

## Tema 10: Uso de la Abstracción Hardware (CubeMX y HAL)

### Sistemas Digitales Basados en Microprocesadores

Universidad Carlos III de Madrid

Dpto. Tecnología Electrónica

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Índice

- La Abstracción Hardware
- Abstracción Visual: STM32 CubeMX
- Abstracción en Programación: HAL
- Ejemplo SIN Interrupciones
  - Descripción del Problema y Diagrama de Bloques
  - Diagrama de Flujo
  - Configuración por CubeMX
  - Programación mediante HALs
  - Código Final
- Ejemplo CON Interrupciones
  - Descripción del Problema y Diagrama de Bloques
  - Diagrama de Flujo
  - Configuración por CubeMX
  - Programación mediante HALs
  - Código Final

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# La Abstracción Hardware

- Hay proyectos donde su complejidad provoca interacción entre los recursos del microcontrolador
  - Cuando la complejidad de la solución sube, la probabilidad que las interacciones no contemplen todos los casos es alta
  - Es factible que aparezcan incompatibilidades funcionales entre los recursos
  - Muchas de esas interacciones, así como la configuración de los recursos, se puede hacer de forma automatizada
- Hay recursos del microcontrolador (por ejemplo, periféricos) que pueden ser extremadamente complejos
  - No sólo es necesario conocer los registros internos, sino que es posible que haya que crear estructuras de datos complejas o incluso programar una gestión compleja
  - Dicha gestión es en gran medida común a todos los proyectos que usan ese recurso
- Es necesario proporcionar ayudas al desarrollador de tal modo que éste se pueda abstraer del hardware a utilizar:
  - Sistema automático de configuración de los recursos: CubeMX

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70


# Abstracción Visual

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Abstracción Visual

- Debido al gran número de recursos que ofrecen los microcontroladores actuales, es habitual que los fabricantes proporcionen herramientas que ayuden al desarrollador a elegir los recursos a utilizar
- Dichas herramientas permiten:
  - Seleccionar los periféricos a utilizar
  - Configurar la funcionalidad de cada uno de esos periféricos
    - Incluido los pines asociados
  - Comprobar la coherencia de las selecciones realizadas, detectando conflictos
  - Generar el código de inicialización de todos los recursos
    - Asegurando que la configuración de un recurso, no deteriora la configuración de otros

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX

- ST Microelectronics proporciona como herramienta de Abstracción Visual para sus microcontroladores el CubeMX
- Esta herramienta permite:
  - Seleccionar el microcontrolador y/o la tarjeta de desarrollo utilizada
  - Indicar la funcionalidad de cada uno de los pines
    - Automáticamente activa los periféricos asociados, dejando los que no se utilizan en modo de bajo consumo
  - Seleccionar los periféricos a utilizar
    - Y para cada uno de ellos, seleccionar la funcionalidad y la configuración inicial
      - Muchas de dichas selecciones se hacen a través de menús desplegables
  - Determinar qué periféricos van a usar interrupciones
  - Incluir middleware, tales como periféricos avanzados o incluso sistemas operativos en tiempo real
  - Configurar el reloj del sistema y de cada uno de los buses de periféricos
  - Seleccionar, entre varios, el entorno de desarrollo a utilizar

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Abstracción en Programación

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

- A la hora de programar, es habitual que parte del trabajo sea común con otros proyectos y desarrolladores, por lo que se intenta reutilizar código que se considera ya probado
- Esta misma filosofía es compartida por los fabricantes de microcontroladores, sistemas de desarrollo y placas de desarrollo
  - Proporcionan bibliotecas que faciliten el uso de los distintos recursos
- En concreto, a la hora de desarrollar, es habitual el planteamiento de una solución en capas, que vayan desde el uso directo del hardware del microcontrolador (es decir, los recursos), a funciones de alto nivel que abstraigan al desarrollador de la complicación de gestionar dichos recursos
  - A partir de esas librerías de alto nivel, el desarrollador implementa su aplicación final
  - El desarrollador, si lo necesita, puede acceder directamente a los recursos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud del

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

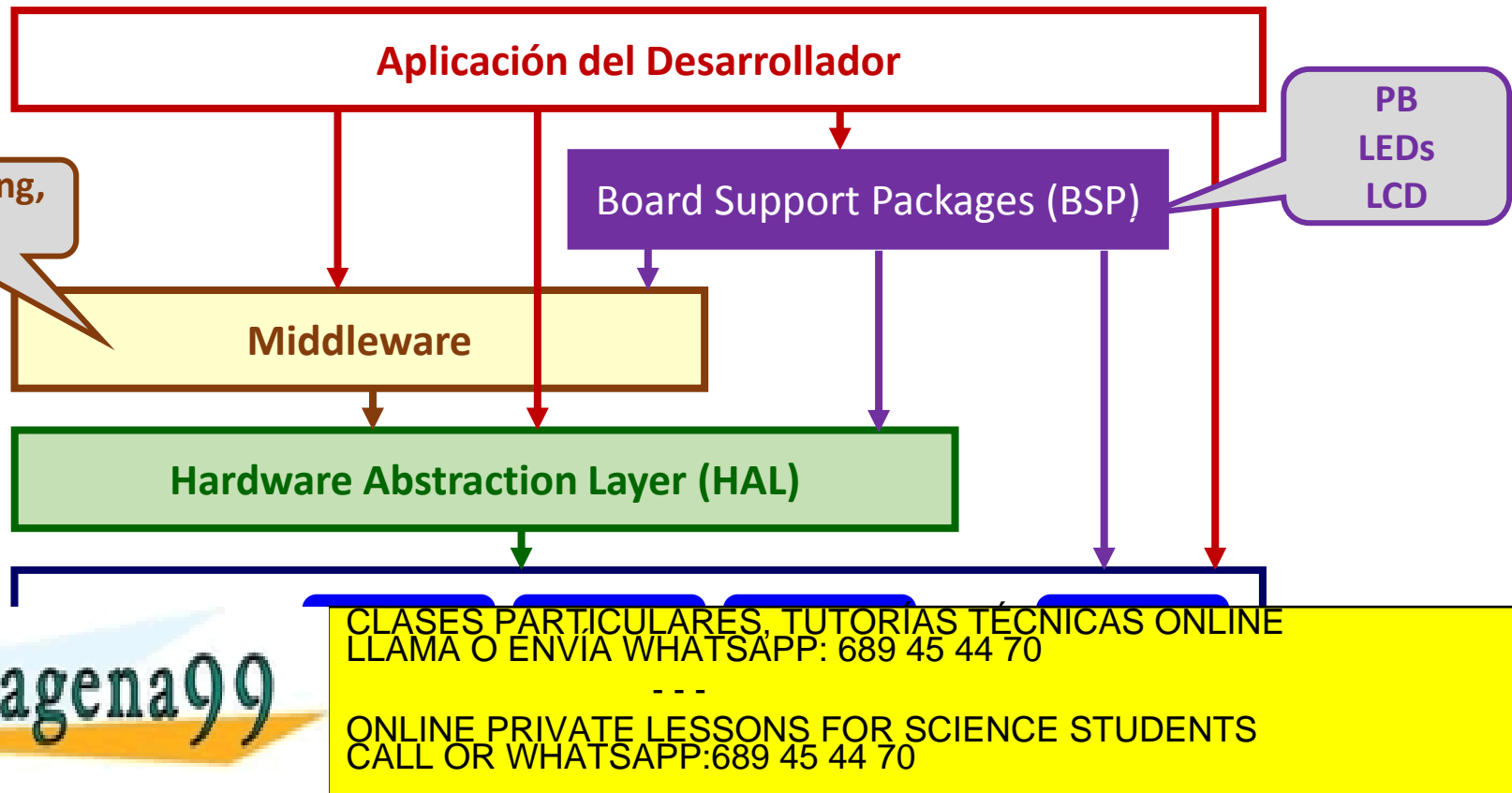
si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo



# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

- ST Microelectronics proporciona una serie de bibliotecas que facilitan ese desarrollo software:
  - Otros fabricantes proporcionan soluciones equivalentes



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

- Las HAL aumentan el nivel de abstracción de trabajo, simplificando llamadas y creando nuevos usos. Por ejemplo, en las de STM32L1:
  - ADC:
    - Existe ya una función para hacer polling sobre la conversión
  - TIM:
    - De los 3 modos de funcionamiento básico (TIC, TOC y PWM), se pasa a 6 modos: Time Base, TIC, TOC, PWM, One-pulse mode output, Encoder mode output
- Además, STM32L1 proporciona unos BSPs que gestionan:
  - El botón USER: `BSP_PB_Init()`, `BSP_PB_GetState()`, etc.
  - Los LEDs: `BSP_LED_Init()`, `BSP_LED_On()`, `BSP_LED_Off()`, `BSP_LED_Toggle()`
  - El LCD: tal y como se ha utilizado a lo largo del curso (por ejemplo,

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

- Las HAL suelen estar orientadas a un tipo de programación más de alto nivel, por lo que determinados conceptos de bajo nivel se diluyen
- Un ejemplo son las RAIs:
  - El uso de abstracción contempla que las RAIs se generan de forma automática
  - Esa generación ya contempla todos los tipos de eventos que pueden dar lugar a esa RAI y realiza la limpieza de los flags correspondientes
  - Para cada uno de esos eventos, la RAI plantea la llamada a una función que puede programar el desarrollador
    - A estas funciones se las denomina **Callback**
  - Si el desarrollador no ha implementado una determinada Callback, el compilador la sustituye por un código inocuo
- La siguiente transparencia muestra la RAI implementada en las HAL

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

```
void HAL_TIM_IRQHandler(TIM_HandleTypeDef *htim)
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

```
void HAL_TIM_IRQHandler(TIM_HandleTypeDef *htim) {  
    /* Capture compare 1 event */  
    if(__HAL_TIM_GET_FLAG(htim, TIM_FLAG_CC1) != RESET) {  
  
        /* Capture compare 2 event */  
        ...  
        /* Capture compare 3 event */  
        ...  
        /* Capture compare 4 event */  
        ...  
        /* TIM Update event */  
        if(__HAL_TIM_GET_FLAG(htim, TIM_FLAG_UPDATE) != RESET) {  
  
            /* TIM Trigger detection event */
```

Eventos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

```
void HAL_TIM_IRQHandler(TIM_HandleTypeDef *htim) {  
  /* Capture compare 1 event */  
  if( HAL_TIM_GET_FLAG(htim, TIM_FLAG_CC1) != RESET) {  
    if( _HAL_TIM_GET_IT_SOURCE(htim, TIM_IT_CC1) !=RESET) {  
      HAL_TIM_CLEAR_IT(htim, TIM_IT_CC1);  
      htim->Channel = HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_1;  
      /* Input capture event */  
      if((htim->Instance->CCMR1 & TIM_CCMR1_CC1S) != 0x00) {  
        HAL_TIM_IC_CaptureCallback(htim);  
      }  
      /* Output compare event */  
      else {  
        HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback(htim);  
        HAL_TIM_PWM_PulseFinishedCallback(htim);  
      }  
      htim->Channel = HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_CLEARED;  
    } }  
  /* Capture compare 2 event */  
  ...  
  /* Capture compare 3 event */  
  ...  
  /* Capture compare 4 event */  
  ...  
  /* TIM Update event */  
  if( _HAL_TIM_GET_FLAG(htim, TIM_FLAG_UPDATE) != RESET) {  
    if( _HAL_TIM_GET_IT_SOURCE(htim, TIM_IT_UPDATE) !=RESET) {  
      HAL_TIM_CLEAR_IT(htim, TIM_IT_UPDATE);  
      HAL_TIM_PeriodElapsedCallback(htim);  
    } }  
  /* TIM Trigger detection event */
```

Eventos

Limpieza de  
Flags

Sub-evento

Llamadas a  
Callbacks

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries (HAL)

- El uso de HAL conlleva un coste:
  - Se pierde algo de control sobre los procesos internos
    - Por ejemplo, las RAIs pasan a ser gestionadas internamente, y el desarrollador se encarga de programar funciones Callback
    - En Time Base, los timers se basan en utilizar la pre-carga
  - Aunque se simplifica el código a escribir, el código generado:
    - Ocupa más, puesto que supone muchas más funciones e incluso código relativo a funcionalidades no utilizadas
    - Tarda más en ejecutarse, puesto que se realizan múltiples llamadas a funciones en situaciones donde podría no hacerse ninguna llamada
      - Por ejemplo, una RAI va a llamar a las distintas funciones Callback , en lugar de hacer la gestión la propia RAI
    - Se va a hacer un uso intensivo de la pila
- La documentación de la capa de abstracción de la familia L1 de los microcontroladores STM32 se encuentra en:
  - <https://www.st.com/en/embedded-software/stm32cubel1.html>
- En concreto, la documentación de las HAL es un documento de 1300 páginas que se encuentra en:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Marcadores

- 1 Acronyms and definitions
- > 2 Overview of HAL drivers
- > 3 Overview of Low Layer drivers
- > 4 Cohabiting of HAL and LL
- > 5 HAL System Driver
- > 6 HAL ADC Generic Driver
- > 7 HAL ADC Extension Driver
- > 8 HAL COMP Generic Driver
- > 9 HAL COMP Extension Driver
- > 10 HAL CORTEX Generic Driver
- > 11 HAL CRC Generic Driver
- > 12 HAL CRYP Generic Driver
- > 13 HAL CRYP Extension Driver
- > 14 HAL DAC Generic Driver
- > 15 HAL DAC Extension Driver



## UM1816 User manual

### Description of STM32L1 HAL and low-layer drivers

#### Introduction

STM32Cube™ is an STMicroelectronics original initiative to make developers' lives easier by reducing development effort, time and cost. STM32Cube covers the whole STM32 portfolio.

STM32Cube Version 1.x includes:

- The STM32CubeMX, a graphical software configuration tool that allows the generation of C initialization code using graphical wizards.
- A comprehensive embedded software platform, delivered per Series (such as STM32CubeL1 for STM32L1 Series)
  - The STM32Cube HAL, STM32 abstraction layer embedded software ensuring maximized portability across the STM32 portfolio.
  - The low-layer APIs (LL) offering a fast light-weight expert-oriented layer which is closer to the hardware than the HAL. LL APIs are available only for a set of peripherals.
  - A consistent set of middleware components such as RTOS, USB, TCP/IP and Graphics.
  - All embedded software delivered with a full set of examples.

The HAL driver layer provides a generic multi-instance simple set of APIs (application programming interfaces) to interact with the upper layer (application, libraries and stacks).

The HAL driver APIs are split into two categories: generic APIs which provide common and generic functions for all the STM32 series and extension APIs which include specific and customized functions for a given line or part number. The HAL drivers include a complete set of ready-to-use APIs which simplify the user application implementation. As an example, the communication peripherals contain APIs to initialize and configure the peripheral, manage data transfers in polling mode, handle interrupts or DMA, and manage communication errors.

The HAL drivers are feature-oriented instead of IP-oriented. As an example, the timer APIs are split into several categories following the IP functions: basic timer, capture, pulse width modulation (PWM), and so on. The HAL driver layer implements run-time failure detection by checking the input values of all functions. Such dynamic checking contributes to enhance the firmware robustness. Run-time detection is also suitable for user application development and debugging.

The LL drivers offer hardware services based on the available features of the STM32 peripherals. These services reflect exactly the hardware capabilities and provide atomic operations that must be called following the programming model described in the product line reference manual. As a result, the LL services are not based on standalone processes and do not require any additional memory resources to save their states, counter or data pointers: all operations are performed by changing the associated peripheral registers content. Contrary to the HAL, the LL APIs are not provided for peripherals for which optimized access is not a key feature, or for those requiring heavy software configuration and/or complex upper level stack (such as USB).

The HAL and LL are complementary and cover a wide range of applications requirements:

- The HAL offers high-level and feature-oriented APIs, with a high-portability level. They hide the MCU and peripheral complexity to end-user.

**CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99





Marcadores

- > 5 HAL System Driver
- 6 HAL ADC Generic Driver
  - 6.1 ADC Firmware driver registers structures
    - 6.1.1 ADC\_InitTypeDef
    - 6.1.2 ADC\_ChannelConfTypeDef
    - 6.1.3 ADC\_AnalogWDGConfTypeDef
    - 6.1.4 ADC\_HandleTypeDef
  - 6.2 ADC Firmware driver API description
    - 6.2.1 ADC peripheral features
    - 6.2.2 How to use this driver
    - 6.2.3 Initialization and de-initialization functions
    - 6.2.4 IO operation functions
    - 6.2.5 Peripheral Control functions
    - 6.2.6 Peripheral State and Errors functions
    - 6.2.7 Detailed description of functions

## 6 HAL ADC Generic Driver

### 6.1 ADC Firmware driver registers structures

#### 6.1.1 ADC\_InitTypeDef

##### Data Fields

- *uint32\_t* ClockPrescaler
- *uint32\_t* Resolution
- *uint32\_t* DataAlign
- *uint32\_t* ScanConvMode
- *uint32\_t* EOCSelection
- *uint32\_t* LowPowerAutoWait
- *uint32\_t* LowPowerAutoPowerOff
- *uint32\_t* ChannelsBank
- *uint32\_t* ContinuousConvMode
- *uint32\_t* NbrOfConversion
- *uint32\_t* DiscontinuousConvMode
- *uint32\_t* NbrOfDiscConversion
- *uint32\_t* ExternalTrigConv
- *uint32\_t* ExternalTrigConvEdge
- *uint32\_t* DMAContinuousRequests

##### Field Documentation

- *uint32\_t* ADC\_InitTypeDef::ClockPrescaler  
Select ADC clock source (asynchronous clock derived from HSI RC oscillator) and clock prescaler. This parameter can be a value of [ADC\\_ClockPrescaler](#) Note: In case of usage of channels on injected group, ADC frequency should be lower than AHB clock frequency /4 for resolution 12 or 10 bits, AHB clock frequency /3 for resolution 8 bits, AHB clock frequency /2 for resolution 6 bits. Note: HSI RC oscillator must be preliminarily enabled at RCC top level.
- *uint32\_t* ADC\_InitTypeDef::Resolution  
Configures the ADC resolution. This parameter can be a value of [ADC\\_Resolution](#)
- *uint32\_t* ADC\_InitTypeDef::DataAlign  
Specifies ADC data alignment to right (MSB on register bit 11 and LSB on register bit 0) (default setting) or to left (if regular group: MSB on register bit 15 and LSB on register bit 4, if injected group (MSB kept as signed value due to potential negative value after offset application): MSB on register bit 14 and LSB on register bit 3). This parameter can be a value of [ADC\\_Data\\_align](#)
- *uint32\_t* ADC\_InitTypeDef::ScanConvMode  
Configures the sequencer of regular and injected groups. This parameter can be



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70


Marcadores

- > 5 HAL System Driver
- ✓ 6 HAL ADC Generic Driver
  - ✓ 6.1 ADC Firmware driver registers structures
    - 6.1.1 ADC\_InitTypeDef
    - 6.1.2 ADC\_ChannelConfTypeDef
    - 6.1.3 ADC\_AnalogWDGConfTypeDef
    - 6.1.4 ADC\_HandleTypeDef
  - ✓ 6.2 ADC Firmware driver API description
    - 6.2.1 ADC peripheral features
    - 6.2.2 How to use this driver
    - 6.2.3 Initialization and de-initialization functions
    - 6.2.4 IO operation functions
    - 6.2.5 Peripheral Control functions
    - 6.2.6 Peripheral State and Errors functions
    - 6.2.7 Detailed description of functions

**6.2.2 How to use this driver**

**Configuration of top level parameters related to ADC**

1. Enable the ADC interface
  - As prerequisite, ADC clock must be configured at RCC top level. Caution: On STM32L1, ADC clock frequency max is 16MHz (refer to device datasheet). Therefore, ADC clock prescaler must be configured in function of ADC clock source frequency to remain below this maximum frequency.

78/1300 DocID026862 Rev 5 

**UM1816 HAL ADC Generic Driver**

- Two clock settings are mandatory:
  - ADC clock (core clock).
  - ADC clock (conversions clock). Only one possible clock source: derived from HSI RC 16MHz oscillator (HSI). ADC is connected directly to HSI RC 16MHz oscillator. Therefore, RCC PLL setting has no impact on ADC. PLL can be disabled ("PLL.PLLState = RCC\_PLL\_NONE") or enabled with HSI16 as clock source ("PLL.PLLSource = RCC\_PLLSOURCE\_HSI") to be used as device main clock source SYSCLK. The only mandatory setting is "HSIState = RCC\_HSI\_ON"
- Example: into HAL\_ADC\_MspInit() (recommended code location) or with other device clock parameters configuration:
  - \_\_HAL\_RCC\_ADC1\_CLK\_ENABLE();
  - HAL\_RCC\_GetOscConfig(&RCC\_OscInitStructure);
  - RCC\_OscInitStructure.OscillatorType = (... | RCC\_OSCILLATOR\_TYPE\_HSI);
  - RCC\_OscInitStructure.HSIState = RCC\_HSI\_ON;
  - RCC\_OscInitStructure.HSICalibrationValue = RCC\_HSICALIBRATION\_DEFAULT;
  - RCC\_OscInitStructure.PLL.PLLState = RCC\_PLL\_NONE;
  - RCC\_OscInitStructure.PLL.PLLSource = ...
  - RCC\_OscInitStructure.PLL...
  - HAL\_RCC\_OscConfig(&RCC\_OscInitStructure);
- ADC clock prescaler is configured at ADC level with parameter "ClockPrescaler"



**CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Marcadores

- 5 HAL System Driver
- 6 HAL ADC Generic Driver
  - 6.1 ADC Firmware driver registers structures
    - 6.1.1 ADC\_InitTypeDef
    - 6.1.2 ADC\_ChannelConfTypeDef
    - 6.1.3 ADC\_AnalogWDGConfTypeDef
    - 6.1.4 ADC\_HandleTypeDef
  - 6.2 ADC Firmware driver API description
    - 6.2.1 ADC peripheral features
    - 6.2.2 How to use this driver
    - 6.2.3 Initialization and de-initialization functions
    - 6.2.4 IO operation functions
    - 6.2.5 Peripheral Control functions

### 6.2.4 IO operation functions

This section provides functions allowing to:

- Start conversion of regular group.
- Stop conversion of regular group.
- Poll for conversion complete on regular group.
- Poll for conversion event.
- Get result of regular channel conversion.
- Start conversion of regular group and enable interruptions.
- Stop conversion of regular group and disable interruptions.
- Handle ADC interrupt request
- Start conversion of regular group and enable DMA transfer.

---

**HAL ADC Generic Driver** UM1816

- Stop conversion of regular group and disable ADC DMA transfer.

This section contains the following APIs:

- [HAL\\_ADC\\_Start\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_Stop\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_PollForConversion\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_PollForEvent\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_Start\\_IT\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_Stop\\_IT\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_Start\\_DMA\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_Stop\\_DMA\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_GetValue\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_IRQHandler\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_ConvCpltCallback\(\)](#)
- [HAL\\_ADC\\_ConvHalfCpltCallback\(\)](#)



**CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Marcadores

- 5 HAL System Driver
- 6 HAL ADC Generic Driver
  - 6.1 ADC Firmware driver registers structures
    - 6.1.1 ADC\_InitTypeDef
    - 6.1.2 ADC\_ChannelConfTypeDef
    - 6.1.3 ADC\_AnalogWDGConfTypeDef
    - 6.1.4 ADC\_HandleTypeDef
  - 6.2 ADC Firmware driver API description
    - 6.2.1 ADC peripheral features
    - 6.2.2 How to use this driver
    - 6.2.3 Initialization and de-initialization functions
    - 6.2.4 IO operation functions
    - 6.2.5 Peripheral Control functions

Generic Driver UM1816

### HAL\_ADC\_Stop

**Function name** HAL\_StatusTypeDef HAL\_ADC\_Stop (ADC\_HandleTypeDef \* hadc)

**Function description** Stop ADC conversion of regular group (and injected channels in case of auto\_injection mode), disable ADC peripheral.

**Parameters**

- **hadc:** ADC handle

**Return values**

- **HAL:** status.

**Notes**

- : ADC peripheral disable is forcing stop of potential conversion on injected group. If injected group is under use, it should be preliminarily stopped using HAL\_ADCEX\_InjectedStop function.

### HAL\_ADC\_PollForConversion

**Function name** HAL\_StatusTypeDef HAL\_ADC\_PollForConversion (ADC\_HandleTypeDef \* hadc, uint32\_t Timeout)

**Function description** Wait for regular group conversion to be completed.

**Parameters**

- **hadc:** ADC handle
- **Timeout:** Timeout value in millisecond.

**Return values**

- **HAL:** status

**Notes**

- ADC conversion flags EOS (end of sequence) and EOC (end of conversion) are cleared by this function, with an exception: if low power feature "LowPowerAutoWait" is enabled, flags are not cleared to not interfere with this feature until data register is read using function HAL\_ADC\_GetValue().
- This function cannot be used in a particular setup: ADC configured in DMA mode and polling for end of each



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

# Ejemplo sin Interrupciones

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Descripción y Análisis

- El ejercicio trata de hacer conversiones de un canal analógico (IN4) de forma ininterrumpida mientras está pulsado el botón. El botón USER encenderá y apagará la funcionalidad. Además, se cambiará el estado del LED verde cada vez que se realice una conversión
- Recursos a utilizar:
  - GPIOA: Botón USER (PA0)
    - Se va a utilizar el BSP del PB (Push Button) para el BOTON\_USER
  - GPIOB: LED verde(PB7)
    - Se va a utilizar el BSP del LED para el LED\_GREEN
  - LCD
  - ADC en 12 bits y conversión simple

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

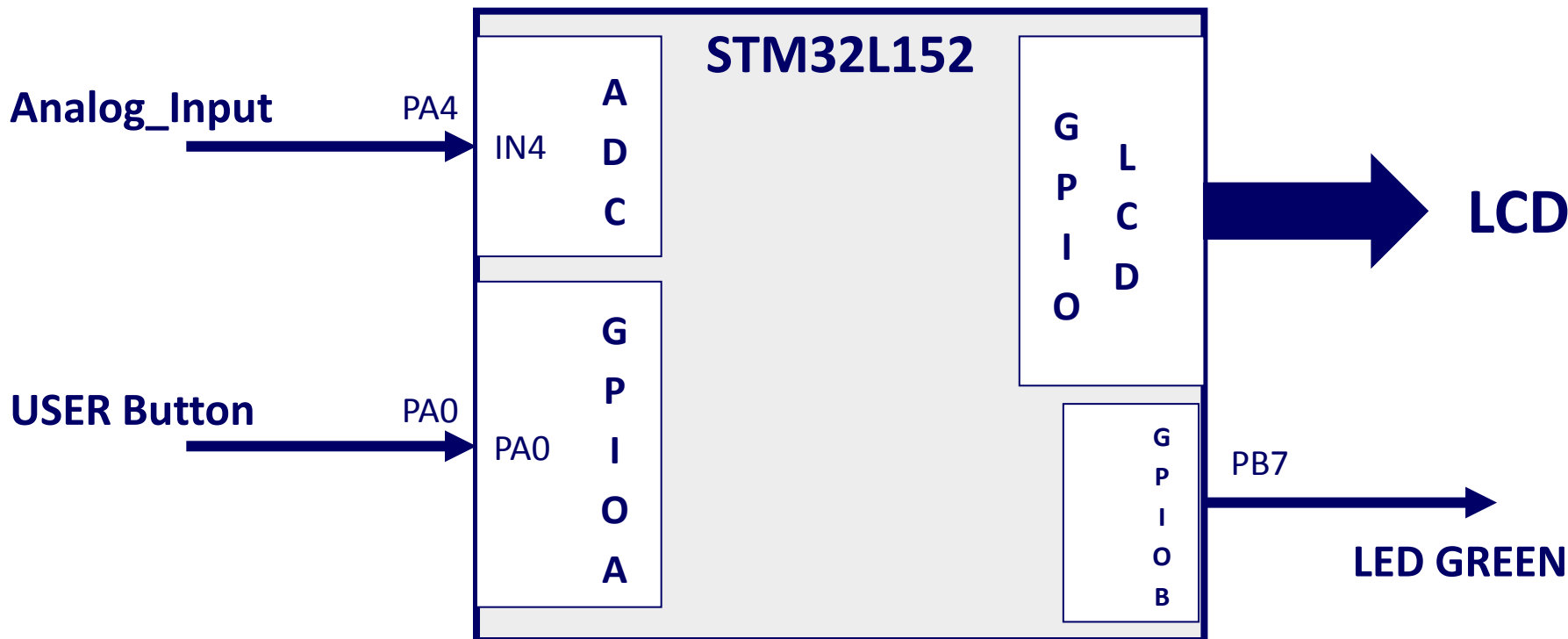
Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Diagrama de Bloques



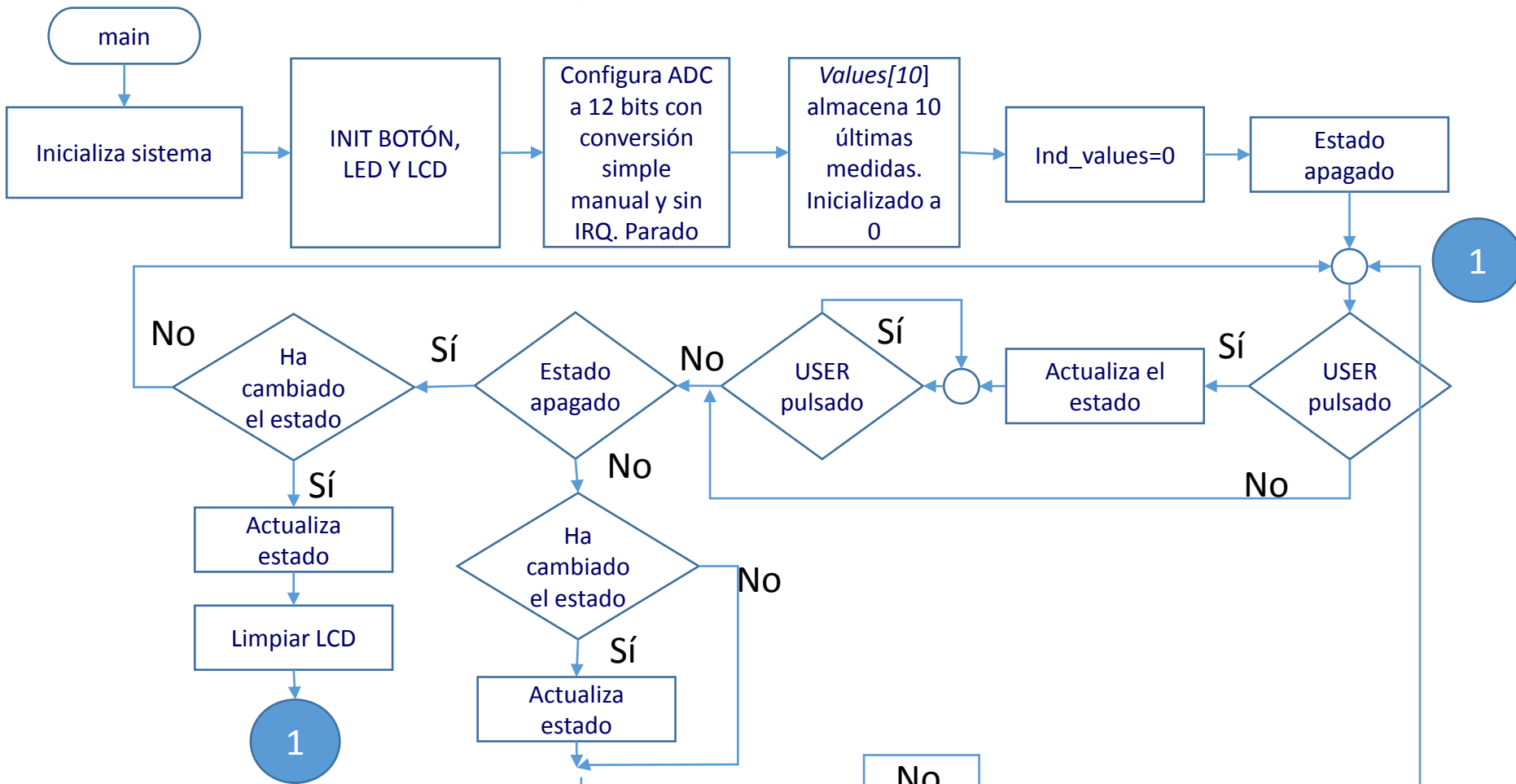
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# Diagrama de Flujo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# STM32 CubeMX

- Se selecciona la placa Discovery
- Se indica que sí que quiere la configuración por defecto
- Se selecciona el LCD y se configura como se indicó en el Tema 5
- Configuración inicial de pines:
  - PA0 – por defecto para botón
  - PB7 – por defecto para el LED
  - PC13 – Reset State para evitar problemas con PA0
  - PA4 – Analog Input (y le podemos cambiar la etiqueta por ANALOG\_INPUT)
  - PH0, PH1 – Reset State
- En el Project Manager, dentro de Code Generator, seleccionar:
  - Copy only the necessary library files

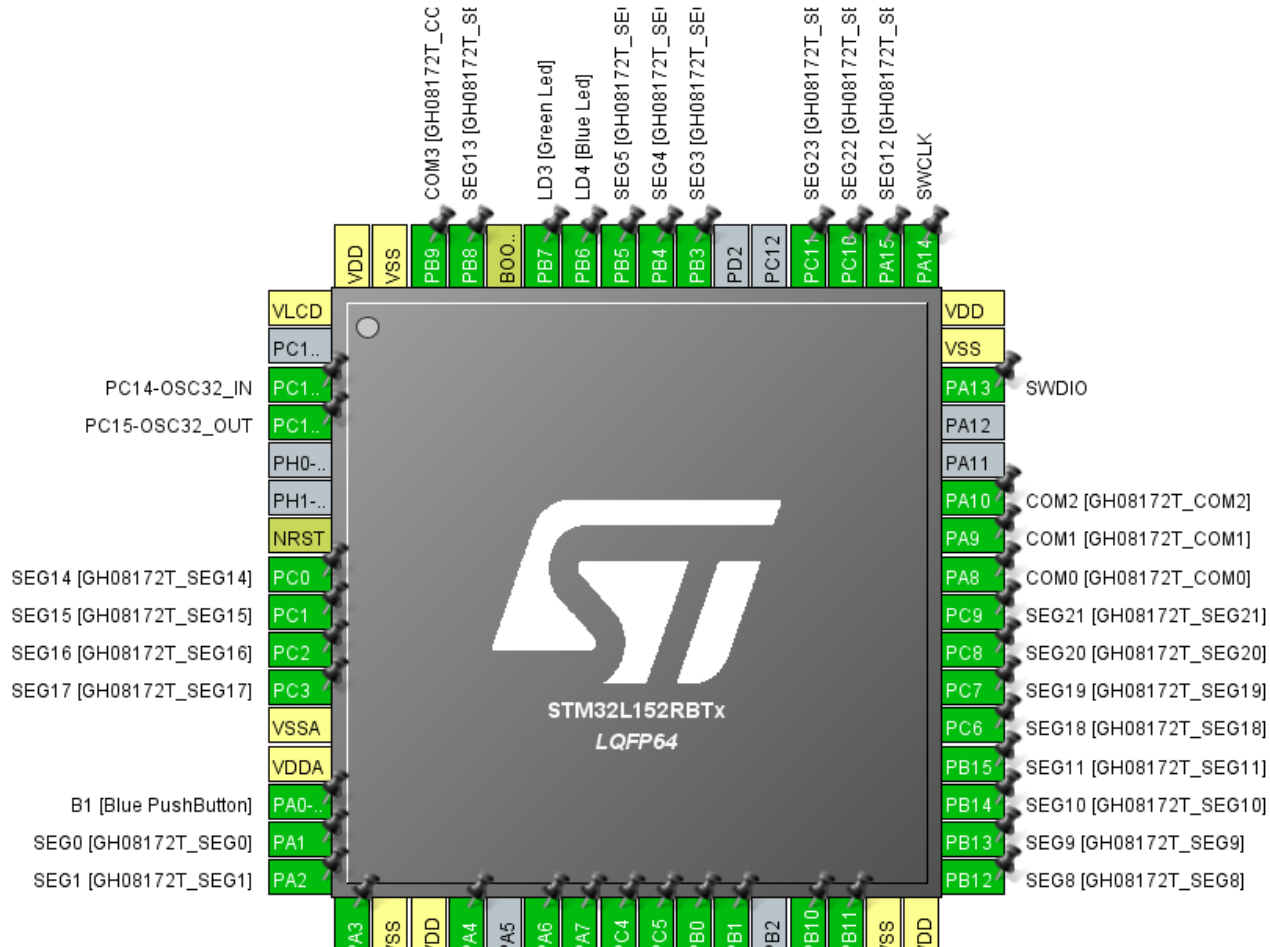
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

<http://dte.ucm.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

(S) la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# STM32 CubeMX: ADC

ADC Mode and Configuration

Mode

IN0

IN1

IN2

IN3

IN4

IN5

IN6

IN7

Configuration

Reset Configuration

Parameter Settings

User Constants

NVIC Settings

DMA Settings

GPIO Settings

Configure the below parameters :

ADC\_Settings

Clock Prescaler

Asynchronous clock mode divided by 1

Resolution

ADC 12-bit resolution

Data Alignment

Right alignment

Scan Mode

Disabled

Continuous Conversion Mode

Disabled

Discontinuous Conversion Mode

Disabled

DMA Continuous Requests

Disabled

End Of Conversion Selection

End of single conversion

Low Power Auto Wait

Disabled

Low Power Auto Off

Disabled

ADC\_Regular\_ConversionMode

Number Of Conversion

1

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

<http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# Hardware Abstraction Libraries: ADC

- **Inicialización:**

- `GPIOA->MODER |= 0x00000300;`
- `ADC1->CR2 &= ~(0x00000001);`
- `ADC1->CR1 = 0x00000000;`
- `ADC1->CR2 = 0x00000400;`
- `ADC1->SQR1 = 0x00000000;`
- `ADC1->SQR5 = 0x00000004;`
- `ADC1->CR2 |= 0x00000001;`

- **Arranque del ADC:**

- `while ((ADC1->SR&0x0040)==0);`
- `ADC1->CR2 |= 0x40000000;`

- **Polling de Conversión:**

- `while ((ADC1->SR&0x0002)==0)`

- **Inicialización:**

- `ADC_HandleTypeDef hadc;`
- `MX_ADC_Init();`
- Junto con la configuración dada por CubeMX

- **Arranque del ADC:**

- `HAL_ADC_Start(&hadc);`

- **Polling de Conversión:**

- `HAL_ADC_PollForConversion(&hadc, 10000);`

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Código

```
/* USER CODE BEGIN 1 */
uint8_t status_sys = 0;
uint8_t old_status_sys = 0;
uint16_t values[10] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
uint8_t ind_values = 0;
/* USER CODE END 1 */
```

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
BSP_PB_Init(BUTTON_USER, BUTTON_MODE_GPIO);
BSP_LED_Init(LED_GREEN);
BSP_LCD_GLASS_Init();
BSP_LCD_GLASS_BarLevelConfig(0);
BSP_LCD_GLASS_Clear();
}
/* USER CODE END 2 */
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

```

/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1) {
  if (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER) == 1) { // Button pressed
    status_sys++;
    if (status_sys > 1)
      status_sys = 0; // 0 = OFF, 1 = ON
    HAL_Delay(10);
    while (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER)==1);
  }

  switch (status_sys) {
    case 0:  if (status_sys!=old_status_sys) {
              old_status_sys = status_sys;
              BSP_LCD_GLASS_Clear();
            }
            break;
    default: if (status_sys!=old_status_sys) {
              old_status_sys = status_sys;
            }
            HAL_ADC_Start(&hadc);
            HAL_ADC_PollForConversion(&hadc, 10000);
            values[ind_values] = HAL_ADC_GetValue(&hadc);
            ind_values++;
            if (ind_values >= 10)
              ind_values = 0;
            BSP_LCD_GLASS_DisplayString((uint8_t *)" ADC");
            BSP_LED_Toggle(LED_GREEN);
            break;
  }
}

/* USER CODE END WHILE */

```



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Ejemplo sin Interrupciones con temporización

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Descripción y Análisis

- El ejercicio trata de hacer conversiones de un canal analógico (IN4) a ritmo de 44KHz, sacando por el LCD la media de las 10 últimas medidas. El botón USER encenderá y apagará la funcionalidad.
- Recursos a utilizar:
  - GPIOA: Botón USER (PA0)
    - Se va a utilizar el BSP del PB (Push Button) para el BOTON\_USER
  - LCD
  - TIM3 en modo TOC sin salida hardware, con pre-escalado de 31 (para saltos de 1us, e incremento de CCR = 23 (para cumplir con 1/44KHz)
  - ADC en 12 bits y conversión simple

Cartagena99

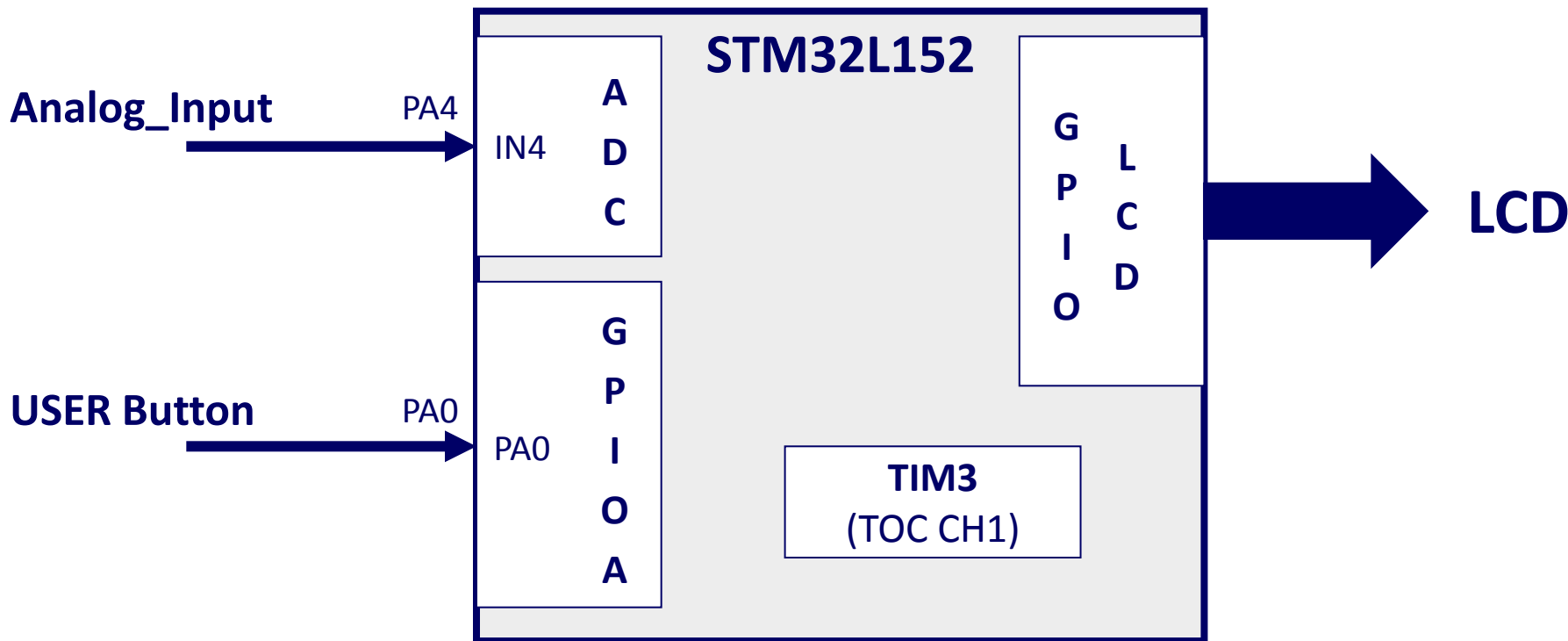
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Diagrama de Bloques



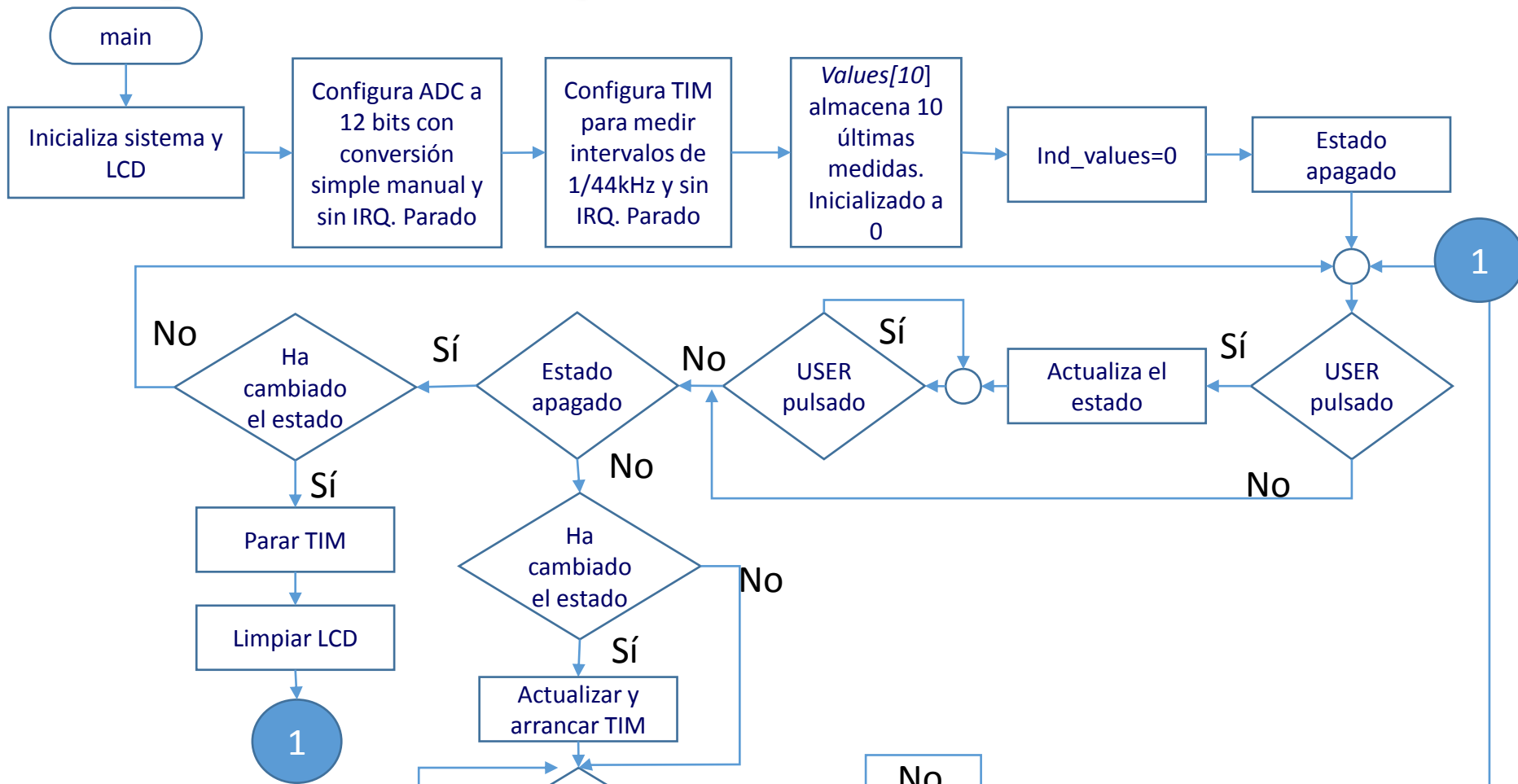
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Diagrama de Flujo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX

- Se selecciona la placa Discovery
- Se indica que sí que quiere la configuración por defecto
- Se selecciona el LCD y se configura como se indicó en el Tema 5
- Configuración inicial de pines:
  - PA0 – por defecto para botón
  - PC13 – Reset State para evitar problemas con PA0
  - PA4 – Analog Input (y le podemos cambiar la etiqueta por ANALOG\_INPUT)
  - PH0, PH1 – Reset State
- En el Project Manager, dentro de Code Generator, seleccionar:
  - Copy only the necessary library files
  - Set all free pins as analog (to optimize the power consumption)

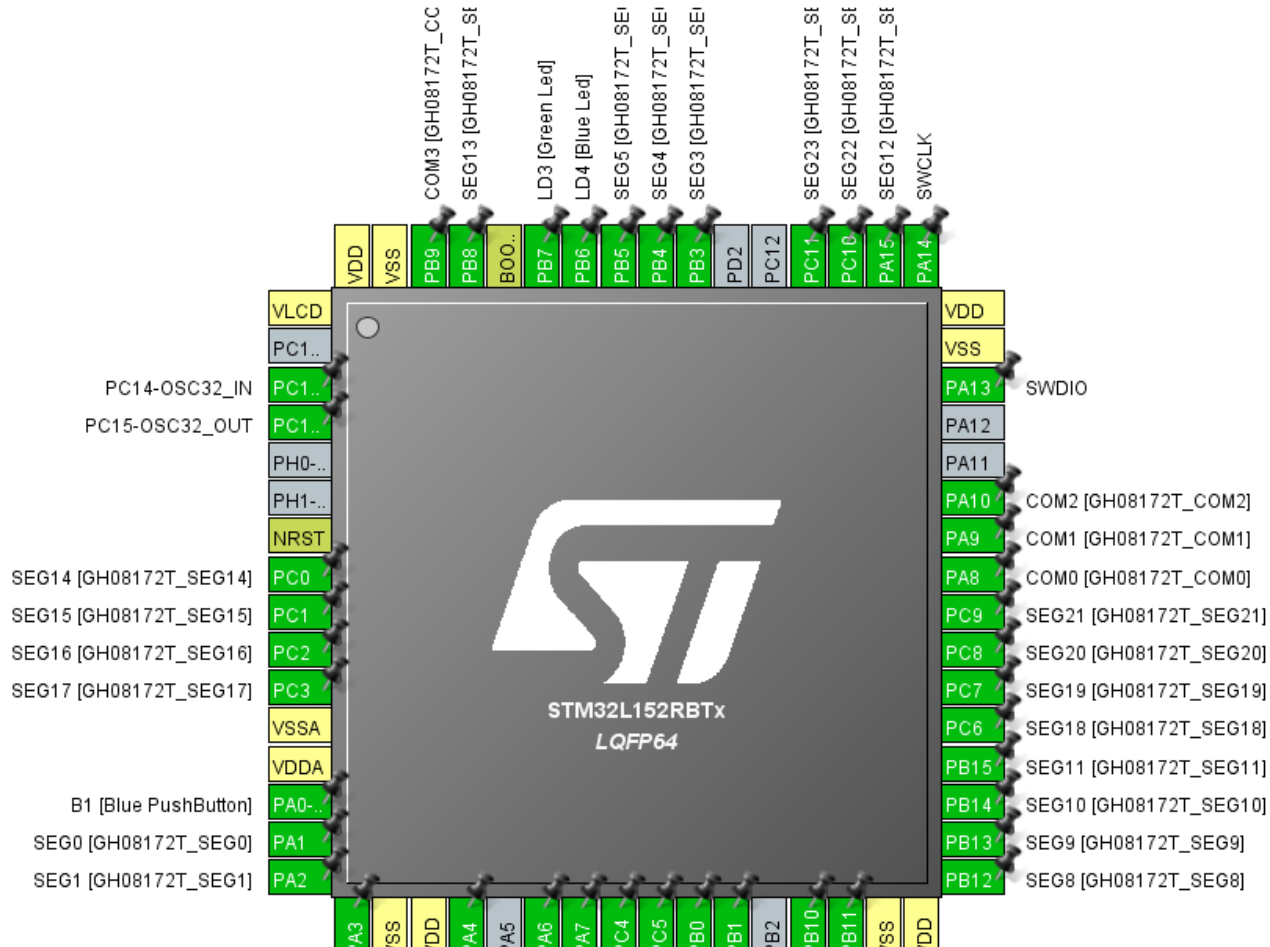
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX: ADC

ADC Mode and Configuration

Mode

IN0

IN1

IN2

IN3

IN4

IN5

IN6

IN7

Configuration

Reset Configuration

Parameter Settings

User Constants

NVIC Settings

DMA Settings

GPIO Settings

Configure the below parameters :

ADC\_Settings

Clock Prescaler

Asynchronous clock mode divided by 1

Resolution

ADC 12-bit resolution

Data Alignment

Right alignment

Scan Mode

Disabled

Continuous Conversion Mode

Disabled

Discontinuous Conversion Mode

Disabled

DMA Continuous Requests

Disabled

End Of Conversion Selection

End of single conversion

Low Power Auto Wait

Disabled

Low Power Auto Off

Disabled

ADC\_Regular\_ConversionMode

Number Of Conversion

1

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

<http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

WatchDog

# STM32 CubeMX: TIM3

## TIM3 Mode and Configuration

### Mode

Slave Mode

Trigger Source

Clock Source

Channel1

Channel2

Channel3

Channel4

Combined Channels

ETR IO as Clearing Source

XOR activation

One Pulse Mode

### Configuration

Reset Configuration

Parameter Settings  User Constants  NVIC Settings  DMA Settings

Configure the below parameters :

#### Counter Settings

Prescaler (PSC - 16 bits value) 31

Counter Mode Up

Counter Period (AutoReload Register - 16 ... 0xFFFF

Internal Clock Division (CKD) No Division

#### Trigger Output (TRGO) Parameters

Master/Slave Mode (MSM bit) Disable (Trigger input effect not delayed)

Trigger Event Selection Reset (UG bit from TIMx\_EGR)

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries: ADC

- **Inicialización:**

- `GPIOA->MODER |= 0x00000300;`
- `ADC1->CR2 &= ~(0x00000001);`
- `ADC1->CR1 = 0x00000000;`
- `ADC1->CR2 = 0x00000400;`
- `ADC1->SQR1 = 0x00000000;`
- `ADC1->SQR5 = 0x00000004;`
- `ADC1->CR2 |= 0x00000001;`

- **Arranque del ADC:**

- `while ((ADC1->SR&0x0040)==0);`
- `ADC1->CR2 |= 0x40000000;`

- **Polling de Conversión:**

- `while ((ADC1->SR&0x0002)==0)`

- **Inicialización:**

- `ADC_HandleTypeDef hadc;`
- `MX_ADC_Init();`
- Junto con la configuración dada por CubeMX

- **Arranque del ADC:**

- `HAL_ADC_Start(&hadc);`

- **Polling de Conversión:**

- `HAL_ADC_PollForConversion(&hadc, 10000);`

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries: TIM

- **Inicialización:**

- `TIM3->CR1 = 0x0000;`
- `TIM3->CR2 = 0x0000;`
- `TIM3->SMCR = 0x0000;`
- `TIM3->PSC = 31;`
- `TIM3->CNT = 0;`
- `TIM3->ARR = 0xFFFF;`
- `TIM3->CCR1 = 23;`
- `TIM3->DIER = 0x0000;`
- `TIM3->CCMR1 = 0x0000;`
- `TIM3->CCER = 0x0000;`

- **Inicialización:**

- `TIM_HandleTypeDef htim3;`
- `MX_TIM3_Init(void);`
- El Init, ya inicializa también el TOC, por lo que no hay que llamar a su Init
- Configuración dada por CubeMX
- Se va a tener que crear una estructura auxiliar para cambiar el comportamiento del TOC (por ejemplo, valor del CCR1)
  - `TIM_OC_InitTypeDef my_sConfigOC = {0};`
  - `my_sConfigOC.OCMode = TIM_OC_MODE_TIMING;`
  - `my_sConfigOC.Pulse = TIM_CNT_CNT + 23;`
  - `my_sConfigOC.OCpolarity = TIM_OC_POLARITY_HIGH;`
  - `my_sConfigOC.OCFastMode = TIM_OC_FAST_DISABLE;`

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Hardware Abstraction Libraries: TIM

- **Arranque:**

- `TIM3->CR1 |= 0x0001;`
- `TIM3->EGR |= 0x0001;`
- `TIM3->SR = 0;`

- **Polling y Actualización:**

- `while((TIM3->SR & 0x0002)==0);`
- `TIM3->SR &= ~(0x0002);`
- `TIM3->CCR1 += 23;`

- **Arranque:**

- `HAL_TIM_OC_Start(&htim3, TIM_CHANNEL_1);`

- **Polling y Actualización:**

- `while(!__HAL_TIM_GET_FLAG(&htim3, TIM_FLAG_CC1));`
- `__HAL_TIM_CLEAR_FLAG(&htim3, TIM_FLAG_CC1);`
- `my_sConfigOC.Pulse += 23;`
- `HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1)`

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Código

```
/* USER CODE BEGIN 1 */
uint8_t status_sys = 0;
uint8_t old_status_sys = 0;
uint16_t values[10] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
int ind_values = 0;
int average = 0;
uint8_t text[6];
TIM_OC_InitTypeDef my_sConfigOC = {0};
/* USER CODE END 1 */
```

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
BSP_PB_Init(BUTTON_USER, BUTTON_MODE_GPIO);
BSP_LCD_GLASS_Init();
BSP_LCD_GLASS_BarLevelConfig(0);
BSP_LCD_GLASS_Clear();
```

```
my_sConfigOC.OCMode = TIM_OC_MODE_TIMING;
my_sConfigOC.Pulse = TIM_CNT_CNT + 23; // Be careful to update this if pulse changes
my_sConfigOC.OCpolarity = TIM_OC_POLARITY_HIGH;
my_sConfigOC.OCFastMode = TIM_OC_FAST_DISABLE;
if (HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK) {
    Error_Handler();
}
/* USER CODE END 2 */
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

```

/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1) {
  if (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER) == 1) { // Button pressed
    status_sys++;
    if (status_sys >= 2) status_sys = 0; // 0 = OFF, 1 = ON
    espera(10000);
    while (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER)==1);
  }
  switch (status_sys) {
    case 0:  if (status_sys!=old_status_sys) {
              old_status_sys = status_sys;
              HAL_TIM_OC_Stop(&htim3,TIM_CHANNEL_1);
              BSP_LCD_GLASS_Clear();
            }
            break;
    default: if (status_sys!=old_status_sys) {
              old_status_sys = status_sys;
              my_sConfigOC.Pulse = TIM_CNT_CNT + 23;
              if (HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK) {
                Error_Handler(); }
              HAL_TIM_OC_Start(&htim3,TIM_CHANNEL_1);
            }
            while (!__HAL_TIM_GET_FLAG(&htim3, TIM_FLAG_CC1));
            __HAL_TIM_CLEAR_FLAG(&htim3, TIM_FLAG_CC1);
            my_sConfigOC.Pulse += 23;
            if (HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK) {
              Error_Handler(); }
            HAL_ADC_Start(&hadc);
            HAL_ADC_PollForConversion(&hadc, 10000);
            values[ind_values] = HAL_ADC_GetValue(&hadc);
            ind_values++;
            if (ind_values >= 10) ind_values = 0;

```



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70


# Ejemplo con Interrupciones

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Descripción y Análisis

- El ejercicio es el mismo que el anterior, pero utilizando interrupciones.
- Recursos a utilizar:
  - GPIOA: Botón USER (PA0)
  - LCD
  - TIM3 en modo TOC sin salida hardware, con pre-escalado de 31 (para saltos de 1us, e incremento de CCR = 23 (para cumplir con 1/44KHz)
    - Interrupción por comparación exitosa en el canal 1
  - ADC en 12 bits y conversión simple
    - Interrupción por finalización de la conversión

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://dte.uc3m.es>

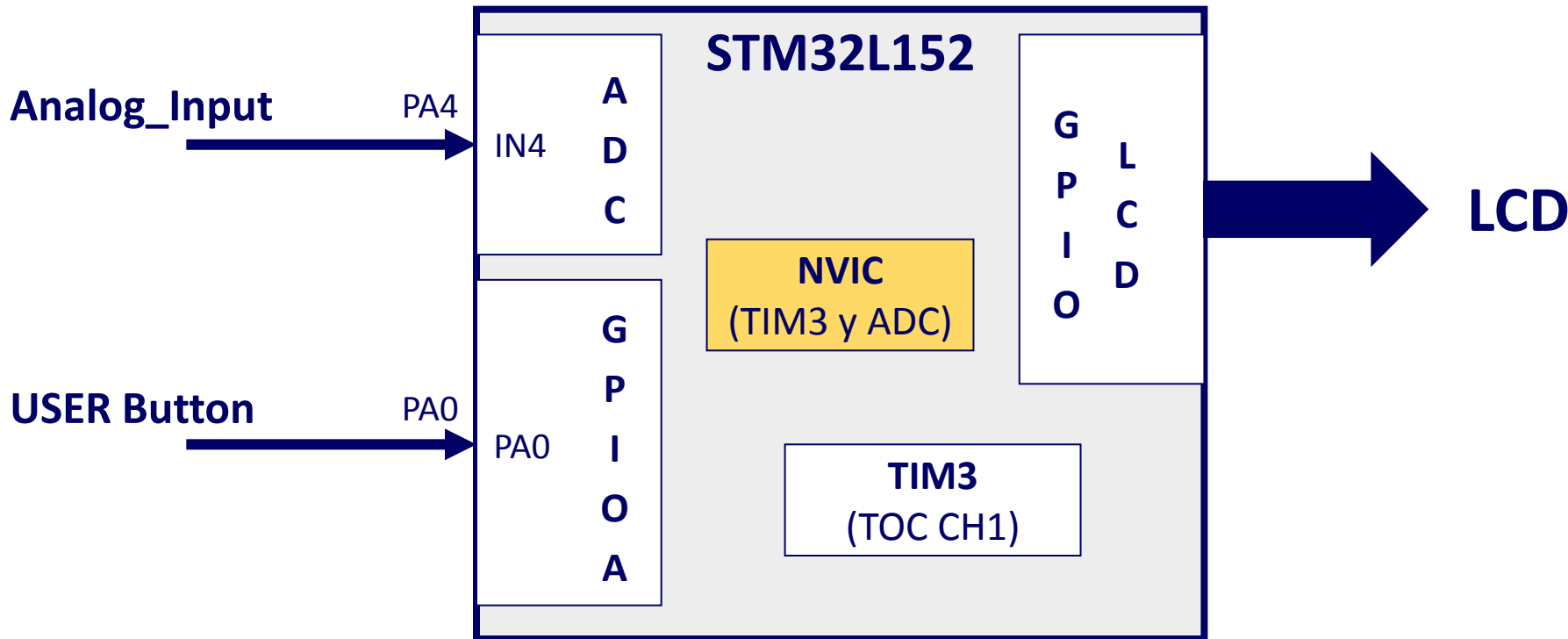
Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud del

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Diagrama de Bloques



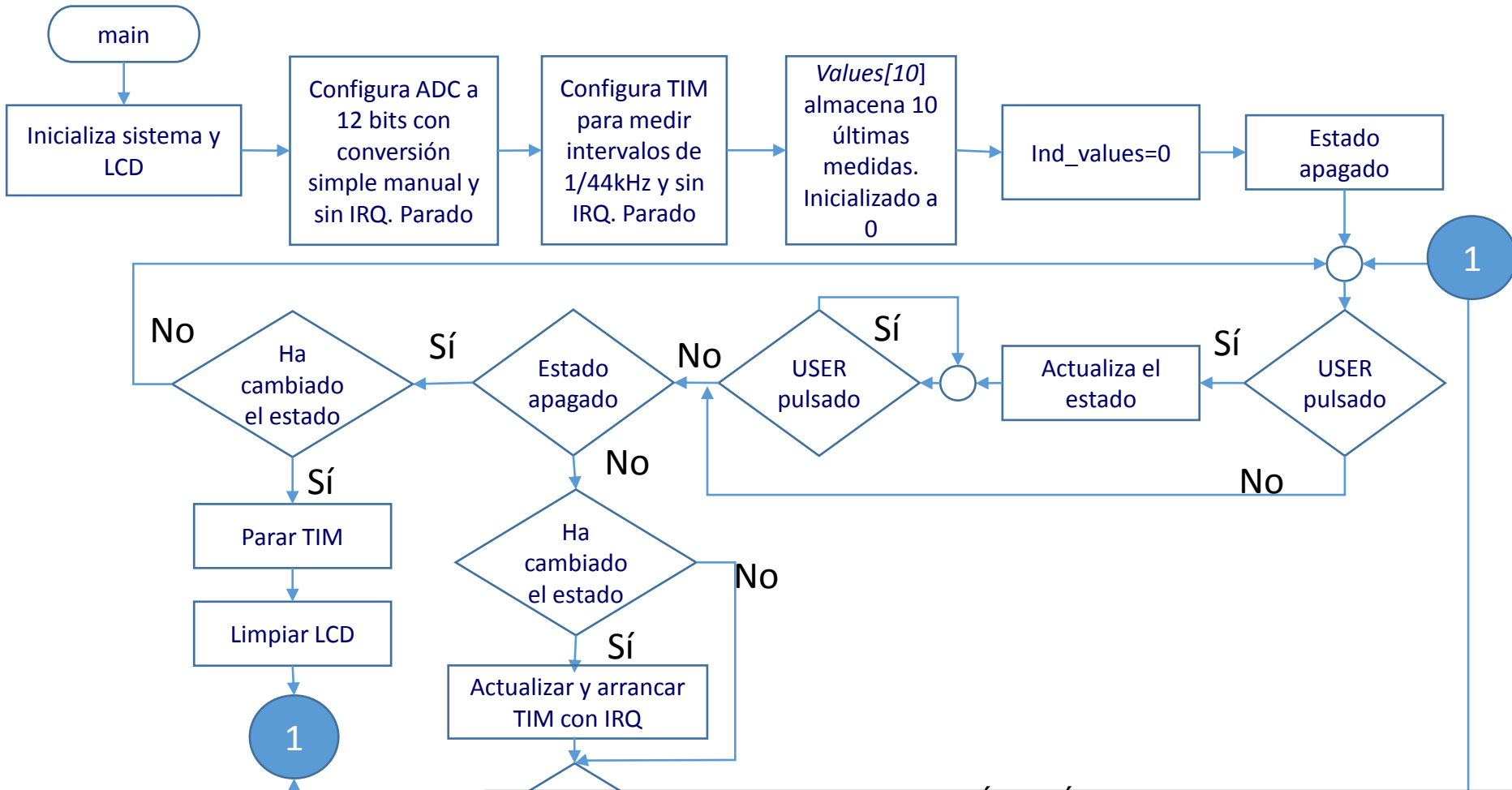
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

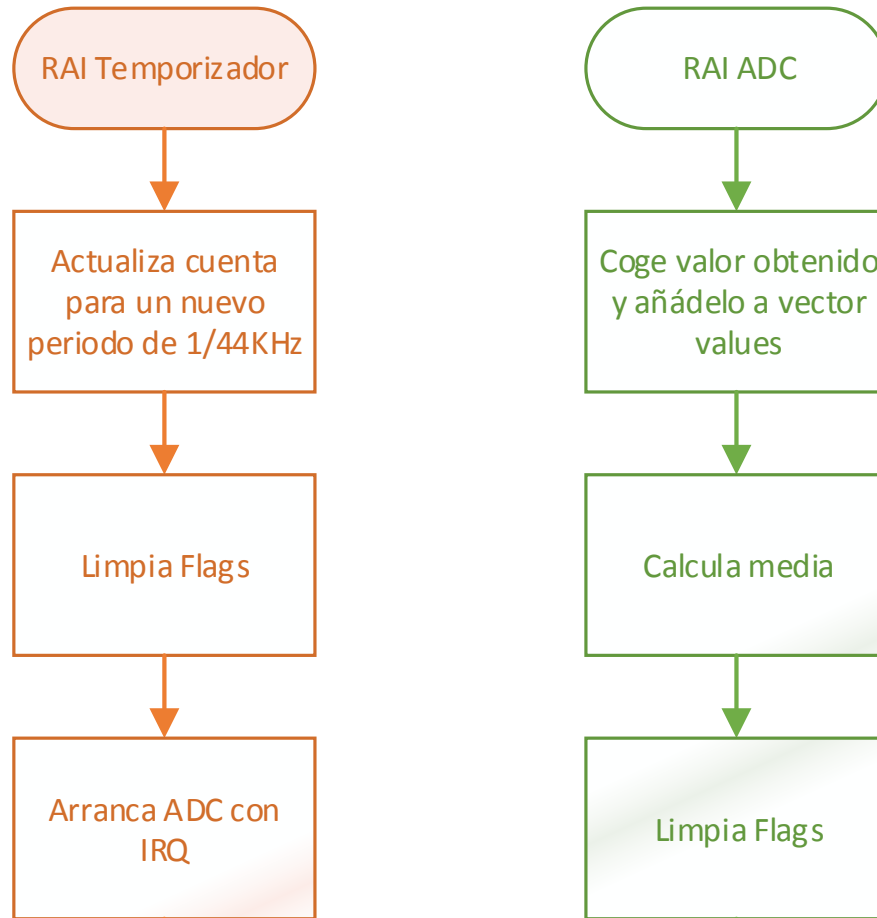
# Diagrama de Flujo



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Diagrama de Flujo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# STM32 CubeMX


- Todo es idéntico a lo que se ha realizado SIN Interrupciones
- Adicionalmente, en aquellos periféricos en los que se va a activar la interrupción, hay que activar el NVIC en cada periférico
  - TIM3
  - ADC

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

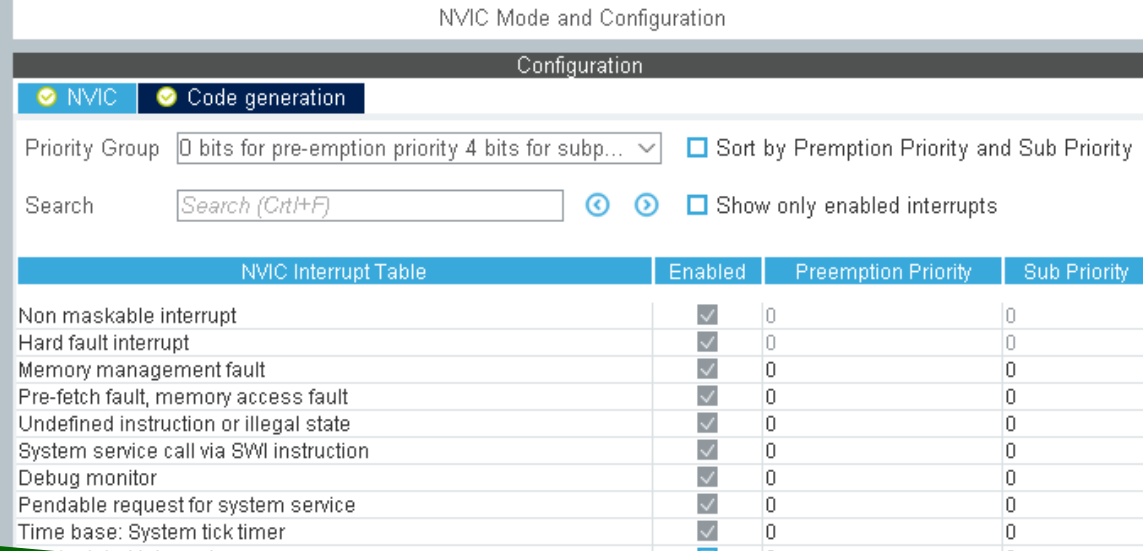
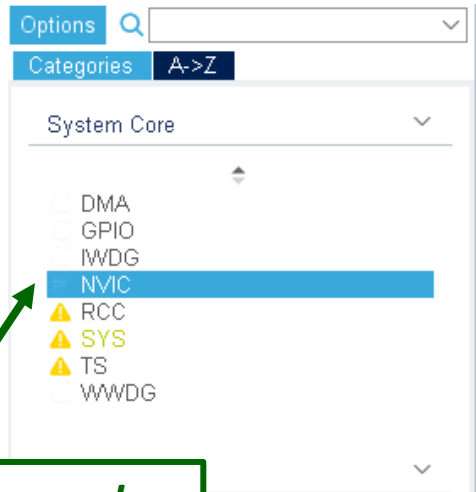
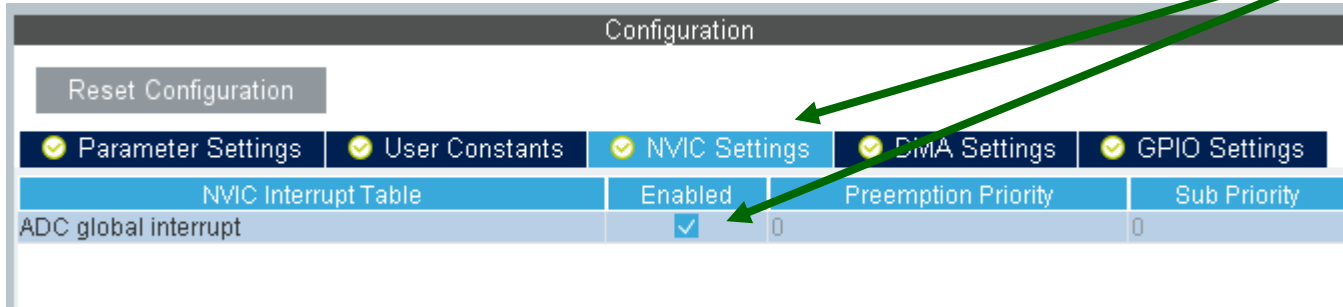
Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# STM32 CubeMX: IRQ en ADC

Activa la IRQ  
en la pestaña  
NVIC Settings



Se puede comprobar  
la activación en la

# Cartagena99

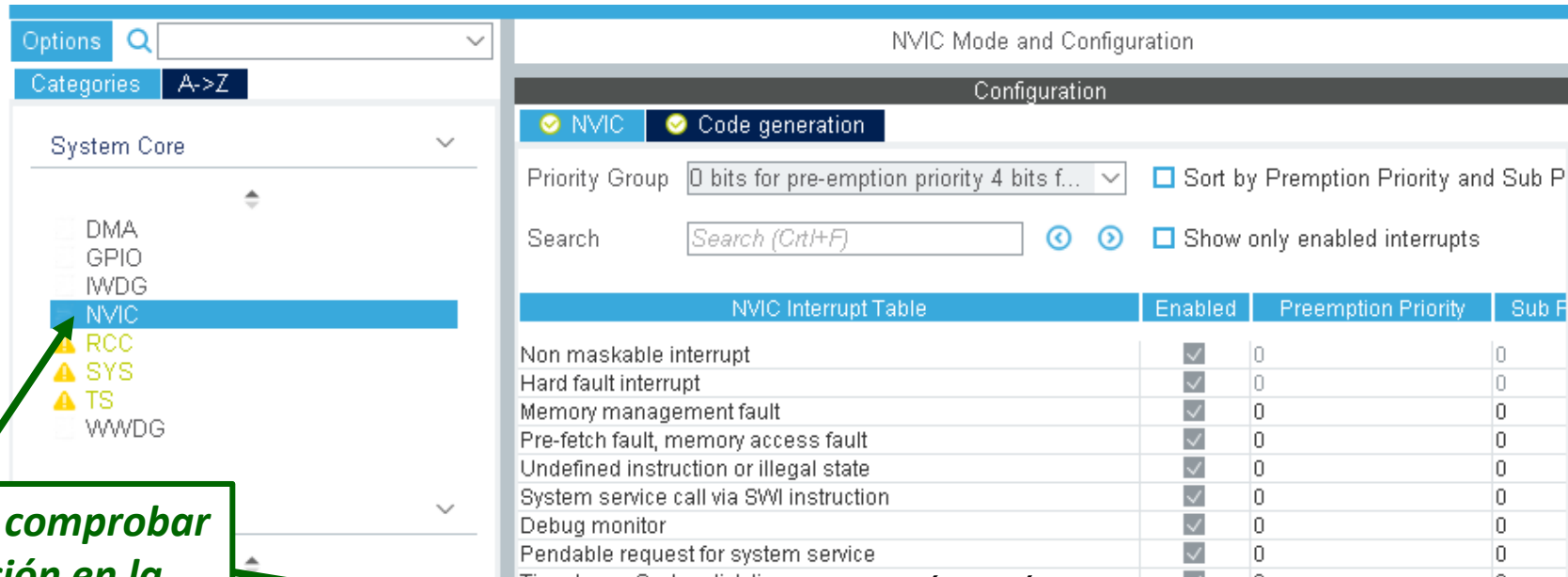
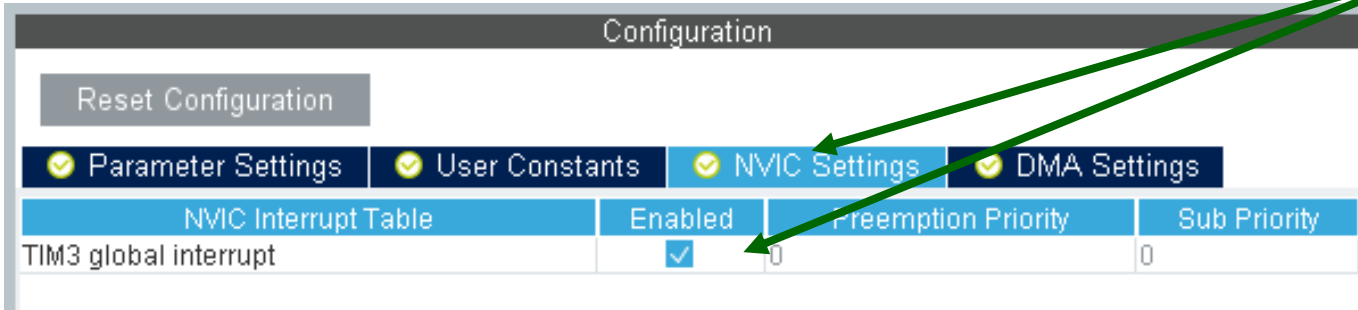
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# STM32 CubeMX: IRQ en TIM3

Activa la IRQ  
en la pestaña  
NVIC Settings



Se puede comprobar  
la activación en la

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Hardware Abstraction Libraries: IRQs

- Hay que crear las funciones Callback necesarias
  - Se recomienda que se haga en la sección entre USER CODE BEGIN 4 y USER CODE END 4
- En este caso hay que crear:
  - `void HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback(TIM_HandleTypeDef *htim) { ... }`
  - `void HAL_ADC_ConvCpltCallback(ADC_HandleTypeDef* hadc) { ... }`
- Los flags ya se limpian en la RAI creada por el CubeMX
  - Esa RAI es la que llamará a la Callback dependiendo del evento correspondiente
- En los lugares correspondientes, hay que activar la IRQ
  - Por ejemplo, las llamadas `XXXXX_Start()` y `XXXXX_Stop()` hay que cambiarlos por `XXXXX_Start_IT()` y `XXXXX_Stop_IT()`
- Y por supuesto, se han de crear las variables globales necesarias

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Código

```
/* USER CODE BEGIN PV */
uint16_t values[10] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
int ind_values = 0;
int average = 0;
TIM_OC_InitTypeDef my_sConfigOC = {0};
/* USER CODE END PV */
```

```
/* USER CODE BEGIN 1 */
uint8_t status_sys = 0;
uint8_t old_status_sys = 0;
uint8_t text[6];
int old_average = 0;
/* USER CODE END 1 */
```

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
BSP_PB_Init(BUTTON_USER, BUTTON_MODE_GPIO);
BSP_LCD_GLASS_Init();
BSP_LCD_GLASS_BarLevelConfig(0);
BSP_LCD_GLASS_Clear();
//Copy from HAL_TIM_Init() as to get sConfigOC values
my_sConfigOC.OCMode = TIM_OC_MODE_TIMING;
my_sConfigOC.Pulse = TIM_CNT_CNT + 23; // Be careful tu update this if pulse changes
my_sConfigOC.OCpolarity = TIM_OC_POLARITY_HIGH;
my_sConfigOC.OCFastMode = TIM_OC_FAST_DISABLE;
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Código

```
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    if (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER) == 1) { // Button pressed
        status_sys++;
        if (status_sys >= 2) status_sys = 0; // 0 = OFF, 1 = ON
        espera(10000);
        while (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER)==1);
    }
    switch (status_sys) {
        case 0:    if (status_sys!=old_status_sys) {
                    old_status_sys = status_sys;
                    HAL_TIM_OC_Stop_IT(&htim3,TIM_CHANNEL_1);
                    BSP_LCD_GLASS_Clear();
                }
                break;
        default:  if (status_sys!=old_status_sys) {
                    old_status_sys = status_sys;
                    my_sConfigOC.Pulse = TIM_CNT_CNT + 23;
                    if (HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK) {
                        Error_Handler();
                    }
                    HAL_TIM_OC_Start_IT(&htim3,TIM_CHANNEL_1);
                }
                if (average != old_average) {
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Código

```
/* USER CODE BEGIN 4 */

// Callback for TIM3 IRQ
void HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback(TIM_HandleTypeDef *htim) {
    my_sConfigOC.Pulse += 23;
    if (HAL_TIM_OC_ConfigChannel(&htim3, &my_sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    // Start ADC
    HAL_ADC_Start_IT(&hadc);
}

// Callback for ADC IRQ
void HAL_ADC_ConvCpltCallback(ADC_HandleTypeDef *hadc) {
    values[ind_values] = HAL_ADC_GetValue(hadc);
    ind_values++;
    if (ind_values >= 10) ind_values = 0;
    // Compute average
    average = 0;
    for (int i=0; i<10; i++) average += values[i];
    average = average / 10;
}
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

(Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.)

(C) Raúl Sánchez Reíllo

# Ejercicios Propuestos

1. Convierta los ejemplos dados en el Tema de ADC y DAC utilizando Abstracción Hardware
2. Convierta los ejemplos dados sobre TOC utilizando HAL
  1. Tenga en cuenta que si no va a utilizar más de un canal, y además no tiene salida hardware, puede utilizar la funcionalidad TIM Base
3. Convierta los ejemplos de TIC y PWM utilizando CubeMX y HAL

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 <http://dte.uc3m.es>

Cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al

Artículo 17 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002,

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

(C) Raúl Sánchez Reíllo