

FPGA vs DSP appliqués aux convertisseurs de puissance

BEDDAR Antar, Maître de Recherche B
Division Energies Solaire Photovoltaïque - CDER
E-mail : a.beddar@cder.dz

Introduction

Les convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes d'énergies renouvelables permettent de transformer l'énergie électrique d'une forme à une autre tout en contrôlant sa direction et ses caractéristiques. Le contrôle permet de garantir une gestion efficace de l'échange de l'énergie électrique et de ses caractéristiques (facteur de puissance, forme d'onde des tensions et courants, taux de distorsion harmonique TDH...), la fiabilité de fonctionnement (tolérance aux défauts et continuité de service) et la précision du contrôle.

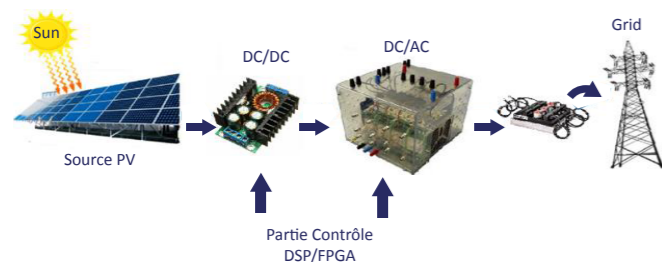


Figure 1. Configuration d'un système d'énergie renouvelable connecté au réseau

Les performances du contrôle dépendent essentiellement du contenu algorithmique implémenté et les capacités de calcul et d'intégration de la plate-forme numérique (circuits programmables) utilisée ; pratiquement, on distingue deux types de circuits programmables :

- Les circuits à base des processeurs, PIC (Programmable Interrupt Controller), DSP (Digital Signal Processor).
- Les circuits intégrés directement programmables de type FPGA (Field Programmable Gate Array).

Les circuits à base des DSP

Un DSP (Digital Signal Processor), est un composant électronique programmable. L'architecture de circuits à base DSP étant déjà fixé par le constructeur, on ne peut que modifier le programme pour adapter le circuit à la commande souhaitée du convertisseur de puissance. La programmation de ces circuits s'effectue en langage assembleur ou en langage C. Il est bien adapté aux tâches intensives en mathématiques extrêmement complexes, avec un traitement conditionnel [1].

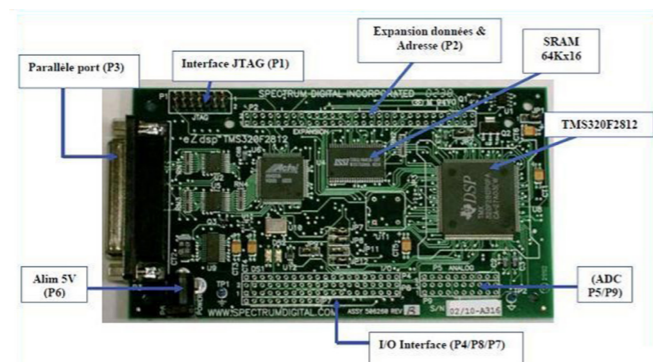


Figure 2. Carte de développement eZdsp F2812 TMS320F2812 DSP

Type des DSPs

Il est possible de distinguer deux familles des DSP selon la représentation des nombres qu'ils peuvent manipuler.

Les DSP à virgule flottante : sont plus souples et plus faciles à programmer que les DSP à virgule fixe. Les données manipulées sont représentés en utilisant une mantisse et un exposant: $n = \text{mantisse} \times 2^{\text{exposant}}$. Un DSP à virgule flottante comme le TMS320C30 traite des nombres formés avec une mantisse de 24 bits et un exposant de 8 bits.

Les DSP à virgule fixe : est un peu plus compliqué à programmer qu'un DSP à virgule flottante.

Les données sont représentées comme étant des entiers classiques. La représentation de ces nombres fractionnaires s'appuie sur la méthode du « complément à deux ». Dans un DSP à virgule fixe comme le TMS320C25, les nombres sont codés sur 16 bits [1].

Les circuits intégrés programmables de type FPGA

Un FPGA (Field-Programmable Gate Array) est un circuit intégré composé d'un grand nombre d'éléments logiques reliés entre eux grâce à une matrice de routage programmable. Le dispositif est programmé en connectant les portes ensemble pour former des multiplicateurs, des registres, des additionneurs, etc. Cette structure permet aux FPGA d'émuler n'importe quel circuit. La programmation de ces circuits s'effectue généralement en langage VHDL (Very High Density Language). L'utilisateur « construit » lui-même l'architecture de son composant en prévoyant les fonctions de commande et de contrôle souhaitées [2].

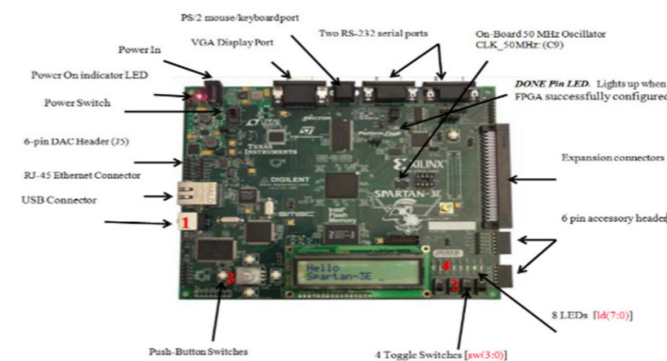


Figure 3. Carte de développement XILINX SPARTAN 3E.

Type des FPGA

Les cartes FPGA sont classées en trois familles suivant la technologie de mémorisation suivant leurs technologies de programmation.

Technologie de programmation par RAM : Les connexions sont des ensembles de transistors commandés, cette technologie permet une reconfiguration rapide des FPGA (Les fabricants sont XILINX et ALTERA).

Technologie de programmation par EEPROM ou FLASH : Cette technologie garde sa configuration mais un nombre limité de configuration avec une configuration plus lente. Les fabricants sont LATTICE et ACTEL.

Technologie de programmation par anti-fusible : Les points de connexions sont du type ROM, c'est-à-dire que la modification du point est inversible. Le fabricant est ACTEL.

Comparaison entre DSP ET FPGA

Comme décrit dans les sections précédentes, les algorithmes de contrôle dans les convertisseurs de puissance peuvent être implémentés sur différentes plates-formes numériques, les plus souvent basées sur DSP ou FGAs.

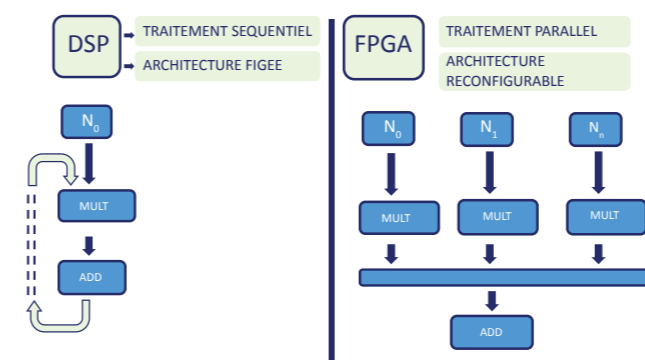


Figure 4. Schéma comparatif pour le mode d'exécution d'un DSP et d'un FPGA [3]

Le tableau 1 compare les capacités matérielles, les performances de deux kits de démarrage basés sur chaque technologie. Les deux cartes sont eZdsp F2812 de Spectrum Digital Inc. basé sur Texas Instruments TMS320F2812 DSP [4] et XCS1000 basé sur Xilinx Spartan-3 FPGA [5].

	eZdsp F2812 TMS320F2812 DSP	Spartan-3 XCS1000 FPGA
Clock	150 MHz	500 MHz
Peak MAC	150 M/s	3600 M/s
RAM On Chip	18 kBytes	432+120 kBytes (Block+Distributed)
RAM On Board	128 kBytes	1 MByte
ROM On Board	256 kbits (EEPROM)	2Mbits (Flash PROM)
ADC (12 bit)	16(2 S & H)	5 (External)
General Purpose I/O Software	56 Code Composer (limited)	173 ISE Design Suite (Free)
Price (US\$) (2013)	325.00	189.00

Conclusion

Les DSP et les FPGA peuvent exécuter des stratégies de contrôle pour commander des convertisseurs de puissance.

Particulièrement, le nombre réduit des S & Hs dans les DSP force la conversion A/D à être séquentielle, ce qui dégrade les performances. D'autre part, les FPGA peuvent effectuer toutes les conversions A/D en parallèle, réduisant ainsi l'impact de cette étape sur les performances globales. Ceci, combiné à son haut degré de parallélisme et de configurabilité, permet aux FGAs d'obtenir de meilleures performances en termes de temps de traitement et d'utilisation des ressources matérielles. Cependant, les DSP nécessitent des temps de développement plus courts, en particulier pour les techniques de contrôle avancées. Pour compenser cet inconvénient, le code HDL peut faire un usage intensif des bibliothèques de conception internes, exploitant ainsi des conceptions FPGA plus rapides et plus complexes.

Références

- Hu, Haibing, et al. «Design considerations for DSP-controlled 400 Hz shunt active power filter in an aircraft power system.» IEEE Transactions on Industrial Electronics 59.9 (2011): 3624-3634
- Monmasson, Eric, Lahoucine Idkhajine, and Mohamed Wissem Naouar. «FPGA-based controllers.» IEEE Industrial Electronics Magazine 5.1 (2011): 14-26.
- Detrey, Jérémie. Arithmétiques réelles sur FPGA : virgule fixe, virgule flottante et système logarithmique. Diss. École normale supérieure (Lyon), 2007.
- Texas Instruments, «TMS320F2812 eZdsp Start Kit (DSK)», Available: <http://www.ti.com/tool/tmdsezd2812>.
- Xilinx, Spartan «Spartan-3 FPGA Family Data Sheet» Dec. 4, 2009, Available: http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds099.pdf