

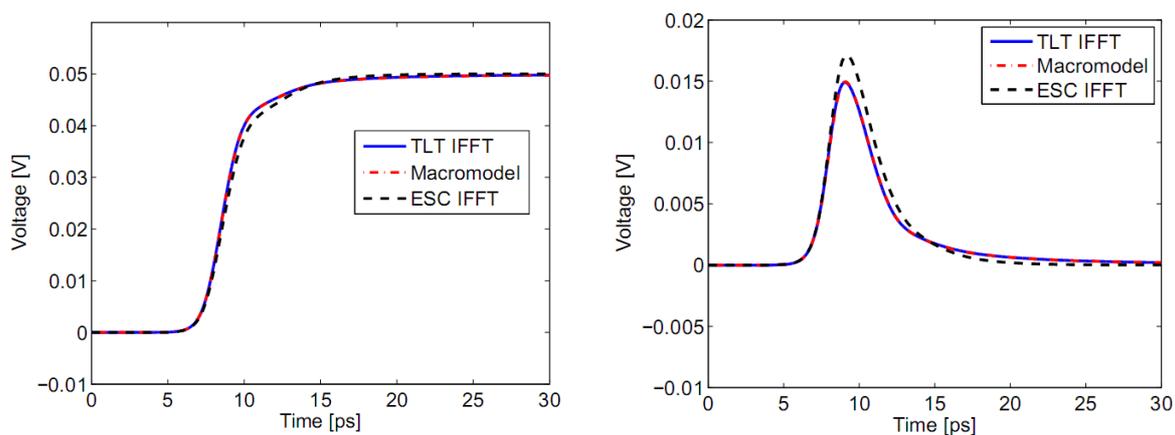
## MODELLI DI ORDINE RIDOTTO DI INTERCONNESSIONI NANOMETRICHE

Giulio Antonini\*, Francesco Ferranti\*\*, A. Orlandi\*

\* *UAq EMC Laboratory*, Dip. di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione,  
Università degli Studi dell'Aquila  
Via Campo di Pile, 67100, L'Aquila (AQ)

\*\* Dip. of Information Technology (INTEC), Ghent University-IBBT,  
Sint Pietersnieuwstraat 41, 9000 Ghent, Belgium,

La crescente densità dei circuiti integrati ed il costante aumento della velocità dei segnali è causa nelle interconnessioni VLSI di notevoli problemi di integrità del segnale e compatibilità elettromagnetica. E' altresì noto che la riduzione della sezione dei conduttori in rame e l'aumento della loro lunghezza determina un aumento della resistenza e capacità, con un conseguente aumento del ritardo di propagazione. Negli ultimi dieci anni l'interesse dei ricercatori si è indirizzato ai nanotubi di carbonio come potenziali sostituti del rame per le interconnessioni VLSI, in virtù delle loro eccezionali proprietà di stabilità meccanica e termica ed elevata conducibilità termica, unite alla loro capacità di sostenere correnti di grande intensità. Gli elevati valori di resistenza e induttanza cinetica del singolo nano tubo di carbonio può essere ridotta realizzando fasci di nanotubi costituiti da tanti nanotubi collegati in parallelo. Ordinariamente, tale sistema elettromagnetico viene analizzato con il formalismo delle linee di trasmissione. E' proprio il grande numero di nanotubi presenti nel singolo fascio che rende la loro analisi di grande complessità tanto da rendere necessario il ricorso a modelli semplificati. L'attività di ricerca è stata indirizzata allo sviluppo di modelli di ordine ridotto di fasci di nanotubi che consentano un accurata analisi nel dominio del tempo sia del degli effetti di diafonia che di integrità del segnale [1-3]. In particolare, l'utilizzo della funzione diadica di Green per il problema di propagazione unidimensionale [4] ha consentito di individuare direttamente un modello rigoroso del sistema in forma di stato e, dunque, di evitare il ricorso alla trasformata di Fourier, rendendo pertanto possibile l'introduzione di terminazioni non lineari.



**Fig. 1** – Tensione alle porte di uscita di due fasci di nanotubi. I risultati del macromodello (Macromodel) sono stati confrontati con quelli ottenuti attraverso la trasformata inversa di Fourier sia a partire dal modello rigoroso nel dominio della frequenza che con quelli del modello del conduttore equivalente (ESC IFFT).

## Referenze

- [1] G. Antonini, A. Orlandi, “Reduced Order Modeling for Transient Analysis of Carbon Nanotubes Interconnects”, in *Proc. of 2007 IEEE EMC Symposium*, Hawaii, Honolulu, 2007.
- [2] G. Antonini, A. Orlandi, L. Raimondo, F. Ruscitti, “Signal Integrity of Nanotubes-Interconnects”, in *Proc. of EMC Zurich 2009*.
- [3] G. Antonini, A. Orlandi, L. Raimondo, “Advanced Models for Signal Integrity and Electromagnetic Compatibility-Oriented Analysis of Nano-Interconnects”, *IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility*, vol. 52, n. 2, pp.447-454, 2010.
- [4] G. Antonini, “A Green's Function Based Method for the Transient Analysis of Lossy and Dispersive Multiconductor Transmission Lines”, in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. vol. 56, n. 4, pp. 880-895, April 2008.