

Description du module, disponible en: FR

## Informatique embarquée avancée

### Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM\_AdvEmbSof

Valable pour l'année académique

2023-24

Dernière modification

2022-10-18

Coordinateur/coordinatrice du module

Serge Ayer (HES-SO, serge.ayer@hefr.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		X F 100%					
Documentation		X F 0%	X E 100%				
Examen		X F 100%					

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

### Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

- Connaissance du langage de programmation C et d'un langage orienté objet.
- Bonne connaissance de l'architecture des ordinateurs et des microprocesseurs.
- Compréhension des concepts de base des systèmes d'exploitation (ordonnancement, processus/thread).
- Connaissances de base en programmation concurrente

## Brève description du contenu et des objectifs

Un système embarqué est un système informatique spécialisé avec du matériel embarqué. Il existe une grande variété de systèmes embarqués, mais en général, ces systèmes sont des systèmes capables de détecter les entrées physiques de leur environnement, d'effectuer certains calculs et de communiquer les résultats. Habituellement, les systèmes embarqués sont conçus pour exécuter des tâches répétitives, périodiquement ou spontanément, pour un faible coût, une faible consommation et des performances optimales.

Dans ce module, nous étudions comment les systèmes embarqués basés sur des microcontrôleurs peuvent être développés, en mettant l'accent sur les points suivants :

- Fournir une approche logicielle flexible avec un système multi-tâches permettant une exploitation efficace des capacités matérielles du système.
- Fournir une extensibilité du système.
- Faciliter la détection des erreurs et les capacités de débogage et de tests.
- Fournir une portabilité avec l'utilisation d'un système d'exploitation embarqué et permettre au programmeur d'abstraire les détails matériels de chaque plate-forme.

## Objectifs, contenus, méthodes

### Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Les étudiant-e-s apprendront les caractéristiques les plus importantes d'un système d'exploitation temps réel (RTOS) moderne en mettant en œuvre leur propre scénario sur une plateforme de développement IoT offrant un large éventail de capacités de détection, de traitement et de communication. En partant d'une implémentation basique de type super boucle, les étudiants découvriront rapidement les limites de cette réalisation. Ces limites seront étudiées et des solutions améliorées utilisant l'ordonnancement, le threading et la synchronisation seront mises en place par les étudiants pour le développement d'un logiciel robuste, portable et facilement maintenable. En outre, les étudiant-e-s devront également

- Mettre en œuvre des méthodes d'analyse de l'utilisation du CPU et de la mémoire du système.
- Développer des méthodes pour les tests automatisés, y compris des tests unitaires et des tests d'intégration, dans une perspective CI/CD pour les systèmes embarqués.

A la fin du module, les étudiant-e-s seront capables de :

- Développer une application multi-tâches sur un système embarqué basé sur un microcontrôleur, en utilisant un RTOS.
- Utiliser les capacités de débogage et construire l'environnement de test pour une application embarquée.
- Comprendre l'organisation et l'utilisation de la mémoire de leur application.
- Développer un cadre pour la mise à jour des applications embarquées, y compris une application de bootloader.

### Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

#### Introduction aux systèmes et logiciels embarqués

- Applications des systèmes embarqués
- Attributs des systèmes embarqués
- Options pour la construction de systèmes embarqués
- Systèmes embarqués basés sur des microcontrôleurs
- Internet des objets (IoT) et systèmes embarqués
- Systèmes embarqués et systèmes d'exploitation (OS)
- Introduction au système d'exploitation Mbed OS

#### Ordonnancement pour les systèmes embarqués

- Modèles de programmation des systèmes embarqués
- Aperçu des algorithmes d'ordonnancement
- Ordonnancement cyclique statique
- Ordonnancement piloté par les événements et interruptions
- Ordonnancement dynamique RTC
- Ordonnancement dynamique préemptif
- Comparaison des algorithmes d'ordonnancement

#### Tâches et concurrence

- Conception de logiciels embarqués en tâches multiples
- Multitâches et système d'exploitation embarqué (Mbed OS)
- Tâches et système d'exploitation en temps réel
- Ordonnancement des tâches et threads avec Mbed OS
- Mécanismes de synchronisation (événements, mutex, sémaphore, file d'attente, Mail)
- Inversion de priorité et protocoles d'accès aux ressources

#### Mémoire des systèmes embarqués

- Principes de gestion de la mémoire
- Structure de l'image du programme Cortex-M
- Modèle de mémoire du système d'exploitation Mbed OS
- Code, données et mémoire
- Unité de protection de la mémoire des processeurs Cortex-M

#### Bootloader

- Déploiement des mises à jour dans les systèmes embarqués
- Principes du bootloader
- Exigences pour le développement d'une application bootloader
- Modèle de mémoire pour un bootloader

#### Tests

- Niveaux de test
- Test unitaire sur Mbed OS
- Tests d'intégration sur Mbed OS
- CI/CD pour les systèmes embarqués

#### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Ce module utilise des notes de cours et des exercices pratiques qui sont donnés sous la forme de codelabs. Les étudiant-e-s doivent développer leur propre logiciel sur la base d'une spécification, avec l'aide des notes de cours et du matériel des codelabs, et ils doivent rendre le logiciel développé dans le cadre d'un projet en deux phases.

#### Bibliographie

Les références sont données dans les notes de cours et dans codelabs

## Evaluation

#### Conditions d'admission

Le module n'utilise pas de conditions d'admission.

#### Principe pour les examens

**En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.**

#### Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

##### Type de l'examen

Examen écrit

##### Durée de l'examen

120 minutes

##### Aides autorisées

*Les aides suivantes sont autorisées:*

**Aides électroniques autorisées**

Pas d'aide numérique

**Autres aides autorisées**

Deux pages A4 recto-verso de notes personnelles

#### **Cas spécial: examen de répétition oral**

**Type de l'examen**

Examen oral

**Durée de l'examen**

30 minutes

**Aides autorisées**

*Les aides suivantes sont autorisées:*

**Aides électroniques autorisées**

Aucune aide électronique autorisée

**Autres aides**

Deux pages A4 recto-verso de notes personnelles