

TECNICA A "EMULAZIONE DI CORRENTE" PER ALIMENTATORI SWITCHING

Paolo De Vittor

La nuova tecnica utilizzata da National Semiconductor per i regolatori current-mode permette di ottenere elevate efficienze anche con duty-cycle estremamente ridotti

Nel progettare circuiti di alimentazione di tipo switching idonei a operare con elevati valori dei rapporti di step-down, si incontrano non poche difficoltà nel rendere stabile il comportamento del circuito quando si richiedono ampie variazioni del duty-cycle. Per superare questo inconveniente molti progettisti hanno adottato tecniche di monitoraggio della corrente di picco in uscita, operazione che però non fornisce risultati adeguati a causa della presenza - in serie all'uscita - dell'induttore che fa parte dell'indispensabile filtro passa-basso.

National Semiconductor ha introdotto nei dispositivi più recenti una tecnica proprietaria di tipo innovativo che permette di ovviare a tale inconveniente e che promette di semplificare la realizzazione di circuiti di alimentazione capaci di fornire ridotte tensioni d'uscita anche partendo da una tensione d'ingresso sensibilmente più elevata oppure estremamente variabile, utili in applicazioni quali ad esempio telecomunicazioni, automobilistica e controllo industriale.

I primi regolatori a utilizzare questa tecnica sono quelli della serie Simple Switcher, e in particolare gli LM25574/5/6, LM5574/5/6 (Fig. 1) e LM5005. Questi dispositivi sono in grado di fornire fino a 3A d'uscita con tensioni d'ingresso da 6 a 42V e da 6 a 75V rispettivamente, operando con fre-



Fig. 1 - I primi regolatori che utilizzano la nuova tecnica ECM sono gli ultimi nati della serie Simple Switcher

quenze fino a 1MHz senza imporre alcuna riduzione della tensione d'ingresso come invece i dispositivi simili di altri costruttori.

Fra i controller, un dispositivo che implementa questa nuova caratteristica è l'LM5116 (Fig. 2), che rappresenta il primo controller sincrono current-mode di tipo buck oggi disponibile in grado di operare con tensioni d'ingresso da 6 fino a ben 100V, fornendo in uscita da 1.215 a 80V con correnti

d'uscita fino a 3.5A e con efficienze comprese fra l'85 e il 96%. Un altro controller è l'LM3495, che è in grado di fornire in uscita da 0.6 a 5.5V partendo da una tensione d'ingresso da 2.9 a 18V.

Per poter garantire queste prestazioni, questi dispositivi utilizzano una tecnica brevettata denominata ECM (Emulated Current Mode) che si è rivelata in grado di ridurre sensibilmente il rumore elettrico generato dal circuit-

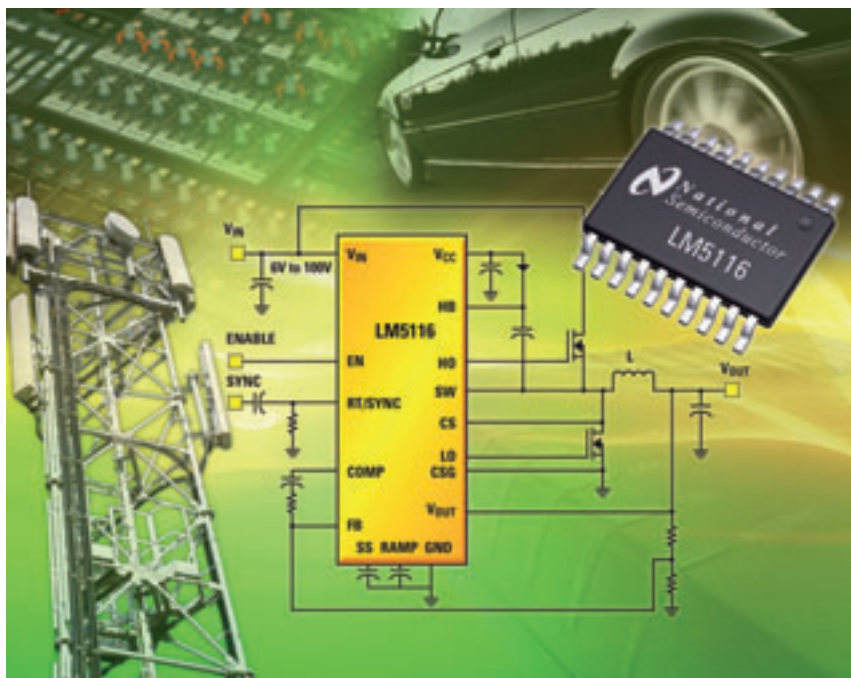


Fig. 2 - LM5116 è il primo controller current-mode di tipo buck a operare a elevata efficienza con tensioni d'ingresso che possono andare dai 6 ai 100V

to di modulazione della durata degli impulsi (PWM). Grazie a tale tecnica è possibile controllare in maniera più efficiente i ridotti valori di duty-cycle necessari per operare nei casi in cui occorrono piccole tensioni d'uscita disponendo di valori di tensione d'ingresso elevati. Accanto a questa capacità, l'LM5116 integra funzioni quali lo shutdown termico, il soft-start programmabile, la sincronizzazione della frequenza, la limitazione della corrente ciclo per ciclo, la commutazione automatica a una tensione di bias esterna per massimizzare l'efficienza nonché il blocco dell'uscita in caso di sottotensione in ingresso a valori programmati (funzione di UVLO), e integra un regolatore a elevata tensione per la polarizzazione del circuito durante la fase di avvio.

La tecnica "current-mode"

Nelle alimentazioni switching di tipo "current mode" l'intero circuito funge sostanzialmente da generatore di corrente controllato in tensione. Questa tensione viene generata in modo tale

da poter garantire ai capi del carico una tensione la più costante possibile. Tutto ciò viene attuato utilizzando tipicamente due loop di controllo: uno interno che rileva la corrente attraverso l'induttore di filtro e uno più esterno che monitorizza continuamente la tensione ai capi del carico. Il primo loop è quello che deve generare una corrente controllata in tensione, mentre il secondo regola la corrente in modo da stabilizzare la tensione d'uscita. L'obiettivo pratico è in realtà quello di controllare con precisione i tempi di conduzione del transistor di commutazione.

Poiché non è possibile realizzare una circuitazione che sia in grado di comportarsi come un efficiente generatore di corrente a controllo di tensione capace di disporre di un'elevata velocità di assestamento, una buona stabilità anche a bassi duty-cycle nonché di una sufficiente insensibilità alle inevitabili variazioni di temperatura, è necessario ricorrere a quelle topologie e a quelle tecniche di regolazione che si dimostrano ottimali a seconda delle differenti esigenze applicative, di costo e di flessibilità. Questo è il

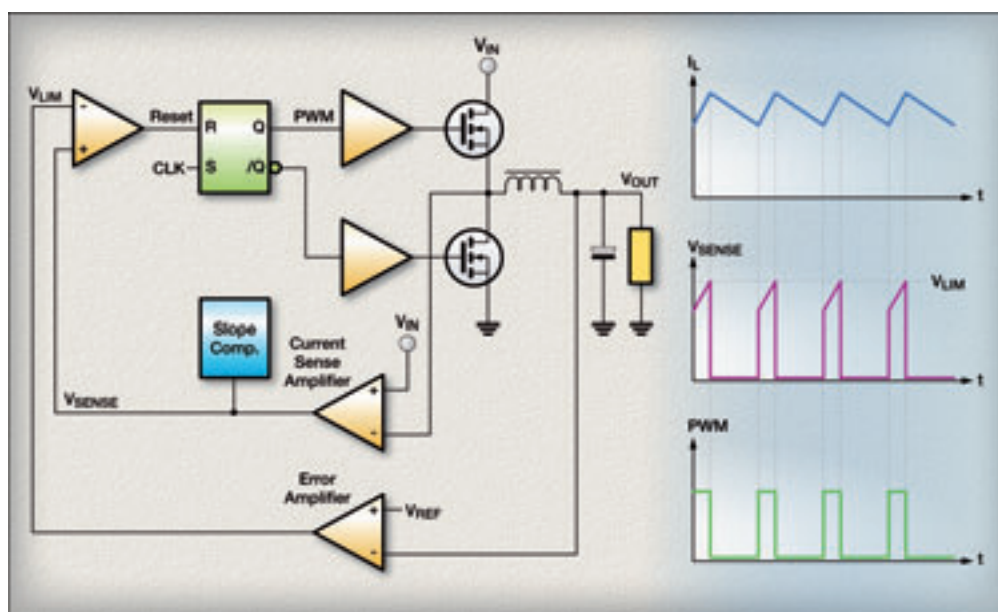


Fig. 3 - Forme d'onda nel convertitore nel caso del controllo della corrente di picco

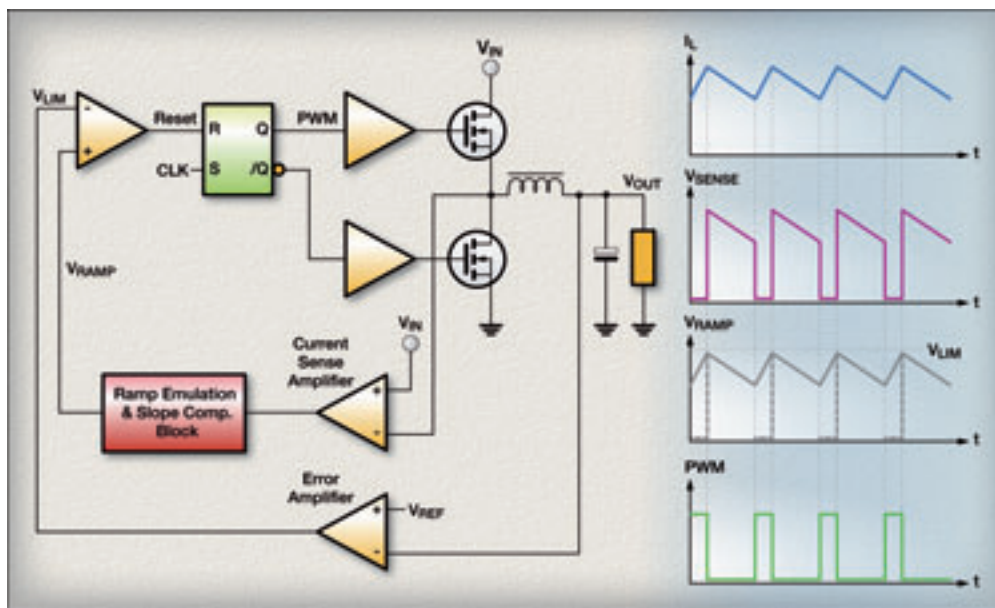


Fig. 4 - Forme d'onda nel caso di emulazione della corrente di picco (tecnica ECM)

"Leading Edge Modulation", è meno nota e più scarsamente utilizzata della precedente, e controlla quando la corrente attraverso l'induttore scende al di sotto di un valore prefissato, istante in cui il circuito provvede a innescare il transistor high-side. Essa permette di migliorare il funzionamento del regolatore ai bassi regimi di duty-cycle, sebbene porti con sé sostanziali limitazioni quando si opera con tempi di conduzione superiori al 50%. Per contro, insorgono oscillazioni sub-armoniche per bassi duty-cycle, che

impongono rampe di compensazione che fanno sì che la velocità di risposta sia inferiore alla tecnica PCMC.

Controllo a emulazione della corrente di picco (ECM): questa tecnica consente di combinare i vantaggi delle due precedenti, e permette infatti di operare ai bassi duty-cycle tipici della VCMC e di rispondere efficacemente ai rapidi cambi delle condizioni di carico e di linea tipica della PCMC. La ECM rileva il valore effettivo di valle della corrente attraverso l'induttore, e lo utilizza per emulare la pendenza e la durata della rampa successiva, in

motivo per cui si utilizzano oggi varie tecniche di regolazione, ciascuna ottimale per determinate esigenze. Controllo della corrente di picco: nel caso in cui la frequenza dell'oscillatore sia costante, il metodo più semplice per il monitoraggio della corrente è rappresentato dal controllo della corrente di picco, o PCMC (Peak Current Mode Control).

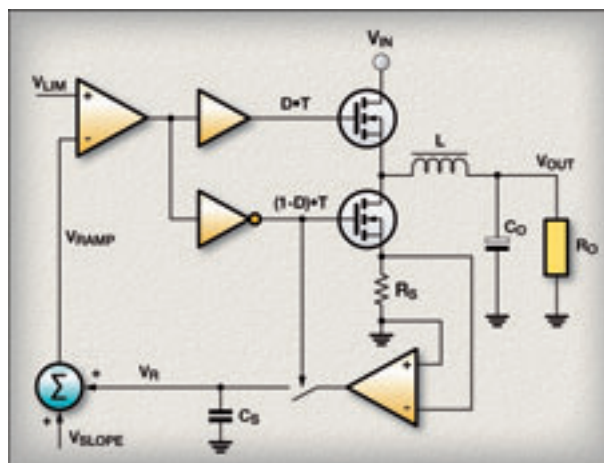
Essa viene attuata rilevando la corrente attraverso l'induttore nella fase di on del transistor e, non appena questa supera la soglia prefissata, lo switch viene bloccato. Questa tecnica viene anche denominata TEM (Trailing Edge Modulation), e le relative forme d'onda sono mostrate in figura 3. Rispetto alla tradizionale modalità "voltage mode", essa permette di fruire di una risposta più rapida, e quindi una regolazione di linea e di carico decisamente più accurate. Inoltre, essa consente di semplificare la compensazione dell'anello di controllo e inoltre di garantire una protezione intrinseca del valore della corrente di picco.

Essa presenta alcuni inconvenienti, quali ad esempio l'insorgere di oscil-

lazioni sub-armoniche quando il duty-cycle supera il 50%, che vanno smorzate applicando un'opportuna rampa di corrente, che penalizza però le prestazioni del convertitore in presenza di improvvise variazioni del carico. Inoltre, questi converter non sono in grado di operare con duty-cycle troppo ridotti a causa dei ritardi di tempo necessari al monitoraggio della corrente di picco, e ciò limita di fatto il rapporto di trasformazione fra ingresso e uscita.

Controllo della corrente di valle o VCMC: questa variante, detta anche

Fig. 5 - Schema di principio utilizzato per l'emulazione della corrente (ECM) rilevando l'informazione relativa alla corrente di scarica dell'induttore



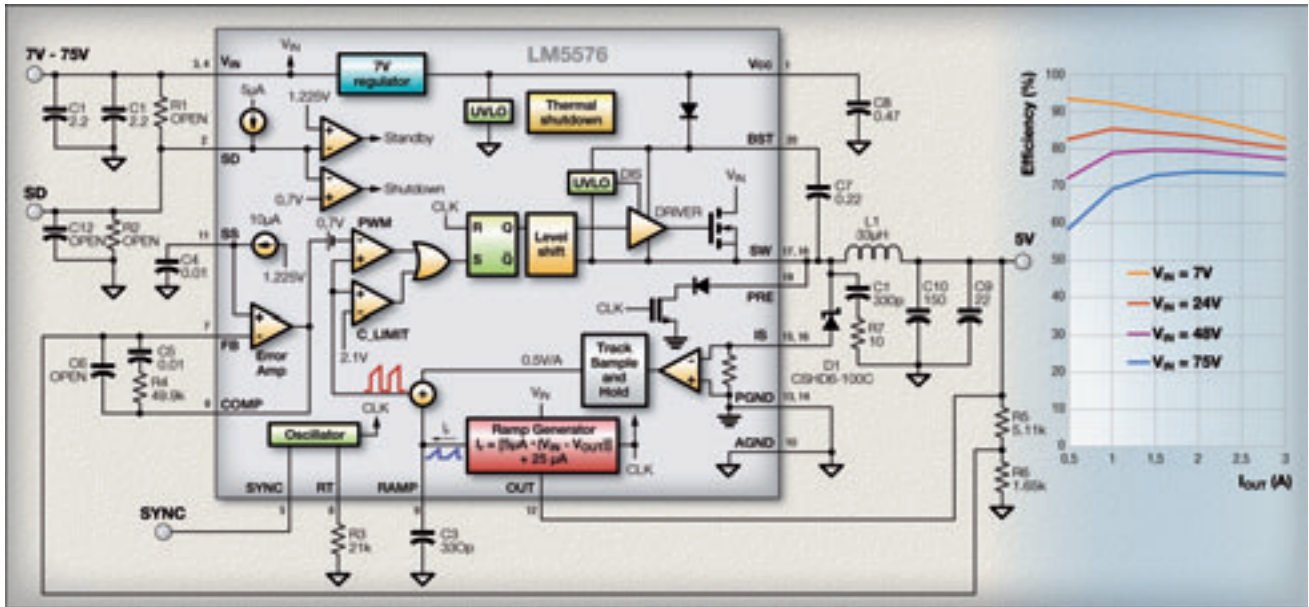


Fig. 6 - Schema applicativo del Simple Switcher LM5576, schema funzionale interno ed efficienza ottenuta

modo da calcolare l'istante in cui verrà raggiunto il valore di picco, in concomitanza del quale verrà interdetto lo switch Mosfet (Fig. 4). Per una migliore comprensione, lo schema di figura 4 può essere semplificato come in figura 5, dove è più facile vedere come viene misurata la tensione ai capi di Rs (proporzionale alla

corrente di scarica dell'induttore attraverso il Mosfet di pull-down) e la relativa informazione utilizzata per caricare il condensatore Cs attraverso uno switch di sample-and-hold in fase con il comando del Mosfet di scarica dell'induttore. Poiché il valore della corrente di carica di Cs è proporzionale alla tensione d'uscita, il valore di

questa capacità deve essere calcolato in funzione dell'induttanza di filtro e della differenza fra la tensione d'ingresso e quella d'uscita, in modo da ottenere un'informazione precisa sull'andamento della rampa di carica dell'induttore stesso, e poterne così emulare il comportamento.

L'idea di simulare il segnale proporzionale alla corrente invece di misurarlo direttamente permette infatti di minimizzare gli effetti del rumore di commutazione, pur mantenendo i vantaggi del controllo current-mode. Analogamente alle due tecniche sopra citate, però, anche la ECM presenta l'inconveniente dell'insorgere di oscillazioni sub-armoniche, che possono essere smorzate prevedendo una rampa di corrente con una pendenza calcolata in modo da risultare maggiore di metà della somma fra la rampa di salita e quella di discesa

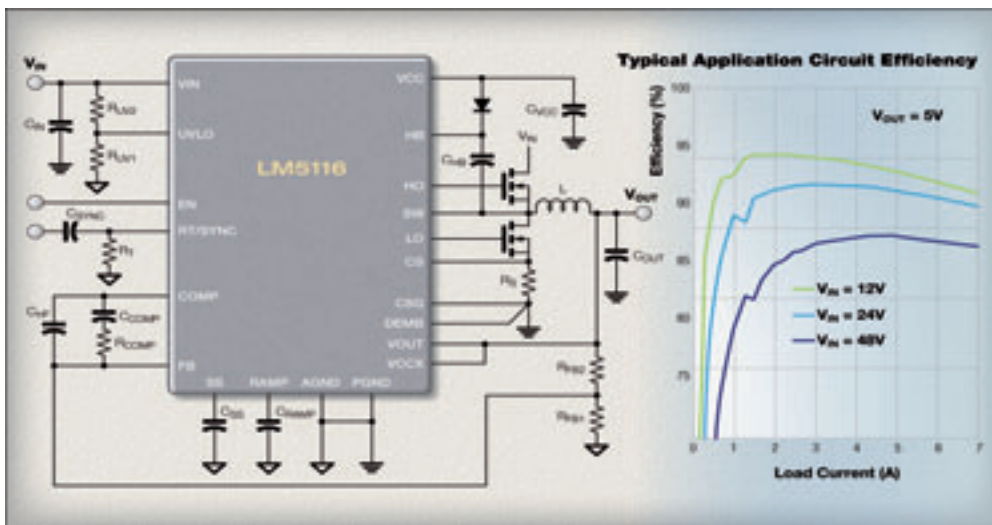


Fig. 7 - Alimentatore switching da 7A basato sul controller LM5116 e relativa efficienza ottenibile.

nell'induttore. Un'opportuna rete di compensazione è presente negli schemi applicativi suggeriti da National Semiconductor nei fogli tecnici.

Elevata efficienza

Mentre nello schema applicativo dell'LM5116 viene utilizzato il resistore R_s in serie allo switch, per i Simple Switcher quali gli LM5574 e 5576 non è richiesto l'impiego di alcun resistore-serie per rilevare l'andamento della corrente, ma è sufficiente rilevare la corrente attraverso il diodo di ricircolo (o di "free-wheel") durante il periodo di turn-off, in cui si ha tempo sufficiente a garantire un'ottima risposta ai transistori. Per questo motivo si è reso necessario aumentare il numero di pin dai 5 dei tipici Simple Switcher ai 16 e ai 20 rispettivamente per i due regolatori. Come si può vedere dallo schema applicativo di figura 1, infatti, al pin di Isense viene connesso l'anodo del diodo Schottky, in modo da poterne misurare la corrente. In figura 6 è possibile analizzare lo schema applicativo completo, correlato con lo schema funzionale interno del Simple Switcher LM5576, ed è possibile vedere come l'efficienza (riportata da Nsc per la demo-board da 5V d'uscita illustrata nel foglio tecnico) sia elevata, e per correnti superiori a 1A passi dal 70% con una tensione d'ingresso di 75V a oltre l'85% se la V_{in} scende al di sotto dei 24V.

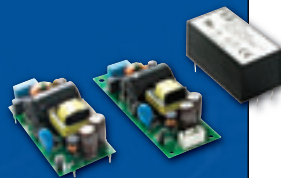
Anche con il regolatore LM5116 si ottengono efficienze elevate, e con lo schema di figura 7 si può raggiungere l'87-90% con una tensione d'ingresso di 48V e correnti fino a 7A, e ben il 93-95% se la V_{in} scende a 12V. Al fine di migliorare ulteriormente l'efficienza, è altresì possibile selezionare la modalità "diode emulation", che permette di operare con corrente discontinua nell'induttore nel caso di correnti d'uscita ridotte. Durante la fase di turn-on l'applicazione basata su questo controller può disporre di funzioni di soft-start programmabile, di "voltage-tracking" e di blocco in caso di sottotensione all'ingresso.

La frequenza di lavoro è programmabile dall'utente da 50KHz fino a 1MHz, ed è comunque possibile sincronizzare la commutazione a un clock esterno.

L'LM5116 è stato progettato per pilotare transistor Mosfet high-side e di low-side esterni a canale N con un controllo del tempo morto di tipo adattativo. Per ridurre i consumi è disponibile una modalità di shutdown a bassa corrente, che permette di ridurre l'assorbimento a soli 10 μ A. Il controller è disponibile in package TSSOP-20 di tipo power-enhanced che dispone di un contatto diretto fra chip e contatto verso il dissipatore, in modo da garantire una resistenza termica di soli 4°C/W.

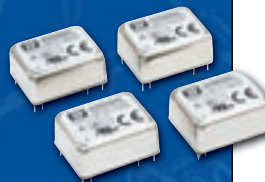
National Semiconductor
readerservice.it n. 2

Nuovi Alimentatori Medicali e Industriali da XP Power



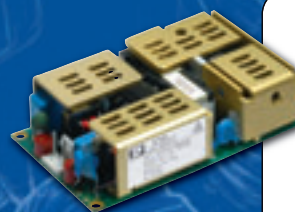
ECL Alimentatore AC-DC miniaturizzato da 10-25W

- Dimensioni ultracompatte da 51x25 mm
- Uscite singole da 3.3 V to 48 V
- Montaggio da PCB Open Frame e Incapsulato
- Classe II
- 130% di picco per 30sec.



JCA DC/DC converters ultra-compatti da 2W a 6 W Contenitore metallico

- Dimensioni 25.4 x 20.3 mm (1.0" x 0.8")
- Pinout standard
- Range d'Ingresso 2:1
- Singola e Doppia uscita
- Temperatura Operativa -40 °C to +100 °C



ECM100 Il più piccolo AC/DC da 100W al mondo

- Alimentatore da 100 W in soli 114x64x31 mm
- Open frame con ventilazione naturale
- Certificazioni Industriali & Medicali
- Certificati in Classe I e II
- Uscite Singole, Doppie, Triple & Quadruple



flexPower Configurazioni custom

- Da 400 a 2400 Watts
- Certificazioni Industriali & Medicali
- Conforme alla Semi F47
- Tensioni d'uscita da 2 a 60 VDC
- Interfaccia logica avanzata

XP MIELTEC
XP Power

Mieltec XP Power Srl

Via Volturno, 37
20047 Brugherio (MI)
Italy

Phone : 039 2876027

Fax : 039 2871507

Email : venditamt@mieltec.com

www.mieltec.com

readerservice.it n.20918