

# MÓDULO 2

## Buses de interconexión (8T)

---

- ❑ Módulo2-Tema1: Conceptos básicos en buses
- ❑ Módulo2-Tema2: Buses del sistema dentro de un mismo equipo
- ❑ Módulo2-Tema3: Buses de comunicación entre equipos: Interfaces Externas

# M2-TEMA 1: Conceptos Básicos en Buses

---

☐ **Introducción**

☐ **Aspectos constructivos**

☐ **Clasificación**

# Introducción...

---

## Preguntas previas....

### ❑ ¿Qué es un BUS?

- Concepto intuitivo de Bus
- ¿conexión? ¿red?

### ❑ ¿Qué buses conocemos a estas alturas de la Carrera del GII?

- Bus de Datos
- Bus de Instrucciones
- Bus de Direcciones
- ....

### ❑ ¿Para que vale un bus? ¿Son necesarios los buses? ¿Existen otras alternativas?

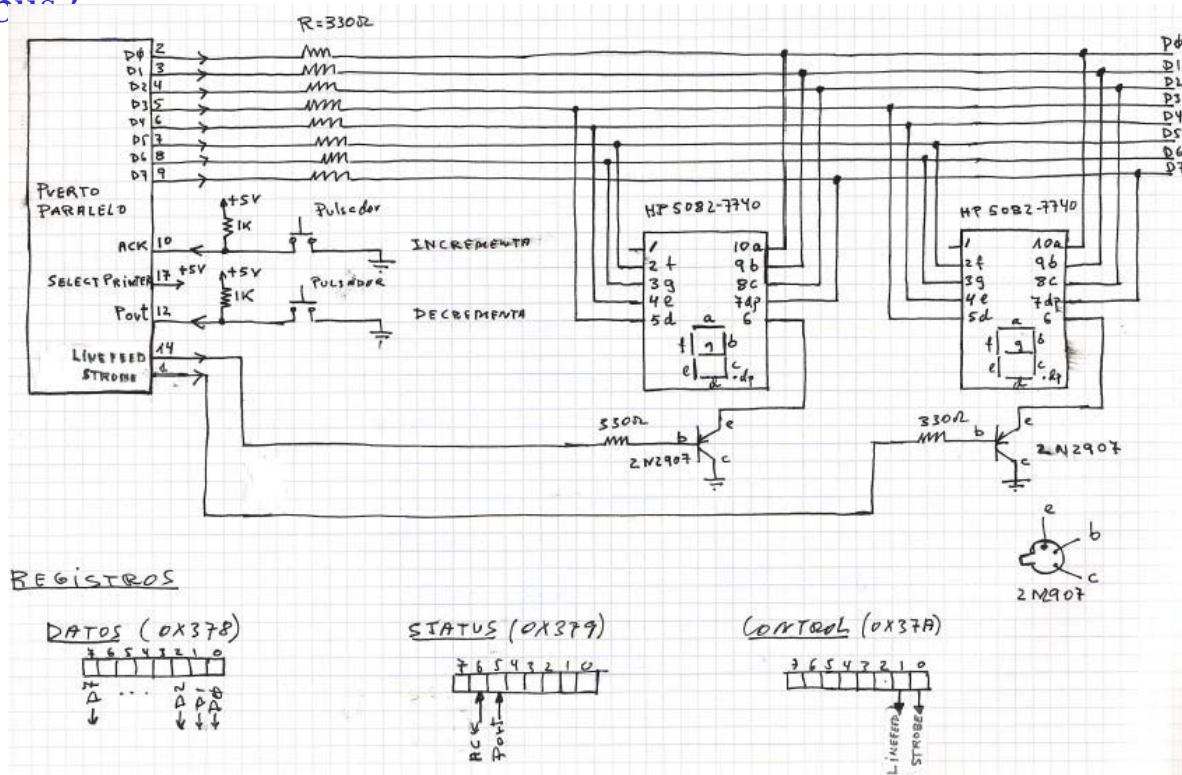
- Comunicación

# Introducción...

## + Preguntas previas....

### □ ¿Cómo está construido un bus? ¿Va a construir usted un bus?

- Conjunto de Cables...
- Práctica 2 (2012)... ¿Hay un bus?

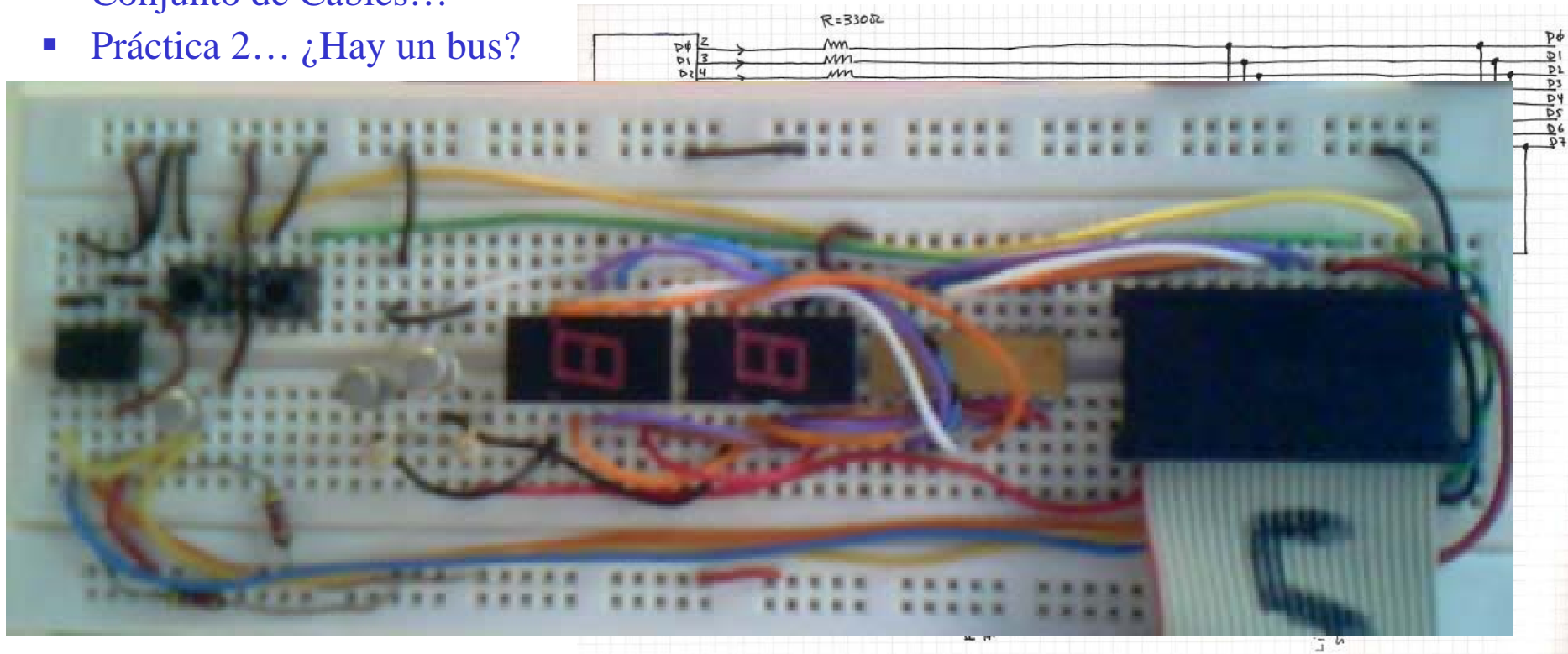


# Introducción...

## + Preguntas previas....

### □ ¿Cómo está construido un bus? ¿Va a construir usted un bus?

- Conjunto de Cables...
- Práctica 2... ¿Hay un bus?



# Introducción...



---

## + Preguntas previas....

### ❑ ¿Cómo está construido un bus? ¿ Va a construir usted un bus?

- Conjunto de Cables...
- Práctica 1... ¿Hay un bus?
- ¿Solo hay buses contruidos con cables? ¿problemas? ¿limitaciones?
- ... hay que estudiar conceptos básicos de construcción de buses

### ❑ ¿Cuál es el bus mas cercano y popular para el usuario corriente?

- USB (Universal Serial **Bus**) ... ¿es un bus o una conexión?
- HDMI ... ¿es un bus?; DVI ... ¿es un bus o una conexión? ¿Euroconector, VGA...?
- PCI ¿?... PCI express ¿?... AGP... ¿?
- IDE-ATA ¿?; EIDE-SATA ¿?; SCSI ¿?
- Firewire,  bluetooth  etc...

FireWire

### ❑ ¿Por qué tantos estándares distintos?

# Introducción... (repaso): La E/S en el computador

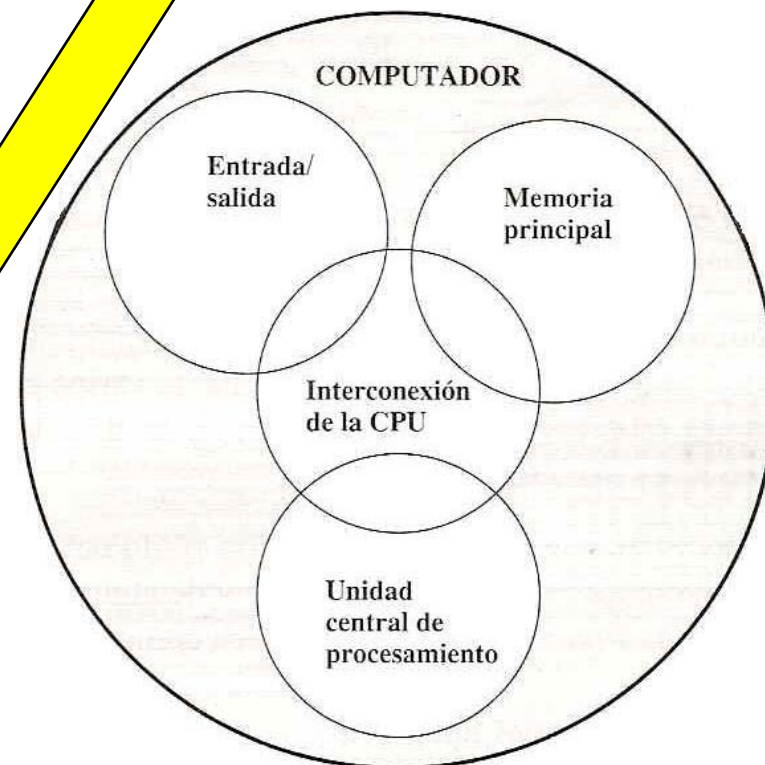
## ❑ Componentes básicos de la Arquitectura de Programa Almacenado (Von-Neumann)

- Unidad Central de Proceso (CPU)
  - Unidad de control + registros + unidades funcionales
  - Función: Ejecuta las instrucciones
- Memoria
  - Almacenamiento de instrucciones y datos
- Sistema de entrada/salida
  - Interfaz con el exterior. Permite intercambio de información con dispositivos externos.

## ❑ Sistema de interconexión de los componentes

- Bus compartido, constituido por un conjunto de líneas de transmisión.
- Jerarquía de buses para mejorar el nivel de prestaciones.

### Objetivo de este Módulo

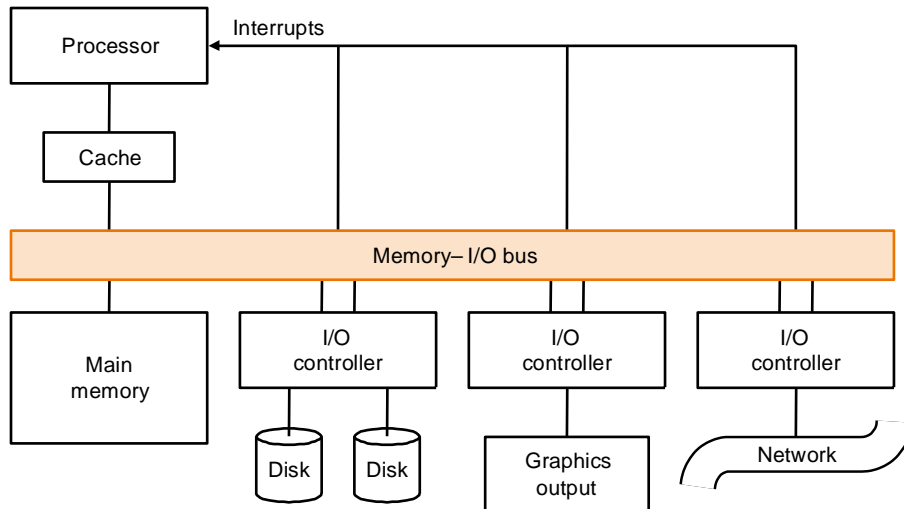


# Introducción... (repaso): Conexión entre dispositivos de E/S, procesador y memoria

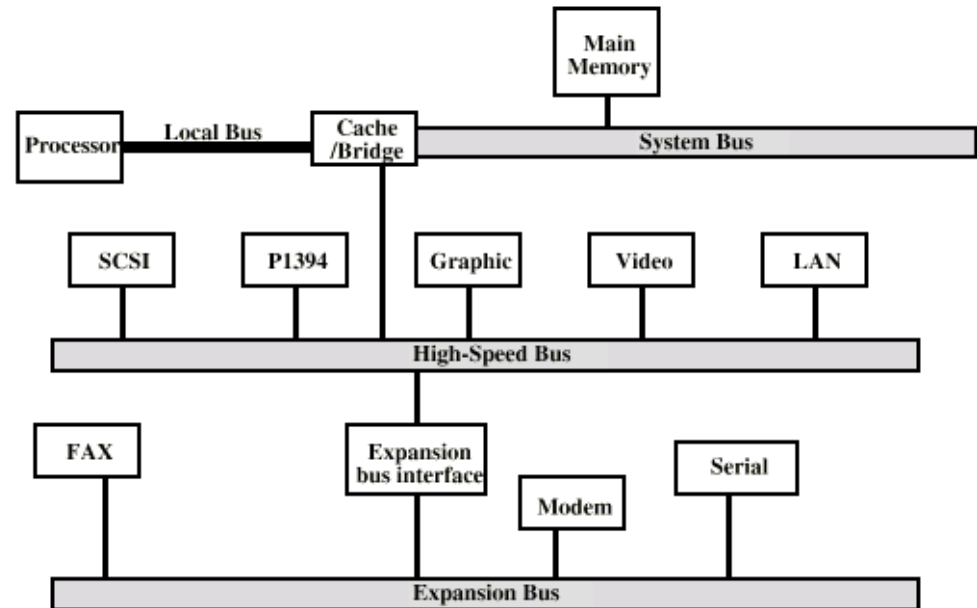
## ❑ Interconexión de los componentes

- Conexión a través de buses
- **Bus:** Canal de comunicación compartido, que utiliza un conjunto de cables o vías de comunicación para conectar múltiples subsistemas.
- Múltiples buses organizados jerárquicamente para mejorar las prestaciones

### Bus compartido

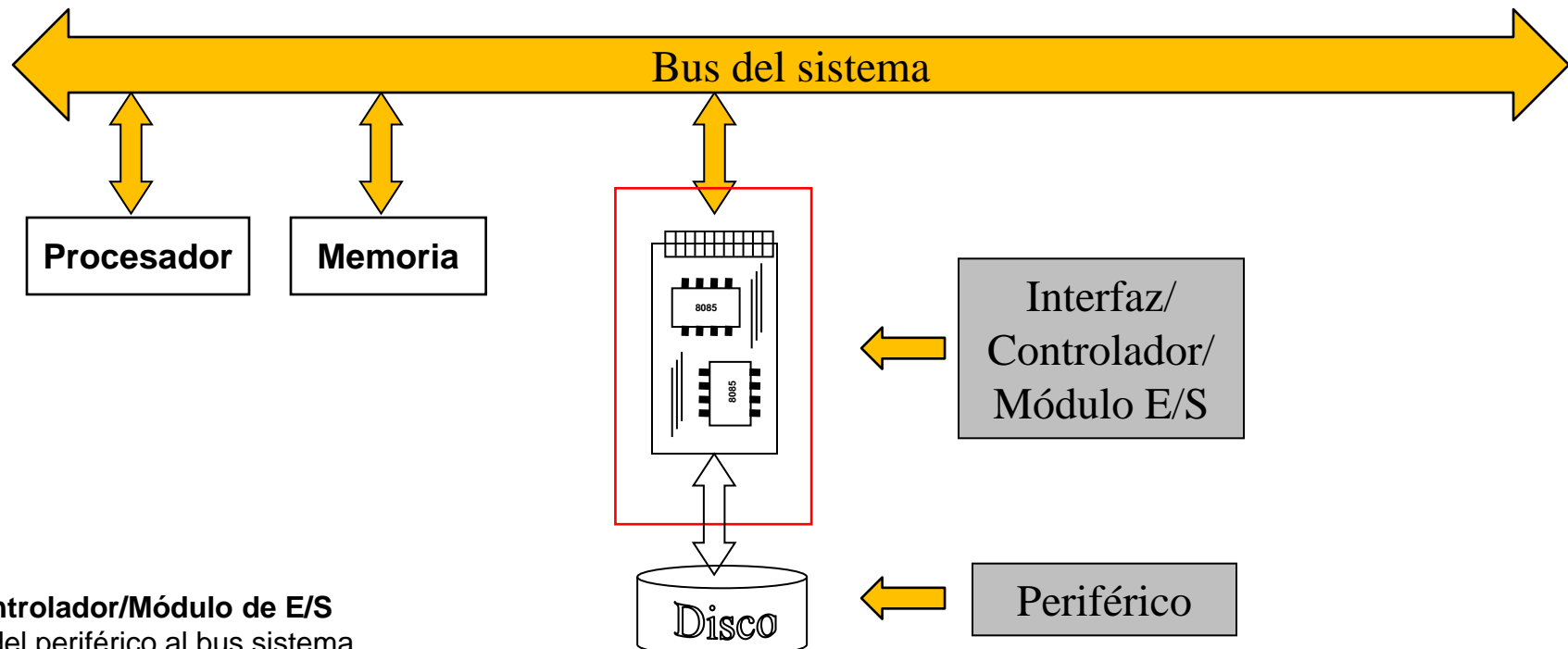


### Jerarquía de buses





# Introducción... (repaso): Esquema general



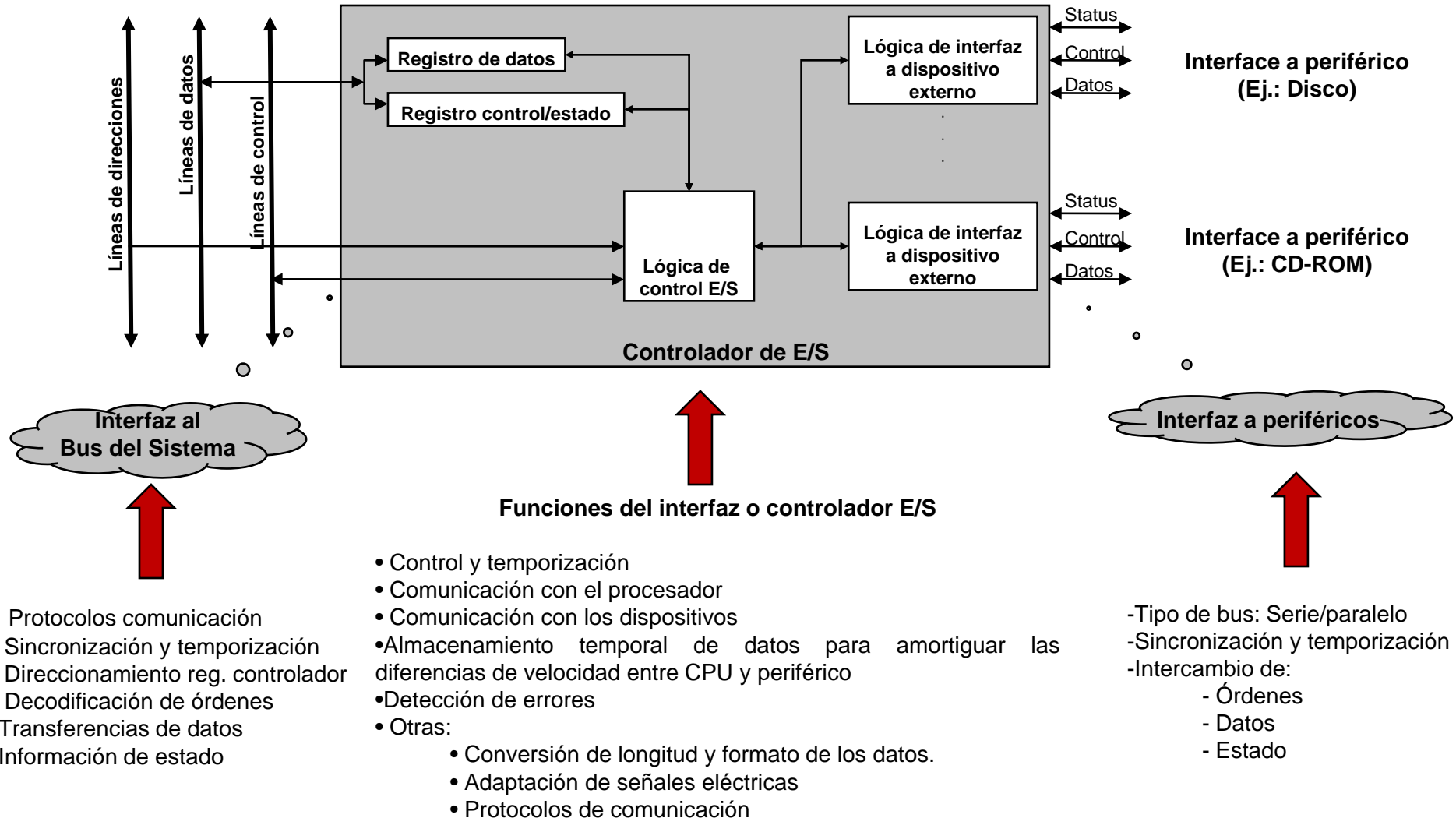
## Interfaz/Controlador/Módulo de E/S

- Conexión del periférico al bus sistema
- Reconoce y genera direcciones
- Programador: Visible como un conjunto de registros
  - Controlador → procesador de E/S
- Complejidad variable según prestaciones del computador
- Permite conjuntamente con el Sistema Operativo una visión simplificada del periférico

## • Una operación de E/S consiste en:

- Comprobar si el dispositivo está listo (leer registro de estado)
- Enviar parámetros de la operación (registro de control)
- Transferir el dato (registro de datos)
- Terminación (registro de control/estado)

# Introducción... (repaso): Arquitectura y estructura de un interfaz de E/S



# M2-TEMA 1: Conceptos Básicos en Buses

---

## ☐ Introducción

## ☐ Aspectos constructivos

## ☐ Clasificación

# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

## ❑ El caso más común es un conjunto de conexiones eléctricas

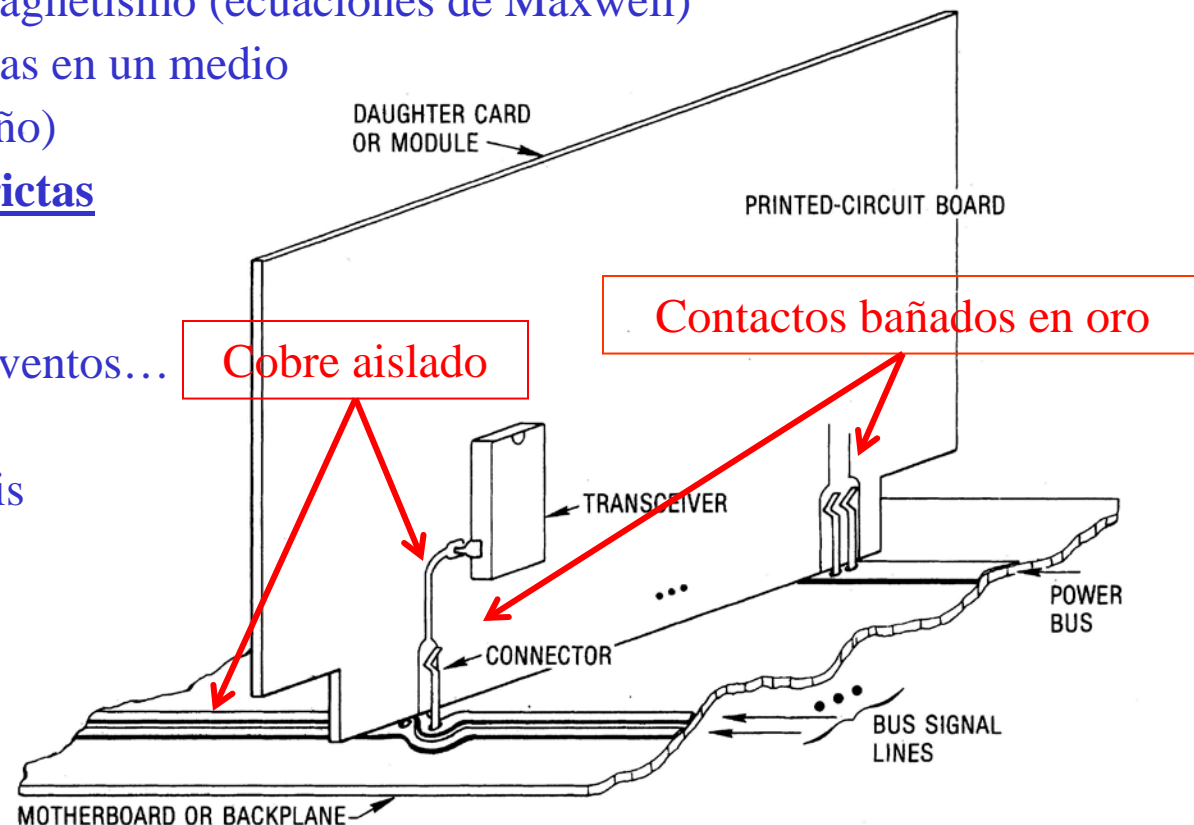
- Hilos de cobre (oro, aluminio...) con soldaduras, conectores y contactos agrupado en placas de circuito impreso, cintas de cable, ...etc.
- Campo de la Física: electromagnetismo (ecuaciones de Maxwell)
- Física de propagación de ondas en un medio
- Efectos muy complejos (diseño)
- Especificaciones de uso estrictas

## ❑ Tipo de conexiones:

- Datos, direcciones, control, eventos...
- Energía: alimentación
- Común, tierra (ground), chasis

## ❑ Problemas:

- Calidad contactos
- Rigidez mecánica
- Corrosión, ruido inducido
- Resistencia... etc



# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

---

## ❑ Método de conexión:

- ¿Hay que apagar para conectar?
- ¿Conexión en caliente? – “Hot-plug”, “live-insertion”
- ¿Independiente de la posición? v.s. ¿dependiente de la posición?
- Numero máximo de elementos (tarjetas)

## ❑ Especificaciones mecánica:

- Tamaño único, formatos variables (ancho\*alto), guías, conectores.
- Grosor único, doble, ....
- Altura máxima de los componentes, presencia de conectores

## ❑ Especificaciones eléctricas :

- Consumo de energía, carga de línea, tipo de acoplamiento, terminadores de línea...
- Necesidad de ventilación
- Calidad de energía (variabilidad, inmunidad a ruido...)
- Protocolo de apagado, encendido, reset, estados particulares
- Fallos de alimentación, alimentación de emergencia, backup, standby...

# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

---

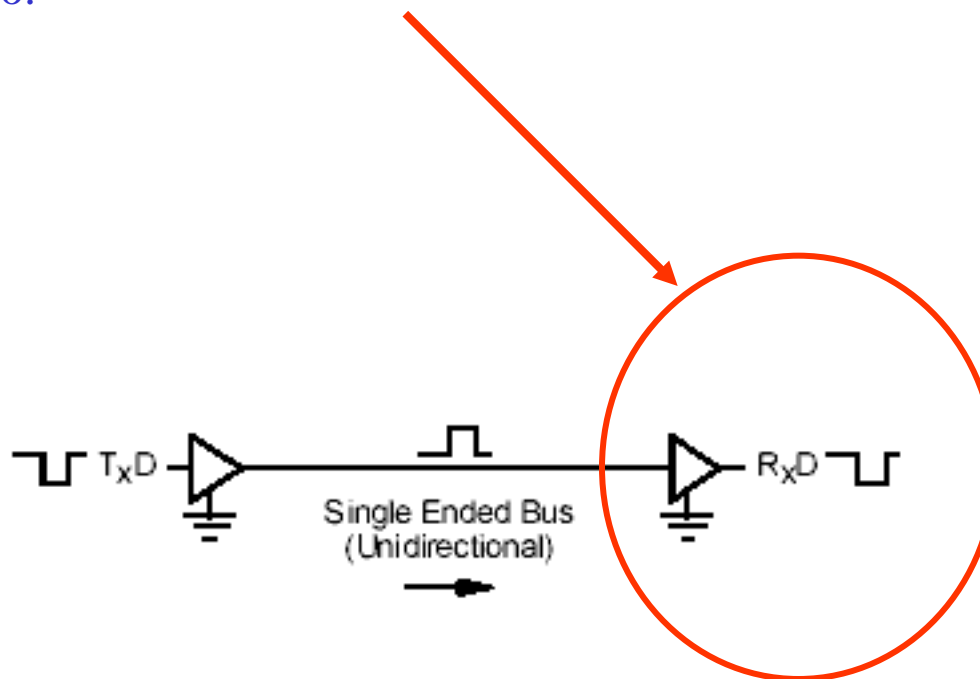
## □ Transmisión de señales en el bus (Ejemplo conceptualmente simple)

- Todos los dispositivos conectan eléctricamente cada una de sus señales en el bus.
- Cuando un “máster de bus” pone un voltaje en una señal, aparece en todos los dispositivos receptores conectados
- Para “enviar señales” el “máster” simplemente sitúa el voltaje apropiado durante el tiempo necesario
- La realidad es más compleja: hay que conocer los detalles de los “driver” de salida hacia los terminales del bus y de los receptores de entrada de las señales procedentes del bus

# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

## □ Transmisión de señales: Bus receivers

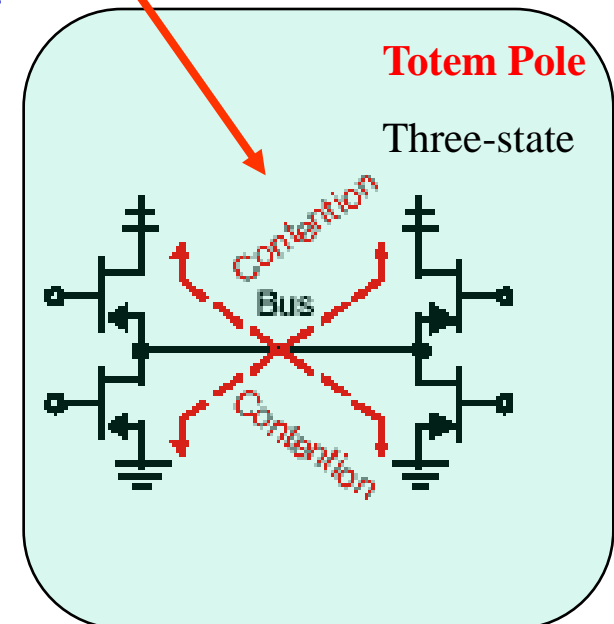
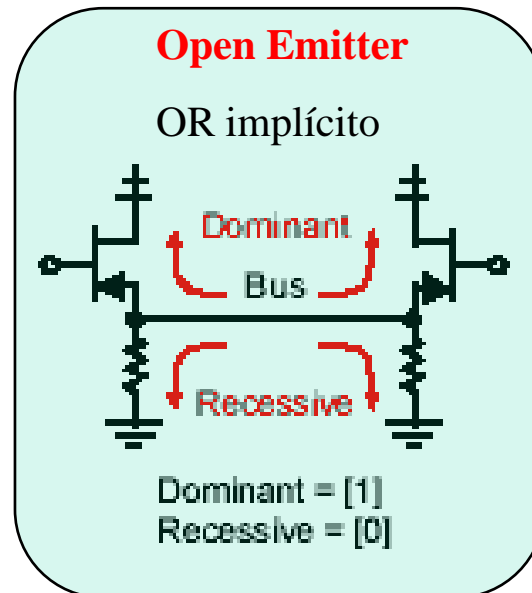
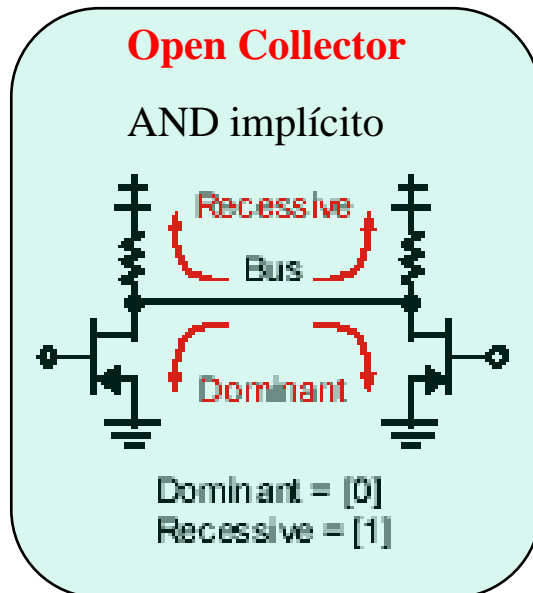
- A partir de la señal presente en el bus, genera el nivel lógico estándar (0 o 1) para el uso del dispositivo.



# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

## □ Transmisión de señales: Bus drivers

- Es capaz de poner un valor activo de señal en el bus (0 o 1)
- Sus valores de salida, en el caso mas general, pueden ser “alto” (high), bajo (low) o “desconectado”- “alta impedancia” (off – three-state)
- Si hay mas de un “master” debe existir un “arbitro”
  - Los errores pueden causar conflictos y daños potenciales en el bus (sobre-corriente, voltaje indeterminado, ruido eléctrico y deterioro prematuro)
- Hay distintas alternativas según el tipo de línea del bus:

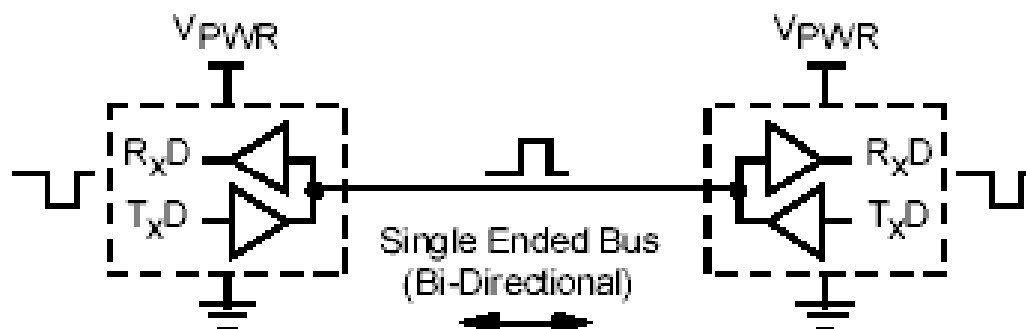




# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

## □ Transmisión de señales: Bus transceivers

- Puede funcionar alternativamente como “driver” y como “receiver”
- Es necesario “señales de control” que especifiquen la dirección en cada extremo



# Aspectos Constructivos: ¿Cómo funciona un bus?

## ❑ Mecanismos de propagación de señales: líneas de transmisión

- La relación entre voltaje e intensidad de corriente depende de la **impedancia característica** ( $Z_0$ ), que depende de la autoinducción y la capacidad por unidad de longitud es:

$$Z_0 = \sqrt{L_0 / C_0}$$

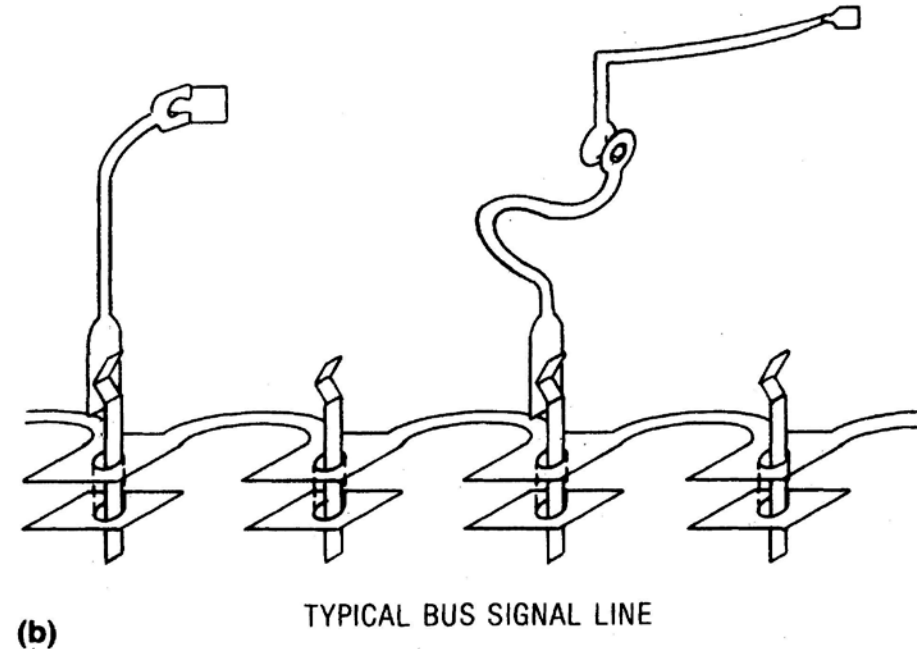
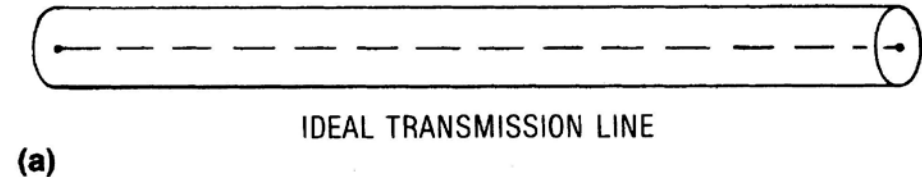
- La **Velocidad de Propagación** depende de la constante dieléctrica efectiva del bus. El **retraso por unidad de longitud** es:

$$T_{pd} = \sqrt{L_0 * C_0}$$

a) línea de transmisión ideal: principios físicos fácilmente estudiables

b) Aspecto real de las rutas en los buses y tarjetas

- Difícil de diseñar y de calcular los límites
- Para señales rápidas → Alternar señales con “tierra”, pares trenzados, etc
- Normas de uso y especificaciones que garanticen los márgenes de funcionamiento





# M2-TEMA 1: Conceptos Básicos en Buses

---

☐ **Introducción**

☐ **Aspectos constructivos**

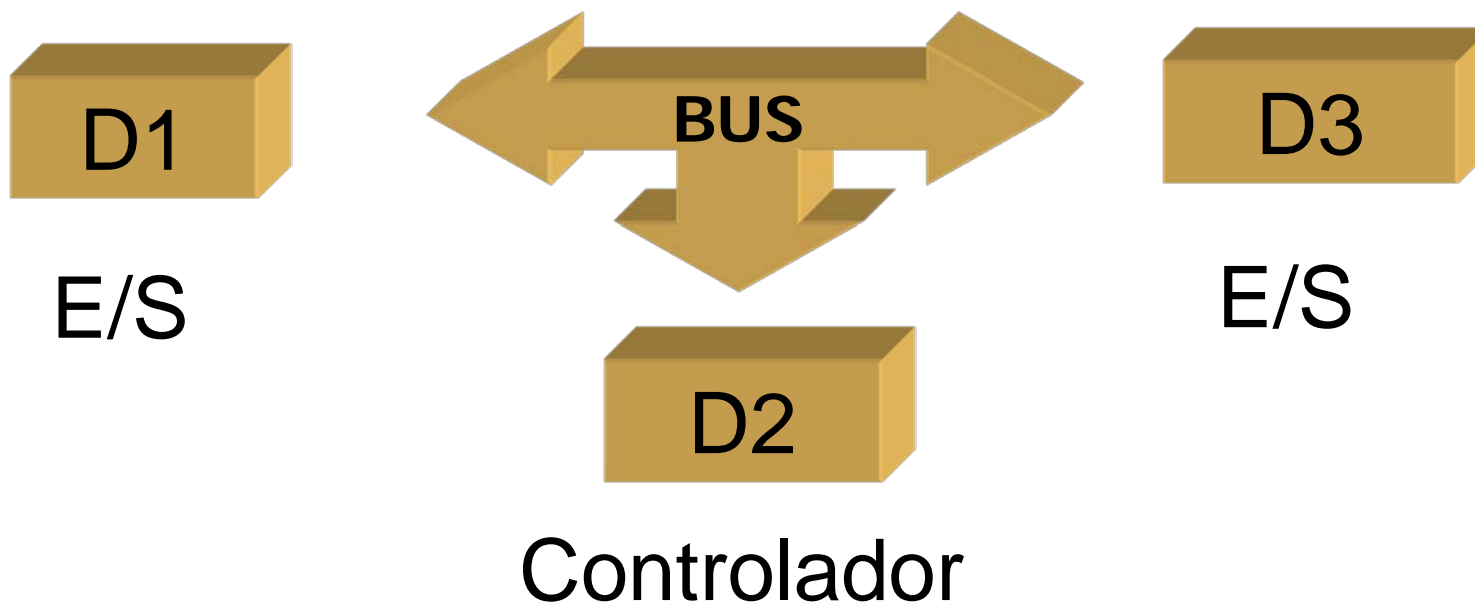
☐ **Clasificación**



## Buses de comunicación - clasificación

---

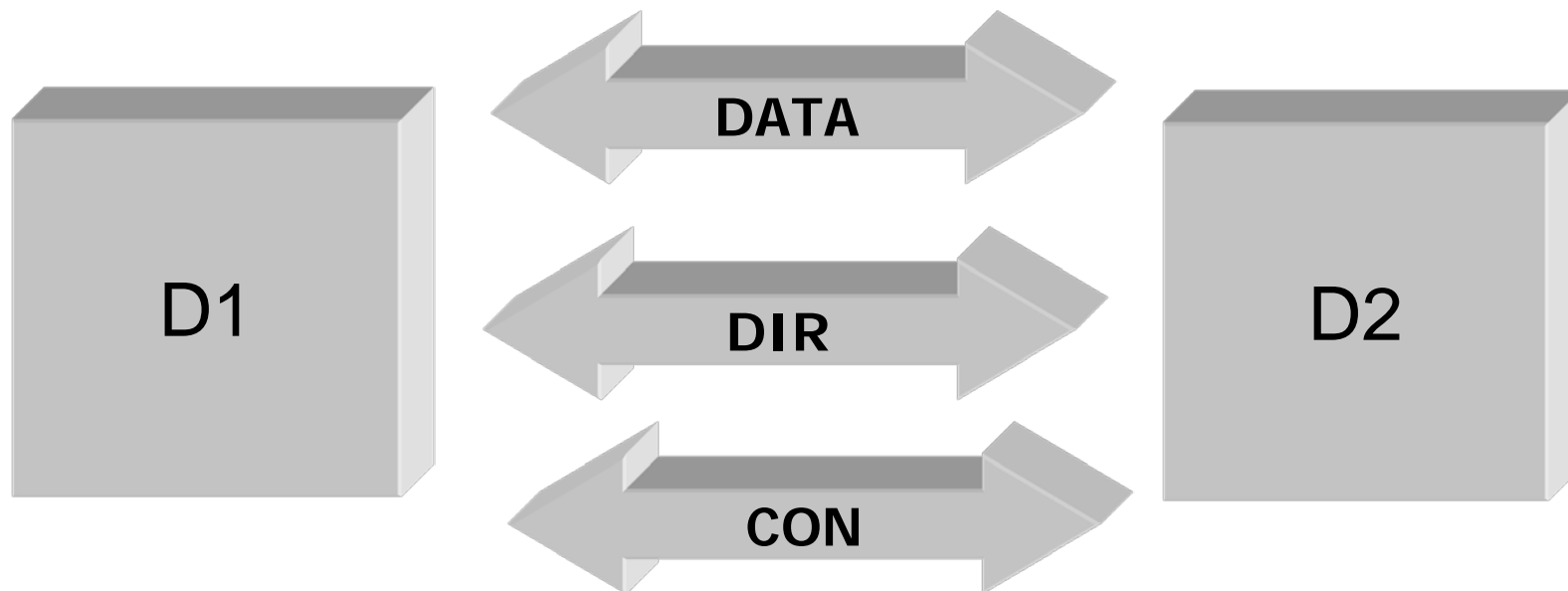
Un **bus** es un camino de comunicación entre dos o más dispositivos. Se caracteriza esencialmente por ser un **medio de comunicación compartido**.



# Elementos básicos de un bus - clasificación

---

- Líneas de **datos**
- Líneas de **dirección**
- Líneas de **control**  
Líneas de arbitraje (multimaestro)



# Clasificación de buses

---

- **Tipo de líneas**

- **Dedicadas** Ejemplo: CLK, RST#
- **Multiplexadas** (con diversos usos)  
Ejemplo: AD[31:0]

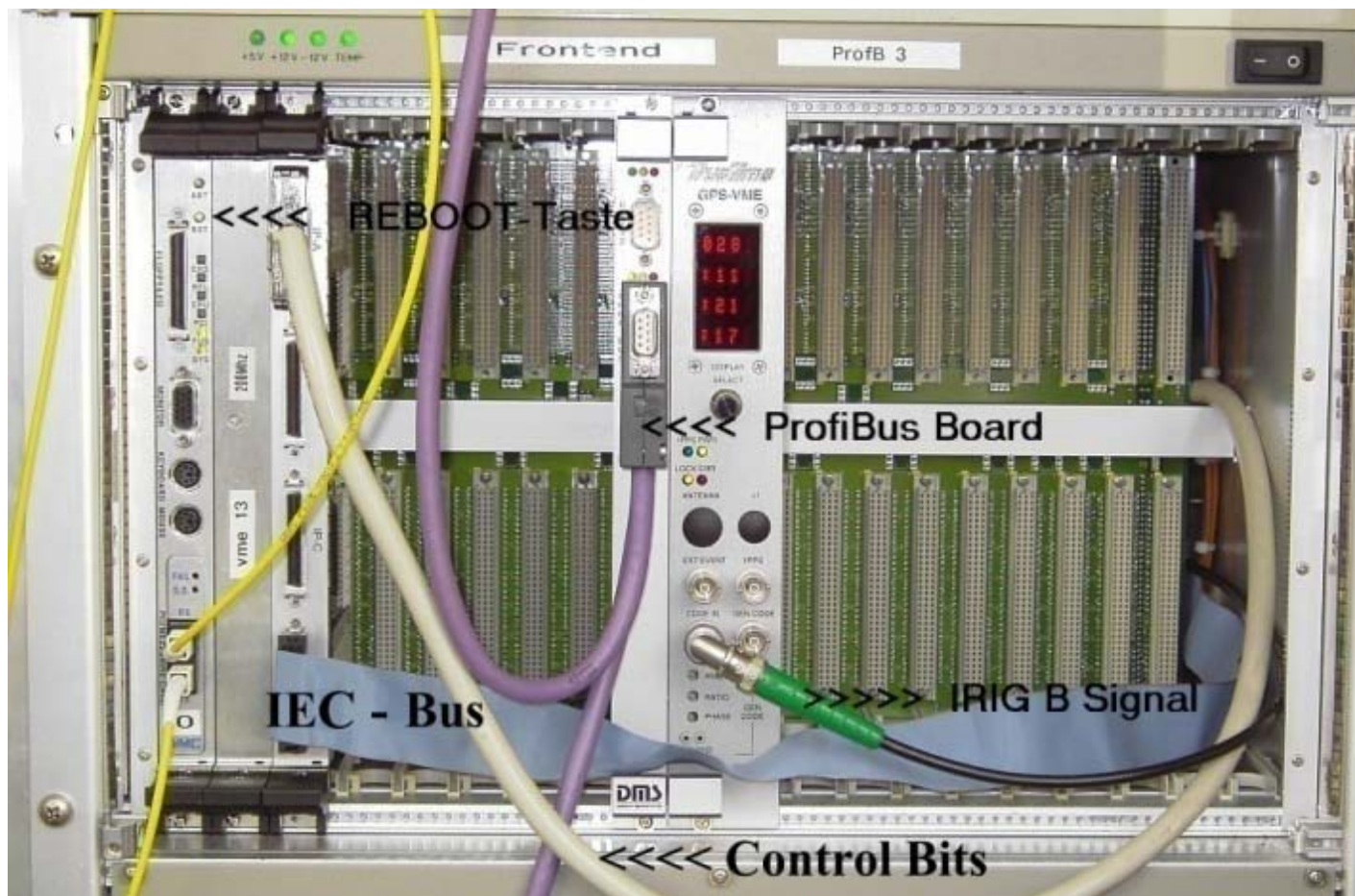
- **Método de arbitraje** (maestro-esclavo)

- **Centralizado** Ejemplo: ISA - PCI
- **Distribuido** Ejemplo: I2C

Nota. Bus Master: dispositivos capaces de tomar el control del bus

## Clasificación de buses

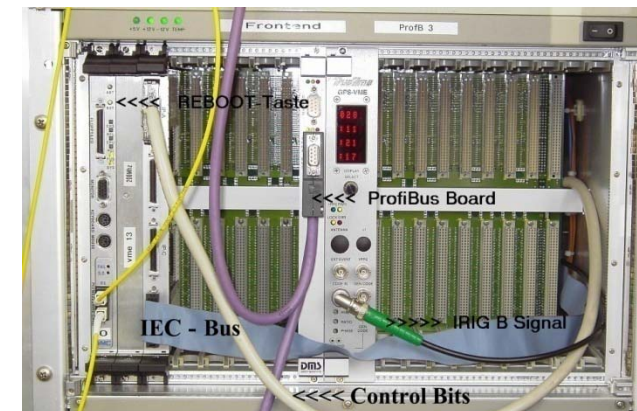
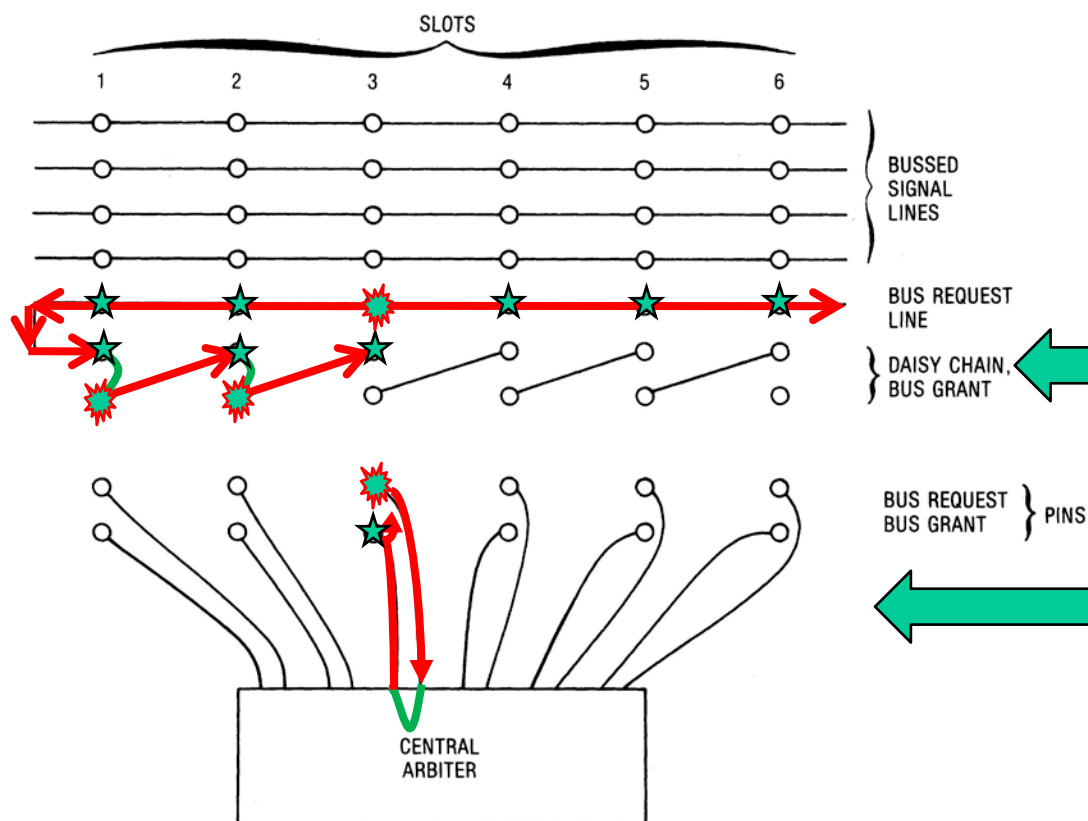
### Ejemplo de método de arbitraje





# Clasificación de buses

## Ejemplo de método de arbitraje



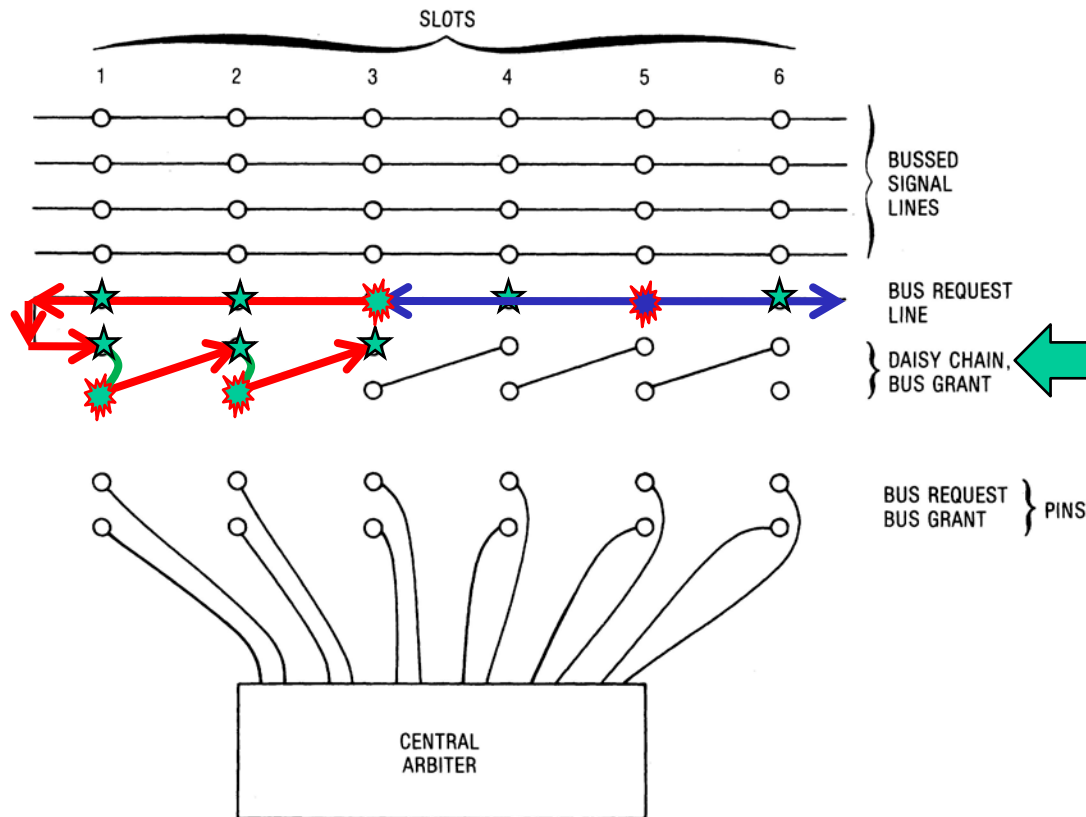
**Arbitrio mediante prioridad posicional por "Daisy-chain"**

**Arbitrio mediante control central**

## Clasificación de buses

### Ejemplo de método de arbitraje

### Petición múltiple Slots 3 y 5

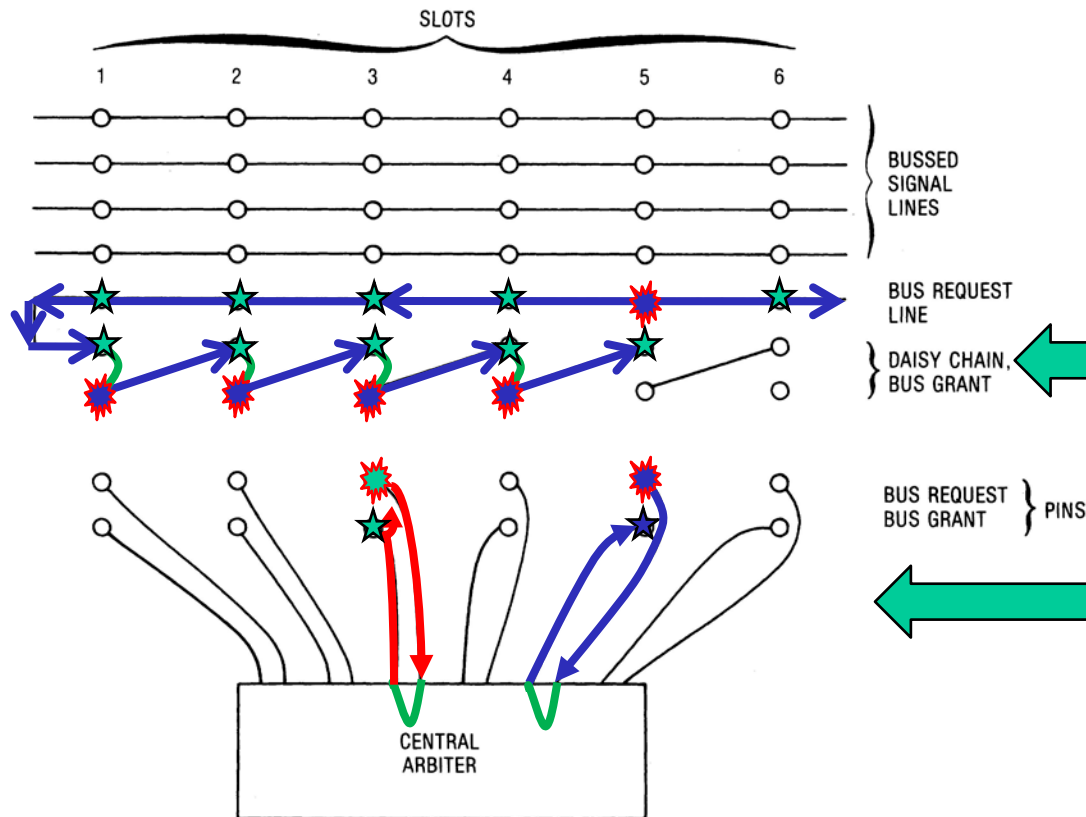


Arbitrio mediante prioridad posicional por "Daisy-chain"

# Clasificación de buses

## Ejemplo de método de arbitraje

### Petición múltiple Slots 3 servido



**Arbitrio mediante prioridad posicional por "Daisy-chain"**

**Arbitrio mediante control central**

# Método de arbitraje; Conclusiones:

---

## ❑ Daisy chain pros:

- Implementación muy sencilla

## ❑ Daisy Chain contras:

- Prioridad fija en función de la posición (no puede variar)
- Hay que asegurar la continuidad del bus. No pueden dejarse “huecos”

## ❑ Control Central pros:

- Independiente de posición en bus
- Posible establecer políticas distintas y variables (dinámicas)

## ❑ Control Central contras:

- Hardware más complejo
- Construcción del bus más complicadas (mas líneas y mas irregulares)

# Clasificación de buses

---

## Según el tipo de sincronismo:

- **Buses síncronos**
- **Buses asíncronos**

# Clasificación de buses

---

## Según el tipo de sincronismo:

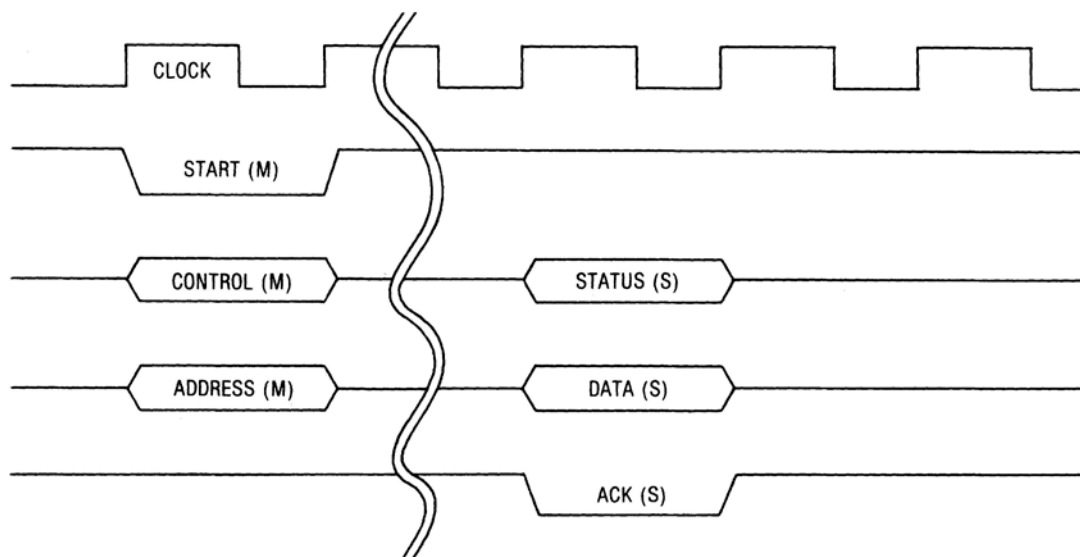
### • Buses síncronos

- Cuando la temporización de la transferencia de datos es fija.
- La **temporización** de la transferencia está **fijada por el reloj del maestro o del bus** según el caso.
- Si existe la posibilidad de que el dispositivo esclavo introduzca ciclos de espera → Buses semisíncronos.

# Clasificación de buses

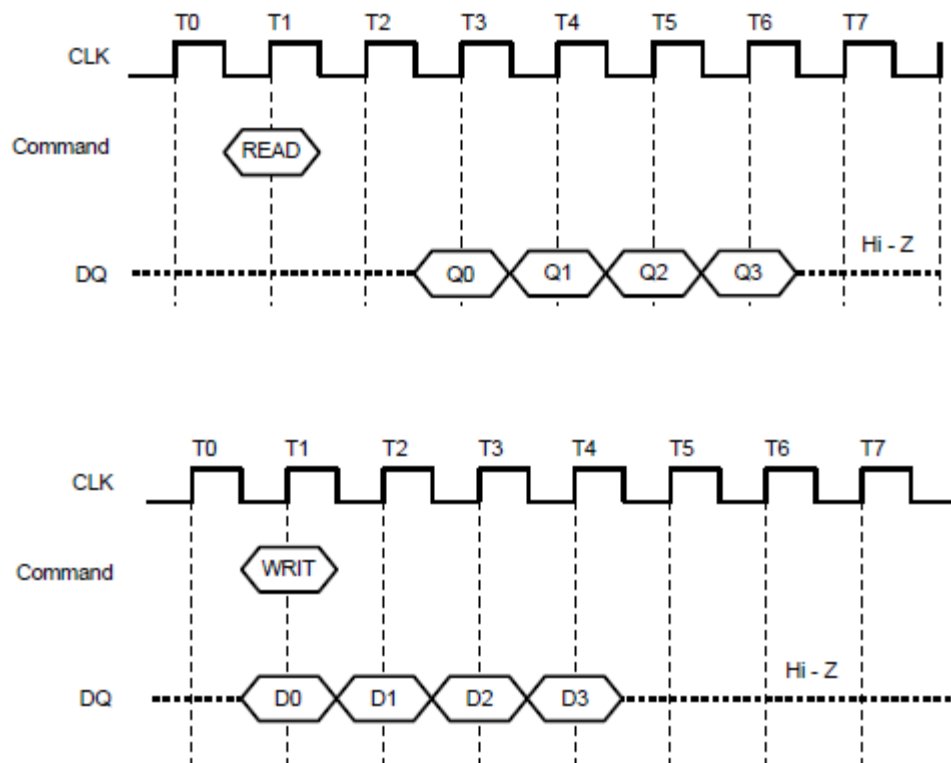
## Según el tipo de sincronismo:

- Buses síncronos

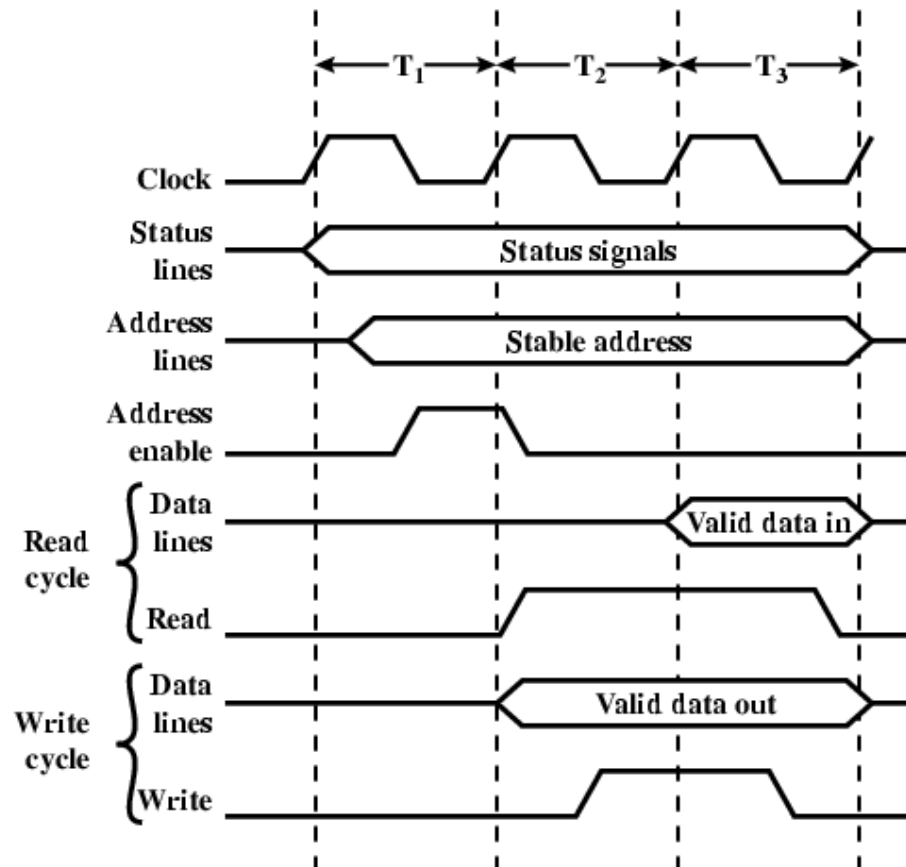


## ... (repaso): Protocolo síncrono

### Memoria SDRAM



### Protocolo síncrono





# Clasificación de buses

---

## Según el tipo de sincronismo:

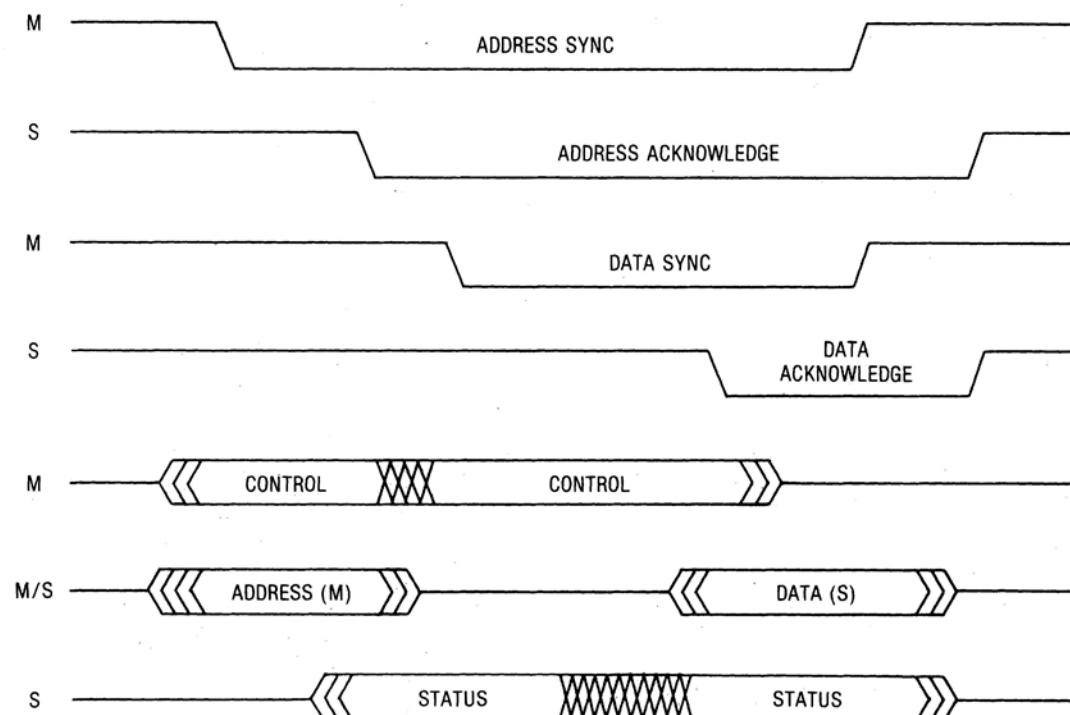
- **Buses asíncronos**

- Cuando la temporización de transferencia se ajusta al dispositivo a controlar → se hace necesario señales de **Handshake**.
- **Auto-temporizados** (self-timing): muy útil cuando hay dispositivos de distintas velocidades o de tiempos de respuesta variables

# Clasificación de buses

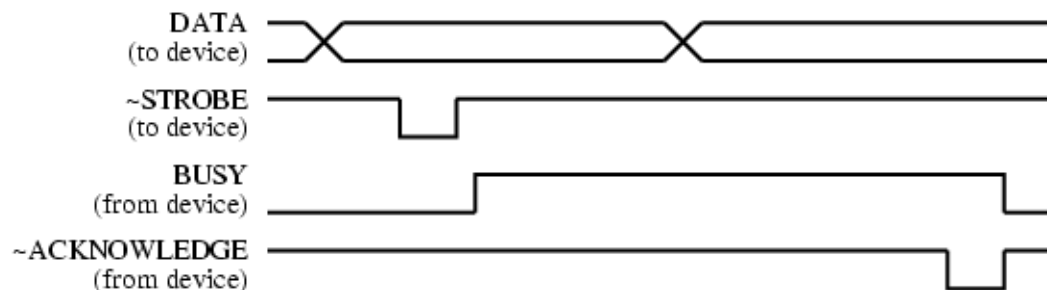
## Según el tipo de sincronismo:

- Buses asíncronos

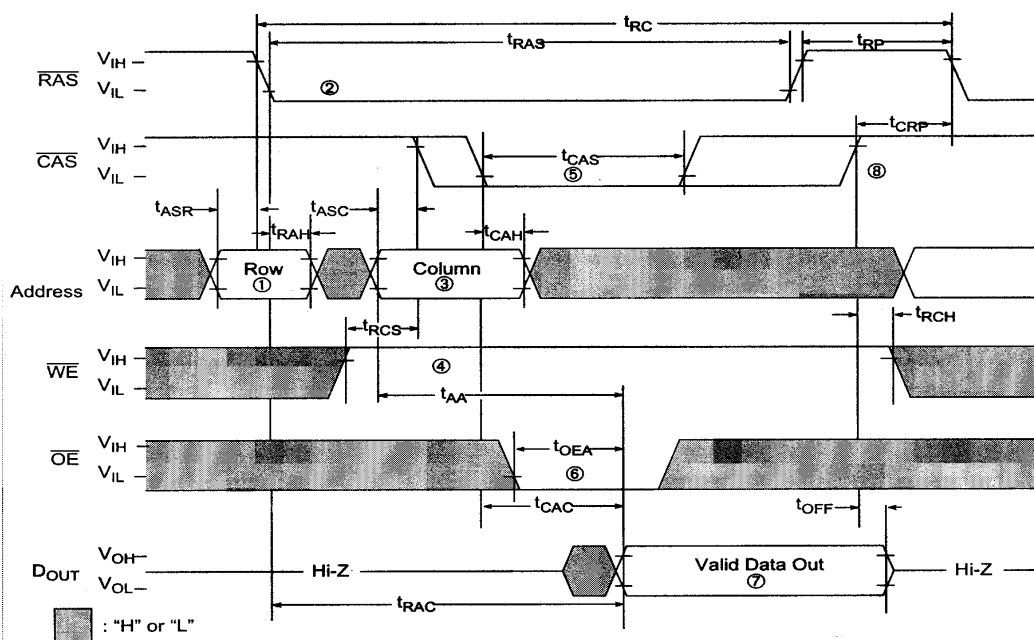


## ... (repaso): Protocolo asíncrono

### Puerto paralelo: Interfaz Centronics



### RAM dinámica



# Buses síncronos y asíncronos

---

## □ Bus síncrono

- Incluye un reloj en las líneas de control
- Protocolo fijo para las comunicaciones relativo al reloj
- Ventaja: Fácil implementación y muy rápido
- Desventajas:
  - Cada dispositivo en el bus debe ir a la misma frecuencia de reloj
  - Debido a los sesgos del reloj (clock skew) los buses no pueden ser grandes si son rápidos
  - Buses procesador-memoria suelen ser síncronos

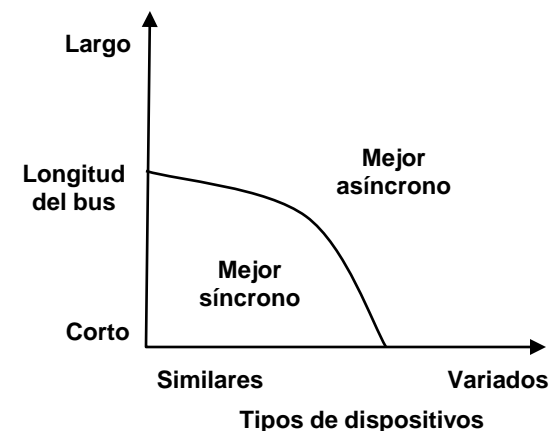
## □ Bus asíncrono

- No tiene reloj
- Puede acomodar una amplia gama de dispositivos
- Los buses pueden ser más grandes sin problemas con el sesgo de reloj.
- Requiere de un protocolo de presentación “handshaking”
- Normalmente más lento que un síncrono debido al “handshake”

# Incremento del ancho de banda de un bus

- ❑ La mayor parte de la anchura de banda se decide en la elección del protocolo asíncrono/síncrono.
- ❑ Sin embargo, en el ancho de banda de las transferencias de datos también influyen otros factores:

Opción	Alto rendimiento	Bajo coste
Ancho del bus	Líneas de datos y direcciones separadas	Líneas de datos y direcciones multiplexadas
Ancho de los datos	Más ancho es más rápido	Más estrecho es más barato
Tamaño de la transferencia	Múltiples palabras	Una sola palabra
Amos (master) del bus	Múltiple (requiere arbitraje del bus)	Un master (no necesita arbitraje)
Reloj	Síncrono	Asíncrono



# Clasificación de buses

## Según el modo de acceso

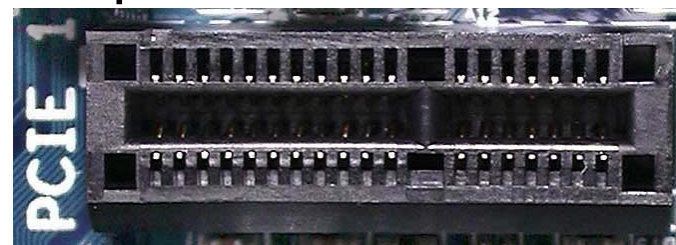
- **Buses paralelo:** acceso a datos simultáneo

Ejemplo: PCI



- **Buses serie:** acceso a datos secuencial

Ejemplos: RS-232, RS-432, PCI-Express



# Clasificación de buses

---

## Según el tipo de Transferencia de datos:

- Lectura
- Escritura
  
- Lectura-modificación-escritura
- Lectura-después-de-escritura
  
- Dato único v.s. Modo-Bloque

## Clasificación de buses: Anchura del bus

---

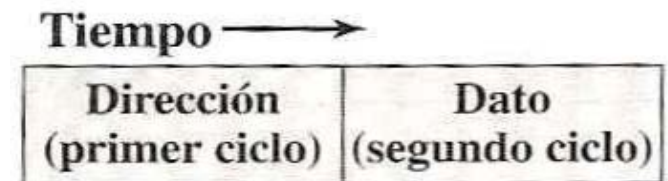
- ❑ La anchura de un bus es el número de líneas distintas que lo componen
  
- ❑ La anchura del bus afecta tanto a la capacidad como al rendimiento del sistema
  - Cuanto más ancho es el bus de datos, mayor es el número de bits que se transmiten a la vez y, por tanto, mayor es el rendimiento del sistema
  - Cuanto más ancho es el bus de direcciones, mayor es el rango de posiciones a las que se puede hacer referencia y, por tanto, mayor es la capacidad máxima del sistema



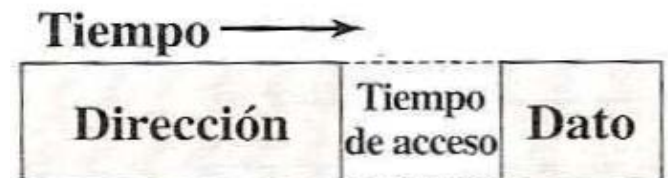
# Clasificación según modo de transferencia de datos

## □ Un bus permite varios tipos de transferencias de datos

- Todos los buses permiten transferencias de lectura y escritura
  - Transferencias de lectura: esclavo → maestro
  - Transferencias de escritura: maestro → esclavo
- En el caso de un bus multiplexado, primero se especifica la dirección y luego se transmite el dato
  - Las lecturas implican esperar la respuesta del esclavo
  - Tanto en lecturas como en escrituras pueden aparecer retardos adicionales si es necesario tomar el control del bus dos veces por medio de un procedimiento de arbitraje



Operación de escritura  
(multiplexada)



Operación de lectura  
(multiplexada)

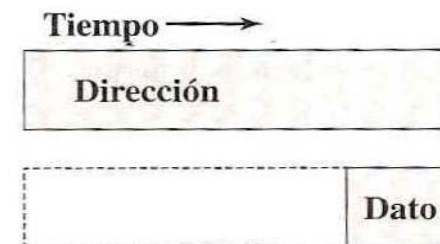
# Clasificación según modo de transferencia de datos

## □ Un bus permite varios tipos de transferencias de datos

- Todos los buses permiten transferencias de lectura y escritura
  - Transferencias de lectura: esclavo → maestro
  - Transferencias de escritura: maestro → esclavo
- En el caso de líneas dedicadas, la dirección se sitúa en el bus de direcciones y se mantiene ahí mientras que el dato se ubica en el bus de datos
  - En una escritura, el maestro pone el dato tan pronto se estabiliza la dirección y el esclavo ha podido reconocerla
  - En una lectura, el esclavo pone el dato tan pronto como haya reconocido la dirección y disponga del mismo



Operación de escritura  
(no multiplexada)

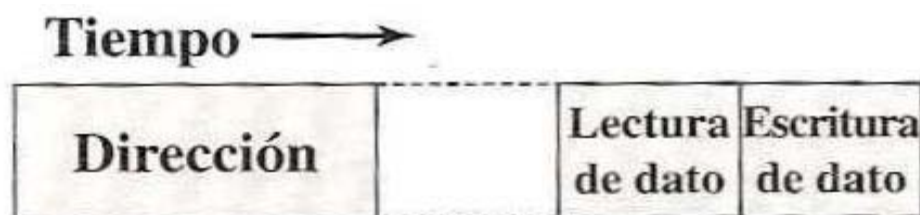


Operación de lectura  
(no multiplexada)

# Clasificación según tipos de transferencia de datos

## □ Algunos buses permiten operaciones combinadas

- Una lectura-modificación-escritura es una lectura seguida inmediatamente de una escritura en la misma dirección
- La dirección se proporciona una sola vez al comienzo de la operación
- La operación se considera indivisible para evitar el acceso al dato por parte de otros maestros del bus (protección de memoria compartida)
- Útil para el manejo de semáforos

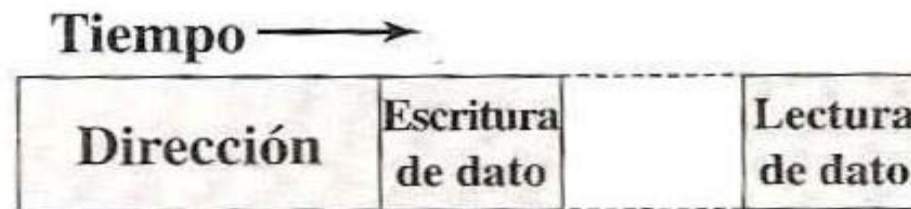


Operación de lectura-  
modificación-escritura

# Clasificación según tipos de transferencia de datos

## □ Algunos buses permiten operaciones combinadas

- Una lectura-después-de-escritura consiste en una escritura seguida de una lectura en la misma dirección
- También es una operación indivisible
- La lectura puede tener el propósito de comprobar el resultado

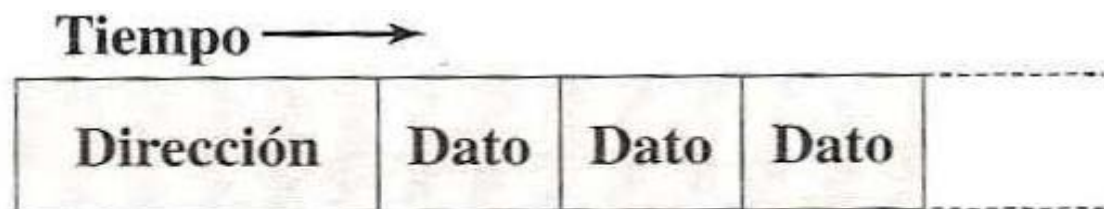


Operación de lectura-  
despues-de-escritura

# Clasificación según tipos de transferencia de datos

## □ Algunos buses permiten transferencias de bloques de datos

- Hay un ciclo de dirección y luego varios ciclos de datos
- El primer dato se transmite a/desde la dirección especificada, mientras que el resto de datos se transfieren a/desde las direcciones siguientes



Transferencia de bloque de datos

# **Clasificación de buses según el tipo de aplicación:**

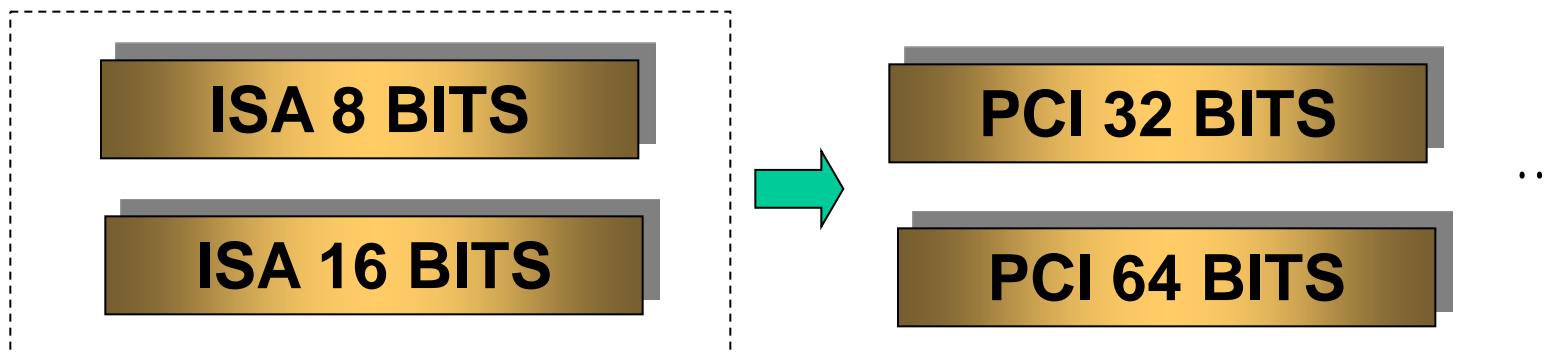
---

- **Buses de sistema o internos**
- **Buses de entrada/salida**
- **Buses de instrumentación**

# Clasificación de buses según el tipo de aplicación

## Buses de sistema

- Diseñados inicialmente para **transferencias de datos entre la CPU y la memoria**.
- Los **buses internos** de los microprocesadores se pueden incluir en esta categoría.
- Ejemplo de evolución:  
**Bus ISA → EISA → PCI → PCI express**

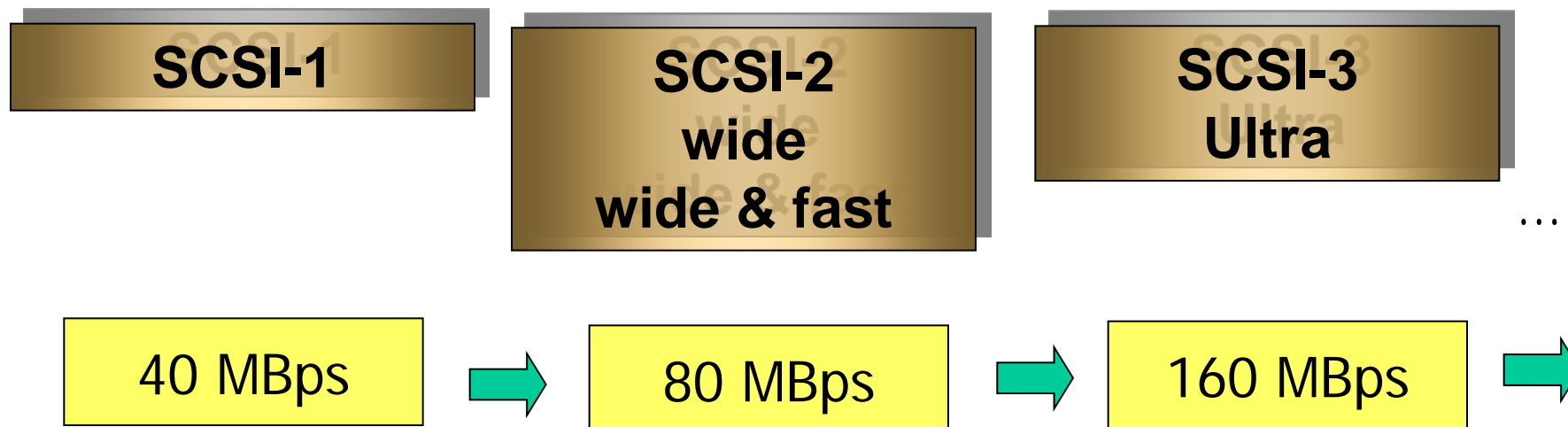


# Clasificación de buses según el tipo de aplicación

## Buses de entrada/salida

- Permiten que varios **dispositivos de I/O** estén conectados a un mismo **bus paralelo o serie** con señales de control.
- Usualmente se utilizan **cables** en lugar de back-plane slots.
- Ejemplo de evolución:

### Bus SCSI (Small Computer System Interface)





# Clasificación de buses según el tipo de aplicación

## Buses de instrumentación

- Son buses específicamente diseñados para integrar instrumentos

- Ejemplos:

- GPIB/HPIB/IEEE-488

Cables

Bus paralelo

- IEEE-1174 (RS232)

Bus serie

-----

- VME bus

- VXI bus

- CompactPCI

- PXI, PXIe

Racks

# Buses de instrumentación

---

## Cables

- ☐ RS-232C RS-485
- ☐ USB
- ☐ Firewire / IEEE 1394
- ☐ Ethernet
- ☐ GPIB / IEEE 488

## Racks

- ☐ PCI , Compact PCI, PXI
- ☐ PCI express, PXIexpress
- ☐ PCMCIA
- ☐ VME, VXI