

Tema 1. Sistemas empotrados: ámbitos de aplicación y flujo de diseño

Asignatura: Sistemas Empotrados
Hortensia Mecha López

Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid

Indice

- 1.1 ¿Qué es un sistema empuotrado?
- 1.2 Características y ámbitos de aplicación de los sistemas empuotrados
- 1.3 Flujo de diseño
- 1.4 Arquitectura de un sistema empuotrado

(2 horas teóricas)

• Práctica 1. Diseño de un sistema hardware sobre FPGAs

- (2 horas teóricas + 2 horas prácticas)

Bibliografía

Teoría:

Computers as components: principles of embedded computing system design. Autor: Marilyn Wolf. San Francisco, Editorial: Morgan Kaufmann Publishers, 4th Edition, 2016, ISBN: 9780128053874 (Temas 1 y 3)

Embedded Systems Architecture. A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers. Tammy Noergaard. Ed Elsevier, Second Edition, 2013 (temas 1 y 6)

Prácticas:

RTL Hardware Design Using **VHDL**: Coding for Efficiency, Portability, and Scalability
Pong P. Chu Wiley-IEEE Press, 2006 Capítulos 3 y 13

1.1 ¿Qué es un sistema empotrado?

- Es un sistema de **computación aplicada**, es decir, que realiza una función específica.
- Sin embargo hay algunos dispositivos empotrados (ej. PDAs=Personal Data Assistant) que pueden realizar más de una función.

1.2 Características y ámbitos de aplicación de los sistemas empotrados

Características de los sistemas empotrados:

1.- Concurrencia:

Los componentes del sistema funcionan simultáneamente

El sistema de control debe atenderlos y generar las acciones de control o visualización de forma simultánea

2.- Fiabilidad y seguridad

3.- Eficiencia: es decir, respuesta rápida

4.- Interacción con dispositivos físicos no siempre convencionales:

sensores, actuadores, conversores A/D

5.- Robustez (sistemas embarcados, sujetos a vibraciones e impactos)

6.- Bajo consumo (usan baterías), bajo voltaje (3-5v) modos de reposo

7.- Bajo peso

8.- Bajo precio (electrónica de consumo)

9.- Pequeñas dimensiones

Ej. Sistema control coche

1.2 Características y ámbitos de aplicación de los sistemas empuotrados

Ámbitos de aplicación:

1.- Automoción: sistema ignición, control de temperatura, sistema de frenado

2.- Electrónica de consumo: televisión, PDAs, DVDs, electrodomésticos, juguetes, teléfonos, cámaras, GPS

3.- Control industrial: robots, sistemas de control –manufacturación-

4.- Medicina: máquinas diálisis, monitores cardiacos, prótesis, bomba de infusión,

5.- Redes: routers, hubs, gateways

6.- Oficina: faxes, fotocopadoras, impresoras, monitores, escáneres

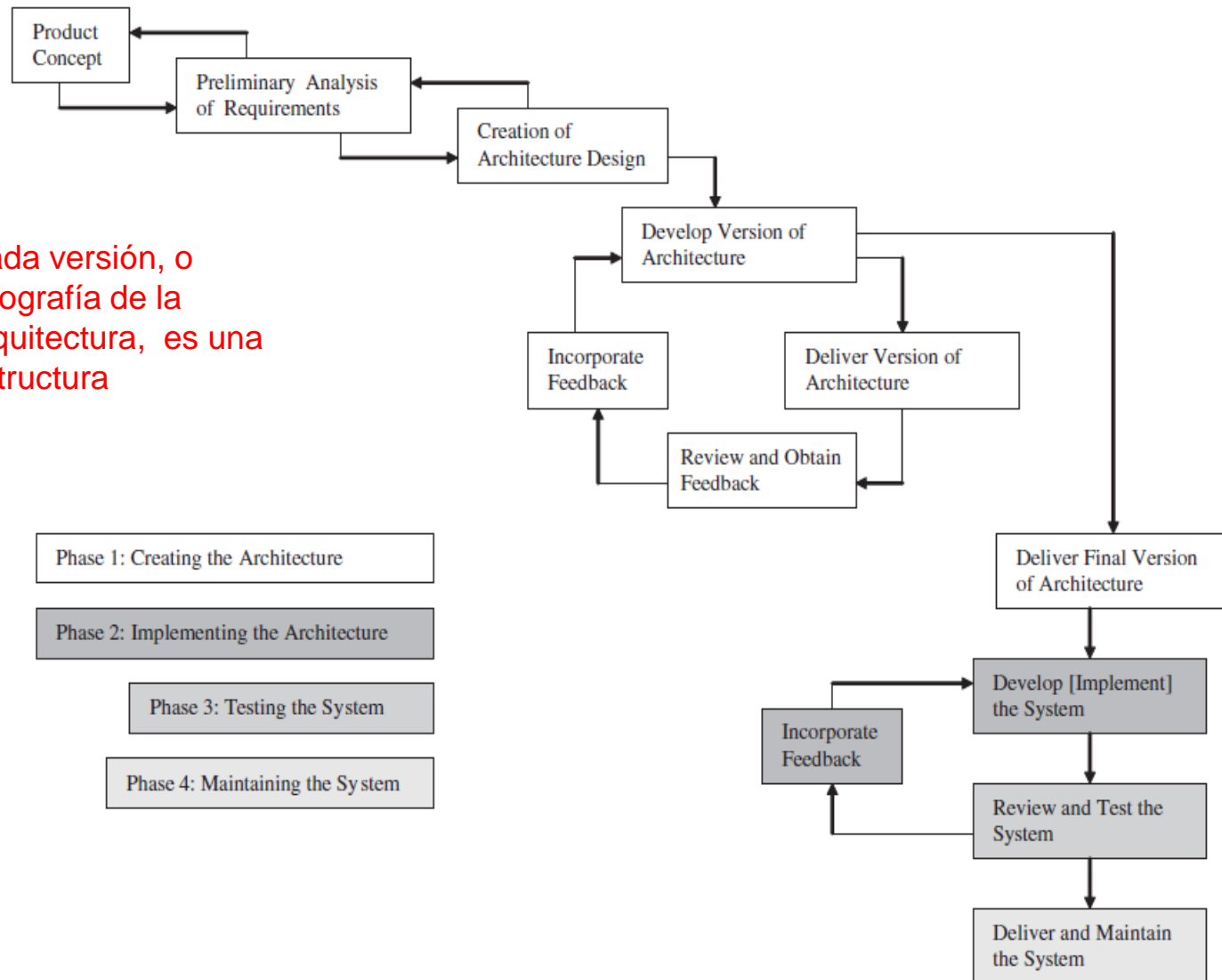
1.3 Flujo de diseño

Fases:

- 1.- Crear la arquitectura
- 2.- Implementar la arquitectura
- 3.- Test
- 4.- Mantenimiento

1.3 Flujo de diseño

Cada versión, o fotografía de la arquitectura, es una estructura



1.3 Flujo de diseño

1.- Crear la arquitectura

1.1 Concepto

1.2 Análisis de requerimientos

a.- Tecnología disponible

b.- Limitaciones precio final

c.- Velocidad

1.3 Creación de la arquitectura

considerando la tecnología de todos los recursos, y los requerimientos -> Ingeniería

1.3 Flujo de diseño



Índice

- 1.1 ¿Qué es un sistema empotrado?
- 1.2 Características y ámbitos de aplicación de los sistemas empotrados
- 1.3 Flujo de diseño
- 1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

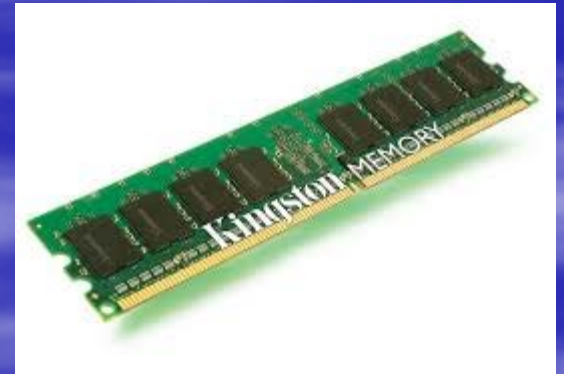
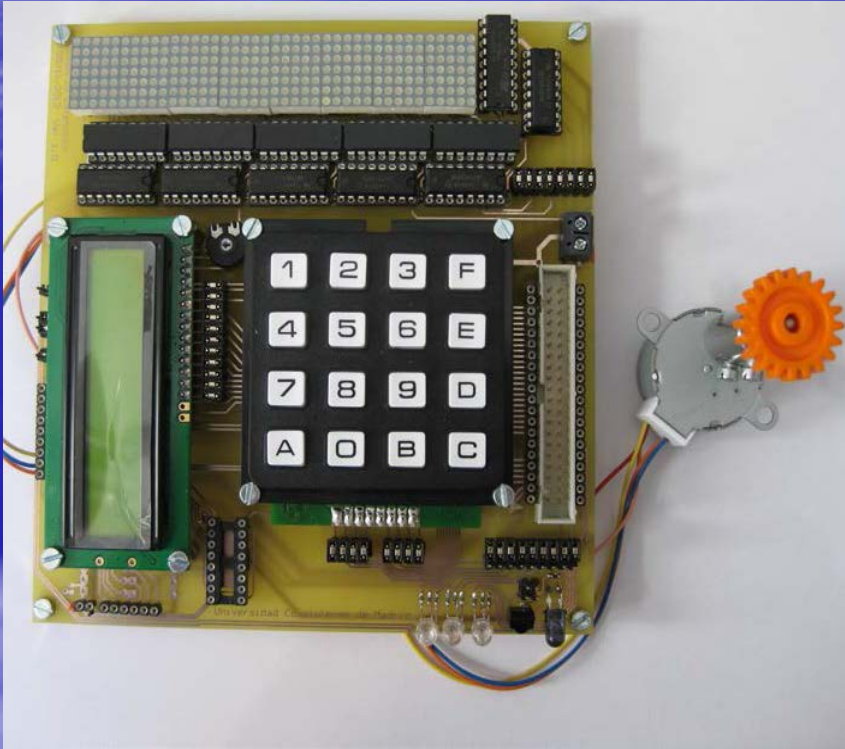
Arquitectura: Se trata de una abstracción del sistema, donde se presentan un conjunto de elementos o componentes hw y sw que interactúan.

Se debe considerar:

- 1.- Requerimientos
- 2.- Limitaciones
- 3.- Integridad, seguridad, fiabilidad
- 4.- Los elementos funcionales disponibles: memorias, micros, baterías
- 5.- Su utilización en el mercado

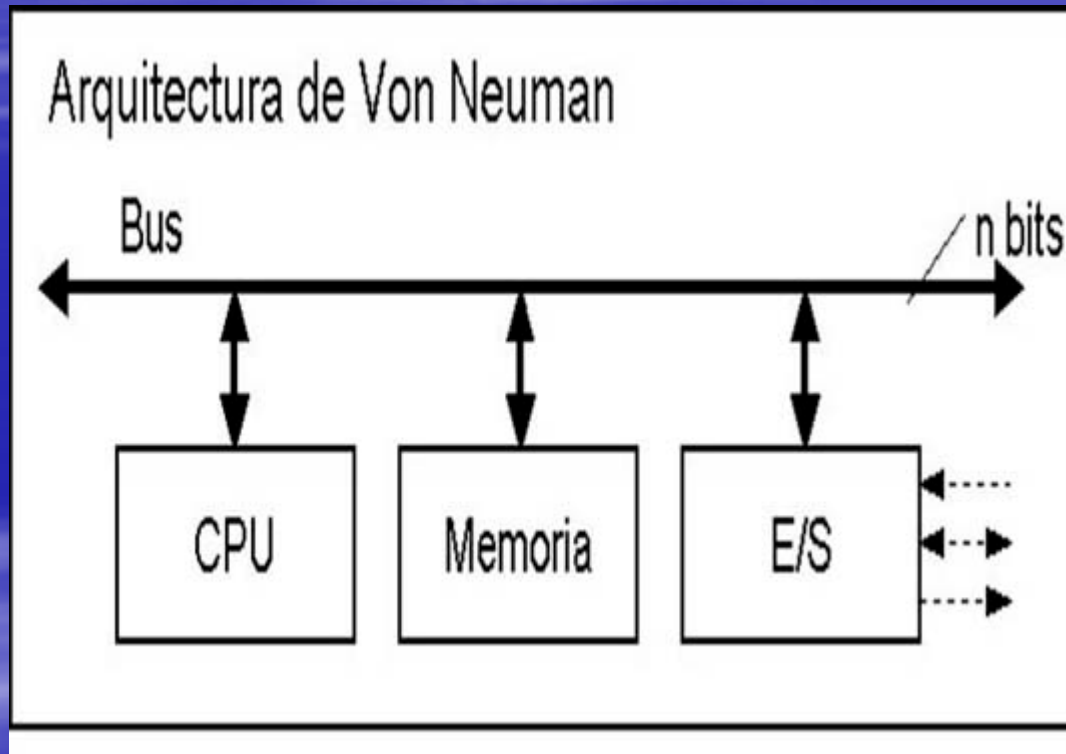
Todo el hw reside en una tarjeta llamada **PWB** (Printed Wiring Board) o **PCB** (Printed Circuit Board)

Arquitectura de un sistema empotrado



Las conexiones eléctricas se realizan en cobre
Los componentes se sueldan o se enchufan en sockets

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

1.4.1 La CPU: Unidad Central de proceso

- Unidad de control
- Banco de registros
- Unidad aritmético lógica
- Buses internos

Procesadores de distintas clases: CISC, RISC, DSPs

Microprocesadores versus microcontroladores

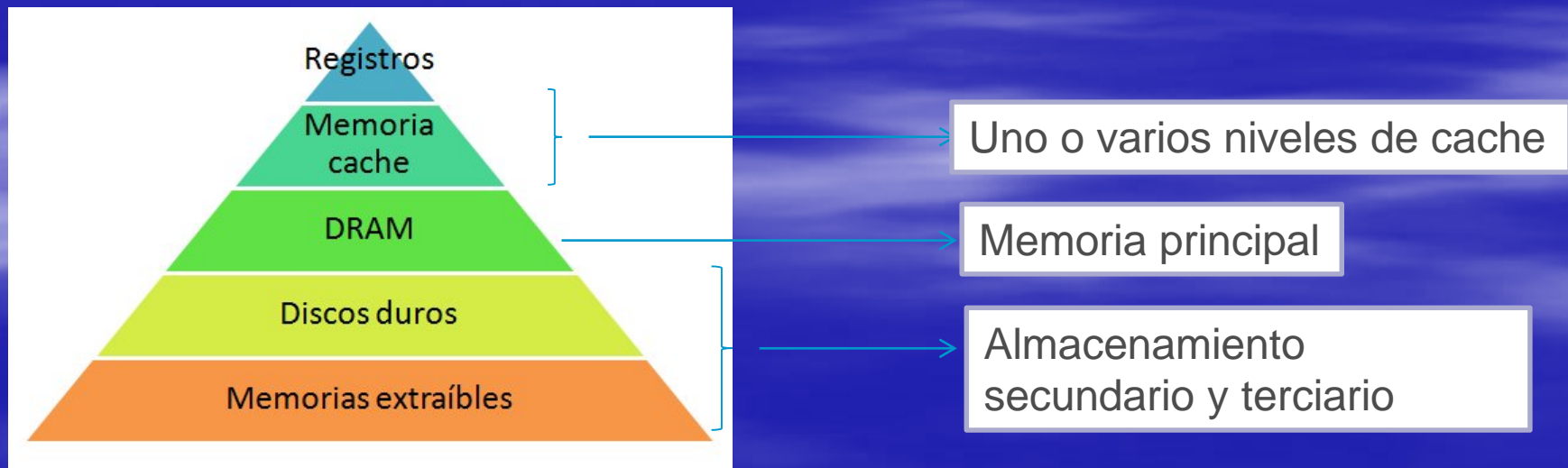
Otra opción (muy útil para prototipado): Softcores de procesadores e implementación sobre FPGAS

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

1.4.2 Jerarquía de memoria

En la memoria se encuentran todos los datos e instrucciones que se van a utilizar durante la ejecución de un programa

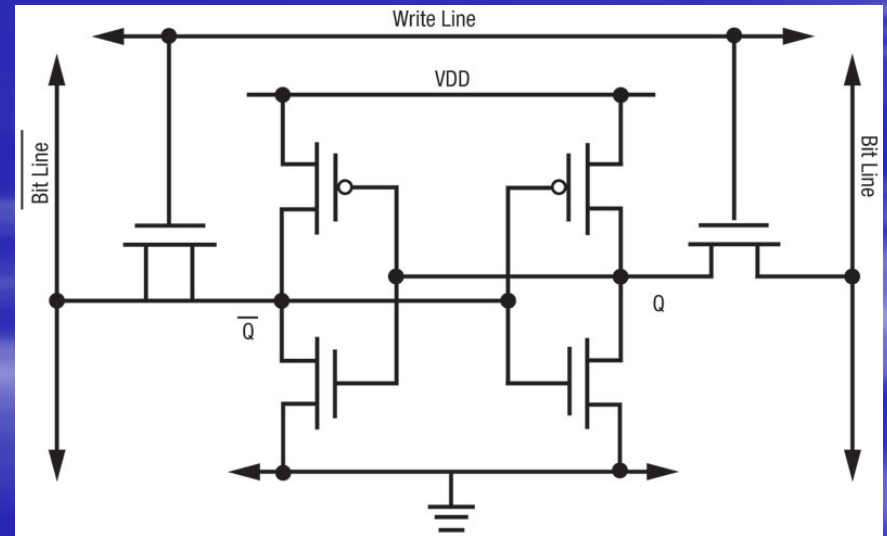
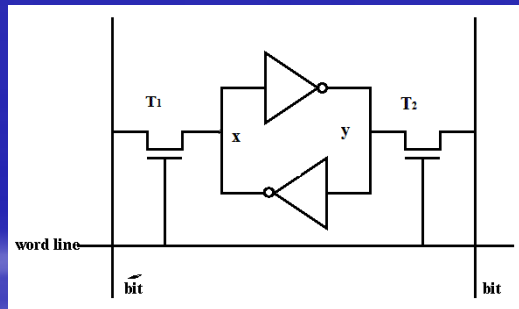
Suele usarse una jerarquía de memoria, con características propias de velocidad, tamaño y uso



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

- a.- Read Only Memory (ROM) datos e instrucciones permanecen
- b.- Random Access Memory (RAM): volátil

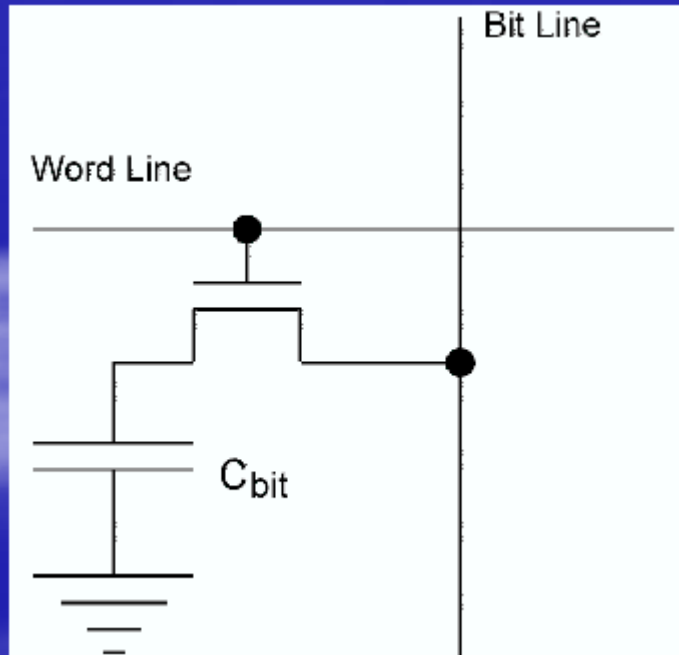
SRAM (Static RAM) 6 transistores)



No necesita refresco. Rápida, y cara. Se usa en pequeñas cantidades.

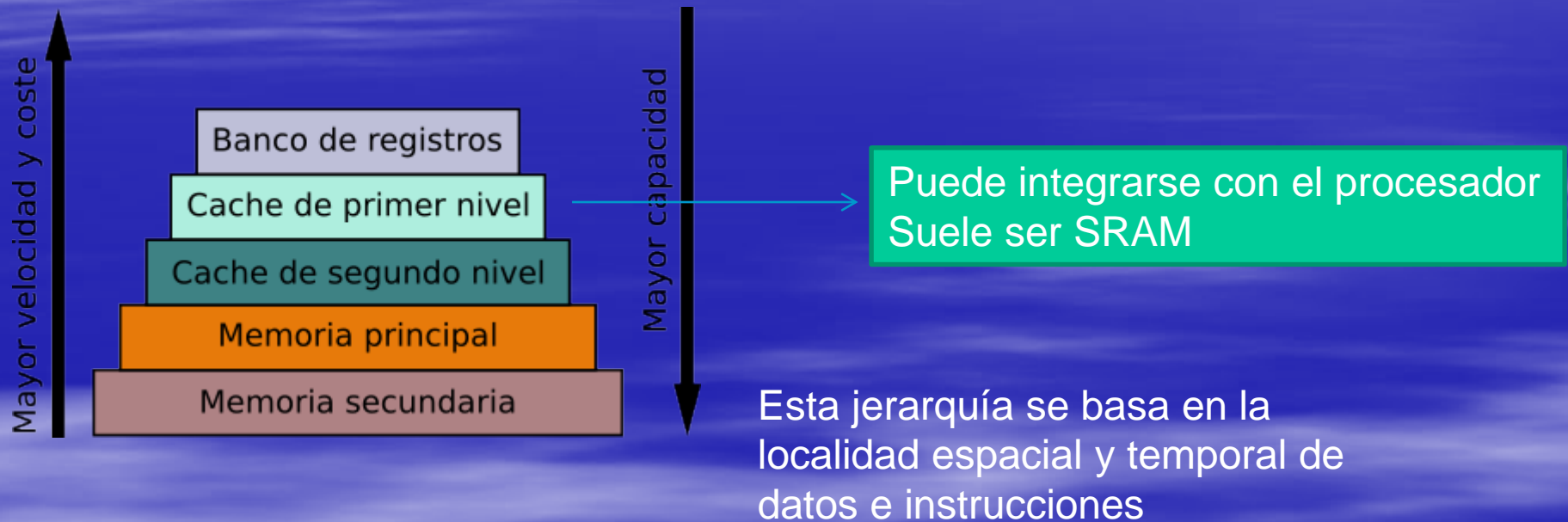
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

DRAM Dynamic RAM: 1 transistor + condensador

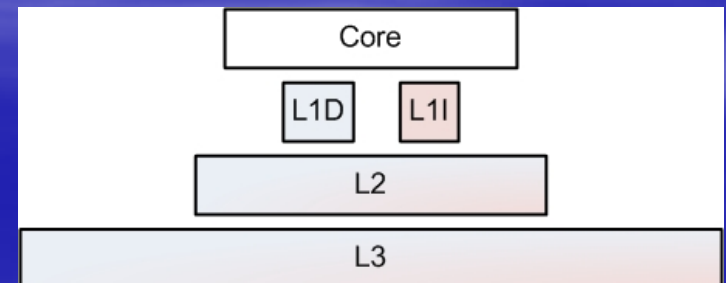


Más barata. Suele usarse como memoria principal

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



Posibilidad: caches de datos e instrucciones



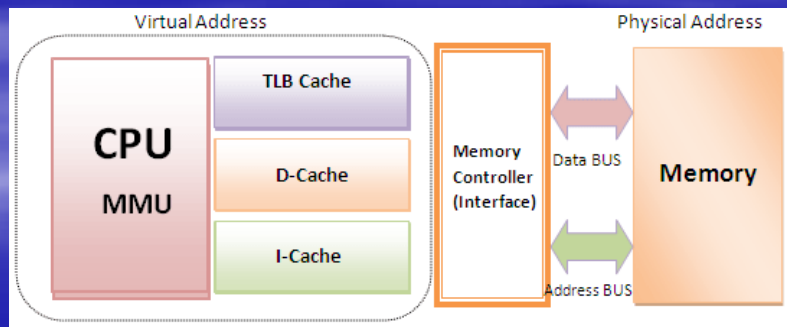
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

Se necesita una **Unidad de Gestión de Memoria (MMU)**: convierten las direcciones lógicas en físicas (memory Mapping). Gestionan seguridad, control y arbitraje

2 posibles posiciones de la MMU

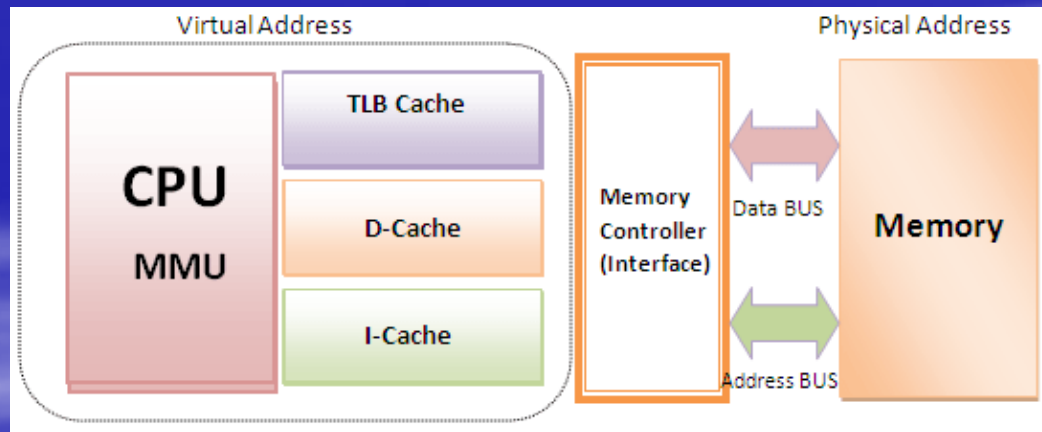
- 1.- Entre la cache y la MP
- 2.- Entre la CPU y la cache

Posibles inconsistencias entre cache y MP



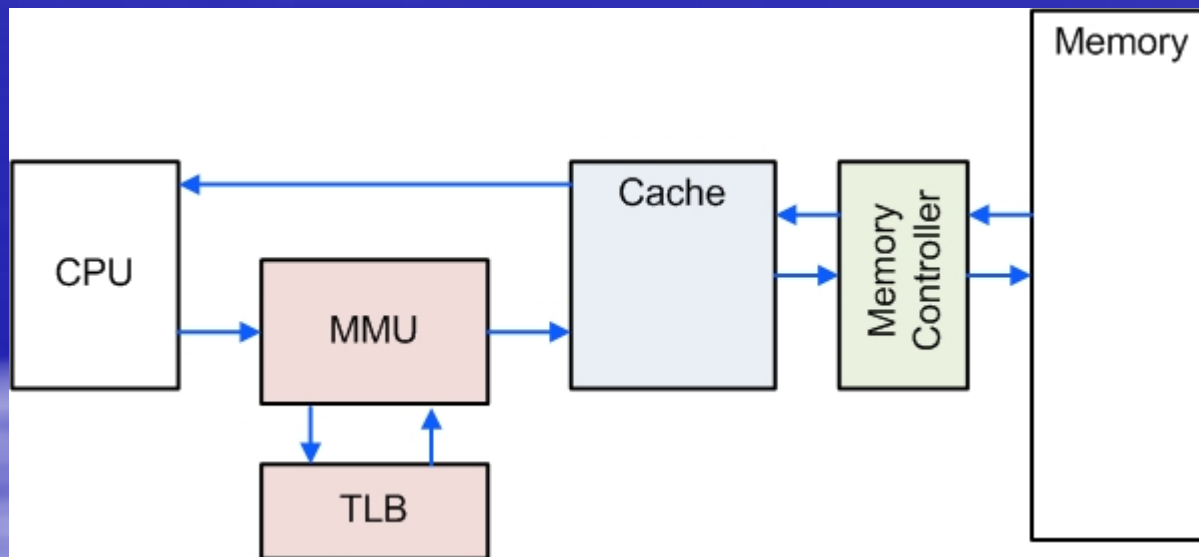
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

Controladores de memoria (MEMC): proporcionan interfaces con distintos tipos de memoria y se encargan de sincronizar y verificar los datos transferidos



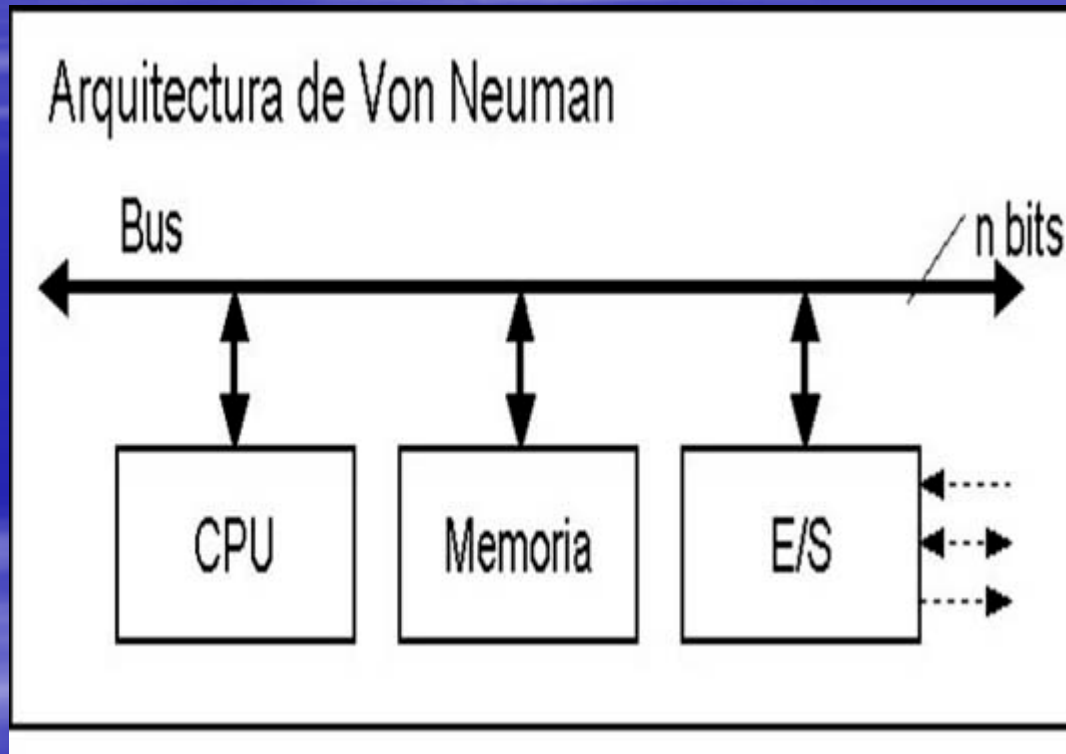
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

A veces usan partes de la cache como buffer de direcciones (TLB) (cuando se usa memoria virtual)



Translation Lookaside Buffer (TLB)

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

1.4.3 Buses y Entrada/salida del procesador

Cualquier sistema electromecánico convencional (teclado, ratón) o no (planta de potencia o miembro artificial) pueden conectarse a una tarjeta empotrada y actuar como E/S

Ejemplos:

Salida

Entrada

Ambos

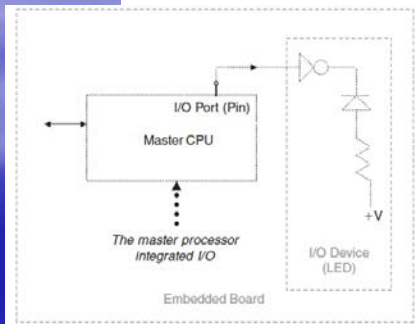
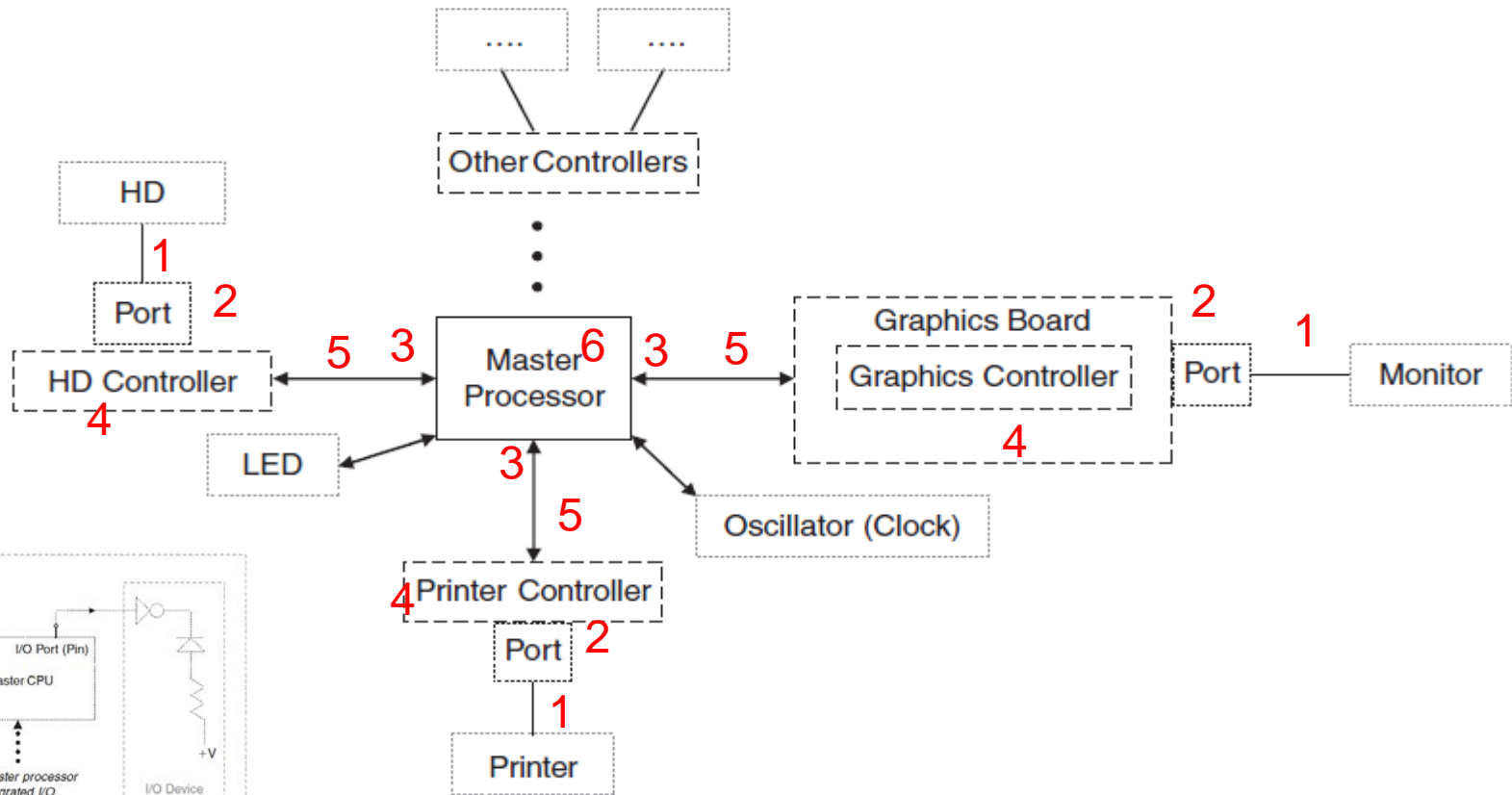
Pueden conectarse a un sistema empotrado mediante un medio de transmisión de datos (con o sin cable, teclado, ratón) o directamente en la tarjeta (led)

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

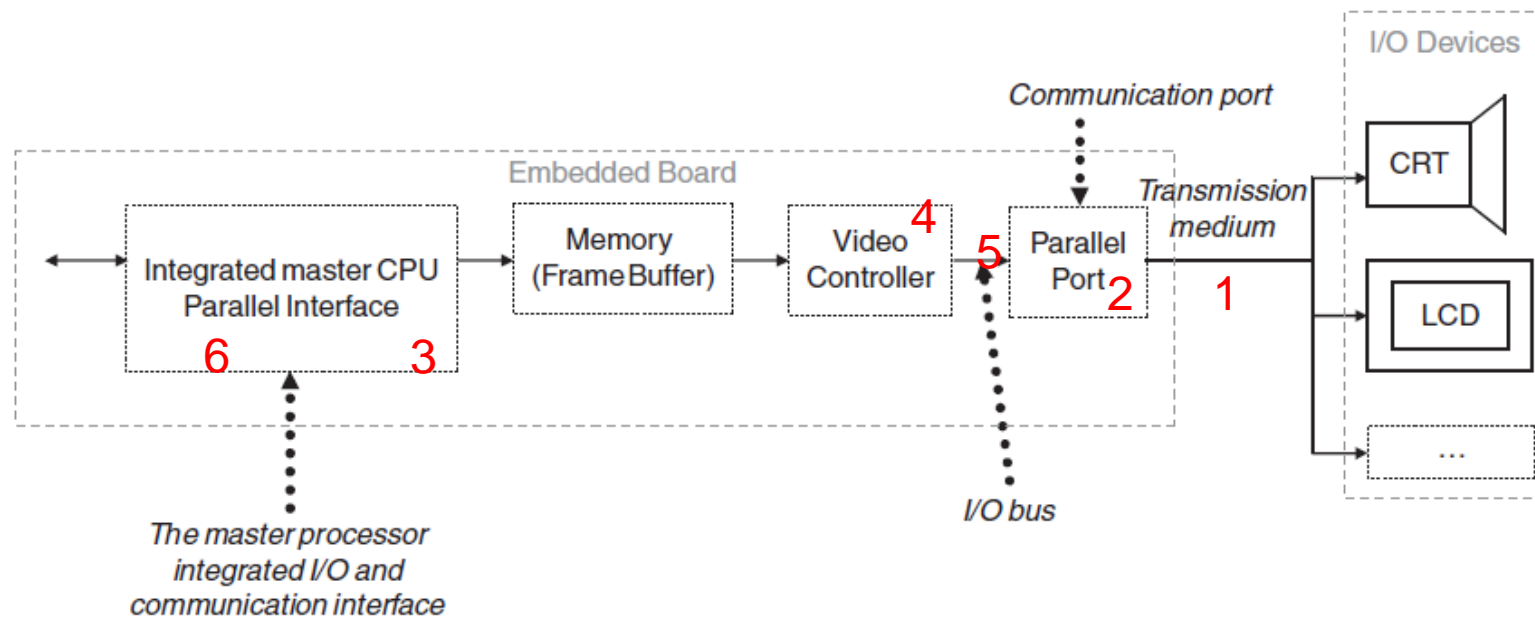
El hw de E/S suele estar formado por la combinación de todas o algunas de las siguientes unidades lógicas:

- 1.- Medio de transmisión
- 2.- Puerto de comunicaciones
- 3.- Interfaz de comunicaciones: gestiona la comunicación entre la CPU y el dispositivo. Puede integrarse en el procesador o ser un circuito integrado separado
- 4.- Controlador de E/S: procesador esclavo que gestiona al dispositivo de E/S
- 5.- Buses
- 6.- Procesador maestro

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

En todo subsistema de E/S que incluye un controlador de E/S para gestionar las comunicaciones debe haber 4 requerimientos:

1.- El master debe poder **inicializar** y **monitorizar** el controlador, normalmente mediante **registros de control y estado**

2.- El master debe poder **realizar peticiones** de E/S mediante instrucciones de E/S, o E/S mapeada en memoria

3.- El dispositivo de E/S debe poder **contactar** con el maestro (ej. Por interrupciones)

4.- Debe existir un mecanismo de intercambio de datos:

Transferencias programadas a través de registros:

DMA

E/S mapeada en memoria.

1.4 Arquitectura de un sistema empujado

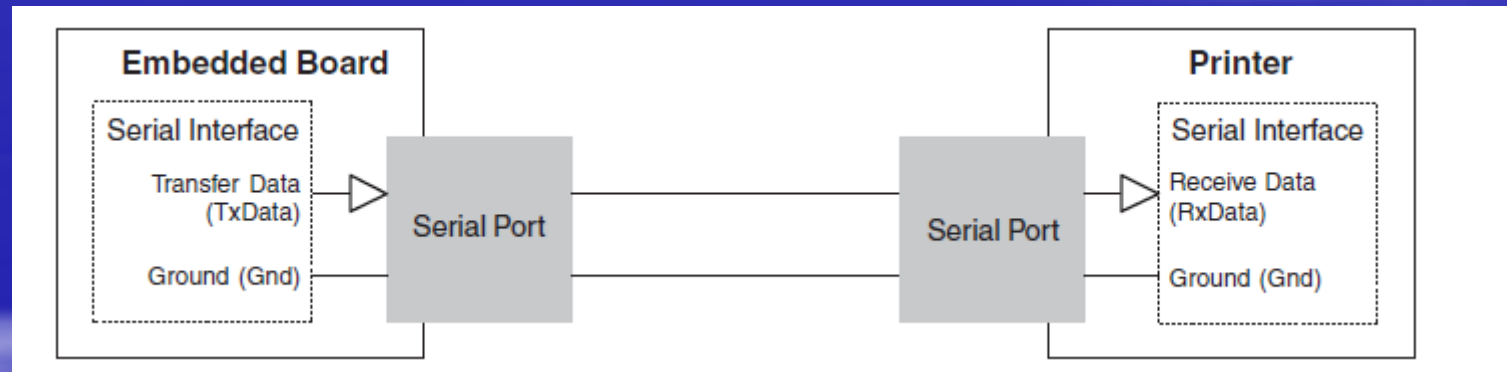
Interrupciones: son señales disparadas por algún evento durante la ejecución de una instrucción.

Pueden ser síncronas –producidas por las propias instrucciones o instrucciones ilegales- o asíncronas –producidas por dispositivos externos-.

Cuando llega una interrupción el procesador para la ejecución de la instrucción actual y comienza el proceso de atender la interrupción

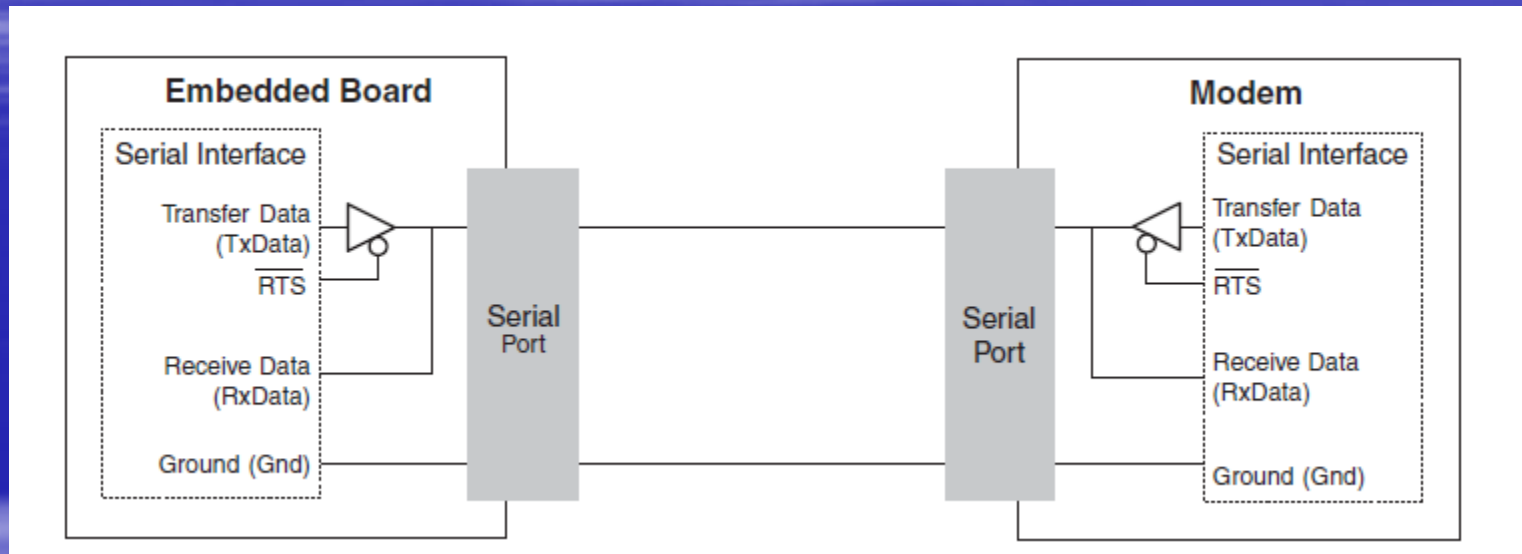
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

a.- Entrada/Salida serie



Simple

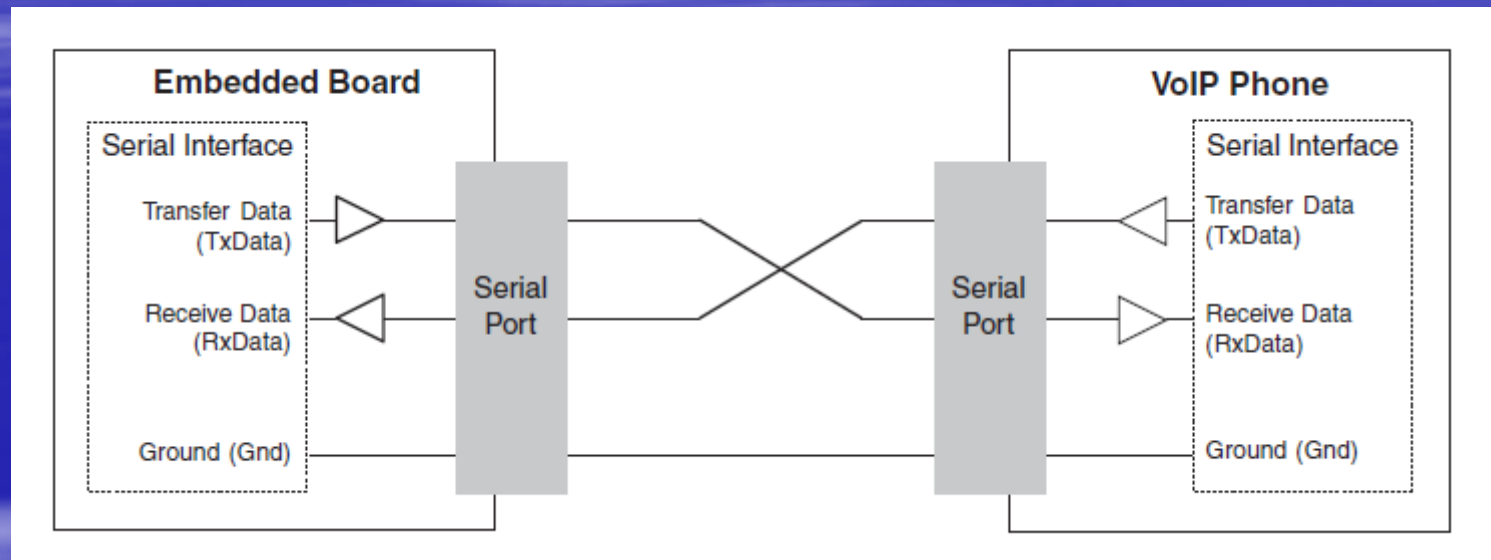
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado



Half-duplex

RTS: Request to send

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

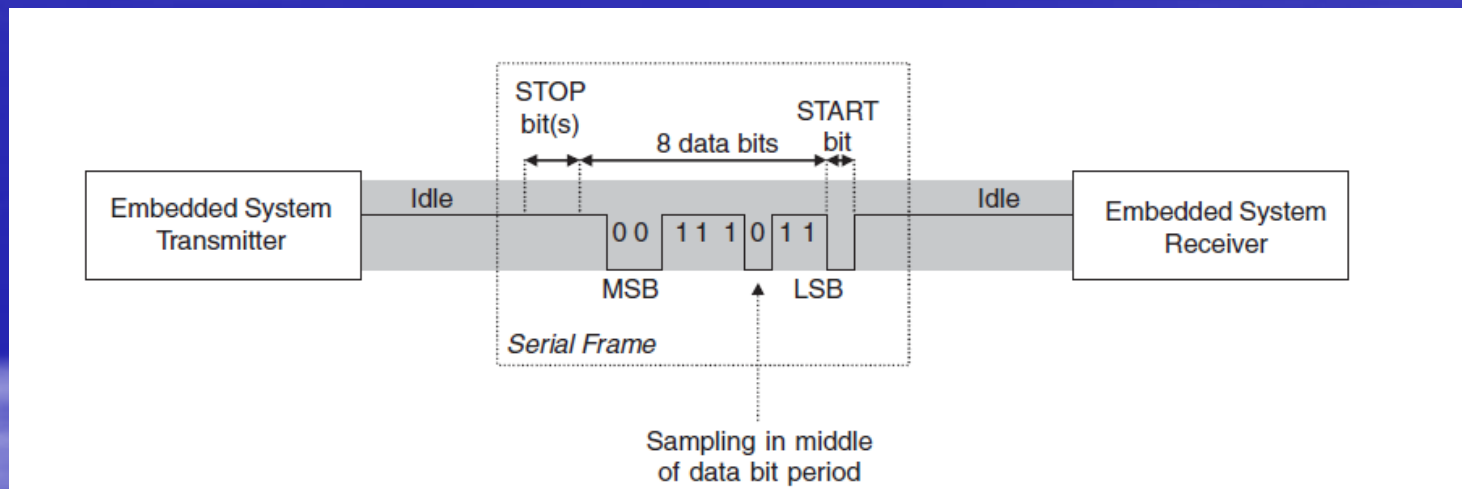


Full Duplex

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

Las transferencias pueden ser síncronas o asíncronas

En la transferencia síncrona hay un reloj que marca cuando muestrear. Ej SPI (Serial Peripheral Interface)



Transferencia asíncrona: se necesitan bits de START y STOP

Puede añadirse un bit de paridad par o impar

Ej. UART: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

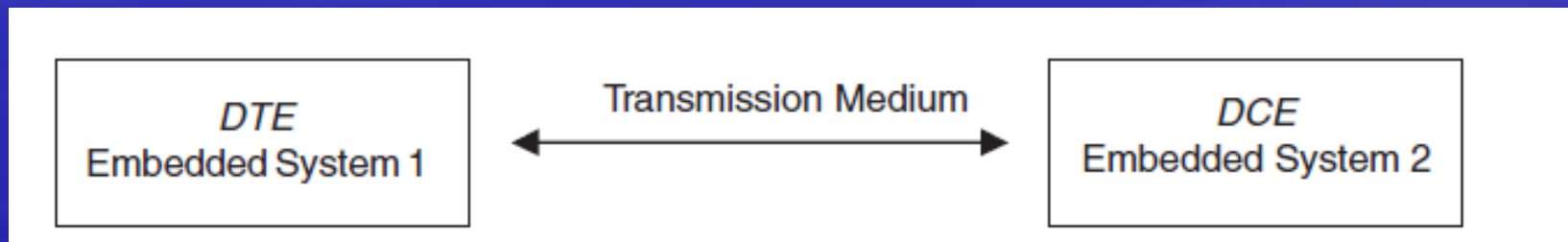
$$\text{Bit rate} = \frac{\text{nº bits de datos reales por frame}}{\text{nº total de bits por frame}} * \text{baud_rate}$$

Baud rate: nº de bits/s

El *bit rate* debe sincronizarse para todos los interfaces que participen en la comunicación

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

Uno de los protocolos serie más conocidos es el protocolo **RS232** (tanto para transmisión síncrona o asíncrona)



DTE: Data Terminal Equipment.
Iniciador

DCE: Data Circuit Terminating Equipment

1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

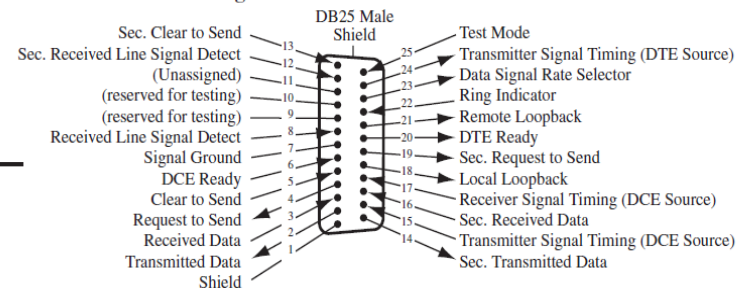
Estándar EIA232 original viene definido por 25 pines

Señales RS-232 y conector DB25

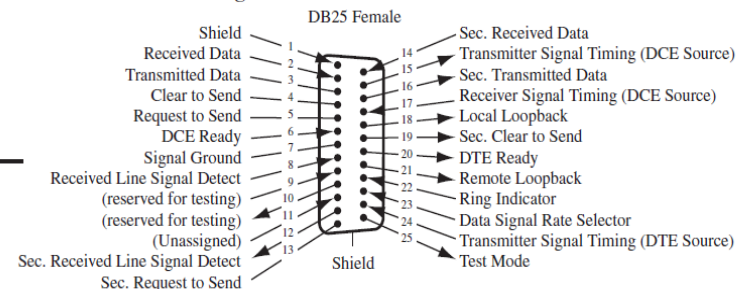


DB25 Pin	Name	Signal	Description	Voltage	DTE	DCE
1		FG	Frame Ground/Shield		Out	In
2	BA	TxD	Transmit Data	-12	In	Out
3	BB	RxD	Receive Data	-12	Out	In
4	CA	RTS	Request To Send	+12	In	Out
5	CB	CTS	Clear To Send	+12	In	Out
6	CC	DSR	Data Set Ready	+12		
7	AB	SG	Signal Ground			
8	CF	DCD	Data Carrier Detect	+12	In	Out
9			Positive Test Voltage			
10			Negative Test Voltage			
11			Not Assigned			
12		sDCD	Secondary DCD	+12	In	Out
13		sCTS	Secondary CTS	+12	In	Out
14		sTxD	Secondary TxD	-12	Out	In
15	DB	TxC	DCE Transmit Clock		In	Out
16		sRxD	Secondary RxD	-12	In	Out
17	DD	RxC	Receive Clock		In	Out
18	LL		Local Loopback			
19		sRTS	Secondary RTS	+12	Out	In
20	CD	DTR	Data Terminal Ready	+12	Out	In
21	RL	SQ	Signal Quality	+12	In	Out
22	CE	RI	Ring Indicator	+12	In	Out
23		SEL	Speed Selector DTE		In	Out
24	DA	TCK	Speed Selector DCE		Out	In
25	TM	TM	Test Mode	+12	In	Out

Looking Into the DTE Device Connector



Looking Into the DCE Device Connector

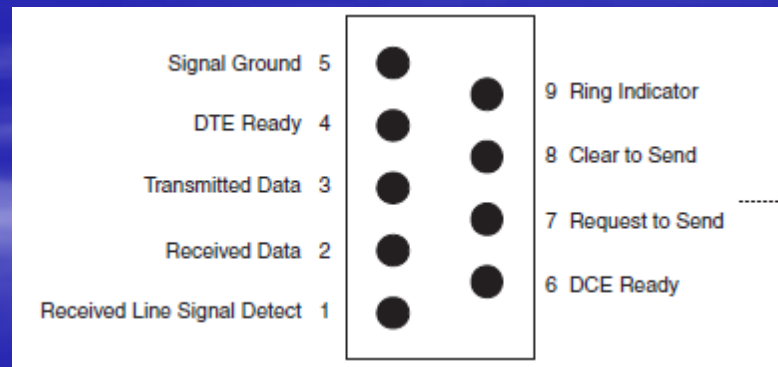


Arquitectura de un sistema empotrado

Standard EIA574 para el protocolo RS232 de 9 pines con el conector DB9

Handshake entre RQS y CTS

DTE Ready, DCE Ready y Received Line Signal Detect indican que están preparados



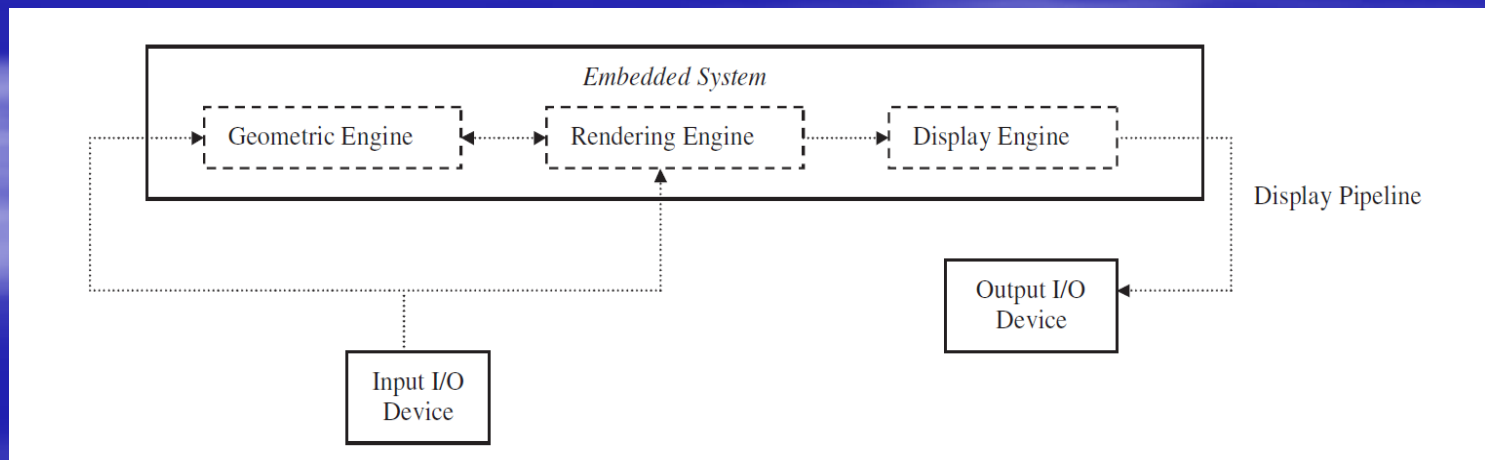
1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

b.- Entrada/Salida Paralela

Se transmiten múltiples bits simultáneamente. Ej. IEEE 1284 para impresoras, puertos CRT, SCSI

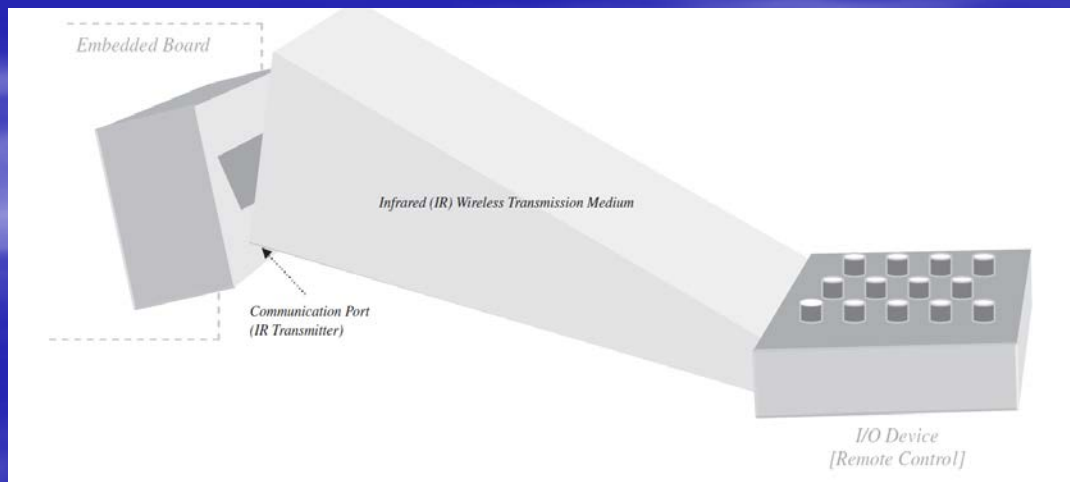
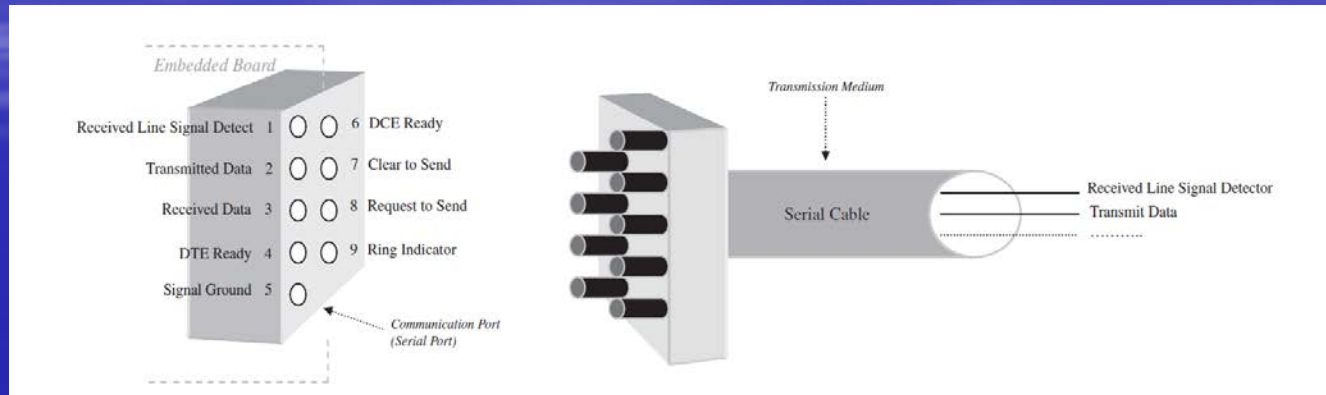
Suelen incluirse buffers de recepción y transmisión para manipular los datos. Pueden ser síncronos y asíncronos.

Gráficos de E/S



1.4 Arquitectura de un sistema empotrado

Conexión de dispositivos con cable /sin cable



Arquitectura de un sistema empotrado

Ej. Receptor IR

