

MASTER - Physique appliquée et ingénierie physique

Systèmes microélectroniques (SME)

Master 1 - Systèmes microélectroniques (SME)

Semestre 1 - SME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 1 - Project management and communication (Gestion de projet et communication)	3 ECTS	10 h		16 h			
Project management and communication (Gestion de projet et communication)		10 h		16 h			
UE 2 - Semestre 1 - Numerical resolution techniques for engineering (Techniques de résolution numérique pour l'Ingénierie)	6 ECTS	26 h		18 h	16 h		
Numerical resolution techniques (Techniques de résolution numérique)		18 h		18 h			
Practical work on numerical resolution techniques (TP de techniques de résolution numérique)		8 h			16 h		
UE 3 - Semestre 1 - Languages (Langues)	3 ECTS			16 h		60 h	
Anglais - S1 Master				16 h		60 h	
UE 4 - Semestre 1 - Traitement du signal et automatique	6 ECTS	30 h		28 h	24 h		
Traitement du signal		12 h		12 h			
TP Traitement du signal					12 h		
Automatique		18 h		16 h			
TP Automatique					12 h		
UE 5 - Semestre 1 - Electronique analogique 1	6 ECTS	42 h		20 h	12 h		
Electronique analogique 1		10 h		8 h			
TP Electronique analogique 1					12 h		
CAO microélectronique		20 h		4 h			
CAN/CNA		12 h		8 h			
UE 6 - Semestre 1 - Electronique numérique 1	6 ECTS	30 h		4 h	32 h		
Architecture des micro-contrôleurs		16 h		4 h			
TP Architecture des micro-contrôleurs					16 h		
VHDL		14 h					

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
TP VHDL					16 h		

Semestre 2 - SME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 2 - Introduction of simulation of Multiphysics (Introduction à la simulation multiphysique)	3 ECTS	10 h			20 h		
Simulation of Multiphysics (simulation multiphysique)		10 h					
Practical work of simulation of Multiphysics (TP de simulation multiphysique)					20 h		
UE 2 - Semestre 2 - Study and research work (Travail d'étude et de recherche)	6 ECTS				80 h		
Study and research work (Travail d'étude et de recherche)					80 h		
UE 3 - Semestre 2 - Composants et Électronique analogique 2	9 ECTS	40 h		20 h	31 h		
Physique des composants		20 h		10 h			
Electronique analogique 2		20 h		10 h	16 h		
TP Électronique analogique 2							
Travaux pratiques de salle blanche					15 h		
UE 4 - Semestre 2 - Electronique numérique 2	6 ECTS	42 h		8 h	40 h		
Electronique numérique 2		22 h		4 h			
TP Electronique numérique 2					16 h		
Bus de communication		14 h		4 h			
Systèmes numériques embarqués		6 h			24 h		
1 UE au choix							
UE 5 - Semestre 2 - Technologie des composants, des CIs et des capteurs	6 ECTS	36 h		6 h	8 h		
Capteurs		10 h		6 h	8 h		
Introduction à la technologie des composants intégrés et caractérisation		26 h					
UE 6 - Semestre 2 - Testabilité et fiabilité des CIs	6 ECTS	24 h		10 h	16 h		
Testabilité des circuits numériques		8 h		6 h	8 h		
Testabilité des circuits analogiques et mixtes		16 h		4 h	8 h		

Master 2 - Systèmes microélectroniques (SME)

Semestre 3 - SME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 3 - Quality assurance (Assurance qualité)	3 ECTS	14 h		10 h			
Quality assurance (Assurance qualité)		14 h		10 h			
UE 2 - Semestre 3 - Language (Langues)	3 ECTS			16 h		60 h	
Anglais - S3 Master				16 h		60 h	
UE 3 - Semestre 3 - Technologie et composants	3 ECTS	26 h					
Modèles compacts pour MOS avancés		14 h					
Technologies des composants intégrés et MEMS		12 h					
UE 4 - Semestre 3 - Analogique et capteurs intégrés	6 ECTS	60 h			8 h		
Architectures analogiques pour le conditionnement de capteurs		30 h					
Micro-capteurs compatibles CMOS		20 h			4 h		
Electronique RF		20 h			4 h		
UE 5 - Semestre 3 - Numérique	6 ECTS	46 h		2 h	12 h		
Architectures des opérateurs de calcul		24 h					
Architectures des processeurs		12 h					
Systèmes d'exploitation embarqués		10 h			8 h		
Architectures des systèmes asynchrones		10 h		2 h	4 h		
UE 6 - Semestre 3 - CAO de circuits et systèmes intégrés	3 ECTS	4 h			40 h		
Mise en œuvre des outils CAO					20 h		
Projet de conception		4 h			20 h		
UE 7 - Semestre 3 - Intégration de systèmes hétérogènes	3 ECTS	24 h			16 h		
Modélisation multidomaine		10 h					
CEM		12 h					
Conception haut niveau		4 h			16 h		
Étudiants en apprentissage							
UE 8 - Semestre 3 - Option A	3 ECTS						
Évaluation du travail en entreprise							
Étudiants en formation initiale							
UE 8 - Semestre 3 - Option B	3 ECTS						
Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)					24 h		

Semestre 4 - SME

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
Étudiants en apprentissage							

	ECTS	CM	CI	TD	TP	TE	Stage
UE 1 - Semestre 4 - Option A	3 ECTS						
Internship valorisation (Valorisation de stage)					24 h		
Séminaire - soutenance de stage M2 initiale / séminaires					30 h		
Technologie sur site / présentations entreprises					24 h		
Étudiants en formation initiale							
UE 1 - Semestre 4 - Option B	3 ECTS						
Internship valorisation (Valorisation de stage)					24 h		
UE 2 - Semestre 4 - Stage de fin d'études	27 ECTS						
Soutenance de stage							

Semestre 1 - SME

UE 1 - Semestre 1 - Project management and communication (Gestion de projet et communication)

Description du contenu de l'enseignement

Content (Project management) (6h CM, 8 hTD) :

- Understanding the issues of a project organization for the implementation of change in the company.
- Inspiration from different project management methodologies and their specificity (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Knowing how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of a project, capitalization of knowledge.
- Identification and taking into account the key factors of success.

Content (communication) (4h CM, 8h TD) :

- Relations with the media (operating rules of the main media).
- External communication products (press release, press conference, interview).
- Scientific communication.
- Patent.
- Presentation (technical, scientific, general public...).
- Student work: bibliographic report.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Understanding of the issues of a project organization for the implementation of changes in the company.
- Learning from different project management methodologies and their specificity (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Knowing how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of the project, capitalization of knowledge.
- Identification of key factors of success.

Skills to acquire:

- Know how to build a suitable project organization, by identifying the issues of the project, the actors and stakeholders, the risks, the constraints in terms of cost, quality and lead time, the key factors of success, the deliverables, the phases of the project, decision points, roles and functions of each, associated resources.
- Know how to plan identified activities and follow up using planning software (MS project 2010, GANTT).
- Experience with such a type of organization achieved during the team project.
- Oral presentation (using powerpoint) of the project, summarizing the work, reporting throughout the project and enhancing the experience of a project presentation.

Project management and communication (Gestion de projet et communication)

Description du contenu de l'enseignement

Project management :

- Issues of a project organization for the implementation of change in the company
- Project management methodologies and their specificities (PMI, Goal PLAN, Agile methods...).
- Know how to anticipate by relying on: the quality approach, the process approach, the risk analysis by the practice of the CIPE "horizon" project game, the construction of objectives.
- Documentation of a project, capitalization of knowledge.
- Key factors of success.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to explain the issues associated to project management
- Being able to explain and use different project management methodologies (PMI, Goal, Agle method)
- Being able to use the quality approach and risk management
- Being able to document a project
- Being able to identify the key success factors

2. Transversales

- Being able to communicate in a team
- Being able to identify the strength and weakness a project
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

UE 2 - Semestre 1 - Numerical resolution techniques for engineering (Techniques de résolution numérique pour l'Ingénierie)

Numerical resolution techniques (Techniques de résolution numérique)

Description du contenu de l'enseignement

Content (16h CM, 8h TD):

- Numerical resolution of linear systems of equations: direct methods (LU, Cholesky), iterative methods (Jacobi, Gauss-Seidel, relaxation, Krylov spaces, conjugate gradient). Sparse matrices.
- Numerical resolution of non-linear systems of equations : Picard's iterations, Newton and quasi Newton methods.
- Numerical resolution of differential equations. One-step methods (Runge-Kutta). Multi-step methods. Stability notions.
- Stiff problems, implicit methods.
- Programming language : C/C++ ; python.

Compétences à acquérir

Objectives:

- Being able to write a simple program.
- Being able to solve a system of linear equation.

Skills to acquire:

- choose the numerical resolution technique best suited to solve a given engineering problem.
- know how to use numerical techniques.
- understand how numerical tools work.

Practical work on numerical resolution techniques (TP de techniques de résolution numérique)**Description du contenu de l'enseignement****Content : (24h TP)**

- Application case from the MNE domain;
- Application case from the ME domain;
- Application case from the MNI domain.

Compétences à acquérir**Objectives:**

- Being able to write a simple program;
- Being able to solve a system of linear equations.

Skills to acquire:

- Choose the numerical resolution technique best suited to solve a given engineering problem
- Know how to use numerical techniques
- Understand how numerical tools work

UE 3 - Semestre 1 - Languages (Langues)**Description du contenu de l'enseignement**

- Anglais pour les parcours SME et ME, une autre langue pour le parcours MNI.
- Le FLE est proposé aux étudiants MNI primo-arrivant non-francophones.

Pour SME et ME :

Pratique de la langue anglaise en utilisant les moyens mis à disposition au CRL :

- Ressources, outils et modalités de travail individualisé.
- Développement d'une démarche de travail active et autonome dans l'apprentissage des langues.
- Développement de la capacité à s'autoévaluer en référence au CECRL.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Être capable de lire et d'écrire un texte scientifique.
- Être capable de présenter un sujet à l'oral.
- Être capable de suivre des conférences en ligne et d'en retirer les principaux thèmes et points clés abordés.

2. Transversales

- Savoir s'exprimer en anglais de manière claire et synthétique

Anglais - S1 Master

Description du contenu de l'enseignement

Apprentissage et pratique de la langue anglaise générale et de spécialité.

Compétences à acquérir

En master, les cours de langues obligatoires visent l'acquisition du niveau B2 - **C1 du CECRL** (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues).

Le niveau B2 correspond à un niveau intermédiaire tel que démontré par un utilisateur indépendant de la langue en question.

Le niveau **C1** est intitulé **niveau autonome**. Ce niveau reprend les capacités qui caractérisent le niveau B2 précédent, avec plus d'aisance et de spontanéité.

L'utilisateur de niveau B2 peut :

- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un (con)texte complexe, y compris une discussion technique dans sa spécialité.
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comportant de tension ni pour l'un ni pour l'autre.
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets, émettre un avis sur un sujet d'actualité et exposer les avantages et les inconvénients de différentes possibilités.

L'utilisateur de niveau C1 peut :

- Comprendre une grande gamme de textes longs et exigeants, ainsi que saisir des significations implicites.
- S'exprimer spontanément et couramment sans trop avoir à chercher ses mots.
- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique.
- S'exprimer sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et manifester son contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours.

L'accent est tout particulièrement mis sur la langue et la communication de spécialité.

L'apprentissage cible la pratique de l'anglais scientifique écrit et oral et débouche sur une présentation devant un public s'appuyant sur une recherche approfondie liée à une problématique du domaine de spécialité.

L'objectif est d'apprendre à communiquer avec des professionnels sur l'avancée des connaissances, sur des recherches réalisées en milieu professionnel ou sur des projets à mener.

Compétences développées

- Acquérir le lexique spécifique au domaine.
- Améliorer la maîtrise du système phonologique (prononciation, intonation, accentuation).
- Atteindre un niveau élevé de correction grammaticale.
- Comprendre des articles ou des conférences scientifiques.
- Présenter oralement des projets de recherche avec aisance, clarté et précision.
- Rédiger des textes clairs et structurés sur des sujets complexes du domaine de spécialité (synthèses, abstracts).

UE 4 - Semestre 1 - Traitement du signal et automatique

Traitement du signal

Description du contenu de l'enseignement

- La première partie du cours concerne le domaine analogique : analyse de Fourier, usage de signaux particuliers tels que le Dirac, filtrage et modulations analogiques ;
- La deuxième partie concerne le domaine numérique : transformée en Z, transformée de Fourier discrète (TFD) et filtrage numérique, à savoir l'étude des filtres RIF (réponse impulsionnelle finie) et RII (réponse impulsionnelle infinie).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir utiliser la transformée de Fourier en lien avec la distribution de Dirac
- Savoir modéliser un filtre analogique
- Savoir modéliser une modulation analogique
- Savoir utiliser la transformée de Fourier en Z et l'appliquer au filtrage de signaux numériques
- Savoir synthétiser un filtre RIF ou RII

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

TP Traitement du signal

Description du contenu de l'enseignement

La première partie du cours concerne le domaine analogique : analyse de Fourier, usage de signaux particuliers tels que le Dirac, filtrage et modulations analogiques.

La deuxième partie concerne le domaine numérique : transformée en Z, transformée de Fourier discrète (TFD) et filtrage numérique, à savoir l'étude des filtres RIF (réponse impulsionnelle finie) et RII (réponse impulsionnelle infinie).

Mise en pratique en utilisant l'outil Matlab

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir utiliser la transformée de Fourier en lien avec la distribution de Dirac
- Savoir modéliser un filtre analogique
- Savoir modéliser une modulation analogique
- Savoir utiliser la transformée de Fourier en Z et l'appliquer au filtrage de signaux numériques
- Savoir synthétiser un filtre RIF ou RII

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

Automatique

Description du contenu de l'enseignement

Comportement des systèmes linéaires asservis échantillonnés :

- Effet de l'échantillonnage sur les systèmes en boucle fermée (conversion analogique – numérique / numérique – analogique, repliement spectral, fonctions de transfert numériques) ;
- Analyse des systèmes asservis échantillonnés linéaires : stabilité, lieu des racines, précision.

Conception de correcteurs numériques à partir d'un cahier des charges :

- Transposition de correcteurs analogiques ;
- Correcteurs numériques classiques (P, PI, PD, PID) ;
- Réglages fréquentiels des correcteurs ;
- Réglage par placement de pôles ;
- Calculs algébriques (correcteurs RST).

Ouverture vers l'automatique plus avancée :

- Amélioration du suivi de consigne par anticipation.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir asservir ou réguler un procédé électro-mécanique simple
- Savoir implémenter des lois de commande numérique
- Savoir comprendre, analyser et améliorer le fonctionnement d'un système asservi
- Savoir appréhender les avantages et difficultés liées à la commande numérique par rapport à la commande analogique
- Savoir utiliser un logiciel de conception et de simulation de systèmes (Matlab / Control toolbox / Simulink)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

TP Automatique

Description du contenu de l'enseignement

Comportement des systèmes linéaires asservis échantillonnés :

- Effet de l'échantillonnage sur les systèmes en boucle fermée (conversion analogique – numérique / numérique – analogique, repliement spectral, fonctions de transfert numériques) ;
- Analyse des systèmes asservis échantillonnés linéaires : stabilité, lieu des racines, précision.

Conception de correcteurs numériques à partir d'un cahier des charges :

- Transposition de correcteurs analogiques ;
- Correcteurs numériques classiques (P, PI, PD, PID) ;
- Réglages fréquentiels des correcteurs ;
- Réglage par placement de pôles ;
- Calculs algébriques (correcteurs RST).

Ouverture vers l'automatique plus avancée :

- Amélioration du suivi de consigne par anticipation.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir asservir ou réguler un procédé électro-mécanique simple
- Savoir implémenter des lois de commande numérique
- Savoir comprendre, analyser et améliorer le fonctionnement d'un système asservi
- Savoir appréhender les avantages et difficultés liées à la commande numérique par rapport à la commande analogique
- Savoir utiliser un logiciel de conception et de simulation de systèmes (Matlab / Control toolbox / Simulink)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

UE 5 - Semestre 1 - Electronique analogique 1

Electronique analogique 1

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir synthétiser un filtre passif d'ordre quelconque
- Savoir synthétiser un filtre actif d'ordre quelconque
- Savoir synthétiser des impédances particulières à partir d'amplificateurs opérationnels, de capacités, d'inductance et de résistance

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

TP Electronique analogique 1

Description du contenu de l'enseignement

- Filtrage de signaux analogiques ;
- Fonctions de transfert de Butterworth, de Tchebycheff et filtres de Cauer ;
- Synthèses de filtres passifs et actifs ;
- Filtres à capacités commutées ;
- Amplification sélective en radiofréquence ;
- Amplificateurs fonctionnels (logarithmique, exponentiel, multiplieurs...).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir synthétiser un filtre passif d'ordre quelconque
- Savoir synthétiser un filtre actif d'ordre quelconque
- Savoir synthétiser des impédances particulières à partir d'amplificateurs opérationnels, de capacités, d'inductance et de résistance

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

CAO microélectronique

Description du contenu de l'enseignement

Dimensionnement de circuits intégrés analogique au niveau transistor en technologie CMOS

Dessin des masques en analogique

Méthodologie de conception de circuits intégrés mixtes

Etude d'un projet de conception de CAN 4 bits simple rampe. La simulation du CAN 4 bits fait l'objet de travaux pratiques sur l'ensemble de l'année au travers des UE72 et 81

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire et appliquer la méthodologie « top-down » de conception de CIs mixtes
- Savoir spécifier le cahier des charges d'un bloc fonctionnel analogique au regard du cahier des charges du projet de conception
- Savoir dimensionner un bloc fonctionnel analogique
- Savoir concevoir un amplificateur opérationnel en technologie CMOS (OTA Miller)
- Savoir décrire les grandes étapes de fabrication d'un circuit intégré en technologie CMOS et être à même de dessiner le layout d'un circuit

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie
- Suivre un cours disciplinaire donné en anglais

CAN/CNA

Description du contenu de l'enseignement

- Architectures de bases des convertisseurs analogiques-numériques et numériques analogiques ;
- Problèmes liés à l'échantillonnage ;
- Sur-échantillonnage (convertisseur Sigma-Delta, augmentation de la fréquence d'échantillonnage par interpolation).

Architectures de filtrage numérique :

- Architectures d'implémentation de filtres numériques câblés (FPGA, Cellules standard...) ou programmés (DSP) ;
- Représentation des nombres, opérateurs du traitement de signal ;
- Filtre moyenneur (Comb) :
- Filtres FIR et IIR, structures parallèle ou série...
- Application au filtrage numérique en sortie d'un convertisseur Sigma-Delta.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire les principales architectures de CAN et CNA, et savoir décrire leurs avantages et inconvénients
- Savoir déterminer les paramètres d'un convertisseur en fonction de son architecture
- Savoir choisir un convertisseur
- Savoir implémenter un filtre décimateur en sortie d'un modulateur sigma-delta

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie

UE 6 - Semestre 1 - Electronique numérique 1

Architecture des micro-contrôleurs

Description du contenu de l'enseignement

- Étude d'une architecture d'unité centrale ;
- Analyse de l'unité de traitement ;
- Analyse de l'architecture et du fonctionnement de l'unité de contrôle micro-programmée. Construction et codage du jeu d'instructions ;
- Étude d'un micro-contrôleur (Microchip) au niveau de l'architecture et de sa programmation. Étude et configuration de différents périphériques ;
- TP sous forme de projet à base du micro-contrôleur sur 4x4h.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire et expliquer le fonctionnement d'un micro-contrôleur
- Savoir programmer le micro-contrôleur sur des exemples simples

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie au sein d'un groupe

TP Architecture des micro-contrôleurs

Description du contenu de l'enseignement

- Étude d'une architecture d'unité centrale ;
- Analyse de l'unité de traitement ;
- Analyse de l'architecture et du fonctionnement de l'unité de contrôle micro-programmée. Construction et codage du jeu d'instructions ;
- Étude d'un micro-contrôleur (Microchip) au niveau de l'architecture et de sa programmation. Étude et configuration de différents périphériques ;
- TP sous forme de projet à base du micro-contrôleur sur 4x4h.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire et expliquer le fonctionnement d'un micro-contrôleur
- Savoir programmer le micro-contrôleur sur des exemples simples

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie au sein d'un groupe

VHDL

Description du contenu de l'enseignement

Étude du langage de description VHDL : présentation des concepts et méthodes de description de circuits et systèmes numériques à l'aide du langage de description matériel VHDL :

- Introduction des aspects fondamentaux de la modélisation des circuits et systèmes numériques
- Introduction des structures syntaxique du langage VHDL
- Simulation logique de circuits modélisés et décrits en VHDL

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire un circuit ou système numérique en VHDL
- Savoir valider son fonctionnement par simulation numérique
- Savoir utiliser l'environnement de simulation de circuits numériques Mentor Graphics (Modelsim et/ou QuestaSim)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie au sein d'un groupe

TP VHDL

Description du contenu de l'enseignement

Étude du langage de description VHDL : présentation des concepts et méthodes de description de circuits et systèmes numériques à l'aide du langage de description matériel VHDL :

- Introduction des aspects fondamentaux de la modélisation des circuits et systèmes numériques
- Introduction des structures syntaxique du langage VHDL
- Simulation logique de circuits modélisés et décrits en VHDL

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire un circuit ou système numérique en VHDL
- Savoir valider son fonctionnement par simulation numérique
- Savoir utiliser l'environnement de simulation de circuits numériques Mentor Graphics (Modelsim et/ou QuestaSim)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'une analyse critique
- Organiser et planifier son travail en pleine autonomie au sein d'un groupe

Semestre 2 - SME

UE 1 - Semestre 2 - Introduction of simulation of Multiphysics (Introduction à la simulation multiphysique)

Simulation of Multiphysics (simulation multiphysique)

Description du contenu de l'enseignement

Contenu (10 h CM) :

- Introduction of weak formulation of FEM.
- Boundary and initial conditions.
- Spatial and temporal discretization.
- Examples of multiphysic problems.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to explain the way a FEM solver works
- Being able to choose the domain to model and the associated physical processes
- Being to predict and understand Multiphysics problems

2. Transversales

- Being able to plan work autonomously
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

Practical work of simulation of Multiphysics (TP de simulation multiphysique)

Description du contenu de l'enseignement

Contenu (20 h TP) :

- Application case from the MNE domain.
- Application case from the ME domain.
- Application case from the MNI domain.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Being able to implement a computer code to numerically simulate a multiphysics problem
- Being able to choose the domain to model and the associated physical processes
- Being able to predict and understand complex phenomena

2. Transversales

- Being able to plan work autonomously
- Being able to attend a disciplinary lecture in English

UE 2 - Semestre 2 - Study and research work (Travail d'étude et de recherche)

Description du contenu de l'enseignement

Contenu (80h TP):

Among a list of projects proposed by the lecturers of the teaching team of the master, the students choose a subject and realize the project in pairs, supervised by the lecturers who proposed the project. Students can also propose a project and must then find a professor willing to supervise this project.

** En formation classique : les étudiants feront l'équivalent de 6-7 semaines à temps plein en présentiel*

Compétences à acquérir

Objectives :

- Be able to perform and assimilate a bibliographic search.
- Carry out a research project.

Skills to acquire :

- Better understand the research topic in engineering sciences, its problems and methods.
- Carry out a research project in a systematic and rigorous manner.
- Compare the acquired knowledge and obtained results with written and oral communication.

Study and research work (Travail d'étude et de recherche)

Description du contenu de l'enseignement

Parmi une liste de projets proposés par l'équipe pédagogique au sens large (enseignants, chercheurs, industriels), les étudiants choisissent un sujet et réalisent le projet, sous la tutelle d'un enseignant. Le travail estimé pour le projet TER est de 160h par étudiant.

- Pour les étudiants du master ME en formation initiale, le travail se déroule au hall de la technologie de la faculté de physique et ingénierie
- Pour les apprentis : les missions en entreprise sont évaluées au titre du TER
- Pour les étudiants CMI, le TER est considéré comme un projet intégrateur réalisé par monôme ou par binôme, et qui peut avoir lieu au sein du laboratoire d'adossement dudit CMI. Le sujet devrait avoir un lien avec la recherche et est covalidé par le responsable projet du master et le responsable du CMI.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir utiliser les connaissances et compétences acquises
- Savoir modéliser et dimensionner un système
- Savoir formuler et résoudre un problème physique ou d'ingénierie de manière autonome

2. Transversales

- Savoir s'organiser pour mener à terme un projet

- Savoir présenter en anglais de manière claire et synthétique, dans un langage adapté à l'auditoire
- Savoir proposer des stratégies de résolution de problèmes pratiques (retour en arrière sur un point maîtrisé, décomposition du problème en problèmes élémentaires...)
- Savoir innover et prendre des risques maîtrisés

UE 3 - Semestre 2 - Composants et Électronique analogique 2

Physique des composants

Description du contenu de l'enseignement

Principes physiques et modélisation des caractéristiques électriques (I-V, C-V) des principaux composants de la microélectronique :

- Jonctions P-N (approfondissement de l'homojonction, hétérojonction) ;
- Contacts métal/semi-conducteur (ohmiques, Schottky) ;
- Transistor bipolaire ;
- Transistor MOS.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer d'un point de vue physique le fonctionnement d'une diode, d'un transistor bipolaire et d'un transistor MOS
- Savoir donner et manipuler les principales équations des modèles compacts de la diode, du transistor bipolaire et du transistor MOS utilisés en dimensionnement manuel de circuit intégré
- Savoir formuler et résoudre un problème physique du semi-conducteur

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir s'organiser et planifier son travail en pleine autonomie

Electronique analogique 2

Description du contenu de l'enseignement

Oscillateurs :

- Principe de fonctionnement d'un oscillateur ;
- Oscillateurs harmoniques RC et LC ;
- Oscillateurs à quartz ;
- Oscillateurs non-harmoniques ;
- Stabilités d'amplitude et de fréquence pour une oscillation.

Boucle à verrouillage de Phase :

- Principe de fonctionnement d'une boucle à verrouillage de phase ;
- Régimes de fonctionnement linéaire et non-linéaire ;
- Technologie des éléments pour boucle à verrouillage de phase.

Modulations et démodulations d'amplitude et de fréquence :

- Généralités sur les transmissions hertziennes ;
- Modulations d'amplitude (caractéristiques, réalisations) ;
- Modulations de fréquence (caractéristiques, réalisations).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer le fonctionnement des divers types d'oscillateur
- Savoir choisir une architecture d'oscillateur en fonction de l'application
- Savoir modéliser et dimensionner un oscillateur
- Savoir caractériser un oscillateur
- Savoir décrire le fonctionnement et modéliser un PLL
- Savoir choisir l'architecture d'une PLL en fonction de l'application
- Savoir décrire le fonctionnement et modéliser un modulateur/démodulateur d'amplitude ou de fréquence

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

TP Électronique analogique 2

Description du contenu de l'enseignement

Oscillateurs :

- Principe de fonctionnement d'un oscillateur ;
- Oscillateurs harmoniques RC et LC ;
- Oscillateurs à quartz ;
- Oscillateurs non-harmoniques ;
- Stabilités d'amplitude et de fréquence pour une oscillation.

Boucle à verrouillage de Phase :

- Principe de fonctionnement d'une boucle à verrouillage de phase ;
- Régimes de fonctionnement linéaire et non-linéaire ;
- Technologie des éléments pour boucle à verrouillage de phase.

Modulations et démodulations d'amplitude et de fréquence :

- Généralités sur les transmissions hertziennes ;
- Modulations d'amplitude (caractéristiques, réalisations) ;
- Modulations de fréquence (caractéristiques, réalisations).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer le fonctionnement des divers types d'oscillateur
- Savoir choisir une architecture d'oscillateur en fonction de l'application
- Savoir modéliser et dimensionner un oscillateur
- Savoir caractériser un oscillateur
- Savoir décrire le fonctionnement et modéliser un PLL
- Savoir choisir l'architecture d'une PLL en fonction de l'application
- Savoir décrire le fonctionnement et modéliser un modulateur/démodulateur d'amplitude ou de fréquence

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Travaux pratiques de salle blanche

Description du contenu de l'enseignement

Travaux pratiques de fabrication de transistors MOS s'effectuant dans la salle blanche du pôle CNFM-CIME de Grenoble. A l'issue de ces TPs, les étudiants ont réalisé sur des wafers 2" un jeu de transistors NMOS qu'ils caractérisent lors de la dernière séance afin d'en extraire les principaux paramètres SPICE (tension de seuil, paramètre de transconductance, mobilité des porteurs, résistances d'accès à la source et au drain...).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir respecter les règles de sécurité en salle blanche
- Savoir décrire le principe de fonctionnement des principaux équipements de fabrication de circuits intégrés
- Savoir décrire les principales étapes de fabrication d'un circuit intégré
- Savoir utiliser une table sous pointe et un analyseur de paramètres

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique

- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 4 - Semestre 2 - Electronique numérique 2

Electronique numérique 2

Description du contenu de l'enseignement

Étude des différentes architectures d'implémentation de systèmes numériques :

- Pré-caractérisé ;
- Mer de portes ;
- Circuit programme (PAL, FPGA, technologies de programmation...);
- Technologie des mémoires et architecture.

Méthode de conception de systèmes numériques :

- Synthèse logique automatique ;
- Conception « top-down », « bottom-up » ;
- Analyse « pire cas », chemin critique, limite de fonctionnement.

Étude des architectures d'implémentation de filtres numériques câblés (FPGA, Std Cell,...) ou programmés (DSP).

Représentation des nombres , opérateurs du traitement de signal.

Filtre moyenneur (Comb).

Filtre FIR et IIR , structure parallèle ou série...

Application au filtrage numérique en sortie d'un convertisseur Sigma-Delta sous forme d'un mini projet en TP.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir choisir une architecture de circuit numérique pour une application donnée en tenant compte des différentes contraintes (coût, performance, environnement...)
- Savoir mener un projet de développement d'un circuit numérique

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail de manière autonome

TP Electronique numérique 2

Description du contenu de l'enseignement

Étude des différentes architectures d'implémentation de systèmes numériques :

- Pré-caractérisé ;
- Mer de portes ;
- Circuit programme (PAL, FPGA, technologies de programmation...);
- Technologie des mémoires et architecture.

Méthode de conception de systèmes numériques :

- Synthèse logique automatique ;
- Conception « top-down », « bottom-up » ;
- Analyse « pire cas », chemin critique, limite de fonctionnement.

Étude des architectures d'implémentation de filtres numériques câblés (FPGA, Std Cell,...) ou programmés (DSP).

Représentation des nombres , opérateurs du traitement de signal.

Filtre moyenneur (Comb).

Filtre FIR et IIR , structure parallèle ou série...

Application au filtrage numérique en sortie d'un convertisseur Sigma-Delta sous forme d'un mini projet en TP.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir choisir une architecture de circuit numérique pour une application donnée en tenant compte des différentes contraintes (coût, performance, environnement...)
- Savoir mener un projet de développement d'un circuit numérique

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail de manière autonome

Bus de communication

Description du contenu de l'enseignement

Connaître divers bus de communication très bas niveau servant à véhiculer les informations au sein d'un système autonome.

On abordera en premier le bus RS232 qui est une référence obsolète pour mesurer les avantages des bus plus modernes comme le bus RS 485 et RS 422.

Ensuite on abordera 2 bus normalisés tels que le bus I2C et le bus CAN.

Le bus CAN nous permettra d'introduire les bus de terrain avec leurs spécificités.

Pour l'ensemble de ces bus, nous aborderons autant l'aspect électrique que l'aspect protocole de communication.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer le fonctionnement d'un bus de communication
- Savoir choisir un bus de communication en fonction de l'application et de ces contraintes (consommation, sécurité, robustesse...)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Systèmes numériques embarqués

Description du contenu de l'enseignement

- Initiation à la conception conjointe matériel/logiciel de systèmes numériques embarqués et leur implantation sur circuits reconfigurables
- Étude des solutions de microprocesseurs embarqués sur FPGA (Processeurs Soft / Hard Core)
- Étude des périphériques embarqués et de leur système de communication (BUS) et mode d'accès

- Adéquation matériel/logiciel
- Développement de projets et de fonctions logicielles

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir concevoir de manière conjointe la partie matérielle et la partie logicielle d'un système embarqué sur cible FPGA
- Savoir définir et choisir les composants matériels en adéquation avec le système à concevoir (processeurs embarqués, contrôleur d'entrées/sorties...)

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 5 - Semestre 2 - Technologie des composants, des CIs et des capteurs

Capteurs

Description du contenu de l'enseignement

- Définitions générales concernant les capteurs (mesurande, sensibilité, résolution, linéarité, gamme de mesure, erreurs de mesure...)
- Bruit dans les systèmes électroniques
- Intégration de capteurs sur une puce en silicium

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir définir les caractéristiques métrologiques d'un capteur
- Savoir déterminer la résolution d'un capteur
- Savoir décrire les principaux phénomènes permettant la réalisation de capteurs sur silicium

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail

Introduction à la technologie des composants intégrés et caractérisation

Description du contenu de l'enseignement

Descriptions des principaux enchainements technologiques permettant la réalisation des circuits intégrés :

- Généralités (loi de Moore, filière type, du sable au substrat de Si) ;
- Lithographie et gravures ;
- Formation des films minces (dépôts, oxydation thermique) ;
- Dopage localisé (implantation ionique et diffusion) ;
- Principales techniques de caractérisations [SIMS, "Spreading resistance", effet Hall, C(V) et I(V)] ;
- Interconnexions et mise en boîtier

TP :

Réalisation d'une capacité MOS en salle blanche et sa caractérisation C(V)

Pour les travaux pratiques en salle blanche :

Réalisation en salle blanche de condensateurs de type métal/isolant/semiconducteur (MIS) et caractérisation de ces condensateurs.

Une première séance de 4h en salle blanche permet de se familiariser avec la lithographie et de caractériser les substrats utilisés par la suite (épaisseur d'oxyde et dopage).

Une seconde séance de 8h en salle blanche est réservée à l'élaboration des capacités MIS utilisant de nombreuses étapes de lithographie standard.

Chaque étape est validée par l'observation (microscopie en champ clair/sombre) et la mesure (profilométrie) des paramètres principaux.

Enfin, une dernière séance de 4 h est dévolue à la mesure des caractéristiques (C-V) des capacités MIS. En s'appuyant sur les connaissances acquises lors des cours et TD sur ce type de composants, les étudiants devront retrouver, par l'exploitation des caractéristiques, les paramètres mesurés lors des deux séances en salle blanche.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire les principales étapes de fabrication d'un circuit intégré (lithographie, gravures, dopage, dépôt de couches...)
- Savoir expliquer l'enchaînement des étapes de fabrication d'un procédé CMOS
- Savoir expliquer les techniques de base de caractérisation électrique d'un procédé CMOS

- Pour les travaux pratiques en salle blanche :
 - Acquérir un savoir-faire expérimental autour de la réalisation de composants électroniques simples dans un environnement de salle blanche. Confronter mesures expérimentales et paramètres extraits de caractéristiques électriques de ces composants.
 - Utilisation de matériel de recherche pour l'élaboration et la caractérisation de dispositifs élémentaires.

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail

UE 6 - Semestre 2 - Testabilité et fiabilité des CIs

Testabilité des circuits numériques

Description du contenu de l'enseignement

- Généralités sur la problématique du test industriel ;
- Modèles de défaillances ;
- Générations de vecteurs de test ;
- Simulation de fautes ;
- Conception en vue du Test, Test intégré ;
- TP de test de CI numérique sur testeur industriel du CRTC (Centre de Ressources en Test et CAO du pôle CNFM (Coordination Nationale pour la Formation en Micro-électronique et nano-technologie) de Montpellier.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer les enjeux du test de circuits numériques
- Savoir expliquer et utiliser les principaux concepts du test
- Savoir mettre en œuvre une procédure de test de circuit numérique sur testeur industriel

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique

- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

Testabilité des circuits analogiques et mixtes

Description du contenu de l'enseignement

La conception et la fabrication de circuits intégrés impactent sur la qualité du produit réalisé.

Compte tenu de l'accroissement du besoin de sécurité de fonctionnements des équipements basés sur des circuits intégrés, le test des CI fabriqués est aujourd'hui une étape critique.

Dans ce cours nous commençons par présenter les réels besoins de tests de fin de production.

On ne fera ici aucune distinction entre un circuit numérique et analogique.

Dans la suite du cours nous aborderons les tests plus spécifiques aux circuits Mixtes.

On traitera des procédures de tests permettant d'augmenter la fiabilité de ces tests (méthode des outliers).

On traitera aussi des circuits mixtes complexes (SoC) avec plusieurs cœurs (méthode des wrappers).

Finalement on traitera des procédures spécifiques aux circuits purement analogiques.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir identifier les principales méthodes de test
- Savoir mettre en œuvre ces méthodes sur un circuit mixte simple

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

Semestre 3 - SME

UE 1 - Semestre 3 - Quality assurance (Assurance qualité)

Description du contenu de l'enseignement

Content (14 CM, 10h TD):

- Concept of process, ISO certification, quality issues in the company, the certification process.
- Concept of product lifecycle: generic model for taking into account environmental aspects in the design and product development process.

Compétences à acquérir

Objectives:

- ISO standards.
- The certification audit: how to prepare it.
- How to value the certification.

Skills to acquire:

- Being able to conduct a quality audit.
- Being able to prepare an activity for certification.
- Being able to communicate on the certification.

Quality assurance (Assurance qualité)

Description du contenu de l'enseignement

- Notion de processus, les référentiels normatifs Qualité et leurs utilisations, Enjeux de la qualité en entreprise, la démarche de certification.
- Introduction, importance de la qualité : produit, processus, clients
- Les normes ISO 9001, ISO 14001
- Méthode statistique des procédés (MSP)
- Notion de cycle de vie produit : modèle générique de prise en compte des aspects environnementaux dans le processus de conception et de développement de produit. L'écoconception en tant que projet d'entreprise.
- L'analyse du cycle de vie (ACV selon Norme ISO 14040)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir reconnaître les principaux référentiels ISO
- Savoir utiliser les outils de la statistique des procédés
- Savoir mettre en place un système de management de la qualité (SMQ)
- Savoir réaliser une analyse du cycle de vie

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 2 - Semestre 3 - Language (Langues)

Description du contenu de l'enseignement

English (specialisation MNE and ME) ; other language than English for specialisation MNI

Pour MNE et ME :

Pratique de la langue anglaise en utilisant les moyens mis à disposition au CRL :

- Ressources, outils et modalités de travail individualisé.
- Développement d'une démarche de travail active et autonome dans l'apprentissage des langues.
- Développement de la capacité à s'autoévaluer en référence au CECRL.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Être capable de lire et d'écrire un texte scientifique.
- Être capable de présenter un sujet à l'oral.
- Être capable de suivre des conférences en ligne et d'en retirer les principaux thèmes et points clés abordés.

2. Transversales

- Savoir s'exprimer en anglais de manière claire et synthétique

Anglais - S3 Master

Description du contenu de l'enseignement

Apprentissage et pratique de la langue anglaise.

Compétences à acquérir

En master, les cours de langues obligatoires visent l'acquisition du niveau B2 - **C1 du CECRL** (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues).

Le niveau **B2** correspond à un **niveau intermédiaire** tel que démontré par un **utilisateur indépendant de la langue** en question.

Le niveau **C1** est intitulé **niveau autonome**. Ce niveau reprend les capacités qui caractérisent le niveau B2 précédent, avec plus d'aisance et de spontanéité.

¿

¿ L'utilisateur de niveau B2 peut :

- Comprendre le contenu essentiel de sujets concrets ou abstraits dans un (con)texte complexe, y compris une discussion technique dans sa spécialité.
- Communiquer avec un degré de spontanéité et d'aisance tel qu'une conversation avec un locuteur natif ne comportant de tension ni pour l'un ni pour l'autre
- S'exprimer de façon claire et détaillée sur une grande gamme de sujets, émettre un avis sur un sujet d'actualité et exposer les avantages et les inconvénients de différentes possibilités.

L'utilisateur de niveau C1 peut :

- Comprendre une grande gamme de textes longs et exigeants, ainsi que saisir des significations implicites.
- S'exprimer spontanément et couramment sans trop avoir à chercher ses mots.
- Utiliser la langue de façon efficace et souple dans sa vie sociale, professionnelle ou académique.
- S'exprimer sur des sujets complexes de façon claire et bien structurée et manifester son contrôle des outils d'organisation, d'articulation et de cohésion du discours.

L'accent est tout particulièrement mis sur la langue et la communication de spécialité.

L'apprentissage cible la pratique de l'anglais scientifique écrit et oral et débouche sur une présentation devant un public s'appuyant sur une recherche approfondie liée à une problématique du domaine de spécialité.

L'objectif est d'apprendre à communiquer avec des professionnels sur l'avancée des connaissances, sur des recherches réalisées en milieu professionnel ou sur des projets à mener.

Compétences développées

- Acquérir le lexique spécifique au domaine
- Améliorer la maîtrise du système phonologique (prononciation, intonation, accentuation)
- Atteindre un niveau élevé de correction grammaticale
- Comprendre des articles ou des conférences scientifiques
- Présenter oralement des projets de recherche avec aisance, clarté et précision
- Rédiger des textes clairs et structurés sur des sujets complexes du domaine de spécialité (synthèses, abstracts)

UE 3 - Semestre 3 - Technologie et composants

Modèles compacts pour MOS avancés

Description du contenu de l'enseignement

- Rappels de physique des composants élémentaires (jonctions, capacité MOS, MOSFET)
- Étude des principaux effets physiques dans les technologies CMOS avancées.
- Étude critique des principaux modèles compacts du CMOS dédiés à la conception.
- Extraction de paramètres & méthodologie associée.
- Aspects statistiques : Étude du " matching " - Statistique des paramètres
- Le transistor MOSFET de puissance (aspects technologie et modélisation)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer la technologie MOSFET et les effets associés liés à la réduction des dimensions.
- Savoir choisir le modèle compact de MOSFET le plus adapté pour la conception d'un circuit spécifique.

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie.

Technologies des composants intégrés et MEMS

Description du contenu de l'enseignement

- Les principales briques technologiques (dopage, oxydation, dépôts, photo-lithographie) et filière C-MOS standard.
- Les composants : Les matériaux – Les capteurs – Les actionneurs - Les sources d'énergie & les micro-générateurs de puissance.
- Les technologies clefs (La microstéréolithographie, le LIGA, etc.).
- Les produits microsystèmes (MEMS, MOEMS) et leurs applications.
- Les acteurs et leur marché

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer les différents procédés clés de fabrication en microélectronique
- Savoir décrire les principaux dispositifs (capteurs, actionneurs...) réalisables sur silicium, et les acteurs du marché
- Savoir trouver (via des datasheets) des MEMS en fonction de leur consommation (OFF, ON, ...) et de critères de performances.

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie.

UE 4 - Semestre 3 - Analogique et capteurs intégrés

Architectures analogiques pour le conditionnement de capteurs

Description du contenu de l'enseignement

Rappel des bases

- Méthode de conception de blocs fonctionnels analogiques.
- Montage émetteur commun, drain commun, grille commune
- Etage de gain, Etage suiveur (tension, courant), Etage différentiel.
- Amplificateur opérationnel à deux étages (OTA).
- Techniques de dessin des masques spécifiques à l'analogique.

Architectures analogiques avancées

- Etude en bruit des étages de base, Application à la conception d'un OTA Miller bas-bruit
- Amplificateurs opérationnels à entrée et sortie différentielles
- Techniques dynamiques de réduction du bruit (auto-zéro, double échantillonnage corrélé, stabilisation par découpage)
- Etages cascodés, Etages différentiels cascodés repliés, Etages d'entrée «rail-to-rail», Etages de sortie de classe AB, Application à la conception d'amplificateurs opérationnels hautes performances et faible tension d'alimentation

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir expliquer les principales propriétés des montages de base du transistor
- Savoir concevoir un amplificateur opérationnel à deux étages à compensation Miller bas bruit
- Savoir utiliser les techniques de dessin des masques permettant d'améliorer les performances d'un bloc analogique
- Savoir utiliser les techniques dynamiques de réduction du bruit
- Savoir concevoir un amplificateur opérationnel à entrée et sortie différentielle rail-to-rail et bas bruit

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Micro-capteurs compatibles CMOS

Description du contenu de l'enseignement

Phénomènes physiques auxquels le silicium est sensible et permettant la réalisation de capteurs sur puce :

- effets thermo-électriques,
- galvanomagnétiques,
- piézo-résistifs,
- interaction rayonnement/matière

Calcul de la résolution d'un capteur

Exemples de micro-capteurs sur silicium :

- Micro-capteurs basés sur des effets thermoélectriques (capteur de température, accéléromètre thermique, anémomètre thermique...)
- Micro-capteurs magnétiques (Plaque à effet Hall et « spinning-current », MAGFET, capteur magnétique vibrant)
- Illustration au travers de ces exemples de micro-capteurs de l'avantage de la co-intégration sur la même puce de silicium de l'élément sensible et de l'électronique de conditionnement.
- Exemples d'applications industrielles et médicales.

Démonstration de l'outils de conception de micro-capteur Coventor

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire et expliquer les quatre effets physiques permettant la réalisation de capteurs sur silicium
- Savoir calculer la résolution d'un capteur
- Savoir expliquer le principe de fonctionnement des capteurs thermo-électriques vus en cours
- Savoir expliquer le principe de fonctionnement des capteurs de Hall horizontaux et verticaux
- Savoir expliquer et utiliser le principe du « spinning-current » dans un capteur à effet Hall

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Electronique RF

Description du contenu de l'enseignement

Lignes de transmission uniformes :

- Equation de base
- Etude en régime harmonique
- Réponse indicielle
- Propriété de quelques lignes usuelle dont les micro-rubans

Applications des lignes de transmission en circuiterie HF

- Modélisation d'un tronçon de ligne (modèle en T et Pi)
- Application à la réalisation d'un filtre passe bas
- Modélisation d'un résonateur
- Application à la réalisation d'un filtre passe bande

Paramètre de répartition - Les paramètres S

- Abaque de Smith
- Adaptation d'impédance par éléments localisés, ligne de transmission, quart d'onde et Stub parallèle

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire et expliquer les effets physiques intervenant dans les lignes de transmission
- Savoir décrire, prévoir et interpréter des mesures sur une ligne en régime harmonique et indiciel
- Savoir utiliser les propriétés des lignes de transmission pour réaliser une fonction électronique du type filtrage passe bas ou passe bande sans **utiliser** de composants autre que des lignes micro ruban
- Savoir concevoir un circuit radiofréquence
- Savoir adapter une impédance de charge à l'aide de circuiterie haute fréquence à base de ligne de transmission
- Savoir interpréter et utiliser un abaque de Smith

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir regarder un problème sous un angle différent
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 5 - Semestre 3 - Numérique

Architectures des opérateurs de calcul

Description du contenu de l'enseignement

Architectures des opérateurs arithmétiques :

- Étude des différentes architectures d'opérateurs arithmétiques (+,-,X,/)
- Analyse des différentes architectures
- Étude des performances
- Comparaison des différentes solutions (performance, surface, complexité, ...)

Unités de calculs avancées :

- Rappel de l'architecture général d'un processeur
- Architectures des UAL
- Architectures des UAL flottantes,
- Processeurs arithmétiques/multimédias
- Architectures spécifiques : CORDIC

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir choisir et caractériser une architecture de calcul en termes de performances (rapidité, consommation, surface).

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Architectures des processeurs

Description du contenu de l'enseignement

- Architecture des processeurs d'usages généraux (historique, évolutions, RISC, multiprocesseurs)
- Spécificités des systèmes embarqués
- Architectures des processeurs embarqués (ARM, Nios..)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir analyser l'architecture d'un processeur et identifier les différentes fonctions secondaires.
- Savoir analyser le fonctionnement d'une hiérarchie mémoire, les contraintes du parallélisme et du pipeline

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Systemes d'exploitation embarqués

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours intégré présente par la pratique des techniques permettant de déployer un OS temps réel sur un microcontrôleur et de le programmer.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir identifier les différents blocs fonctionnels de l'architecture des microcontrôleurs MSP430 et de ses principaux registres à partir de la documentation technique du composant.
- Savoir utiliser l'environnement de développement intégré (IDE) associé (Code Composer Studio)
- Savoir programmer en assembleur et savoir quand il est nécessaire d'y avoir recours
- Savoir déployer un OS temps réel (FreeRTOS) sur un microcontrôleur MSP430.

- Savoir comment programmer efficacement dans un tel environnement

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

Architectures des systèmes asynchrones

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours est une introduction à l'électronique numérique asynchrone. Les avantages et inconvénients par rapport à l'électronique numérique synchrone y sont présentés. Les concepts essentiels tels que les protocoles de communication spécifiques, la notion de coïncidence, le codage des données, mais aussi les problématiques liées aux interfaces analogique/numérique y sont développés. La conception d'un circuit asynchrone simple est réalisée sous Cadence en travaux pratiques.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Connaître les différences fondamentales entre les circuits asynchrones et les circuits synchrones
- Savoir concevoir un système basé sur une communication de proche en proche (requête, acquittement)
- Comprendre les méthodes de conception spécifiques aux circuits asynchrones (coïncidences entre événements)
- Comprendre les contraintes liées aux interface analogiques/numériques asynchrones

2. Transversales

- Savoir réutiliser les concepts de l'électronique numérique et analogique pour la conception de circuits asynchrones
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

UE 6 - Semestre 3 - CAO de circuits et systèmes intégrés

Mise en œuvre des outils CAO

Description du contenu de l'enseignement

Application de la méthodologie top-down/bottom up pour la conception d'un système intégré mixte en utilisant l'outil de CAO cadence :

- Conception analogique au niveau transistor
- Conception logique à partir de cellules standards
- Synthèse logique
- Simulation circuit, logico-temporelle et mixte
- Dessin des masques (DRC, LVS)

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir utiliser l'outil Cadence pour simuler un circuit analogique ou numérique
- Savoir utiliser l'outil Cadence pour synthétiser un circuit numérique
- Savoir réaliser le dessin des masques d'un circuit intégré et le vérifier
- Savoir réagir face à une erreur de conception

2. Transversales

- Savoir réagir face à un problème de conception et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

Projet de conception

Description du contenu de l'enseignement

Mise en application de la méthodologie de conception Top-Down sur un microsystème type « Lab On Chip ». Un circuit fluidique comportant des micro-pompes et son dispositif électronique de contrôle est modélisé puis simulé.

- Modélisation VerilogA et simulation du circuit fluidique
- Modélisation VerilogA et simulation des blocs électroniques de contrôle
- Simulation du dispositif complet avec modèles VerilogA et BSIM3v3 (transistors en technologie High Voltage)

Les 4 h de cours magistraux permettent de présenter les outils et le projet. Durant les 20 h de TP les étudiants sont guidés progressivement pour mener à terme le projet de conception.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir dimensionner et modéliser un circuit fluide à partir de grandeurs de pression et de débit
- Savoir utiliser l'outil Cadence et le langage VerilogA pour décrire le comportement de fonctions selon cahier des charges
- Savoir dimensionner et simuler un circuit type translateur de niveau à transistors de technologie High-Voltage
- Savoir ajuster les paramètres d'une boucle de régulation selon des objectifs de temps de réponse et de stabilité

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

UE 7 - Semestre 3 - Intégration de systèmes hétérogènes

Modélisation multidomaine

Description du contenu de l'enseignement

Ce module présente le langage VHDL-AMS, ses avantages et spécificités permettant de décrire puis simuler un système hétérogène comportant autant des modules électroniques que des modules mécaniques ou hydrauliques...

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir décrire les spécificités du langage VHDL-AMS
- Savoir écrire des modèles VHDL-AMS comportementaux et les assembler pour décrire et simuler un système hétérogène

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

CEM

Description du contenu de l'enseignement

Ce cours décrit les principaux concepts intervenant en compatibilité électromagnétique et la manière de les utiliser pour protéger des cartes électroniques ou rendre les cartes moins perturbatrices.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir identifier les sources potentielles de rayonnement EM dans un système électronique.
- Savoir identifier les parties d'un système électronique sensibles à la pollution EM.
- Savoir mettre en œuvre des techniques permettant de réduire les émissions EM.
- Savoir mettre en œuvre des techniques permettant d'immuniser un circuit contre la pollution EM.
- Quantifier le risque de perturbation CEM et adapter la solution mise en œuvre.
- Savoir étudier un système électronique avec une approche worst-case.
- Connaître le type de tests auxquels un système peut être soumis en vue du marquage CE

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie

Conception haut niveau

Description du contenu de l'enseignement

- Méthodologies de conception (top-down, bottom-up, cycle en V)
- Modélisation multi-abstractions
- Modélisation multi-domaines
- Langage de description matériel (verilog, verilog-a)
- Mise en œuvre de la méthodologie à l'aide du langage verilog/verilog-a dans une suite de CAO microélectronique (Cadence).

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir utiliser la modélisation comportementale pour la simulation et la vérification à haut-niveau
- Savoir utiliser la modélisation multi-abstractions pour mettre en œuvre les méthodologies top-down et bottom-up
- Savoir utiliser la modélisation multi-abstractions pour réduire les temps de simulation et gagner en efficacité
- Savoir utiliser la modélisation comportementale faciliter le travail en équipes

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir hiérarchiser un problème
- Savoir répartir les tâches

UE 8 - Semestre 3 - Option A

Évaluation du travail en entreprise

Description du contenu de l'enseignement

Les étudiants en apprentissage passent 50 % de leur temps de travail en entreprise. Ce travail est valorisé par une évaluation au sein même de l'entreprise. Cette évaluation est réalisée par le maître de stage entreprise en concertation avec le tuteur faculté via une fiche d'évaluation et de suivi.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir mettre en pratique l'ensemble des connaissances et compétences acquises durant le master

2. Transversales

- Savoir situer son rôle et sa mission au sein d'une organisation pour s'adapter et prendre des initiatives
- Savoir travailler de façon autonome tout en s'intégrant à une équipe dans un environnement professionnel
- Savoir maîtriser les techniques de recherche bibliographique pour élaborer et présenter une revue critique sur un sujet
- Savoir présenter clairement ses résultats en s'adaptant à son public

UE 8 - Semestre 3 - Option B

Internship search and preparation (Recherche et préparation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

Partie 1 : Techniques de recherche d'emploi

Le marché de l'emploi - Le projet professionnel - Le bilan de compétences - CV et lettre de motivation – Entretien et relance – Web2.0 : réseaux sociaux professionnels

Partie 2 : Préparation opérationnelle du stage (Feuille de logistique, suivi, ePortfolio de compétences) - Organisation de l'entreprise et organisation du travail en entreprise : Intégration des facteurs financiers, technologiques, organisationnel dans son travail – prise en compte des paramètres et contextes environnementaux (fournisseurs, clients, concurrents...) – auto-évaluation de son travail et valorisation du stage.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir rédiger un CV et une lettre de motivation (apprendre les règles de rédaction)
- Savoir préparer et pratiquer un entretien de recrutement

2. Transversales

- Savoir rechercher des informations et faire preuve d'analyse critique
- Savoir planifier son travail en pleine autonomie et au sein d'un groupe

Semestre 4 - SME

UE 1 - Semestre 4 - Option A

Internship valorisation (Valorisation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

A l'issue du stage, les étudiants remettent un dossier de «valorisation de stage» et présente à l'oral ce que leur a apporté leur stage. Ce bilan des compétences est ensuite discuté en groupe pour permettre à l'étudiant de savoir mettre en avant ses compétences dans un entretien d'embauche.

L'objectif de cette étape importante est de :

- prendre du recul vis-à-vis de son stage et d'en extraire les valeurs les plus importantes ou prometteuses
- aborder non seulement les aspects techniques et scientifiques mais également les dimensions économiques et humaines

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Néant

2. Transversales

- Savoir développer une argumentation en faisant preuve d'esprit critique
- Savoir établir des stratégies de valorisation d'acquis, de résultats ou de projets
- Savoir s'adapter à différents contextes socio-professionnels au plan local, régional, national et international
- Savoir communiquer de façon claire et non ambiguë, dans un registre adapté à un public de spécialistes ou de non spécialistes en utilisant les supports appropriés

Séminaire - soutenance de stage M2 initiale / séminaires

Description du contenu de l'enseignement

Présentation de projets par des entreprises dans le cadre de séminaires organisés à la faculté de physique et ingénierie. Ceci permet aux étudiants à la fois de découvrir les activités des entreprises mais aussi de les mettre en relation avec ces dernières afin de sélectionner et de candidater aux projets présentés en adéquation avec leurs spécialités et leurs orientations professionnelles.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Acquérir une culture d'entreprise par les présentations des projets
- Acquérir des compétences professionnalisantes par des séminaires proposés par les entreprises

2. Transversales

- Accroître la connaissance du monde industriel et de l'entreprise
- Élargir le spectre des projets industriels

Technologie sur site / présentations entreprises

Description du contenu de l'enseignement

Afin de faire découvrir aux étudiants l'environnement des entreprises, des visites sont organisées aux entreprises dans lesquelles les étudiants sont engagés en alternance. Cela a pour but de familiariser les étudiants avec le monde professionnel de l'entreprise mais aussi de partager leurs expériences. Lors de la visite, chaque étudiant présentera son projet aux autres étudiants.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Acquérir une meilleure connaissance des entreprises par des visites sur site
- Savoir présenter et défendre un projet

2. Transversales

- Savoir monter et gérer un projet
- Savoir présenter un projet et son environnement de travail
- Savoir choisir des éléments technologiques pour un projet

UE 1 - Semestre 4 - Option B

Internship valorisation (Valorisation de stage)

Description du contenu de l'enseignement

A l'issue du stage, les étudiants remettent un dossier de «valorisation de stage» et présente à l'oral ce que leur a apporté leur stage. Ce bilan des compétences est ensuite discuté en groupe pour permettre à l'étudiant de savoir mettre en avant ses compétences dans un entretien d'embauche.

L'objectif de cette étape importante est de :

- prendre du recul vis-à-vis de son stage et d'en extraire les valeurs les plus importantes ou prometteuses
- aborder non seulement les aspects techniques et scientifiques mais également les dimensions économiques et humaines

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Néant

2. Transversales

- Savoir développer une argumentation en faisant preuve d'esprit critique
- Savoir établir des stratégies de valorisation d'acquis, de résultats ou de projets
- Savoir s'adapter à différents contextes socio-professionnels au plan local, régional, national et international
- Savoir communiquer de façon claire et non ambiguë, dans un registre adapté à un public de spécialistes ou de non spécialistes en utilisant les supports appropriés

UE 2 - Semestre 4 - Stage de fin d'études

Soutenance de stage

Description du contenu de l'enseignement

Durant le semestre 10, les étudiants effectuent un stage de 6 mois, dans l'industrie ou en laboratoire. L'étudiant est responsable de sa recherche de stage.

Compétences à acquérir

1. Disciplinaires

- Savoir mettre en pratique l'ensemble des connaissances et compétences acquises durant tout le cursus de CMI

2. Transversales

- Savoir situer son rôle et sa mission au sein d'une organisation pour s'adapter et prendre des initiatives
- Savoir travailler de façon autonome tout en s'intégrant à une équipe dans un environnement professionnel
- Savoir maîtriser les techniques de recherche bibliographique pour élaborer et présenter une revue critique sur un sujet
- Savoir présenter clairement ses résultats en s'adaptant à son public