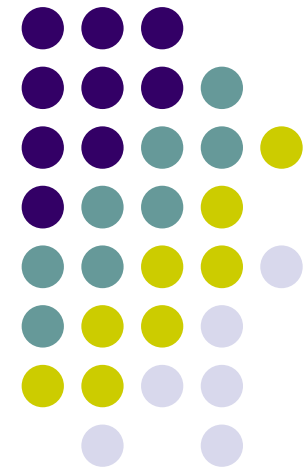


Tema 1

Sistemas de Entrada/Salida



Bibliografía:

- Stallings, W (cap 6)
- Patterson, D.A. & Hennessy, J.L. (cap 8)



Indice

- Dispositivos de E/S
- Dispositivos de almacenamiento masivo
- Controladores de E/S
- Fases de gestión de la E/S

Dispositivos de E/S



- El subsistema de Entrada/Salida (E/S) suministra al computador de un mecanismo eficiente de comunicación entre el procesador central y el entorno exterior.
- La recogida/entrega de un dato externo es similar a una operación de lectura/escritura en memoria.
- Pero el comportamiento de los periféricos es distinto y por lo tanto usan mecanismos de conexión y funcionamiento específicos.
- Un sistema de E/S requiere una serie de componentes hardware y una estructura de programas.
- En este tema se estudiarán métodos y sistemas de conexión generales de Entrada/Salida.



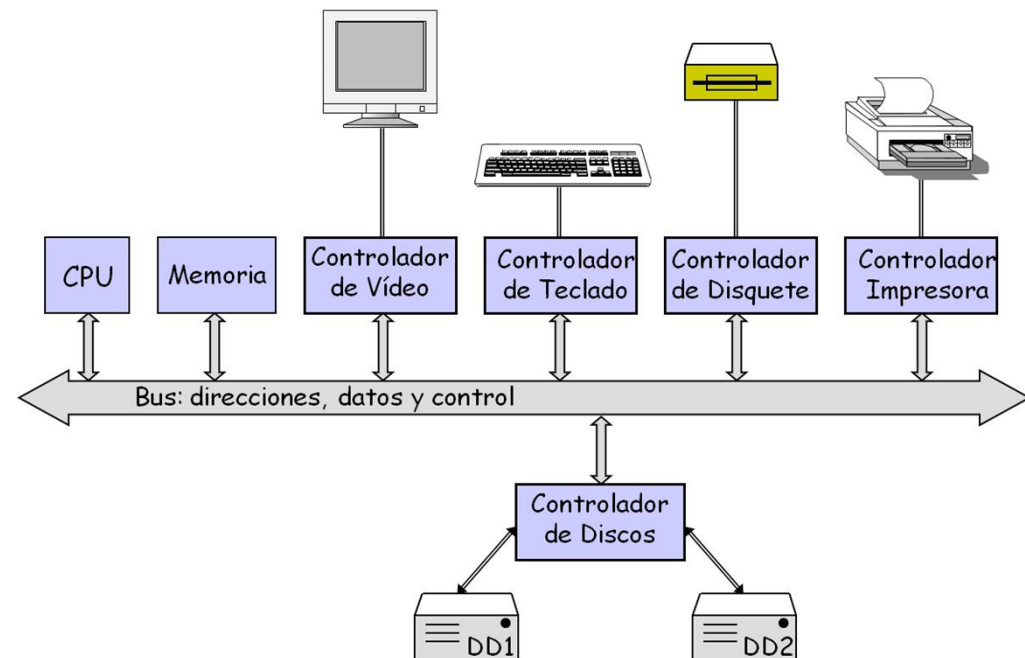
Dispositivos de E/S

- La conexión de dispositivos periféricos a una computadora no puede llevarse a cabo de forma directa haciendo uso del bus del procesador, esta restricción es debida a tres razones fundamentalmente :
 - Existe una gran variedad de dispositivos con distintos modos de operación.
 - El ritmo de transferencia de datos es, en casi todos los casos, mucho menor el de la CPU y la memoria principal.
 - En ciertas ocasiones el periférico requiere que los datos le sean suministrados en formatos distintos al utilizado por la CPU.
- Cada periférico necesita un controlador que gestione su correcto funcionamiento.



Dispositivos de E/S

- Los controladores de E/S permiten liberar a la CPU de las tareas duras de control
- Adecuan las velocidades de transferencia.
- Funciones importantes :
 - *Realiza el dialogo con la CPU.*
 - *Realiza el control del periférico.*
 - *Facilita la operación de transferencia de datos*



Dispositivos de almacenamiento masivo



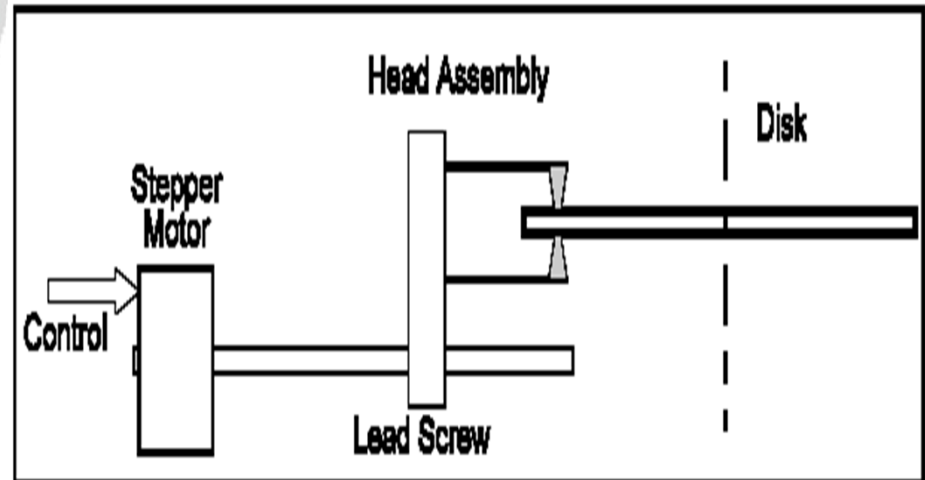
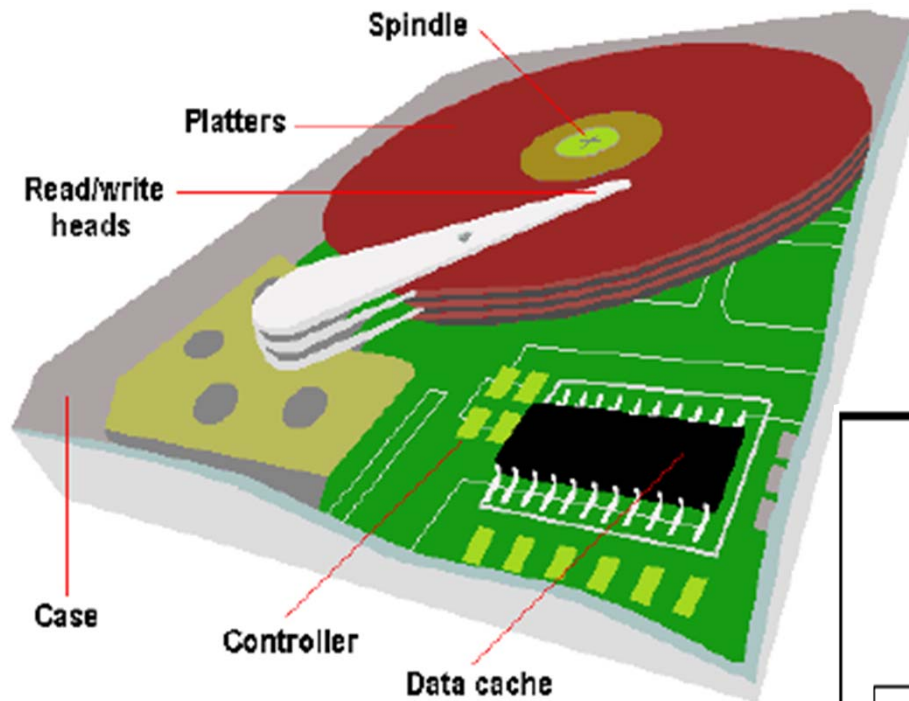
- Disco Duro:
 - Formado por varias superficies circulares, rígidas, compuestas por un sustrato y un medio magnético.
 - El sustrato es la base de cada plataforma, y debe ser de un material no magnético: una aleación de aluminio o con una mezcla de cristal y cerámica.
 - El sustrato se recubre por las dos caras con un medio magnético en el que se pueda almacenar la información.



Dispositivos de almacenamiento masivo



- Desde el punto de vista mecánico



Dispositivos de almacenamiento masivo



- Mecánica de la lectura y escritura:
 - Los datos se graban y después se recuperan del disco a través de una bobina llamada **cabeza**
 - El almacenamiento de los datos se basa en la inducción electromagnética:
 - **Lectura:** Los cambios de sentido en la magnetización de la superficie inducen pulsos de corriente en el cabezal. Estos pulsos se traducen en información digital
 - **Escritura:** Las operaciones de escritura se realizan de manera similar a las lecturas, aplicando pulsos de corriente a los cabezales se modifica la magnetización de las superficies

Dispositivos de almacenamiento masivo



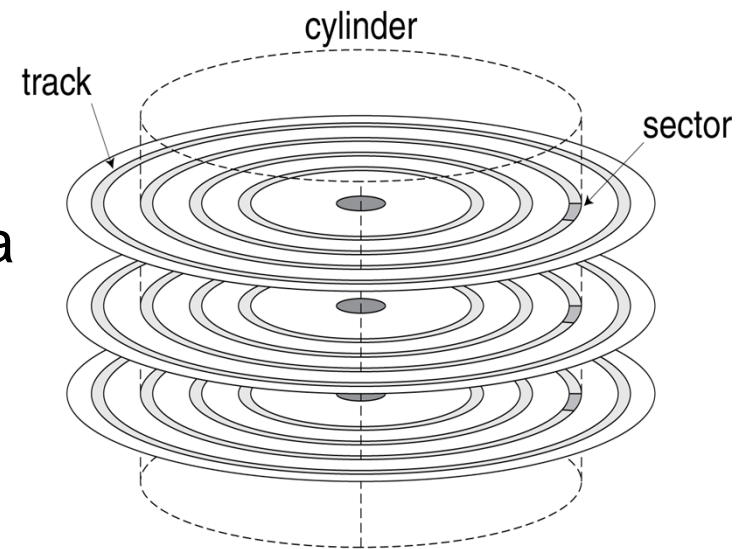
- Mecánica de la lectura y escritura:
 - La cabeza se sitúa en la posición radial de los datos mediante un motor paso a paso
 - Una vez alcanzada la posición radial la cabeza permanece quieta, mientras que el plato rota bajo ella hasta alcanzar la posición del dato que se va a transferir (leer o escribir)
 - Los datos que deben ser transferidos se encuentran almacenados en un buffer intermedio (data cache)
 - El acceso a este buffer se hace con los protocolos del interface de acceso al disco (IDE, SCSI, SATA, SAS...)
 - Este buffer también actúa de cache, de forma que si un dato ha sido accedido hace poco y se quiere volver a acceder a él, no hace falta acceder al disco

Dispositivos de almacenamiento masivo



- Organización lógica de un disco duro

- Cada superficie se divide en **pistas** concéntricas alrededor del eje del disco. Los datos se almacenan en serie dentro de cada pista.
- Las pistas que se encuentran en la misma zona de las diferentes superficies forman un **cilindro**.
- Cada pista se divide en **sectores**, que forman la mínima unidad accesible en el disco. Típicamente un sector tiene una capacidad de 512 bytes.

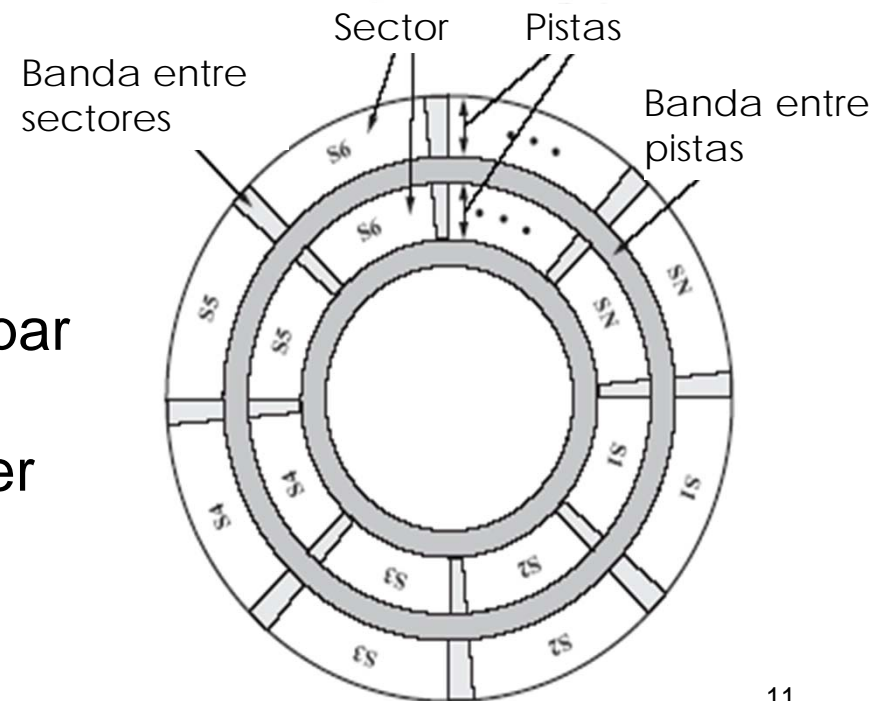


Dispositivos de almacenamiento masivo



- Organización lógica de un disco duro

- Tanto las pistas adyacentes como los sectores adyacentes están separados por **bandas vacías**, para evitar errores e interferencias en el campo magnético.
- Los sectores se suelen agrupar en conjuntos denominados **clusters**. El tamaño del cluster depende del tamaño de la partición del disco (sistema operativo).



Dispositivos de almacenamiento masivo



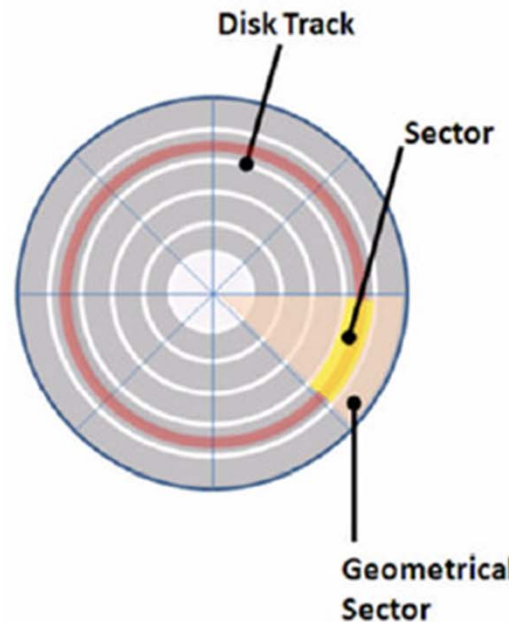
- Capacidad de almacenamiento del disco:
 - Número de superficies: S
 - Número de pistas (cilindros): P
 - Número de sectores por pista: C
 - Tamaño del sector: Bytes por sector, B .

$$Capacidad = S \times P \times C \times B$$

Dispositivos de almacenamiento masivo



- Tradicionalmente los discos duros poseen el mismo número de sectores en todas sus pistas:
 - Las pistas interiores tienen mayor densidad de información que las exteriores
 - Todos los sectores tardan lo mismo en su lectura
 - El uso de la superficie está desaprovechado
 - Este método se denomina CAV (Constant Angular Velocity)

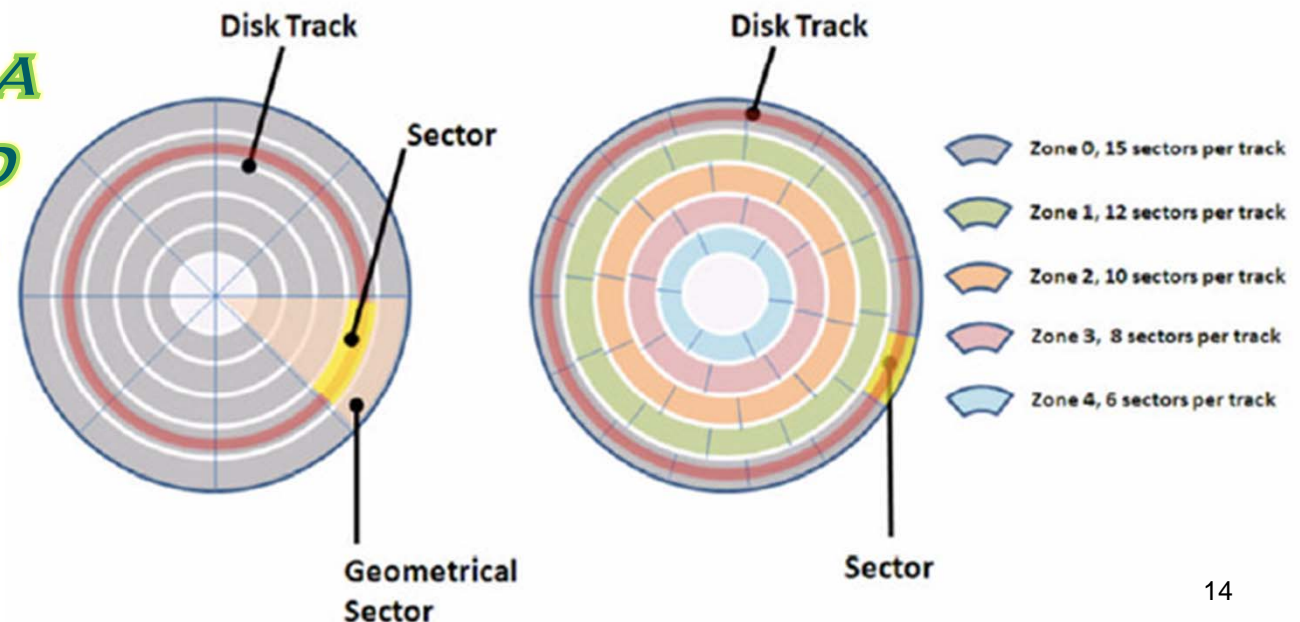


Dispositivos de almacenamiento masivo



- En contraposición, los discos duros actuales tienen varias zonas con distinto número de sectores por zona:
 - Las pistas interiores tienen menos sectores que las exteriores
 - Todas las zonas tienen una densidad de grabación parecida
 - Todos los sectores de zonas exteriores tardan menos en su lectura
 - Este método se denomina ZBR (Zone Bit Recording)

**AUMENTA LA
CAPACIDAD
DEL DISCO
DURO**



Dispositivos de almacenamiento masivo

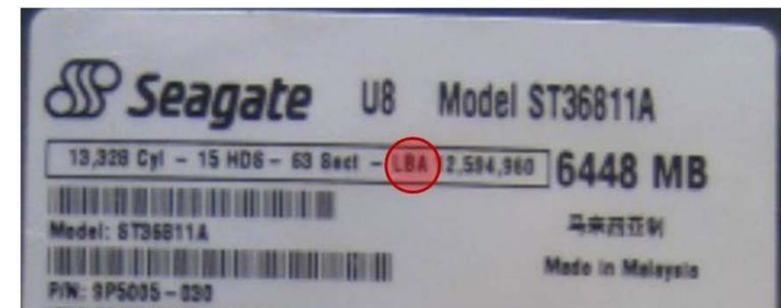
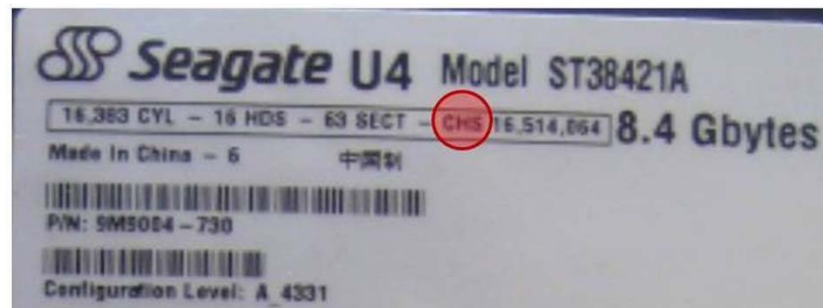


- El acceso a los datos de los discos duros se realiza por sectores.
 - Se leen o escriben todos los bytes de un sector en cada operación de acceso
- Para acceder a un sector del disco duro, debe conocerse su posición física dentro de la estructura lógica del disco. Hay que determinar:
 - En que cilindro se encuentra el sector
 - En que superficie, esto es la cabeza
 - La combinación cilindro/cabeza determina una pista
 - La posición del sector dentro de la pista

Dispositivos de almacenamiento masivo



- El acceso a un sector del disco duro proporcionando el número de cilindro, el número de cabeza y el número de sector dentro de un cilindro se denomina CHS (Cylinder-Head-Sector).
 - Fue el primer sistema de direccionamiento de sectores en discos duros.
 - Hoy en día está en desuso
- Actualmente se emplea el direccionamiento LBA (Logical Block Addressing)



Dispositivos de almacenamiento masivo



- El direccionamiento LBA se basa en emplear un número que identifica de forma unívoca a cada sector.
 - Los sectores se numeran de forma consecutiva empezando por el 0 (cilindro 0, cabeza 0 y sector 0)
 - Se continúa la numeración con los sectores de la misma pista
 - Al terminar todos los sectores de la pista, se sigue la numeración con los sectores en el mismo cilindro (Cambio de cabeza)
 - Por último, al completar todas las pistas del cilindro, se pasa al siguiente cilindro, volviendo a empezar por la cabeza 0 y sector 0.
- Conceptualmente los direccionamientos CHS y LBA son equivalentes, pudiendo cambiarse de uno a otro con la siguiente expresión:

$$LBA = C \times Num_Head \times Num_Sec + H \times Num_Sec + S$$

Dispositivos de almacenamiento masivo



- Operación de acceso al disco:
 - El disco rota a velocidad constante.
 - Para leer o escribir la cabeza debe posicionarse en la pista y sector adecuados: **Tiempo de acceso**
 - La selección del cilindro y implica un movimiento de las cabezas a lo largo del eje longitudinal: **Tiempo de búsqueda**
 - Una vez localizado el cilindro (o al tiempo que se mueven las cabezas), se selecciona una de las cabezas de forma eléctrica, dando lugar a la selección de una pista. Esta operación no requiere ningún tiempo.
 - Después hay que esperar a que el sector pase por debajo de la cabeza: **Retardo rotacional**
 - Finalmente sólo resta transferir los datos: **Tiempo de transferencia**

Dispositivos de almacenamiento masivo



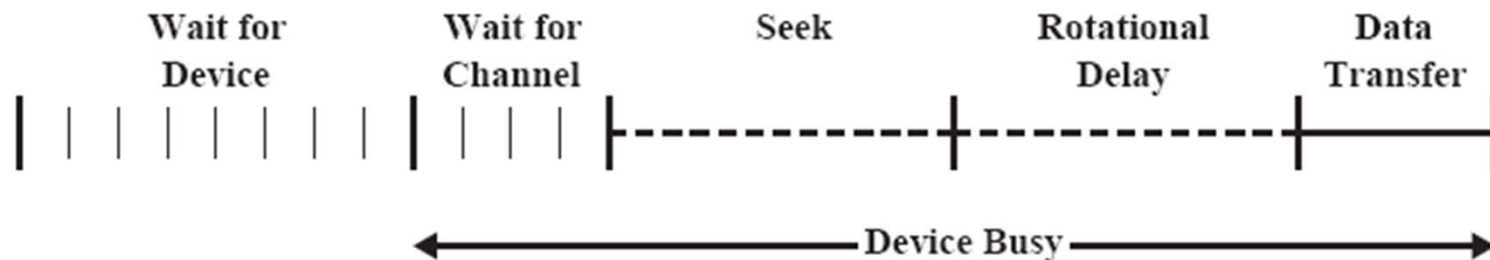
- Prestaciones de un disco duro:
 - **TIEMPO TOTAL** de una operación de acceso a disco:
$$T_{Acc} = T_s + T_r + T_t$$
 - Tiempo de búsqueda: tiempo que el cabezal de tarda en alcanzar la pista deseada (T_s)
 - Puede ser un tiempo medio de acceso o el tiempo de salto entre dos pistas conocidas
 - Retardo rotacional: tiempo medio que tarda un sector en colocarse bajo el cabezal una vez que ha sido localizada su pista (T_r)
 - Es siempre un tiempo medio: $T_r = \frac{1}{2f}$
 - Tiempo de transferencia: Es el tiempo que se emplea en transferir los datos (T_t) entre el disco y el buffer interno
 - Se corresponde por el tiempo de paso del sector por debajo de la cabeza: $T_t = \frac{1}{NSf}$

Donde f es la velocidad de rotación del disco duro (vueltas por segundo) y NS el número de sectores por pista.

Dispositivos de almacenamiento masivo



- Otros factores:
 - **Espera al dispositivo:** cuando un proceso hace una petición de E/S primero debe esperar a que el dispositivo esté disponible.
 - **Espera al canal:** si el dispositivo comparte el canal con otros discos, puede ser necesario esperar hasta que se libere el canal.



Dispositivos de almacenamiento masivo



- **Parámetros de rendimiento:**
 - **Tiempo medio de acceso a disco (en ms):** tiempo medio desde que la CPU solicita un dato hasta que lo tiene disponible. Incluye el tiempo de búsqueda, la latencia y otros retardos de comunicación y procesamiento.
 - **Velocidad de transferencia del disco (en MBs):**
Velocidad a la que los datos se transfieren desde y hacia el disco. Depende de las características físicas del disco: de las velocidades de lectura y escritura.
 - **Velocidad de transferencia de datos (DTR) (en MBs):**
Velocidad a la que el procesador puede enviar o recibir datos por el interfaz del disco, sea IDE o SCSI.



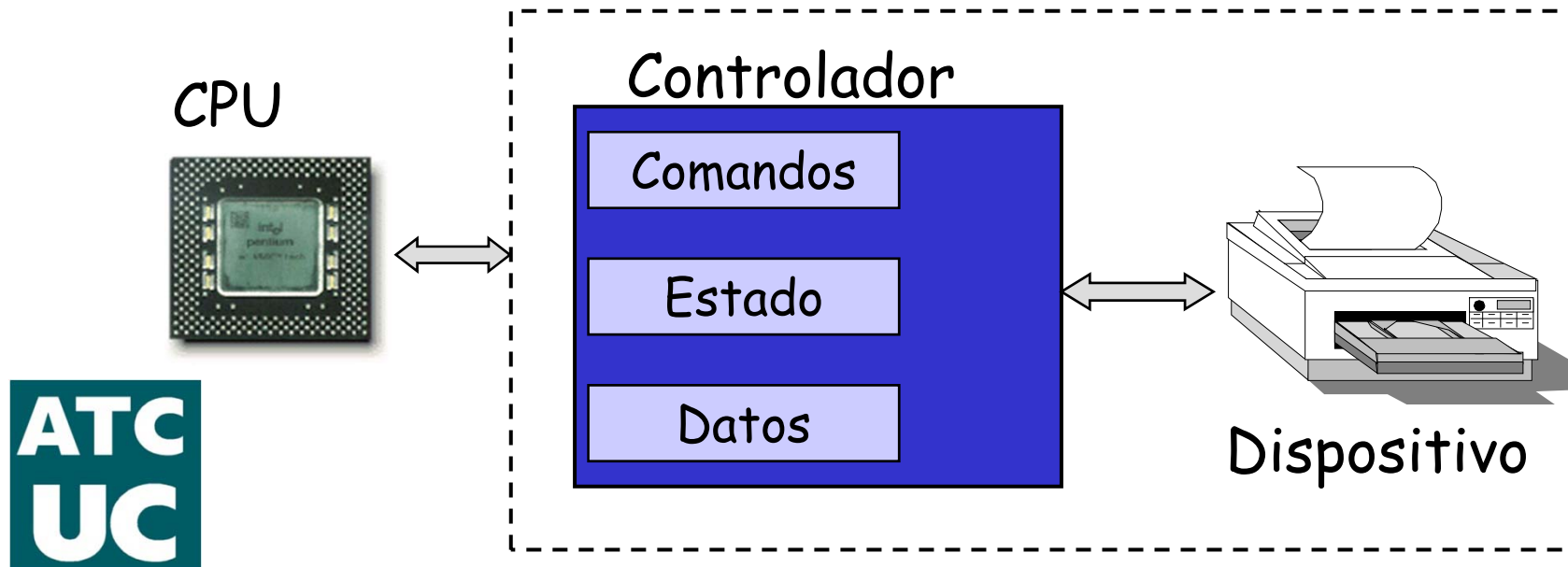
Controladores de E/S

- El Controlador de E/S es un hardware especializado en el control y manejo de un tipo de dispositivos
 - Responsable del control e intercambio de datos entre uno o más dispositivos de E/S y la CPU o la memoria
 - Actúa de interfaz entre CPU y periférico, permitiendo realizar de forma sencilla operaciones complejas.
 - Admiten órdenes o comandos muy abstractos desde la CPU, los adecuan al periférico concreto y los ejecutan
 - Liberan a la CPU de tareas de bajo nivel específicas de cada periférico (temporización, formatos)
- Los controladores varían mucho en complejidad en función del periférico que controle.



Controladores de E/S

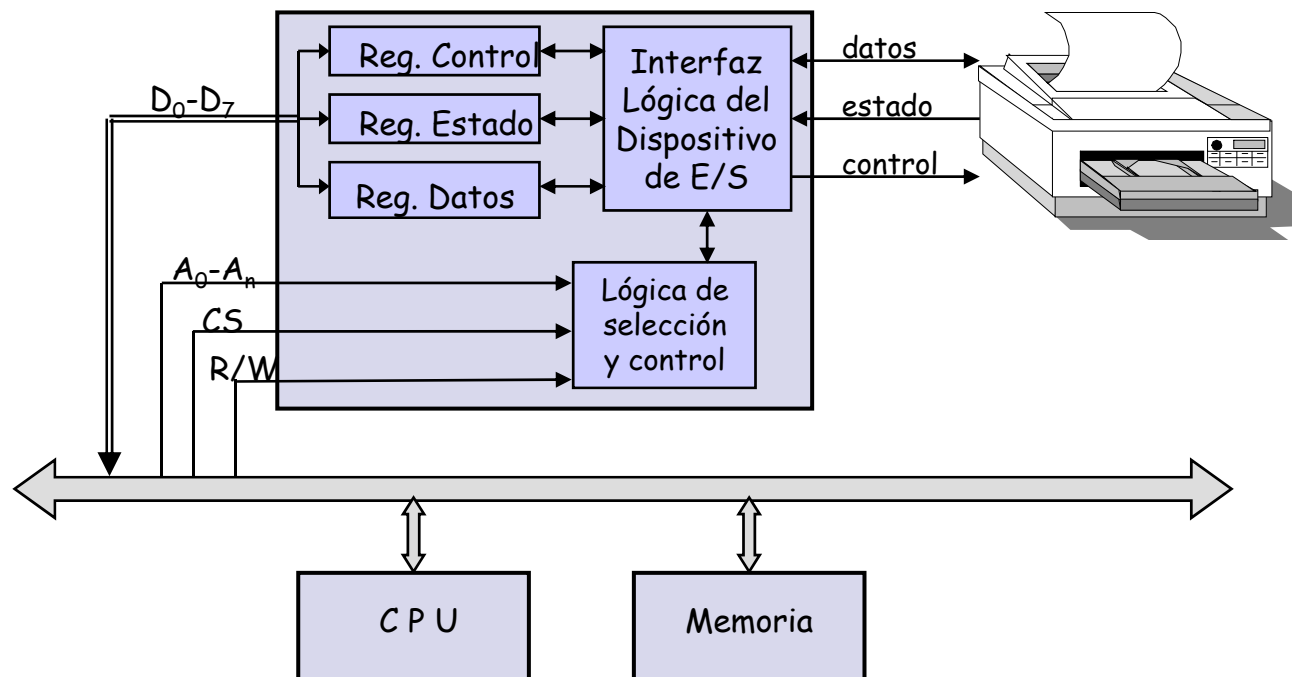
- Controlador de Entrada/Salida:
 - Dispone de una serie de puertos o registros de lectura, escritura o multifunción.
 - Los de escritura se usan para recibir datos y órdenes de la CPU.
 - Los de lectura leen datos procedentes del periférico y proporcionan información de estado





Controladores de E/S

- Estructura de un controlador E/S:
 - Básicamente están formados por:
 - Lógica de Interfaz a dispositivo externo
 - Lógica de selección y control
 - Registros para comunicación con la CPU y con el periférico





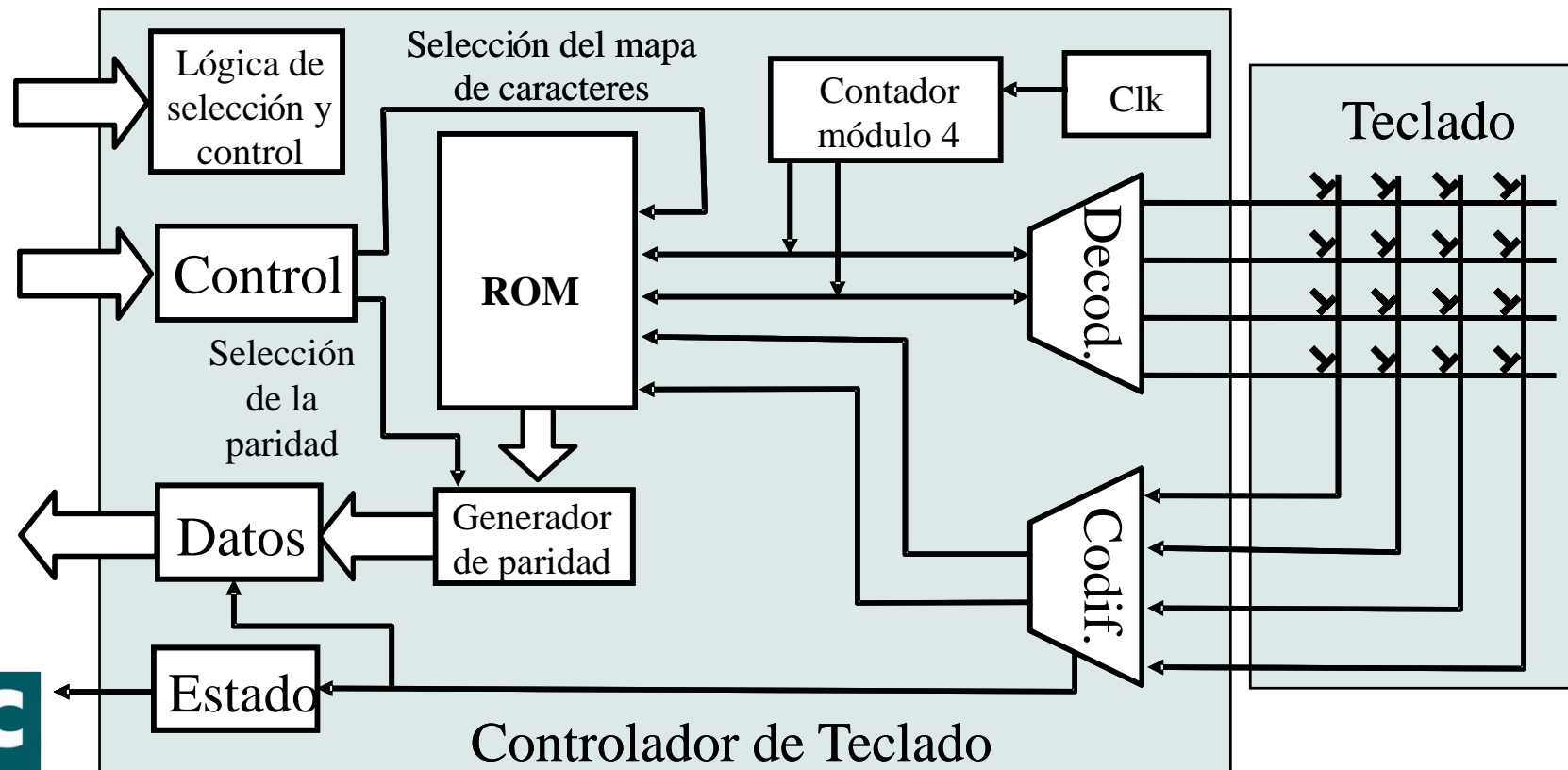
Controladores de E/S

- Las funciones de los **registros** son, básicamente, tres:
 - **Registro de Estado** : Mantiene la información sobre la situación en la que se encuentra el periférico. El contenido de este registro es **leído** por la CPU.
 - **Registro de Control** : La CPU escribe sobre él la información que le indica al controlador de qué forma ha de trabajar el periférico. El contenido de este registro es **escrito** por la CPU.
 - **Registro de Datos** : el controlador deja en este registro la información que recibe del periférico y debe ser recogida por la CPU o viceversa.



Controladores de E/S

- Añadiendo un controlador de teclado





Controladores de E/S

- Las funciones del controlador de E/S son:
 - Comunicación con la CPU
 - Decodificación de comandos
 - Intercambio de datos con la CPU
 - Informar del estado del dispositivo
 - Reconocimiento de la dirección del dispositivo
 - Comunicación con el dispositivo
 - Control y temporización del flujo de datos
 - Almacenamiento temporal de datos (buffer)
 - Detección de errores



Controladores de E/S

- ¿Cómo accede la CPU a los registros?
 - Dos mecanismos de direccionamiento:
 1. Espacio de direcciones propio de E/S
 2. Compartiendo espacio de direcciones de memoria (Direcciones mapeadas en memoria)



Controladores de E/S

- Espacio de direcciones propio de E/S:
 - Se usan instrucciones específicas de E/S.
 - La instrucción especifica la dirección del dispositivo y una palabra que codifica la operación.
 - El procesador envía la dirección al dispositivo por el bus de direcciones y la palabra por el bus de datos (bus propio de E/S o existen señales que indican que se está realizando una operación de E/S).
 - Ej. Procesador Pentium.



```
IN      AX, FFF4
OUT     AX, FFF6
```



Controladores de E/S

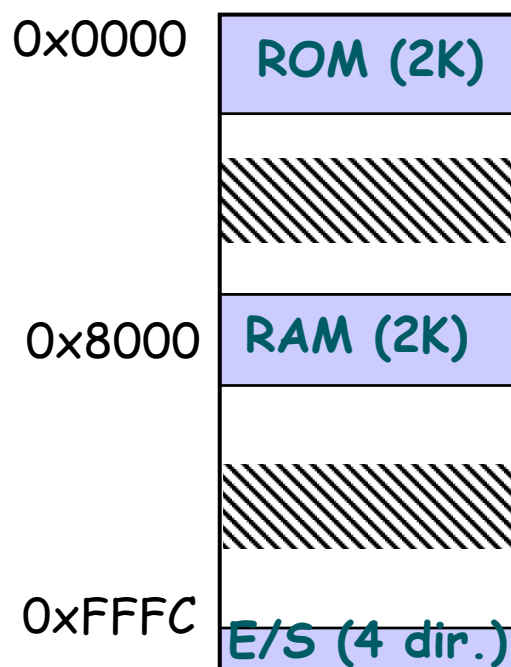
- E/S mapeada en memoria
 - Se tienen direcciones del espacio de memoria asignadas a dispositivos de E/S.
 - Una operación (LD/ST) sobre estas direcciones es una operación de E/S.
 - El procesador pone dirección y datos en el bus (en el bus es imposible distinguir entre una operación de E/S y un acceso a memoria).
 - Ej. Procesador MIPS

```
la    $t0, PUERTO_E/S
lb    $t1, 0($t0)
sw    $t2, 4($t0)
```

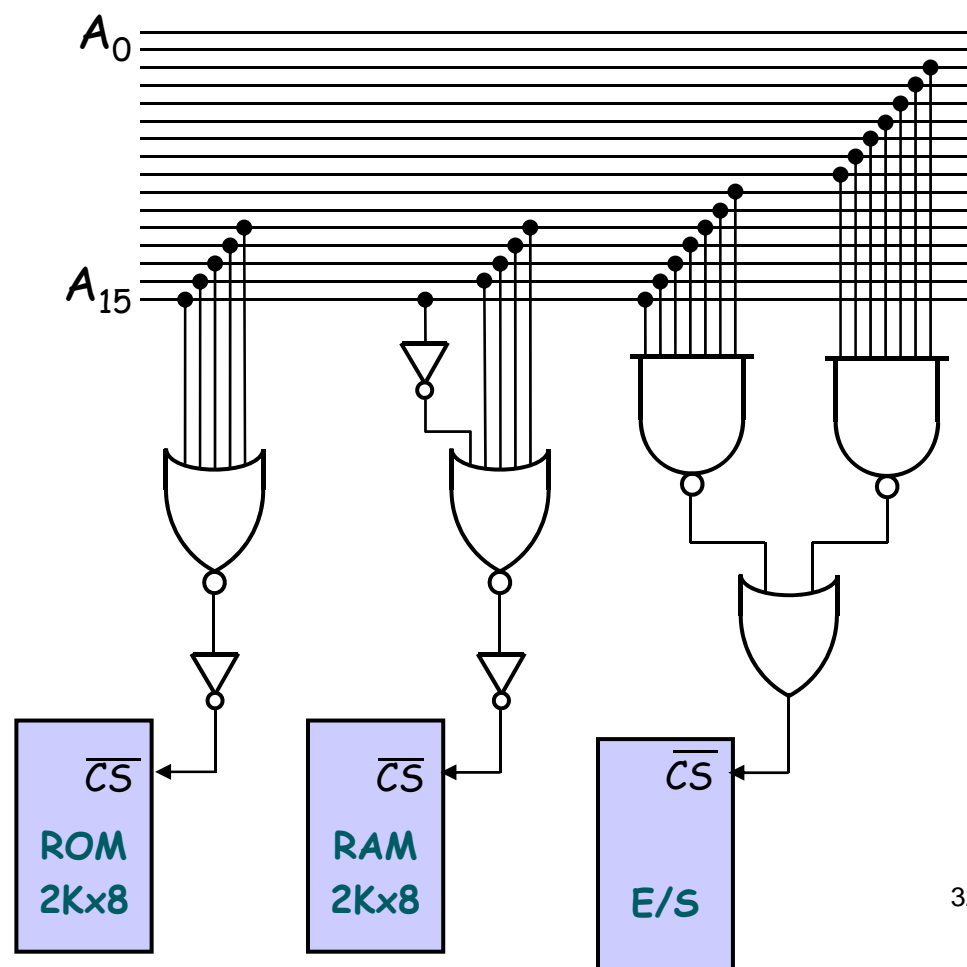


Controladores de E/S

- Ejemplo de Conexionado



Líneas de Direcciones





Fases de gestión de la E/S

- Objetivos del software de Entrada/Salida
 - Independencia del dispositivo
 - Aísle al computador de los detalles de cada dispositivo
 - Los programas de E/S pueden actualizarse sin alterar el resto de los programas
 - Gestión de errores de E/S
 - Los errores deben tratarse lo más cerca posible al hardware.
 - Se tiene un mejor conocimiento y generan menos trabajo.
 - Gestión de reparto y protección de dispositivos entre múltiples usuarios:
 - Repartir el tiempo de acceso a los periféricos para que cada usuario perciba que lo tiene en exclusiva.



Fases de gestión de la E/S

- Estructura del software de E/S

- Software del SO independiente del dispositivo:

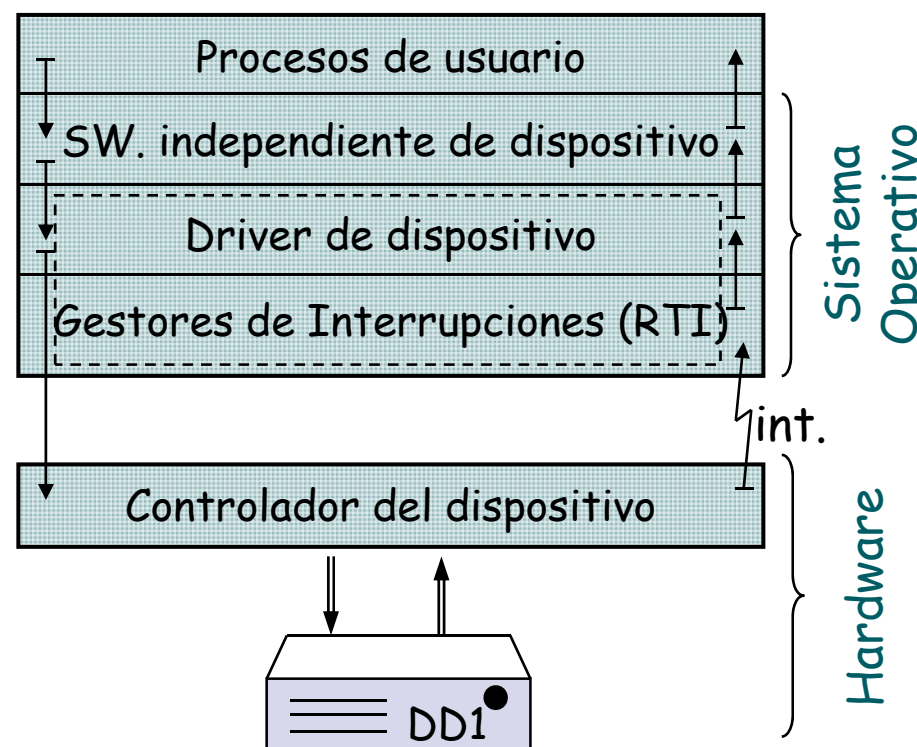
- Resuelve los errores que sobrepasan al driver
 - Utiliza una interfaz muy genérica

- Driver de dispositivo:

- Funciones con órdenes de alto nivel que se traducen a comandos que entiende el controlador

- El Driver:

- Es software dependiente del dispositivo
 - Incluye las rutinas de tratamiento de interrupción.
 - Encargado de dar órdenes, consultar estado y atender a las interrupciones





Fases de gestión de la E/S

- **Para realizar una operación de E/S:**
 - ¿Cómo se accede a la información?
 - ¿Cuándo se puede realizar la operación?
 - ¿Qué dispositivo realiza la transferencia?
- **Fases de Gestión de las E/S**
 - Gestión del controlador
 - Sincronización
 - Movimiento de los datos



Fases de gestión de la E/S

- Gestión del controlador
 - Depende del propio controlador y el periférico
 - Hay que conocer la secuencia de operaciones que se ha de seguir (protocolo) para que el dato sea transferido entre el controlador y el periférico (o viceversa).
- Sincronización
 - La CPU y los periféricos trabajan a velocidades muy diferentes => deben sincronizarse antes de comenzar la transferencia de datos.
- Transferencia de datos
 - Una vez sincronizados se envían los datos para realizar de forma efectiva las operaciones.



Fases de gestión de la E/S

- Existen dos mecanismos de **sincronización**
 - Realizada por software → **encuesta/polling**
 - Con ayuda hardware → **interrupciones**
- El **movimiento de los datos** puede realizarse
 - Por programa
 - Con dispositivos hardware especializados (DMA)
- Da lugar a tres estructuras de gestión:
 - E/S realizada por programa (encuesta/polling)
 - Interrupciones (sin DMA)
 - Acceso Directo a Memoria (interrupciones del DMAC)



	<i>Polling</i>	Interrupciones	DMA
Sincronización	SW-CPU	HW.	HW.
Transferencia	SW-CPU	SW-CPU	HW.