

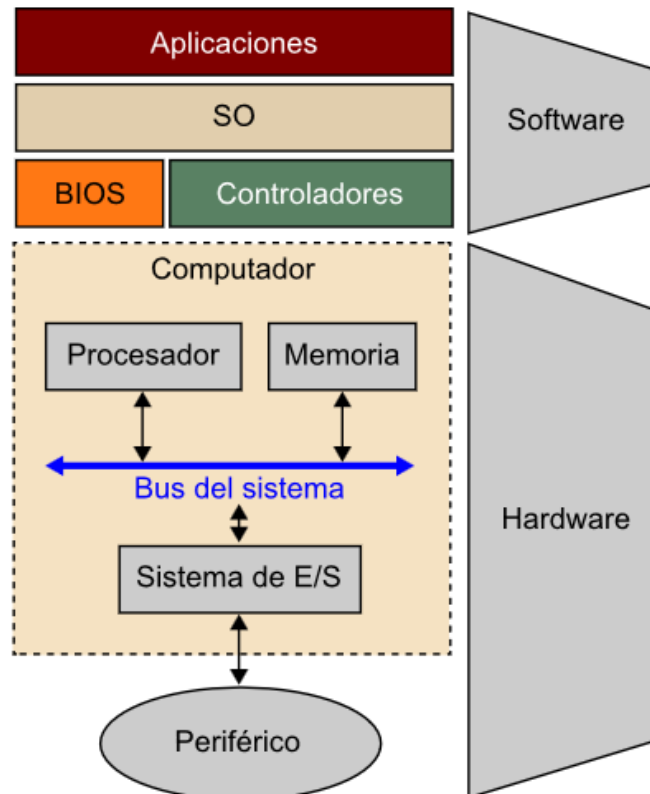
Curso: Sistemas Operativos
6. Sistema de Entrada/Salida
(Parte I)

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.1 Introducción

Sistemas de Entrada/Salida.

El Sistema de Entrada/Salida es la interfaz que tiene la computadora con el exterior. Facilita las operaciones de E/S entre los periféricos y la memoria o los registros del procesador. Para gestionar las operaciones de E/S es necesario un hardware y la ayuda de un software.

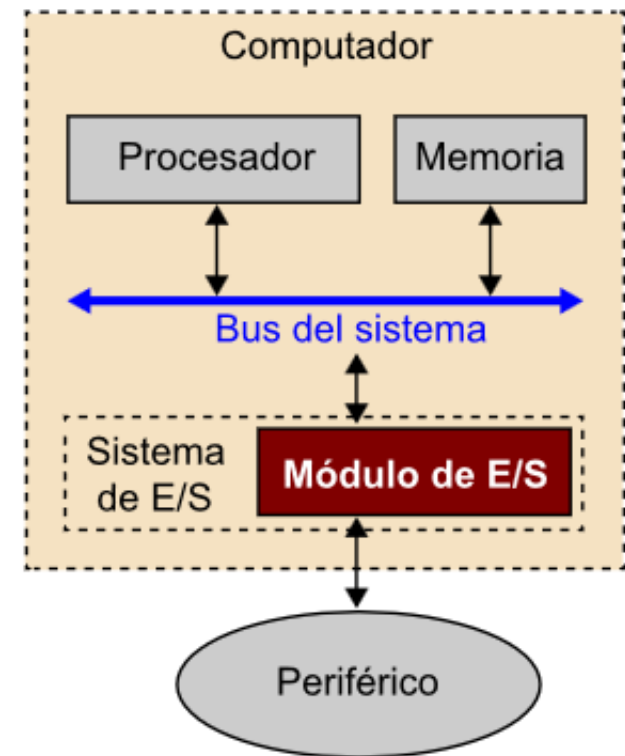


Ubicación del Sistema de E/S.

Sistemas de Entrada/Salida.

Dado que existe una gran variedad de dispositivos de entrada y salida así como sus aplicaciones, es necesario dedicar un hardware y un software específicos para cada dispositivo de E/S (periférico).

Se ha intentado normalizar la interconexión de los periféricos a la computadora mediante lo que se denomina módulos de E/S o controladores de E/S. Esto permite tener, por una parte, una conexión entre el módulo de E/S y el periférico, que sea específica y que tenga las características propias que difícilmente se pueden generalizar para utilizarlas en otros dispositivos y, por otra parte, una conexión entre los módulos de E/S y la computadora, común a todos los controladores. Estos módulos además de permitir la conexión de los periféricos a la computadora, disponen de la lógica necesaria para tener cierta capacidad de procesamiento y de gestionar la transferencia de información.



Sistemas de Entrada/Salida.

Pero, ¿qué relación tiene el Sistema de Entrada/Salida con el Sistema Operativo de la computadora?

La gestión global del sistema de E/S la hace el sistema operativo. Las técnicas para controlar este sistema de E/S las utiliza el sistema operativo y el programador cuando quieren acceder al periférico, pero en las máquinas actuales, a causa de la complejidad de controlar y gestionar los periféricos, el acceso se lleva a cabo generalmente mediante llamadas al sistema, que es quien gestiona la transferencia.

El conjunto de rutinas que permiten controlar un determinado periférico es lo que denominamos habitualmente programas controladores o drivers y cuando el sistema operativo quiere hacer una operación de E/S con un periférico llama a una de estas rutinas.

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.1 Dispositivos de entrada y salida

Sistemas de Entrada/Salida.

Dispositivos de entrada y salida.

Existen varias clasificaciones de los dispositivos de entrada y salida; la siguiente es la que me parece más acertada:

- *Visibles y tangibles para el usuario.* Adecuados para la comunicación directa con el usuario. Algunos ejemplos son: impresoras, monitores, teclado y mouse.
- *Visibles y tangibles para la máquina:* Adecuados para la comunicación interna con dispositivos electrónicos. Algunos ejemplos son: unidades de disco y cintas, los sensores, los controladores y los activadores.
- *Comunicación.* Adecuados para la comunicación con dispositivos remotos. Algunos ejemplos son: módems y controladores de líneas digitales.

A su vez, podemos definir algunas propiedades de los dispositivos de entrada y salida, que marcan diferencias entre unos y otros:

- *Velocidad de transferencia de datos.* La velocidad de transferencia de datos(bps) puede ser desde 10^1 del teclado, modem 10^5 , disco duro 10^8 , hasta Ethernet de Gigabit 10^9

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.2 Dispositivos de entrada y salida

Dispositivos de entrada y salida.

- *Aplicación.* El uso al que esté destinado un dispositivo influye en el software y en las políticas del sistema operativo, así como de las herramientas que le dan soporte. Por ejemplo, de un disco duro, requiere el soporte de software del Sistema de Archivos.
- *Complejidad de control.* Una impresora requiere una interfaz de control sencilla; mientras que un disco requiere de un controlador mucho más complejo.
- *Unidad de transferencia.* Los datos pueden transferirse byte a byte (como el caso de un monitor) o en bloques de bytes (como en un disco).
- *Representaciones de datos.* Existen diferentes esquemas de codificación de datos (diferentes códigos del carácter) y en las convenciones sobre paridad.
- *Condiciones de error.* La naturaleza de los errores, el modo en que se notifican, sus consecuencias y el rango disponible de respuestas difieren considerablemente de un dispositivo a otro.

Organización del Sistema de E/S.

Se refiere a cómo se realiza una operación de E/S entre el procesador y el periférico. Existen algunas técnicas para realizar la E/S:

- *E/S programada*. El procesador envía una orden de E/S, a petición de un proceso, a un módulo de E/S; a continuación, ese proceso realiza una espera activa hasta que se complete la operación antes de continuar.
- *E/S dirigida por interrupciones*. El procesador envía una orden de E/S, a petición de un proceso y continúa ejecutándolas instrucciones del mismo proceso o de otro, siendo interrumpido por el módulo de E/S cuando éste ha completado su trabajo.
- *Acceso directo a memoria (Direct Memory Access, DMA)*. Un módulo de DMA controla el intercambio de datos entre la memoria principal y un módulo de E/S. El procesador manda una petición de transferencia de un bloque de datos al módulo de DMA y resulta interrumpido sólo cuando se haya transferido el bloque completo.

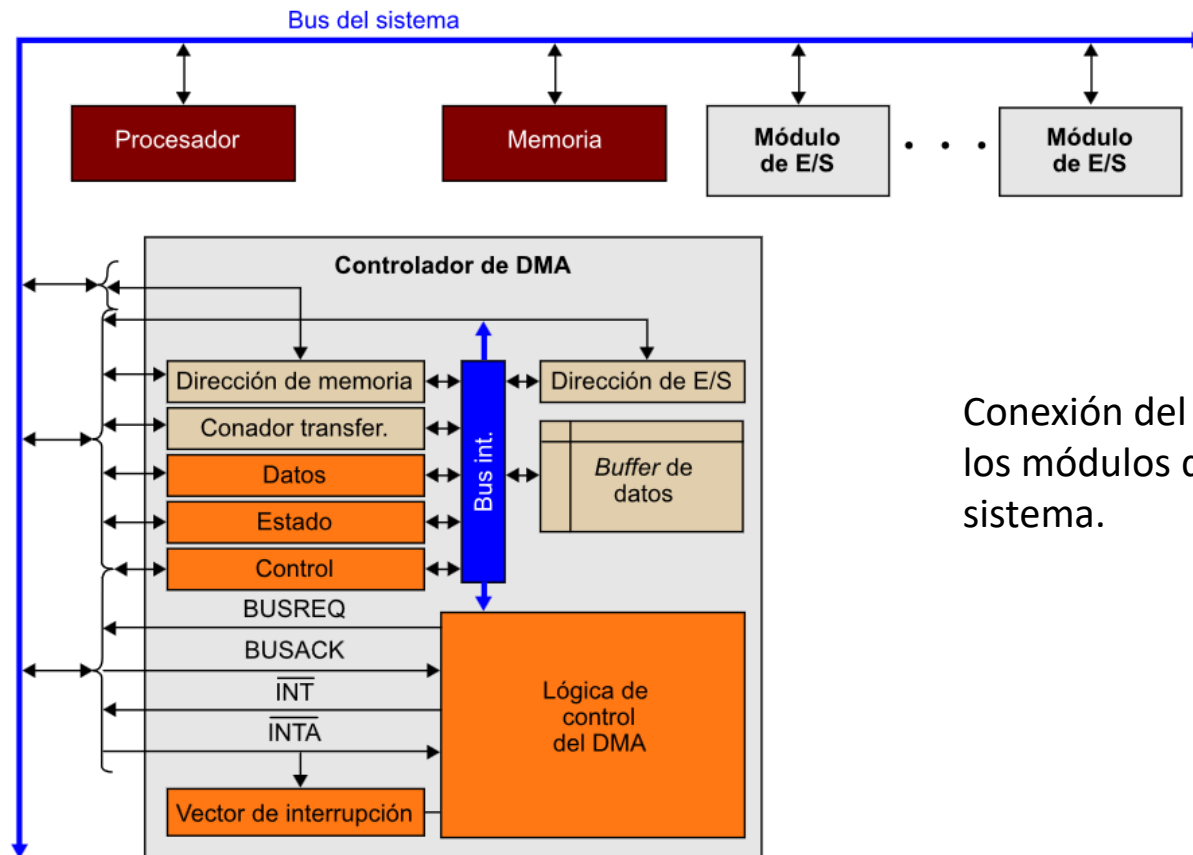
En la mayoría de las computadoras el DMA es la forma de transferencia predominante, a la que el sistema operativo debe dar soporte. Por esto, veremos algunas características y funcionalidades, del DMA.

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.3 Organización del Sistema de E/S

Acceso Directo a Memoria (DMA).

La unidad DMA es capaz de imitar al procesador, tomando el control del bus del sistema tal como lo hace un procesador. La unidad de DMA necesita hacerlo para transferir los datos desde y hacia la memoria usando el bus del sistema.



Conexión del controlador DMA y los módulos de E/S con el bus del sistema.

Acceso Directo a Memoria (DMA).

Funcionamiento.

Cuando el procesador quiere leer o escribir un bloque de datos, envía un mandato al módulo DMA especificándole la siguiente información:

- Si se trata de una operación de lectura o de escritura, utilizando para ello la línea de control de lectura o escritura que existe entre el procesador y el módulo DMA.
- La dirección del dispositivo de E/S involucrado, comunicándoselo mediante las líneas de datos.
- La dirección inicial de memoria que se pretende leer o escribir, comunicándoselo mediante las líneas de datos y almacenándose en el registro de dirección del módulo de DMA.
- El número de palabras que se van a leer o escribir, comunicándoselo de nuevo mediante las líneas de datos y almacenándose en el registro contador de datos.

A continuación, el procesador continúa con otro trabajo. Ha delegado esta operación de E/S al módulo DMA. Este módulo transfiere el bloque completo de datos directamente desde la memoria o hacia ella, sin pasar por el procesador.

Cuando se completa la transferencia, el módulo DMA envía una señal de interrupción al procesador. Por tanto, el procesador sólo está involucrado al inicio y al final de la transferencia.

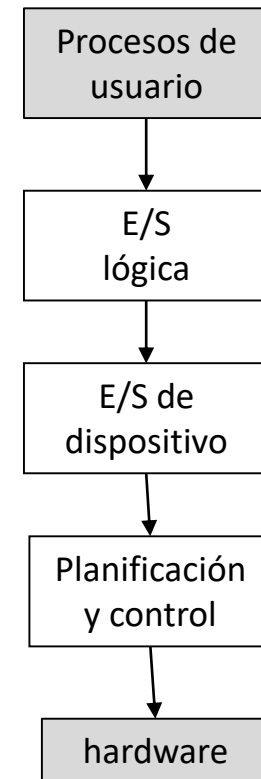
Estructura lógica del Sistema de E/S.

La estructura lógica del sistema E/S dependerá del tipo de dispositivo y su aplicación. Inicialmente, veamos un caso simple donde un dispositivo periférico local se comunica de forma sencilla, tal como un flujo de bytes o registros, cuya estructura incluye los siguientes niveles:

E/S lógica. El módulo de E/S lógica trata a los dispositivos como un recurso lógico y no se ocupa de los detalles del control real del dispositivo. Se encarga de la gestión de tareas generales de E/S para los procesos de usuario, a través de identificadores de dispositivo y mandatos sencillos como abrir, cerrar, leer y escribir.

E/S de dispositivo. Las operaciones requeridas y los datos se convierten en las secuencias apropiadas de instrucciones de E/S, mandatos y órdenes del controlador.

Planificación y control. La gestión real de la cola y la planificación de las operaciones de E/S se producen en este nivel, así como el control de las operaciones. Por tanto, en este nivel se manejan las interrupciones y se recoge el estado de E/S y se informa del mismo. Este es el nivel de software que realmente interactúa con el módulo de E/S y, por tanto, con el hardware del dispositivo.



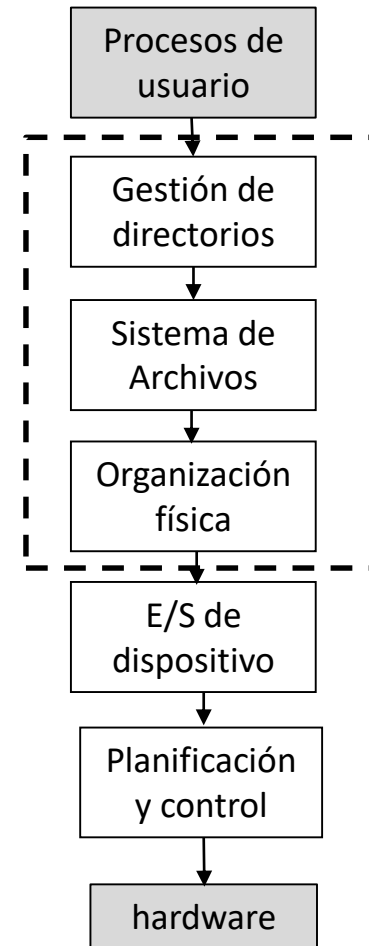
Estructura lógica del Sistema de E/S.

La estructura lógica del sistema E/S para un dispositivo de almacenamiento secundaria incluye tres niveles dentro de la E/S lógica:

Gestión de directorios. Los nombres simbólicos de los archivos se convierten en identificadores que hacen referencia directamente al archivo o indirectamente a través de un descriptor de archivo o una tabla de índices. También se ocupa de las operaciones de usuario sobre el directorio de archivos como añadir, borrar y reorganizar.

Sistema de archivos. Trata con la estructura lógica de los archivos y con las operaciones que pueden especificar los usuarios como abrir, cerrar, leer y escribir. Los derechos de acceso también se gestionan en este nivel.

Organización física. Las referencias lógicas a archivos y registros se deben convertir en direcciones físicas de almacenamiento secundario, teniendo en cuenta la estructura de pistas y sectores del dispositivo físico. La asignación de memoria secundaria y de *buffres* de memoria principal se tratan también en este nivel.



6 Sistemas de Entrada/Salida

6.4 Dispositivos de almacenamiento masivo

Dispositivos de almacenamiento masivo.

Mantener la información que se procesa se considera una de las tareas fundamentales de la computadora. Constituye la parte de conservar información durante largos periodos o en grandes cantidades en los sistemas de archivos.

Es responsabilidad de una categoría especializada de dispositivos que pueden representar la información en algún medio físico que resulte de bajo costo y luego recuperarla. Aunque resulta deseable que la velocidad de transferencia sea elevada, el costo por MB suele ser el factor principal en este mercado.

Las cintas

En una época se usaban cintas magnéticas para almacenamiento secundario en grandes computadoras centrales; incluso en el inicio de las computadoras personales, se usaban cintas de casete que originalmente fueron desarrollados para uso en audio.

Pero las cintas tienen la inconveniente característica de acceso secuencial. Esto implica que en la búsqueda de datos en la cinta es necesario pasar por todos los datos que se encuentren entre donde está la cabeza lectora y el sitio a donde se tiene que llegar. Incluso en unidades de cinta muy rápidas esto puede requerir varios minutos.

Las cintas son dispositivos que almacenan bloques de datos. Es decir, se lee o escribe en grupos de bytes, uno a la vez.

Dispositivos de almacenamiento masivo.

Los discos

El término genérico de *disco* se ha empleado prácticamente como sinónimo de *almacenamiento a largo plazo*. Al igual que en las cintas magnéticas, los discos son dispositivos de acceso por bloques.

El tamaño de un bloque está determinado parcialmente por el hardware, puesto que los controladores de disco sólo pueden leer o escribir sectores completos del disco, pero también por los administradores del sistema cuando se establece el sistema de archivos.

Estos dispositivos a menudo tienen acceso aleatorio directamente a cualquier bloque en el dispositivo; es decir, el bloque puede ser leído o escrito en cualquier orden.

El medio aún más prevalente son los discos duros magnéticos rotativos, aunque también se emplean los discos ópticos y últimamente los de estado sólido.

Discos magnéticos rotativos

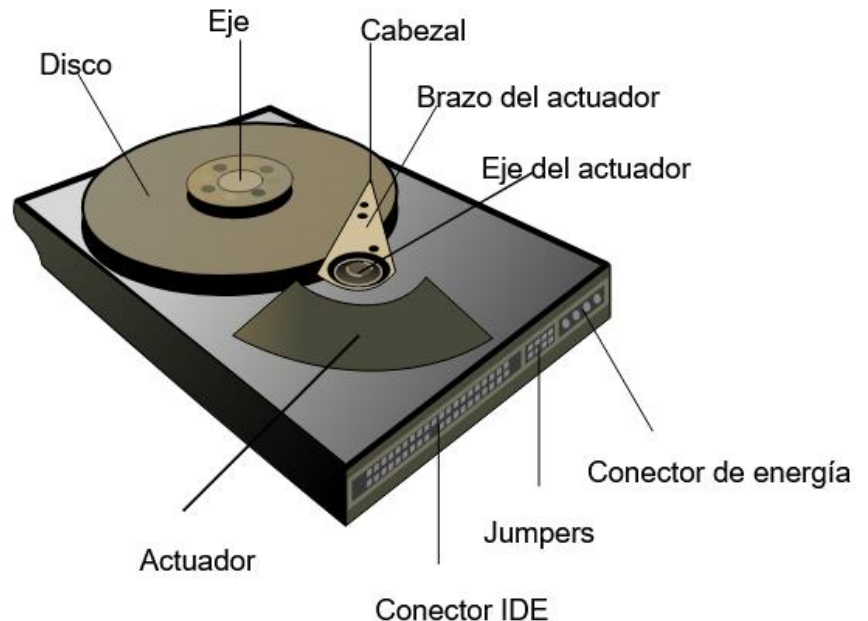
Hay dos tipos diferentes de este tipo de disco, aunque la lógica de su funcionamiento es la misma: los discos duros y los flexibles (o floppies). El nombre de disco duro o disco flexible se debe al medio empleado para el almacenamiento de información: los discos flexibles emplean una hoja plástica flexible, los duros son metálicos.

Discos magnéticos rotativos (continuación).

Los discos duros constituyen un paquete cerrado y sellado que incluye cabezas de lectura y escritura, así como la electrónica de control. Esto permite que los discos duros tengan densidades de almacenamiento y velocidades de transmisión muy superiores a la de los discos flexibles. Las estructuras lógica y física del disco duro, se presentan a continuación:

Estructura lógica. Dentro del disco se encuentran: El registro de arranque principal (*Master Boot Record, MBR*), en el bloque o sector de arranque, que contiene la tabla de particiones, necesarias para poder colocar los sistemas de archivos.

Estructura física. Puede estar compuesto por discos concéntricos llamados **platos**, y que giran todos a la vez sobre el mismo **eje**, al que están unidos. El **cabezal** (dispositivo de lectura y escritura) está formado por un conjunto de brazos paralelos a los platos, alineados verticalmente y que también se desplazan de forma simultánea, en cuya punta están las cabezas de lectura/escritura.



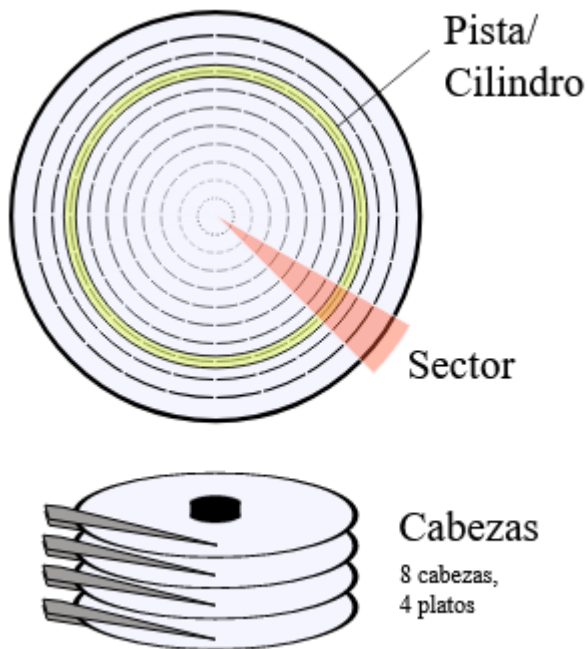
Partes de un disco duro.

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.4 Dispositivos de almacenamiento masivo

Discos magnéticos rotativos (continuación).

Componentes físicos. Hay varios componentes para referirse a zonas del disco:



Plato: cada uno de los discos que hay dentro de la unidad de disco duro.

Cara: cada uno de los dos lados de un plato.

Cabezal: número de cabeza o cabezal por cada cara.

Pista: una circunferencia dentro de una cara; la pista cero (0) está en el borde exterior.

Cilindro: conjunto de varias pistas; son todas las circunferencias que están alineadas verticalmente (una de cada cara).

Sector : cada una de las divisiones de una pista. El tamaño del sector no es fijo, siendo el estándar actual 512 bytes, aunque la asociación IDEMA13 ha creado un comité que impulsa llevarlo a 4 KB.

Sector geométrico: son los sectores contiguos pero de pistas diferentes.

Clúster: es un conjunto contiguo de sectores.

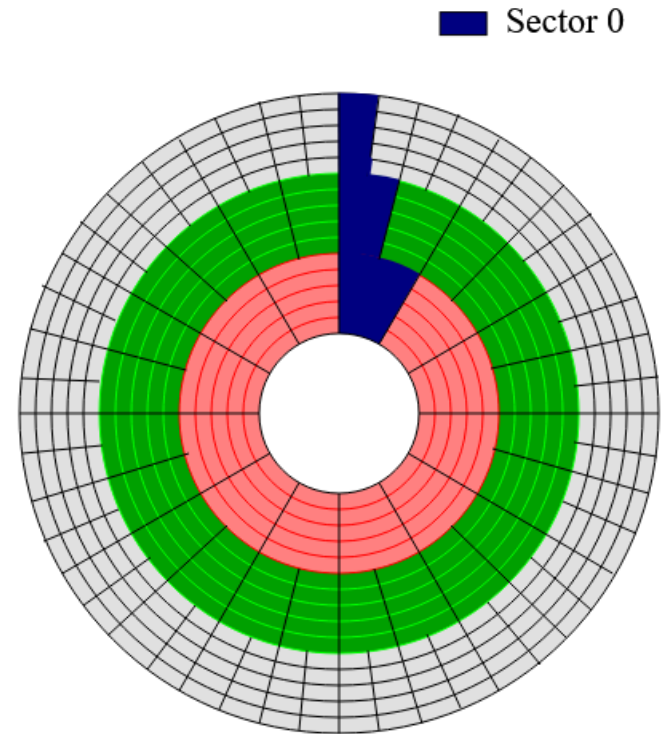
6 Sistemas de Entrada/Salida

6.4 Dispositivos de almacenamiento masivo

Discos magnéticos rotativos (continuación).

Antiguamente el número de sectores por pista era fijo, lo cual desaprovechaba el espacio significativamente, ya que en las pistas exteriores pueden almacenarse más sectores que en las interiores.

Así, apareció la tecnología grabación de bits por zonas (Zone Bit Recording, ZBR) que aumenta el número de sectores en las pistas exteriores, y utiliza más eficientemente el disco duro. Así las pistas se agrupan en zonas de pistas de igual cantidad de sectores. Cuanto más lejos del centro de cada plato se encuentra una zona, esta contiene una mayor cantidad de sectores en sus pistas. Además mediante ZBR, cuando se leen sectores de cilindros más externos la tasa de transferencia de bits por segundo es mayor; por tener la misma velocidad angular que cilindros internos pero mayor cantidad de sectores.



Acomodo físico de sectores en un disco con estructura ZBR

6 Sistemas de Entrada/Salida

6.4 Dispositivos de almacenamiento masivo

Discos magnéticos rotativos (continuación).

Direccionamiento.

El primer sistema de direccionamiento que se usó fue el *Cilindro-Cabezal-Sector* (*Cylinder-Head-Sector*, CHS), ya que con estos tres valores se puede situar un dato cualquiera del disco. Esto permite mapear el espacio de almacenamiento de un disco a un espacio tridimensional, con el cual resulta trivial ubicar un conjunto de datos en una región contigua.

Generalmente, un disco flexible sólo tiene un plato, en el cual puede grabarse información en una o en las dos caras; en este último caso existen dos cabezas lectoras/escritoras. Cuando aparecieron las unidades de doble lado eran un lujo, pero al paso de los años, se convirtieron en la norma.

Los discos flexibles fueron pensados para almacenamiento transportable, mientras que los discos duros para almacenamiento interno por la complejidad de su hardware para hacerlo un medio de almacenamiento mucho más veloz que el disco flexible.

Más adelante se creó otro sistema de direccionamiento más sencillo, que actualmente se usa: *direccionamiento de bloques lógicos* (*Logical Block Addressing*, LBA), que consiste en dividir el disco entero en *sectores* y asignar a cada uno un único número, el cual vimos en el tema anterior del Sistema de Archivos.

Preguntas base para siguiente examen. Contestarlas en sus notas.

- Identificar qué partes del sistema operativo tienen una fuerte relación con el sistema de E/S.
- Identificar qué partes de la unidad central de procesamiento tienen una fuerte relación con el sistema de E/S.
- Distinguir las características y funciones de los controladores de dispositivo (software) versus los controladores de hardware.
- Ejemplos de dispositivos de E/S que manejan transferencia por bytes o caracteres y por bloques.
- Ventajas del uso de la tecnología de grabación de bits por zonas (Zone Bit Recording, ZBR).
- Ventajas y desventajas entre discos duros y flexibles.
- Identificar las formas de direccionamiento de discos.