

## Introduction aux systèmes embarqués

Lundi, de 17h30 à 20h30 SH-3360 (cours)

Lundi, de 13h30 à 16h30 PK-4765

(laboratoires)

### Responsable(s) du cours

---

**Nom du coordonnateur :** BOUKADOUM, A. Mounir**Nom de l'enseignant :** BOUKADOUM, A. Mounir**Local :** PK-4540**Téléphone :** (514) 987-3000 #4565**Courriel :** boukadoum.mounir@uqam.ca**Site Web :** www.labunix.uqam.ca/~boukadoum\_m

### Description du cours

---

Ce cours vise à familiariser les étudiants avec les grandes familles de solutions utilisées en systèmes embarqués. Il permettra aussi aux étudiants de connaître le langage et la terminologie propres au domaine des systèmes embarqués. Il comprend : Introduction aux systèmes embarqués; aspects matériels et logiciels; systèmes d'exploitation pour systèmes embarqués; processeurs à usage spécifique et processeurs à usage général; mémoires; périphériques et interfaces; mécanismes de communication et protocoles associés; détection et gestion des défaillances; sécurité des systèmes embarqués; systèmes de commande et régulation; environnements de conception; cycle de vie et étapes du développement d'un système embarqué; exemples de conception. Préalables académiques :

Cours de 3 heures et un laboratoire de 3 heures/semaine.

### Objectifs du cours

---

Introduire l'étudiant aux systèmes embarqués et à leur applications dans les systèmes de mesure et de commande en temps-réel. L'emphase est mise sur le design de systèmes à microcontrôleurs et sur les aspects pratiques de leur réalisation. Le cours s'adresse aux étudiants ayant déjà une connaissance préalable des circuits analogiques et numériques, et des microprocesseurs; il vise principalement à initier l'étudiant à la conception et réalisation d'un système d'instrumentation au complet. Le cours magistral analyse les différents aspects et est complété par des expériences de laboratoire pour la pratique. L'enseignement vise l'apprentissage des différentes étapes de conception et de réalisation matérielles et logicielles, et la discussion avec les étudiants est favorisée.

### Contenu du cours

---

#### 1. Introduction

Définition d'un système embarqué; survol des différents types de systèmes embarqués; défis du design et métriques de conception; technologies de mise en oeuvre et outils de conception.

#### 2. Microcontrôleurs

Différences entre microcontrôleur, microprocesseur, DSP et FPGA; différentes familles de microcontrôleurs : architectures,

description des membres, jeu d'instructions, émulation ; exemples de programmation; survol d'une famille typique.

### 3. Modules et périphériques d'entrée-sortie standard

Chronomètres, temporisateurs et chiens de garde; interfaces de communication sérielle : UART, I2C, SPI, USB, PWM; interfaces de communication parallèle; afficheurs à segments et LCD; entrée-sorties analogiques.

### 4. Formats de représentation et convertisseurs

Convertisseurs analogiques-numériques et numériques-analogiques; précision, sources d'erreurs et impacts; critères de sélection; chaînes de mesure; circuit d'interfaces.

### 5. Capteurs

Différents types, capteurs résistifs, réactifs et intégrés; caractéristiques; circuits de traitement associés

### 6. Prétraitement des signaux de capteurs

Préamplificateurs de gain et de transimpédance; compensation de linéarité et de câbles de raccordement, filtrage du bruit.

### 7. Réseaux de capteurs

Modules de capteurs à microcontrôleurs, réseaux de capteurs; standards et circuits de communication sans fil.

### 8. Acteurs

Moteurs, dispositifs électromécaniques et thermiques; circuit d'isolation avec le microcontrôleur; commutateurs de puissance à relais mécaniques et semi-conducteurs.

### 9. Circuits d'alimentation

Convertisseurs continu à continu; rectificateurs alternatif à continu; inverseurs de polarité; régulateurs linéaires et à commutation d'onde; différents types et design.

### 10. Commande en temps réel

Mécanismes d'asservissement; différents types de commande : commande "oui/non", commande PID, commande en cascade, commande par anticipation; commande à logique floue; codage des algorithmes en virgule fixe : problèmes de débordement et approches de solution.

### 11. Systèmes exécutifs en temps réel

raison d'être ; tâches, priorités et états ; types d'ordonnancement ; composantes d'un système exécutif en temps réel ; exemples d'utilisation

### 12. Design d'un système embarqué à microcontrôleur

Choix du processeur : taille, vitesse d'horloge, périphériques internes; choix des interfaces; périphériques externes et circuits associés; conception du circuit imprimé : outils (dessin, capture schématique, etc.) ; procédé de fabrication; programmation en C romable vs. Assembleur; stratégies de calcul; systèmes d'exploitation en temps réel; cycle de développement logiciel ; assemblage et test du prototype.

---

## Formules pédagogiques

---

Le cours est organisé sous forme de cours magistraux de 3 heures par semaine et de séances de laboratoires de 3 heures par semaine.

Les laboratoires se font par équipes de deux au maximum. La préparation des laboratoires doit se faire avant la séance. Les comptes-rendus de préparations sont ramassés par le responsable du laboratoire en début de séance et notés.

Format des rapports de laboratoire

1. Objectif(s)
2. Description des méthodes et matériaux utilisés
3. Liste détaillée et abondamment commentée des programmes s'il y'a lieu
4. Résultats
5. Discussion s'il y a lieu
6. Conclusion(s)
7. Références si besoin est

Se rappeler que "la sobriété a bien meilleur goût" - surtout pour celui qui corrige les rapports. Donc, être bref et précis.

---

## Modalités d'évaluation

---

1 examen intra au milieu du semestre	35%
1 examen final à la fin du semestre	35%
5 rapports d'exercices et de laboratoires	30%

Pour réussir le cours, il faut avoir au minimum 60 % de moyenne générale et 60 % de moyenne pour les 2 examens. Une pénalité de -10% sera appliquée sur la note pour les travaux remis en retard d'une semaine. Un retard de deux semaines donne une note de zéro.

Il sera tenu compte de la qualité du français à raison de 10% par devoir ou examen.

Barème des notes : A : >= 87%, B : >= 77%, C : >= 67%, D : >=60%, E : < 60%

#### Politique d'absence aux examens

**L'autorisation de reprendre un examen en cas d'absence est de caractère exceptionnel. Pour obtenir un tel privilège, l'étudiant-e doit avoir des motifs sérieux et bien justifiés.**

Il est de la responsabilité de l'étudiant-e de ne pas s'inscrire à des cours qui sont en conflit d'horaire, tant en ce qui concerne les séances de cours ou d'exercices que les examens. **De tels conflits d'horaire ne constituent pas un motif justifiant une demande d'examen de reprise.**

Dans le cas d'une absence pour raison médicale, l'étudiant-e doit joindre un certificat médical original et signé par le médecin décrivant la raison de l'absence à l'examen. Les dates d'invalidité doivent être clairement indiquées sur le certificat. Une vérification de la validité du certificat pourrait être faite. Dans le cas d'une absence pour une raison non médicale, l'étudiant-e doit fournir les documents originaux expliquant et justifiant l'absence à l'examen – par exemple, lettre de la Cour en cas de participation à un jury, copie du certificat de décès en cas de décès d'un proche, etc. Toute demande incomplète sera refusée. Si la direction du programme d'études de l'étudiant-e constate qu'un étudiant a un comportement récurrent d'absence aux examens, l'étudiant-e peut se voir refuser une reprise d'examen.

L'étudiant-e absent-e lors d'un examen doit, dans les cinq (5) jours ouvrables suivant la date de l'examen, présenter une demande de reprise en utilisant le formulaire prévu, disponible sur le site Web du département à l'adresse suivante : <http://info.uqam.ca/politiques/>

L'étudiant-e doit déposer le formulaire dûment complété au secrétariat de la direction de son programme d'études : PK-3150 pour les programmes de premier cycle, PK-4150 pour les programmes de cycles supérieurs. Pour plus de détails sur la politique d'absence aux examens du Département d'informatique, consultez le site web suivant : <http://info.uqam.ca/politiques>

## Intégrité académique

#### PLAGIAT Règlement no 18 sur les infractions de nature académique. (extraits)

Tout acte de plagiat, fraude, copiage, tricherie ou falsification de document commis par une étudiante, un étudiant, de même que toute participation à ces actes ou tentative de les commettre, à l'occasion d'un examen ou d'un travail faisant l'objet d'une évaluation ou dans toute autre circonstance, constituent une infraction au sens de ce règlement.

La liste non limitative des infractions est définie comme suit :

- la substitution de personnes;
- l'utilisation totale ou partielle du texte d'autrui en la faisant passer pour sien ou sans indication de référence;
- la transmission d'un travail pour fins d'évaluation alors qu'il constitue essentiellement un travail qui a déjà été transmis pour fins d'évaluation académique à l'Université ou dans une autre institution d'enseignement, sauf avec l'accord préalable de l'enseignante, l'enseignant;
- l'obtention par vol, manoeuvre ou corruption de questions ou de réponses d'examen ou de tout autre document ou matériel non autorisés, ou encore d'une évaluation non méritée;
- la possession ou l'utilisation, avant ou pendant un examen, de tout document non autorisé;
- l'utilisation pendant un examen de la copie d'examen d'une autre personne;
- l'obtention de toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle;
- la falsification d'un document, notamment d'un document transmis par l'Université ou d'un document de l'Université transmis ou non à une tierce personne, quelles que soient les circonstances;
- la falsification de données de recherche dans un travail, notamment une thèse, un mémoire, un mémoire-crédation, un rapport de stage ou un rapport de recherche;
- Les sanctions liées à ces infractions sont précisées à l'article 3 du Règlement no 18.

Les règlements concernant le plagiat seront strictement appliqués. Pour plus de renseignements, veuillez consulter les sites suivants : <http://www.sciences.uqam.ca/etudiants/integrite-academique.html> et <http://www.bibliotheques.uqam.ca/recherche/plagiat/index.html>

## Références

---

1. Recueil de transparents disponible sur le site web

Recommandés :

2. Marilyn Wolf, Computers as components, 4th edition, Morgan Kaufman, 2017 (*excellent, mais orienté logiciel*)
3. John Catsoulis, Designing embedded hardware, O'Reilly, 2005 (*Introduction au matériel pour informaticiens, démodé pour les processeurs*)
4. Tammy Noergaard, Embedded systems architecture, 2nd ed., Newnes, 2012 (*Introduction de haut niveau au matériel*)