

*La simulazione elettromagnetica consente di ottimizzare i progetti PCB in modo efficace e senza richiedere costi di sviluppo addizionali, e fornisce preziose informazioni sul sistema non ottenibili dal testing fisico*

## La simulazione consente di migliorare le prestazioni EMC a costo zero

John Lockwood  
Juniper Networks

La simulazione è in grado di migliorare in modo sostanziale le prestazioni di un prodotto da un punto di vista della compatibilità elettromagnetica (EMC), senza incorrere in alcun costo di produzione addizionale. I prototipi di un prodotto sviluppato da Juniper Networks soddisfacevano i requisiti EMC con un margine assai ridotto, ma i risultati dei test non fornivano sufficienti informazioni agli ingegneri per determinare come avrebbero potuto migliorarlo. Di conseguenza questi hanno simulato i componenti chiave del prodotto, due schede logiche ad alta velocità e dei connettori, usando un nuovo software pensato specificamente per aiutare i progettisti ad affrontare i problemi di compatibilità EMC. Sollevati dalla necessità di realizzare un nuovo prototipo per validare ogni cambiamento nel progetto, essi hanno modificato il modello per valutare come le emissioni erano affette da alterazioni su diversi parametri di progetto. Essi

hanno scoperto che un cambiamento a costo zero, costituito dalla copertura dei piani di potenza a mezzo pollice di distanza dal bordo frontale della scheda PCB superiore, consentiva di ridurre le emissioni al punto che il prodotto ora presenta un margine di sicurezza tale che le EMC non costituiscono più un problema. Questa applicazione dimostra che la simulazione fornisce un metodo molto efficace per affrontare le criticità EMC durante la fase di sviluppo di un prodotto.

### La necessità di migliorare le prestazioni EMC

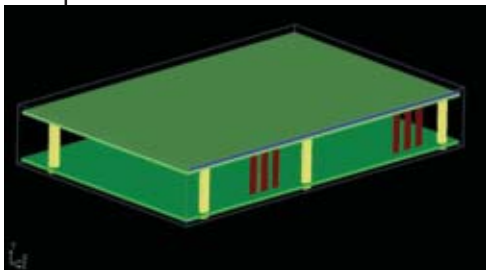
Gli ingegneri hanno realizzato un prototipo EMC che consisteva in due schede connesse con standoff meccanici da 1.5 pollici e un altro PCB che si interfacciava ai connettori ai bordi delle due schede principali. Le misure sul prototipo hanno mostrato emissioni dell'ordine del GHz che rientravano di poco nelle specifiche di progetto ma creavano preoccupazioni riguardo alla possibilità che a causa di variazioni nella fabbricazione una parte della produzione fosse oltre i limiti di specifica e dovesse essere rilavorata o scartata.

Gli ingegneri hanno compiuto esperimenti sui prototipi nel tentativo di risolvere il problema, ma erano limitati dal fatto che qualsiasi modifica che desideravano modellizzare richiedeva lunghi e talvolta costosi cambiamenti al prototipo. Inoltre attraverso questo metodo

essi erano in grado di misurare le emissioni solo in un numero limitato di località nelle quali era possibile posizionare una sonda ad anello.

Il software FLO/EMC di Flomerics mette a disposizione un ambiente di analisi per la simulazione delle interazioni elettromagnetiche all'interno ed attorno all'apparecchiatura elettronica, allo scopo di implementare rapide soluzioni a problemi di progetto critici. FLO/EMC rende possibile identificare le problematiche EMC del progetto nelle prime fasi del ciclo di design, molto prima della realizzazione dei prototipi fisici. A differenza del software di simulazione elettromagnetica general purpose, il software FLO/EMC fa uso del metodo TLM (Transmission Line Method) per risolvere le equazioni di Maxwell, assicurando consistenti vantaggi nella simulazione EMC. In primo luogo, il metodo TLM ricerca la soluzione per tutte le frequenze di interesse in un singolo calcolo e di conseguenza cattura lo spettro completo della risposta del sistema in un unico ciclo di simulazione. Questo è particolarmente vantaggioso per l'analisi EMC dal momento che risonanze ed emissioni variano attraverso un'ampia gamma di frequenze.

In secondo luogo, il metodo TLM crea una matrice di linee di trasmissione equivalenti e determina direttamente su queste la tensione e la corrente. Un tale approccio fa uso di meno memoria e

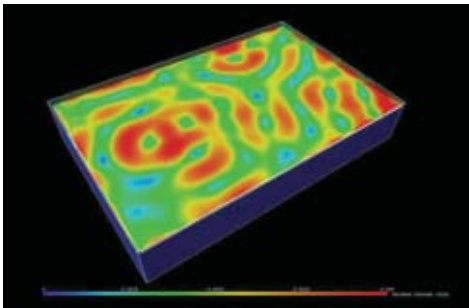


**Fig. 1 - Modello del prodotto realizzato da Juniper Networks**

tempo della CPU rispetto alla determinazione dei campi E e H su una griglia di calcolo convenzionale.

## La simulazione del progetto dal punto di vista delle EMC

Gli ingegneri di Juniper Networks hanno iniziato ad usare il software creando un modello EMC del progetto, cercando un giusto compromesso tra il dettaglio e il tempo di soluzione. Una simulazione che avesse tenuto conto di qualsiasi dettaglio avrebbe richiesto giorni per fornire la soluzione, il che era eccessivo per poter avere un impatto reale sul processo di design. Occorreva quindi rimuovere il maggior numero di



**Fig. 2 - Mappa delle correnti di superficie nel progetto originario**

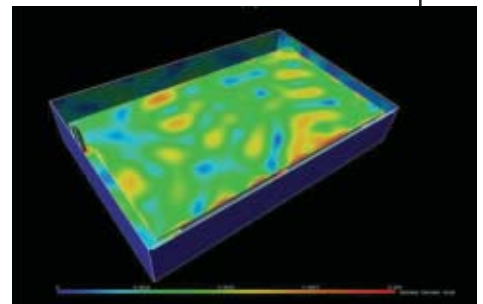
dettagli possibile, mantenendo le caratteristiche che avevano maggior impatto sulle EMC per mantenere l'accuratezza del modello. Attraverso tentativi successivi i progettisti hanno scoperto che era possibile simulare le prestazioni EMC del prodotto in modo molto accurato senza dover modellizzare i singoli componenti sul PCB o gli strati dielettrici. Essi hanno anche cercato di rimuovere alcuni degli standoff meccanici fra le due schede, ma hanno scoperto che ciascuno di essi doveva essere tenuto in considerazione per mantenere l'accuratezza. Il risultato finale è stato un modello che richiedeva due ore per la simulazione e si correlava molto bene con il prototipo. Non solo questo prediceva in modo accurato la frequenza e la localizzazione delle emissioni elettromagnetiche, ma forniva numerose e preziose informazioni sulla sua sensibilità alle

modifiche di progetto. Ad esempio, i progettisti sapevano dalle misure che se isolavano o disconnettevano alcuni degli standoff i livelli di rumore risultavano ridotti e che la simulazione prediceva lo stesso comportamento.

Con i vantaggi di un modello validato, gli ingegneri hanno iniziato a modificare diversi parametri di progetto nel tentativo di comprendere quale di essi avrebbe prodotto l'effetto più consistente sulle EMC. Essi sono stati aiutati dal fatto che potevano modificare il modello molto rapidamente per validare un nuovo progetto e dal fatto che i risultati della simulazione fornivano di gran lunga più informazioni rispetto al testing del prototipo, come una mappa completa dei campi elettromagnetici lungo il dominio della soluzione. Gli ingegneri hanno inoltre notato che disconnettendo le masse in corrispondenza gli standoff veniva ridotto il rumore. Essi hanno provato ad aumentare il numero delle masse e a rendere i percorsi di ritorno di massa più ampi per comprendere meglio il fenomeno. Hanno scoperto che la sorgente del rumore erano in realtà i circuiti integrati sulla scheda principale che richiedevano corrente dalle alimentazioni sulla scheda superiore e che gli standoff aggiungevano ulteriori ritorni di massa rispetto a quelli dei connettori ai bordi della scheda. Le dimensioni della scheda figlia erano tali che la struttura era sincronizzata a una frequenza elevata multiplo del clock principale. L'isolamento degli standoff forzava la corrente a muoversi in un loop più ristretto. Considerazioni meccaniche rendevano impossibile rimuovere gli standoff ed isolarli con nylon avrebbe presentato problemi di durabilità. Sono stati ottenuti alcuni miglioramenti incrementali agendo sulle sei piste di massa nella scheda connettore sostituendole con un'unica ampia pista.

## Una soluzione a costo zero

La simulazione ha anche fornito le mappe del campo all'interno della cavità e ha consentito di osservare come il progetto originario inavvertitamente aveva concentrato l'energia alle giunture nella



**Fig. 3 - Mappa delle correnti di superficie nella scheda superiore del sistema**

schermatura. Non sarebbe stato possibile ottenere questa informazione, che ha fornito la soluzione del problema, a partire dal testing fisico. La simulazione offre un'immagine 3D della cavità con una codifica a colori, che consente una migliore comprensione del fenomeno rispetto a quanto è possibile ottenere da una sonda ad anello. Dai risultati della simulazione è emerso che i piani di alimentazione sulla scheda superiore non dovevano in realtà andare verso i bordi delle schede. Nell'approccio tradizionale alla fabbricazione dei PCB, i piani di alimentazione e di massa passano all'interno dei 50 millesimi del bordo, ma ciò non costituisce un requisito nella maggior parte dei casi. Nel corso di una revisione successiva della scheda, gli ingegneri hanno fermato l'alimentazione al connettore al bordo, escludendo una pista ampia mezzo pollice lungo la scheda. Questo ha spostato la sorgente delle EMI oltre il punto debole nella schermatura e ha fornito un consistente miglioramento dal momento che il progetto era in questo modo strettamente accoppiato. Il livello di rumore si è immediatamente ridotto da un valore prossimo al limite fino a un livello che assicura un ottimo margine per la sicurezza. Il software di modellizzazione EMC è stato utilizzato dagli ingegneri di Juniper Networks per numerose altre applicazioni fornendo risultati molto simili. 

readerservice.it

**Flomerics**  
**Juniper Networks**

n.10

n.11