

# ADS1247とADS1248を使用した温度測定 アプリケーションの例

Robert Burnham and Nagaraj Ananthapadamanabhan

Data Acquisition Products

## 概要

このドキュメントでは、温度を測定するために、高精度A/Dコンバータ(ADC) ADS1247とADS1248を測温抵抗体 (RTD)および熱電対の信号変換に応用する方法を解説します。更に、2線式RTD、3線式RTD(ハードウェア補償を伴う場合とそうでない場合)、4線式RTD、および冷接点補償を伴う熱電対などの最も一般的な構成の詳細な例を紹介しします。このドキュメントには、数種類の選択可能な構成を実施できる十分な情報が記載されており、実践の場で活かすことができます。

## 目次

1 はじめに.....	2
2 2線式RTDのアプリケーション.....	2
3 3線式RTDのアプリケーション.....	3
4 ハードウェア補償を使用した3線式RTDのアプリケーション.....	4
5 4線式RTDのアプリケーション.....	4
6 RTDベースの冷接点補償を使用した熱電対アプリケーション.....	5
7 ハードウェア補償された3線式RTDの測定: 設計例.....	6
8 結論.....	7

## 図目次

図 1 2線式RTDのアプリケーション例.....	2
図 2 3線式RTDアプリケーションの例.....	3
図 3 ハードウェア補償を使用した3線式RTDのアプリケーションの例.....	4
図 4 4線式RTDのアプリケーションの例.....	4
図 5 熱電対ベースのアプリケーションの例.....	5
図 6 ハードウェア補償を使用した3線式RTDのアプリケーション例.....	6

## 1 はじめに

各種工業センサを使用して高精度な測定を行う必要がある場合は、常にセンサを動作させたい温度範囲において、その性能に関する特性を知った上で適切な処理を行います。この原則には、センサに対する正確な温度測定が必要になります。このアプリケーション・レポートはADS1247またはADS1248により、RTDや熱電対を用いた温度測定を行いたいと考えている設計者を対象としています。ADS1247やADS1248等の高分解能24ビットADCを使用すると、デバイスの内部構成である内蔵入力マルチプレクサ、電流ソース供給用D/Aコンバータ(IDAC)により、正確な温度測定回路が大幅に簡素化されます。このドキュメントでは、最適な精度を得るために冷接点補償を使用する場合と、使用しない場合の温度測定構成の例を紹介します。

## 2 2線式 RTD のアプリケーション

図1は、ADS1247またはADS1248に対する2線式RTDの応用例です。

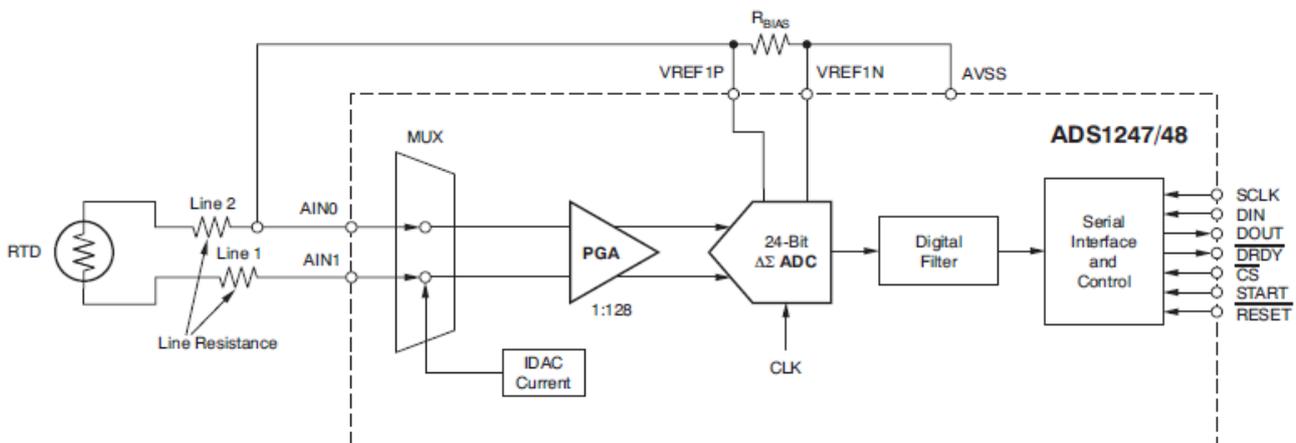


図 1 2線式RTDのアプリケーション例

注:  $R_{BIAS}$ は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

この図に示す2線式RTDの接続は、リモート接続用としては最も簡易的な方法です。ADS1247/8の電流ソースは、IDAC1レジスタの適切なビットをセットすることにより、RTD導線の端子のひとつに接続されます。電流の値は、IDAC0レジスタのISELTビットをセットすることにより調整できます。この場合、MUX2レジスタのVREFCON ビットをセットして、内部のバンドギャップ型基準電圧をオンにする必要があります。また、IDACを機能させるには、デバイスに対する基準電圧が外部的に供給されている場合でも、内部基準電圧をオンにする必要があります。RTDの両端に発生する電圧は、PGA(プログラマブル・ゲインアンプ)を介してADCに取り込まれます。

RTDの両端で測定される電圧は温度に比例し、電圧値はRTDの特性で決まります。 $R_{BIAS}$ の値は、IDACの電流ソースの設定に応じて選択します。デバイスに対する基準電圧は、 $R_{BIAS} \times IDAC$ として外部から供給されます。したがって、MUX2レジスタのVREFSELTビットをセットして、外部基準電圧を選択する必要があります。ADCに対する基準電圧と同様に、PGAの入力同相電圧も $R_{BIAS}$ により決定されます。両者への基準電圧とデバイスへの入力、結果としてこの構成におけるIDAC電流の関数になります。このレシオメトリック法により、IDACのノイズは入力電圧と基準電圧に反映するため相殺され、有効分解能(ENOB)が大幅に増加します。

このレシオメトリック構成では、IDAC電流の温度ドリフトの影響も相殺されます。ただし、2線式を使用する方法には、導線抵抗の両端の電圧低下がRTDの両端の電圧低下に加算されるという欠点があります。したがって、測定装置からあまり離れた位置にセンサを配置することはできません。レシオメトリック法を使用して最高の性能を得るには、信号パスと基準パスのどちらにもフィルタリング用コンデンサを付加しないようにします。電流パスがひとつしかないため、この構成でのIDAC電流のミスマッチ・ドリフトも、重要な問題にはなりません。

### 3.3 線式 RTD のアプリケーション

図2は、ADS1247またはADS1248に対する3線式RTDの応用例です。

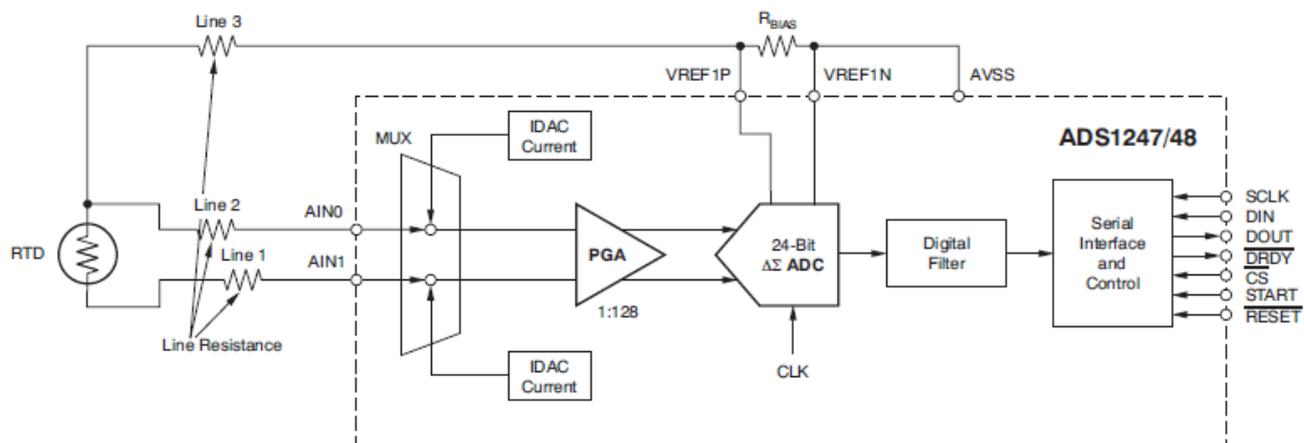


図 2 3線式RTDアプリケーションの例

注:  $R_{BIAS}$ は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

ADS1247/8内部の2つの電流ソースは、3線式RTDへの応用で性能を最適にするために、極めて等しくなるようにマッチングされています。図2に示された3線式で可能な例では、この調整可能な電流ソース2つを使用して対称性を提供し、RTDの配線を含む mismatches の補償をしています。ADS1247/8の電流ソースは、IDAC1レジスタの適切なビットをセットすることにより、RTDを接続している2つの端子にそれぞれ供給されます。電流の値は、IDAC0レジスタのISELTビットをセットすることにより調整できます。MUX2レジスタのVREFCON ビットをセットして、内部バンドギャップ基準電圧をオンにする必要があります。また、IDACを機能させるには、外部基準(電圧)チャンネルが使用されている場合でも、内部基準電圧をオンにする必要があります。RTDの両端で測定される電圧は温度に比例し、その電圧値はRTDの特性でまります。

$R_{BIAS}$ の値は、IDACの電流ソースの設定に応じて選択します。ADCに対する基準電圧と同様に、PGAの入力同相電圧も $R_{BIAS}$ により決定されます。両者への基準電圧とデバイスへの入力、結果としてこの構成におけるIDAC電流の関数になります。IDACのノイズは入力電圧と基準電圧に反映するため、相殺される傾向になります。このレシオメトリック法により、有効分解能(ENOB)が大幅に増加します。また、2つのIDAC電流の相対温度ドリフトの影響も同じ原理で相殺されます。

前述の理由によりこのセッションでは、IDAC電流の mismatches・ドリフトのみを対象として解説します。IDAC電流の mismatches・ドリフトは、測定値のオフセット・ドリフトになります。IDAC電流の mismatchesに対するオフセット・ドリフトの度合いは、導線抵抗に正比例します。レシオメトリック法を使用して最高の性能を得るには、信号パスと基準パスのどちらにもフィルタリング用のコンデンサを付加しないようにします。前出の2線式の限界がこの方式により排除され、配線へのノイズの混入によりS/N比が劣化しない限り、測定装置からかなり離れた位置にセンサを配置することも可能です。ADCへの入力が増えることは決していないため、この回路構成によるADCの入力レンジの利用範囲は半分以下になります。その結果、ADCの全体的な入力レンジを利用する場合と比較して、ADCに要求されるENOBが1ビット(倍)増大します。

### 4 ハードウェア補償を使用した 3 線式 RTD のアプリケーション

図3に示すもうひとつの3線式構成では、補償抵抗 $R_{COMP}$ をRTDのライン2に付加することで、ADCの入力レンジの全てを回路で使用することが可能になります。 $R_{COMP}$ の値を、温度測定範囲の中心値におけるRTD抵抗と等しくなるよう選定し、両者の電圧降下を等しくします。これにより、巨大な初期オフセットをキャンセルすることができます。最良の結果を得るため、 $R_{COMP}$ には極めて低い温度係数の高精度抵抗を選択します。この構成では、IDAC電流のミスマッチ・ドリフトが、前述の例と同様に、測定のオフセット・ドリフトに影響します。ただし、この場合のIDAC電流に対するオフセット・ドリフトの度合いは、導線抵抗と補償抵抗 $R_{COMP}$ の合計に比例します。

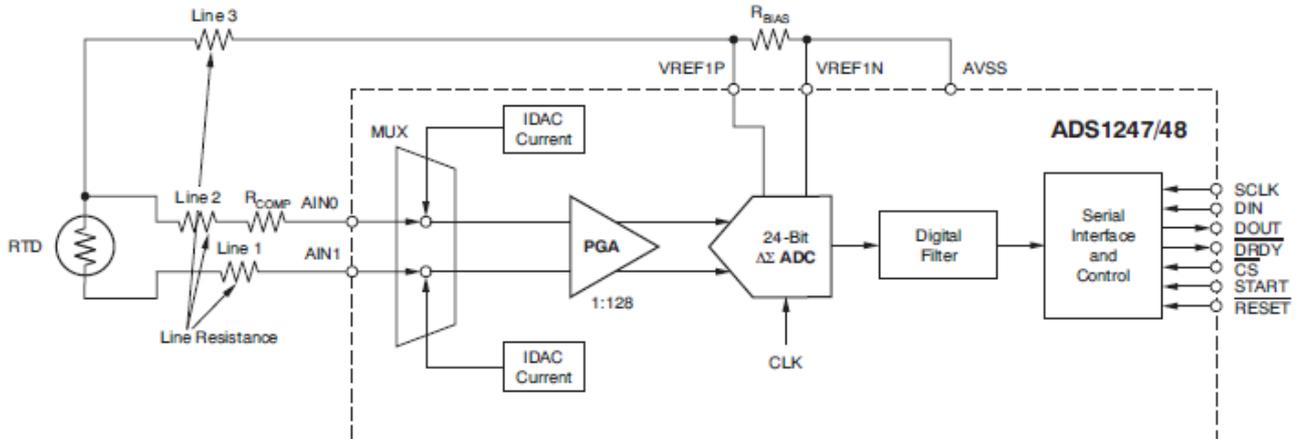


図 3 ハードウェア補償を使用した3線式RTDのアプリケーションの例

注:  $R_{BIAS}$ と $R_{COMP}$ は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

### 5 4 線式 RTD のアプリケーション

4線式RTDを使用する方法(図4)では、最高レベルの精度が得られます。この方法では、RTDの励起パスが検知パスから分離されるためです。IDAC1レジスタの適切なビットをセットして、ADS1247/8の内部電流ソースをRTD導線のライン4 (= IOUT1端子)に接続します。ライン4は感知用の導線ではないため、これにより、デバイスの入力チャンネルひとつを他のセンサ用にとっておくことが可能になります。電流の値は、IDAC0 レジスタのISELT ビットをセットすることで調整できます。MUX2レジスタのVREFCON ビットをセットして、内部バンドギャップ基準電圧をオンにする必要があります。また、IDACを機能させるには、デバイスに対する基準電圧が外部的に供給されている場合でも、内部基準電圧をオンにする必要があります。RTDの両端に発生する電圧は、PGAを介してADCに取り込まれRTDを接続することで測定されます。RTDの両端で測定される電圧は温度に比例し、値はRTDの特性でまきます。 $R_{BIAS}$ の値は、IDACの電流ソースの設定に応じて選択します。

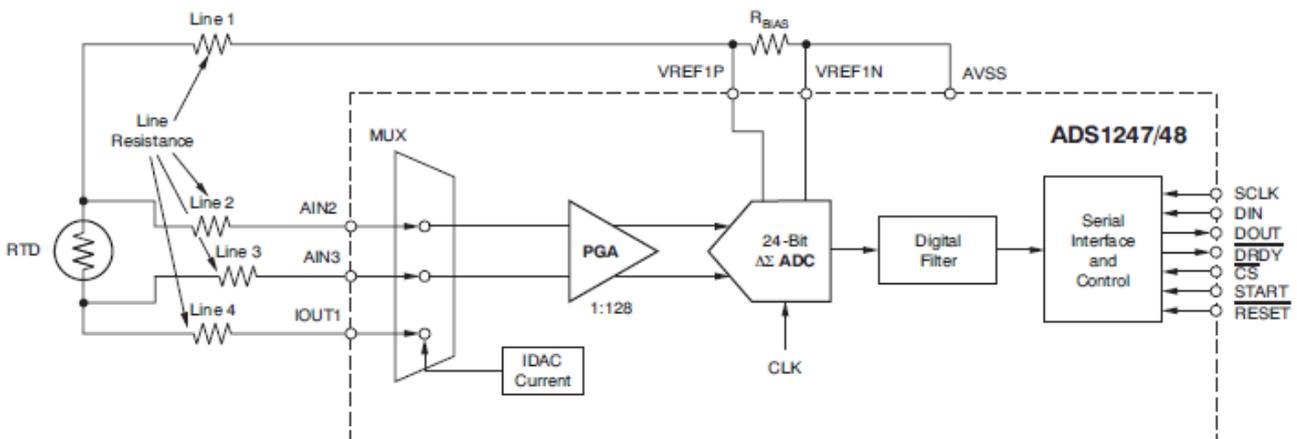


図 4 4線式RTDのアプリケーションの例

注:  $R_{BIAS}$ は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

デバイスに対する基準電圧は、 $R_{BIAS} \times IDAC$ として外部から供給されます。したがって、MUX2レジスタのVREFSELTビットをセットして、外部基準電圧を選択する必要があります。ADCに対する基準電圧と同様に、PGAの入力同相電圧同様に $R_{BIAS}$ により決定されます。両者への基準電圧とデバイスへの入力、結果としてこの構成におけるIDAC電流の関数になります。IDACのノイズは入力電圧と基準電圧に反映するため相殺されます。回路はレシオメトリック構成となっているため、IDAC電流のドリフトは問題になりません。また、電流パスがひとつしかないため、IDAC電流のミスマッチ・ドリフトも重要な問題にはなりません。レシオメトリック法を使用して最高の性能を得るには、信号パスか基準パスのどちらか一方にだけフィルタリング用コンデンサを付加しないようにします。セクション3で述べられた回路構成と同様に、ADCへの入力が負になることは決していないため、この回路構成によるADCの入力レンジの利用範囲は半分以下になります。その結果、ADCの全ての入力レンジを利用する場合と比較して、ADCに要求されるENOBが1ビット（倍）増大します。

## 6 RTD ベースの冷接点補償を使用した熱電対アプリケーション

熱電対はそれ自体で熱起電力を発生するので、RTDとは異なり外部励起は不要です。測定端が開放されていれば、熱電対からは温度 ( $T_J - T_{REF}$ )に比例した電位差が発生します。熱電対は2種類の金属を接合して、その接合部の温度 $T_J$ に比例する電位差を発生する温度センサです。この2つの金属は銅線に接続されるため、さらに2つの接合部ができます。銅線に接続した2つの金属接合部は、 $T_{REF}$ と同じ温度にしておく必要があります。金属接合部を同じ温度にすることで、 $T_{REF}$ に正比例する電圧が生成されます。この電圧は、熱電対の接合部により発生した電圧とは極性が逆になります。 $T_{REF}$ を氷水などで強制的に既知の温度にする代わりに、RTDを使用して $T_{REF}$ を測定します。温度 $T_{REF}$ が分かれば、 $T_{REF}$ を $T_J$ に加算して $T_J$ を計算できます。これを冷接点補償と呼び、3線式RTDを使用する方法を図5に示します。

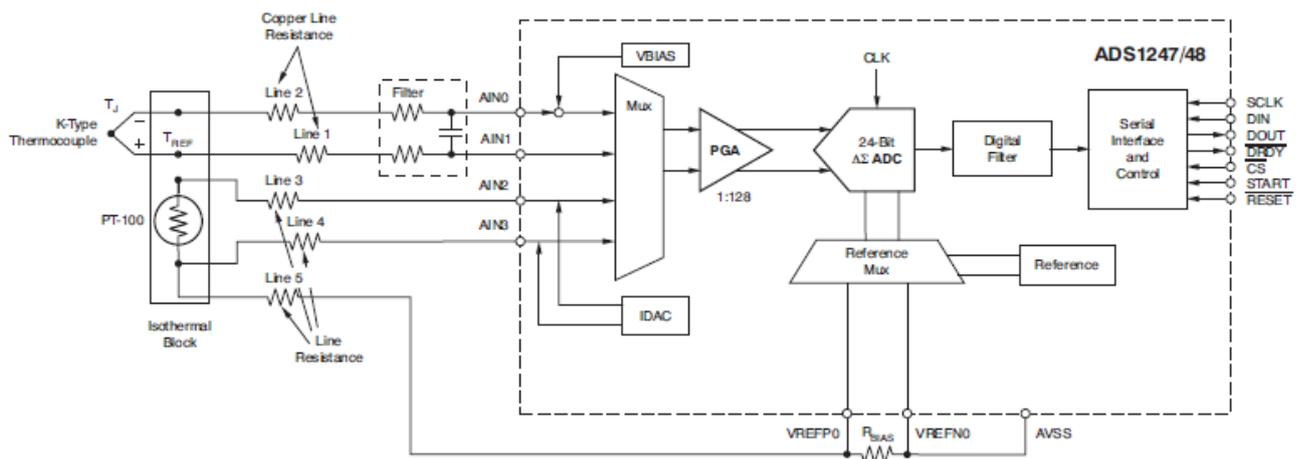


図5 熱電対ベースのアプリケーションの例

注:  $R_{BIAS}$ は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

熱電対法を使用して温度を測定する場合は、 $T_J = 0^\circ\text{C}$ において熱電対出力とRTD両端電圧が等しくなるように、熱電対にバイアス電圧を加える必要があります。ADS1247/8には、この目的用にバイアス電圧ジェネレータが搭載されています。バイアス電圧は電源電圧の1/2 [つまり $AVSS + (AVDD - AVSS)/2$ ]に等しく、図5のように熱電対の端子のひとつ（ライン2）に接続する必要があります。熱電対からの電圧は、内部基準電圧を参照して測定されます。線路に対するノイズの混入の結果、熱電対の電圧にもノイズが乗りますが、これはフィルタを使用して抑制できます。RTDを使用して接合部の温度を測定する場合は、レシオメトリック法を使用した場合に最適なノイズ性能が得られるように外部基準電圧を選択する必要があります。この手法は、セクション3で詳細に解説されています。また、ハードウェア補償を使用した3線式RTDの測定を使用することもできます。

## 7 ハードウェア補償された 3 線式 RTD の測定: 設計例

このセクションでは、PT-100 (RTD) と、ADS1247やADS1248を使用して温度範囲0°C~+50°Cを測定するための回路の設計について説明します。PT-100の温度係数は0°C~+100°Cの間で0.392Ω/°Cであり、抵抗値は0°Cの時に100Ωです。ADS1247/8には、内部に電流がマッチングされたDACが2つ備わっていますが、この2つは3線式RTD構成の実装に適していません。基準電圧がIDAC電流から供給されるレシオメトリック法を使用すると、ノイズ性能が大幅に向上します。図6は、ハードウェア補償を使用したレシオメトリック3線式RTD法の回路構成です。

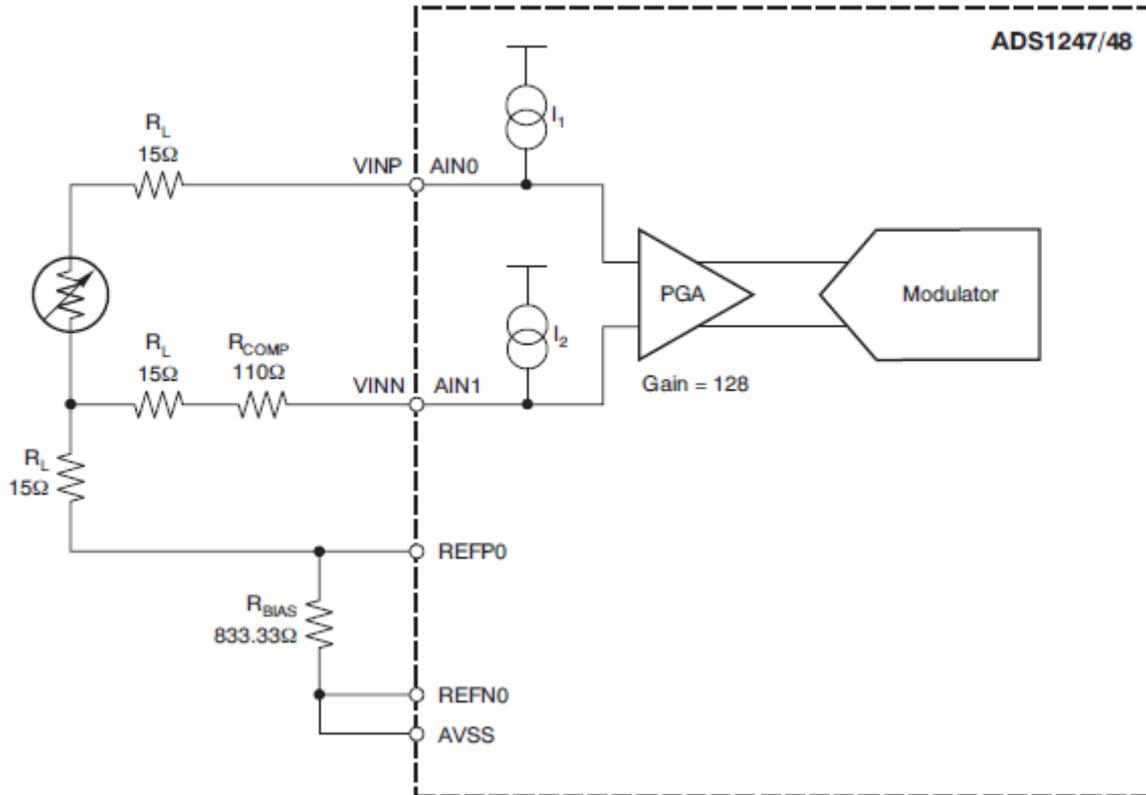


図 6 ハードウェア補償を使用した3線式RTDのアプリケーション例

注: R<sub>BIAS</sub>とR<sub>COMP</sub>は、可能な限りADCの近くに配置する必要があります。

温度の測定範囲は0°C~+50°Cです。PT-100の抵抗値は、0°C時は100Ωであり、+50°Cでは119.6Ωへと変化します。補償抵抗R<sub>COMP</sub>はPT-100の+25°C時の抵抗値に等しくしていますが、この補償抵抗値を選択すると、ADCの入力における電圧変化が正負両側で等しい振幅となります。+25°C時のPT-100の抵抗値は109.8Ωなので、R<sub>COMP</sub>には110Ωを選択します。最適な結果を得るには、R<sub>COMP</sub>には極めて低い温度係数の高精度抵抗を選択し、全体の温度オフセット・ドリフトを最小限に押さえます。導線抵抗R<sub>L</sub>は、測定回路とセンサ間の距離に依存します。ここでは、R<sub>L</sub>は15Ωに等しくなると仮定しています。109.8Ωについての正抵抗振幅は、0°Cの100Ωを基準に見ると9.8Ωです。モジュレータへの差動入力の最大値は、[AVDD - AVSS]が5Vの場合には2.5V([AVDD - AVSS]/2)に等しくなります。PGAのゲインは128に選定して、最良のノイズ性能が得られるようにしますが、これはPGAへの差動入力の最大値が2.5/128 = 19.53mVとなります。したがってIDAC電流は、19.53mV/9.8Ω = 1.99mAよりも小さくなるように設定します。IDAC電流の最大の設定値として1.5mAを選択することにより、可能な最良の温度分解能を得られると同時に、ある程度、測定範囲にマージンが得られるため、0°C~+50°Cより外れた温度も測定できるようになります。

ADCへの入力は次のように計算されます。

$$V_{INP} - V_{INN} = I_1(R_L + R_{RTD}) - I_2(R_L + R_{COMP})$$

$$= I(R_{RTD} - R_{COMP})$$

ここで、I<sub>1</sub> = I<sub>2</sub> = Iです。

PGAへの差動入力の最大値は $(V_{INP} - V_{INN})$ であり、 $1.5\text{mA} \times 9.8\Omega$ 、つまり $14.7\text{mV}$ に等しくなります。モジュレータへの差動入力電圧の最大値は $128 \times (V_{INP} - V_{INN})$ であり、この例では $1.881\text{V}$ に等しくなります。したがって、基準電圧を $1.881\text{V}$ 以上になるよう選択します。ここでは、基準電圧 $V_{REF}$ は $2.5\text{V}$ となるように選択します。 $R_{BIAS}$ 両端の電圧は基準電圧として機能し、チャンネル $A_{IN0}$ と $A_{IN1}$ 用の入力同相電圧を設定します。 $R_{BIAS}$ を流れる電流は $3\text{mA}$ です。 $R_{BIAS}$ を $833.33\Omega$ に設定すると、 $V_{REF}$ が $2.5\text{V}$ に設定されます。

最良の結果を得るために、 $R_{BIAS}$ には極めて低い温度係数の高精度抵抗を使用します。 $R_{BIAS}$ での初期誤差は、測定値のゲイン誤差に影響し、 $R_{BIAS}$ の温度係数は測定値のゲイン・ドリフトに影響します。

入力同相電圧は、式1により計算できます。

$$\begin{aligned} V_{CMI} &= \frac{[I_1(R_L + R_{RID}) + I_2(R_L + R_{COMP})]}{2} + (I_1 + I_2)(R_L + R_{BIAS}) \\ &= IR_L + I \left( \frac{R_{RTD} + R_{COMP}}{2} \right) + 2I(R_L + R_{BIAS}) \end{aligned} \quad (1)$$

PGAの出力同相電圧 $V_{CMO}$ は、入力同相電圧 $V_{CMI}$ と同じ値であり、PGAの出力電圧は、 $0.1\text{V} \sim 4.9\text{V}$ 間でスイングできます。最大差動出力電圧は $2.5\text{V}$ です。したがって、PGAの出力同相電圧の変化は、 $(0.1\text{V} + 1.25\text{V}) = 1.35\text{V}$ から $(4.9\text{V} - 1.25\text{V}) = 3.65\text{V}$ の範囲なので出力は飽和しません。入力同相電圧も、同じように $1.35\text{V} \sim 3.65\text{V}$ 間で変化する可能性があります。この例では、 $V_{CMI}$ の変化は $2.7245\text{V} \sim 2.7395\text{V}$ とわずかなので、 $1.35\text{V} \sim 3.65\text{V}$ の範囲に十分おさまります。

## 8 結論

以上のような考察により、RTDおよび熱電対とともにADS1247/ADS1248を様々な構成に使用方法を示しました。これらの記事から、他の温度測定方法についても、検討し実践しうる十分な情報が得られたものと確信します。

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは承認することを含みません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上