

Energy harvesting: una svolta nella progettazione delle tecnologie a bassissimo consumo

Murugavel Raju
Texas Instruments

L'energy harvesting da fonti rinnovabili quali, il sole, il vento e l'acqua è ben riconosciuta come possibile fonte energetica alternativa

In un'epoca come questa, caratterizzata dal surriscaldamento globale e dalla volatilità dei prezzi delle fonti energetiche, le turbine eoliche, i generatori idroelettrici e i pannelli solari stanno iniziando ad aggiudicarsi una fetta modesta ma in crescita della produzione mondiale di energia. Sebbene il concetto di energy harvesting a livello micro sia affermato già da tempo, la sua realizzazione pratica è iniziata solo di recente. Questo grazie sia alla ricerca di tecnologie a bassissimo consumo ULP (Ultra-Low Power) in grado di minimizzare i consumi energetici sia alla necessità di scoprire nuovi metodi di produzione energetica. L'energy harvesting a livello micro presenta infatti diversi vantaggi: non solo attinge a fonti di energia praticamente inesauribili con un impatto ambientale minimo o addirittura nullo ma, ancora più importante dal punto di vista progettuale, può essere un'opportunità per rinunciare all'uso dell'alimentazione elettrica, ad esempio da batteria, e raggiungere l'obiettivo ultimo, ovvero la progettazione del dispositivo perpetuo in grado cioè di auto alimentarsi. Tuttavia la sfida non deve essere sottovalutata dal momento che l'energia ottenuta dalle fonti energetiche ambientali può non essere sempre disponibile ed essere in alcuni casi estremamente ridotta.

Le tecnologie di energy harvesting a livello micro recuperano milliwatt (mW) di energia da differenti fonti: solare, ter-



miche, vibrazionali e biologiche. Questo ordine di grandezza, ovvero i mW, è proprio quello utilizzato dai sofisticati circuiti ULP. Alcuni prodotti come orologi, calcolatrici e radio traggono già beneficio dall'energia ricavata a livello micro. Attualmente, la maggior parte dei dispositivi ULP funziona a batteria. Tra le tante applicazioni ULP che consumano energia nell'ordine dei mW vi sono i dispositivi medici (Tab. 1) che si propongono come ottimi candidati per l'applicazione delle tecnologie di energy harvesting a livello micro.

I diversi metodi di energy harvesting a livello micro

Attualmente si distinguono quattro diversi metodi di energy harvesting a

livello micro. Il recupero di energia da vibrazione/movimento, luce o differenziali di temperatura attualmente si sono dimostrati essere i metodi più efficaci. Sebbene sia possibile recuperare energia dalle emissioni in radiofrequenza, l'energia disponibile sarebbe considerevolmente inferiore rispetto a quella derivante dalle altre tre fonti (Tab. 2).

Sistemi a energia cinetica

Sebbene vibrazioni/movimenti siano utilizzati nella maggior parte dei sistemi a energia cinetica disponibili sul mercato, anche l'energia elettrostatica può essere impiegata ai fini dell'energy harvesting. I sistemi a energia cinetica che utilizzano la vibrazione o il movimento solitamente sono costituiti da una

Tabella 1 - Esempi di applicazioni ULP in campo medico

| Dispositivo medicale | Considerazioni di primaria importanza | Dissipazione di energia | Durata della batteria |
|-------------------------------------|---|-------------------------|-----------------------|
| Dispositivo a impianto | Dimensioni e durata della batteria | 10 μ W | 15.000 ore |
| Dispositivo auricolare | Dimensioni | 1 mW | 1.500 ore |
| Dispositivo a contatto con la pelle | Capacità della pelle di dissipare il calore | 10 mW | 150 ore |

massa collegata a un cavo o da dispositivi che convertono il moto rettilineo in moto rotatorio. Uno dei vantaggi offerti da questi sistemi è che la tensione è determinata dalla tecnica di conversione piuttosto che dalla fonte di energia. Le celle piezoelettriche o gli elastomeri flessibili, utilizzati per raccogliere energia elettrostatica, consentono di produrre tensioni di oltre 1000 V.

Generatori termoelettrici

Anche le differenze di temperatura possono essere utilizzate per ricavare energia. È risaputo che quando due metalli o due semiconduttori presentano una differenza di temperatura si genera una tensione: un comportamento noto come effetto Seebeck. I generatori termoelettrici (TEG), costituiti da pile termoelettriche, sfruttano questo principio e consentono di generare una tensione di 0,7 V con adattamento del carico, ideale per la progettazione di applicazioni ULP. Sebbene la produzione di energia sia influenzata da diversi fattori, quali le dimensioni dei TEG, l'attività metabolica (quando si tratta di ottenere calore dal corpo) e la temperatura ambiente, utilizzando gli attuali TEG in formato orologio da polso a una temperatura di 22 °C è possibile ottenere da 0,2 a 0,3 mW di energia utile.

Harvesting di energia fotovoltaica

L'utilizzo dei pannelli solari per ottenere energia fotovoltaica è una pratica ormai diffusa. Questo metodo presenta solitamente un'efficienza del 10% e la quota di energia effettivamente prodotta, rispetto al valore potenziale ottenibile se il

sole risplendesse costantemente (fattore di capacità), si colloca tra il 15 e il 20%. In media, da ogni cella fotovoltaica di 100 mm² è possibile ricavare circa 1 mW di energia.

Purtroppo, tutte le tecnologie di harvesting descritte presentano alcuni inconvenienti comuni: esse infatti generano tensioni irregolari e spesso forniscono energia a intermittenza. I progettisti quindi devono risolvere il problema legato all'ottenimento di tensioni costanti come ad esempio 3,3 V o 1,8 V. Il problema della disponibilità saltuaria dell'energia può essere ovviato mediante l'utilizzo di architetture di sistema ibride che integrino batterie a film sottile per la conservazione dell'energia.

Progettazione di sistemi di energy harvesting

Un sistema di energy harvesting solitamente prevede una tecnologia di conversione, circuiti di immagazzinamento

dell'energia, di power management, convertitori analogici e microcontrollori ULP. Nel caso ideale, la maggior parte di questi componenti è integrata in un singolo chip.

L'obiettivo principale dei progettisti di questi sistemi consiste nel configurare e ottimizzare i circuiti di conversione in base ai requisiti delle loro applicazioni per garantire il massimo della efficienza di trasformazione.

Esistono comunque diverse tecniche per risolvere eventuali problemi di gestione della potenza associati a micro-sistemi di energy harvesting:

1. Ottimizzare i sistemi di alimentazione a commutazione per aumentare le tensioni solitamente disponibili alla sorgente, controllando l'ampiezza della tensione di uscita tramite PWM e riducendo al minimo la dissipazione di potenza.
2. Utilizzare un gate di tipo current source piuttosto che voltage source – in tal modo si ha la certezza di non consuma-

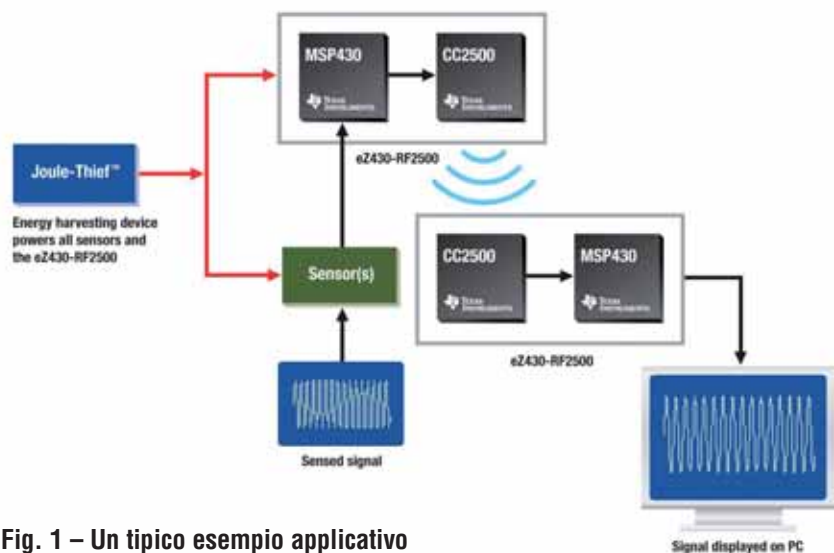


Fig. 1 – Un tipico esempio applicativo

Tabella 2 - Energia approssimativa per unità di superficie ottenibile grazie all'energy harvesting a livello micro

| Fonte di energia | Energia raccolta |
|----------------------------------|-------------------------------|
| <i>Vibrazione/movimento</i> | |
| - Persone | 4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| - Industria | 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| <i>Differenza di temperatura</i> | |
| - Persone | 25 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| - Industria | 1-10 mW/cm^2 |
| <i>Luce</i> | |
| - All'interno | 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| - All'esterno | 10 mW/cm^2 |
| <i>RF</i> | |
| - GSM | 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ |
| - WiFi | 0.001 mW/cm^2 |

re energia per caricare la capacità di gate del MOSFET.

3. Utilizzare diverse tipologie di conversione della potenza, ad esempio una in grado di caricare un condensatore e una, più complessa, capace di gestire la scarica del condensatore precedentemente caricato.

Tecnologie di micro-harvesting & circuiti integrati

Un componente di un sistema che può trarre grandi benefici dall'adozione di tecniche di micro-harvesting è ovviamente il microcontrollore (MCU). Per un impiego ottimale in circuiti di energy harvesting per applicazioni ULP, un controllore deve presentare diverse caratteristiche, riassunte nella tabella 3. La generazione più recente di MCU della famiglia MSP430 (MSP430F5xx) di Texas Instruments (TI) soddisfa questi criteri grazie a frequenze di lavoro fino a 25 MHz e un consumo di soli 160 A/MHz.

I sistemi che utilizzano una tecnologia di energy harvesting a livello micro o una piccola batteria devono comunicare con un punto di raccolta dati centraliz-

zato. Di norma, per alimentare reti di sensori/trasmittitori vengono utilizzati costosi sistemi con batterie intercambiabili. Una soluzione decisamente migliore prevede la realizzazione di un sistema di comunicazione wireless a basso consumo, facilmente programmabile nelle bande di frequenza 300-348 MHz, 387-464 MHz e 779-928 MHz. Ciò è reso possibile dalla piattaforma CC430 di TI, che integra un ricevitore RF a basso consumo con una MCU MSP430F5xx in un singolo chip. La piattaforma CC430 consente di estendere la connettività wireless a nuove applicazioni risol-

rendo le problematiche tipiche della radiofrequenza come ad esempio elevati requisiti di potenza, prestazioni, dimensioni e costi ridotti.

I vantaggi dell'integrazione

L'integrazione dei componenti di un sistema di energy harvesting offre diversi vantaggi, tra cui un basso consumo e una riduzione sia delle dimensioni sia dei costi.

Tali vantaggi risultano particolarmente importanti in applicazioni nel campo dei sensori, come per esempio nel caso delle reti di sensori RF collegate a centrali di elaborazione dati per l'analisi e la regolazione di informazioni, utilizzabili per svariati impieghi industriali quali il

rilevamento di incendi boschivi, dei livelli di pesticidi nei campi coltivati o del grado di umidità in aziende vinicole. Si tratta di un comparto in decisa crescita: secondo l'Advisory Group di ARC l'uso della tecnologia wireless in ambito industriale aumenterà con un tasso di crescita annuo del 32% nei prossimi 5 anni. La diffusione delle tecnologie wireless è stata tuttavia ostacolata dalle difficoltà di alimentazione dei circuiti radio RF. L'integrazione di sistemi ULP e di micro-harvesting sarà probabilmente il metodo più conveniente per superare questo problema.

La piattaforma tecnologica CC430 di TI è la soluzione ideale per soddisfare i requisiti di micro-harvesting e ULP di queste applicazioni wireless. Grazie a un microcontrollore MSP430 integrato, la piattaforma CC430 offre diverse funzionalità analogiche e di controllo ad alte prestazioni necessarie per le applicazioni di energy harvesting, così come circuiti radio e di power management. L'inclusione di periferiche digitali e analogiche (ADC a 12 bit) e di comparatori "intelligenti" ad alte prestazioni garantisce prestazioni ottimali per la trasmissione RF, con un consumo quasi nullo in stato di stand-by.

La riduzione del 50% dello spazio richiesto sul circuito stampato consente di progettare dispositivi sempre più piccoli per un'ampia gamma di applicazioni wireless, quali ad esempio sistemi di tracciamento intelligenti per strutture ospedaliere in grado di monitorare i pazienti a distanza e raccogliere e registrare informazioni.

Grazie alla combinazione di basso consumo ed elevate funzionalità, la piattaforma CC430 permette l'implementazione delle innovative soluzioni energetiche necessarie per la progettazione dei futuri sistemi a radiofrequenza.

Tabella 3 - Caratteristiche dell'MCU richieste per applicazioni ULP

| |
|----------------------------------|
| Bassa corrente di stand-by |
| Bassa corrente operativa |
| Efficiente architettura a 16 bit |
| ADC integrato a basso consumo |
| Bassa tensione operativa |
| Bassa corrente di dispersione |

Texas Instruments
www.ti.com