

Tema 1: Introducción

Sistemas Digitales Basados en Microprocesadores

Universidad Carlos III de Madrid

Dpto. Tecnología Electrónica

Nota: Las figuras utilizadas para ilustrar las características y funcionalidades del microcontrolador del curso se han obtenido de la documentación técnica disponible en <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32l151-152.html>

- Motivación y Contexto
- Presentación de la Asignatura
 - Estructura
 - Metodología
 - Evaluación
 - Prácticas
 - Profesorado
 - Planificación de la Asignatura
- Medios Materiales
 - Microprocesadores a utilizar
 - Entorno de Desarrollo
 - Bibliografía y Recursos

Motivación



```
A problem has been detected and windows has been shut down to prevent damage to your computer.
```

```
The end-user manually generated the crashdump.
```

```
If this is the first time you've seen this Stop error screen, restart your computer. If this screen appears again, follow these steps:
```

```
Check to make sure any new hardware or software is properly installed. If this is a new installation, ask your hardware or software manufacturer for any windows updates you might need.
```

```
If problems continue, disable or remove any newly installed hardware or software. Disable BIOS memory options such as caching or shadowing. If you need to use Safe Mode to remove or disable components, restart your computer, press F8 to select Advanced Startup Options, and then select Safe Mode.
```

```
Technical information:
```

```
*** STOP: 0x000000E2 (0x00000000,0x00000000,0x00000000,0x00000000)
```

```
Beginning dump of physical memory  
Physical memory dump complete.  
Contact your system administrator or technical support group for further assistance.
```

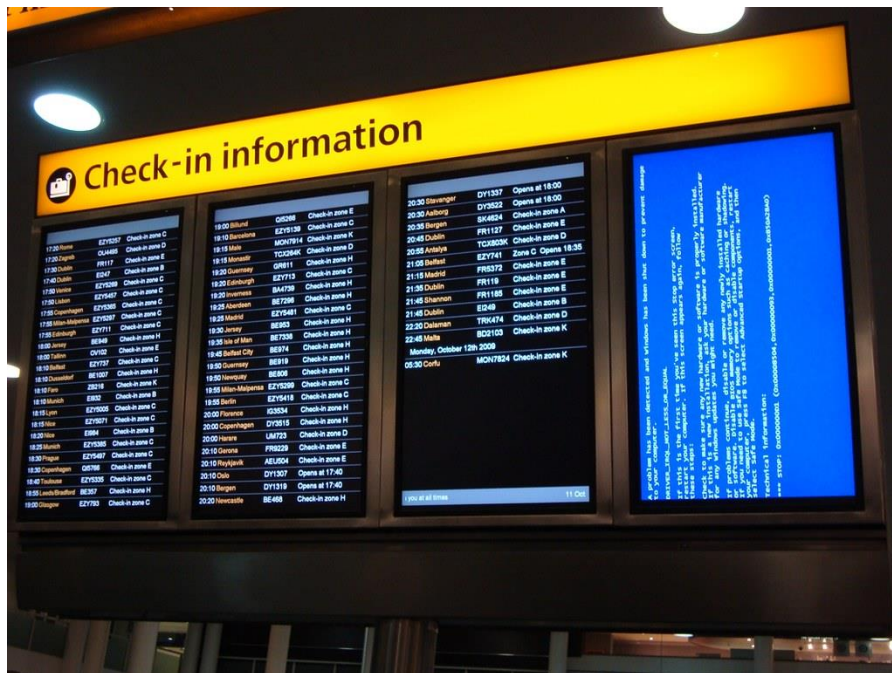
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Windows_XP_Blue_Screen_of_Death_%28Forced%29.svg



Your PC ran into a problem that it couldn't handle, and now it needs to restart.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Blue_Screen_of_Death.png

Motivación



<https://www.flickr.com/photos/74157931@N00/4005857555/in/photostream/>



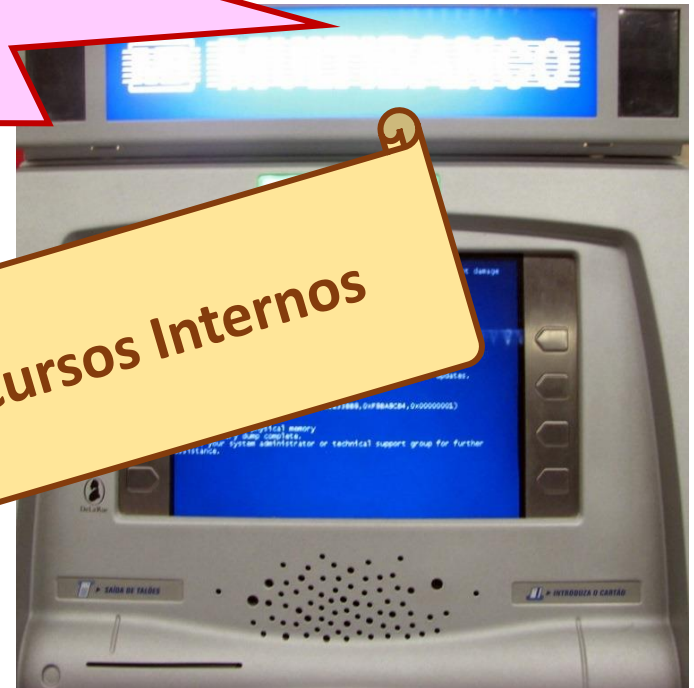
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/DeLaRue_ATM_Crash.jpg



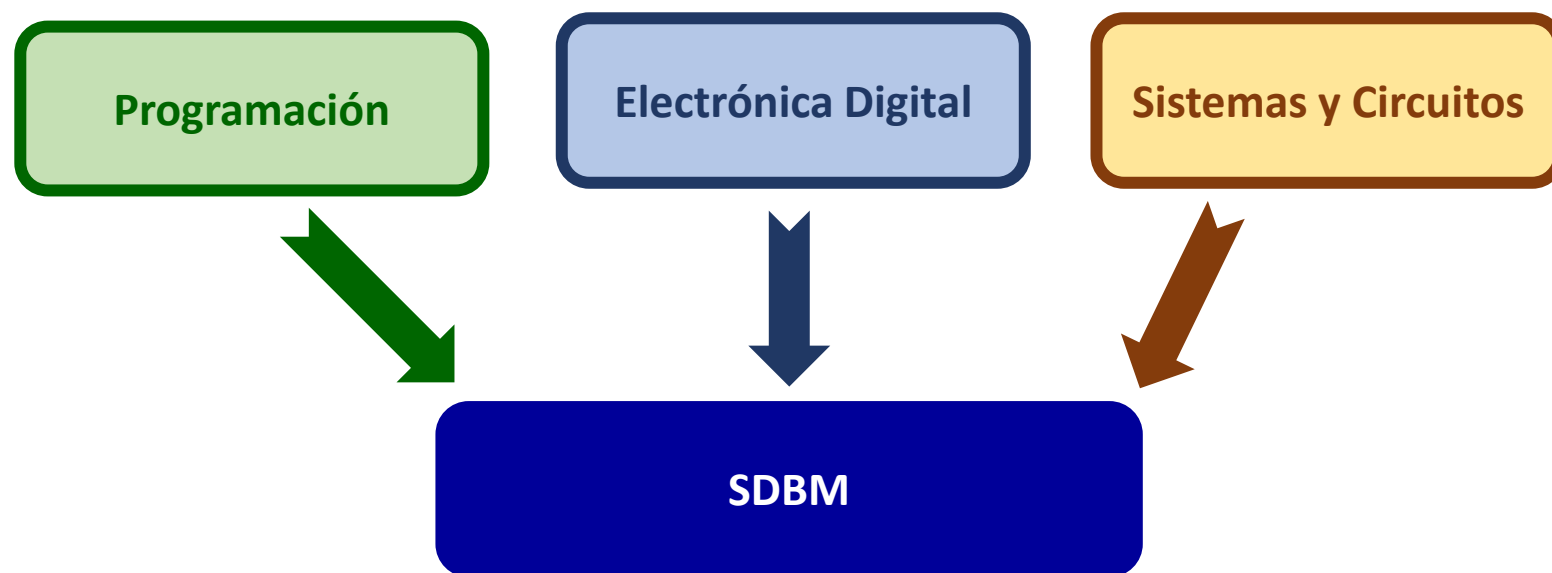
Gestión Incorrecta de los Recursos
(tanto a nivel de aplicación,
como de Sistema Operativo)

<https://www.flickr.com/photos/741931@N00/4005857555/in/phot>

Desconocimiento de los Recursos Internos



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/DeLaRue_ATM_Crash.jpg



Presentación de la Asignatura

- Centrada en los Fundamentos Básicos, pero con proyección a Desarrollo de Sistemas
- Objetivos a Cubrir:
 - Conceptos Básicos
 - Arquitectura Interna de una CPU
 - Programación de una CPU a Bajo Nivel
 - Conexionado con Sistemas de Memorias
 - Sistemas Básicos de Entrada / Salida
 - Conceptos Avanzados
 - Arquitecturas Von Neumann y Harvard
 - Arquitecturas CISC y RISC
 - Programación en medio-alto nivel
 - Mecanismos Avanzados de Programación y Efectos de los Compiladores
 - Sistemas Avanzados de Gestión de Memoria
 - Sistemas Avanzados de Entrada / Salida

Estructura

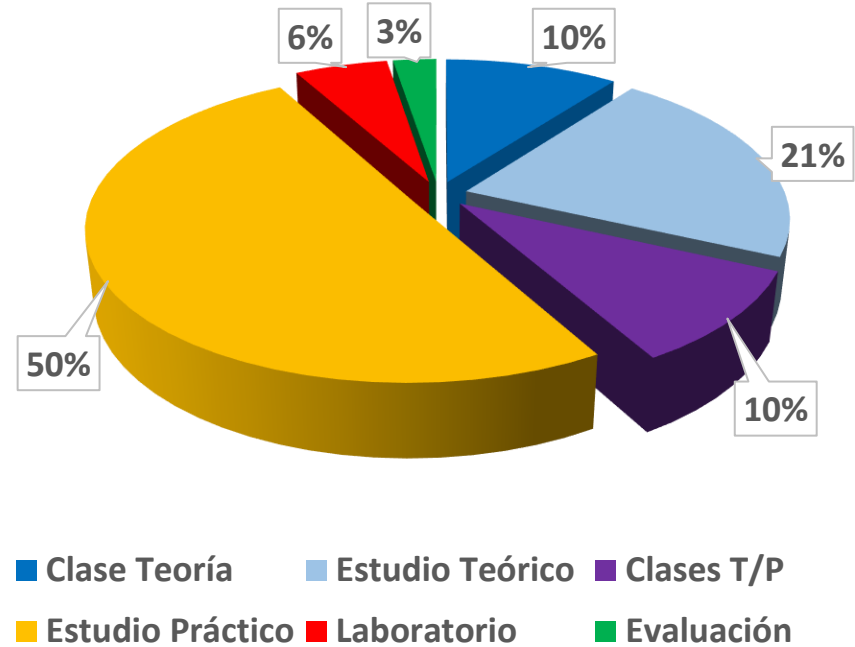
1. Introducción de la Asignatura
2. Arquitectura Interna de una CPU
3. Lenguaje Ensamblador
4. Entorno de Desarrollo
5. Pines de Entrada/Salida de Propósito General
6. Conversión Analógico/Digital y D/A
7. Interrupciones y EXTI
8. Temporización (TOC, PWM y TIC)
9. Trabajando con bibliotecas: HAL
10. Comunicación Serie Asíncrona: USART
11. Comunicación Serie Síncrona: I2C, SPI
12. Funciones Especiales (RTC, Watchdog y Consumo) y Diseño de Proyectos

Metodología

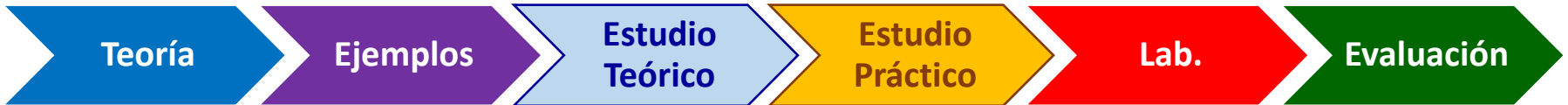
• Aprendizaje a través de la práctica:

- Ejemplos mostrados
- Ejercicios propuestos
- Prácticas de Laboratorio
 - Proyecto completo dividido en fases
 - Cada fase puede empezarse al finalizar el tema indicado en el enunciado

Distribución de Horas de la Asignatura



• Flujo Docente:



Medios Materiales

Medios Materiales

- Motivación:
 - Nivel tecnológico
 - Última generación de Microprocesadores de bajo coste orientado a sistemas empotrados (*embedded systems*)
 - Actualidad
 - Sistemas Operativos: Linux, Windows Mobile, Android, iOS, etc.
 - Equipos: Smartphones, Smartwatches, Single Board Computers, etc...
 - Trabajo
 - Micro muy demandado en el mercado.
- Microprocesador a estudiar:
 - CPU: ARM Cortex M3
 - Microcontrolador: STM32L152
 - Placa de Desarrollo: STM32L-Discovery
 - IDE: STM32CubeIDE
 - Lenguaje: C

¿Por qué ARM?

- En 2011, los procesadores ARM aparecen en la mayoría de *smartphones* y tabletas del mercado
- Microsoft introdujo con Windows RT una versión que incluye un modo compatible con los procesadores de ARM
- Un primer producto de éxito (1993), fué la PDA Newton de Apple
- Otro de más impacto (2001), el iPod de Apple
- ARM significa Advanced RISC Machine
- Utiliza arquitectura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*)
- Los procesadores ARM se han diseñado para usarse en aplicaciones de bajo consumo, alimentados con batería
- Los procesadores ARM no se venden como un chip, sino como una licencia de hardware IP (Intellectual Property)
- El comprador añade sus propios periféricos y fabrica los chips

ARM

Microcontrolador STM32L152RBT6

STMicroelectronics

Ultralow power ARM-based 32-bit MCU with up to 128 KB Flash, RTC, LCD, USB, USART, I2C, SPI, timers, ADC, DAC, comparators

Device family

STM32 = ARM-based 32-bit microcontroller

Product type

L = Low power

Device subfamily

151: Devices without LCD

152 = Devices with LCD

Pin count

C = 48 pins

R = 64 pins

V = 100 pins

Flash memory size

6 = 32 Kbytes of Flash memory

8 = 64 Kbytes of Flash memory

B = 128 Kbytes of Flash memory

Package

H = BGA

T = LQFP

U = UFQFPN

Temperature range

6 = Industrial temperature range, -40 to 85 °C

Features

■ Operating conditions

- Operating power supply range: 1.65 V to 3.6 V (without BOR) or 1.8 V to 3.6 V (with BOR option)
- Temperature range: -40 to 85 °C

■ Low power features

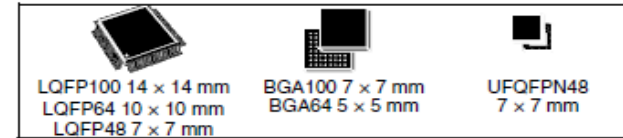
- 4 modes: Sleep, Low-power run (9 µA at 32 kHz), Low-power sleep (4.4 µA), Stop with RTC (1.45 µA), Stop (570 nA), Standby (300 nA)
- Dynamic core voltage scaling down to 233 µA/MHz
- Ultralow leakage per I/O: 50 nA
- Fast wakeup from Stop: 8 µs
- Three wakeup pins

■ Core: ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU

- 32 MHz maximum frequency, 33.3 DMIPS peak (Dhrystone 2.1)
- Memory protection unit

■ Reset and supply management

- Low power, ultrasafe BOR (brownout reset) with 5 selectable thresholds
- Ultralow power POR/PDR
- Programmable voltage detector (PVD)



- Up to 16 Kbyte of RAM

■ Up to 83 fast I/Os (73 of which are 5 V-tolerant) all mappable on 16 external interrupt vectors

■ Development support

- Serial wire debug, JTAG and trace

■ DMA: 7-channel DMA controller, supporting timers, ADC, SPIs, I²Cs and USARTs

■ LCD 8 × 40 or 4 × 44 with step-up converter

■ 12-bit ADC up to 1 Msps/24 channels

- Temperature sensor and internal voltage reference
- Operates down to 1.8 V

■ 2 × 12-bit DACs with output buffers

■ 2 ultralow power comparators

- Window mode and wakeup capability

■ 10 timers:

- 6 × 16-bit general-purpose timers, each with up to 4 IC/OC/PWM channels
- 2 × 16-bit basic timers
- 2 × watchdog timers (independent and window)

Características del Chip



Table 2. Ultralow power STM32L15xxx device features and peripheral counts

Peripheral		STM32L15xCx			STM32L15xRx			STM32L15xVx	
Flash - Kbytes		32	64	128	32	64	128	64	128
RAM - Kbytes		10	10	16	10	10	16	10	16
Timers	General-purpose	6			6			6	
	Basic	2			2			2	
Communication interfaces	SPI	2			2			2	
	I ² C	2			2			2	
	USART	3			3			3	
	USB	1			1			1	
GPIOs		37			51			83	
12-bit synchronized ADC		1			1			1	
Number of channels		16 channels			20 channels			24 channels	
12-bit DAC		2			2			2	
Number of channels		2			2			2	
LCD (STM32L152xx Only)									
COM x SEG		4x16			4x32 8x28			4x44 8x40	
Comparator		2			2			2	
CPU frequency		32 MHz							
Operating voltage		1.8 V to 3.6 V (down to 1.65 V at power-down) with BOR option 1.65 V to 3.6 V without BOR option							
Operating temperatures		Ambient temperatures: -40 to +85 °C Junction temperature: -40 to +105 °C							
Packages		LQFP48, UFQFPN48			LQFP64, BGA64			LQFP100, BGA100	

Microcontrolador STM32L152

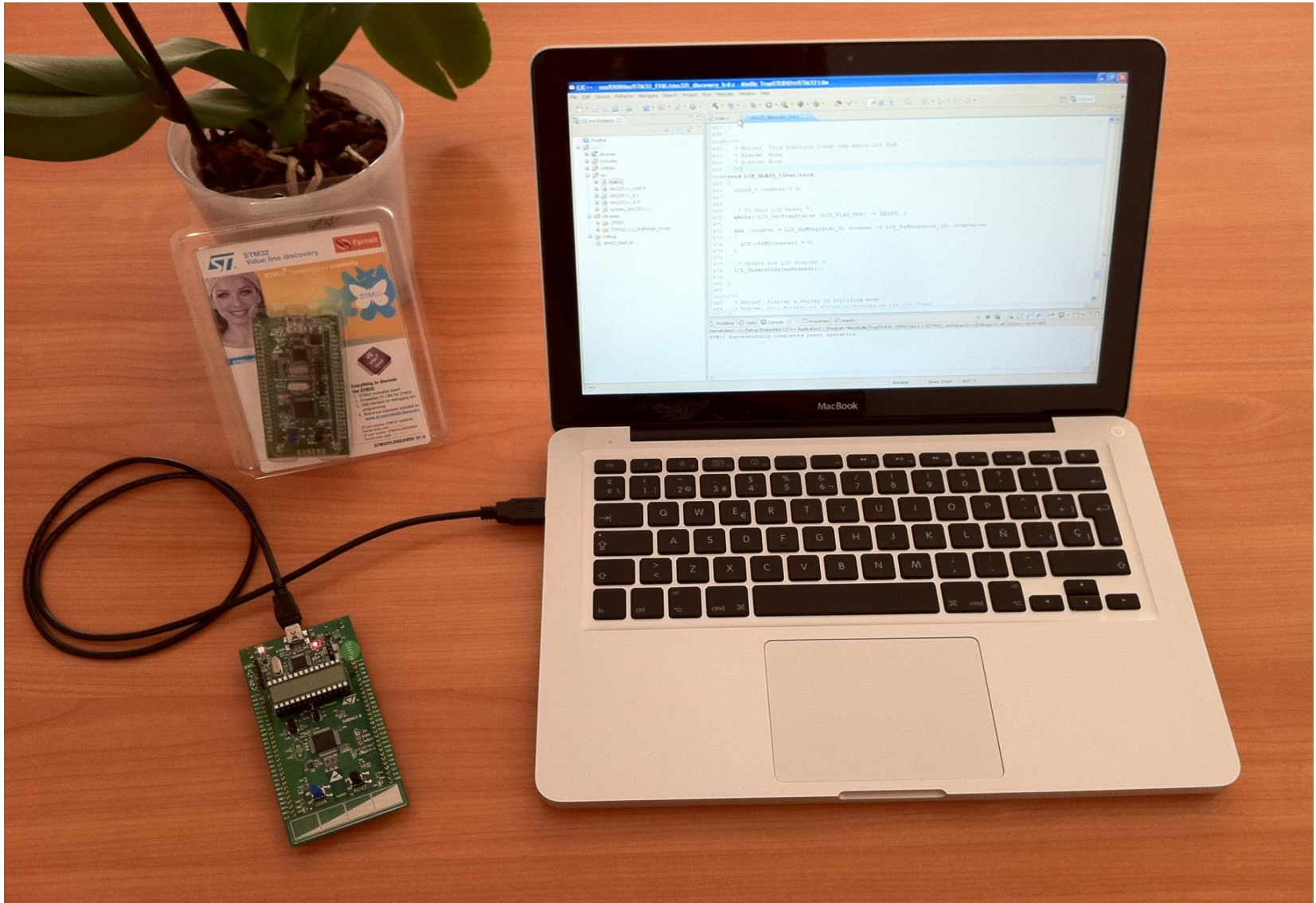
- El micro STM32L152 además del ARM Cortex-M3, incluye:
 - 128 KB de memoria Flash
 - 16 KB de RAM estática
 - Diversos periféricos integrados en el propio chip, entre ellos:
 - Pines I/O de propósito general tolerantes a 5V
 - Temporizadores de 32 bits (Timers) y uno de 24 (SysTick)
 - Conversor ADC de 12 bits
 - Conversor DAC de 12 bits
 - Controlador de Interrupciones Vectorizadas NVIC
 - Entradas de IRQ externa con disparo por nivel o flanco
 - Puertos Serie Asíncronos y Síncronos (USART, I²C y SPI)
 - Reloj en Tiempo Real (RTC)
 - Varios canales de DMA
 - 7 modos de bajo consumo
 - Múltiples fuentes de reloj (internas y externas)
 - Comparador analógico
 - Circuito de Watch Dog ...

Placa de Desarrollo STM32L-DISCOVERY

- La placa de desarrollo STM32L-DISCOVERY solo requiere una conexión a PC y, además del micro, incluye los siguientes elementos:
 - Mecanismo de depuración con el sistema ST-LINK/V2 integrado en la propia placa
 - Alimentación a través del cable de conexión USB a PC
 - Display LCD de 6 caracteres
 - 4 LEDs, 2 de ellos programables por el usuario
 - Dos pulsadores (User y Reset)
 - Conectores de expansión de I/O a placa externa
 - Otros elementos



Entorno de Desarrollo



Sistema de Desarrollo (IDE): STM32CubeIDE

The screenshot displays the STM32CubeIDE environment. The main window is divided into several panes:

- Project Explorer:** Shows the project structure for 'prueba/Core/Src/main.c - STM32CubeIDE'.
- Code Editor:** Displays the C code for 'main.c', including initialization and an infinite loop with a GPIO pin toggle.
- Register View:** Shows a list of registers for the selected device, with the 'IDR' register highlighted. Below it, the 'ODR' register details are shown.

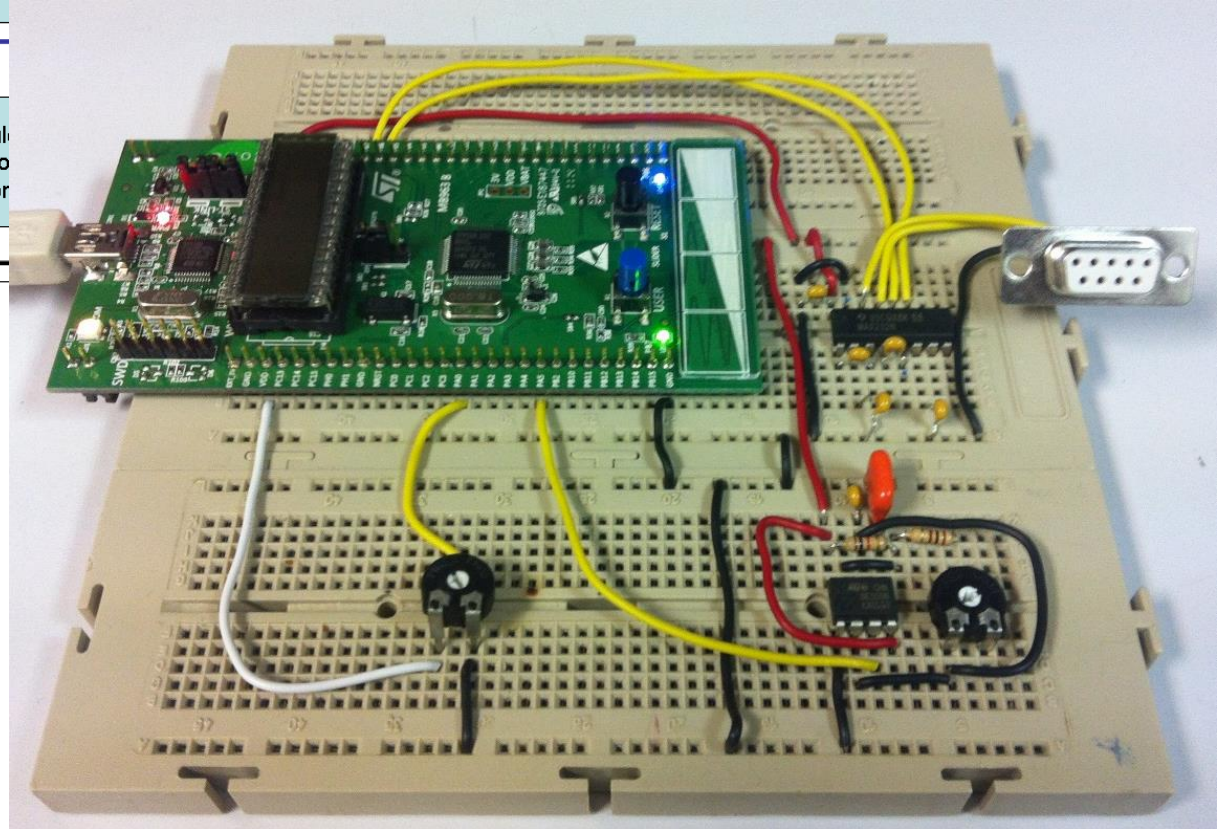
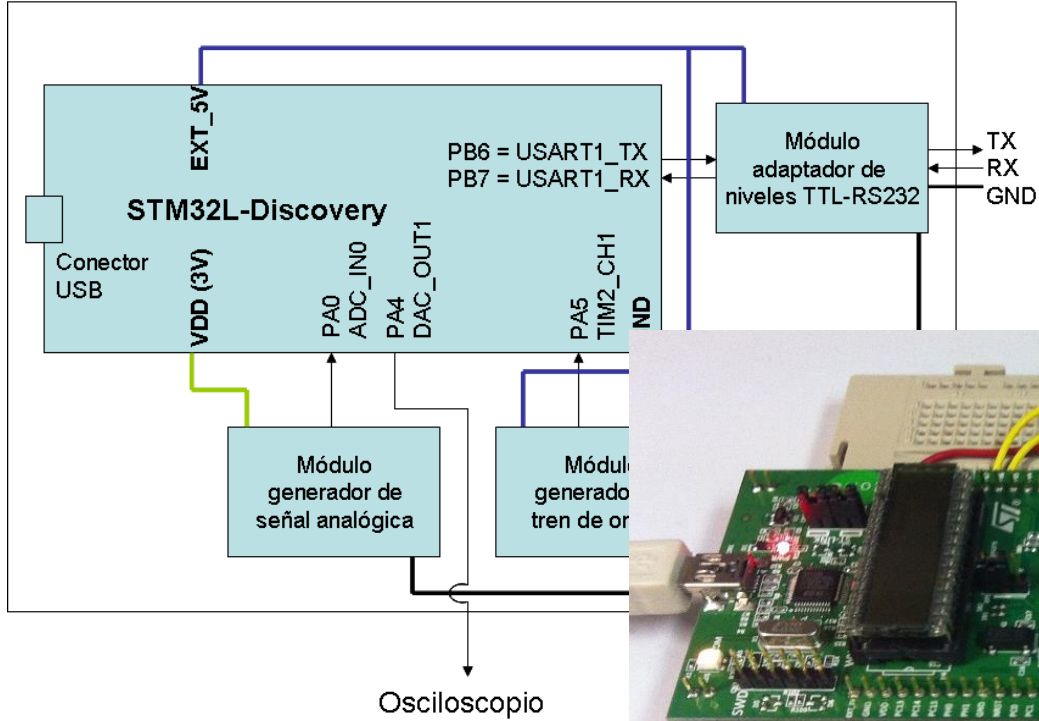
Register	Address	Value
EXTI		
Flash		
FSMC		
GPIOA		
MODER	0x40020000	0xa80004a0
OTYPER	0x40020004	0x0
OSPEEDER	0x40020008	0xc0000f0
PUPDR	0x4002000c	0x64000000
IDR	0x40020010	0x802c
ODR	0x40020014	0x20
BSRR	0x40020018	
LCKR	0x4002001c	0x0
AFRL	0x40020020	0x7700
AFRH	0x40020024	0x0
GPIOB		
GPIOC		
GPIOD		
GPIOE		
GPIOF		
GPIOG		
GPIOH		
I2C1		

Register	Value
ODR	0x40020014
Value	0x0
Size	32
Reset value	0x0
Reset mask	0xFFFFFFFF
Access permission	RW
Read action	

STM32CubeIDE
All-in-one STM32 development tool

TrueSTUDIO[®] for STM32 + STM32CubeMX

Ejemplo de Trabajo Práctico



Bibliografía

- **The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3**
 - Joseph Yiu 2007, Elsevier Inc.
- **The Insider's Guide to the STM32 Series ARM® Based Microcontrollers**
 - Trevor Martin 2009, <http://www.hitex.com>
- **Introduction to the ARM® Cortex™-M Architecture**
- **Cortex-M3 Technical Reference Manual**
 - <http://www.arm.com>
- **RM0038 Reference Manual. STM32L151xx and STM32L152xx advanced ARM-based 32-bit MCUs**
 - <http://www.st.com>
- **Datasheet. STM32L151xx and STM32L152xx advanced ARM-based 32-bit MCUs**
 - <http://www.st.com>
- **STM32CubeIDE:**
 - <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>