RT6 - Programmation temps réel avec Eclipse ThreadX

Programmation temps réel appliquée à ThreadX (anciennement Azure RTOS)

Objectifs

- Obtenir une vue d'ensemble de l'architecture Cortex-M
- Découvrir les concepts du multithreading temps réel
  - Comprendre les contraintes temps réel
  - Déterminisme
  - Préemption
  - Interruptions
- Comprendre l'architecture d'Azure RTOS
- Découvrir les différents services et APIs d'Azure RTOS
- Apprendre à développer des applications Azure RTOS
- Apprendre à déboguer des applications Azure RTOS

Environnement du cours

- Code d'exemple, travaux pratiques et solutions
- Carte STM32L5 sous STM32CubeIDE

Prérequis

- Bonne connaissance du langage C et de la programmation embarquée
- Connaissances de base sur les processeurs embarqués

Audience visée

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

Plan du cours

Premier jour

Vue d'ensemble du Cortex-M

- Architecture ARMv7-M
- Architecture Cortex-M
- Registres et états d'exécution
- Privilèges, modes et piles
- Comportement au reset
- Exceptions et interruptions
- Le System Timer
- Modèle mémoire
- Gestion de la consommation
- Fonctions avancées du Cortex-M
  - MPU ARM v7/v8
  - Extension de sécurité TrustZone

Concepts du temps réel

- Concepts de base du temps réel
- Les contraintes temps réel
- Multitâche et temps réel
- Tâches et descripteurs de tâche
  - Contenu du descripteur de tâche
  - Liste des descripteurs de tâche
- Commutation de contexte
- Ordonnancement et préemption des tâches
  - Ordonnancement par tick ou tickless
- Systèmes d'ordonnancement et preuve d'ordonnançabilité
  - Ordonnancement à priorités fixes
  - Ordonnancement RMA et EDF
- Ordonnancement
  - Ordonnancement préemptif déterministe
  - Stratégies d'ordonnancement
  - Ordonnancement coopératif
  - Ordonnancement hybride

Introduction à Azure RTOS

- Azure ThreadX
- Écosystème Azure RTOS
- Fonctionnalités d'Azure RTOS
- Installation et utilisation d'Azure RTOS

Deuxième jour

Gestion des threads

- Thread Control Block
- États d'un thread
- Création de thread
- Destruction de thread
- Preemption-Threshold
- Changement de priorité d'un thread
  - Suspension des threads
  - Reprise de l'exécution d'un thread
  - Mise en sommeil d'un thread
- Terminaison de l'exécution d'un thread
- Time-Slice
- États des threads et conception des threads
- Statistiques sur les threads
- Diagnostic visuel par trace avec Tracealyzer

Gestion de la mémoire dans Azure RTOS

- Gestionnaires de mémoire d'Azure RTOS
  - Memory Byte Pool
  - Memory Block Pool
- Gestion des situations de mémoire épuisée
- Détection des débordements de pile

Gestion des ressources

- Exclusion mutuelle
- Sections critiques
- Mutexes
  - Mutexes récursifs
- Threads gatekeeper
- Structures de données sans verrou

Troisième jour

Primitives de synchronisation

- Files de messages
- Synchronisation
- Sémaphores
  - Sémaphores binaires et à compteur
- Événements et groupes d'événements
- Le problème des lecteurs/rédacteurs

Gestion des interruptions

- Threads et interruptions
  - Synchronisation entre threads et interruptions
- Interruptions sur ARM Cortex-M
- Thread de traitement
- Primitives Azure RTOS utilisables dans une ISR
  - Files de messages dans une ISR
- Support de la basse consommation

Timers applicatifs

- Timers applicatifs
- Thread du timer système
- Timers one-shot
- Timers à rechargement automatique
- Commandes des timers applicatifs

Annexes

Structures de données

- FIFO
- Liste chaînée

Gestion de la mémoire et temps réel

- Gestion de la mémoire
- Erreurs mémoire

Cmsis RTOS

- Présentation
- Informations sur le noyau et contrôle
- Gestion des threads
- Fonctions d'attente génériques
- Communication et partage de ressources
  - Sémaphores
  - Mutex

    - File de messages
    - Signal Events
    - Event Flags
    - Memory Pool
    - Mail Queue
- Gestion des timers
- Routines de service d'interruption