

LM4140,LMP7702,LMP7704

Application Note 1559 Practical RTD Interface Solutions



Literature Number: JAJA306

RTD の実践的インタフェース・ソリューション

National Semiconductor
Application Note 1559
Chris Eckert, Ron Bax
2007 年 10 月



1.0 目的

本アプリケーション・ノートは、測温抵抗体 (RTD) の概要と、RTD で一般に使われているインタフェースについて説明することを目的としています。

インダストリアル環境には幅広いスペクトラムにまたがる縦方向のノイズが存在する場合があります。回路インタフェースには優れたコモンモード除去能力が求められます。

そこで、縦方向平衡について簡単に検討するとともに、縦方向ノイズへの応答性を高める方法について説明します。

また、性能を引き出す設計ガイドラインに沿って、適切な縦方向平衡が得られる回路構成を示します。

2.0 RTD の総説

2.1 RTD の概要

RTD (測温抵抗体) の構成方法はさまざまですが、白金の温度特性を利用したタイプが最も一般的です。予測可能な温度特性を有するため、複数の方法で制御および設定が可能です。

白金ワイヤをガラスまたはセラミックに巻いたタイプ、あるいは白金薄膜素子タイプが広く使われています。

さまざまな構成の RTD が市場では入手可能ですが、本アプリケーション・ノートではきわめて一般的なタイプのみを対象とします。

2.2 RTD スタンドガード

白金温度センサの詳細な電気的特性は国際スタンダード EN60751 に定義されています。このスタンダードには、抵抗値と温度との関係、誤差、特性グラフ、温度範囲などが規定されています。

3.0 2 線式 / 3 線式 / 4 線式の構成

温度センサには複数の構成が存在します。

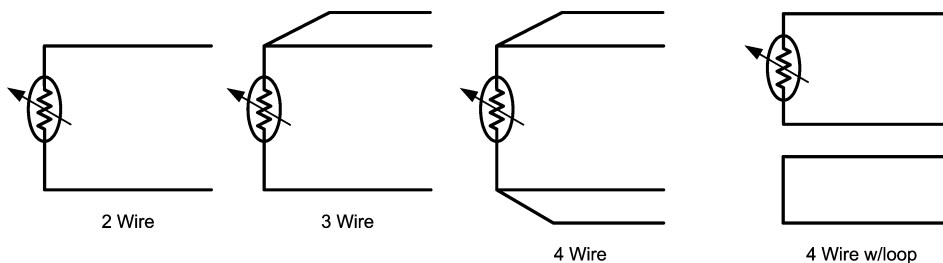


FIGURE 1. Standard Schematic

2 線式 - 接続ワイヤの寄生抵抗が既知で変化しないときにこの構成が使えます。シグナルパスの後段で補償を計算します。

2.3 RTD 仕様

RTD では、Pt100、Pt500、Pt1000 の三種類が一般的です。100、500、1000 はそれぞれ 0 での抵抗値を示します。
- 200 から 0 の範囲では抵抗値の温度特性は 4 次多項式によって記述されます。

$$R=R_0(1+At+Bt^2+C(t-100)t^3)$$

0 から 850 の範囲では抵抗値の温度特性は 2 次多項式で記述されます。

$$R=R_0(1+At+Bt^2)$$

係数は次のとおりです。

$$A = 3.9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5.775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C = -4.183 \times 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$$

2.4 ガイドライン

- 高精度アプリケーションに使用する場合は、センサは正確にはリニアではないことに留意してください。情報をデジタイズした後、マイクロコンピュータで上記の多項式を利用すると、正確な温度換算が可能です。
- 高精度アプリケーションに使用する場合は、感度と分解能を高めるために、高抵抗センサ (Pt1000) を使用してください。
- 高抵抗センサは、高めの電圧の単一電源、あるいは 2 電源を必要とする場合があります。リニアな性能を得るために十分なマージンを確保してください。
- センサの自己発熱をできるだけ小さくするように駆動電流を設定してください。各タイプのセンサが対応できる電流レベルと許容可能な測定誤差は簡単に計算できます。
- データ・アキュイジション・システムでサンプリング間隔を設定するときには、センサが応答時間を有する点に留意してください。

3 線式 - この構成ではケルビン接続を使うことで電流ループの片方をモニタできます。ループの抵抗分で生じる電圧降下を測定して補償します。3 線式しか利用しない設計者もいます。

4 線式 - この構成ではケルビン接続を使うことで電流ループの両方をモニタできます。高い精度が得られるとともに、ワイヤの長さが異なっても補償が可能です。

ループ付き 4 線式 - この構成は 4 線式に似ていますが、ループ内の損失を測定する方法は設計者に委ねられています。ワイヤの抵抗は RTD ループとは独立して測定可能です。RTD のケルビン接続の優劣には依存しません。そのため、より高い精度と信頼性が得られます。

3.1 4 線式インタフェース

RTD の励起に一般的に使われる回路を Figure 1 に示します。

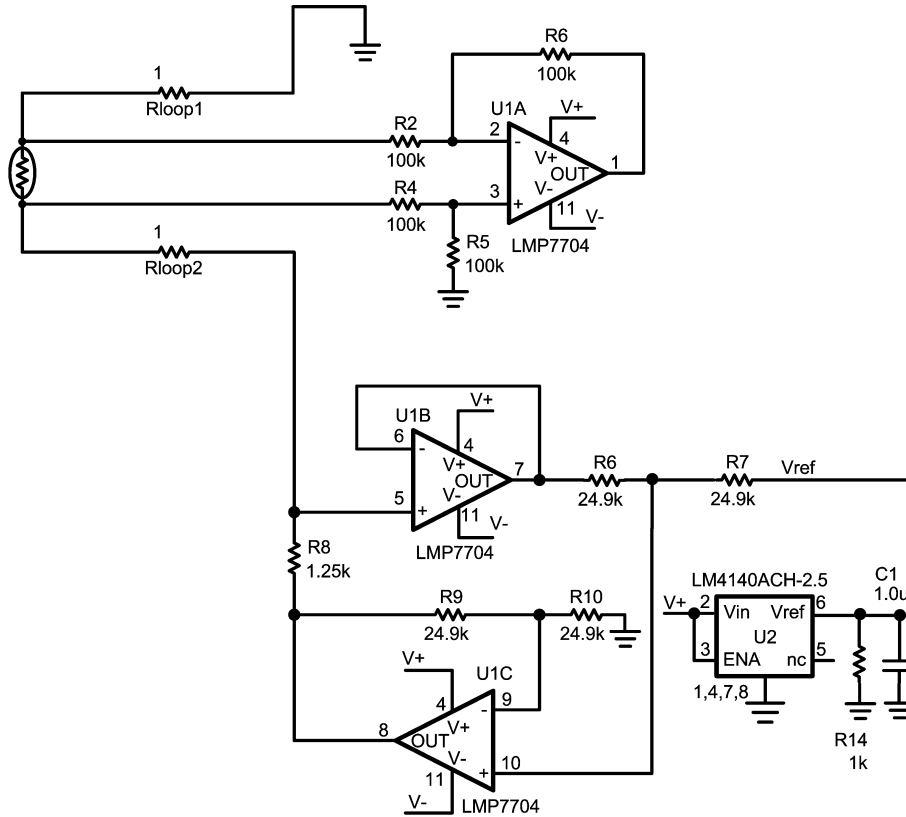


FIGURE 2.

定電流ドライバを使用しているため RTD の自己発熱の制御は容易です。感度の高い RTD (高抵抗) ほど、精度の確保と自己発熱の抑制を目的として、小電流でのドライブが求められます。

LM4140 は低ノイズの高精度電圧リファレンスです。

LMP7704 は、クワッド回路で構成された、高精度、CMOS 入力、入出力フルスイング、広電圧範囲のアンプです。

3.1.1 回路理論

3.1.1.1 電流源

Figure 2 で U1B と U1C はブートストラップ電流源を構成しています。ここで、

$$I = \frac{V_{\text{ref}}}{R8}$$

U1C の 10 ピンの入力インピーダンスはきわめて高いため、R6 を流れる電流は R7 を流れる電流とほぼ同じです。

$$V_{INU1C} = \frac{V_{ref} - V_{OUTU1B}}{2} + V_{OUTU1B} \therefore V_{INU1C} = \frac{V_{ref} + V_{OUTU1B}}{2}$$

$$V_{OUTU1C} = 2 \left[\frac{V_{ref} + V_{OUTU1B}}{2} \right] = V_{ref} + V_{OUTU1B}$$

$$V_{OUTU1B} = V_{INU1B}$$

$$VR8 = V_{OUTU1C} - V_{INU1B}$$

$$VR8 = V_{ref} + V_{OUTU1B} - V_{INU1B}$$

$$\therefore$$

$$VR9 = V_{ref} \text{ (No matter what } V_{INU1B} \text{ is)}$$

3.1.1.2 差動受信アンプ

U1A はケルビン接続の差動アンプです。すなわち、差動アンプの入力インピーダンスが高いために、接続しているワイヤ・ペアには励起電流は流れません。実際にはほんのわずかな電流が差動アンプの入力には流れ込むため、電流を設定するときにはこの点を考慮する必要があります。

このケルビン接続は電流ループ内のワイヤ抵抗に起因するいかなる誤差も除去します。

3.2 ガイドライン

- この回路は単一 5V 電源にて動作し、およそ 80 から 1.1k の範囲の抵抗センサが使えます。
- 抵抗範囲が高い場合は VCC を高くする必要があります。
- RTD が 80 程度よりも低い場合は、0.0VDC に近い出力を正確に得るために、負電源が必要になります。
- RTD へと至る長いワイヤ・ループ上に大きな縦方向電圧が存在するときは、この回路では適切な性能が得られません。そのような環境では平衡回路を使用してください。
- ネットワーク抵抗器を使用し、ペアそれぞれで同等の値を維持して整合を図ってください。
- 使用しているオペアンプの SPICE モデルは www.national.com で提供しています。SPICE シミュレーションを行って適切な抵抗を選択してください。

4.0 縦方向平衡

センサを電気回路インタフェースから 1 メートル程度かそれ以上離して配置し、しかも環境に多くのコモンモード・ノイズが存在する場合は、平衡を考慮しなければなりません。

ラインどうしが良好に平衡していて、かつ、レシーバが差動であれば、コモンモード・ノイズは除去されます。

4.1 平衡の理解

ケーブル・ラインの平衡度合いを確認するには、各導体からグラウンドに対するインピーダンスを調べる方法が簡単です。DC 回路がスタート・ポイントとして適当です。

ワイヤ・ペアの平衡を調べるには各ワイヤからグラウンドへの等価インピーダンスを求めます。ここでは DC 回路のみを扱うため、各ワイヤからグラウンドへの等価 DC 抵抗を求めれば十分です。つまり、一方は R1 とグラウンド間、もう一方は R2 とグラウンド間です。

$$BAL_{dB} = 20 * \log \left[\frac{R1 - R2}{R1 + R2} \right]$$

和と差で構成される上の式は、2 つのインピーダンス (R1 と R2) を比べる目的に有効です。抵抗の値が近いほど単位を dB とする大きな値が結果として得られます。必要に応じて、上側を和で構成し下側を差で構成してもかまいません。結果の符号が変わるだけです。この式はできるだけ大きな値を得るために使います。

この解析を Figure 2 と Figure 3 に適用すると平衡が存在していないことがわかります。一方に高インピーダンスの電流源があり、他方はグラウンドに接続されています。

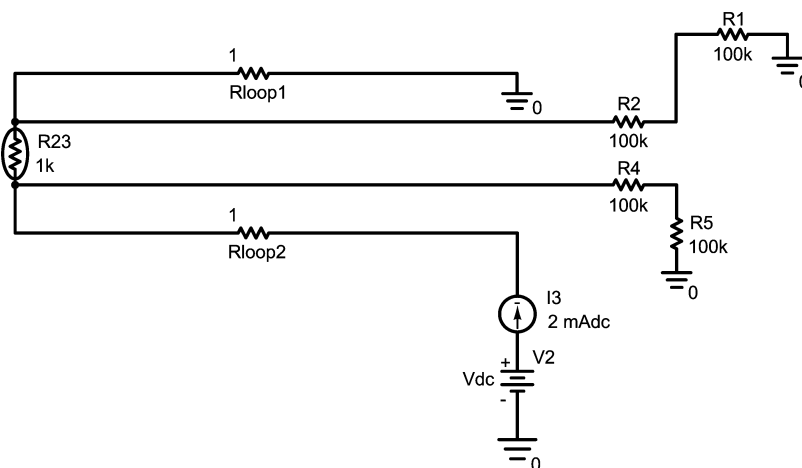


FIGURE 3. Equivalent Balance Circuit for Figure 2

グラウンドに対する抵抗値がかなり違っていて $BAL = 0.0$ に近い状態になるため、電流を運ぶループ内の共通モード・ノイズは電圧測定ループ内の差動ノイズに変換されます。

ノイズはレシーバの差動入力端に与えられサンプリング・システムの内部へと混入します。適切な平衡を得るには若干の部品追加が必要です。

5.0 平衡 2 線式および平衡 4 線式インタフェース

Figure 4 には、入力平衡を改善する目的で、634 の抵抗 (R1) とローパス・フィルタ (U1C、R7、R8、C1、C2) を追加しています。電圧リファレンスの出力を半分に分圧するとともに、R10 の抵抗値を半分 (634) にして、ループ内の電圧振幅が電源電圧 10VDC の範囲に収まるようにしています。DC 回路には影響ありません。

ループ電流回路に話を戻して、共通モード電圧からは一方はグラウンドに 634 が接続されているように見え、もう一方は U1D の出力に 634 が接続されているように見えます。ここで U1D の出力は、U1C が構成するローパス・フィルタの阻止帯域では良好な AC グラウンドとして見えます。セイレンキー型ローパス・フィルタの F3 dB は、60Hz、120Hz、180Hz の各周波数を減衰するように選択します。これらの周波数で優れた CMR が実現されます。これらの周波数はインダストリアル環境での縦方向ノイズ源として一般的です。

高い周波数の CMR に対しては、高い周波数のオペアンプを使用してください。

DC では回路は高インピーダンス電流源になります。Figure 5 を参照してください。

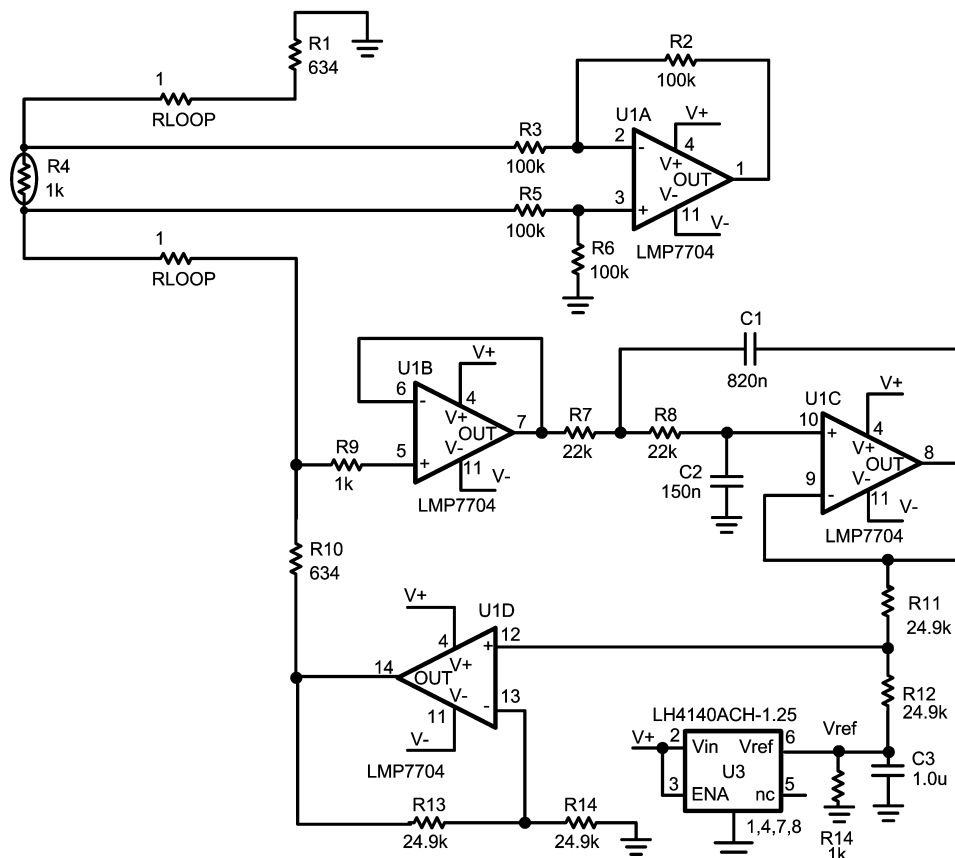


FIGURE 4.

5.1 ガイドライン

- RTD の抵抗範囲によっては電源電圧を変更する必要があります。
- この電圧リファレンスの場合、V + は 5VDC に維持してください。
- RTD の抵抗範囲が低抵抗の場合、- 2VDC の負電源を使った動作が適当です。一方、高抵抗の場合は 10.0VDC の正電源を使った動作が適当です。
- U1B の IN + に直列抵抗を追加してケーブルとの分離を高めています。
- 使用しているオペアンプの SPICE モデルは www.national.com で提供しています。SPICE シミュレーションを行って適切な抵抗を選択してください。

5.2 平衡 4 線式

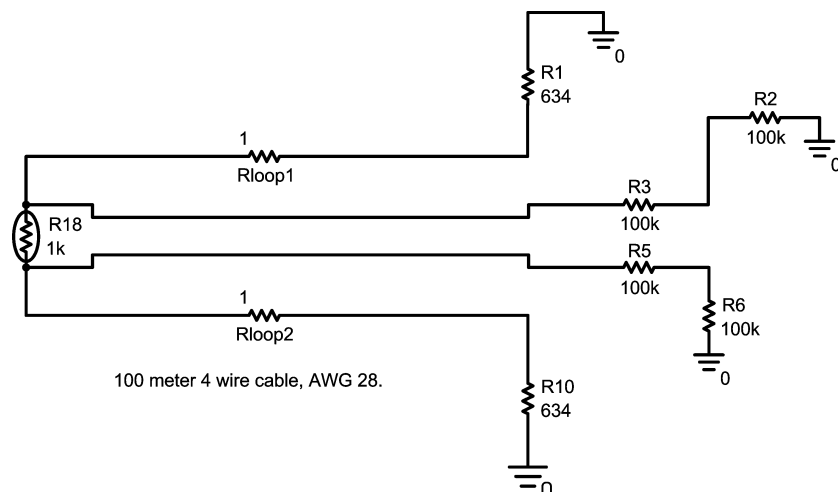


FIGURE 5. Balanced 4 Wire Equivalent Circuit

はるかに優れた平衡方式です。平衡度は抵抗の誤差でのみ制限されます。

6.0 平衡 3 線式インタフェース

平衡を得るもう 1 つの方法が、自己ゼロ機能を備えた 3 線式インタフェースです。3 線式の RTD しか入手できない場合もあり得ます。この回路はそのような要件にも対応し、また、ループ抵抗の影響を打ち消します。

差動アンプにデュアル回路の LMP7702 を使用しています。

U1A は電流ループの半分の電圧降下を測定します。

U2B は RTD 両端の電圧降下を測定します。

U2A は 2 つの差を測定し補正出力を与えます。後段で 2 系統の A/D コンバータが使える場合は、差動測定を 2 個のアンプのみで行って、補正をソフトウェアで実装することも可能です。その場合、シングル回路とクワッド回路のオペアンプで構成が可能です。

電流ループの片方の電圧降下に 2 を乗じ、RTD での電圧降下から引くことで、ループ抵抗の影響が排除されます。

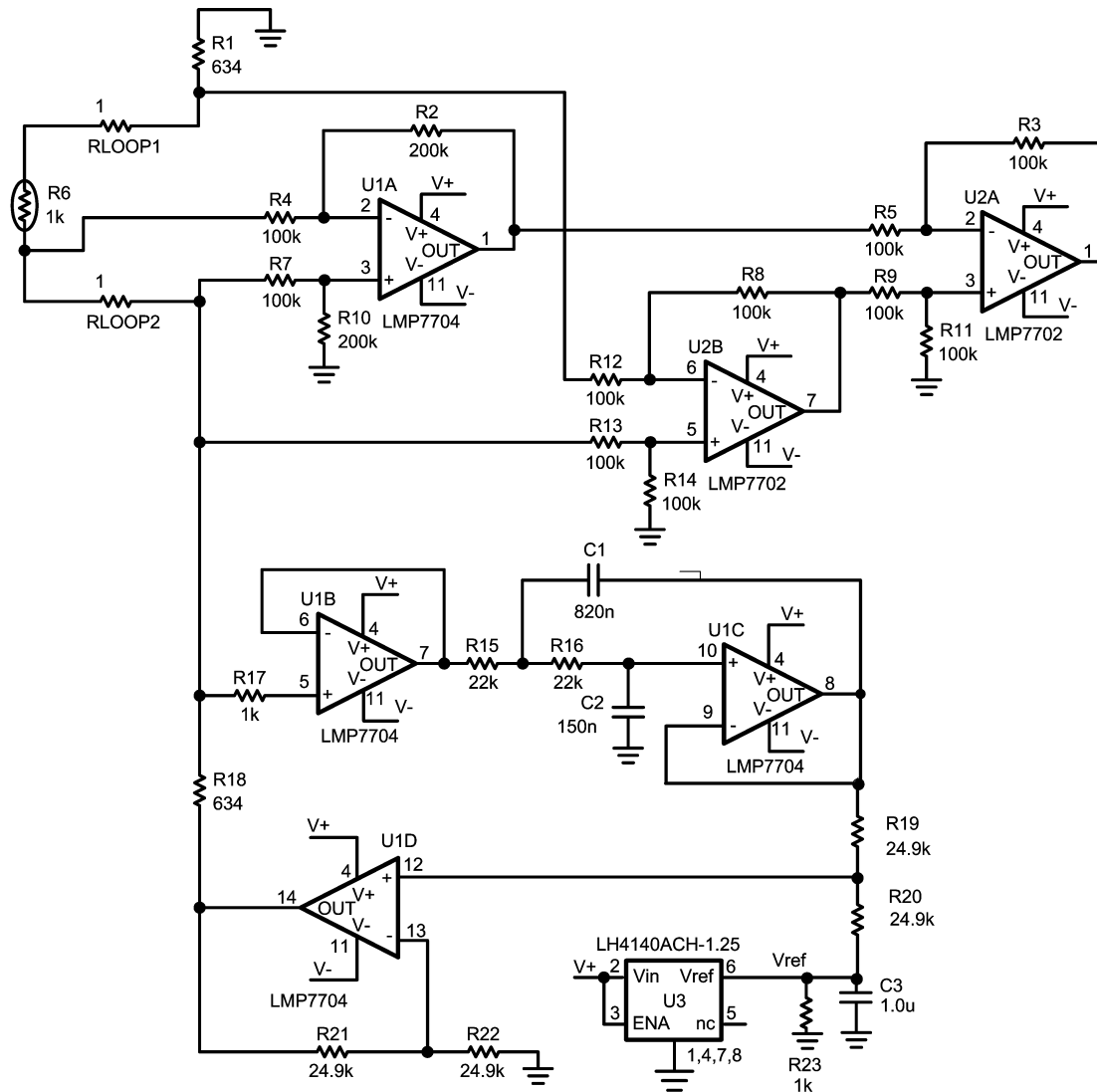


FIGURE 6.

7.0 ガイドライン

- センサへのインタフェースはできるだけ平衡させてください。平衡によってコモンモード・ノイズが除去され、低周波フィルタの必要性が低くなります。
- 高インピーダンスの IC 信号をケーブルに直接接続してはなりません。このような信号はケーブルで発生する高電圧に対して敏感です。信頼性を高めるには ESD 保護回路を使用してください。R17 は U2A 後段に対してある程度の保護の役割を果たします。U2 の入力バイアス電流は十分に低いため、1k に起因する入力オフセットの発生はわずかです。
- 寄生容量は平衡を劣化させます。レイアウトはできるだけ対称かつコンパクトにしてください。
- 使用しているオペアンプの SPICE モデルは www.national.com で提供しています。SPICE シミュレーションを行って適切な抵抗を選択してください。

- 電流源に先ほどと同じローパス・フィルタを設けて、UID の出力を商用電源周波数にて良好な AC グラウンドに見せかけています。電流源にローパス・フィルタを設けていることと、RTD の両側からグラウンドへの抵抗を等しくしているため、商用電源周波数にて適切な CMR が得られると考えられます。

8.0 テスト結果

上述の試作回路を構築し、精度と平衡度を評価しました。回路は 2 線式、3 線式、4 線式が評価できるように作成しました。また、抵抗の不整合で発生するオフセット電圧誤差を排除できるように、調整機能を設けました。

適切な結果を得るには、次の要件を守らなければなりません。

- V⁻ には 1V 以上を与えてください。ループ抵抗両端の電圧降下を測定する際に、GND を V⁻ 電源レールとするには電圧降下値が GND にきわめて近いからです。
- 抵抗不整合に起因するオフセットを排除するために、すべての差動アンプには高精度に整合した抵抗 (ネットワーク抵抗器) を使用してください。

8.1 精度

RTD 抵抗の実測値および電圧降下の計算値を Figure 7 に示します。

各直線が実質的に重なっていることから、測定精度は基本的には回路内の抵抗の整合度で決まることがわかります。

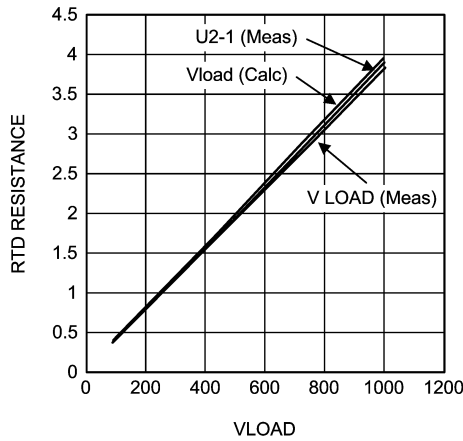


FIGURE 7. Resistance vs Voltage

8.2 平衡

平衡をテストするために Figure 6 の回路を 2 線式に変更しました。

3 線式構成では平衡回路は効果がない点に注意が必要です。回路自体が 3 本目のワイヤを持っているため、対処が難しい不平衡がケーブル内で生じます。平衡回路は 2 線式または 4 線式で正しく機能します。

コモンモード信号をテスト抵抗 R6 の両端に印加しました。Z = 50 のジェネレータを使用しています。U2B の 7 ピンの出力電圧がテスト抵抗の両端に印加したのと同じ振幅と位相になったときを、周波数ドメインでグラフ化したものを Figure 8 に示します。このグラフから、周波数が高くなるにつれてコモンモード除去能力が高まっている様子がわかります。フィルタ特性はシステムのコモンモード周波数を除去するように選択します。

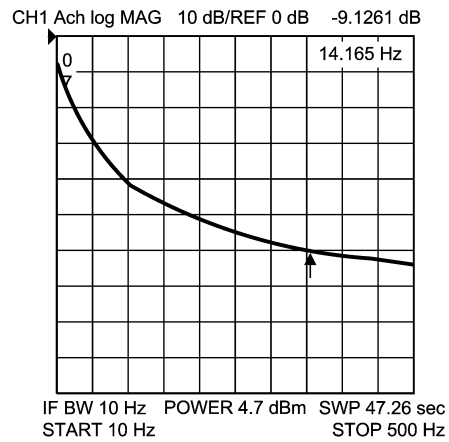


FIGURE 8.

8.3 加工前データ

R6 (Ω)	V1 (VDC) (Meas)	V2 (VDC) (Meas)	V1-V2 (VDC) (Calc)	I(Load) (ADC) (Calc)	I(Load) (ADC) (Meas)	U1-1 (VDC) (Meas)	U2-7 (VDC) (Meas)	U2-1 (VDC) (Meas)	Vload (VDC) (Calc)	V Load (VDC) (Meas)
100	5.441	2.939	2.502	0.003946372	0.003916	0.07920	0.4712	0.3917	0.394637224	0.3916
200.27	5.831	3.330	2.501	0.003944795	0.003913	0.07950	0.8635	0.7838	0.790024085	0.7834
299.89	6.219	3.717	2.502	0.003946372	0.003908	0.07910	1.2534	1.1732	1.183477571	1.1722
399.99	6.607	4.105	2.502	0.003946372	0.003905	0.07938	1.6430	1.5620	1.578509432	1.5609
500	6.995	4.492	2.503	0.003947950	0.003900	0.07972	2.0320	1.9520	1.973974763	1.9500
600	7.382	4.879	2.503	0.003947950	0.003896	0.07990	2.4200	2.3390	2.368769716	2.3370
700	7.769	5.265	2.504	0.003949527	0.003892	0.07930	2.8090	2.7280	2.764668770	2.7250
800	8.152	5.648	2.504	0.003949527	0.003887	0.07930	3.1940	3.1130	3.159621451	3.1090
900	8.536	6.031	2.505	0.003951104	0.003884	0.07980	3.5800	3.4990	3.555993691	3.4950
1000	8.921	6.416	2.505	0.003951104	0.003879	0.07970	3.9680	3.8860	3.951104101	3.8820

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売か使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2008 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

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、保証もしくは是認するということを意味しません。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