

Tema 1: Introducción

- Sistemas Basados en Procesador/es
- Qué es un sistema empotrado (SE)?

Bibliografía: (Capítulos introductorios)

“Computer as Components: Principles of Embedded Computing System Design”. Wayne Wolf. Morgan Kaufmann P, 2000. Cap. 1 (1.1, 1.2)

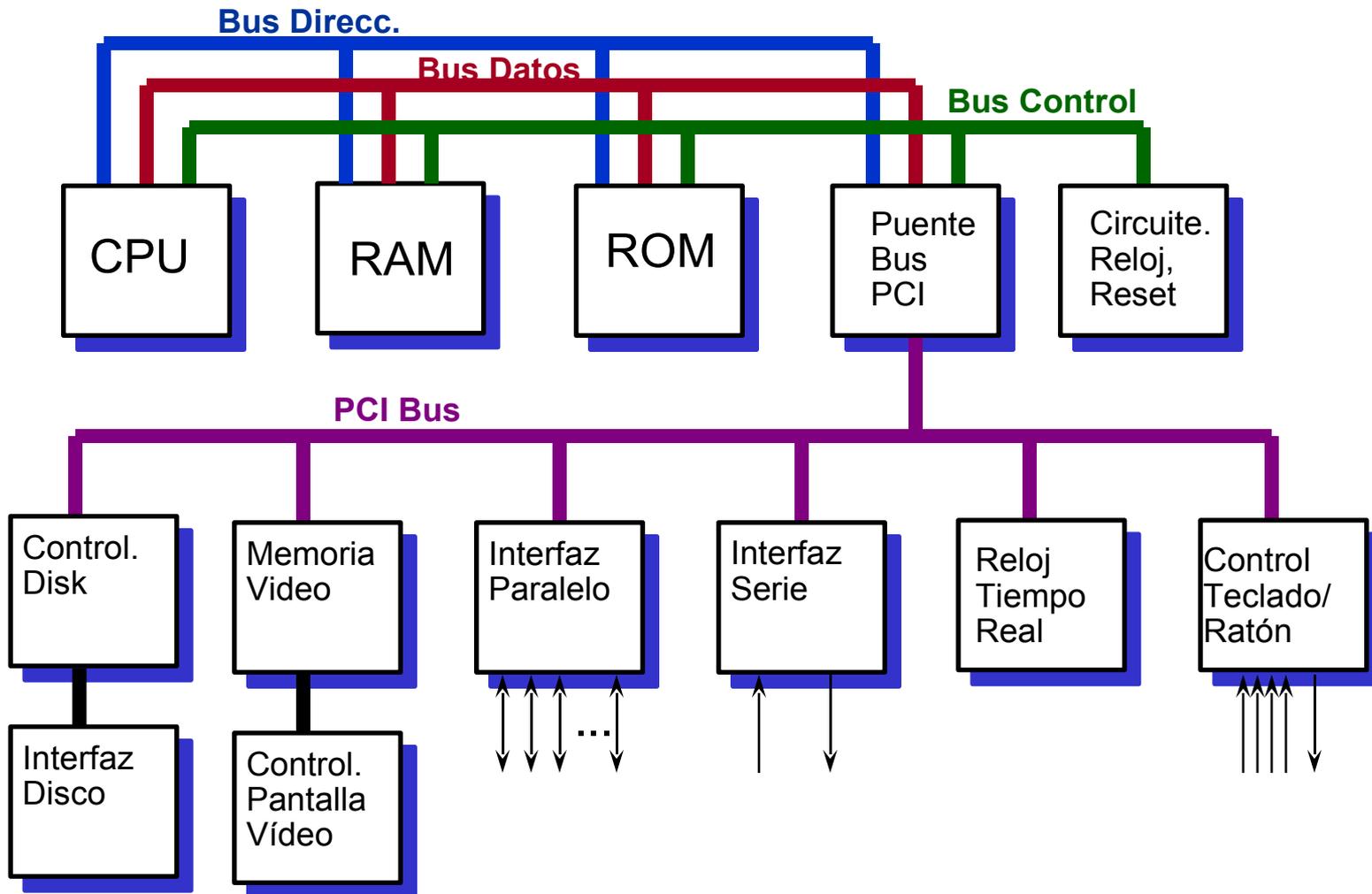
“Embedded Systems Design: An introduction to Processes, Tools, & Techniques”. Arnold S. Berger. CMP Books, 2002. Introducción.

Microcomputadores

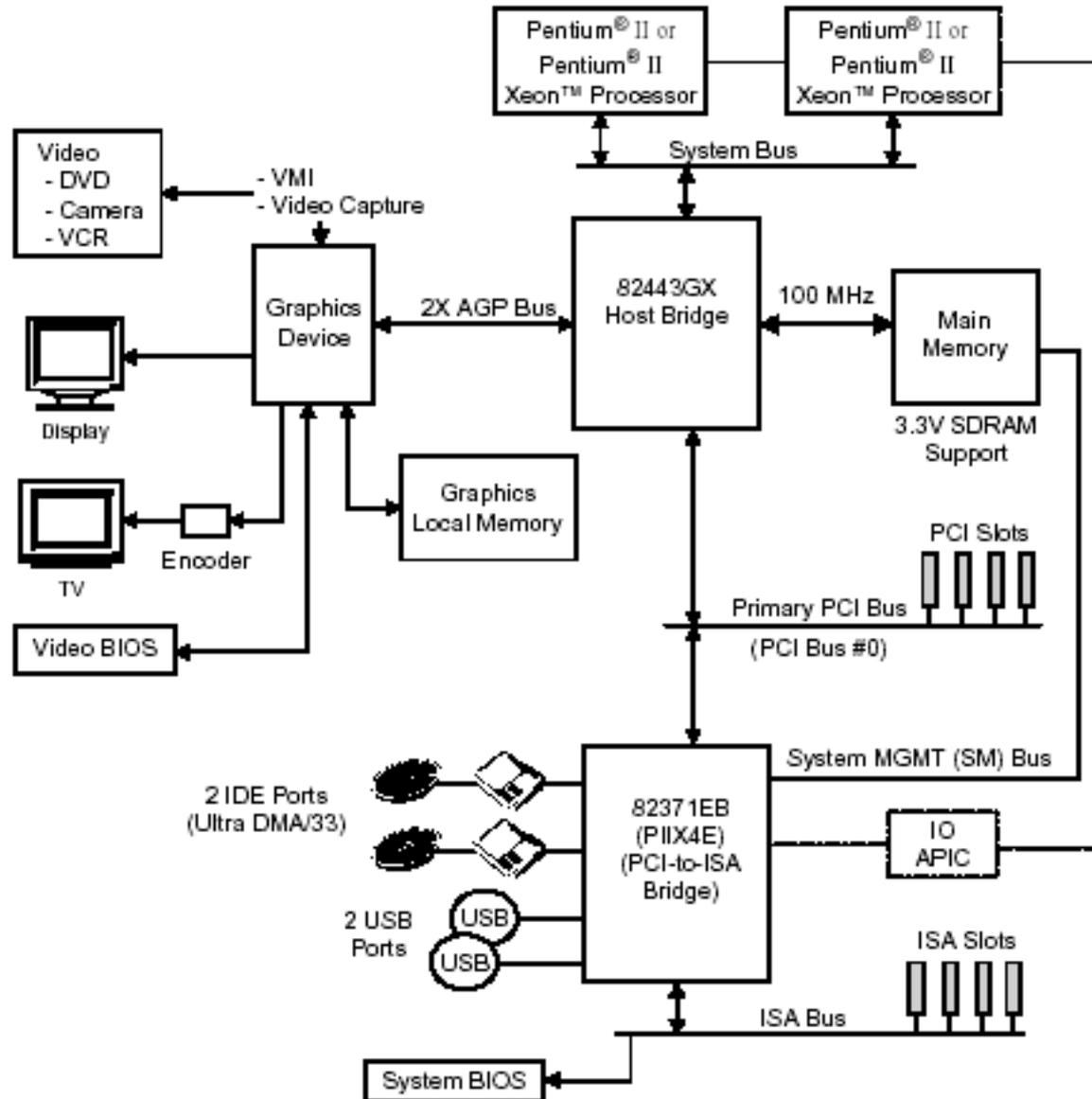
- Los Microcomputadores son computadores basados en microprocesadores
 - Microcomputadores de propósito general
 - PCs, Macs, Suns, etc.
 - Generalmente requieren una gran cantidad de circuitería de soporte
 - Memoria, comunicaciones, E/S, teclados, monitor...



Microcomputadores internamente



Ejemplo de microcomputador: PC de Intel



Ventajas e Inconvenientes

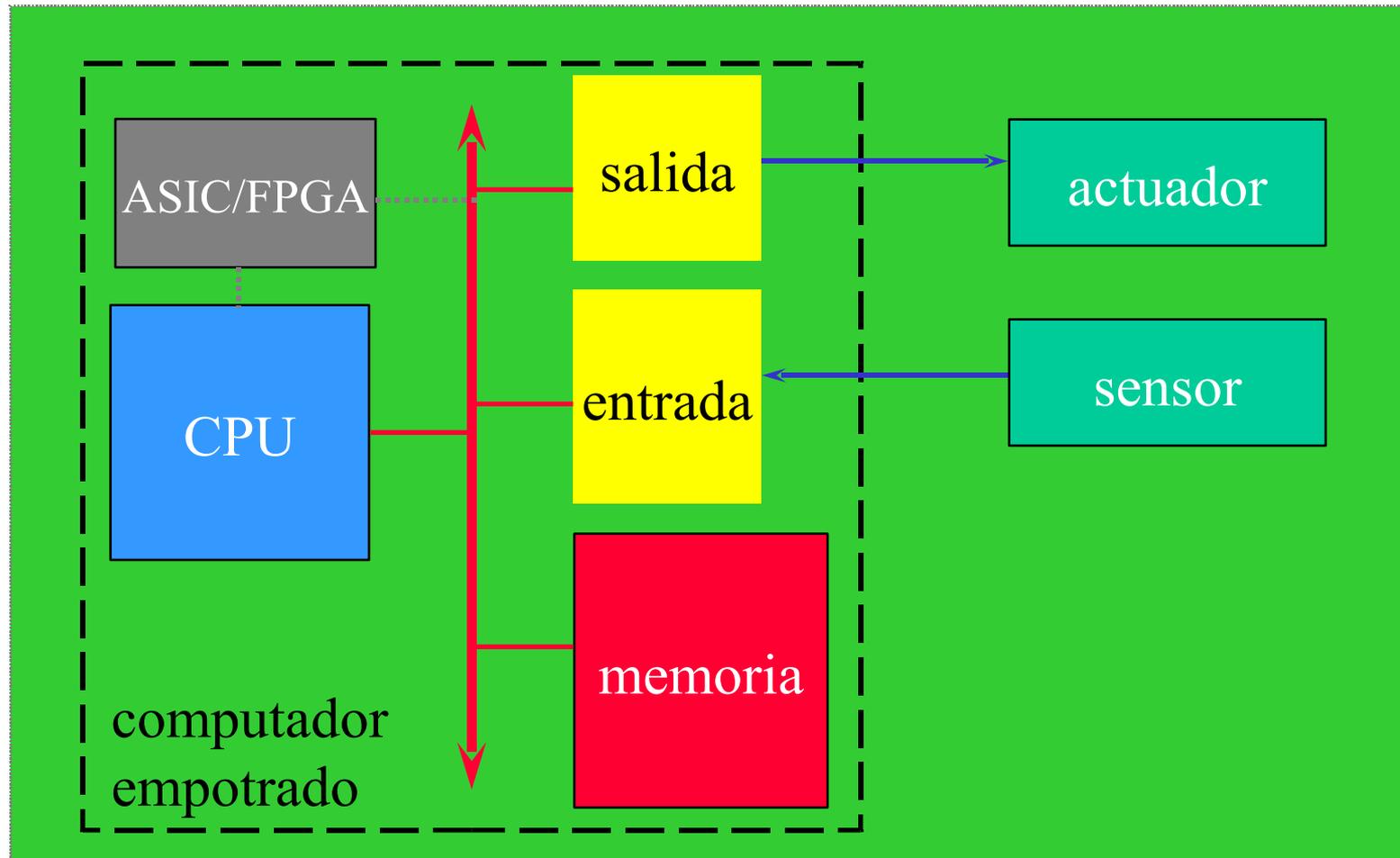
- **Ventajas de un computador de propósito general**
 - **Flexible** – puede ejecutar muchos programas e interconectarse con muchos dispositivos
 - **Expandible** - puede ser actualizado con nuevo hardware
 - **Coste-efectivo** – el coste de añadir un nuevo programa es pequeño
 - **Economía de escala** – Se construyen millones...
- **Desventajas**
 - Debe ser un “super” sistema, capaz de ejecutar cualquier programa
 - Alto precio
 - Relativamente grande, corta duración de las baterías

Definición de Sistema Empotrado

- **Sistema empotrado (SE)**
 - Cualquier dispositivo que incluye un computador programable pero no es en sí mismo un computador de propósito general
 - Trabaja en un entorno reactivo y con restricciones temporales
- Toma ventaja de las características de la aplicación para optimizar el diseño:
 - No necesita todas los adornos y guirnaldas (funcionalidades) del propósito general
- Software: usado para darle las características de funcionamiento y flexibilidad
- Hardware= {Procesadores, ASICs, Memoria,...}: utilizado para darle prestaciones (y seguridad)

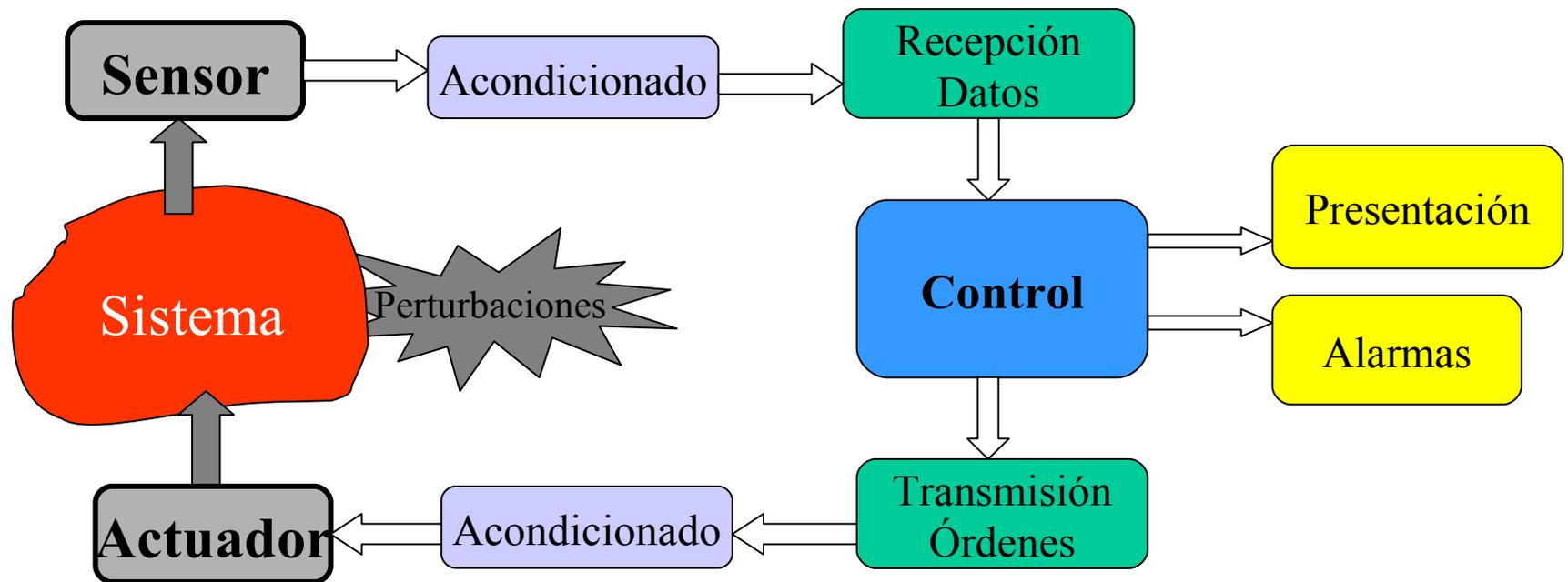
Computador empotrado

- Componentes hardware de un SE



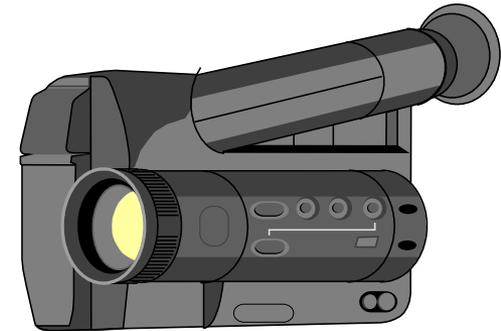
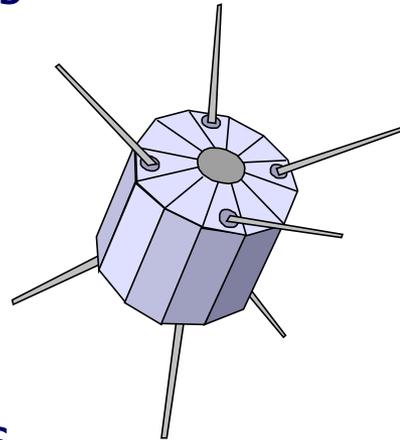
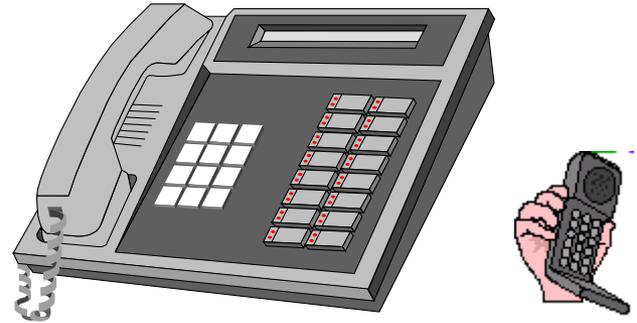
Estructura Básica de un Sistema Empotrado

- Componentes funcionales de un SE



Ejemplos

- Productos de Computadores/Comunicaciones: DVD/CD-ROM, Teclado de PC, Impresora, FAX
- Aplicaciones multimedia: Teléfono celular, Personal Digital Assistant (PDA), GameBoy
- Automóvil: motor, frenos, mandos, etc
- Televisión
- Electrodomésticos: lavadoras, microondas, etc
- Juguetes, etc.



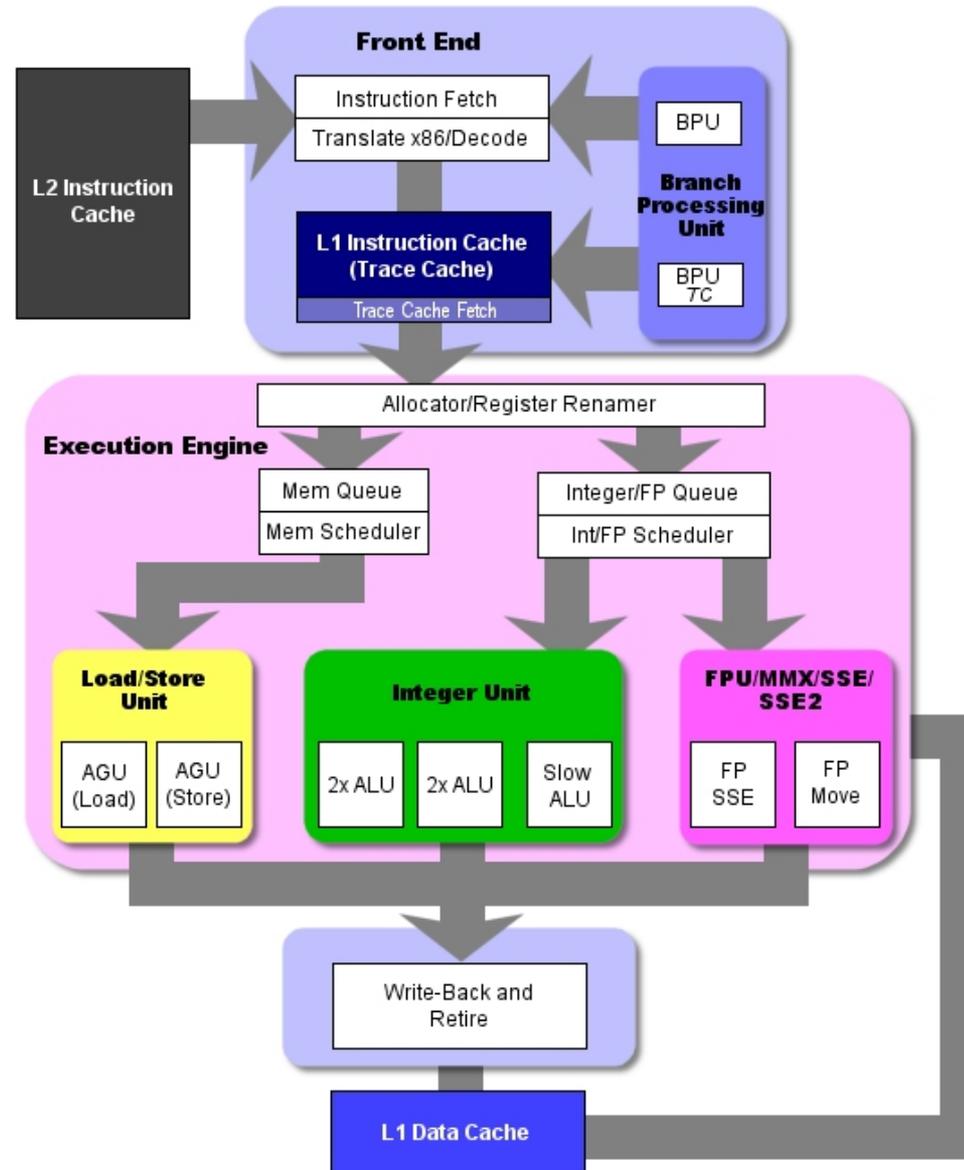
Características

- Propósito específico
- Pequeños
- Baratos
- Necesidades de computación reducidas (la mayor parte del tiempo)
- Interfaces especiales
- Ligeros (frecuentemente para manejarlos con la mano)

¿Por qué no utilizamos un proc. prop. general?

- ¿Qué necesitamos para construir un medidor de glucosa en sangre con un microprocesador típico?
 - 1 CPU
 - RAM dinámica + controlador (unos 20 chips)
 - ROM (uno o dos chips) para el programa
 - Reloj en tiempo
 - Panel LCD
 - Puertos de interfaz serie + drivers
 - Conversor A/D
 - Chips de decodificación (cinco o seis chips)
- Esto nos lleva a utilizar unos 40 chips, consumir unos 50 W de potencia y un coste final de 600 €.

Arquitectura interna de un P4



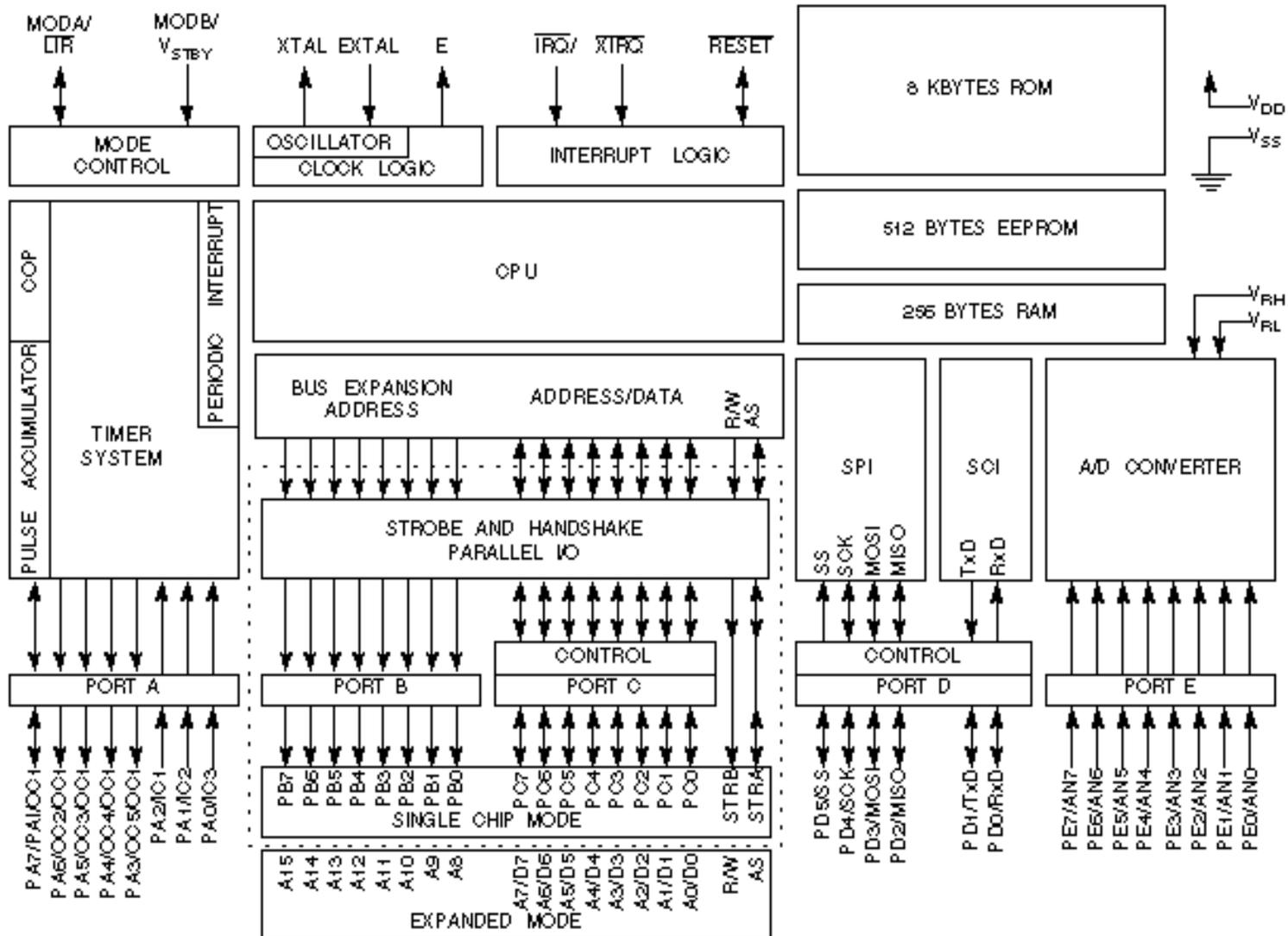
Por qué se gana dinero en la electrónica de consumo

- Un *Microcontrolador* es una pequeña CPU con muchos dispositivos de soporte integrados dentro del chip
 - CPU pequeña (entre 4 y 16 bit, y de 4 a 32 MHz)
 - ROM (alrededor de 8KB)
 - RAM (unos 256 Bytes), EEPROM (unos 512 Bytes)
 - Puertos Paralelo
 - Puertos RS232, USB, etc.
 - Conversor A/D
 - Temporizador
- Típicamente, a microcontrolador consume poca potencia y tiene un coste entre 1€ y 5.00€

Arquitectura de un M68HC11E9

- Procesador
 - 8-bit, 2-3MHz, Basada en Acumulador
- Elementos internos
 - Temporizador de 16-bit
 - Conversor A/D de 8-bit
- Interfaces
 - Bus de Direcciones de 16-bit /Datos 8-bit
 - UART (RS232)
 - SPI
- Memoria
 - 512B RAM, 512B/2KB EEROM, 12KB EPROM
- Potencia (Sin periféricos)
 - Unos 100mW (Alrededor de 24 horas con 1 pila alcalina AA)

Motorola 68HC11



Historia: Inicios

- Finales de 1940: El computador "MIT Whirlwind" fué diseñado para operaciones en tiempo real.
 - Originalmente diseñado para el control de un simulador de avión
- El primer μ procesador fue el "Intel 4004" a principios de 1970
- La calculadora HP-35 utilizaba varios chips para implementar un μ procesador en 1972
- Los automóviles usan controladores basados en μ procesadores desde principios de 1970
 - Control de la mezcla gasolina/aire, rotación motor, etc.
 - Diversos modos de funcionamiento: calentamiento, crucero, pendiente, etc.
 - Produce la reducción de las emisiones, mejor eficiencia

Variedad de procesadores

- **Microcontrolador:** incluye memoria y dispositivos de E/S integrados
- **Digital Signal Processor/Processing (DSP):**
 - microprocesador optimizado para procesamiento de señales digitales
 - Tamaños típicos de las palabras (words) de los procesadores de SE:
 - 4-bit, 8-bit, 12-bit, 14-bit, 16-bit, 32-bit.

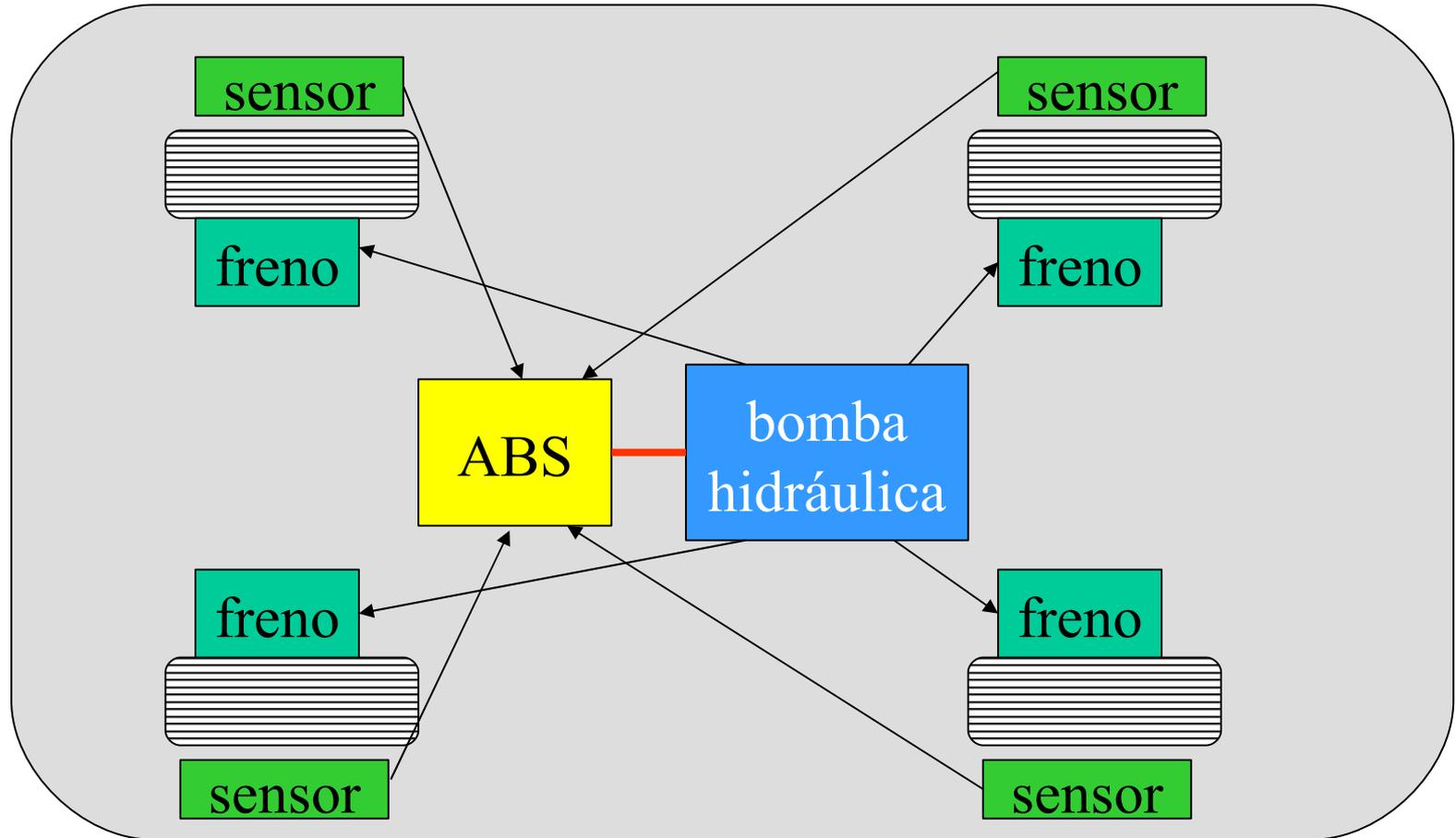
Diversidad de la Computación empotrada

- Transmisor RF de bolsillo para control remoto
 - 100 KIPS, para resistir golpes, de bajo consumo
 - Software optimizado por su tamaño
- Controlador de equipo industrial
 - 1 MIPS, seguridad-crítica, 1 MB de memoria
 - Software para controlar lazos (saltos condicionales)
- Procesamiento de señal
 - 1 GFLOPS, E/S de 1 GB/sec, 32 MB
 - Software de altas prestaciones

Ejemplo de sistemas empotrados en automoción

- Actualmente los coches de gama alta pueden tener 100 procesadores:
 - Microcontroladores de 4 bits que chequean los cinturones de seguridad
 - Microcontroladores en el cuadro de mandos
 - Microprocesadores de 16/32 bits que controlan el motor
- Sist. de control de frenos y estabilidad en el BMW 850i
 - **Anti-lock brake system (ABS)**: evita derrapar
 - **Automatic Stability Control (ASC + T)**: aumenta la estabilidad
 - ABS y ASC + T se comunican.
 - ABS fue introducido primero
 - Se necesita una interfaz con el módulo ABS existente.

BMW 850i: Sist. de control de frenos/estabilidad



Características de los SE

- Funcionalidad sofisticada
- Operan en tiempo real
- Bajo coste de producción
- Bajo consumo
- Diseñado por pequeños equipos en tiempos ajustados

Complejidad Funcional

- Con frecuencia ejecutan sofisticados algoritmos o múltiples algoritmos
 - Teléfono celular (SMS, JPEG, MPEG), impresora láser
- Con frecuencia utilizan sofisticadas interfaces de usuario
 - Pantallas Gráficas (imágenes y video) táctiles
 - Reconocimiento del habla
 - etc.

Trabajo en tiempo real

- Deben terminar las operaciones en un tiempo límite
 - **Tiempo real duro (hard):**
 - Violar el tiempo límite produce fallos
 - Tiempo real suave (soft):
 - Violar el tiempo límite degrada las prestaciones
- Muchos sistemas son **multi-frecuencia:**
 - Deben gestionarse operaciones con diferente frecuencia o periodicidad

Requerimientos No-funcionales

- Muchos SE están orientados al mercado de masas (nº elevado de unidades) → deben tener bajos costes de fabricación
 - Memoria limitada, potencia del procesador, etc
- El consumo de potencia es crítico en dispositivos a baterías
 - Consumo excesivo de potencia incrementa el coste del sistema como ocurre en los dispositivos conectados a la red

Equipos de diseño

- Diseñados por pequeños equipos (en muchos casos)
- Suelen tener ajustados tiempos límite (dead-line)
 - 6 meses de ventana de mercado es común

Ventana de mercado: Tiempo desde que se plantea diseñar un producto hasta que está disponible en el mercado

¿Por qué usar microprocesadores?

- Alternativas:
 - Lógica CUSTOM (ASICs: Application specific integrated circuits)
 - Lógica programable:
 - PLD (Programmable Logic Devices)
 - Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs)
 - etc
- Los microprocesadores son con frecuencia más eficientes:
 - Pueden usar la misma lógica para realizar muchas funciones diferentes
- Los microprocesadores simplifican el diseño de familias de productos!!
- Mejoras en la **tecnología de componentes** (oportunidades)
 - Avances de la microelectrónica en tamaño e integración
 - Dimensión de los dispositivos a menos de 0.1 micras
 - Tamaño del dado de 1 pulgada cuadrada → +20 x 386 procesadores
 - Madurez de las tecnologías de prototipado como FPGAs

La paradoja de las prestaciones

- Los microprocesadores usan mucha más lógica para implementar una función que una lógica CUSTOM (circuitería hecha a medida)
- Pero los microprocesadores son con frecuencia, al menos, tan rápidos:
 - Fuertemente segmentados (como los procesadores RISC)
 - Grandes equipos de diseño (con muchos recursos)
 - Tecnología VLSI muy agresiva (2 años para su construcción)

Consumo de potencia

- La lógica *custom* gana con claridad en dispositivos de bajo consumo de potencia
- Los microprocesadores modernos ofrecen características para ayudar a controlar el consumo de potencia
 - Monitorización de la carga del procesador
 - Reducción de alimentación y frecuencia de trabajo
- Las técnicas de diseño de software pueden ayudar a reducir el consumo de potencia
 - Código reducido, optimizar el uso de registros, optimizar operaciones, etc.

Conclusiones

- Los computadores empotrados están en todas partes
 - Muchos sistemas poseen software y hardware empotrado complejo
- Necesitamos procesadores especiales (controladores) para ser competitivos.
- La metodología de diseño es crítica para el éxito
- El uso de procesadores no es la única solución, pero es normalmente la mejor