

Alimentatori AC/DC: make or buy?

Don Knowles
Vp engineering
N2Power

Le variazioni delle normative e la disponibilità di circuiti integrati di nuova generazione hanno inciso profondamente sui criteri di scelta

Progettare e realizzare internamente l'alimentatore AC/DC o acquistarlo da un produttore esterno: questo è il dilemma che da anni "tormenta" i progettisti. Negli ultimi anni i criteri di scelta, i tool e i componenti disponibili, le esigenze relative agli alimentatori sono cambiati, ma non è mutata l'importanza che tale decisione riveste.

Un tipico alimentatore opera a partire dalla linea di alimentazione in AC (con valori di tensione e frequenza nominali di 120V/240V e frequenza di 50/60 Hz) e fornisce a uno o più terminali tensioni continue (DC) che vanno da pochi Volt a circa 48V erogando potenze solitamente inferiori a 1000W. L'alimentatore di N2Power riportato in figura 1, ad esempio, fornisce in uscita una potenza di 375W con tensioni comprese tra 12 e 56V (in funzione del modello) e ha dimensioni pari a 8,4 x 12,7 cm: la densità di potenza è pari a 1W/cm³ con raffreddamento ad aria forzata. Nel caso di raffreddamento per convezione la potenza di uscita è pari a 260W. Gli alimentatori attuali devono svolgere numerosi altri compiti oltre all'erogazione di potenza. Essi devono soddisfare regole sempre più severe in termini di sicurezza, standard EMI/RFI stringenti, requisiti di efficienza e conseguire gli obiettivi previsti in termini di correzione del fattore di potenza (PFC – Power Factor Correction). In caso di applicazioni specialistiche, come ad esempio quelle del settore medicale, gli alimentatori devono essere progettati in modo da mantenere perdite inferiori a una determinata soglia e garantire che eventuali guasti dei componenti non causino condizioni di potenziale pericolo per la vita del paziente.

Progetto di un alimentatore: un compito apparentemente semplice

I circuiti integrati disponibili attualmente contribuiscono a semplificare lo sviluppo di un progetto di tipo custom. Molti di questi integrano algoritmi e controlli per la correzione del fattore di potenza, migliorando in tal modo efficienza, risposta ai fenomeni transitori e prestazioni della linea e del

carico e minimizzando nel contempo le problematiche legate alle interferenze EMI. Essi sono caratterizzati da topologie e modalità operative avanzate che sarebbe molto difficile realizzare internamente.



Fig. 1 – Un alimentatore come questa unità da 375W realizzata da N2Power si propone come una soluzione ottimizzata in termini di prestazioni, packaging e prezzo

Alcuni circuiti integrati supportano alimentatori a controllo digitale, con possibilità sia di monitorare un gran numero di parametri interni dell'alimentatore sia di regolarli in modo dinamico per garantire un funzionamento ottimizzato al variare di parametri interni (ad esempio le condizioni di carico) ed esterni (temperatura ambiente, costi dell'alimentazione AC). I produttori di tali integrati, inoltre, forniscono progetti di riferimento e tool di progettazione che possono, in un primo momento, rendere il design dell'alimentatore un compito quasi banale. Essi rientrano in due categorie. La prima prevede che il progettista riceva un design di riferimento dettagliato per uno specifico alimentatore (ad esempio un'unità da 375W, 48V dc) che include lo schema circuitale, il layout della scheda PCB e la lista dei componenti richiesti (BOM).

La seconda invece prevede che il progettista utilizzi il tool sviluppato dal produttore degli integrati per definire le proprie specifiche: il tool a sua volta fornisce le indicazioni circa gli integrati più appropriati, i componenti passivi, lo schema circuitale, il layout e i grafici delle prestazioni.

Una delle ragioni più comuni per sviluppare internamente un alimentatore è la specificità del fattore di forma del prodotto finale. L'alimentatore dei notebook di Apple è un ottimo esempio (Fig. 2); i vincoli in termini di packaging si discostano nettamente da quelli che un alimentatore standard è in grado di soddisfare.

Oltre a ciò, gli elevati volumi tipici dei prodotti destinati al mercato consumer rappresentano una valida giustificazione per un progetto custom. Nel caso di volumi dell'ordine di 1.000 unità/mese (o superiori), è possibile ammortizzare il processo di progettazione/qualificazione, mentre un'attenta analisi della BOM permette di ottenere margini di profitto maggiori.

Un'altra ragione per la quale può essere giustificato un progetto di tipo custom è la mancanza di soluzioni in grado di soddisfare i requisiti richiesti o il ridotto numero di costruttori capaci di fornire un prodotto che possa esaudirli in modo adeguato. Un esempio può essere rappresentato dagli alimentatori che devono fornire una tensione DC molto elevata (>1.000V). In questo caso vi possono essere fornitori che sviluppano prodotti con specifiche abbastanza prossime a quelle richieste o in grado di apportare le modifiche necessarie per soddisfare le richieste dell'utilizzatore.

Il progetto di un alimentatore è un attento bilanciamento tra compromessi e vincoli di varia natura che riguardano prestazioni nominali, efficienza, problematiche di natura termica, prestazioni massime/minime dei parametri, costi, complessità, affidabilità, rischi di natura tecnica e problematiche di approvvigionamento dei componenti della BOM.

Non va dimenticato il fatto che in talune applicazioni vi può essere un parametro che riveste un'importanza decisamente critica e non esiste alcuna possibilità di reperire sul mercato un prodotto in grado di soddisfare questo particolare requisito; in questo caso l'unica possibilità è realizzare un alimentatore "ad hoc".

Un progetto realizzato internamente può essere giustificato anche nel caso in cui i requisiti dell'applicazione non sono particolarmente severi e risulta possibile soddisfarli con un progetto economico. Si consideri ad esempio il caso di un alimentatore da utilizzare per semplici indicatori luminosi che può avere specifiche nominali con tolleranze abbastanza ampie per quanto riguarda l'accuratezza in uscita (ad esempio $\pm 5\%$) e nessun problema in termini di carichi transistori: in questo caso un progetto low cost risulta più che sufficiente. All'estremo opposto esistono applicazioni, come ad esem-

pio quelle per il settore scientifico, che richiedono specifiche non previste dai prodotti reperibili sul mercato.

L'ultima ragione per la quale può aver senso una progettazione in proprio è la disponibilità di competenze interne specifiche. Se in un'azienda vi sono team con anni di esperienza nella progettazione di alimentatori in grado di soddisfare i requisiti di natura tecnica e quelli imposti dai regolamenti in vigore, è possibile realizzare un prodotto di gran lunga superiore a quello che sarebbe sviluppato da OEM con esperienza nel settore della progettazione digitale.



Fig. 2 – A volte si ricorre a un progetto sviluppato internamente a causa della specificità del prodotto finale, come ad esempio nel caso dell'alimentatore AC/DC MagSafe di Apple

I vantaggi di una soluzione standard

Mentre la progettazione di un alimentatore può risultare un'operazione abbastanza semplice, non lo è sicuramente lo sviluppo di un progetto completamente qualificato capace di soddisfare in "toto" tutti i requisiti in termini di prestazioni e di conformità ai vari standard in vigore. Senza comunque dimenticare i costi e le difficoltà legate all'approvvigionamento di molti dei componenti necessari per il progetto.

Si inizi a prendere in considerazione il progetto stesso. I circuiti integrati disponibili possono implementare topologie complesse, ma molti alimentatori AC/DC necessitano di componenti diversi dai classici IC. La definizione delle carat-

teristiche di questi ultimi e l'approvvigionamento possono risultare operazioni non proprio banali, specialmente nel caso in cui le caratteristiche secondarie di questi componenti rivestono un ruolo di una certa importanza. Per esempio, capacità e tensioni di lavoro definiscono un condensatore, ma la resistenza serie equivalente (equivalent series resistance - ESR) influenza il suo funzionamento, specialmente alle frequenze più elevate. Una volta selezionati i componenti più idonei, è necessario affrontare le problematiche legate alla fornitura. L'ufficio acquisti, per ottimizzare i costi, potrebbe decidere di optare per la sostituzione di un induttore con un componente nominalmente identico. I problemi legati a questa operazione potrebbero manifestarsi sul campo solo dopo parecchi mesi. Un'altra scelta da fare è quella relativa agli intervalli minimi e massimi di funzionamento: si potrebbe optare per una tensione nominale compresa in un intervallo ristretto, come ad esempio una tensione nominale di 120 Vac $\pm 10\%$ o per l'intero intervallo, ovvero 120/240 Vac. Nel primo caso il progetto risulti più semplice e meno costoso, ma se si vuole utilizzare il prodotto su scala globale è necessario sviluppare un secondo progetto in grado di operare con tutte le tensioni di rete utilizzate a livello mondiale.

Inoltre è necessario procedere a una pianificazione del collaudo. Infatti è necessario assicurare il funzionamento del prodotto nei casi estremi (corner case), quando cioè fenomeni quali tensioni di ingresso alta/bassa (high/low line), temperatura ambiente massima e presenza di transitori di linea/carico si verificano contemporaneamente. Un altro elemento da tenere in considerazione è il raffreddamento. Se si opta per il raffreddamento per convezione, è necessario disporre di tool adatti per la modellazione dell'alimentatore e del suo ambiente operativo per essere sicuri che il flusso d'aria disponibile sia sufficiente. Inoltre è necessario prendere in considerazione le modalità di montaggio dell'alimentatore quando è in esercizio; il suo posizionamento influenza in modo sensibile il raffreddamento. Nel caso poi fosse necessaria la presenza di una ventola, bisogna prevederne le dimensioni. Se si sta progettando un alimentatore di tipo custom, è probabile che si utilizzi un circuito integrato o un chipset di un produttore che rende anche disponibile un progetto di riferimento. In questo caso si deve stabilire se si

tratta di un progetto effettivamente realizzato o di un semplice schema circuitale supportato dalla simulazione. È verosimile che le prestazioni effettive non siano quelle ipotizzate perché il layout fisico, il routing e le dimensioni dei piani di massa e di alimentazione e le piste di controllo, oltre ai connettori,

fanno sì che anche la simulazione più accurata risulti una approssimazione piuttosto "grezza" del funzionamento effettivo del circuito. Anche nel caso in cui il progetto di riferimento preveda un layout per la scheda PCB, è necessario porre la massima attenzione nel caso si apportino modifiche al layout o alla lista dei componenti.

Una modifica apparentemente banale può avere un effetto negativo sulle prestazioni. Un alimentatore è un amplificatore ad anello chiuso che può oscillare, evidenziare problemi di risposta ai fenomeni transitori, emettere e nel contempo essere sensibile alle interferenze EMI/RFI.

Regolamenti e standard: una vera giungla

Anche un alimentatore correttamente progettato e collaudato deve tener conto delle problematiche legate alla conformità a regolamenti e standard. Problematiche di questo tipo risultano sempre più difficili da risolvere in quanto anno dopo anno le norme diventano più severe e restrittive. Esse in pratica coprono i seguenti aspetti:

- sicurezza base, che influenza isolamento, tecniche di isolamento, spaziatura del layout e topologia di progetto;
- emissioni EMI, determinate dalla frequenza di funzionamento dell'alimentatore, forme d'onda interne, caratteristiche di commutazione e layout;
- efficienza, determinata dalla relazione che intercorre tra la potenza della linea ac utilizzata e la potenza di uscita in dc;
- PFC che definisce come l'alimentatore, visto come carico, si presenta alla rete di alimentazione in ac; nel caso questa non lo veda alla stregua di un carico resistivo, come solitamente avviene, il progettista deve adottare opportune tecniche per ottenere un fattore di potenza molto prossimo all'unità (come previsto da IEC61000-3-2).

A queste problematiche, ovviamente vanno aggiunte quelle legate alla natura stessa dei regolamenti che coprono tutto il mondo; ciò si traduce nella necessità di confrontarsi con parecchi Enti ognuno dei quali adotta criteri diversi per quel che riguarda il collaudo e le modalità di operative.

In definitiva, al giorno d'oggi sono disponibili circuiti integrati, progetti di riferimento e tool che permettono di semplificare al massimo la progettazione di un alimentatore. Tuttavia, una combinazione di specifiche

come quella che caratterizza l'alimentatore di N2Power di figura 1 è molto difficile da ottenere da parte di progettisti non particolarmente esperti, soprattutto tenendo in considerazione anche gli aspetti legati alla produzione e alla necessità di ottemperare norme sempre più rigorose. ■

Gli alimentatori oggi devono svolgere numerosi altri compiti oltre all'erogazione di potenza