

STripFET con diodo Schottky integrato

Gaetano Belverde, Maurizio Melito
STMicroelectronics, MLD Group, Catania

Grazie all'integrazione del diodo Schottky, la nuova generazione di STripFET III di STMicroelectronics è in grado di migliorare l'efficienza nei sistemi di alimentazione delle CPU per applicazioni "mobile"

La crescente richiesta di potenza da parte dei moderni processori ha indotto i costruttori di MOSFET di potenza allo sviluppo di nuove famiglie di dispositivi appositamente progettate per questo tipo di applicazioni.

Il primo prodotto della famiglia STripFET progettato a tale scopo è stato introdotto da STMicroelectronics nel 1997, lo sviluppo continuo della tecnologia ha portato negli ultimi quattro anni a continui miglioramenti. La terza genera-

zione di STripFET offre adesso una bassissima resistenza in regime di conduzione ($R_{ds(on)}$), ottenuta grazie alla maggior densità delle "Strip" per unità di area. I miglioramenti in termini di $R_{ds(on)}$ si coniugano anche con un inferiore "Qg" (carica necessaria per accendere il gate del MOSFET), resa possibile grazie a nuove geometrie circuitali interne al silicio.

Sfruttando l'estrema versatilità della tecnologia STripFET è stato possibile modulare i parametri prima citati in modo da ottimizzare le prestazioni sia dei MOSFET high-side, sia dei MOSFET low-side interni ad un convertitore di tipo Buck.

Puntando ad una ottimizzazione totale delle prestazioni, a supporto del nuovo silicio sono stati sviluppati anche dei nuovi contenitori (package).

Gli STripFET possono essere infatti assemblati su package "bondless", ed "exposed pad", che minimizzano gli effetti di elementi parassiti quali induttanze e resistenze dei fili di "bonding",

Fig. 1 - Forme d'onda tipiche del funzionamento di un convertitore buck sincrono

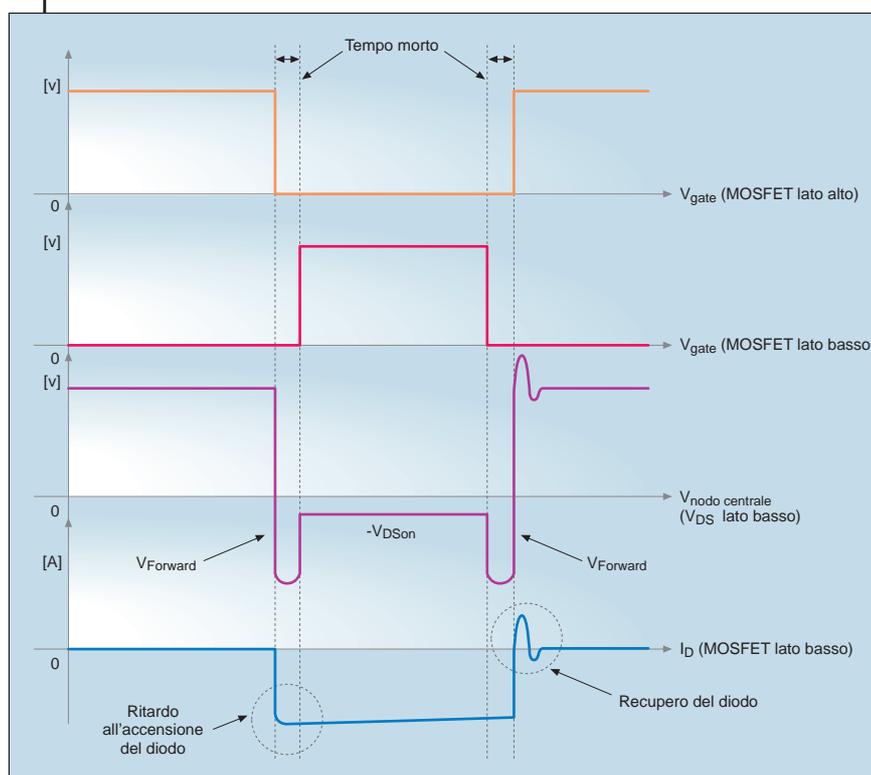


Fig. 2 - Convertitore Buck sincrono con diodo Schottky esterno: le induttanze parassite L_p riducono l'efficienza del diodo Schottky

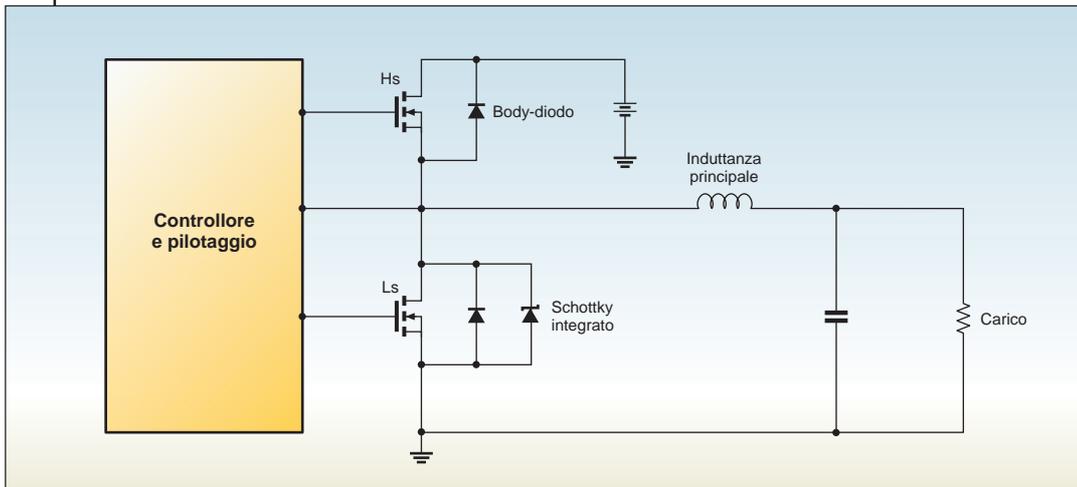
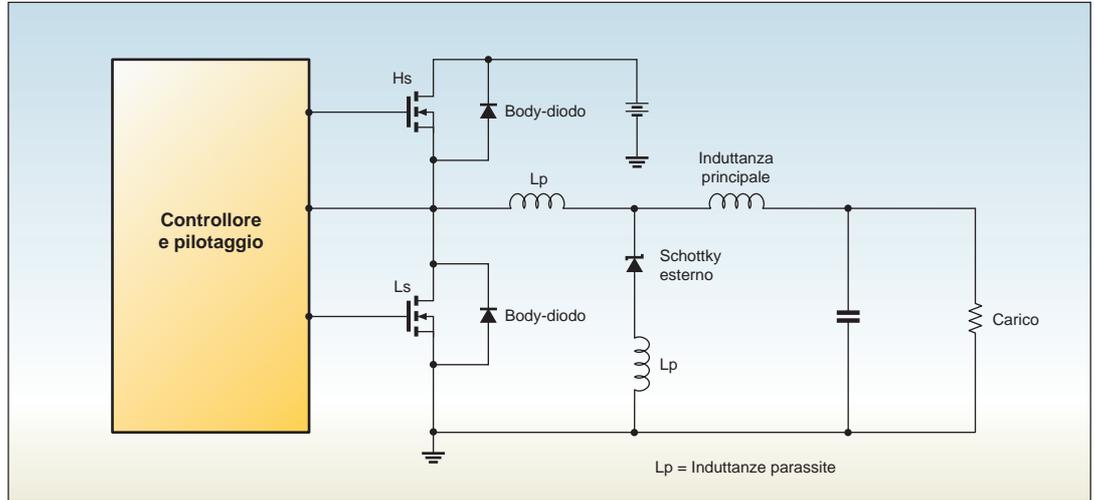


Fig. 3 - Convertitore Buck sincrono con diodo Schottky integrato nel quale le induttanze parassite sono assenti

oltre ad avere ottime prestazioni termiche. Un ulteriore punto di forza dei nuovi package è la compatibilità "pin-to-pin" tra di loro. Questo permette ai progettisti dei convertitori di sviluppare un

singolo PCB per diversi progetti, sostituendo di volta in volta i soli MOSFET di potenza in funzione della portata in corrente o delle prestazioni termiche richieste. Un diodo Schottky all'inter-

no dei transistor STripFET è la più recente innovazione tecnologica introdotta da STMicroelectronics al fine di migliorare le prestazioni dei convertitori DC-DC per applicazioni portatili.

TABELLA 1 - CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI ELETTRICHE DI STRIPFET CON E SENZA DIODO SCHOTTKY INTEGRATO

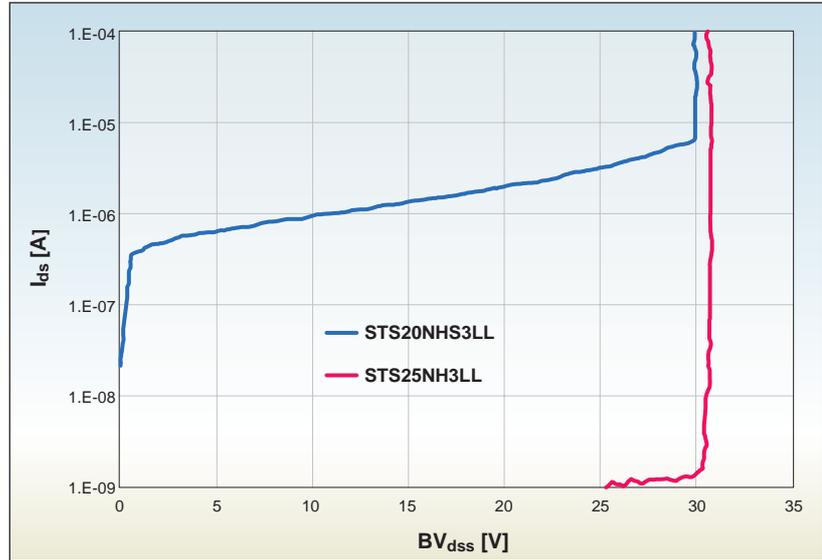
dispositivo	T_{rr} $dI/dt=100A\mu s$ $T_j=25^\circ C$	Q_{rr} [nC] $dI/dt=100A\mu s$ $T_j=25^\circ C$	V_{FEC} [mV] @12,5A [typ.]	R_{dson} [mOhm] @ $V_{gs}=4.5V$ [max]
STS25NH3LL	30@ $I_d=25A$	56@ $I_d=25A$	800	3,5@ $I_d=12,5A$
STS20NHS3LL	33@ $I_d=25A$	50@ $I_d=25A$	660	4@ $I_d=12,5A$
Mosfet + Schottky				

Fig. 4 - Confronto della corrente di "leakage" nei due STripFET con e senza diodo Schottky integrato

Ultimi sviluppi della famiglia STripFET

Dopo l'ottimizzazione del silicio, resa possibile grazie all'utilizzo di una maggior densità d'integrazione della tecnologia delle Strip, e dopo i passi avanti ottenuti grazie allo sviluppo dei nuovi package di potenza "bondless" ed "exposed pad", i ricercatori di STMicroelectronics sono riusciti a introdurre sul mercato una famiglia di transistor MOSFET che integra al loro interno anche un diodo Schottky. Questo permette di migliorare l'efficienza e l'affidabilità dei convertitori riducendo le perdite e la dissipazione di calore.

Nonostante i rettificatori PiN (diodo intrinseco o diodo body-drain) siano utilizzati con successo nella maggior parte dei convertitori di potenza, essi mostrano modeste prestazioni in commutazione a causa dell'elevato tempo di smorzamento della corrente inversa e a causa



dell'alta corrente di picco prodotta in fase di recupero inverso.

Con l'obiettivo di migliorare le caratteristiche dinamiche dei rettificatori PiN, sono stati sviluppati i diodi Schottky che garantiscono un minor tempo di recupero inverso, derivante dal meccanismo di conduzione basato su portatori di carica maggioritari. Le migliori caratteristiche dinamiche appena citate sono molto utili a limitare le emissioni elettromagnetiche (EMI). Lo Schottky, infatti, presen-

ta commutazioni molto smussate e prive di fronti ripidi.

Oltre al miglioramento dei parametri dinamici, i diodi Schottky consentono di ottenere anche minori valori di tensione di conduzione (Vf), e quindi sono più adatti per tutte le applicazioni ad alta efficienza. Una limitante nell'utilizzo degli Schottky è l'elevata corrente di perdita ("leakage") rispetto ai diodi PiN classici. Con l'obiettivo di creare un diodo Schottky all'interno della struttura STripFET III, i progettisti hanno implementato un nuovo processo che non solo crea contatti Schottky all'interno del MOSFET ma forma anche un'opportuna barriera per il contenimento dell'elevata corrente di perdita ("leakage") generata dallo Schottky, estendendo quindi l'utilizzo di questa tecnologia anche per apparecchiature ad alta efficienza.

I dati reali presentati nella tabella 1 dimo-

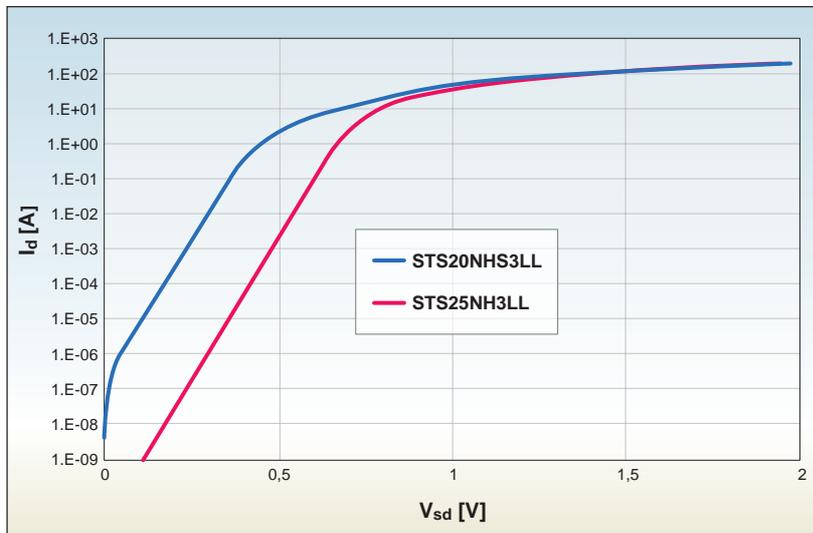


Fig. 5 - Tensione di conduzione in diretta del diodo (Vforward) nei due STripFET con e senza diodo Schottky integrato

strano che il nuovo STS20NHS03LL (STripFET + Schottky) è in grado di offrire una caduta di tensione in diretta sul diodo (V_f), più bassa del 20%, e una Q_{rr} (carica di recupero inverso del diodo) inferiore del 10% rispetto alla soluzione standard.

Perché usare un diodo Schottky sui BUCK

I convertitori Buck tipo sincrono, lavorano con un tempo morto fra l'accensione e lo spegnimento dei transistor MOSFET di entrambi i lati, alto e basso. Tale intervallo è necessario a prevenire i fenomeni di cortocircuito temporaneo ("shoot-through"). Se non si adotta un tempo morto si hanno degli istanti in cui entrambi i MOSFET risultano contemporaneamente accesi cortocircuitando l'alimentazione e provocando grosse perdite di efficienza e guasti.

I circuiti integrati di pilotaggio (driver) di ultima generazione, sono in grado di ridurre i tempi morti al minimo possibile ma in ogni caso esso non può essere nullo. Durante i tempi morti entrambi i MOSFET sono spenti e la corrente immagazzinata nell'induttanza principale del convertitore, scorre attraverso il diodo interno del MOSFET posto sul lato basso (low-side). Oppure, se è stato connesso un diodo Schottky discreto, allora la corrente fluisce attraverso quest'ultimo (come si vede nelle figure 1, 2 e 3). In questo genere di applicazioni si preferisce utilizzare dei diodi Schottky perché presentano una minore $V_{forward}$ (caduta di tensione in diretta) e una maggiore velocità rispetto ai diodi PiN (diodo intrinseco o diodo body-drain) standard. In altre parole, hanno delle minori perdite. I diodi Schottky discreti sono molto utilizzati nei moderni convertitori buck sincroni, ma a causa delle induttanze parassite presenti tanto nel PCB quanto nei package, i vantaggi derivanti dall'utilizzo dello Schottky risul-

tano spesso compromessi (Fig. 2).

Allo scopo di minimizzare questi componenti parassiti di collegamento, una soluzione consiste nell'integrare un diodo Schottky discreto (una piastrina di silicio a parte) all'interno dello stesso contenitore (package) del MOSFET. Questa soluzione permette di ridurre i parassiti circuitali ma a scapito di uno spreco di spazio a causa dell'integrazione di due chip di silicio. In altre parole, lo spazio occupato dal chip dello Schottky verrà per forza di cose sottratto alle dimensioni del chip del MOSFET. Una piastrina di silicio di area più piccola presenterà una maggiore resistenza all'ON (R_{dson}) e quindi maggiori perdite di efficienza rispetto a un silicio di dimensioni più grandi. Una soluzione alternativa è stata individuata grazie alle ricerche condotte da STMicroelectronics, e consiste nell'integrare la struttura attiva di un diodo Schottky direttamente tra le Strip del transistor MOSFET e fabbricare entrambi i componenti nello stesso chip e nello stesso package.

La soluzione così implementata consente di eliminare totalmente le induttanze parassite di collegamento poiché il diodo Schottky si trova "interdigitato" nel transistor STripFET senza compromettere le dimensioni del MOSFET e la sua R_{dson} . Lo Schottky interno risulta in parallelo al diodo intrinseco del transistor MOSFET (diodo body-drain), ma presenta una minore V_f e una maggiore velocità (Fig. 3), che portano a minori perdite di efficienza.

L'unico inconveniente derivante dall'uso di un diodo Schottky integrato nel corpo del transistor è, come detto, la maggiore corrente di leakage della struttura Schottky rispetto a un diodo PIN. Una oculata progettazione tecnologica ha arginato questo problema, mantenendo la corrente di leakage entro i limiti di sicurezza (come si vede nel confronto di Fig. 4).

relais technologie service

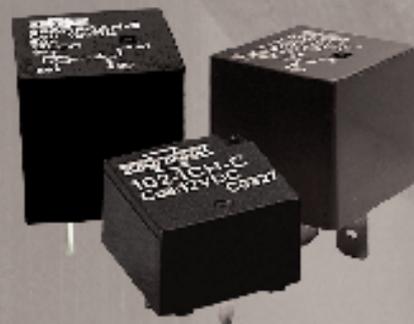
Rele' per l'industria automobilistica

Ricerchiamo, sviluppiamo e anticipiamo le richieste del mercato.

Le esigenze del settore automobilistico per le caratteristiche di sicurezza, controllo e confort, sono in continua crescita.

I rele' Song Chuan offrono differenti opzioni per soddisfare ogni soluzione in modo ottimale, come ad esempio:

- + Motorini Elettrici
- + Sistemi di sicurezza
- + Vantaggi economici
- + Sistemi di controllo stabilità
- + Sicurezza



I rele' Song Chuan sono all'avanguardia rispetto agli ultimi standard tecnologici. Siamo disponibili e desiderosi di assistere i vostri progetti in fase di sviluppo.

Song Chuan Italy s.r.l.
Via F.Lli. Rosselli 33
I-20090 Trezzano s/N Milano
Tel. +39-02-48 49 01 64
Fax +39-02-48 40 99 22
www.songchuan.de
info@songchuan.de



Fig. 6 - Schema elettrico del convertitore utilizzato nei test sperimentali

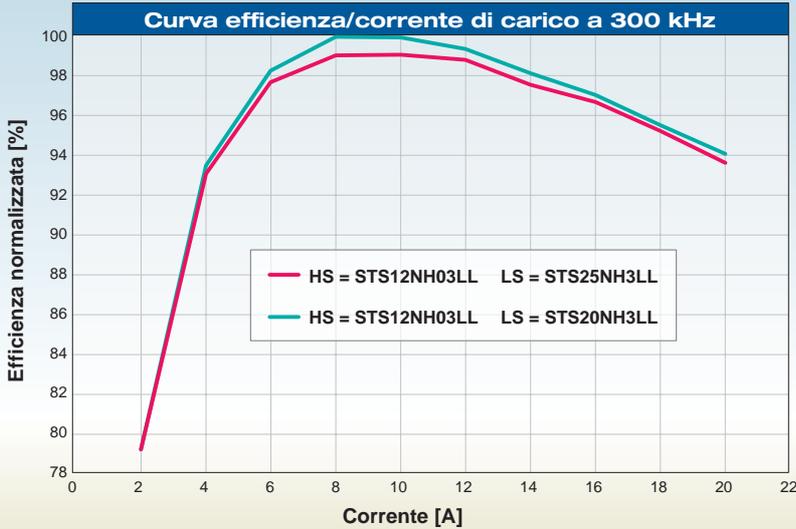
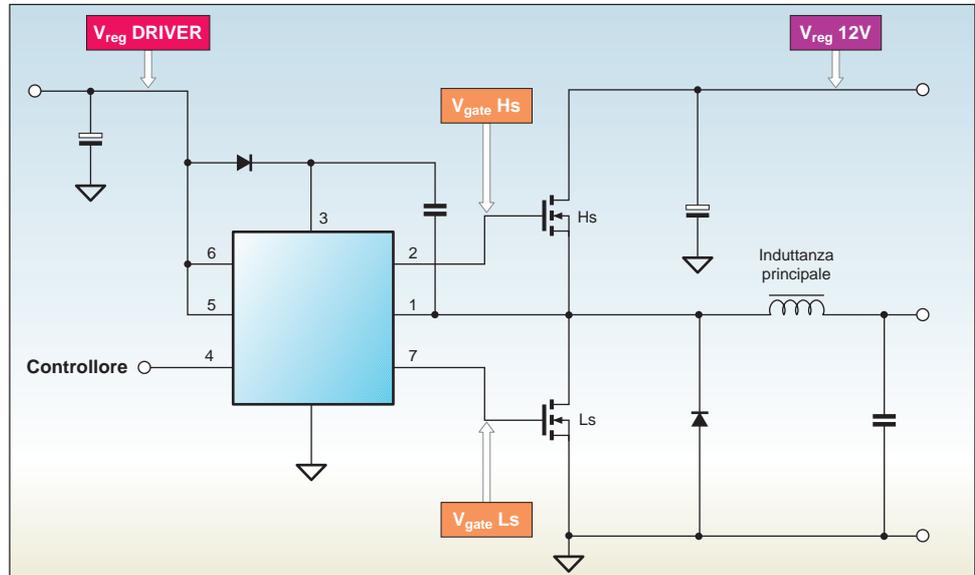


Fig. 7 - Efficienza in funzione della corrente di carico alla frequenza di 300 kHz

Risultati sperimentali

Allo scopo di valutare le prestazioni dei nuovi STripFET con diodo Schottky integrato, questi nuovi prodotti sono stati confrontati con degli STripFET standard. La sperimentazione è stata condotta utilizzando uno stadio convertitore ad elevata efficienza. Il nuovo transistor STripFET STS20NHS3LL con diodo Schottky integrato è stato confrontato con l'STS25NH3LL (std). L'analisi è stata completata misurando anche le temperature di lavoro di questi MOSFET alle diverse frequenze di lavoro e con carichi di corrente da 2 a

20A. La figura 6 mostra lo schema elettrico della parte di potenza del convertitore utilizzato.

Si tratta di un generico stadio Buck sincrono a singola fase, utilizzabile anche nelle applicazioni a più fasi. La

tensione d'ingresso è di 12 V, mentre l'uscita è regolata a 1,2 V.

La tabella 1 mostra a confronto le principali caratteristiche elettriche dei due MOSFET in esame.

La piccola differenza in termini di $R_{ds(on)}$ è dovuta alla implementazione dello Schottky nella struttura attiva dello STripFET.

La tabella 2 mostra la combinazione di MOSFET utilizzata nelle due board di test (tutti i dispositivi sono assemblati in

TABELLA 2 - MOSFET UTILIZZATI NELLE DUE SCHEDE DI TEST

Nome scheda	lato alto (Hs)	lato basso (Ls)
A	STS12NH3LL	STS20NHS3LL Mosfet + Schottky
B	STS12NH3LL	STS25NH3LL

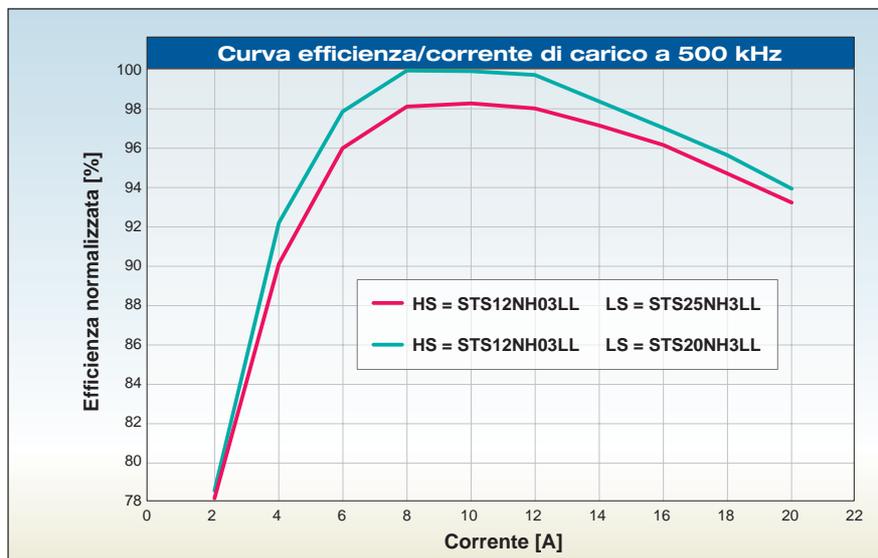


Fig. 8 - Efficienza in funzione della corrente di carico alla frequenza di 500 kHz

TABELLA 3 - TEMPERATURE DI ESERCIZIO DEI MOSFET ALLA CORRENTE DI CARICO DI 16A

Temperatura °C	300 KHz		500 KHz	
	lato alto (Hs)	lato basso (Ls)	lato alto (Hs)	lato basso (Ls)
Scheda A STS20NHS3LL	98	100	110	109
Scheda B STS25NH3LL	98	101	116	112

package Bondless SO-8). Si noti che il confronto riguarda i soli MOSFET del lato basso (Ls). Come riportato nella tabella 2, lo STRipFET STS12NH3LL è stato usato nel lato alto di entrambi i convertitori.

Le figure 7 e 8 riportano l'efficienza elettrica dei due convertitori sotto analisi, misurate con correnti di uscita da 2 A a 20 A e alla frequenza di lavoro di 300KHz e 500 KHz. I risultati sono normalizzati al picco più alto di efficienza. Le prestazioni del convertitore "A" (Tab. 2), equipaggiato con StripFET + Schottky, sono migliori per tutto l'intervallo di corrente di uscita. Si nota una maggiore differenza di efficienza all'aumentare della frequenza di lavoro. Dal punto di vista termico le temperature di esercizio dei MOSFET sono pratica-

mente uguali alla frequenza di lavoro di 300 KHz, ma a 500 KHz si nota un minore riscaldamento dei MOSFET della board "A". Questo è dovuto sostanzialmente al minore impulso di corrente di "recovery" dello Schottky rispetto alla soluzione standard con diodo body-drain (Convertitore "B").

Alla luce dei risultati sin qui ottenuti possiamo dire che sostituendo il MOSFET standard STS25NH3LL con lo STRipFET dotato di Schottky (STS20NHS3LL) si ottiene un'efficienza superiore compresa fra l'1 e il 2%, a seconda delle condizioni di carico e della frequenza di lavoro.

Nonostante il MOSFET con diodo Schottky integrato abbia una resistenza di conduzione ($R_{ds(on)}$) leggermente più alta, la sua presenza offre benefici evi-

denti che si massimizzano all'aumentare della frequenza di lavoro.

L'integrazione del diodo Schottky nella struttura di un transistor STRipFET rappresenta un ulteriore passo in avanti nella continua massimizzazione delle prestazioni elettriche dei MOSFET.

Grazie a questi nuovi dispositivi è possibile ridurre del 50% lo spazio occupato dai componenti attivi sulle schede, non essendo più necessario il diodo Schottky esterno, e poiché le perdite sono ridotte, si ottengono anche sensibili miglioramenti in termini di efficienza e di affidabilità. 

STMicroelectronics
readerservice.it n. 58