Tema 2: Microprocesadores y Microcontroladores

Sistemas Digitales basados en Microprocesador

Grado en Ingeniería Telemática

© Raúl Sánchez Reíllo

ÍNDICE

- Conceptos Fundamentales
  - Arquitectura Von Neumann
  - Arquitectura Harvard
  - Microprocesadores y Microcontroladores
  - Programación y código máquina
- STM32L152RB
  - Características y Diagrama de Bloques
  - Mapa de Memoria
  - Mapeado de Periféricos
  - Subsistema de Reloj

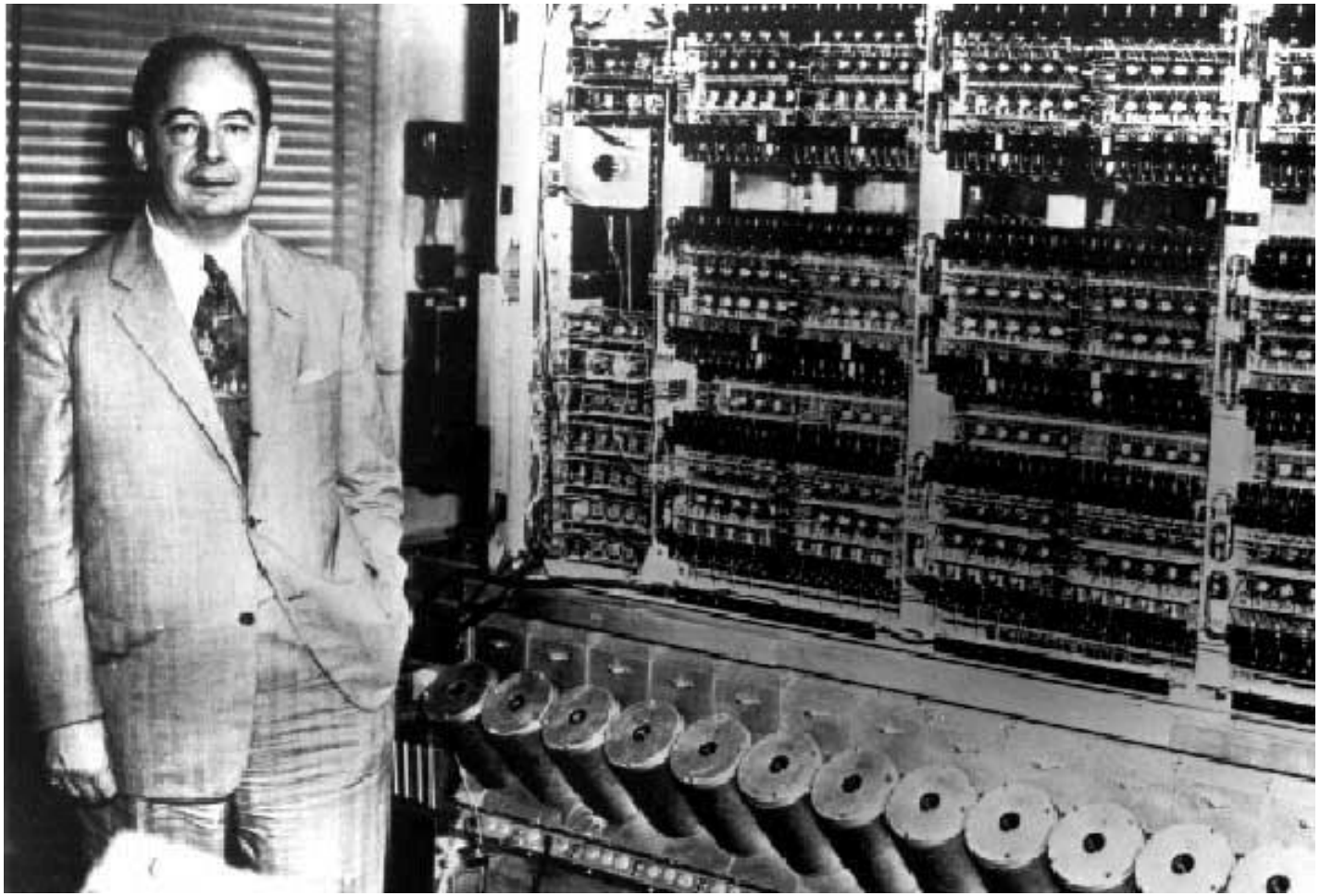
Tema 2 : Microprocesadores y Microcontroladores

Conceptos Fundamentales

Arquitectura Von Neumann

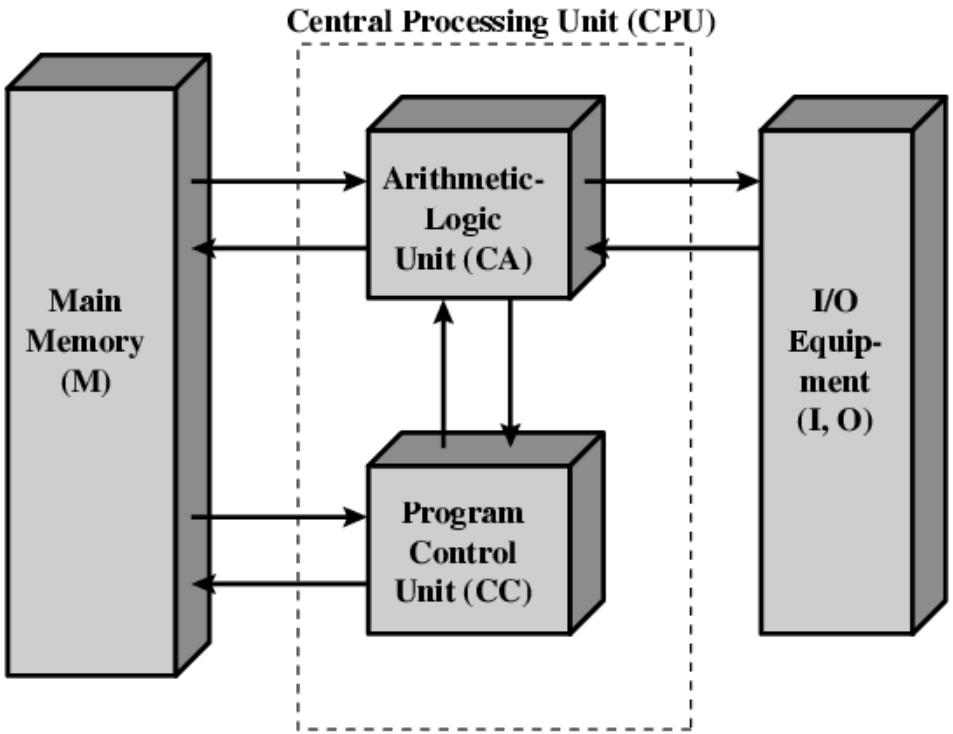
- John Von Neumann, en su artículo del año 1945, definió una computadora de propósito general basada en la idea de **programa almacenado**
- Los componentes principales eran:
  - Una memoria principal
    - Almacenaba tanto datos como instrucciones
  - Una unidad de cálculo para operaciones aritméticas y lógicas
    - Lo que se conoce como una ALU
  - Una unidad de control
    - Que interpreta las instrucciones obtenidas de la memoria y las ejecuta
  - Un equipamiento de entrada/salida
    - Para interactuar con el mundo exterior
- Esto lo plasmó en una máquina denominada IAS (*Institute for Advanced Study machine*)

Arquitectura de Von Neumann



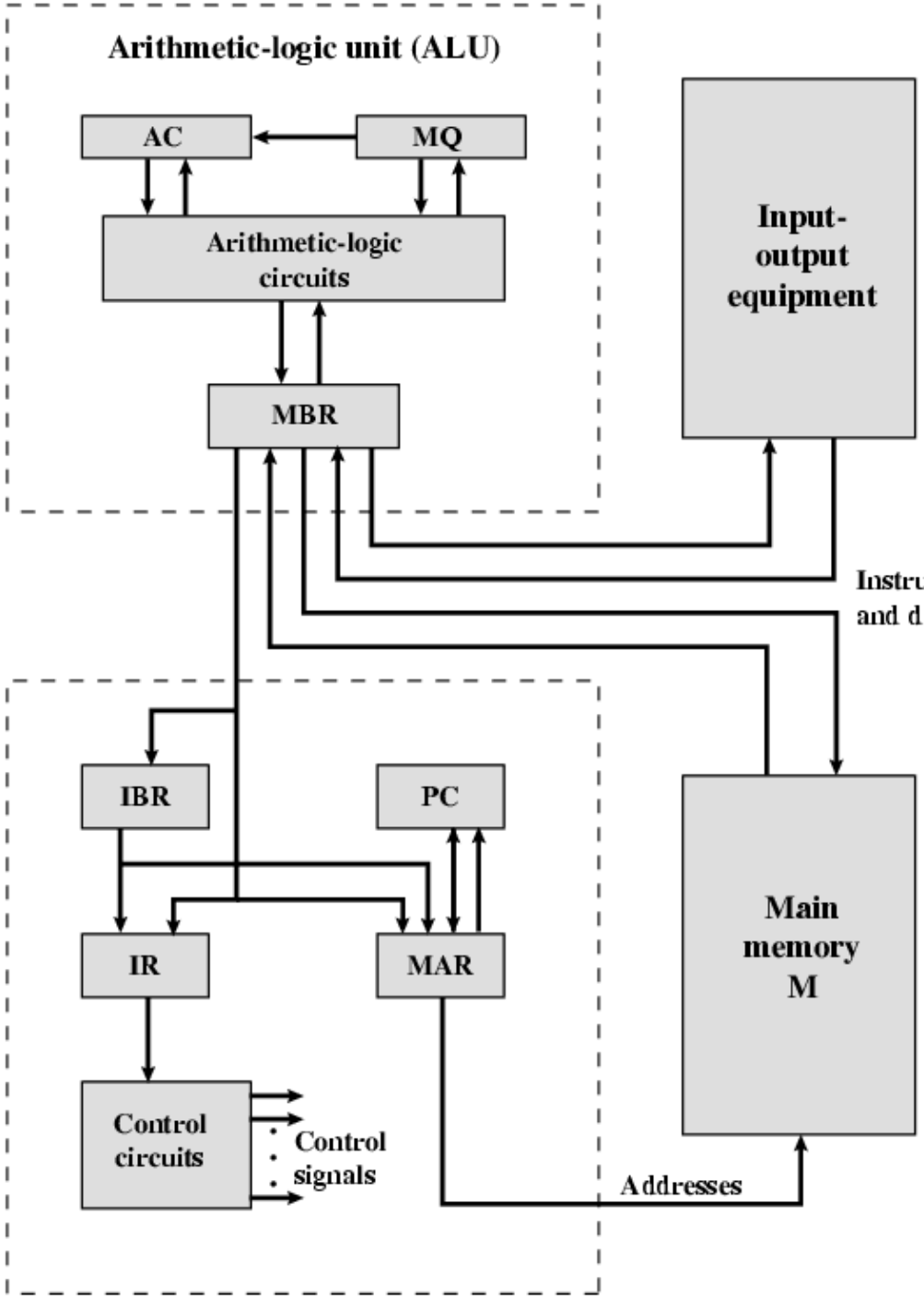
Arquitectura Von Neumann

- Memoria común para datos e instrucciones
  - 1000 palabras de 40 bits
    - Datos:
      - Números binarios con signo
    - Instrucciones:
      - Cada palabra tenía 2 instrucciones de 20 bits
      - Cada instrucción tiene
        - Código de operación de 8 bits
        - Dirección codificada en 12 bits



Arquitectura Von Neumann

- Registros de la CPU:
  - MBR: Buffer de Memoria
  - MAR: Direccionamiento de Memoria
  - IR: Registro de Instrucción
  - IBR: Buffer del IR
  - PC: Contador de Programa
  - AC: Acumulador
  - MQ: Cociente Multiplicador
- La comunicación entre registros se hace mediante buses internos
  - Datos
  - Direcciones



Arquitectura Von Neumann

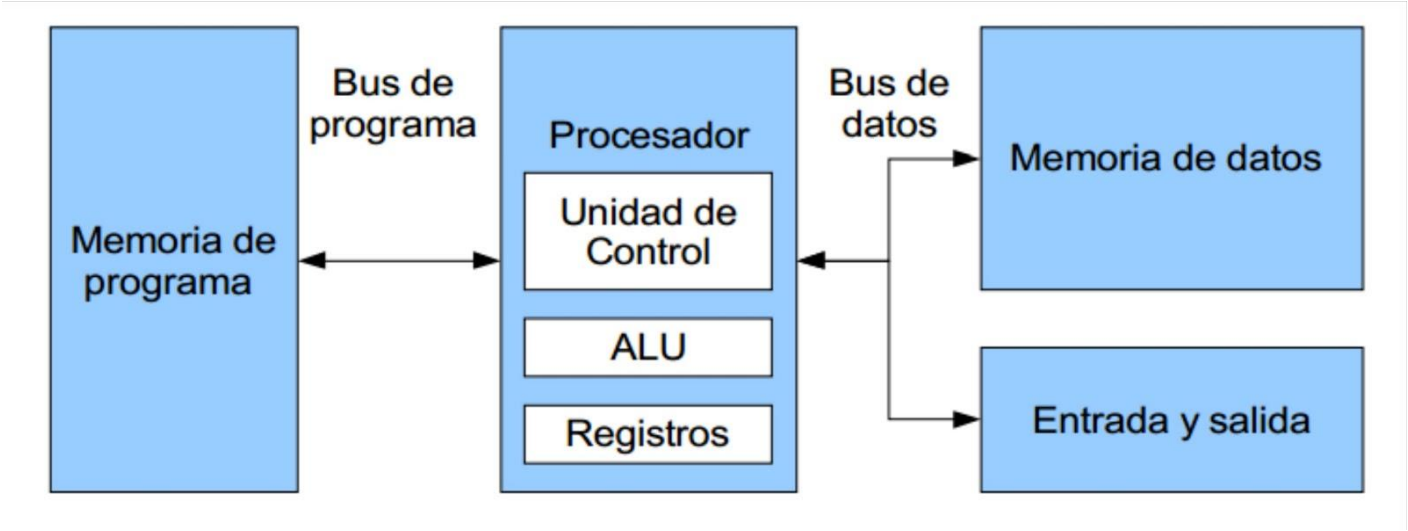
- El IAS contaba con 21 instrucciones que se podían agrupar en los siguientes tipos:
  - Transferencia de Datos
  - Desvíos Incondicionales
  - Desvíos Condicionales
  - Aritméticas y Lógicas
- También describió el modo de funcionamiento de la Unidad de Control
  - 1.- La UC captura la instrucción de la memoria
  - 2.- La decodifica
  - 3.- La ejecuta y vuelve al paso 1 para capturar la siguiente instrucción en memoria
    - Es decir, la máquina de Von Neumann seguía una ejecución secuencial de las instrucciones, que se colocaban de forma lineal en la memoria, alterándose dicha linealidad sólo por la existencia de instrucciones de desvíos (condicionales e incondicionales)

Arquitectura Von Neumann

- Ampliaciones posteriores han dado lugar a dos tipos de arquitecturas:
  - Basada en Acumulador:
    - Es la original de Von Neumann (aunque a día de hoy pueden tener más de un acumulador)
    - Casi toda operación tiene como fuente o como destino el acumulador
  - Basada en Registros:
    - Surge para mejorar prestaciones:
      - Las operaciones entre registros son más rápidas que cuando hay que consultar a memoria
      - Cuantos más registros se tengan, menos accesos a memoria son necesarios en operaciones iterativas
    - Se sustituye el acumulador por un conjunto de registros (su número depende de la CPU concreta)
    - Los registros pueden tener uso indistinto o específico:
      - De Propósito General
      - Sólo de datos
      - De direcciones
    - En algunas arquitecturas se fuerza a que todas las operaciones se hagan sólo entre registros (salvo las de transferencia de datos)

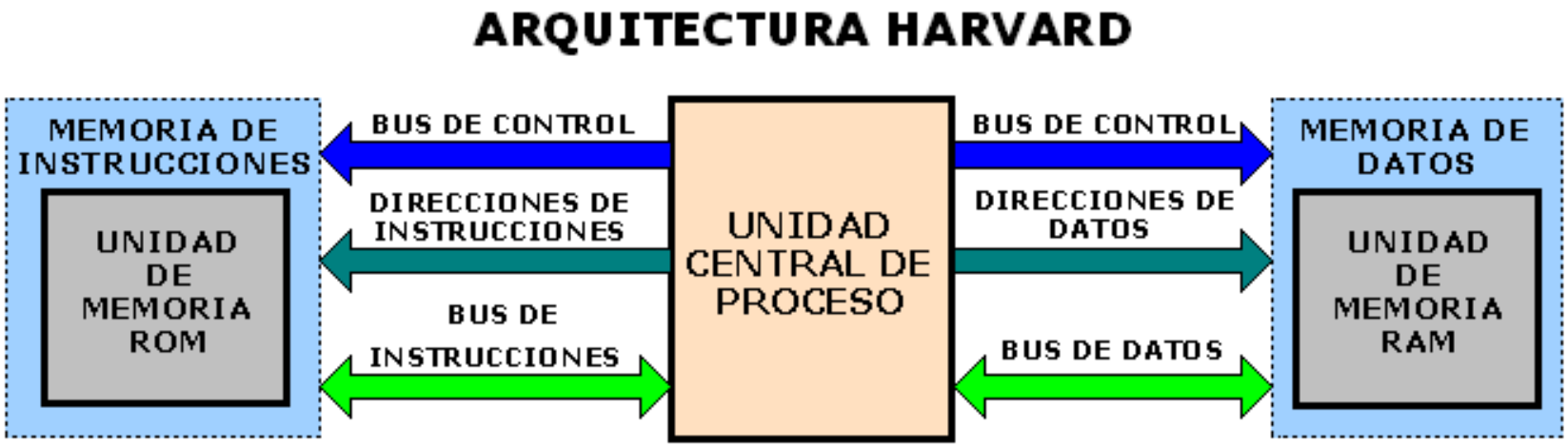
Arquitectura Harvard

- Se elimina el concepto de Memoria Principal. En esta arquitectura existe:
  - Una memoria exclusivamente para datos
  - Una memoria exclusivamente para instrucciones
  - Buses (tanto de datos, como de direcciones) diferenciados para cada una de las memorias
    - Sus números de líneas pueden ser distintos
      - El tamaño de palabra de datos y de instrucciones puede ser distinto
      - La capacidad de las memorias pueden ser distintas

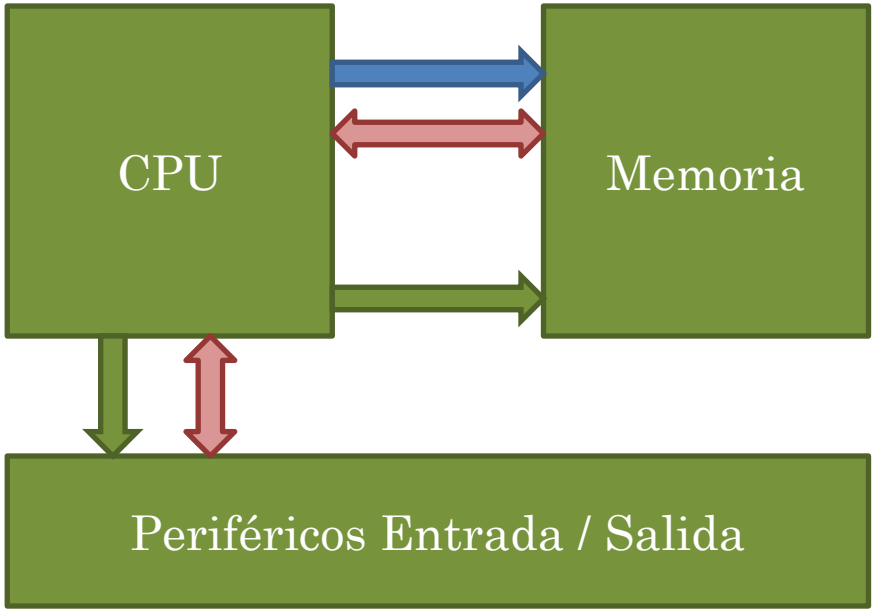


Arquitectura Harvard

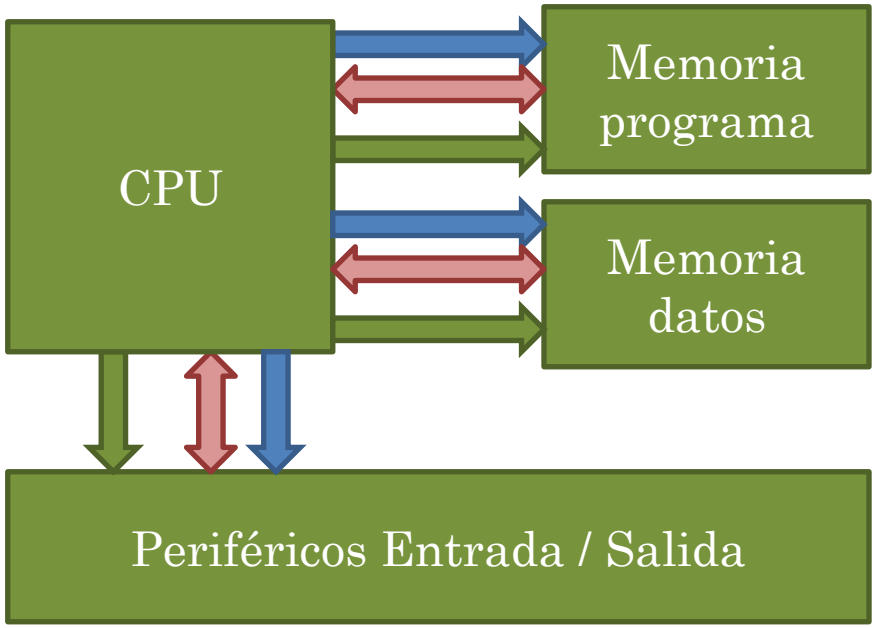
- Ventajas:
  - Se incrementa la capacidad de direccionamiento
  - Se pueden adaptar mejor a las necesidades de las aplicaciones objetivo de dicha CPU
  - Se incrementa la fiabilidad de las aplicaciones, por garantía de integridad del código
- Inconvenientes:
  - Interfaz Externa más compleja y conexionado más amplio



ARQUITECTURA VON NEUMANN VS. HARVARD



Arquitectura von Neumann



Arquitectura Harvard

Direcciones

Datos (información): Instrucciones / datos (variables y constantes)

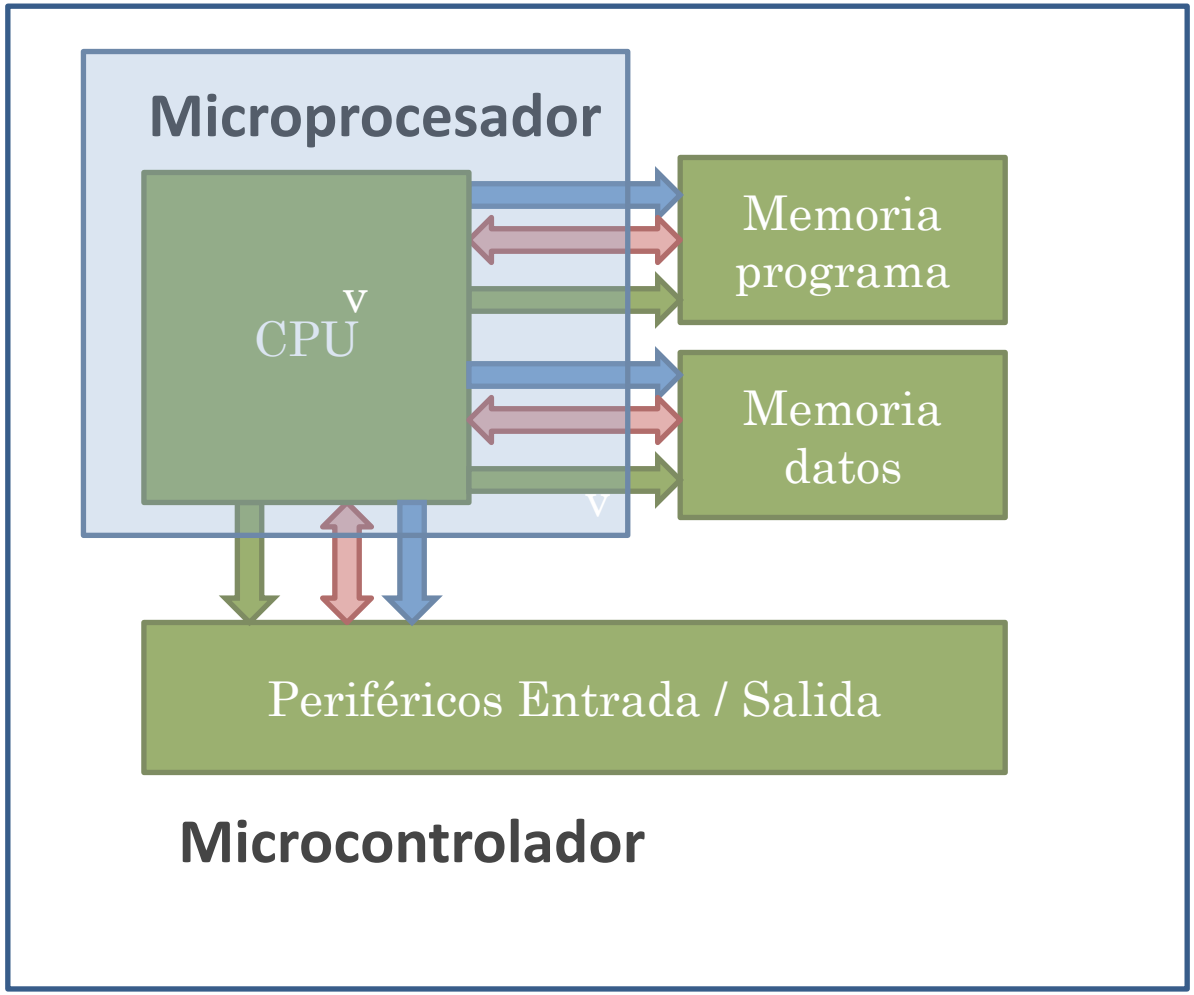
Control

Microprocesador y Microcontolador

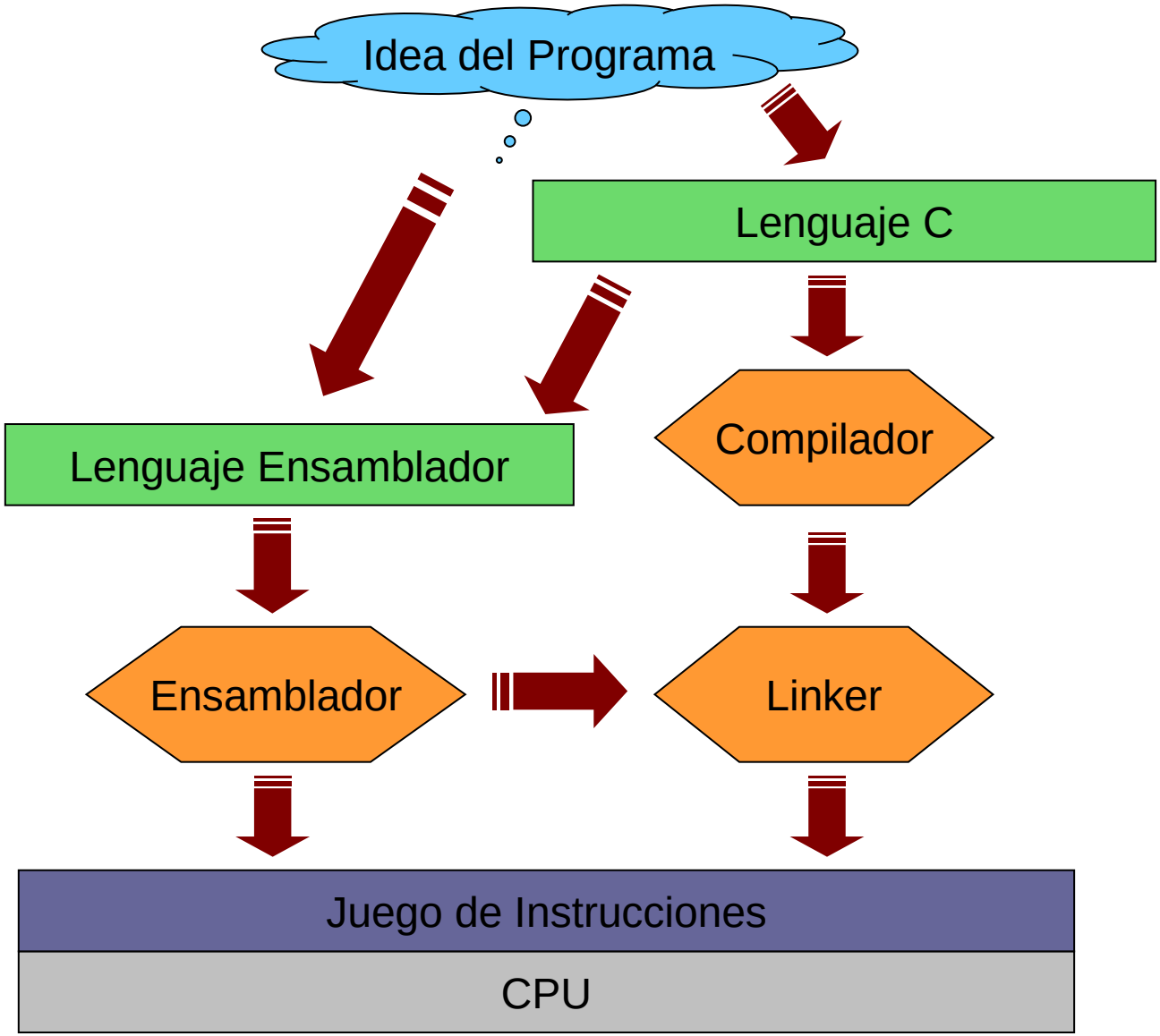
- Un Microprocesador es un circuito integrado que contenga todos los elementos de control de una máquina de calcular:
  - Unidad Aritmética Lógica (ALU)
  - Unidad de Control
  - Registros internos para el flujo por la ruta de datos:
    - PC, IR, MAR, MBR, SR, SP, etc.

- Un Microcontrolador es un chip que, además de tener un Microprocesador, contiene:
  - Memoria(s)
  - Dispositivos de E/S

Microprocesador y Microcontolador



Programación y Código Máquina



Tema 2 : Microprocesadores y Microcontroladores

STM32L152RB

STM32L152RB: Características Generales

- El micro STM32L152RB además del ARM Cortex-M3, incluye:
  - 128 KB de memoria Flash para programas
  - 16 KB de RAM estática
  - 4 KB de EEPROM para datos
  - 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, I^2C 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 ...

Diagrama de Bloques del Microcontrolador STM32L152RBT6

LQFP64 10 x 10 mm

La familia de bajo consumo STM32L15xxx ofrece 3 encapsulados desde 48 a 100 patas, cada uno con diferentes periféricos

Diagrama de Bloques (detalle)

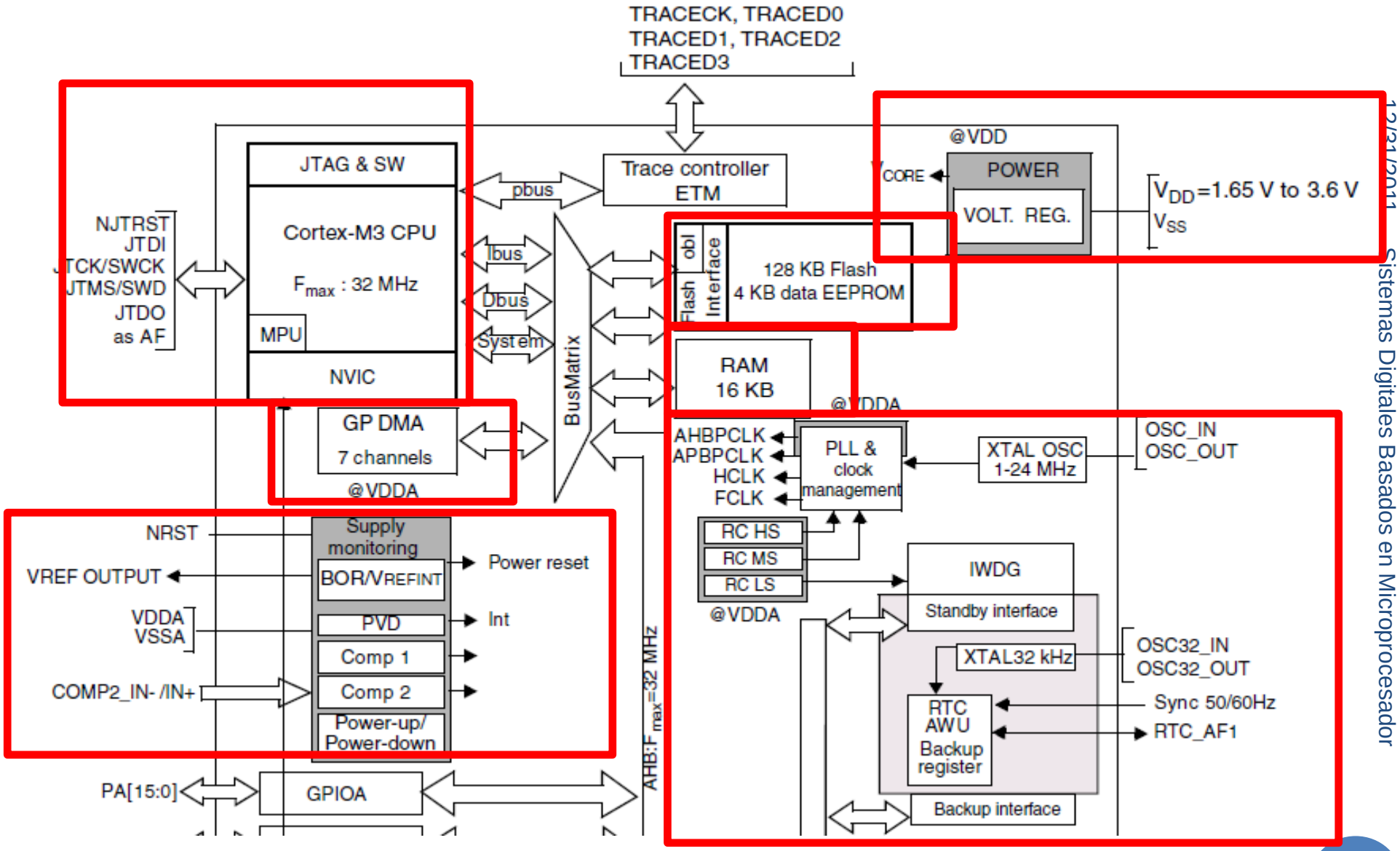
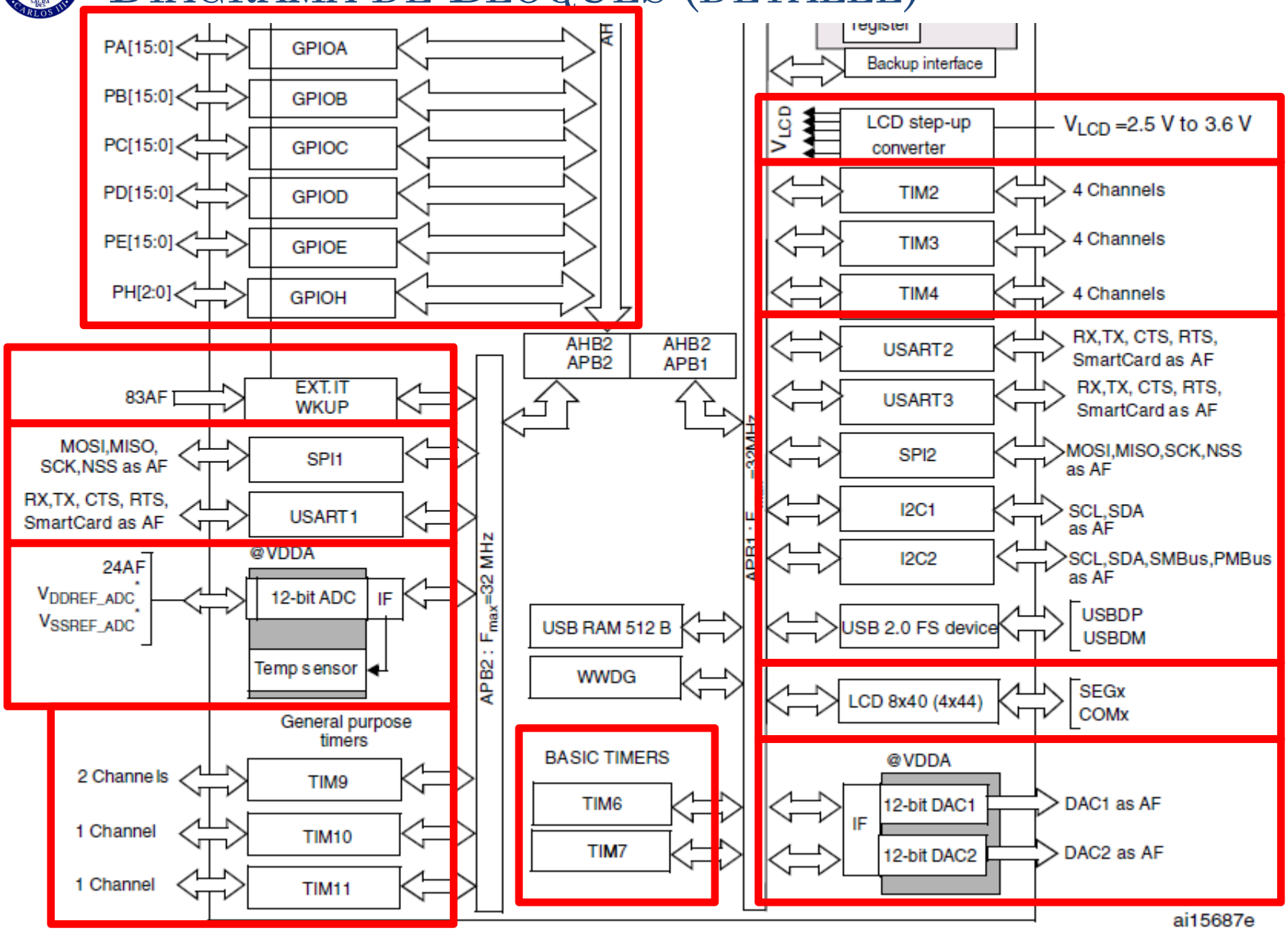
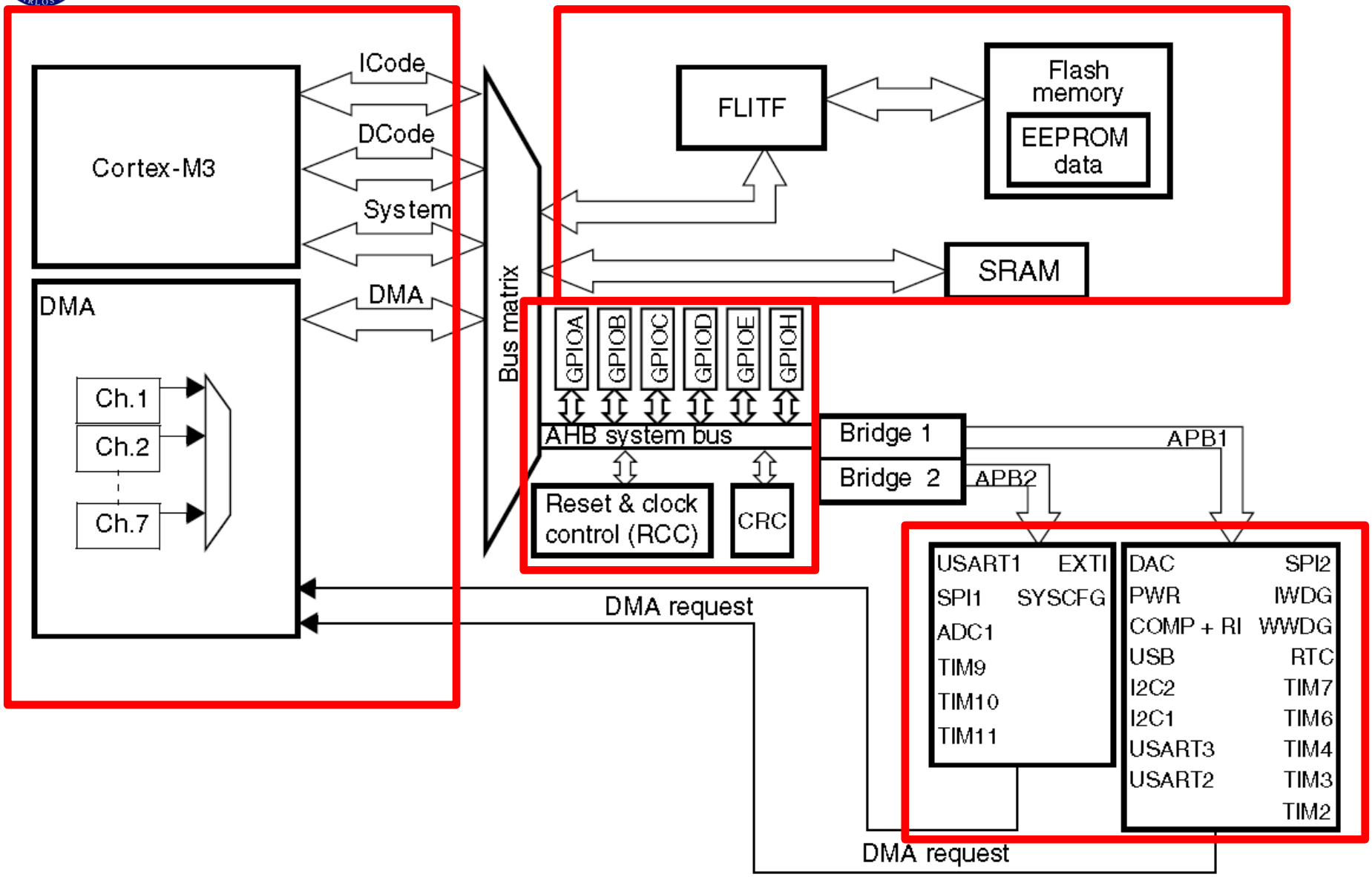


Diagrama de Bloques (detalle)

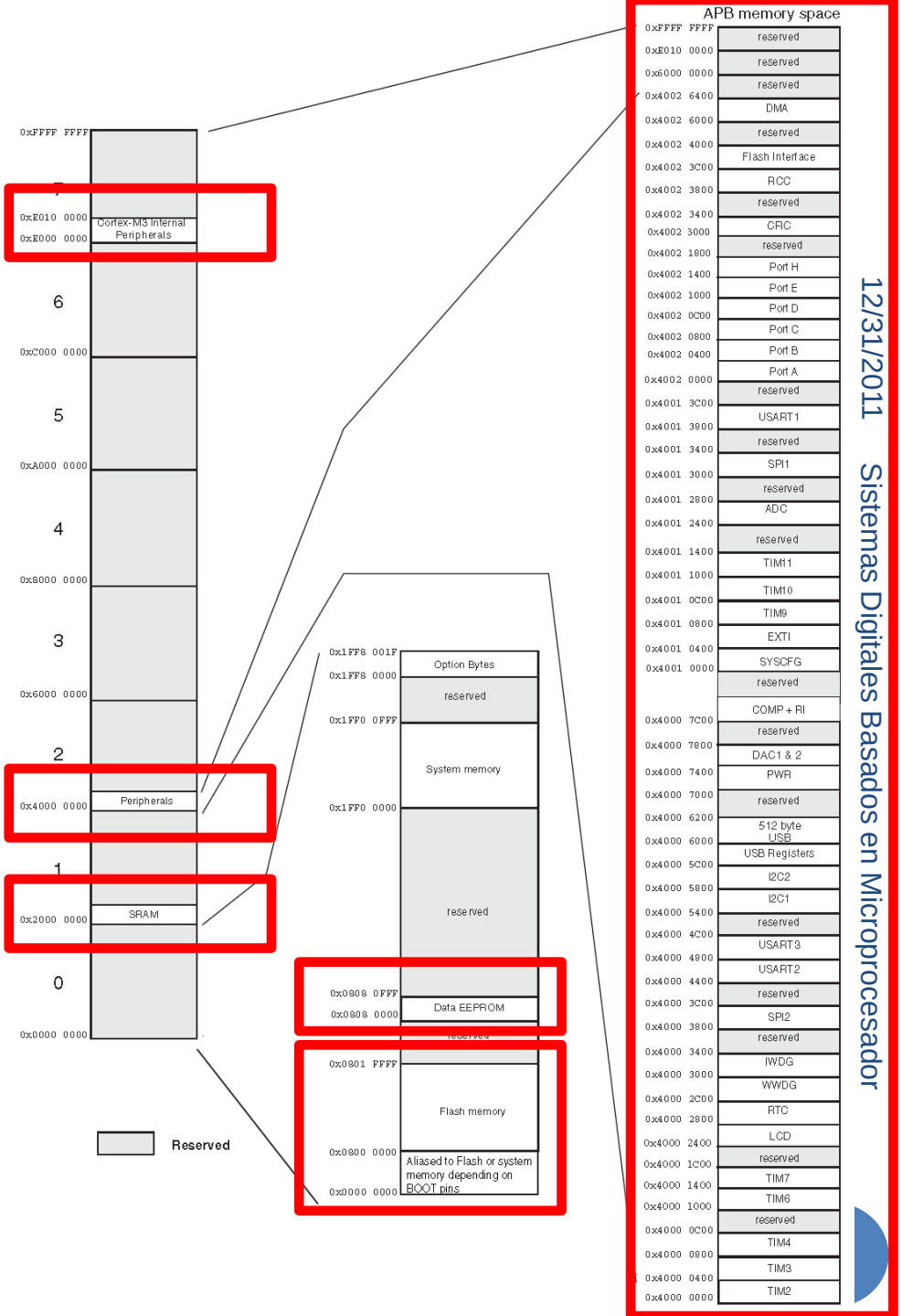


Arquitectura del Sistema



Mapa de Memoria

- Direccionamiento total de 4GB
- 128KB Flash
  - 0x0000 0000 – 0x0801 FFFF
- 16KB RAM estática (SRAM)
  - 0x2000 0000 – 0x2000 3FFF
- 4096B EEPROM
  - 0x0808 0000 – 0x0808 0FFF
- Periféricos del microcontrolador
  - 0x4000 0000 – 0x4002 63FF
- Periféricos del Cortex M3
  - 0xE000 0000 – 0xE010 FFFF

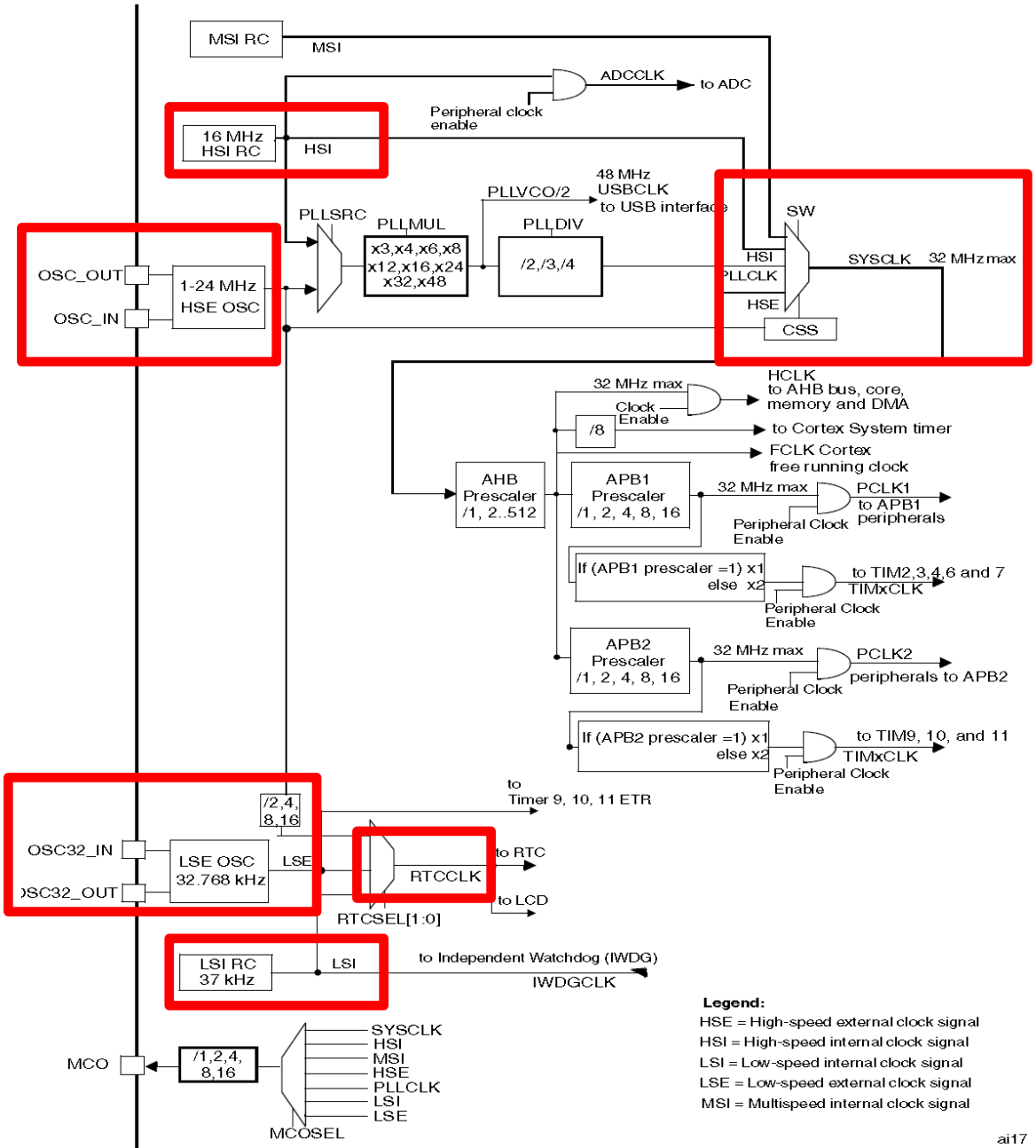


Los Periféricos vistos por la CPU

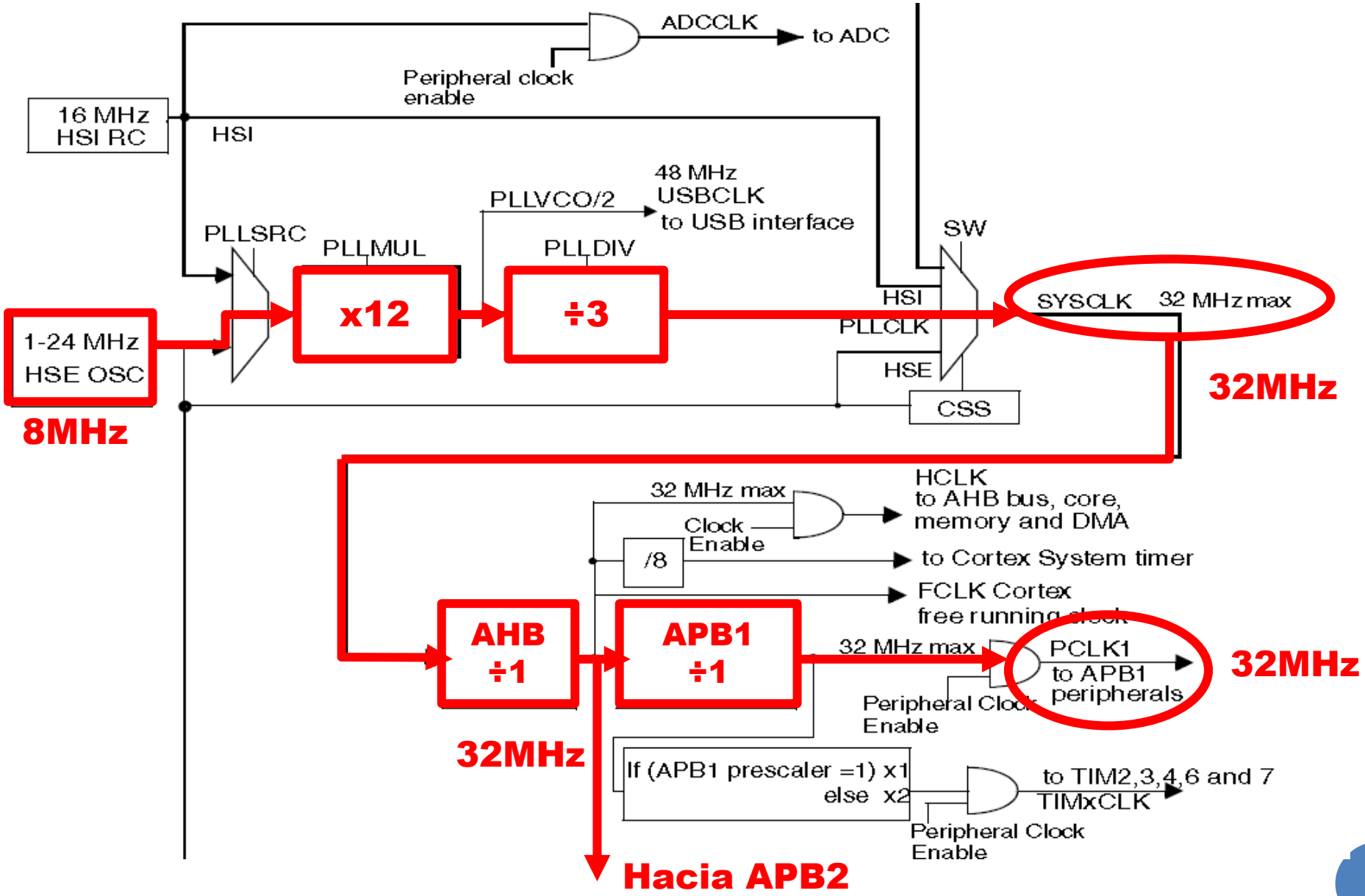
- Todo periférico, por complejo que sea, va a ser visto por la CPU como un conjunto de registros:
  - **De Datos:** los que van a contener los datos que se van a utilizar en el periférico y que se comunicarán a/desde la CPU
    - Generalmente serán de lectura y escritura
  - **De Estado:** los que van a contener información sobre el estado en el que se encuentra el periférico
    - Generalmente serán solo de lectura
  - **De Control:** lo que se van a escribir para configurar el periférico
    - Generalmente serán solo de escritura
- Para acceder a dichos registros, la CPU podrá hacerlo de dos formas:
  - Mediante instrucciones especiales de E/S
  - Como si fuese acceder a una dirección de memoria
    - ***Mapeado en Memoria de los Periféricos (lo normal)***

Subsistema de Reloj

- Diferentes fuentes de reloj:
  - HSI: Oscilador interno de alta velocidad (16MHz)
  - LSI: Oscilador interno de baja velocidad (37KHz)
  - HSE: Oscilador externo de alta velocidad (1 – 24 MHz)
  - LSE: Oscilador externo de baja velocidad (32,768 KHz)
- SYSCLK: Reloj del sistema
  - Puede proceder de HSI, de HSE, de MSI, o de un PLL procedente de HSI o HSE
- RTCCLK: Reloj en tiempo real del sistema



Subsistema de Reloj durante el curso



Nota Importante

Las capacidades del microcontrolador (y de cada uno de sus periféricos) son mucho mayores que las que se van a describir en este curso.

Esta reducción de capacidades se hace por motivos docentes, potenciando el aprendizaje de conceptos universales, y minorando el aprendizaje de conceptos específicos.