

« CONCEPTION DE CIRCUITS MICROÉLECTRONIQUES DE COMMANDE POUR CONVERTISSEURS CONTINU-CONTINU À DÉCOUPAGE »

Eduardo Alarcón Cot

Departamento de Ingeniería Electrónica (DEE)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB)
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Directeur de la thèse : Dr. Alberto Poveda López

composition du Jury:

Prof. Jean Claude Marpinard (CNRS-LAAS Francia)
Prof. Luis Martínez-Salamero (ETSE-URV-Tarragona)
Prof. Francisco Duque-Carrillo (DEIE-Univ. Extremadura)
Dr. Alfonso Carlosena Cabeza (UPNA-Pamplona)
Dr. Jordi Madrenas Boadas (DEE-UPC-Barcelona)

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Afin d'améliorer la dynamique des systèmes de conversion de puissance, plusieurs lois de commande qui utilisent les variables d'état à dynamique rapide ont été proposées. À ce propos, nous pouvons citer, entre autres, les commandes de courant, les commandes en mode de glissement ou les commandes « one-cycle control ».

Par ailleurs, les commandes à logique floue permettent l'approximation de lois de commande non linéaire complexes qui peuvent à leur tour dépendre de variables à dynamique rapide, comme par exemple les commandes en temps minimal. Néanmoins, les commandes à logique floue exigent une grande quantité de calculs ce qui restreint leur domaine d'utilisation.

D'un point de vue technologique, toutes ces méthodes de commande sont difficiles à mettre en oeuvre à cause de la dynamique exigée aux circuits de la boucle de commande, qui ont affaire aux variables d'état à dynamique rapide. Ce problème s'aggrave dans les applications où la fréquence de découpage doit être élevée afin de réduire le poids et le volume des convertisseurs, comme dans le domaine aérospatial.

Cependant, les techniques en mode de courant permettent à l'heure actuelle la conception de circuits analogiques de grande largeur de bande capables de traiter les variables d'état à dynamique rapide. D'autre part, la conception en mode de courant permet de façon aisée la réalisation de fonctions du type agrégation (somme) pondérée de courants.

Compte tenu des arguments précédents, ce travail s'inscrit dans le cadre commun défini par l'interaction des domaines de la conversion de puissance à découpage, la commande non linéaire et la conception de circuits microélectroniques et propose divers circuits microélectroniques analogiques à dynamique rapide capables de réaliser différentes lois de commande non linéaires pour les convertisseurs continu-continu à découpage.

Le chapitre 2, de nature théorique, porte tout d'abord sur l'étude approfondie des caractéristiques analytiques entrée-sortie statiques des systèmes à logique floue dans le but d'analyser leur capacité d'approximation de fonctions non linéaires. Dans un premier temps un modèle analytique de ces relations est obtenu et comparé tant du point de vue fonctionnel comme structurel aussi bien avec des réseaux de traitement en parallèle (tels les réseaux de neurones) comme avec différents paradigmes d'approximation fonctionnelle (comme les « wavelets »). Cette comparaison amène à la définition d'un modèle unifié généralisé appelé système d'agrégation (i.e somme) locale. Les propriétés d'approximation de fonctions multidimensionnelles non linéaires de ce modèle sont justifiées à travers de trois approches différentes, à savoir :

- description orthogonale du modèle dans les espaces de Hilbert
- description du modèle moyennant les fonctions delta généralisées (δ -fonctionnelle)
- description de la reconstruction d'une fonction échantillonnée dans un espace multidimensionnel.

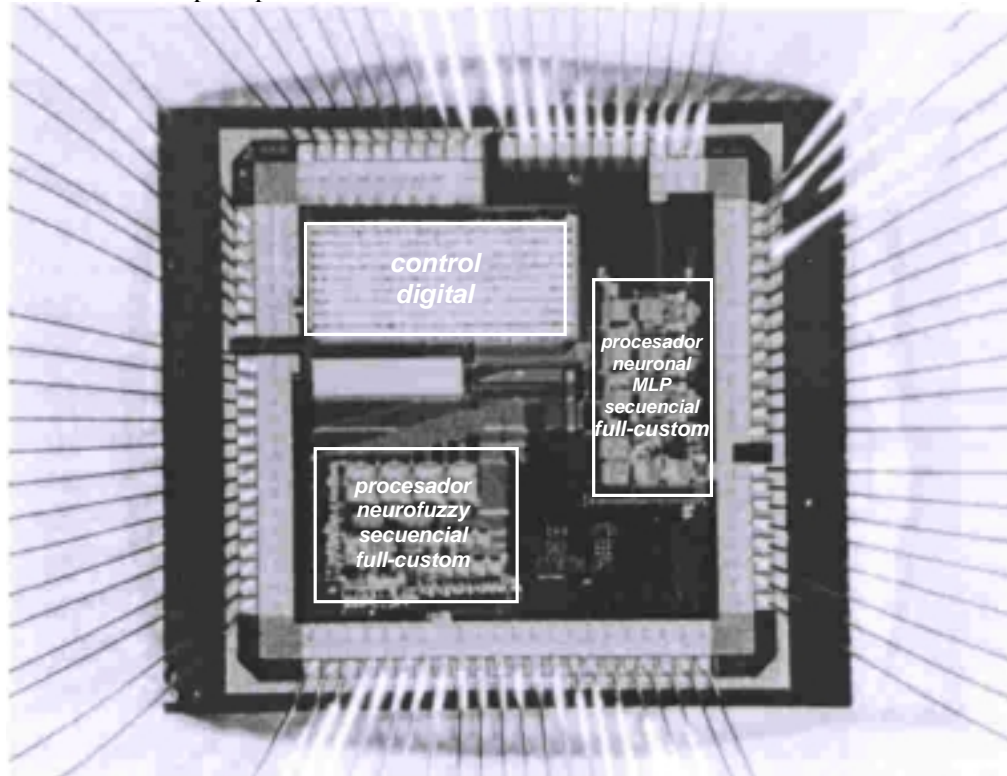
Cette étude est ensuite appliquée aux systèmes à logique floue du type Takagi-Sugeno d'ordre zéro et d'ordre un. Ces systèmes peuvent diviser l'espace en régions locales et disjointes et permettent d'assigner des modèles locaux affines (ce qui permet d'établir un parallélisme avec les modèles linéaires par morceaux), et qui sont interpolés par le système à logique floue. Le résultat de cette étude montre que ces systèmes à logique floue présentent de nombreux avantages par rapport à d'autres méthodes d'approximation. D'autre part, l'exploitation de ce modèle unifié permet de retrouver en partie des résultats connus dans les domaines de l'analyse, la modélisation et la synthèse de systèmes linéaires.

Dans un deuxième temps, la généralisation de l'étude au cas de systèmes dynamiques non linéaires démontre que la combinaison de systèmes à logique floue (qui admettent la description du modèle unifié d'agrégation locale) et d'intégrateurs linéaires peuvent être utilisés comme approximateurs universels de systèmes dynamiques non linéaires arbitraires. En particulier l'étude permet l'obtention de lois de commande du type PID non linéaire, fonctions de transfert non linéaires et systèmes de compensation par retour d'état non linéaires. Cette description conjointe de modèles à logique floue d'agrégation locale et d'intégrateurs linéaires est comparée à d'autres descriptions classiques de systèmes non linéaires comme les séries de Volterra et les modèles de Wiener. Finalement, cette étude permet de même la comparaison de différentes possibilités de conception microélectronique de ce type de systèmes à logique floue et propose un circuit intégré en mode de courant mixte numérique-analogique CMOS d'un système à logique floue du type Takagi-Sugeno d'ordre un.

Le chapitre 3 présente l'application des techniques en mode de courant à la conception de circuits microélectroniques de commande du type « one-cycle control » et de commande de courant (comme par exemple les modulateurs MC2). Tout d'abord ce chapitre analyse les expressions analytiques de ces lois de commande et discute la conception de circuits en mode de courant capables de les réaliser. Cette étude amène à proposer deux circuits microélectroniques analogiques CMOS qui sont testés par des simulations HSPICE au niveau de transistors.

Le chapitre 4 est consacré à la commande en mode de glissement. Il considère la possibilité, selon différentes zones de l'espace d'état, de différentes surfaces de glissement à description non linéaire. Ceci permet d'établir une extension de la commande floue dans le but d'inclure la commande « zonale » en mode de glissement. L'application des techniques en mode de courant permet la conception circuits analogiques capables de supporter ces lois de commande. Finalement, ce chapitre débouche sur la description complète d'un circuit microélectronique analogique BiCMOS pour la commande en mode de glissement d'un onduleur dont l'étage de puissance est constitué par un convertisseur abaisseur.

Finalement, le dernier chapitre présente les conclusions de ce travail et sa suite naturelle.



circuit intégré ASIC neurofuzzy