

Tema 1: Arquitectura del PC

1. Introducción

Todos los computadores PC típicos están constituidos por una serie de elementos comunes:

- Caja y fuente de alimentación.
- Placa base.
- Procesador + disipador de calor.
- Memoria.
- Unidad de disco flexible.
- Unidad de disco duro.
- Unidad de CD-ROM o DVD.
- Teclado.
- Dispositivo apuntador (ratón) .
- Tarjeta de video y pantalla.
- Tarjeta de sonido y altavoces.
- Módem, tarjeta de red.
- Cables.
- Diverso material de ferretería (tornillos, tuercas,...) .

Parte de estos componentes, los que constituyen el corazón del computador, se describirán en este capítulo.

2. El procesador

2.1 Introducción

La oferta de hardware disponible actualmente hace que la selección de componentes pueda convertirse en una tarea increíblemente ardua. Las combinaciones de componentes que pueden seleccionarse son elevadísimas. La elección del procesador (también llamado «microprocesador» o «CPU») del sistema restringe mucho el resto de componentes del sistema que pueden utilizarse y será, por tanto, el primer paso a la hora de construir un computador.

Los criterios de selección son, normalmente tres:

- El rendimiento.
- La relación rendimiento/precio.
- El consumo de energía eléctrica.

Cuando el computador debe destinarse a tareas que usan intensivamente la CPU (como por ejemplo aplicaciones de cálculo científico o de diseño asistido por computador) en las que el coste no es un factor determinante, el rendimiento será el principal factor a tener en cuenta.

Cuando el rendimiento tiene una importancia limitada, bien porque la tarea a la que se destinará el computador no utiliza intensivamente la CPU, bien porque el coste del equipo o equipos a adquirir es un factor importante, la relación rendimiento/precio debe ser el criterio de selección elegido.

El consumo de energía eléctrica tiene mayor importancia en los dispositivos portátiles, ya que a mayor consumo, menor duración de la batería y menos disponibilidad sin conexión a la red eléctrica tiene el dispositivo. En los últimos años el consumo de los procesadores se ha incrementado tanto que ha empezado a tener importancia también en otros ámbitos. Por ejemplo, si se tiene un centro de cálculo con una gran cantidad de procesadores continuamente encendidos, el coste de la energía que consumen a lo largo de sus años de funcionamiento puede llegar a superar el coste inicial de compra; por lo tanto, se puede ahorrar dinero comprando procesadores con menos consumo de energía eléctrica.

Los criterios mencionados son tan generales que incluso los fabricantes presentan distintas gamas de productos:

- Servidores: Procesadores de prestaciones elevadas, lo que se refleja en el precio, que pueden funcionar en solitario o en grupos de dos, cuatro o incluso más procesadores. Ej.: Intel Xeon, AMD Opteron.
- Estaciones de trabajo y juegos: Procesadores con elevadas prestaciones y precio elevado, pensados para realizar tratamientos intensivos de datos (vídeo digital, imágenes, juegos...) pero no para funcionar en grupo. Ej.: Intel Core 2 Extreme, AMD Athlon 64 FX.

- Mercado masivo (*mainstream*): Procesadores con unas prestaciones medias junto con unos precios medios. Ej.: Intel Core 2 Duo, AMD Athlon 64.
- Bajo coste (*value*): Procesadores más económicos, que carecen de elementos que, por su elevado coste, han sido eliminados o minimizados (por ejemplo, la caché) y que, en consecuencia, tienen prestaciones menores. Ej.: Intel Celeron D, AMD Sempron.
- Portátiles (*mobile*): Procesadores que destacan por un consumo eléctrico reducido. Ej.: Intel Core Solo, AMD Turion 64.

2.2 Especificaciones de los procesadores

Es posible obtener tablas que muestran una enorme cantidad de especificaciones de prácticamente todos los procesadores del mercado. En los siguientes puntos se describen las más importantes.

2.2.1 Identificación del modelo

Un aspecto que ha ido ganando complejidad a lo largo del tiempo es la identificación de los modelos de procesadores. Inicialmente, Intel, que es el principal fabricante por cuota de mercado de procesadores para PC, identificaba sus procesadores con un número de modelo, de tal modo que los números mayores indicaban procesadores más modernos y potentes: 80086, 80286, 80383, 80486. Aparte de este número, se daba un valor de la frecuencia a la que funcionaba el procesador, de tal manera que de dos procesadores con el mismo número de modelo y distinta frecuencia, el que tuviera más frecuencia era el más rápido.

Por motivos de registro de marcas, el siguiente procesador que produjo Intel tras el 80486 fue denominado Pentium. De este procesador sacó diversas generaciones (Pentium Pro, Pentium II, Pentium III, Pentium 4) y el principal indicador del modelo, aparte de su nombre, seguía siendo la frecuencia. AMD, el competidor más directo de Intel, utilizaba este mismo sistema, pero tomó una decisión que en su momento fue muy discutida: con los procesadores Athlon XP comenzó a emplear un número que parecía una frecuencia en MHz (por ejemplo, 2000+) pero no lo era. La razón que adujo AMD para no utilizar la frecuencia como indicador del modelo es que ya no era un indicador tan importante del rendimiento como anteriormente. De hecho, AMD se centró en mejorar su arquitectura de tal manera que a menor frecuencia que los modelos de Intel obtenían mejores resultados.

En el año 2004, Intel cambió su política de nombrado de procesadores y pasó a utilizar un número de modelo que indicaba no sólo la frecuencia sino muchos más aspectos (tamaño de la caché, disponibilidad o no de *hyperthreading*, etc.) que influían en el rendimiento. Esta decisión vino sin duda motivada porque sus modelos más recientes tenían menores frecuencias de reloj que los modelos anteriores; si eran mejores era debido a mejoras arquitectónicas.

En la actualidad es difícil determinar la potencia de un procesador sólo a partir de su número de identificación. En la lista de procesadores actuales de Intel sólo para escritorio se pueden encontrar más de 75 modelos. En AMD el problema es

más bien el contrario: en lugar de haber un exceso de nombres, hay un defecto. Por ejemplo, el Athlon 64 3500+ lo puede haber con y sin extensiones SSE y con tecnología de fabricación de 90 o de 130 nm, con consiguientes las diferencias en potencia y consumo. En este caso, la única forma de diferenciar los modelos es fijarse en el nombre clave del núcleo (*core*). Los nombres clave (por ejemplo, Windsor o Toledo) son nombres que utilizan los equipos de desarrollo para referirse a las distintas gamas de procesadores antes de que salgan al mercado y el departamento de marketing les dé unos nombres definitivos y —en un mundo ideal— más atractivos para el consumidor. Sin embargo, como se puede observar, en el mundo real los nombres a veces ni siquiera sirven para distinguir dos modelos.

Por esta razón es necesario analizar las distintas características que puede tener un procesador para poder realizar comparaciones entre ellos.

2.2.2 Tecnología de fabricación

La tecnología de fabricación de procesadores se especifica en nanómetros y hace referencia al mínimo espacio que debe existir entre los elementos integrados en la pastilla de silicio del chip. Cuanto más juntos estén estos elementos, más cortas serán las conexiones, más rápido circulará la corriente por ellas, y menos calor se disipará debido a su resistencia eléctrica. En la actualidad (febrero de 2007), la tecnología de fabricación más pequeña de procesadores que están en el mercado es de 65 nm, siendo el paso anterior 90 nm y el siguiente, 45 nm.

La tecnología de fabricación está íntimamente ligada al número de transistores que caben en un chip: a menor tecnología de fabricación, mayor número de transistores caben en la misma superficie. El número de transistores es un indicio del rendimiento de la CPU, pues cuantos más transistores hay disponibles, más elementos se tienen para realizar procesamiento o almacenamiento de información. Sin embargo, no importa sólo el número de transistores disponibles, sino que es también muy importante cómo estén organizados, de tal manera que un procesador con menos transistores pero con una arquitectura mejor puede tener mejor rendimiento que otro con más transistores pero una arquitectura peor. Por ejemplo, el Athlon 64 tiene 106 millones de transistores, mientras que el antiguo Pentium 4 con núcleo Prescott estaba formado por 125 millones de transistores y, sin embargo, el rendimiento del Athlon 64 es en general superior al del Pentium 4 Prescott.

2.2.3 Tensión de alimentación

El significado de la tensión de alimentación del procesador es evidente y en la actualidad está alrededor de 1.3 v. A menor tensión de alimentación, menor consumo, menor disipación de calor y más rápido puede funcionar el procesador, ya que la diferencia de tensión entre un 0 y un 1 es menor y se puede alcanzar más rápido.

2.2.4 Bus de datos

El bus de datos permite al procesador recibir y enviar los datos que debe procesar. Cuantos más datos pueda comunicar un procesador con el resto de

elementos del sistema, mayor rendimiento se obtendrá. Para obtener el ancho de banda teórico del bus de datos es necesario conocer dos elementos:

- El ancho: Es el número de bits que componen cada dato. Desde la aparición del Pentium, son 64 bits.
- La frecuencia: Es el número de transferencias por unidad de tiempo que puede realizar. Inicialmente, en cada ciclo de reloj se realizaba una transferencia. Sin embargo, en los últimos años se han empezado a utilizar técnicas que permiten transmitir 2 datos por ciclo de reloj (DDR, *Double Data Rate*) o incluso 4 (QDR, *Quad Data Rate*). Esto lleva a confusiones porque a veces los fabricantes indican la frecuencia de reloj y otras veces indican la frecuencia de datos o frecuencia efectiva. Por ejemplo, un Pentium 4 con un bus de 200 MHz de frecuencia de reloj y que es QDR tiene una frecuencia de datos de 800 MHz.

Desde el Pentium II, los procesadores tienen una arquitectura basada en dos buses de datos (DIB, *Dual Independent Bus*):

- BSB (*Back Side Bus*): conecta el núcleo del procesador con la caché L2.
- FSB (*Front Side Bus*) conecta el núcleo con el controlador de memoria que forma parte del chipset.

Habitualmente, cuando se habla del bus de datos, se está haciendo referencia al FSB. Su frecuencia de reloj es fundamental porque la frecuencia del procesador se establece como esta frecuencia modificada por un multiplicador.

En los últimos años AMD ha modificado su arquitectura de tal forma que ha introducido el controlador de memoria en el encapsulado del procesador y ha pasado a utilizar una tecnología denominada HyperTransport para realizar las comunicaciones con el exterior.

2.2.5 Ancho del bus de direcciones

El ancho del bus de direcciones es el número de bits que puede emplear para acceder a una dirección de memoria del sistema. Así, el ancho del bus de direcciones limita el tamaño máximo de memoria del sistema.

El Pentium original tenía un bus de direcciones de 32 bits, que permitía direccionar hasta 4 GiBs. A partir del Pentium II el bus de direcciones pasó a ser de 36 bits (hasta 64 GiBs), aunque se necesitaban instrucciones especiales para manejar los 4 bits extra. Los ordenadores denominados «de 64 bits» tienen un espacio virtual de direcciones de 64 bits, pero para simplificar el diseño, y teniendo en cuenta que se prevé que durante muchos años no se lleguen a ver memorias de un tamaño tan grande, el mayor ancho del bus de direcciones real es bastante inferior. Por ejemplo, el Athlon 64 tiene 40 bits, lo que permite direccionar hasta 1 TiB.

2.2.6 Ancho de los registros de la CPU

El ancho de los registros de la CPU determina el tamaño de los datos con los que puede operar a la vez, el tamaño de los datos que es capaz de mover

internamente y el tamaño de sus instrucciones. A partir del 80386 las CPUs para PCs empezaron a tener registros internos de 32 bits.

En 2004, AMD introdujo las primeras CPUs de 64 bits compatibles con la arquitectura x86 (ya existían desde muchos años atrás procesadores no compatibles de 64 bits, como el Alpha o el PowerPC). Esta mejora en el ancho de los registros de la CPU introdujo cambios en el juego de instrucciones; lo que hizo triunfar al juego de instrucciones propuesto por AMD es que estas instrucciones de 64 bits estaban pensadas como una extensión a las instrucciones de 32 bits y, por lo tanto, los ordenadores de 64 bits podían perfectamente ejecutar programas de 32 bits. Intel finalmente adoptó la arquitectura de 64 bits propuesta por AMD¹.

Además de extender a 64 bits los registros de la CPU, esta tecnología introduce otras mejoras arquitectónicas como, por ejemplo, un incremento en el número de registros, que pueden suponer una mejora de rendimiento incluso cuando no se usen los 64 bits.

2.2.7 Frecuencia de reloj

La frecuencia de reloj suele expresarse en MHz o GHz. Indica el número de ciclos de reloj por cada segundo. Está muy relacionada con la velocidad del procesador. Para un mismo núcleo, a mayor frecuencia de reloj mayor velocidad de proceso. Esta señal está proporcionada por la placa base y por un multiplicador de frecuencia interno dentro de la CPU.

La frecuencia de reloj, aunque relacionada con el rendimiento, debe considerarse con cuidado. La velocidad con que una CPU desarrolla una determinada tarea no depende sólo de su señal de reloj, sino también de la cantidad de ciclos de reloj empleados en ejecutar cada instrucción. Por lo tanto, se comete un error si se comparan dos CPUs con diferentes arquitecturas teniendo en cuenta sólo su frecuencia.

Intel, por motivos de marketing, se lanzó en una carrera de incremento de frecuencia. La arquitectura del Pentium 4, por ejemplo, fue pensada para poder llegar a 10 GHz. Sin embargo, a mayor frecuencia, mayor disipación de calor, lo que llegó a causar importantes problemas. El Pentium 4 nunca superó los 4 GHz e Intel tuvo que cambiar su estrategia: en lugar de incrementar la frecuencia, mejorar la arquitectura, que era la estrategia que AMD llevaba siguiendo varios años. En las etapas finales de Pentium 4, los procesadores Athlon 64 de AMD conseguían mejores rendimientos que sus análogos de Intel. Esta tendencia no se invirtió hasta que Intel presentó una nueva arquitectura, la Intel Core², y más en concreto con su segunda versión, Intel Core 2.

¹ Un ejemplo de lo kafkiano que puede ser el mundo de la informática: Cuando AMD presentó su juego de instrucciones de 64 bits, lo denominó x86-64, pero más tarde lo renombró a AMD64. Cuando Intel lo adoptó (con diferencias mínimas), lo llamó inicialmente EM64T, aunque antes lo llamaba IA-32e, y más tarde lo llamó Intel 64. Por lo tanto, hay al menos cinco nombres distintos para el mismo concepto. Y es sólo un aspecto del rendimiento de un procesador...

² Otro problema de nomenclatura: Intel ha empezado a utilizar «Core» como nombre de modelo. No se debe confundir con su acepción general en inglés de «núcleo» ni con el nombre

2.2.8 Memoria caché

Mientras la velocidad del núcleo del procesador se incrementa, la velocidad de la memoria principal (la DRAM basada en condensadores) no puede seguir su ritmo. Esto hace que cuando el procesador tiene que acceder a la memoria principal, tenga que esperar, lo que ralentiza el procesamiento. Para intentar reducir estas esperas, se introduce la memoria caché (la SRAM basada en biestables), que funciona a velocidades similares a las del procesador. Además es una memoria especial porque está dotada de cierta «inteligencia»: almacena sólo los datos que con más probabilidad el procesador va a necesitar.

En la mayoría de los PCs actuales hay dos niveles de caché incluidos dentro del encapsulado del procesador:

- Nivel 1 (*Level 1*, L1): Es una memoria dividida en dos partes, una para datos y otra para instrucciones³. Aproximadamente en el 90 % de las ocasiones, el procesador encuentra en la caché L1 el dato que necesita, sin que se ralentice en exceso su funcionamiento esperando por la memoria. Este nivel tiene tamaños del orden de unos pocos KiBs.
- Nivel 2 (*Level 2*, L2): La caché de nivel 2 estaba inicialmente fuera del procesador, pero desde hace ya varios años está dentro del encapsulado y trabaja a su misma frecuencia. Este nivel guarda datos o instrucciones indistintamente. El 90 % de las veces que un dato no está en la caché L1 suele estar en la L2, con lo que el procesador sólo tiene que esperar por la memoria principal en el 1 % de los accesos a memoria. Tamaños típicos de este nivel son 512, 1024 ó 2048 KiBs.

Algunos procesadores para servidores, estaciones de trabajo o juegos incluyen un nivel más de caché, la L3. Esta es una de las razones por las que tienen mayor rendimiento y mayor precio.

La velocidad de la caché, como la de cualquier memoria, viene dada por dos parámetros:

- Latencia: Es el número de ciclos que se tarda en acceder al primer dato. Ej.: Pentium 4 Northwood, 2 ciclos; Pentium 4 Prescott, 4 ciclos.
- Tasa de transferencia: Es el número de bytes leídos o escritos por segundo.

2.2.9 Consumo

El consumo es un factor determinante en el caso de la CPU de un computador portátil, o incluso de sobremesa si pasa mucho tiempo encendido: el consumo de un procesador es similar al consumo de una lámpara incandescente (60-80 W).

en clave de los *cores*. Tampoco se debe confundir un Intel Core 2 con un Core Duo: el «2» indica que es la segunda versión de la arquitectura y el «Duo» que tiene dos núcleos.

³ En el Pentium 4 en lugar de una caché de instrucciones hay una caché de microinstrucciones.

Para reducir el consumo se utilizan tecnologías que, en los períodos de tiempo en los que el procesador no necesita mucha capacidad de procesamiento, reducen la tensión utilizada. Con menor tensión hay menos consumo, la frecuencia es menor (con lo que hay menos rendimiento, pero es momentos en los que no se necesita) y se alarga la vida del procesador. Ejemplos de estas tecnologías son Power Now! y Cool'n'Quiet de AMD o SpeedStep de Intel.

Además el consumo está relacionado con la disipación de calor. A menor consumo, menor disipación de calor.

2.2.10 Juegos de instrucciones avanzadas

Los juegos de instrucciones avanzadas proporcionan instrucciones especializadas para la programación de determinadas aplicaciones, como las multimedia, que mejoran su rendimiento. A lo largo de los años, tanto Intel como AMD han introducido sus propios juegos de instrucciones avanzadas:

- **MMX** (*MultiMedia eXtensions, Matrix Math eXtensions*): es un juego de instrucciones SIMD introducido por Intel a sus procesadores Pentium. SIMD es el acrónimo de *Single Instruction Multiple Data*, o Instrucción Única para Múltiples Datos. Los repertorios SIMD consisten en instrucciones que aplican una misma operación sobre un conjunto más o menos grande de datos. La tecnología MMX tenía dos problemas:
 - Reutilizaba los registros de coma flotante del procesador, inhabilitando el trabajo simultáneo con coma flotante y SIMD.
 - Trabajaba sólo con enteros.
- **3DNow!**, **Enhanced 3DNow**, **Professional 3DNow**: Son tres versiones del juego de instrucciones realizado por AMD que extendía las MMX de Intel y que permitía trabajar con coma flotante.
- **SSE** (*Streaming SIMD Extensions*): Es un juego de instrucciones desarrollado por Intel similar a las 3DNow, pero incompatibles. A lo largo de los años han ido apareciendo extensiones (SSE2, SSE3, SSE4).

2.2.11 Tecnología HyperThreading

Es una tecnología desarrollada por Intel que duplica partes del núcleo del procesador, de tal manera que bajo ciertas condiciones pueden estar ejecutándose al mismo tiempo dos hilos. El sistema operativo pasa a ver dos CPUs y puede planificar los hilos en ambas, aunque en la realidad no se ejecutarán siempre a la vez los dos hilos planificados. Según Intel, la mejora obtenida es aproximadamente del 30 %.

2.2.12 Número de núcleos

Una de las formas para aumentar el rendimiento que se ha empezado a utilizar en los últimos años —sobre todo a partir de la parada en la carrera de los megahertzios— es incluir en un mismo encapsulado varias CPUs, lo que se conoce como *multi-core* (multi-núcleo). Proporcionan las mismas ventajas que un sistema multiprocesador (un sistema con varias CPUs, cada una en su encapsulado) a un coste muy inferior. Otras ventajas de un sistema multi-núcleo

frente a uno multiprocesador están una mayor facilidad para realizar los circuitos de coherencia de caché y un menor consumo, debido a que, al compartir el mismo chip, se eliminan señales de comunicación entre chips. Además, los dos núcleos pueden compartir parte de la circuitería, como el controlador de FSB.

Como desventajas de los sistemas multi-núcleo están que es necesario que los programas sean multihilo para aprovechar las ventajas de rendimiento, que la mayor densidad de integración (hay más transistores en el mismo chip) crea una complejidad añadida para la disipación de calor, además de tener un consumo más elevado que un sistema mono-núcleo. Por último, el FSB puede convertirse en un cuello de botella al tener que suministrar información a varios procesadores.

2.2.13 Bit de no ejecución

Una de las brechas de seguridad más habituales es sobre-escribir la información de una zona de datos con código ejecutable. Para evitar esto, AMD introdujo en sus procesadores AMD64 un bit extra para marcar las páginas de memoria como código (ejecutables) o datos (no ejecutables) y lo llamó «NX bit» (de *No eXecutable bit*). Intel utilizó la misma tecnología pero la denominó «XD bit» (de *eXecute Disable bit*).

2.2.14 Virtualización

La virtualización consiste en ejecutar un sistema operativo dentro de otro sistema operativo. Aunque desde 1999 existían productos software como VMWare, Microsoft Virtual PC o QEMU que permiten esto, era una tarea muy compleja y con elevadas pérdidas de rendimiento porque la arquitectura x86 no estaba pensada para soportar la virtualización. A partir de 2005, Intel y AMD introdujeron modificaciones en su arquitectura para facilitar esta labor, con las denominaciones Intel VT (IVT) y AMD Virtualization (AMD-V) respectivamente.

Esta característica es importante sobre todo en procesadores para servidores.

2.2.15 Encapsulado

Las CPUs necesitan conectar su bus de datos, su bus de direcciones y su bus de control con el resto de elementos del sistema mediante la placa base, y recibir energía eléctrica. Los primeros procesadores se soldaban directamente a la placa base del computador, con lo que para ampliar el sistema o reparar un procesador averiado se debía sustituir todo el conjunto. Actualmente se conectan a través de zócalos (*sockets*) de conexión sin fuerza (*Zero Insertion Force*, ZIF). Los hay de dos tipos:

- PGA (*Pin Grid Array*)
- LGA (*Land Grid Array*)

Es posible encontrar procesadores en ranuras (*slots*, como las tarjetas de expansión) en sistemas relativamente modernos, especialmente en servidores.

Sin embargo, la instalación de procesadores en ranuras se ha abandonado por el momento.

2.3 Selección del procesador

Es imposible, a no ser que se trate de procesadores de la misma familia y con la misma arquitectura, comparar el rendimiento de dos procesadores basándose sólo en sus especificaciones. Así, la selección de un procesador basada en su rendimiento se lleva a cabo utilizando pruebas, *benchmarks*, que son publicados por varias compañías. Aunque algunas de estas compañías son fabricantes de chips, existen compañías independientes que publican los resultados de sus pruebas de rendimiento en el web, permitiendo una selección más o menos objetiva. Algunos de los *benchmarks* más habituales son Sysmark, SPEC y también es habitual hacer pruebas con aplicaciones reales como juegos (buscar el *frame rate* en el Far Cry, por ejemplo) o aplicaciones de creación de contenidos multimedia.

En cualquier caso, medir el rendimiento de un procesador no es fácil: no sólo influye el procesador, sino también otros factores como las placas base, la memoria, la tarjeta gráfica...

3. Sistemas de refrigeración

En los computadores personales modernos, y más aún cuando los sistemas son de prestaciones elevadas, el calor generado durante su funcionamiento es un problema importante. Inicialmente, este problema afectaba sobre todo al procesador, pero al ir elevando la frecuencia de todos los elementos, empezó a afectar a otros componentes, como el *chipset*, la tarjeta gráfica o incluso el disco duro. Los diseños actuales tienen en cuenta esto e intentan crear un flujo de aire dentro de la caja que consiga la máxima refrigeración.

Para evacuar el calor de los dispositivos en general, y de los procesadores en particular, pueden emplearse elementos *pasivos* (disipadores) o *activos* (ventiladores o refrigeración líquida).

3.1 Disipadores

Cuando el calor generado no es muy alto, puede emplearse un disipador de calor *pasivo*, que consiste, simplemente, en una pieza que presenta una superficie de contacto con el aire muy elevada, y que se fija al procesador mediante una pinza adecuada. Al distribuirse el calor en una superficie mayor, se evacua más fácilmente por convección natural con el aire.

El contacto entre procesador y disipador debe ser lo más perfecto posible, por lo que es corriente que el contacto se refuerce con elementos muy conductores del calor, como grasa de silicona. La calidad de esta grasa y su disposición puede influir en unos grados de temperatura.

Los disipadores pueden estar hechos de cobre, aluminio o una mezcla de ambos (habitualmente, la base en cobre y las aletas en aluminio). El cobre disipa el calor mejor pero tiene un coste más elevado.

3.2 Ventiladores

Cuando la evacuación de calor debe ser más intensa, debe recurrirse a los disipadores de calor *activos*. Éstos incluyen, además de un disipador de calor convencional como el visto anteriormente, un ventilador. Así, el calor se evacua mediante convección forzada con el aire.

Los ventiladores tienen dos desventajas: introducen ruido y, al ser elementos mecánicos, sufren con el tiempo una degradación de su funcionamiento.

3.3 Refrigeración líquida

Desde hace varios años, existen sistemas de refrigeración líquida, que ofrecen mayores prestaciones desde el punto de vista térmico que los disipadores de calor. Otra ventaja muy importante que presenta este tipo de refrigeración es que es silencioso, mientras que un equipo con tres o más ventiladores dista mucho de serlo.

El principio de funcionamiento de la refrigeración por agua es simple. Una bomba mueve el refrigerante empleado a través de un circuito. El fluido se calienta en las zonas en contacto con los procesadores, y se enfría en un

radiador, que puede estar instalado en el exterior de la caja para mejorar el rendimiento del circuito.

Estos sistemas son poco comunes porque resultan caros.

3.4 Parámetros de un sistema de refrigeración

Descartando la refrigeración líquida, por su baja implantación, los principales parámetros de un sistema de refrigeración formado por un disipador más un ventilador son:

- Largo, ancho y alto: Importante por el espacio que ocupan y porque pueden estar limitados a ciertos tipos de zócalos.
- Velocidad del ventilador: Se expresa en revoluciones por minuto (rpm). A mayor velocidad, mayor disipación, pero también más ruido. Un ventilador mayor puede desalojar más aire con menos revoluciones que otro más pequeño.
- Flujo de aire del ventilador: Indica el volumen de aire por unidad de tiempo que inyecta el ventilador al disipador. Se mide en pies cúbicos por minuto (*Cubic Feet per Minute*, CFM). A mayor flujo de aire, mayor enfriamiento.
- Presión del aire inyectado por el ventilador con respecto a la atmosférica: Suele medirse en milímetros de columna de agua (mm H₂O). A mayor presión, mayor densidad del aire y mayor enfriamiento.
- Resistencia térmica: Es el parámetro que resume las características térmicas anteriores. Relaciona la temperatura del elemento a refrigerar con la temperatura ambiente. Suele expresarse en centígrados por vatio (°C/W). Por ejemplo, si una CPU disipa 60 W y la resistencia térmica es de 0,3 °C/W, resulta que la CPU se encuentra a una temperatura $0,3 \times 60 = 18$ °C por encima de la temperatura dentro de la caja. Si la temperatura dentro de la caja es de 35 °C, la CPU tiene entonces una temperatura de 53 °C. A menor resistencia térmica, mayor enfriamiento.
- Nivel de ruido del ventilador: Se mide en decibelios acústicos, dB(A) o en sones.
- Vida del ventilador: Se expresa en el número medio de horas entre fallos (*Mean Time Between Failures*).
- Conexiones eléctricas: Los ventiladores se conectan a la placa base para obtener la corriente eléctrica necesaria para girar. En la actualidad disponen de un sensor de velocidad interno. Si el ventilador deja de girar o lo hace a baja velocidad, el software o el hardware del sistema pueden tomar medidas, como apagar el equipo para evitar daños al hardware.
- Capacidad de regulación: Muchos refrigeradores actuales tienen una entrada que permite regular la velocidad de rotación del ventilador, de tal manera que gire a velocidades inferiores (siendo más silencioso) cuando hay poca temperatura.

4. La memoria

4.1 Introducción

Los ordenadores utilizan la memoria para almacenar datos y programas. Hay distintos tipos de memorias con diferentes características, lo que las hace adecuadas para unos usos u otros. En los siguientes puntos se van a ver los tres tipos de memoria básicos que suele incorporar un PC actual.

4.2 Memoria ROM

La memoria ROM (*Read Only Memory*, memoria de sólo lectura) toma su nombre de que sólo puede ser escrita una vez y, tras esa escritura inicial, mantiene siempre su valor incluso en ausencia de alimentación. Esto la hace adecuada para almacenar datos que deban persistir incluso cuando el ordenador está apagado. En concreto, es necesario tener siempre un programa mínimo para poder cargar el sistema operativo. Este programa (aparte de otras utilidades, como un programa de configuración, un programa de chequeo y unos controladores básicos) se incluyen en un chip de memoria ROM al que habitualmente se denomina «BIOS».

Inicialmente estos chips estaban hechos realmente con memoria que sólo se podía escribir una vez. Sin embargo, con el tiempo la tecnología fue evolucionando y se ha llegado a conseguir chips que pueden ser escritos varias veces (y, por lo tanto, no son, estrictamente hablando, de sólo lectura) pero que no pierden la información aunque no estén alimentados. La reescritura, sin embargo, no suele ser tan fácil como la reescritura en otros tipos de memoria. Inicialmente era necesario sacar el chip de su ubicación dentro del ordenador y utilizar un dispositivo externo, denominado «programador de ROMs», para reescribirlo, en un principio a través de luz ultravioleta y más tarde mediante señales eléctricas.

El tipo de memoria ROM que incorporan en la actualidad los ordenadores es Flash-ROM, que puede ser reescrita mediante señales eléctricas sin necesidad de sacarla de su ubicación, lo que permite actualizarla con relativa facilidad.

4.3 Memoria principal

4.3.1 Introducción

La memoria principal del sistema, con tamaños en la actualidad del orden del medio GiB a unos pocos GiB, está basada en celdas de memoria realizadas con condensadores. Los condensadores pierden la carga si no se refrescan cada poco, así que es necesario realizar un proceso de refresco continuo. Por esta razón, a este tipo de memoria se la denomina DRAM (*Dynamic Random Access Memory*, memoria de acceso aleatorio dinámico).

La razón para utilizar memorias basadas en esta tecnología es que la celda básica es barata y pequeña. Esto permite hacer módulos de memoria con una gran cantidad de celdas a un coste razonable. Como contrapartida, es más lenta

que la memoria SRAM que se va a explicar en el próximo apartado, dedicado a memoria caché.

4.3.2 Velocidad de la memoria

Además del tamaño y el coste, otro parámetro fundamental de la memoria es la velocidad a la que trabaja. En la memoria principal se almacenan los datos y los programas y el procesador necesita acceder continuamente a estos elementos para poder realizar el procesamiento. Por esta razón, se han ido inventando distintas tecnologías que permiten que la memoria funcione cada vez más rápido.

Inicialmente la memoria principal no estaba sincronizada con el reloj de la CPU. Desde la aparición alrededor de 1997 de la SDRAM (Synchronous DRAM), la memoria sí está sincronizada, pudiendo tener patrones de comportamiento más complejos que mejoren la eficiencia de la transmisión de datos entre la memoria y el procesador.

La memoria SDRAM original transmitía un dato en cada ciclo de reloj (ver Figura 1) y por esto a veces se denomina SDR (*Single Data Rate*, tasa de datos sencilla). Una mejora introducida en 2001 fue enviar dos datos por ciclo, uno en el flanco ascendente de la señal de reloj y otro en el descendente, dando lugar a la memoria DDR (*Double Data Rate*, tasa de datos doble). La memoria que se utiliza actualmente se denomina DDR2 y no es más que una mejora de la DDR que le permite funcionar a frecuencias mayores.

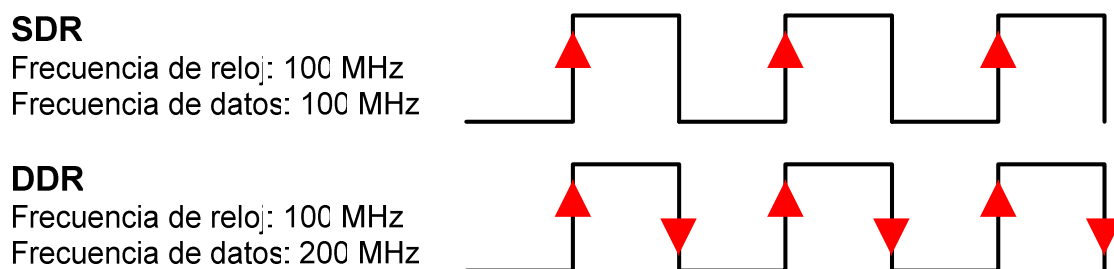


Figura 1 Diferencia entre SDR y DDR

La velocidad de las memorias viene dada por dos factores:

- La tasa de transferencia o ancho de banda: Es el número de bytes por segundo máximo que en teoría puede transmitir la memoria. Se obtiene a partir de la frecuencia de reloj utilizada, multiplicándola por el número de datos que se envían en cada ciclo y por el tamaño de cada dato, que en los sistemas PC es siempre 64 bits (8 bytes). Así, una memoria SDR que funciona a 100 MHz de frecuencia de reloj tendrá una tasa de transferencia de 800 MB/s y una memoria DDR que tenga como frecuencia de reloj 100 MHz tendrá una tasa de transferencia de 1600 MB/s.
- La latencia: Es el tiempo desde que el controlador de memoria solicita una operación de memoria hasta que recibe el primer dato. Se mide en ciclos de reloj. Habitualmente se indica como CLx, siendo x el número de ciclos. Por ejemplo, una memoria DDR2 con frecuencia de reloj de 400

MHz (es decir, un período de reloj son 2,5 ns) y CL3, tardará $3 \cdot 2,5 = 7,5$ ns en poner el primer dato.

Para nombrar la memoria se utilizan distintas notaciones según el tipo:

- Memoria SDR: Se nombra con PCyyy, siendo yyy la frecuencia de reloj en MHz. Por ejemplo, PC133 para una memoria con frecuencia de reloj 133 MHz.
- Memoria DDR:
 - DDR-xxxx (o DDR2-xxxx), siendo xxxx la frecuencia de datos (también denominada frecuencia efectiva), que en el caso de la memoria DDR es el doble de la frecuencia de reloj. Así, una memoria DDR2-533 será una memoria con frecuencia de reloj 266 MHz⁴ y tasa de transferencia de 4264 MB/s.
 - PC-yyyy (o PC2-yyyy si es DDR2), siendo yyyy la tasa de transferencia en MB/s (redondeada a un múltiplo de cien). Por ejemplo, PC2-4200 sería un nombre alternativo para una memoria DDR2-533.

Los módulos de memoria guardan en un chip de ROM, denominado SPD (*Serial Presence Detector*) sus parámetros (frecuencias, latencia, tensiones, nombre del fabricante, etc.). La BIOS lo puede leer al principio para configurarse automáticamente según el módulo de memoria que haya conectado.

4.3.3 Otros parámetros de las memorias

Las memorias pueden tener estas otras características:

- Tipo de módulo: Un módulo de memoria está hecho a partir de varios chips de memoria. Los módulos de memoria basados en tipos de chips distintos tienen distintos tamaños y conexiones a la placa base, evitando que se puedan conectar memorias incompatibles con la placa base. Por ejemplo, los módulos DDR tienen unas ranuras en sitios distintos a los DDR2, evitando que se conecten módulos DDR en placas base DDR2 y viceversa.
- *Registered*: Hay módulos de memoria que incorporan unos registros entre los chips de memoria y el interfaz con la placa base. De esta manera se carga menos el controlador de memoria y se pueden tener módulos con mayor cantidad de memoria, al mismo tiempo que se mejora la estabilidad de las señales. Se suelen utilizar en servidores.
- Capacidad de detección y corrección de errores: Algunos módulos de memoria contienen información redundante para detectar errores. Los chips con paridad tienen un bit de paridad por cada dato de 64 bits y permiten detectar (pero no corregir) errores de un bit. Los chips con ECC (*Error Correcting Code*, código de corrección de errores) pueden

⁴ Nótese que $266 \cdot 2$ no es 533. En realidad, la frecuencia de reloj es 266,66... y por eso al multiplicar por dos da 533,33...

detectar y corregir cuando hay un fallo de un bit y pueden detectar, pero no corregir, cuando hay fallos en el almacenamiento de 2 bits. Los módulos ECC se recomiendan en servidores y aplicaciones críticas, ya que es habitual tener un fallo de memoria transitorio cada pocos meses.

- **Doble canal:** Originalmente, el controlador de memoria lee los datos de un módulo de memoria. Para aumentar la tasa de transferencia, se diseñó un sistema de doble canal que permite leer datos de dos módulos de memoria en paralelo. Hay que instalar los módulos de memoria por pares, utilizando las ranuras de la placa base del mismo color.

4.4 Memoria caché

A lo largo de los años la velocidad a la que trabajan los procesadores ha crecido más rápidamente que la velocidad a la que trabajan las memorias DRAM. Esto hace que el procesador a veces tenga que esperar por la memoria, y cuanto más es la diferencia de velocidad, más tiene que esperar.

Al principio, los ordenadores tenían sólo un nivel de memoria: un chip de memoria principal DRAM. Cuando la frecuencia de la DRAM empezó a ser menor que la del procesador (con el 386), se empezó a utilizar una memoria intermedia más rápida, denominada caché. Para realizar esta memoria más rápida, en lugar de utilizar condensadores como la DRAM, se utilizan transistores, que no tienen necesidad de refresco y, por lo tanto, no pierden tiempo refrescando la información. A este tipo de memoria se la denomina SRAM (*Static RAM*, RAM estática). Además de ser más cara que la DRAM, tiene un tamaño físico mayor.

La memoria SRAM se utiliza en todos los niveles de caché (L1, L2 y, si lo hubiera, L3).

5. La placa base

La función primordial de la placa base es la de conectar la CPU con el resto de los elementos del sistema, proporcionando un soporte mecánico adecuado. Tiene una influencia decisiva en el rendimiento del sistema y en las posibilidades de ampliación.

5.1 El factor de forma

Como elemento mecánico que es, una característica primordial de las placas base es su factor de forma, que especifica todas sus características físicas, desde su ancho y alto, pasando por la disposición de sus diferentes elementos, hasta el lugar en el que deben colocarse los agujeros para los tornillos de montaje y los conectores que deben emplearse.

Aunque existen varios factores de forma (entre los modernos están ATX, Micro-ATX, BTX...), hoy día la práctica totalidad de los equipos de sobremesa utilizan placas ATX.

La elección del factor de forma también condiciona la fuente de alimentación a emplear, ya que especifica el tipo de conexiones que la fuente de alimentación debe incorporar.

5.2 Componentes de las placas base

5.2.1 Zócalo y regulador de tensión

El zócalo es el elemento en que sirve de interfaz entre el procesador y la placa base. Tiene que ser compatible con el encapsulado del procesador.

El regulador de tensión de la placa base adapta los niveles de tensión de la fuente de alimentación a los niveles que la CPU necesita (*core voltage*).

5.2.2 Conjunto de chips (*chipset*)

El conjunto de chips (el *chipset*) instalados en la placa base permiten conectar la CPU con la memoria principal y el resto de interfaces y periféricos del sistema. Muchas placas base modernas incluyen además multitud de controladores y dispositivos adicionales, como pueden ser los de vídeo, sonido o red.

Los fabricantes de placas base ofrecen diferentes conjuntos de chips, de diferentes precios y con diferentes prestaciones, aunque su elección viene condicionada por la CPU elegida. Una selección adecuada del *chipset* influirá enormemente en el rendimiento del sistema, puesto que el *chipset* es el encargado de, entre otras cosas, generar todas las señales de reloj (establece así la velocidad de funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema) y de determinar cantidad y tipo de memoria que puede usarse.

Los *chipsets* modernos tienen dos componentes principales interconectados:

- Un controlador del sistema (*System Controller* o *Memory Control Hub*). Algunos fabricantes de *chipsets*, especialmente los que fabrican para AMD, lo llaman *north bridge* porque históricamente estaba al norte del bus PCI en las placas base.

- Un controlador de periféricos (*Peripheral Bus Controller* o *I/O Controller hub*). También se llama *south bridge*.

El puente norte es el chip más importante de la placa base. Tradicionalmente (ver Figura 2), tenía en su interior un controlador de memoria y conectaba el procesador con la memoria. Más adelante se añadió también la función de conectar con la tarjeta de vídeo.

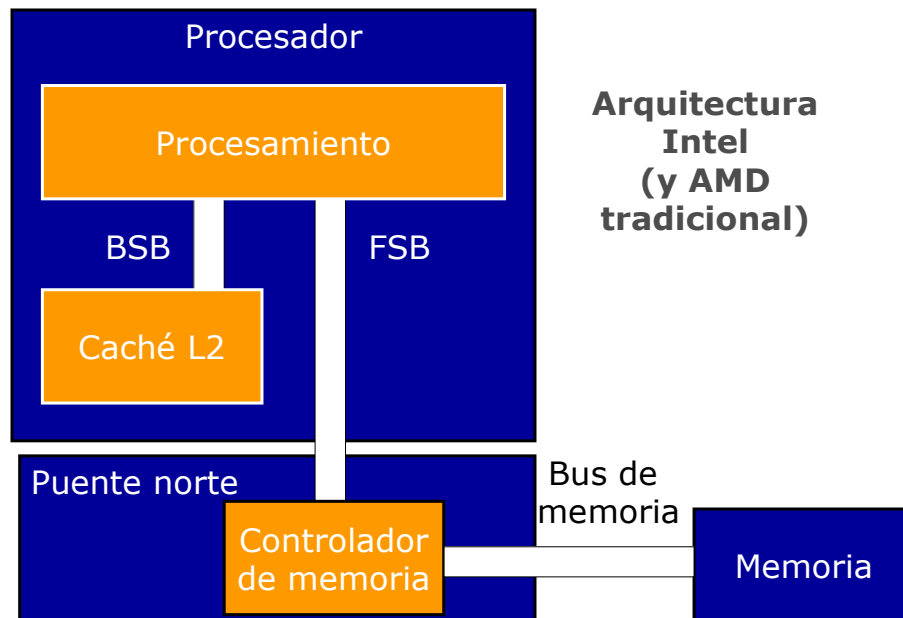


Figura 2 Arquitectura Intel (y AMD tradicional)

AMD ha modificado el diseño a partir del AMD64 (ver Figura 3): ha introducido el controlador de memoria dentro del encapsulado del procesador, sacándolo del puente norte. La conexión entre el procesador y el puente norte se hace a través de un bus DDR denominado HyperTransport.

En la arquitectura tradicional, el bus que comunica la CPU con el controlador del sistema se denomina bus del sistema (*System Bus*) o bus frontal (*Front Side Bus* o *FSB*). El bus que comunica el controlador del sistema con la memoria es el bus de memoria (*Memory Bus*). Sus anchos son normalmente de 64 bits. En los modelos de Intel desde el Pentium 4, el FSB es un bus QDR.

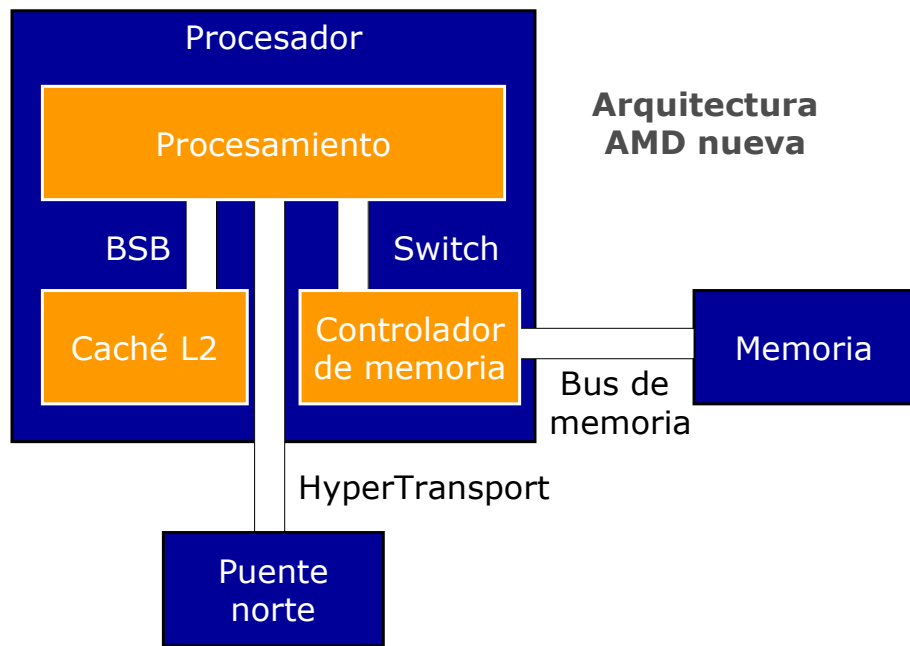


Figura 3 Arquitectura AMD

El controlador del sistema (puente norte) proporciona las señales de reloj del FSB. Normalmente, la señal de reloj del FSB se selecciona directamente mediante la utilidad de configuración de la CMOS del sistema. A partir la señal de reloj del FSB, mediante un coeficiente *multiplicador*, se obtiene la señal de reloj del procesador, y mediante otro coeficiente multiplicador, la de la memoria.

Por ejemplo: Un Pentium 4 a 2 GHz con FSB a 100 MHz de frecuencia de reloj (400 MHz de datos) tiene un multiplicador de 20 ($20 * 100 \text{ MHz} = 2000 \text{ MHz} = 2 \text{ GHz}$). Si se utiliza memoria DDR266, que tiene una frecuencia de reloj de 133 MHz, el multiplicador de memoria será $4/3 = 1.33$. Si se utiliza una memoria DDR333, que tiene una frecuencia de 166 MHz, el multiplicador de memoria deberá ser $5/3 = 1.66$.

5.2.3 Zócalos para la memoria del sistema

Es la placa base la que determina el tipo y cantidad de memoria que puede instalarse en el sistema, por dos razones: el *chipset* determina el tipo de memoria que puede controlar y las ranuras disponibles limitan el tipo y la cantidad que se puede instalar.

5.2.4 Conexiones con interfaces de periféricos

La placa base también contiene diversas ranuras que permiten conectar dispositivos periféricos. Las más típicas son:

- Conexión para la tarjeta de vídeo. Hasta hace unos años se utilizaba el puerto AGP (Accelerated Graphics Port), que era de 32 bits y en su versión x1 tenía una frecuencia de datos de 66 MHz. Los ordenadores actuales utilizan

PCI Express. Este estándar es una conexión punto a punto (no un bus) y puede tener hasta 32 canales, cada uno con una tasa de transferencia de 250 MB/s, aunque en las placas actuales para la tarjeta de vídeo se suele utilizar uno con 16 canales.

- Ranuras PCI Express x4 ó x1: Para conectar otro tipo de tarjetas de expansión.
- Ranuras PCI: El bus PCI ha sido durante diez años la conexión habitual de todo tipo de tarjetas de expansión. Es de 32 bits y tiene una frecuencia de reloj de 33 MHz, con lo que se consigue un ancho de banda de 133 MB/s.
- Conexiones para dispositivos de almacenamiento: Hasta la introducción en los últimos años de SATA (Serial ATA), casi todas las placas base llevaban dos conexiones IDE/ATA. En el tema dedicado a dispositivos de almacenamiento se tratarán con más detalle este tipo de conexiones, así como otras relacionadas con dispositivos de almacenamiento que también pueden venir integradas en la placa.
- Puertos PS/2: Para conectar el ratón y el teclado.
- Puerto serie (RS-232): Era el lugar habitual para conectar el ratón antes del PS/2 y se utilizaba también para realizar comunicaciones con otros dispositivos.
- Puerto paralelo: Era el lugar habitual para conectar la impresora.
- Puerto de juegos: Sirve para conectar un *joystick*.
- IrDA: Es una conexión para comunicación mediante infrarrojos. Las placas base suelen tener un conector tipo *pines* al que hay que conectar una tarjeta para poder comunicarse por infrarrojos con otros dispositivos. La conexión por infrarrojos es a 4 ó 16 Mbits/s, de corto alcance, punto a punto y ángulo estrecho (30°).
- Puertos USB: Se han convertido en el estándar para conexión de todo tipo de dispositivos externos (incluyendo el ratón, el teclado y la impresora). La versión 1.0 tenía un ancho de banda de 1.5 MB/s, mientras que la versión 2.0 tiene 60 MB/s.
- Puertos FireWire (también llamado i.Link o IEEE 1394): Es un bus, inicialmente desarrollado por Apple, que tiene cometidos similares al USB. La versión inicial (FireWire 400) tenía 50 MB/s de ancho de banda y la segunda versión (FireWire 800), 100 MB/s. Se suele utilizar sobre todo para conectar cámaras de vídeo MiniDV.

5.2.5 Conectores de alimentación

Las placas base también incluyen un conector para la fuente de alimentación. De él extraen la energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes conectados a ella. La mayoría de los componentes reciben la corriente a través del zócalo o ranura a la que se conecten. Para los ventiladores, las placas base tienen unos conectores especiales.

6. Fuentes de alimentación

6.1 Introducción

La fuente de alimentación del sistema viene determinada por:

- El factor de forma de la placa base.
- La potencia eléctrica requerida.

El factor de forma de la placa base determina también el factor de forma de la fuente de alimentación, esto es, todas sus características físicas. Puesto que el factor de forma más común para las placas base es el ATX, lo más habitual es tener fuentes ATX.

Aunque el factor de forma de la fuente de alimentación sea por lo general el ATX, la elección de la fuente no termina ahí. De hecho, el criterio más importante de selección de una fuente de alimentación es la potencia eléctrica que es capaz de suministrar.

6.2 Fuente de alimentación ATX

La especificación ATX define la geometría de las placas base y las fuentes de alimentación. Las fuentes de alimentación ATX se conectan a la placa base mediante un conector de 20 pins marcado, para evitar conexiones incorrectas del mismo.

Las señales PS_ON# y +5VSB (*5V Stand By*) se conocen como señales *soft power*. Los sistemas operativos modernos pueden emplear PS_ON# para apagar o conectar la alimentación del equipo. La señal PS_ON# permite, además, “despertar” al equipo usando diferentes dispositivos, como por ejemplo los dispositivos de red (WOL, *Wake On LAN*). La corriente necesaria para llevar a cabo estas labores se obtiene de la salida +5VSB, que normalmente está activa siempre que la fuente de alimentación esté conectada a la red eléctrica, es decir, cuando consideramos el equipo apagado, no lo está del todo a no ser que se realice una desconexión total de la alimentación. Algunas fuentes de alimentación tienen un interruptor trasero que permite apagarlas del todo.

Además del conector para la placa base, la fuente de alimentación tiene conectores para la disquetera, los dispositivos ATA (denominados «molex») y, en los últimos tiempos, también empiezan a incluir conectores para dispositivos SATA.

6.3 Potencia eléctrica requerida

La mayoría de las fuentes de alimentación instaladas en equipos destinados al uso general oscilan entre 250W y 400W, aunque pueden encontrarse fuentes de alimentación de hasta 500W. Hay que tener en cuenta que las fuentes ATX proporcionan señales de varias tensiones y la potencia total que se suele indicar es la combinación de la potencia que se puede dar en cada una de ellas. Conocer sólo este valor puede no ser suficiente: a veces hay que tener en cuenta la potencia que dan en cada salida en concreto.

Cuando se construye o se actualiza un PC, es importante asegurarse de que la fuente de alimentación es capaz de soportar toda la potencia requerida por los diferentes dispositivos que alimenta. Desgraciadamente, muchos fabricantes no especifican la corriente que consumen los dispositivos que fabrican. Para tener mayor la seguridad, lo mejor es suponer que los dispositivos consumen la máxima corriente especificada en diferentes estándares.

Por ejemplo, la corriente máxima que un dispositivo PCI puede consumir de cada uno de los voltajes ATX son: 5A de la salida +5V, 0.5A de la salida +12V y 7.6A de la salida +3.3V. Las placas base modernas consumen un máximo de entre 15 y 20A de la salida +5V, con procesadores de AMD o procesadores de Intel antiguos, o 5-10A de la salida de +12V con procesadores de Intel modernos. Las unidades de discos flexibles consumen alrededor de 1A sólo de la salida +5V. Los ventiladores, 0.1A de la salida de +12V. Los discos duros consumen aproximadamente 2A de la salida +12V para su motor, y 1A de la salida de +5V para sus circuitos.

7. Cajas

La elección de una caja viene ligada a factores evidentes ya vistos, como el factor de forma de la placa base y la fuente de alimentación. Normalmente, las cajas para el mercado masivo se venden con la fuente de alimentación instalada, luego deben analizarse, antes de adquirirla, los requisitos de consumo de corriente del sistema.

Otros factores a tener en cuenta son el lugar donde debe ir instalada, la facilidad de manipulación y el número de periféricos que deben instalarse en los huecos frontales (normalmente periféricos de almacenamiento).

Dependiendo de si el sistema va a estar instalado en el suelo o sobre una mesa, la caja deberá ser de tipo *torre* o de tipo *sobremesa*. En cuanto al número de huecos frontales, las cajas sobremesa suelen disponer de dos (suficientes para, por ejemplo, instalar un DVD y una grabadora de discos compactos), mientras que las cajas tipo torre pueden disponer de tres o más. En función del número de bahías, las cajas torre suelen denominarse mini-torre, semi-torre, torre o incluso gran-torre. En los últimos tiempos han empezado a ser más comunes cajas más pequeñas, como los modelos *slim* (estrechos) o los cubos (a veces denominados *barebones*, aunque este término indica algo más que una caja).

Las cajas cada vez incluyen diseños más sofisticados desde el punto de vista estético y elementos que contribuyen a la seguridad del sistema desde diferentes puntos de vista. Las cajas de las estaciones de trabajo, por ejemplo, suelen incluir tapas frontales, que evitan que se introduzca suciedad y que se acceda al sistema de forma no autorizada.

Todas las cajas incluyen una serie de interruptores, pulsadores y elementos de señalización que deben ser conectados a la placa base. Aunque el número de elementos del interfaz entre caja y placa base va constantemente en aumento, la caja tendrá, al menos, los siguientes:

- Elemento para conectar/desconectar la alimentación. Es un interruptor o un pulsador con enclavamiento en equipos antiguos, y un pulsador en equipos modernos. En equipos antiguos, el interruptor simplemente cortaba la corriente eléctrica del equipo. En los equipos modernos, éste pulsador interactúa con las señales de *soft power* de la fuente de alimentación y puede poner el sistema en distintos grados de apagado, que se estudiarán en el tema siguiente.
- Pulsador de reset. Activa la señal de reset del procesador, lo que provoca un reinicio.
- Diodo de *encendido (Power)*. Avisa de que el equipo está operando en condiciones normales. Parpadeando puede indicar estados de bajo de consumo.
- Diodo de *disco duro (HDD Led)*. Avisa de que se está llevando a cabo una operación de lectura/escritura en un dispositivo de almacenamiento.
- Altavoz del sistema. Cada vez más en desuso a favor de las tarjetas de sonido, emite pitidos sencillos que pueden notificar diferentes eventos o diagnósticos.