

NANOTUBI DI CARBONIO PER INTERCONNESSIONI VLSI AD ELEVATA VELOCITÀ

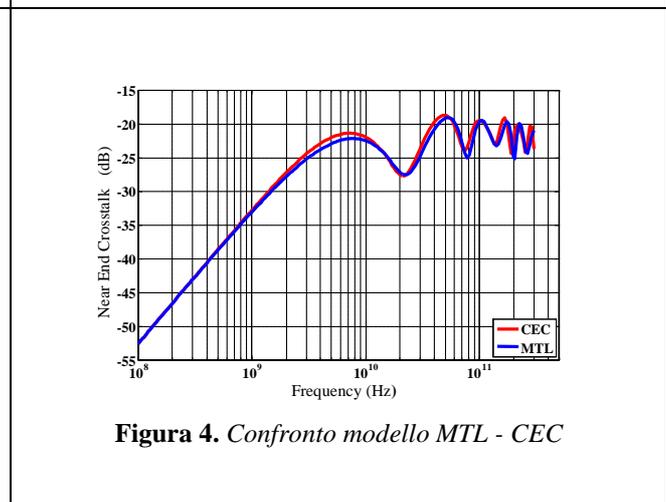
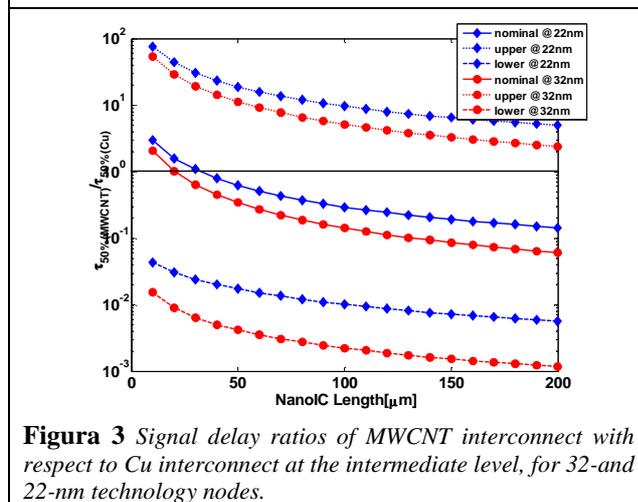
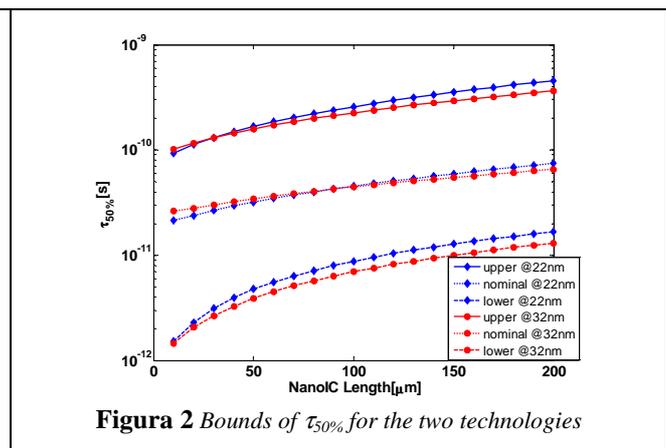
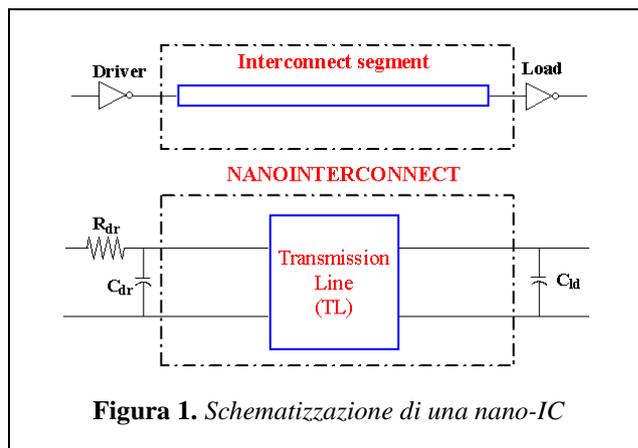
*Luigi Egiziano, Biagio De Vivo, Alessandro Giustiniani, Patrizia Lamberti,
Giovanni Spinelli, Vincenzo Tucci, Walter Zamboni*

DIIE, Università degli Studi di Salerno
Via Ponte don Melillo 1, 84084, Fisciano (SA)

La continua riduzione delle dimensioni dei dispositivi nonché l' aumento delle frequenze di lavoro e delle densità di potenza in gioco richiedono il ricorso a soluzioni alternative a quelle attualmente impiegate per le interconnessioni in circuiti integrati su larga scala (VLSI).

Ad esempio, il rame, classico materiale sinora universalmente impiegato, risulta inadeguato per le future specifiche richieste in tali applicazioni in cui esibisce rilevanti degradazioni in termini di prestazioni elettriche ed elettromagnetiche [1]. A tal fine, i nanotubi di carbonio (CNT), costituiti da uno (Single Walled – SWCNT, con natura conduttiva o semiconduttiva) o più (Multi-Walled CNT – MWCNT, tipicamente conduttivi) fogli di grafite arrotolati su se stessi a formare una struttura cilindrica allungata con diametri dell'ordine dei nanometri e lunghezze dell'ordine delle decine di micron, sono stati proposti come possibile alternativa. L'interesse della ricerca nell'analisi delle prestazioni dei CNTs impiegati come interconnessioni nasce dalle loro caratteristiche in termini di libero cammino medio (ordine dei μm), densità di corrente elevata, ottime proprietà termiche e meccaniche.

L'attività di ricerca, sviluppata principalmente nell'ambito del progetto UE “Carbon nanotube Technology for High-speed next-generation nano-Interconnections (CATHERINE), ha riguardato lo studio di possibili interconnessioni basate su nanotubi e l'analisi delle prestazioni al variare di alcuni parametri geometrici e fisici. Dal punto di vista della modellistica, sono stati considerati sia modelli classici per la descrizione delle proprietà di trasporto lungo i nano tubi, sia modelli più avanzati basati su una descrizione di tipo ‘fluidico’. A partire da tali modelli, le prestazioni di tali interconnessioni sono state analizzate mediante modelli circuitali derivati dalla teoria delle linee di trasmissione sia a singolo che a multi conduttore [2]. È sorta quindi, sulla base di tali modelli l'esigenza di sviluppare circuiti equivalenti a singolo conduttore sia per i bundles che per i multiwall che consentono una semplice e rapida implementazione in software circuitali tipo Spice [4-5], per poi effettuare sia un'analisi nel dominio del tempo (valutazione del ritardo al 50%) che nel dominio della frequenza (banda passante) [6]. Formulati tali modelli, sono state definite opportune funzioni obiettivo che hanno permesso di individuare, mediante l'utilizzo di tecniche di ottimizzazione e analisi di sensitività (analisi ai vertici, analisi Montecarlo ed aritmetica degli intervalli), i fattori più rilevanti che maggiormente influenzano le prestazioni delle nanointerconnessioni [3], la robustezza ed i *range* associati ai parametri ed alle prestazioni considerate [8]. Inoltre, sono stati considerati problemi di compatibilità elettromagnetica. Particolare attenzione è stata pertanto rivolta all'analisi del crosstalk presente tra più linee adiacenti [9]. Tali fenomeni sono stati descritti ed analizzati mediante la teoria delle linee di trasmissione multiconduttore e a partire da quest' ultima è stato ricavato un modello equivalente a due conduttori accoppiati, il Coupled Equivalent Conductor (CEC-TL) [7].



Referenze

- [1] Int. Tech. Roadmap for Semiconductors, 2008, <http://public.itrs.ne>.
- [2] L. Egiziano, A. Giustiniani, V. Tucci, W. Zamboni: "Performance Analysis of CNT-Based Interconnects", Proceedings of 9th Nanotechnology Conference - IEEE NANO 2009. Genova (Italy), July 26-30, 2009, vol. 1, p. 78-81, ISBN/ISSN: 978-981-08-3694-8 (RPS).
- [3] P. Lamberti, M.S. Sarto, A. Tamburrano, V. Tucci: "Impact of Physical Parameters on Time-Delay Performances of CNT-based Interconnects", Proceedings of 9th Nanotechnology Conference 2009 IEEE NANO. Genova (Italy), July, 26-30, 2009, vol. 1, p. 66-69, ISBN/ISSN: 978-981-08-3694-8 (RPS).
- [4] B. De Vivo, P. Lamberti, G. Spinelli, V. Tucci, "A Modular Approach for the Simulation of a Parameter Dependent SWCNT Interconnect" *Proc. of CAS2009 Conference*, October 2009, Sinaia (Romania).
- [5] B. De Vivo, P. Lamberti, G. Spinelli, V. Tucci, "A Simulation Tool for the Evaluation of the Performances of a Nanointerconnect Based on SWCNT" *accepted to "Romanian Journal of Information Science and Technolgy- ROMJIST"*
- [6] A. Giustiniani, V. Tucci, W. Zamboni, Modelling Issues and Performance Analysis of High Speed Interconnects Based on a Bundle of SWCNT, *accepted to IEEE Trans. On Electron Devices*.
- [7] L. Egiziano, A. Giustiniani, V. Tucci, W. Zamboni, "Equivalent Single Conductor Capacitance Extraction for Densely-Packed CNT Bundle Interconnects via an Integral Formulation", *Proc. Of CEFC Conference*, May 2010, Chicago (USA).
- [8] B. De Vivo, P. Lamberti, G. Spinelli, V. Tucci, "Reliable bounds for the propagation delay in VLSI nano interconnects based on Multi Wall Carbon Nano Tubes" , *Proc. of SPI*, May 2010, Hildesheim (Germany).
- [9] L. Egiziano, A. Giustiniani, G. Spinelli, V. Tucci, W. Zamboni, "Crosstalk Modelling and Analysis of Interconnects based on Carbon Nanotubes Bundles", *Proc. of SPI*, May 2010, Hildesheim (Germany).