

## Una soluzione efficace per la correzione del fattore di potenza

Christophe Basso  
ON Semiconductor  
Toulouse Center

*L'utilizzo di un controllore come MC33260 di On Semiconductor consente di realizzare in modo semplice e a costi contenuti uno stadio per la correzione del fattore di potenza in modo da realizzare sistemi conformi alle specifiche IEC1000-3-2*

La normativa relativa alla correzione del fattore di potenza (PFC - Power Factor Correction) viene descritta nello standard IEC1000-3-2: dopo parecchie discussioni circa l'opportunità di associare un front end PFC con ogni alimentatore a commutazione (SMPS - Switch Mode Power Supply), questo standard è stato adottato dalla Comunità Europea nel 2001. In pratica ogni apparecchiatura connessa alla rete di alimentazione che dissipi più di 75 W (25 W nelle applicazioni di illuminazione) deve conformarsi a questa norma, pena l'impossibilità di potersi fregiare del marchio CE. Grazie a un know how di prim'ordine acquisito nel settore della correzione del fattore di potenza, ON Semiconductor mette a disposizione un componente espressamente ideato per aiutare i progettisti a realizzare sistemi conformi allo standard a costi decisamente contenuti.

### Il fattore di potenza

Il termine fattore di potenza (PF) può essere utilizzato per descrivere con quale approssimazione il comportamento di un dato carico collegato alla rete di alimentazione si possa assimilare a quello di un resistore reale. Il fattore di potenza è il rapporto tra la potenza attiva (espressa in W) e la potenza apparente (espressa in VoltAmpere - VA):

$$PF = \frac{W}{VA}$$

Questa definizione è vera qualunque siano le forme dei due segnali misurati, ovvero corrente e tensione. È bene tener presente che l'espressione  $PF = \cos \varphi$  è un caso particolare valido nel caso le grandezze in gioco siano di tipo sinusoidale. In tal caso collegando un

condensatore o un induttore perfetto ai capi della rete elettrica, il fattore di potenza sarebbe nullo ( $\varphi = 90^\circ$ ), mentre in presenza di un resistore perfetto il valore del fattore di potenza sarebbe pari a 1.

Vi sono altri modi per definire il fattore di potenza sfruttando diversi approcci matematici. Uno di essi afferma che (in presenza di una tensione in ingresso sinusoidale)  $PF = k_d * k_\theta$  dove  $k_d$  è il fattore di distorsione (la distorsione della corrente armonica totale) e  $k_\theta$  è il fattore di spostamento (l'angolo di fase tra le componenti fondamentali di tensione e corrente). Se si esamina attentamente la definizione di fattore di potenza secondo lo standard IEC1000-3-2, si potrà notare che esso prende in considerazione solo il fattore di distorsione (ovvero il livello di particolari armoniche) senza preoccuparsi del fattore di spostamento. Nel

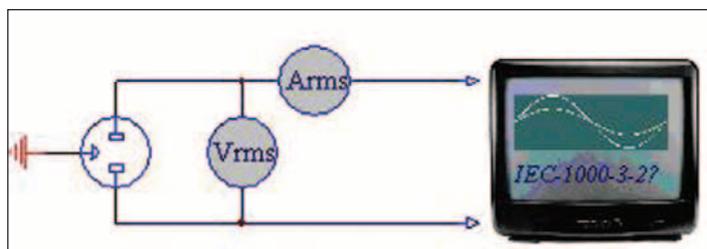


Fig. 1 – Mediante la misura e la moltiplicazione dei livelli di ingresso RMS è possibile ottenere la potenza apparente in VA

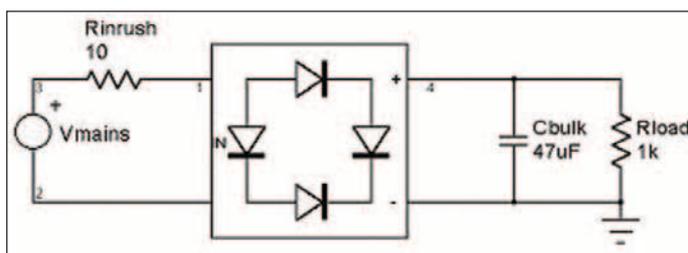
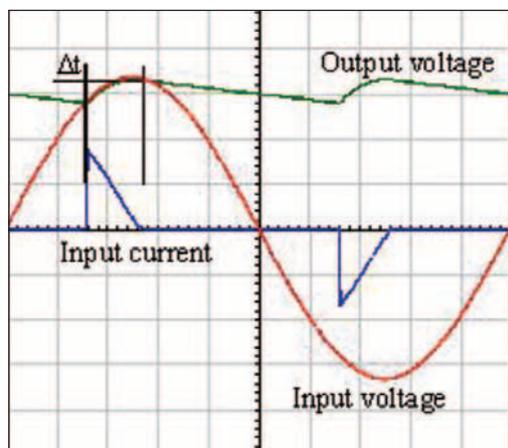


Fig. 2a – Schema dello stadio di ingresso di un alimentatore a commutazione

Fig. 2b – Forme d'onda risultanti di un rettificatore a onda intera.  $\Delta t$  è il tempo di  $t$  del diodo

caso si voglia conformarsi alle specifiche dello standard, la presenza di un dispositivo per la limitazione della distorsione è richiesto per ottenere la conformità, nonostante uno sfasamento tra i segnali. Nella figura 1 viene rappresentato un semplice schema che permette di valutare la potenza apparente di qualsiasi dispositivo, un apparecchio televisivo per esempio. È sufficiente la misura del valore quadratico medio (RMS) della tensione di ingresso della linea di alimentazione in alternata e la corrente assorbita da essa. Naturalmente bisogna avere l'accortezza di utilizzare un voltmetro a vero valore efficace che tenga conto dei segnali non sinusoidali. Una volta misurati i valori, è sufficiente moltiplicarli per ottenere il valore in VA. Per quanto concerne la potenza attiva è necessario utilizzare un wattmetro o un oscilloscopio dove è possibile moltiplicare le tracce della tensione e della cor-

rente. Una volta valutato il prodotto  $IV$  (potenza istantanea, in Watt) per un certo periodo di tempo (energia, in Joule), è possibile dividere il risultato per il periodo della linea di alimentazione per ottenere il valore della potenza media espresso in Watt.

### Rettificazione a onda intera

Un alimentatore a commutazione riceve la propria energia media da un terminale in continua la cui uscita è opportunamente "rettificata". Il termine rettificato sta a significare che la linea di alimentazione carica il condensatore solo quando il valore di picco supera il livello in continua prefissato. Grazie al basso valore di impedenza della rete di alimentazione, la "ricarica" del condensatore è quasi istantanea: la corrente di ingresso, infatti, è composta da brevi impulsi periodici caratterizzati da un elevato contenuto in armoniche. La

sezione di rettificazione di un alimentatore a commutazione viene schematizzata in figura 2. Il compito del resistore posto in serie alla linea di alimentazione è limitare il valore della corrente di spunto nel momento in cui l'alimentatore viene connesso per la prima volta alla linea di alimentazione ( $C_{bulk}$  è scarico). Questo elemento, oltre a rappresentare un costo aggiuntivo, penalizza il rendimento complessivo a causa di fenomeni dissipativi. Nella figura 2b viene riportato il grafico delle forme d'onda risultanti, che evidenziano un andamento molto dissimile da quello sinusoidale. Se si misura il fattore di potenza con il metodo appena descritto, si otterrà un risultato pari a 0,6, tipico di questa configurazione.

### Più potenza dalla presa

La potenza apparente assorbita dalla presa di rete dipende dal fattore di

potenza. In Europa, le prese a muro standard sono in grado di fornire in modo continuo una corrente fino a 15 A RMS. Si faccia l'ipotesi di voler commercializzare un alimentatore da 1 kW che opera in presenza di una linea di alimentazione in c.a. da 230 V. Lo stadio di alimentazione è simile a quello riportato in figura 2a e un fattore di potenza pari a 0,6 potrebbe risultare un valore accettabile. Se si calcola il valore quadratico medio della corrente richiesta dal sistema, si ottiene  $I_{in} = 1k/0,6/230 = 7,25$  A RMS o una potenza di ingresso apparente pari a 1,66 kW. Questo valore è molto superiore a quello precedente. La presa quindi potrà accettare solamente due alimentatori per rientrare nei limiti dei 15 A. Nel caso si volesse procedere a un affinamento dei calcoli, si scoprirebbe che la precisione della linea di alimentazione è pari a  $\pm 15\%$ , per cui alla presa di

alimentazione non è possibile collegare più di un alimentatore.

Da questi semplici calcoli si può evincere che un basso valore del fattore di potenza limita il numero delle apparecchiature che è possibile collegare a una presa. Nel caso sia necessario far funzionare più apparecchiature utilizzando una singola presa, una soluzione percorribile sarebbe quella di aggiungere uno stadio iniziale per la correzione del fattore di potenza. Grazie ad esso, sarebbe possibile ottenere valori del fattore di potenza prossimi all'unità. Il valore medio della corrente scenderebbe a circa 4,3 A, dando la possibilità di collegare in tutta sicurezza tre alimentatori alla stessa presa. Il problema assume una maggiore importanza in Paesi come gli Stati Uniti e il Giappone, dove si utilizzano valori inferiori per la linea di alimentazione.

### La correzione attiva

Tra le molte soluzioni di tipo attivo per la correzione del fattore di potenza, l'utilizzo di una topologia boost è senza dubbio uno dei più diffusi. Non va comunque dimenticato che tale metodologia prevede che il valore della tensione di uscita sia sempre superiore a quello della tensione di ingresso.

Se è previsto l'impiego su una rete di alimentazione universale, si arriva a valore massimo di 275 VAC (o 388 VDC una volta eseguita l'operazione di rettifica). Per tale motivo 400 VDC è il valore adottato per la tensione di uscita di uno stadio PFC regolato. Se l'alimentatore è già stato progettato per operare in Europa (dove la tensione è pari a  $230\text{ C} \pm 15\%$ ), possono sorgere dei problemi nel momento in cui si cercasse di accoppiarlo con uno stadio PFC operante in modalità boost che fornisce in uscita

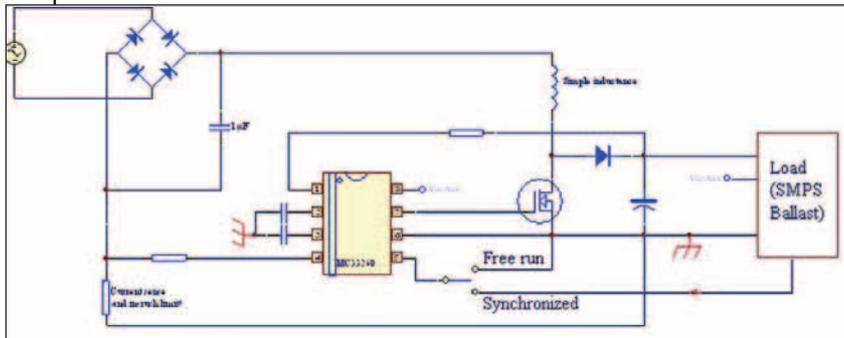


Fig. 3 – L'utilizzo di MC33260 permette di realizzare in maniera molto semplice la funzionalità PFC

una tensione di 400 V. A questo punto può essere utile considerare la possibilità di far ricorso a uno stadio PFC in grado di mantenere una differenza di tensione sufficiente tra ingresso e uscita. In altre parole, utilizzare uno schema boost in cui la tensione di uscita segue la tensione di picco della linea di alimentazione pur assicurando un adeguato fattore di potenza in ingresso.

Questo è stato l'approccio utilizzato da ON Semiconductor per la realizzazione del circuito integrato per la correzione del fattore di potenza MC33260.

Il dispositivo sfrutta il concetto follow-boost (FB), che garantisce notevoli vantaggi per quel che riguarda le dimensioni dell'induttore del preconverter e dei MOSFET di potenza.

Grazie all'adozione di tale tecnica il livello di regolazione del-

l'uscita non è vincolato a un valore fisso, bensì varia in funzione dell'ampiezza della linea di alimentazione e della potenza di uscita.

Grazie all'utilizzo della tecnologia VHVIV (Very High Voltage Integrated Circuit) MC33260 può vantare caratteristiche di tutto rilievo, che vengono di seguito sintetizzate:

- eliminazione di avvolgimenti ausiliari ai capi dell'induttore, in quanto è necessaria una semplice bobina;
- modalità follow boost che permette la riduzione del volume del nucleo di un fattore pari a 3 rispetto alle soluzioni standard;
- la corrente viene rilevata attraverso uno shunt resistivo che svolge anche la funzione di limitatore della corrente di spunto: l'interazione di due funzionalità permette quindi di eliminare un dispositivo;

- MC33260 opera in tre modalità: a) modalità follow boost, in cui l'uscita varia in funzione del carico e dell'alimentazione in ingresso; b) con tensione di uscita fissa, ovvero 4000 VDC; c) in modalità di conduzione "libera" o sfruttando una sincronizzazione esterna;

- le perdite nei MOSFET sono inferiori rispetto a quelle riscontrate utilizzando gli approcci tradizionali: l'impiego di un MOSFET di dimensioni inferiori ha riflessi favorevoli sul costo globale del sistema;

- l'aggiunta di un circuito PFC operante in modalità follower boost a un SMPS predisposto per l'utilizzo in ambito europeo permette di ottenere un dispositivo di ingresso di tipo universale con un elevato valore del fattore di potenza.

In definitiva il controllore PFC MC33260 si propone come una soluzione innovativa in grado di semplificare la realizzazione di sistemi conformi alle normative IEC-1000-3-2.

Questo dispositivo integra numerose funzionalità, il che comporta una riduzione del numero di componenti richiesti e la possibilità di utilizzare bobine e commutatori di dimensioni inferiori. In definitiva, risulta possibile realizzare uno stadio per la correzione del fattore di potenza in maniera semplice senza penalizzare le prestazioni del sistema finale.



ON Semiconductor  
readerservice.it n. 11