

Sensori immuni al rumore su lunghe distanze

Muhammad Qazi
Member of Technical Staff

Carmelo Morello
Senior business manager

Industrial Medical business unit
Maxim Integrated

Il sottosistema Monterey di Maxim è un trasmettitore per sensori industriali ad alta precisione, alimentato dall'anello di corrente, che converte l'ingresso di un sensore di temperatura standard (RTD PT1000) in un segnale 4–20 mA immune al rumore e costante sulle lunghe distanze



Nelle applicazioni di automazione e controllo industriali i sensori di temperatura sono utilizzati in moltissimi casi con trasmettitori del tipo ad anello di corrente (current loop) 4–20 mA (dove 4 mA è lo zero logico o lo zero analogico e 20 mA è l'1 logico o il fondo scala analogico). Nell'anello di corrente il sensore di temperatura converte una temperatura in una corrente 4–20 mA, che viene trasmessa a un PLC che può trovarsi all'interno di un posto di controllo centrale ubicato a una distanza di alcuni chilometri. Il trasmettitore ad anello riveste un ruolo di importanza critica in quanto interfaccia di comunicazione analogica per la trasmissione dei dati dai sensori remoti al PLC. Un anello di corrente 4–20 mA presenta tre vantaggi distintivi. In primo luogo l'accuratezza del segnale non è influenzata dalla caduta di tensione lungo l'anello, purché la tensione di alimentazione sia maggiore rispetto alla tensione totale ai capi dell'anello. In secondo luogo, l'immunità al rumore è maggiore. Infine esso utilizza due soli fili sia per la potenza sia per la comunicazione dati sull'intero anello, garantendo in tal modo costi contenuti e semplicità di installazione. Per questa tipologia di sensori precisione, accuratezza e affidabilità sul lungo termine sono fattori di estrema importanza, soprattutto se il range di temperatura da misurare è piccolo. In questo articolo è illustrata una soluzione completa per sensori "smart" denominata Monterey (Fig. 1): si tratta di un trasmettitore per sensori industriali alimentato dall'anello di corrente (loop-powered) che si distingue per l'elevata accuratezza e i bassi consumi. Esso si collega a qualsiasi sensore di temperature RTD (termoresistenza) (ad esempio PT1000) e converte la temperatura linearizzata in un segnale di corrente 4–20 mA immune al rumore e costante sulle lunghe distanze. L'accuratezza è migliore dello 0,1% nell'intervallo di temperatura compreso tra -100 °C e +100 °C.

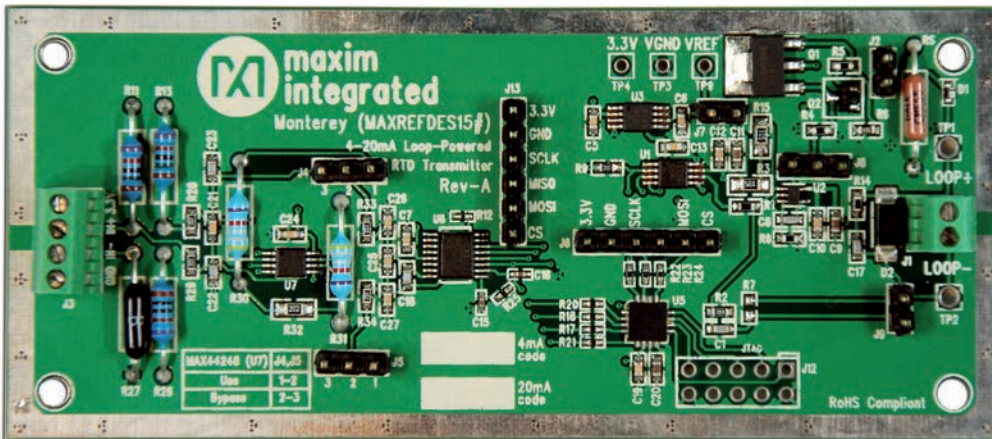


Fig. 1 – La scheda Monterey (MAXREFDES15#)

Descrizione del sottosistema

Il trasmettitore per sensori industriali "intelligenti" Monterey si collega a qualsiasi termoresistenza (RTD - Resistance Temperature Detector), come ad esempio una termoresistenza al platino PT1000 (ovvero che ha una resistenza di 1000Ω a 0 °C). Nella figura 2 è riportato lo schema a blocchi del sistema Monterey, che include il blocco sensore "intelligente" e il blocco trasmettitore. L'intera applicazione relativa all'anello 4-20 mA risulta composta dal sensore "intelligente" più un trasmettitore (ovvero Monterey) e da un ricevitore (ovvero l'ingresso analogico di un PLC).

Come si può vedere osservando lo schema di figura 2, il sensore "intelligente" prevede il front-end per l'RTD e un trasmettitore 4-20 mA, entrambi realizzati con componenti Maxim e caratterizzati da bassissimi consumi, elevata accuratezza e alta precisione. I componenti utilizzati sono i seguenti:

1. MAX44248 – Amplificatore operazionale a deriva nulla caratterizzato da consumi ridotti e basso rumore.
2. MAX11200 – Convertitore A/D in architettura delta-sigma a 24 bit a basso rumore, ridotto consumo, elevata accuratezza.

3. MAXQ615 – Microcontrollore a basso consumo.
4. MAX5216 – Convertitore D/A a basso rumore, ridotto consumo, elevata accuratezza.
5. MAX9620 – Amplificatore operazionale a basso consumo, elevata accuratezza.
6. MAX15007 – LDO a basso consumo e ampio range di tensione di ingresso.

Uno sguardo in profondità

Il trasmettitore per sensori "intelligenti" è formato da un AFE (Analog Front End), un microcontrollore e un trasmettitore 4-20 mA. L'AFE è utilizzato per il condizionamento dei segnali e la digitalizzazione. Il microcontrollore a basso consumo (MAXQ615) è usato per implementare le operazioni di calibrazione, linearizzazione e mappatura dell'uscita analogica. Il trasmettitore 4-20 mA converte l'ingresso digitale nell'uscita analogica attraverso l'anello di corrente.

Il sensore utilizzato con il sottosistema Monterey è una termoresistenza PT1000 in platino. L'intero sistema assicura un elevato livello di accuratezza nell'intervallo di misura compreso tra -100 °C e +100 °C. Questo sensore misura la tempe-

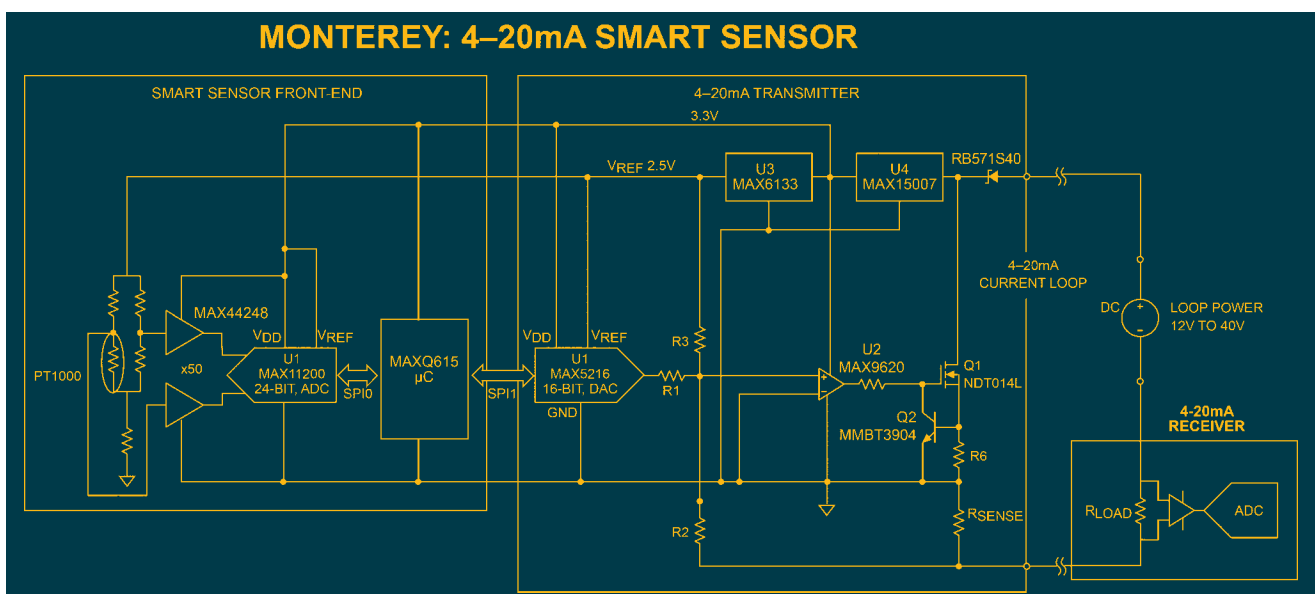


Fig. 2 – Il trasmettitore per sensori "intelligenti" Monterey è collegato a un ricevitore remoto

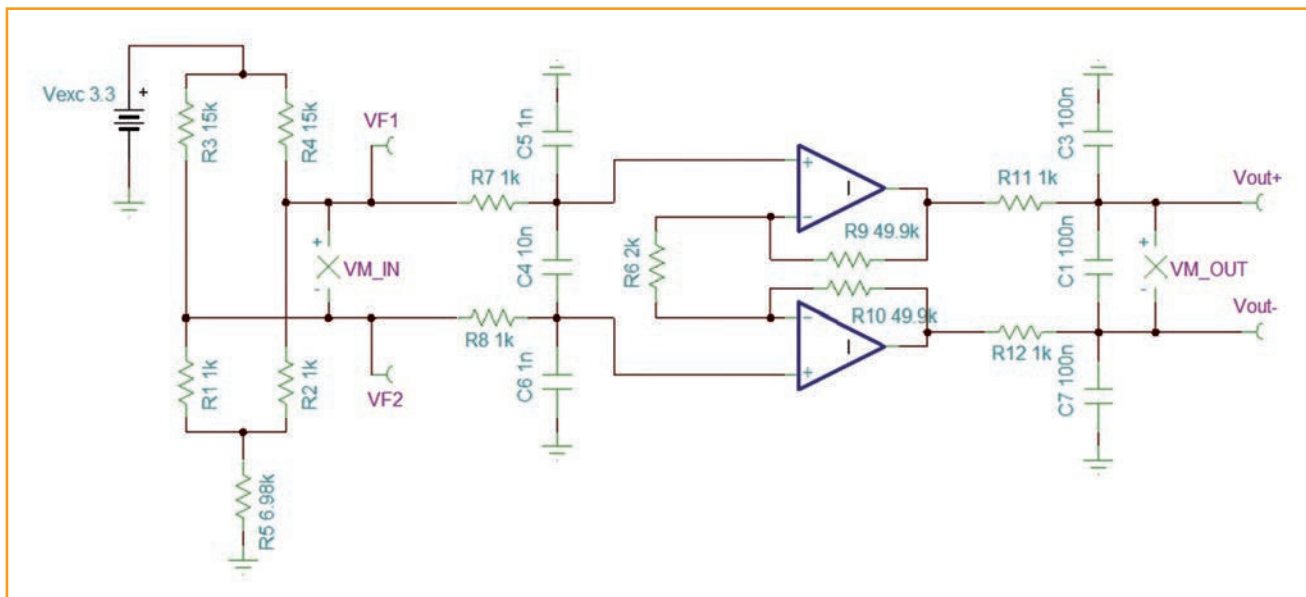


Fig. 3 – Il front-end del sensore e lo stadio di guadagno dell'amplificatore con guadagno differenziale pari a 50

ratura, che viene successivamente convertita in una corrente 4-20 mA dal generatore della corrente d'anello. Le variazioni di temperatura modificano il valore della resistenza dell'RTD. Quando l'RTD viene utilizzato in una configurazione a ponte di Wheatstone (Fig. 3) genera una tensione di uscita differenziale. La tensione di eccitazione del ponte è impostata a 3,3V; la resistenza R5, visibile in figura 3, è utilizzata come resistore di polarizzazione per spostare l'uscita del ponte nel punto di mezzo dell'intervallo (middle range), in quanto si tratta di un ponte non bilanciato. Poiché la temperatura varia tra -100 °C e +100 °C, ai capi dell'uscita del ponte di Wheatstone si osserva un'oscillazione della tensione differenziale di circa 80 mV.1

Anche la tensione di riferimento del convertitore A/D è impostata a 3,3V. Di conseguenza, al fine di adattare l'intervallo di fondo scala del convertitore A/D, l'uscita del ponte di Wheatstone è amplificata per mezzo di un amplificatore differenziale con un guadagno pari a 50. I ponticelli (jumper) J4 e J5 della scheda permettono di utilizzare lo stadio amplificatore per migliorare il range dinamico del convertitore A/D nel caso l'intervallo di temperatura sia piccolo (ad esempio da -100 °C a +100 °C) o per escluderlo nel caso di un ampio intervallo di temperatura (ad esempio da -200 °C a +830 °C). La funzione di trasferimento della termoresistenza PT1000 e del ponte di Wheatstone è di tipo non lineare nell'intervallo

T	R
-100	602.600
-90	643.000
-80	683.300
-70	723.300
-60	763.300
-50	803.100
-40	842.700
-30	882.200
-20	921.600
-10	960.900
0	1000.00
10	1039.000
20	1077.900
30	1116.700
40	1155.400
50	1194.000
60	1232.400
70	1270.800
80	1309.000
90	1347.100
100	1385.100

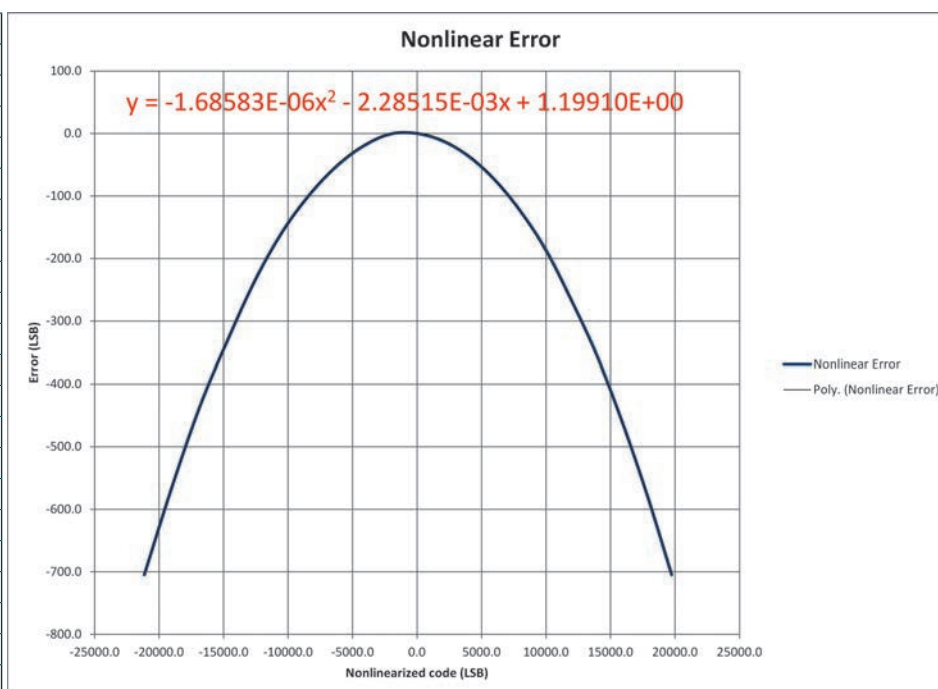


Fig. 4 – La compensazione dell'errore di linearizzazione è calcolata utilizzando la linea di tendenza polinomiale in uno spreadsheet

compreso tra -100 °C e +100 °C. In questo intervallo la resistenza della termoresistenza PTC varia tra 602,6Ω e 1385Ω, a 0 °C il valore della resistenza è di 1000Ω. Quindi le variazioni di resistenza differiranno leggermente in entrambi i campi (positivo e negativo) dell'intervallo di temperatura preso in considerazione. Questo errore di linearizzazione può essere calcolato prendendo in considerazione il modello del ponte di Wheatstone e la variazione della termoresistenza PT1000. Nel caso del progetto Monterey è stato utilizzato uno spreadsheet per ricavare la compensazione dell'errore di linearizzazione mediante una linea di tendenza polinomiale. Per eseguire tale operazione è possibile utilizzare MATLAB o altri tool matematici simili. Il risultato di tali calcoli è riportato in figura 4.

Una tecnica simile può essere utilizzata per calcolare l'errore di linearizzazione dal ponte di Wheatstone all'amplificatore differenziale. I calcoli richiesti per la compensazione dell'errore di linearizzazione sono espressi dall'equazione 1. Il microcontrollore MAXQ615 è impiegato per implementare la linearizzazione attraverso l'equazione:

$$LA_c = B_2 \cdot A_c^2 + B_1 \cdot A_c + A_c$$

Dove:

- LA_c = Codice del convertitore A/D linearizzato
- A_c = Codice del convertitore A/D non linearizzato
- B₁ = Coefficiente di linearizzazione = 0,00228515
- B₂ = Coefficiente di linearizzazione = 0,00000168583

Una volta effettuata la linearizzazione, il codice del convertitore A/D può essere convertito nel codice del convertitore D/A mediante l'equazione 2. L'ingresso del convertitore A/D è differenziale e viene utilizzato un valore pari a circa il 90% dell'FSR (Full Scale Range), mentre l'uscita del convertitore D/A è di tipo single-ended e l'FSR del convertitore D/A copre un intervallo di valori di uscita compreso tra 2,5 mA e 22,5 mA. Di conseguenza è necessario calcolare la funzione di trasferimento per convertire il codice del convertitore A/D nel codice del convertitore D/A per un'uscita di corrente 4–20 mA.

$$D_c = G_N \times LA_c + O_N$$

Dove:

- D_c = Codice del convertitore D/A per un'uscita di corrente 4–20 mA
- G_N = Guadagno nominale = 1,27755
- O_N = Offset nominale = 31005,1

In realtà è necessario eseguire una calibrazione per i componenti analogici utilizzati sia nel front-end del sensore sia nel

Alimentatori Programmabili DC Z+ Alta Tensione

TDK-Lambda

NEW!



TDK-Lambda presenta la serie Z+ ad alta tensione, concentrandosi sui requisiti per applicazioni quali processi di deposizione, ROV, sistemi ATE nonché uso generico di laboratorio e industriale, con le stesse dimensioni compatte degli altri alimentatori della gamma Z+

- Potenza 200W e 400W con tensione di uscita 160, 320 o 650Vdc
- Da banco o per montaggio Rack 2U
- Interfaccia USB, RS232/RS485 e controllo analogico
- LAN, GPIB ed opzioni di programmazione di interfaccia analogica isolata
- Generazione e memorizzazione di funzioni arbitrarie incorporate
- Pins di segnali di uscita programmabili dall'utente
- Garanzia 5 anni

trasmettitore 4–20 mA. Sebbene entrambi i blocchi base utilizzino componenti di precisione con un'accuratezza dello 0,1% o dell'1%, questi sono caratterizzati da una tolleranza iniziale che produce errori di guadagno e di offset. Di conseguenza l'intero sistema deve essere calibrato per quel che riguarda gli errori di offset e di guadagno. Questa operazione può essere eseguita utilizzando un metodo di calibrazione su due punti, che risulta particolarmente adatto per il range di temperatura compreso tra -100 °C e +100 °C. Questo metodo richiede un calibratore di temperatura FLUKE 724 (o dispositivi simili) per emulare la termoresistenza PT1000 per la temperatura richiesta e un multimetro a elevata accuratezza HP34401A (o simili). Per eseguire la calibrazione del sistema, si imposta il calibratore a una temperatura di -100 °C e si misura la corrente di uscita. Quindi si imposta il calibratore a una temperatura di +100 °C e si misura la corrente di uscita. I valori così ottenuti sono impiegati per calcolare l'offset e il guadagno reali attraverso l'equazione di una retta sotto riportata. Il microcontrollore MAXQ615 è utilizzato per implementare la calibrazione su due punti:

$$CD_c = G_{cal} \times D_c + O_{cal}$$

Dove:

CD_c = Codice del convertitore D/A calibrato

G_{cal} = Guadagno calibrato

O_{cal} = Offset calibrato

In questo caso il guadagno è la pendenza e l'offset è l'intercetta della funzione di trasferimento.

Nel caso non venga effettuata la calibrazione, G_{cal} è posto pari a 1, mentre O_{cal} è posto a 0. Questi valori possono essere sostituiti dopo la calibrazione su due punti.

Blocco trasmettitore

Il blocco trasmettitore 4–20 mA a basso consumo è stato realizzato utilizzando il medesimo concetto impiegato per il progetto di riferimento MAX5216LPT. L'uscita di questo blocco è lineare e caratterizzata da un'accuratezza migliore dello 0,1% sull'intero intervallo di funzionamento. Questo blocco richiede solamente la calibrazione iniziale. Una descrizione più dettagliata ed una guida alla progettazione passo passo sono riportate nel datasheet di MAX5216LPT.¹

Ricevitore 4–20 mA

L'uscita attuale del progetto di riferimento del sottosistema Monterey può essere misurata utilizzando un ricevitore per AFE di precisione con un'accuratezza dello 0,1% (o superiore) sull'intervallo di fondo scala. Per espletare tale compito è possibile utilizzare i sottosistemi Cupertino, Campbell o Fresno².

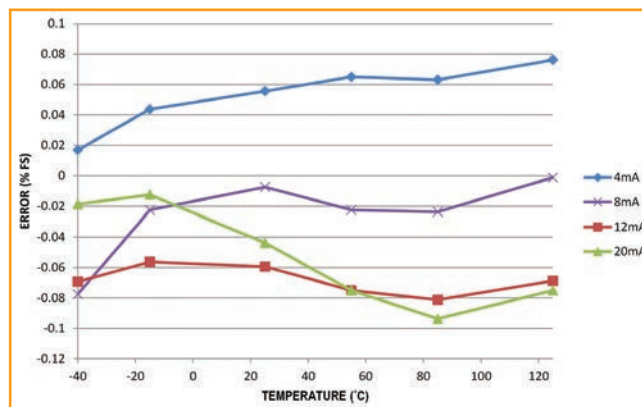


Fig. 5 – Variazione dell'errore in funzione della temperatura di funzionamento a 24V

Misure da laboratorio³

Il trasmettitore per sensori "intelligenti" Monterey è stato progettato in modo da assicurare elevata accuratezza, alta risoluzione in assenza di rumore (noise-free) e basso consumo di corrente. I collaudi relativi alle prestazioni sono stati eseguiti per differenti valori di temperatura e di tensioni di ingresso. La scheda è collegata con una tensione di alimentazione d'anello di 12 e 24V: un calibratore di temperatura è utilizzato per impostare il valore della termoresistenza PT1000 sul ponte e quindi misurare la corrente di uscita. In ciascun punto la temperatura di funzionamento viene fatta variare da -40 °C a +125 °C e la corrente di uscita è rilevata per analizzare l'errore complessivo, che risulta inferiore allo 0,1% in tutti i casi, come riportato in figura 5. La risoluzione del sistema in assenza di rumore è di 16 bit. Oltre che per l'elevata accuratezza e l'alta risoluzione in assenza di rumore, il sottosistema Monterey è caratterizzato da un consumo di corrente inferiore a 3,5 mA per soddisfare i vincoli relativi ai consumi dell'anello. A livello di scheda, il consumo di corrente è minore di 2,1 mA in tutte le condizioni. Consumi molto ridotti, eccellente risoluzione in assenza di rumore, elevata accuratezza e comunicazioni affidabili su lunghe distanze sono le caratteristiche che fanno del sottosistema Monterey un trasmettitore per sensori alimentato tramite l'anello particolarmente idoneo per applicazioni industriali. Esso utilizza due fili per la potenza e la comunicazione dati lungo l'intero anello. Grazie ai consumi molto bassi, il sottosistema Monterey ben si presta all'uso in sistemi industriali alimentati tramite l'anello di corrente. ■

Bibliografia

1. Per maggiori informazioni: www.maximintegrated.com/MAX5216LPT
2. Per informazioni sui sottosistemi AFE per il ricevitore: Cupertino (MAXREFDES5#) www.maximintegrated.com/cupertino; Campbell (MAXREFDES4#) www.maximintegrated.com/campbell; Fresno (MAXREFDES11#) www.maximintegrated.com/fresno
3. Per maggiori informazioni sul setup del sistema di valutazione e per accedere ai file di progetto: www.maximintegrated.com/monterey