

# Tema 4. El sistema de entrada y salida

## Arquitectura de Computadores

Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores  
Departamento de Informática  
Universidad de Oviedo

Curso 2021–2022

# Índice

- 1 El sistema de entrada/salida
- 2 El sistema de interconexión
- 3 Periféricos
- 4 Virtualización de E/S



# Objetivos

## 1.- Mejoras del rendimiento

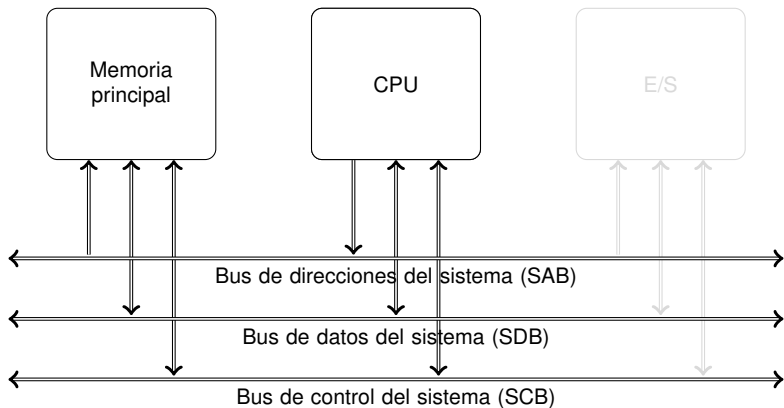
Cambios organizativos para mejorar el rendimiento.

## 2.- Soporte a los sistemas operativos multitarea

Funcionalidad necesaria para su correcto funcionamiento

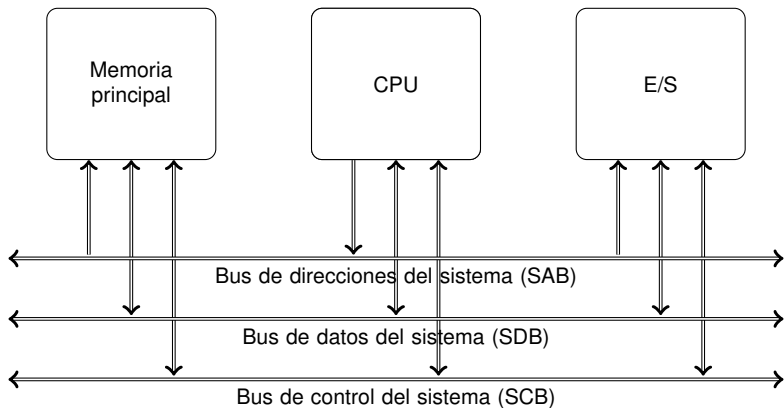
# El sistema de E/S

Permite comunicación con el exterior



# El sistema de E/S

Permite comunicación con el exterior



# El sistema de E/S

## ¿Qué comprende?

### 1 Periféricos

- Realizan la interacción con el exterior

### 2 Interfaces

- Gestión y control de comunicación computador-periféricos

### 3 Buses

- comunican interfaces con CPU, memoria, y periféricos







# Ubicación del sistema de E/S

## Interfaces

Puente de comunicación entre periférico y computador

- Formadas por registros (puertos)

¿Cómo acceder a los puertos?

## Alternativas

- Compartir el E.D. de memoria
- E.D. específico para E/S

# Ubicación del sistema de E/S

## Espacio de direcciones de memoria

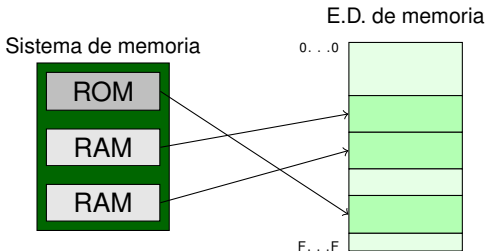
Compartir espacio de direcciones de memoria

- Dispositivos de memoria
- Interfaces de periféricos

## Ventajas

Simple

- Mismas instrucciones que para acceder a memoria



# Ubicación del sistema de E/S

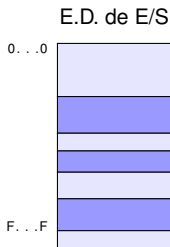
## Espacio de direcciones independiente

Utilizado solo por las interfaces

### Inconvenientes

Más complejo

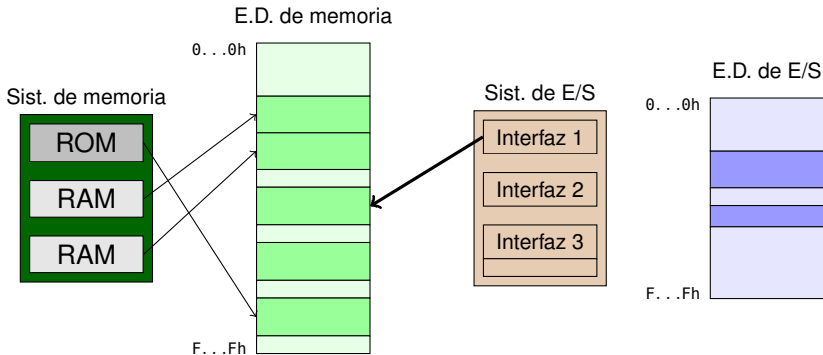
- Líneas de control adicionales
- Uso de instrucciones específicas



# Ubicación del sistema de E/S

## Combinación

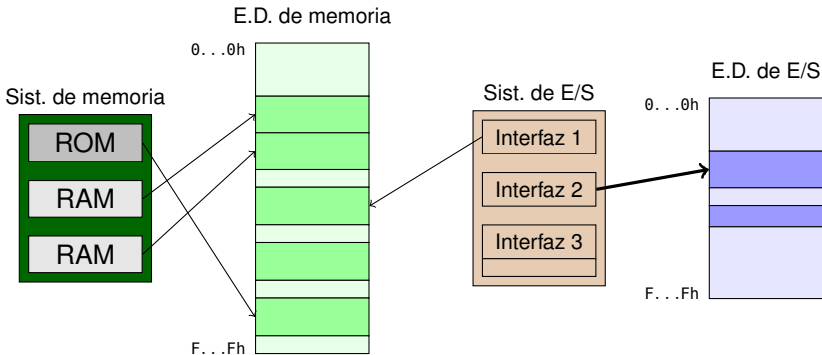
- Interfaz en E.D. de memoria
- Interfaz en E.D. de E/S
- Interfaz en ambos E.D.



# Ubicación del sistema de E/S

## Combinación

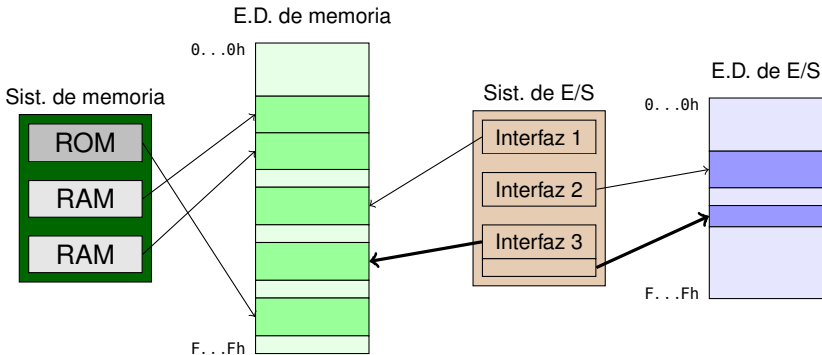
- Interfaz en E.D. de memoria
- Interfaz en E.D. de E/S
- Interfaz en ambos E.D.



# Ubicación del sistema de E/S

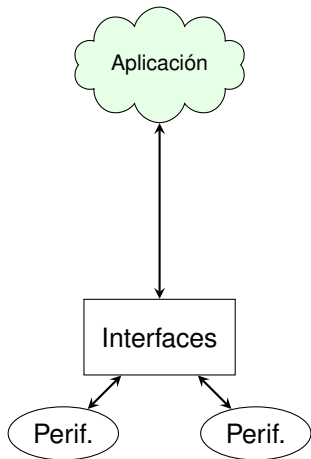
## Combinación

- Interfaz en E.D. de memoria
- Interfaz en E.D. de E/S
- Interfaz en ambos E.D.

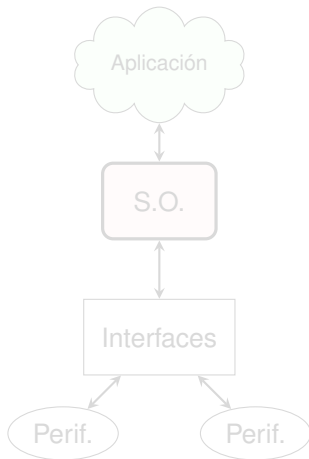


# Protección del sistema de E/S

Sistema monotarea

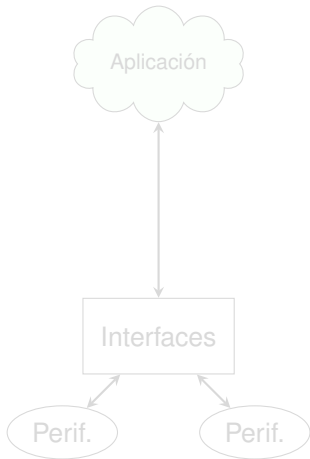


Sistema multitarea

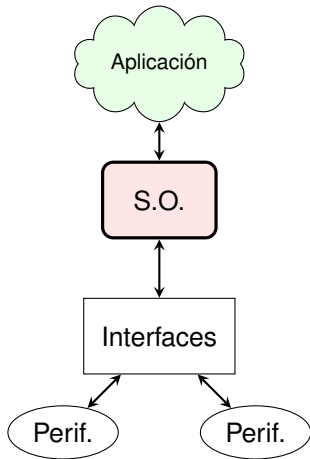


# Protección del sistema de E/S

Sistema monotarea



Sistema multitarea





# Protección del sistema de E/S

## E.D. de E/S

Uso de instrucciones específicas privilegiadas

### Ejemplo

instrucciones in y out en IA-32 + registro IOPL

## E.D. de memoria

Uso del mismo mecanismo que para proteger memoria del S.O.

### Ejemplo

Fijar nivel de supervisor en las páginas que contienen las interfaces

# Técnicas de E/S

## Sincronización

Cómo la CPU conoce el inicio/fin de las operaciones

- E/S programada (muestreo)
- E/S mediante interrupciones

## Optimización: descarga de la CPU

Reducir carga de CPU durante la E/S

- E/S mediante DMA
- Procesadores de E/S

# Técnicas de E/S

## Sincronización

Cómo la CPU conoce el inicio/fin de las operaciones

- E/S programada (muestreo)
- E/S mediante interrupciones

## Optimización: descarga de la CPU

Reducir carga de CPU durante la E/S

- E/S mediante DMA
- Procesadores de E/S

# E/S programada

## Interfaces

Dos tipos de registros

- **Estado**: estado de la interfaz (lista/ocupada)
- Datos: transferencia de datos

## Funcionamiento

CPU consulta continuamente el registro de estado

- Estado = listo  $\Rightarrow$  se inicia operación

## Características

- CPU realiza la transferencia de datos
- CPU se encarga de la sincronización (registro estado)



# E/S mediante interrupciones

## Consiste

Se evita que CPU esté ocupada muestreando

- Interfaz avisa cuando está lista  $\Rightarrow$  **interrupción**

## Modificación de la CPU

Comprobar si hay interrupción al final de cada instrucción

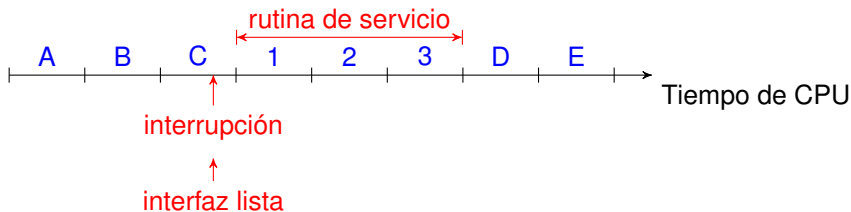
- ✗ No: continúa la ejecución
- ✓ Sí: se interrumpe la ejecución
  - Ejecuta rutina de tratamiento
  - Reanuda la tarea

# E/S mediante interrupciones

## Características

Más compleja pero más eficiente

- CPU ocupada en la transferencia
- interfaz se encarga de la sincronización



## Problemática

- Priorización
- Control
- Identificación

# E/S mediante interrupciones

## CPU no debe ser interrumpida

- Proceso crítico. Ej. modificar tabla de páginas
- Evitar encadenamiento de interrupciones

## Control

### No enmascarables

- Se atienden siempre
- Entrada específica de la CPU

### Enmascarables

- Se pueden deshabilitar (*flag* de control)
- ✓ No enmascaradas  $\Rightarrow$  se aceptan
- ✗ Enmascaradas  $\Rightarrow$  no se aceptan



# E/S mediante interrupciones



¿Identificar interfaz?

## Dos técnicas

*Polling* o consulta

- CPU pregunta a las interfaces

Vectorización

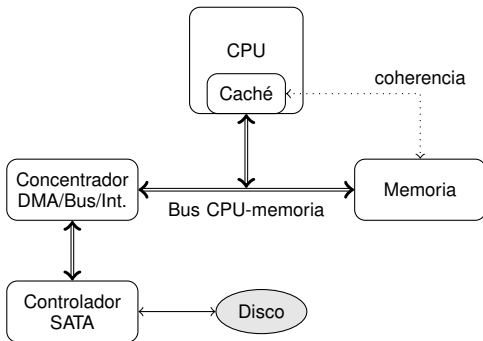
- Interfaz se identifica (**vector**)
- Rutina de servicio asociada

# E/S mediante DMA

## Objetivo

Liberar a la CPU del movimiento de información

- Necesario elemento adicional para mover datos
- CPU puede ejecutar otras tareas
- Crítico en S.O. multitarea
- Sincronización mediante interrupciones



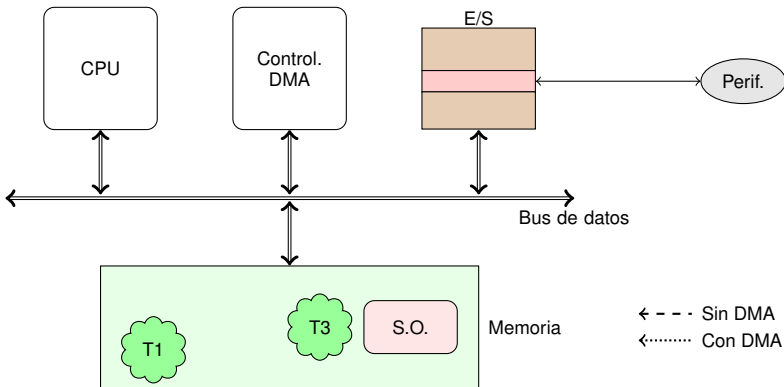
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



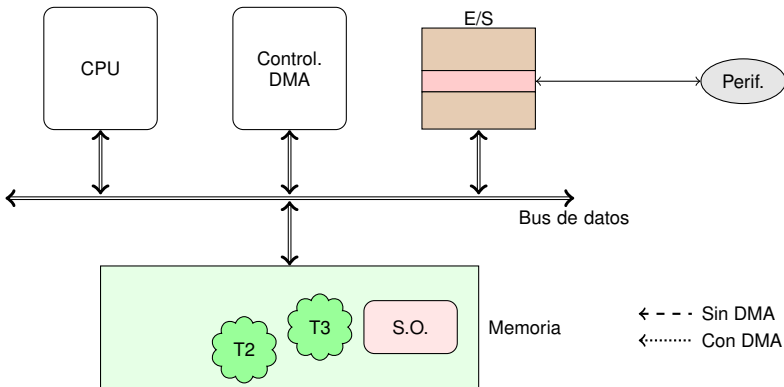
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



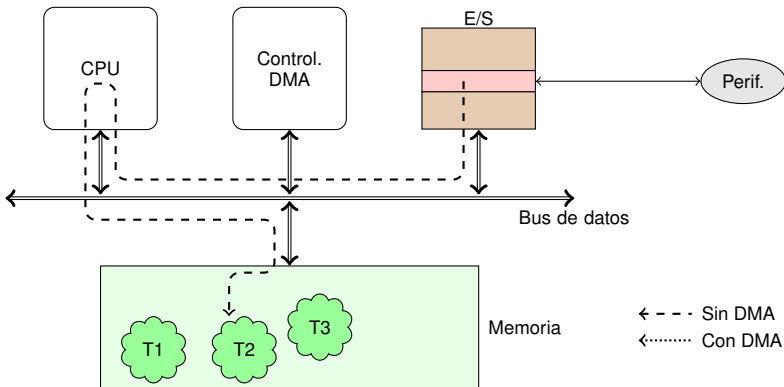
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



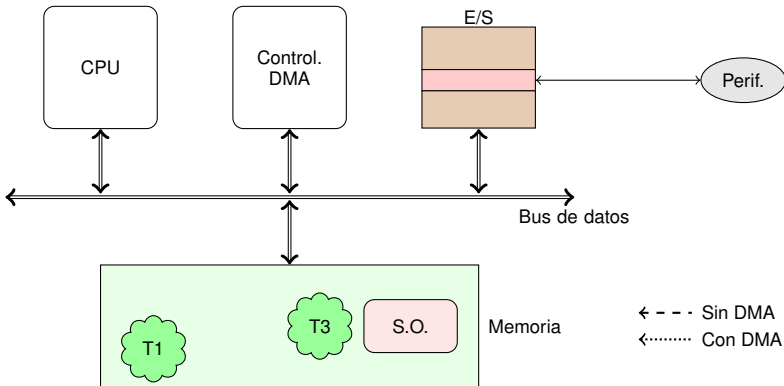
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



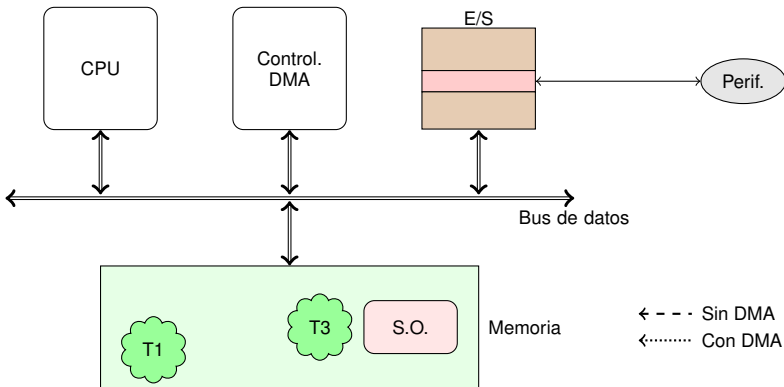
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



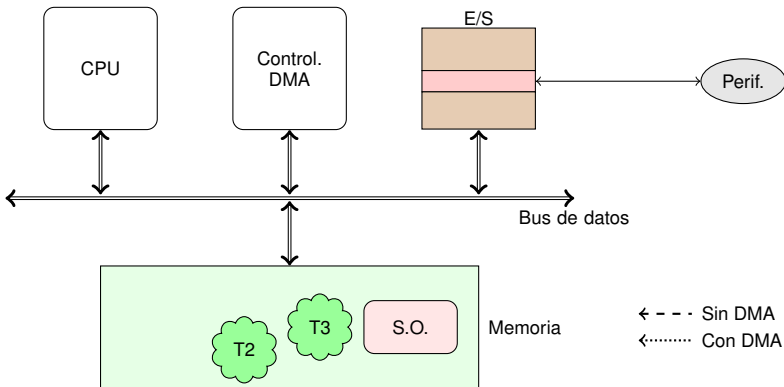
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando





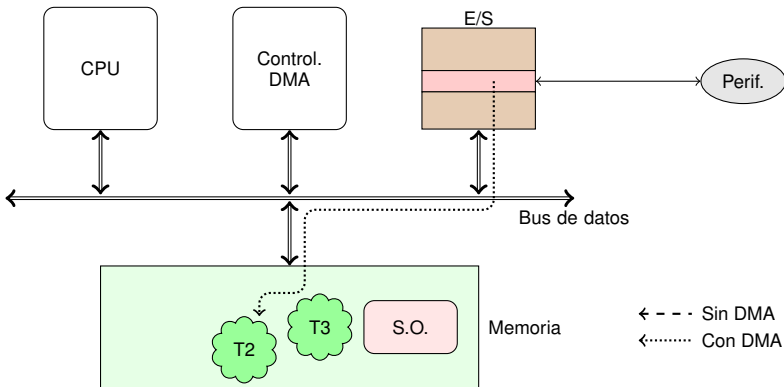
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



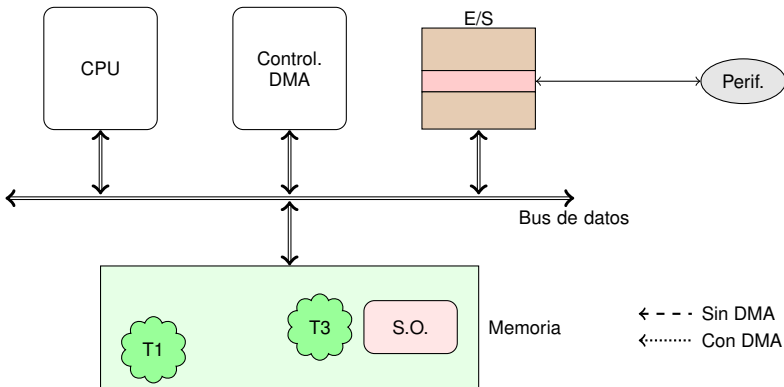
# E/S mediante DMA

## Sin DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando

## Con DMA

- 1 T2 solicita E/  $\Rightarrow$  T1
- 2 T1 ejecutando
- 3 Fin E/  $\Rightarrow$  transferencia
- 4 T2 ejecutando



# Procesadores de E/S

## Consiste

Dispositivos con CPU y capacidad *bus mastering*

- CPU principal envía órdenes de alto nivel
- CPU de E/S ejecuta esas órdenes
- No hay intervención de la CPU principal

## Ejemplos

- Tarjetas aceleradoras gráficas (GPU)
- Tarjetas de (de)codificación de audio y vídeo (DSPs)

# Índice

- 1 El sistema de entrada/salida
- 2 El sistema de interconexión**
- 3 Periféricos
- 4 Virtualización de E/S

# Objetivos

## 1.- Técnicas de interconexión

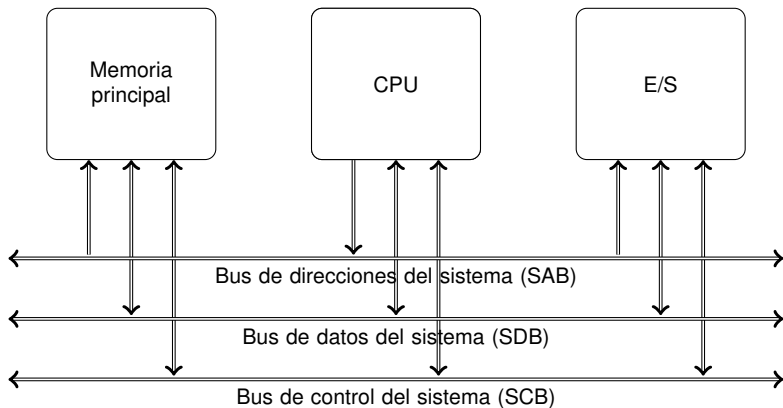
Especialmente los buses

## 2.- Interconexión en el PC

Interconexión de sistemas reales

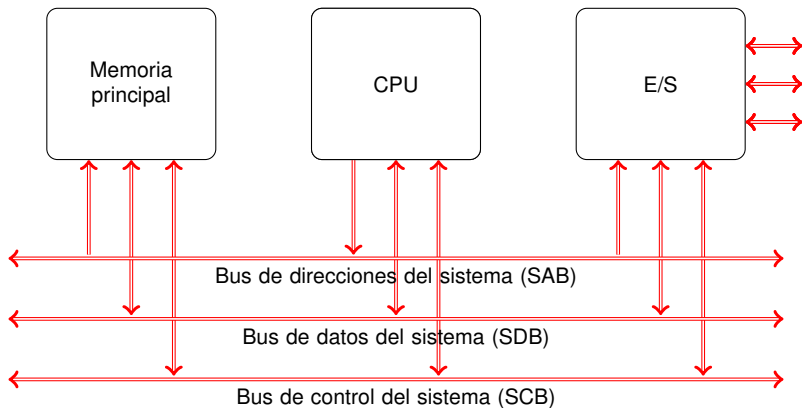
# El sistema de interconexión

## Comunicación entre diferentes componentes



# El sistema de interconexión

## Comunicación entre diferentes componentes



# Topologías de interconexión

## Formas de interconectar componentes

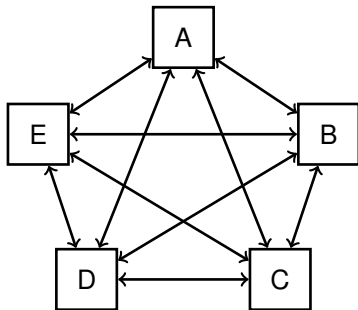
- Canal punto a punto
- Concentrador
- Bus



# Canal punto a punto

## Ventajas

- Simple  $\Rightarrow$  fácil de implementar
- Elevado ancho de banda
- Transferencias en paralelo



## Inconvenientes

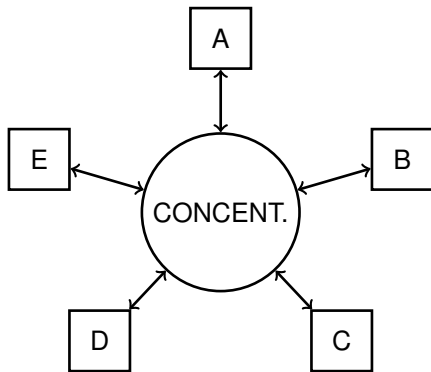
- Muchas conexiones
- *Multicasting* costoso

$$\frac{N^{\circ} \text{ de dispos.} \times (N^{\circ} \text{ de dispos.} - 1)}{2}$$

# Concentrador

## Ventajas

- Menos conexiones
- Fácil *multicasting*



## Inconvenientes

- Identificación de dispositivos
- Posible cuello de botella

Nº de dispositivos

# Bus

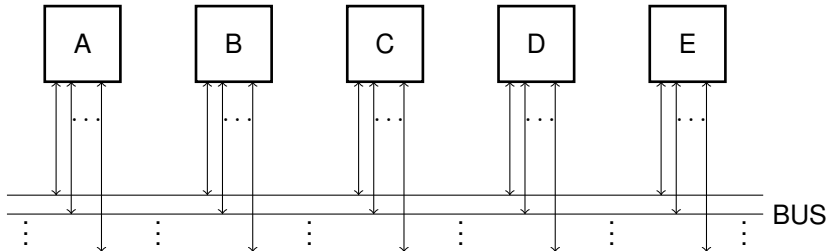
## Ventajas

- Económico (1 medio)
- Fácil *multicasting*

## Inconvenientes

- Identificación de dispositivos
- Imposible transferencias en paralelo
- Posible cuello de botella

$N^{\circ}$  de conexiones =  $N^{\circ}$  de dispositivos



# Comunicación de componentes

## Antiguamente siempre buses

Hoy en día varias topologías

### Punto a punto

- Puerto serie
- Puerto paralelo
- Puerto PS/2
- Puerto de infrarrojos
- Puerto AGP
- PCIe

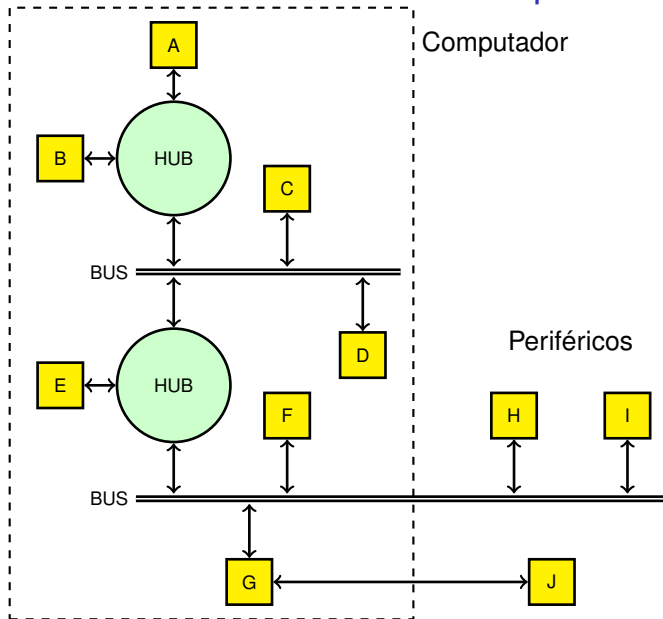
### Buses

- Bus PCI
- Bus USB
- Bus Firewire
- Bus Ethernet

### Concentrador

- Concentrador de memoria
- Concentrador de E/S

# Esquema actual



## Características

- Tamaño de los datos
- Sincronización
- Serie o paralelo
- Multiplexado o no multiplexado
- Longitud máxima de la conexión
- Capacidades operativas: *Plug & Play*, conexión en caliente, etc.

## Características

- Tamaño de los datos
  - Sincronización
  - Serie o paralelo
  - Multiplexado o no multiplexado
  - Longitud máxima de la conexión
  - Capacidades operativas: *Plug & Play*, conexión en caliente, etc.
- } Ancho de banda

# Sincronización

Secuenciación de los pasos en la comunicación

- Existencia de señal de reloj

## Canal síncrono

Señal de reloj

- ✓ Más simples y sencillos de implementar
- ✓ Mayor velocidad de transferencia
- ✗ Todos los dispositivos a la misma velocidad
- ✗ Longitud limitada  $\Rightarrow$  *clock skew*

## Canal asíncrono

Varias señales de control a modo de *flags*

- ✓ Pueden ser de mayor longitud
- ✓ Mayor variedad de dispositivos (velocidad)



# Tamaño de dato

Dato transferido en cada ciclo de lectura o escritura

- Eficiencia de la transmisión (información útil)

$$\frac{\text{Tiempo información útil}}{\text{Tiempo de la transmisión}}$$

# Serie o paralelo

Forma de transmitir los datos

## Comunicación en serie

Bits se envía uno tras otro

- Habitualmente una sola línea

✓ Más rápida

## Comunicación en paralelo

Cada bit se envía en línea independiente

- Tantas líneas como bits tiene el dato

✗ Interferencias

## Tendencia actual

Combinar varios canales serie en paralelo

# Multiplexado o no multiplexado

## Multiplexación

Utilizar un conjunto de líneas para tareas diferentes

- Direcciones
- Datos
- ✓ Menor coste
- ✓ Mayor fiabilidad
- ✗ Menor velocidad (en escritura)

# Ancho de banda teórico

## Ejemplo bus

- Paralelo
- Síncrono con una frecuencia de 100 MHz
- Dato de 16 bits

$$2 \text{ bytes} \times (100 \cdot 10^6) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} = 200 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 190.73 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

## Ejemplo bus

- Serie
- Síncrono con una frecuencia de 1 GHz
- Una línea de datos
- Transferencias en flancos ascendentes y descendentes

$$2 \text{ bits} \times (1 \cdot 10^9) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 250 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 238.42 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

# Ancho de banda teórico

## Ejemplo bus

- Paralelo
- Síncrono con una frecuencia de 100 MHz
- Dato de 16 bits

$$2 \text{ bytes} \times (100 \cdot 10^6) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} = 200 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 190.73 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

## Ejemplo bus

- Serie
- Síncrono con una frecuencia de 1 GHz
- Una línea de datos
- Transferencias en flancos ascendentes y descendentes

$$2 \text{ bits} \times (1 \cdot 10^9) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 250 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 238.42 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

# Ancho de banda teórico

## Ejemplo bus

- Paralelo
- Síncrono con una frecuencia de 100 MHz
- Dato de 16 bits

$$2 \text{ bytes} \times (100 \cdot 10^6) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} = 200 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 190.73 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

## Ejemplo bus

- Serie
- Síncrono con una frecuencia de 1 GHz
- Una línea de datos
- Transferencias en flancos ascendentes y descendentes

$$2 \text{ bits} \times (1 \cdot 10^9) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 250 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 238.42 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

# Ancho de banda teórico

## Ejemplo bus

- Paralelo
- Síncrono con una frecuencia de 100 MHz
- Dato de 16 bits

$$2 \text{ bytes} \times (100 \cdot 10^6) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} = 200 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 190.73 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

## Ejemplo bus

- Serie
- Síncrono con una frecuencia de 1 GHz
- Una línea de datos
- Transferencias en flancos ascendentes y descendentes

$$2 \text{ bits} \times (1 \cdot 10^9) \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 250 \frac{\text{MB}}{\text{s}} \approx 238.42 \frac{\text{MiB}}{\text{s}}$$

# Otras características

## Longitud máxima

Limitaciones notables con la longitud

- Retraso de la señal de reloj  $\Rightarrow$  *clock skew*
- Cables = antenas  $\Rightarrow$  interferencias

## Plug & Play

Mecanismos para identificar dispositivos

- Requisitos hardware (posiciones en E/S, interrupciones, DMA)
- Conexión automática
- Gestión centralizada  $\Rightarrow$  evitar conflictos

## Conexión en caliente

Conectar/desconectar dispositivos sin apagar el computador

- Ideal en equipos 24x7





# Otras características

## Longitud máxima

Limitaciones notables con la longitud

- Retraso de la señal de reloj  $\Rightarrow$  *clock skew*
- Cables = antenas  $\Rightarrow$  interferencias

## Plug & Play

Mecanismos para identificar dispositivos

- Requisitos hardware (posiciones en E/S, interrupciones, DMA)
- Conexión automática
- Gestión centralizada  $\Rightarrow$  evitar conflictos

## Conexión en caliente

Conectar/desconectar dispositivos sin apagar el computador

- Ideal en equipos 24x7

# Otras características

## Longitud máxima

Limitaciones notables con la longitud

- Retraso de la señal de reloj  $\Rightarrow$  *clock skew*
- Cables = antenas  $\Rightarrow$  interferencias

## Plug & Play

Mecanismos para identificar dispositivos

- Requisitos hardware (posiciones en E/S, interrupciones, DMA)
- Conexión automática
- Gestión centralizada  $\Rightarrow$  evitar conflictos

## Conexión en caliente

Conectar/desconectar dispositivos sin apagar el computador

- Ideal en equipos 24x7

# Jerarquía de canales

## Bus único: problemas

- $\uparrow$  dispositivos  $\Rightarrow \uparrow$  longitud  $\Rightarrow$  problema con las señales
- Cuello de botella
- Dispositivos muy variados

## Solución: jerarquía de canales

- Dispositivos rápidos en canales rápidos
- Dispositivos lentos en canales lentos
- Interconectar canales
- ✓ Mejora la velocidad
- ✓ Transmisiones simultáneas

# Jerarquía de canales

## Bus único: problemas

- $\uparrow$  dispositivos  $\Rightarrow \uparrow$  longitud  $\Rightarrow$  problema con las señales
- Cuello de botella
- Dispositivos muy variados

## Solución: jerarquía de canales

- Dispositivos rápidos en canales rápidos
- Dispositivos lentos en canales lentos
- Interconectar canales
- ✓ Mejora la velocidad
- ✓ Transmisiones simultáneas

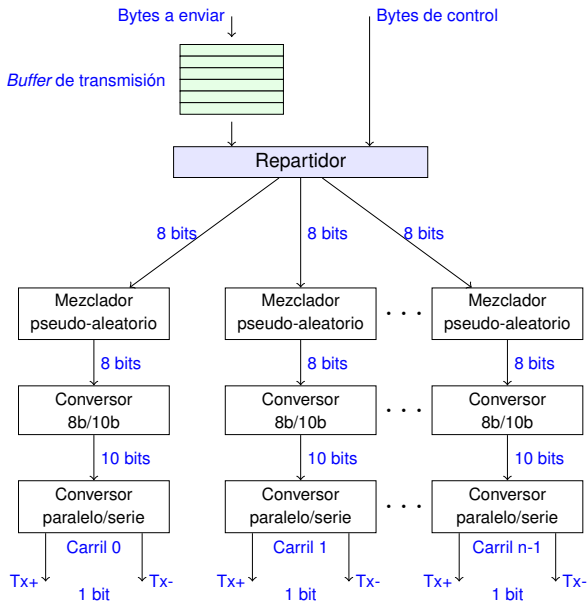
# PCI Express

## Compatible a nivel software con PCI

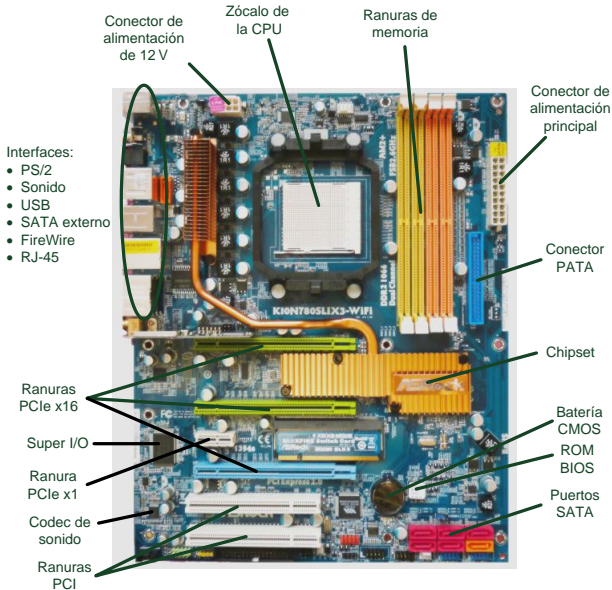
### Diferencias

	PCI	PCI Express
Topología	Bus	Punto a punto (bidirecc.)
Canal	Paralelo (32 o 64 bits)	Serie (1 línea) 1x, 2x, 4x, 8x, 12x, 16x o 32x
Reloj	33 MHz	2.5 GHz
Capacidad	133 MB/s	0.5 GB/s (bidirecc.)
Coste	alto (muchas líneas)	Bajo (2 líneas por canal)

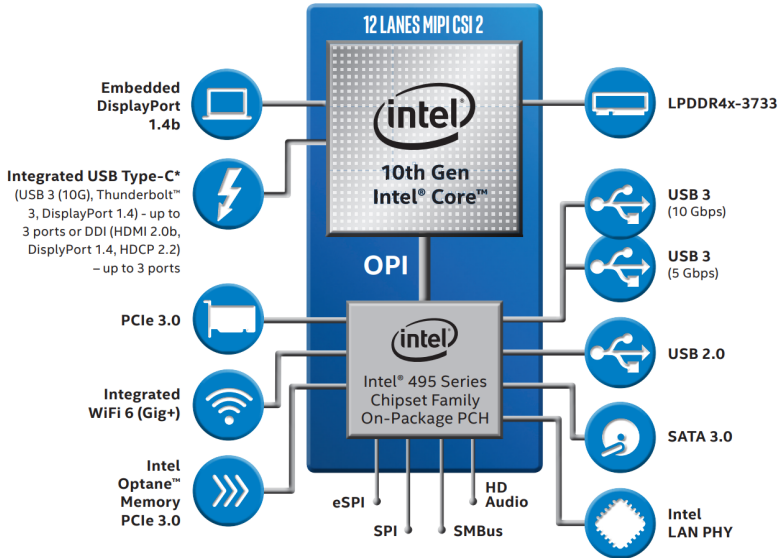
# PCI Express



# Interconexión en el PC



# Intel 495 (Core i5-i7 10<sup>th</sup> gen)





# Índice

- 1 El sistema de entrada/salida
- 2 El sistema de interconexión
- 3 Periféricos**
- 4 Virtualización de E/S

# Introducción

## Interfaz

Intérpretes entre la CPU y los periféricos.

## Taxonomía

- Periféricos de entrada
- Periféricos de salida
- Periféricos de entrada/salida
- Periféricos de almacenamiento

# Introducción

## Interfaz

Intérpretes entre la CPU y los periféricos.

## Taxonomía

- Periféricos de entrada
- Periféricos de salida
- Periféricos de entrada/salida
- Periféricos de almacenamiento



# Periféricos de almacenamiento

## Requisitos

- Bajo coste
- Alta capacidad
- Alta velocidad
- Persistencia de la información
- Movilidad

## Tecnologías

- Almacenamiento óptico
- Almacenamiento magnético
- Almacenamiento magnético-óptico
- Almacenamiento basado en semiconductores

# Periféricos de almacenamiento

## Requisitos

- Bajo coste
- Alta capacidad
- Alta velocidad
- Persistencia de la información
- Movilidad

## Tecnologías

- Almacenamiento óptico
- Almacenamiento magnético
- Almacenamiento magnético-óptico
- Almacenamiento basado en semiconductores

# Discos duros

## Características

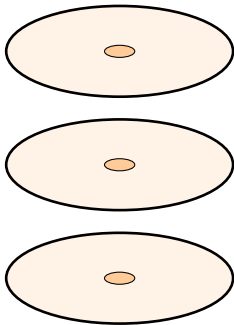
### Discos rígidos

- Organización física
- Organización de los datos
- Características
  - Capacidad
  - Tiempo de acceso
  - Densidad de almacenamiento

# Discos duros

## Organización física

- Uno o varios platos
- Cubiertos de material ferromagnético

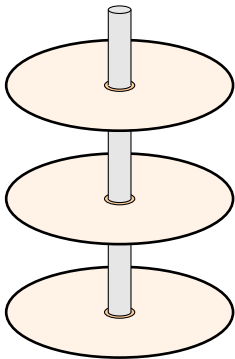


- Platos
  - Uno o varios
- Eje
  - Los platos giran juntos
- Brazos
  - Estructura mecánica
- Cabezas

# Discos duros

## Organización física

- Uno o varios platos
- Cubiertos de material ferromagnético



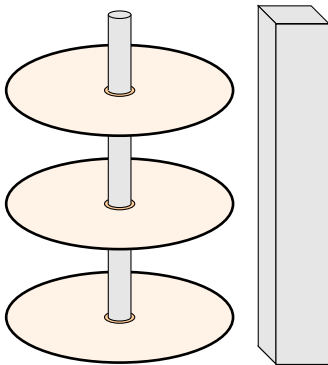
- Platos
  - Uno o varios
- Eje
  - Los platos giran juntos
- Brazos
  - Estructura mecánica
- Cabezas



# Discos duros

## Organización física

- Uno o varios platos
- Cubiertos de material ferromagnético

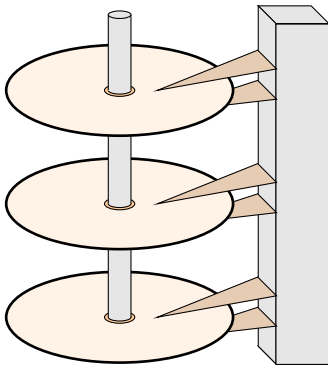


- Platos
  - Uno o varios
- Eje
  - Los platos giran juntos
- Brazos
  - Estructura mecánica
- Cabezas

# Discos duros

## Organización física

- Uno o varios platos
- Cubiertos de material ferromagnético

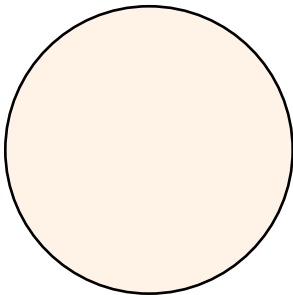


- Platos
  - Uno o varios
- Eje
  - Los platos giran juntos
- Brazos
  - Estructura mecánica
- Cabezas

# Discos duros

## Organización de los datos

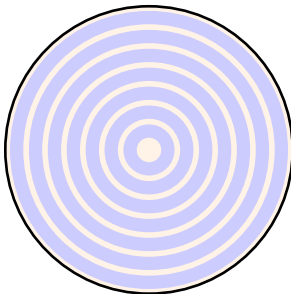
- Superficies
- Pistas
  - 0 es la mas externa
- Sectores
  - Unidad mínima de información (512 or 1024 bytes)
- Clusters



## Discos duros

## Organización de los datos

- Superficies
- Pistas
  - 0 es la mas externa
- Sectores
  - Unidad mínima de información (512 or 1024 bytes)
- Clusters

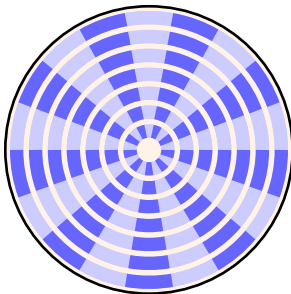




## Discos duros

## Organización de los datos

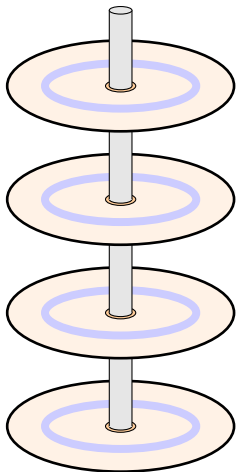
- Superficies
- Pistas
  - 0 es la mas externa
- Sectores
  - Unidad mínima de información (512 or 1024 bytes)
- Clusters



# Discos duros

## Organización de los datos

- Cilindro



### Low-level format

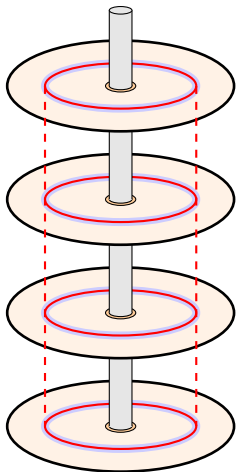
Organización en sectores, pistas y cilindros.

- meta-data en disco

# Discos duros

## Organización de los datos

- Cilindro



### Low-level format

Organización en sectores, pistas y cilindros.

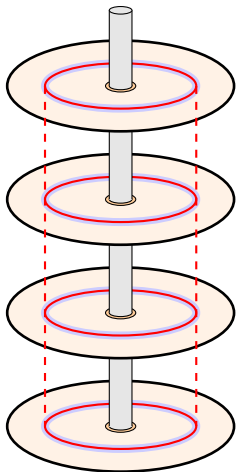
- meta-data en disco



# Discos duros

## Organización de los datos

- Cilindro



### Low-level format

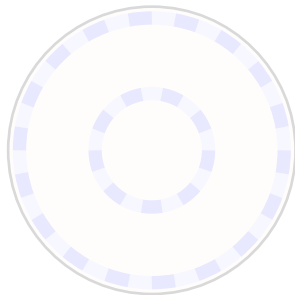
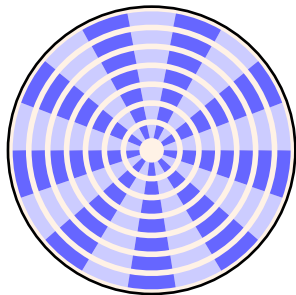
Organización en sectores, pistas y cilindros.

- meta-data en disco

## Discos duros

## Sectores por pista

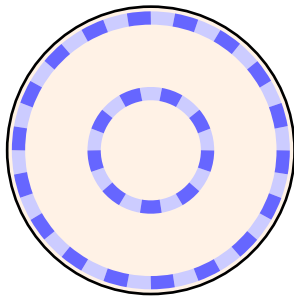
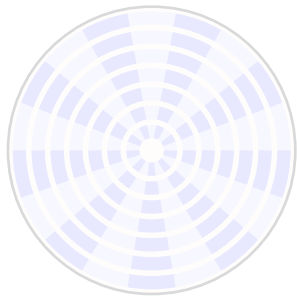
- constante  $\Rightarrow$  densidad de almacenamiento variable
- variable  $\Rightarrow$  densidad de almacenamiento constante



## Discos duros

## Sectores por pista

- constante  $\Rightarrow$  densidad de almacenamiento variable
- variable  $\Rightarrow$  densidad de almacenamiento constante



# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = \quad \times \quad \times \quad \times$$

# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = 512 \times \quad \times \quad \times$$

# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = 512 \times 18 \times \quad \times$$

# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = 512 \times 18 \times 80 \times$$



# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = 512 \times 18 \times 80 \times 2$$

# Discos duros

## Capacidad

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{bytes}}{\text{sector}} \times \frac{\text{sectores}}{\text{pista}} \times \frac{\text{pistas}}{\text{superficie}} \times \frac{\text{superficie}}{\text{dispositivo}}$$

## Ejemplo

¿Cuál es la capacidad de un disco con 2 superficies, 18 sectores por pista y 80 pistas por superficie? Cada sector almacena 512 bytes.

$$\text{Capacidad} = 512 \times 18 \times 80 \times 2 = 1\,474\,560 \text{ bytes} = 1.41 \text{ MiB}$$

# Discos duros

## Tiempo de acceso

Tiempo para leer o escribir un sector

Tiempo de acceso = Tiempo de búsqueda + Latencia + Tiempo de transferencia

## Tiempo de búsqueda

Situar la cabeza sobre la pista

## Latencia

Cabeza se sitúa sobre el sector

- estimación  $\Rightarrow$  mitad del tiempo de rotación

## Tiempo de transferencia

El sector pasa debajo de la cabeza

# Discos duros

## Tiempo de acceso

Tiempo para leer o escribir un sector

Tiempo de acceso = Tiempo de búsqueda + Latencia + Tiempo de transferencia

## Tiempo de búsqueda

Situar la cabeza sobre la pista

## Latencia

Cabeza se sitúa sobre el sector

- estimación  $\Rightarrow$  mitad del tiempo de rotación

## Tiempo de transferencia

El sector pasa debajo de la cabeza



# Discos duros

## Tiempo de acceso

Tiempo para leer o escribir un sector

Tiempo de acceso = Tiempo de búsqueda + Latencia + Tiempo de transferencia

## Tiempo de búsqueda

Situar la cabeza sobre la pista

## Latencia

Cabeza se sitúa sobre el sector

- estimación  $\Rightarrow$  mitad del tiempo de rotación

## Tiempo de transferencia

El sector pasa debajo de la cabeza



# Discos duros

## Tiempo de acceso

Tiempo para leer o escribir un sector

Tiempo de acceso = Tiempo de búsqueda + Latencia + Tiempo de transferencia

## Tiempo de búsqueda

Situar la cabeza sobre la pista

## Latencia

Cabeza se sitúa sobre el sector

- estimación  $\Rightarrow$  mitad del tiempo de rotación

## Tiempo de transferencia

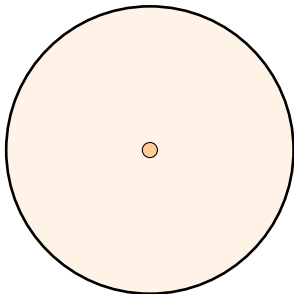
El sector pasa debajo de la cabeza



# Discos duros

## Densidad de almacenamiento

Basada en dimensiones y capacidad



Pistas por pulgada

densidad radial

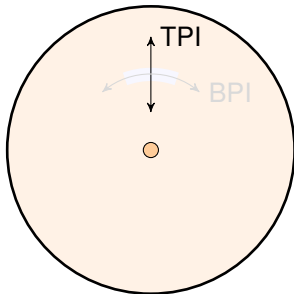
Bits por pulgada

densidad longitudinal

# Discos duros

## Densidad de almacenamiento

Basada en dimensiones y capacidad



Pistas por pulgada

densidad radial

Bits por pulgada

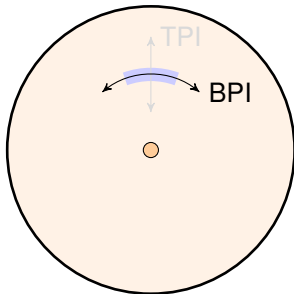
densidad longitudinal



# Discos duros

## Densidad de almacenamiento

Basada en dimensiones y capacidad



Pistas por pulgada

densidad radial

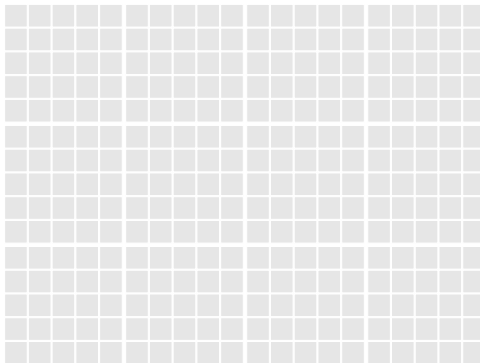
Bits por pulgada

densidad longitudinal

# Dispositivos de Estado Solido (SSD)

## Organización

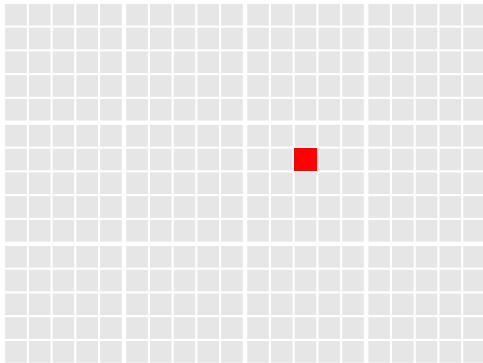
- Celda: unidad mínima de información
- Página: unidad mínima de lectura/escritura (programada)
- Bloque: unidad mínima eliminable



# Dispositivos de Estado Solido (SSD)

## Organización

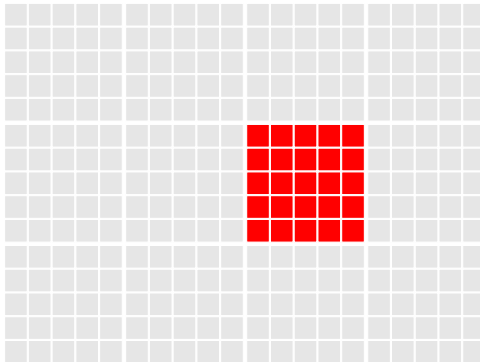
- Celda: unidad mínima de información
- Página: unidad mínima de lectura/escritura (programada)
- Bloque: unidad mínima eliminable



# Dispositivos de Estado Solido (SSD)

## Organización

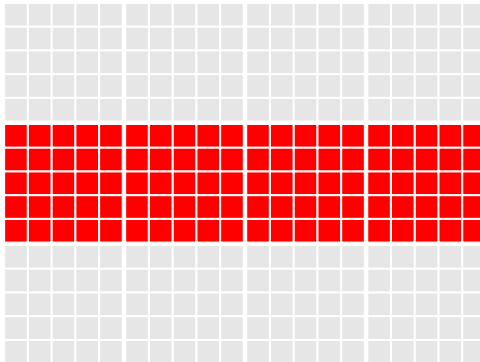
- Celda: unidad mínima de información
- Página: unidad mínima de lectura/escritura (programada)
- Bloque: unidad mínima eliminable



# Dispositivos de Estado Solido (SSD)

## Organización

- Celda: unidad mínima de información
- Página: unidad mínima de lectura/escritura (programada)
- Bloque: unidad mínima eliminable



# HDD vs. SSD

	HDD	SSD
Velocidad		✓
Ruido		✓
Tamaño		✓
Ambientes hostiles		✓
Densidad	✓	
Coste por GiB	✓	
Tiempo de vida	✓	

# Índice

- 1 El sistema de entrada/salida
- 2 El sistema de interconexión
- 3 Periféricos
- 4 Virtualización de E/S

# Virtualización de E/S

## Objetivo

- Acceso de varios Sistemas Operativos virtualizados.

## Tipos

- Virtualización de E/S basado en software
- Virtualización de E/S asistida por hardware



# Virtualización de E/S

## Objetivo

- Acceso de varios Sistemas Operativos virtualizados.

## Tipos

- Virtualización de E/S basado en software
- Virtualización de E/S asistida por hardware

# Virtualización de E/S basado en software

## Emulación de dispositivos

El Monitor (VMM) proporciona una interfaz virtual al Sistema Operativo virtualizado.

- Driver de dispositivos físicos
- Técnica Trap-and-emulate
- El Monitor captura las operaciones en la interfaz virtual.
- El Monitor envía las operaciones a la interfaz física.
- Bajo rendimiento.

## Paravirtualización

El Monitor (VMM) proporciona una interfaz paravirtualizada al Sistema Operativo virtualizado.

- Mejor coordinación con el Monitor
- Mejora el rendimiento de la emulación.
- Driver específicos



# Virtualización de E/S basado en software

## Emulación de dispositivos

El Monitor (VMM) proporciona una interfaz virtual al Sistema Operativo virtualizado.

- Driver de dispositivos físicos
- Técnica Trap-and-emulate
- El Monitor captura las operaciones en la interfaz virtual.
- El Monitor envía las operaciones a la interfaz física.
- Bajo rendimiento.

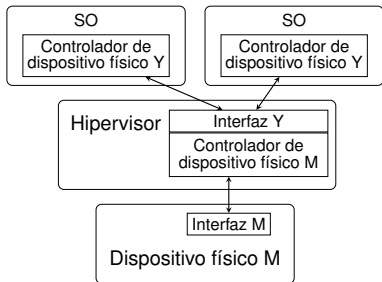
## Paravirtualización

El Monitor (VMM) proporciona una interfaz paravirtualizada al Sistema Operativo virtualizado.

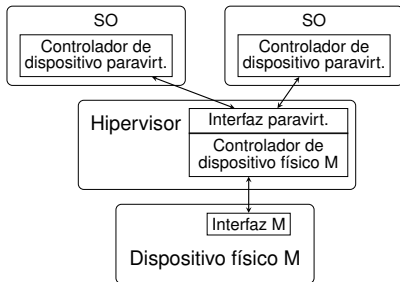
- Mejor coordinación con el Monitor
- Mejora el rendimiento de la emulación.
- Driver específicos



# Virtualización de E/S basado en software



Emulación de dispositivo



Paravirtualización de dispositivo

# Virtualización asistida por hardware

## Passthrough de dispositivo

Interfaz asignada a una VM

- Mejor rendimiento
- Solo una máquina virtual
- Driver soportado solo por el SO invitado

## Compartición de dispositivos

El dispositivo expone multiples interfaces

- Una interfaz se asigna a una máquina virtual
- PCIe Single Root I/O Virtualization (SR-IOV)

# Virtualización asistida por hardware

## Passthrough de dispositivo

Interfaz asignada a una VM

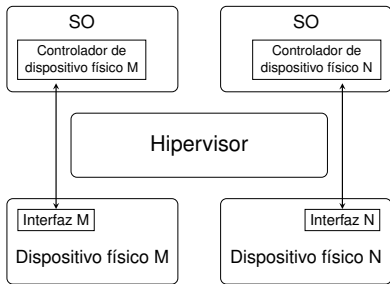
- Mejor rendimiento
- Solo una máquina virtual
- Driver soportado solo por el SO invitado

## Compartición de dispositivos

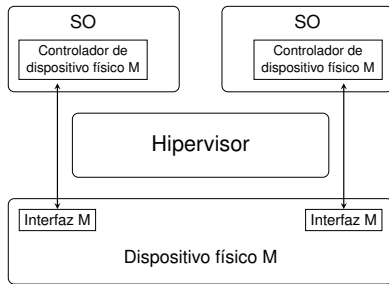
El dispositivo expone multiples interfaces

- Una interfaz se asigna a una máquina virtual
- PCIe Single Root I/O Virtualization (SR-IOV)

# Virtualización de E/S asistida por Hardware



Asignación de dispositivo (*passthrough*)



Compartición de dispositivo

# Virtualización de E/S asistida por Hardware

## Problemas

- SO invitado DMA con direcciones físicas de invitado (GPA)
- Dispositivo opera con direcciones físicas de anfitrión (HPA)

