

Modellistica e Simulazione Multiphysics dei Circuiti dell'Elettronica Moderna

L.Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, M. Santomauro, N. Spennagallo
Dipartimento di Elettronica e Informazione
Politecnico di Milano - Campus Leonardo
via Ponzio 34/5, 20133 MILANO

I circuiti dell'elettronica di ultima generazione sono caratterizzati da un sempre più spinto livello di miniaturizzazione (es. tecnologia nanometrica) e dalla convivenza di blocchi funzionali analogici (oscillatori, amplificatori) con sezioni di elaborazione digitale e dispositivi di potenza. In essi inoltre assumono grande rilievo aspetti e fenomeni parassiti non desiderati di natura elettro-magnetica o conseguenti all'auto e mutuo riscaldamento dei dispositivi.

Il progetto di tali circuiti e la verifica di affidabilità richiede nuove capacità sia in termini di modellizzazione dei fenomeni parassiti spesso di natura fisica diversa (multiphysics) sia in termini di metodi ed algoritmi di simulazione.

In questo ambito l'attività di ricerca condotta dal nostro gruppo si è in particolare focalizzata sulla modellistica e simulazione dei fenomeni parassiti termici ed elettro-termici che si verificano a livello di singola gate, a livello dell'intero substrato oppure all'interno di strutture geometricamente complesse quali le interconnessioni metalliche fra le gates.

Base comune di analisi è la identificazione di adeguate reti termiche a parametri concentrate in grado di catturare il fenomeno di diffusione e accumulo del calore nel silicio e di scambio con l'ambiente esterno. La descrizione omogenea del sistema elettrico e del fenomeno termico attraverso una rete equivalente permette quindi di analizzare il comportamento congiunto che nasce dall'interazione multi-physics.

L'attività svolta ha riguardato tra l'altro i seguenti punti:

- a) realizzazione di un estrattore di reti termiche a partire dalla geometria dei layout;
- b) impiego dell'estrattore su semplici gates digitali per valutare i fenomeni di auto riscaldamento e studio dell'entità dei fenomeni in funzione delle condizioni al contorno del problema termico;
- c) individuazione di un metodo semplificato per incorporare gli aspetti termici in una descrizione ad alto livello della gate. Tale modello ad alto livello ha la funzione di consentire l'ottimizzazione del layout includendo gli aspetti termici tra le specifiche di progetto.

La simulazione elettrica dei circuiti che vengono prodotti dalla modellizzazione multiphysics e/o in presenza di circuiti ibridi analogico-digitale introduce nuove difficoltà che limitano l'accuratezza, l'affidabilità e l'efficienza delle tecniche numeriche convenzionali e impongono la sperimentazioni di nuovi algoritmi.

In questo ambito l'attività del gruppo è stata focalizzata sullo sviluppo di tecniche innovative per l'analisi di circuiti switching per applicazioni RF e di potenza.

Tali tecniche di simulazione sono state implementate in un simulatore prototipo sviluppato in ambiente MATLAB.

Bibliografia

- [1] L. Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, "Compact Modeling of Electrical Devices for Electro-Thermal Analysis," *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, Vol. 50, No. 4, 2003, pp. 465-476.
- [2] L. Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, "Multi-point Moment Matching Reduction From Port Responses of Dynamic Thermal Networks," *IEEE Trans. on Components and Packaging Technologies*, Vol. 28, No. 4, 2005, pp. 605-614.
- [3] P. Maffezzoni, L. Codecasa, D. D'Amore, "Event-Driven Time Domain Simulations of Closed-Loop Switched Circuits", *IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, Vol. 25, No. 11, pp. 2413-2426, 2006.
- [4] L. Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, "Parametric Compact Models by Directional Moment Matching", International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Kos, Grecia, 21-24 Maggio 2006.
- [5] P. Maffezzoni, L. Codecasa, D. D'Amore, "Time-Domain Simulation of Nonlinear Circuits through Implicit Runge-Kutta Methods," *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, Vol. 54, No. 2, pp. 391-400, 2007.
- [6] L. Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, "Thermal Networks from Phonon Boltzmann's Transport Equation: Part I – Fundamentals", Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC), Budapest, Ungheria, 17-19 Settembre 2007.
- [7] L. Codecasa, D. D'Amore, P. Maffezzoni, "Thermal Networks from Phonon Boltzmann's Transport Equation: Part II – Compact Modeling", Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC), Budapest, Ungheria, 17-19 Settembre 2007.
- [8] L. Codecasa, "Compact Models of Dynamic Thermal Networks with Many Heat Sources," *IEEE Trans. on Components and Packaging Technologies*, Vol. 30, No. 4, pp. 653-659, 2007.
- [9] P. Maffezzoni, L. Codecasa, D. D'Amore, M. Santomauro, "Semi-Implicit Integration Method for the Time-Domain Simulation of Thermal Responses," accettato per la presentazione a International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 18-21 Maggio 2008.
- [10] N. Spennagallo, L. Codecasa, P. Maffezzoni, D. D'Amore, "Evaluating the Effects of Temperature Gradients and Current Non-uniformity in On-Chip Interconnects" accettato e in corso di stampa su *Microelectronic Journal*.