

Application Note

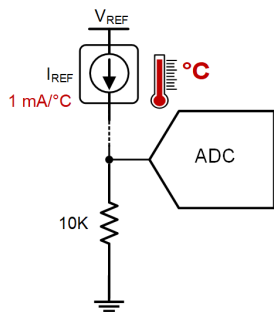
宇宙用グレードの温度検出設計を最適化する方法



Meredith McKean

概要

この記事では、テキサス インスツルメンツ (TI) の温度センサを宇宙システムに統合するための詳細なガイドを紹介します。特に、TI の宇宙用製品群の大部分を占めるリモート温度センサに重点を置いて説明します。まず、宇宙用途で一般的に使用される温度検出設計を確認し、その後、リモート温度検出のさまざまな用途に移り、システム統合を成功させるための重要な設計上の考慮事項を概説します。さらに、この記事では、放射線被ばくがリモート温度センサの性能にどのような影響を及ぼすかを説明します。これらの結果は、TI のリモート温度センサを宇宙システムのアーキテクチャに組み込むことの容易さと有効性を示しており、宇宙ミッション向けの堅牢で信頼性の高い電子機器の開発を支援するものです。

Analog Temp Sensor IC
(Current Output)

NTC Thermistor

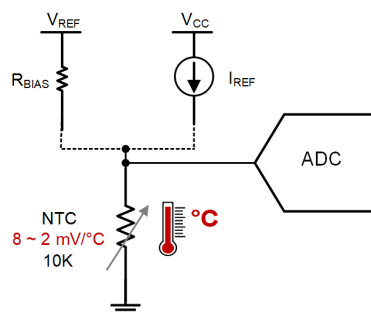
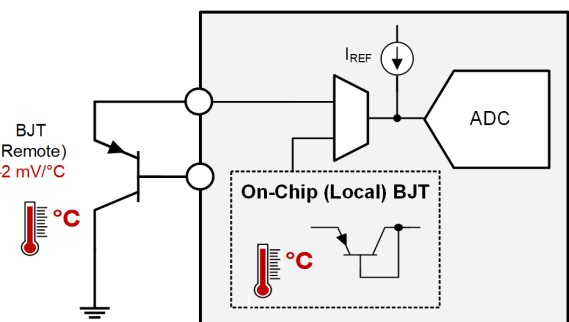
Digital Temp Sensor IC
(Remote & On-Chip)

図 1-1. 温度設計の比較

目次

1 はじめに.....	2
2 比較.....	2
3 リモート アプリケーションの使用事例.....	3
4 デフォルトのリモート考慮事項.....	4
5 ベータ エラー.....	6
6 較正.....	7
7 レイアウト手法.....	9
8 まとめ.....	10
9 参考資料.....	10

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

宇宙用グレードの集積回路 (IC) を用いた設計は、過酷な宇宙環境で信頼性の高い電子システムを構築するうえで極めて重要な要素です。宇宙用 IC は、システムとして放射線曝露試験に合格する必要があります。温度検出のオプションを検討する際、宇宙用 IC は、放射線耐性が検証されたデータを備えた、より統合的な設計を提供します。この記事では、テキサス インストルメンツ (TI) の宇宙用温度センサをシステムに統合するうえで必要とされる重要な情報に関する包括的な概要を説明します。宇宙システム向けの温度設計で、顧客がよく採用する 3 つの一般的な選択肢は、温度トランスデューサ、サーミスタ、および IC / リモート接合部です。温度トランスデューサは、絶対温度に比例する出力電流を供給します。サーミスタは温度に敏感な抵抗であり、温度に応じて抵抗値が大きく変化します。リモート接合部とは、温度によってベース エミッタ電圧が変化するバイポーラ接合トランジスタ (BJT) のことです。TI の温度センサ製品群では、IC ベースの温度検出設計を提供しています。TI の宇宙用製品ラインには、リモート温度センサも含まれています。リモート温度センサは、ローカル ダイおよび外部チャネルからのデジタル温度測定を提供し、PNP および NPN トランジスタの両方に接続できます。この設定では、単一の IC を使用して、システム全体の複数のホットスポットを測定できます。当社のリモート センサには、外部 BJT の温度を正確に測定するための内蔵 A/D コンバータ (ADC) と必要なバイアス回路が組み込まれています。リモート温度センサにはさまざまなアプリケーション向けの設計があり、本書では最も一般的な使用例について詳しく説明します。この記事を読むと、リモート温度センサをシステムアーキテクチャに組み込むことの容易さを明確に理解できます。

2 比較

宇宙環境で使用する温度センサ技術を選定する際、エンジニアはしばしば、集積回路温度センサと従来のサーミスタを比較検討します。どちらの種類のセンサにも明確な利点と制限があります：

表 2-1. リモートとサーミスタの比較

デジタルリモート センサ	サーミスタ	温度トランスデューサ (電流出力)
製品について既知の放射線性能データ	放射線下で機能を理解するには、さらに試験を実施する必要があります	製品について既知の放射線性能データ
高集積化により、部品コストやエンジニアリング コストの削減が可能	温度を測定するために、電流源や ADC など、より多くの部品が必要	抵抗器や ADC を含む温度を測定するためには、より多くの部品が必要
広い温度範囲にわたる線形化	非線形であり、高温でも低精度を実現します。	広い温度範囲にわたる線形化
追加のバイアス回路は不要です	バイアスが必要です	バイアスが必要です
温度測定用のプログラマブル サンプリング機能付き ADC を内蔵	基板上の多数の発熱箇所を監視するために多くのサーミスタを実装する場合、より多くの ADC や MCU の IO が必要となり、設計の負担が大きくなります	基板上の多数の発熱箇所を監視するために多くのサーミスタを実装する場合、より多くの ADC や MCU の IO が必要となり、設計の負担が大きくなります
統合されたアラート	アラート機能用のコンパレータ回路を実装する必要があります	アラート機能用のコンパレータ回路を実装する必要があります

3 リモート アプリケーションの使用事例

リモート温度センサの主な用途は 3 つあります。基板の温度を測定すること、周辺部品をの温度を測定すること、そしてオンチップ温度測定のために内蔵ダイオードの温度を測定することです。FPGA、ADC、他のシステム オン チップ (SoC) など、集積回路コンポーネントには製品内の温度測定用ダイオードが含まれています。TI のリモート温度センサは、これらのダイオードに直接接続して正確な温度測定を行います。SoC 外の基板上で複数箇所の温度を測定する必要がある場合、ディスクリート BJT ベースのダイオードを外部温度検出素子として使用できます。TMP9R00-SP を使用する 1 個のリモート IC を使用して、最大 9 つの異なる場所を測定できます。単一の IC を使用することで、9 か所すべての測定点を読み取るための A/D コンバータを内蔵でき、設計プロセスを簡素化できます。リモート温度センサは、デジタル ローカル温度センサとしてのみ使用できます。そのためには、D+ ピンと D- ピンを短絡させ、リモート機能を使用しないという選択肢があります。1 つの温度センサ IC で、基板温度やシステム内の他の発熱箇所を測定できます。これらのアプリケーションの例を参考として以下に示します。

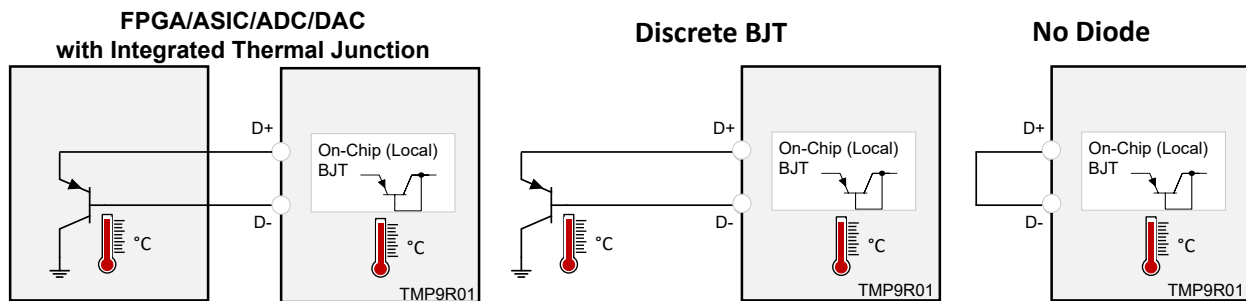


図 3-1. リモート温度センサのアプリケーション

表 3-1. 統合型 BJT 監視の例

例	デバイス	リモート接続の監視
ALPHA-3P-ADM-VA601-SPACE	TMP9R01-SEP	XQRVC1902 ACAP
ALPHA-3P-VB630-SPACE	TMP9R01-SEP	XQRVE2302 ACAP
ALPHA-XILINX-KU060-SPACE	TMP461-SP	XQRKU060 FPGA
TSW12D1620EVM-CVAL	TMP461-SP	ADC12DJ1620
TIDA-070004	TMP461-SP	ADC12DJ1620
アプリケーション ノート:RTG4 FPGA: 温度モニタ	TMP461-SP	RTG4 FPGA

表 3-2. ディスクリート BJT 監視の例

例	デバイス	リモート接続の監視
TIDA-010197	TMP461-SP	衛星の正常性監視
TIDA-010191	TMP461-SP	健康状態モニタ
TIDA-010931	TMP9R00-SP	バッテリー マネージメント

4 デフォルトのリモート考慮事項

デフォルトのリモート設計の考慮事項

エンジニアは、リモート センサの設計パラメータを考慮する必要があります。この TI のリモート設計は、[式 2](#) に示すダイオードの電流と電圧の関係に基づいています。これにより、温度を測定する方法の簡略化された方程式が提供されます。独自の方法を使用して温度を計算します。リモート温度センサは、BJT トランジスタに適合するように設計されています。トランジスタの詳細については、[リモート温度センサトランジスタ選択ガイド](#)を参照してください。

$$\Delta V_{BE} = \left(\frac{\eta k T}{q} \right) \ln \left(\frac{I_{C2}}{I_{C1}} \right) \quad (1)$$

$$T = \frac{q \Delta V_{BE}}{\eta k \ln \left(\frac{I_{C2}}{I_{C1}} \right)} \quad (2)$$

表 4-1. 変数のリスト

変数	定義
ΔV_{BE}	(3) ベースとエミッタ間の BJT の電圧測定
η	(4) N 係数補正パラメータ
q	(5) 電子の電荷
k	(6) k ボルツマン定数
$\frac{I_{C2}}{I_{C1}}$	(7) 選択されたリモート センサの現在の方法論。これはデバイスによって異なります。

TI のリモート センサは、リモート接合部間のデルタ V_{be} を測定するために、D+ ラインに 3 つまたは 4 つの電流を強制的に流します。D+ ラインからの電流は、リモート センサに組み込まれており、リモート BJT から温度を収集する方法に寄与しています。理想的な D+ 信号は下に示されており、アクティブな変換中の異なる電流が強調されています。理想的には、TI は D+ および D- をリモート BJT に直接接続することを推奨していますが、長いパターンがある場合、TI は D+ および D- 信号ラインにフィルタリングを追加することを推奨しています。コンデンサと抵抗の選択には注意が必要です。容量または抵抗が大きいと、温度測定に誤差が発生する可能性があります。容量と抵抗の最大値の詳細については、目的のリモート温度センサのデータシートを参照してください。

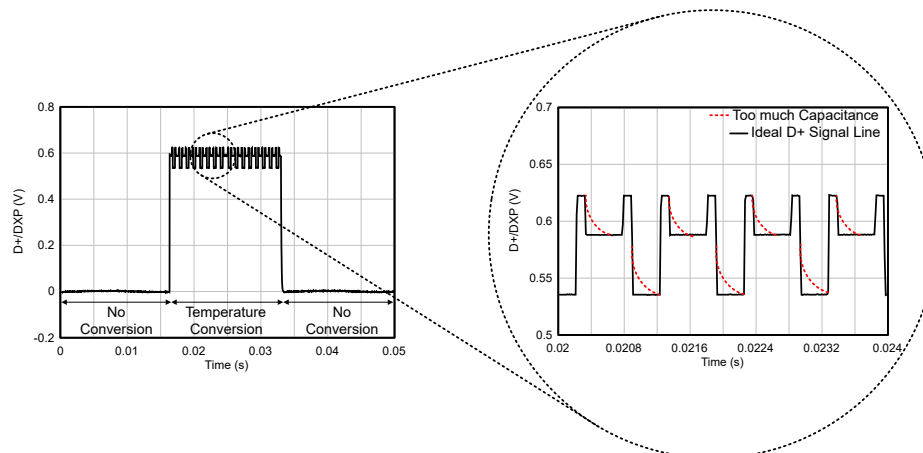


図 4-1. D+ 波形

トランジスタを選択すると、リモート センサの精度に影響を及ぼす可能性があります。リモート BJT 接合部の主要な温度特性は、 n 係数、ベータ、および V_{be} です。 N 係数 (または理想係数とも呼ばれる) は、ベース エミッタ接合部が理想ダイオードの式に従っている程度を反映するパラメータです。ベータは、コレクタとベースの電流比です。ベータは、コレクタ電流がベースを通じて漏れたときに発生する誤差を表します。理想的には、コレクタ電流がエミッタ電流と等しく、リークがないトランジスタは、リモート接合部としてより優れた性能を提供します。トランジスタは、 n 係数、順方向電流ゲイン、サイズで変化する可能性があります。TI のリモート温度センサは、これらのパラメータをキャリブレーションして、異なるトランジスタに合わせることができます。TI の温度センサのほとんどは、構成設定に変更を加えずに、 n 係数 1.008 のトランジスタを満たすように設計されています。 n 係数はデータシートに規定されています。3904 および 3906 の PNP/NPN トランジスタのあらゆるバリエーションは、キャリブレーションなしで当社のリモート センサと組み合わせることを推奨します。リモート接合部の誤差には、異なる理想係数、ベータ誤差の大きな変動、D+D- ラインの大きな抵抗または容量、長い D+D- ケーブル配線からのノイズ インターフェイスなどがあります。

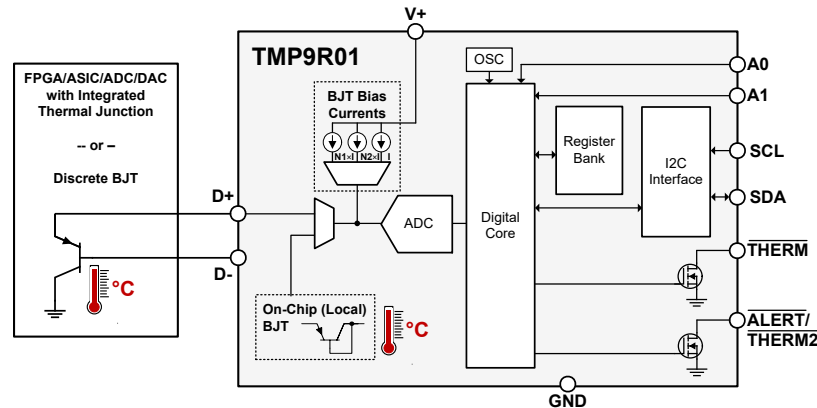


図 4-2. リモート ブロック図

ダイオード接続とは、NPN または PNP BJT 内でベースがコレクタに接続されている状態を指します。NPN ダイオードはダイオード接続する必要があります。優先されるのは、PNP トランジスタのすべてのピンを使用して接続することです。ダイオード接続されたダイオードは、自動ベータ補正機能の使用を制限します。

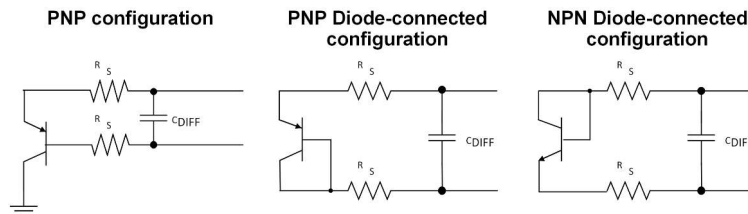


図 4-3. PNP と NPN の適切な接続

放射線は温度センサに影響を与え、温度測定に誤差を引き起こし、時間の経過とともに性能を劣化させる可能性があります。すべての TI 温度センサは、単一事象効果 (SEE) および総イオン化線量効果 (TID) の放射線試験を受けています。すべての放射線レポートは、該当するデバイスの製品ページに掲載されています。当社の宇宙ポートフォリオの大部分はデジタルです。TMP9R01-SP は、TID が 100krad(Si) までの放射線耐性 (RHA) をクリアし、LET が 75MeV-cm²/mg に対して単一事象ラッチアップ (SEL) に免疫を持つデジタル宇宙グレードのリモート温度センサです。TMP9R01-SP はデジタルでレジスタを持っているため、レジスタのビット変更が温度精度のシフトを引き起こす可能性があります。レジスタ内のデータには、構成、 n 係数、オフセット、および上限 / 下限設定があります。SEE レポートでは、レジスタ内のデータを収集し、放射線環境下でのデバイスの全体的な機能を理解するためにアラート ピン信号が使用されました。1.5°C より大きい誤差を持つリモートまたはローカルの温度出力を、過渡として記録しました。Alert/THERM 信号がトリップされると、SEFI が記録されます。温度読み取りレジスタの外側にある I2C レジスタ内で変更されたビットは、アップセットとして記録されます。

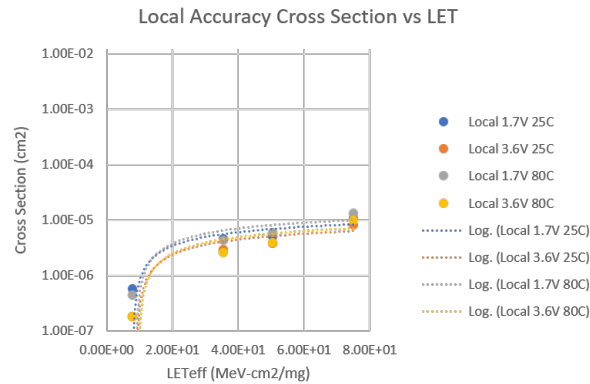


図 4-4. ローカル温度精度イベントの Weibull プロット

5 ベータ エラー

リモート接合部から温度を測定する際、ベータは誤差の要因となることがあります。すべてのトランジスタにベータの問題があるわけではありません。ベータは、コレクタとベースの電流比です。ベータは、コレクタ電流がベースを通じて漏れたときに発生する誤差を表します。ベータによる誤差が小さいのは、一般的により微細なプロセス技術のトランジスタです。前述のとおり、TI のリモート温度センサの基本設計では、リモート接合部間の ΔV_{be} を測定するために、D+ ラインに 3 つまたは 4 つの電流を強制的に流す方式を採用しています。電流が異なると、異なるベータ測定が得られます。式 8 に、2 電流アーキテクチャのベータと温度結果の関係を示します。

$$\Delta V_{be} = \eta V_T \ln \left(\frac{I_{e1} \times \beta_1 / (\beta_1 + 1)}{I_{e2} \times \beta_2 / (\beta_2 + 1)} \right) \quad (8)$$

ベータ項が互いに等しい場合、項はキャンセルされ、ベータによる追加誤差は発生しません。誤差は、さまざまな電流値によるベータの変動に起因します。リモート温度センサに放射線を照射しても、BJT リモート温度測定結果に追加のベータ誤差を生じさせないものとします。ガンメル プロットは、リモート温度センサと最も適合する BJT の理想的なベータ特性を示しています。トランジスタがマッチングされる場合、TI は図 5-1 に示す BJT が線形領域内の特性に従うことを推奨します。青い線は右の二次 y 軸に続くベータ比を表します。赤と灰色の線は、プライマリ左の y 軸に沿って表示されます。

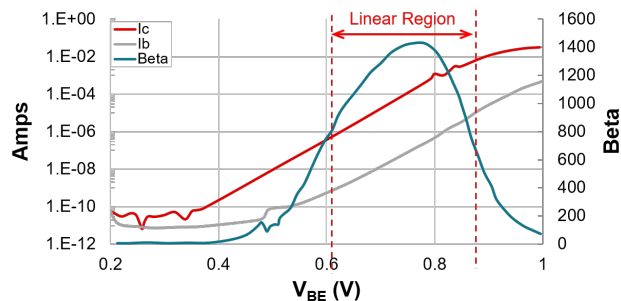


図 5-1. ガンメル プロット

BJT を設計する際には、リモート接合部との整合を取るために BJT のサイズを決定するうえで、次のプロットが有用です。トランジスタをリモート センサに合わせて設計する際、TI は、図 5-2 に示すように、設定された D+ 電流値全体でベータの変化が小さいものを選定することを推奨しています。

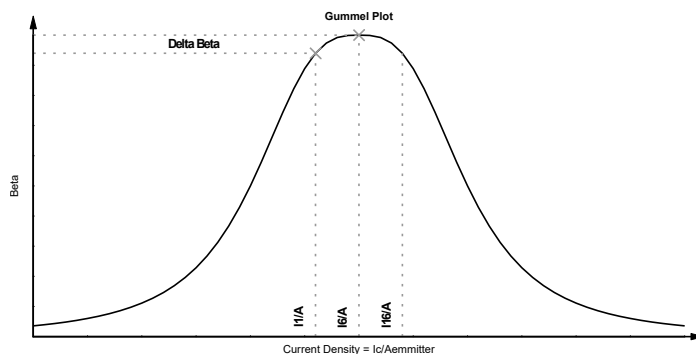


図 5-2. 推奨される BJT サイジング

表 5-1. D+ 出力電流の値

名称	電流
I1	7.5uA
I6	6x7.5uA
I16	16x7.5uA

6 校正

TI のリモート温度センサは、キャリブレーションレジスタを使用して誤差を補正できます。この機能により、さまざまな異なる BJT とマッチングできます。前述のとおり、 n 係数はベース エミッタ接合が理想ダイオード方程式にどれだけ正確に従うかを示す誤差を表します。TI のリモート温度センサでは、 n 係数とオフセットを I2C レジスタ内で補正できます。これらの誤差を減らすために、次の手順を実行する必要があります。 n 係数とオフセットを調整するために必要な装置は、制御された温度環境、基準となる温度測定装置、およびリモート / 接合部のセットアップです。

1. 接続ピンを確認して、順方向電圧降下 (約 0.7V) を測定し、ダイオードが存在することを確認します。
2. リモート / 接合部のセットアップを、オイルバスやオープンなどの制御された温度環境に設置します。環境内に基準となる温度測定装置を設置する必要があります。オイルバスまたはオープン リファレンスは使用しません。基準としては、リモート接合部のできるだけ近くに白金抵抗温度計 (PRT) または抵抗温度検出器 (RTD) を設置するのが望ましいです。もう 1 つの基準オプションは、リモート センサのローカル温度ダイを使用することです。
3. 制御された環境内で、リモート、ローカル、および基準の各温度データを温度範囲全体にわたって収集します。温度の範囲は、ユーザーが製品の希望する範囲である必要があります。
4. 収集したデータをリモート キャリブレーション ツールにロードし、 n 係数とオフセットに必要な値を最適化します。
5. 新しい n 係数とオフセット値を I2C レジスタに書き込みます。
6. ステップ 3 を繰り返して、パフォーマンスの向上を確認します。

リモート キャリブレーション ツールを使用した精度向上の例を次に示します。まず、設定を変更していない状態での未加工データを示し、次に、設定を変更した後の精度向上を示しています。

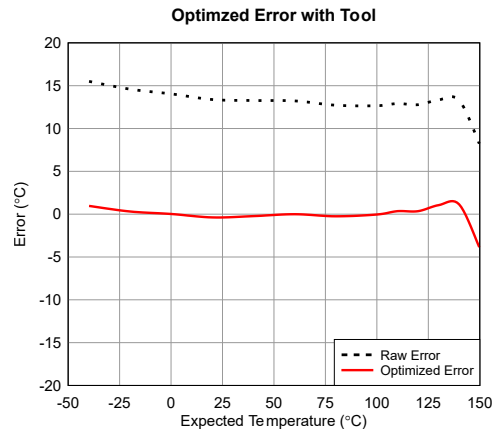


図 6-1. オフセットと N 係数の変更による効果

表 6-1. キャリブレーション設定

N 係数	オフセット
0.994661626	-17.875C
0x1C	0xF710

n 係数とオフセットが唯一の誤差源である場合、以下の式を使用してリモート デバイスを最適化することもできます。
 $N_{expected}$ 値は 1.008 です。

$$\begin{aligned}
 Error &= \left(T + 275.15 \right) \times \frac{N_{actual} - N_{expected}}{N_{expected}} \\
 Reported\ T &= \left(T + 273.15 \right) \times \frac{N_{actual}}{N_{expected}} - 273.15 \\
 N_{actual} &= \frac{(T_{reported} + 273.15) \times N_{expected}}{T + 273.15}
 \end{aligned} \tag{9}$$

当社の温度センサには、自動直列抵抗補償機能も備わっています。リモート温度センサにおける直列抵抗補償は、測定精度を高めるための重要な技術であり、特に長いケーブル配線や SOC への接続を伴うアプリケーションで有効です。センサが測定システムから離れた場所に設置されている場合、接続ワイヤの抵抗によって電圧降下が生じ、その結果、温度測定値に誤差が発生することがあります。接合信号経路内の抵抗は、トランジスタでの実際の V_{BE} と温度センサで測定される V_{BE} との間に電圧降下を生じさせ、温度オフセットの原因となります。この影響を軽減するために、リモートセンサ内部では DXP/DXN 信号上の抵抗を補償し、配線による抵抗誤差を打ち消すとともに、温度誤差を増やすことなくノイズフィルタを追加できるようにしています。このデバイスでは、最大 $1\text{k}\Omega$ までの直列抵抗を補償することができます。直列抵抗補償により、組込み型および離散型接合部への直接接続が可能になります。次の式は、D+ および D- 経路に抵抗が存在する場合に、 V_{be} 測定に生じる追加誤差を示しています。最初の項は、直列抵抗によって生じる追加誤差を示しています。

$$\Delta V_{BE} = I_S R_S + \left(\frac{\eta k T}{q} \right) \ln \left(\frac{I_{C2}}{I_{C1}} \right) \tag{10}$$

7 レイアウト手法

リモート センサは非常に小さな電流で微小な電圧を測定するため、デバイス入力部でのノイズを最小限に抑える必要があります。誤差の原因には、電磁干渉 (EMI) や誘導結合、不適切なキャリブレーション、PCB 配線の抵抗などが含まれます。エラーを低減するには、以下の条件を考慮してください：

1. リモート デバイスは、リモート接合センサのできるだけ近くに配置します
2. D+ および D- パターンは互いに並行して配置し、グラウンド ガード パターンを用いて隣接信号からシールドします。多層 PCB を使用する場合は、グラウンド プレーンまたは V+ プレーンの間にこれらのトレースを埋め込んで、外来ノイズ源からプレーンを遮蔽します。TI では、5mil (0.127mm) の PCB パターンの使用を推奨しています。
3. 銅とはんだの接続によって生じる余分な熱電対接合を最小限に抑えます。これらの接合を使用する場合は、熱電対効果を打ち消すために、D+ と D- の両方の接続において、銅とはんだの接続を同じ数およびおおよそその位置で行います。
4. リモート温度センサの V+ 端子と GND 端子の間に、0.1 μ F のローカル バイパス コンデンサを直接接続します。最適な測定性能を得るには、D+ と D- 間のフィルタ容量を 1000pF 以下に最小限に抑えます。この容量には、リモート BJT と温度センサ間のケーブル容量も含まれます。
5. リモート温度センサとリモート センサ間の配線が 8 インチ (20.32cm) 未満の場合は、ツイストペア線で接続します。配線長が 8 インチを超える場合は、ツイストシールド ペア線を使用し、シールドはリモート IC デバイスのできるだけ近くで接地します。ループが接地されたり、60Hz のノイズを拾ったりしないように、シールドワイヤのリモート センサ接続端は空けておきます。
6. D+ と GND 間、または D+ と V+ 間のリークage経路による温度オフセットを防ぐため、デバイスのピンおよびその周囲のフラックス残渣を十分に洗浄し、除去します。

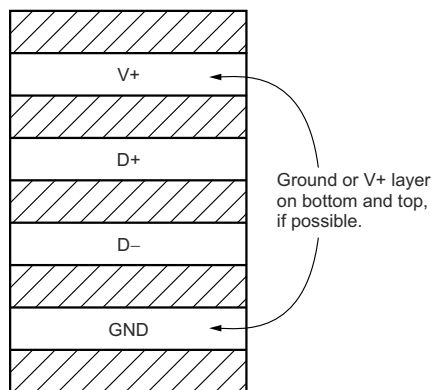


図 7-1. D+ と D- パターンの層構成に関する推奨事項

マルチチャネル EVM では、データを収集して、パターン長と温度センサの精度との比率を決定しました。図 7-2 に示す EVM は、25°C の制御された温度環境のオイルバスに入れたものです。データはオンライン GUI を使用して収集され、文書内で報告されました。リモート配線にはシールド ケーブルが使用されました。この実験の結果、ワイヤの長さでリモートチャネルの精度との間に明確な関係は見られませんでした。ノイズは D+ および D- を介して干渉する可能性があり、上記のすべての推奨事項を実行する必要があります。

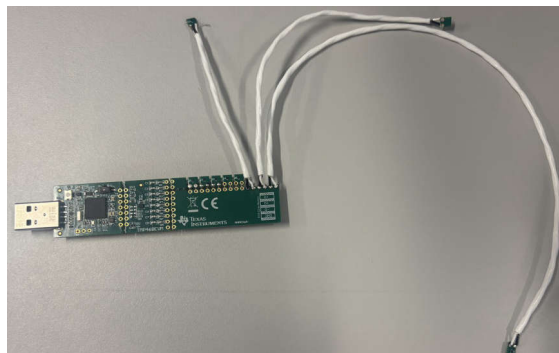


図 7-2. マルチチャネル リモート EVM を使用したテスト構成

表 7-1. 異なるリモート長でのエラー

	Ch1 エラー	Ch2 エラー	C3 エラー	C4 エラー	C5 エラー	C6 エラー	C7 エラー	C8 エラー
最大誤差	1.125	1.1875	1.125	1	1.0625	1.125	1.0625	1.25
余分なパターン長	PCB 上					3in	6in	12in

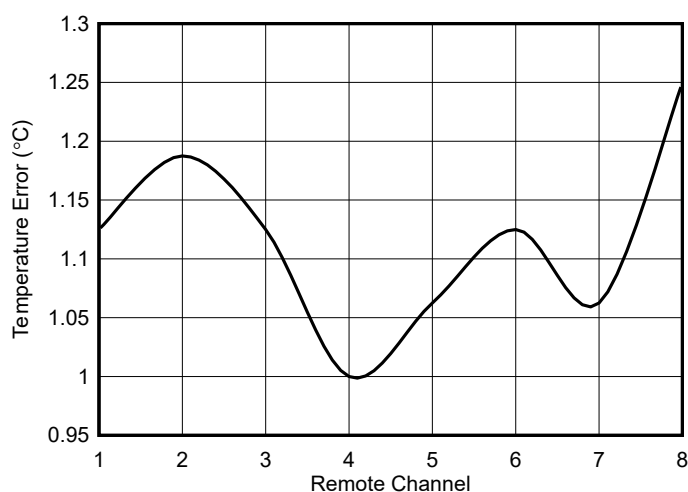


図 7-3. 異なるリモート長でのエラー

8 まとめ

結論として、テキサス インストルメンツのリモート温度センサを統合することで、宇宙用途における重要な熱環境を監視するための信頼性が高く効果的な設計が実現します。リモート温度センサの一般的な用途と、すべての設計上の考慮事項を概観することで、宇宙用リモート温度センサをシステムに組み込む方法を明確に理解できるようになります。これらのセンサの検証済み耐放射線特性と設計の柔軟性は、堅牢でミッション対応の電子機器の開発に大きく貢献しています。宇宙ミッションが複雑化し、長期化するなかで、実績のあるリモート温度検出設計の採用は、システムの信頼性と運用の成功を検証するうえで欠かせません。

9 参考資料

- テキサス インストルメンツ、[リモート温度センサ設計の最適化](#)、アプリケーション ノート。
- テキサス インストルメンツ、[リモート温度センサトランジスタの選択ガイド](#)、アプリケーションノート。
- テキサス インストルメンツ、[TMP9R01-SP シングル イベント効果 \(SEE\) 放射線テスト レポート](#)、放射線レポート。
- テキサス・インストルメンツ、[TIDA-070004](#) 製品フォルダ。
- テキサス インストルメンツ、[リモート キャリブレーション ツール](#)、ソフトウェア。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月