

# Herramientas de hardware para el diseño de sistemas embebidos.

## Lección 3

Prof.Ing. Jeferson González G.

CE-5303 Sistemas Embebidos

*Área de Ingeniería en Computadores*

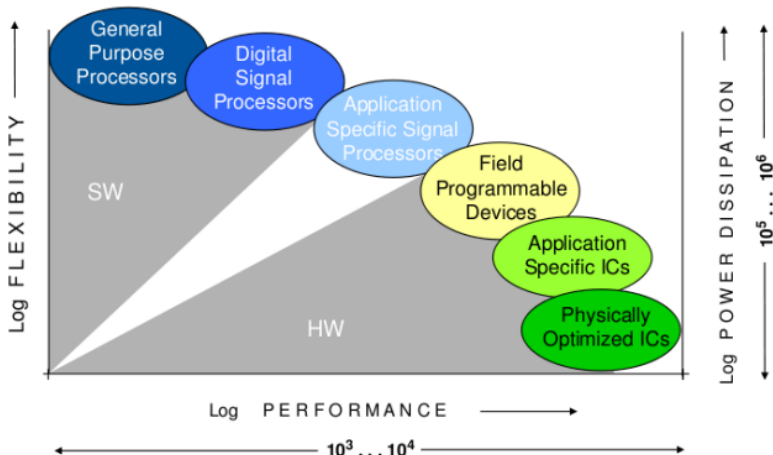
*Instituto Tecnológico de Costa Rica*

- 1 Componentes de un sistema embebido
- 2 Estaciones de trabajo
- 3 Configuración H/T
- 4 Tarjetas de Evaluación
- 5 Emuladores
- 6 Depuradores

# Componentes esenciales

- Unidad(es) de procesamiento
- Memoria
- Entradas y Salidas de Propósito General (GPIO)
- Convertidor Analógico Digital (ADC)
- Convertidor Digital Analógico (DAC)
- Interfaces de Comunicación

# Unidades de procesamiento



# Microprocesador

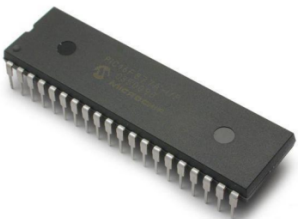
Un microprocesador es un dispositivo electrónico, implementado en un solo circuito integrado, capaz de manipular datos de una determinada manera mediante una secuencia de instrucciones.

Algunas arquitecturas de procesadores actuales son la serie Intel x86-64, Freescale/IBM, PowerPC, MIPS, ARM, Sun SPARC, entre otros.

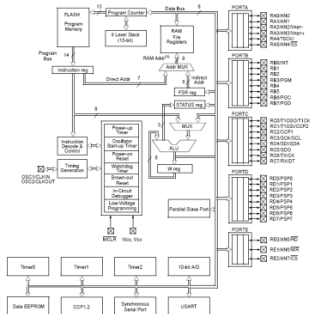


# Microcontrolador

Un microcontrolador es un procesador, memoria y algunos dispositivos E/S contenidos en un solo circuito integrado con el objetivo de ser empleado en sistemas empotrados.



PIC 16F877



# System-On-Chip (SoC)

- Se refiere a la integración de una computador en un solo CI, puede contener elementos de procesamiento, memoria, controladores, etc. todo en un solo chip.
- Soporta bancos de memoria externos.
- Memoria integrada: SoC es capaz de ejecutar sistemas operativos tales como Windows y Linux.
- Es fundamental en el desarrollo de sistemas empotrados.

# System-On-Chip (SoC)

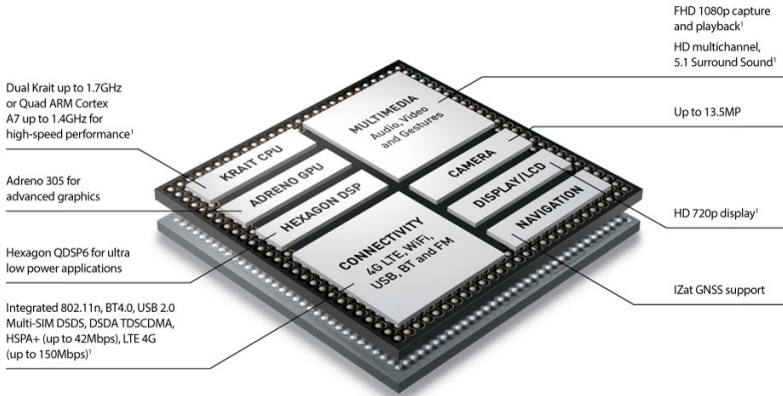


Figure: Qualcomm Snapdragon 400





# Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU)

Es un procesador dedicado exclusivamente al procesamiento de gráficos, para aligerar la carga de trabajo del procesador central en aplicaciones como los videojuegos y o aplicaciones 3D interactivas.

- Operaciones básicas (primitivas): Una de las primitivas más comunes para el procesamiento gráfico en 3D es el *antialiasing*, que suaviza los bordes de las figuras para darles un aspecto más realista.



# Jerarquía de memoria en SE

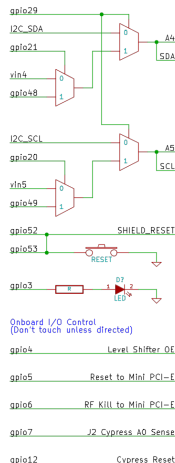
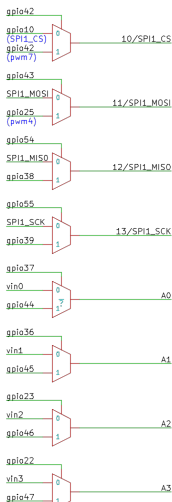
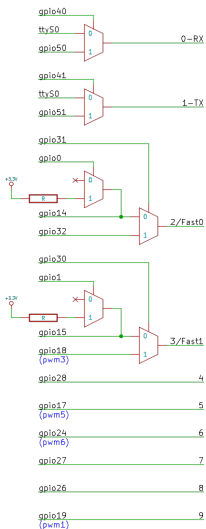
- Registros
- SPM - Scratchpad Memory
- Cache
- Memoria principal (DRAM)
- Memoria almacenamiento masivo: flash, disco duro,etc

# GPIO

- Puertos son configurados por software en una base de pin a pin, tanto como entradas como salidas.
- En muchos microcontroladores, EVM y SoCs los pines de los GPIOs son compartidos (multiplexados) con otros subsistemas lo cual permite ahorrar pines y le da una gran versatilidad al sistema.

Entradas y salidas de propósito general

# Intel Galileo GPIO



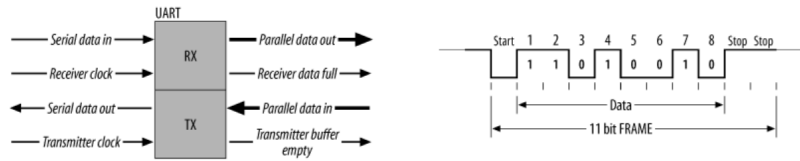
# Diferentes Controladores/Protocolos Comunicación

Dentro del CPU, Soc o microcontrolador existen unidades de HW dedicadas a interfaces de comunicación (controladores).

- UART
- USB
- SPI
- $I^2C$
- Can Bus
- Amba

# Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)

Forma más simple y barata de comunicación. Puede ser impráctica por limite de velocidades de transimisión.



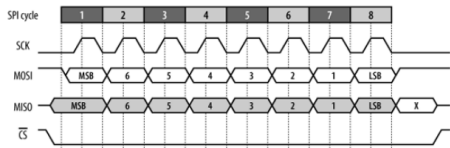
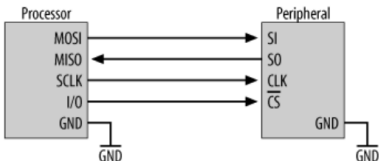
# Serial Peripheral Interface (SPI)

- Protocolo maestro/esclavo.
- Todos los dispositivos de una determinada red emplean una señal de reloj común y el master decide con que dispositivo establecer una comunicación.
- Aplicaciones: memorias SD, controladores de periféricos en general como ADCs, DACs, Real-Time Clocks, LCDs, sensores, chips de audio, entre otros.



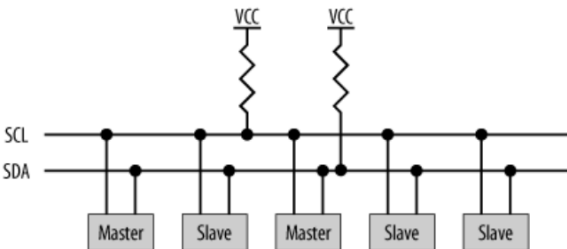
# Señales SPI

- **MOSI**: Master Output Slave Input.
- **MISO**: Master Input Slave Output.
- **SCLK**: Serial Clock
- **CS**: Chip Select



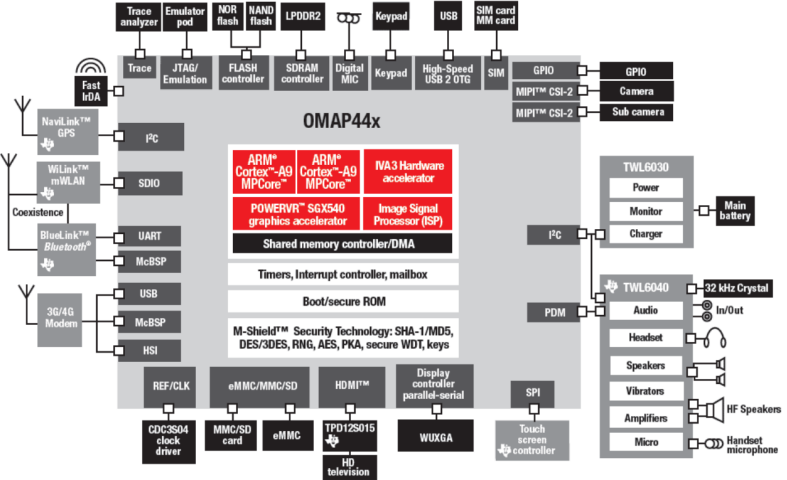
## Inter-Integrated Circuit (I2C)

- Protocolo multimaster: cada dispositivo puede actuar como master o como esclavo.
- Cada dispositivo se identifica por medio de una dirección única.
- Síncrono: Señal de reloj común.



OMAP4

OMAP4



# Estación de desarrollo vs Estación objetivo

- **Estación de trabajo** (host machine): Estación de desarrollo
- **Estación objetivo** (target machine): Sistema empotrado





# Configuraciones Host/Target

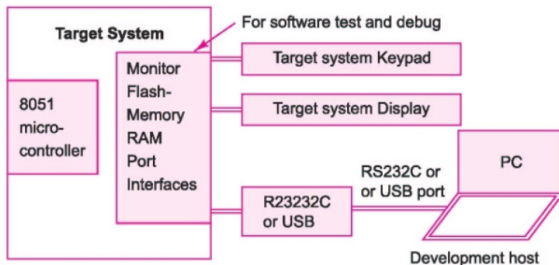
Conexión, comunicación entre estaciones.

- 1 Enlazada (Cruzada).
- 2 Dispositivo de almacenamiento masivo.
- 3 Independiente.

# Configuración enlazada

La estación de trabajo y el sistema empotrado se encuentran **permanentemente conectados** por conexión física (cable) típicamente por protocolo RS232, USB o Ethernet.

- Permite depuración.









# Tarjetas de evaluación (EVM)

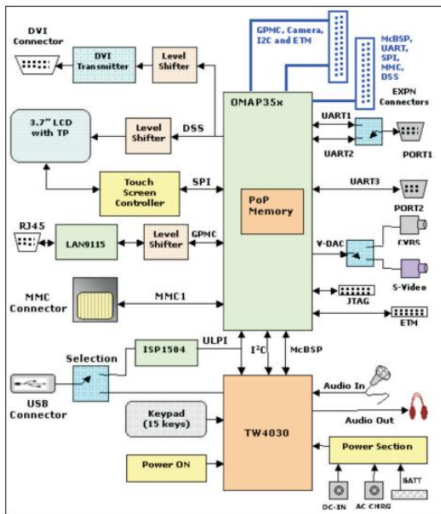
Plataformas para diseño y evaluación de sistemas empotrados.

- Hardware predefinido.
- Permite evaluar el desempeño de una arquitectura específica.
- Verificar el funcionamiento de la aplicación en un SE.
- Acompañadas de SDK y toolchain para el desarrollo cruzado.

# Componentes de un EVM

- SoC
- Memorias (RAM, ROM, Flash)
- Puertos de comunicación (Serial, Ethernet, USB, I2C, inalámbricos, puertos para depuración -JTAG)
- E/S Audio y Video digital y/o analógico
- LCD, touchscreen
- ...

# OMAP3 EVM



# OMAP3 Componentes de SW

- Código fuente e imágenes pre-construidas del kernel y bootloader
- Imagen pre-construida del sistema de archivos.
- Toolchain
- Aplicaciones de ejemplo

# Emulador en circuito

Dispositivo de hardware utilizado para depurar software en un sistema embebido.

- Toma el lugar del procesador en el sistema.
- Emula el comportamiento del procesador, pero provee herramientas para el control y visualización de señales.
- Permite conexión con estación de trabajo.

Poco común para SE de alto desempeño (actualidad).



Emulador en Circuito (ICE)

# ICE



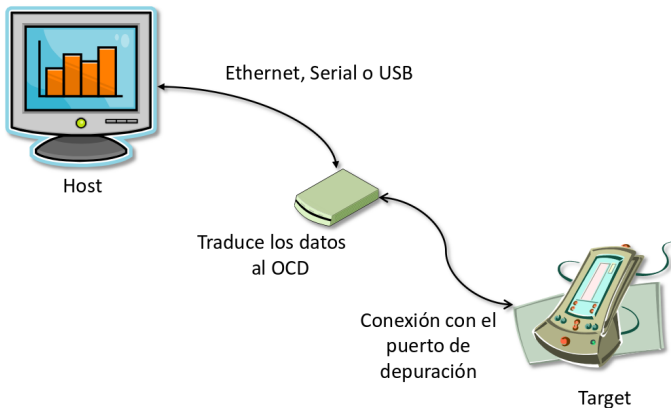


# Depuradores en Chip (OCD)

Hardware adicional, integrado con el procesador, que permite la depuración de software en sistemas empotrados

- Surgen como respuesta a las deficiencias de los emuladores
- No son duplicados del procesador, sino que permiten su control
- El procesador no debe ser reemplazado, lo que permite depurar en dispositivos finales.

# Conexión entre host y OCD



# JTAG (Boundary Scan)

Tecnología desarrollada para verificar el estado de chips en un circuito impreso mediante escaneo de límites (boundary scan)

- El puerto JTAG (Join Test Action Group) permite acceso a lo interno del procesador
- Estándar en producción y depuración de sistemas empotrados.
- Permite probar las conexiones de diversos circuitos integrados en un CI sin necesidad de puntas de prueba externas.

# Características JTAG

Varios chips dentro de un CI o SoC tienen sus líneas de JTAG conectadas en cascada. Con un solo puerto JTAG se puede tener acceso a **todos** los elementos de una cadena.

- TDI (Entrada de datos de testeo)
- TDO (Salida de datos de testeo)
- TCK (Reloj de testeo)
- TMS (Selector de modo de testeo)
- TRST (Reset de testeo) es opcional

# Escaneo de limites

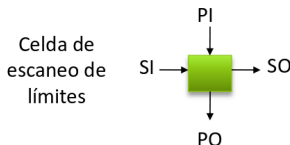
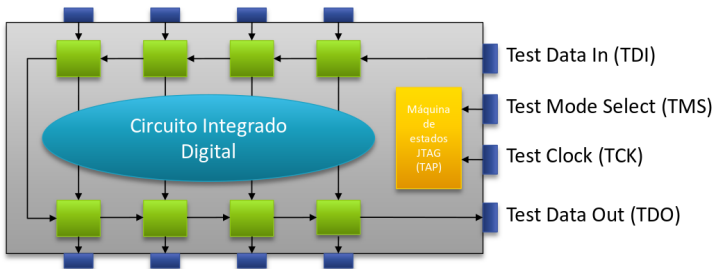
Basado en celda que incluye multiplexor y un registro para cada pin del dispositivo

- Celdas permiten capturar o forzar datos en los pines
- Cadena de escaneo: los datos capturados / forzados son serialmente desplazados hacia fuera /dentro del dispositivo.

# Celdas de escaneo de líneas

- **Captura de datos:** Carga paralela en el registro, a través de PI.
- **Actualización de datos:** Escritura paralela, a través de PO.
- **Desplazamiento de datos:** Datos pueden ser desplazados, a partir de TDI, de celda en celda, mediante SI y SO.

## Principio de funcionamiento escaneo de límites







# Referencias



**Miguel Angel Aguilar U. (2009)**

Material de clase: Introducción a los Sistemas Embebidos



**Raj Kama. (2008)**

Embedded Systems - Architecture, Programming and Design



**Xilinx.**

Xilinx In-System Programming Using an Embedded Microcontroller  
[http://www.xilinx.com/support/documentation/application\\_notes/xapp058.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp058.pdf)



**Corelis.**

JTAG Programming of CPLDs and FPGAs



**Carl Hamacher (2003)**

Organización de computadores.



**Behrooz Parhami (2005)**

Arquitectura de computadoras.