

CIRCUITOS DIGITALES Y MICROCONTROLADORES 2022

Facultad de Ingeniería
UNLP

Introducción a los Sistemas Embebidos

Ing. José Juárez

Introducción a los Sistemas Embebidos

- Definición de **Sistema Embebido*** (*Embedded System*):

Es el nombre genérico que reciben los equipos electrónicos que incluyen **un procesador de datos**, pero que a diferencia de una PC, están diseñados para satisfacer **una función específica**, como en el caso de un reloj, un reproductor de MP3, un router wifi, un joystick de Play, o pueden ser componentes de un sistema de control de un electrodoméstico, de un automóvil, de un avión, etc.

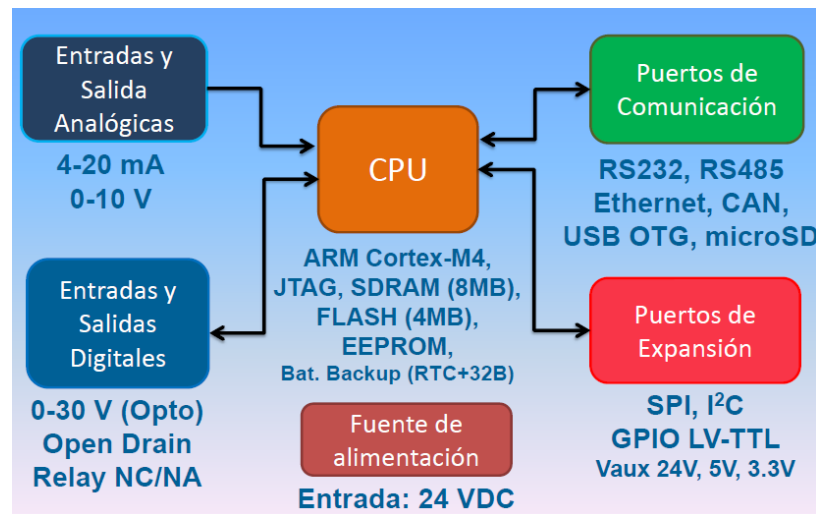


Es un sistema electrónico que está contenido o **“embebido”** dentro de un equipo completo que incluye además, por ejemplo, partes mecánicas o electromecánicas.

*SASE: SIMPOSIO ARGENTINO DE SISTEMAS EMBEBIDOS (<http://www.sase.com.ar>)

Introducción a los Sistemas Embebidos

- El **cerebro** de un sistema embebido es típicamente un **microprocesador** o **microcontrolador**, y su diseño está optimizado para reducir su tamaño, el consumo, costo, y maximizar su confiabilidad y desempeño.
- Ejemplo: *La CIAA (Computadora Industrial Abierta Argentina)*



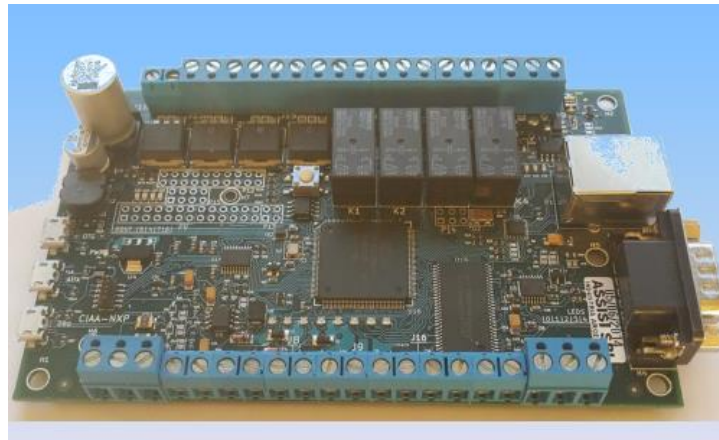
<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>

- El diseño de sistemas embebidos es un motor clave de la industria y del desarrollo tecnológico, y es un campo que en los últimos años ha crecido notablemente en la Argentina.

Componentes de un Sistema Embebido

- Componentes de Hardware:

- Microprocesador, Microcontrolador, DSP, FPGA, ASIC, SoC, otros...
- Memorias
- Periféricos analógicos y digitales
- Componentes Electrónicos Activos (diodos, transistores) y pasivos (resistencias, capacitores, inductores)
- Interfaces Eléctricas (conectores)
- Placa de circuito Impreso (PCB)



CIAA

Computadora
Industrial
Abierta
Argentina

<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>

Componentes de un Sistema Embebido

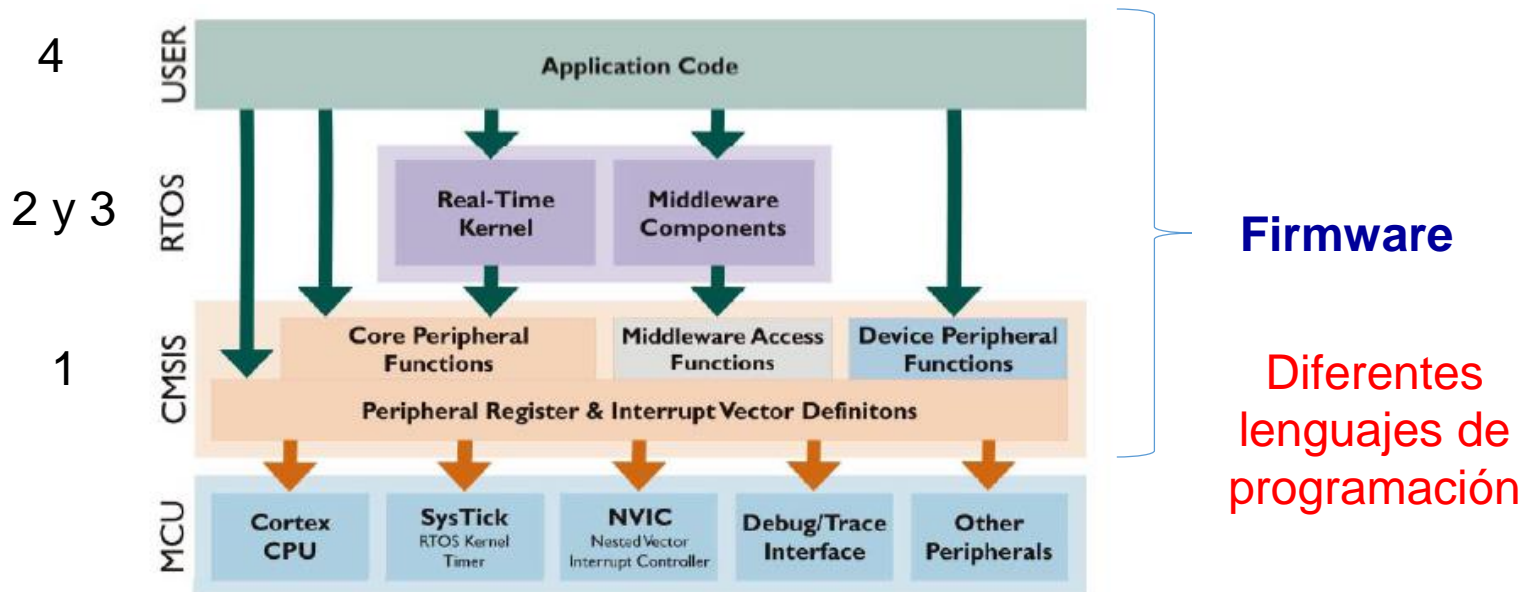
- Componentes de Software:

1-Capa de abstracción de hardware y manejadores de dispositivos (Drivers)

2-Capa de componentes intermedios como pila de protocolos

3-Capa de Planificación y ejecución de tareas en tiempo real (RTOS)

4-Capa de la aplicación específica



Aplicaciones de los Sistemas Embebidos

Veamos ejemplos actuales de algunos fabricantes:

NXP:

[AUTOMATIZACIÓN](#)

[MEDICINA](#)

MICROCHIP

[AUTOMOTRIZ](#)

[AUTOMOTRIZ 1](#)

[AUTOMOTRIZ 2](#)

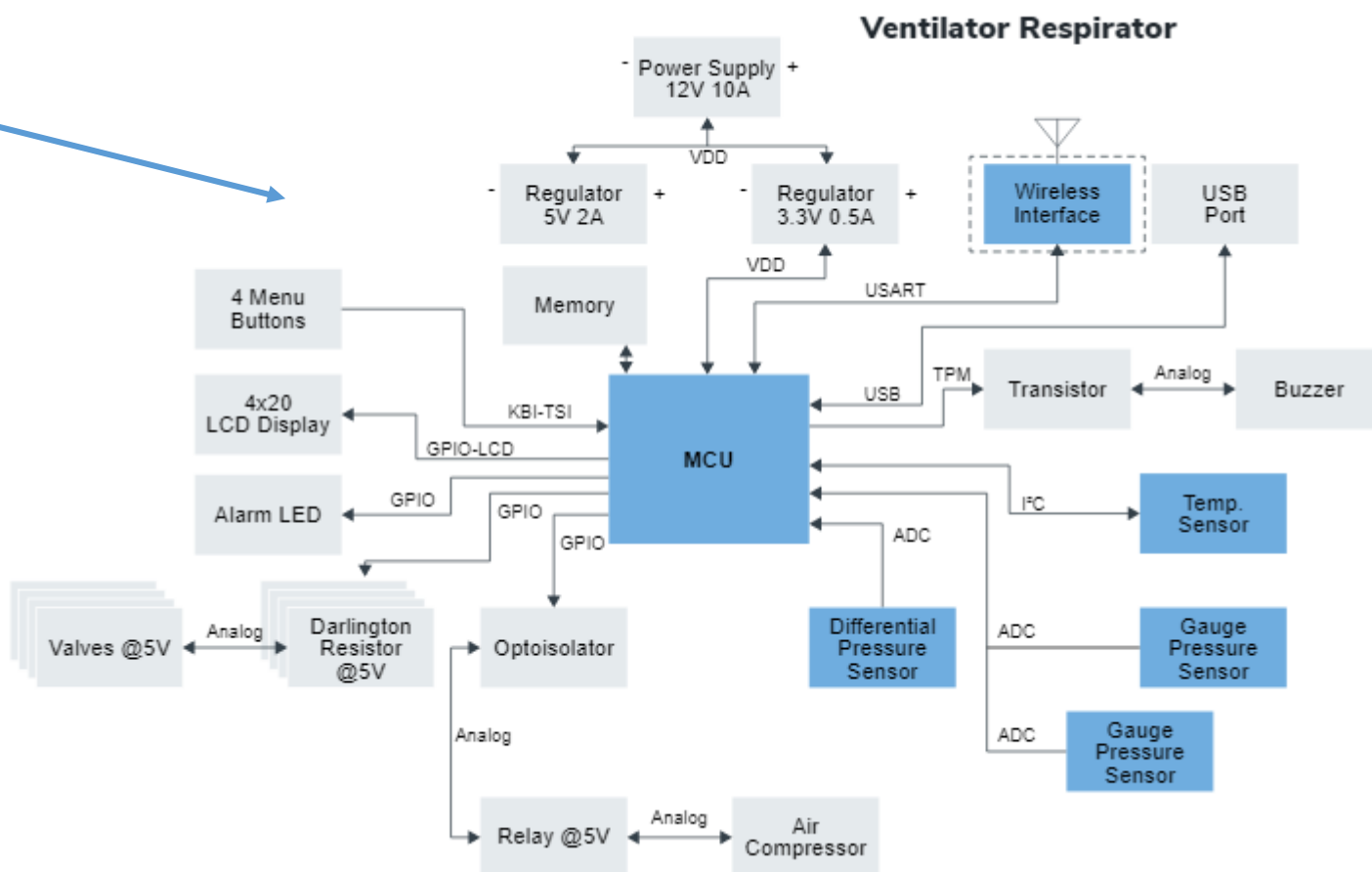
[AUTOMOTRIZ 3](#)

XILINX

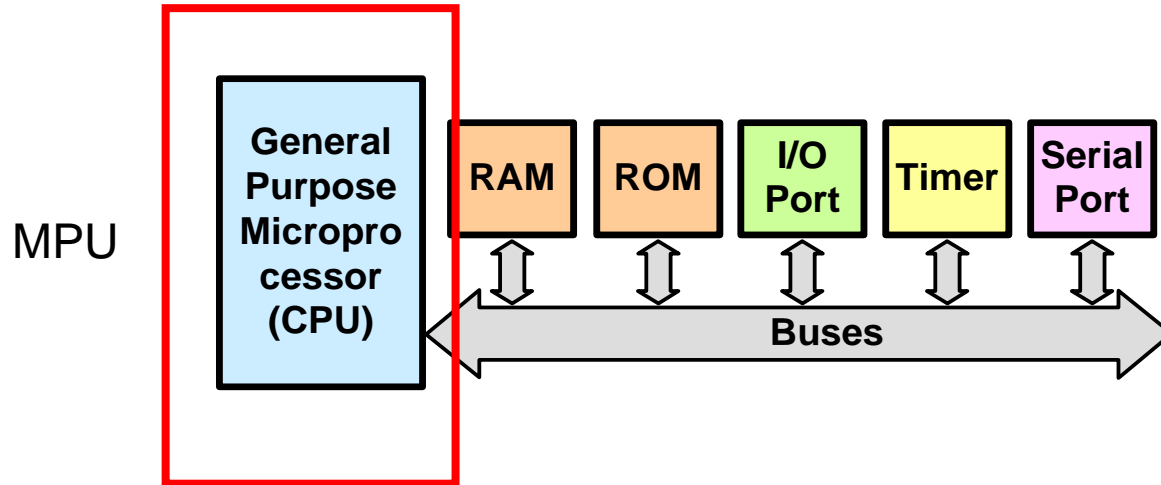
[INDUSTRIA](#)

[ROBOTICA](#)

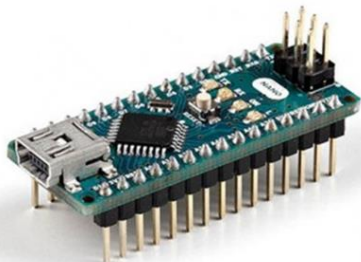
[HMI](#)



Microprocesador (MPU) o Microcontrolador (MCU)

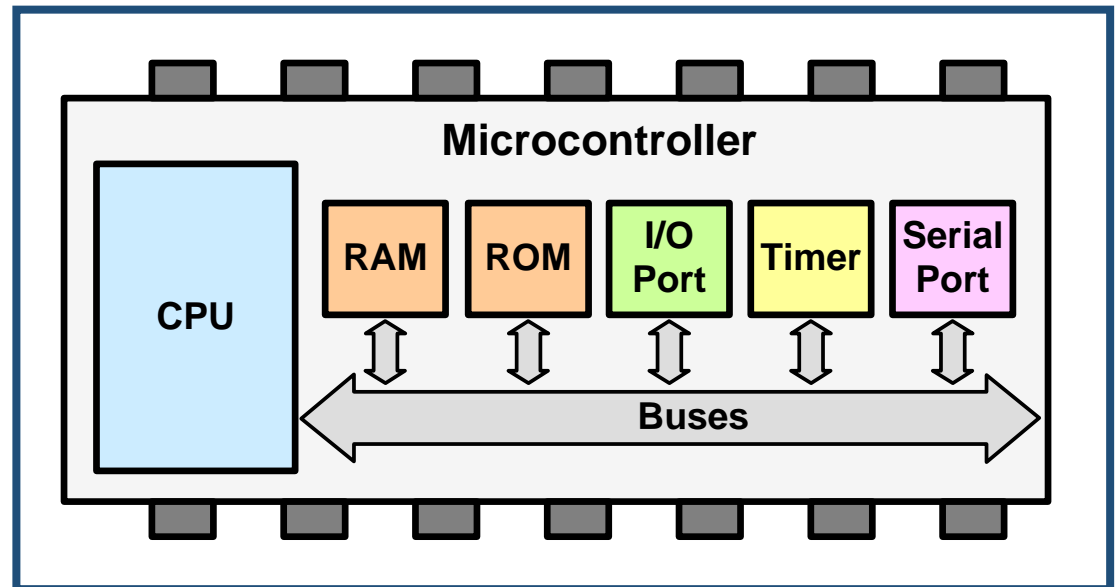


Quad core Cortex-A72
(ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
(Raspberry Pi 4)



Atmega328p
8-bits AVR @ 16MHz
(Arduino Nano)

MCU



Microprocesador (MPU) o Microcontrolador (MCU)

- **μP(MPU):** Unidad de procesamiento de propósito general
 - gran capacidad de computo, 16 , 32 y 64 bits, FPU (Floating Point Unit), reloj de GHz,
 - múltiples núcleos, con diferentes niveles de memoria cache L1,L2
 - Poseen MMU (Memory Management Unit) pero requiere memoria externa
 - sin periféricos I/O integrados o solo los necesarios,
 - Casos: Intel 8086, Intel Pentium, Sun SPARC, PowerPC, MIPS, ARM7, ARM9,ARM11, ARM-Cortex A
- **μC (MCU):** Sistema de procesamiento completo destinados a aplicaciones específicas
 - moderada capacidad, 8, 16, 32bits, ALU de punto fijo, reloj <200MHz
 - con periféricos I/O integrados en el mismo chip.
 - Encapsulados entre 6 y 100 terminales,
 - Bajo consumo, bajo costo.
 - Casos: Intel 8051, Freescale HC08, Microchip PIC, Atmel AVR, Texas MPS430, Freescale HC12, Microchip PIC32, Atmel AVR32, ARM-Cortex M.
- En la actualidad esta diferencia se hace cada vez menos notoria en la gama de arquitecturas de 32bits
 - MCU 32bits, ALU con FPU, núcleos asimétricos, Arquitectura Superescalar

Mercado actual*

DMIPS = Dhrystone MIPS

- Performance:

Procesador	DMIPS (aprox.)	(DMIPS/MHz)	coremark/MHz
ATmega32A (AVR, 8 bits, 16 MHz)	5,9	0,37	0.53
ARM Cortex-M0 a 50 MHz	45	0,9	
ARM Cortex-M3 a 100 MHz	125	1,25	1,5
ARM Cortex-A8 a 1 GHz	2000	2	
Intel Atom-Z530 a 1,6 GHz	3200	2	
Intel Core i7 EE-990x (6 cores) a 3,46 GHz	159000	45	

<https://www.eembc.org/coremark/scores.php>

- Consumo:

$$[\text{Watt}] = [\text{A}][\text{V}]$$

O

$$[\text{mA/h}]$$

	CPU	Flash	Pin Count	Active ⁽¹⁾	Static ⁽²⁾ Typ @ 25°C
Atmel SAM D20	32-bit ARM Cortex-M0+	16 – 256kB	32 – 64	140 µA/MHz	2 µA
Freescall Kinetis K20	32-bit ARM Cortex-M4	32 – 160kB	32 – 64	280 µA/MHz	1.9 µA
Atmel ATmegaX8PA	8-bit AVR	4 – 32kB	28 – 32	300 µA/MHz	100 nA

$$140\mu\text{A} * 50\text{MHz} = 7\text{mA}$$

$$280\mu\text{A} * 200\text{MHz} = 56\text{mA}$$

$$300\mu\text{A} * 16\text{MHz} = 4,8\text{mA}$$

Otras tecnologías utilizadas en S.E.

- **ASIC:** Application Specific Integrated Circuit
Diseñado específicamente para una aplicación particular (Digital, Analógico, mixto).
Provee la mejor performance pero el costo es muy elevado.
Restringido a producciones de mucho volumen
- **DSP/DSC:** Digital Signal Processor / Digital Signal Controller
16 o 32 bits, Unidad de Punto flotante o Punto fijo,
Instrucciones optimizadas para operaciones matemáticas,
periféricos específicos.
Utilizado para procesamiento de señales de Audio, Video, comunicaciones...
- **FPGA:** Field Programmable Gate Array
Circuitos lógicos reconfigurables
Diseños específicos muy optimizados
Diseños propietarios (IP)
- **SoC:** System on Chip
Procesador (de 8, 32 o 64bits) + FPGA para diseño de periféricos
Soluciones específicas de altas prestaciones.