

# Formation: Les systèmes embarqués pour l'Internet des Objets (IoT)

# Introduction générale sur les systèmes embarqués

- Comprendre l'environnement : STM32 Discovery Kit, ST-Link, IAR IDE, Linux, Arduino IDE
- C embarqué : ce qu'il faut savoir
  - ∘ Toolchain
  - ∘ Types de données (stdint.h)
  - Placement des données (Main memory / Stack / Heap)
  - Classes d'allocations (auto, static, register, extern, const)
  - ∘ Opérations binaires (AND, OR, XOR, masques)
  - Shifts
  - Booléens
  - ∘ Break / Continue
  - Préprocesseur
  - ∘ Volatile

#### STM32 Microcontrôleur

- Architecture STM32 : Interconnexion CPU / RAM / Périphériques
- Bus Cortex-M4 (ARM AMBA AHB / APB)
- Arbre d'horloge STM32 (System clk, clock gating...)
- Périphériques GPIO (configuration input / output)

# **Applications STM32 avec IAR**

- Projet Hello World : configuration IAR, ST-Link, registres, LED toggle
- Débogage temps réel, accès aux registres
- Bibliothèque CMSIS et fichiers startup
- Application avec CMSIS

#### STM32 Lab

- Lab 1 : LED chenillard (utilisation des préprocesseurs)
- Lab 2 : Clignotement de LEDs à différentes fréquences
- Lab 3 : Menu pour contrôler les LEDs
- Lab 4 : Utilisation des boutons

#### Bibliothèque HAL

- Présentation des bibliothèques HAL de ST
- Architecture HAL



#### **CubeMX**

- Configuration de projet avec CubeMX
- Génération de code HAL avec CubeMX

## Horloge STM32

- Comprendre l'architecture des horloges (PLL, HSI, HSE, SYSCLK, AHB...)
- Lab 1 : Génération de code HAL avec fréquences différentes

## **Interruptions STM32**

- Présentation de NVIC, EXTI, SYSCFG
- Application d'interruption sur bouton (EXTI)
- Lab 2 : Priorité entre deux interruptions

#### DMA sur STM32

- Présentation du DMA : fonctionnement, délestage CPU
- Lab 3 : Transfert mémoire à mémoire avec et sans DMA
- Lab 4 : Transfert Flash vers SRAM avec DMA

#### Power Control STM32

- Modes RUN, SLEEP, STOP, STANDBY
- Système de réveil via EXTI
- Différence Event vs Interrupt

## Périphériques de communication

- Topologie réseau (SPI, I2C, UART...)
- Notions de base : Master / Slave, synchrone / asynchrone, full duplex...

#### SPI

- Caractéristiques de base
- Configuration SPI
- Communication via HAL IT, Polling, DMA (3 labs)

#### **UART**

- Différences UART / USART
- Protocole UART
- Configuration UART
- Loopback avec HAL / IT / DMA (3 labs)

#### **I2C**

- Protocole I2C
- Configuration I2C
- Communication entre deux STM32 Discovery via I2C



# Application avec l'accéléromètre LIS302DL

- Configuration SPI avec LIS302DL
- Utilisation du driver de l'accéléromètre
- Lecture des accélérations X, Y (capteur d'inclinaison)

### Introduction à l'IoT

- Diagramme fonctionnel de l'application
- Outils hardware et software utilisés

## Réseaux TCP/UDP

• Concepts de base réseau

#### Utilisation du module ESP8266

- Configuration et débogage
- Commandes AT
- Point d'accès Wifi (Wifi direct)

#### Lab 1 - UDP

- Serveur UDP : STM32 + ESP8266 (HAL UART + DMA)
- Client UDP : STM32 + ESP8266 (HAL UART + DMA)

# **Application Android Client**

Socket UDP Android vers STM32

#### Lab 2 - TCP

• Menu de commandes Android pour pilote