

Introducción a los Sistemas Operativos

**Subsistema de
Entrada / Salida**



- ✓ Versión: Mayo 2020
- ✓ Palabras Claves: Metas, Aspectos de dispositivos, Subsistema de IO

Algunas diapositivas/imágenes han sido extraídas de las ofrecidas para docentes desde el libro de Stallings (Sistemas Operativos), el de Silberschatz (Operating Systems Concepts) y Tenenbaum (Sistemas Operativos Modernos 3er Edición). También se incluyen diapositivas cedidas por Microsoft S.A.



Responsabilidades del SO

- ☑ Controlar dispositivos de E/S
 - Generar comandos
 - Manejar interrupciones
 - Manejar errores
- ☑ Proporcionar una interfaz de utilización



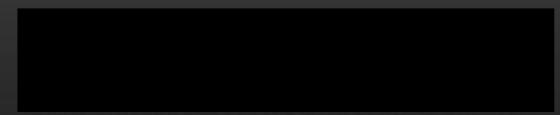
Problemas

- ✓ Heterogeneidad de dispositivos
- ✓ Características de los dispositivos
- ✓ Velocidad
- ✓ Nuevos tipos de dispositivos
- ✓ Diferentes formas de realizar E/S (ver anexo)



Aspectos de los dispositivos de I/O

aspect	variation	example
data-transfer mode	character block	terminal disk
access method	sequential random	modem CD-ROM
transfer schedule	synchronous asynchronous	tape keyboard
sharing	dedicated sharable	tape keyboard
device speed	latency seek time transfer rate delay between operations	
I/O direction	read only write only read&write	CD-ROM graphics controller disk



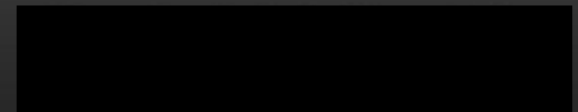
Aspectos de los dispositivos de I/O (cont)

☑ Unidad de Transferencia

- ✓ Dispositivos por bloques (discos):
 - ♦ Operaciones: Read, Write, Seek
- ✓ Dispositivos por Caracter (keyboards, mouse, serial ports)
 - ♦ Operaciones: get, put

☑ Formas de Acceso

- ✓ Secuencial o Aleatorio



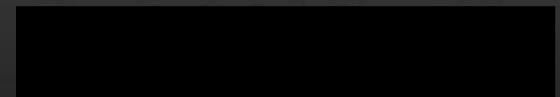
Aspectos de los dispositivos de I/O (cont)

✓ Tipo de acceso

- Acceso Compartido: Disco Rígido
- Acceso Exclusivo: Impresora

✓ Tipo de acceso:

- Read only: CDROM
- Write only: Pantalla
- Read/Write: Disco



Aspectos de los dispositivos de I/O (cont)

✓ Velocidad

Dispositivo	Velocidad de transferencia de datos
Teclado	10 bytes/seg
Ratón	100 bytes/seg
Módem de 56K	7 KB/seg
Escáner	400 KB/seg
Cámara de video digital	3.5 MB/seg
802.11g inalámbrico	6.75 MB/seg
CD-ROM de 52X	7.8 MB/seg
Fast Ethernet	12.5 MB/seg
Tarjeta Compact Flash	40 MB/seg
FireWire (IEEE 1394)	50 MB/seg
USB 2.0	60 MB/seg
Red SONET OC-12	78 MB/seg
Disco SCSI Ultra 2	80 MB/seg
Gigabit Ethernet	125 MB/seg
Unidad de disco SATA	300 MB/seg
Cinta de Ultrium	320 MB/seg
Bus PCI	528 MB/seg



Metas, Objetivos y Servicios

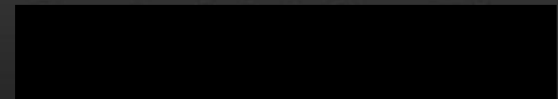
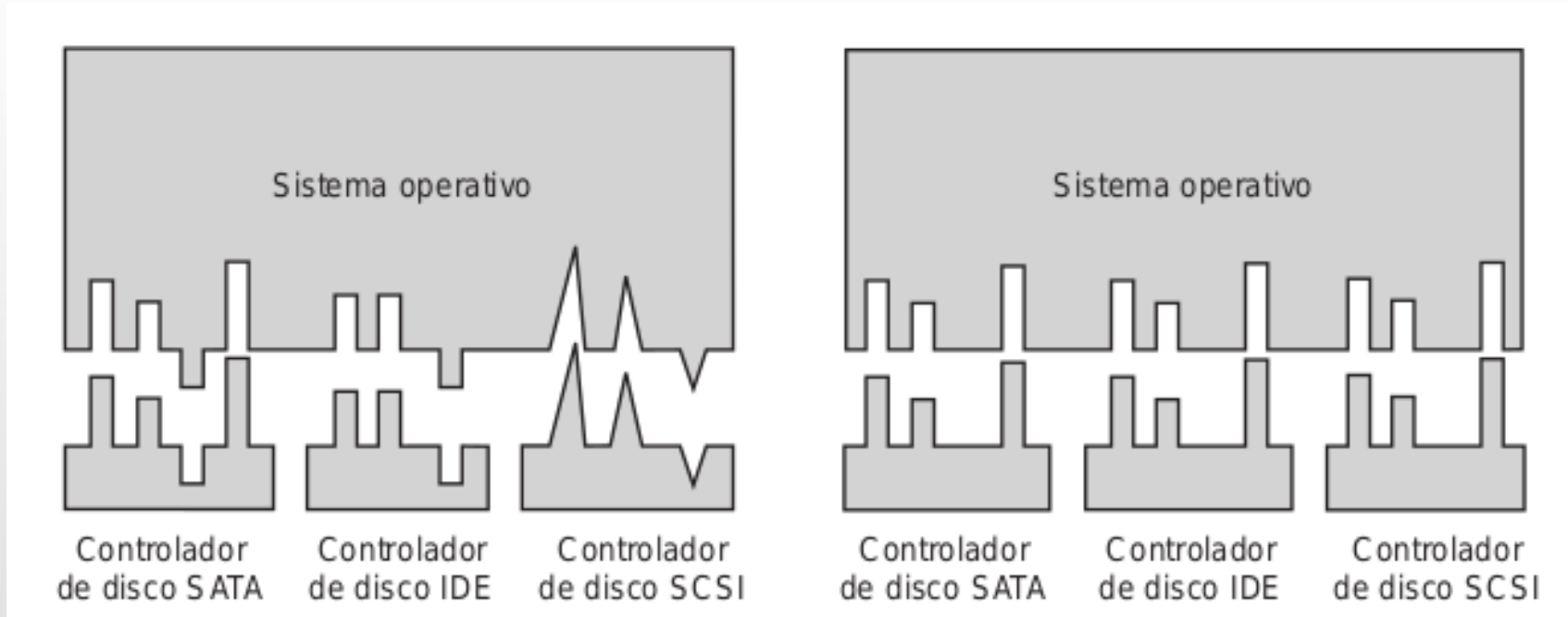
☑ Generalidad:

- ✓ Es deseable manejar todos los dispositivos de I/O de una manera uniforme, estandarizada
- ✓ Ocultar la mayoría de los detalles del dispositivo en las rutinas de niveles más “bajos” para que los procesos vean a los dispositivos, en términos de operaciones comunes como: read, write, open, close, lock, unlock



Metas, Objetivos y Servicios

☑ Interfaz Uniforme



Metas, Objetivos y Servicios

☑ Eficiencia

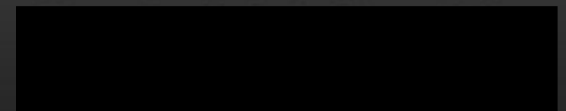
- ✓ Los dispositivos de I/O pueden resultar extremadamente lentos respecto a la memoria y la CPU
- ✓ El uso de la multi-programación permite que un procesos espere por la finalización de su I/O mientras que otro proceso se ejecuta



Metas, Objetivos y Servicios

☑ Planificación

- ✓ Organización de los requerimientos a los dispositivos
- ✓ Ej: Planificación de requerimientos a disco para minimizar tiempos



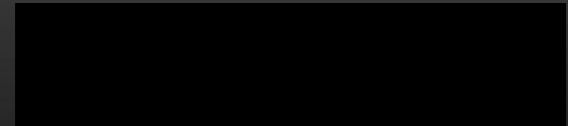
Metas, Objetivos y Servicios

- ☑ Buffering – Almacenamiento de los datos en memoria mientras se transfieren
 - ✓ Solucionar problemas de velocidad entre los dispositivos
 - ✓ Solucionar problemas de tamaño y/o forma de los datos entre los dispositivos



Metas, Objetivos y Servicios

- ☑ Caching – Mantener en memoria copia de los datos de reciente acceso para mejorar performance
- ☑ Spooling – Administrar la cola de requerimientos de un dispositivo
 - ✓ Algunos dispositivos de acceso exclusivo, no pueden atender distintos requerimientos al mismo tiempo: Por ej. Impresora
 - ✓ Spooling es un mecanismo para coordinar el acceso concurrente al dispositivo



Metas, Objetivos y Servicios

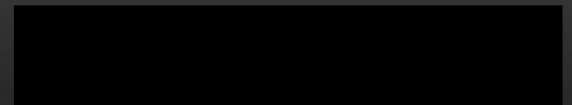
- ☑ Reserva de Dispositivos: Acceso exclusivo
- ☑ Manejo de Errores:
 - ✓ El S.O. debe administrar errores ocurridos (lectura de un disco, dispositivo no disponible, errores de escritura)
 - ✓ La mayoría retorna un número de error o código cuando la I/O falla.
 - ✓ Logs de errores



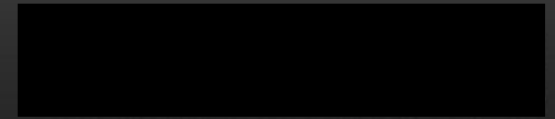
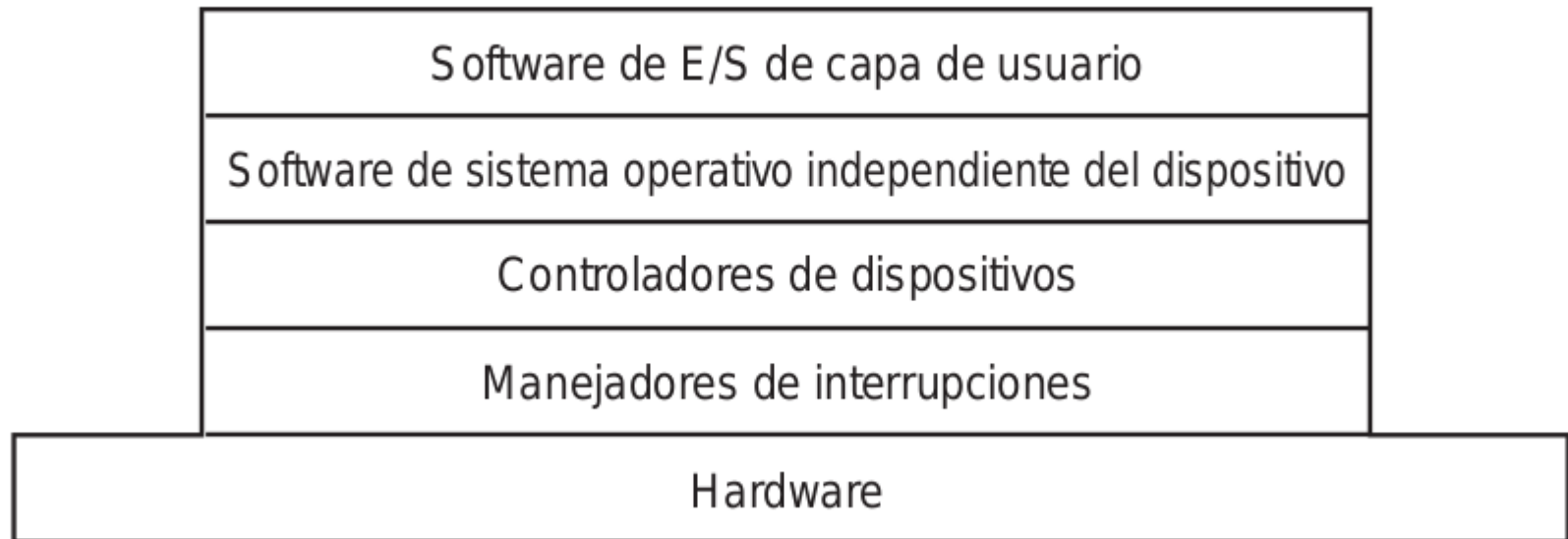
Metas, Objetivos y Servicios

☑ Formas de realizar I/O

- ✓ Bloqueante: El proceso se suspende hasta que el requerimiento de I/O se completa
 - ♦ Fácil de usar y entender
 - ♦ No es suficiente bajo algunas necesidades
- ✓ No Bloqueante: El requerimiento de I/O retorna en cuanto es posible
 - ♦ Ejemplo: Interfaz de usuario que recibe input desde el teclado/mouse y se muestra en el screen.
 - ♦ Ejemplo: Aplicación de video que lee frames desde un archivo mientras va mostrandolo en pantalla.

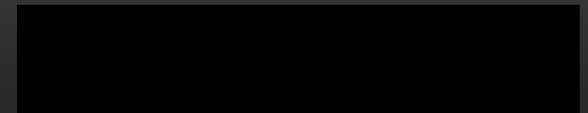


Diseño



Diseño – Software capa de usuario

- ☑ Librerías de funciones
 - Permiten acceso a SysCalls
 - Implementan servicios que no dependen del Kernel
- ☑ Procesos de apoyo
 - Demonio de Impresión (spooling)



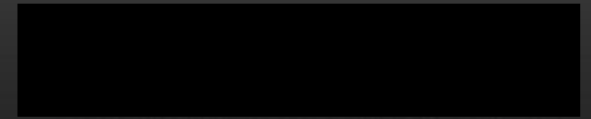
Diseño – Software independiente SO

- ☑ Brinda los principales servicios de E/S antes vistos
 - Interfaz uniforme
 - Manejo de errores
 - Buffer
 - Asignación de Recursos
 - Planificación



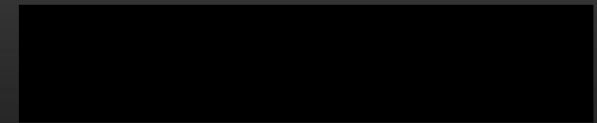
Diseño – Software independiente SO

- ☑ Brinda los principales servicios de E/S antes vistos
 - Interfaz uniforme
 - Manejo de errores
 - Buffer
 - Asignación de Recursos
 - Planificación



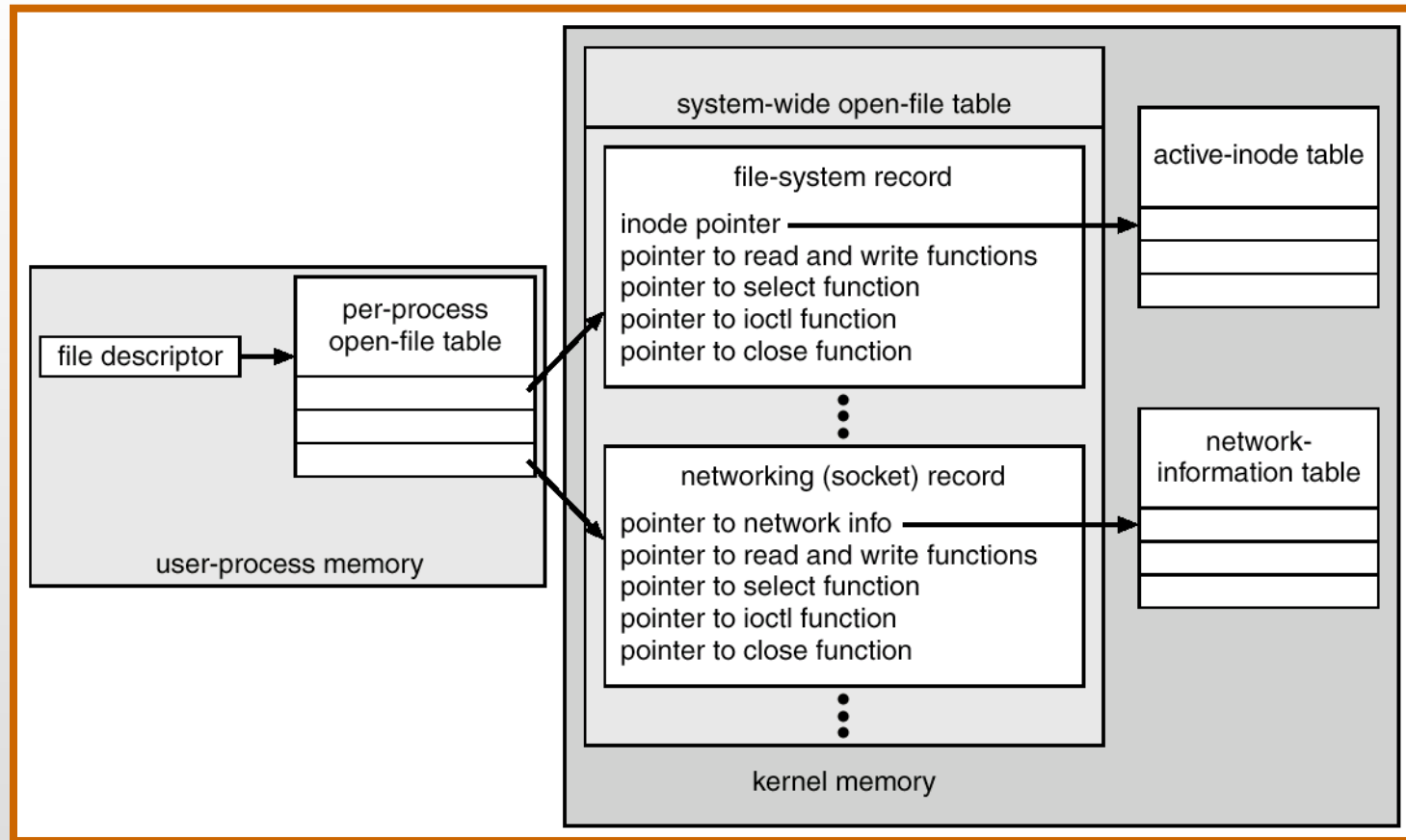
Diseño – Software independiente SO

- ☑ El Kernel mantiene la información de estado de cada dispositivo o componente
 - ✓ Archivos abiertos
 - ✓ Conexiones de red
 - ✓ Etc.
- ☑ Hay varias estructuras complejas que representan buffers, utilización de la memoria, disco, etc.



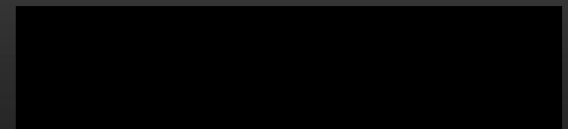
Diseño – Software independiente SO

UNIX I/O Kernel Structure



Diseño – Controladores (Drivers)

- ✓ Contienen el código dependiente del dispositivo
- ✓ Manejan un tipo dispositivo
- ✓ Traducen los requerimientos abstractos en los comandos para el dispositivo
 - ✓ Escribe sobre los registros del controlador
 - ✓ Acceso a la memoria mapeada
 - ✓ Encola requerimientos
- ✓ Comúnmente las interrupciones generadas por los dispositivos son atendidas por funciones provistas por el driver



Diseño – Controladores (Drivers)

- ☑ Interfaz entre el SO y el HARD
- ☑ Forman parte del espacio de memoria del Kernel
 - ✓ En general se cargan como módulos
- ☑ Los fabricantes de HW implementan el driver en función de una API especificada por el SO
 - ✓ `open()`, `close()`, `read()`, `write()`, etc
- ☑ Para agregar nuevo HW sólo basta indicar el driver correspondiente sin necesidad de cambios en el Kernel



Driver - Ejemplo en Linux

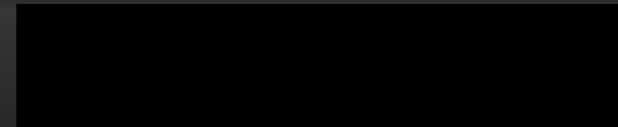
- ☑ Linux distingue 3 tipos de dispositivos
 - ✓ Carácter: I/O programada o por interrupciones
 - ✓ Bloque: DMA
 - ✓ Red: Ports de comunicaciones
- ☑ Los Drivers se implementan como módulos
 - ✓ Se cargan dinámicamente
- ☑ Debe tener al menos estas operaciones:
 - ✓ `init_module`: Para instalarlo
 - ✓ `cleanup_module`: Para desinstalarlo.



Driver - Ejemplo en Linux (cont.)

☑ Operaciones que debe contener para I/O

- ✓ **open**: abre el dispositivo
- ✓ **release**: cerrar el dispositivo
- ✓ **read**: leer bytes del dispositivo
- ✓ **write**: escribir bytes en el dispositivo
- ✓ **ioctl**: orden de control sobre el dispositivo



Driver - Ejemplo en Linux (cont.)

- ☑ Otras operaciones menos comunes
 - ✓ `llseek`: posicionar el puntero de lectura/escritura
 - ✓ `flush`: volcar los búferes al dispositivo
 - ✓ `poll`: preguntar si se puede leer o escribir
 - ✓ `mmap`: mapear el dispositivo en memoria
 - ✓ `fsync`: sincronizar el dispositivo
 - ✓ `fasync`: notificación de operación asíncrona
 - ✓ `lock`: reservar el dispositivo
 - ✓



Driver - Ejemplo en Linux (cont.)

- ✓ Por convención, los nombres de las operaciones comienzan con el nombre del dispositivo
- ✓ Por ejemplo, para `/dev/ptr`

```
int ptr_open (struct inode *inode, struct file *filp)

void ptr_release (struct inode *inode, struct file *filp)

ssize_t ptr_read (struct file *filp, char *buff,
                  size_t count, loff_t *offp)

ssize_t ptr_write (struct file *filp, const char *buff,
                  size_t count, loff_t *offp)

int ptr_ioctl (struct inode *inode, struct file *filp,
               unsigned int cmd, unsigned long arg)
```



Driver - Ejemplo en Linux (cont.)

✓ Acceso al hardware

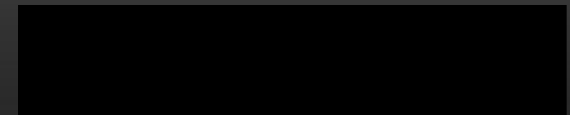
- ✓ Funciones para acceso a los puertos de I/O <asm/io.h>

```
unsigned char inb (unsigned short int port)
void outb (unsigned char value, unsigned short int port)
```

✓ Leen o Escriben un byte en el puerto de E/S indicado

```
En MS-DOS
-----
o 70 02
i 71
<retorna los minutos>

o 70 00
i 71
<retorna los segundos>
```

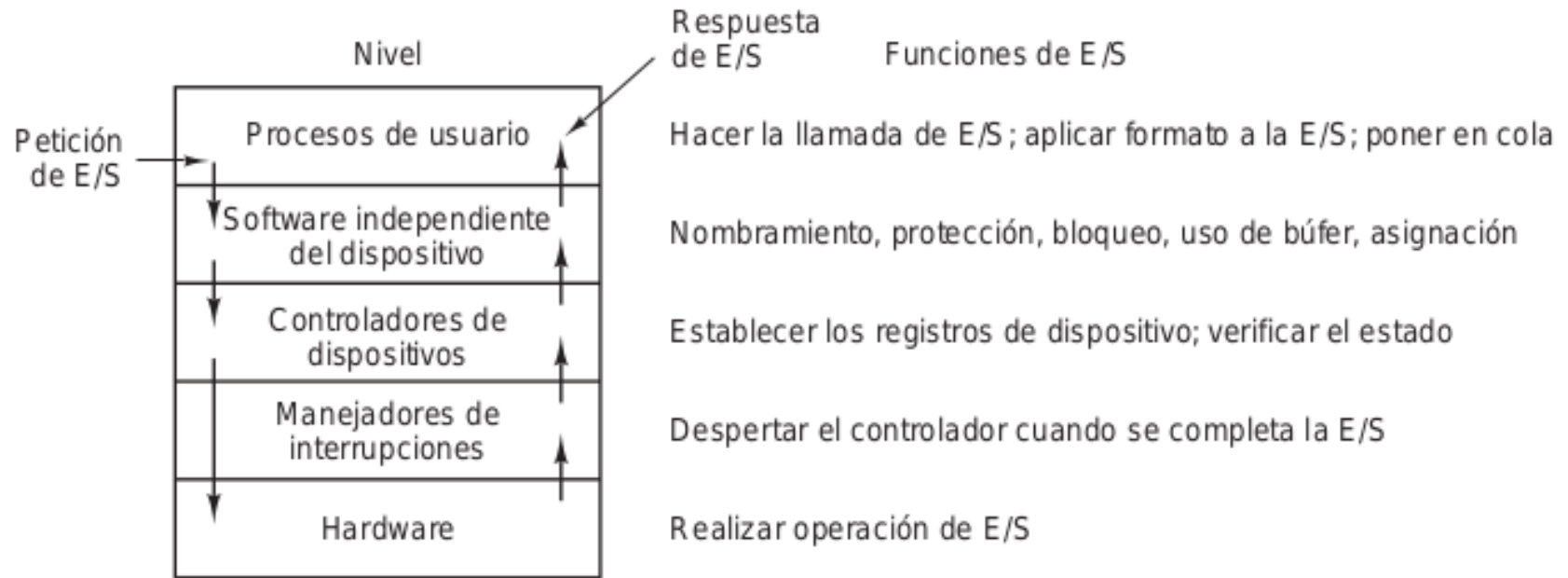


Diseño – Gestor de interrupciones

- ✓ Atiende todas las interrupciones del HW
- ✓ Deriva al driver correspondiente según interrupción
- ✓ Resguarda información
- ✓ Independiente del Driver

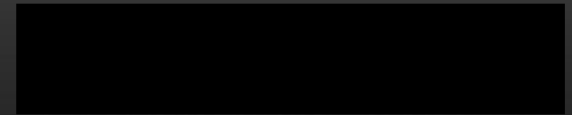


Ciclo de atención de un Requerimiento



Desde el Requerimiento de I/O hasta el Hardware

- ☑ Consideremos la lectura sobre un archivo en un disco:
 - ✓ Determinar el dispositivo que almacena los datos
 - Traducir el nombre del archivo en la representación del dispositivo.
 - ✓ Traducir requerimiento abstracto en bloques de disco (Filesystem)
 - ✓ Realizar la lectura física de los datos (bloques) en la memoria
 - ✓ Marcar los datos como disponibles al proceso que realizo el requerimiento
 - Desbloquearlo
 - ✓ Retornar el control al proceso



Desde el Requerimiento de I/O hasta el Hardware

```
nico@yoko:~$ ls -l /dev/sd*
brw-rw---- 1 root disk 8,  0 oct 28 11:32 /dev/sda
brw-rw---- 1 root disk 8,  1 oct 28 11:32 /dev/sda1
brw-rw---- 1 root disk 8,  2 oct 28 11:32 /dev/sda2
brw-rw---- 1 root disk 8,  5 oct 28 11:32 /dev/sda5
brw-rw---- 1 root disk 8, 16 oct 28 15:49 /dev/sdb
brw-rw---- 1 root disk 8, 17 oct 28 15:49 /dev/sdb1
nico@yoko:~$
```

```
nico@yoko:~$ cat /proc/devices
Character devices:
 1 mem
 4 /dev/vc/0
 4 tty
 4 ttyS
 5 /dev/tty
 5 /dev/console
 5 /dev/ptmx
 5 ttyprintk
```

Block devices:

```
 1 ramdisk
259 blkext
 7 loop
 8 sd
 9 md
11 sr
65 sd
66 sd
67 sd
```

THE I/O SUBSYSTEM

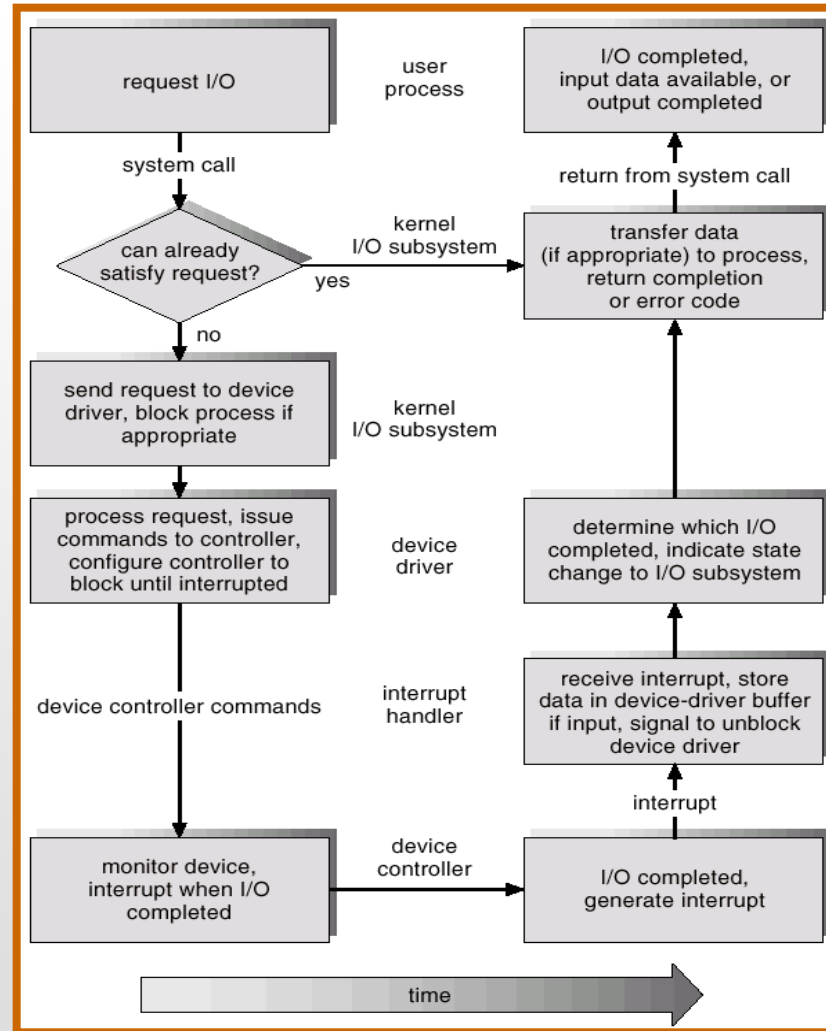
block device switch table			
entry	open	close	strategy
0	gdopen	gdclose	gdstrategy
1	gtopen	gtclose	gtstrategy

character device switch table					
entry	open	close	read	write	ioctl
0	conopen	conclose	conread	conwrite	conioctl
1	dzopen	dzclose	dzbread	dzbwrite	dzbioclt
2	syopen	nulldev	syread	sywrite	syioctl
3	nulldev	nulldev	mmread	mmwrite	nodev
4	gdopen	gdclose	gdread	gdwrite	nodev
5	gtopen	gtclose	gtread	gtwrite	nodev

Figure 10.2. Sample Block and Character Device Switch Tables

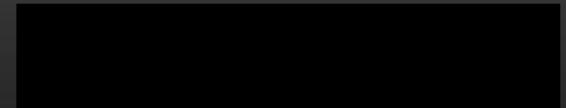


Ciclo de vida de un requerimiento de I/O



Performance

- ☑ I/O es uno de los factores que mas afectan a la performance del sistema:
 - ✓ Utiliza mucho la CPU para ejecutar los drivers y el codigo del subsistema de I/O
 - ✓ Provoca Context switches ante las interrupciones y bloqueos de los procesos
 - ✓ Utiliza el bus de mem. en copia de datos:
 - Aplicaciones (espacio usuario) – Kernel
 - Kernel (memoria fisica) - Controladora



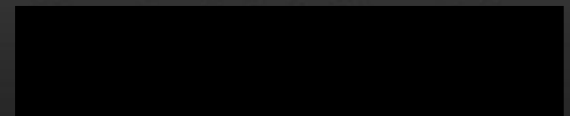
Mejorar la Performance

- ✓ Reducir el número de context switches
- ✓ Reducir la cantidad de copias de los datos mientras se pasan del dispositivo a la aplicación
- ✓ Reducir la frecuencia de las interrupciones, utilizando:
 - Transferencias de gran cantidad de datos
 - Controladoras mas inteligentes
 - Polling, si se minimiza la espera activa.
- ✓ Utilizar DMA



Introducción a los Sistemas Operativos

Anexo I Arquitectura de Entrada/Salida



- ✓ Versión: Octubre 2017
- ✓ Palabras Claves: Dispositivos de IO, Hardware de IO, IO programada, Polling, Interrupciones, DMA

Algunas diapositivas han sido extraídas de las ofrecidas para docentes desde el libro de Stallings (Sistemas Operativos) y el de Silberschatz (Operating Systems Concepts). También se incluyen diapositivas cedidas por Microsoft S.A.



Variedad en los dispositivos de I/O

☑ Legible para el usuario

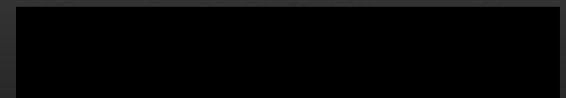
- ✓ Usados para comunicarse con el usuario
 - ◆ Impresoras, Terminales: Pantalla, Teclado, Mouse

☑ Legible para la máquina

- ✓ Utilizados para comunicarse con los componentes electrónicos
 - ◆ Discos, Cintas, Sensores, etc.

☑ Comunicación

- ✓ Usados para comunicarse con dispositivos remotos
 - ◆ Líneas Digitales, Modems, Interfaces de red, etc.



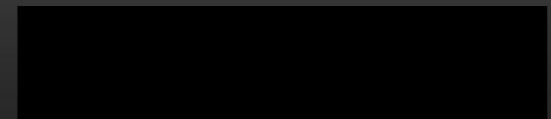
Problemas que surgen

- ☑ Amplia Variedad
 - ✓ Manejan diferentes cantidad de datos
 - ✓ En Velocidades Diferentes
 - ✓ En Formatos Diferentes
- ☑ La gran mayoría de los dispositivos de E/S son más lentos que la CPU y la RAM

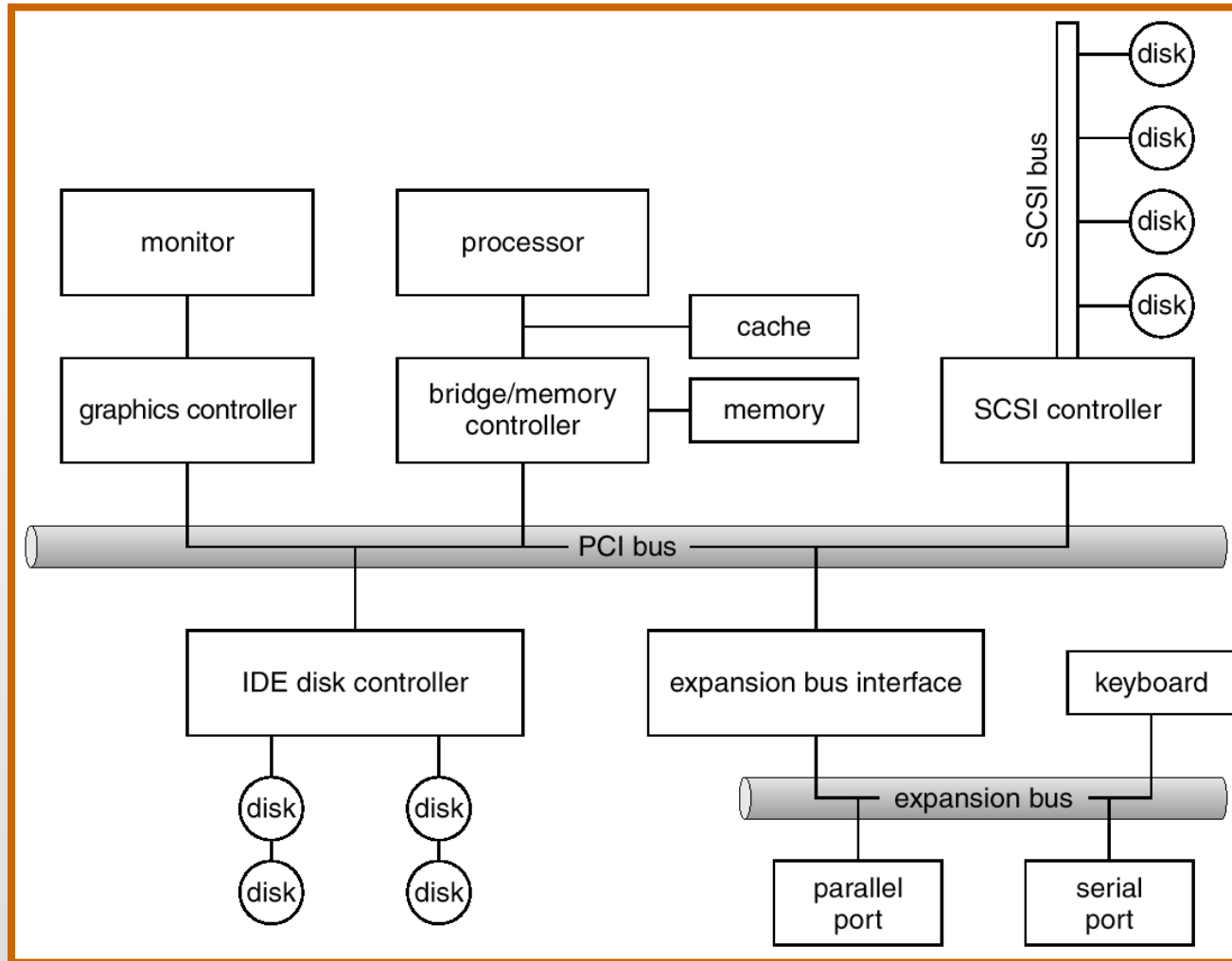


Hardware y software involucrado

- ✓ Buses
- ✓ Controladores
- ✓ Dispositivos
- ✓ Puertos de E/S – Registros
- ✓ Drivers
- ✓ Comunicación con controlador del dispositivo: I/O Programada, Interrupciones, DMA

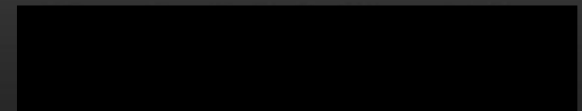


Estructura de Bus de una PC



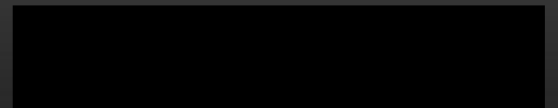
Comunicación: CPU - Controladora

- ☑ ¿Cómo puede la CPU ejecutar comandos o enviar/recibir datos de una controladora de un dispositivo?
 - ✓ La controladora tiene uno o mas registros:
 - Registros para señales de control
 - Registros para datos
- ☑ La CPU se comunica con la controladora escribiendo y leyendo en dichos registros



Comandos de I/O

- ☑ CPU emite direcciones
 - ✓ Para identificar el dispositivo
- ☑ CPU emite comandos
 - ✓ Control – Que hacer?
 - ♦ Ej. Girar el disco
 - ✓ Test – Controlar el estado
 - ♦ Ej. power? Error?
 - ✓ Read/Write
 - ♦ Transferir información desde/hacia el dispositivo



Mapeo de E/S y E/S aislada

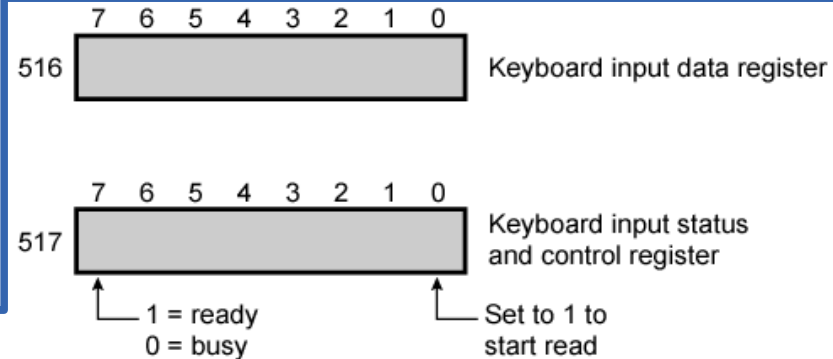
- ☑ Correspondencia en memoria (Memory mapped I/O)
 - ✓ Dispositivos y memoria comparten el espacio de direcciones.
 - ✓ I/O es como escribir/leer en la memoria.
 - ✓ No hay instrucciones especiales para I/O
 - ♦ Ya se dispone de muchas instrucciones para la memoria
- ☑ Isolated I/O (Aislada, uso de Puertos de E/S)
 - ✓ Espacio separado de direcciones
 - ✓ Se necesitan líneas de I/O. Puertos de E/S
 - ✓ Instrucciones especiales
 - ♦ Conjunto Limitado



Memory Mapped and Isolated I/O

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND	COMMENT
200	Load AC	"1"	Load accumulator
	Store AC	517	Initiate keyboard read
202	Load AC	517	Get status byte
	Branch if Sign = 0	202	Loop until ready
	Load AC	516	Load data byte

(a) Memory-mapped I/O



ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND	COMMENT
200	Load I/O	5	Initiate keyboard read
201	Test I/O	5	Check for completion
	Branch Not Ready	201	Loop until complete
	In	5	Load data byte

(b) Isolated I/O

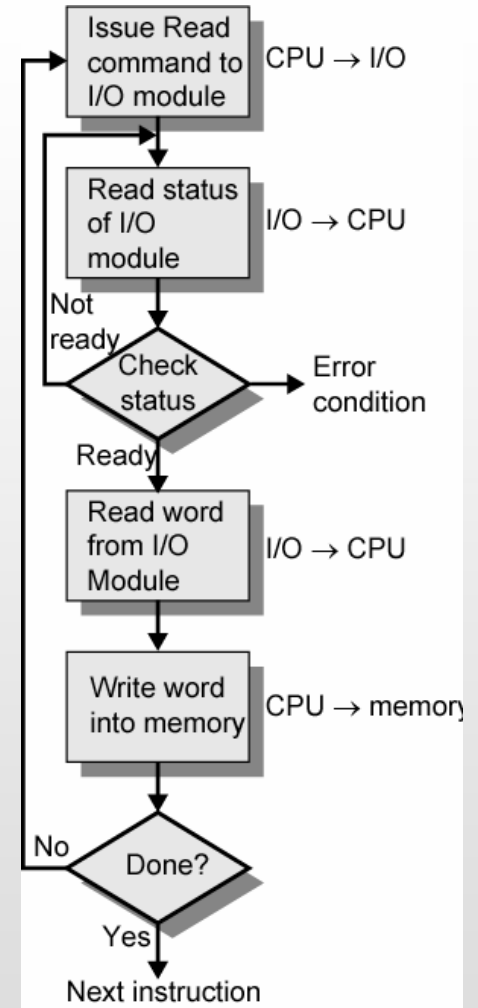
En MS-DOS

```
-----  
o 70 02  
i 71  
<retorna los minutos>  
  
o 70 00  
i 71  
<retorna los segundos>
```



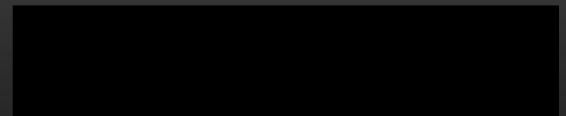
Técnicas de I/O - Programada

- ✓ CPU tiene control directo sobre la I/O
 - ✓ Controla el estado
 - ✓ Comandos para leer y escribir
 - ✓ Transfiere los datos
- ✓ CPU espera que el componente de I/O complete la operación
- ✓ Se desperdician ciclos de CPU



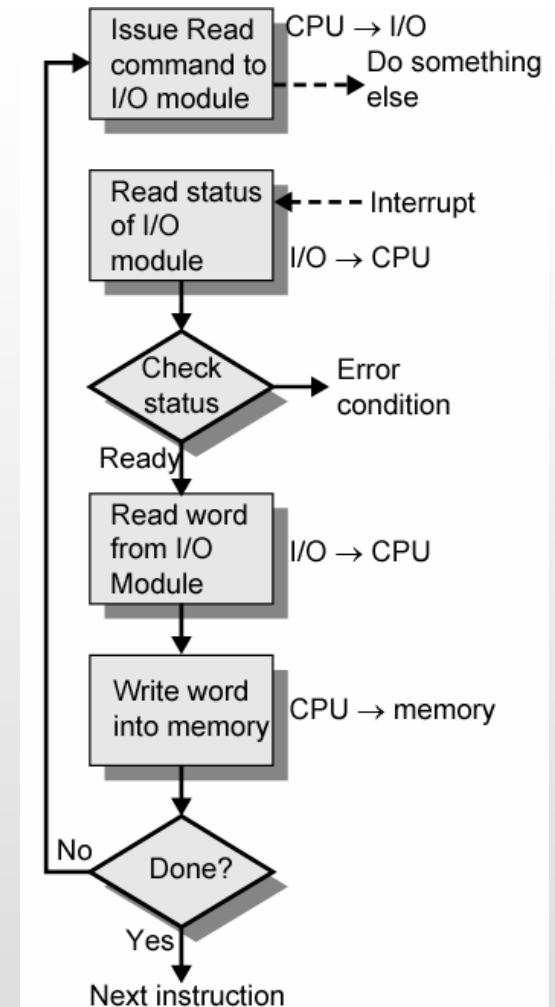
Polling

- ☑ En la I/O Programada, es necesario hacer polling del dispositivo para determinar el estado del mismo
 - ✓ Listo para recibir comandos
 - ✓ Ocupado
 - ✓ Error
- ☑ Ciclo de “Busy-wait” para realizar la I/O
- ☑ Puede ser muy costoso si la espera es muy larga



Técnicas de I/O - Manejada por Interrupciones

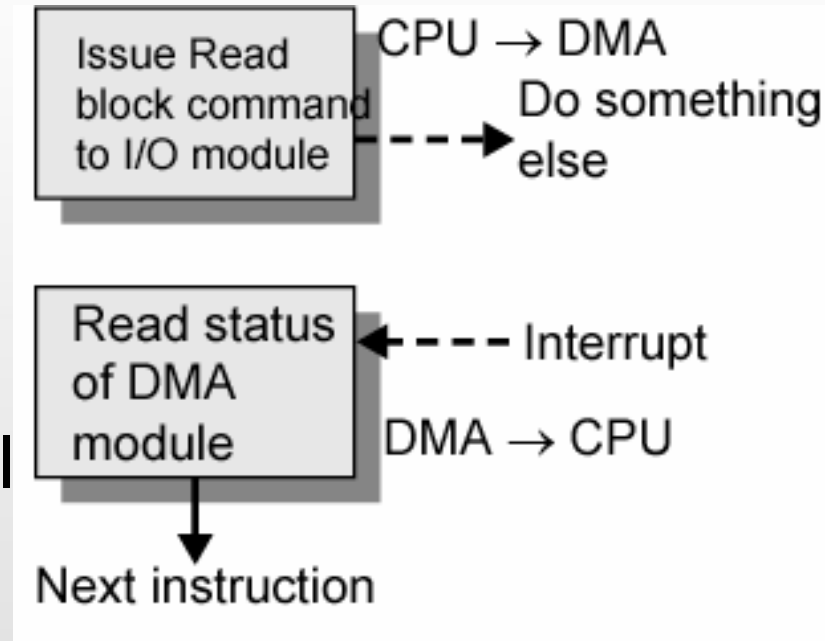
- ✓ Soluciona el problema de la espera de la CPU
- ✓ La CPU no repite el chequeo sobre el dispositivo
- ✓ El procesador continúa la ejecución de instrucciones
- ✓ El componente de I/O envía una interrupción cuando termina



Técnicas de I/O - DMA

DMA (Direct Memory Access)

- ✓ Un componente de DMA controla el intercambio de datos entre la memoria principal y el dispositivo
- ✓ El procesador es interrumpido luego de que el bloque entero fue transferido.



Pasos para una transferencia DMA

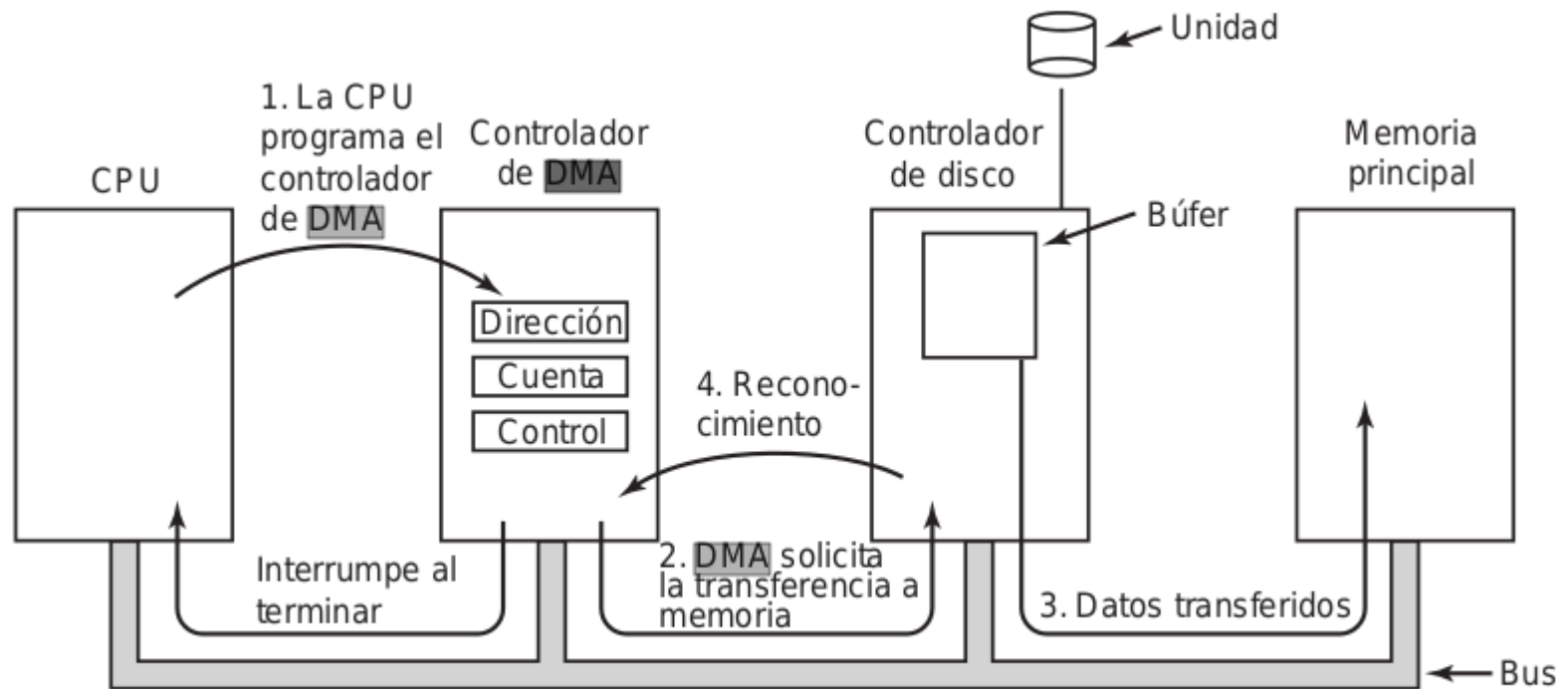


Figura 5-4. Operación de una transferencia de DMA.

