

I vantaggi della potenza digitale sul ciclo di vita di una PSU

Patrick Le Fèvre

Direttore marketing e comunicazione
Ericsson Power Modules

Dopo un periodo di gestazione durato parecchi decenni, le tecniche per il controllo digitale della potenza stanno rapidamente diffondendosi, grazie ai vantaggi che sono in grado di offrire ai progettisti rispetto alle soluzioni di natura analogica. Molti progettisti hanno scoperto che l'abbinamento tra il controllo e la gestione della potenza digitali garantiscono risultati anche superiori alle migliori aspettative. Il controllo digitale della potenza si riferisce all'implementazione dell'anello di controllo interno di un convertitore di potenza mediante circuiti digitali al posto dei tradizionali sistemi analogici. Nel caso di un convertitore buck, ciò significa sostituire con un convertitore A/D il tradizionale amplificatore di retroazione del segnale errore e ricavare la correzione per il modulatore PWM che pilota i commutatori di potenza mediante tecniche di elaborazione del segnale digitale invece che con i più classici riferimenti di tensione, generatore a rampa e comparatore. La gestione digitale della potenza, invece, si riferisce al circuito di controllo e supervisione che comunica attraverso uno schema di I/O digitale che prevede il ricorso a PMBus, assunto a standard industriale "de facto".

In considerazione del fatto che l'efficienza ha assunto un ruolo sempre più importante, ogni convertitore di potenza digitale deve garantire prestazioni perlomeno simili a quelle delle migliori soluzioni analogiche, senza penalizzare nessun aspetto delle prestazioni elettriche. Essi devono inoltre risultare competitivi in termini di densità di potenza e di facile utilizzo, proprio come un tradizionale convertitore analogico. Durante lo sviluppo della sua prima serie di prodotti di potenza digitale – come il convertitore DC/DC BMR453 – Ericsson ha dimostrato che è possibile ottenere in uscita una potenza fino a 396 W –

Nello sviluppo dei convertitori della serie 3E (Enhanced Performance, Energy Management ed End-user Value), Ericsson ha potuto verificare che la potenza digitale è in grado di offrire benefici che si estendono su tutto l'arco del ciclo di vita dei prodotti

valore superiore del 5% rispetto a quello fornito da un convertitore di bus intermedio o Ibc (Intermediate Bus Converter) analogico – con un dispositivo in formato ¼ brick. Allo stesso tempo questo convertitore digitale garantisce un'accuratezza della regolazione pari a $\pm 2\%$, valore tipico di un convertitore c.c./c.c. analogico completamente regolato in grado di erogare un potenza nettamente inferiore (204 W) a parità di formato. L'efficienza di conversione è superiore al 96% (a partire da un valore pari al 10% della potenza massima di uscita), estendendo in maniera significativa l'intervallo entro il quale il convertitore è in grado di funzionare con perdite minime. Anche se questo convertitore digitale integra l'interfaccia PMBus, l'utente può ignorare questa funzionalità e far funzionare il dispositivo con la stessa semplicità tipica di un convertitore analogico.

La configurabilità digitale assicura benefici sull'intero ciclo di vita

La potenza digitale è in grado di garantire un numero di benefici nettamente superiore rispetto al semplice miglioramento in termini di prestazioni elettriche e densità di potenza, fattori di fondamentale importanza per i progettisti di alimentatori. I miglioramenti a livello di prestazioni sono imputabili alla capa-

città dell'anello di controllo digitale di adattare la propria dinamica in modo da adeguarsi in modo ottimale alle condizioni della linea e del carico in tempo reale: per contro i componenti passivi stabiliscono le risposte del convertitore analogico, che inevitabilmente rappresentano un compromesso tra stabilità e risposta dinamica in funzione delle condizioni operative previste. Nello sviluppo della serie 3E (che significa Enhanced Performance, Energy Management ed End-user Value e rappresentano i principali vantaggi di questa concezione), Ericsson ha potuto verificare che la potenza digitale è in grado di offrire benefici che si estendono nell'arco dell'intero ciclo di vita dei prodotti.

Poiché il nucleo centrale del convertitore digitale è un circuito integrato a segnali misti è possibile integrare l'hardware di controllo, misura e supervisione con la sua interfaccia PMBus sul medesimo chip di silicio a costi aggiuntivi trascurabili. Un approccio di questo tipo permette di ottimizzare l'accoppiamento elettrico tra il nucleo del convertitore e il suo sistema di controllo, minimizzare i consumi e ridurre drasticamente lo spazio occupato sulla scheda a circuito stampato (PCB) rispetto a quello necessario per ospitare funzionalità equivalenti sfruttando soluzioni di natura analogica. Ancora più importante, è ora possibile configurare il convertitore digitale nelle fasi iniziali di realizzazione, durante la fase di sviluppo dell'applicazione del progettista del sistema di potenza, presso il centro del distributore, durante la realizzazione dell'apparecchiatura e/o quando esso è installato e funzionante all'interno dell'apparato dell'utente finale.

Un tale livello di flessibilità permette per la prima volta di estendere il modello della logica programmabile all'intera industria della conversione di potenza.

Ciascun convertitore della famiglia 3E di Ericsson mette a disposizione una vasta gamma di parametri programmabili tra cui selezione della tensione di uscita, tempi di ritardo di accensione/spegnimento per implementare la messa in sequenza dell'alimentazione nel caso di carichi su più terminali, controllo dello slew rate per garantire la protezione contro correnti di spunto (in rush current), impostazione di soglie che delimitano (margining) la tensione utili in fase di collaudo del sistema, nonché di soglie multiple per la segnalazione di allarmi e di condizioni di guasto imputabili alla presenza di sovracorrenti, sovratemperatura e sovra/sotto tensioni. È altresì possibile regolare la risposta dell'anello di controllo del convertitore digitale in modo da ottimizzare le prestazioni per particolari condizioni di carico e di capacità di uscita. Nella figura 1 vengono riportati i risultati relativi a una regolazione precisa delle costanti che stabiliscono le risposte del-

l'anello di controllo di un regolatore Pol (Point-of-Load) della serie 3E al fine di ottimizzare la sua risposta al transitorio per un dato ambiente operativo. Questo processo equivale, in chiave digitale, a spostare poli e zeri in un convertitore analogico regolando in continuazione i valori di condensatori e resistori all'interno del proprio anello di controllo, operazione questa difficilmente traducibile in pratica.

PMBus: un ruolo chiave

PMBus può essere un elemento di fondamentale importanza nelle fasi di sviluppo e di valutazione del prodotto. In questo caso il circuito per la gestione della potenza della scheda che controlla i dispositivi PMBus compatibili potrebbe essere un personal computer connesso a una scheda prototipo attraverso un adattatore appropriato. Poiché il livello fisico di PMBus si basa su SMBus – che rappresenta un'evoluzione di I2C – PMBus si occupa essenzialmente della connettività a

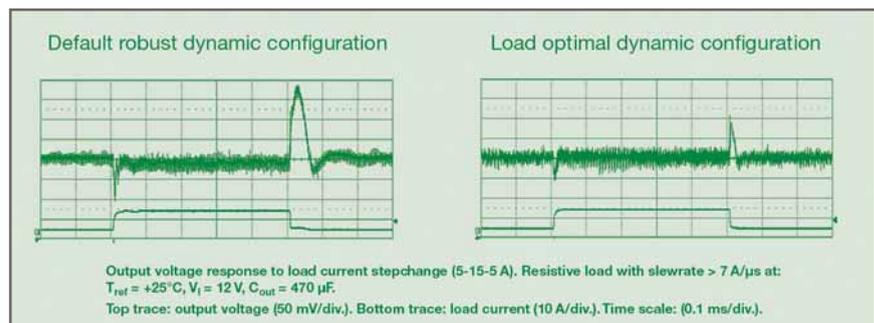


Fig. 1 – Mediante la riprogrammazione delle costanti dell'anello di controllo in un convertitore di potenza digitale è possibile ottimizzare le sue prestazioni dinamiche per un determinato ambiente operativo

livello di scheda, lasciando ai progettisti la massima libertà nella scelta della soluzione di connettività a livello di backplane. Lo schema generale viene riportato in figura 2. Al fine di accelerare la fase di sviluppo, Ericsson ha messo a punto un apposito kit compatibile con qualsiasi PC per i prodotti della serie 3E che comprende un adattatore USB-PMBus e driver software che sostituiscono il dispositivo per la gestione della potenza di figura 2. Il PC e il software applicativo del kit assumono quindi il ruolo di host del sistema e interfaccia utente. Grazie a questo approccio è possibile effettuare in tempi molto brevi esperimenti con parametri quali impostazioni della tensione di uscita, routine della messa in sequenza dell'alimentazione, margini per la tensione e gestione dei malfunzionamenti senza dover procedere a cambiamenti a livello hardware sulla scheda sottoposta a collaudo. Nel momento in cui un particolare set-up soddisfa le aspettative del progettista, il software applicativo può salvare un file di configurazione per ciascun dispositivo della linea 3E per un utilizzo successivo. Nella figura 3 vengono

riportate alcune delle opzioni che il software è in grado di proporre all'interno dello schermo di configurazione di un singolo dispositivo.

Anche se gli utenti possono richiedere configurazioni specifiche, spesso Ericsson propone i dispositivi della serie 3E già preventivamente programmati con una configurazione di default che rispecchia un profilo applicativo tipico del convertitore. Per esempio l'utilizzatore può ordinare un regolatore Pol come BMR450 con corrente nominale di 20 A già impostato con uscite di 1,0, 3,3, 5,0 o 5,5 VDC. Successivamente è possibile riprogrammare il dispositivo con qualsiasi valore compreso tra 0,6 e 5,5 VDC con una risoluzione di 1 mV attraverso PMBus (mediante un resistore è anche possibile impostare la tensione di uscita del prodotto in un intervallo compreso tra 0,7 e 5,0 VDC in 25 passi). Con un solo dispositivo è quindi possibile coprire una vasta gamma di tensioni di uscita, con conseguente riduzione dell'inventario e semplificazione della logistica. A questo punto è utile sottolineare che BMR450 e il suo "fratello maggiore" BMR451 (40 A) possono condividere un layout della scheda PCB comune, consentendo ai progettisti di scambiare i convertitori nel momento in cui evolvono le richieste di potenza del sistema. Vantaggi analoghi si estendono a tutti i membri della famiglia di convertitori di potenza 3E.

Nel caso sia richiesta solamente un'unica variazione della tensione di uscita o di qualsiasi altro parametro programmabile, questa operazione può venire eseguita nella fase di test della produzione della scheda. In alternativa vi potrebbe essere un distributore che offre un servizio di programmazione. Se si prende come esempio un'applicazione di modesta complessità come ad esempio l'aggiornamento di un progetto analogico, è possibile fare a meno della logica per la gestione della potenza sulla scheda target. Tuttavia, l'inclusione della connettività PMBus permette di aumentare il numero di opzioni disponibili per i progettisti di sistemi di potenza. Poiché PMBus richiede solo quattro conduttori e un microcontrollore a basso costo è in grado di ospitare la logica per la gestione della potenza

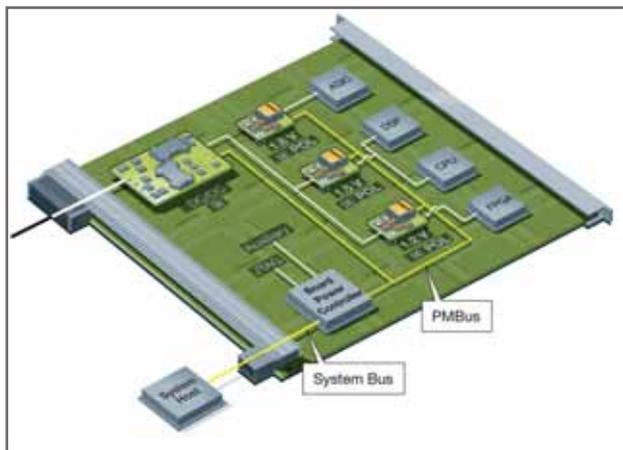


Fig. 2 – PMBus semplifica il monitoraggio e il controllo dei dispositivi del sistema di potenza compatibile come ad esempio i componenti la serie 3E

effettuare analisi del costo dell'energia oppure delle cause di guasto, nonché per soddisfare esigenze specifiche dell'utilizzatore. Essa può anche contribuire a evitare malfunzionamenti del sistema. Ad esempio se il software di supervisione rileva un campione particolarmente significativo di condizioni di allarme relativamente a un determinato dispositivo, potrebbe inviare un avvertimento di

della scheda, un approccio di questo tipo è da tenere senza dubbio in considerazione.

L'implementazione della connettività PMBus consente all'host di monitorare ogni dispositivo PMBus compatibile nel corso dell'intera vita operativa di un'apparecchiatura. In base al grado di sofisticazione del software di supervisione del sistema, questa funzionalità di raccolta dati potrebbe rappresentare la base per

effettuare analisi del costo dell'energia oppure delle cause di guasto, nonché per soddisfare esigenze specifiche dell'utilizzatore. Essa può anche contribuire a evitare malfunzionamenti del sistema. Ad esempio se il software di supervisione rileva un campione particolarmente significativo di condizioni di allarme relativamente a un determinato dispositivo, potrebbe inviare un avvertimento di

modo da rimpiazzare il dispositivo sotto osservazione prima che questo si guasti. In modo del tutto analogo, nel caso la tensione di uscita di un convertitore evidenzia fenomeni di leggera deriva nel tempo o in conseguenza di brusche escursioni di temperatura, il software di supervisione potrebbe intervenire in modo da far rientrare il funzionamento del dispositivo all'interno delle specifiche previste.

Un'altra possibilità offerta dal monitoraggio del consumo di potenza di una scheda è la conservazione dinamica dell'energia, dove il software modifica in maniera "intelligente" la tensione di uscita fornita dal convertitore a bus intermedio ai regolatori Pol. Poiché praticamente tutti i convertitori di potenza risultano meno efficienti in presenza di carichi di valore ridotto, la ripro-



Fig. 3 – L'interfaccia utente grafica del kit di valutazione dei componenti la famiglia 3E semplifica notevolmente la configurazione del dispositivo

grammazione del convertitore IBC da, ad esempio, 12 VDC a 9 VDC permette di ridurre la dissipazione nel momento in cui i regolatori Pol operano in presenza di carichi di modesta entità. Qualora sia richiesta una potenza maggiore, il software di supervisione può far aumentare senza problemi la tensione del bus portandola a un valore ottimale per le nuove condizioni di carico. Laddove sia prevista una coppia di convertitori di corrente che operano in configurazione parallela a condivisione di corrente, è possibile conseguire un risparmio energetico escludendo uno dei due convertitori nel momento in cui il valore del carico è tale da poter essere gestito da un unico convertitore. Questo approccio attivo alla gestione della potenza risulta particolarmente efficace in presenza di sistemi che spendono lunghi periodi di tempo in condizioni di carico variabili.

Un ottimo punto di partenza

A questo punto è importante enfatizzare il fatto che gli esempi appena riportati rappresentano solo alcune delle innumerevoli possibilità dei convertitori di potenza della serie 3E dotati di connettività PMBus. Non vi è dubbio che progettisti particolarmente creativi ne potrebbero individuare molte altre. Ciascuno di questi convertitori può essere impiegato per aggiornare progetti analogici senza problemi particolari. Essi possono operare molto facilmente in modalità autonoma grazie a funzioni tipicamente analogiche, quali ad esempio regolazione della tensione di uscita attraverso un singolo resistore, rilevamento remoto della tensione e controllo on/off dell'hardware mediante un semplice pin.

La funzionalità "set & forget" di PMBus significa che ogni convertitore di potenza della serie 3E può essere pre-programmato con parametri definiti dall'utente che possono essere lasciati tali durante l'intera vita operativa del prodotto o fino al momento in cui non vengono riprogrammati. In questo modo è possibile una messa a punto precisa di un convertitore per una particolare applicazione senza richiedere la presenza di PMBus nel sistema target.

Rispetto alle tradizionali tecniche analogiche, lo svantaggio della conversione digitale di potenza è rappresentato dai notevoli investimenti nelle attività di ricerca e sviluppo necessari per realizzare un convertitore digitale pronto per la produzione – che rappresenta la ragione principale per scegliere soluzioni collaudate e pre-qualificate. Per garantire un semplice ingresso nel mondo della potenza digitale, Ericsson mette a disposizione servizi di supporto per l'ingegnerizzazione delle applicazioni e offre a corredo del proprio kit di valutazione un'estesa libreria di articoli tecnici e informazioni di natura applicativa. Ulteriori ragguagli sono disponibili all'indirizzo:

www.ericsson.com/powermodules