

Rettificazione a ponte sul secondario per applicazioni di ricarica wireless

Ann Starks
Applications engineer
Power MOSFET division
ON Semiconductor

L'analisi dell'efficienza è fondamentale per le soluzioni di ricarica wireless a causa della minore efficienza del trasformatore con accoppiamento in aria, rispetto alle soluzioni tradizionali cablate

La gestione "in libertà" dell'energia per i dispositivi mobili è una funzione sempre più richiesta e i sistemi di ricarica delle batterie di tipo wireless (senza fili) stanno riscuotendo un notevole successo di mercato. Sebbene non sia efficiente quanto le soluzioni cablate tradizionali, la ricarica senza fili offre all'utente maggiore comodità ed elimina la necessità di utilizzare cavi di alimentazione.

La ricarica wireless trova applicazione nel campo dei dispositivi elettronici portatili, in ambito automobilistico e nelle applicazioni medicali.

Al giorno d'oggi i consumatori apprezzano ed esigono soluzioni comode per ricaricare i loro diversi dispositivi elettronici. Opportunità di mercato altrettanto promettenti per la ricarica wireless si trovano nell'uso degli apparecchi portatili all'interno dei veicoli, negli aeroporti e nelle abitazioni. Attualmente le piattaforme di gioco offrono delle opzioni di ricarica senza fili per le loro console proprio allo scopo di

aumentare la comodità dell'utente. Poiché la ricarica senza fili sta guadagnando popolarità, molti produttori di telefoni cellulari hanno incominciato a offrire cover per batterie che includono la circuiteria aggiuntiva necessaria per rendere i loro prodotti compatibili con i sistemi di ricarica senza fili.

L'idea della ricarica senza fili non è nuova. Per molti anni gli spazzolini da denti elettrici e i rasoi elettrici hanno impiegato questo metodo di ricarica. L'utente, per ricaricare le batterie, semplicemente depone il dispositivo sulla base senza la necessità di contatti metallici esposti. La ricarica senza fili riduce o elimina completamente la necessità dei cavi di alimentazione e può offrire la possibilità di ricaricare contemporaneamente vari dispositivi semplicemente appoggiandoli sopra una base di ricarica.

La ricarica senza fili è ottenuta tramite un trasformatore con nucleo ad aria. L'avvolgimento primario è posto nella tavola di ricarica mentre il secondario si trova nel dispositivo.

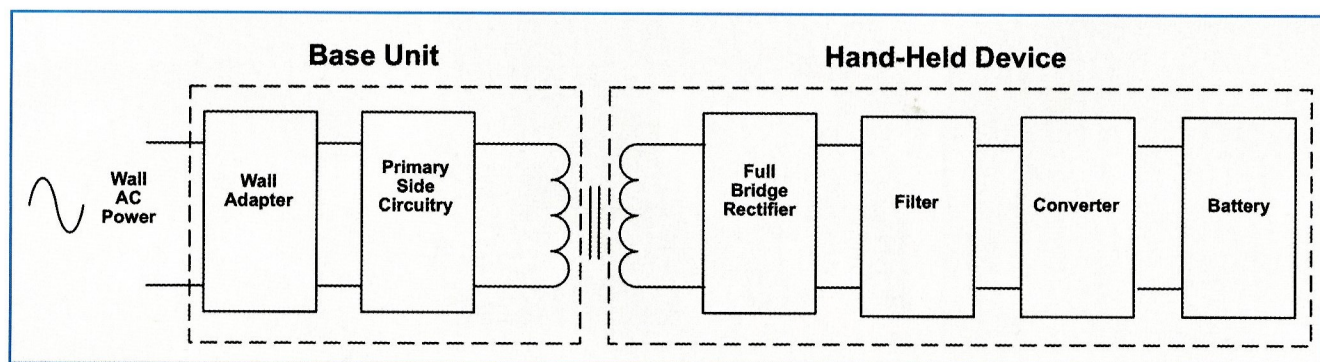


Fig. 1 - Schema di un generico sistema di ricarica senza fili

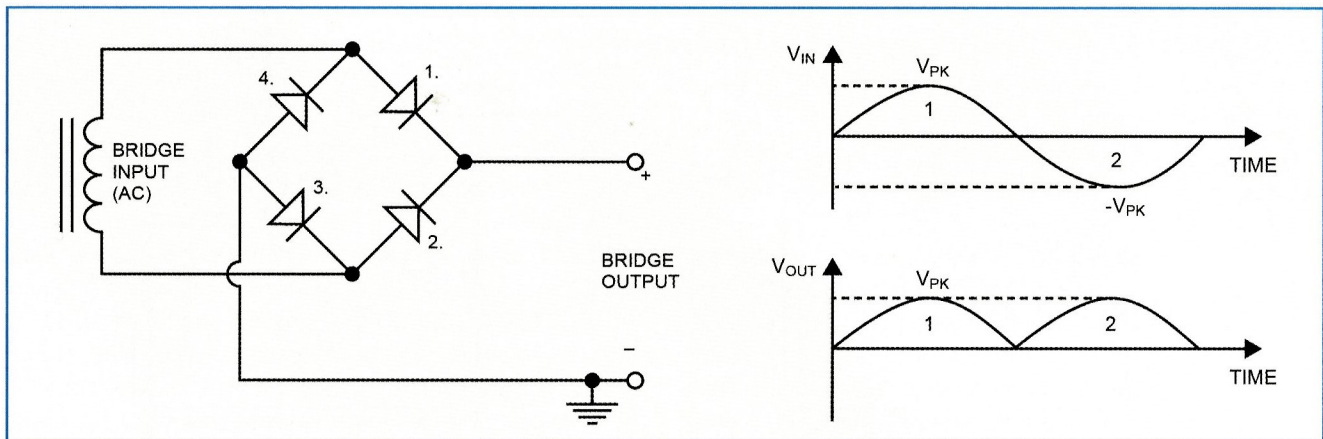


Fig. 2 - Raddrizzatore a onda intera: configurazione a ponte di diodi

La base per la ricarica induce una corrente alternata nell'avvolgimento secondario, che viene rettificata da un raddrizzatore a onda intera e filtrata da una circuiteria aggiuntiva presente nel dispositivo palmare per creare una tensione continua che carichi la batteria. La figura 1 mostra un esempio del diagramma a blocchi di un circuito per la ricarica wireless. L'unità base è alimentata da un presa tradizionale. Una volta che il dispositivo palmare viene posto sopra l'unità base inizia la ricarica.

Fondamenti dei trasformatori

Quando una corrente scorre in una spira, si genera un campo magnetico. Il trasformatore utilizza questa proprietà fondamentale per indurre una corrente da un avvolgimento all'altro. Il rapporto spire N è il rapporto tra il numero di avvolgimenti del secondario rispetto al numero di avvolgimenti del primario.

$$(Eq. 1) \quad N = \frac{n_s}{n_p}$$

Il rapporto spire viene usato per calcolare la tensione e la corrente indotte nel secondario. La tensione prodotta ai capi del secondario può essere ricavata come:

$$(Eq. 2) \quad V_s = V_p * N$$

La corrente che scorre nell'avvolgimento secondario è pari a:

$$(Eq. 3) \quad I_s = \frac{I_p}{N}$$

I trasformatori possono essere progettati in varie configu-

razioni e possono impiegare un nucleo di materiale ferromagnetico per incrementare l'induzione nell'avvolgimento secondario. La permeabilità μ rappresenta una misura di quanto efficacemente viene creato il campo magnetico all'interno del trasformatore, ovvero, di quanto efficacemente il trasformatore trasmette potenza al secondario. Maggiore è la permeabilità, maggiore è l'efficienza del trasformatore nel trasferire potenza dal primario al secondario. La permeabilità nel vuoto è definita come:

$$(Eq. 4) \quad \mu_0 = 4\pi * \frac{10^{-7} N}{A^2}$$

Le sue unità di misura sono Newton / Ampere al quadrato. La permeabilità relativa è definita come la permeabilità di un certo materiale normalizzata sulla permeabilità del vuoto:

$$(Eq. 5) \quad \text{Relative Permeability} = \frac{\mu}{\mu_0}$$

Un materiale attualmente molto diffuso è il nucleo di ferrite. La permeabilità relativa di un nucleo di ferrite (manganese/zinco) è 640 o più. Tuttavia, per la ricarica senza fili, il materiale del nucleo è l'aria, in quanto il primario e il secondario sono posti in due unità separate. Essendo la permeabilità relativa dell'aria pari a 1, questo tipo di trasformatore risulta molto meno efficiente. Poiché l'efficienza del trasformatore è bassa, l'efficienza del resto del circuito diventa molto importante.

Raddrizzamento a ponte sul secondario

Il raddrizzatore a onda intera e il circuito di filtraggio producono una tensione costante a partire dal segnale in alternata indotto nel secondario.

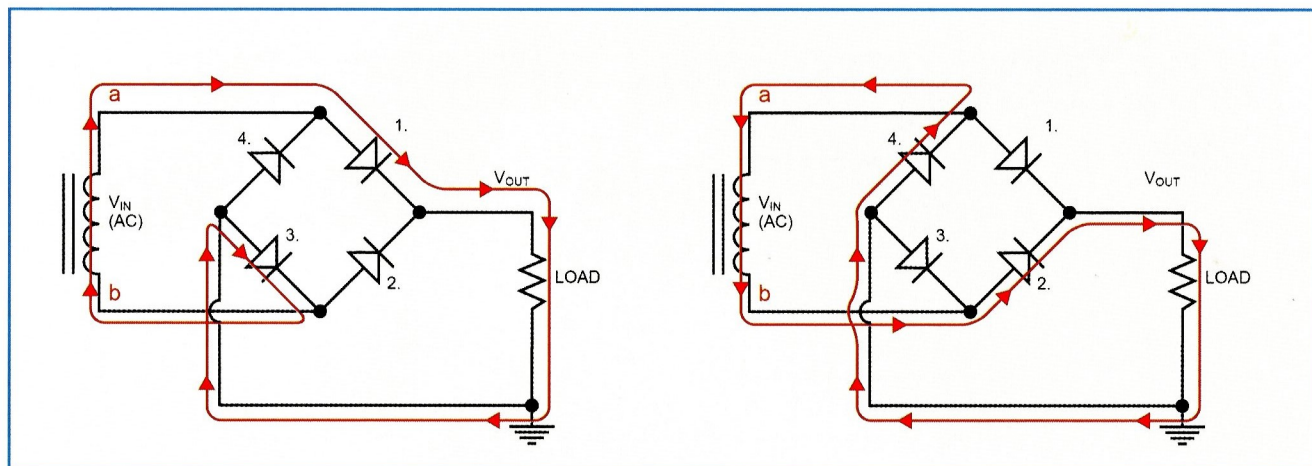


Fig. 3 - Percorso della corrente nella regione 1 (a) e nella regione 2 (b) della sinusoide di ingresso

La figura 2 mostra un raddrizzatore a onda intera che utilizza un ponte di diodi.

Quando i diodi 1 e 3 sono polarizzati direttamente, i diodi 2 e 4 sono polarizzati inversamente e vice versa. Di conseguenza, la maggior fonte di perdite nel ponte è dovuta alla caduta di tensione sui due diodi polarizzati direttamente. Un diodo standard possiede una tensione di innesco di circa 0,7 V. Questo significa che la perdita di potenza sui due diodi vale:

$$(Eq. 6) \quad P_{loss} = I_{Load} * (V_{F1} + V_{F2}) = I_{Load} * 2(0.7V)$$

Un diodo Schottky ha una caduta di tensione molto minore, tipicamente attorno a 0,4 V. Per la configurazione a ponte mostrata in figura 2, i diodi Schottky offrono quindi l'efficienza migliore.

La forma d'onda d'esempio mostrata in figura 2 è una sinusoide di ampiezza VPK. All'uscita del raddrizzatore il segnale ha un'ampiezza di circa VPK ed entrambe le semionde

sono positive. La figura 3 mostra il percorso della corrente attraverso il ponte e il carico durante le regioni 1 e 2 della sinusoide di ingresso. Durante la prima semionda (regione 1 e figura 4a) la tensione al nodo a è maggiore di quella al nodo b. La corrente scorre attraverso il diodo 1, nella resistenza di carico e ritorna al trasformatore attraverso il diodo 3. Durante la seconda semionda negativa (regione 2 e figura 4b) la tensione al nodo b è maggiore della tensione al nodo a e la corrente scorre in direzione opposta attraverso il diodo 2, il carico e ritorna al trasformatore attraverso il diodo 4. In entrambi i casi, la corrente scorre nel carico nello stesso verso, producendo la tensione d'uscita raddrizzata mostrata in figura 2.

Una seconda configurazione per un raddrizzatore a onda intera è costituita da due diodi e due transistori MOSFET. La figura 4 mostra un esempio di questo schema.

In questa configurazione del ponte, i diodi 3 e 4 sono sostituiti da transistori MOSFET a canale N. Il gate del MOSFET 3 è collegato al nodo a e il gate del MOSFET 4 è collegato al

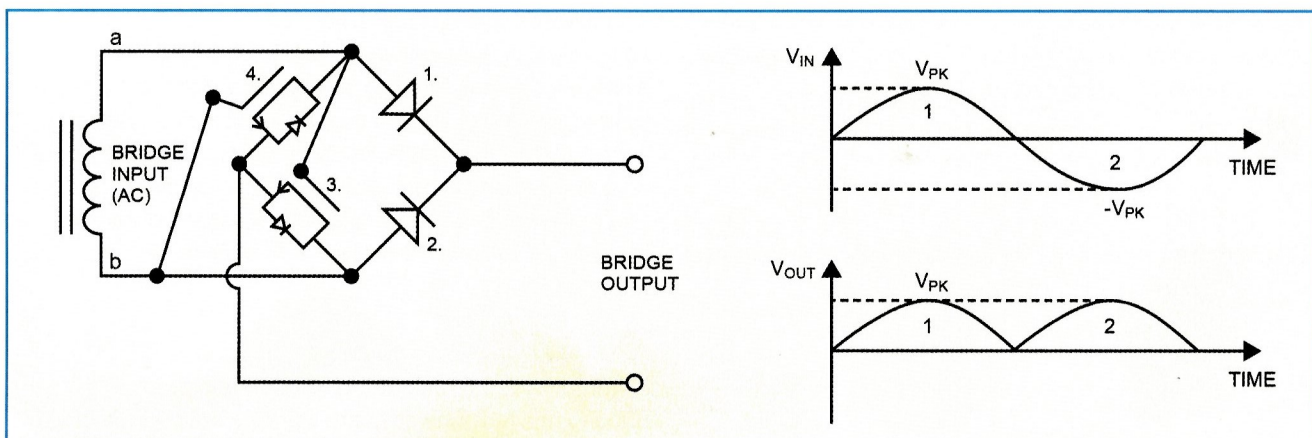


Fig. 4 - Raddrizzatore a onda intera basato su 2 diodi e 2 MOSFET

Tabella 1 - Confronto tra tre realizzazioni del ponte in termini di perdite di potenza

Num.	Configurazione del ponte	VF (V)	R _{DS(ON)} (Ω)	Equazione per P _{Loss}	P _{Loss} (W)
1	4 diodi standard	0.70	-	Eq. 6	2.8
2	4 diodi Schottky	0.45	-	Eq. 6	1.8
3	2 diodi Schottky, 2 MOSFET	0.45	0.023	Eq. 7	1.0

nodo b. Il diodo parassita di substrato di ciascun transistor blocca il flusso della corrente quando il transistor è spento. Le forme d'onda d'esempio di ingresso e uscita sono le stesse della configurazione precedente. Durante la regione 1, la tensione al nodo a è maggiore di quella al nodo b. Il diodo 1 è polarizzato direttamente, il diodo 2 è polarizzato inversamente, il MOSFET 3 è nello stato di conduzione e il MOSFET 4 è nello stato di interdizione (con il suo diodo parassita polarizzato inversamente). Durante la regione 2 la tensione a nodo b è maggiore della tensione al nodo a. Il diodo 2 è polarizzato direttamente, il diodo 1 è polarizzato inversamente, il MOSFET 4 è nello stato di conduzione e il MOSFET 3 è nello stato di interdizione (con il suo diodo parassita polarizzato inversamente).

I percorsi della corrente e la risultante forma d'onda di uscita sono gli stessi del caso precedente. Tuttavia, grazie alla sostituzione di due diodi con due MOSFET, l'efficienza del ponte è aumentata e la perdita di potenza nei diodi e nei transistori diventa:

$$(Eq. 7) \quad P_{loss} = I_{Load} * V_{F1} + I_{Load}^2 * R_{DS(ON)}$$

La tabella 1 riporta il confronto tra le perdite di potenza di tre configurazioni del circuito raddrizzatore a onda intera al secondario collegato a un carico di 2 A. La prima con-

figurazione è quella a quattro diodi standard, la seconda è con il ponte di diodi Schottky e la terza è formata da due diodi Schottky e due MOSFET con la soluzione integrata NMLU1210 di On Semiconductor.

Come si può notare, la terza configurazione offre la minore perdita di potenza. Questa riduzione di perdite si traduce direttamente in una maggior efficienza del circuito complessivo al secondario, rendendo energeticamente più efficiente la soluzione di ricarica senza fili. Il ponte raddrizzatore a onda intera può essere anche realizzato utilizzando quattro MOSFET. Tuttavia questa realizzazione è più complicata e richiede un dimensionamento più complesso.

L'analisi dell'efficienza è fondamentale per le soluzioni di ricarica wireless a causa della minore efficienza del trasformatore con accoppiamento in aria, rispetto alle soluzioni tradizionali cablate. Conseguentemente l'efficienza di ciascun blocco circuitale deve essere accuratamente valutata e affrontata al fine di ottimizzare le prestazioni della ricarica. Come mostrato nel calcolo delle perdite illustrato sopra, realizzare una soluzione con due diodi e due MOSFET determina un significativo risparmio di energia. Per l'industria elettronica odierna, il risparmio energetico e la maggiore efficienza sono fondamentali sia per i clienti che per i produttori. Al crescere della diffusione della ricarica wireless, aumenta anche la richiesta di soluzioni ad alta efficienza ed elevate prestazioni. ■