

# **Ingeniería del Hardware embebido (HW)**

# Temas principales

- **Ingeniería y sistemas embebidos**
- **Sistemas embebidos – características**
- **Tecnología de Procesadores embebidos.**
- **Sistemas de microprocesador – components y configuración**
- **Microcontroladores (MCU) – tipos and ejemplos: PIC, AVR, ARM**
- **Diseño de sistemas embebidos – Diagrama de bloque generalizado**

# Ingeniería – ¿Qué es?

## ▪ Ingeniería es...

- La aplicación de principios científicos y métodos para la construcción de máquinas y estructuras útiles.

### – Ejemplos

- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Civil
- Ingeniería Química
- Ingeniería eléctrica
- Ingeniería nuclear
- Ingeniería aeronáutica
- Ingeniería de sistemas embebidos:
  - Ingeniería de Hardware embebido HW
  - Ingeniería de Software embebido SW

# ¿Qué es un Sistema Embebido?

Una definición de uso general de los sistemas embebidos es que son **dispositivos que se utilizan para controlar, supervisor o ayudar en la operación de equipos, maquinaria o planta**. “Embebido” refleja el hecho de que son una parte integral del Sistema. En muchos casos, su “arraigo” puede ser tal que su presencia es lejos de ser evidente para el observador casual.

Instituto de Ingeniería Eléctrica (IEE)

# Características de los sistemas embebidos (1)

## ▪ Características Básicas:

- Número limitado de funciones predefinidas para actuar;
- Fuente de alimentación limitada y la administración de energía efectiva;
- Disponibilidad de recursos de reserva para situaciones inesperadas.
- Funcionamiento en tiempo real (con mayor frecuencia);
- Periféricos de banda ancha y las interfases.

## ▪ Interfaces:

- Interfaces de operador (Humano- Interface máquina - HMI) – monitores, interruptores, botones, indicadores, emisores individuales o grupales de los diferentes tipos de señales, motores eléctricos, solenoides y otros.
- Interfaces eléctricas (interfaces con otros componentes y dispositivos): Interno - I2C, SPI, ISA y otros.

- Exteriores - RS232, TTY, Ethernet, Centronics, FlexRay, CAN, LIN,

# Características de los sistemas embebidos (2)

## ▪ Plataforma de sistemas integrados:

- El Microprocesador (MP o  $\mu$ P) y los microcontroladores (MCU), que tienen menos poder de cómputo, pero varios periféricos;
- Arquitecturas de base - Von Neumann and Harvard;
- Utilizado  $\mu$ P y MCU - CISC (Complex Instruction Set Computer) y más a menudo RISC (Reduced Instruction Set Computer);
- Popular RISC familias de procesos: ARC (ARC International), ARM (ARM Holdings), AVR (Atmel), PIC (Microchip), MSP430 (TI) y otros;
- CISC CPUs: Intel y Motorola;
- Por lo general en el interior hay una memoria caché y procesamiento canalización de instrucciones;
- Memoria para datos e instrucciones: RAM, PROM - OTP (One-Time Programmable), EEPROM o memoria Flash;
- Periféricos: General Purpose Input / Output - GPIO, temporizadores, ADC, DAC y mucho más.

# Características de los sistemas embebidos (3)

## ▪ Comunicación:

- RS-232, RS-422, RS-485, UART / USART (Receptor Universal Sincrono y Asíncrono / Transmisor);
- I2C (Circuito Inter-Integrado), SPI (Bus de Interface periférico en serie), SSC y ESSI (Interfaz mejorada serie síncrona), USB (Universal Serial Bus);
- Protocolos de comunicación de red: Ethernet, CAN (Controlador del área de red), LonWorks etc.
- Software: Popular OS – QNX4 RIOS, Linux embebido y Linux-base (Android, etc.), iOS, Windows CE, etc.

## ▪ Herramientas para probar y corregir (Depuración)

- JTAG (Joint Test Action Group) – una interfaz especializada para la prueba saturada PCB;
- ISP (In-System Programming) – Programación de Circuito;
- ICSP (circuito de programación en serie) - un método para la programación directa del microcontrolador, por ejemplo, de la serie PIC and AVR;
- BDM (Modo de depuración de fondo) – utilizado principalmente en productos de Freescale;
- IDE (Entorno de desarrollo integrado) – para el desarrollo de programas.

# Sistemas embebidos: Ejemplos



iPhone



Laser Keyboard



Nikon D300



Video Watch



GPS



Playstation 3



PC Keyboard



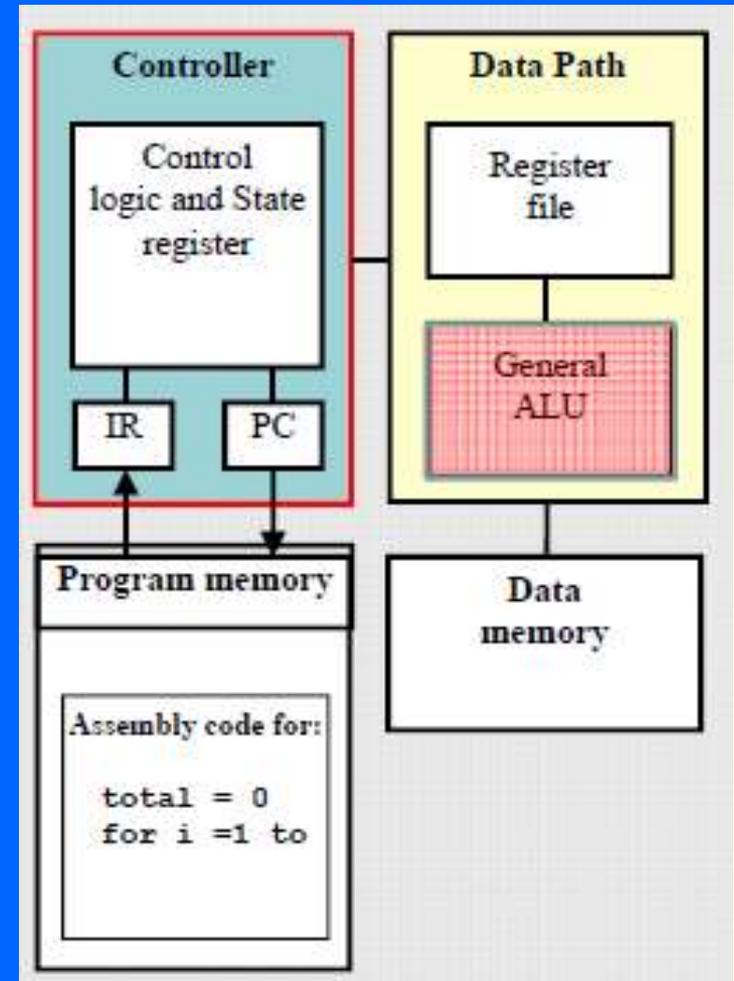
SD Card

# Tecnologías del procesador embebido

- Propósito General
- De destino específico
- Aplicación a la medida

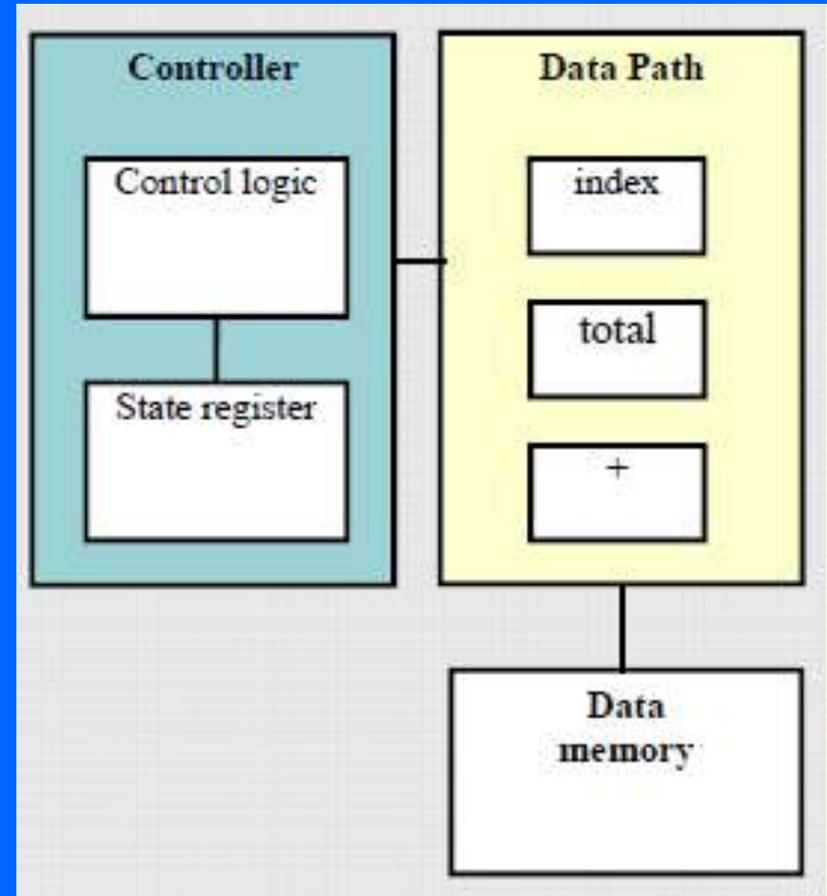
# Procesador de Propósito general

- Dispositivo programmable utilizado en una variedad de aplicaciones
  - También conocido como “microprocesador”
- Características
  - La memoria de programa
  - Ruta de datos general con gran
  - Registro de archivos y en general ALU
- Ventajas para el usuario
  - Menor tiempo de lanzamiento al mercado y NRE
  - Costes
  - Alta flexibilidad
- Intel “Pentium” el más conocido, pero hay cientos de otros.



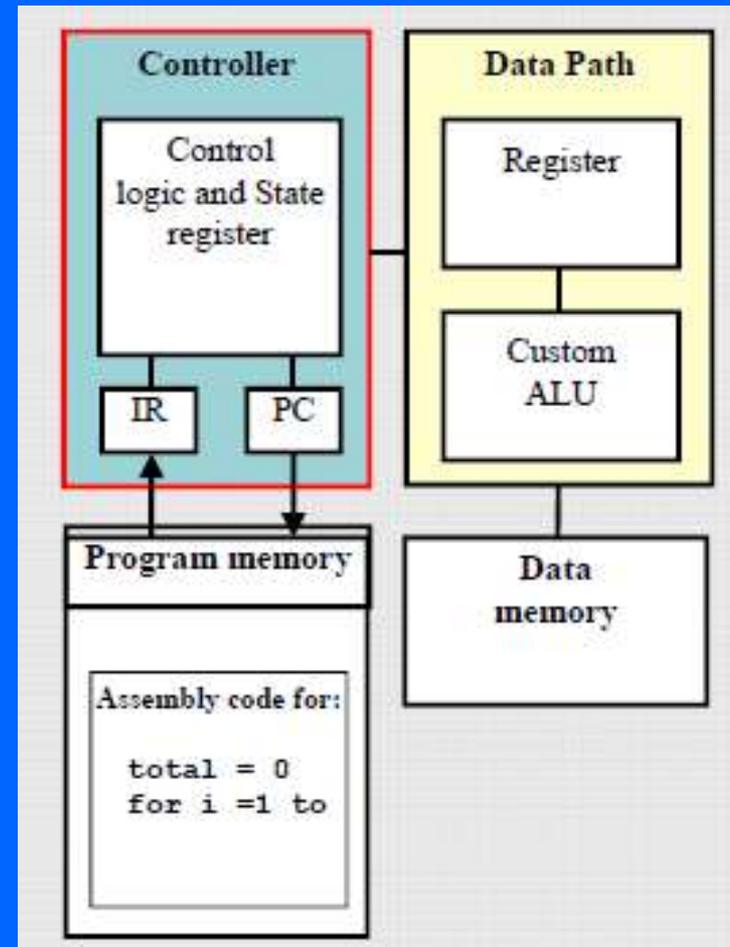
# Procesador de un destino específico

- Circuito digital diseñado para ejecutar exactamente un programa de
  - coprocesador alias, acelerador o periférico.
- Características
  - Contiene solo los componentes necesarios para ejecutar un solo programa
  - Sin memoria de programa
- Beneficios
  - Rápido
  - Baja potencia
  - Tamaño pequeño



# Procesadores de Aplicaciones a medida

- Procesador programable optimizado para una determinada clase de aplicaciones que tienen características comunes:
  - El compromiso entre el objetivo general y los procesadores de un solo uso.
- Características
  - La memoria de programa
  - Ruta de datos optimizada
  - Unidades funcionales especiales.
- Beneficios
  - Cierta flexibilidad, buen rendimiento, el tamaño y la energía.



# Personaje clave en el Diseño embebido: microcontroladores

- Compromiso entre los usos generales y procesador de aplicaciones a la medida
  - Arquitectura simple procesador
    - Reducción del conjunto de instrucciones y la funcionalidad
    - Ruta de datos pequeña (a menudo solo 4 o 8 bits vs. 32 o 64 bits para el típico procesador de propósito general)
  - Memoria de a bordo (volátil y no volatiles)
  - Múltiples dispositivos en un chip para apoyar las aplicaciones embebidas:
    - Timers
    - Digital y I/O (Entrada/Salida) I/O serie
    - Soporte para varios protocolos de interfaz, por ejemplo I2C.
- Disponibles en muchas configuraciones diferentes, los niveles de rendimiento, etc.

# Las ventajas de los microcontroladores\*

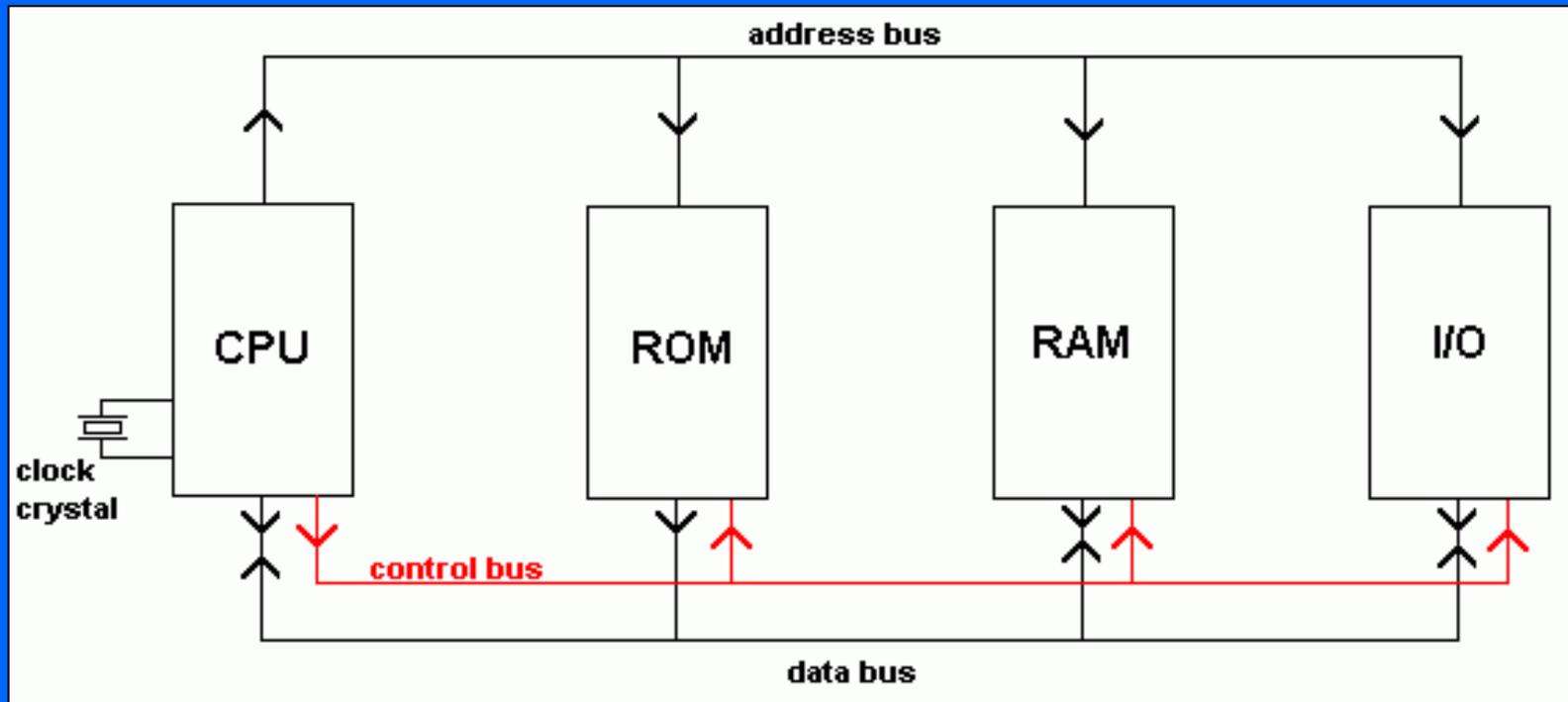
- Bajo coste debido a la producción de alto volumen.
- Bajo “recuento de chips” debido a las características integradas a bordo.
- Buenas herramientas y entornos de desarrollo.
- Familia de productos extensivos permiten la adaptación del procesador a las métricas de diseño del Sistema.
- Ciclos de diseño de productos a corto (en comparación con el diseño de hardware personalizado).
- Compatible con el hardware / software de codiseño
  - Muchos microcontroladores están disponibles como “Núcleos VHDL” para integración en un chip VLSI personalizado.

\* *Ver más detalles sobre microcontroladores*

# Sistemas de Microprocesador (Sistema MP)

- **La estructura** de un Sistema MP básico comprende:
  - **Un microprocesador** (CPU);
  - **Memoria operativa** (RAM);
  - **Memoria constante** (ROM, PROM, EPROM, EEPROM/FLASH);
  - **Adaptadores de Entrada/Salida** (I/O);
  - **Bus del sistema:**
    - **Bus de direcciones**
    - **Bus de datos**
    - **Bus de control**
- **Esquemas adicionales** pueden ser:
  - **ADC, DAC, temporizadores, etc..**
- **Microcontroladores de un-chip**, utilizados más frecuentemente en los sistemas embebidos contienen gran parte de los componentes mencionados anteriormente en un solo chip, junto con el procesador central.

# Sistema MP – configuración mínima



**Las computadoras personales**, así como los sistemas informáticos más grandes son también los sistemas MP esencialmente, pero tienen una **configuración mucho más compleja**.

# Microprocesador (MP o $\mu$ P):

Un chip de silicio que contiene una **CPU**. El microprocesador y la CPU se **utilizan de manera intercambiable**.

■ En todos los **ordenadores personales y la mayoría de las estaciones de trabajo se encuentra un microprocesador**.

■ MP también controla la lógica de la mayoría de todos los dispositivos digitales, de radio despertador a los sistemas de inyección de combustible para automóviles.

■ Tres **características básicas** diferencian a los microprocesadores:

- **Conjunto de instrucciones:** El conjunto de instrucciones que el microprocesador puede ejecutar.
- **Ancho de banda :** El número de bits procesados en una sola instrucción.
- **Velocidad de reloj:** (MHz) – determina el número de instrucciones por Segundo que el procesador puede ejecutar.
- Además los **MP se clasifican** como **RISC** (computadora de conjunto de instrucciones reducido) or **CISC** (equipo complejo de conjunto de instrucciones).

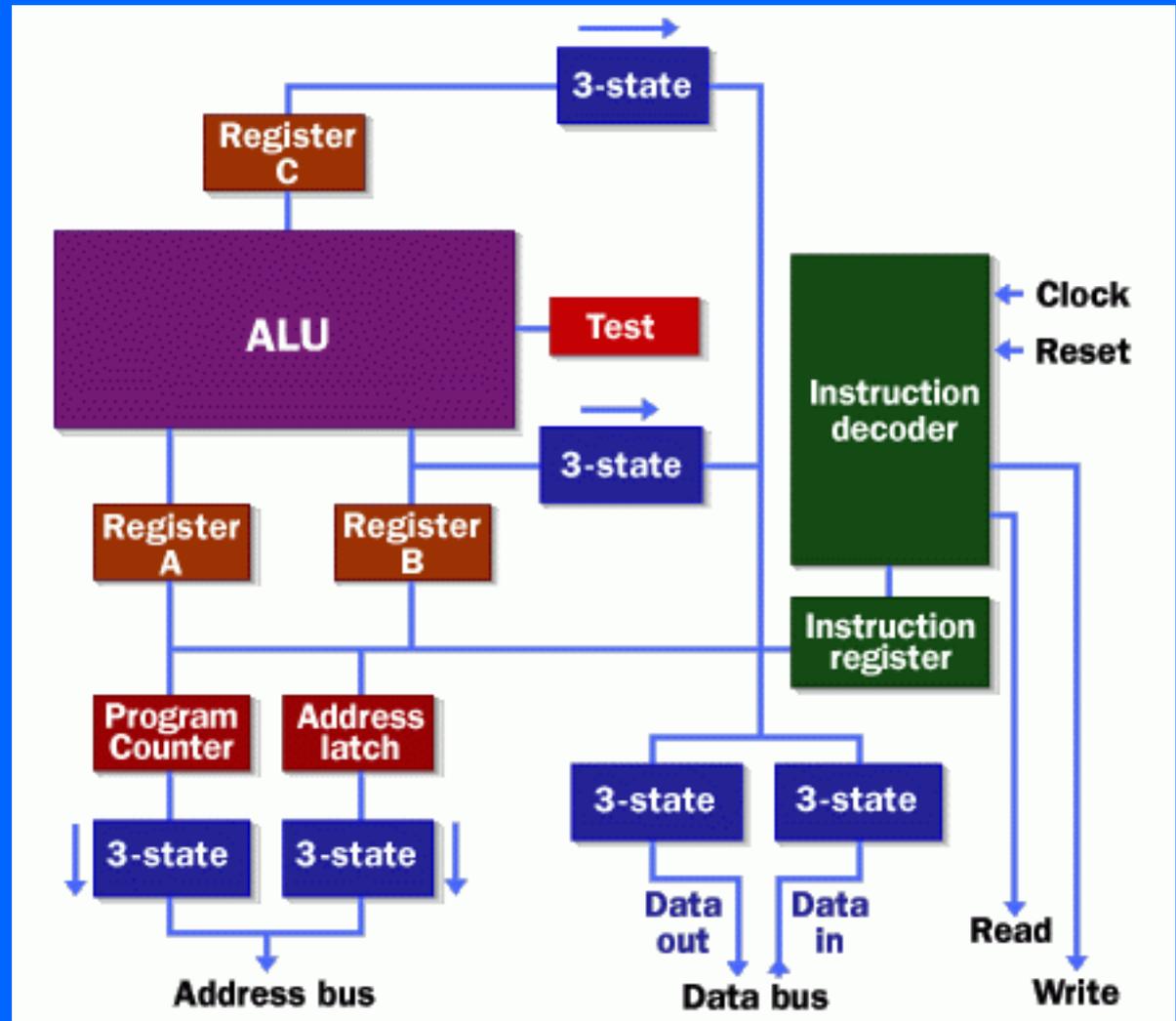
# Componentes del MP

## Arquitectura Simple

### Del MP

#### Componentes:

- ALU
- Registros
- Unidad de control
- Buffers de E/S e internos (por lo general de 3 estados)
- Buses internos y externos.



# Instruction Set Architecture (ISA)

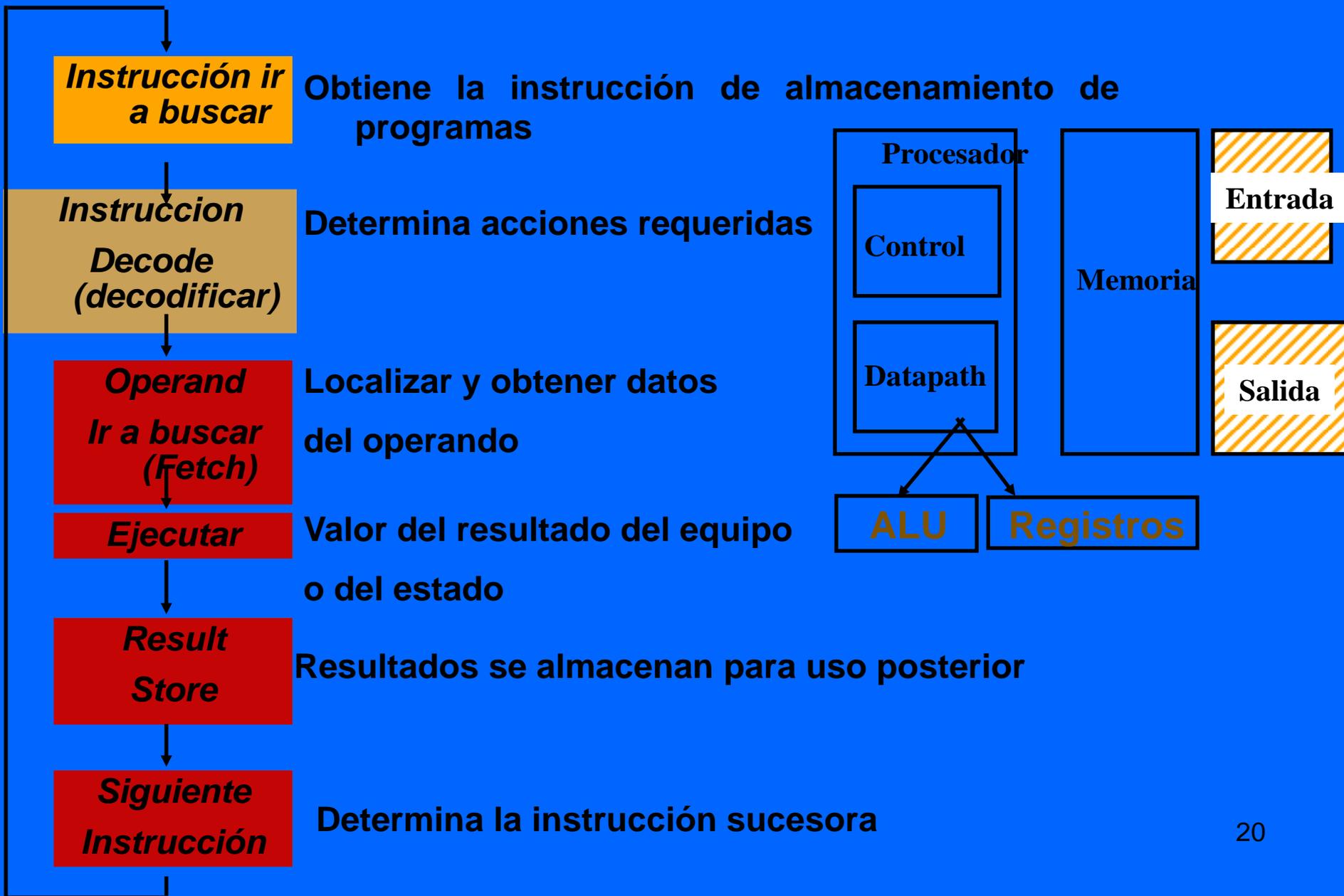
**ISA**, es la parte de la arquitectura de computadores en relación con la programación, incluidos los tipos de **datos nativos, instrucciones, registros, modos de direccionamiento, la arquitectura de memoria, manejo de interrupciones y excepciones, y E/S externa.**

Una ISA incluye una especificación del **conjunto de códigos de operación (lenguaje máquina)**, los comandos nativos implementados por un diseño particular de la CPU.

## ■ Las Instrucciones **incluyen**:

- \* **Instrucciones aritméticas** tales como **sumar** y **restar**
- \* **Instrucciones Lógicas** tales como **and**, **or**, y **not**
- \* **Instrucciones de datos** tales como **move**, **input**, **output**, **load**, y **store**
- \* **Instrucciones de control de flujo** tales como **goto**, **if ... goto**, **call**, y **return**.

# Ciclo de funcionamiento típico en MP



# Memorias

## Funciones Principales:

1. Almacenamiento de programas y datos.
2. El suministro de datos a la petición del MS
3. Aprobación de los nuevos datos de la MS para el almacenamiento

## Tipos de memorias:

- **RAM** (Random Access Memory)
  - **Estática (SRAM):** más rápida y más cara.
  - **Dinámica (DRAM):** Más lenta, más barata, de bajo consumo y gran escala de integración.
- **ROM** (Read Only Memory – Memoria de solo lectura) – OTP (One-Time Programmable = de un tiempo programable), **EEPROM**, **FLASH Memoria**
  - Conserva su contenido cuando se acaba.
  - Instrucciones de almacenamiento de los programas del Sistema que le dicen al MS qué hacer después de encender la unidad (por ejemplo la **BIOS**).<sup>21</sup>

# Puertos de Entrada/Salida (I/O)

- **Puertos de Entrada / Salida (I/O)** – son puntos (nodos) en los que los dispositivos periféricos se pueden conectar y pueden intercambiar información con la memoria y el procesador central.
- Los puertos contienen en sí mismos un número definido de registros, los cuales son utilizados para el almacenamiento temporal de varios tipos de datos. Las direcciones de los registros y sus funciones están definidas con precisión (standard).
- Tipos:
  - **puertos serie**, en los que los datos se transfieren bit a bit de forma secuencial (COM1, COM2);
  - **puertos paralelos**, en los que los datos se transfieren en paralelo (en un byte, una palabra, etc) (LPT1).
  - **puertos universales** (USB).

*(ver transparencia Número 6)*

# Buses

**A los Buses** se les denomina también **sistemas de líneas** para la conexión interna y externa entre los dispositivos en un Sistema informático.

Dependiendo de los dispositivos que se conectan, se pueden distinguir: un **bus de sistema** (bus principal), **buses internos** para la conexión con la memoria RAM principal, la conexión con la memoria Caché, buses de entrada/salida I/O, etc.

## Principales tipos de buses:

1. **Bus de direcciones**
2. **Bus de datos**
3. **Bus de control**

# Bus de datos

- A lo largo del bus de datos de intercambio de información (instrucciones o datos) se lleva a cabo entre el microprocesador y los dispositivos periféricos – se trata de un intercambio de dos vías.

## Ejemplos de transferencia de datos:

1. La lectura de las instrucciones de programación de la memoria.
2. El envío de datos desde el Sistema de MP a los puertos de E/S (I/O)
3. La lectura de datos desde los puertos de E/S y enviarlos al Sistema MP.
4. El envío de los resultados del Sistema de MP a la memoria.

Se trata de **operaciones de lectura y escritura**.

*Ancho de banda del bus de datos: 8086: 16 bits 80486: 32 bits, Pentium: 64 bits.*

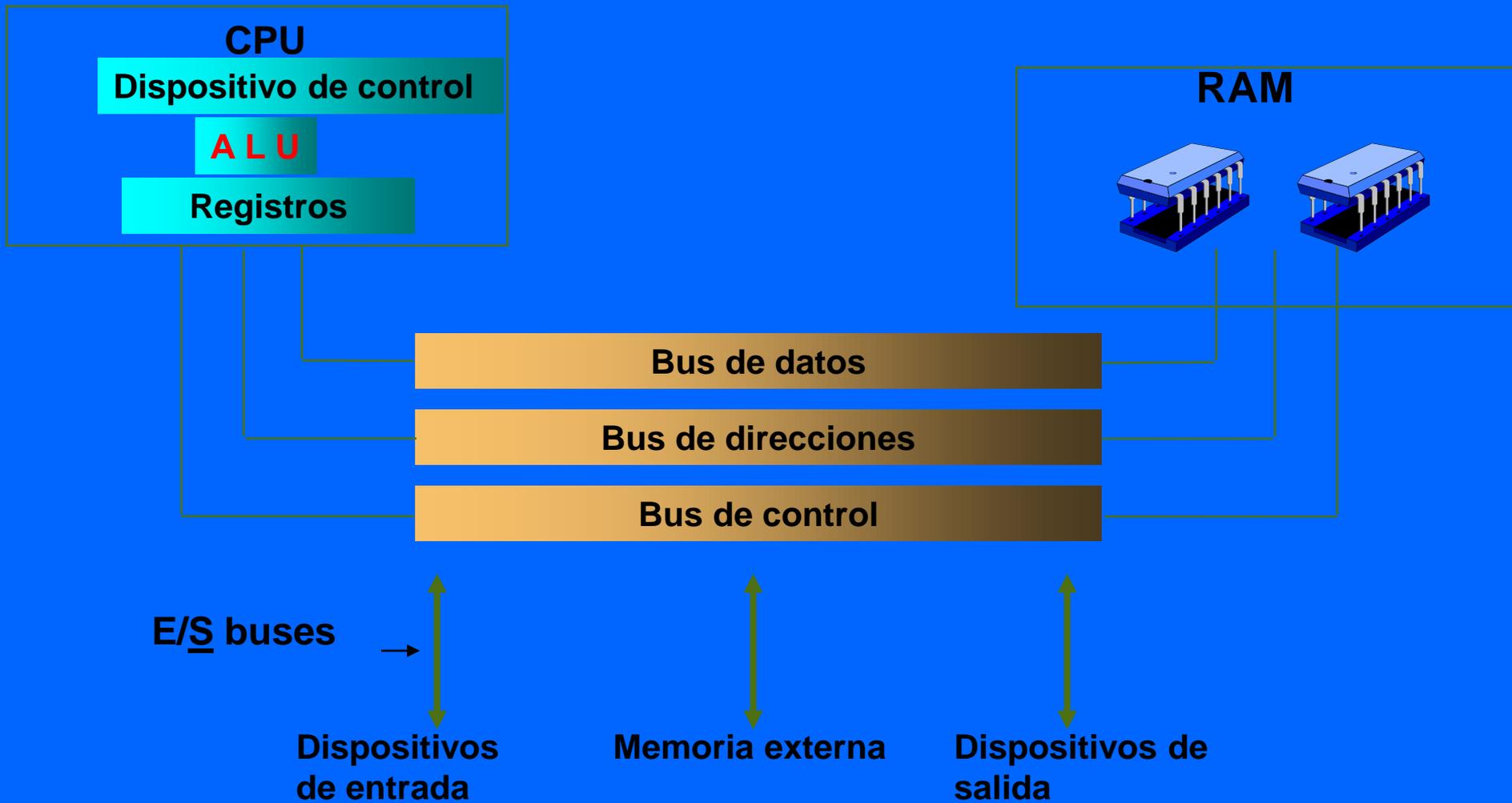
# Bus de direcciones

- **La dirección** es un número binario, identificando un lugar definido de la memoria o un Puerto de E/S, que participa en la transferencia de datos.
- **El bus de direcciones** está diseñado para enviar las direcciones, preparadas en el microprocesador, con el objetivo de elegir una celda definida de la memoria o un Puerto I/O (Entrada/salida)
- El bus de direcciones es de **un solo sentido**: las direcciones siempre son generadas por la MS.
- **El ancho del bus de direcciones: determina el tamaño de la memoria, que puede ser direccionado directamente por el microprocesador.**
  - **Pentium: 32 bits. Size:  $2^{32}$ bits = 4GB**
  - **Itanium: 64 bits. Size  $2^{64}$  bits = ...**

# Bus de Control

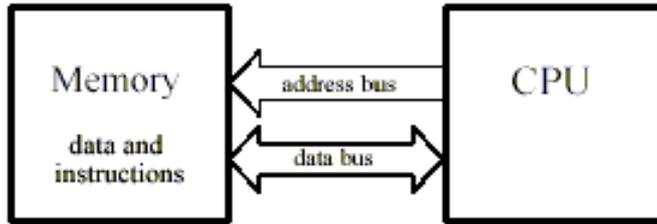
- El bus de control es utilizado para **el envío y la recepción de señales de control.**
- Las señales de control aseguran la **sincronización (control del tiempo)** entre el MS y el resto de los componentes del Sistema:
- **Típicas señales de control:**
  - **RD** (lectura) y **WR** (escritura) – señales de control sobre lectura y escritura
  - **reloj** – una señal de reloj
  - **Reset (restaurar)** – una señal de inicialización

# Conexión de los buses entre el MP, RAM y dispositivos de E/S ( I/O)

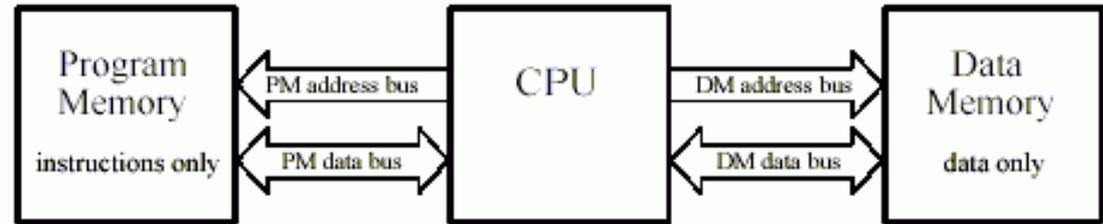


# Sistema MP – Tipos de interfaces en la memoria

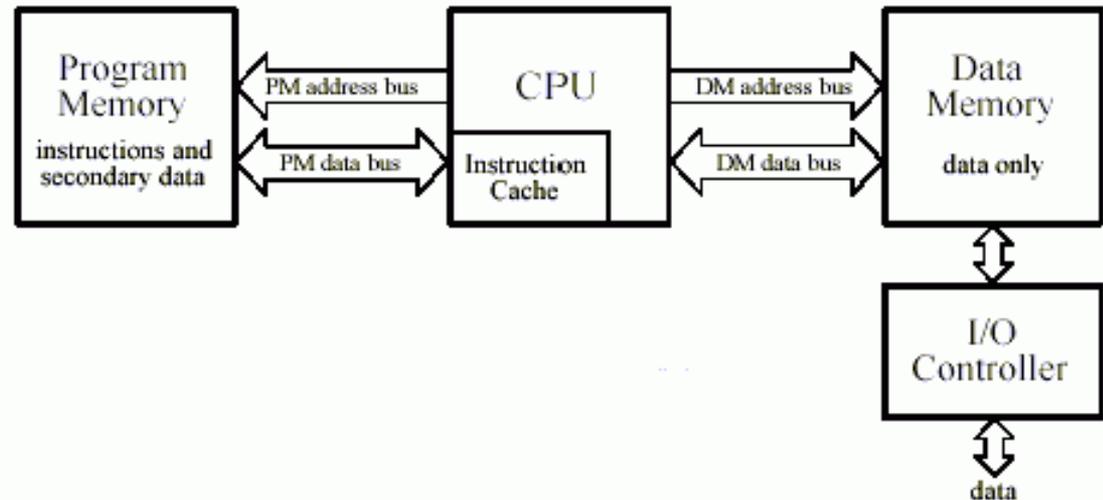
a. Von Neumann Architecture (single memory)



b. Harvard Architecture (dual memory)



c. Super Harvard Architecture (dual memory, instruction cache, I/O controller)



- **Arquitectura Von Neumann (Tipo Princeton)** – memoria común, bus de datos e instrucción.

- **Arquitectura Harvard** – memorias separadas, buses de datos e instrucciones

- **Arquitectura Super Harvard** – memorias separate + CACHE para instrucciones + controladores I/O (E/S).

- La arquitectura Harvard es típica para **microcontroladores y DSP**.

- También se utiliza en la organización de la **memoria CACHE** en los sistemas MP más complejos.

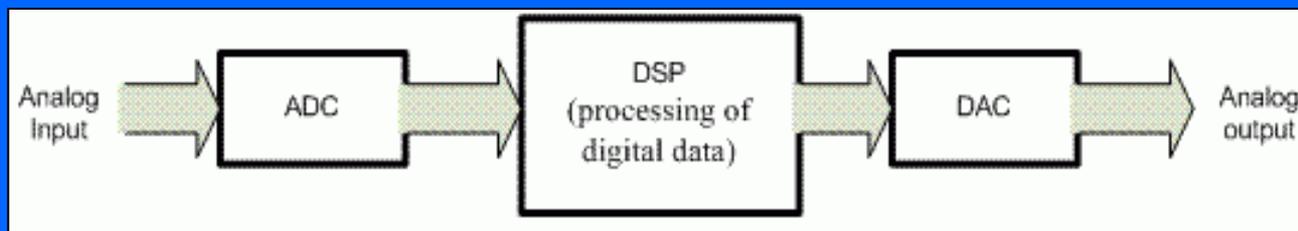
# Más sobre la Arquitectura Harvard

- Asignar los datos e instrucciones de programa a diferentes espacios de memoria. Cada espacio de memoria tiene un bus separado.
- Ésto permite:
  - Una temporización diferente, el tamaño y la estructura para obtener instrucciones de programas y datos.
  - El acceso simultáneo a los datos e instrucciones.
  - Borra la partición de datos e instrucciones (=> seguridad)
- Esto hace que sea más difícil de programar, ya que los datos estáticos pueden estar en el espacio del programa o en el espacio de datos.
- Si el espacio del programa y el espacio de datos son incompatibles, la copia de datos ya no es un (<start>, len) 29 volcado.

# Tipos especiales de microprocesadores

**ASIC – Application-Specific Integrated Circuit** (Circuito integrado de aplicación específica) – un circuito integrado (CI) para la aplicación específica (para una sola tarea y no para tareas generales). Por ejemplo, un chip, diseñado para funcionar únicamente en un **teléfono móvil**.

■ **DSP – Procesador Digital de Señal.** a Un microprocesador especializado, diseñado para el procesamiento digital de señales, con mayor frecuencia en tiempo real.



■ **FPGA – Field Programmable Gate Array** – un equivalente moderno de la serie de circuitos lógicos 7400, conteniendo bloques de lógica programmable y components, permitiendo uno y el mismo esquema del tipo de FPGA para ser utilizado en varias aplicaciones.\*\* (Los diseñadores de sistemas basados en FPGA usualmente utilizan un lenguaje de programación especializado como el Verilog o VHDL).

■ **Procesadores de medios** – procesadores de un solo chip especializados para efectos de video de alta calidad, audio, gráficos, procesado de imágenes, etc,<sup>30</sup>que poseen un gran poder de cálculo.

# Microcontroladores (MCU)

- **Un MCU es un microprocesador de un solo chip**, que se utiliza para controlar varios dispositivos.
- A diferencia de los microprocesadores de propósito general en los PCs, el MC se orienta a un número **limitado de tareas, y muchas veces a 1 tarea**.
- El MC típico generalmente **contiene toda la memoria y la periferia necesaria** para una aplicación dada:
  - **El procesador central** – por lo general pequeño y simplificado;
  - **Generador de señal de reloj** – más a menudo un oscilador, basado en un resonador de cuarzo o un circuito RC;
  - **RAM** para el almacenamiento de datos;
  - **ROM** o variaciones (PROM, EPROM, FLASH) para el programa;
  - **Interfaces de entrada/salida** – puertos en serie y paralelos;
  - **Otros** dispositivos periféricos, tales como temporizadores, contadores, ADC, etc.

# Tipos de microcontroladores – 1

- Un número de compañías globales, líderes en producción de MP y CI como **Atmel, Motorola, Fujitsu, Intel, Microchip, NEC, Silicon Motion, Ubicom, Hitachi** y otros, emprendieron el desarrollo del MC.
- Las diferentes compañías desarrollaron diferentes enfoques: algunos de ellos (**Motorola, Intel**) utilizaban la arquitectura **CISC** similar para la producción de microprocesadores, desarrollado por ellos a una gran escala de integración, así como también un gran conjunto de instrucciones y modos de direccionamiento, lo que hace que el MC se encuentre más próximo a los MPs universales.
- Otras compañías como **Microchip** adoptaron la arquitectura **RISC** con un pequeño número de instrucciones, llevadas a cabo en un ciclo de máquina y unas pocas direcciones, así como la arquitectura **Harvard** con memorias separadas, buses de datos e instrucciones.

# Tipos de microcontroladores– 2

- Representantes típicos de Intel son MC con:
  - Arquitecturas de 8-bits del tipo:
    - MCS-48 (familia 8048, incluyendo 8035, 8038, 8039, 8040, 8X42, 8X49, 8050; X=0 o 7),
    - MCS-51 (family 8051, incluyendo 8X31, 8X32, 8X52; X=0, 3, o 7) y
    - 8XC551/552
    - Arquitecturas de 16-bit del tipo de MCS-96 (familia 8096, incluyendo 8061).
- Este tipo de MC incluye un gran número de instrucciones (111 para los de 8-bits) y caminos de direccionamiento, la mayoría de los cuales son similares a los de la arquitectura 80x86.
- Para la compañía **Motorola** los representantes típicos son los de 8-bit 68HC05, 68HC08, 68HC11 y de 16-bit 68HC12 y 68HC16. Por otro lado, son similares en cuanto a la arquitectura y tipos de instrucciones con respecto a los procesadores de propósito general.
- Las compañías Intel y Motorola también ofrecen microcontroladores de 32-bits.

# Tipos de microcontroladores– 3

- **Intel** y **Motorola** basicamente utilizan arquitectura **Von Neumann** con memoria común, bus de datos e instrucciones (Tipo de arquitectura **Princeton**).
- **Familias PIC MC de Microchip** – RISC MC con arquitectura **Harvard**
  - Familia PIC12CXXX/PIC12FXXX 8-pin instrucciones 12/14-bit
  - Familia PIC16C5X instrucciones de 12-bit
  - Familia PIC16CXXX/PIC16FXXX instrucciones de 14-bit
  - Familia PIC17CXXX instrucciones de 16-bit
  - Familia PIC18CXXX/PIC18FXXX modelo avanzado, instrucciones de 16-bit
  - Familia PIC32MX3xx 32-bit MC con velocidades de reloj más altas y la memoria y muchos otros dispositivos embebidos.

# Ejemplo: Microcontrolador PIC16F8X

## Diagrama de bloque

### PIC16F84 incluye:

Memoria FLASH de programación 1Kx14

RAM (archivos de registro) 68x8

EPROM memoria de datos 64x8

Temporizador – TMR0

Temporizadores adicionales (watch-dog etc.)

Puertos E/S (I/O) :

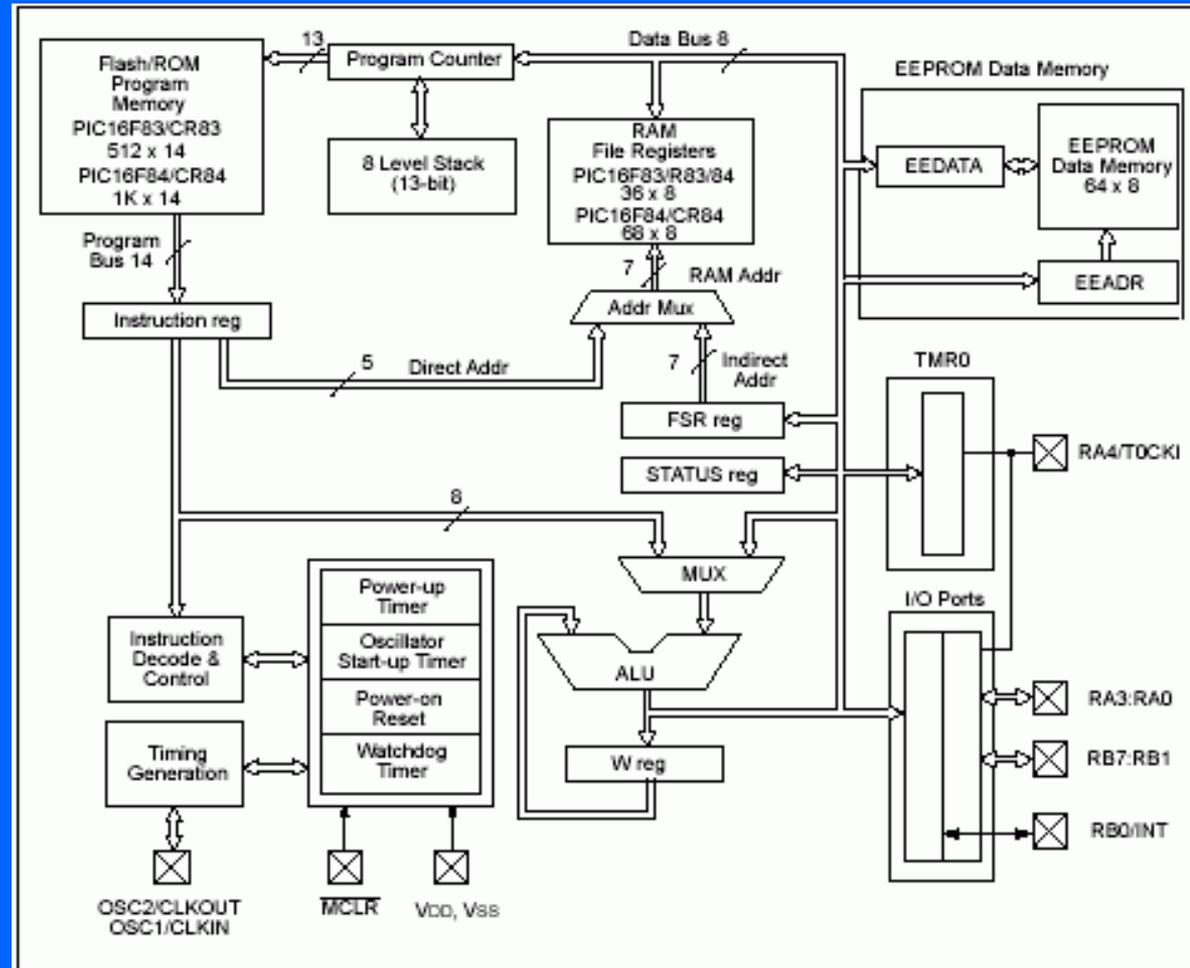
RA – 5 terminales

RB – 8 terminales

Reloj – externo/interno

Arquitectura Harvard – RISC

Instrucciones - 35



# Microcontroladores megaAVR — series ATmega (1)

- Ofrecen la más **extensa selección de dispositivos y opciones periféricas** y son adecuados para una gran variedad de aplicaciones. Contienen dispositivos con interfaces para LCD USB, CAN y LIN además de las interfaces standards SPI, UART y I2C.
- Son desarrollados para aplicaciones, requieren un gran código de programación y ofrecen una **memoria para grandes programas y volúmenes de datos**.
- Cuando el proyecto requiere algo más poderoso, **la solución es un MegaAVR**. El rendimiento aquí es de **1MIPS por 1MHz**.
- **Universalidad**: El MC de la familia megaAVR se utiliza para dispositivos de uso general, así como para los dispositivos periféricos especializados, tales como los controladores USB o LCD, CAN, LIN y controladores Power Stage, etc.

# Microcontroladores megaAVR — series ATmega(2)

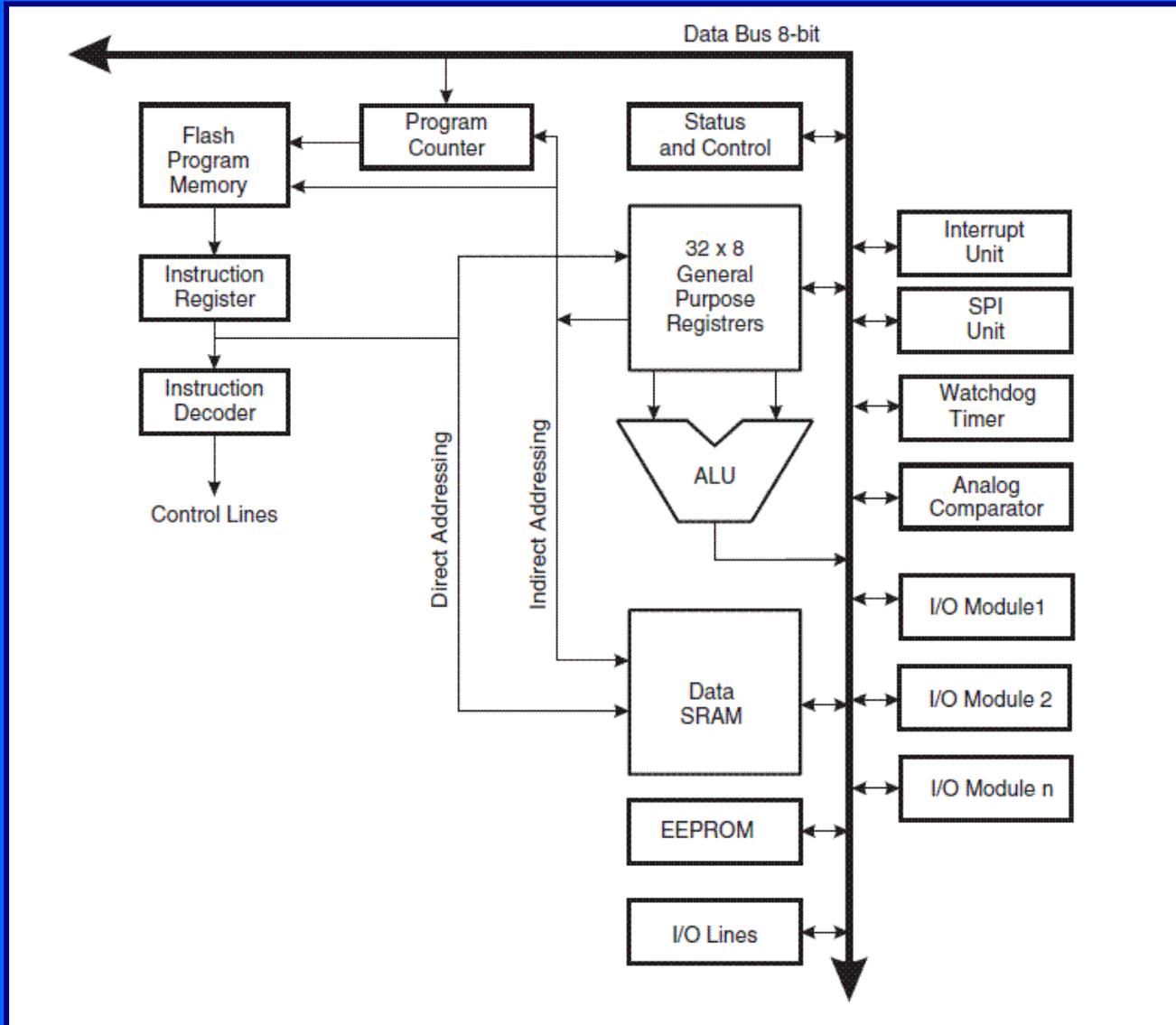
- **Bajo consumo**: El consumo de corriente **es inferior a 200 uA a 1.8V y 1MHz** y aproximadamente **100 nA** en modo **power-down**.
- **Alta integración**: Los MCs megaAVR ofrecen volúmenes diferentes de **memoria flash** para los programas, **SRAM**, embebido **EEPROM** para datos, un comparador analógico, un multicanal de 10-bit de ADC, la elección de un generador de señal de reloj precisa interno o externo y común de puertos de E/S. Los puertos de E/S con funciones alternativas funcionan como entradas para el ADC o salidas para PWM. Contienen un temporizador de guarda incorporado y detector Brown Out.
- Los MCs megaAVR contienen también **dispositivos analógicos adicionales embebidos** tales como un medidor de temperature, comparador analógico rápido y amplificador analógico programmable. Un sensor de temperature interno permite la calibración fiable de los parámetros del Sistema.
- **Los microcontroladores ATmega** difieren principalmente en la cantidad de la memoria de programa y otros tipos de memoria, y el volumen de la memoria de programa pueden ser definidos por los **números después de ATmega**. Hay ciertas, aunque no grandes, diferencias en los módulos periféricos también.

# Microcontrolador ATmega32

■ **AVR ATmega32** es un **CMOS RISC 8-bit MC**, programmable con la memoria de programación Flash, que es reprogramable hasta 1000 veces. Tiene **32 registros operacionales**. Las instrucciones se ejecutan en un ciclo, lo que permite alcanzar el rendimiento de hasta **1MIPS/MHz**. El paquete DIP con **40 terminales**. Estos son algunos de los parámetros básicos:

- Arquitectura avanzada **RISC y Harvard** con una tasa de ciclo hasta de 16 MHz.
- **131 potentes instrucciones** – la mayoría ejecutadas **durante 1 ciclo de máquina**
- **32 x 8-bit registros** de propósito general.
- Esquemas absolutamente estáticos.
- Rendimiento de hasta **16 MIPS a 16 MHz**
- **Multiplicación embebida para 2 ciclos**
- Memoria: **32KB memoria FLASH**, programmable en su lugar; **1KB EEPROM** para datos; **2KB de SRAM embebido**.
- Número de ciclos Escritura/Borrado: **10,000 para Flash/100,000 para EEPROM**
- Almacenamiento de datos: **20 años a 85°C/ 100 años a 25°C**
- **Interfaz JTAG** (compatible con el estándar IEEE 1149.1) para el ajuste y la programación in situ.

# AVR – Un diagrama de bloque simplificado



# ARM microprocesadores y microcontroladores

- **ARM** - abreviación del inglés **Advanced RISC Machine (Máquina Avanzada RISC)** – una de las más ampliamente utilizadas microprocesadores de 16/32-bit y microcontroladores en el mundo de los dispositivos de telefonía móvil.
- El desarrollo original de los núcleos ARM pertenece a la compañía **Acorn Computers Ltd.**, pero actualmente los microprocesadores y microcontroladores basados en ARM son producidos por muchas compañías: **Alcatel, Atmel, NEC, NVIDIA, NXP (anteriormente Philips), Oki, Qualcomm, Samsung, Sharp, ST Microelectronics, Symbios Logic, Texas Instruments, VLSI Technology etc.**
- Desde **2009**, los procesadores ARM representan casi el **90% de todos los procesadores RISC embebidos de 32-bit** (electrónica de consumo, asistentes digitales personales - PDA, teléfonos móviles, reproductores iPod y otros medios de comunicación digitales y reproductores de audio, consolas de juegos, calculadoras, HDD, routers etc.).
- Familia ARM MP incluye **ARM7, ARM9, ARM11 y Cortex**. Las velocidades de reloj varían ampliamente – de decenas de MHz a 1GHz.
- **ARMs** son una muy buena combinación de la lógica moderna, de alta funcionalidad, bajo consumo (en su mayoría son CMOS), de bajo coste, la arquitectura es simplificada, lo que permite una fácil integración en varios dispositivos. ([http://en.wikipedia.org/wiki/ARM\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/ARM_architecture)).

# Ejemplo: Microcontrolador NS7520 de ARM7TDMI

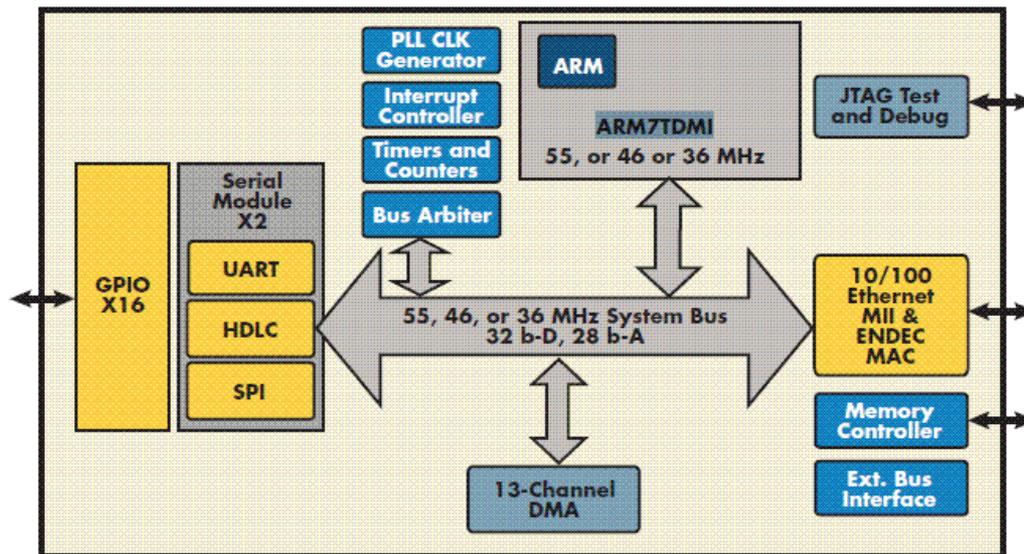
## Diagrama de Bloque

### Product Brief

# NS7520

NET+ARM Processors

**NS7520**  
177-Pin BGA; Lead-Free, RoHS Compliant

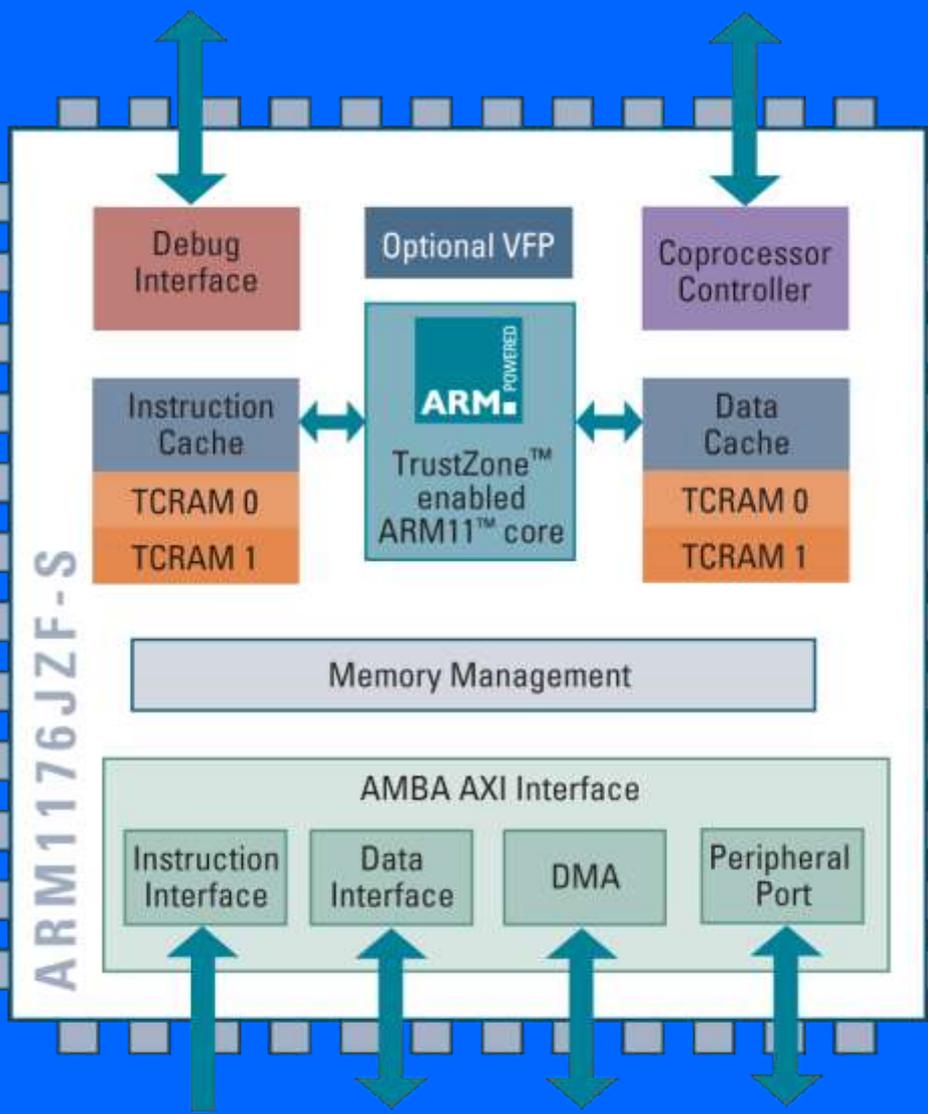


- 32-bit, 36, 46 or 55 MHz NET+ARM processor
- 0.18 micron CMOS process
- 10/100Base-T Ethernet
- Low-cost



Información sobre el producto.

# Ejemplo: Microcontrolador con núcleo ARM 11



**Debug Interface = Interfaz de depuración**  
**Coprocessor Controller = controlador del coprocesador**

**Data cache = caché de datos**  
**Instruction Cache = caché de instrucciones**

**Memory Management = Gestión de la Memoria**

**TrustZone enabled = Trustzone habilitada**  
**Peripheral Port = puerto de periféricos**  
**Data Interface = Interfaz de datos**  
**Instruction Interface = Interfaz de instrucciones**

# Sistemas embebidos, que utilizan ARM



**Automotive:** Automotor  
**Microcontrollers:**  
Microcontroladores

**Wireless:** sin cable  
**Imaging:** escaneo  
**Storage:** Almacén  
**Networking:** la creación de redes  
**Security:** seguridad  
**Consumer:** consumidor

# Sistemas embebidos - ejemplos

- **Máquinas y otros dispositivos de respuesta y contestación automática.**
- **Sistemas para el control automático de objetos en movimiento.**
- **Los teléfonos móviles y sistemas GPS**
- **Dispositivos de una red de ordenadores**, tales como routers, hubs, firewalls etc.
- **Impresoras para computadoras, copiadoras y dispositivos multifunción.**
- **Dispositivos de control para HDD y FDD**
- **Controladores de un motor de automóvil, sistemas de frenos, sistemas de cierre, etc**
- **Aparatos electrodomésticos** tales como refrigeradores, acondicionadores de aire, sistemas de seguridad, hornos de microondas, lavadoras, TV y sistemas de DVD, etc.
- **Equipamiento médico**
- **Los asistentes personales** como computadoras portátiles, notebooks, etc.
- **Controladores Lógicos Programables (PLC)** para aplicación industrial.
- **Dispositivos para juegos de video.**
- **Cámaras digitales y cámaras de video, etc.**

# Algunos ejemplos prácticos de sistemas Embebidos (ES)

## NASA's Mars Rover

PathFinder: Uses Intel 80C85 8-bit Microprocessor



# Algunos ejemplos prácticos de sistemas Embebidos (ES)

## 2003 MAR'S Rover

### Spirit/Opportunity

- Use BAE Systems RAD6000 32-bit RISC Processor
- Radiation hardened IBM POWER series 6000 CPU
- Employ VxWorks Embedded Real-time Operating System from Wind River.



# Algunos ejemplos prácticos de sistemas Embebidos (ES)

## Robotic Dog



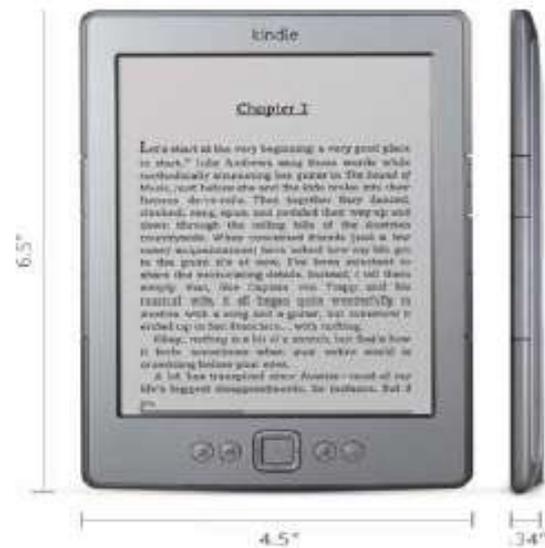
Aibo ERS-110 by  
Sony

64-bit MIPS RISC  
Processor

# Algunos ejemplos prácticos de sistemas Embebidos (ES)

## Amazon Kindle-2

Uses 32-bit  
ARM  
processor



*Reads like real paper — no glare, even in bright sunlight*

# Algunos ejemplos prácticos de sistemas Embebidos (ES)

## Freno Electrohidráulico de Bosch.

### Bosch Electrohydraulic Brake EHB

① Electrohydraulic actuator for EHB, ABS, ASR, ESP

② EHB - ECU

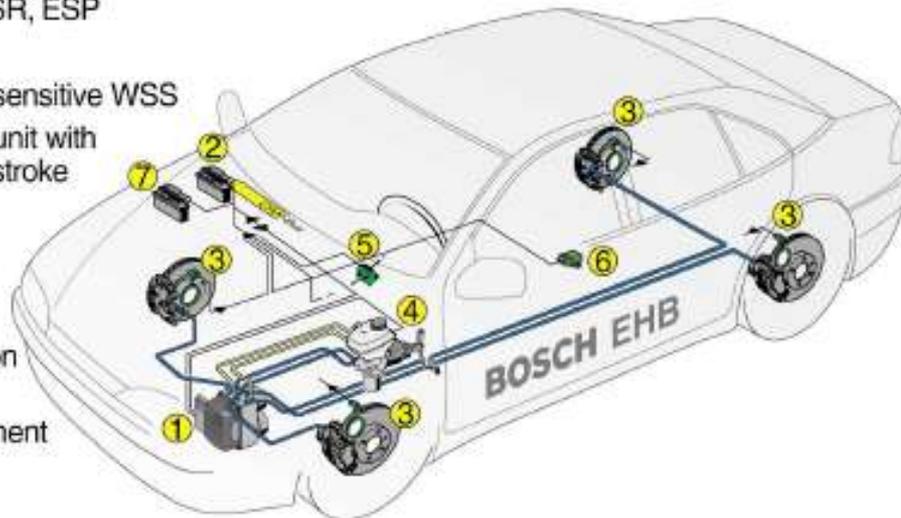
③ Active, direction-sensitive WSS

④ Brake operation unit with integrated pedal stroke sensor

⑤ Steering wheel angle sensor

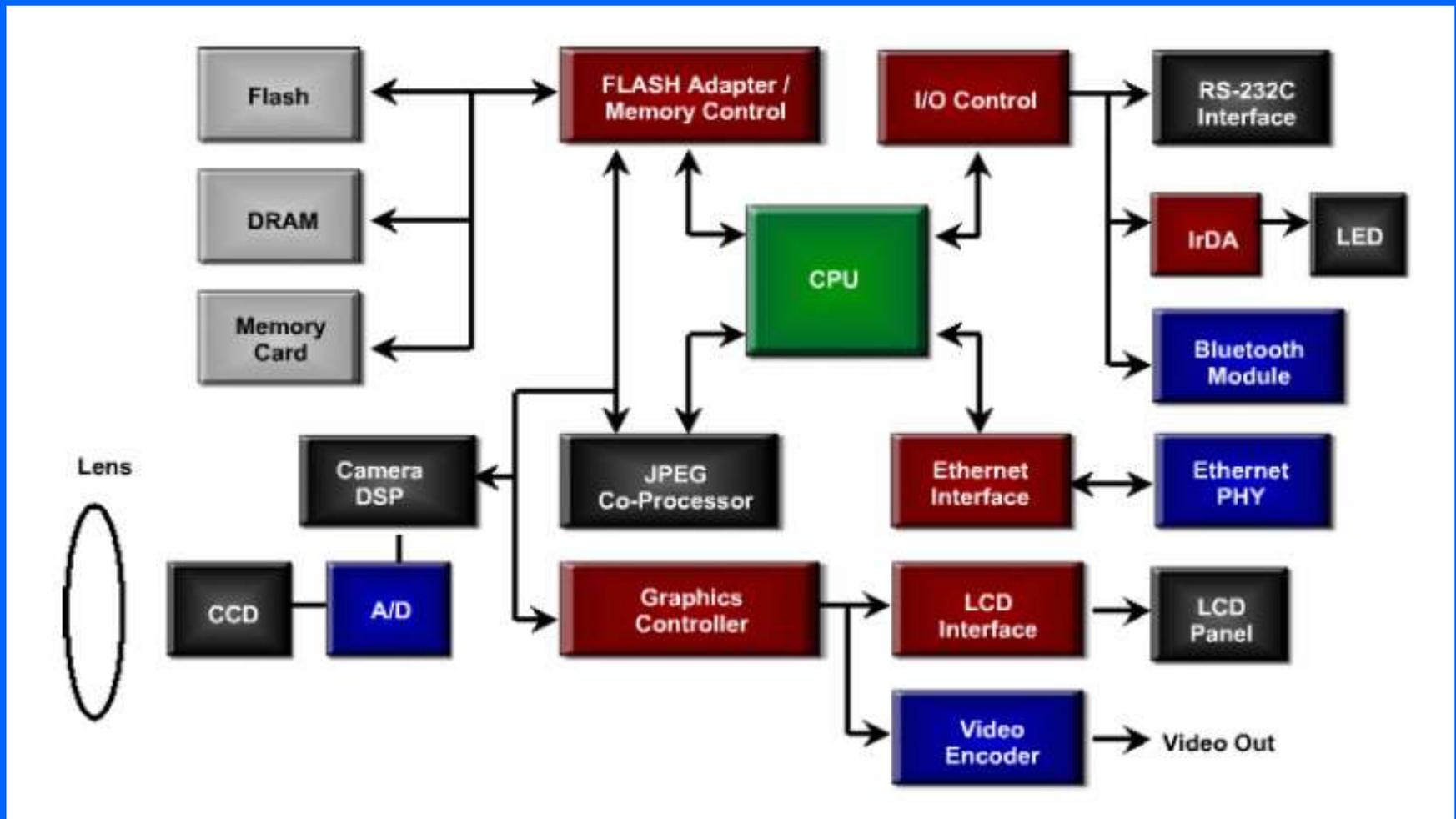
⑥ Yaw rate and lateral acceleration sensor

⑦ Engine management ECU



1. Actuador electrohidráulico
2. EHB-ECU
3. Sensor de dirección WSS
4. Unidad de operación de freno con sensor de recorrido del pedal integrado
5. Sensor de ángulo del volante
6. Sensor de velocidad de viraje y aceleración lateral
7. Gestión del motor ECU.

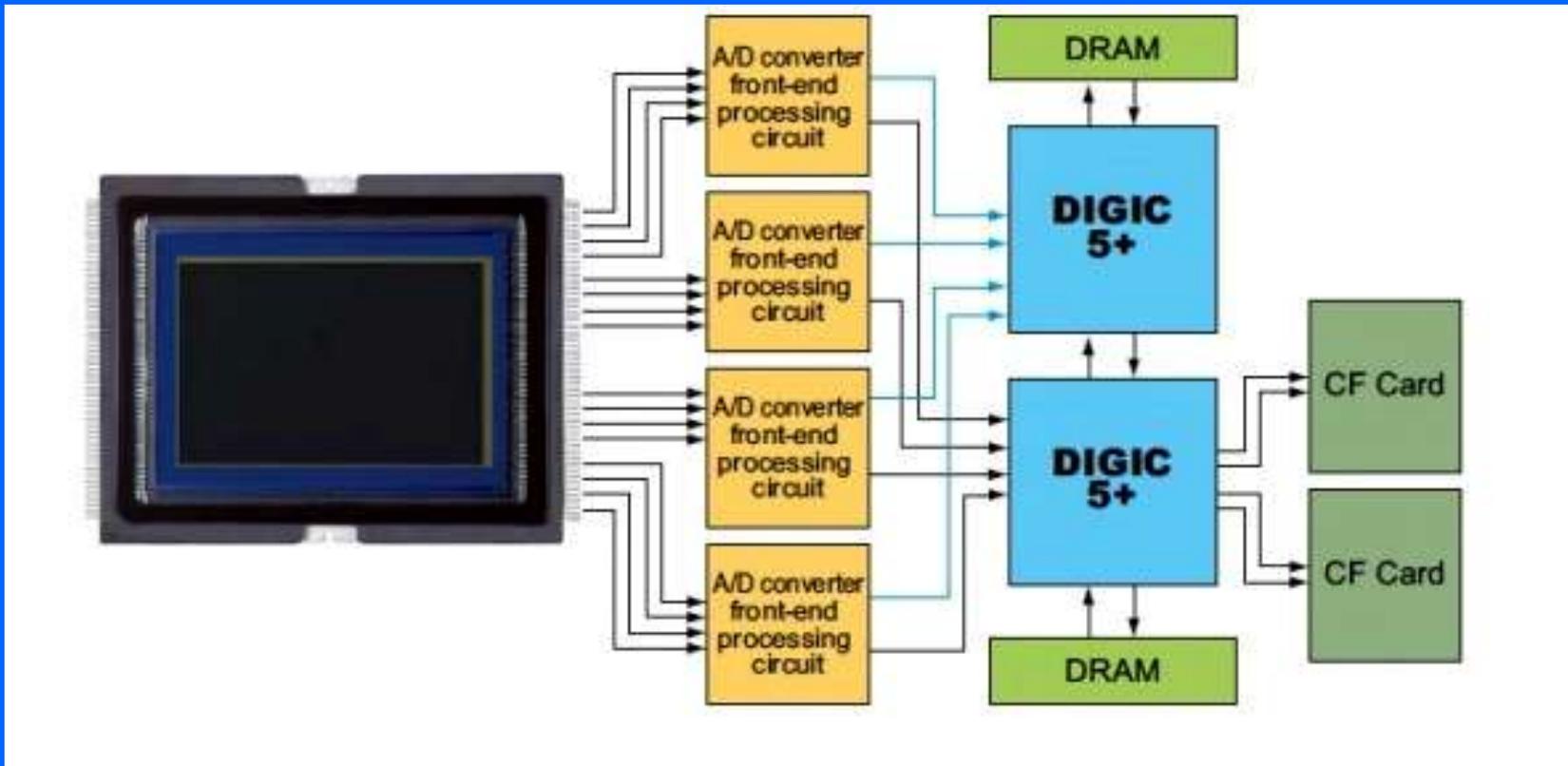
# Diagrama de bloque de la cámara digital



Dentro de la cámara digital normalmente existen 2 procesadores: **CPU central** y **procesador de imagen (DSP)**

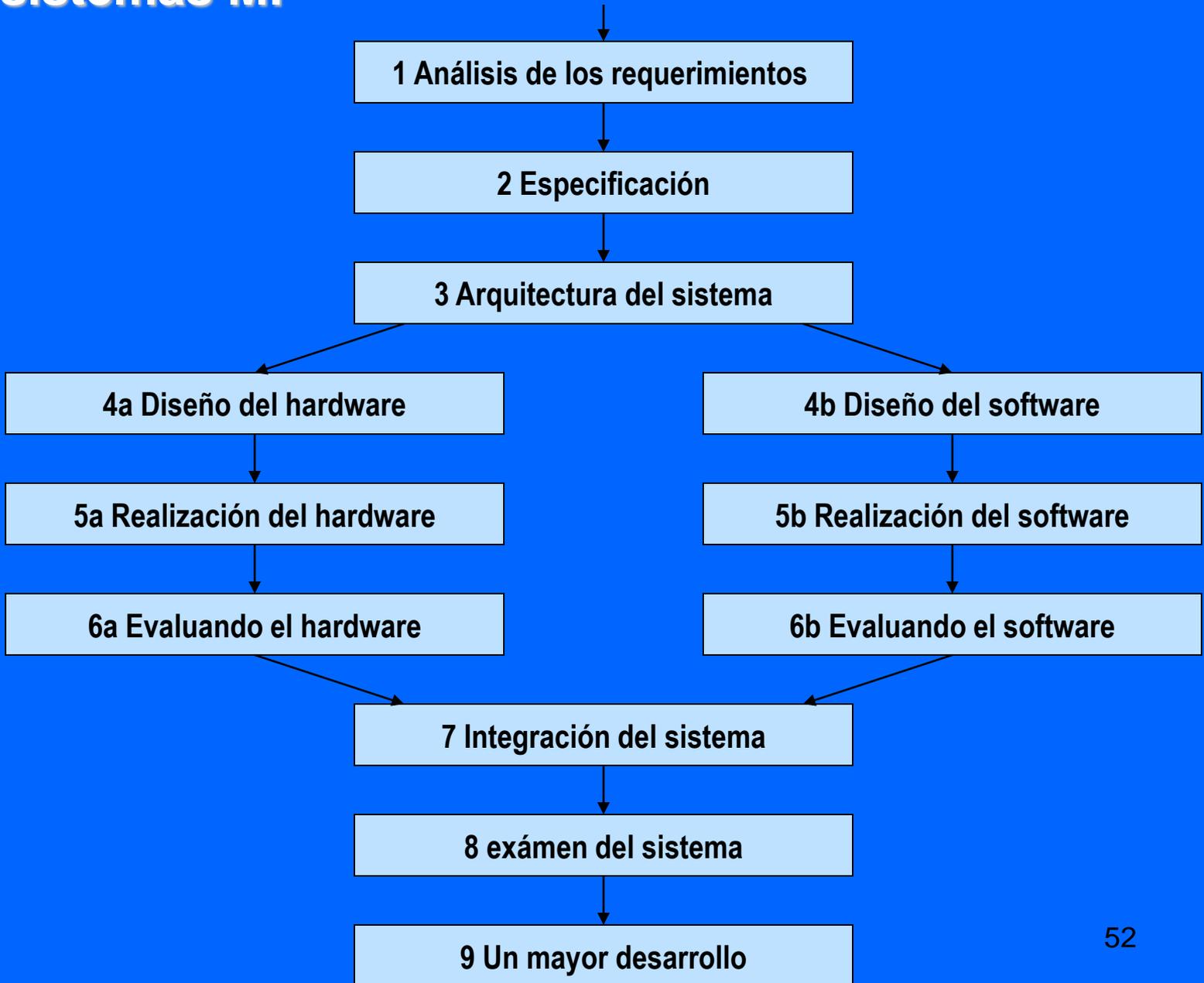
# Procesadores de la Cámara digital CANON

La cámara Canon EOS 5D Mark II tiene un procesador DIGIC 4 DSP. El [Canon EOS 7D](#) utiliza procesadores duales DIGIC 4, mientras que la marca nueva [PowerShot G1 X](#) tiene un DIGIC 5, y el buque insignia [Canon EOS-1D X](#) viene con procesadores dual DIGIC 5+, siempre que exista un procesador separado DIGIC 4 para el Sistema de medición.



# Diseño de sistemas MP

## Necesidades del Usuario



# Cuestiones de Control

- ¿Cuáles son las características básicas de los sistemas embebidos (ES)?
- ¿Cuáles son las características típicas de la CPU y la memoria utilizada en ES?
- Comparar las principales características de la MCU de la serie PIC, AVR y ARM?