios hilos.

1.4.7.2 *Multinucleo (Multicore)*

- Se refiere a procesadores que contienen dos o más núcleos físicos. Permite ejecutar un hilo por núcleo.
- Si leemos la siguiente comparativa del rendimiento de procesadores multinúcleo ejecutando juegos 3D:

<http://www.chw.net/2011/01/review-de-juegos-en-multi-nucleo/>

- Vemos que no todos los juegos funcionan mucho mejor cuantos más núcleos tenemos, el rendimiento depende fuertemente de que las aplicaciones estén programadas para aprovechar los distintos núcleos.

Si quieres leer más en relación a este tema, a continuación se enlaza a un documento de AMD en el que este fabricante compara algunos de sus micros multinúcleo con otros de Microsoft con HyperThreading:

http://www.amd.com/Documents/Cores_vs_Threads_Whitepaper.pdf

1.4.8 Otras características

1.4.8.1 *Virtualización por hardware*

- Es decir, emular, mediante máquinas virtuales, los componentes de hardware. De esta manera el sistema operativo no se ejecuta sobre el hardware real sino sobre el virtual.
- La virtualización hardware en Intel y AMD puede estar soportada por sus micros.
 - VM-x en Intel
 - VMS en AMD

1.4.8.2 *Conjunto de instrucciones*

- Una de las especificaciones que proporcionan los fabricantes es el conjunto de instrucciones soportado por sus microprocesadores.

1.4.8.2.1 *Funcionamiento*

¿Cómo puede ejecutarse un programa en un microprocesador?

- Un programa es un conjunto de instrucciones, y una instrucción no es más que un código binario que la CPU puede entender.
- La ejecución de un programa supone la ejecución secuencial de cada una de sus instrucciones.

¿Cómo se ejecuta una instrucción? Podemos distinguir dos fases:

1. **Fase de búsqueda** → para traer la instrucción desde la memoria hasta la CPU
 2. **Fase de ejecución** → para llevar a cabo las acciones descritas por la instrucción
- Todos los procesadores trabajan con un conjunto de instrucciones concreto.
 - Decimos que dos procesadores son compatibles si comprenden las mismas instrucciones.
 - Así, todos los procesadores de la familia del PC son compatibles por lo que pueden ejecutar las mismas instrucciones y, en consecuencia, los mismos programas.
 - A este conjunto de instrucciones que inicialmente utilizaron los PCs se le llamo **x86**.

AMPLIACIÓN - Por si quieres investigar:

- Independientemente del PC que tengamos podemos ejecutar cualquier sistema operativo Windows/Linux y cualquier programa, ¿por qué?
 - Los Macintosh de Apple “siempre” han sido incompatibles con los PC porque utilizaban otros procesadores que funcionaban con un conjunto de instrucciones distintas.
 - ¿Siguen siendo incompatibles los procesadores de los MAC actuales y los PC? ¿Por qué?
 - ¿Es posible instalar Windows en un Mac? ¿Y Mac OS X en un PC?
 - ¿Era posible antes?
-
- El conjunto de instrucciones x86 apareció con el procesador Intel 8086 a finales de los años 70.
 - El **Intel 80386** amplió este conjunto de instrucciones para trabajar con registros de 32 bits (el 8086 era de 16 bits).
 - Es por ello que muchas veces también nos referimos a este conjunto de instrucciones como x86-32 o IA-32 (Intel Architecture 32-bit) para diferenciarlo del conjunto original x86-16 así como de su posterior adaptación a máquinas de 64 bits (x86-64, x64, EM64T, etc.).
 - Cada nueva generación de procesadores ha ampliado este conjunto de instrucciones inicial con nuevas instrucciones con dos fines principales:
 - Permitir realizar nuevas tareas a la CPU. Los ordenadores actuales ejecutan muchos programas que en aquella época no existían.
 - Mejorar la eficiencia en la ejecución de las instrucciones.
 - Habrás visto en muchas ocasiones que un programa tiene como requisito una CPU mínima para poder ejecutarse.
 - En ocasiones, este requisito puede atender a razones de velocidad, pero en otras muchas situaciones es debido a que necesita que el procesador soporte unas instrucciones determinadas que se introdujeron con dicha CPU.

Algunas de las instrucciones que han ampliado el conjunto x86 son las siguientes:

- **IA-32** (Intel Architecture 32-bit)
 - Extensión del conjunto x86 para trabajar en procesadores de 32 bits.
- **MMX** (MultiMedia eXtension)
 - Introducidas por el Pentium MMX en 1997. Eran un conjunto de nuevas instrucciones y registros para realizar operaciones con enteros de forma más eficiente en aplicaciones ricas en gráficos.
- **3DNow!**
 - Fue la respuesta de AMD a las instrucciones MMX de Intel.
 - Aparecieron con el AMD K6-2 en 1998 con el fin de mejorar la ejecución en aplicaciones 3D.
- **SSE** (Streaming SIMD Extensions) o **MMX2**
 - Aparecieron con el Pentium III en 1999 para mejorar a las anteriores MMX en dos aspectos: trabajan con números en coma flotante y pueden emplearse simultáneamente con el uso de la FPU.
- **SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4, SSE5, AVX, CVT16...**
 - Sucesivas versiones que mejoran las instrucciones SSE para manejo de gráficos.
- **X86-64 o AMD64**
 - Extensión del conjunto x86 para trabajar en procesadores de 64bits. Fueron creadas por **AMD** e implementadas por primera vez en su procesador Opteron en 2003.
- **IA-32e, EM64T o Intel64**
 - Nombres que dio Intel a su extensión del conjunto x86 para trabajar en procesadores de 64bits. Hay que distinguirlas del conjunto **IA64** que Intel implementó en sus procesadores para servidores **Itanium**, las cuales son **incompatibles con** las instrucciones x86.

1.4.9 Tipos de instrucciones (AMPLIACIÓN)

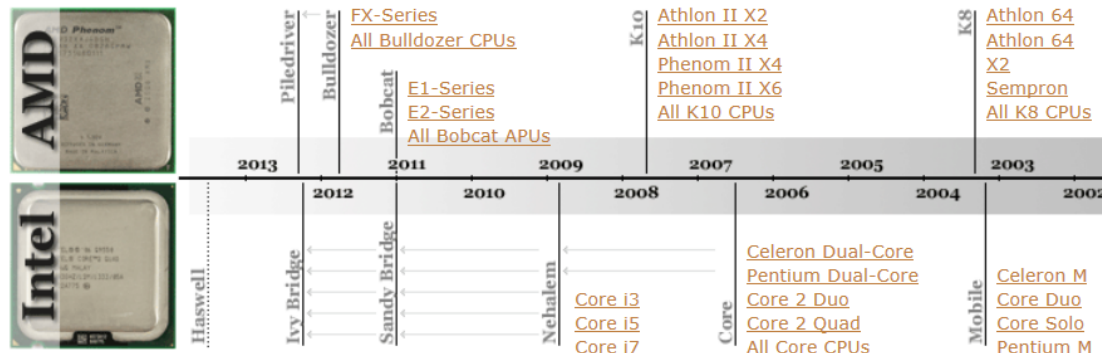
- Hasta 2006, los ordenadores de Apple utilizaban unos procesadores que los hacían incompatibles con los PC.
- Se trataba de procesadores Motorola y PowerPC¹.
- El motivo de esta incompatibilidad radica en que dichos procesadores ejecutan un conjunto de instrucciones distinto al conjunto de instrucciones soportado por los procesadores Intel o AMD (recordad **x86**).
- Se trataba de dos filosofías de diseño de microprocesadores distintas:
 - **CISC** (Complex Instruction Set Computer), es decir, utilizar un conjunto de instrucciones formado por pocas instrucciones, pero complejas (Intel, AMD).
 - **Objetivo:** Reducir el número de líneas de código ensamblador² de los programas.
 - Instrucciones más complejas → requieren más tiempo de ejecución (varios ciclos de reloj)
 - El conjunto original de instrucciones x86 (Intel/AMD) era de tipo CISC.
 - **RISC** (Reduced Instruction Set Computer), o lo que es lo mismo, muchas instrucciones, pero simples (Apple, Motorola, IBM, PowerPC).
 - **Objetivo:** Utilizar instrucciones más sencillas que se ejecuten más rápidamente que las CISC.
 - Estructura de procesador más simple → reducción de la superficie del circuito integrado.
 - Programas más largos y voluminosos.
 - Apple, IBM y Motorola.
- ¿Que es mejor CISC o RISC?
 - Estudios de prestaciones de ambas tecnologías muestran que los RISC obtienen mejores prestaciones (más potentes y rápidos) que los CISC.
 - Sin embargo, el mercado de los ordenadores personales está copado por x86 → CISC más utilizado.

¹ De IBM. En el siguiente enlace puedes encontrar un artículo con información acerca de los distintos micros de IBM: <https://www.nextplatform.com/2015/08/10/ibm-roadmap-extends-power-chips-to-2020-and-beyond/>

² Recordemos que tenemos distintos niveles de lenguajes de programación: los lenguaje de alto nivel, el lenguaje ensamblador y el lenguaje máquina.

- ¿Es cierto?
 - Realmente, las diferencias son cada vez más borrosas entre las arquitecturas CISC y RISC.
 - Las CPU modernas de Intel y AMD se basan en una combinación de instrucciones CISC y RISC.
 - Estos procesadores traducen las largas instrucciones CISC de la arquitectura x86 a operaciones sencillas de longitud fija que se ejecutan en un núcleo de estilo RISC.
 - El objetivo es obtener las ventajas de ambas tecnologías: mantener la compatibilidad con las instrucciones CISC x86 consiguiendo las prestaciones de ejecución de instrucciones RISC.

1.5 Microprocesadores de Intel y AMD en el tiempo, desde 2002



Fuente: CPU-World.com

March 2017 (availability):

- [Ryzen 7 1700](#) 3GHz / 16MB L3 / 8 cores / Unlocked / Socket AM4
- [Ryzen 7 1700X](#) 3.4GHz / 16MB L3 / 8 cores / Unlocked / Socket AM4
- [Ryzen 7 1800X](#) 3.6GHz / 16MB L3 / 8 cores / Unlocked / Socket AM4

April 2017:

- [Ryzen 5 1400](#) 3.2GHz / 8MB L3 / 4 cores / Unlocked / Socket AM4
- [Ryzen 5 1500X](#) 3.5GHz / 16MB L3 / 4 cores / Unlocked / Socket AM4
- [Ryzen 5 1600X](#) 3.6GHz / 16MB L3 / 6 cores / Unlocked / Socket AM4
- [Ryzen 5 1600](#) 3.2GHz / 16MB L3 / 6 cores / Unlocked / Socket AM4

June 2017:

- [Core i5-7640X](#) 4GHz / 6MB L3 / 4 cores / Unlocked / Socket 2066
- [Core i7-7740X](#) 4.3GHz / 8MB L3 / 4 cores / Unlocked / Socket 2066
- [Core i7-7800X](#) 3.5GHz / 8.2MB L3 / 6 cores / Unlocked / Socket 2066
- [Core i7-7820X](#) 3.6GHz / 11MB L3 / 8 cores / Unlocked / Socket 2066
- [Core i9-7900X](#) 3.3GHz / 13.7MB L3 / 10 cores / Unlocked / Socket 2066

July 2017:

- [Core i9-7920X](#) 2.9GHz / 16.5MB L3 / 12 cores / Unlocked / Socket 2066

Fuente: CPU-World.com

1.6 Refrigeración

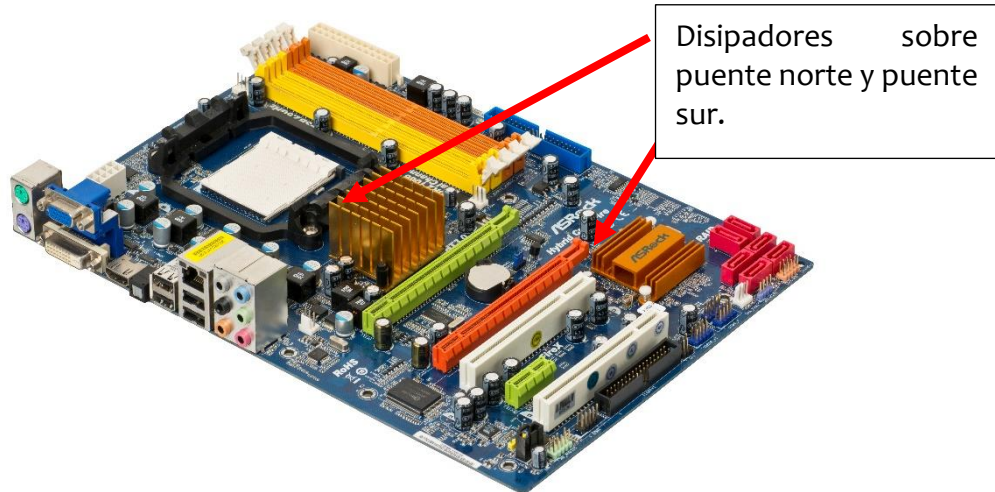
Todo componente electrónico genera calor cuando por él pasa corriente eléctrica. Dicho calor puede hacer que el dispositivo electrónico sea inestable y produzca errores en su funcionamiento.

- Por tanto, es importantísimo disipar el calor que producen los elementos de un ordenador. Además:
 - A mayor voltaje → más calor
 - A mayor velocidad de trabajo (frecuencia) → más calor

1.6.1 Tipos de refrigeración

1.6.1.1 *Pasiva por aire → disipadores*

El objetivo del disipador es incrementar la superficie de contacto con el aire para maximizar el calor que este es capaz de retirar. Cuantas más aletas y más delgadas más calor disipará.



1.6.1.2 *Activa por aire → disipador + ventilador*

Mejora la eficacia de la anterior.



Servidor para rack Dell PowerEdge R815

1.6.1.3 Refrigeración líquida

- Básicamente se compone de un radiador, un depósito, una bomba de agua y el circuito de tubos.
- Más eficaz que por aire.
- Menos ruidosa.
- Permite refrigerar todos los componentes a la vez (procesador, chipsets, gráfica, disco duro y memoria)

Ejemplos:

Fijaos en que en la publicidad del fabricante LEPA se hace referencia a la TDP para indicar la capacidad de refrigeración.

<http://www.lepatek.eu/cpu-coolers/cxcoolant/>



La siguiente imagen es de un refrigerador de Thermaltake:

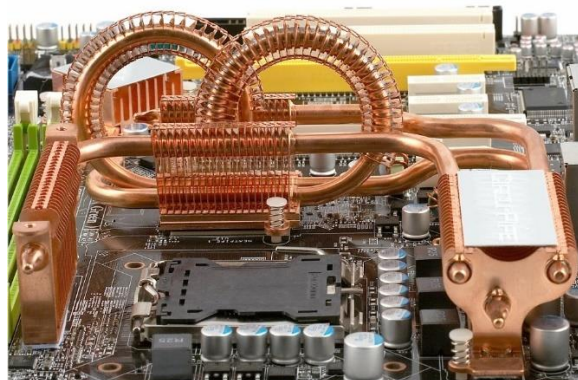


Aquí lo vemos instalado:

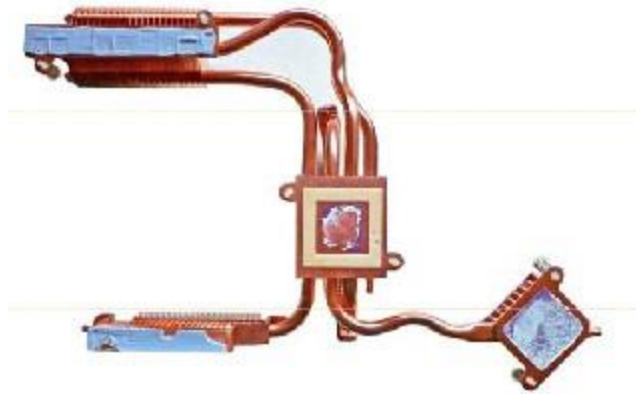


1.6.1.4 *Refrigeracion por Heatpipes*

Se trata de un circuito cerrado en donde un fluido se calienta en la base de contacto con la CPU, se evapora, sube por una tubería hasta el dissipador, se condensa y baja como líquido a la base nuevamente.



Fuente: <http://www.ixbt.com/mainboard/msi/p35-platinum/heat-pipe-side.jpg>



Para conocer más:

- Vídeo - Fanless PC internal heat pipes explained:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=TGOw29pJoag>
- Ejemplo de instalación de heatpipes:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=dczn2kfftOI>

1.6.1.5 Otros tipos de refrigeración

Refrigeración por software (ahorro de energía)

Criogenia (nitrógeno líquido)

...

2 La memoria

Desde el punto de vista informático, memoria es todo dispositivo que es capaz de almacenar información y suministrar información.

Por tanto, las operaciones básicas que va a permitir una memoria son:

- Lectura: el dispositivo de memoria suministra información previamente almacenada.
- Escritura: el dispositivo de memoria almacena una información en un lugar disponible.

En sentido genérico, se habla de memoria de un ordenador para referirnos a cualquier dispositivo en el que se almacene la información en formato digital, es decir, en bits o valores binarios (0 o 1).

No existe ningún medio de almacenamiento de uso práctico universal y todas las formas de almacenamiento tienen sus ventajas y desventajas. Un sistema informático contiene varios tipos de almacenamiento, cada uno con su propósito particular. Recordemos la jerarquía de memoria que vimos cuando tratamos la memoria caché:

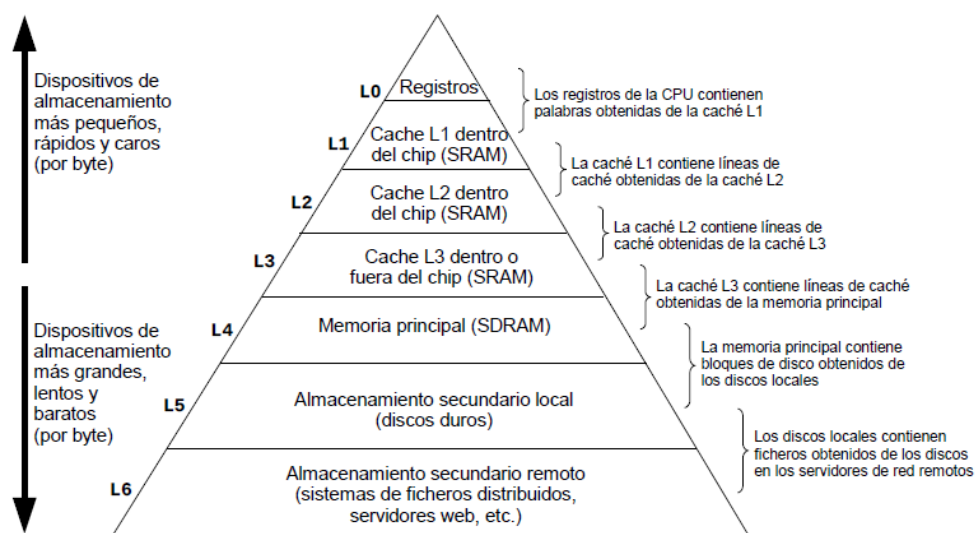


Figura: Estructura básica de la jerarquía de memoria.

Las memorias secundarias tienen mucha más capacidad que las principales y son bastante más baratas, si bien a cambio son mucho más lentas. Por ello, se establece la jerarquía de memorias, de la que ya hablamos anteriormente, en la que el nivel más alto lo representan las memorias más caras, rápidas y de menor capacidad (los registros de la CPU) y el nivel más bajo corresponde a las memorias más grandes, lentas y baratas (las memorias secundarias).

Podemos clasificar las memorias según su ubicación:

- Memoria primaria: está situada en el interior de la CPU o placa base (por ejemplo, registros, memoria caché, RAM).

- Memoria secundaria: la CPU accede a ella a través de las unidades de entrada y salida, por ejemplo, discos duros.

2.1 La memoria principal (RAM)

La memoria principal o central es el elemento del ordenador que almacena la información y, por tanto, el dispositivo desde donde la CPU recibe los datos e instrucciones necesarios para operar y donde guarda los resultados de sus operaciones.

Recibe el nombre de memoria RAM, que es un acrónimo de las palabras Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio) para indicar que el tiempo de acceso a cada dirección de memoria es el mismo, pues no hay que pasar por las posiciones previas (como ocurre, por ejemplo, con el disco duro, en donde el tiempo de acceso depende del posicionamiento de la cabeza lectora/escritora en la operación anterior).

La memoria principal está compuesta por una serie de celdas en las que se almacena la información en valores binarios (0 ó 1). Estas celdas se agrupan en un número determinado de bits. Cada vez que se realiza una operación en la memoria, se accede a todo este conjunto de bits, que tiene una dirección única que lo identifica: la dirección de memoria. La RAM contiene tanto los programas como los datos que dichos programas manejan, de modo que, **para que cualquier programa que vaya a ser ejecutado pueda acceder a la CPU, este debe estar previamente cargado en la memoria RAM**. La memoria se comunica con la CPU a través de los buses del sistema.

2.1.1 Clasificación de memorias

Las memorias se pueden clasificar según distintos criterios, atendiendo a la volatilidad, a la forma de acceder a los datos, al material de fabricación, a la necesidad de refresco, a si usan o no reloj, etc. Veamos esto brevemente:

Según la volatilidad:

- **Memorias volátiles:** deben estar alimentadas eléctricamente para mantener la información almacenada, por ejemplo, **memoria RAM**. Permiten leer los datos almacenados en ellas y modificarlos.
- **Memorias no volátiles:** la información permanece almacenada aunque se interrumpa el suministro eléctrico. Un ejemplo de ellas es la memoria ROM, que únicamente permite leer la información almacenada en ella, pues los datos vienen grabados de fábrica y no pueden modificarse. Otro ejemplo son los discos duros.

Según el tipo de acceso de datos:

- Secuencial: para llegar a una dirección dada, hay que pasar por las posiciones previas (disco duro, cinta).
- Aleatorio: el tiempo de acceso a cualquier dirección es el mismo (**memoria RAM**)

Según el material de fabricación:

- Memorias magnéticas (disco duro)
- Memorias de semiconductores (**memorias RAM**, Flash)
- Memorias ópticas (DVD)

Según la necesidad de refresco:

- Dinámicas: necesitan que la información almacenada sea refrescada cada cierto tiempo (RAM dinámica: DRAM)
- Estáticas: no necesitan de refresco (RAM estática: SRAM)

Síncronas o asíncronas

- Asíncronas: no utilizan ningún reloj que marque la cadencia para que el dato sea leído o escrito (memorias RAM usadas hace años, como las EDO RAM)
- Síncronas: requieren de un reloj que marque las pautas de lectura o escritura de los datos (por ejemplo, las memorias RAM usadas actualmente como DDR3 SDRAM, DDR4 SDRAM)

2.1.2 Memorias que se utilizan actualmente, DDR3 y DDR4

Para entender qué es DDR, debemos comprender cómo funciona la memoria SDRAM, puesto que los módulos DDR están basados en este tipo de memoria.

La memoria SDRAM es un tipo de RAM que debe su nombre a que fue el primer modelo que sincronizaba su estado con el bus del sistema, permitiendo, por ejemplo, que cambiara la forma en la que se gestionaban y enviaban las instrucciones a la memoria. A partir de ese momento, era posible enviar una nueva tarea aunque la anterior no se hubiera finalizado (escrito), acelerando el proceso al tener una sincronía total con el resto del equipo.

La llegada de la DDR supone que, si antes se podía enviar una tarea por cada ciclo de reloj, ahora se pueden enviar dos, doblando el ancho de banda disponible.

En la actualidad nos encontramos con dos estándares ampliamente asentados en el mercado, DDR3 y DDR4, utilizadas ampliamente en ordenadores, portátiles, tablets y smartphones.

Las principales ventajas de DDR4 en comparación con DDR2 y DDR3 son una tasa más alta de frecuencias de reloj y de transferencias de datos (2133 a 4266 MT/s en comparación con DDR3 de 1600MHz a 2.133MT/s), la tensión es también menor a sus antecesoras (1,2 a 1,05 para DDR4 y 1,5 a 1,2 para DDR3).

Actualmente (2017), se está desarrollando el estándar DDR5.

2.1.3 Parámetros de las memorias RAM

- **Frecuencia (MHz)**
 - Número de operaciones por segundo que puede realizar la memoria
 - En principio, interesa valor alto, pero comprobar que vuestra placa lo soporta, si no puede ser que gastemos dinero en algo que no vamos a aprovechar.
- **Capacidad (MB, GB)**
 - Es la cantidad de información que puede almacenar la memoria. Se mide en bytes (mega, giga, etc.).
 - Interesa valor alto, pero igual que antes, hay comprobar las especificaciones de la placa.
 - También puede ser que nuestro sistema operativo, si es de 32 bits, no permita utilizar toda la memoria instalada.
- **Velocidad**
 - Cantidad de datos que la memoria puede recibir o entregar por segundo. Se mide en bytes/s (o su múltiplo MB/s).
 - Relacionada con la frecuencia.
 - Para calcular el ancho de banda (**tasa de transferencia de datos**) (MB/s)
 - ✓ $\text{Tasa de transferencia de datos} = \text{Ancho de bus} * \text{frecuencia (MHz)}$
 - ✓ Ejemplo, DDR200 (también llamada PC1600):
$$64 \text{ bits} / 8 \text{ bits} * 200 \text{ MHz} = 1600 \text{ MB/s}$$
- **Encapsulado.**
 - En la actualidad, el encapsulado normalmente será DIMM para equipos de escritorio y SO-DIMM para portátiles.
- **Latencia CAS (interesa lo más baja posible para una frecuencia dada)**
 - Es el tiempo que transcurre desde que la memoria recibe la orden de leer o escribir un dato, hasta que éste se incorpora al bus de datos o pasa del bus de datos a la celda correspondiente.
 - Las memorias DDR3, cuyas velocidades de reloj rondan desde los 1333 MHz a mayores, pasando por 1600 y 2000 MHz, tienen CAS que van de 6 a 9 generalmente. Una memoria con CAS 6 y 1.600 MHz tiene normalmente mayor precio que otra con CAS 9 y 1600 MHz, independientemente de su capacidad (1

ó 2 GB, por ejemplo), esto es normal ya que a igual frecuencia un CAS inferior implica un rendimiento superior.

- Si quieres saber más acerca de la latencia:
 - ✓ https://es.wikipedia.org/wiki/Latencia_CAS
 - ✓ How do memory timings work? (TechQuickie):
<https://www.youtube.com/watch?v=Yed-a9vqTYc>

2.1.4 Características específicas de las memorias

- **ECC** o non-ECC, según si realiza o no control de errores. El beneficio de la memoria ECC (Error Correcting Code) es la capacidad de detectar errores de bits múltiples y corregir los errores de bits únicos.

Para poder utilizar una memoria ECC es necesario un controlador en la placa base que pueda utilizar esta tecnología.

Cuando se detecta un error se produce una excepción, lo que sucede a continuación depende del sistema. En algunos casos el procesador se detiene y lanza una rutina que deja la pantalla en blanco (o azul) y muestra el error. En otros se permite ignorar el error, guardar el trabajo en curso y continuar.

Esta prestación encarece la memoria. Suele utilizarse en entornos poco tolerantes a fallos como son los **servidores**.

- **Buffered and Unbuffered Memory**

Los módulos de memoria **buffered o registered RAM** son aquellos que tienen unos registros intermedios entre el controlador de memoria y la propia memoria. Son más estables, algo más lentas y más caras que las unbuffered y suelen incorporar ECC. Se usan principalmente en **servidores**.

- **Dual Channel, Triple Channel, Quad Channel**

Permite a la CPU trabajar con dos/tres/cuatro independientes y simultáneos para acceder a memoria principal.

Las mejoras de rendimiento son especialmente perceptibles cuando se trabaja con la tarjeta de vídeo integrada en la placa base.

Por ejemplo, las Triple Channel se usan con los Core i7 y en algunos Xeon de servidores.

Para poder beneficiarse de esta característica, por supuesto, tiene que estar soportado en la placa base y hay que comprobar en el manual en qué ranuras de memoria concretas hay que colocar los módulos de memoria para funcionar en dual, triple o quad channel, según los casos.

Guide to RAM Memory Channels as Fast As Possible (TechQuickie):
<https://www.youtube.com/watch?v=-D8fhsXqq4o>

2.1.5 Ejemplos

A continuación, encontramos algunas memorias RAM DDR3 y una DDR4 del fabricante Kingston. Podemos buscar memorias de este fabricante según distintos criterios aquí:
<https://www.kingston.com/es/memory/search/Options>

Capacidad	Frecuencia	Tipo (tecnología)	Control de errores	Registered	Latencia CAS	Tipo de encapsulado
Descripción						
Kingston16GB 1600MHz DDR3L ECC Reg CL11 DIMM 2Rx4 1.35V					Cantidad	
P/N KVR16LR11D4/16					Precio	
					- 1 +	€193,56
Kingston128GB 3000MHz DDR4 CL15 DIMM (Kit of 8) XMP HyperX Predator						
P/N HX430C15PB3K8/128						
					- 1 +	€1.505,88
Kingston8GB 1866MHz DDR3 CL10 DIMM HyperX FURY White						
P/N HX318C10FW/8						
					- 1 +	€76,08
Kingston8GB 1333MHz DDR3 CL9 DIMM HyperX FURY White						
P/N HX313C9FW/8						
					- 1 +	€76,08

Precio por GB de cada una:

- 1- 12.1€
- 2- 11.76€
- 3- 9.51
- 4- 9.51

La primera de las memorias está destinada a servidores. Vemos que incorpora control de errores (ECC) y es de tipo DDR3L (funciona a 1.35v en lugar de a 1.5v y ha tenido más éxito en servidores). También es registered o buffered RAM, otra característica interesante para los servidores. Es la más cara de las cuatro.

La segunda es un kit de 8 módulos de 16GB cada uno (en total 128GB, que es lo que vemos en la tabla). Es de tipo DDR4. Vemos que es la que mayor latencia tiene de las cuatro.

La tercera y la cuarta son DDR3, la tercera con mayor frecuencia y también mayor latencia que la cuarta.

Ejemplo: a continuación tenemos un módulo de memoria DDR3 para portátil:



8GB Module - DDR3 1333MHz

Código de artículo: KVR1333D3S9/8G

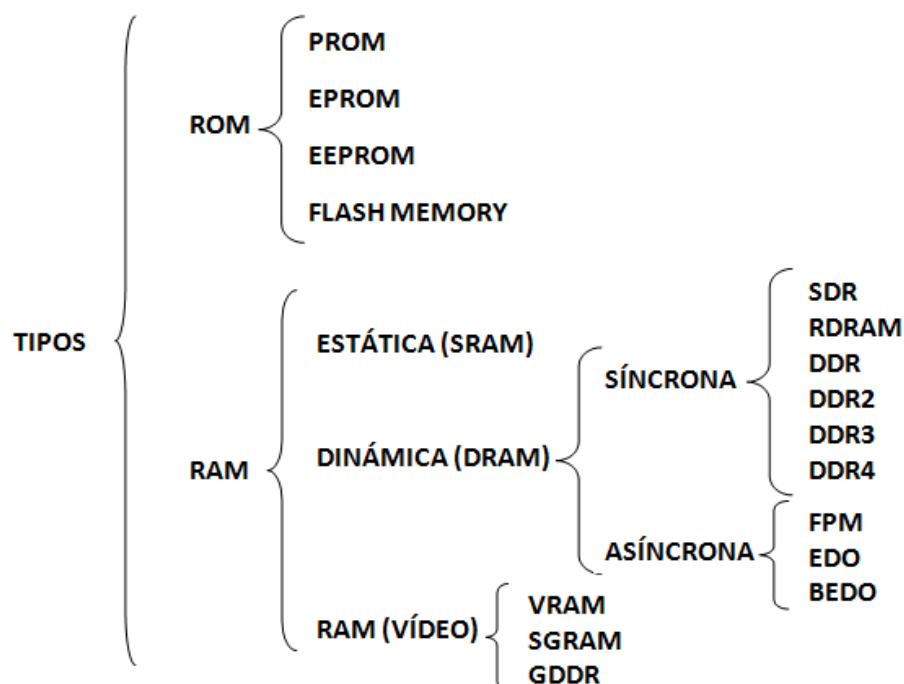
HTS: 8473.30.1140 ECCN: EAR99

Especificaciones: DDR3 , 1333MHz , Non-ECC , CL9 , 1.5V , Unbuffered , SODIMM , [PDF de la hoja de especificaciones](#)

Ejemplo: especificaciones de memoria soportada en la placa GA-X99-Ultra Gaming.

	Memory	<ul style="list-style-type: none"> 8 x DDR4 DIMM sockets supporting up to 128 GB of system memory <ul style="list-style-type: none"> * Support for up to 256 GB of system memory when using Registered DIMMs. * Due to a Windows 32-bit operating system limitation, when more than 4 GB of physical memory is installed, the actual memory size displayed will be less than the size of the physical memory installed. 4 channel memory architecture Support for DDR4 2400/2133 MHz memory modules Support for non-ECC Un-buffered DIMM 1Rx8/2Rx8/1Rx16 memory modules Support for Registered DIMM 1Rx8/2Rx8/1Rx4/2Rx4 memory modules (operate in non-ECC mode) Support for Extreme Memory Profile (XMP) memory modules (Go to GIGABYTE's website for the latest supported memory speeds and memory modules.)
--	--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Resumen de tipos de memorias y tecnologías



3 Bibliografía

MICROPROCESADORES:

Productos Intel: <https://ark.intel.com/es/>

Productos AMD: <http://products.amd.com/es-es>

The desktop CPU comparison guide Rev. 18.5: <https://www.techarp.com/guides/desktop-cpu-comparison-guide/>

Todos los microprocesadores de AMD para escritorio y sus principales características (TechArp.com): <https://www.techarp.com/guides/desktop-cpu-comparison-guide/5/>

Todos los microprocesadores Intel para escritorio y sus principales características (TechArp.com): <https://www.techarp.com/guides/desktop-cpu-comparison-guide/11/>

Apuntes de Fundamentos de Hardware por Alberto Molina Coballes y David Sánchez López del IES Gonzalo Nazareno

MEMORIAS:

JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council), para la estandarización en ingeniería y desarrollo de tecnologías basadas en semiconductores.

Main Memory: DDR4 & DDR5 SDRAM

<https://www.jedec.org/category/technology-focus-area/main-memory-ddr3-ddr4-sdram>

Difference between SRAM and DRAM:

<http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-sram-and-dram/>

Para saber más: Memoria ECC y non-ECC: <https://www.aboutespanol.com/que-es-una-memoria-ram-ecc-y-una-non-ecc-841294>

www.pccomponentes.com

Apuntes de Fundamentos de Hardware por Alberto Molina Coballes y David Sánchez López del IES Gonzalo Nazareno

4 Anexo (Ampliación)

4.1 Nomenclatura utilizada en DDR (índice PC)

DDR

En DDR la nomenclatura es la siguiente: **PC[MB/s]**

Tasa de transferencia de datos:

PC1600 (DDR 200): 8 bytes/Hz x 200 MHz = 1600 MB/s (100 MHz reloj de memoria)

PC2100 (DDR 266): 8 bytes/Hz x 266 MHz = 2128 MB/s (133 MHz reloj de memoria)

PC2700 (DDR 333): 8 bytes/Hz x 333 MHz

PC3200 (DDR 400): 8 bytes/Hz x 400 MHz

Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR-200	100 MHz	10 ns	100 MHz	200 Million	PC-1600	1600MB/s
DDR-266	133 MHz	7,5 ns	133 MHz	266 Million	PC-2100	2100 MB/s
DDR-300	150 MHz	6,67 ns	150 MHz	300 Million	PC-2400	2400 MB/s
DDR-333	166 MHz	6 ns	166 MHz	333 Million	PC-2700	2700 MB/s
DDR-400	200 MHz	5 ns	200 MHz	400 Million	PC-3200	3200 MB/s

DDR2 SDRAM (SDRAM doble velocidad)

DDR2 son una mejora de las memorias DDR (Double Data Rate), que permiten que los búferes de entrada/salida trabajen al doble de la velocidad de la frecuencia del núcleo, permitiendo que durante cada ciclo de reloj se realicen **cuatro** transferencias.

Suministradas en módulos DIMM con 240 pines y una sola hendidura.

Tasa de transferencia de datos:

PC-4200 (DDR2-533): trabaja a 533MHz (reloj de memoria a 133 MHz) y ofrece tasas de transferencia de hasta 4,2 GB/s (de ahí el nombre PC4200).

PC-4800 (DDR2-600): trabaja a 600MHz y ofrece tasas de transferencia de hasta 4,8 GB/s (de ahí el nombre PC4800).

PC-5300 (DDR2-667): trabaja a 667MHz y ofrece tasas de transferencia de hasta 5,3 GB/s (de ahí el nombre PC5300).

PC-6400 (DDR2-800): trabaja a 800MHz y ofrece tasas de transferencia de hasta 6,4 GB/s (de ahí el nombre PC6400).

Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR2-400	100 MHz	10 ns	200 MHz	400 Million	PC2-3200	3200 MB/s
DDR2-533	133 MHz	7,5 ns	266 MHz	533 Million	PC2-4200	4266 MB/s
DDR2-667	166 MHz	6 ns	333 MHz	667 Million	PC2-5300	5333 MB/s
DDR2-800	200 MHz	5 ns	400 MHz	800 Million	PC2-6400	6400 MB/s
DDR2-1066	266 MHz	3,75 ns	533 MHz	1066 Million	PC2-8500	8533 MB/s

DDR3 SDRAM (Double-data-rate three SDRAM)

Son una mejora de las DDR2 SDRAM: mayor tasa de transferencia de datos, menor consumo (30% menos aproximadamente) debido a su tecnología de fabricación y permite módulos de mayor capacidad. Pueden trabajar a 800-1800 Mhz.

Suministrada en módulos DIMM con 240 pines y una sola hendidura.

Latencias típicas: 7-7-7-20 para DDR3-1066 y 7-7-7-24 para DDR3-1333.

Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR3-800	100 MHz	10 ns	400 MHz	800 Million	PC3-6400	6400 MB/s
DDR3-1066	133 MHz	7,5 ns	533 MHz	1066 Million	PC3-8500	8533 MB/s
DDR3-1333	166 MHz	6 ns	667 MHz	1333 Million	PC3-10600	10667 MB/s
DDR3-1600	200 MHz	5 ns	800 MHz	1600 Million	PC3-12800	12800 MB/s
DDR3-1800	233 MHz	4 ns	933 MHz	1800 Million	PC3-14400	14400 MB/s

4.2 Algunos tipos de RAM según su formato físico:

SIMM (Single In-line Memory Module) (OBSOLETO)

- Módulos de 30 contactos



- Módulos de 72 contactos



DIMM (Dual In-line Memory Module)

- Son capaces de transferir 64 bits de datos en cada ciclo de reloj
- Existen dos versiones para portátiles: SO-DIMM y Micro-DIMM.
- Algunos tipos comunes de DIMM:
 - SO-DIMM de 200 contactos → DDR



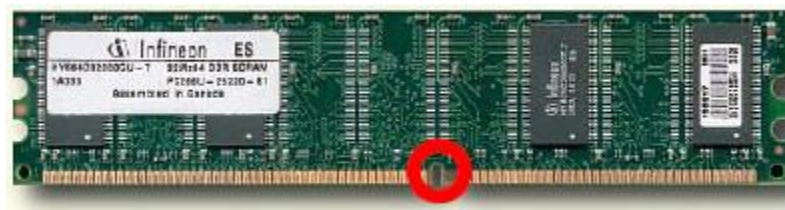
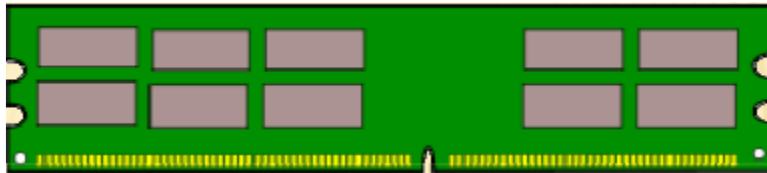
- SO-DIMM de 200 contactos → DDR2



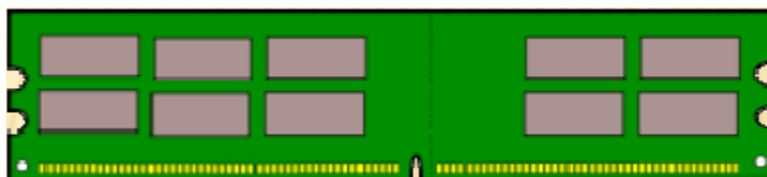
- SO-DIMM de 204 contactos → DDR3



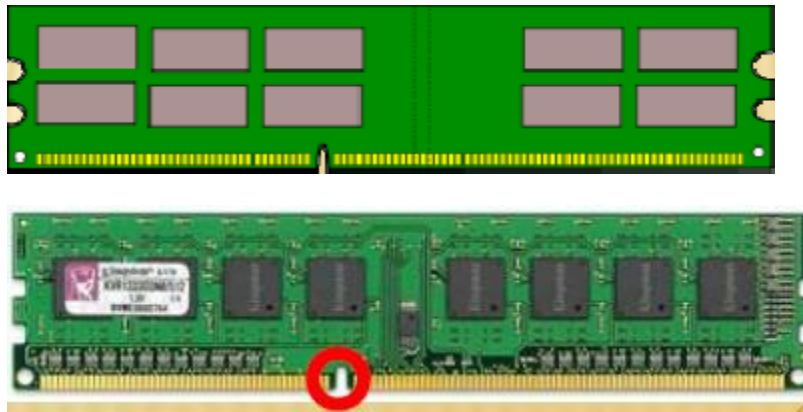
- DIMM de 184 contactos → DDR



- DIMM de 240 contactos → DDR2



- DIMM de 240 contactos → DDR3



Aunque las DDR2 y DDR3 tengan el mismo número de contactos, son incompatibles entre sí por voltajes y otros factores. Tienen una muesca que impide que se pueda conectar memoria DDR2 en ranura para DDR3 y viceversa.

4.3 Diferentes tecnologías DDR3: Las diferencias entre DDR3, DDR3L, DDR3U, LPDDR3

(Ángel Luis Sánchez Iglesias)



PC3-10600 DDR3 SO-DIMM. By Tobias b köhler (Own work) [GFDL or CC BY-SA 3.0], via Wikimedia Commons

DDR3

Trabaja a 1.5 voltios. La puedes encontrar tanto en PCs de escritorio como en portátiles eso si con distintos encapsulados.

DDR3L

Funciona con 1.35 voltios lo cual le permite tener un 15% menos de consumo que la DDR3. Puedes encontrarla en todo tipo de equipos desde PCs de escritorio a NUCs. Tiene la posibilidad de trabajar también a 1.5 voltios.

Este tipo de memoria ha tenido mucho éxito en el mercado de los [servidores](#).

DDR3U

Funciona con 1.25 voltios lo cual le permite consumir un 10% menos que una DDR3L. Existen muy pocos dispositivos en el mercado que abracen este estándar al menos por ahora. Puedes encontrarla también en todo tipo de dispositivos y trabaja hasta 1.5 voltios.

Todas las memorias anteriores en realidad son la misma solo que usando distinto voltaje. Es decir el equipo no necesita ningún tipo de circuitería adicional para ser capaz de trabajar con ellas.

LPDDR3

Es una memoria pensada para tablets y smartphones. Usa 1.2 voltios. En principio gasta un 30% menos que la DDR3 pero lo más importante es que solo consume la decima parte que esta cuando el equipo está en reposo. Además tarda mucho menos que las memorias anteriores en salir de este modo. Se montan directamente soldadas en los SOCs junto al procesador de estos equipos.