Programme d'examens de génie mécatronique

Programme d'examens de génie mécatronique

Groupe A - Examens obligatoires (sept exigés)

23-Mécatronique-A1 Dynamique et régulation des systèmes

Contrôles à boucle ouverte et à rétroaction. Modèles mathématiques des dispositifs de régulation mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques et électroniques. Schémas de principe, fonctions de transfert, réponse des systèmes aux signaux d'entrée typiques (échelon-unité, impulsion, harmonique), réponse en fréquence, diagramme de Bode, analyse et critères de stabilité. Régulation d'un procédé physique : commande proportionnelle, par intégration et par action différentielle. Théorie du calcul de l'espace d'état d'un contrôleur linéaire.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Nise, N., S., Control Systems Engineering, Wiley.
- Golnaraghi, F., Kuo, B., Automatic Control Systems, McGraw Hill.
- Ogata, K., Modern Control Engineering, Pearson.

22-Mécatronique-A2 Circuits et électronique

Analyse par la méthode des mailles et des nœuds des circuits linéaires et passifs : lois de Kirchoff, circuits équivalents de Thevenin et de Norton, théorème de transfert de puissance maximale.

Physique des semiconducteurs, jonctions p-n, circuits à diodes et applications. Transistors bipolaires et à effet de champ (FET) comme composants linéaires et commutateurs. Types et classes d'amplificateurs : circuits de polarisation, circuits équivalents à faible signal. Commande par modulation de largeur d'impulsion (PWM) : pertes de conduction et de commutation dans les transistors. Amplificateurs opérationnels : applications dans le conditionnement des signaux analogiques pour l'instrumentation et le contrôle. Conversion numérique/analogique et analogique/numérique. Comparateurs d'amplificateurs opérationnels. Circuits intégrés numériques et familles logiques : TTL et CMOS.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Nilsson, James W. and Susan Riedel, Electric Circuits, Prentice Hall.
- Schwarz and Oldham, Electrical Engineering: An Introduction, Oxford University Press.
- Sedra and Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press.

23-Mécatronique-A3 Logique numérique et systèmes intégrés

Systèmes de nombres et portes logiques. Conception de la logique combinatoire : algèbre de Boole, tables de vérité, mintermes, maxtermes, tables de Karnaugh; portes, tampons, multiplexeurs et décodeurs; synchronisation des circuits combinatoires. Conception de la logique séquentielle : verrous et bascules D; considérations relatives à la synchronisation; techniques d'analyse et de synthèse; compteurs et registres. Contrôleurs logiques programmables (PLC) et programmation des PLC à l'aide de la norme IEC 61131-3. Structure, fonctionnement et programmation des microcontrôleurs : E/S et interfaçage avec les périphériques (p. ex., conversion numérique/analogique et analogique/numérique, PWM).

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Sedra, Adel S., Kenneth C. Smith, Tony Chan Carusone, and Vincent Gaudet, Microelectronic Circuits, Oxford University Press.
- Bolton, William, Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, Pearson.

23-Mécatronique-A4 Structures de données et algorithmes

Structures et algorithmes fondamentaux pour le stockage, la gestion, la manipulation et l'analyse des données. Structures, comme les tableaux multidimensionnels, les listes chaînées, les piles, les files d'attente, la notation asymptotique, les tables de hachage et de dispersion, les arbres et les arbres de recherche, les tas et les files d'attente prioritaires, les graphes et les algorithmes (p. ex., algorithme récursif, algorithme par séparation et évaluation, algorithme de recherche ou de tri et algorithme probabiliste).

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Standish, Data Structures, Algorithms, and Software Principles in C, Pearson.
- Weiss, Data Structures and Algorithm Analysis in C++, Pearson.

23-Mécatronique-A5 Conception mécanique

Contrainte et déformation dans les solides, superposition, théorèmes de l'énergie, théories de la défaillance, analyse élastique et inélastique de la flexion symétrique, torsion d'éléments circulaires et travail virtuel. Évaluation de l'adéquation et synthèse des pièces mécaniques en mettant l'accent sur le processus de conception. Rupture statique des matériaux ductiles et cassants, analyse de la fatigue des structures. Parmi les sujets abordés : conception des soudures, des assemblages boulonnés, des ressorts et des arbres. Stratégies de solution, notamment les méthodes analytiques et les analyses par éléments finis.

Imbrication des mécanismes, de l'électronique, des capteurs et des stratégies de contrôle avec les logiciels et les technologies de l'information pour examiner les demandes et les idées des clients et trouver la méthode la plus efficace et la plus rentable pour transformer leurs objectifs en produits commerciaux réussis.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Norton, Robert L., Machine Design: An Integrated Approach, Pearson.
- Budynas, R., K. N. Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill.

23-Mécatronique-A6 Cinématique et dynamique des machines

Cinématique plane et cinétique des corps rigides et des mécanismes; liaisons, engrenages; synthèse et analyse des mécanismes; prise en compte des forces statiques et dynamiques dans les machines; analyse des vibrations, réponse aux chocs, transmissibilité des mouvements et des forces, isolation vibratoire.

Analyse des vibrations, notamment, vibration libre et forcée des systèmes non amortis et sous-amortis à masses concentrées à plusieurs degrés de liberté, techniques de solution analytiques et numériques, amortissement visqueux, isolation des vibrations, mesure et contrôle des vibrations.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Hibbeler, R.C., Engineering Mechanics, Dynamics, Pearson.
- Inman, D.J., Engineering Vibrations, Prentice-Hall.

23-Mécatronique-A7 Capteurs et actionneurs

Examen approfondi des capteurs et des actionneurs dans le contexte d'un système mécatronique. Parmi les sujets abordés : détermination des critères de rendement exigés des capteurs et des actionneurs pour un système mécatronique; caractéristiques statiques (p. ex., fourchette, exactitude, précision, sensibilité, linéarité, résolution) et dynamiques (p. ex., temps de montée, temps de crête, pourcentage de dépassement, temps d'établissement, réponse en fréquence) du rendement d'un système; modèles de fonction de transfert; analyse et sélection de capteurs communs à l'aide de principes de fonctionnement variables, y compris les capteurs résistifs, inductifs, capacitifs, piézoélectriques et optiques; analyse et sélection d'actionneurs communs, y compris les actionneurs fluidiques, les moteurs pas à pas, les moteurs à courant continu, les actionneurs piézoélectriques, les alliages à mémoire de forme et les microsystèmes électromécaniques.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

Manuel principal :

- Bishop, Robert H., Mechatronic Systems, Sensors and Actuators: Fundamentals and Modelling, CRC Press.

Manuel secondaire :

- Nise, N., Control Systems Engineering, Wiley.

Groupe B - Examens facultatifs (trois exigés)

23-Mécatronique-B1 - Traitement des signaux numériques

Échantillonnage et reconstruction. Signaux et systèmes temporels discrets : entrée-sortie de systèmes et convolution, transformées en Z et fonctions de transfert. Transformée de Fourier discrète (TFD) et transformée de Fourier rapide (TFR). Conception de filtres numériques : conception de filtres à réponses impulsionnelles finie et infinie. Considérations relatives à l'implantation de systèmes intégrés.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Ifeachor, Emmanuel, and Barrie Jervis, Digital Signal Processing, a Practical Approach, Prentice Hall.
- Mitra, Sanjit, Digital Signal Processing, a Computer-Based Approach, McGraw Hill.

23-Mécatronique-B2 Systèmes de commande avancés

Modélisation de systèmes en ingénierie; représentation par variables d'état et fonctions de transfert. Solutions analytique et numérique d'équations avec variables d'état. Observabilité, contrôlabilité, stabilité; conception classique, stabilisation à l'aide des pôles. Systèmes à retard. Systèmes bruités. Commande par ordinateur : systèmes discrets. Identification de systèmes; méthode des moindres carrés.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Dutton, Ken, Steve Thompson, and Bill Barraclough, The Art of Control Engineering, Prentice Hall.
- Nise, Norman, Control Systems Engineering, John Wiley.

23-Mécatronique-B3 Thermodynamique appliquée, mécanique des fluides et transfert de chaleur

Thermodynamique : révision des lois fondamentales de la thermodynamique, introduction à la psychométrie et analyse du cycle idéal de compresseur à gaz, cycle de Rankine, cycle d'Otto, cycle de Diesel, cycle de Brayton et cycle de réfrigération de compression de vapeur.

Mécanique des fluides : révision des principes de la mécanique des fluides, quantité de mouvement et transfert d'énergie, analyse thermodynamique et définitions de l'efficacité. Analyse dimensionnelle et évaluation du rendement. Applications aux pompes, ventilateurs, compresseurs et turbines.

Transfert de chaleur : application des principes du transfert de chaleur en conduction en régimes permanent et transitoire. Transfert de chaleur en convection naturelle et forcée, échange de chaleur par rayonnement. Analyse thermique des échangeurs de chaleur.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Moran, M.J., H.N. Shapiro, B.R. Munson and D.P. DeWitt, Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer, John Wiley and Sons.
- Cengel, Y., Cimbala, J., and Ghajar, A., Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences, McGraw Hill

23-Mécatronique-B4 Plans statistiques d'expériences

Plans d’expériences et stratégies statistiques d’expérimentation. Analyse de données, régression et ANOVA. Expériences factorielles et méthode à un facteur à la fois. Conception et analyse d’expériences factorielles à deux niveaux. Conception et analyse factorielle fractionnaire. Méthode Taguchi, méthode des surfaces de réponse, plan composite central et plan de Box-Behnken. Randomisation restreinte et les facteurs difficiles à modifier. Plans optimaux, contraintes linéaires multiples et plans de criblage définitifs. Analyse dimensionnelle et utilisation combinée des plans d’expériences et de l’analyse dimensionnelle. Rôle des plans d’expériences dans la méthodologie Six Sigma.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Jones, Bradley and Douglas C, Montgomery, Design of Experiments: A Modern Approach, Wiley.
- Antony, Jiju, Design of Experiments for Engineers and Scientists, ScienceDirect.
- Lye, Leonard, Applications of DOE in Engineering and Science: A Collection of 26 Case Studies, StatEase.

23-Mécatronique-B5 Robotique

Composants des robots (capteurs, actionneurs et effecteurs et leurs critères de sélection); grandes catégories de robots (manipulateurs série et parallèles, robots mobiles); analyse de mobilité/contrainte; analyse de l’espace de travail; cinématique des corps rigides (transformation homogène, angle et axe de rotation, angles d’Euler, coordonnées cylindriques et sphériques); cinématique et trajectoire des mouvements des manipulateurs (analyses des déplacements et des vitesses, relations différentielles, matrice jacobienne); détection/activation non redondantes et redondantes des manipulateurs; statique (force et rigidité) des manipulateurs; particularités; dynamique des manipulateurs.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Mark W. Spong, Seth Hutchinson, M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, Wiley.
- Craig, J.J., Introduction to Robotics: Mechanism and Control. Addison-Wesley.

23-Mécatronique-B6 Électronique de puissance et entraînements

Principes et modélisation de machines électriques. Servomoteurs : moteurs à courant continu à balais et moteurs à courant continu sans balais. Machines à induction et machines synchrones. Dispositifs et convertisseurs électroniques de puissance : hacheurs, onduleurs, cycloconvertisseurs et alimentations commutées. Commande (vectorielle) trapézoïdale, sinusoïdale et orientée champ des moteurs à courant continu sans balais. Moteurs pas à pas : commndes de moteurs unipolaires, bipolaires et micropas.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Rashid, Muhammad H., Power Electronics: Circuits, Devices and Applications, Prentice-Hall.
- Mohan, N, Undeland, T, Robbins, W, Power Electronics – Converters, Applications, and Design, John Wiley.
- Sen, P C., Principles of Electric Machines and Power Electronics, Wiley.

23-Mécatronique-B7 Conception et fabrication d’éléments de machines

Théorie et méthodologie de définition conceptuelle; examen des méthodes utilisées en analyse des contraintes; approche du coefficient de sécurité simple; charges variables; concentrations de contraintes; boulons et assemblages boulonnés; joints soudés; ressorts; conception des arbres et paliers; embrayages; freins et systèmes de freinage.

Le rôle et la caractérisation de la technologie de fabrication dans l’entreprise de fabrication sont également examinés. Les matières comprennent un aperçu du processus de déformation, les procédés d’assemblage, de consolidation, d’élimination et d’altération des matériaux; la fabrication des éléments composites, les technologies de nano- et de micro-fabrication, le traitement du caoutchouc, le travail du verre, les procédés de revêtement, la conception en vue de la fabrication, l’assemblage mécanique, les ensembles et assemblages électroniques et les chaînes de production; le choix et la planification des procédés; les systèmes de contrôle de la qualité.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Juvinall, Robert C., and Kurt M. Mershek, Fundamentals of Machine Component Design, Wiley.
- Groover, Mikell P., Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, Wiley.

23-Mécatronique-B8 Conception et développement de produits

Outils et méthodes modernes de conception et de développement créatifs de produits, notamment la recherche sur les produits, l'établissement de paramètres de conception, l'expérimentation et la mise au point d'options de conception, la visualisation, l'évaluation, la révision, l'optimisation et la présentation. Les matières abordées comprennent : le processus de conception technique, les processus et types d'organisation du développement, la planification des produits, la détermination des besoins des clients, les spécifications des produits, la génération de concepts, le choix des concepts, les prototypes, la conception robuste, la mise à l'épreuve des concepts, l'architecture des produits, la conception industrielle, la conception en vue de X (p. ex., la fabrication, la durabilité), l'économie du développement des produits et la gestion de ce type de projets, le cycle de vie des produits.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

Manuels principaux :

- Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger, Product Design and Development, McGraw Hill.
- Boothroyd, G., W.A. Knight & Peter Dewhurst, Product Design for Manufacture and Assembly, Marcel Dekker Inc.

Manuel secondaire :

- Ullman, David G., The Mechanical Design Process, McGraw Hill.

23-Mécatronique-B9 Fabrication assistée par ordinateur et automatisation

Automatisation de la production et rôle des ordinateurs dans les systèmes modernes de fabrication grâce à un aperçu complet des applications des technologies avancées dans la fabrication moderne et leur impact commercial sur les dimensions concurrentielles du coût, de la souplesse, de la qualité et de livrabilité. Les matières abordées comprennent : l'agencement des installations, la fabrication cellulaire, les éléments fondamentaux de l'automatisation, machine-outil à commande numérique pour la fabrication soustractive et additive; la programmation, la manutention et l'entreposage des matériaux, les véhicules à guidage automatique, les systèmes de fabrication flexibles, la technologie de groupes, les automates programmables, l'ingénierie simultanée, la planification et le contrôle de la production, les systèmes de contrôle des activités de production, le repérage et la collecte de données automatiques, la production allégée et agile, la planification de procédé assistée par ordinateur, les prévisions, la gestion et le contrôle des stocks, le contrôle de la qualité et les technologies d'inspection.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Groover, Mikell P., Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing, Prentice Hall.
- Scheer, A.W., CIM. Computer Integrated Manufacturing-Towards the Factory of the Future, Springer Verlag Link.