

# Las Cosas de Internet

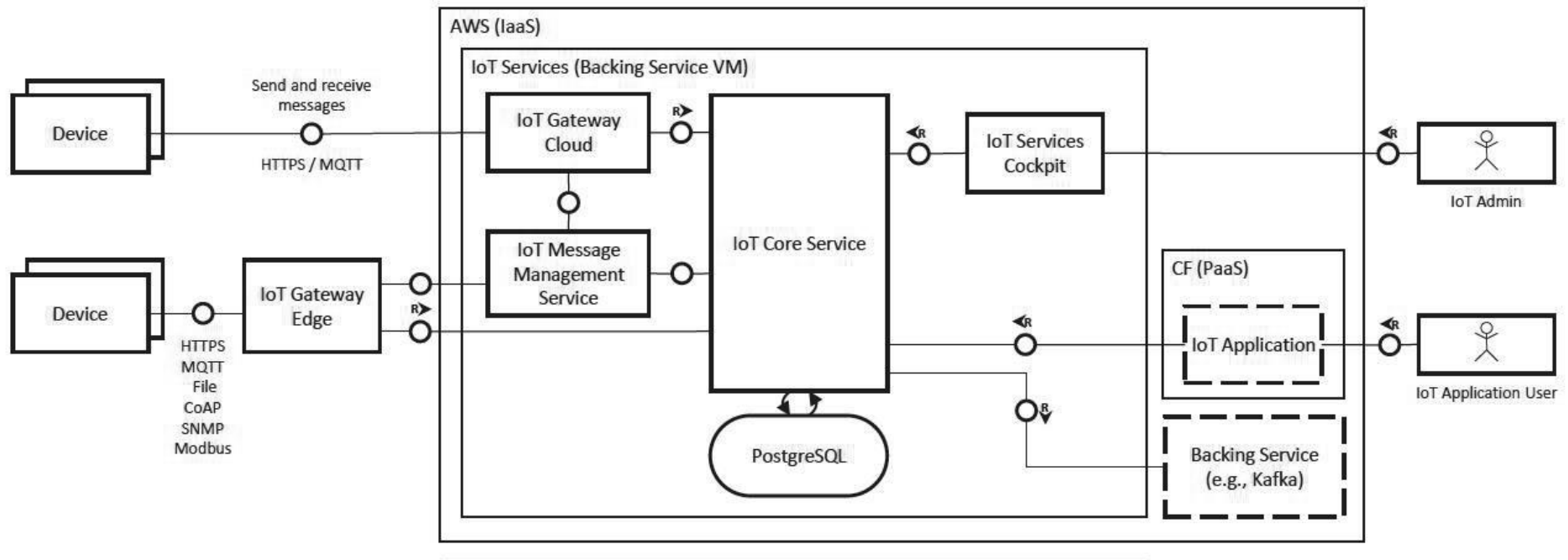
Algo de sistemas embebidos,  
sensores y comunicaciones

Fernando Lichtschein

SAP Inside Track BA

# ¿De qué vamos a hablar hoy?

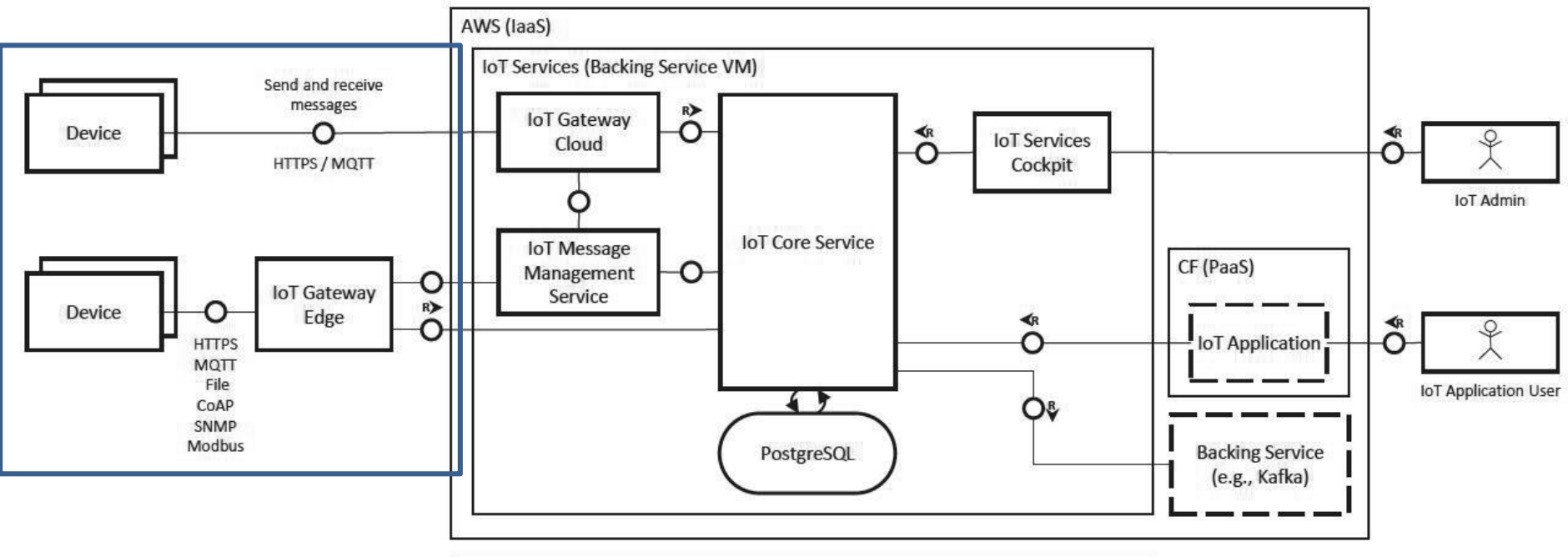
## Arquitectura de IoT



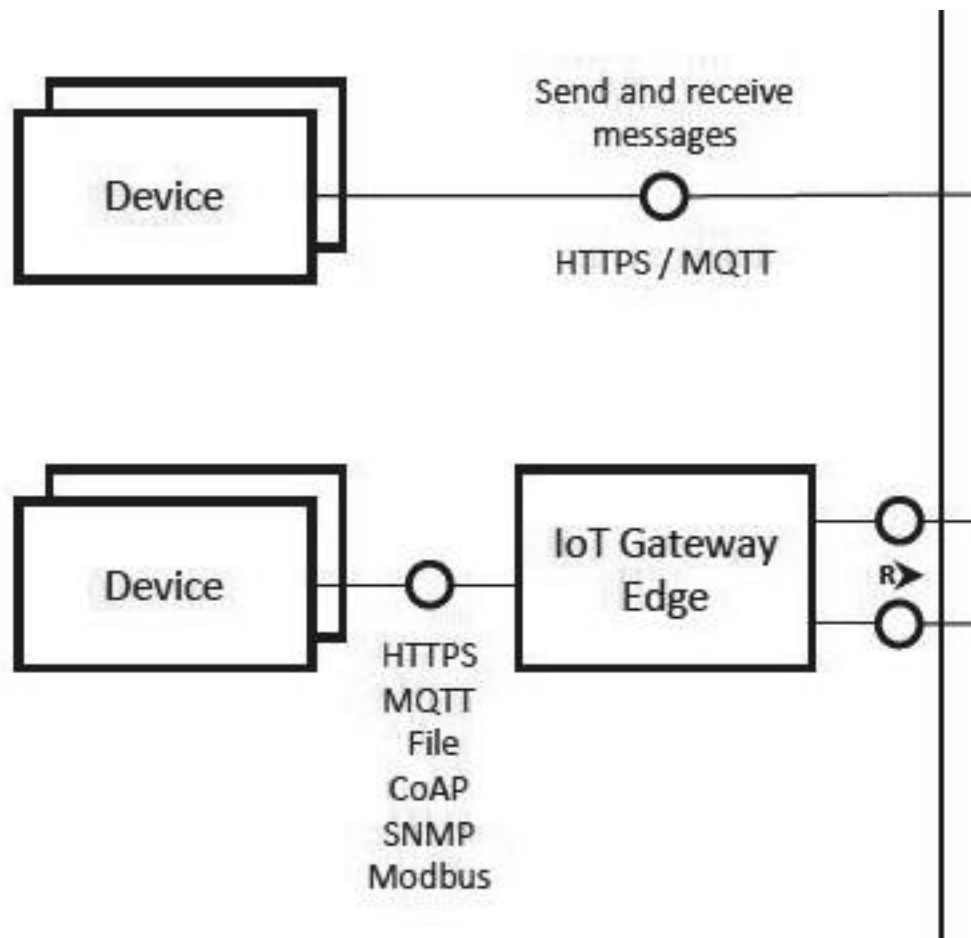
*de SAP Cloud Platform IoT Services 4.0 (beta)*

# ¿De qué vamos a hablar hoy?

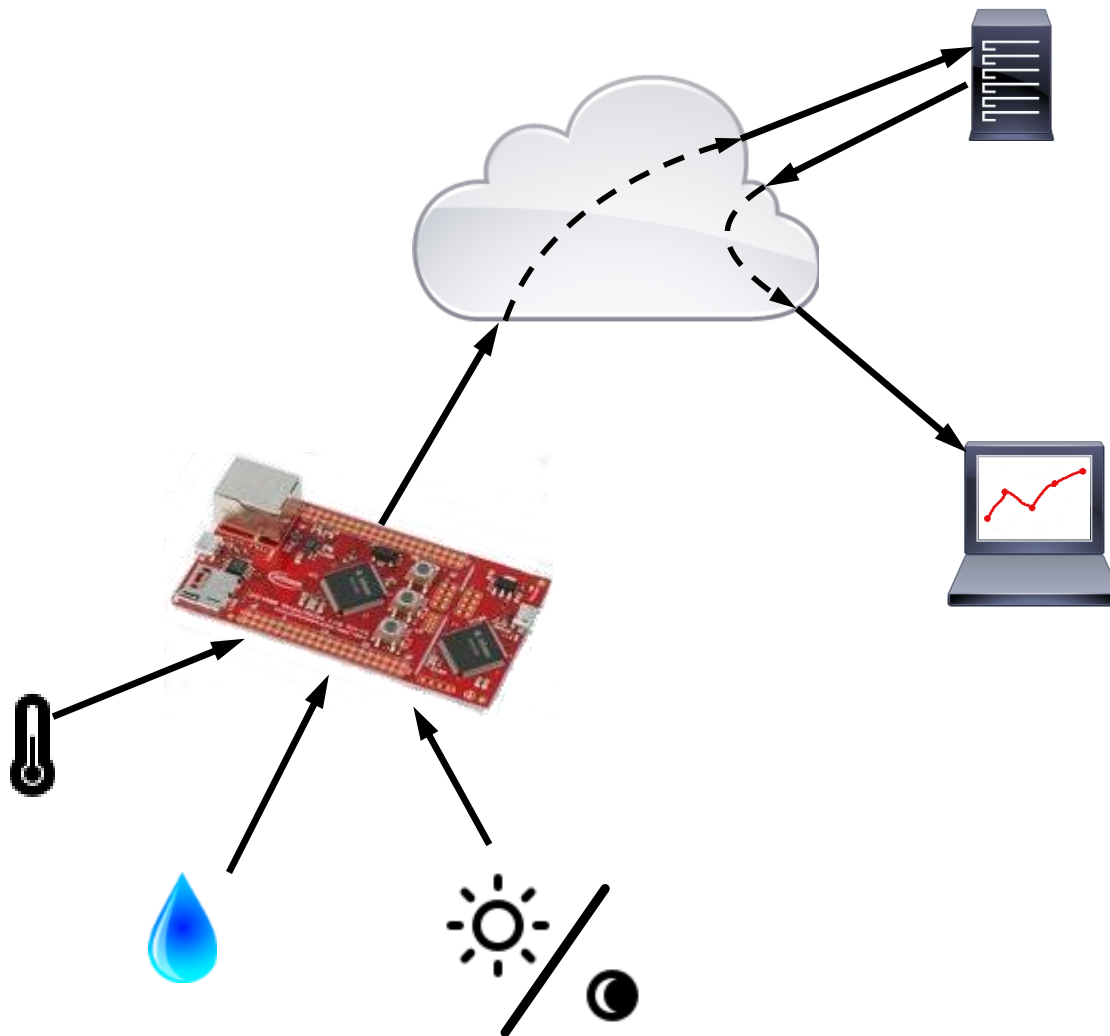
## Arquitectura de IoT



# Dispositivos, sensores y comunicaciones



# Dispositivos, sensores y comunicaciones



Sistemas Embebidos

+

Internet

=

Internet de las Cosas

# ¿Qué es un Sistema Embebido?

Una computadora que forma parte de un aparato, por ejemplo:

- Un horno a microondas.
- La ECU (Engine Control Unit) de un auto.
- Un expendedor de bebidas.

# Características usuales

- Operan en tiempo real.
- Ejecutan el mismo programa desde que se las enciende.
- Cuando están funcionando, no deben fallar.
- No deben dejar de funcionar.
- Diseño sensible al precio.



# Basados en microcontroladores

Un solo circuito integrado o chip  
conteniendo:

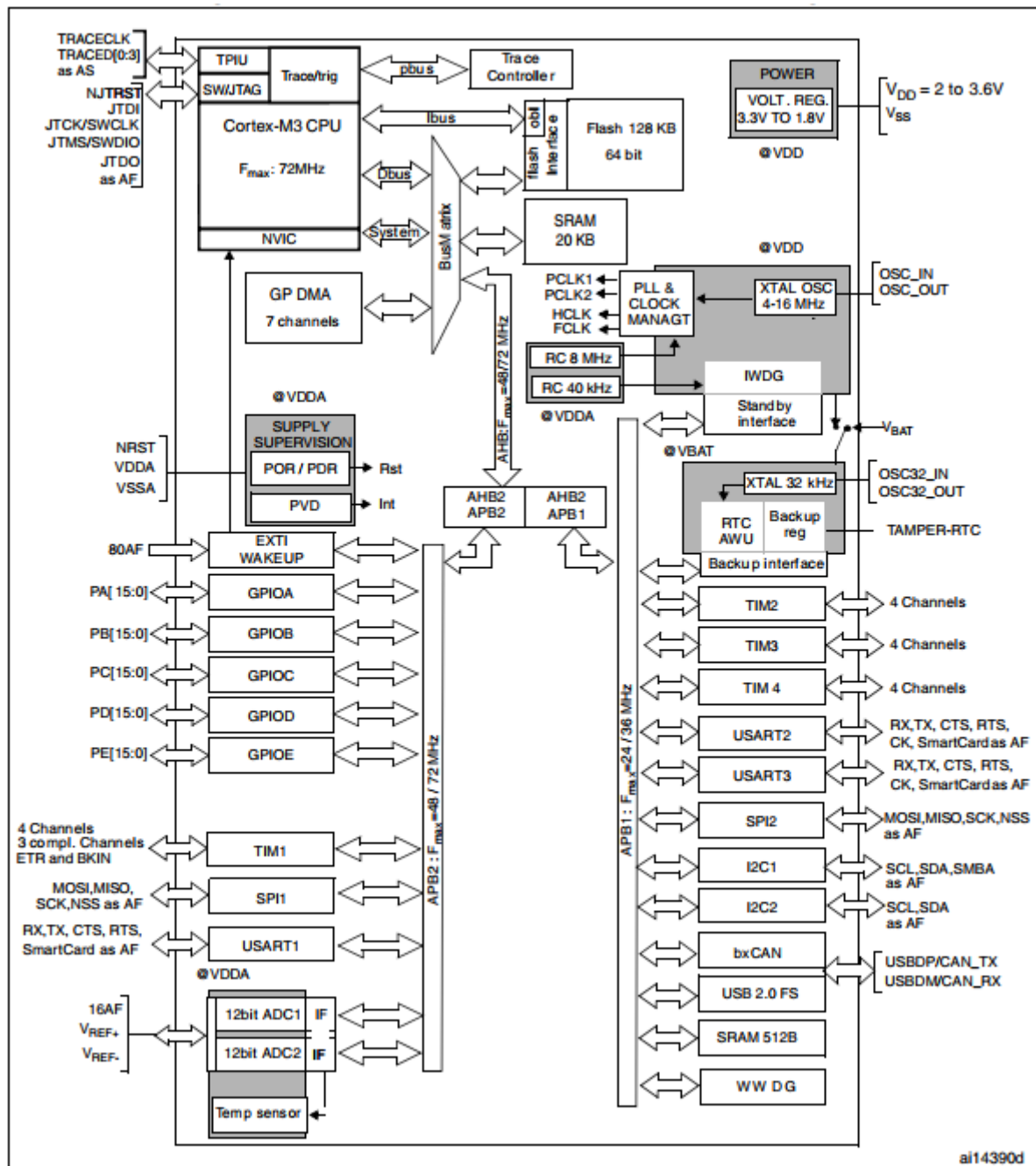
- CPU
- Memoria (varios tipos)
- Periféricos
- Circuitos auxiliares

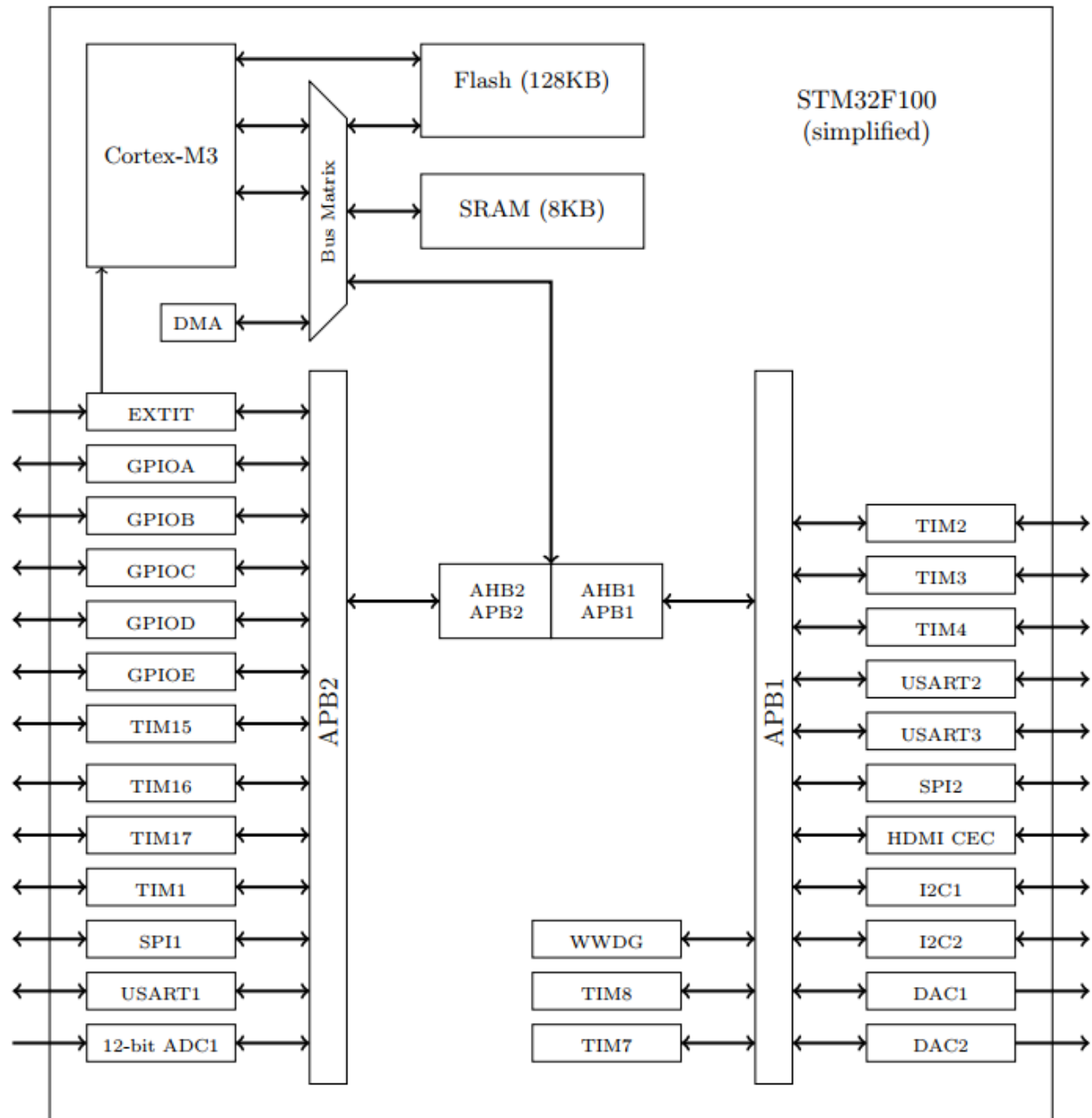
# Microcontroladores

- Se les suele llamar SoC, System on a Chip
- Los pines de salida pueden tener más de una función
- Parte de la memoria es RAM y parte es Flash
- Suelen utilizar arquitectura Harvard.

# Periféricos

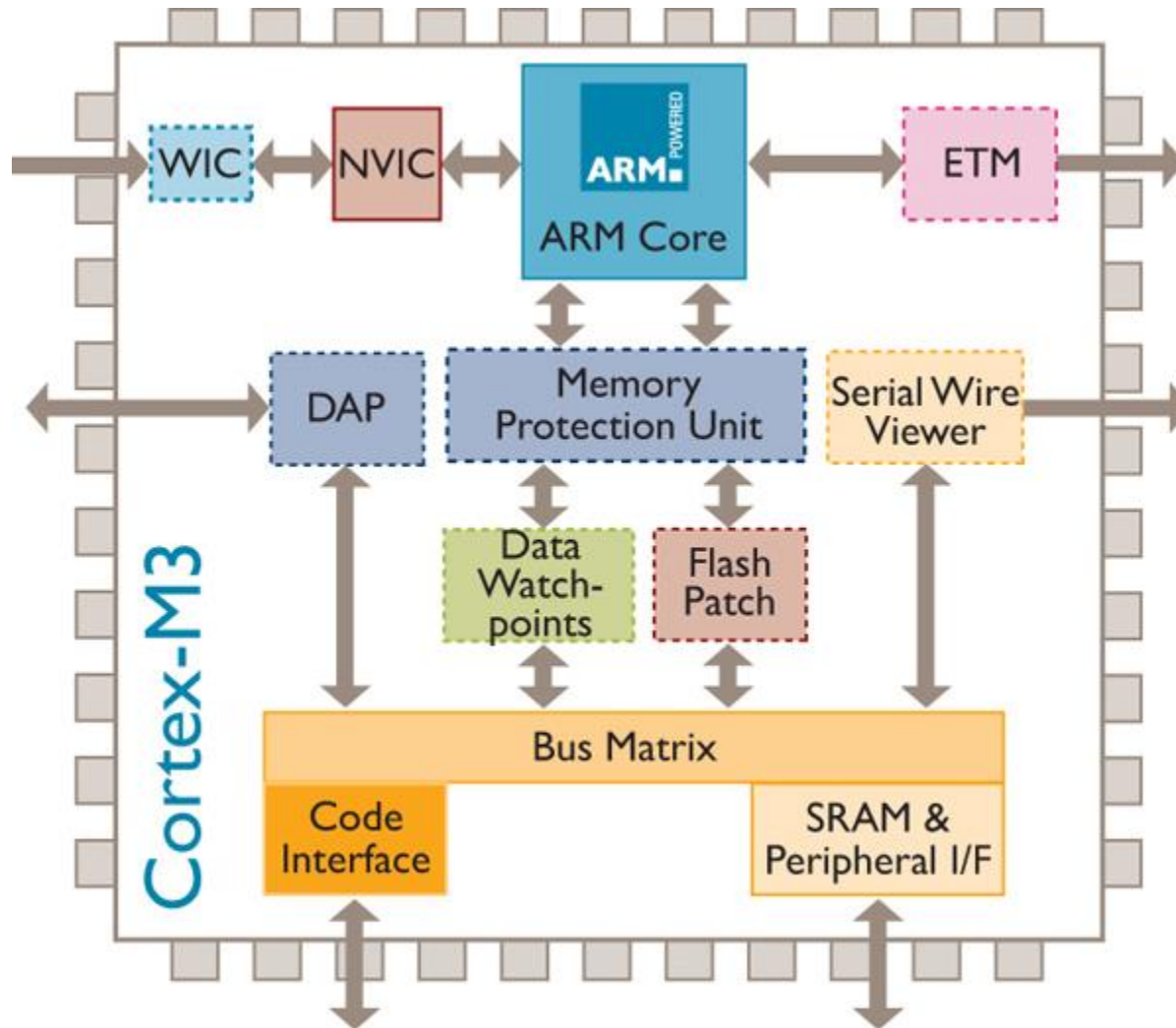
- Entradas y salidas lógicas (GPIO)
- Timers
- USARTs
- Conversores A/D y D/A
- Interfaces serie como I<sup>2</sup>C y SPI
- USB
- CAN (Controller Area Network)
- ...





(de *Discovering the STM32 Microcontroller* - Geoffrey Brown)

# CPU Core

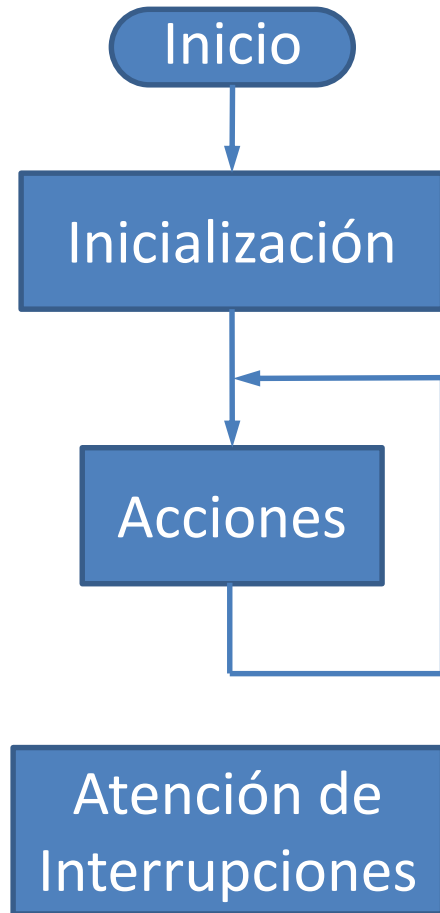


# Programación

- El lenguaje más utilizado es C
- Al tener pocos recursos, los programas deben compilarse en otro sistema, generalmente una PC
- Existen dispositivos para transferir los programas a la memoria de los microcontroladores
- Los mismos dispositivos permiten la depuración (*debugging*) en línea

# Estructura de programa

## Superlazo



## RTOS





# Real Time Operating Systems

- Un *scheduler* o planificador basado en prioridades, con apropiación
- Mecanismos para pasaje de mensajes
  - Colas
  - Semáforos
  - *Event flags*
- Manejo de interrupciones

FreeRTOS, VxWorks de WindRiver, Nucleus de Mentor Graphics

# Manejo de dispositivos

Escribiendo directamente a los registros de los dispositivos.

Cada uno de ellos tiene asociado una serie de registros de configuración, por ejemplo:

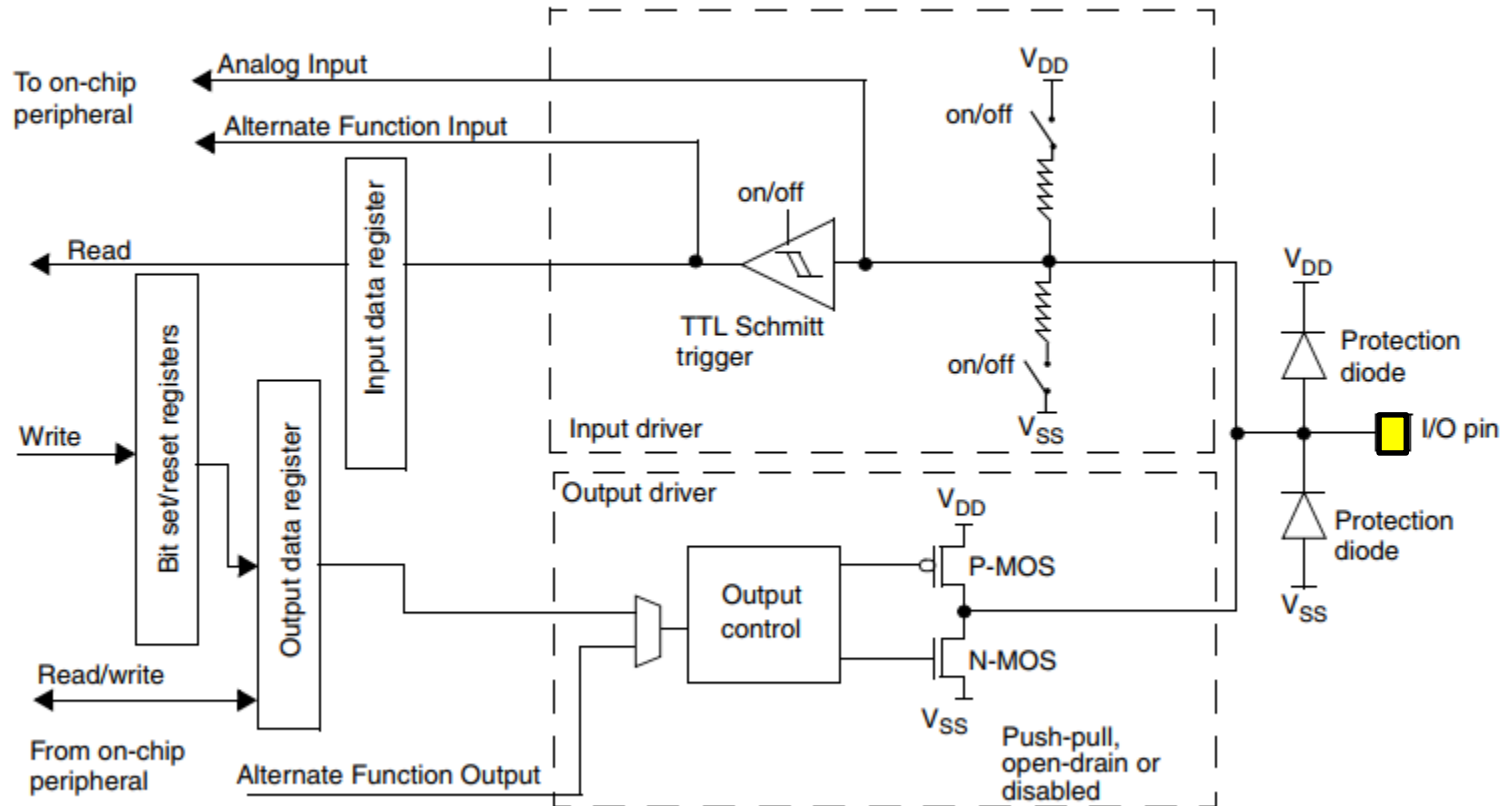
### 7.2.2 Port configuration register high (GPIOx\_CRH) (x=A..G)

Address offset: 0x04

Reset value: 0x4444 4444

[illegible]

**Figure 13. Basic structure of a standard I/O port bit**



# Registros de configuración

- Bits 31:30, 27:26, 23:22, 19:18, 15:14, 11:10, 7:6, 3:2    **CNFy[1:0]:** Port x configuration bits (y= 8 .. 15)
- These bits are written by software to configure the corresponding I/O port.  
Refer to [Table 16: Port bit configuration table](#).
- In input mode (MODE[1:0]=00):**
- 00: Analog mode
  - 01: Floating input (reset state)
  - 10: Input with pull-up / pull-down
  - 11: Reserved
- In output mode (MODE[1:0] > 00):**
- 00: General purpose output push-pull
  - 01: General purpose output Open-drain
  - 10: Alternate function output Push-pull
  - 11: Alternate function output Open-drain
- Bits 29:28, 25:24, 21:20, 17:16, 13:12, 9:8, 5:4, 1:0    **MODEy[1:0]:** Port x mode bits (y= 8 .. 15)
- These bits are written by software to configure the corresponding I/O port.  
Refer to [Table 16: Port bit configuration table](#).
- 00: Input mode (reset state)
  - 01: Output mode, max speed 10 MHz.
  - 10: Output mode, max speed 2 MHz.
  - 11: Output mode, max speed 50 MHz.

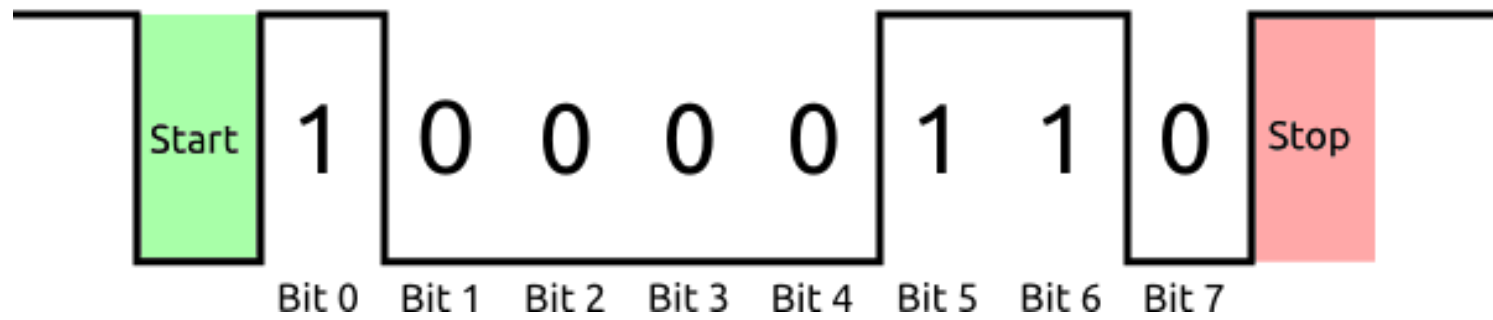
# Configurando “*the hard way*”

```
/* Enable the GPIOA (bit 2) and GPIOC (bit
4) */
/* See 6.3.7 in stm32f100x reference manual
*/
        RCC->APB2ENR |= 0x10 | 0x04;
/* Set GPIOC Pin 8 and Pin 9 to outputs */
/* 7.2.2 in stm32f100x reference manual */
        GPIOC ->CRH = 0x11;
/* Set GPIOA Pin 0 to input floating */
/* 7.2.1 in stm32f100x reference manual */
        GPIOA ->CRL = 0x04;
```

# Usando “*drivers*”

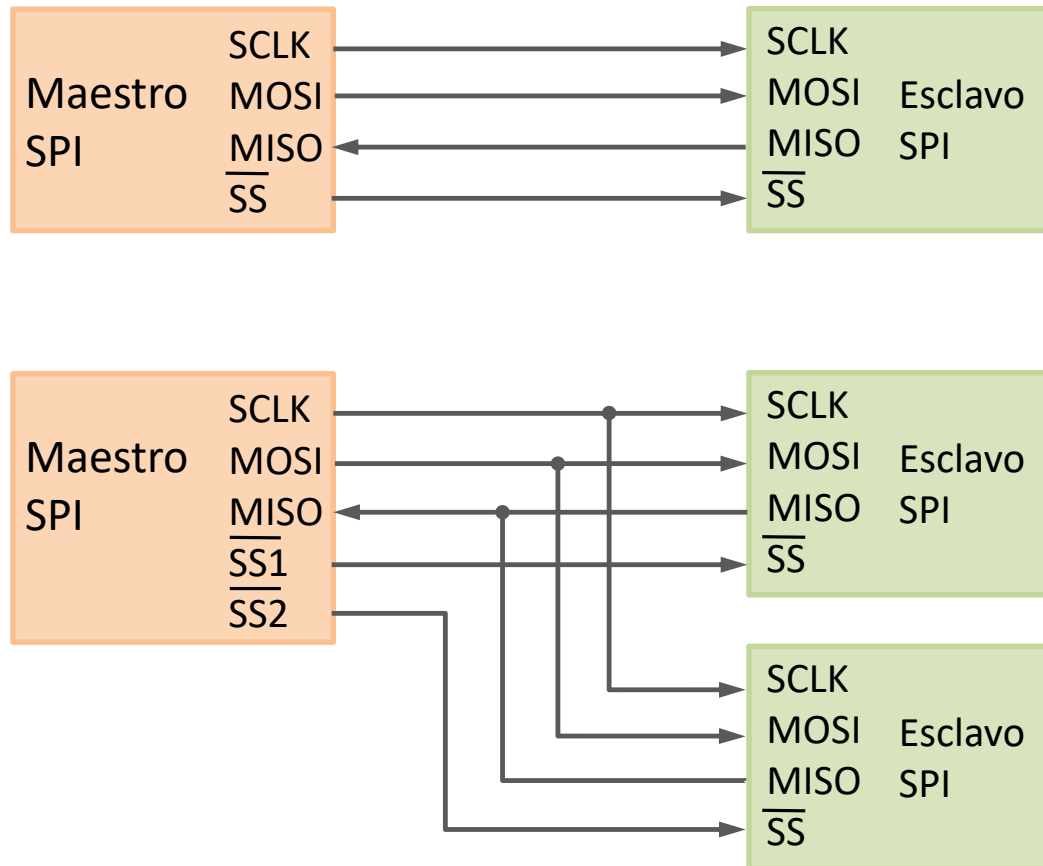
```
void ADC_config(void) {  
    GPIO_InitTypeDef  GPIO_InitStructure;  
  
    /* Configurar PC1 y PC2 como entrada analogica */  
  
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_1 | GPIO_Pin_2;  
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AN;  
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL ;  
    GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);  
  
    ....  
}
```

# Interfaz serie asincrónica (USART)



# Interfaces serie sincrónicas

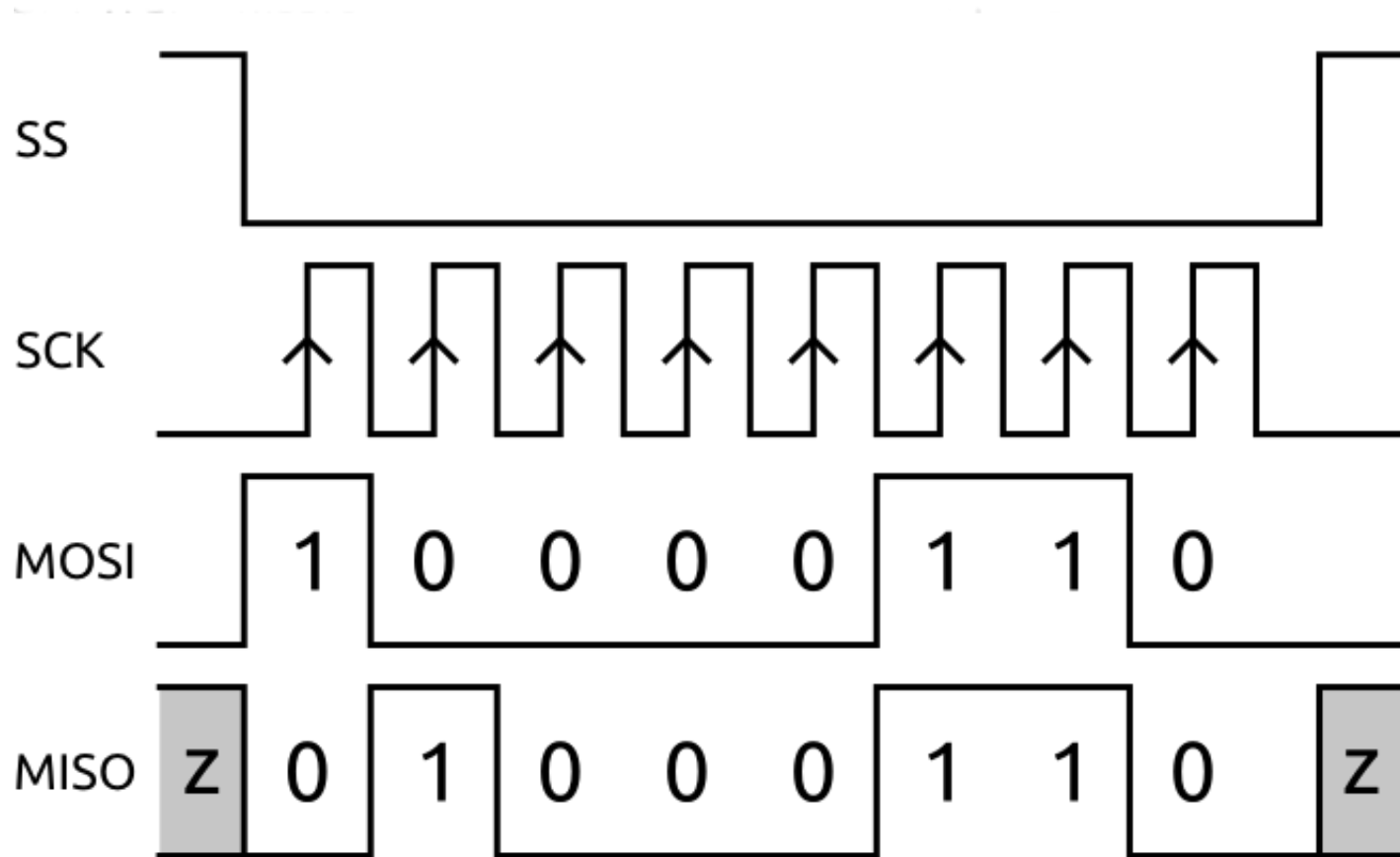
## SPI – Serial Peripheral Interface





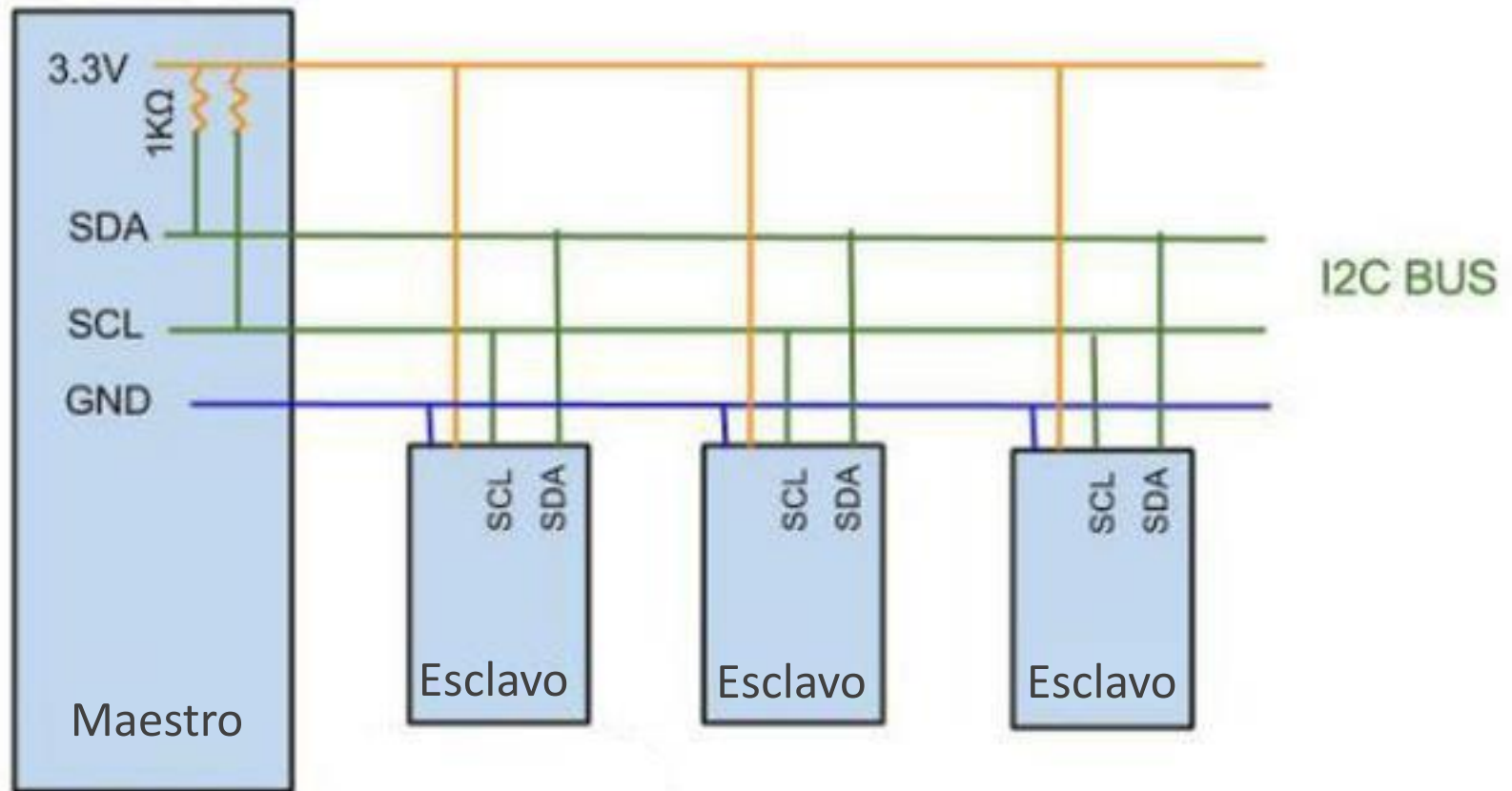
# Interfaces serie sincrónicas

## SPI – Serial Peripheral Interface



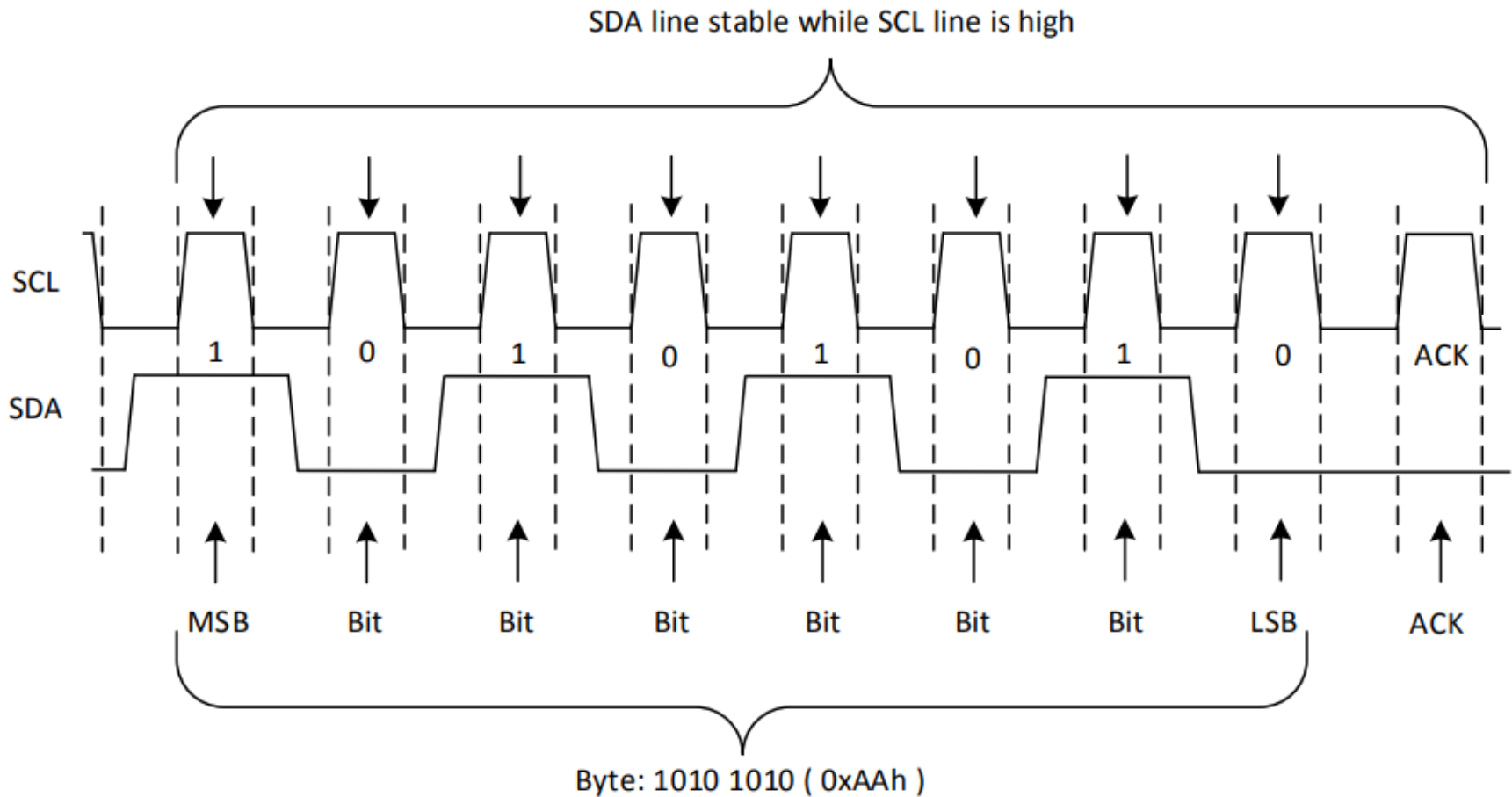
# Interfaces serie sincrónicas

## I<sup>2</sup>C – Inter-IC



# Interfaces serie sincrónicas

## I<sup>2</sup>C – Inter-IC



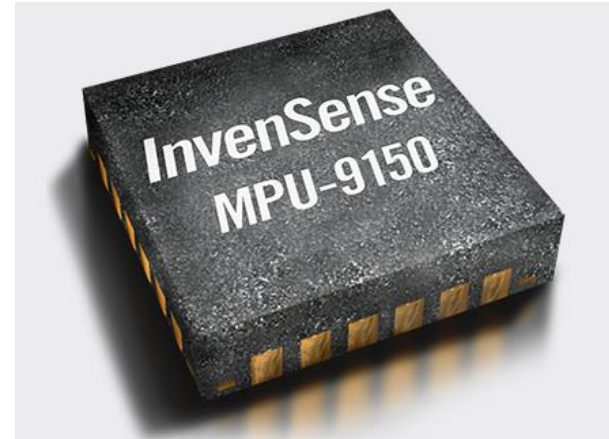
### Figure 6. Example of Single Byte Data Transfer

de Texas Instruments – *Understanding the I<sup>2</sup>C Bus*

# Sensores



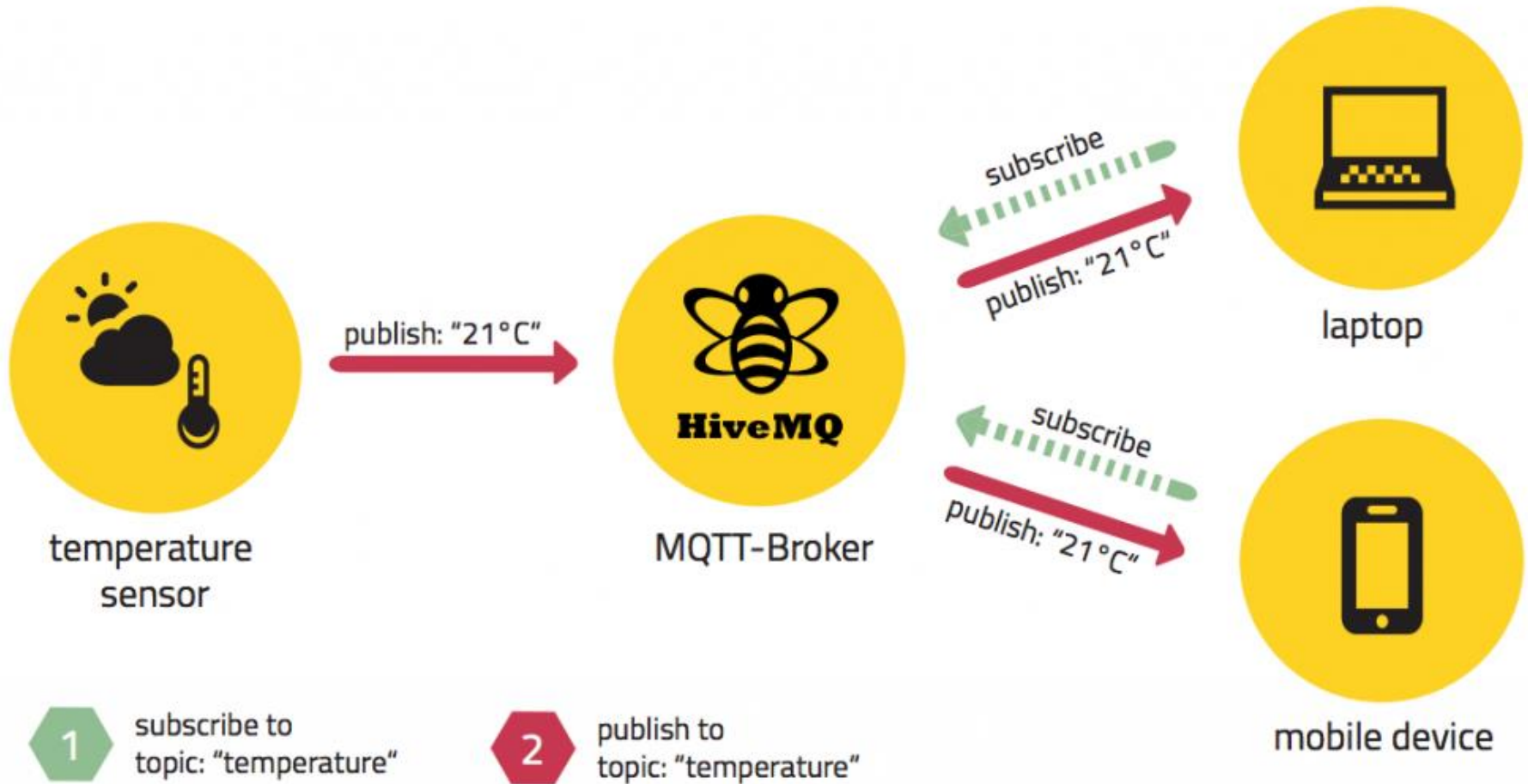
Presión Atmosférica  
Temperatura  
Humedad



4 mm x 4 mm x 1 mm

Giróscopo de 3 ejes  
Acelerómetro de 3 ejes  
Magnetómetro de 3 ejes

# MQTT – el modelo “publish-subscribe”



# Comunicaciones Inalámbricas

# Redes inalámbricas

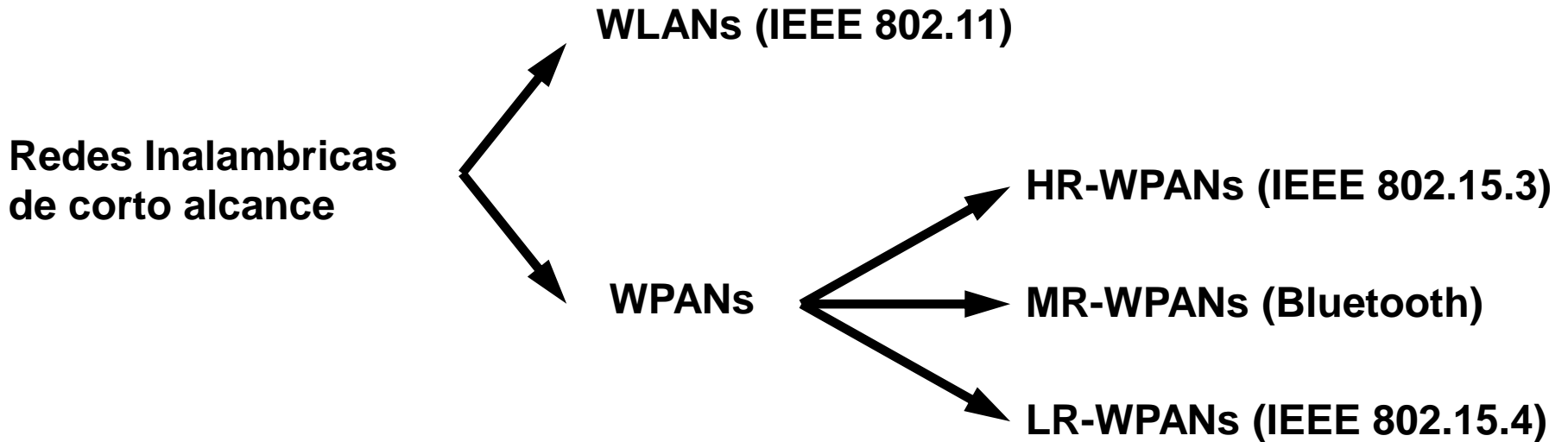
## Ventajas

- Sin costos de cableado
- Facilidad de implementación
- Flexibilidad para los cambios
- Movilidad de las terminales

## Desventajas

- Posibilidad de interferencia
- Problemas de alimentación
- Posibilidad de intrusión

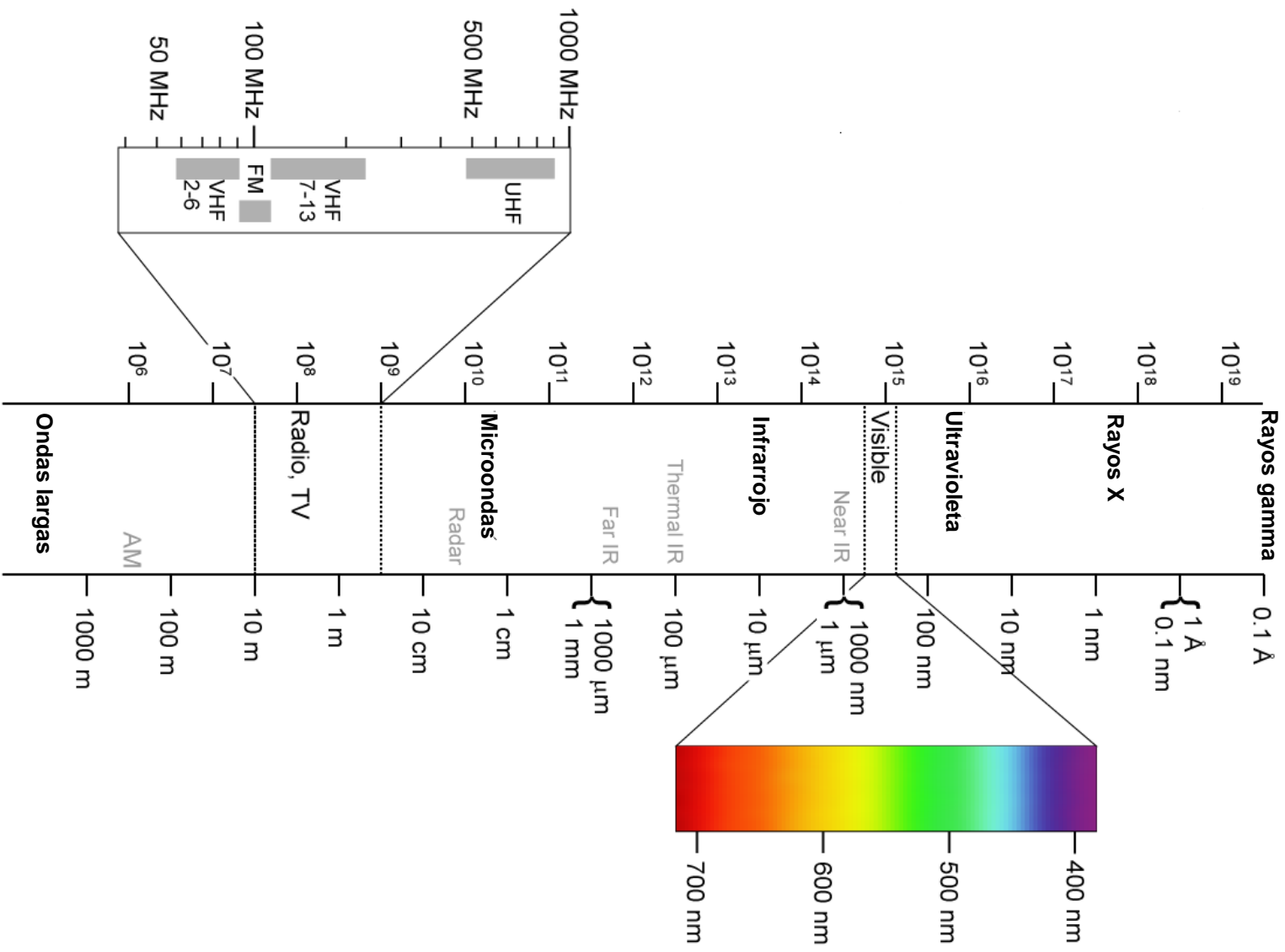
# Tipos de redes inalámbricas



**WPAN – Wireless Personal Area Network**



# Espectro Electromagnético



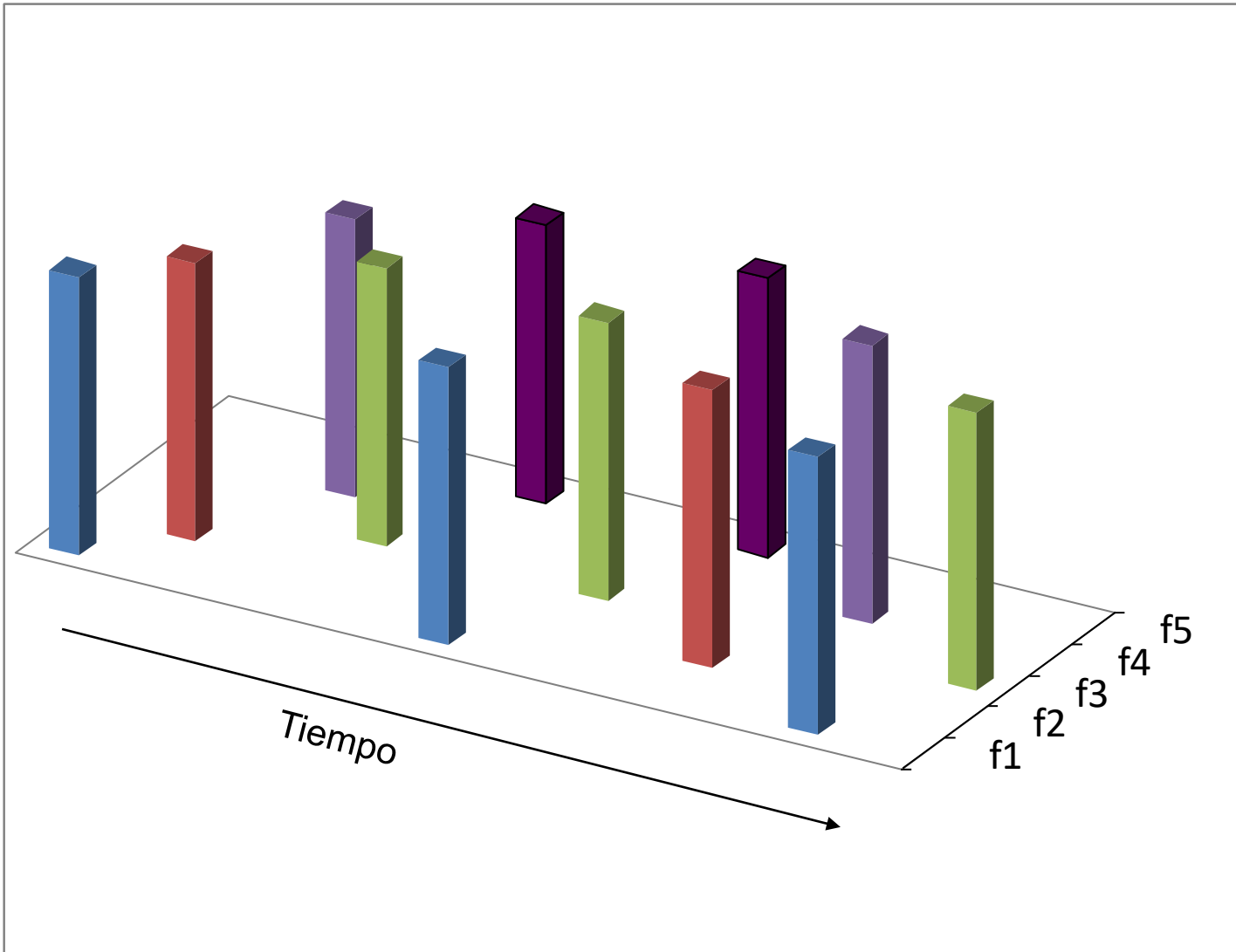
# Bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical )

Rango de Frecuencias	Frecuencia Central	Disponibilidad
6.765 - 6.795 MHz	6.780 MHz	Sujeto a aceptación local
13.553 -13.567 MHz	13.560 MHz	
26.957 - 27.283 MHz	27.120 MHz	
40.66 - 40.70 MHz	40.68 MHz	
433.05 - 434.79 MHz	433.92 MHz	Región 1 solamente
902 - 928 MHz	915 MHz	Región 2 solamente
2.400 - 2.500 GHz	2.450 GHz	
5.725 - 5.875 GHz	5.800 GHz	
24 - 24.25 GHz	24.125 GHz	
61 - 61.5 GHz	61.25 GHz	Sujeto a aceptación local
122 - 123 GHz	122.5 GHz	Sujeto a aceptación local
244 - 246 GHz	245 GHz	Sujeto a aceptación local

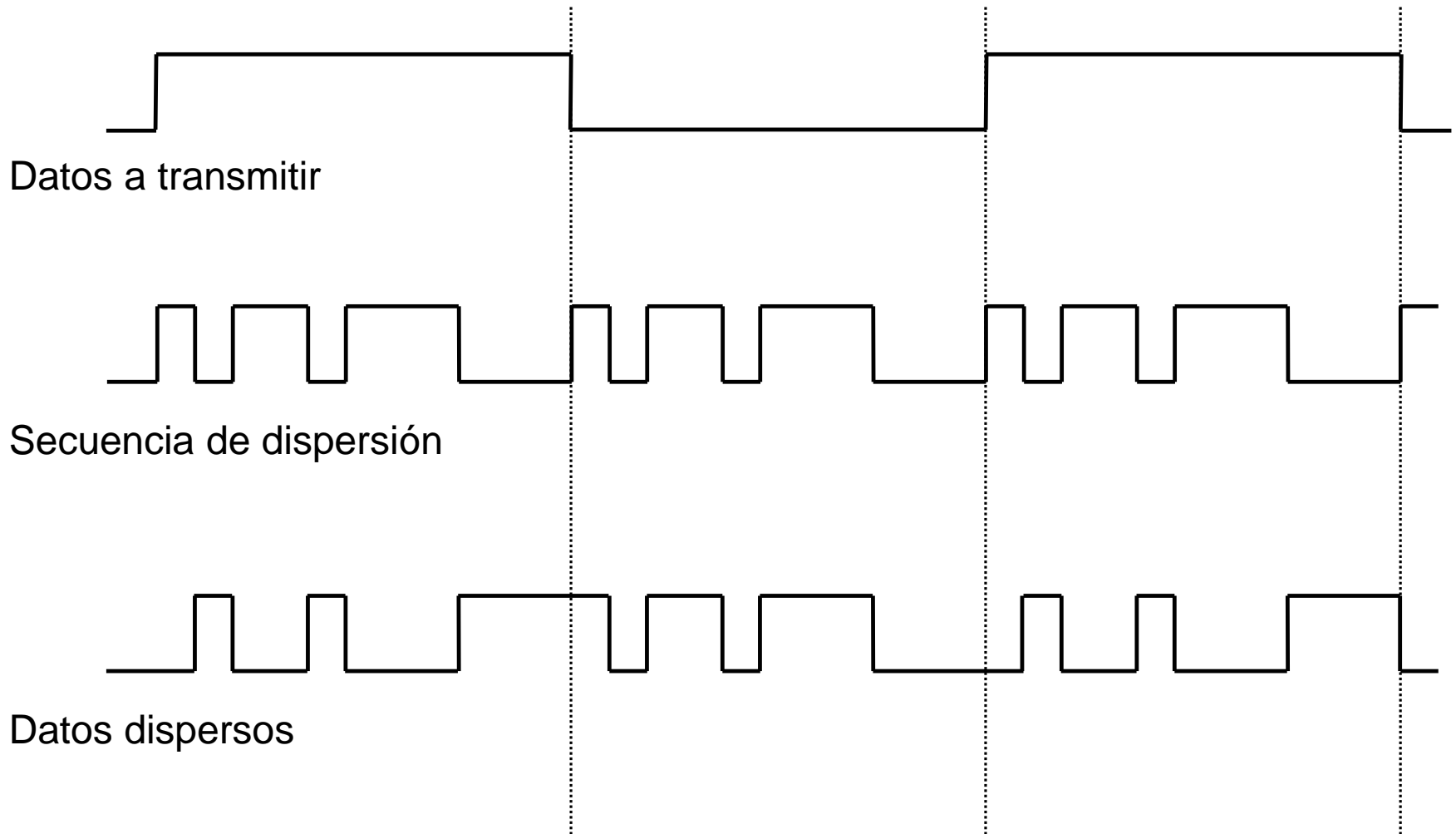
Región 1: Europa, África, Medio Oriente al oeste del Golfo Pérsico incluyendo Irak, la ex Unión Soviética y Mongolia.

Región 2: las Américas, Groenlandia y algunas de las islas del Pacífico oriental

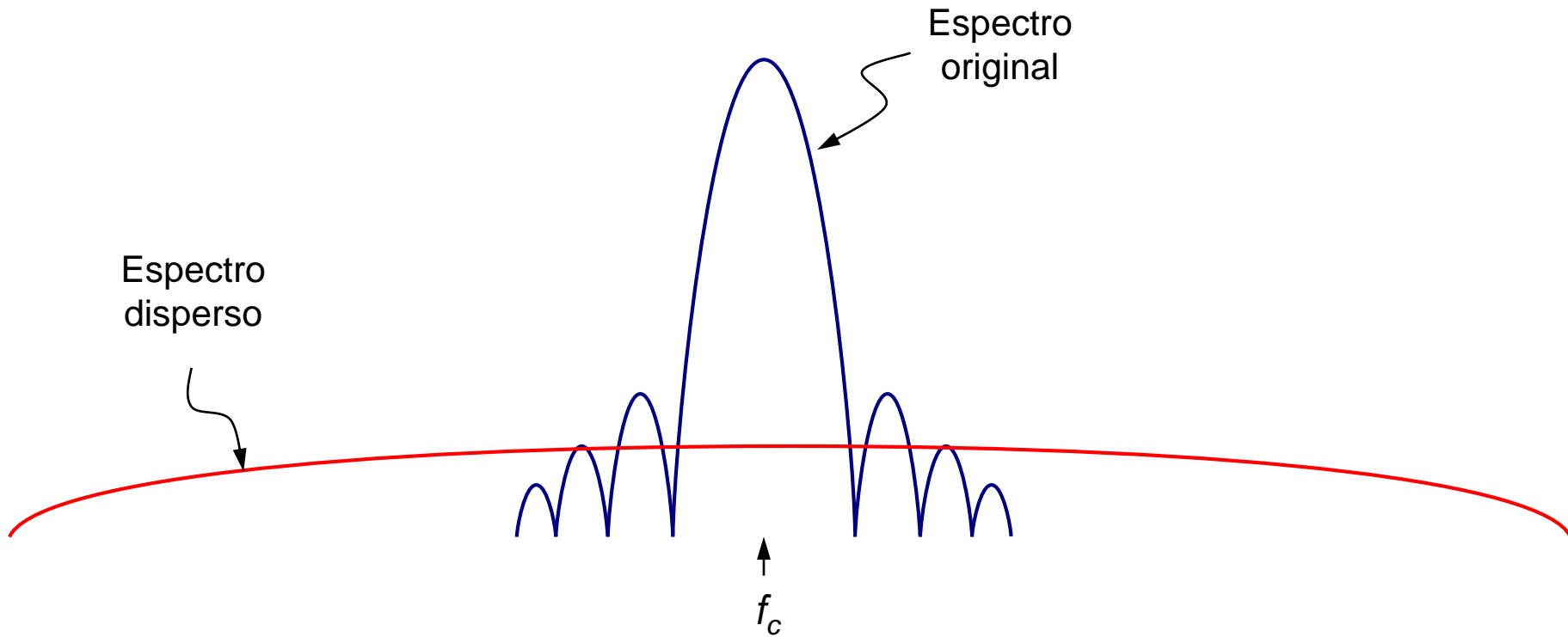
# Espectro Disperso por Salto de Frecuencia (FH – Frequency Hopping)



# Espectro Disperso por Secuencia Directa (DSSS)



# Espectro Disperso por Secuencia Directa (DSSS)



# WLANs

- IEEE 802.11: el standard original de 1 y 2 Mbps, en la banda industrial, científica y médica (ISM) de 2,4 GHz, e infrarroja (IR) (1999).
- IEEE 802.11b: mejoras a IEEE 802.11 para soportar 5.5 y 11 Mbps (1999).
- IEEE 802.11a: el standard IEEE 802.11a opera en la banda de 5 GHz y permite velocidades de transmisión de entre 6 a 54 Mbps.
- IEEE 802.11g: permite alcanzar velocidades de transmisión mayores (54 Mbps, idéntica a IEEE 802.11a) en la banda de 2.4 GHz. Como método de modulación se utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). Es compatible con 802.11b (2003).
- IEEE 802.11n: incremento de la velocidad de transmisión; velocidades mayores (108–600 Mbps) en las bandas de 2,4 y 5 GHz.

# Tecnologías LPWAN

- Utilizan las bandas sub-GHz como la de 902 - 928 MHz, dependiendo del país, con tecnología *Spread Spectrum*.
- La velocidad de transmisión es muy baja, del orden de los cientos de bit/s.
- Se transmiten mensajes cortos y a intervalos largos.
- El acceso se hace mediante uno o más estaciones receptoras o *gateways*.
- Los mensajes están cifrados
- El alcance es del orden de las decenas de kilómetros

## Ejemplos



# Controles Industriales



# El famoso regulador de Watt

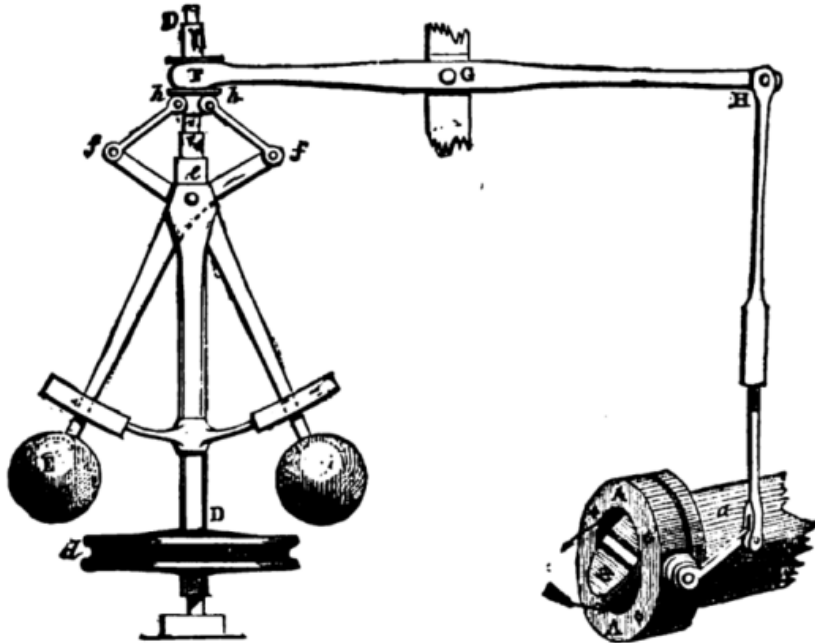
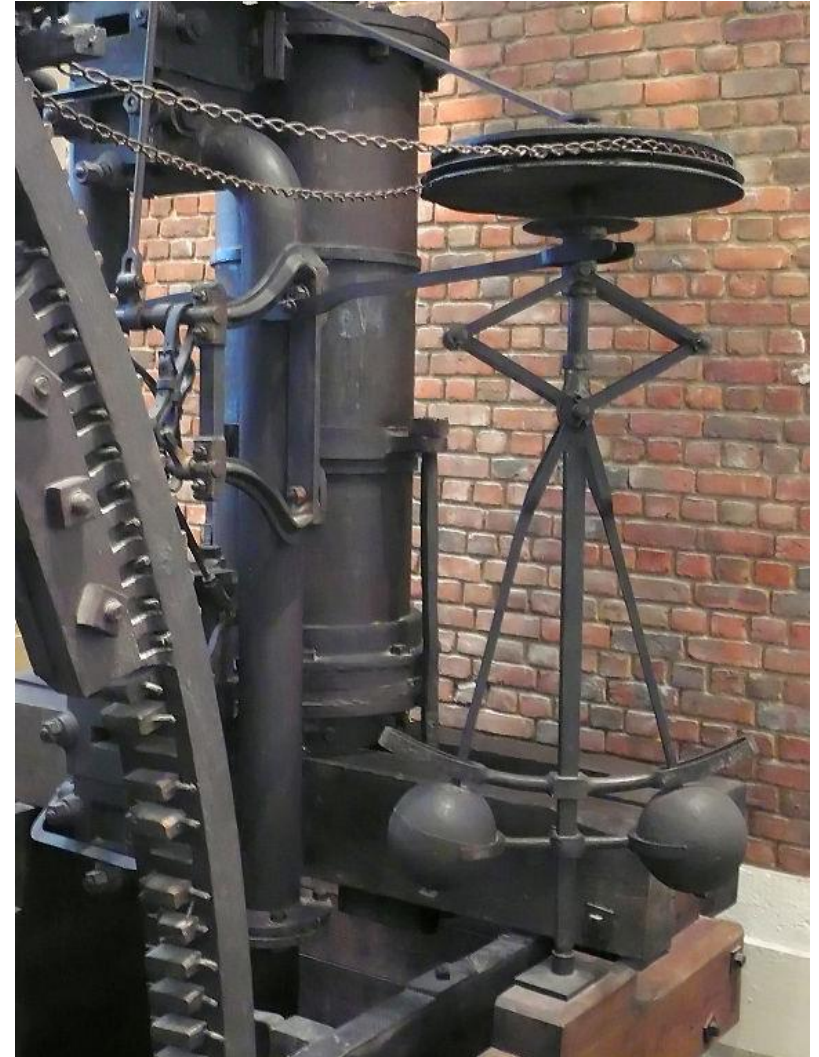
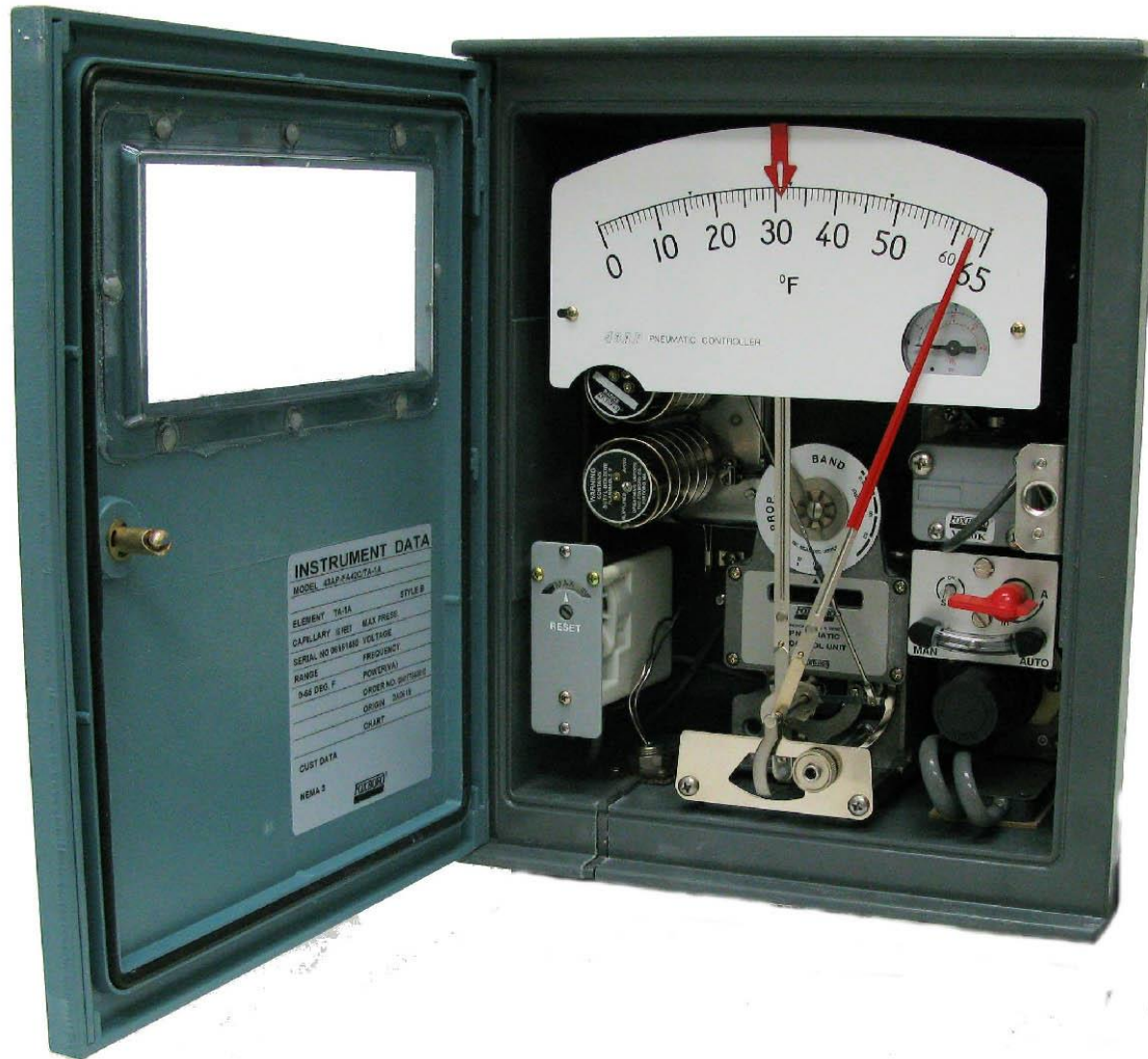


FIG. 4.—Governor and Throttle-Valve.



# Controlador neumático



# Sala de control





# Controlador electrónico analógico



# Controlador electrónico digital

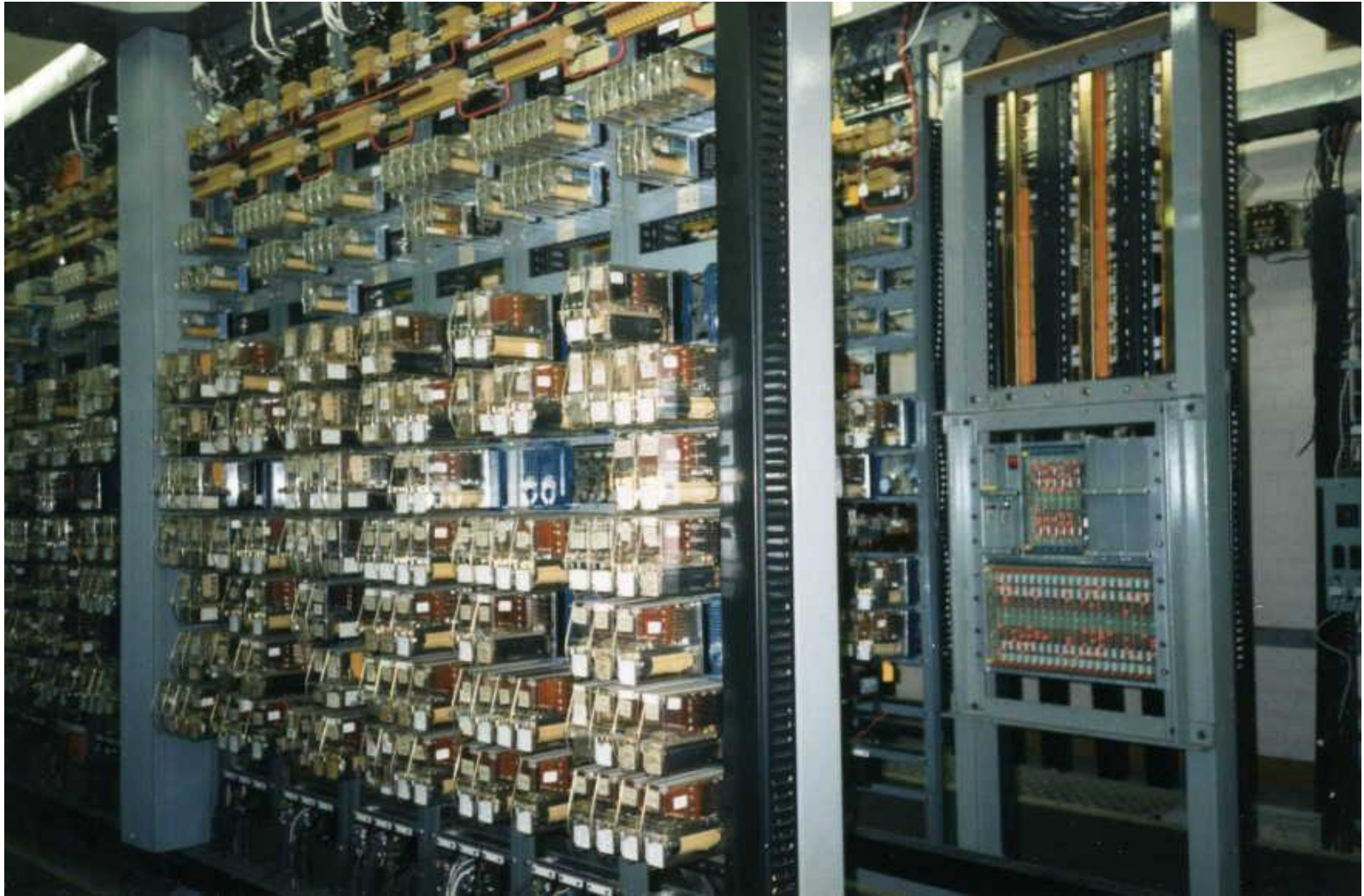


# Sala de control moderna





# Lógica de relés

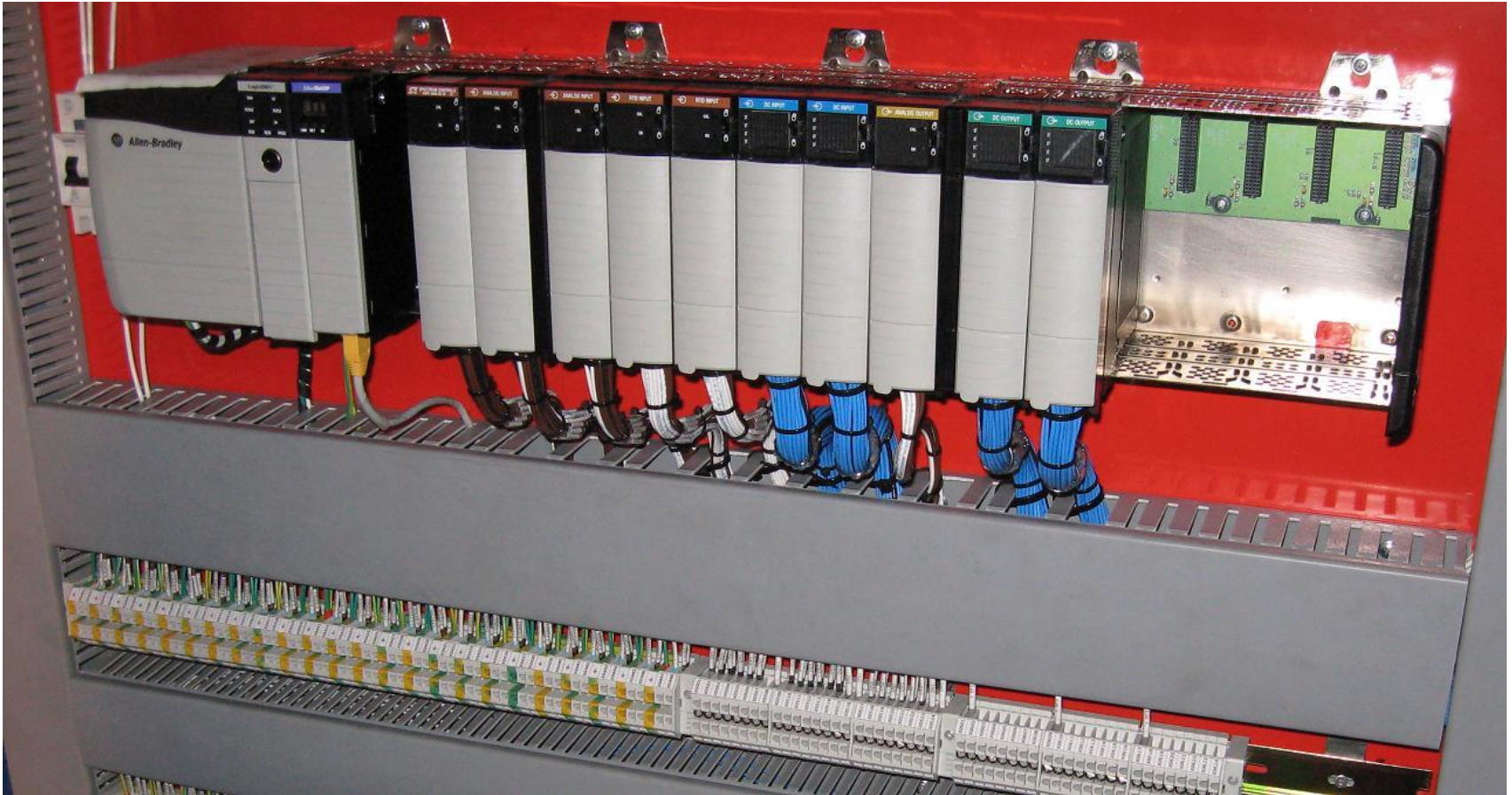


# El primer PLC





# Un PLC moderno



# Un HMI



# Sensores industriales

- Ambientes más agresivos
- Mayores distancias
- Mayores requerimientos de disponibilidad
- Normas y protocolos específicos
  - 4 – 20 mA / HART
  - Foundation Fieldbus, Profibus
  - DeviceNet, AS-I, Modbus

# Sensores industriales



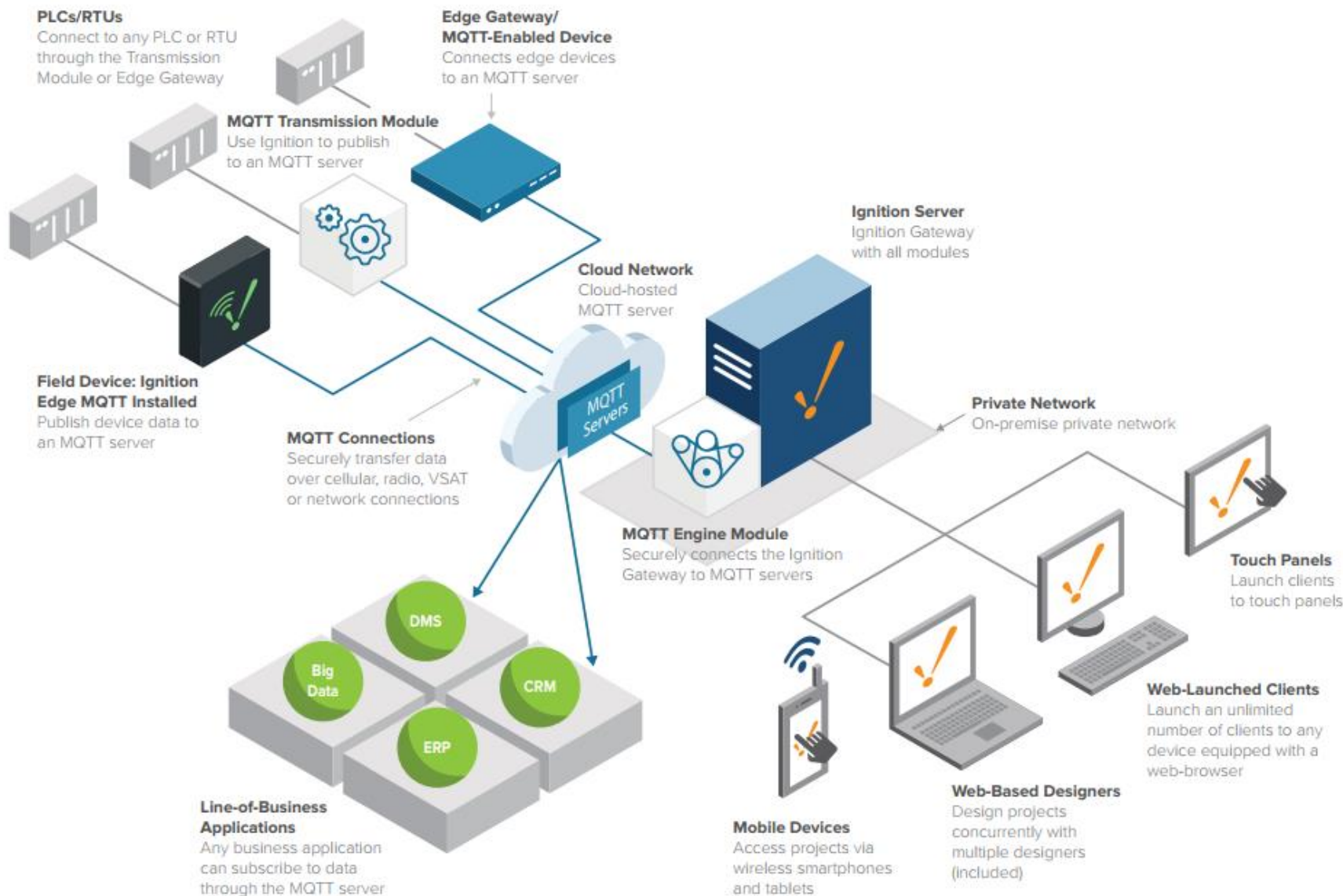
*(Yokogawa)*



# Un ambiente agresivo



# Integración con HMI/SCADA



**TO BE CONTINUED**