

Integrati a recupero di energia a bassissimo consumo

Jeff Gruetter
Sr. product marketing engineer
Linear Technology

Grazie a componenti come il nuovo LTC3330 di Linear Technology è possibile prolungare sensibilmente la durata delle batterie

I sensori wireless remoti dipendono da sempre dalle batterie per fornire l'alimentazione necessaria a misurare i dati e a trasmetterli in modalità wireless. È un sistema che ha sempre funzionato in modo affidabile, ma la vita utile di queste reti di sensori dipende esclusivamente da quella della batteria. In alcune applicazioni i nodi di sensori wireless sono accessibili, il che consente di sostituire le batterie con relativa facilità, anche se con un certo costo. Eppure queste batterie sono progettate per durare dai 5 ai 10 anni e sono un componente costoso di ogni nodo di sensori. In altre applicazioni il cambio delle batterie è difficile, laborioso e costoso. Si ammetta, ad esempio, di dover cambiare le batterie di un sensore wireless di una centrale nucleare, di una raffineria o addirittura sottoterra. È un'operazione che può comportare costi elevati. Naturalmente batterie più grandi possono garantire una durata maggiore, a scapito, però, delle dimensioni e dei costi. E allora la domanda è: "Come si fa a far durare di più queste batterie?".

Un modo potrebbe essere quello di trovare un'altra fonte di energia recuperabile per far funzionare il nodo di sensori e, quando questa fonte non è disponibile, utilizzare la batteria primaria.

Il recupero energetico non è un'idea nuova. Il primo impianto idroelettrico che combinava acqua e gravità per controllare le turbine che generano elettricità fu costruito nel 1882 e offriva una fonte di energia relativamente "verde" e sostenibile su larga scala. Ma siccome questo tipo di fonte di energia dipende molto dal terreno, occorrono reti di trasmissione grandi e costose. Le perdite di trasmissione aumentano con la distanza, provocando una netta riduzione dell'energia disponibile. Ciò nonostante, in

molti casi, bastano pochi milliwatt per alimentare un nodo di sensori wireless e si può quindi utilizzare una soluzione di dimensioni più ridotte.

La soluzione per queste applicazioni ha reintrodotta il concetto di 'energy harvesting' da una prospettiva molto diversa, creando un nuovo mercato per applicazioni compatte, prevalentemente wireless, al livello dei valori più bassi dello spettro di potenza.

Queste applicazioni hanno bisogno di una potenza di uscita che va da pochi nanowatt a decine di milliwatt. Recuperare energia da fonti di alimentazione non tradizionali come le celle solari (celle fotovoltaiche) e i trasduttori piezoelettrici è stata un'impresa, nonostante si tratti di note fonti di energia elettrica. Ognuna di queste fonti ha bisogno di un circuito di conversione in grado di raccogliere e gestire con efficienza questa energia alternativa e convertirla in una forma più utilizzabile di energia elettrica da usare per alimentare sensori, microcontroller e transceiver wireless. Ser-

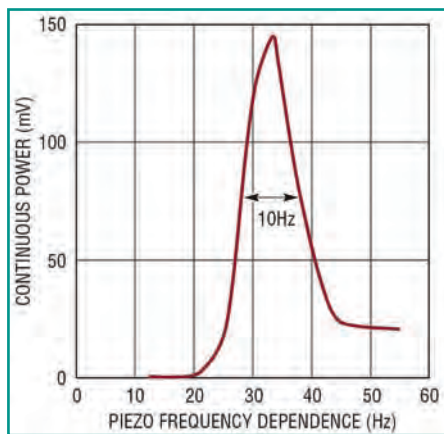


Fig. 1 - Energia fornita vs frequenza piezo

vono circuiti a recupero energetici specifici, a prescindere che la tensione della fonte sia più elevata del necessario e debba essere convertita verso il basso per poter essere utilizzata oppure debba essere raddrizzata e poi convertita verso il basso in alcuni casi. Questi circuiti hanno sempre avuto bisogno di circuiti discreti molto complessi con più di 30 componenti, che continuano a lottare per garantire un rendimento sufficiente a farli diventare utilizzabili. Solo recentemente sono stati introdotti circuiti integrati a recupero energetico specializzati, che offrono soluzioni di conversione e gestione dell'energia compatte, semplici e molto efficienti, in abbinamento ai trasduttori adeguati.

Tra queste applicazioni a bassissima potenza figura una

vasta gamma di sistemi wireless destinati a vari settori, tra cui trasporti, infrastrutture, rilevamento e automazione industriale e asset tracking. In genere questi sistemi passano gran parte della loro vita operativa in standby (asleep), consumando una manciata di μW . A un certo punto si attivano, un sensore misura parametri come pressione, temperatura o flessione meccanica e trasmette i relativi dati, in modalità wireless, a un system manager remoto. Di solito per la misurazione, l'elaborazione e la trasmissione occorrono pochi millisecondi, eppure in questo breve periodo di tempo vengono consumate decine di mW di potenza. I duty cycle di queste applicazioni sono generalmente bassi, quindi anche la potenza media da recuperare può essere relativamente bassa. Alla fine la fonte di energia va sostituita, anche se si tratta di una semplice batteria. Ma se un progetto di energy harvesting può usare energia ambientale per la maggior parte del tempo e la batteria quando l'altra fonte non è disponibile, la durata di quest'ultima può essere prolungata in modo significativo.

Applicazioni con sensori wireless con tecnologia nanopower

L'automazione degli edifici è un esempio di applicazione dei sensori wireless. Sistemi come sensori di presenza, termostati e interruttori della luce possono utilizzare, al posto dei tradizionali cavi di alimentazione, una combinazione di fonti di energia ambientale, mediante il recupero energetico abbinato a una batteria per una rete wireless. Questa soluzione alternativa può anche contribuire a ridurre i costi della manutenzione ordinaria normalmente associata ai sistemi cablati, per non parlare della possibilità di eliminare i normali cavi. Allo stesso modo una rete wireless che utilizza una tecnica di recupero energetico può collegare un numero qualsiasi di sensori in un edificio per ridurre i costi relativi a riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) e illuminazione, togliendo l'alimentazione a zone dell'edificio non essenziali, prive di occupanti.

Case study sul recupero energetico

Si prenda come esempio un sistema di monitoraggio HVAC con tecnica di energy harvesting costituito da con-

dotti dell'aria forzata, installato in un complesso industriale che ha necessità di monitorare costantemente il flusso d'aria, la temperatura e la pressione del sistema. Ogni nodo di sensori wireless (WSN) può avere al suo interno sensori per monitorare temperatura, pressione e flusso. Le misurazioni devono essere effettuate e trasmesse ogni

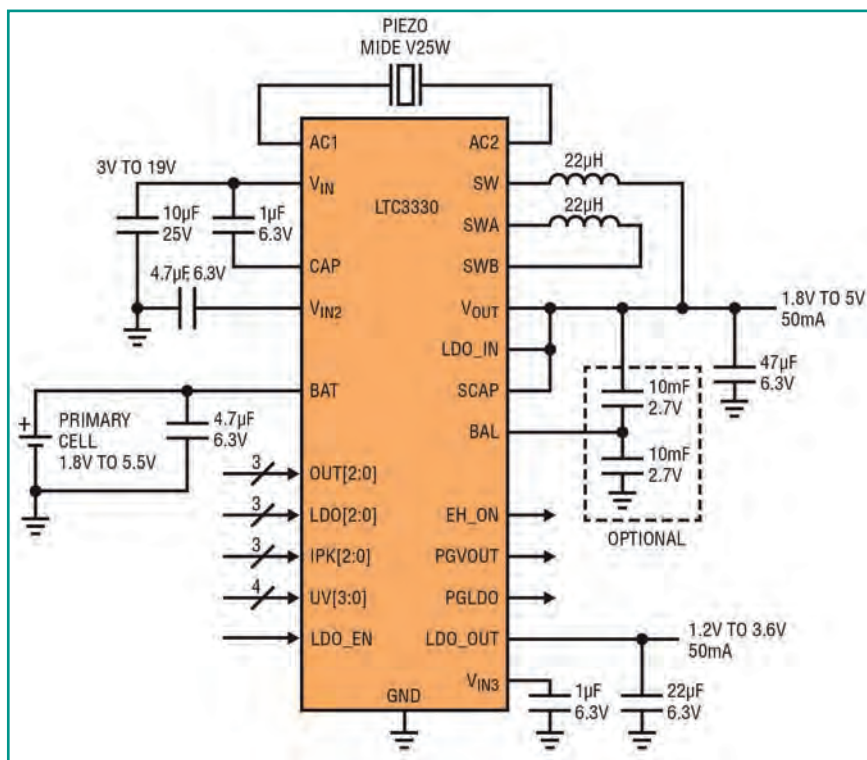


Fig. 2 - Schema EH piezoelettrico / batteria primaria dell'LTC3330

cinque secondi. In genere i sistemi HVAC sono piuttosto lunghi e sepolti nell'infrastruttura dell'edificio, per questo le linee di alimentazione e informazione sono molto costose da gestire e soggette a manutenzione costante, oltre che a potenziali riparazioni dai costi elevati. La sostituzione periodica delle batterie comporta molte spese a causa delle laboriose operazioni necessarie per raggiungerle. Ciò che serve è un sistema di alimentazione in grado di funzionare continuamente, che usa l'energia ambientale recuperata e, quando questa non è disponibile, una minima alimentazione a batteria. Una delle fonti di energia ambientale più diffusa e disponibile è la vibrazione. Un piccolo trasduttore piezoelettrico può facilmente convertire l'energia ricavata dalle vibrazioni di un compressore HVAC in un segnale elettrico AC a bassa corrente (Fig. 1). Questa fonte avrebbe bisogno di essere raddrizzata e ridotta per fornire una bassa tensione utilizzabile per

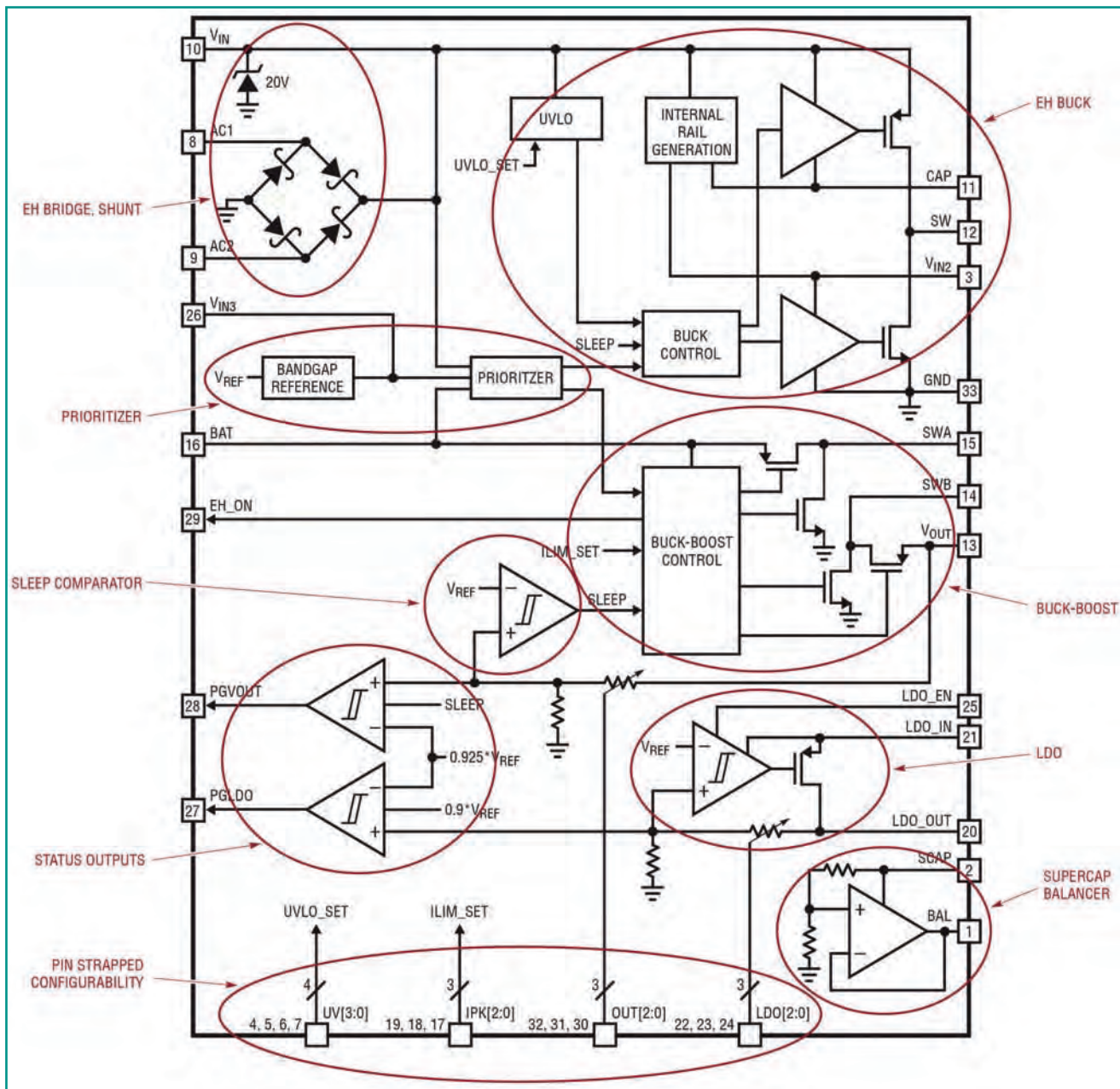


Fig. 3 - Diagramma a blocchi dell'LTC3330

alimentare una WSN. Si potrebbe usare una batteria come riserva quando la fonte di energia non è temporaneamente disponibile. In questo modo la durata della batteria viene prolungata in modo significativo in quanto viene usata solo parzialmente. Pertanto la soluzione ideale sarebbe un IC a recupero energetico che offre un rendimento molto elevato, una corrente di riposo bassissima e un trasferimento continuo di energia dalla fonte di recupero.

Un circuito che prolunga la durata della batteria

Il nuovo LTC3330 è una soluzione completa di energy harvesting di regolazione che fornisce fino a 50 mA di corrente di uscita continua per prolungare la durata della batteria quando è disponibile energia raccolta. Il dispositivo non richiede corrente di alimentazione dalla batteria se viene fornita potenza regolata al carico da una fonte di energia raccolta e soli 750 nA se alimentato dalla batteria

in assenza di carico. L'LTC3330 integra un alimentatore di energy harvesting ad alta tensione e un convertitore DC/DC buck-boost sincrono alimentato da una batteria a cella principale per creare una singola uscita non interrompibile per applicazioni di energy harvesting come quelle normalmente usate nelle reti di sensori wireless. L'alimentatore di energy harvesting, costituito da un raddrizzatore a ponte a onda intera che accetta ingressi AC o DC e da un convertitore buck ad alta efficienza, recupera energia da fonti piezoelettriche (AC), solari (DC) o magnetiche (AC). L'ingresso a cella principale alimenta un convertitore buck-boost che funziona da 1,8V a 5,5V all'ingresso quando non è disponibile energia raccolta per regolare l'uscita, a prescindere dal fatto che l'ingresso sia superiore, inferiore o uguale all'uscita. L'LTC3330 passa automaticamente alla batteria quando la fonte di energy harvesting non è disponibile.

Gli ingressi di energy harvesting dell'LTC3330 funzionano in range di tensioni comprese tra 3V e 19V, AC o DC, rendendo questo dispositivo ideale per un'ampia gamma di fonti energetiche piezoelettriche, solari o magnetiche. Le impostazioni di soglia di blocco della sottotensione in ingresso sono programmabili tra 3V e 18V, consentendo all'applicazione di azionare la fonte di energy harvesting al punto di trasferimento della potenza di picco. Tra le altre funzionalità figurano tensioni di uscita DC/DC e LDO programmabili, limiti di corrente di picco buck-boost, caricatore/bilanciamento dei supercondensatori e un regolatore di derivazione per la protezione degli ingressi (fino a 25 mA a $V_{IN} > 20V$).

Nel circuito della figura 2 l'LTC3330 usa un ingresso AC da un trasduttore piezoelettrico. In genere le applicazioni utilizzano un ingresso DC su AC1, ed eventualmente un secondo ingresso su AC2, oppure un unico ingresso AC collegato tra AC1 e AC2. Se la fonte di recupero energetico è AC, come quella da un trasduttore piezoelettrico, l'LTC3330 è dotato di un raddrizzatore a ponte a onda intera per fornire una tensione DC al condensatore in ingresso, mentre le fonti DC vengono immagazzinate direttamente nel condensatore in ingresso. Quando la tensione sul condensatore in ingresso supera la soglia ULVO, il dispositivo di priorità dell'LTC3330 disattiva la batteria e regola l'uscita dalla fonte di energia recuperata. V_{OUT} è programmabile da pin da 1,8V a 5V che normalmente alimentano un transceiver RF. Inoltre un'uscita LDO compresa tra 1,2V e 3,3V offre un ingresso a basso rumore, normalmente usato per fornire potenza ai microprocessori. Insieme queste due uscite possono fornire fino a 125 mA di corrente di uscita in caso di utilizzo di una fonte di energy harvesting e 50 mA quando la batteria è attiva. L'eventuale eccesso di potenza in uscita nella modalità di energy harvesting può essere immagazzinato nel supercondensatore e utilizzato in un secondo tempo, con ulteriore prolungamento della durata della batteria. Per ottimizzare maggiormente l'accumulo di energia si può utilizzare un bilanciamento del supercondensatore integrato. È importante notare che, quando viene utilizzata la fonte di energy harvesting, la corrente di riposo della batteria è pari a zero, il che consente di risparmiare tutta la sua energia da utilizzare in un secondo tempo.



**Mentor
Graphics**

THE EDA TECHNOLOGY LEADER

Bringing Your Design to Life

As the EDA technology leader, Mentor Graphics delivers design, verification and test tools that enable you to bring your design ideas to life. To learn more visit www.mentor.com/italy

Mentor Graphics Italian Branch
P.zza Montanelli, 20
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Tel.: +39 02 249894.1
Fax: +39 02 249894.200

La figura 3 mostra una vista più dettagliata della funzionalità integrata dell'LTC3330. Il raddrizzatore a ponte intero integrato accetta ingressi AC (es. trasduttori piezoelettrici o magnetici) per raddrizzare i segnali AC in segnali DC. Ovviamente gli ingressi DC come le celle solari non hanno bisogno di questo raddrizzamento. In caso di utilizzo di più ingressi di trasduttori, l'LTC3330 usa quello con la tensione più alta disponibile (potenza). La corrente in ingresso viene raccolta sul condensatore in uscita e, quando supera la soglia UVLO programmabile, il dispositivo di priorità disattiva la batteria e il convertitore step-down sincrono fornisce la potenza necessaria all'uscita dove viene usata per il carico mediante il pin V_{OUT} pin o l'uscita LDO a basso rumore; la potenza in eccesso viene immagazzinata nel condensatore in uscita e/o nei supercondensatori. In questa situazione la corrente di riposo della batteria è pari a zero. Una derivazione di protezione degli ingressi offre un ulteriore livello di sicurezza per le tensioni superiori a 20V. Se la fonte in ingresso di energy harvesting è disponibile, il dispositivo di priorità passa automaticamente al convertitore buck-boost sincrono per fornire l'uscita necessaria. Sia V_{OUT} sia VLDO rimangono regolate per tutto il passaggio, garantendo la potenza necessaria al sensore, al trasmettitore wireless e al microprocessore. La capacità d'ingresso tra 1,8V e 5,5V del convertitore buck-boost accetta una vasta gamma di batterie agli ioni di litio. Fornisce una tensione costante a prescindere dal fatto che la tensione sia superiore, uguale o inferiore a V_{OUT} , con un rendimento superiore al 90%. L'architettura buck-boost offre un 30% in più in termini di durata della batteria rispetto a un progetto buck tradizionale. In caso di alimentazione da batteria, la corrente di uscita totale dipende dal rapporto V_{IN}/V_{OUT} e alla fine della vita utile delle batterie agli ioni di litio è di circa 50mA. V_{OUT} è l'ingresso dell'uscita LDO a basso rumore che è programmabile da pin da 1,2V a 50mV sotto V_{OUT} , il che lo rende la soluzione ideale per alimentare vari tipi di core di microprocessori/controller. Un bilanciatore opzionale garantisce la maggior durata di questa energia accumulata. Sia V_{OUT} sia VLDO hanno uscite di controllo powergood per facilitare il funzionamento del sistema generale.

Di quanto viene prolungata la durata della batteria?

Questo aspetto dipende dalla natura/disponibilità della fonte di energia ambientale e dalle esigenze di alimentazione della WSN. Nell'esempio del sistema HVAC illustra-

to in precedenza, se il compressore è sempre attivo, l'intero sistema viene gestito dalla fonte di energy harvesting piezoelettrica e la batteria diventa una semplice riserva da usare in caso di guasto o quando il compressore viene sottoposto a manutenzione; in questo modo la durata della batteria viene prolungata all'infinito. Lo stesso vale nel caso dei treni in cui i sensori servono a misurare la temperatura dei cuscinetti delle ruote, l'inventario del carico o la temperatura; una fonte piezoelettrica alimenta il sistema quando il treno è in movimento, mentre la batteria subentra quando il treno è fermo. Anche in questo caso la durata della batteria viene prolungata in modo significativo, una caratteristica molto importante per un veicolo ferroviario.

Un altro esempio è rappresentato dalle applicazioni alimentate a energia solare. Aggiungendo uno stack di piccolissime celle solari, il sistema funziona nelle ore diurne con questa fonte di energia raccolta, immagazzinando tutta la potenza in

eccesso nel condensatore in uscita e nei supercondensatori. Quando l'energia solare non è disponibile, il sistema prima scarica il condensatore in uscita e i supercondensatori per alcune ore, poi passa alla batteria. Questo sistema consente almeno di raddoppiare la durata della batteria, a seconda delle condizioni esterne.

A chi chiede di quanto si possa prolungare la durata di una batteria possiamo rispondere "dipende". L'estensione può andare dal doppio all'infinito, ma molto dipende dal progetto dei sistemi e dai duty cycle della potenza in ingresso/uscita. Ovviamente occorre utilizzare un circuito integrato adatto per la fonte di energy harvesting abbinata a una batteria primaria. Nella maggior parte dei casi questo consente ai progettisti di usare una batteria più piccola e meno costosa.

Per una vasta gamma di applicazioni WSN l'aggiunta di un adeguato trasduttore di energia ambientale e un IC per la gestione dell'energia raccolta può prolungare in modo significativo la durata della batteria primaria del sistema. L'LTC3330 è in grado di offrire una soluzione di questo tipo. Può accettare fonti di energia ambientale sia AC sia DC e ingressi per una batteria primaria e passare senza problemi da una fonte all'altra in base alle necessità. Il dispositivo offre anche un rendimento elevato e nessun consumo sulla batteria in caso di recupero dell'energia, oltre a una soluzione molto compatta e facile da realizzare. Il dispositivo è in grado di prolungare la durata della batteria all'infinito in molte applicazioni, riducendo sia le dimensioni sia il costo della batteria primaria e della relativa sostituzione. ■

Come si fa a far durare di più queste batterie?