

Redesign von RTD-basierten Temperatursensoren für das Zeitalter der intelligenten Fabrik

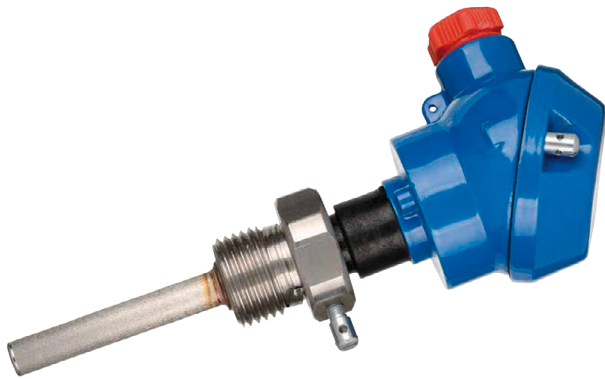


Bild 1: Ein Beispiel für einen Temperatursensor auf RTD-Basis.

Dieser Artikel zeigt, wie ein industrielles Widerstandsthermometer (RTD) schnell umgestaltet werden kann, um die Anforderungen intelligenter Fabriken an Temperaturmessgeräte mit kleineren Formfaktoren, flexibler Kommunikation und Fernkonfigurierbarkeit zu erfüllen. Dies kann mit einem hochintegrierten analogen Frontend (AFE) und einem IO-Link-Transceiver erfolgen.

Das alte Sprichwort „Repariere nicht, was nicht kaputt ist“ warnt davor, an etwas herumzudoktern, das zuverlässig funktioniert und sich regelmäßig bewährt. Dieser Ratschlag gilt sicherlich auch für das Schaltungsdesign vieler RTD-Sensoren, die in industriellen Fertigungsanlagen weltweit unauffällig und effizient die Temperatur messen. Um jedoch den Anforderungen von Industrie 4.0 gerecht zu werden, werden Fabriken immer intelligenter, wobei sich herausstellt, dass viele aktuelle RTD-Sensoren in diesen Umgebungen nicht mehr zweckmäßig sind. Kleinere Formfaktoren, flexible Kommunikation und Fernkonfigurierbarkeit sind einige Merkmale, die

Automatisierungsingenieure heute von industriellen Temperaturmessgeräten verlangen, die aber von bisherigen Lösungen nicht unterstützt werden. Dieser Artikel befasst sich mit den Bausteinen, die bei der Entwicklung vieler RTD-basierter Temperatursensoren verwendet werden, und erörtert die Einschränkungen, die diese für die Sensoranwendung mit sich bringen. Anschließend wird gezeigt, wie sich dieser Sensortyp schnell umgestalten lässt, um ihn mit den für das neue Industriezeitalter erforderlichen Funktionen auszustatten.

Funktionsblöcke des Temperatursensors

Die Funktionsblöcke eines industriellen Temperatursensors auf RTD-Basis sind in Bild 2 dargestellt. Ein RTD wandelt eine physikalische Größe (Temperatur) in ein elektrisches Signal um und wird in der Regel zur Erfassung von Temperaturen zwischen -200 °C und $+850\text{ °C}$ eingesetzt, wobei er sich über diesen Temperaturbereich äußerst linear verhält. Zu den üblicherweise in RTDs verwendeten Metallen gehören Nickel (Ni), Kupfer (Cu) und Platin (Pt), wobei Pt100- und Pt1000-Platin-RTDs am häufigsten verwendet werden. Ein RTD kann entweder mit zwei, drei oder vier Leitern ausgestattet sein, wobei die 3- und 4-Leiter-Versionen am weitesten verbreitet sind. Da RTDs passive Bauelemente sind, benötigen sie einen Erregerstrom um eine Aus-

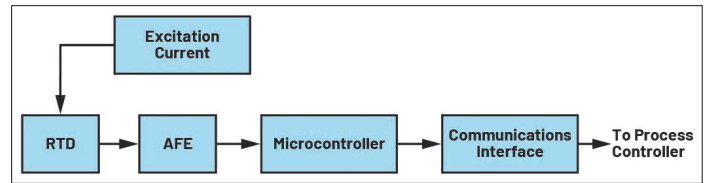


Bild 2: Blockschaltbild eines industriellen Temperatursensors auf RTD-Basis

gangsspannung zu erzeugen. Dieser kann mit Hilfe einer Referenzspannung erzeugt werden, die von einem Operationsverstärker gepuffert wird, der Strom in den RTD einspeist, um ein Ausgangsspannungssignal zu erzeugen, das sich in Abhängigkeit von der Temperatur ändert. Dieses Signal variiert je nach Art des verwendeten RTDs und der gemessenen Temperatur zwischen einigen zehn und einigen hundert Millivolt, wie in Bild 3 dargestellt.

Analoges Frontend

Das AFE verstärkt und konditioniert das RTD-Signal geringer Amplitude, bevor der Analog-Digital-Wandler (ADC) es für den Mikrocontroller digitalisiert, der darauf einen Algorithmus zur Kompensation der darin enthaltenen Nichtlinearitäten anwendet. Anschließend wird das digitale Ausgangssignal über eine Kommunikationsschnittstelle an eine Prozesssteuerung gesendet. Das AFE wird üblicherweise mit einer Signalkette von Komponenten implementiert, bei der jede Komponente eine

bestimmte Funktion erfüllt (siehe Bild 4). Viele bestehende Temperatursensoren verwenden diesen diskreten Ansatz, der eine Leiterplatte (PCB) erfordert, die groß genug ist, um die Grundfläche aller integrierten Schaltungen (ICs) und die Signal- und Stromversorgungsleitungen unterzubringen, und der de facto eine Mindestgröße für das Sensorgehäuse festlegt. Ein besserer und unkomplizierterer Ansatz ist die Verwendung eines integrierten AFE wie den in Bild 5 gezeigten AD7124-4. Dieser kompakte IC ist ein komplettes AFE in einem einzigen Gehäuse und umfasst einen Multiplexer, eine Spannungsreferenz, einen programmierbaren Verstärker sowie einen Sigma-Delta-ADC. Er liefert zudem die Erregerströme für den RTD, was bedeutet, dass er effektiv fünf der Signalkettenkomponenten aus der vorherigen Abbildung ersetzen kann, was den benötigten Leiterplattenplatz erheblich reduziert und einen Sensor mit einem viel kleineren Gehäuse ermöglicht.

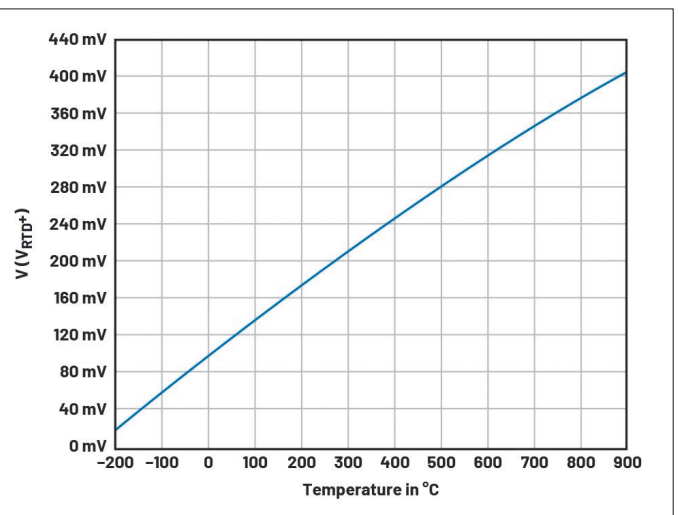


Bild 3: Ein von einem Pt 100-Widerstandsthermometer erzeugtes Spannungssignal als Reaktion auf eine steigende Temperatur.

Autoren:

Brian Condell

Product Applications Engineer

Michael Jackson

End Market Specialist

Analog Devices Inc.

www.analog.com

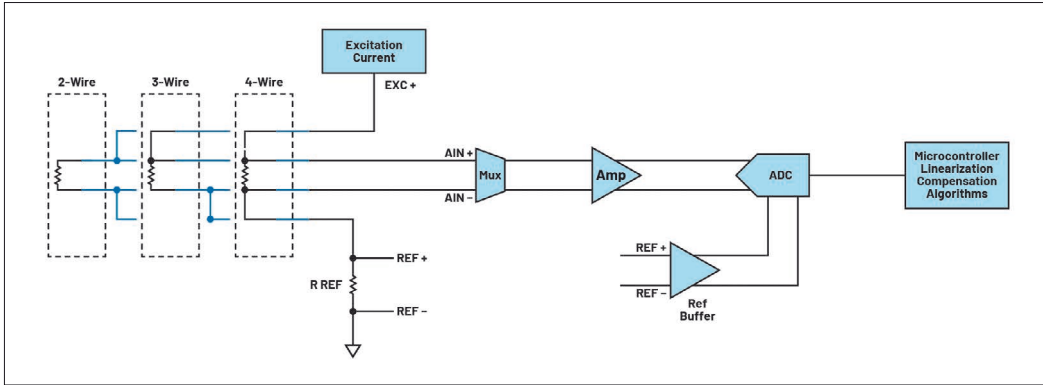


Bild 4: Implementierung eines AFE mit separaten diskreten Komponenten in der Signalkette.

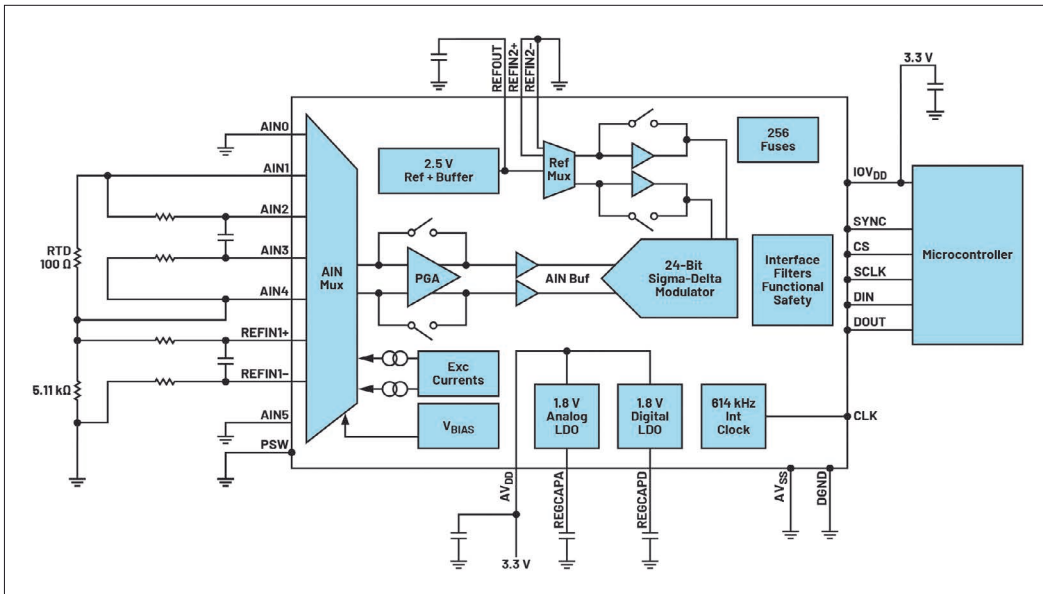


Bild 5: Implementierung des AFE mit Hilfe des AD7124-4.

Kommunikations-schnittstelle

Die meisten industriellen Sensoren sind so konzipiert, dass sie über ein (oder mehrere) industrielle Netzwerke, darunter die vielen Varianten von Feldbus oder Industrial Ethernet, an eine Prozesssteuerung angeschlossen werden können. Dies erfordert einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC), um die ausgewählten Netzwerkprotokolle zu implementieren. Allerdings hat dieser Ansatz mehrere Nachteile. Zum einen erhöht die Einbeziehung eines netzspezifischen ASICs in das Sensordesign die Kosten erheblich, insbesondere wenn es sich um proprie-

täre Industrienetze handelt. Zudem wird der Markt für einen Sensor auf die Kunden beschränkt, die dieses Netz nutzen.

Damit derselbe Sensor mit verschiedenen Netzwerkprotokollen arbeiten kann, muss dieser für das erforderliche ASIC angepasst werden, was zeitaufwändig, riskoreich und teuer sein kann. Schließlich unterscheiden sich Anzahl und Art der Diagnosemöglichkeiten je nach Netztyp erheblich (wobei einige Netze gar keine bieten). Je nach Wahl kann es für die Betreiber in den Fabriken schwierig sein, die Sensoren zu identifizieren und zu warten auch bei etwaigen Leistungsproblemen, wenn diese erst einmal im Feld installiert sind.

Netz unabhängiger Sensor

Ein besserer Ansatz besteht in der Entwicklung eines von allen industriellen Netzen unabhängigen Sensors, was die Entwicklungskosten senkt und den potenziellen Kundenkreis vergrößert. Dies kann mit Hilfe von IO-Link geschehen, einem industriellen 3-Leiter-Kommunikationsstandard, der Sensoren (und Stellantriebe) mit allen industriellen Steuerungsnetzwerken verbindet. Bei IO-Link-Anwendungen fungiert ein Transceiver als Schnittstelle der physikalischen Schicht zu einem Mikrocontroller, auf dem das Protokoll der Datenübertragungsschicht läuft. Der Vorteil der Verwendung von IO-Link ist, dass vier verschiedene

Arten von Übertragungen möglich sind: Prozessdaten, Diagnose, Konfiguration und Ereignisse, so dass Sensoren schnell identifiziert, nachverfolgt und im Falle einer Störung gewartet werden können. Es ermöglicht außerdem eine Fernkonfiguration – wenn beispielsweise die Temperaturschwelle für die Auslösung eines Prozessalarms geändert werden muss, kann dies aus der Ferne erfolgen, ohne dass ein Techniker die Werkshalle betreten muss. Der MAX14828 ist ein Beispiel für einen ultrakleinen IO-Link-Gerätetransceiver mit geringem Stromverbrauch. Er ist in einem 24-poligen TQFN-Gehäuse (4 mm × 4 mm) sowie in einem Wafer-Level-Package (WLP) (2,5 mm × 2,5 mm) erhältlich, so dass er leicht in einen industriellen RTD-basierten Temperatursensor (und andere Arten von Sensoren) integriert werden kann. Der Transceiver ermöglicht einen vom industriellen Netzwerk unabhängigen Sensor, da er direkt mit einem IO-Link-Host kommuniziert, der auf der Seite der Prozesssteuerung installiert ist und die Kommunikation mit dem Interface-ASIC verwaltet, wie in Bild 6 dargestellt.

Fazit

Techniker der intelligenten Fabrikautomation stellen immer höhere Anforderungen an industrielle Temperaturfühler, z. B. kleinere Abmessungen, flexible Kommunikation und Fernkonfigurierbarkeit. In diesem Artikel wurde gezeigt, wie RTD-Temperatursensoren mit einem hoch integrierten AFE schnell modifiziert werden können um die Gehäusegröße zu verringern. Es wurde zudem gezeigt, wie ein IO-Link-Gerätetransceiver dem Sensor ermöglicht, unabhängig von der industriellen Netzwerkschnittstelle zu arbeiten, die für die Verbindung mit einer Prozesssteuerung verwendet wird. Zwar konzentriert sich dieser Artikel auf Temperatursensoren auf RTD-Basis, jedoch kann dieses Redesign auch auf Temperatursensoren angewendet werden, die Thermistoren oder Thermoelement-Messumformern verwenden. ◀

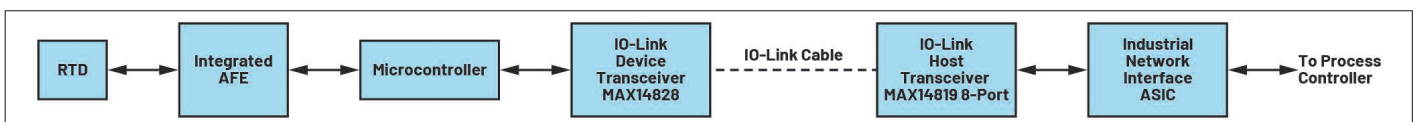


Bild 6: Die Kommunikation mit dem industriellen Netzwerk erfolgt über den IO-Link Host-Transceiver auf der Controllerseite