



Introducción a los sistemas embebidos

01 Motivación & Introducción

- Embebidos en exactas
- Algunos números
- Mercado de los embebidos
- Dispositivos móviles
- Intel vs ARM
- La familia ARM



01 Embebidos en exactas

Motivación

Embebidos en exactas

- Materias relacionadas a software embebido?
- Prácticas en embebidos?
- Por qué?



02 Algunos números

Motivación

Algunos números

- Mercado con un volumen muy superior al de computadoras de escritorio o laptops.
- En los últimos años, se vendieron alrededor de 500 millones de microprocesadores para el mercado de las PC's y 10 mil millones para el mercado de los embebidos.

Motivación

Algunos números

- Jim Turley, asesor de la industria de los embebidos, en el año 1999 decía:

About **zero percent of the world's microprocessors are used in computers**. Yup. Every PC, Macintosh, engineering workstation, Cray supercomputer, and all the other general-purpose computers put together account for less than 1% of all the microprocessors sold every year. If you round off the fractions, **embedded systems consume 100% of the worldwide production of microprocessors**.

Motivación

Algunos números

- En 1999 se vendieron para el mercado de los embebidos:
 - 250 millones de microprocesadores de 32 bits
 - 1000 millones de microprocesadores de 16 bits
 - 1000 millones de microprocesadores de 8 bits
 - 1000 millones de microprocesadores de 4 bits
- Para los no embebidos (PCs, Macs, workstations) tan solo 100 millones de computadoras
- 10 años después, se vendieron 10 mil billones de procesadores para el mercado de los embebidos!



03 Mercado de los embebidos

Introducción

Mercado de los embebidos

- Presente en varios aspectos de nuestra vida cotidiana
 - despertador
 - microondas
 - control de heladeras inteligentes
 - gps
 - dvd-player
 - celular
 - routers / modems
 - reproductor de música
 - dispositivos MÓVILES!!



04 Dispositivos móviles

Introducción

Dispositivos móviles

- ARM reina en este mercado
 - NO los fabrica, solo diseña y licencia a los fabricantes (modelo de negocio IP)
 - Los fabricantes crean un microchip que no solo es un microprocesador sino otros dispositivos. Para un celular, por ejemplo:
 - transmisor 3G
 - controlador de pantalla y teclado
 - controlador wifi
 - Se reduce el número de chips necesarios para montar el teléfono, reduciendo coste, tamaño y consumo
-

Introducción

Dispositivos móviles


- Intel no licencia sus procesadores, de modo que los chips extra deberían ir por fuera de este
- Esto deja a Intel fuera del mercado
- Para evitarlo, Intel hace configurable sus procesadores : pone una FPGA
- La FPGA proporciona a los fabricantes capacidad para “personalizar” el chip, similar a la que proporciona ARM

Introducción

Dispositivos móviles

- En el 2010 Intel introduce una FPGA en el Atom Processor

Introducing the Intel® Atom™ Processor E600C Series
A Configurable Intel Processor



The diagram illustrates the integration of two components into a single package. On the left, a small image of the Intel Atom E600C Processor Series is shown next to a small image of the Altera Field Programmable Gate Array, separated by a plus sign. A large arrow points from these two components to a larger image of the final integrated package on the right, which features the Intel logo.

Flexibility

- Configurable with application-specific or proprietary I/O and algorithms
- Single Design supports multiple product derivatives
- Multiple functions combine into a single package for smaller form factor needs

Simplicity

- Single Package reduces footprint and helps lower costs
- Ease of Design with few chips and simplified inventory
- Power of One with one supplier, one package, and one support call

intel
Embedded

Introducción

Dispositivos móviles

- 25/02/2013 -> Intel sigue [apostando](#) a las FPGA en sus procesadores



05 Intel vs ARM

Introducción

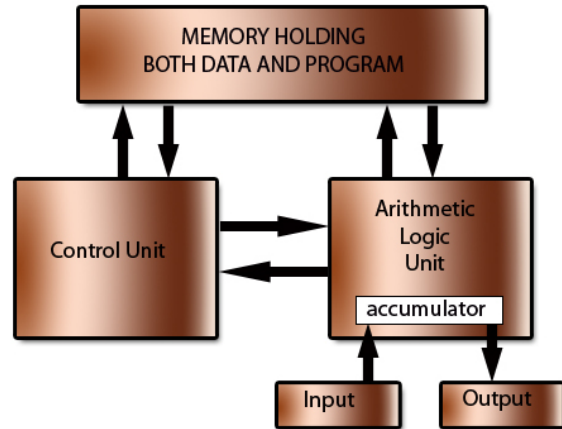
Intel vs ARM

- Producto licenciado vs no licenciado
- CISC vs RISC
- Von Neumann vs Harvard
- Propósito general vs propósito específico
- Microprocesador vs microcontrolador
- Potencia de procesamiento vs eficiencia de uso de recursos
- Alto costo vs bajo costo
- Alto consumo vs bajo consumo

Introducción

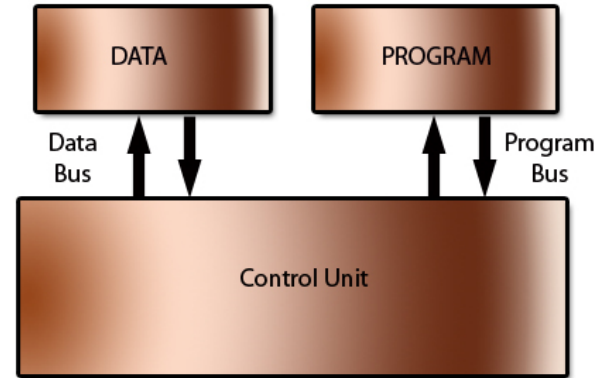
Von Neumann vs Harvard

The Von Neumann or Stored Program architecture



(c) www.teach-ict.com

The Harvard architecture



(c) www.teach-ict.com



06 La familia ARM

Introducción

La familia ARM

- ARM se fundó en 1990 (Advanced RISC Machines)
- Primera arquitectura licenciada fue ARM6 y VLSI Technologies se convirtió el primero en fabricarlo
- Luego se sumaron Texas Instruments, NEC, Sharp, ST Microelectronics
- En la actualidad, ARM partners producen más de 2 billones de procesadores ARM por año.

Introducción

La familia ARM (2)

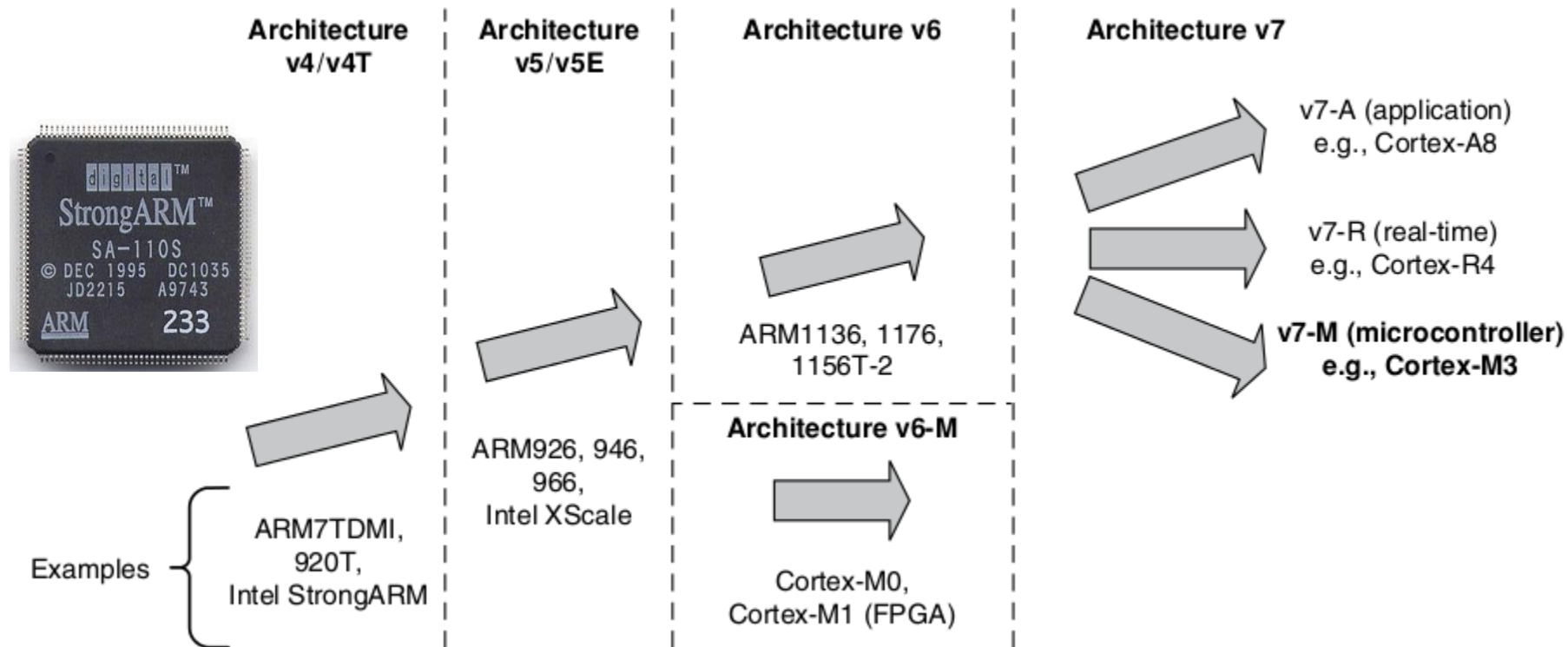
- La primera familia de microprocesadores tiene el nombre ARM6, que corresponde a la arquitectura ARMv4
- La familia de microprocesadores ARM11 corresponde a la arquitectura ARMv6. Introduce instrucciones SIMD (Single Instruction Multiple Data)
- La familia Cortex está asociada a la nueva y última (por ahora) arquitectura ARMv7, que se divide en subcategorías

Introducción

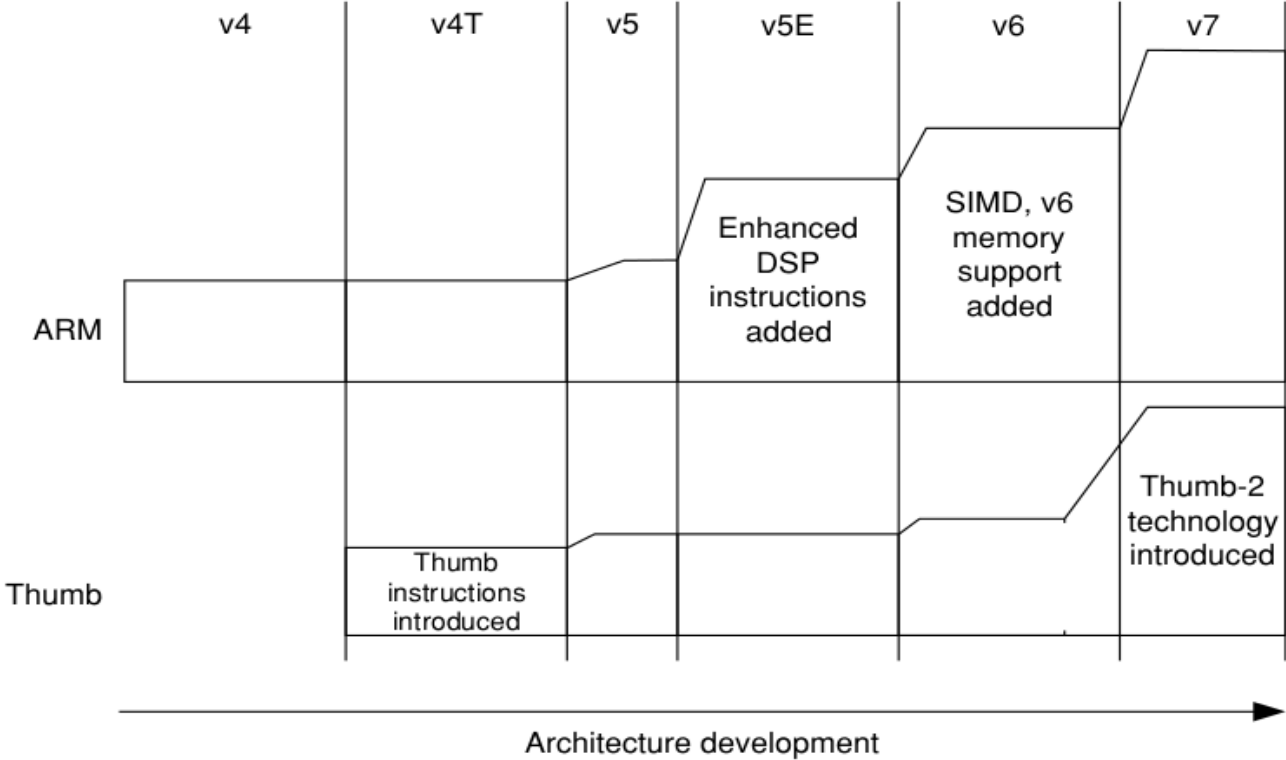
La familia ARM (3)

- **A** profile : aplicaciones high-performance (Galaxy S3 Cortex A9). Soporta sistemas operativos como Linux Embebido, Android, Windows Embebido, Symbian. Memoria virtual, MMU, protección run-time.
- **R** profile : sistemas embebidos con necesidades real-time. Lo mejor del mercado en cuanto a Real-Time. Constraints de confiabilidad.
- **M** profile : aplicaciones low-cost, fácil de usar. Ejemplo : control industrial y aplicaciones soft Real-Time.

Introducción



Introducción



02 En el mundo embebido...

- Definición
- Características
- Buses más conocidos
- Microcontrolador o microprocesador?
- Clasificación

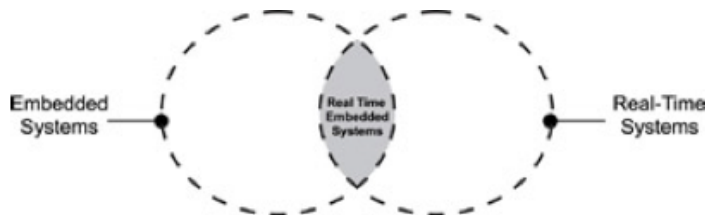


01 Definición

En el mundo embebido...

Definición

- Es un sistema de hardware software diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas con un propósito específico



En el mundo embebido...

Definición (2)

- Se pueden definir como todo sistema que NO es una PC de escritorio , ni un servidor, ni una workstation, ni una supercomputadora, ni un cluster distribuido, en fin, NO es un sistema programable de propósito general.

En el mundo embebido...

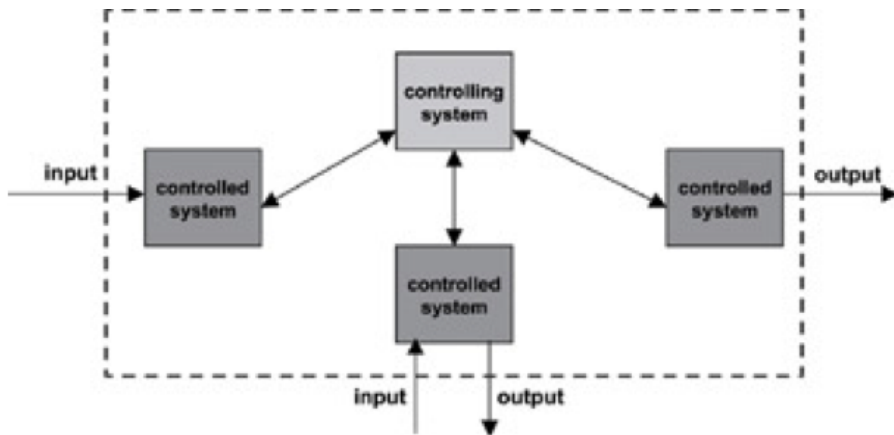
Definición (3)

- Aplicaciones específicas
- Optimizadas en consumo y área
- Co-relación en hardware y software
- Se programa en C, assembler o HDL (fpga)

En el mundo embebido...

Rol del sistema embebido

- Periodicidad y determinismo a través de comunicación desde o hacia el sistema controlador



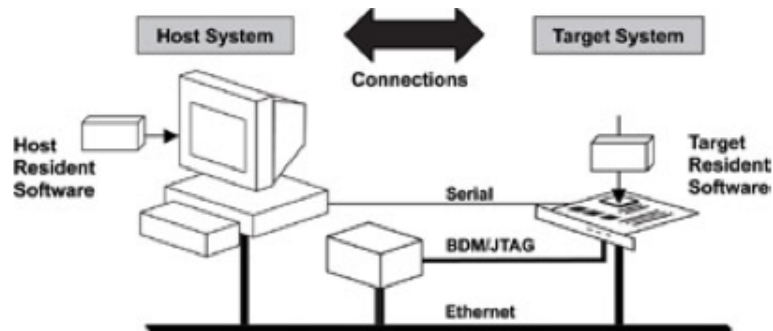


02 Características

En el mundo embebido...

Características

- Pensados con un propósito específico
- Predecibles y determinísticos
- Altamente acoplados al hardware
- Constraints
 - Tamaño
 - Consumo de energia
 - Precio



En el mundo embebido...

Características

- Tienen que ser confiables
 - Un error en un microcontrolador (sistema de frenos o piloto automático) puede ser fatal
- Tienen que ser eficientes
 - Hay constraints de espacio (RAM, ROM), procesamiento (pocos Mhz) y consumo
- El costo es también un constraint
 - El costo es una unidad no es significativo pero hay que pensar en fabricación masiva (reproductor DVD por ejemplo)



03 Buses más conocidos

En el mundo embebido...

Buses más conocidos

- CAN (Controlled Area Network)
 - Esquema de cableado multiplexado. Usado para transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Pensado originalmente para la industria automotriz y control de motores.
- I²C (Inter-Integrated Circuit)
 - Interfaz serie de dos cables, una para datos y otra es el clock (ambas bidireccionales). Multi-master & multi-slave con collision detection. Usado para conectar el microcontrolador con periféricos (ADC, DAC, sensores, etc)

En el mundo embebido...

Buses más conocidos (2)

- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
 - Puerto serie. Cada dato comienza con un bit de start y termina con uno de stop. Representa uno de los buses más comunes para microcontroladores
- USART
 - Ideal para UART pero con la posibilidad de sincronismo.
- SCI (Serial Communications Interface)
 - Una mejora de UART. Provee error detection, envío y recibo simultáneo, mayor cantidad de velocidades de transmisión, tamaño de palabra configurable.



04 Microcontrolador o microprocesador

En el mundo embebido...

Microcontrolador o microprocesador

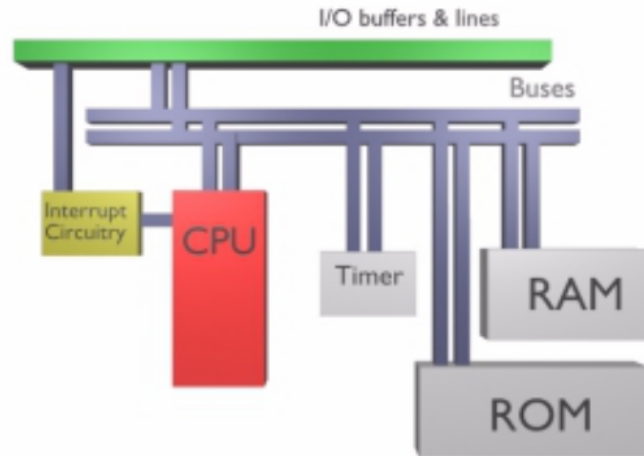
- Un microcontrolador es un único chip que tiene todos los componentes básicos de una computadora (en menor escala)
- Recursos están más limitados que en una PC
- Un chip programable para controlar un proceso o un sistema
- Los pins de un microcontrolador están relacionados a puertos de E/S y en un microprocesador, a señales de bus de memoria
- Un microprocesador es un chip CPU usado dentro de una computadora, mientras que el microcontrolador es la computadora en si mismo

En el mundo embebido...

Microcontrolador o microprocesador

- Los principales componentes de un microcontrolador son:

- CPU
- ROM
- RAM
- Input & Output
- Timer
- Controlador de interrupciones
- Buses





05 Clasificación

En el mundo embebido...

Clasificación

- Sistemas de pequeña escala
- Sistemas de mediana escala
- Sistemas sofisticados

En el mundo embebido...

Sistemas de pequeña escala

- Diseñados con un solo microcontrolador de 8 o 16 bits
- Poca complejidad de software y hardware
- Implica el diseño a nivel de placa
- En general se usa C para el desarrollo
- Se necesita limitar el poder de disipación cuando el sistema corre continuamente

Sistemas de pequeña escala

Herramientas de desarrollo

- Editor
- Assembler & C
- Cross Assembler

Sistemas de pequeña escala

Ejemplos

- Mouse
- Controlador de un teclado
- Control remoto
- Impresora
- Motor paso a paso

En el mundo embebido...

Sistemas de mediana escala

- Diseñados con un solo o pocos microcontroladores de 16 o 32 bits, DSP o RISC
- Software y hardware complejos

Sistemas de mediana escala

Herramientas de desarrollo

- RTOS
- IDE
- Simulador
- Source code Engineering Tool
- IP's

Sistemas de mediana escala

Ejemplos

- Sistema de entretenimiento
- Sistema de redes
- Sistemas de seguimiento de señales
- Procesamiento de audio y video

En el mundo embebido...

Sistemas sofisticados

- Software y hardware muy complejos
- Procesadores escalables o configurables y matrices de programación lógica
- Restringido por la velocidad de procesamiento en la unidad del hardware
- Implementación por hardware de funciones críticas (algoritmos de encriptación, drivers de redes, compresión, etc)

Sistemas sofisticados

Ejemplos

- Sistema embebido de tiempo real para sistemas de audio y video
- Sistemas embebidos para wireless LAN
- Interfaces embebidas y sistemas de redes usando alta velocidad
- Productos de seguridad y redes de seguridad de alta velocidad
- Sistemas espaciales

03 Ciclo de desarrollo en embebidos

- Especificación del problema
- Elección de Tool/chip
- Plan de software
- Plan del dispositivo
- Programación / Debug
- Testing
- Integración
- “Hola, mundo” en embebidos



01 Especificación del problema

Ciclo de desarrollo en embebidos

Especificación del problema

- Considerar necesidades específicas, interrupciones o time constraints
- Ejemplo de consideración para un termostato:
 - leer la temperatura
 - mostrar la temperatura
 - prender el calefactor
 - prender el aire acondicionado
- A priori se necesitaría un sensor de temperatura, un keypad y un display



02 Elección del Tool / Chip

Ciclo de desarrollo en embebidos

Elección del Tool / Chip

- Se considera necesidades basadas en:
 - espacio de memoria
 - velocidad
 - costo
 - disponibilidad
- Según el chip, hay que considerar las herramientas que este nos brinda:
 - compilador
 - emulador
 - debugger



03 Plan de software

Ciclo de desarrollo en embebidos

Plan de software

- Se consideran algoritmos que resuelvan el problema, teniendo en cuenta:
 - tamaño de código
 - velocidad
 - dificultad
 - mantenibilidad
- Se modulariza. Por ejemplo, módulos del termostato para:
 - escribir en el display LCD
 - leer desde el keypad
 - interactuar con el aire acondicionado



04 Plan del dispositivo

Ciclo de desarrollo en embebidos

Plan del dispositivo

- Setear el vector de reset
- Setear el vector de interrupciones
- Configurar el stack
- Interactuar con periféricos (timers, puertos serie, A/D conversores)
- Trabajar con puertos de E/S



05 Programación / Debug

Ciclo de desarrollo en embebidos

Programación / Debug

- Se programa aquello que se planeo previamente
- Es importante constatar time constraints



06 Testing

Ciclo de desarrollo en embebidos

Testing

- Se testea que lo programado se ajuste a la especificación
- Se usan emuladores y simuladores en caso de disponer de ellos
- Es buena práctica testear individualmente el hardware con el que se interactúa. Para el ejemplo del termostato:
 - keypad
 - sensor de temperatura
 - aire acondicionado
 - calefacción
 - display LCD



07 Integración

Ciclo de desarrollo en embebidos

Integración

- Test de integración con bajada al dispositivo



08 “Hola, mundo” en embebidos

```
#include <hc705c8.h> // especifico del hardware
#pragma portw PortA @ 0x0A; // Input/Output
#pragma portw PortADir @ 0x8A; // only output
```

```
#define INPUT 1
#define OUTPUT 0
#define ON 1
#define OFF 0
#define PUSHED 1
```

```
//wait function prototype
void wait(registera param);
```

```
void main(void){
    PortADir.0 = OUTPUT; //set pin 0 for output (light)
    PortADir.1 = INPUT; //set pin 1 for input (button)

    while (1){
        // loop forever
        if (PortA.1 == PUSHED){
            wait(1);
            // is it a valid push?
            if (PortA.1 == PUSHED){
                PortA.0 = ON;
                // turn on light
                wait(10);
                // delay (light on)
                PortA.0 = OFF;
                // turn off light
            }
        }
    }
}
```



04 Bibliografía

01 Bibliografía

- Real-Time concepts for embedded systems
- Embedded Systems 2nd edition - Raj Kamal
- First steps with Embedded Systems
- Real-Time Systems: Theory and Practice



04 Contacto



01 **Contacto**

- gonzalo.raposo@globallogic.com
- daniel.corbatta@globallogic.com
- lucia.ginart@globallogic.com



05 Preguntas



GlobalLogic[®]



Gracias