

# Alcuni suggerimenti per il progetto delle moderne architetture DPA

Landa Culbertson  
Mouser Electronics

Un'efficiente implementazione di architetture per la distribuzione della potenza (DPA) richiede l'analisi di un gran numero di fattori tra cui standard e normative, proprietà intellettuali e nuove esigenze legate alla loro evoluzione

Nelle odierne apparecchiature utilizzate in applicazioni di telecomunicazioni, comunicazione dati, industriali e medicali, la distribuzione della potenza prelevata dalla rete al carico è un aspetto particolarmente critico. In passato l'architettura di alimentazione prevedeva un'unità centralizzata che distribuiva la potenza in tutto il sistema attraverso una rete di cavi e barre di distribuzione dell'alimentazione (bus bar). L'incremento del consumo di potenza, l'introduzione di semiconduttori che richiedono bassi valori di tensione di alimentazione, la necessità di fornire un'alimentazione migliore per supportare avanzate tecnologie di elaborazione digitali e la disponibilità di prodotti di potenza sempre più avanzati sono tutti fattori che hanno posto in luce i limiti dell'architettura centralizzata e contribuito allo sviluppo di architetture di distribuzione della potenza molto più sofisticate. Le moderne architetture DPA (Distributed Power Architecture) presentano numerosi vantaggi: evitano la concentrazione del calore, favorendone la dispersione per tutto il sistema, supportano elevati valori di corrente in presenza di tensioni sempre più ridotte e garantiscono un'eccellente risposta ai transitori a fronte di rapide e brusche variazioni di carico. Tra gli ulteriori benefici legati all'adozione di queste architetture si possono segnalare la possibilità di soddisfare nuovi requisiti in termini di tensioni e correnti nel momento in cui questi si presentano e di garantire il funziona-

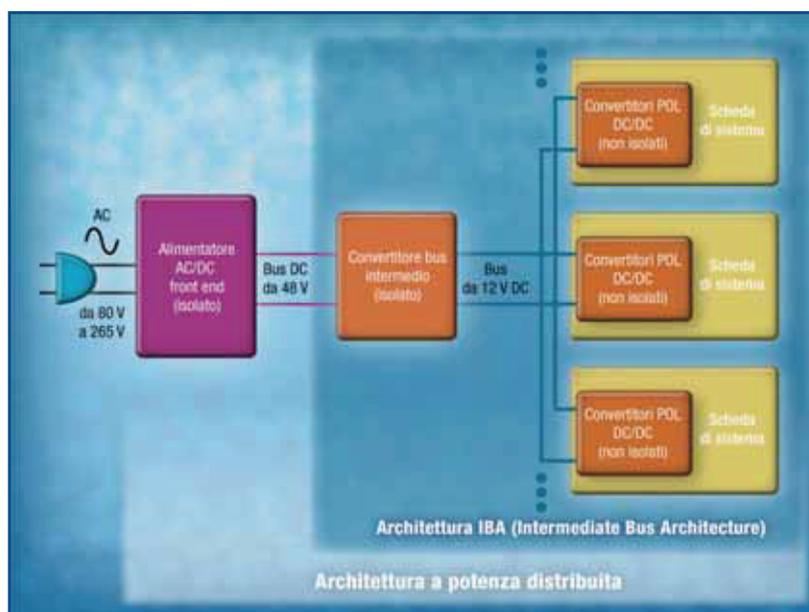


Fig. 1 – Schema di un'architettura di potenza distribuita che utilizza un approccio di tipo IBA (Intermediate Bus Architecture)

mento del sistema quando si verifica un guasto in un punto di carico. Un'architettura DPA progettata in modo da conseguire obiettivi quali basso costo, dimensioni ridotte e alta efficienza, risulta composta da un alimentatore AC/DC front end e da convertitori DC/DC di tipo PoL (Point of Load); tra queste due sezioni spesso, come riportato in figura 1, è presente uno stadio IBA (Intermediate Bus Architecture). Nel seguito verranno ana-

lizzate le funzionalità di queste tre sezioni e saranno presentati alcuni prodotti da utilizzare in fase di progetto.

### Alimentatori AC/DC Front End

Per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica su lunghe distanze in Europa e nel mondo si utilizzano prevalentemente linee elettriche in alta tensione e in AC. Questo sistema, introdotto da Tesla-Westinghouse è stato scelto per motivi di praticità ed economicità. Gli attuali circuiti elettronici, invece, richiedono una corrente continua (DC) per il loro funzionamento. Quindi è necessario trasformare la corrente alternata che viene fornita dalla rete (sotto forma di sinusoide a fase singola con una frequenza di 50 Hz – Europa – o 60 Hz - Stati Uniti) in una corrente continua. Il concetto della conversione AC/DC non è particolarmente complesso. Mediante un trasformatore di tipo step-down è possibile ridurre il valore della tensione di rete a un valore inferiore: la sinusoide di ampiezza ridotta viene trasferita a un raddrizzatore a ponte che produce una forma d'onda formata dalle sole semionde positive caratterizzata da un valore di tensione in continua pari all'ampiezza della forma d'onda in AC: a valle del raddrizzatore è presente un condensatore che si occupa del livellamento di questa forma d'onda. La tensione così livellata viene trasferita a un convertitore DC/DC che permette di ottenere la tensione del bus DC per il sistema. Valori tipici per i front end AC/DC sono 48 V per sistemi telecom, 12 e 24 V per server utilizzati in applicazioni datacomm e persino 400 V DC per alcuni apparati usati in ambito datacomm e medicale.

Nel caso della conversione AC/DC i problemi da affrontare sono il filtraggio armonico e la correzione del fattore di potenza (PFC – Power Factor Correction). Per un dato alimentatore AC/DC il fattore di potenza si può definire come la quantità di potenza che viene erogata al carico (potenza attiva) rispetto alla potenza apparente che viene fornita dalla rete. In pratica è una misura della potenza dissipata. Oltre a ciò è anche una misura della distorsione armonica, ascrivibile in larga misura al fatto che la forma d'onda della corrente AC di ingresso assume un andamento non sinusoidale e risulta sfasata rispetto alla forma d'onda della tensione AC di ingresso durante le fasi di raddrizzamento e livellamento. Un basso valore del fattore di potenza (il valore ideale per il PFC sarebbe 1) comporta numerosi svantaggi: impossibilità da parte dell'Ente erogatore di far pagare la potenza reattiva (ovvero che non si trasforma) consumata, possibilità di iniezioni di armoniche nella rete che potrebbero causare interruzione del servizio, rischi per

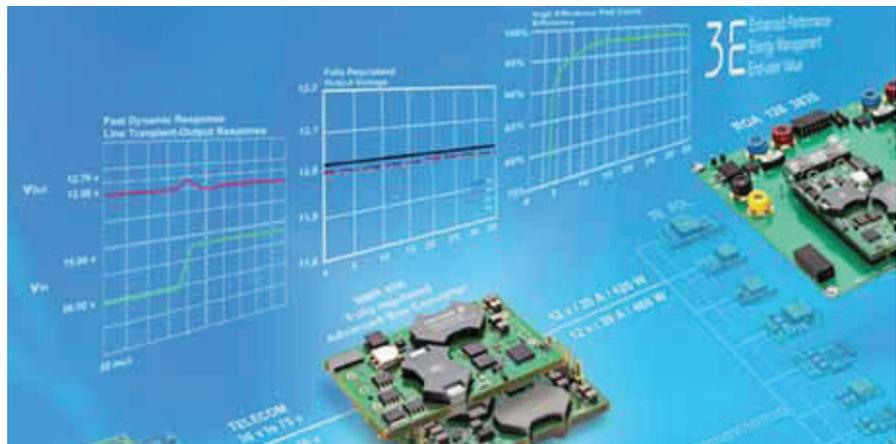


Fig. 2 – BMR456 è un IBC in formato ¼ brick completamente regolato proposto da Ericsson

la sicurezza causati dalla vibrazione delle apparecchiature imputabili a queste armoniche.

La correzione del fattore di potenza e il filtraggio armonico non sono più quindi da considerarsi alla stregua di suggerimenti da seguire per una corretta progettazione, ma sono ora contemplati da standard e regolamenti, come ad esempio EN/IEC61000-3-2, che includono norme precise per prodotti che consumano più di 75W. A livello internazionale, le nuove regole riguardanti la potenza impongono un fattore di potenza pari ad almeno 0,9, oltre a limitazioni inerenti la distorsione armonica totale. Il metodo più semplice per la correzione del fattore di potenza, ovvero quello che prevede l'aggiunta di un filtro capacitivo all'ingresso in AC, non permette di ottenere un PFC superiore a 0,7 e garantisce risultati migliori solo in presenza di carichi costanti. La necessità di imporre requisiti sempre più severi in termini di PCF, compresa la possibilità di supportare variazioni rapide e di notevole entità del carico, come nel caso dei più recenti dispositivi a semiconduttore, richiede l'uso della correzione attiva del fattore di potenza attraverso l'implementazione di un convertitore boost tra il raddrizzatore a ponte e il condensatore di livellamento.

Nel momento in cui aumentano i requisiti per quel che riguarda il PFC, anche gli standard relativi all'efficienza diventano più stringenti, anche se la correzione del fattore di potenza penalizza l'efficienza. Un numero crescente di normative specifiche impone un elevato livello di efficienza dell'alimentatore sull'intero intervallo di carico, ovvero dal pieno carico al 10% del carico. La necessità di mantenere il passo con l'evoluzione delle normative e di garantire una maggiore densità di potenza a prezzi sempre più competitive richiede la ricerca di soluzioni atte a semplificare la fase di progetto. Fortunatamente sono disponibili numerosi moduli di alimentazione AC/DC completi che facilitano il progetto della sezione di front end di un'architettura DPA: alcuni di essi sono sintetizzati nella

tabella 1. Tutti i prodotti menzionati nella tabella condividono caratteristiche comuni tra cui correzione attiva del fattore di potenza, elevata efficienza sull'intero intervallo di carico, alta densità di potenza, oltre a protezioni contro sovracorrenti, sovratensioni e sovratemperature. Alcuni modelli integrano caratteristiche avanzate quali rimpiazzo "a caldo" (hot swap), condivisione attiva del carico per ottenere la ridondanza N+1, possibilità di utilizzare configurazioni parallele per semplificare

la scalabilità, presenza a bordo di microprocessori con interfacce I2C, PMBus o Ethernet per consentire il monitoraggio in tempo reale e l'ottimizzazione dinamica digitale in funzione dei livelli di carico o di altri parametri impostati dall'utente.

#### Architettura IBA (Intermediate Bus Architecture)

Questa architettura si può considerare come un'architettura DPA a più stadi che prevede un ulteriore livello di distribuzione

**Tabella 1 – Principali caratteristiche di alcuni dei moduli di alimentazione AC/DC di più recente introduzione per applicazioni di front-end nelle architetture DPA**

Costruttore	Prodotto	Potenza di uscita	Efficienza @230 Vin	Tensione di uscita (V)	Fattore di potenza	Fattore di forma	Principali caratteristiche
Artesyn Embedded Technologies	HPS3000	3000W	82% a 10% del carico 90% a pieno	48	0,97 (tip) Conforme a EN61000-3-2	1Ux3U	Hot Swap, ridondanza N+1, PMBus, tecnologia digitale, configurazione parallela x4 (12KW), PoE
Cincon	CBM100S	100W	75-80% a 10% del carico, 90-91,5% a pieno carico	12, 24, 28, 36, 48	Conforme a EN61000-3-2	Incapsulato, per montaggio su scheda, full brick	Raffreddamento mediante baseplate (nessuna ventola richiesta), basso profilo (17mm), <0.5 W in assenza di carico
GE Critical Power	CAR1248	1200W	91% a pieno carico	48	0,99 (tip), Conforme a IEC555, EN60555-2, EN61000-3-2	1Ux2U	single-wire active current sharing; remote on/off, remote sense and control circuits, I2C
Mean Well	RSP-150	150W	81,5% -90%	3,3, 5, 7,5, 12, 13,5, 15, 24, 27, 48	0,93 a pieno carico @230 Vin	1U	Raffreddamento per convezione, basso profilo (30mm), on/off remoto
Murata	D1186G	460W	83% a 10% del carico, 92% a al 50% del carico, 88% a pieno carico	12	0,99 a pieno carico @230 Vin	1U	Uscita a 12V in standby, hot swap, N+1, configurazione parallela con "droop current sharing", ventola interna, PMBus
Murata	MVAC250	250W	82% al 10% del carico, 94% a pieno carico	12, 24, 50	0,96 a pieno carico @230 Vin	1U	Conforme a standard di sicurezza medicale (3a edizione), raffreddamento per convezione, Uscita per ventola 1 2V isolata, Uscita standby isolata a 12V, opzioni per la condivisione della corrente
Power-One	ABC/ MBC450	450W	90% (24V, 48V, 30V), 86% (12V, 15V), 83% (5V) a pieno carico	5, 12, 15, 24, 30, 48	0,95 @230 Vin	Open Frame, 3"x5"	MBC = Conforme a standard di sicurezza medicale (3a edizione) ed elevato isolamento
TDK-Lambda	HFE	1600W, 2500W	90-93% a 75% del carico	12, 24, 48	0,98 a pieno carico @230 Vin	1U	Configurazione parallela x5 (7600W), MCU per programmazione remota attraverso I2C e PMBus, load shedding

**Tabella 2 – Principali caratteristiche di alcuni convertitori DC/DC a commutazione per applicazioni niPOL**

Costruttore	Dispositivo	V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (min) (V)	I <sub>out</sub> (A)	Ripple della tensione di uscita (mVpp)	Frequenza di commutazione	Sinc. freq.	Seq. potenza	Soft Start	Power Good
Intersil	ISL8206M Modulo di potenza	1 - 20	0,6	6	8	600 kHz	No	No	Si	No
On Semi	NCP1592 Switcher con FET integrati	3 - 6	0,891	6	10	280 kHz - 700 kHz	Si	No	Si	Si
TI	TPS54620 Switcher con FET integrati	4,5 - 17	0,8	6	33 (per EVM)	200 kHz - 1,6 MHz	Si	Si	Si	Si
TI	TPS84621 Modulo di potenza	2,95 - 14,5	0,6	6	30	250kHz - 780 kHz	Si	Si	Si	Si

(e conversione) della potenza tra l'alimentatore front-end e i convertitori PoL. L'architettura IBA ha fatto registrare importanti evoluzioni nell'ultimo decennio grazie agli sforzi compiuti per migliorare l'efficienza e ridurre costi e ingombri dell'architettura DPA. Mentre in una tradizionale architettura DPA per applicazioni telecom è previsto un backplane che distribuisce la tensione (-48V) a ciascun gruppo di schede di linea ciascuna delle quali è equipaggiata con moduli DC/DC isolati in grado di gestire i livelli di tensione richiesti dai vari carichi, in un'architettura IBA i vari moduli DC/DC isolati sono sostituiti da un unico convertitori IBC (Intermediate Bus Converter) che viene utilizzato in abbinamento con convertitori PoL di tipo non isolato (niPoL). Il compito di un IBC è convertire la tensione di 48V del backplane a un valore intermedio ottimale, ad esempio 12V, oltre a fornire l'isolamento elettrico. Nonostante l'ampia diffusione, non tutte le applicazioni possono sfruttare i vantaggi dell'architettura IBA: per questo motivo è necessario procedere a un'attenta valutazione del sistema di potenza al fine di determinare l'architettura di distribuzione della potenza più adatta. I tre stadi di conversione richiesti potrebbero comportare una diminuzione dell'efficienza complessiva ed è necessario esaminare i compromessi, in termini di costo e di ingombri, legati all'utilizzo di convertitori IBC invece di moduli PoL isolati. Oltre a ciò, l'adozione su larga scala del raddrizzamento sincrono ha permesso di ottenere bassi valori di tensione di uscita – come ad esempio 3,3, 5 e 12V – a partire dai front end AC/DC con livelli di efficienza simili a quelli che si ottengono per valori di tensioni di uscita più elevati, eliminando in tal modo il ricorso a un bus intermedio. A parità di potenza, la distribuzione di tensioni di valore più elevato, come ad esempio 48V, con correnti più basse, comporta alcuni vantaggi rispetto alla distribuzione di tensioni di valore inferiore ma con correnti più elevate. In quest'ultimo caso, ad esempio, sono necessari connettori specifici oltre a piste di rame/barre di distribuzione più robuste.

Nella scelta di un IBC è necessario individuare un convertitore DC/DC step-down in grado di fornire la tensione di uscita specificata sull'intero intervallo nominale dell'ingresso del bus di distribuzione.

Nel momento in cui gli obiettivi sono elevata efficienza e alta densità di potenza a fronte di costi contenuti, requisiti e parametri da tenere in considerazione si possono così riassumere:

- Efficienza: 96 - 97% (tip)
- Densità di potenza: >250 W/in<sup>3</sup>
- Costo: 0,10 - 0,20 dollari/W
- Range di ingresso-uscita:
  - ✓ 43 - 53V per server e storage
  - ✓ 38 - 55V per sistemi di livello enterprise systems
  - ✓ 36 - 60V per applicazioni telecom (intervallo ridotto)
  - ✓ 36 - 75V per applicazioni telecom (intervallo esteso)
  - ✓ 380 - 420V per sistemi ad alta tensione usati per applicazioni medicali e nei centri di elaborazione dati
- Range di potenza: 150 - 600W (e superiore)
- Rapporti di distribuzione più diffusi: 4:1, 5:1 e 6:1 per tensioni di ingresso nominali di 48V
- Fattore di forma meccanico:
  - ✓ 1/4 brick per potenze di uscita > 240W
  - ✓ 1/8 o 1/16 brick per potenze di uscita < 240W
- Frequenza di commutazione: relativamente bassa, dell'ordine di 100 - 200 kHz
- Principali topologie dello stadio di potenza: ponte intero, semiponte e push-pull
- Raddrizzamento sul lato secondario: la maggior parte utilizza MOSFET come rettificatori di tipo "self" o "control driven".
- Approcci utilizzati per il controllo: completamente regolato, semi-regolato o non regolato.

I convertitori IBC si possono differenziare in base al tipo di controllo. Un IBC completamente regolato mantiene una tensione di uscita costante per un'ampia gamma di condizioni della linea e del carico. Esso viene molto spesso utilizzato grazie alla sua capacità di gestire un esteso range di tensioni di ingresso nei casi in cui si prevede che la regolazione del bus di distribuzione non risulti particolarmente accurata. In presenza di una tensione di ingresso nominale di 48V, un convertitore IBC completamente regolato potrebbe essere in grado di gestire tensioni di ingresso comprese tra 36 e 75V. Minore efficienza (93% valore tipico), densità di potenza più ridotta e costi più alti rispetto alle altre due tipologie di controllo sono i principali limiti di un convertitore IBC completamente regolato.

Tra i più interessanti IBC completamente regolati si possono annoverare i modd. BMR456 e BMR457 di Ericsson. Si tratta di prodotti "intelligenti" che utilizzano il firmware e il controllo

tramite PMBus per ridurre il consumo di potenza: l'impiego di questi IBC permette di diminuire il consumo di potenza a livello di scheda in misura compresa tra il 3 e il 10% a secondo della particolare applicazione considerata. La tensione di uscita di BMR456, disponibile in formato 1/4 brick, può essere regolata in un range compreso tra 13 e 8,2V. BMR457 è invece un IBC in formato 1/8 brick in grado di fornire una tensione compresa tra 13,2 e 8,2V, regolabile fino a 6,9V.

Un IBC semi-regolato supporta un range di ingresso simile a quello di un IBC ma, a differenza di quest'ultimo, la sua uscita non è regolata sull'intero range di tensione di ingresso. Sebbene l'efficienza sia migliore rispetto a quella di un IBC completamente regolato (95% valore tipico), un IBC semi regolato non è efficiente ed economico come un controllore di tipo non regolato.

La terza tipologia di IBC fornisce una tensione di uscita non regolata che varia con un rapporto fisso rispetto alla tensione di ingresso. Per esempio, nel caso il rapporto sia 4:1, un IBC genererà un'uscita compresa tra 9 e 15V per un range di tensioni di ingresso variabile tra 36 e 60V.

Questa tipologia di IBC garantisce i più elevati valori di efficienza (97% valore tipico) e di densità di potenza, a fronte di un costo inferiore.

I recenti problemi relativi alla proprietà intellettuale legati all'uso di IBC semi regolati e non regolati in architetture IBA hanno contribuito a penalizzare disponibilità e utilizzo di questo tipo di convertitori. Il modulo UCC28230EVM di Texas Instruments basato sul controllore PWM avanzato UCC28230 è uno dei pochi prodotti ancora presenti sul mercato. Si tratta di un IBC non regolato da 300W che fornisce una tensione di uscita nominale di 9,6V con efficienza del 96% a partire da tensioni di ingresso comprese tra 43 e 53V.

### Convertitori DC/DC PoL non isolati (niPOL)

In un'architettura IBA, grazie all'isolamento base fornito dal front end AC/DC e al completo isolamento fornito da un IBC, è possibile utilizzare convertitori niPOL economici e di dimensioni contenute per alimentare il carico. Questi convertitori DC/DC devono gestire in maniera efficace le tensioni sempre più basse richieste dai carichi e il brusco aumento delle correnti assorbite dai moderni DSP, FPGA e ASIC, oltre a garantire una regolazione più precisa e una riduzione del rumore. I progettisti di schede possono scegliere tra un'ampia gamma di regolatori lineari, regolatori a commutazione e soluzioni che abbinano queste due tipologie.

Laddove possibile è meglio ricorrere a regolatori lineari per alimentare direttamente i circuiti preposti al condizionamento e all'elaborazione del segnale. Sebbene tutti i regolatori di tensione producano rumore, i regolatori lineari generano un rumore inferiore rispetto ai regolatori a commutazione. I primi, inoltre, assicurano prestazioni migliore in termini di PSRR

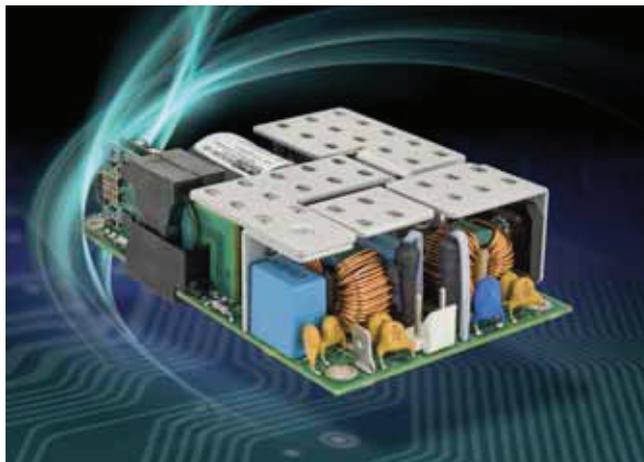


Fig. 3 – MVAC250 è un alimentatore AC/DC da 250W ad alta efficienza della serie MVAC proposto da Murata Power Solutions

(Power Supply Ripple Rejection – coefficiente di reiezione alle variazioni della tensione di alimentazione). Un regolatore lineare con elevato PSRR alla frequenza di commutazione di un qualsiasi alimentatore a commutazione contribuirà ad attenuare il rumore di commutazione in modo che questo non verrà introdotto nella catena del segnale e non provocherà problemi di interferenza. Questa tecnica è conosciuta come post-regolazione. Per attenuare il rumore alle alte frequenze potrebbero essere richiesto un ulteriore filtraggio poiché il PSRR diminuisce a 0V alle frequenze più alte.

Il regolatore LDO (Low Drop-Out) a basso rumore da 1A TPS7A4700 di Texas Instruments supporta un ampio range di tensioni di ingresso, compreso fra 3 e 36V, fornisce tensione di uscita variabili da 1,4 a 20,5V e si distingue per il bassissimo rumore ( $4,17 \mu V_{RMS}$ ) e l'elevato PSRR (80-dB a 1 kHz). Il dispositivo è ideale per alimentare amplificatori operazionali, convertitori A/D e D/A e altri circuiti analogici ad alte prestazioni. Lo svantaggio dei regolatori lineari è rappresentato dal fatto che, non essendo particolarmente efficienti per quel che riguarda la conversione di potenza, tendono a surriscaldarsi. A questo punto è necessario calcolare la dissipazione di potenza dell'applicazione, utilizzando la formula  $P_{diss} = (V_{in} - V_{out}) \cdot I_{load}$  e confrontare la potenza con il valore termico nominale del package. Nel caso esista la probabilità che si verifichino problemi di surriscaldamento, è preferibile ricorrere a package ottimizzati sotto l'aspetto termico, come ad esempio il package QFN, oppure ricorrere a un convertitore a commutazione. In generale si può sfruttare quest'ultima opzione nel caso il carico assorba su base continuativa una corrente superiore a 1A. Sul mercato sono comunque disponibili regolatori lineari con valori nominali di 1,5, 2 e 3A.

I convertitori DC/DC a commutazione sono caratterizzati da una maggiore efficienza rispetto ai regolatori lineari quando aumenta la differenza tra la tensione di ingresso e di uscita e la corrente di carico. Nella selezione del dispositivo più adatto è necessario tenere in considerazione numerosi parametri. In primo luogo è meglio optare per un convertitore DC/DC a

commutazione con bassa ondulazione (ripple) della tensione di uscita (solitamente inferiore a 30mVpp). Nel caso si desideri un alimentatore più "silenzioso" è opportuno utilizzare insieme allo switcher un regolatore lineare per la post-regolazione. In secondo luogo la frequenza di commutazione deve essere elevata, in modo da garantire una migliore risposta ai transitori e la possibilità di usare dispositivi ospitati in un package più compatto: inoltre si evitano le bande a frequenze inferiori dove il rumore può creare disturbi di notevole entità.

Un'altra caratteristica da tenere in considerazione è la sincronizzazione della frequenza di commutazione. In un sistema in cui sono presenti più convertitori, frequenze simili ma non uguali possono produrre un fenomeno noto come frequenza di battimento. La sincronizzazione delle frequenze di commutazione dei regolatori previene la formazione di tali frequenze. Oltre a ciò, la sincronizzazione contribuisce a mantenere le interferenze elettromagnetiche generate all'interno del sistema all'interno di un insieme di frequenze prevedibile.

A questo punto è bene tenere in considerazione il fatto che gli odierni progetti prevedono il ricorso a FPGA e DSP realizzati con tecnologie di ultima generazione, fatto questo che può comportare conseguenze non previste. Per funzionare in maniera corretta, un dispositivo potrebbe richiedere funzionalità quali messa in sequenza dell'alimentazione, avviamento graduale (soft start) o la presenza di un segnale di "Power Good" (PG). Le soluzioni di gestione della potenza al momento disponibili integrano tutte queste funzioni: nella tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche di alcuni convertitori DC/DC di tipo step-down che possono essere utilizzati per applicazioni niPoL.

Nel caso lo spazio a bordo della scheda rappresenti un elemento critico, è possibile prendere in considerazione soluzioni per la gestione della potenza che integrano in un package di piccole dimensioni il convertitore dc/dc a commutazione e il regolatore lineare per la post-regolazione. Un esempio è rappresentato da TPS54120 di TI. Questo dispositivo abbina un convertitore DC/DC a commutazione ad alta efficienza a un regolatore lineare LDO a basso rumore ed elevato PSRR, supporta una corrente di uscita continua di 1A ed è adatto per applicazioni sensibili al rumore. TPS54120 integra le funzioni di sincronizzazione della frequenza di commutazione, soft start e indicazione di PG in una package QFN di dimensioni pari a soli 3,5 x 5,5 mm con caratteristiche termiche avanzate.

In definitiva, le moderne architettura DPA sono diventate più complesse e per la loro implementazione è necessario tenere in considerazione una pluralità di fattori tra cui standard e normative, proprietà intellettuali e il sorgere di nuove esigenze legate all'evoluzione di queste architetture. Mouser mette a disposizione dei progettisti tutti i blocchi base fondamentali per implementare i diversi stadi dell'architettura DPA, oltre a tutti i necessario componenti passivi e meccanici di supporto. ■

## Serie RWS-B alimentatori AC-DC singola uscita



**La nuova serie RWS-B è  
specificamente progettata per  
un'ampia gamma di applicazioni  
"cost sensitive" e disponibile in  
quattro range di potenza tra 100W  
e 600W**

- Condensatori elettrolitici "longlife" >10 anni
- 5% di efficienza in più dei precedenti modelli
- Dimensioni compatte per una facile integrazione
- Tensioni di uscita da 5 a 48Vdc
- Tensione d'ingresso universale 85-265Vac
- Temperatura di esercizio da -10 a +70°C
- Garanzia 5 anni