

TRANSISTOR DI NUOVA GENERAZIONE IN PACKAGE INNOVATIVI

Gaetano Belverde
Application engineering
R&D Department
Discrete & standard Ics Group
STMicroelectronics - Catania

STMicroelectronics presenta i transistor Mosfet in tecnologia STripFET che si distinguono in termini sia di prestazioni elettriche sia nel comportamento termico

Le nuove CPU ad alta velocità richiedono tensioni di alimentazione sempre più basse unitamente a livelli di corrente via via più elevati. Per soddisfare queste esigenze energetiche sono necessarie nuove soluzioni circuitali che richiedono transistor MOSFET con prestazioni superiori sia dal punto di vista elettrico sia dal punto di vista termico.

La maggior parte dei convertitori utilizzati per l'alimentazione dei moderni processori è implementata in topologia buck non isolato. Questa topologia è l'unica a offrire con grande semplicità circuitali elevate prestazioni a basso costo. Unica deroga alla elementare

struttura del buck è data dall'utilizzazione di un MOSFET impiegato come diodo sincronizzato allo scopo di aumentare l'efficienza del convertitore e prevenire riscaldamenti. Per soddisfare i ripidi transitori di corrente reclamati dalle attuali CPU, la frequenza operativa di tali convertitori viene generalmente innalzata o si preferisce adottare nuove topologie in configurazione multifase. In entrambi i casi sono indispensabili nuovi MOSFET appositamente ottimizzati allo scopo.

La partita tra i costruttori di silicio si gioca sostanzialmente sull'ottimizzazione di due parametri fondamentali (a parità di costo): il rendimento elettrico

del sistema e la temperatura di lavoro dei componenti attivi in seno al convertitore. Questi due parametri determinano la qualità del convertitore e sono direttamente collegati all'affidabilità di funzionamento dell'intero sistema. Con l'obiettivo di soddisfare le nuove richieste del mercato la STMicroelectronics ha messo a punto nuovi dispositivi ottimizzando la tecnologia STripFET di cui è proprietaria e sviluppando innovative soluzioni di packaging.

Il Mosfet ideale

In teoria il transistor MOSFET ideale dovrebbe avere contemporaneamente i più bassi valori possibili di resistenza in conduzione (R_{on}) e di "gate charge", in modo tale da minimizzare sia le perdite statiche sia le dinamiche. Nella realtà, a causa dei limiti fisici del silicio, è molto difficile perseguire contemporaneamente l'ottimizzazione di entrambi i parametri per cui si deve ricercare il miglior compromesso possibile in termini di prestazioni globali. Nella ottimizzazione dei MOSFET dedicati ai convertitori buck occorre tenere presente i due dispositivi utilizzati rispettivamente come MOSFET di controllo e come

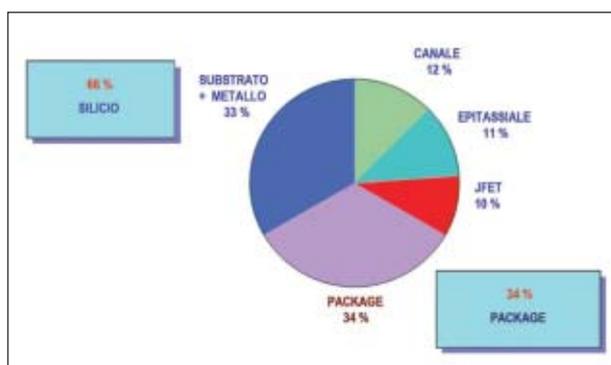


Fig. 1 - I contributi alla resistenza in conduzione (R_{on}) in uno STripFET a canale N da 30V

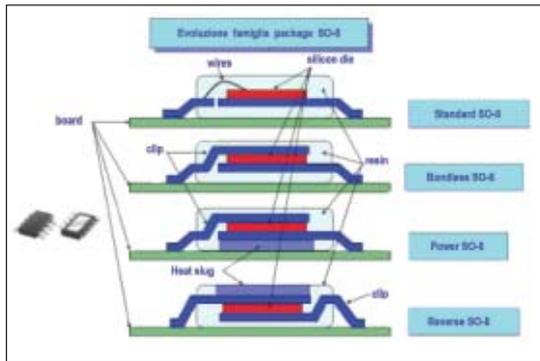


Fig. 2 - L'evoluzione della famiglia SO-8

MOSFET sincronizzato lavorano in maniera asimmetrica. In particolare, per il MOSFET di controllo, che regola la tensione di uscita, è richiesta una estrema velocità di commutazione. Quindi, nei MOSFET deputati a questa posizione occorre preferire l'ottimizzazione delle perdite in commutazione riducendo ad esempio le capacità parassite, la "gate charge" e la resistenza interna di gate. Al contrario, per il MOSFET sincronizzato utilizzato come un diodo, è preferibile una bassissima resistenza di conduzione anche a discapito di peggiori prestazioni in commutazione. Grazie alla flessibilità della tecnologia STRipFET di STM è possibile calibrare ogni parametro interno al MOSFET in modo da avere dispositivi ideali per entrambi le posizioni prima descritte: sia MOSFET di controllo sia MOSFET sincronizzato.

L'importanza di un package

Il grafico a torta della figura 1 mostra chiaramente i vari contributi che determinano la resistenza in conduzione in un generico transistor mosfet STRipFET a canale N da 30 V. Come si può notare immediatamente, il maggior contributo pari a circa il 66%, è dovuto al silicio. Le

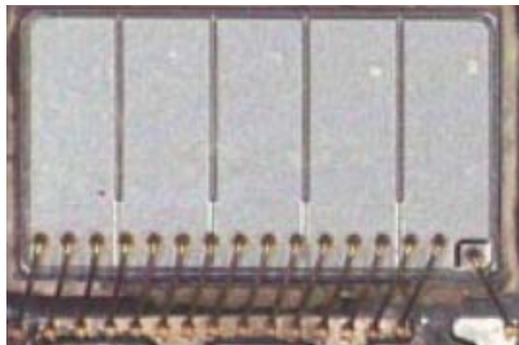


Fig. 3 - Sistema di collegamento con fili standard in un package standard SO-8



Fig. 4 - Sistema di collegamento con clip metalliche usate nei nuovi package "bondless SO-8"

continue ottimizzazioni della tecnologia STRipFET sono state dettate dalla volontà di minimizzare sempre più questo contributo.

Allo stesso tempo occorre notare che circa il 34% della resistenza totale è dovuta invece al contributo dato dal

package. Con l'obiettivo di abbassare anche questa notevole fetta di perdite l'azienda ha deciso di sviluppare una nuova famiglia di packages con innovative tecnologie di fabbricazione. Grazie ai nuovi packages è possibile migliorare le prestazioni termiche, minimizzare gli effetti parassiti e aumentare la densità di corrente dei dispositivi. Nella figura 2 si può vedere come esempio l'evoluzione della famiglia dei package SO-8 ma lo stesso principio è stato adottato anche nella famiglia DPAK. In alto è illustrata la sezione trasversale di un SO-8 standard dove dei semplici fili sono utilizzati per collegare i pin di "gate" e "source" dal silicio al package. Il primo passo è stato l'introduzione di una clip di metallo (Fig.4) in sostituzione dei fili standard (Fig.3). Questo nuovo package è stato chiamato

"bondless" ossia, senza fili di bond. Il vantaggio più evidente della clip di metallo è la più ampia sezione disponibile per il trasporto della corrente sul pin di source, che permette di ridurre significativamente la resistenza parassita e aumentare la densità di corrente per unità di area. Gli esperimenti in laboratorio hanno mostrato che nei package DPAK le clips metalliche consentono di ridurre la resistenza in conduzione (R_{on}) fino al 30%, rispetto a un package standard.

Un altro passo avanti è stato fatto con l'introduzione dei package "bottomless" (senza fondo). In pratica, uno strato metallico è stato aggiunto nella parte inferiore del package allo scopo di

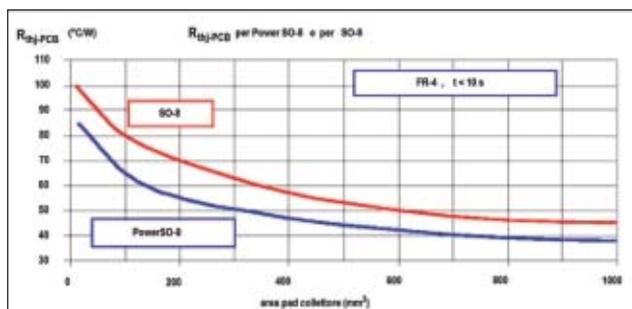


Fig.5 - Un confronto fra le prestazioni termiche dei package SO-8 e Power SO-8

TABELLA 1 - Confronto parametrico fra i due MOSFET utilizzati nell'esempio

MOSFET	Board (A)	Board (B)
	STS25NH3LL	STS100NH3LL
package	SO8	PowerSO8
resistenza-on ($m\Omega$) @ $V_{gs}=10V, I_d=12.5A$	3.3	3.3
$R_{thj-amb}$ ($^{\circ}C/W$)	47	45
R_{thj} ($^{\circ}C/W$)	16 ($R_{thj-lead}$)	1.8 ($R_{thj-case}$)
corrente nominale (A)	25	100
tensione di breakdown (V)	30	30
tensione di soglia (V) @ $I_d=250\mu A$	> 1	> 1
carica in base (nC) @ $V_{ds}=15V, V_{gs}=4.5V, I_d=25A$	32	32

umentarne le prestazioni termiche. Grazie a questa nuova "frame" di metallo la $R_{thj-case}$ (resistenza termica tra silicio e cassa metallica) viene drasticamente ridotta, inoltre, la stessa lamina di rame che si appoggia alla scheda permette di utilizzare il rame della scheda come un dissipatore di calore. Nella figura 5 è riportato un dettagliato confronto fra le caratteristiche termiche dei package SO-8 e Power SO-8, effettuato su una scheda dimostrativa FR-4 di rame, si noti la minore resistenza termica del nuovo package rispetto allo standard.

È importante sottolineare che i package SO-8, Bondless SO-8 e Bottomless SO-8 sono tutti pin-to-pin compatibili tra loro, in modo tale che i progettisti li possono usare alternativamente nei loro progetti senza l'esigenza di dover ridisegnare le schede quando si passa da un package all'altro. Questo significa ad esempio che in sede produttiva si possono otte-

nere convertitori con portate diverse cambiando semplicemente i due MOSFETs senza cambiare la board di rame. Il formato standard dei pin semplifica notevolmente l'aggiornamento dei dispositivi in quei sistemi in cui si vuole maggiore potenza o minore riscaldamento. Ovviamente, per sfruttare appieno le migliori prestazioni termiche dei package Power SO-8 sarebbe meglio prevedere un'opportuna isola di rame sotto la "pancia" di metallo che si appoggia alla scheda.

Il più recente passo avanti realizzato dall'azienda italo-francese sulle tecnologie di realizzazione dei package è stato denominato "Reverser SO-8". In pratica, in questo package si è attuato il rovesciamento dei pin, e quindi l'isola di rame

tipica dei package "bottomless" risulta posizionata nella parte superiore. Grazie a questa particolarità costruttiva un dissipatore termico può essere posizionato direttamente sulla parte superiore del package e un eventuale piccolo ventilatore può essere usato in modo da smaltire il calore molto efficacemente prevenendo il riscaldamento dell'intera board. Questi package sono tuttora in fase di sviluppo nei laboratori di ricerca di STMicroelectronics.

I test

Per confrontare le prestazioni dei nuovi package Bottomless con quelle dei Bondless sono stati fatti dei test con accurate misure di temperatura e rendimento elettrico su un generico convertitore buck sincrono singola fase. La figura 6 mostra le più importanti specifiche elettriche dei transistor mosfet usati nei test di confronto. La sola differenza fra i due MOSFET è la maggior portata termica dei Power SO-8. Infatti, sia la resistenza in conduzione (R_{on}) sia la "gate charge" sono le stesse perché entrambi in entrambi i package è assemblato lo stesso identico silicio e le stesse clip metalliche. La grossa differenza è dovuta invece alla resistenza termica. Occorre precisare che nel caso dei

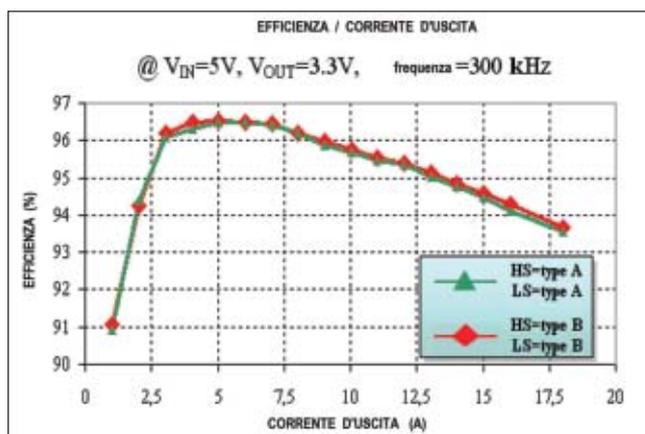
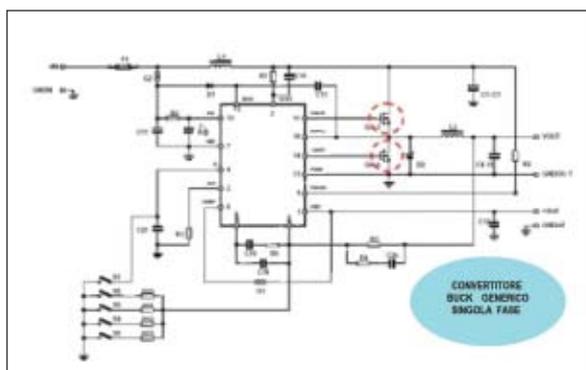


Fig. 7 - Le misure di efficienza

Fig. 6 - Schema di un generico convertitore buck non isolato singola fase

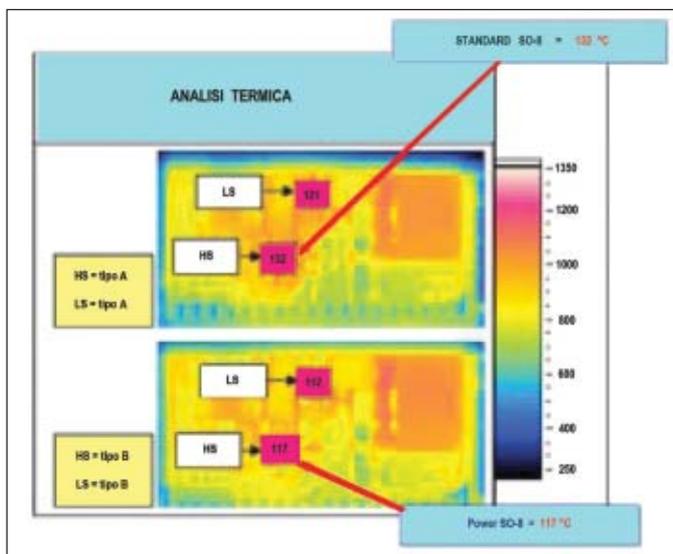


Fig. 8 - La mappa termica

Bottomless si è misurata la resistenza termica $R_{thj-case}$ fra silicio e frame di metallo (case), mentre nei Bondless, non essendoci la frame di metallo si può parlare solo di resistenza termica $R_{thj-lead}$ fra il silicio e i suoi pin.

Il convertitore lavora a 300 kHz di frequenza operativa e la massima corrente d'uscita è pari a 20 A. La tensione di uscita è di 3,3 V mentre la tensione d'ingresso è 5 V. Nell'esempio, a causa del ridotto rapporto tra V_{in}/V_{out} il duty cycle è prossimo al 50% per questo motivo si è usato lo stesso MOSFET sia come controllo che come diodo sincronizzato, non si è perseguita cioè l'ottimizzazione di ogni singolo interruttore prima menzionata.

Come si vede, la curva di efficienza alla temperatura di lavoro di 25 °C è quasi uguale per i due MOSFET in tutto il range di corrente (da 1 a 18 A). Questo è comprensibile giacché all'interno del package è stata assemblata la stessa piastrina di silicio e quindi si hanno le stesse prestazioni elettriche.

Se però si effettua una mappa termica della scheda dopo circa mezz'ora di continuo funzionamento si vede chiaramente che, nel peggiore dei casi, le prestazioni dei Bondless si deteriorano rispetto ai Power SO-8, in particolare la temperatura risulta circa 15 gradi centigradi più alta.

Una maggiore differenza in termini di temperatura di lavoro può essere riscontrata tra i due package SMD se si prevede un'isola di rame di maggiori dimensioni sotto la "pancia" del Bottomless.

In definitiva, le importanti innovazioni nella fabbricazione dei package e dei dispositivi a semiconduttore consentono oggi ai progettisti di realizzare convertitori più "freddi" e capaci di offrire elevate densità di potenza con maggior efficienza, migliore affidabilità e dimensioni più compatte.

STMicroelectronics
readerservice.it n. 2