

RT5 - Programmation avec Zephyr RTOS

De la théorie à la pratique

Objectifs

- Apprendre à développer, configurer, déboguer et tracer des applications Zephyr
- Découvrir le concept de multitâche temps réel
- Comprendre les contraintes temps réel, comme le déterminisme, la préemption ou les interruptions
- Comprendre les services du kernel Zephyr
- Apprendre les mécanismes de communication et de synchronisation
- Comprendre la gestion de la mémoire et les structures de données de Zephyr
- Comprendre le mode utilisateur et le mode kernel
- Écrire un device tree
- Écrire un pilote complet

Environnement du cours

- Cours théorique
 - Support de cours imprimé et au format PDF (en anglais).
 - 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
 - Un PC (Linux ou Windows) par binôme de stagiaires (si plus de 6 stagiaires) pour les activités pratiques avec, si approprié, une carte cible embarquée.
 - Le formateur accède aux PC des stagiaires pour l'assistance technique et pédagogique.
- Une machine virtuelle préconfigurée téléchargeable pour refaire les activités pratiques après le cours
- Au début de chaque demi-journée 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

Pré-requis

- Bonne maîtrise du langage C (voir notre cours [cours oL2 - Langage C pour les MCUs embarqués](#))

Déroulé pédagogique

- Durée totale : 5 jours
- De 40% à 50% du temps de formation est consacré aux activités pratiques qui servent à valider la bonne compréhension des concepts enseignés.

Audience visée

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

Modalités d'évaluation

- Les prérequis indiqués ci-dessus sont évalués avant la formation par l'encadrement technique du stagiaire dans son entreprise, ou par le stagiaire lui-même dans le cas exceptionnel d'un stagiaire individuel.

- Les progrès des stagiaires sont évalués de deux façons différentes, suivant le cours:
 - Pour les cours se prêtant à des exercices pratiques, les résultats des exercices sont vérifiés par le formateur, qui aide si nécessaire les stagiaires à les réaliser en apportant des précisions supplémentaires.
 - Des quizz sont proposés en fin des sections ne comportant pas d'exercices pratiques pour vérifier que les stagiaires ont assimilé les points présentés
- En fin de formation, chaque stagiaire reçoit une attestation et un certificat attestant qu'il a suivi le cours avec succès.
 - En cas de problème dû à un manque de prérequis de la part du stagiaire, constaté lors de la formation, une formation différente ou complémentaire lui est proposée, en général pour conforter ses prérequis, en accord avec son responsable en entreprise le cas échéant.

Plan

First Day

Introduction to Zephyr

- Zephyr Project
- Zephyr Ecosystem
- Why use Zephyr
- Install and use Zephyr
- Build and Configuration Systems
 - West
 - CMake
 - Zephyr SDK
- Application components and structure
- West manifest

Configure Zephyr

- Overview
- Kconfig
 - Default configuration
 - Interactive configuration tools
 - Config fragments
- Devicetree
 - Syntax
 - Standard properties
 - Initial devicetree source
 - Access devicetree from source code
 - Best practices

Exercise : Write a device tree overlay

Zephyr Without Threads

- Operation without Threads
- GPIO subsystem
- Utilities
 - Container_of
 - For_each
- Data Structures
 - Single-linked List
 - Double-linked List
 - Ring Buffers

Exercise : Hello World from Zephyr, configure and blink LEDs using Zephyr

Exercise : Manage Zephyr linked list and understand container_of macro

Second jour

Thread Management

- Thread Fundamentals
 - Thread Control Block
 - Creating Threads
 - Threads Priorities
 - Changing Thread Priority
 - Thread States
- Main and Idle Threads
- Delays
- Suspending Threads
- Kernel Structures
 - Simple linked-list ready queue
 - Red/black tree ready queue
 - Traditional multi-queue ready queue
- Thread Custom Data

Exercise : Create and manage threads

Exercise : Create periodic threads

Tracing and logging

- Runtime Statistics
- Scheduling Traces
 - User-Defined Tracing
 - Percepio Tracealyzer

Exercise : Create config fragment for visual trace diagnostics using Tracealyzer

Memory Management in Zephyr

- Memory Managers
- Dynamic memory managers
 - K_heap
 - System heap
 - Memory Slabs
 - Memory Blocks
- Heap Listeners
- Thread Resource Pools
- RAM/ROM reports
- Stack information
 - Stack Overflow detection
 - Stack analysis

Exercise : Understand dynamic memory allocation in Zephyr

Exercise : Display threads information and detect stack overflow

Troisième jour

User Mode

- Overview
- Memory Domains
 - Partitions
 - Logical apps
- Syscalls
 - Kernel objects
 - Permissions

Resource Management and Synchronization

- Mutual Exclusion
- Mutexes
- Gatekeeper threads
- Critical Sections
- Atomic
- SpinLocks
- Semaphores
- Events
- Polling

Exercise : The producer-consumer problem, synchronize and avoid concurrent access problems

Exercise : Understanding event bit group by synchronizing several threads

Data Passing

- Message Queues
- Queues
 - FIFOs
 - LIFOs
- Mailboxes
- Pipes
- Stacks
- Zephyr Bus (Zbus)
 - Zbus overview
 - Elements
 - Usage

Exercise : Create a print gatekeeper thread using message queue

Exercise : Synchronous communication using mailboxes

Quatrième jour

Interrupt Management

- Threads and Interrupts
- Interrupts in zephyr
- Interrupts on ARM Cortex-M
- Handler thread
- Queue within an ISR
- Workqueue Threads

Exercise : Understand how to wait on multiple events and interrupt safe APIs

Exercise : Understand how to pass data using Queues from an interrupt to a thread

Exercise : Create and submit work items from interrupts to custom WorkQueue

Software Timers

- Timers
 - Defining a Timer
 - Using a Timer Expiry Function
- Timer types
 - One-shot timers
 - Auto-reload timers
- Timer Commands

Exercise : Understand the use of one-shot and auto-reload timers

Modules

- Why to use modules?

- Module structure
- Out-of-tree module
- YAML files
- Module CMakeLists.txt

Exercise : Create a simple hello world module

Kconfig

- Advantages
- Kconfig Options in Zephyr RTOS
- Configuration System
- Writing custom Kconfig Options
- Kconfig extension
- Using Kconfigs

Exercise : Create a module that uses custom Kconfig options

Cinquième jour

Zephyr device driver model

- Introduction to Device Drivers
- Overview of the Zephyr device driver model
- Standard Drivers
- The struct device
- Subsystems
- API Extensions
- Initialization Levels
- Dependencies between device drivers
- Define devices programmatically

Exercise : Create a driver that respects the Zephyr Device Driver Model and define devices

Device Trees in Zephyr

- Overview of Device Tree (DT) and its role in Zephyr
- Device Tree VS Kconfig
- Device Tree node structure
- Device Tree bindings
- Overlay and yaml files
- APIs to access device tree properties
- Write device drivers using device tree APIs
- Device Tree in Zephyr VS Linux
- Adding In-Tree Code to Zephyr Source Code
- Common properties
 - compatible
 - reg
 - interrupts

Exercise : Create a driver that uses custom device tree and Kconfig

Exercise : Writing in-tree drivers

Power Management

- Overview
- System Power Management
- Device Power Management
 - System-Managed
 - Runtime
- Power domains

Exercise : Write a driver compatible with power management subsystem

Renseignements pratiques

Renseignements : 5 jours