



**HAL**  
open science

**Étude par co-simulation du principe d'une  
Interconnexion RF associée à un multiplexage CDMA**  
Yves Constant Mombo Boussougou, Thierry Le Gougec, Yves Quéré, Fabrice  
Huret

► **To cite this version:**

Yves Constant Mombo Boussougou, Thierry Le Gougec, Yves Quéré, Fabrice Huret. Étude par co-simulation du principe d'une Interconnexion RF associée à un multiplexage CDMA. GDR SOC-SIP 2009, Jun 2009, Paris, France. hal-00516057

**HAL Id: hal-00516057**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-00516057v1>**

Submitted on 8 Sep 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Etude par co-simulation du principe d'une Interconnexion RF associée à un multiplexage CDMA

Y. C. Mombo Boussougou, T. Le Gougec, Y. Quéré, F. Huret  
Université Européenne de Bretagne ; Université de Brest ;  
Lab-STICC UMR CNRS 3192  
6, Avenue Le Gorgeu CS93837, 29238 BREST Cedex 3 France  
e-mail : constant.mombo@univ-brest.fr

**Résumé**—Dans ce papier nous développons de nouvelles interconnexions, de type radiofréquences, pour remplacer les interconnexions classiques de circuits numériques. A l'aide d'outils de co-simulation, nous avons modélisé ce principe d'interconnexion associé à un multiplexage numérique de type CDMA et une modulation d'amplitude. A titre d'exemple, nous présentons la réponse fréquentielle d'un canal radiofréquence ainsi que les différents signaux observables le long de la chaîne. Cette modélisation pourra par la suite être utilisée afin de développer le concept d'interconnexion radiofréquence.

**Mots clés**—Interconnexions radiofréquences, couplage, multiplexage, modulation, co-simulation.

## I. INTRODUCTION

Les performances des circuits intégrés ou des circuits sur PCB haute densité sont actuellement limitées par les parasites introduits par les interconnexions et notamment celles des niveaux globaux. Les interconnexions introduisent des retards sur les signaux ainsi que des déformations, de la diaphonie etc. [1][2].

Pour pallier ces inconvénients, il est devenu nécessaire de développer de nouvelles structures de propagation (ou interconnexions) reliant les différents blocs d'un système intégré sur puce ou en boîtier, tout en limitant les effets parasites. Nous pouvons par exemple citer les interconnexions optiques pour lesquelles l'information est véhiculée sur des guides optiques et les interconnexions sans fils où l'information est cette fois transmise par voie hertzienne [3].

Nous proposons dans cette communication l'étude du concept innovant d'interconnexions « microondes » ou interconnexion RF. Ce concept est basé sur une transposition haute fréquence des signaux numériques et sur le transport de ces signaux sur un guide d'onde radiofréquence [4].

Dans la première partie de ce papier nous présentons plus précisément le principe des interconnexions radiofréquences et nous développons, dans la deuxième partie, les éléments de co-simulation numérique-analogique nécessaires à l'étude et l'optimisation des ces interconnexions. Nous illustrons notamment cette étude par le cas de la transmission par multiplexage numérique encore appelé accès multiple à répartition par code (CDMA) associée à une modulation d'amplitude.

## II. PRINCIPE DES INTERCONNEXIONS RF

Les interconnexions RF fonctionnent selon le principe décrit par le schéma de la figure 1. Elles ont pour but de remplacer un bus de données de N bits par une seule ligne radiofréquence. L'utilisation de techniques de multiplexage et de modulation permet de transmettre simultanément l'ensemble des signaux numériques du bus. Parmi les techniques de multiplexage envisageables pour ce concept, citons notamment les accès multiples à répartition par code (CDMA) ou bien à répartition fréquentielle (FDMA). L'accès à la ligne RF peut se faire par l'intermédiaire de couplages capacitifs, inductifs ou au travers de trous métallisés (vias). L'utilisation des couplages capacitifs ou inductifs ont l'avantage de permettre la réduction du bruit « basse fréquence » engendré par les différents blocs numériques.

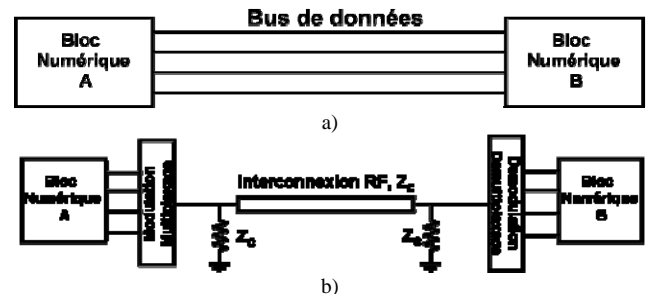


Fig. 1. Principe des interconnexions RF.

a)-Bus d'interconnexions classiques ; b)-Interconnexion Radiofréquence

## III. ETUDE DE LA TRANSMISSION PAR COSIMULATION

De façon à étudier, simuler et optimiser les interconnexions RF, il est nécessaire de mettre en place des outils de co-simulation numérique-analogique. Ces outils permettront ainsi de mettre en évidence le comportement d'un système mixte (Numérique/Analogique) sur puce ou sur carte.

Nous avons pour cela utilisé le logiciel de simulation circuit ADS d'Agilent™, qui permet de simuler la partie numérique de la chaîne de transmission mais également le comportement des circuits RF : l'émetteur, le canal analogique et le récepteur.

### A. Analyse de la chaîne CDMA

Pour illustrer notre démarche de modélisation, nous présentons ici l'étude de la transmission simultanée de quatre signaux numériques sur une interconnexion RF. Dans cet

exemple nous considérons un multiplexage numérique de type CDMA associé, pour des raisons de simplicité de réalisation en technologie CMOS, à une modulation d'amplitude haute fréquence. Nous présentons figure 2 le synoptique complet du système modélisé.

Le multiplexage numérique consiste à multiplier les signaux à transmettre par des codes de « Walsh » orthogonaux, puis à en faire la somme. On réalise ensuite une modulation d'amplitude sur cette somme de façon à accéder au canal de transmission. Dans nos simulations, le canal de transmission est un élément analogique issu de la modélisation ou de la simulation électromagnétique ou de la mesure. En réception nous trouvons des éléments de démodulation d'amplitude et les fonctions de démultiplexage numérique.

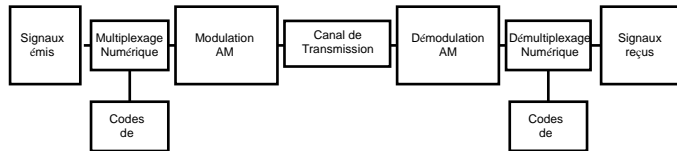


Fig. 2. Synoptique Chaîne de transmission CDMA

### B. Modélisation du canal analogique

De manière à prendre en compte les aspects technologiques, nous avons ainsi envisagé différents types de canaux de transmission RF. Nous avons notamment exploré des configurations telles que la disposition « microruban-fente-microruban » [5] dont le modèle est présenté figure 3. Nous pouvons remarquer que ce dispositif se comporte comme une fonction « passe-haut » dont la réponse en fréquence est relativement plate et cette double transition présente de pertes relativement faibles au delà d'environ 30 GHz.

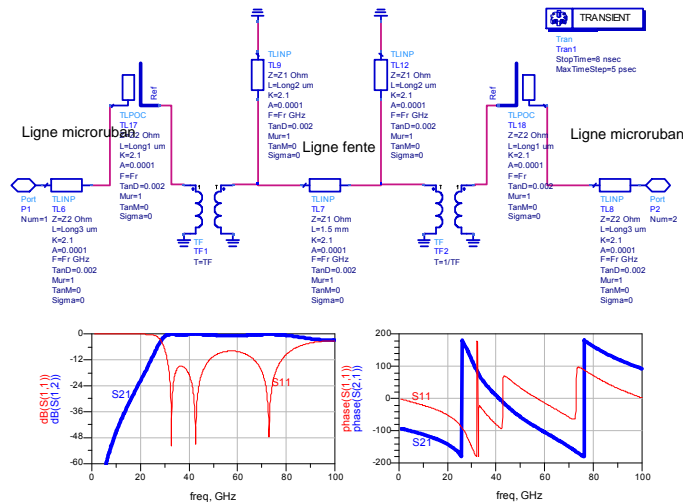


Fig. 3. Modèle d'une transition microruban-fente-microruban, paramètres S simulés

### C. Analyse globale de l'interconnexion RF

Pour illustrer la modélisation que nous avons développée, nous présentons figure 4 l'allure des signaux à différents endroits de la chaîne de transmission.

Nous montrons notamment le signal numérique à l'issue du multiplexage, les signaux modulés (à la fréquence de 40 GHz) de part et d'autres du canal RF et le signal analogique après la démodulation d'amplitude.

L'utilisation de ces co-simulations va nous permettre tester différents canaux de transmission et d'évaluer la complexité des circuits à mettre en œuvre pour réaliser une interconnexion RF.

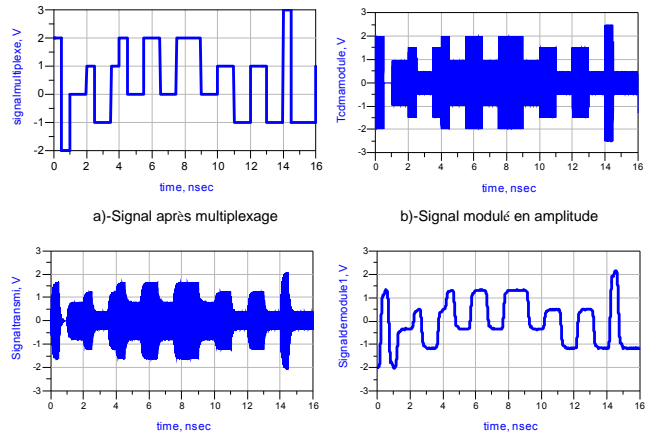


Fig. 4. Différentes formes du signal sur la chaîne de transmission

## IV. CONCLUSION

Afin de développer de nouveaux types d'interconnexions devant remplacer les interconnexions classiques, nous avons modélisé complètement le concept d'interconnexions radiofréquences. Cette modélisation, basée sur une approche co-simulation numérique-analogique, nous permet de tenir compte des imperfections engendrées par le canal hyperfréquence et ainsi d'estimer les taux d'erreurs et autres paramètres de transmission.

Elle sera notamment utilisée pour estimer différents types d'accès à la ligne radiofréquence, comme par exemple les transitions microruban-fente-microruban ou coplanaire-microruban-coplanaire.

## REFERENCES

- [1] Ron Ho, Kenneth W. Mai, Mark A. Horowitz, "The Future of Wires," Proc. of the IEEE, vol. 89, pp. 490-504, no.4, April 2001.
- [2] International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) 2005-2007.
- [3] J. A. Davis *et al.*, "Interconnect limits on gigascale integration (GSI) in the 21<sup>st</sup> century," Proc. of the IEEE, vol. 89, pp. 305-324, March 2001.
- [4] Y. C. Mombo Boussougou *et al.*, "Electromagnetic Analysis of RF-Interconnect", Workshop IEEE Signal Propagation on Interconnect, May 2008.
- [5] K. C. Gupta *et al.*, "Microstrip Lines et Slotlines", Second Edition.