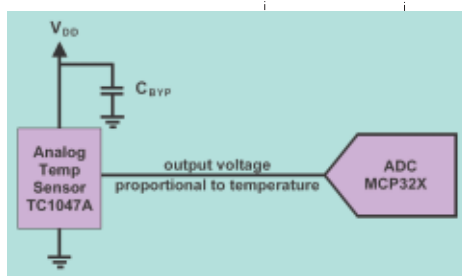


Come utilizzare i sensori di temperatura negli apparati elettronici

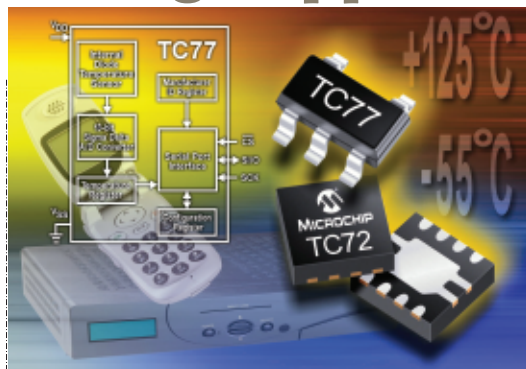
GEORGE PAPARRIZOS*

I progettisti elettronici utilizzano i sensori di temperatura da molto tempo. Il loro impiego avviene nell'ambito di applicazioni che vanno dal shutdown dei sistemi in condizioni di sovratempérature alla calibrazione termica dei circuiti ad alta precisione alla visualizzazione dei dati di temperatura. Nell'ultimo decennio l'esigenza di prestazioni superiori e di sistemi più compatti ha pilotato la diffusione - nel contesto di molti tipi di progetto - dei sensori termici in silicio. L'uso sempre più massiccio di dispositivi digitali ad alte prestazioni - quali CPU e ASIC - ha portato alla realizzazione di sistemi che dissipano una quantità significativa di energia. Questi sistemi presentano nuove esigenze di gestione termica, le quali hanno portato a



sviluppare una nuova generazione di sensori di temperatura su IC che permette di semplificare il progetto e di garantire un interfacciamento più semplice verso gli altri componenti del circuito. I progettisti devono però comprendere le differenze tra i tipi di sensori di

Figura 2:
un tipico
circuito basato
su sensore
di temperatura
analogico



temperatura su IC più diffusi, in modo da poter scegliere il prodotto più adatto alla loro applicazione per incrementare le prestazioni di sistema e ridurre i tempi di sviluppo.

SENSORI DI TEMPERATURA SU SILICIO

I sensori di temperatura su silicio sfruttano la prevedibilità delle proprietà dei materiali semiconduttori. Per essere più precisi essi operano misurando la tensione su un diodo bipolare, costituito da un transistor

PNP o NPN formato dal processo CMOS nel substrato. L'equazione di tensione fondamentale di un diodo prevede due parametri, entrambi dipendenti dal processo costruttivo: il fattore di non linearità (η) e la corrente di saturazione (I_S). L'espressione semplificata per la tensione di una giunzione pn a due diverse densità di corrente è proporzionale alla temperatura ed è:

$$\Delta V_{BE} = (K/q) \ln(N) \times T$$

dove T è la temperatura in gra-

di Kelvin, K è la costante di Boltzmann, N è il valore del rapporto tra le sorgenti di corrente e q è la carica di un elettrone. Questa equazione suggerisce che la differenza di tensione diretta è proporzionale alla temperatura e alle tre costanti.

TIPI DI SENSORI DI TEMPERATURA

Il metodo principale di classificazione dei sensori di temperatura su silicio è legato al loro metodo di segnalazione in uscita. I primi sensori basati su silicio disponibili sul mercato avevano uscita di tipo analogico. Il trend attuale prevede l'uso di IC che integrano gran parte della circuiteria di condizionamento del segnale. Oggi, i tipi di sensori termici più diffusi prevedono uscite in tensione, logiche e digitali (multi-bit). I sensori di temperatura con uscita in tensione (o analogici) operano in modo molto simile ai termistori: essi offrono una tensione di uscita proporzionale alla temperatura misurata. Un sensore di temperatura in silicio rappresenta una

*George Paparrizos, Microchip Technology Inc.

scelta migliore rispetto a un termistore quando è necessaria una relazione lineare tra tensione e temperatura. Il segnale di uscita di un sensore di temperatura analogico può essere inviato a un comparatore per generare una indicazione di sovratemperatura, o può essere inviato direttamente a un converter analogue-to-digital (ADC) per la visualizzazione in tempo reale dei dati di temperatura (Figura 2). I sensori di temperatura analogici sono ideali nelle applicazioni che richiedono costi contenuti, dimensioni ridotte e bassi consumi. Un altro tipo di sensore è lo switch di temperatura o dispositivo a uscita logica. Tale dispositivo attiva un segnale logico quando una tempera-

li sono stati sviluppati per indirizzare l'esigenza di un controllo più sofisticato, di una migliore accuratezza e di una risoluzione più elevata. Questi dispositivi sono stati inizialmente utilizzati negli apparati di elaborazione ma si sono presto diffusi in molti altri campi. Utilizzi tipici sono quelli legati agli apparati datacom (dove gli FPGA o le CPU ad alte prestazioni devono essere continuamente controllati per impedire condizioni di surriscaldamento) e agli apparati dotati di hard disk drive (dove le temperature estreme possono portare a errori di lettura e a perdite di dati). Una tipica implementazione pilotata dalla temperatura nei processori ad alte prestazioni è collegata alla riduzione della frequenza

vantaggi dell'interfaccia digitale che equipaggia questi dispositivi è l'elevato livello di sofisticazione del loop di controllo della temperatura.

La figura 3 illustra lo schema a blocchi di un sensore digitale di temperatura. Il sensore a uscita seriale TC77 integra il sensore di temperatura, un ADC ad alta risoluzione e una serie di registri digitali.

I sensori termici digitali sono attualmente offerti corredati con vari protocolli di comunicazione standard, tra i quali SPI™, I2C™ e SMBus™. Il trend in atto prevede lo sviluppo di sensori con errori di temperatura inferiori e risoluzioni maggiori. Questi attributi consentono al sistema di monitorare la temperatura in modo più accurato e contemporaneamente di rilevare variazioni minime. Tali prestazioni consentono al sistema di reagire più rapidamente, garantendo un livello superiore di affidabilità e di protezione termica. Oltre a riportare le letture di temperatura a un microcontroller o a un IC logico attraverso l'interfaccia digitale, molti dispositivi possono anche ricevere istruzioni da un microcontroller. Tali istruzioni sono utilizzate spesso per indicare i limiti di temperatura che – se superati – attivano un segnale digitale sull'IC. Il segnale determina un interrupt nel microcontroller o microprocessore. In tal modo – anche in caso di blocco a livello software (comunicazioni non possibili) – il segnale hardware permette di avviare una sequenza di sistema nel momento in cui la temperatura supera i livelli di attenzione. In queste condizioni il microcontroller può – per esempio – regolare la velocità di una ventola o ridurre la velocità del microprocessore, contribuendo a mantenere la temperatura nei limiti.

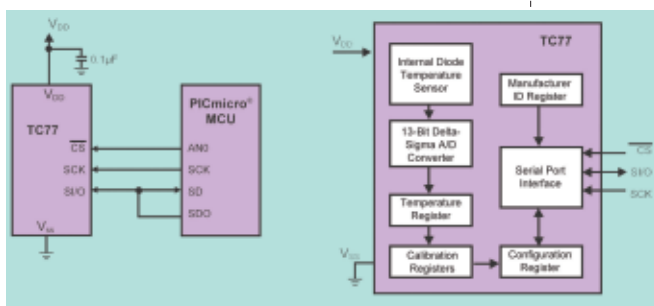


Figura 3:
schema
a blocchi
e applicazione
di un sensore
termico digitale

tura misurata è superiore (o inferiore) a un determinato limite. Il punto di decisione (limite) può essere programmato sia a livello di fabbrica sia attraverso una resistenza esterna. Questi IC forniscono delle semplici uscite a livello logico che garantiscono semplicità progettuale e costi contenuti. Applicazioni tipiche degli switch di temperatura sono quelle legate ai sistemi che richiedono una semplice indicazione di sovra- o sotto-temperatura (allarme di temperatura) per spegnere un sistema o per accendere una ventola o un riscaldatore (controllo termostatico). I sensori di temperatura digita-

li di clock, condizione che porta a un livello inferiore di perdite capacitive di commutazione e – di conseguenza – a un assorbimento inferiore e a un'estensione della vita utile delle batterie. I sensori di temperatura digitali garantiscono una lettura istantanea della temperatura evitando il ricorso a componenti esterni. Essi svolgono il loro compito integrando tutti i blocchi funzionali necessari all'interno di package di dimensioni ridotte. Oltre al controllo software – che consente il costante aggiornamento in caso di variazioni dell'hardware di sistema o delle proprietà termiche – uno dei principali