

## **Metodi per la Simulazione, la Verifica ed il Progetto di Circuiti e Sistemi Elettrici**

P. Maffezzoni, L.Codecasa, D. D'Amore, M. Santomauro  
Dipartimento di Elettronica e Informazione  
Politecnico di Milano - Campus Leonardo  
via Golgi 40, 20133 MILANO

L'attività di ricerca è rivolta allo studio, sviluppo ed implementazione di metodi innovativi per l'analisi, il progetto e la verifica di affidabilità di circuiti e sistemi che intervengono in applicazioni emergenti sia nel settore del trattamento dell'informazione che in quello dell'energia. Si riportano di seguito due applicazioni rilevanti.

A) Analisi di affidabilità di oscillatori elettronici.

Gli oscillatori sono componenti molto diffusi nelle applicazioni dell'elettronica: nell'ambito dell'elettronica digitale essi vengono impiegati per generare i segnali di clock e di sincronizzazione del sistema, nell'ambito dei sistemi per la comunicazione essi costituiscono uno dei componenti chiave della sezione di "front-end" alle Radio Frequenze.

Il progetto e la verifica di affidabilità degli oscillatori è un passaggio importante e critico che si riverbera sull'affidabilità dell'intero sistema di cui essi fanno parte. Gli oscillatori infatti sono dispositivi "autonomi" e come tali particolarmente sensibili agli inevitabili disturbi e interferenze e al rumore di un circuito integrato. Inoltre l'evoluzione tecnologica verso l'integrazione di circuiti analogici con logica digitale ed elettronica di potenza tende ad aumentare l'entità e quindi la rilevanza dei disturbi e delle interazioni indesiderate, questo si accompagna inoltre ad una maggiore incertezza dei parametri di progetto indotta dalla variabilità del processo tecnologico. Il progetto e la verifica di affidabilità degli oscillatori richiede strumenti di analisi e simulazione che siano adeguati alle esigenze emergenti.

Ci si è concentrati sulla messa a punto di tecniche di simulazione versatili, adatte all'analisi delle risposte in transitorio e a regime di circuiti autonomi e nonautonomi e con forte comportamento non lineare [2], [3]. Un secondo aspetto studiato è l'introduzione di macro-modelli di tipo "behavioral" dell'oscillatore che permettono di esplorare in modo rapido e sintetico la robustezza di un progetto rispetto numerose potenziali sorgenti di interferenza [1], [4], [5], [6], [7]. Lo studio coinvolge aspetti teorici di dinamica dei sistemi nonlineari ed in particolare i fenomeni di sincronizzazione denominati "injection pulling" ed "injection locking".

B) La seconda applicazione che si intende affrontare trae origine dall'esperienza già acquisita in occasione di un precedente PRIN sulla modellizzazione circuitale di natura "multi-physics" di un pannello fotovoltaico innovativo dotato di concentratore solare e di sistema di raffreddamento [8], [9]. Tale nuova applicazione riguarda l'estensione della modellizzazione "multi-physics" a sistemi di generazione ibrida a concentrazione solare e celle ad effetto Seebeck per applicazioni in aree urbane.

La modellizzazione è stata articolata in più fasi.

- D) analisi termica e fluidodinamica di una stringa di celle del sistema e determinazione della temperatura della cella in funzione della strategia di raffreddamento;

II) modello circuitale elettro-termico della cella in grado di replicare in modo accurato la caratteristica sperimentale della cella adottata nella realizzazione del sistema in funzione della sua temperatura.

III) modello dettagliato dell'intero sistema ibrido e determinazione di un modello compatto adatto per simulazione circuitali a livello di sistema completo.

### Riferimenti Bibliografici

[1] P. Maffezzoni, D. D'Amore, S. Daneshgar, P. Kennedy, "Estimating the Locking Range of Analog Dividers Through a Phase-Domain Macromodel", ISCAS'10, Paris, May 30 – June 3, 2010.

[2] P. Maffezzoni, "A Versatile Time-Domain Approach to Simulate Oscillators in RF Circuits," *IEEE Trans. on Circuits and Systems I: Regular Papers*, Vol. 56, N. 3, March 2009, pp. 594-603.

[3] P. Maffezzoni, "Frequency-Shift Induced by Colored Noise in Nonlinear Oscillators," *IEEE Trans. on CAS-II: Express Briefs*, Vol. 54, N. 10, Oct. 2007, pp. 887- 891.

[4] P. Maffezzoni, "Analysis of Oscillator Injection Locking Through Phase-Domain Impulse-Response," *IEEE Trans. on Circuits and Systems I: Regular Papers*, Vol. 55, N. 5, Jun. 2008, pp. 1297-1305.

[5] P. Maffezzoni, "Unified Computation of Parameter-Sensitivity and Signal-Injection Sensitivity in Nonlinear Oscillators," *IEEE Trans. on Computer-Aided-Design of Integrated Circuits and Systems*, Vol. 27, pp. 781-790, May 2008.

[6] P. Maffezzoni, L. Codecasa, D. D'Amore, M. Santomauro, "Steady-State Analysis of Strongly Nonlinear Oscillators by means of Runge-Kutta Methods," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems* 2008, 18-21 May 2008, Seattle, USA.

[7] P. Maffezzoni, D. D'Amore, "Evaluating Pulling Effects in Oscillators Due to Small-Signal Injection", *IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, Vol. 28, N. 1, Jan. 2009, pp. 22-31.

[8] P. Maffezzoni, D. D'Amore, "Compact Electrothermal Macromodeling of Photovoltaic Modules," *IEEE Trans. on CAS II: Express Briefs*, Vol. 56, N. 2, Feb. 2009, pp. 162-166.

[9] P. Maffezzoni, L. Codecasa, D. D'Amore, "Modeling and Simulation of a Hybrid Photovoltaic Module Equipped With a Heat Recovery System," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 56, N. 11, Nov. 2009.