

ADE7912/ADE7913 を使った 4 mA ~ 20 mA の DC 信号の測定

著者 : Zhen Zhu

はじめに

このアプリケーション・ノートでは、ADE7912/ADE7913 を使った 4 mA ~ 20 mA のアナログ電流ループの測定方法について説明します。

工業用プロセス制御の分野では、RS-485 インターフェースなどにデジタル信号やデジタル通信が幅広く使用されています。しかし、多くの工業用プロセス制御アプリケーションでは、アナログ信号やアナログ・モニタリングのために 4 mA ~ 20 mA のアナログ電流ループが今でも使用されています。その理由は、4 mA ~ 20 mA のアナログ電流ループが非常に堅牢なセンサー信号伝達の標準的方式の 1 つだからです。

電流ループは本質的に電氣的ノイズに強いいため、データ伝送に最適です。4 mA ~ 20 mA のアナログ電流ループでは、すべての信号電流がすべての部品を通り、ワイヤの終端が完全でなくても同じ電流が流れます。信号電流がループ内のすべての部品を通るため、これらの部品で電圧降下が生じます。20 mA の最大信号電流でループにおける電圧降下の合計より電源電圧の方が高ければ、信号電流がこれらの電圧降下の影響を受けることはありません (図 1 参照)。

他の通信方式と比べて、4 mA ~ 20 mA の出力は以下のような独自の利点を備えています。

- 電流信号は干渉に対する耐性が優れています。
- 電流信号は比較的長い距離を伝送可能です。
- 4 mA ~ 20 mA 出力なので、短絡や開回路を容易に検出することができます。
- 最小電流が 4 mA であるため、多くのトランスデューサが 2 本のラインから直接電力を得ることが可能で、配線接続を簡素化できます。
- 異なるトランスデューサのゼロ・ポイントとフルスケールが類似した信号なので、変換の相関を一元的に数値化するのが容易です。

このため、多くのプロセス制御装置には、4 mA ~ 20 mA アナログ DC 入力測定モジュールが内蔵されています。

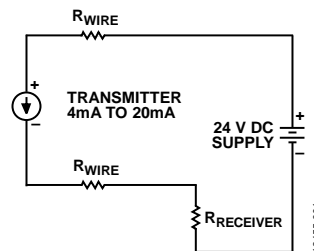


図 1. 電流ループの回路図

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。*日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー
電話 06 (6350) 6868

目次

はじめに	1	校正および測定の手順	4
改訂履歴	2	測定手順: 4 mA~20 mA.....	4
ハードウェア設計	3	結論	5

改訂履歴

7/14—Revision 0: 初版

ハードウェア設計

このセクションでは、ADE7912/ADE7913を使った4 mA ~ 20 mA 電流ループ検出のハードウェア設計について説明します。

4 mA ~ 20 mA のアナログ電流信号を測定するには、ADC と絶縁型電源モジュールが必要です。SPI 通信インターフェースを使用した従来のソリューションのブロック図を図2に示します。

サンプリング抵抗を使用して4 mA ~ 20 mA の信号を電圧信号に変換した後、A/D コンバータ(ADC)が電圧信号をデジタル信号に変換します。工業用機器ではほとんどのインターフェース回路が絶縁を必要とするので、ADC だけに電力を供給する専用の絶縁型 DC/DC 電源が必要です。ADC のグラウンドはマイクロ・コントローラのグラウンドから絶縁されているので、高速デジタル・アイソレータが通信経路に配置されます。例として、SPI 通信用の4つの絶縁されたチャンネルを図2に示します。従って、この測定システムには

ADC、絶縁型電源、高速デジタル・アイソレータの3つの主要な構成要素が必要です。

このような従来のプラットフォームに対し、ADE7912/ADE7913 絶縁型 ADC は従来のソリューションの主な構成要素をすべて内蔵しています。図3に示すように、ADE7912/ADE7913 は絶縁型電源と信号絶縁回路を内蔵しています。

ADE7912/ADE7913 の動作温度範囲は $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ で、工業用プロセス制御の温度要件を満たしています。4 mA ~ 20 mA のアナログ電流信号のダイナミックレンジは 5:1 です。AN-1304 アプリケーション・ノート「ADE7912/ADE7913 の DC 測定性能」では、ダイナミックレンジが 10:1 の場合、DC 測定の標準温度係数は $62 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ となっています。したがって、 $62 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ は、4 mA ~ 20 mA アナログ DC 信号測定の標準温度係数とみなされます。

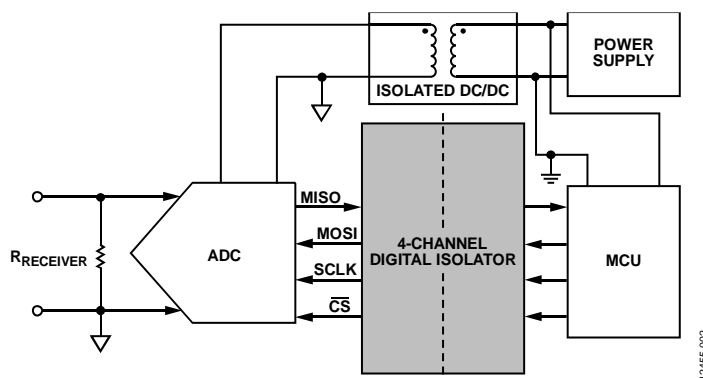


図 2. 従来の 4 mA ~ 20 mA DC 入力測定回路のブロック図

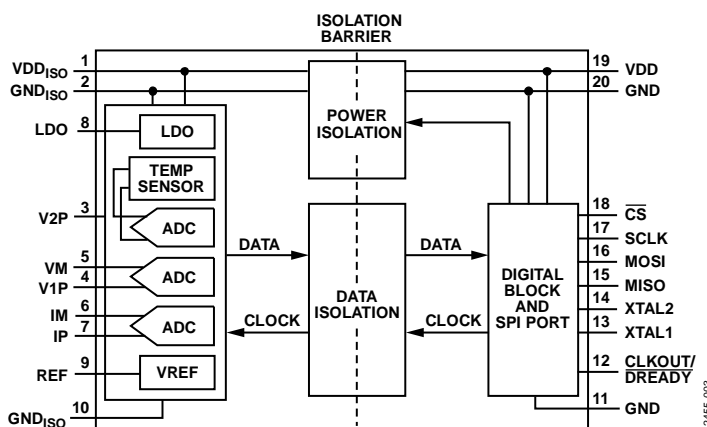


図 3. ADE7912 のブロック図

図4に示すように、ADE7912/ADE7913を使用することにより、4 mA～20 mA 電流ループ検出回路を簡略化できます。この測定ではV1チャンネルを使用することが推奨されているため、アナログ信号はV1P入力に供給されます。

従来の4 mA～20 mA DC入力測定ソリューションで必要とされる3つの回路ブロックが1個のチップに簡略化され、他の補助回路が不要であることに注目してください。

さらに、最大4個のADE7912/ADE7913をカスケード接続可能で、これらのデバイスは1個の水晶発振器と1本のSPIバスを共有します。通常、1つのアプリケーションにおいて複数の4 mA～20 mA電流ループを検出する必要があるため、これは便利な機能です。

校正および測定の手順

4 mA～20 mAのDC信号を測定するには、V1WVレジスタの値を1秒間に少なくとも100回読み出します。これらの読み出し値の平均が測定値になります。

4 mA～20 mAのDC信号を測定するための準備として、ADE7912/ADE7913を次の2段階で校正する必要があります。

1. 校正された4 mA信号を供給します。V1WVレジスタの値を1秒間に少なくとも100回読み出します。読み出し値の平均がA値になります。

2. 校正された20 mAの信号を供給します。V1WVレジスタの値を1秒間に少なくとも100回読み出します。読み出し値の平均がB値になります。

一般的な4 mA～20 mAのアナログ信号を測定するときは、1秒間にわたる100回の読み出し値の平均を計算してC値を求め、以下の式を用いて電流値xを計算します。

$$x = \frac{16 \times C + 4 \times B - 20 \times A}{B - A}$$

測定手順: 4 mA～20 mA

4 mA～20 mA電流ループ・アプリケーションにおけるADE7912/ADE7913の性能を評価するために、評価プラットフォームを利用しました(図5参照)。AD5421は工業用制御業界でスマート・トランスミッタ・メーカーのニーズを満たすように設計されたループ給電による完全な4 mA～20 mAのD/Aコンバータ(DAC)です。

AD5421は16ビットの単調性が保証されています。標準的な条件で積分非直線性が0.0015%、オフセット誤差が0.0012%、ゲイン誤差が0.0006%です。下記のテストでは、4 mA～20 mA出力源としてAD5421評価キットを使用し、ADE7913評価キットは測定装置を設定します。

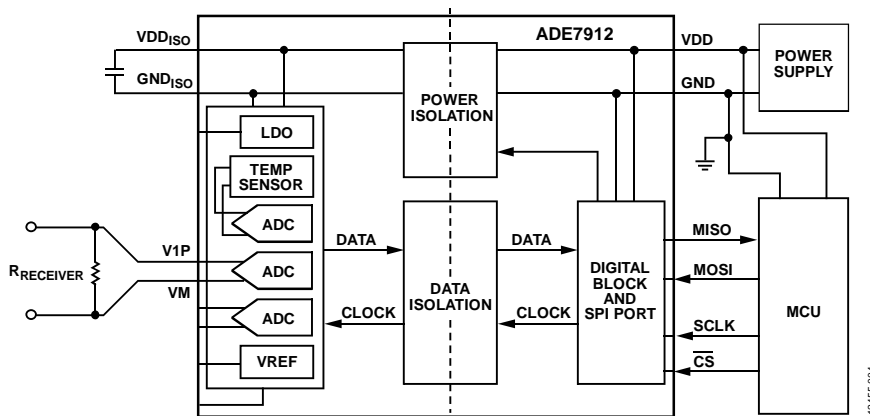


図4. ADE7912/ADE7913を使用した4 mA～20 mA DC入力測定回路のブロック図

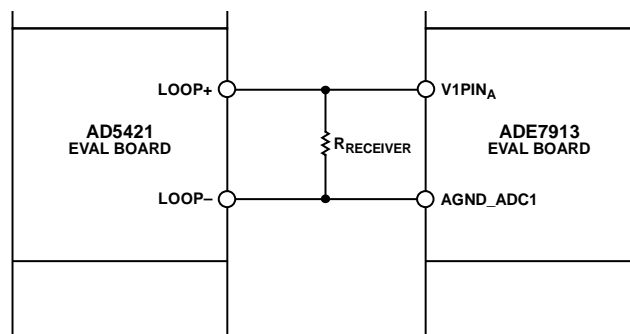


図5. 4 mA～20 mA測定のブロック図

電流値を検出するために外付け抵抗 $R_{RECEIVER} = 15.1 \Omega$ を使用し、その出力を ADE7913 の V1 チャンネルに接続しました。テスト手順は、AD5421 評価ボードによる制御された電流値の生成と、ADE7913 を使ったサンプリングで構成されています。

種々の DC 入力から得られた ADE7913 出力を図 6 に示します。ADC 出力の直線性を測定するには、非直線性誤差を計算します (図 7 参照)。目標はこれらの誤差を非常に小さく抑えることなので、校正手順は大幅に簡略化されます。4 mA での測定値と 20 mA での測定値の間を線でたどりました。誤差は ADC 出力に関して計算しました。

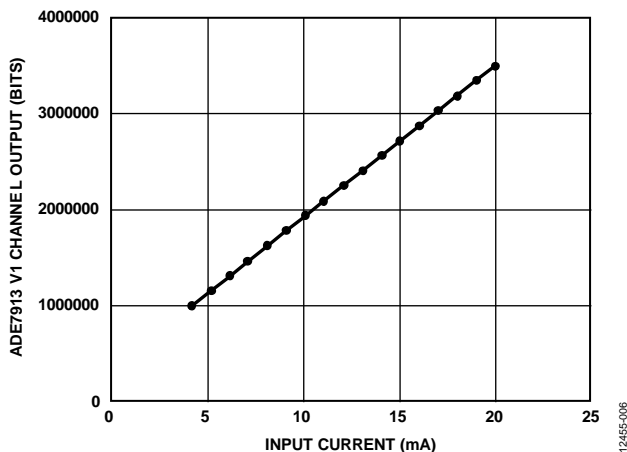
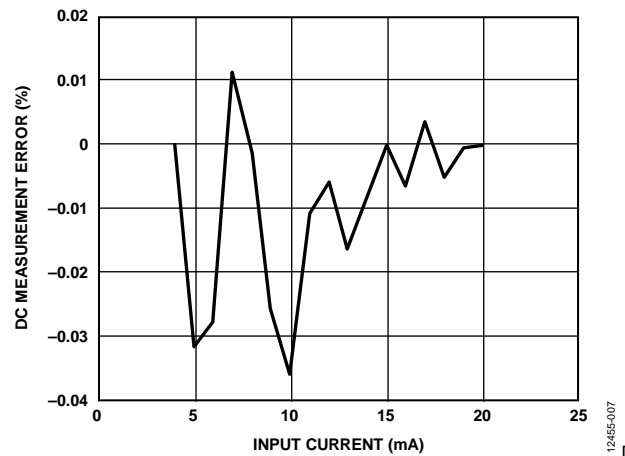


図 6. 種々の DC 入力での ADE7913 の測定値

ADE7912/ADE7913 は 4 mA ~ 20 mA の全範囲にわたって非直線性誤差を 0.04% 未満に維持します (図 7 参照)。



ADE7912/ADE79131 の非直線性誤差

結論

ADE7912/ADE7913 は 4 mA ~ 20 mA のアナログ電流ループの測定を行う完全に絶縁された ADC です。この ADC は絶縁型 DC/DC コンバータとデジタル・アイソレータを 1 個のチップに集積しているため、回路設計が大幅に簡素化され、システムの信頼性が向上します。5:1 のダイナミックレンジの場合、室温での非直線性誤差が 0.04% 未満なので、校正手順が簡略化されます。