

Robótica y automatización

Sistemas embebidos

Facultad de Ingeniería
Instituto de Computación

Temas

- Sistemas Embebidos
- Microcontroladores
- System on a Chip
- Single Board Computers

Sistemas Embebidos

¿Qué es un Sistema Embebido?

- Un sistema embebido (S.E) es un sistema computador destinado a una aplicación en particular.
- Los sistemas computadores de propósito general tienen muchas aplicaciones, según el software que se instale.

Características

- Es una combinación de hardware, software y posibles elementos mecánicos.
- Específicos para una tarea por lo que son optimizados para la misma.

Firmware

- Rutinas de software almacenadas en memoria no volátil (Flash, ROM, EEPROM, etc).
- Software que se encuentra inmerso en el dispositivo de hardware a controlar.
- Es software muy acoplado con un hardware particular.

Características de los sistemas embebidos

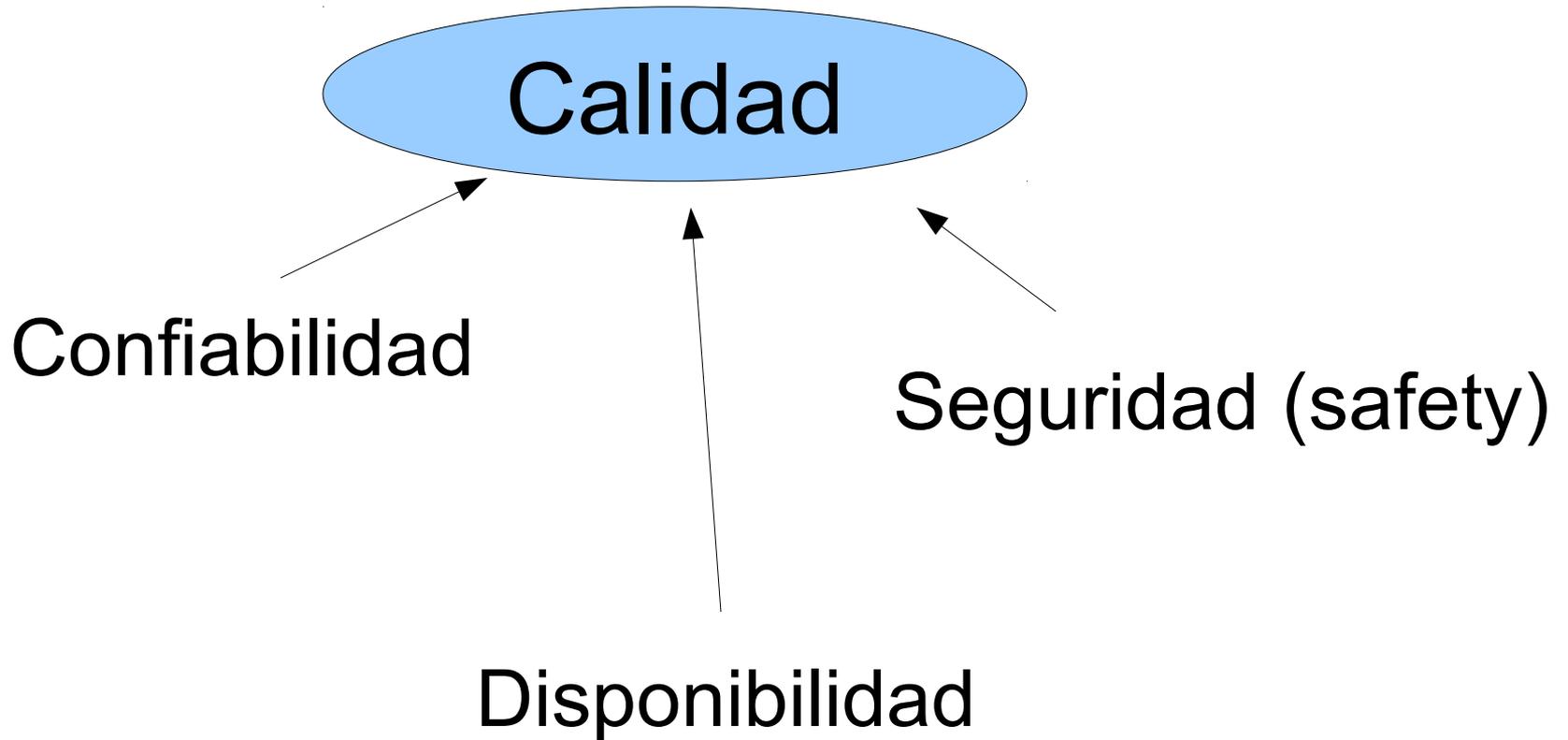
- Interactúan con el entorno
 - Directamente sensando y controlando señales.
 - Comunicándose con otros dispositivos.
- Interacción con restricciones de tiempo real.
- Bajo consumo.

Los S.E en nuestras vidas

- Electrodomésticos, periféricos para computadora, control industrial, teléfonos celulares, GPS, routers, mp3, máquinas de fotos, consolas de videojuegos, equipos para medicina, canaleras para TV, DVD, autos, entre otros.

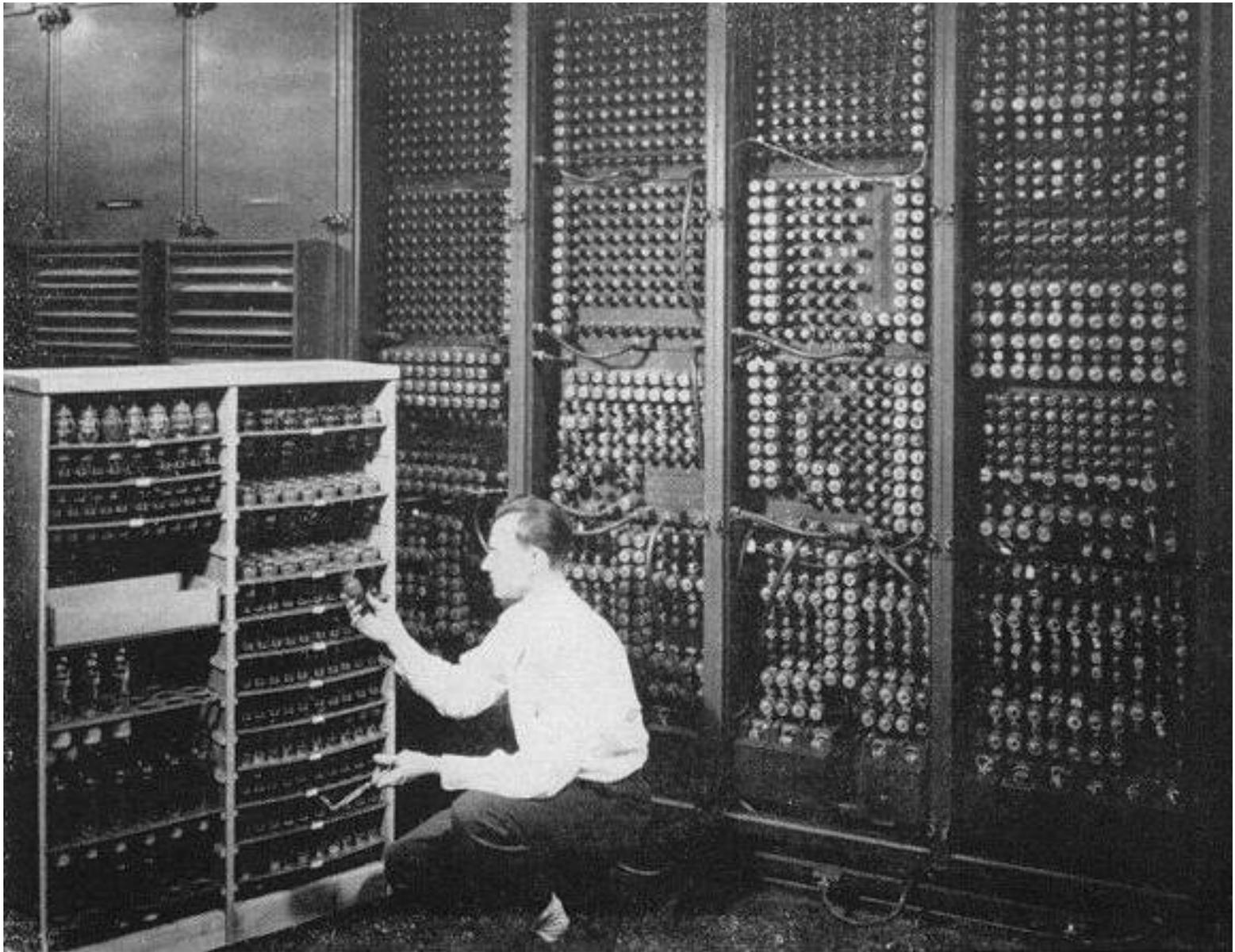
Características de los sistemas embebidos.

Mayores exigencias



El hardware también falla

- Aún bajo implementaciones “perfectas” de software/firmware los sistemas embebidos se encuentran inmersos en un ambiente externo, el cual puede afectar el correcto funcionamiento
- Este ambiente produce defectos transitorios en el dispositivo debido principalmente a:
 - Interferencia electromagnética (EMI)
 - Rayos cósmicos
 - Temperatura alta
- Su naturaleza transitoria hacen muy difícil de detectar/reproducir/corregir



Protección ante fallas

- Watch Dog Timer
 - Es utilizado para prevenir caídas del software.
 - En entornos con ruido eléctrico, puede ocurrir que el Program Counter del CPU se vea afectado y éste comience a ejecutar en un lugar indeterminado.
 - El circuito WDT se encarga de resetear el CPU si el registro WD se desborda.
- Línea de reset externa

Entrada/Salida (E/S)

- Debido a su característica los sistemas embebidos deben interactuar con el ambiente que los rodea.
- Sensando señales del ambiente o actuando sobre el mismo.
- Hay dos maneras de manejar la E/S:
 - Digital
 - Analógica

E/S Digital

- Se intercambian “unos” y “ceros”.
- Esos valores corresponden a voltajes de referencia.
- Utilizado para implementar protocolos de comunicación.
- Útil para controlar algunos dispositivos electrónicos:
 - Prender un led.
 - Leer estado de un botón.

E/S Analógica_(1/2)

- Los valores que se intercambian pueden tomar varios valores.
- Es necesario disponer de conversores Digital -> Analógico (D/A) o Analógico -> Digital (A/D).
- Un conversor A/D convierte un voltaje en un pin de entrada a un valor digital.
- La resolución del conversor condiciona la cantidad de valores a representar. Un canal de 10 bits va a permitir representar valores desde 0 a 1023.

E/S Analógica_(2/2)

- Un conversor D/A convierte un valor digital a un voltaje en un pin de salida.
- Muchos sensores se manejan de esta manera:
 - Temperatura, humedad, luz, micrófono
- Algunos actuadores se manejan de esta manera:
 - Parlantes, motores

Lectura/escritura de E/S_(1/2)

- Paradigmas para implementar la lectura/escritura de E/S:
 - Polling: Donde se utilizan ciclos de CPU para estar constantemente consultando el valor de alguna entrada.
 - Interrupciones: El CPU es notificado externamente. A nivel de software se ejecuta una rutina de atención a la interrupción.

Lectura/escritura de E/S_(2/2)

También puede existir un enfoque híbrido donde se utilice una interrupción de timer para consultar el estado de un periférico que no genera interrupciones.

Comunicación

- Serial
 - RS-232
 - SPI
 - I²C
- Paralela
- Desde hace varios años se utilizan otros mecanismos
 - USB
 - Wifi
 - Ethernet
- Síncrona o asíncrona.
- Redes de dispositivos.

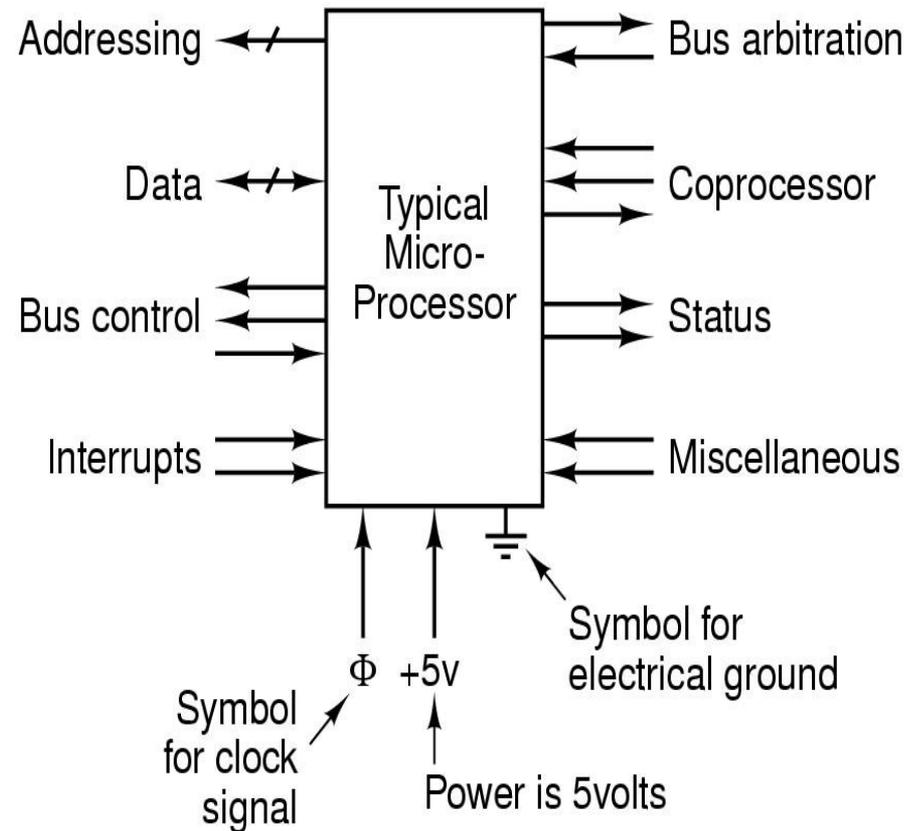
Formas de implementar S.E.

- Basados en microcontroladores
- Basados en Systems on a chip (SOC)
- Híbrido

Microcontroladores

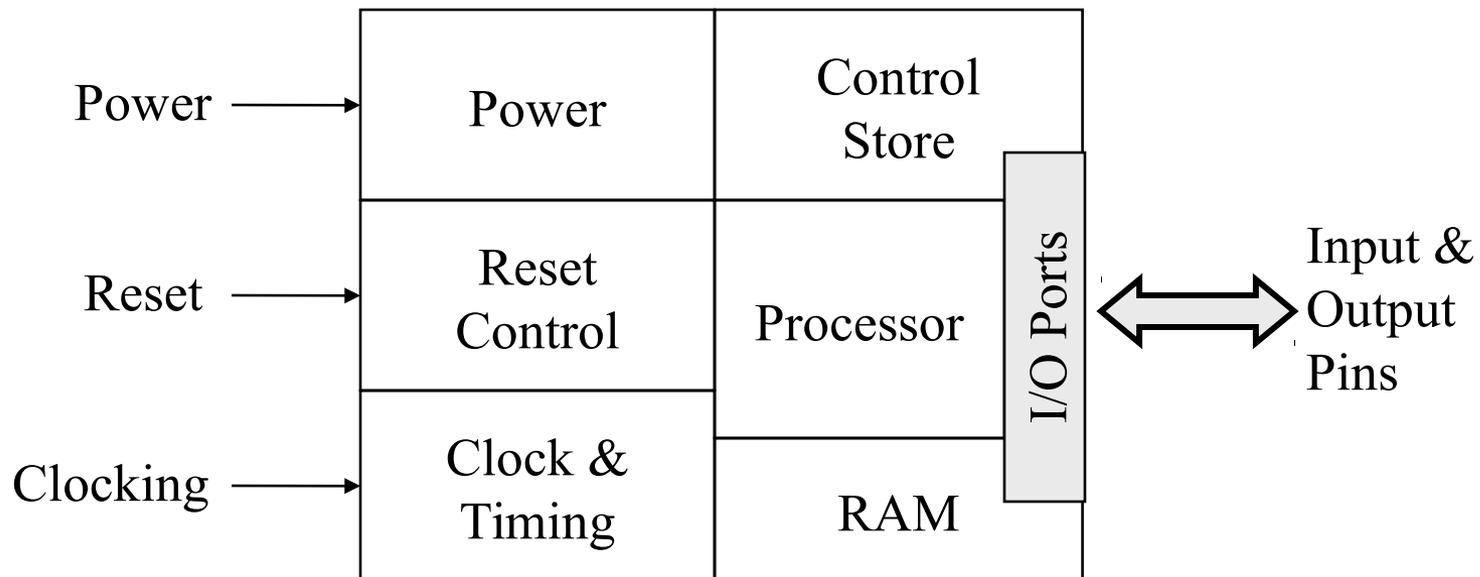
Introducción a los microcontroladores (1/3)

- Un microprocesador (μP) es una CPU en un solo circuito integrado.
- Un computador es una CPU, más memoria y puertos de E/S.
- Un sistema computador es un computador más periféricos.



Introducción a los microcontroladores (2/3)

Un microcontrolador (μC) es un sistema autocontenido donde el microprocesador, soporte, memoria y entrada/salida se presentan dentro de un mismo integrado.



Introducción a los microcontroladores (3/3)

Características

- Fáciles de utilizar.
- Bajo costo.
- Flexibles.
- Debido a su tamaño puede incluirse dentro del dispositivo que gobierna.

Tipos de Microcontroladores

Los microcontroladores se pueden clasificar en:

- Microcontroladores de 8 bits.
- Microcontroladores de 16-32 bits
- Procesadores de señales digitales (DSP)

Microcontroladores de 8 bits (1/3)

- Todos los recursos necesarios están incluidos en el chip.
- Solo necesitan alimentación y reloj.
- Proporcionan control e interfaz con dispositivos externos de manera económica y programable.

Microcontroladores de 8 bits (2/3)

Disponen de:

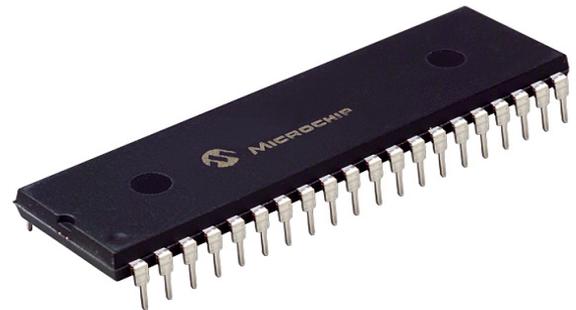
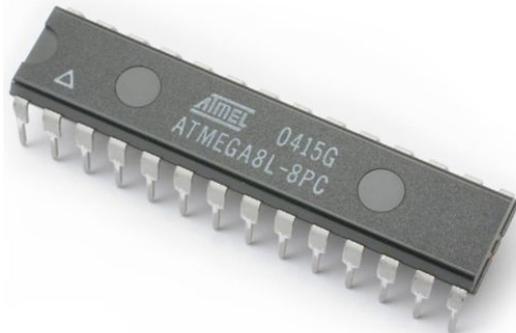
- Reset
- Reloj
- Procesador
- Memoria ROM para el programa e interfaz de programación
- Memoria RAM para variables.
- I/O Pins.

Adicionalmente pueden incluir:

- Capacidad de debugging
- Interrupciones
- I/O analógica
- Comunicación serial y/o paralela
- Interfaz con memoria

Microcontroladores de 8 bits (3/3)

- Muy poca RAM (decenas de KB).
- Muy poca velocidad de reloj (decenas de MHZ).
- Muy utilizados en aplicaciones de control.
- Bajo costo.
- Bajo consumo energético (algunos μW).
- Ejemplo: Control remoto Universal (programable)



Registros de E/S

- Son los componentes más utilizados de los microcontroladores .
- Los microcontroladores disponen de registros para controlar los dispositivos de E/S.
- Espacios
 - E/S mapeada en memoria.
 - Mapa E/S y mapa de memoria.

Reloj del sistema

- Los μC están diseñados para ejecutar con poco soporte externo para el reloj del sistema.
- Los μCs corren en el entorno de las decenas de MHz.
- Existen diversos métodos para proporcionarle el reloj al μC :
 - Usando un cristal
 - Resonador cerámico
 - Oscilador RC
 - Utilizando un clock interno en el μC .

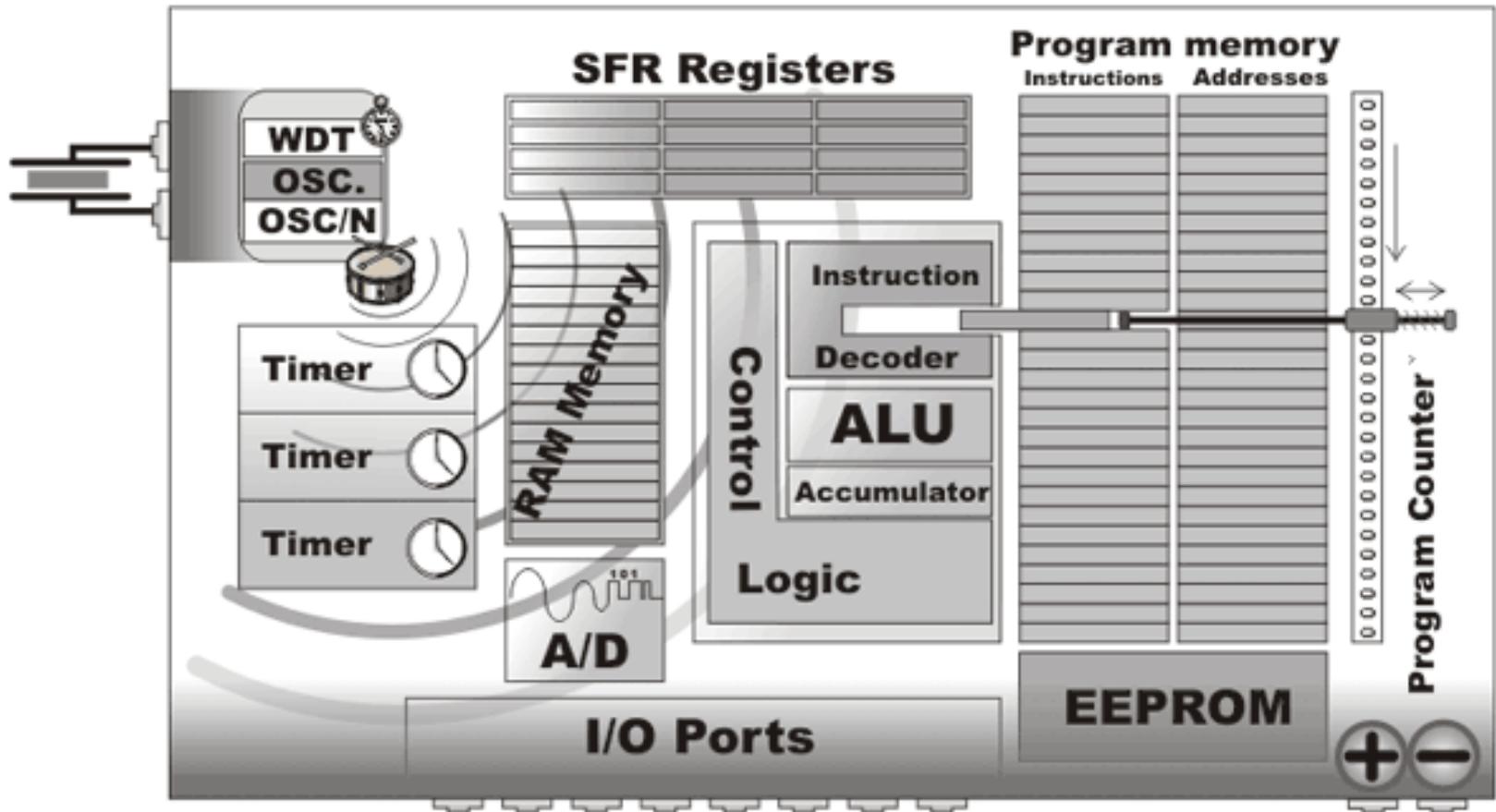
Alimentación

- Minimizar el consumo de corriente es un tema a tener en cuenta.
- Hay que tener en cuenta el consumo:
 - Del microcontrolador en modo normal.
 - Depende de la frecuencia y del voltaje proporcionado.
 - Del microcontrolador en modo sleep.
 - Del los dispositivos conectados a la E/S.
 - Particular de cada aplicación.
 - Pueden gestionarse adecuadamente los dispositivos.

Timers

- Se utiliza para trabajar con eventos de tiempo.
- Contadores: cuentan acontecimientos que suceden en el exterior.
- Temporizadores: controlan períodos de tiempo.

Arquitectura

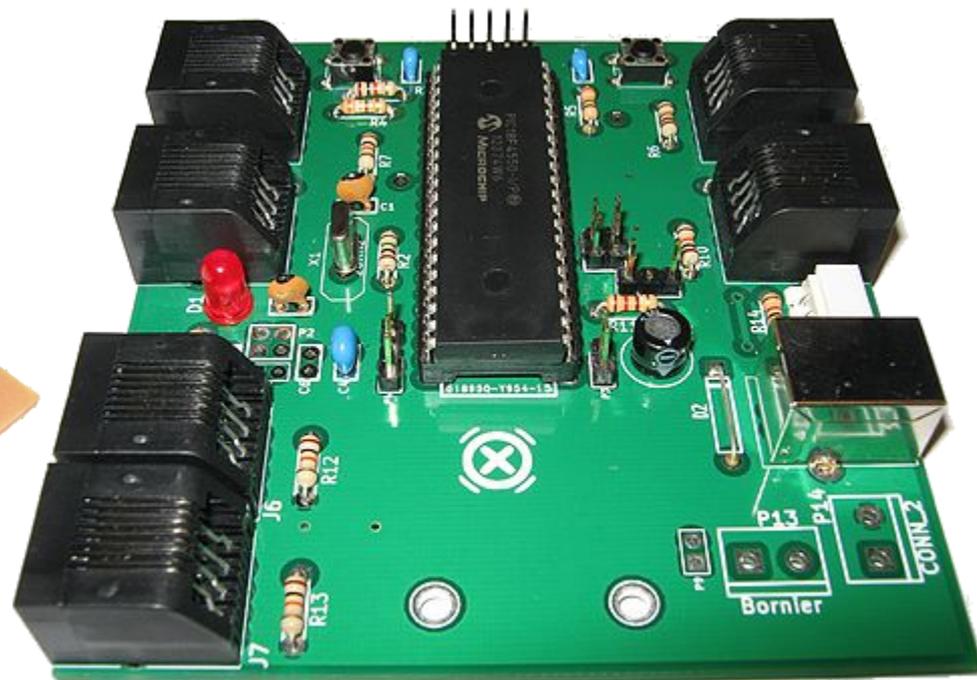
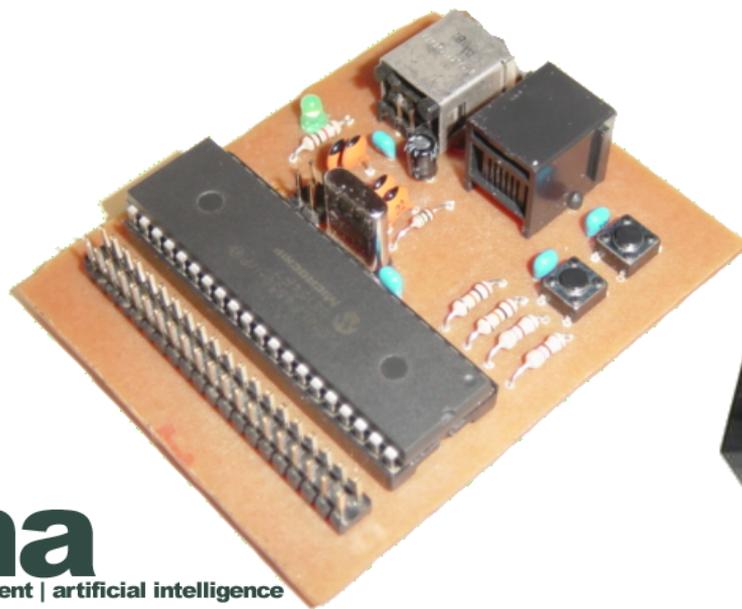
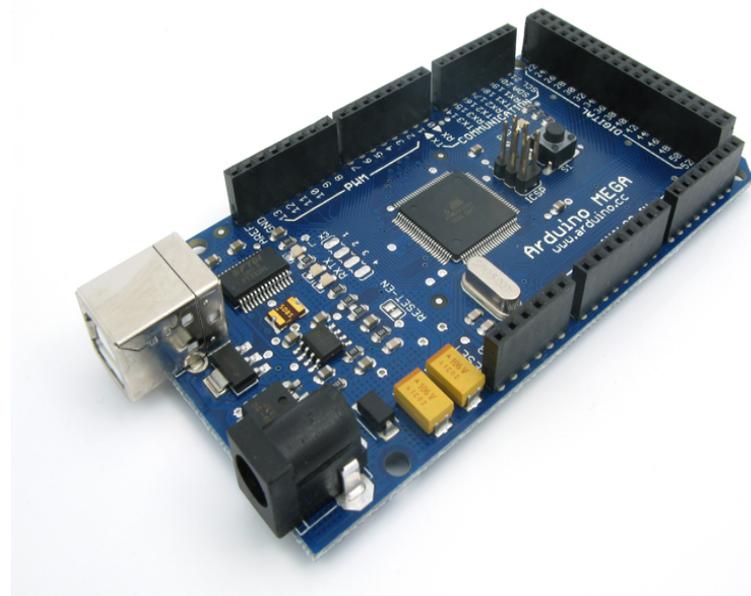


IO Boards_(1/2)

- Existen placas orientadas a trabajar con entrada/salida que permiten realizar diseños embebidos en base a ellas.
- Utilizadas para prototipar o diseñar productos de pocas unidades.
- Incluyen un microcontrolador, señal de reloj, conectores de E/S, memoria flash externa, acondicionamiento de señales.

IO Boards_(2/2)

- Arduino
- GogoBoard
- USB4all
- USB4Butiá

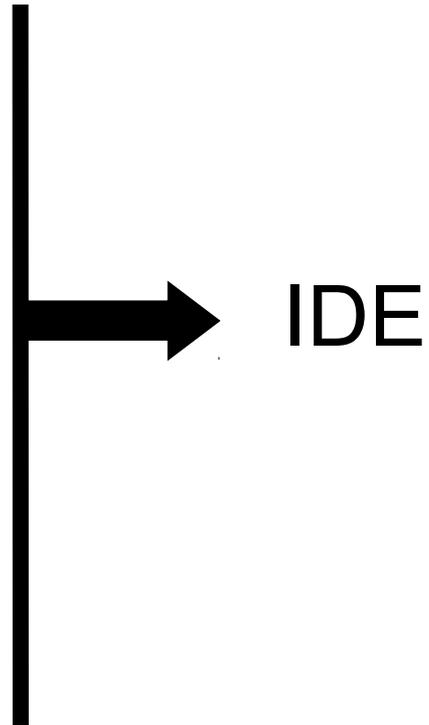


Desarrollo de software

- Herramientas y entornos de desarrollo
- Programación
- Debug

Herramientas y entornos de desarrollo (1/4)

- Editor
- Compilador
- Ensamblador
- Simulador
- Emulador
- Programador



Herramientas y entornos de desarrollo (2/4)

- Assembler
 - Instrucciones assembler.
 - Directivas
 - Debe estar bien comentado

Herramientas y entornos de desarrollo (3/4)

- Lenguaje de alto nivel
 - C, C++, Basic, Forth, JavaMe.
 - Proporcionan
 - Mayor nivel de abstracción
 - Bibliotecas.
 - Tipos de datos.
 - Variables locales y globales.
 - Estructuras de datos y punteros.
 - Asignación de memoria para datos.
 - Acceso a registros.
 - Decrementa el tiempo de desarrollo.

Herramientas y entornos de desarrollo (4/4)

- Real Time Operating System (RTOS)
 - Multitasking
 - Scheduling
 - Context Switching
 - Respuestas en tiempo a eventos del mundo.
 - Comunicación entre procesos.
 - Stack TCP/IP
 - Ejemplos: Salvo, FreeRTOS, μ C/OS, ...

Systems on a chip (SOC)

- Se refiere a integrar todos los componentes de un computador u otro dispositivo electrónico en un chip.
- La principal diferencia con un μC es la memoria disponible y el soporte para MMU.
- En general, los SOC permiten ejecutar sistemas operativos (S.O) tradicionales.
- Cada SOC esta orientado a determinado tipo de aplicaciones.

Hardware Embebido basado en SOC_(1/2)

- La arquitectura de hardware para los sistemas embebidos por lo general difiere a la de los sistemas de escritorio.
 - ARM, MIPS o PowerPC son muy utilizados por su bajo consumo y buena performance.
 - x86 actualmente no es tan frecuente, pero también es utilizado.

Hardware Embebido basado en SOC_(2/2)

- Cantidad de RAM limitada (desde unos pocos MB a varias decenas de MB)
- Velocidad de CPU inferior a sistemas de escritorio.
- Varios buses de interconexión (I2C, SPI, USB, serial) y puertos de E/S.

Ventajas de utilizar SOC

- Dispositivos diseñados con SOC se adaptan mejor a nuevos requerimientos que los diseñados con microcontroladores
- Permiten utilizar Sistemas Operativos de propósito general, software, device drivers y periféricos utilizados en Pcs
- Acortan la curva de aprendizaje

En resumen

- Diseños basados en SOC presentan muchas ventajas respecto los sistemas basados en μ C.
- Sin embargo existen casos de dispositivos muy sencillos, o que requieren muy bajo consumo, donde los diseños basados en μ c siguen siendo utilizados.

Embedded Single Board Computers (SBC) (1/2)

Single-board computers (SBCs) son **computadoras completas** fabricadas en una única placa de circuito. El diseño es centrado en un **microprocesador** con **RAM**, **almacenamiento**, **E/S** y otras características necesarias para ser una computadora funcional en una sola placa.

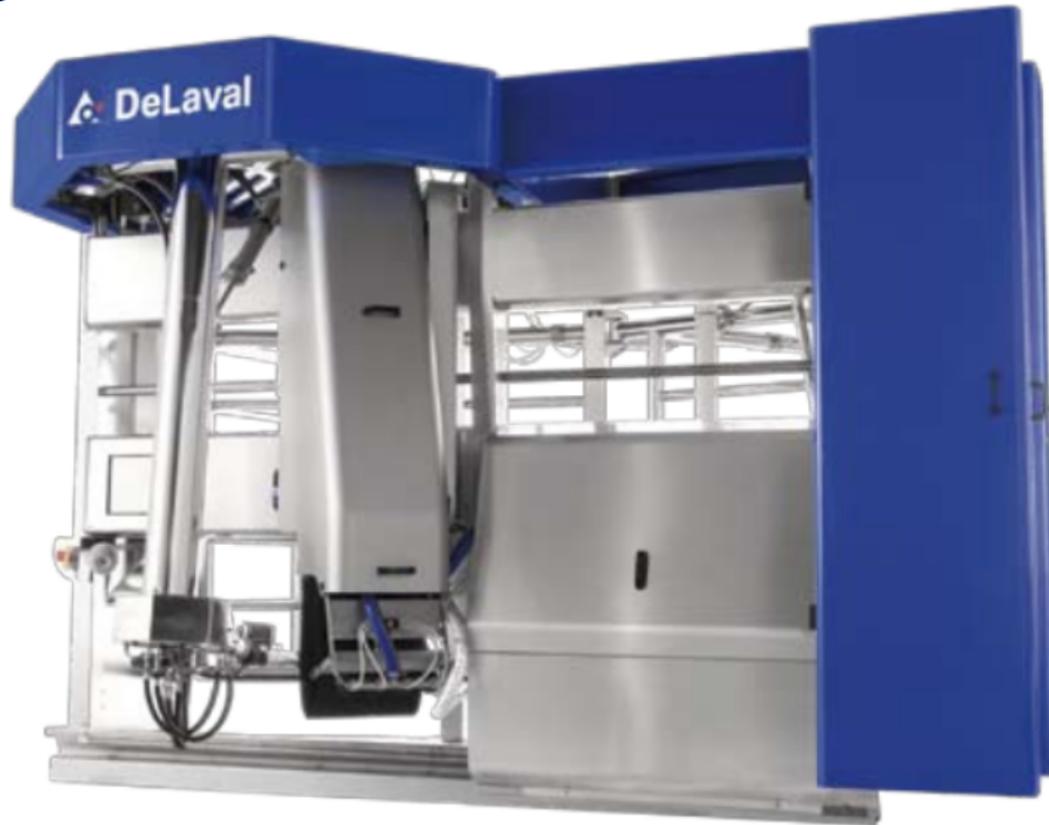
Embedded Single Board Computers (SBC)_(2/2)

- Actualmente existe una gran gama de SBC basadas en SOC.
- Un SOC por si solo no puede funcionar, necesita de alimentación, acondicionamientos de señales, conectores, y algún controlador adicional.
- Más pequeñas, más eficientes energéticamente y con mayores posibilidades de E/S que un sistema tradicional.

Ventajas de desarrollar basado en SBC

- Son utilizadas muchas veces para prototipar soluciones.
- Para producción de pocas unidades no es rentable diseñar hardware. Diseñar en base a SBCs resulta una opción a tener en cuenta.
- Existen diferentes SBC según las necesidades del sistema embebido a realizar.
- Orientadas a multimedia, robótica, aplicaciones móviles.

Acertijo



Funciona con Linux, pero para que sirve?

Respuesta:



Para ordeñar vacas

Estado actual de los S.E.

- Hoy en día los S.E. tienen más puntos en común con los sistemas de propósito general que en el pasado.
- Herramientas de desarrollo de mayor nivel de abstracción.
- Reutilización de software y periféricos utilizados en sistemas de propósito general
- Es necesario contar con equipos interdisciplinarios.

Preguntas

