

Si possono misurare i movimenti rotatori anche con soluzioni circuitali a basso consumo, adatte ai moderni strumenti portatili alimentati a batteria

Un system-on-chip per le misure di rotazione

Christian Hernitscheck
Texas Instruments

Le misure di rotazione sono essenziali in un'ampia varietà di applicazioni che spaziano dal controllo motori fino ai sensori di flusso. Nei moderni sistemi alimentati a batteria è altresì importante utilizzare soluzioni integrate che consentano di ridurre al minimo i componenti esterni ausiliari, nonché offrano il più piccolo fattore di forma possibile, due fattori che concorrono a minimizzare i consumi di energia, il che significa aumentare la durata delle batterie e ottimizzare il ciclo vitale tanto alle batterie, quanto all'intero sistema. D'altra parte, i consumi di potenza in questi sistemi si possono ottimizzare anche scegliendo il principio di misura più opportuno. Ci sono diversi modi per misurare il movimento rotatorio a secon-

da che si scelga di usare i sensori ottici, i sensori ad effetto hall, i sensori GMR (Giant Magnetic Resistor) o i sensori LC. Sebbene siano molto precisi, il maggior svantaggio dei sensori ottici è l'elevato consumo di corrente, mentre i sensori basati sui circuiti risonanti LC hanno, generalmente, consumi assai più contenuti e si possono usare per effettuare eccellenti misure di rotazione affiancando un semplice microcontrollore per la supervisione delle funzioni operative. Un dispositivo molto adatto a questo scopo è MSP430FW42x prodotto da Texas Instruments: un chip che ha un modulo d'interfaccia integrato dedicato proprio alle misure. Questo modulo periferico, che riceve i segnali del circuito LC e si occupa di elaborarne le oscilla-

zioni di smorzamento, consiste in un front-end analogico, una macchina a stati nel dominio del tempo e una macchina a stati per l'esecuzione delle istruzioni.

La programmazione della macchina a stati temporale permette di definire i singoli passi di misura, ciascuno dei quali - come l'attivazione del comparatore, il suo riferimento di tensione, la selezione del canale d'ingresso e l'inizio della misura - è programmabile in modo autonomo. L'algoritmo di processo serve a valutare le misure eseguite e, al rilevamento di una rotazione, si occupa di aumentare o decrementare il contatore integrato in proporzione al numero delle rotazioni rilevate. La CPU serve solo all'inizializzazione del modulo d'interfaccia,

dopodiché può essere messa in standby, dato che il modulo periferico può misurare le rotazioni da solo. In questo modo, diminuendo il tempo di funzionamento attivo della CPU, si riducono di conseguenza l'assorbimento di corrente e i consumi di energia.

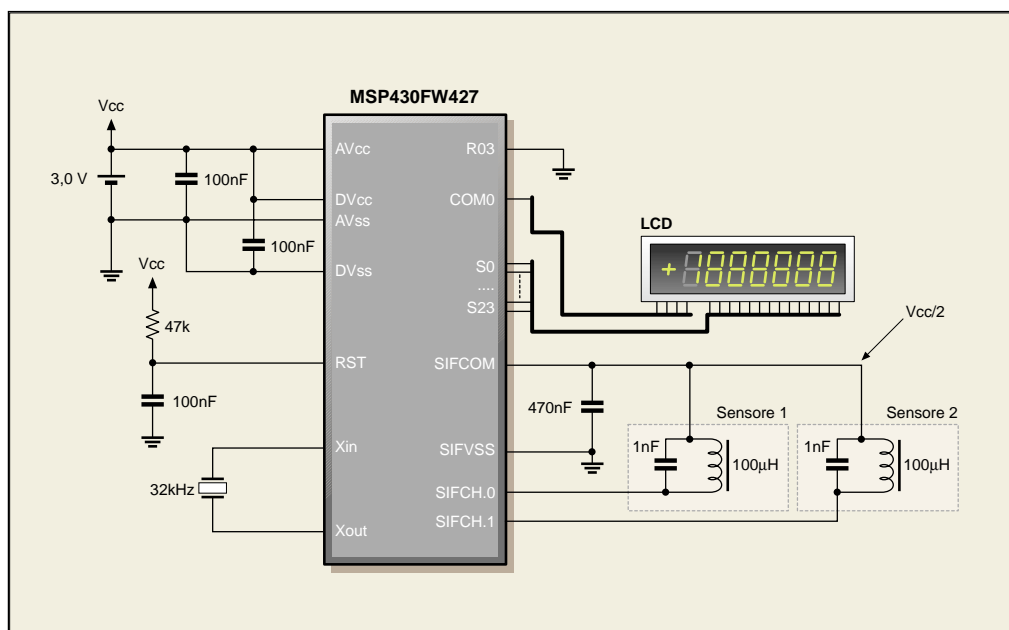


Fig. 1 - Una misura di rotazione eseguita con un microcontrollore MSP430FW427

Due sensori risonanti

Lo schema di un sistema di misura di questo tipo è illustrato nella figura 1. In questo esempio, come elemento sensibile si è scelto di usare due circuiti LC, ma il microcontrollore è progettato per gestire anche quattro sensori di tipo LC. In teoria, basterebbe un solo sensore per rilevare la rotazione, ma non la direzione di rotazione. Per riconoscere se la rotazione avviene in un senso o nell'altro, è necessario usare almeno due sensori LC, mentre ulteriori sensori sarebbero ridondanti e inutili.

La figura 2 mostra il sensore LC vero e proprio. Le induttanze dei risonatori sono poste sopra una base che è per metà ricoperta di materiale conduttivo. Un lato del circuito LC è connesso a $V_{cc}/2$, mentre l'altro lato rimane flottante in uno stato indeterminato. Il controllo elettronico stimola il circuito risonante collegando un'induttanza a terra (nella Fig. 1 uno dei due morsetti Sifch.0 oppure Sifch.1) e causandone così il caricamento. Non appena il livello di riposo viene raggiunto di nuovo, allora il circuito inizia a oscillare. La frequenza di queste oscillazioni, che si presentano smorzate, è circa uguale a quella di risonanza del circuito LC. Tuttavia, proprio per il fatto che le oscillazioni sono smorzate, viene di conseguenza indotto un ulteriore campo magnetico alternato nell'induttore. Se, però, la bobina si trova sopra alla semi base ricoperta di materiale conduttivo, allora il tempo di decadimento di questo campo magnetico aggiuntivo viene ridotto. Questo succede perché la corrente indotta sul materiale conduttivo della

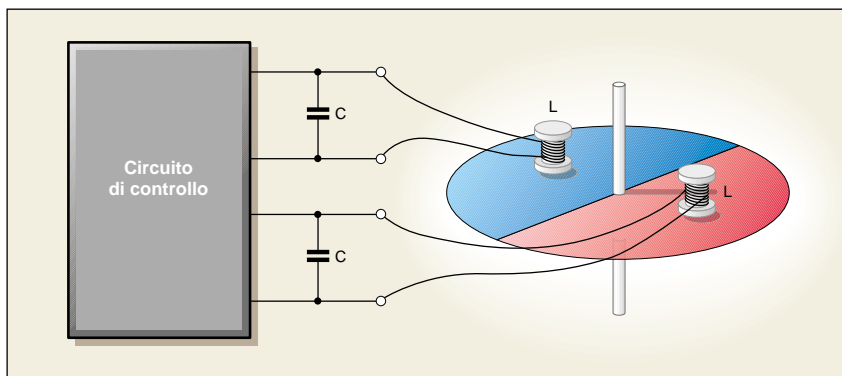


Fig. 2 - Il principio di misura basato su due sensori LC

base prende la propria energia dal circuito risonante, il quale di conseguenza si scarica più in fretta.

Il modulo d'interfaccia presente sul microcontrollore prodotto da Texas Instruments è perfettamente in grado di elaborare i risultati delle misure, sicché è possibile estrarre i valori relativi alla posizione dell'elemento in rotazione e digitalizzarli. Infatti, la misura precedente produce un valore analogico corrispondente al tempo di smorzamento delle oscillazioni e questo valore dev'essere convertito in forma numerica per poterne consentire l'elaborazione successiva. Nelle misure di rotazione, è importante che il modulo sappia anche riconoscere se la bobina si trova sopra il materiale conduttivo, oppure no: effettuando il confronto fra la posizione precedente e la posizione attuale, il modulo può ricavare con precisione la rotazione e la direzione di rotazione.

La successiva fase di trasformazione in forma numerica è rappresentata nello schema di figura 3. In pratica, dopo un certo intervallo di tempo t_{delay} , viene

considerato un altro intervallo di tempo t_{gate} , durante il quale l'oscillazione raggiunge un'ampiezza prefissata. Nel preciso istante in cui questo succede un opportuno interruttore viene chiuso, altrimenti resta aperto. Quando la bobina si trova sopra il materiale metallico, il tempo di smorzamento è inferiore, la semionda dell'oscillazione non supera il riferimento di tensione e l'interruttore rimane resettato (reset = bobina sopra metallo). Quando la bobina è sopra la zona non conduttiva, l'ampiezza delle oscillazioni smorzate supera il riferimento di tensione e l'interruttore viene settato (set = bobina sopra base non conduttiva). Questa differenza di valore numerico sulla posizione della bobina può, naturalmente, essere usata nelle fasi di elaborazione successive.

L'interfaccia di misura del controllore MSP430 può estrapolare i valori in forma numerica usando un comparatore analogico e un DAC a 10 bit per la generazione del riferimento di tensione, giacché queste periferiche l'interfaccia le possiede integrate a bordo. Ogni singolo passo di misura, come l'attivazione del comparatore e del DAC, la generazione del ritardo di tempo e i tempi di misura, sono programmabili tramite la

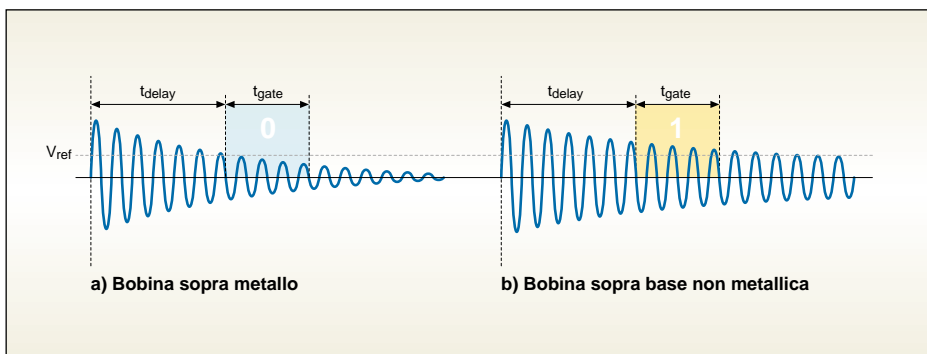


Fig. 3 - Conversione in forma numerica del valore rilevato sulla posizione di rotazione

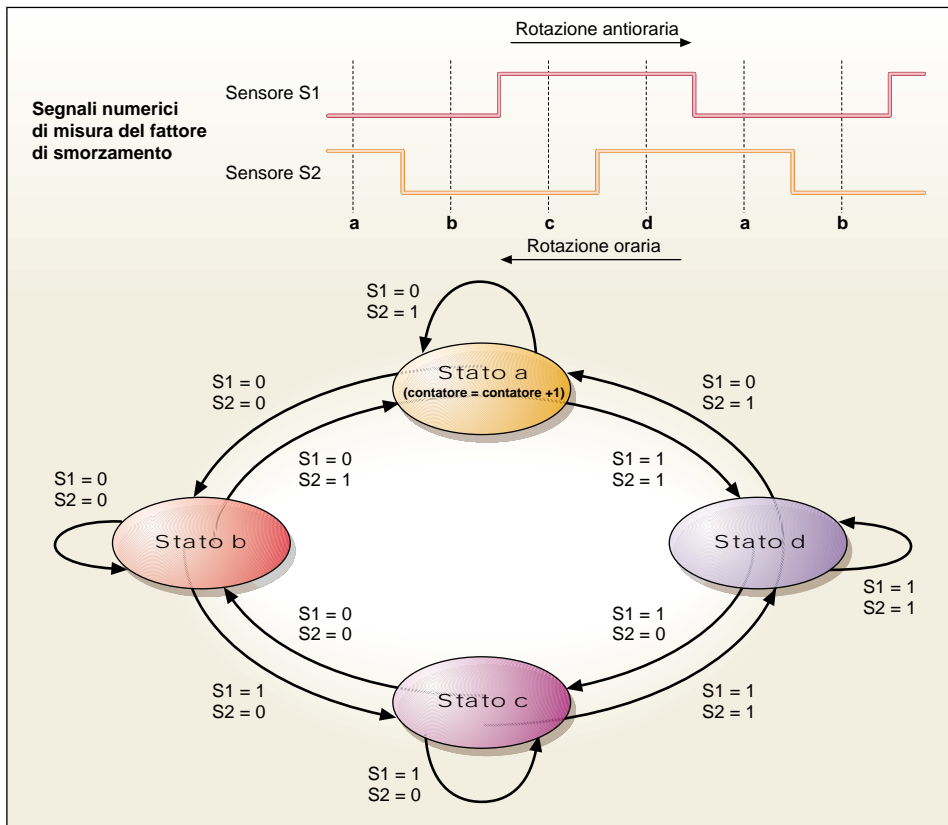


Fig. 4 - Elaborazione dei risultati delle misure tramite una macchina a stati

macchina a stati temporale. Inoltre, grazie alla flessibilità di programmazione, i tempi di misura possono essere regolati per differenti tipi di sensori.

L'elaborazione numerica

Dopo aver digitalizzato il valore della posizione della bobina, si può procedere all'elaborazione del risultato della misura. Un semplice algoritmo che può andar bene in questo caso è la macchina a stati illustrata nella figura 4. La macchina a stati memorizza la posizione precedentemente occupata dalla bobina e calcola il nuovo stato usando i dati relativi all'attuale misura, evidenziandone così l'eventuale movimento. Poiché nell'esempio si sono usati due sensori, è possibile rilevare sia la rotazione, sia la direzione di rotazione. Un contatore appositamente adibito a questo compito può ora essere incrementato nel caso di rotazione in senso orario e decrementato se la rotazione avviene in senso antiorario. La macchina a stati è programmabile e può essere configurata in diversi modi. Parallelamente al cambiamento

delle condizioni sulla macchina a stati, cambia la configurazione del contatore a 8 bit che viene modificata ogni qual volta la macchina assume un certo stato. Per esempio, dopo ogni completa rotazione l'algoritmo può provvedere a incrementare il contatore di un'unità. Se la direzione cambia e viene effettuata una completa rotazione nel senso opposto, allora il contatore può essere decrementato di conseguenza.

Tutto ciò può essere fatto direttamente dal modulo d'interfaccia, senza bisogno di alcun intervento da parte della CPU né per la misura delle rotazioni, né per il conteggio. La CPU può, tuttavia, essere chiamata in causa con degli opportuni interrupt al raggiungimento di certi valori prefissati sul contatore. Ad esempio, un interrupt può essere usato per "risvegliare" la CPU e, quindi, ordinarle di eseguire un determinato ciclo di istruzioni come: acquisire il valore del contatore, calcolare la velocità di rotazione del motore in osservazione oppure determinare il flusso del fluido in transito nell'ambiente dove viene effet-

tuata la misura e, infine, visualizzare il tutto su un pannello LCD.

Lo stesso principio di misura può essere implementato anche usando altri microcontrollori standard, sebbene l'MSP430FW42x offra innegabilmente alcuni vantaggi, soprattutto per l'autonomia di misura del modulo d'interfaccia che fa tutto senza la diretta supervisione della CPU. Grazie a ciò, per esempio, la CPU può essere usata in altri compiti di calcolo o comunicazione, oppure messa in standby, economizzando il consumo di corrente.

In effetti, la scelta dell'MSP430FW42x permette di risparmiare molto nei consumi, rispetto ad ogni altra soluzione di microcontrollo. In un sistema con una velocità di 512 campioni al secondo, per esempio, questo microcontrollore consuma appena 10 μ A, mentre una soluzione software tipica consuma circa 50 μ A. Usando il modulo hardware integrato nel microcontrollore Texas Instruments, dunque, il consumo di corrente può essere ridotto di cinque volte, mentre la velocità di campionamento rimane molto superiore a quella offerta da qualsiasi altra soluzione software.

L'MSP430FW42x, inoltre, permette di calibrare il riferimento di tensione sul comparatore in modo semplice e rapido, ogni qual volta cambia un componente, le sue tolleranze elettriche, oppure la sua deriva termica. L'interfaccia di misura è in grado di rilevare queste variazioni e configurare automaticamente il DAC per generare il riferimento di tensione più appropriato.

Texas Instruments
www.ti.com, www.msp430.com