

**Objectifs de l'UE****Au terme de cette UE, les étudiants seront capables de :**

1. Acquérir la méthodologie de conception de circuits électroniques numériques basés sur l'emploi de composants à architecture programmable (FPGA).
2. Savoir mettre en œuvre les principes et les techniques vus en cours magistral, par l'écriture d'un code VHDL synthétisable et de son test-bench de simulation associé.
3. Concevoir des circuits synchrones sous forme de machines d'état (simples et de haut niveau)
4. Être capable de concevoir un circuit logique qui réalise un algorithme simple, en utilisant une méthodologie de partitionnement hard/soft.
5. Maîtriser la structure des systèmes embarqués
6. Principes de fonctionnement et l'utilisation des systèmes embarqués

**Description des ECUE****FPGA et systèmes électroniques associés**

- 1) Simulation des circuits logiques :
  - a. Simulation pilotée par les évènements, cycles delta
  - b. Langage VHDL pour la simulation des circuits logiques. Génération de testbenchs. Appropriation de l'outil logiciel Modelsim ;
- 2) Conception des circuits synchrones :
  - a. Machines à états finis : FSM, HLSM
  - b. De l'algorithme au circuit : partitionnement hard/soft

Une partie des enseignements ci-dessus sera appréhendée via une application concrète : réalisation d'un driver pour matrice de LED.

**Architecture des Systèmes Embarqués**

- 3) Introduction aux Systèmes Embarqués (SE)
- 4) Motivations : Pourquoi étudier les SE, Définitions : SE, System-on-Chip, Processeur, etc. Présentation de quelques systèmes embarqués : Xilinx Zynq-7000, ARM Cortex A3. Applications des Systèmes embarqués : Médecine, Transport (Driver assistant system DAS).
- 5) Contraintes dans la Conception des SE :
  - a) La consommation de puissance/Energie : Modélisation, outils pour la mesure, optimisation.
  - b) Fiabilité des SE : phénomène des fautes, amélioration de la robustesse : CRC, TMR, etc.
  - c) Sureté, Sécurité dans les SE
  - d) Mesure de performances, Efficacité.
- 6) Conception de SoC: Flot de Conception de SoC (Design Flow), Synthèse de haut niveau HLS Xilinx VIVADO.
- 7) Entrées/Sorties (E/S) dans les Systèmes Embarqués : Pooling, Interruptions (Vecteurs d'interruptions), DMA. Etude des E/S dans les systèmes ARM Cortex A3. TP sur carte Keil Cortex M3 ou Raspberry Pi 3.

- 8) Etude des systèmes embarqués dans l'automobile : Notion de ECU, Bus CAN, MOST. Conception de logiciel embarqué pour l'automobile.
- 9) Architecture Détaillée des Systèmes ARM Cortex A9 : Multi-cores. TP sur carte Zynq

### **Signaux numériques**

- 10) Intégrité du signal
  - a. Signal numérique : grandeurs caractéristiques et contenu fréquentiel
  - b. Lignes de transmission, réflexion et diaphonie
  - c. Règles de base pour assurer l'intégrité du signal
- 11) Signal d'horloge
  - a. Oscillateurs
  - b. Jitter et bruit de phase
  - c. Boucle à verrouillage de phase
- 12) Liaisons série bas niveau
  - a. Liaisons asynchrones
  - b. Liaisons synchrones
  - c. Liaisons rapides (SerDes – FPGA)
- 13) Génération de signaux
  - a. Synthèse numérique directe
  - b. CORDIC

### **Pré-requis**

Algèbre de Boole, circuits logiques combinatoires et séquentiels, Programmation Assembleur (ARM, MIPS ou X86), Programmation et architecture multi-cores,

### **Bibliographie**

- P. C. Pong, "Embedded SoPC design with NIOS II processor and VHDL examples", Wiley, 2011.
- R.C. Cofer, B.F. Harding, "Rapid system prototyping with FPGAs", Elsevier, 2006.
- J.F. Wakerly, "Digital design principles and practices", 4th edition, Prentice Hall, 2006.
- S. Brown and Z. Vranesic, "Fundamentals of digital logic with VHDL design", Mc Graw Hill, 2000.
- Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. Authors: Marwedel, Peter 2015
- A. Rushton, "VHDL for logic synthesis", Wiley, 2011.