

IDENTIFICAZIONE DI MACROMODELLI PARAMETRICI STABILI E PASSIVI DA DATI SPERIMENTALI

Piero Triverio, Stefano Grivet-Talocia, Alessandro Chinea

Dipartimento di Elettronica - Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino

La progettazione dei moderni sistemi di elaborazione dell'informazione è possibile solo con tecniche numeriche di simulazione ed ottimizzazione del layout accurate ed affidabili. Particolarmente impegnative sono le analisi di Integrità di Segnale nelle strutture di interconnessione (bus, cavi, chip package, connettori) poiché richiedono di integrare, in una simulazione di transitorio tradizionale, dispositivi caratterizzati dalla loro impedenza, ammettenza o dai parametri scattering campionati su una banda molto larga [1,2].

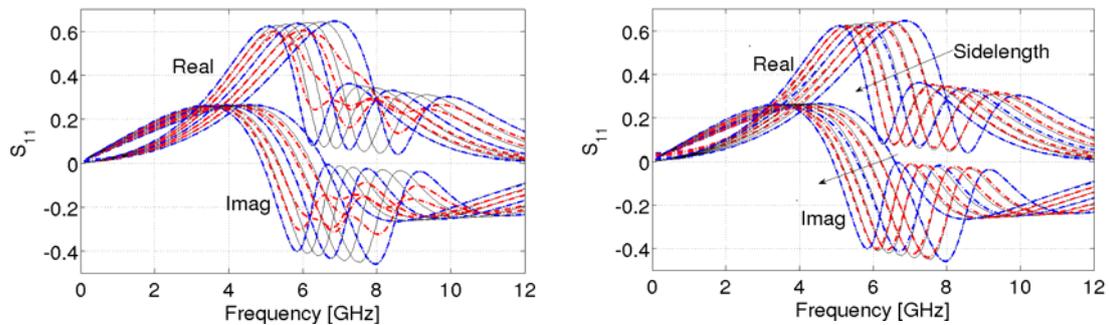
La macromodellazione è una delle metodologie più diffuse per risolvere questo problema [1,2]. Essa consiste nel costruire una matrice di funzioni razionali che approssimi i campioni in frequenza e possa essere convertita in un circuito equivalente. Affinché il modello risulti stabile in qualunque condizione di simulazione è importante che rispetti le proprietà fisiche di causalità, stabilità e passività che l'interconnessione reale possiede [5]. Accanto agli algoritmi tradizionali di macromodellazione [1,2], sono stati recentemente proposti diversi algoritmi capaci di includere nel modello alcune variabili simboliche di interesse per il progetto [3,4,6-10]. La causalità, stabilità e passività di modelli parametrici è un problema solo parzialmente risolto in letteratura. Infatti, solo le tecniche [6,7] consentono di generare modelli parametrici passivi per qualunque valore dei parametri. Questi metodi, tuttavia, impongono che i poli del modello siano costanti rispetto al parametro, riducendone notevolmente l'accuratezza e l'efficienza [8,9].

In [8,9] gli Autori hanno proposto una formulazione innovativa che supera queste limitazioni. Questa formulazione supporta infatti una completa parametrizzazione dei poli e garantisce, per costruzione, stabilità, causalità e passività uniformemente sullo spazio dei parametri. In entrambe le rappresentazioni i macromodelli vengono identificati tramite l'algoritmo Vector Fitting [2] abbinato ad una tecnica di imposizione della passività basata sulla perturbazione degli autovalori di matrici Hamiltoniane [11]. Le tecniche di ottimizzazione convessa sono invece utilizzate per la risoluzione del Positive/Bounded Real Lemma che garantisce la passività uniforme.

Mostriamo con un esempio applicativo le prestazioni delle due tecniche descritte [8,9]. La struttura considerata è un induttore integrato a spirale [10] in cui si considera la lunghezza L dei lati della spirale come parametro (per gentile concessione del consorzio MSDT, Georgia Institute of Technology). I coefficienti scattering dell'induttore sono stati calcolati con un simulatore elettromagnetico per 7 valori equispaziati di L nell'intervallo 1.22 – 1.52 mm. Tre risposte in frequenza, corrispondenti a $L = 1.22, 1.37, 1.52$ mm sono state utilizzate per costruire due macromodelli parametrici passivi usando [7] e la tecnica descritta [9]. Le altre risposte sono state invece utilizzate per verificare l'accuratezza dei modelli per valori di parametro intermedi.

Le figure riportate mostrano i campioni originali del parametro S_{11} (linea nera continua) e la corrispondente risposta dei due modelli parametrici (linee tratteggiate) al variare del parametro L . Il colore blu identifica i valori di L usati per costruire il macromodello, il colore rosso i valori usati per valutarne l'accuratezza. La figura di sinistra si riferisce alla tecnica [7]

con poli costanti, mentre la figura di destra alla tecnica proposta [9]. E' evidente la maggiore accuratezza di quest'ultima, specie dove la risposta in frequenza è caratterizzata da risonanze fortemente influenzate dal parametro. L'ordine del modello proposto è 5 e risulta dimezzato rispetto all'ordine 10 richiesto dalla tecnica a poli fissi [7].



Referenze

- [1] R. Achar and M. Nakhla, "Simulation of High-Speed Interconnects", *Proceedings of The IEEE*, Vol. 89, pp. 693-728, May 2001.
- [2] B. Gustavsen and A. Semlyen, "Rational approximation of frequency domain responses by Vector Fitting," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 14, no. 3, pp. 1052-1061, July 1999.
- [3] P. Triverio, M. Nakhla and S. Grivet-Talocia, "Parametric macromodeling of multiport networks from tabulated data," in *16th Topical Meeting on Electrical Performance of Electronic Packaging (EPEP 2007)*, Atlanta, GA, Oct. 29-31, 2007.
- [4] D. Deschrijver, T. Dhaene, and D. De Zutter, "Robust Parametric Macromodeling Using Multivariate Orthonormal Vector Fitting," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 56, no. 7, pp. 1661-1667, 2008.
- [5] P. Triverio, S. Grivet-Talocia, M. S. Nakhla, F. Canavero, R. Achar, "Stability, causality, and passivity in electrical interconnect models," *IEEE Trans. Adv. Packag.*, vol. 30, no. 4, pp. 795-808, 2007.
- [6] F. Ferranti, L. Knockaert, T. Dhaene, "Guaranteed passive parameterized admittance-based macromodeling," *IEEE Trans. Adv. Packag.*, (in press).
- [7] F. Ferranti, L. Knockaert, T. Dhaene, "Parameterized s-parameter based macromodeling with guaranteed passivity," *IEEE Microwave Wireless Compon. Lett.*, vol. 19, no. 10, pp. 608-610, 2009.
- [8] P. Triverio, M. Nakhla, S. Grivet-Talocia, "Passive fully parameterized macromodels: formulation and identification from sampled data," *IEEE Microwave Wireless Compon. Lett.*, 2010, (submitted).
- [9] P. Triverio, M. Nakhla, S. Grivet-Talocia, "Extraction of parametric circuit models from scattering parameters of passive RF components," in *40th European Microwave Conference*, 2010, (accettato).
- [10] P. Triverio, M. Nakhla, S. Grivet-Talocia, "Passive Parametric Macromodeling from Sampled Frequency Data," in *14th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects*, 9-12 Maggio 2010, (accettato).
- [11] S. Grivet-Talocia, "Passivity enforcement via perturbation of Hamiltonian matrices," *IEEE Trans. Circuits Syst. I*, vol. 51, no. 9, pp. 1755-1769, Sept 2004.