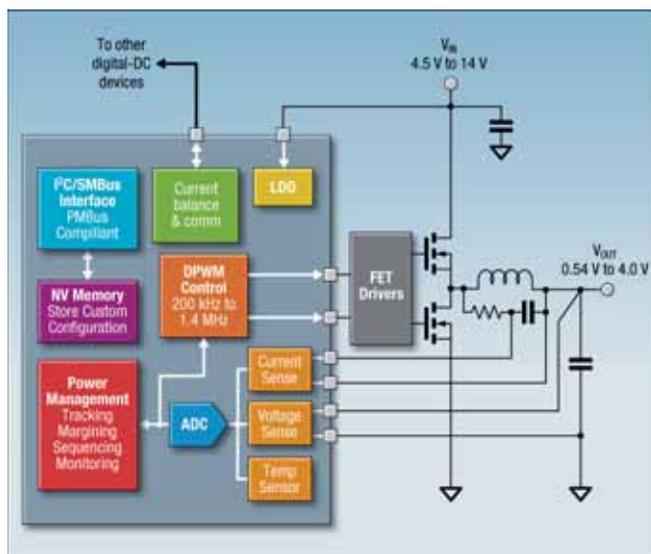


## Soluzioni per soddisfare esigenze di alimentazione DC-DC complesse

Ingrid Kugler  
Alfred Hesener  
Fairchild Semiconductor

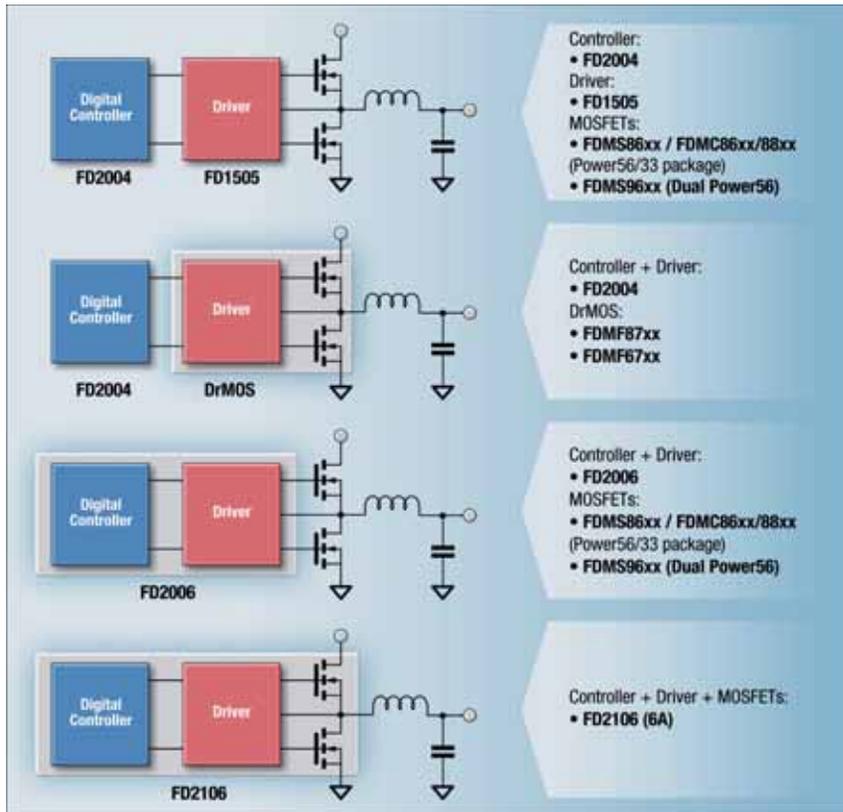
*Nei convertitori DC-DC integrati destinati ad applicazioni industriali, quali apparecchiature di misura e collaudo o dispositivi di elaborazione embedded, l'architettura di sistema può essere piuttosto complessa e caratterizzata da molteplici requisiti in termini di tensioni e correnti di uscita, ripple, interferenze EMI e accensione sequenziale. Il presente articolo illustra l'impatto della scelta relativa agli stadi di potenza del convertitore nei sistemi DC-DC*

Numerosi sistemi industriali, come le apparecchiature di misura e collaudo richiedono convertitori DC-DC embedded poiché la potenza di calcolo richiesta è in costante aumento. Tale potenza di elaborazione è fornita da DSP, FPGA, circuiti ASIC digitali e microcontroller, i quali beneficiano del progressivo passaggio a geometrie sempre più ridotte. A fronte di ciò, sorgono tre tipi di esigenze: le tensioni di alimentazione diventano sempre più basse (e con esse, naturalmente, i "ripple" di tensione e le variazioni di carico ammissibili); le correnti di alimentazione aumentano e, infine, questo tipo di circuiti integrati richiede generalmente tensioni separate per il core e le struttu-



**Fig. 1 – Il controllore FD2004 è in grado di lavorare all'interno di una rete**

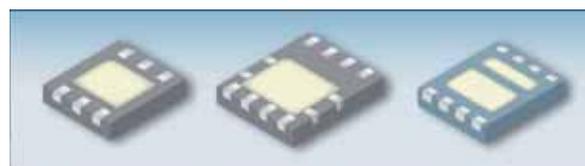
re di I/O, per cui è necessaria una messa in sequenza molto accurata dell'alimentazione al fine di evitare qualsiasi fenomeno di "latch-up". I convertitori DC-DC embedded devono offrire livelli di efficienza eccellenti. Lo spazio disponibile all'interno di un convertitore è contenuto, e ciò risulta rappresenta un problema soprattutto dal punto di vista del design termico in quanto i convertitori embedded ricorrono in maniera massiccia ad aree in rame poste attorno ai componenti presenti sul PCB allo scopo di migliorare la resistenza termica del sistema. Il problema è ulteriormente complicato dall'aumento delle tensioni di carico, poiché la potenza dissipata cresce in misura pari al qua-



**Fig. 2 - Soluzioni DC-DC controllate tramite un controller di alimentazione digitale**

drato della corrente. Ne consegue la necessità di switch di potenza caratterizzati contemporaneamente da bassi livelli di perdite di commutazione e di RDS-ON. È dunque necessario arrivare a un compromesso, in quanto un dispositivo caratterizzato dal più basso valore di RDS-ON presenta capacità parassite più elevate, quindi perdite di commutazione, con conseguente aumento della dissipazione di potenza.

Un altro importante requisito dei convertitori DC-DC embedded riguarda il contenimento delle emissioni EMI. Il rumore generato da questi convertitori può disturbare i circuiti circostanti, pertanto deve essere ridotto al minimo. Correnti di commutazione elevate



**Fig. 3 - Package MLP utilizzati per driver e Power MOS**

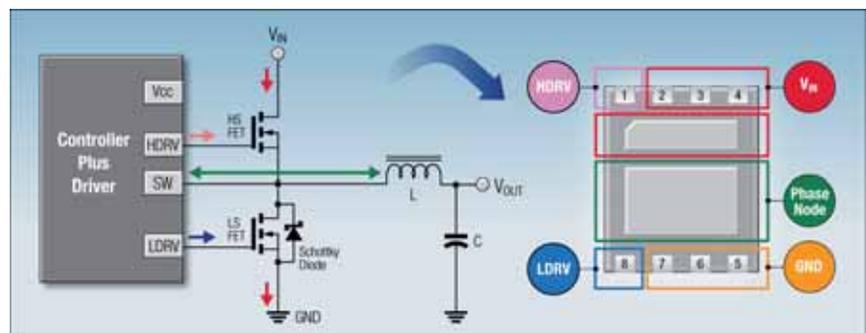
(come quelle richieste dai carichi) ad alte velocità di commutazione (per ridurre le perdite associate) comportano inevitabilmente la generazione di notevoli livelli di rumore, sia condotto sia radiato (principalmente sotto forma di campo magnetico). Di conseguenza è necessario prestare particolare attenzione nella scelta dei componenti e del layout relativo allo stadio di potenza, così come ai collegamenti del driver. Anche la topologia di controllo PWM riveste un'importanza significativa.

Ad esempio, i circuiti integrati digitali realizzati mediante tecnologia a 0,09µm possono richiedere una tensione di alimentazione di 1,2V ± 40mV. La corrente di alimentazione può arrivare fino a 952mA, come mostra il datasheet di questo DSP. Un altro esempio è offerto dagli FPGA di grandi dimensioni, come quelli fabbricati con il processo a 65nm, i quali richiedono una corrente di alimentazione nello stato di "idle" di 4,2 A

a 85°C, con una tensione di alimentazione di 1,0V +/-50mV. Durante il funzionamento la corrente può arrivare fino a 18A, a seconda della

configurazione, con requisiti dinamici estremamente elevati a causa delle alte frequenze di commutazione coinvolte.

In queste applicazioni è abbastanza comune ritrovare diversi tipi di circuiti integrati, quali un piccolo microcontrol-



**Fig. 4 - Con il MOSFET duale Power56 è possibile migliorare prestazioni termiche ed efficienza**



**Fig. 5 - Stadio di potenza progettato con un DrMOS FAN6700 per design compatti**

lore (con tensioni di alimentazione più elevate) per gestire tutte le funzioni di controllo e interfaccia e DSP o componenti hardware dedicati per svolgere le funzioni più onerose dal punto di vista dell'elaborazione. In queste applicazioni vengono spesso utilizzati anche convertitori A/D ad alte prestazioni con ulteriori requisiti di alimentazione, in particolare per migliorare le performance in fatto di disturbi e poter sfruttare appieno la risoluzione e l'ampiezza di banda dei convertitori stessi.

Tutto ciò porta rapidamente a un sistema di gestione dell'alimentazione notevolmente complesso, caratterizzato da numerose interdipendenze.

### Controllo modulare per migliorare il design di sistema

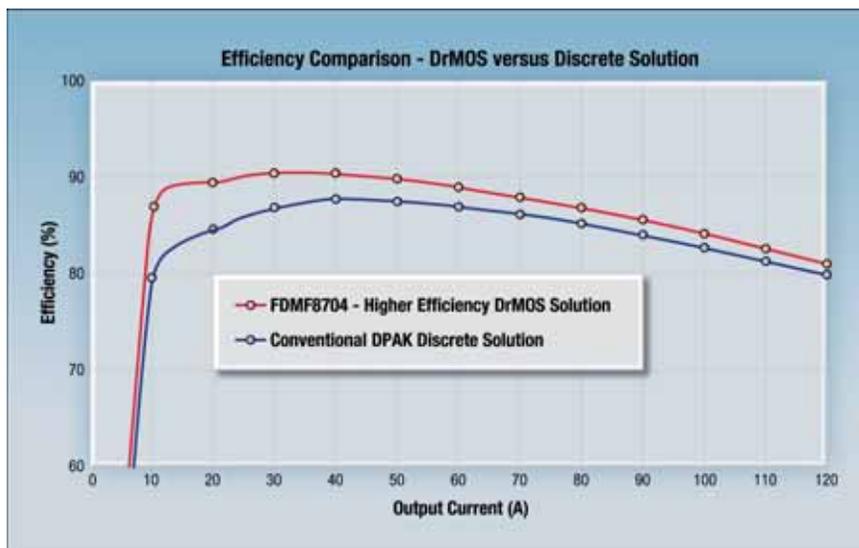
Una prima raccomandazione riguarda il posizionamento dei convertitori DC-DC, che devono essere ubicati il più vicino possibile al carico. Ciò minimizza le emissioni EMI, riduce lo spazio occupa-

to sulla scheda dalle piste dedicate alle correnti elevate e migliora il comportamento dinamico del convertitore. In questo modo è possibile dare vita a un sistema di gestione dell'alimentazione "distribuito" nel quale idealmente tutti i convertitori sono collegati fra loro. Un esempio di controller capace di operare all'interno di una rete insieme ad altri convertitori è offerto dal dispositivo FD2004, illustrato nel diagramma a bloc-

chi di figura 1.

Il dispositivo FD2004 appartiene a una nuova famiglia di prodotti Digital-DC che uniscono un controllo ad anello digitale con funzioni integrate per la

sistema. Tutte queste funzioni hanno riflessi favorevoli sul time-to-market e, soprattutto, sull'affidabilità del sistema. Il dispositivo FD2004 interagisce con gate driver esterni, quali il dispositivo FD1505 e MOSFET discreti, oppure con prodotti DrMOS che abbinano driver e MOSFET in un unico package. Questo dispositivo può anche essere impiegato congiuntamente a resistori in applicazioni di tipo "stand-alone"; in particolare, il valore massimo della tensione di uscita viene impostato tramite un resistore e non può essere superato di oltre il 10% mediante comandi software allo scopo di proteggere il carico. In sistemi che richiedono correnti più elevate, come i convertitori multifase, l'architettura scelta permette di suddividere la corrente fino a un massimo di 8 fasi e



**Fig. 6 - Efficienza del DrMOS FDMF8704 rispetto a una soluzione discreta**

gestione dell'alimentazione. Questo controller, così come gli altri componenti della famiglia, è interfacciabile con un controller host oppure con altri controller DC-DC tramite un'interfaccia SMBus (System Management Bus) in modo da agevolare l'implementazione di molteplici funzioni differenti quali configurazione in-system del convertitore, accensione sequenziale, margining, protezione dai guasti e monitoraggio del

“phase-shedding” con correnti di uscita inferiori al fine di mantenere un’efficienza elevata. Il controller è basato su un anello di controllo digitale con algoritmi adattativi e compensazione d’anello e supporta frequenze di commutazione fino a 1,4MHz. La sincronizzazione del clock contribuisce a ottimizzare le emissioni EMI. Per applicazioni che richiedono driver integrati ma anche MOSFET discreti esterni, può essere utilizzato anche il dispositivo FD2006. Per tensioni di sistema accoppiate a basse correnti di uscita, è consigliabile l’impiego di un convertitore DC-DC integrato. In questo caso lo spazio occupato sul PCB e la semplicità d’uso sono i fattori più importanti. Un convertitore digitale come il dispositivo FD2106 (max. 6A), che offre le medesime capa-

rità di comunicazione degli altri componenti della famiglia Digital-DC, può essere utilizzato in associazione con convertitori basati su MOSFET discreti o DrMOS, i quali forniscono le correnti più elevate. In applicazioni standalone in cui non è richiesto il collegamento con altri convertitori presenti nel sistema è possibile utilizzare anche un convertitore integrato come il dispositivo FAN2106 di Fairchild Semiconductor. In un sistema di gestione dell’alimentazione digitale, la catena di controller e convertitori può essere controllata tramite un’interfaccia grafica, in modo da semplificare la regolazione di tutti i parametri e il monitoraggio delle prestazioni del sistema. Tale software gira su un PC ed è collegato ai controller mediante un’interfaccia USB.

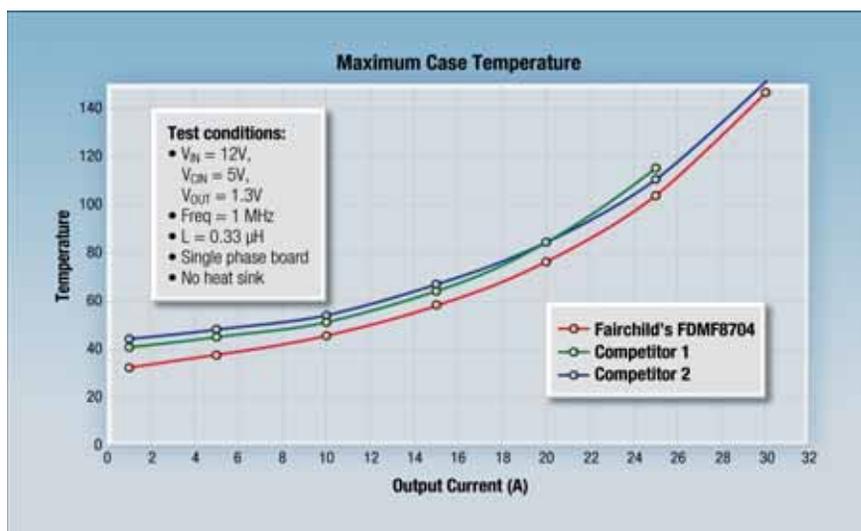
le migliori performance in termini sia elettrici che termici.

1. Soluzioni discrete, comprendenti driver e MOSFET, vengono ancora utilizzate correntemente. Per soddisfare tutti i requisiti progettuali, Fairchild propone package MLP (QFN) compatti termicamente avanzati che permettono di ottenere prestazioni di sistema ottimali. I MOSFET sono stati i primi prodotti ad adottare il packaging MLP (Fig. 3). La famiglia di prodotti Power56 e Power33 di Fairchild utilizza la nuova tecnologia PowerTrench per fornire contemporaneamente livelli minimi di RDS-ON e basso Qg, rendendo questi componenti ideali per l’impiego in sistemi dove le frequenze di commutazione sono elevate. L’utilizzo di avanzate tecnologie di bonding permette di ridurre l’induttanza del package e incrementare i limiti di ID per consentirne l’impiego in sistemi a corrente elevata. Grazie alla tecnologia SyncFET, Fairchild è in grado di offrire un portafoglio di FET Low Side che integrano un diodo Schottky per ottenere le migliori performance di commutazione riducendo contemporaneamente la dissipazione termica.

Il dispositivo FDMS9600S integra un FET High Side con un SyncFET Low Side in un package Power56 asimmetrico per migliorare ulteriormente le prestazioni termiche e consentire la realizzazione di design PCB compatti (Fig. 4).

2. La soluzione discreta descritta precedentemente, comprendente driver e MOSFET, è disponibile anche sotto forma di MCM (Multi Chip Module) in package MLP 8x8mm o 6x6mm.

Queste famiglie di prodotti DrMOS (DriverMOS) offrono una varietà di opzioni 8x8mm FDMD87xx e 6x6mm FDMF67xx per soddisfare molteplici esigenze progettuali. Schede di valutazione sono disponibili per consentire ai clienti di acquisire familiarità con questi prodotti e confrontarne le performance con le soluzioni discrete (Fig. 5).

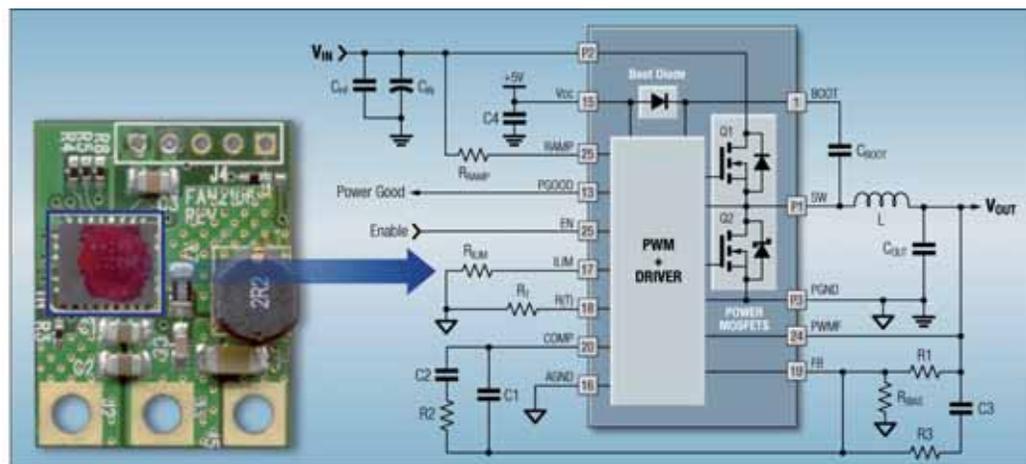


**Fig. 7 - Caratteristiche termiche del DrMOS FDMF8704 rispetto ai dispositivi concorrenti**

Quando tutti i parametri sono regolati in maniera ottimale, vengono archiviati nel controller su memoria non volatile in modo tale da rendere superflua la presenza del PC.

### Progetto dello stadio di alimentazione

Come illustrato in figura 2, lo stadio di alimentazione DC-DC può essere progettato in modi differenti per assicurare



circuito integrato occupa soltanto 5x6mm, permettendo di implementare design compatti caratterizzati da performance termiche ottimali ed efficienza elevata. A prima vista maggiori livelli di integrazione sembrano comportare costi superiori dei componenti, ma tenendo conto di tutti i vantaggi in termini di ingombri inferiori, migliori caratteristiche termiche e un numero inferiore di componenti passivi, il costo complessivo del sistema risulta di gran lunga più contenuto. Una soluzione totalmente integrata di questo tipo assicura un'elevata affidabilità di sistema in quanto meno componenti significano minori probabilità di guasti e, tenendo conto del design termico, anche la minor temperatura del sistema rappresenta un importante vantaggio.

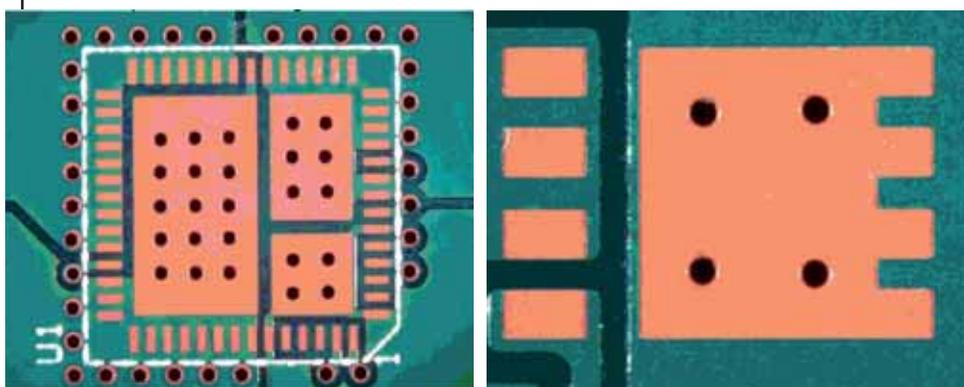
**Fig. 8 - I design TinyBuck (FAN2106) supportano un'ampia gamma di tensioni in entrata e ingombri contenuti assicurando un'efficienza elevata (95,5%)**

supporta correnti fino a 30A ed è ottimizzata per frequenze di commutazione fino a 1MHz. Persino nei progetti in cui sono previste correnti elevate non è necessario un dissipatore, se si tiene in debito conto le regole di progetto termico e all'interno del sistema esiste spazio sufficiente per la circolazione dell'aria.

teristiche termiche e un numero inferiore di componenti passivi, il costo complessivo del sistema risulta di gran lunga più contenuto. Una soluzione totalmente integrata di questo tipo assicura un'elevata affidabilità di sistema in quanto meno componenti significano minori probabilità di guasti e, tenendo conto del design termico, anche la minor temperatura del sistema rappresenta un importante vantaggio.

## Il progetto termico

Il design termico è un aspetto molto importante dell'attività progettuale. Grazie ai moderni MOSFET, DrMOS o gate driver, la resistenza termica giunzione-case è generalmente abbastanza contenuta, mentre la resistenza termica case-ambiente dipende dal design ed è generalmente molto superiore. Nella maggior parte dei sistemi, utilizzando soltanto il PCB la resistenza termica case-ambiente si aggira attorno a 40K/W, mentre con un design accurato è possibile raggiungere i 25K/W, un valore significativamente più elevato rispetto alla resistenza termica giunzione-case che, nel caso di un MOSFET, ha un valore tipico di 2K/W. Pertanto il design termico del PCB è estremamente importante, considerato che entrambe le resistenze termiche



**Fig. 9 - DrMOS e Power33 - Design PCB consigliato che utilizza apposti percorsi per ottimizzare le performance termiche**

Mentre una soluzione discreta comprendente MOSFET Power56 e driver SO-8 occupa circa 120mm<sup>2</sup> di spazio su scheda, l'MCM richiede soltanto 64 o 36 mm<sup>2</sup>. I singoli dispositivi utilizzati nel modulo sono ottimizzati e realizzati con terminali che migliorano sia le performance che le caratteristiche termiche rispetto alle soluzioni discrete (Figg. 6 e 7). Poiché questa soluzione è stata configurata da computer,

3. Infine, sono disponibili switch totalmente integrati che semplificano e accelerano il design dello stadio di potenza. Oltre al dispositivo FD2106 appartenente alla famiglia Digital-DC, anche la famiglia FAN210x TinyBuck fornisce un dispositivo Buck sincrono totalmente integrato per applicazioni 3A FAN2103 e 6A FAN2106 (Fig. 8). Utilizzando un package MLP, l'intero

sono collegate in serie e tenuto conto dell'impatto sul PCB della temperatura massima, che costituisce generalmente il fattore limitante (con una bassa resistenza giunzione-case, la giunzione non può essere più "calda" rispetto al PCB).

Per correnti più elevate è preferibile una soluzione discreta con fasi multiple (ad esempio 2-3 dispositivi DrMOS), in modo da suddividere il calore su una superficie più ampia. Un altro compromesso riguarda la frequenza di commutazione: se non è predefinita, ad esempio, sulla base dei requisiti delle emissioni EMI o delle limitazioni di spazio (l'uso di una frequenza di commutazione più elevata permette di ridurre le dimensioni dei componenti passivi), una frequenza di commutazione inferiore permetterà di contenere le perdite di commutazione, e di conseguenza, la temperatura.

Per quanto riguarda il layout, la presenza di una maggiore quantità di metallo rappresenta un valido ausilio. Uno strato superiore più spesso contribuisce a ridurre la temperatura, ma può non essere adatto per la parte rimanente del PCB, a causa del conseguente aumento dei costi e della difficoltà di ottenere un passo più ridotto per gli altri componenti. Aree in rame più ampie sono utili ma consumano spazio prezioso sul PCB. Se possibile, queste dovrebbero essere ricoperte da saldatura, in quanto le superfici metalliche dissipano più calore rispetto alle vernici. In un PCB multistrato, gli strati più interni talvolta possono essere utilizzati per dissipare il calore. Percorsi termici (riempiti con saldatura) possono talvolta essere utilizzati per diffondere il calore sul lato opposto del PCB (Fig. 9).

Suggerimenti relativi al layout ideale del PCB per i package esaminati sono contenuti nelle note esplicative AN-9040, AN-9036 e AN-9037 all'indirizzo: <http://www.fairchildsemi.com/apnotes/>. Nei sistemi caratterizzati da flusso d'aria forzato è importante disporre i componenti in modo da non collocare i convertitori all'interno del "cono d'ombra" creato da altri componenti di dimensioni maggiori. In questi casi, è consigliabile porre il controller a monte dei MOSFET in quanto generalmente il suo contributo alla dispersione del calore è minimo, ma il suo funzionamento è maggiormente affidabile a temperature del case più basse. In definitiva i moderni convertitori DC-DC embedded possono avvalersi di molte alternative differenti per ottimizzare performance, affidabilità e costi di sistema. Le interdipendenze associate alla scelta tra convertitori standalone o convertitori digitali collegati fra loro per quanto riguarda il lato controllo, e tra soluzioni discrete o integrate per quanto concerne lo stadio di alimentazione, sono state illustrate in dettaglio in modo da consentire di ottimizzare i convertitori DC-DC operanti in una rete e di ottenere la minore dissipazione di potenza possibile.

**Fairchild Semiconductor**  
[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 12

## Distrelec



**Seminario sulla manutenzione**  
**7 Aprile 2009**

**STRUMENT INNOVAZIONE**

**Per dettagli e iscrizione**  
**[www.distrelec.it](http://www.distrelec.it)**