

Deriva termica in dispositivi PWM a elevata densità di potenza

Suresh Kariyadan
Consultant, California USA

a cura di
Massimo Caprioli
Senior FAE Maxim Italy
Maxim Integrated Products
Inc., Milano - Italia

I moderni alimentatori DC-DC usano controllori PWM che integrano i MOSFET di potenza. Tale approccio permette di ottenere - in moduli di alimentazione - una densità di potenza molto elevata. L'analisi del reale comportamento termico di tali dispositivi è resa difficile dalla presenza all'interno del medesimo contenitore del controllore e degli elementi di potenza (MOSFET) che possono influenzare negativamente le prestazioni della sezione PWM penalizzando le prestazioni del singolo dispositivo come dell'intero sistema. I risultati dei test - relativi all'esempio di quest'articolo - mostrano una stretta coincidenza con le reali condizioni operative del sistema.

L'importanza della deriva termica

Spesso l'uso finale di un sistema di alimentazione - così come l'ambiente ove andrà a operare - non è ben noto nella fase iniziale del progetto, momento importante che prevede la selezione dei dispositivi da usare sulla scheda.

Nelle applicazioni portatili, ove la dissipazione termica avviene per convezione senza l'ausilio di ventole, la deriva termica diviene un parametro cruciale da con-

Una corretta comprensione del fenomeno permette di progettare sistemi di alimentazione ad alte prestazioni, sicuri e "longevi"



Fig. 1 - La scatola - usata per la misura di deriva termica - circonda la scheda di valutazione EvKit e mantiene un flusso d'aria costante al fine di assicurare la ripetibilità delle misure da eseguire

siderare sin dalle prime fasi progettuali per evitare un inatteso degrado del sistema. Per questo motivo, i data sheet dei dispositivi che integrano un controllore PWM e i relativi MOSFET di potenza, riportano figure e grafici che indicano la deriva termica di tale componente. Le curve di deriva termica indicano, in funzione del tipo di ventilazione e della temperatura ambiente, quanta potenza verrà dissipata dal dispositivo.

Per rendere i risultati dei test omogenei

e consistenti (tra svariati produttori di dispositivi e differenti contenitori) bisognerà standardizzare la modalità di controllo dell'ambiente ove viene eseguito il test. Dal momento che - per una data dimensione del modulo (incluso il dissipatore) e un dato flusso d'aria - la massima potenza dissipabile è limitata dalla fisica, le caratteristiche e il comportamento termico potranno essere stimati con precisione. Un possibile approccio è quello di misurare le prestazioni termi-



Fig. 2 - Un misuratore di flusso d'aria viene usato - sul lato aperto della scatola - per calibrare il sistema di test, preparandolo per le successive misure termiche

che del modulo in svariate condizioni di flusso d'aria e di temperatura ambiente e quindi pubblicarne i risultati, per permettere al progettista di scegliere l'area di deriva termica che meglio soddisfi i requisiti dell'applicazione.

Esecuzione del test

Per eseguire correttamente il test di deriva termica, bisognerà costruire una

scatola (Fig. 1) ove porre il dispositivo/modulo oggetto della misura, nel presente caso una scheda di valutazione/EvKit. Tale scatola con una ventola al suo interno permetterà di generare un flusso d'aria uniforme necessario nella fase di calibrazione.

La scatola avrà dimensioni tali da poter alloggiare la scheda/EvKit in modo che vi sia sufficiente spazio libero nel

suo intorno. Nel caso dell'articolo - usando EvKit dei dispositivi MAX15035 e MAX8686 - la scatola avrà dimensioni di 30 cm x 30 cm e un'altezza di 7,5 cm, così da poter inserire la ventola al suo interno; due o più ventole potranno essere usate per ottenere un flusso d'aria uniforme. Il materiale della scatola dovrà avere una bassa conducibilità termica e uno spessore di almeno 3 mm per ottenere la giusta rigidità. La scatola di test così realizzata andrà posizionata orizzontalmente nella camera termica (forno). Il sistema di misura dovrà essere calibrato misurando il flusso d'aria sul fronte della scatola usando un misuratore di flusso (Fig. 2). La misura di flusso andrà fatta alla sinistra, al centro e alla destra per assicurare l'uniformità del flusso d'aria all'interno della scatola. Appena la scheda (EvKit, in questo caso) sarà collocata nella scatola bisognerà fare in modo che la ventola (con velocità controllata in tensione) sia posizionata ad almeno 5 cm dalla scheda; il flusso d'aria verrà poi modificato variando la tensione ai capi

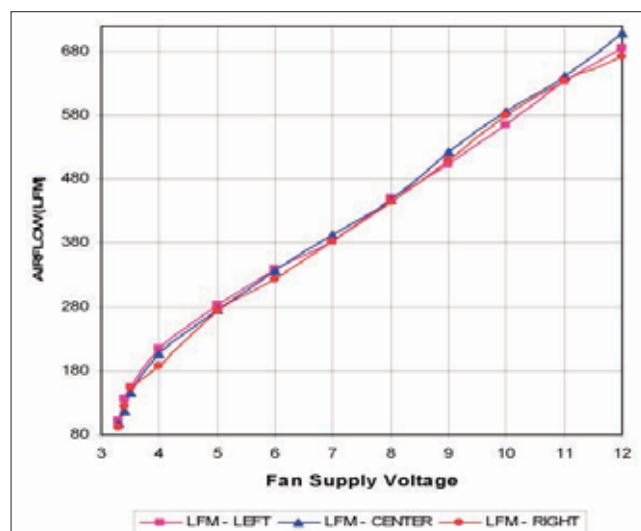


Fig. 3a - Misura effettuata usando la sola scatola di test (priva della scheda) - 3 misure di flusso d'aria vengono rilevate per ottenere le informazioni di base (da confrontare con i successivi test)

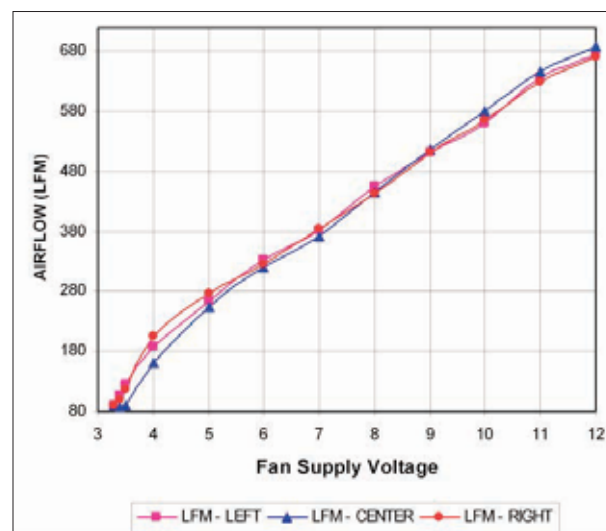


Fig. 3b - Misura effettuata con la scheda EvKit inserita nella scatola - la misura del flusso d'aria viene ripetuta per identificare le differenze rispetto alla misura effettuata con la sola scatola

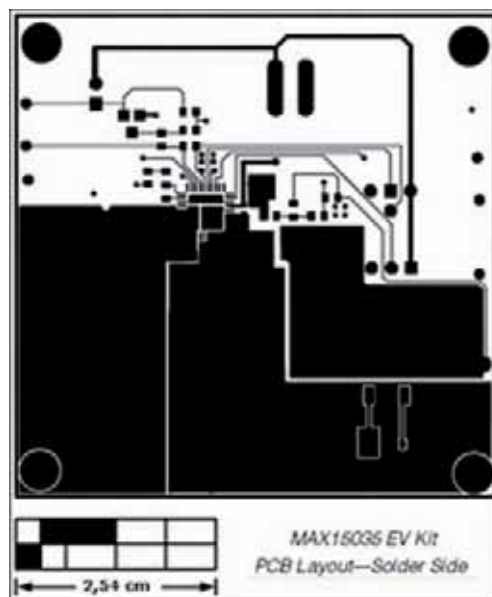


Fig. 4 - Scheda di valutazione MAX15035 EvKit realizzata su PCB di 37 cm² a 4 strati (sinistra) mentre la scheda MAX8686 EvKit su PCB di 67 cm² a 6 strati (destra)

della ventola per accelerare o decelerare la velocità di rotazione.

Le prestazioni termiche di un dispositivo PWM vengono definite usando una comune scheda di valutazione. Per meglio alloggiarla nella scatola, tale EvKit qui viene montata su un'ulteriore scheda distanziata almeno 2 cm dalla base metallica in modo da fornire un adeguato e uniforme deflusso d'aria.

Posizionando la scatola all'interno del forno - per effettuare le misure variando la temperatura ambiente - si dovrà inizialmente definire se l'aria del forno influenza il flusso d'aria all'interno della scatola che permetterà di valutare la deriva termica. Se viene misurata una anche minima influenza allora bisognerà posizionare una scatola più grande su quella di test per poter mantenere uniforme la temperatura all'interno della scatola. Uno dei possibili approcci, per minimizzare le interferenze termiche, è quello di montare la scatola in modo tale che la ventola sia posizionata ad angolo retto rispetto al flusso d'aria del forno.

Fissare quindi l'insieme di scatole assemblandole con semplici fascette

Tabella 1 - Calibrazione dei dati con scatola vuota

	Alimentazione ventola (V)	Flusso d'aria (LFM)		
		LFM - LEFT	LFM - CENTER	LFM - RIGHT
Misura del	3,3	102	98	91
flusso d'aria	4	215	207	187
(sola scatola)	6	339	337	323
	8	449	447	445
	10	565	585	581
	12	685	709	673

e/o dell'adesivo purché siano in grado di resistere alle alte temperature del forno.

Una termocoppia potrà essere sistemata e affrancata al centro geometrico del dispositivo sotto test facendo attenzione che essa non agisca (anche in minima parte) come potenziale dissipatore. Tuttavia, questa operazione può risultare di difficile esecuzione; un modo suggerito è quello di usare una resina epossidica per attaccare il filo della termocoppia al circuito integrato.

Lo strumento collegato alla termocoppia dovrà essere "elettricamente sospeso"

in modo che la misura di temperatura non venga influenzata da alcuna tensione applicata al dispositivo. Il filo della termocoppia potrà essere un AWG30 - o di diametro inferiore - e tutti i fili usati per le connessioni della misura dovranno essere avviluppati in modo da limitare al minimo le interferenze col flusso di aria.

Calibrazione del sistema

La calibrazione del sistema verrà eseguita con un misuratore di flusso per ottenere - all'interno della scatola - un flusso d'aria uniforme come illustrato

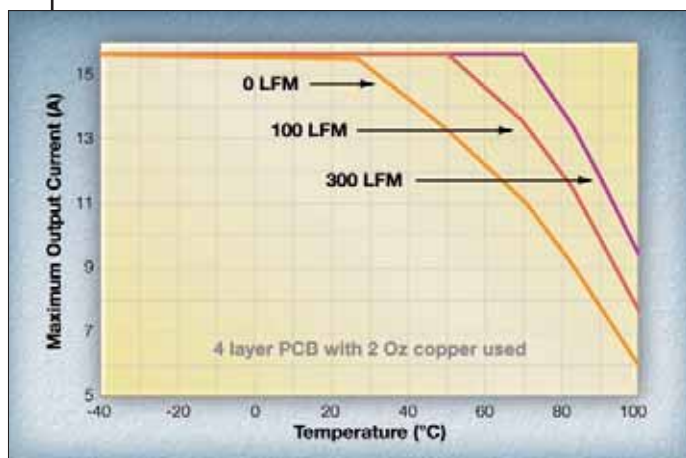


Fig. 5a - Deriva termica del dispositivo PWM da 15 A MAX15035 – il grafico ricavato usando la scheda EvKit illustra i diversi livelli di flusso d'aria richiesti per operare in zona di sicurezza

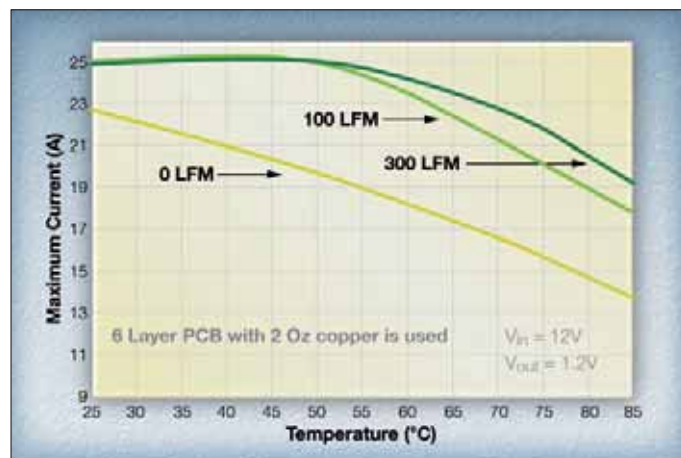


Fig. 5b - Deriva termica del dispositivo PWM da 25 A MAX8686 - il grafico evidenzia che a 50 °C di temperatura ambiente sarà possibile gestire i 25 A in uscita con un flusso d'aria di soli 100 LFM

Tabella 2 - Calibrazione dei dati con scatola contenente la scheda di valutazione (EvKit)

	Alimentazione ventola (V)	Flusso d'aria (LFM)		
		LFM - LEFT	LFM - CENTER	LFM - RIGHT
Misura del	3,3	91	90	89
flusso d'aria	4	189	160	205
(scatola + EvKit)	6	333	321	325
	8	455	445	443
	10	561	581	565
	12	673	689	671

nelle figure 3a e 3b che rappresentano la trasposizione grafica dei dati collezionati nelle tabelle 1 e 2.

Quando la calibrazione del sistema da misurare è terminata, posizionare l'intero sistema nella camera climatica (forno) quindi avviarla e attendere che al suo interno sia stato raggiunto l'equilibrio termico. Se due letture - eseguite a distanza di 5 minuti una dall'altra - non variano più di 0,2 °C allora si può desumere che l'equilibrio termico è stato raggiunto. È da notare che è difficile determinare la deriva termica in assenza di flusso d'aria in quanto la convezio-

ne naturale è instabile in particolare ad alte temperature del dispositivo che opera a elevati livelli di potenza.

Per verificare le prestazioni della scatola di test, vengono eseguiti vari esperimenti per misurare le prestazioni termiche dei dispositivi Maxim (PWM con MOSFET integrato) a elevata corrente di uscita (Fig. 4): MAX15035 (regolatore Step-Down da 15 A); MAX8686 (regolatore Step-Down Singola/Multifase da 25 A); i relativi risultati sono mostrati nelle figure 5a e 5b.

La misura in tempo reale di tali informazioni permette di definire in modo accu-

rato la deriva termica del sistema che, a sua volta, faciliterà la scelta del dispositivo più idoneo per quella particolare condizione operativa.

Sistemi sempre più compatti, alloggiati in scatole sempre più piccole e male areate, posso andare incontro a malfunzionamenti dovuti all'aumentare della temperatura ambiente. La misura della deriva termica permette di scegliere il dispositivo di alimentazione più idoneo per una certa applicazione in funzione del carico, dei requisiti termici e in modo indipendente dall'ambiente ove esso andrà a operare.

La tecnica di misura illustrata nell'articolo permetterà al progettista di valutare preventivamente il carico di lavoro termico di dispositivi molto performanti realizzati in contenitori molto compatti (come ad esempio il TQFN 6 mm x 6 mm) - quali il MAX15035 (regolatore Step-Down in grado erogare sul carico 15 A) e il MAX8686 (regolatore Step-Down Singola/Multifase da 25 A) entrambi integranti i MOSFET di potenza - quindi di definire e realizzare un sistema che opererà sempre in un'area di sicurezza.