

STR13 - STM32U5

This course describe the STM32U5 architecture

Objectives

- Understand STM32U5 architecture (Cortex-M33, clocks, resets, memory, peripherals).
- Configure low-power features and measure real consumption.
- Implement drivers (GPIO, timers, UART/I²C/SPI, ADC, DMA) with interrupts.
- Set up secure boot basics and TrustZone-M partitioning (overview + hands-on).
- Build and debug a small, robust application integrating peripherals, low power, and (optionally) RTOS.

Prerequisites

- Familiarity with C concepts and programming targeting the embedded world
- Prior MCU experience (any STM32 helpful).
- Related:
 - cours [RT3 - Programmation temps réel avec FreeRTOS](#)
 - cours [RT5 - Programmation avec Zephyr RTOS](#)
 - cours [L2 - C language for Embedded MCUs](#)
 - cours [STR9 - STM32 Peripherals](#)

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

ARM Cortex-M33 overview

- Programmer's model, stacks, privilege levels.
- Exceptions & NVIC, SysTick, fault handling (practical tips).
- Memory protection overview (MPU), TrustZone-M concept (intro).

STM32U5 architecture overview

- Block diagram, buses, resets.
- Memory map (Flash, SRAM), caches/buffers (device-specific), option bytes.
- RCC: clock sources, PLL, prescalers; safe re-clocking patterns.

GPIO & EXTI

- Power pins
- Pinout
 - Pin Muxing, alternate functions
- GPIO Module
 - Configuring a GPIO
 - Analog function
 - Integrated pull-up / pull-down
 - I/O pin multiplexer and mapping
 - TrustZone security

Exercise : Configure EXTI for a button (rising/falling), ISR and debouncing.

Day 2

DMA / LPDMA & DMAMUX

- Roles of DMA vs CPU, request lines, bursts, circular/normal modes
- LPDMA specifics for ultra-low-power transfers.
- DMAMUX request mapping and overrun handling.

Exercise : DMA-GPIO heartbeat

Exercise : LPDMA ADC stream

Exercise : DMAMUX remap test

General-purpose Timers (PWM, Input Capture)

- Prescalers, ARR, CCR; PWM modes and dead-time basics.
- Input capture for frequency/period; filtering/glitch removal.
- One-pulse mode and master/slave timer chaining.

Exercise : Generate PWM on a timer channel; sweep duty cycle with a button.

Exercise : Frequency meter using input capture; print measured Hz.

Low-power Timers (LPTIM) & RTC

- LPTIM vs GPTIM, LSE/LSI sources and accuracy.
- RTC calendar/alarms, sub-second, backup domain care.
- Wakeup sources and Stop/Standby interplay.
- Timestamping and drift considerations.

Exercise : LPTIM periodic wake from Stop

Exercise : RTC alarm wake + backup register persistence check

Communications (UART, I²C, SPI)

- USART
 - Modes & framing
 - DMA & flow control
 - Errors & diagnostics
- I²C
 - Master transfers
 - Bus management & recovery
 - Robustness
- SPI
 - Modes & timing
 - DMA & chip-select
 - Integrity & performance

Exercise : UART DMA

Exercise : Periodic sensor

Exercise : SPI demo

ADC

- Triggers & sampling times; oversampling
- DMA to ring buffer; window statistics
- Internal channels (V_{ref}, temperature)
- Noise sources & layout tips

Exercise : Timer-triggered ADC + DMA

Storage (optional) - SDMMC + FatFS

- Card detect & init; mount/format
- File append patterns; buffering
- Latency & wear considerations
- Safe close on power loss

Exercise : Log “timestamp, ADC” to CSV

PWR & Low-power modes

- Low-power modes overview
- Wake sources; retention/autonomous peripherals
- VOS scaling; SMPS/LDO notes
- BOR/PVD/PVM supervision

Exercise : Sleep vs Stop current table

Exercise : Practical low-power measurements

Day 3

Boot modes & FLASH Option Bytes

- Boot sources & vector relocation
- Key OBs incl. NS/S boot address
- RDP overview & implications
- Read/verify OBs safely

TrustZone & GTZC

- SAU/IDAU concepts; NS/S partitioning
- GTZC: TZSC/TZIC/MPCBB roles
- Peripheral/memory isolation basics
- Enabling/disabling TZ

Exercise : S + NS projects

Exercise : secure veneer call

Exercise : demo NS access fault → wrapper

MPU & Privilege

- Region types & no-exec guards
- Privileged vs unprivileged access
- Fault status registers & context capture
- Fail-safe patterns

Exercise : MPU fault and logs

Crypto & Secure storage

- SAES engine (features overview)
- OTFDEC for external/XIP content
- Unique ID & key management basics
- Watermarks/HDP (high-level)

Exercise : Secure RNG service from S to NS

Access-controlled debug & Life-cycle

- Debug vs RDP levels
- Product life-cycle states (brief)
- Provisioning principles (keys/placeholders)
- Rollback/unlock procedures

Exercise : Provisioning dry-run and restore board to training state

Updates (IAP / dual-image)

- Bootloader/app split; CRC/hash check
- “Update pending” flags & rollback
- Trigger paths (command/flag/comms)
- Jump sequence & vector table remap

Robustness & resets

- IWDG vs WWDG; service windows
- BOR levels; startup implications
- Reset flags: POR/WDG/SW/Standby
- Minimal reset log at boot

Exercise : Inject hang → IWDG reset; print last reset cause on boot

Tracing & logging

- ITM/SWO quick setup
- Event markers around ISRs/DMA
- Timestamped printf (lightweight)
- Buffering vs blocking

Exercise : ITM printf: visualize DMA callback markers