PREFACE
A L'EDITION FRANCAISE

L'ouvrage de Carver Mead et Lynn Conway représente l'événement le plus important dans le monde de la microélectronique depuis la première réalisation monolithique d'un ordinateur en 1972. Ce succès de la littérature technique correspond à une évolution importante dans la technique de conception de ces circuits et dans l'expérience de leurs concepteurs.

La microélectronique est née au début des années soixante. Il est devenu un lieu commun de constater le rythme avec lequel les produits de cette technologie s'insèrent dans notre vie de tous les jours. Les circuits intégrés digitaux nMOS, objet de cet ouvrage, sont certainement ceux dont l'évolution est la plus impressionnante. Cette croissance est due à un effort important de créativité pour réaliser de manière digitale de nombreux dispositifs jusqu'alors analogiques ou mécaniques.

La maîtrise de la conception des circuits intégrés ne s'est pas faite en un jour. La découverte des règles du jeu a nécessité la succession de plusieurs générations de concepteurs. Les premiers circuits intégrés, qui ne comportaient que quelques transistors, ont été conçus par les physiciens du solide qui inventaient la technologie. La réalisation de circuits intégrés de quelques milliers de transistors a été le fruit du travail d'électroniciens. Ceux-ci mirent au point les montages fondamentaux de la circuiterie intégrée qui diffèrent considérablement de ceux réalisés par l'assemblage de composants macroscopiques. Le dernier apport, objet de cet ouvrage, correspond à l'entrée en scène des informaticiens pour décomposer et structurer la conception de circuits regroupant quelques centaines de milliers de transistors. En effet, la conception "structurée" d'un circuit intégré de cette complexité possède beaucoup de points méthodologiques communs avec la programmation structurée d'un gros logiciel.

L'aboutissement de la conception d'un circuit intégré est le dessin "optimisé" de ses masques. Cette étape, de loin la plus importante, consiste à inventer une structure topologique plane qui résolve le problème posé. Ce tra-

vail d'architecte fait que pour longtemps encore, ce domaine des techniques de pointe, restera encore l'un dans lequel l'homme se sentira un artisan, ou peut-être un artiste.

Le comportement des circuits intégrés digitaux, complexes ou non, se décrit naturellement à l'aide d'algorithmes. Cette notion, fondement de l'informatique, sert à décrire formellement un comportement constitué d'un enchaînement, souvent complexe, d'actions élémentaires. La vision moderne de la conception des circuits intégrés digitaux, présentée dans cet ouvrage, correspond justement à la transposition d'un algorithme en une topologie intégrable. La conception des circuits très complexes par l'automatisation de cette transposition, appelée la "compilation de silicium", constitue le thème de recherche actuel des plus grandes universités.

Cette profonde évolution des techniques de conception des circuits intégrés ne pouvait se développer que si elle était accompagnée de la création d'un enseignement adéquat. Il faut alors parler du génie des auteurs qui ont bâti de toutes pièces la pédagogie et l'ensemble des outils qui la rende applicable. La vision simplifiée des problèmes est très adaptée à l'initiation tandis que l'enthousiasme qui s'en dégage, reflet de celui de ses auteurs, motive les étudiants et chercheurs ambitieux à conquérir ce domaine riche d'avenir professionnel et académique. L'outil pédagogique est en tout point remarquable puisqu'il permet aux organismes d'enseignement et de recherche d'avoir accès à la réalisation effective de circuits intégrés dans le cadre de leurs budgets d'enseignement et de recherche.

Cet outil pédagogique est complet puisqu'il va depuis une vision simplifiée des règles technologiques jusqu'à une technique de partage de coût des opérations technologiques en passant par une proposition de standarisation des interfaces entre les outils logiciels de conception. L'efficacité de cet outil est tellement reconnue que les règles technologiques "Mead - Conway", et l'interface qu'elle présuppose avec la technologie, sont maintenant quasi universellement utilisées pour l'enseignement et la recherche en conception des circuits intégrés nMOS. Leur adaptation à la technologie CMOS, qui prend de plus en plus d'importance, est d'ailleurs amorcée.

La standardisation d'un langage graphique élémentaire a été la clef d'une coopération active entre universités, centre de recherches et certaines industries qui a fortement contribué à la création d'un important potentiel de recherche américain dans ce domaine.

La diffusion des outils standardisés a permis également une démultiplication de l'effort en facilitant le démarrage de nouvelles équipes.

La possibilité de faire réaliser des circuits intégrés à but d'enseigne-

ment et de recherche découle de la mise au point par les auteurs d'une technique de multiplexage des problèmes sur un même jeu de masques et de tranches. La réalisation des circuits multiplexés a débuté aux Etats-Unis dès 1979 à la suite du cours que Lynn Conway a donné à cette époque au MIT. Très rapidement, cette technique s'est répandue au niveau mondial en s'adaptant aux conditions locales. Des intendances de réalisation de ce type de circuit existent maintenant en France, Grande-Bretagne, Scandinavie, Australie, ainsi qu'en Suisse et au Brésil sous une forme quelque peu différente.

Il est important de rappeler ici que la France occupe une place très honorable dans cet effort. La recherche en conception y existe depuis longtemps. L'intérêt pour la conception des circuits complexes s'est opéré dès 1977 grâce aux travaux de Jean Gastinel. L'effort français de recherche dans le domaine des circuits intégrés silicium a été efficacement développé par le GCIS (Groupement CNRS/LETI/CNES) tandis qu'un enseignement spécialisé se mettait en place avec l'aide de l'ADI. Les résultats obtenus sont caractérisés par des coopérations très étroites avec l'industrie nationale et étrangère. Le premier Circuit Multiprojet Français (CMP 81) a été lancé par l'IMAG en coopération avec l'Université de Louvain la Neuve dès février 1981, suivi d'un autre circuit CMP en 1982, qui regroupait, sous la responsabilité de l'IMAG, vingt-sept projets, et pour lequel les tranches furent réalisées au CNET Grenoble.

Cette traduction de l'ouvrage de Carver Mead et Lynn Conway reflète l'activité de cette communauté puisque le travail fut partagé entre neuf spécialistes qui ont de ce fait démontré la complémentarité de leurs efforts.

Les Traducteurs :

A. Alabau, *Ecole Technique Supérieure des Ingénieurs des Télécommunications de Barcelone*

F. Anceau, *Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble*

R. Etiemble, *Institut de Programmation*

S. Guiboud-Ribaud, *Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne*

G. Mazare, *Centre National d'Etudes des Télécommunications*

J.P. Moreau, *EFCIS*

G. Noguez, *Institut de Programmation*

J. Rohmer, *Compagnie des Machines Honeywell Bull*

C. Trullemans, *Université de Louvain-la-Neuve*