

## STR11 - STM32H7

*This course describe the STM32H7 architecture and practical examples*

### Objectives

- Understand STM32H7 (Cortex-M7 @ up to 480 MHz), AXI/TCM memory architecture, caches, and power domains.
- Configure clocks, Flash/Option Bytes (dual-bank, RDP/WRP/PCROP), and boot flow safely.
- Drive key peripherals (DMA/MDMA, timers, ADC, comms) with performance in mind.
- Apply low-power modes across D1/D2/D3 domains; measure impact.

### Environnement du cours

- Cours théorique
  - Support de cours au format PDF (en anglais) et une version imprimée lors des sessions en présentiel
  - Cours dispensé via le système de visioconférence Teams (si à distance)
  - Le formateur répond aux questions des stagiaires en direct pendant la formation et fournit une assistance technique et pédagogique
- Activités pratiques
  - Les activités pratiques représentent de 40% à 50% de la durée du cours
  - Elles permettent de valider ou compléter les connaissances acquises pendant le cours théorique.
  - Exemples de code, exercices et solutions
  - Pour les formations à distance:
    - ▶ Un PC Linux en ligne par stagiaire pour les activités pratiques, avec tous les logiciels nécessaires préinstallés.
    - ▶ Le formateur a accès aux PC en ligne des stagiaires pour l'assistance technique et pédagogique
    - ▶ Certains travaux pratiques peuvent être réalisés entre les sessions et sont vérifiés par le formateur lors de la session suivante.
  - Pour les formations en présentiel:
    - ▶ Un PC (Linux ou Windows) pour les activités pratiques avec, si approprié, une carte cible embarquée.
    - ▶ Un PC par binôme de stagiaires s'il y a plus de 6 stagiaires.
  - Pour les formations sur site:
    - ▶ Un manuel d'installation est fourni pour permettre de préinstaller les logiciels nécessaires.
    - ▶ Le formateur vient avec les cartes cible nécessaires (et les ramène à la fin de la formation).
- Une machine virtuelle préconfigurée téléchargeable pour refaire les activités pratiques après le cours
- Au début de chaque session (demi-journée en présentiel) une période est réservée à une interaction avec les stagiaires pour s'assurer que le cours répond à leurs attentes et l'adapter si nécessaire

### Audience visée

- Tout ingénieur ou technicien en systèmes embarqués possédant les prérequis ci-dessus.

# Plan du cours

## Day 1

### Cortex-M7 & memory map

- Programmer's model, exceptions/NVIC, FPU/DP.
- ITCM/DTCM vs AXI-SRAM: when to place code/data.
- I-Cache/D-Cache: coherency rules; DMA implications.
- MPU basics for safety.

**Exercise :** Enable caches

**Exercise :** Place a hot loop in ITCM

**Exercise :** MPU guard

### AXI & DMA family (DMA1/2, BDMA, MDMA)

- AXI matrix overview; masters/targets.
- DMA vs BDMA vs MDMA roles; scatter-gather, linked lists.
- Throughput and arbitration basics.
- Cache maintenance around DMA (invalidate/clean).

**Exercise :** ADC & DMA stream with cache-safe buffers; MDMA move/format frames

### RCC & clock tree

- HSE/HSI/PLL1..3; domain clocks (D1/D2/D3).
- Safe re-clocking; MCO for verification.
- Timer clocks vs core; prescaler pitfalls.
- Debug clock freeze effects.

### GPIO & EXTI

- Speed, drive, AF mapping; EXTI lines.
- Debounce strategies; input filtering.
- Interrupt latency tips on M7.
- Simple board bring-up checklist.

**Exercise :** Button EXTI + LED

### TIM (general-purpose/advanced)

- PWM modes, dead-time (brief), one-pulse.
- Input capture/measure; trigger chaining.
- LPTIM vs TIM for low-power.

**Exercise :** Timer example

## Day 2

### ADC

- Trigger sources; sampling time; oversampling.
- DMA to ring buffer; window stats in main.
- Internal channels (Vref, temperature).

**Exercise :** Timer-triggered ADC & DMA

## Communications

- USART
  - Modes & framing: word length, parity, oversampling; baud tolerance.
  - DMA RX/TX (idle-line, half/full callbacks); ring buffers.
  - Flow control (RTS/CTS) and latency/throughput trade-offs.
- I<sup>2</sup>C
  - Master transfers; repeated-START; timing vs bus speed.
  - Clock stretching; timeouts; “bus busy”.
  - Bus recovery for stuck SDA/SCL
- SPI
  - CPOL/CPHA, word sizes, simplex/half/full-duplex.
  - HW NSS vs GPIO CS; inter-frame delays.
  - DMA streaming; FIFO usage; dummy bytes.

## SDMMC + FatFS (optional)

- Card detect, init/clocking.
- Mount/format; file append patterns.
- Buffering/latency; wear; safe close on power loss.
- Simple log rotation.

**Exercise :** Log “timestamp, ADC” to CSV

## PWR & low-power (D1/D2/D3)

- Run/Stop/Standby; what’s retained per domain.
- Wake sources (RTC/EXTI/LPTIM) across domains.
- Regulator choices (LDO/SMPS) basics; VCORE scaling.
- Measurement setup.

**Exercise :** Sleep vs Stop current table; Standby + RTC wake; log reset cause.

## Day 3

### Boot & Option Bytes (dual-bank aware)

- Boot sources (Flash, system memory, SRAM); vector relocation.
- Key OBs: dual-bank/boot swap (BFB2), WRP/PCROP, RDP levels.
- Safe read/modify/verify with CubeProgrammer.
- Bank-swap update concept (overview).

**Exercise :** Read OBs; toggle a user OB; verify after reset

### Robustness: faults, MPU, watchdogs

- HardFault decoding; capture LR/PC/CFSR.
- MPU regioning: stack guards, no-exec, peripheral windows.
- IWDG vs WWDG; service windows and recovery.
- BOR levels; reset-cause logging at boot.

### Tracing & logging

- ITM/SWO quick setup; timestamped printf.
- Event markers around DMA/ISR.
- Buffering vs blocking; minimal asserts.
- Measuring UART vs ITM overhead.

**Exercise :** ITM printf + markers; compare overhead to UART

## External memory (option): FMC/OCTOSPI

- FMC vs OCTOSPI use-cases; mapping to AXI.
- Command, dummy cycles, and memory-mapped mode.
- Cache/line-fill effects on XIP; prefetch tips.
- Basic integrity/perf test templates.