

Un alimentatore isolato ad alte prestazioni e alta affidabilità facile da costruire

Bruce Haug
Sr. product marketing engineer
Power Products
Linear Technology

I convertitori e i moduli DC/DC isolati prefabbricati sono una soluzione semplice, ma relativamente costosa per convertire in modo efficiente le tensioni del bus di distribuzione in basse tensioni isolate. Ma per molte applicazioni occorre un progetto personalizzato perché quelli pre-configurati possono non avere tutte le caratteristiche necessarie

Costruire la propria soluzione usando controller PWM discreti costa molto meno e offre la flessibilità necessaria a soddisfare le richieste più esigenti, ad esempio fattori di forma speciali o tensioni in ingresso e uscita non standard. I recenti progressi in materia di tecnologia dei controller offrono nuove caratteristiche e funzionalità che contribuiscono anche a semplificare la progettazione di un alimentatore isolato. Per questo i progettisti stanno considerando se abbia ancora senso utilizzare un progetto discreto per la loro applicazione finale. In particolare il convertitore forward

con reset e clamp attivo è stato ampiamente utilizzato negli alimentatori personalizzati per la sua grande efficienza e il ridotto affaticamento dei componenti. Mentre i convertitori forward rappresentano la più semplice tra le topologie buck isolate, la tecnica del reset e clamp attivo introduce limitazioni prestazionali e potenziali problemi di affidabilità che ne hanno limitato le possibilità di impiego. Grazie a una tecnica in attesa di brevetto il chipset LTC3765/LTC3766 di seconda generazione di Linear Technology risolve sia i problemi di affidabilità sia i limiti prestazionali del

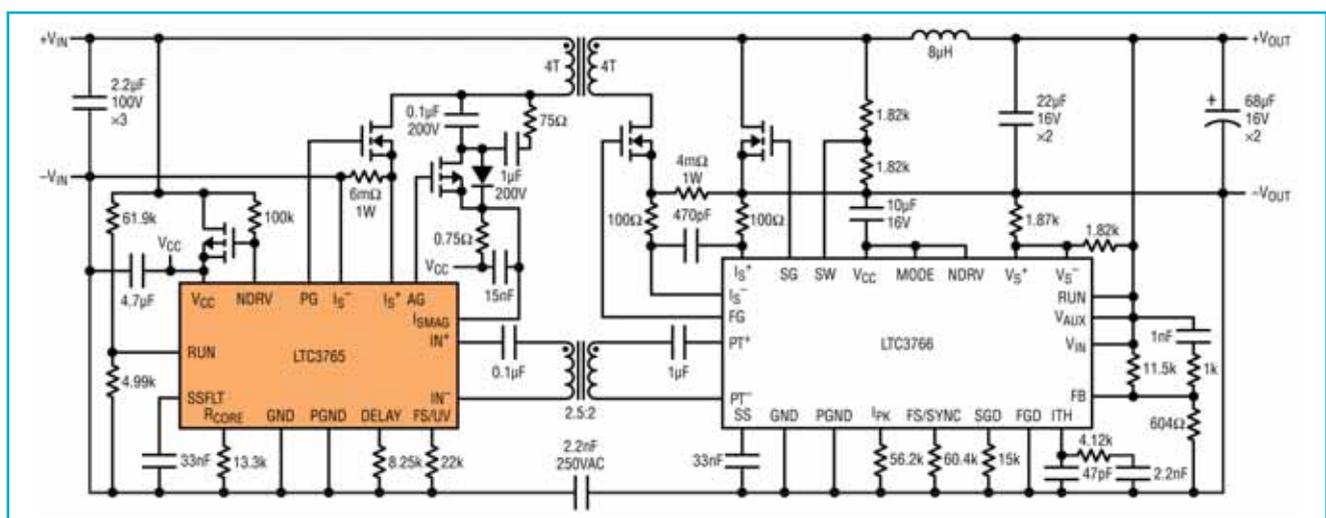


Fig. 1 - Circuito dell'applicazione LTC3765/66, range di VIN: da 18V a 72V, VOUT: 12V @ 11A, 12,5A piccolo

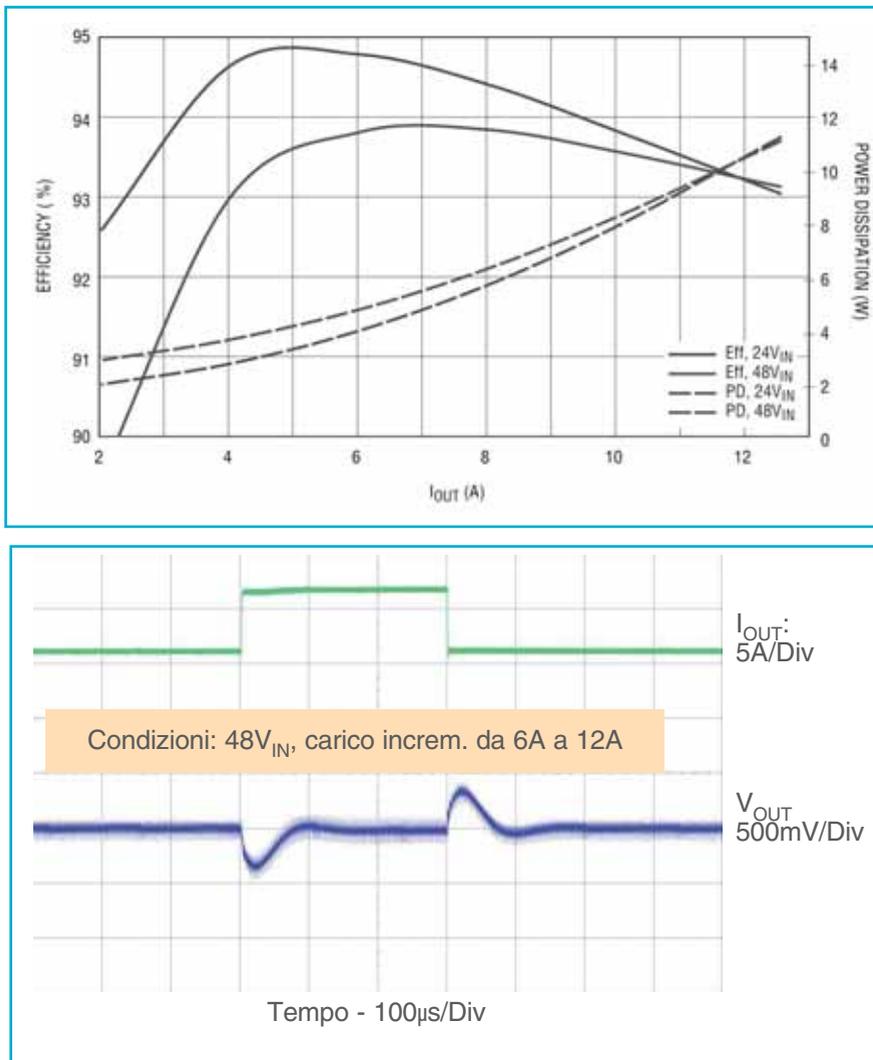


Fig. 2 - Tipiche curve di efficienza/perdita di potenza associate dell'LTC3765/66 e risposta al transiente

convertitore forward con reset e clamp attivo. Inoltre questo straordinario chipset semplifica notevolmente la progettazione dei convertitori forward ad alte prestazioni che diventano quindi un'alternativa convincente e facile da costruire ai dispositivi prefabbricati.

Il chipset

LTC3765 e LTC3766 si uniscono per formare un convertitore forward sincrono isolato che comprende il reset e clamp attivo e la tecnologia Direct Flux Limit che impedisce la saturazione del trasformatore di potenza in qualsiasi condizione. LTC3765 è un controller intelligente sul lato primario che interagisce con LTC3766 per implementare un alimentatore isolato con avvio automatico semplice e robusto.

Dopo l'avvio LTC3765 riceve i segnali di temporizzazione e l'alimentazione di polarizzazione dal controller LTC3766 sul lato secondario tramite un trasformatore a impulsi compatto. Il controllo sul lato secondario gestisce il carico, assicurando un controllo affidabile della corrente e della tensione in uscita e fornendo al contempo una rapida risposta al transiente. Inoltre questa architettura semplifica il progetto e riduce il numero dei componenti, rendendo superfluo l'uso di un optoisolatore o di tensioni di polarizzazione. Nella figura 1 è illustrato un tipico schema dell'applicazione, mentre la figura 2 mostra la risposta al transiente associata e le curve di efficienza/perdita di potenza.

LTC3765/66 contiene tutti i circuiti di controllo necessari per implementare un reset del trasformatore con clamp attivo, aumentando il grado di efficienza (fino al 95%) e la densità di potenza rispetto alle tradizionali tecniche di reset risonanti o con avvolgimento ausiliario. I gate driver ad alta corrente per lo switch principale, lo switch per il clamp e reset attivo e gli switch sincroni includono ritardi regolabili per ottimizzare il rendimento. Tuttavia nei tradizionali convertitori forward con clamp attivo qualsiasi variazione improvvisa del duty cycle di commutazione può provocare la saturazione del trasformatore di potenza e, di conseguenza, un guasto al trasformatore stesso. La tecnologia Direct Flux Limit impedisce la

saturazione in qualsiasi condizione, aumentando l'affidabilità del convertitore, pur mantenendo un'eccellente risposta al transiente rispetto ad altre soluzioni.

Altre funzionalità includono la limitazione rapida e precisa della corrente media, il funzionamento a frequenza fissa regolabile da 75kHz a 500kHz, l'avvio con carichi prepolarizzati, il funzionamento multifase per configurazioni a potenza elevata, la protezione dalla sovratemperatura e il rilevamento remoto della tensione in uscita. LTC3765 è disponibile in un package MSOP-16 con funzionalità termiche avanzate, mentre LTC3766 è disponibile in package QFN-28 da 4mm x 5mm e SSOP-28; entrambi i dispositivi sono adatti per applicazioni estese, industriali, ad alte temperature e militari.

Tecnologia Direct Flux Limit

Ai fini di un funzionamento corretto è necessario mantenere un bilanciamento dei volt-secondo in qualsiasi trasformatore. I volt-secondo positivi e negativi vanno applicati durante i periodi di accensione e spegnimento del convertitore. Un eventuale sbilanciamento comporta una corrente magnetizzante normalmente simmetrica del core e una densità di flusso che tende alla saturazione. Il convertitore con clamp attivo usa un altro switch e un condensatore per applicare una tensione di reset durante il periodo di spegnimento del convertitore. Questa tecnica offre le tensioni di switch più basse e la massima efficienza. La corrente magnetizzante del trasformatore carica e scarica il condensatore di reset alla tensione corretta che varia con il duty cycle. Questo funziona bene in condizioni stazionarie, ma se il duty cycle cambia troppo velocemente, la tensione del condensatore non riesce a stare al passo, con conseguente saturazione del core. La saturazione del trasformatore è simile a un cortocircuito che può danneggiare altri componenti dell'alimentatore.

Finora questo fondamentale problema è stato affrontato indirettamente con loop di feedback lenti, limiti al duty cycle, soft-stop e altri artifici, nessuno dei quali esclude la saturazione del core. Con questo metodo esiste sempre la possibilità che il trasformatore si saturi in qualche "angolo" del funzionamento che era stato trascurato nella fase di progettazione e collaudo.

L'LTC3765 e l'LTC3766 adottano un nuovo straordinario sistema che limita l'accumulazione del flusso nel nucleo del trasformatore monitorandone direttamente la corrente magnetizzante. Durante un ciclo di reset, quando il PMOS del clamp attivo è attivo, la corrente magnetizzante viene misurata direttamente e limitata mediante un resistore di rilevamento in serie al source del PMOS (Fig. 3).

Quando il PMOS si spegne e lo switch NMOS principale si accende, l'LTC3765 genera una replica interna precisa della corrente magnetizzante sulla base della tensione in ingresso rilevata sul pin RUN e dei parametri del core del trasformatore personalizzati da un resistore dal pin RCORE massa. In seguito la corrente magnetizzante viene limitata durante l'accensione da questa replica interna precisa. A differenza dei

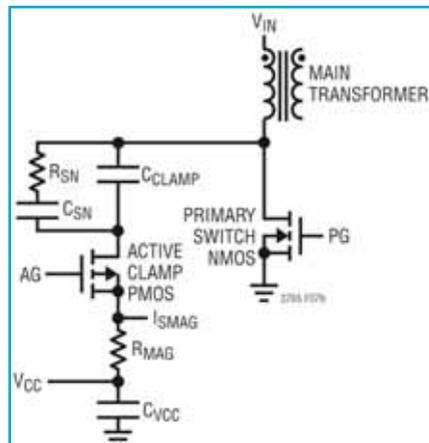


Fig. 3 - Monitoraggio densità di flusso del trasformatore

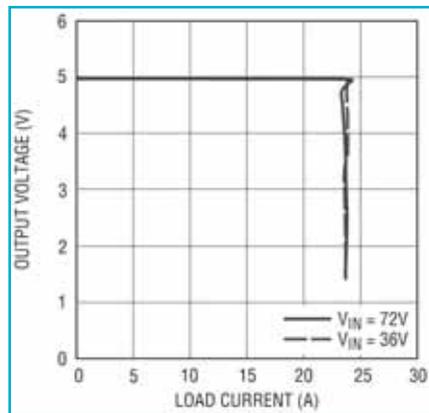


Fig. 4 - Limite di corrente tipico

metodi precedenti, la tecnologia Direct Flux Limit monitora direttamente l'accumulazione di flusso e impedisce la saturazione del trasformatore, pur garantendo la risposta al transiente più veloce possibile. Questa caratteristica consente inoltre un avvio del convertitore in un'uscita prepolarizzata (es. caricabatteria) e un riavvio dopo momentanei dropout di linea (no blind soft stop).

Avvio automatico

L'LTC3766 viene usato con l'LTC3765 per creare un convertitore forward ad avvio automatico con controllo sul lato secondario. Dato che all'inizio non vi è una tensione di polarizzazione sul lato secondario, l'LTC3765 deve gestire l'avvio con un loop aperto sul lato primario. Quando l'alimentazione viene erogata sul lato primario, l'LTC3765 inizia un soft-start a loop aperto usando il suo oscillatore interno. Il lato secondario viene alimentato commutando il MOSFET principale del lato primario con un duty cycle che aumenta gradualmente da 0% a 70%, come da controllo della velocità di aumento della tensione sul pin SSFLT. Sul lato secondario, la tensione

di polarizzazione può essere derivata direttamente dall'uscita principale o dal lato secondario del trasformatore mediante una carica di picco o un altro circuito semplice. Non appena ha una tensione adatta alle sue esigenze di avvio, l'LTC3766 fornisce informazioni sul duty cycle all'LTC3765 mediante un trasformatore a impulsi compatto.

L'LTC3765 rileva questo segnale e trasferisce il controllo dei gate driver all'LTC3766 che continua il soft-start della tensione in uscita. Normalmente questo passaggio dal lato primario a quello secondario avviene quando la tensione in uscita è meno della metà del suo livello finale. In seguito l'LTC3765 spegne il regolatore lineare e, attraverso un raddrizzatore on-chip, estrae la tensione di polarizzazione per i MOSFET del lato primario dal trasformatore a impulsi.

Controllo di accensione e spegnimento e soft-start

Il controllo principale per l'accensione e lo spegnimento dell'LTC3766 è il pin RUN che ha limiti di precisione con isteresi regolabile sia internamente che esternamente. Questo pin può essere usato per monitorare la tensione di polarizzazione del lato secondario o la tensione in uscita principale, con-

trollando quindi il punto in cui si verifica il passaggio dal lato primario a quello secondario. In alternativa può essere gestito direttamente con un segnale di controllo.

L'LTC3766 inizia una sequenza di soft-start quando il pin RUN è alto, vi è una tensione adeguata sui pin VIN e VCC e viene rilevata una commutazione sul pin SW. Occorre tenere presente che l'LTC3766 deve rilevare la commutazione sul pin SW prima di poter avviare la sequenza di soft-start e garantire che l'LTC3765 sia pronto per il passaggio del controllo. La sequenza di soft-start inizia con la misurazione della tensione sul pin FB e con la pre-impostazione della tensione del condensatore di soft-start a un livello pari alla tensione in uscita. In questo modo si garantisce un regolare aumento della tensione in uscita quando il controllo viene trasferito dal lato primario a quello secondario e si evita un inutile ritardo nell'avvio. Quando la tensione sul condensatore di soft-start raggiunge un livello adeguato, l'LTC3766 trasmette una breve sequenza di impulsi attraverso l'apposito trasformatore per stabilire un blocco di comunicazione con l'LTC3765.

A questo punto l'LTC3766 assume il controllo dei MOSFET del lato primario e il condensatore di soft-start continua a caricarsi fino al livello massimo. Notare che la tensione di soft-start viene usata per limitare il livello effettivo del riferimento nell'amplificatore di errore. Questa tecnica mantiene il controllo a loop chiuso della tensione in uscita durante l'intervallo di soft-start sul lato secondario.

Limite di corrente e altre funzioni di protezione

La maggior parte dei convertitori DC/DC prevede un limite di corrente per proteggere i componenti dell'alimentatore in caso di sovraccarico.

Normalmente tale limite non è molto preciso e la corrente in uscita massima può variare anche del 50% rispetto alle variazioni della tensione in ingresso e uscita. Nelle applicazioni che richiedono un limite di corrente preciso (es. carica batterie) viene spesso utilizzato un amplificatore separato per creare un loop di feedback lento e regolare la corrente a un livello massimo predeterminato. Trattandosi di un loop lento per garantire stabilità, si possono anche verificare momentaneamente correnti in uscita molto elevate, cosa non accettabile in alcuni sistemi.

L'LTC3766 utilizza un limite di corrente media unico che è rapido, preciso e facile da usare. Invece di usare un amplificatore lento, controlla la corrente in entrata e in uscita, le tensioni in uscita o la tensione di alimentazione ed esegue rapide correzioni, ciclo per ciclo, in modo da mantenere il più possibile costante la corrente in uscita media. La figura 4 illustra le prestazioni tipiche di un circuito LTC3765/LTC3766 che è in limite di corrente. Questa funzionalità è particolarmente adatta per le applicazioni di carica delle batterie. ■