

Sigle : GEN1743 Gr. 01

Titre : Commande numérique

Session : Hiver 2018 Horaires et local

Professeur : Bennai, Mustapha

1. Description du cours paraissant à l'annuaire :

Objectifs

Au terme de cette activité, l'étudiant(e) sera en mesure d'analyser les différents blocs fonctionnels d'une chaîne d'acquisition de données, de connaître l'utilisation des capteurs et de l'instrumentation industrielle, de concevoir les éléments d'un système de contrôle numérique et d'en analyser les performances.

Contenu

Spécificités et exemples de systèmes numériques. Architecture d'un système d'acquisition de données : échantillonneurs/bloqueurs, convertisseurs A/N et N/A, multiplexeurs, interfaces séries et parallèles, bus industriels, mise en mémoire, filtrage, linéarité. Isolation des circuits de puissance. Cartes et logiciels d'acquisition de données. Méthodes et algorithmes de traitement de données numériques. Cartes DSP. Représentation et interprétation des signaux. Filtrage du bruit. Contrôle numérique. Correcteurs numériques. Performances des systèmes numériques de commande automatique. Commande moderne (multi- variable, adaptative, prédictive). Projet de conception d'un système d'acquisition et de contrôle numérique.

2. Objectifs spécifiques du cours :

Généraux: Le cours vise à:

1. Fournir des outils d'analyse d'une chaîne d'acquisition de données et de commande numérique;
2. Permettre aux étudiants de résoudre des problèmes ayant un lien avec la commande numérique tels que fréquemment rencontrés dans la conception et l'exploitation de ces systèmes dans l'industrie;
3. Développer la capacité d'analyse et de résolution de problèmes dans le domaine de l'acquisition, du contrôle et de la commande numérique dans le cadre d'un projet;
4. Développer des habiletés à la recherche et à la communication des connaissances et des résultats de leurs travaux.

Spécifiques :

1. Modélisation et commande d'un système électronique depuis le capteur, les techniques de limitations des perturbations, la numérisation du signal, puis les techniques et méthodes de commande numérique, et la transmission vers un actionneur.
2. Introduction à la commande numérique des systèmes et analyse de performances et des techniques d'amélioration d'un système de contrôle numérique.
3. Présentation des langages et outils informatiques les plus répandus dans l'industrie du contrôle et leur adaptation au contrôle en temps réel.
4. Introduction à la commande moderne et introduction à la sûreté de fonctionnement des systèmes de commandes modernes.
5. Préparation de l'étudiant à l'application de méthodes étudiées et à la synthèse des systèmes de contrôle numérique.

Ce cours couvre 5 des 12 qualités requises des diplômés telles que définies dans les normes d'agrément des programmes de génie au Canada. **Cependant, seulement les qualités 3, 4 et 5 sont mesurées pour fin de rétroaction** (<http://www.engineerscanada.ca/fr/ressources-en-matiere-dagrément>):

1. Qualité 1 : Connaissance en génie
2. Qualité 2 : Analyse de problème
3. **Qualité 3 : Investigation**
4. **Qualité 4 : Conception**
5. **Qualité 5 : Utilisation d'outils d'ingénierie**

Objectifs spécifiques	Qualité	Indicateurs	Introduit	Développé	Appliqué
Capacité à trouver l'information nécessaire à la conception et à la réalisation de projets. Capacité à évaluer le degré de succès du projet et à identifier les possibles améliorations si nécessaire.	3	2. Mettre en œuvre des investigations documentaires, des expériences et/ou des prototypes.			X
		3. Faire une analyse critique des résultats pour parvenir à des conclusions et en évaluer la validité.			X
Capacité à générer de multiples solutions basées sur des approches conceptuelles différentes. Identifier le concept le plus approprié qui répond aux critères de conception préétablis.	4	2. Produire et comparer différentes solutions possibles afin de sélectionner le meilleur concept.			X
Être capable de mettre en exergue les limites des outils utilisés et surtout de les prendre en compte dans l'analyse des résultats obtenus.	5	3. Analyser les limites liées aux outils, techniques de mesure, modèles ou simulations en regard des résultats obtenus.			X

3. Stratégies pédagogiques :

Les formules pédagogiques suivantes seront utilisées:

1. Le contenu du programme sera principalement présenté sous forme d'exposés magistraux. Pour chaque sujet du programme, le professeur présentera la problématique, la partie théorique ainsi que les objectifs spécifiques. À la fin de chaque sujet, quelques problèmes seront résolus pendant la séance et d'autres proposés aux étudiants sous forme d'exercices.
2. Des travaux non notés permettront de comprendre les différents concepts; ils exigeront la connaissance des notions théoriques, une certaine capacité de travail et d'analyse critique.
3. Les séances de laboratoires compléteront les exposés magistraux et permettront aux étudiants de mettre en pratique les concepts étudiés dans le cours didactique et rehausser ainsi la compréhension du comportement d'une chaîne complète d'acquisition, traitement de données et de commande numérique.
4. Un projet avec réalisation pratique portant sur une étude et analyse d'un système d'acquisition et de commande de données sera présenté aux étudiants qui devront y travailler en équipe. Un rapport final sera remis par les étudiants à la fin de la session.

Cette étude comprendra:

- i. La conception et la soumission d'idées
 - ii. Un cahier de charge et un document des exigences seront nécessaires pour une bonne gestion du projet
 - iii. Une rédaction d'un rapport d'avancement du projet à jour
 - iv. L'implémentation
 - v. Une rédaction d'un rapport final
 - vi. Une présentation du projet en classe.
5. Examen de mi-session
6. Examen final
7. À noter que l'avant-dernière séance de cours, avant l'examen final, sera consacrée à la présentation et à la démonstration du projet.

Les travaux pratiques doivent être préparés par l'étudiant avant la séance. Les rapports préliminaires comportant les résultats seront remis à la fin de la séance. Un rapport final est à remettre une semaine après la séance de laboratoire. Le responsable de laboratoire fournira de l'aide uniquement pour l'utilisation des outils. La présence à l'heure indiquée au laboratoire est obligatoire. Le professeur appliquera la politique du département pour les rapports remis en retard.

Prérequis du cours: GEN1223.

Une page web sera créée pour ce cours (voir ci-dessous) et comportera toute la documentation nécessaire (acétates, articles sélectionnées, exercices proposés, étude de projet, etc.) et servira, avec le courrier électronique, de principal moyen de communication entre l'enseignant et les étudiants. La consultation régulière de la page est de la responsabilité de l'étudiant.

4. Heures de disponibilité ou modalités pour rendez-vous :

Disponibilité en tout temps par courriel et si nécessaire par rendez-vous.

5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :

Semaine	Thèmes	Dates
1	Chapitre 1 : Introduction <ul style="list-style-type: none">• Introduction aux systèmes de commande• Aperçu d'une chaîne d'acquisition et de traitement numérique• Structure des systèmes automatisés• Petits rappels sur les signaux et systèmes• Contrôle analogique versus contrôle numérique Choix de groupes Description du projet	08 jan. 2018
2	Chapitre 1 : Introduction <ul style="list-style-type: none">• Systèmes linéaires continus et invariants• Représentation des systèmes échantillonnés linéaires invariants• Approche moderne des systèmes : Variables d'état• Observabilité et commandabilité	15 jan. 2018

	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux pratiques 1 - GR 1 - 19 janvier 2018 	
3	<p>Chapitre 2 : Architecture de systèmes d'acquisition de données (partie I)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Système d'acquisition de données • Le théorème de l'échantillonnage • CAN-CNA <p>Travaux pratiques 1 - GR 2 - 22 jan. 2018</p>	26 jan. 2018
4	<p>Chapitre 2 : Architecture de systèmes d'acquisition de données (partie II)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capteurs et transmetteurs • Communication avec le monde de la puissance • Les échanges d'entrée-sortie dans les systèmes à base de microprocesseurs et microcontrôleurs • Les systèmes de bus en instrumentation <p>Cartes d'acquisition de données et cartes DSP</p> <p>Travaux pratiques 2 - GR 1 - 29 jan. 2018</p>	02 fév. 2018
5	<p>Chapitre 3 : Commande numérique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilité et performance des systèmes échantillonnés <p>Travaux pratiques 2 - GR 2 – 05 fév. 2018</p>	09 fév. 2018
6	<p>Chapitre 4 : Commande numérique - Suite</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les correcteurs dans les systèmes échantillonnés • Construction du lieu d'Evans pour systèmes numériques • Exemples de conceptions pratiques • Autre critère de stabilité de systèmes numériques : Transformée en W • Le régulateur RST <p>Travaux pratiques 3 - GR 1 - 12 fév. 2018</p>	16 fév. 2018
7	<p>Chapitre 5 : Conception à base de modèle dans les systèmes de contrôle modernes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Applications synchrones : Langages et programmation • Modélisation • Conception à base de modèle MBD (<i>Model Based Development</i>) • Introduction à SCADE Suite™ <p>Travaux pratiques 3 - GR 2 - 19 fév. 2018</p>	23 fév. 2018
8	<p>Chapitre 6 : Conception de systèmes de commande numérique en temps réel - Vivacité, sécurité, fiabilité et tolérance aux fautes</p>	2 mar. 2018

	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction à la conception des systèmes en temps réel • Introduction à la dynamique des systèmes • Introduction générale aux notions de sécurité et de vivacité • Fiabilité et tolérance aux fautes • Étude de cas, Pompe à insuline pour personnes diabétiques • Travail personnel <p>Travaux pratiques 4 - GR 1 - 26 fév. 2018</p>	
9	Semaine d'études	5 mar. 2018
10	Examen de mi-session	16 mar. 18
11	<p>Chapitre 7 : Programmation des systèmes de contrôle numérique tolérants aux fautes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notion de programmation défensive • Comment assurer la sûreté de fonctionnement? • Les étapes de la tolérance aux fautes • La redondance • Traitement des erreurs • Techniques logicielles statiques de tolérance aux fautes <p>Exemple : Ariane 501</p> <p>Travaux pratiques 4 - GR 2 - 19 mars 2018</p>	23 mar. 18
12	<p>Chapitre 8 : Introduction au contrôle optimal, prédictif et adaptatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Commande adaptative • Commande prédictive <p>Travaux pratiques 5 - GR 1 - 26 mars 2018</p>	30 mar. 18
13	Congé férié	2 avr. 2018
14	<p>Travaux pratiques 5 - GR 2 - 09 avr. 2018</p> <p>Présentation du Projet final - GR 1 et GR 2</p>	6 avr. 2018
15	<p>Examen final</p> <p>Remise du Rapport de projet final sur Moodle</p>	13 avr. 18

6. Évaluation du cours :

Une note (minimale) de 50 % à l'examen de mi-session et à l'examen final est REQUISE pour réussir le cours.

Outils d'évaluation	Pondération	Indicateurs évalués
Travaux pratiques	25 %	5.3 et 3.3

Projet	30 %	3.2 et 4.2
Examen de mi-session	15 %	
Examen final	30 %	

Par **indicateur mesuré**, on entend qu'à la fin du cours, un niveau de performance (0, 1, 2, 3) est donné pour chaque indicateur et pour chaque étudiant selon la grille ci-dessous :

Indicateurs	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
3.2 - Mettre en œuvre des investigations documentaires, des expériences et/ou des prototypes.	Moins de 52 %	Entre 52 % et 63 %	Entre 64 % et 83 %	Plus de 84 %
3.3 - Faire une analyse critique des résultats pour parvenir à des conclusions et en évaluer la validité.	Choix du modèle et analyse inacceptables.	Choix du modèle acceptable, mais analyse partielle.	Choix du modèle et analyse adéquats.	Choix du modèle et analyse remarquables
4.2 - Produire et comparer différentes solutions possibles afin de sélectionner le meilleur concept.	Utilisation inadéquate ou inexistante.	Utilisation partielle.	Utilisation adéquate.	Utilisation remarquable.
5.3 - Analyser les limites liées aux outils, techniques de mesure, modèles ou simulations en regard des résultats obtenus.	Incapable de faire le travail individuel sans assistance.	Fait le travail individuel avec peu d'assistance.	Fait le travail individuel sans assistance.	Fait le travail individuel de façon remarquable sans assistance.

7. Politiques départementales et institutionnelles :

- Politique du département d'informatique et d'ingénierie relative à la tenue des examens
- Note sur le plagiat et sur la fraude
- Politique relative à la qualité de l'expression française écrite chez les étudiants et les étudiantes de premier cycle à l'UQO
- Absence aux examens : cadre de gestion, demande de reprise d'examen (formulaire)

• **SANS OUI
C'EST NON!**

Travaillons ensemble pour développer une culture du respect ! La communauté universitaire de l'UQO se mobilise et lance un message haut et fort de **tolérance zéro en matière de violence à caractère sexuel** (pour de plus amples renseignements, veuillez consulter la page Web : uqo.ca/sansouicestnon).

8. Principales références :

1. E. Godoy, É. Ostertag, *Commande numérique des systèmes*, Ellipse, 20013.
2. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, *Modern Control Systems, 12th edition*, Prentice Hall, 2011.
3. Katshuhiko Ogata, *Modern Control Engineering, EE*, Prentice Hall, 2010.
4. B. C. Kuo, *Digital Control Systems*, Oxford University Press.
5. F. Cottet, *Traitement des signaux et acquisition de données*, Dunod, 2009.
6. G. Asch et collaborateurs, *Les capteurs en instrumentation industrielle, 7^e Édition*, Dunod, 2010.
7. Data Acquisition Handbook, *A Reference for DAQ and Analog and Digital Signal conditioning, 3rd*, 2004-2012.

9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>