

特長

- リモート・センサまたは内部ダイオードの温度をアナログ電圧に変換
- リモート温度精度: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- 内部温度精度: $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- 直列抵抗キャンセル機能を搭載
- 電源電圧: 2.5V ~ 5.5V
- 1.8Vのリファレンス電圧出力
- V_{PTAT} の更新時間: 3.5ms
- 出力利得: 4mV/K
- 消費電流: 170 μA
- 6ピン2mm \times 3mm DFNパッケージ

アプリケーション

- 温度測定
- リモート温度測定
- 環境モニタ
- システムの熱制御
- デスクトップおよびノートブック・コンピュータ
- ネットワーク・サーバ

概要

LTC[®]2997はアナログ出力の高精度温度センサです。外部センサの温度またはデバイス自体の温度をアナログ電圧出力に変換します。組み込まれているアルゴリズムにより、LTC2997とセンサ・ダイオード間の直列抵抗に起因する誤差を除去します。

LTC2997は、低価格のダイオード接続のNPNまたはPNPトランジスタ、あるいはマイクロプロセッサやFPGAに内蔵された温度センサ・トランジスタを使用することにより、高精度な測定結果を与えます。また、D⁺ピンをV_{CC}ピンに接続すれば、LTC2997を内部温度を測定するために構成できます。

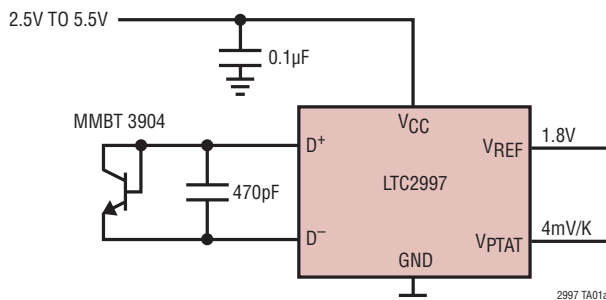
LTC2997は1.8Vのリファレンス電圧出力も備えています。この電圧出力は、ADCのリファレンス入力として使用するか、もしくは V_{PTAT} 出力と比較するための温度スレッシュホールド電圧を生成するのに使用できます。

LTC2997は幅広い用途に使える高精度でマイクロパワーの温度検出ソリューションを実現します。

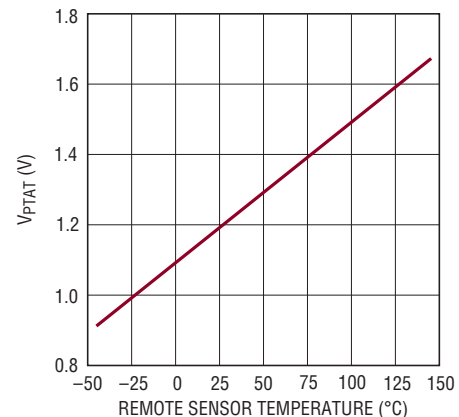
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

シングル・リモート温度センサ



V_{PTAT} とリモート・センサの温度



LTC2997

絶対最大定格

(Note 1, 2)

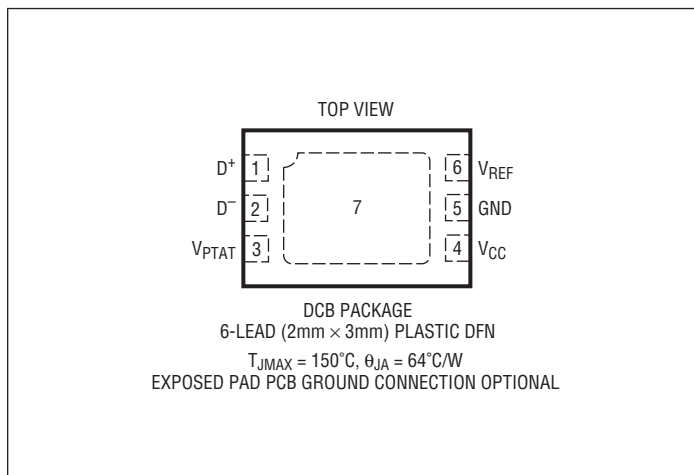
端子電圧

V_{CC} -0.3V ~ 6V
 D^+ , D^- , V_{PTAT} , V_{REF} -0.3V ~ $V_{CC} + 0.3V$

動作周囲温度範囲

LTC2997C 0°C ~ 70°C
 LTC2997I -40°C ~ 85°C
 LTC2997H -40°C ~ 125°C
 保存温度範囲 -65°C ~ 150°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様

テープアンドリール(ミニ)	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC2997CDCB#TRMPBF	LTC2997CDCB#TRPBF	LFQZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2997IDCB#TRMPBF	LTC2997IDCB#TRPBF	LFQZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC2997HDCB#TRMPBF	LTC2997HDCB#TRPBF	LFQZ	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C

TRM = 500個。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電气的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{CC} = 3.3\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{CC}	Supply Voltage		● 2.5	3.3	5.5	V	
UVLO	Supply Undervoltage Lockout Threshold	V_{CC} Falling	● 1.7	1.9	2.1	V	
I_{CC}	Average Supply Current		● 120	170	250	μA	
温度のモニタリング							
V_{REF}	Reference Voltage	LTC2997	●	1.797	1.8	1.803	V
		LTC2997C	●	1.793	1.8	1.804	V
		LTC2997I	●	1.790	1.8	1.807	V
		LTC2997H	●	1.787	1.8	1.808	V
	V_{REF} Load Regulation Error	$I_{LOAD} = \pm 200\mu\text{A}; V_{CC} = 3.3\text{V}$	●		± 1.5	mV	
	Remote Sense Current			-8	-192	μA	
	Diode Select Threshold	(Note 3)	●	$V_{CC} - 600$	$V_{CC} - 300$	$V_{CC} - 100$	mV
T_{UPDATE}	Temperature Update Interval			3.5	5	ms	
K_T	V_{PTAT} Slope	$\eta = 1.004$ (Note 4)		4		$\text{mV}/^\circ\text{K}$	
	V_{PTAT} Load Regulation	$I_{LOAD} = \pm 200\mu\text{A}; V_{CC} = 3.3\text{V}$ (Note 7)			± 1.5	mV	
T_{INT}	Internal Temperature Error	LTC2997C, LTC2997I		± 0.5	± 1.5	$^\circ\text{C}$	
		LTC2997H			± 2	$^\circ\text{C}$	
T_{RMT}	Remote Temperature Error, $\eta = 1.004$	0°C to 100°C (Notes 5, 7)		± 0.25	± 1	$^\circ\text{C}$	
		-40°C to 0°C (Notes 5, 7)		± 0.25	± 1.5	$^\circ\text{C}$	
		100°C to 125°C (Notes 5, 7)			± 1.5	$^\circ\text{C}$	
T_{VCC}	Temperature Error vs Supply	$2.5\text{V} < V_{CC} < 5.5\text{V}$	●	± 0.1	± 1	$^\circ\text{C}/\text{V}$	
T_{RS}	Series Resistance Cancellation Error	$R_{SERIES} = 100\Omega$	●	± 0.25	± 1	$^\circ\text{C}$	
	Temperature Noise	(Note 6)		0.25		$^\circ\text{C RMS}$	
				0.015		$^\circ\text{C}/\sqrt{\text{Hz}}$	

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: 注記がない限り、ピンに流れ込む電流は全てプラスで、全ての電圧はGNDを基準にしている。

Note 3: ピンD'の電圧がダイオードで選択されたスレッショルドを超えると、LTC2997は内部ダイオード・センサを使用する。

Note 4: η = リモート・ダイオードの理想係数

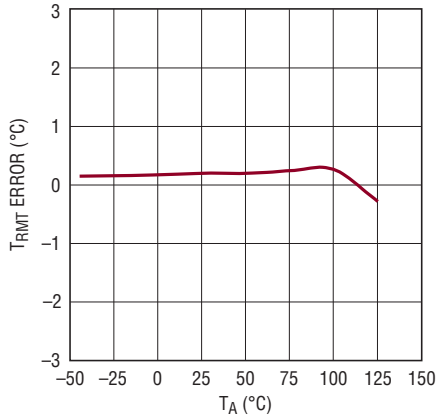
Note 5: リモート・ダイオードの温度。

Note 6: 設計によって保証されており、テストされない。

Note 7: 設計およびテストとの相関により保証されている。

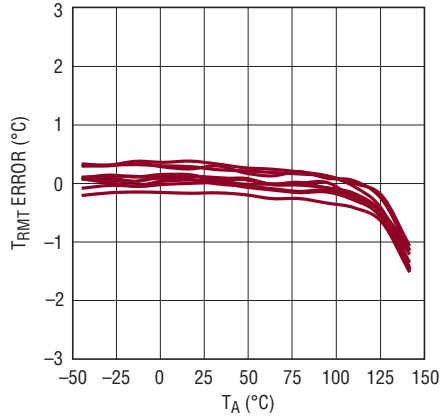
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 3.3\text{V}$ 。

LTC2997がリモート・ダイオードと
同じ温度の場合の温度誤差



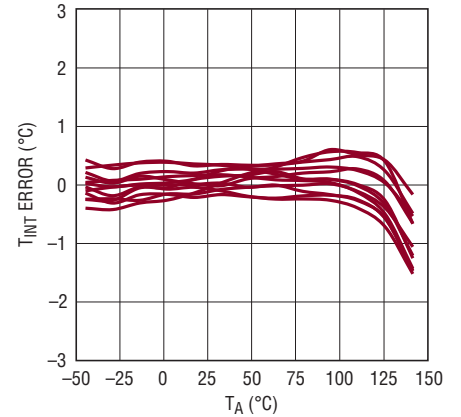
2997 G01

リモート温度誤差と
 T_A (リモート・ダイオードが 25°C)



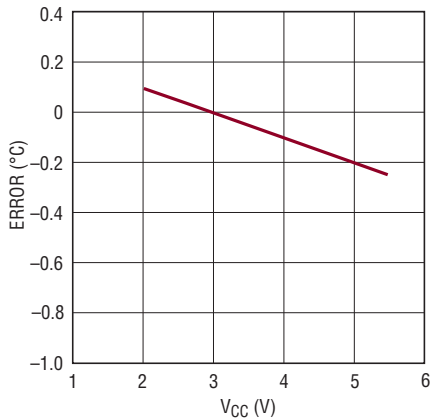
2997 G02

内部温度誤差 T_{INT} と T_A



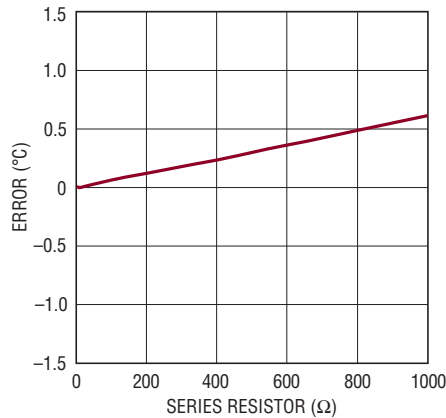
2997 G03

温度誤差 $T_{V_{CC}}$ と V_{CC}
(リモート/内部)



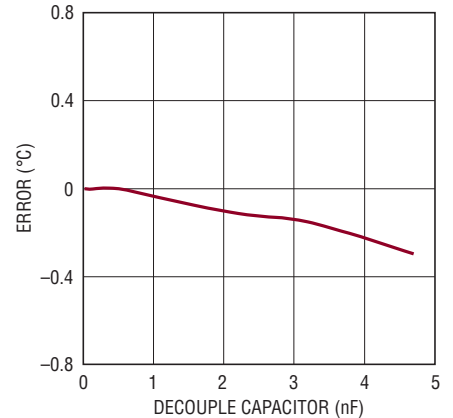
2997 G04

リモート温度誤差と直列抵抗、 T_{RS}



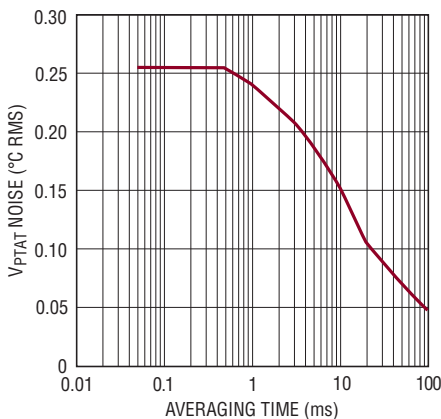
2997 G05

リモート温度誤差と C_{DECUPLE}
(D⁺-D⁻間)



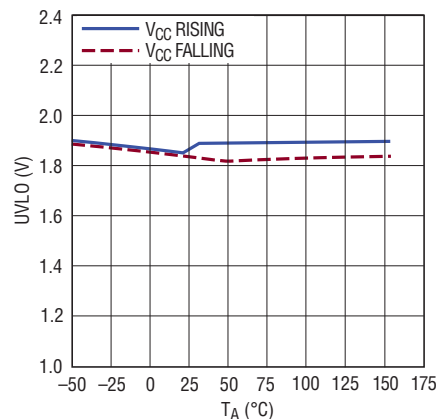
2997 G06

V_{PTAT} のノイズと平均化時間



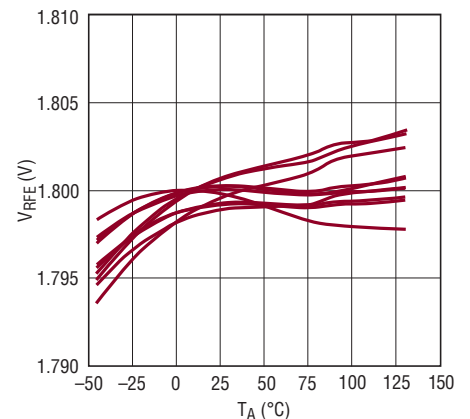
2997 G07

$UVLO$ と温度
 V_{CC} の上昇時、下降時



2997 G08

バッファ付きリファレンス電圧
 V_{REF} と温度

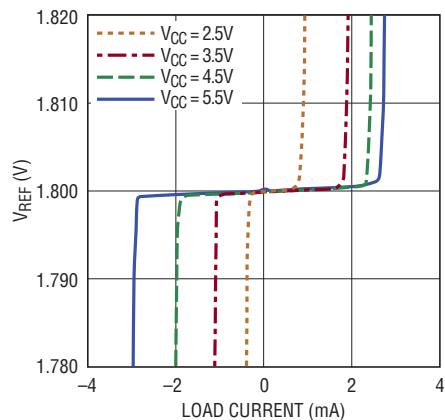


2997 G09

2997fa

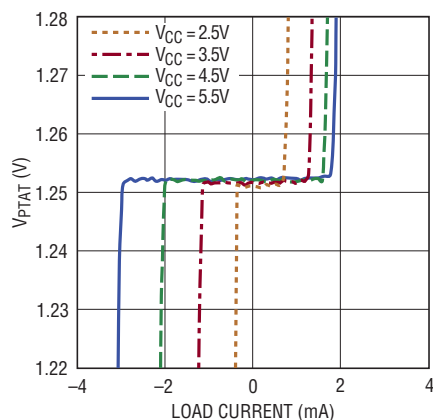
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 3.3\text{V}$ 。

**V_{REF} のロード・レギュレーション:
電圧と電流**



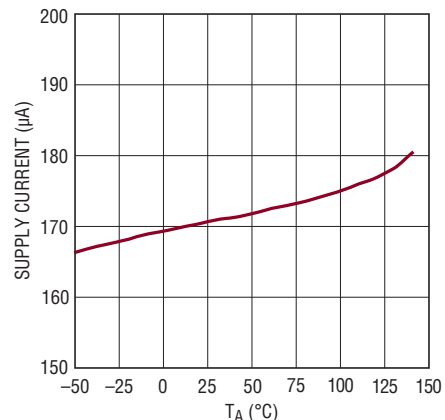
2997 G10

**V_{PTAT} のロード・レギュレーション:
電圧と電流**



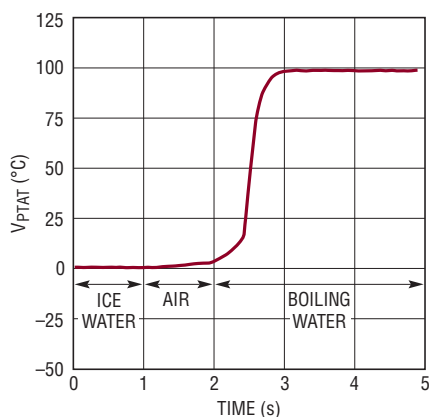
2997 G11

消費電流と温度



2997 G12

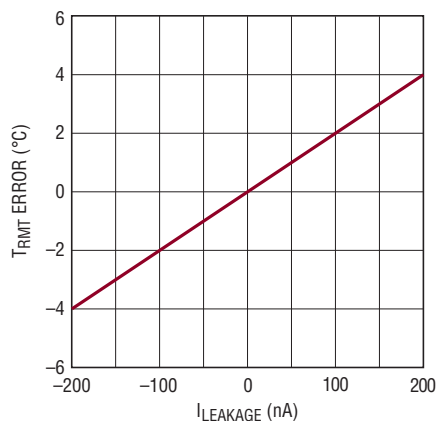
**LTC2997の内部センサの
熱ステップ応答**



LTC2997 CONNECTED VIA 5 INCH
30AWG WRAPPING WIRES

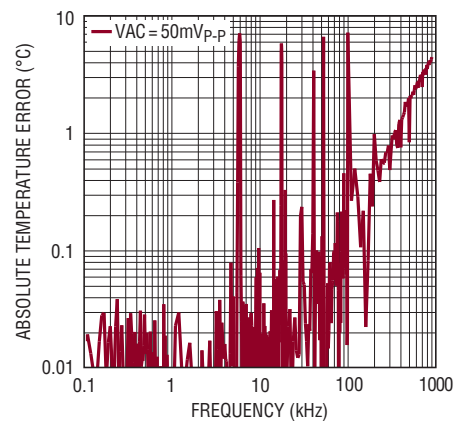
2997 G13

**リモート温度誤差 T_{RMT} と D^+ の
リーク電流(リモート・ダイオード
が 25°C)**



2997 G14

**1線リモート温度誤差と
リモート・グランド-ローカル・
グランド間の電位差(VAC)**



2997 G15

ピン機能

D⁺: ダイオード検出電流のソース。D⁺はリモート・ダイオード検出電流をソースします。D⁺はリモート・センサ・デバイスのアノードに接続してください。D⁺とD⁻の間に470pFのバイパス・コンデンサを接続することを推奨します。コンデンサの容量が大きいと、セトリング時間に誤差を生じる可能性があります(「標準的性能特性」を参照)。D⁺をV_{CC}に接続すると、LTC2997は内部センサの温度を測定します。使用しない場合、D⁺はV_{CC}に接続します。

D⁻: ダイオード検出電流のシンク。D⁻はリモート・センサ・デバイスのカソードに接続してください。1線リモートセンス(「標準的応用例を参照」)または内部温度検出では、D⁻をGNDに接続します。

GND: デバイスのグラウンド。

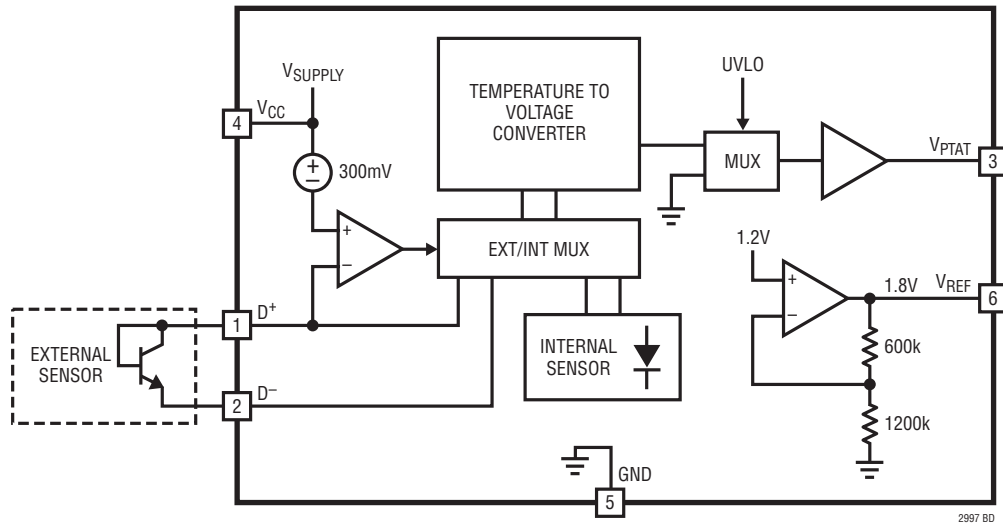
V_{CC}: 電源電圧。このピンは0.1μF(またはそれ以上)のコンデンサを使ってGNDにバイパスします。V_{CC}の動作範囲は2.5V~5.5Vです。

V_{PTAT}: V_{PTAT}の電圧出力。このピンの電圧はセンサの絶対温度に比例します。V_{PTAT}は最大1000pFの容量性負荷をドライブすることができます。負荷容量が大きい場合、V_{PTAT}と負荷の間に1kΩを挿入して安定性を保証します。V_{PTAT}は最大±200μAの負荷電流をドライブすることができます。電源電圧が低電圧ロックアウト・スレッシュホールドを下回ると、V_{PTAT}は“L”に引き下げられます。

V_{REF}: 電圧リファレンスの出力。V_{REF}は1.8Vのリファレンス電圧を供給します。V_{REF}は最大1000pFの容量性負荷をドライブすることができます。負荷容量が大きい場合、V_{REF}と負荷の間に1kΩを挿入して安定性を保証します。V_{REF}は最大±200μAの負荷電流をドライブすることができます。使用しない場合、V_{REF}をオープンのままにします。

露出パッド: 露出パッドはオープンのままにするか、またはGNDに半田付けして熱的結合を良好にすることができます。

ブロック図



動作

LTC2997の主な構成要素を「ブロック図」に示します。

LTC2997は、リモート・ダイオードまたは内部ダイオードを使って温度を測定し、絶対温度に比例するバッファ付き電圧 (V_{PTAT}) および 1.8V のバッファ付きリファレンス電圧を提供します。リモート温度測定では通常、温度センサとしてダイオード接続トランジスタを使用するので、リモート・センサとしてディスクリートNPNデバイス(MMBT3904など)またはマイクロプロセッサやFPGAに組み込まれたPNPデバイスを使用することができます。

温度測定は、複数のテスト電流でのダイオード電圧を測定することによって行われます。以下のダイオードの計算式はTに対して解くことができます。ここで、Tはケルビン温度、 I_S は 10^{-13} A程度のプロセス依存係数、 η はダイオードの理想係数、kはボルツマン定数、qは電子電荷です。

$$T = \frac{q}{\eta \cdot k} \cdot \frac{V_{DIODE}}{\ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right)}$$

この式では、温度と電圧の間に相関があり、プロセス依存変数 I_S に依存します。2つの異なる電流で同じダイオード(I_S の値が同じ)を測定すると、 I_S に依存しない式が得られます。自然対数の項の値は2つの電流の比になり、プロセスに依存しません。

$$T = \frac{q}{\eta \cdot k} \cdot \frac{V_{DIODE2} - V_{DIODE1}}{\ln\left(\frac{I_{D2}}{I_{D1}}\right)}$$

直列抵抗のキャンセル

リモート・ダイオードと直列接続された抵抗は、各テスト電流での測定電圧を上げるので正の温度誤差の要因になります。加算した電圧は次のとおりです。

$$V_{DIODE} + V_{ERROR} = \eta \frac{kT}{q} \cdot \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right) + R_S \cdot I_D$$

ここで、 R_S は直列抵抗です。

LTC2997は、キャンセル電圧を差し引くことにより、センサ信号からこの誤差の項を除去します(図1を参照)。抵抗抽出回路は、1つの追加電流(I_3)を使って測定経路の直列抵抗を求めます。抵抗の正しい値が決まると、 V_{CANCEL} が V_{ERROR} に等しくなります。これで、温度/電圧コンバータの入力信号には直列抵抗による誤差が含まれず、電流 I_1 および I_2 を使ってセンサ温度を求めることができます。

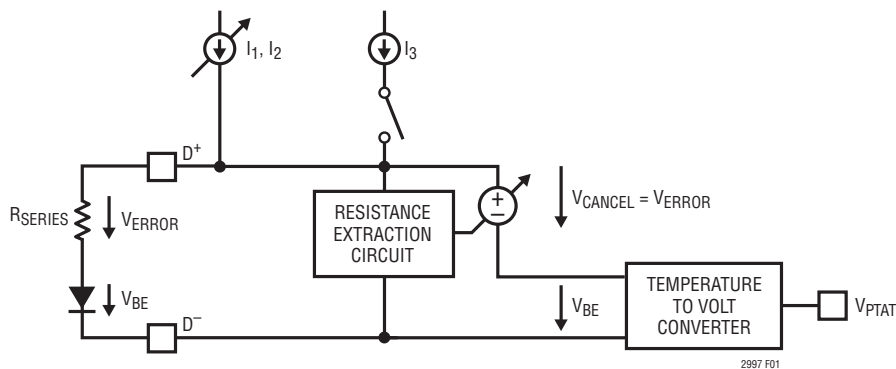


図1. 直列抵抗のキャンセル

アプリケーション情報

パワーアップとUVLO

外付けNPNトランジスタを使用したLTC2997の基本的な応用回路を図2に示します。

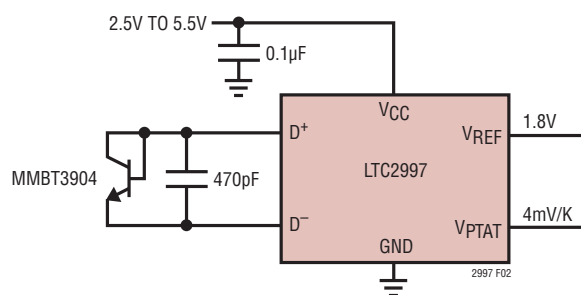


図2. 基本的な応用回路

通常動作では、VCCピンが1.9V（標準）の低電圧スレッシュホールドを超えている必要があります。VCCがUVLOより低いと、LTC2997はパワーオン・リセット状態になり、VPTATが“L”に引き下げられます。

温度測定

各変換の前に、D+に接続された電圧コンパレータが、LTC2997を外部モードまたは内部モードに自動的に設定します。D+をVCCに接続すると、内部モードがイネーブルされてVPTATがダイ温度を示します。VPTATの利得KTは4mV/Kです。ケルビン温度は次のように容易に計算できます。

$$T_{\text{KELVIN}} = \frac{V_{\text{PTAT}}}{K_T}$$

VD+がVCCを（標準で）300mV以上下回ると、LTC2997は外部センサが接続されているとみなして、リモート・センサ・ダイオードに検出電流を供給し始めます。外部センサのアノードはピンD+に接続する必要があります。最高の外部ノイズ耐性を引き出すためには、カソードをD-に接続します。1線測定の場合、センサのカソードをリモートGNDに接続し、D-をローカルGNDに接続する必要があります（図7を参照）。2つのカソード電位間のグラウンドDC電圧が小さい（±200mV未満）と、測定精度に影響を与えません。6kHz（±20%）の奇数倍の周波数のAC電圧では温度測定誤差を生じます（「標準的性能特性」を参照）。LTC2997では、理想係数が1.004のリモート・

ダイオードに対して4mV/KのVPTATの利得を得るように調整されます。組み込まれているアルゴリズムにより、最大100Ωの直列抵抗に起因する誤差がキャンセルされて1°C以下の誤差になります（標準的性能特性を参照）。LTC2997は、異なるテスト電流でセンサ・ダイオードを連続して測定し、3.5ms（標準）ごとにVPTATを更新します。

入力ノイズのフィルタリング

センサ電圧の温度1度当たりの変化は数百マイクロボルトになるので、電氣的ノイズを最小限に抑える必要があります。D+とD-を470pFのコンデンサを使ってLTC2997の近くでバイパスし、外部ノイズを抑えます。バイパス・コンデンサを1nFより大きくすると、異なる測定電流のセリング時間に誤差を生じます。「標準的性能特性」を参照してください。外部センサを接続するワイヤが長いと、D+とD-の間に直列抵抗と相互容量が追加され、リーク電流を生じます。10mのCAT6ケーブルの相互容量は最大500pFで、直列抵抗とリーク電流は無視できません。最高のノイズ耐性を引き出すための推奨するシールドとPCBトレースへの配慮を図3に示します。

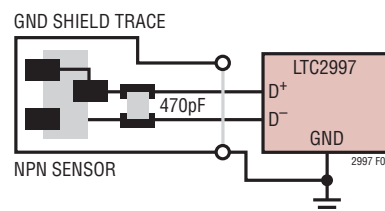


図3.PCBの推奨レイアウト

出力ノイズのフィルタリング

VPTATの出力には通常、1mV RMS（0.25°C RMS）のノイズが生じます。低ノイズが要求されるアプリケーションでは、デジタルまたはアナログの平均化を出力に適用することができます。次式に従って平均化時間を選択します。

$$t_{\text{AVG}} = \left(\frac{0.015 [\text{°C}/\sqrt{\text{Hz}}]}{T_{\text{NOISE}}} \right)^2$$

ここで、tAVGは平均化時間、TNOISEは望みの温度ノイズ（単位：°C RMS）です。たとえば、望みのノイズ特性が0.015°C RMSの場合、平均化時間を1秒に設定します。「標準的性能特性」を参照してください。

アプリケーション情報

センサの選択

LTC2997は、製造時に理想係数が1.004になるように調整されており、これは一般的なMMBT3904 NPNトランジスタで標準的な値です。半導体の純度とウェハレベルの加工によってデバイス間のばらつきが本質的に制限されているので、これらのデバイスは、ほとんどのメーカーの間で標準0.5°C以下の温度誤差で置き換え可能になります。推奨メーカーのいくつかを次の表1に示します。

表1. 温度センサとして使用する推奨トランジスタ

メーカー	製品番号	パッケージ
Fairchild Semiconductor	MMBT3904	SOT-23
Central Semiconductor	CMPT3904	SOT-23
Diodes, Inc.	MMBT3904	SOT-23
On Semiconductor	MMBT3904LT1	SOT-23
NXP	MMBT3904	SOT-23
Infineon	MMBT3904	SOT-23
Rohm	UMT3904	SC-70

ディスクリートの2端子ダイオードは一般に理想係数が1.004よりかなり大きいので、リモートセンス・デバイスとしては推奨できません。

保護

LTC2997は、最大±4kVの静電気放電(ESD、人体モデル)に耐えることができます。ESDがこの電圧を超えると、デバイスを損傷するか、またはD⁺とD⁻の漏れ電流が増加することによってリモート・センサの測定精度が低下するなどのデバイスの劣化を生じる可能性があります。

大きなESD衝撃に対してセンス入力を保護するため、グラウンドとの間にTVSダイオードを接続して外部保護を追加することができます(図4)。外部センサの測定精度を低下させないように、容量が小さくて漏れ電流が少ないダイオードを選択するように注意する必要があります(「標準的性能特性」を参照)。

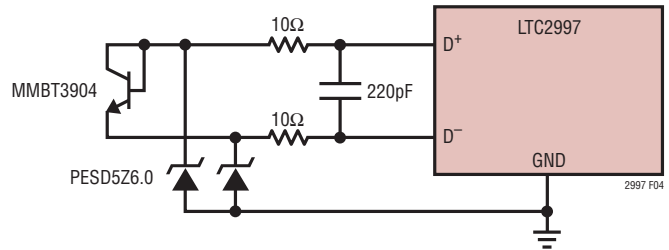


図4. TVSダイオードを使用したESD耐性の強化

理想係数のスケールリング

1.004の理想係数は多くのセンサ・デバイスの一般的な値ですが、わずかな偏差が大きな温度誤差になる可能性があります。理想係数は温度のスケールリング係数として機能します。1%の偏差に対する温度誤差はケルビン温度の1%になります。したがって、25°C(298°K)では、+1%の精度の理想係数の誤差は+2.98度の誤差になります。85°C(358°K)では、+1%の誤差は3.58度の誤差になります。理想係数が1.004とは異なる外部センサを使用する場合、PTAT電圧をスケール調整することができます。補償されたPTAT電圧に対してスケール調整する式を以下に示します。

LTC2997の理想係数の調整値:

$$\eta_{CAL} = 1.004$$

実際のリモート・センサの理想係数の値:

$$\eta_{ACT}$$

補償されたPTAT電圧:

$$V_{PTAT_COMP} = \frac{\eta_{CAL}}{\eta_{ACT}} \cdot V_{PTAT_MEAS}$$

補償されたケルビン温度:

$$T_{KELVIN_COMP} = \frac{\eta_{CAL}}{\eta_{ACT}} \cdot T_{KELVIN_MEAS}$$

補償されたセルシウス温度:

$$T_{CELSIUS_COMP} = \frac{\eta_{CAL}}{\eta_{ACT}} \cdot (T_{KELVIN_MEAS}) - 273.15$$

標準的応用例

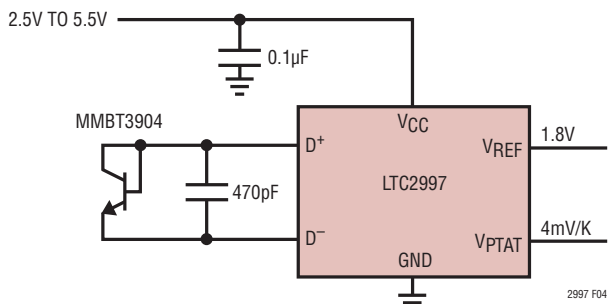


図5. シングル・リモート温度センサ

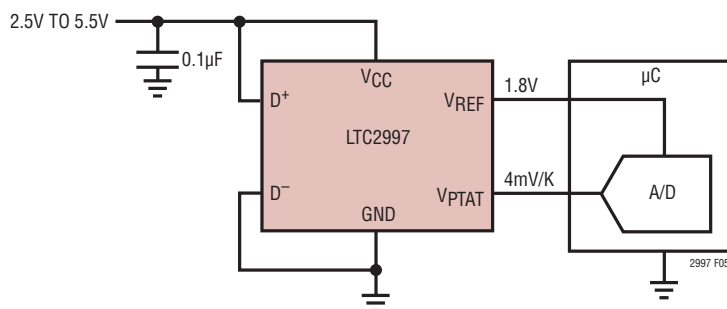


図6. 内部温度センサ

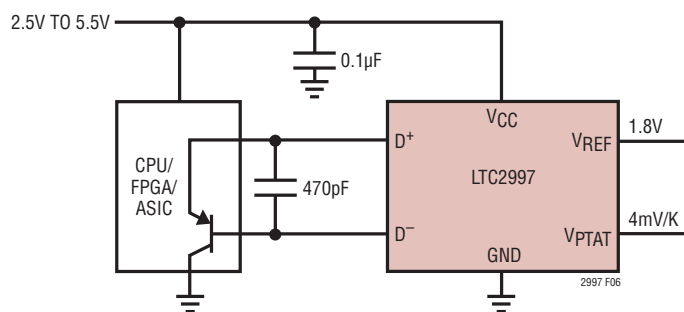


図7. リモートCPU温度センサ

標準的応用例

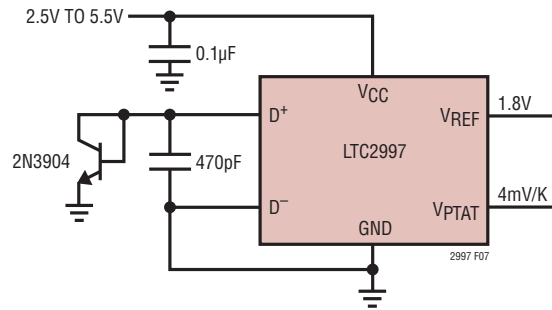


図8.1 線リモート温度センサ

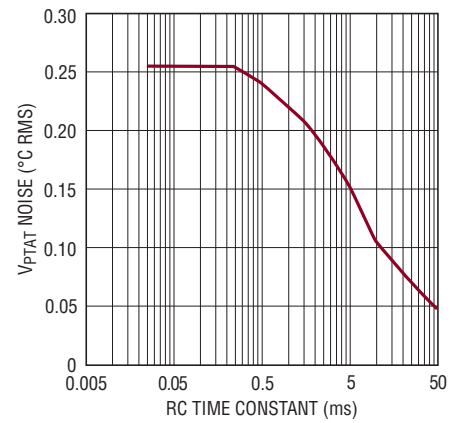
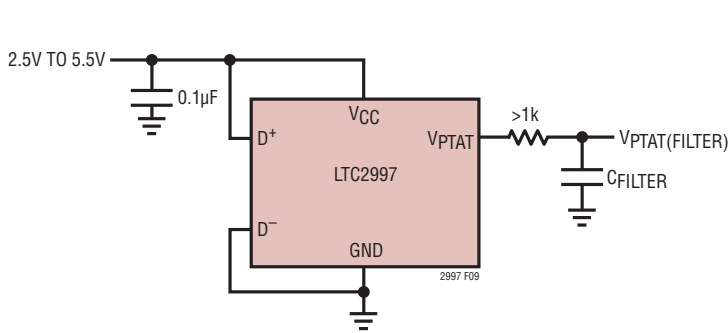


図9. 出力ノイズ・フィルタ

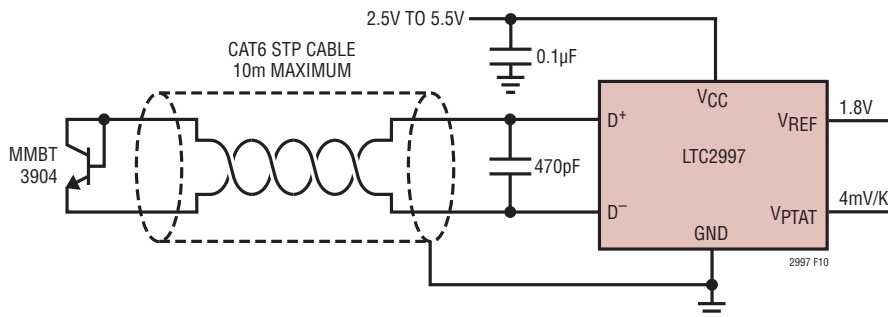


図10. 長距離リモート温度センサ

標準的応用例

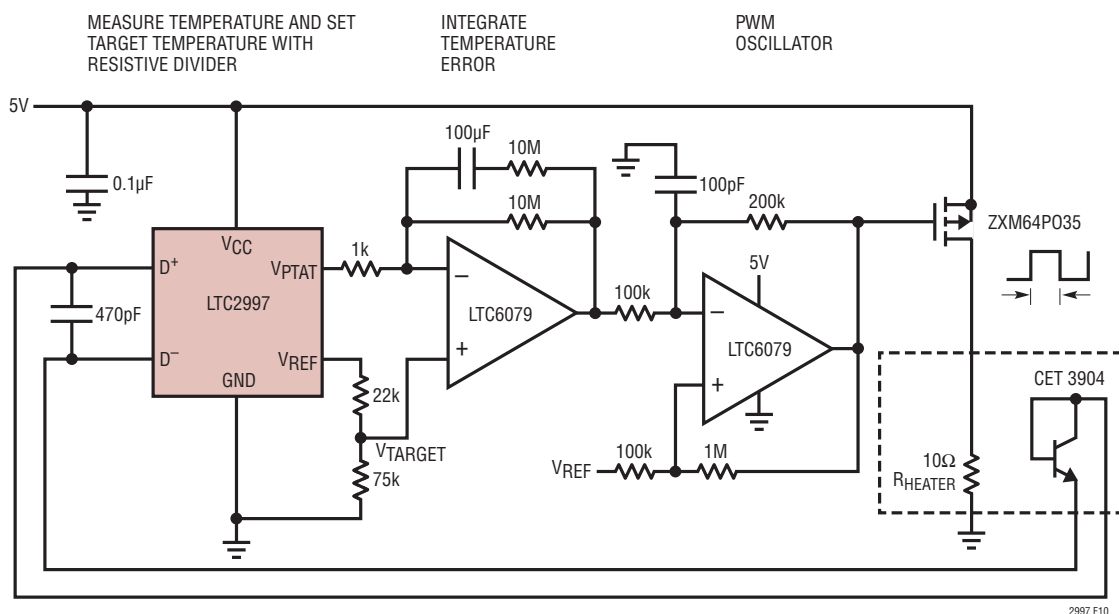


図 11. アナログ PWM ヒーター・コントローラ

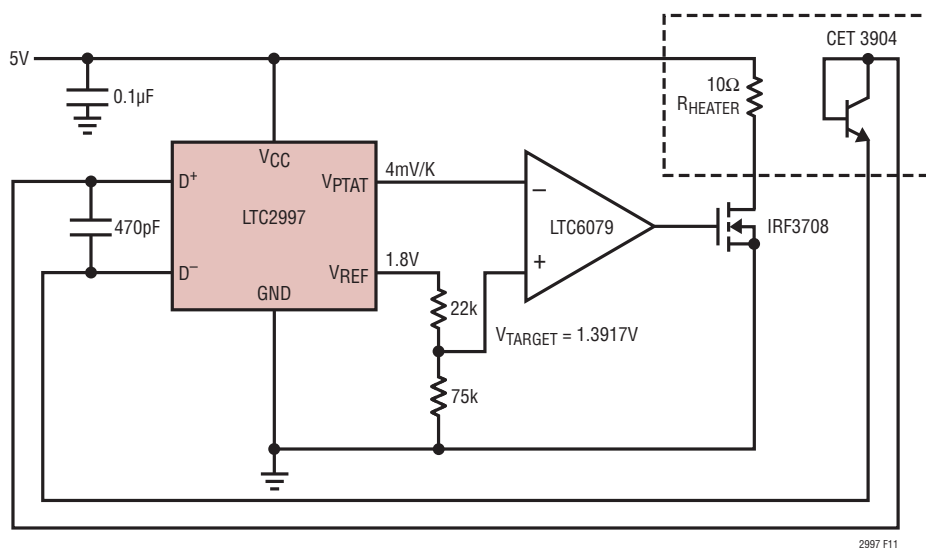


図 12. 75°Cアナログ・ヒーター・コントローラ

標準的応用例

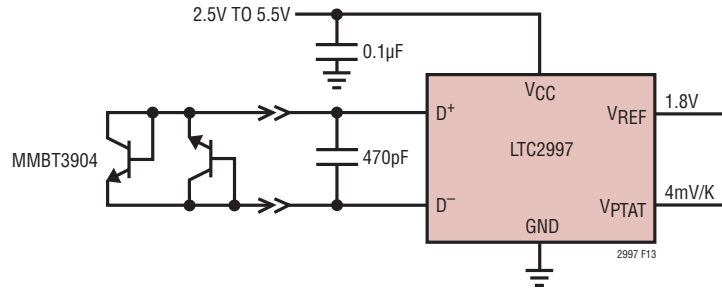


図 13. ケーブル接続の極性に影響されないリモート・ダイオード・センサ

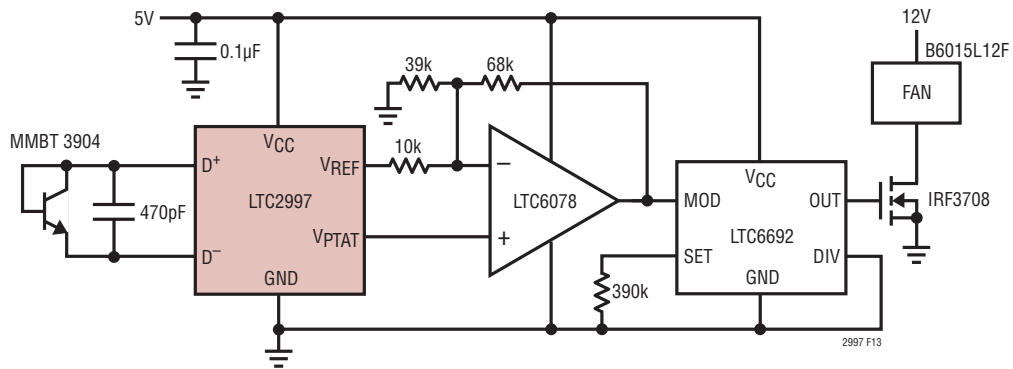


図 14. 温度に比例するPWMファン・スピード・コントローラ

標準的応用例

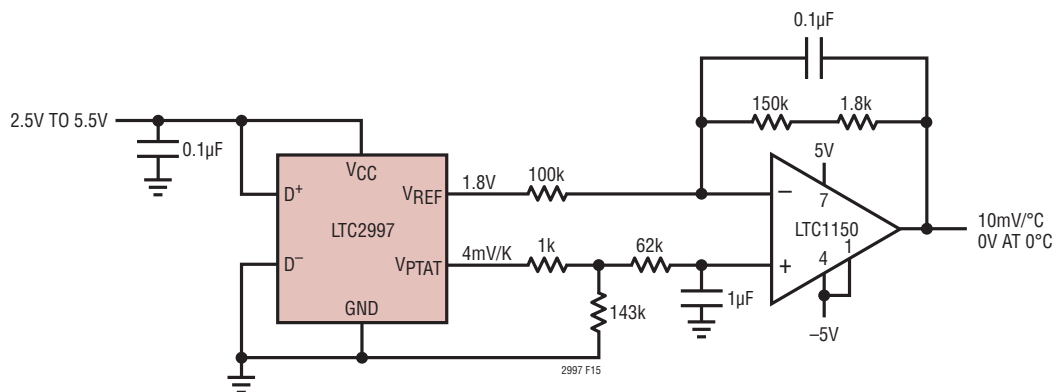


図 15. セルシウス温度計

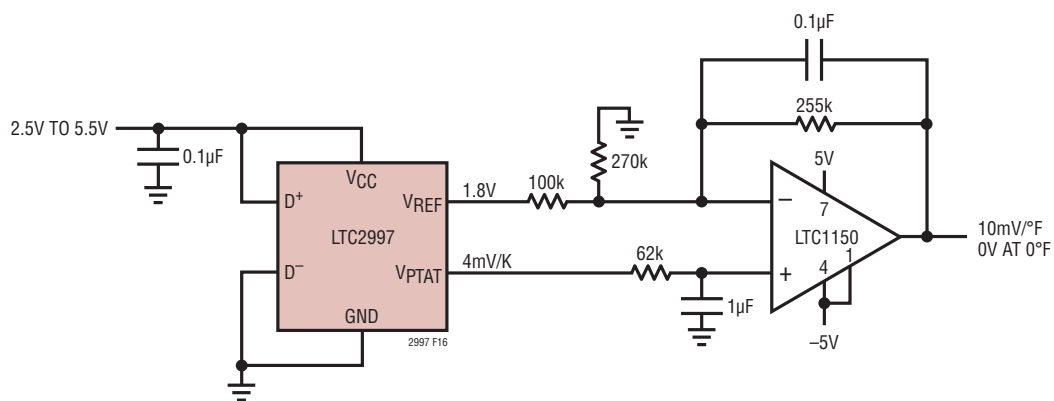
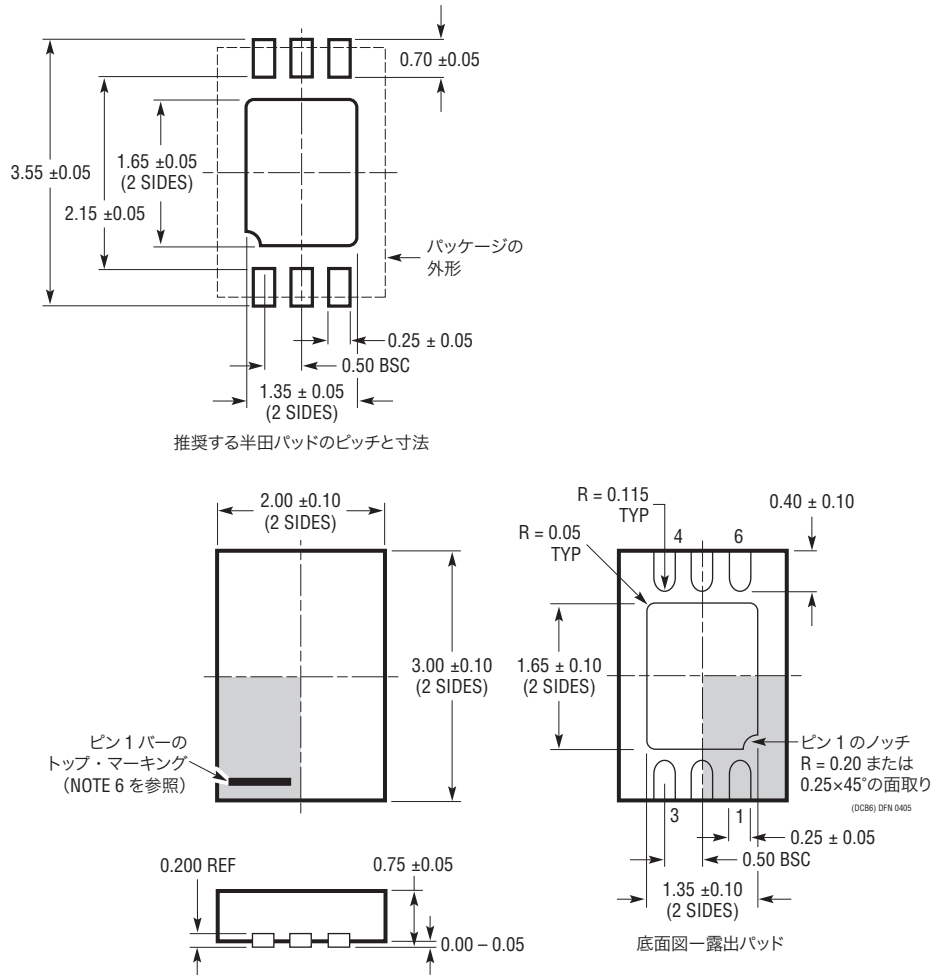


図 16. 華氏温度計

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

DCB パッケージ 6 ピン・プラスチック DFN (2mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1715 Rev A)



- NOTE:
1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーションになる予定
 2. 図は実寸とは異なる
 3. すべての寸法はミリメートル
 4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで 0.15mm を超えないこと
 5. 露出パッドは半田メッキとする
 6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	9/11	特長で4mV/°Cを4mV/°Kに変更 概要を更新 電気的特性を更新 グラフG15を追加 ピン機能を更新 アプリケーション情報を更新 図9、10、13、15、16を更新 関連製品を更新	1 1 3 5 6 9、10 12、14、15 18

標準的応用例

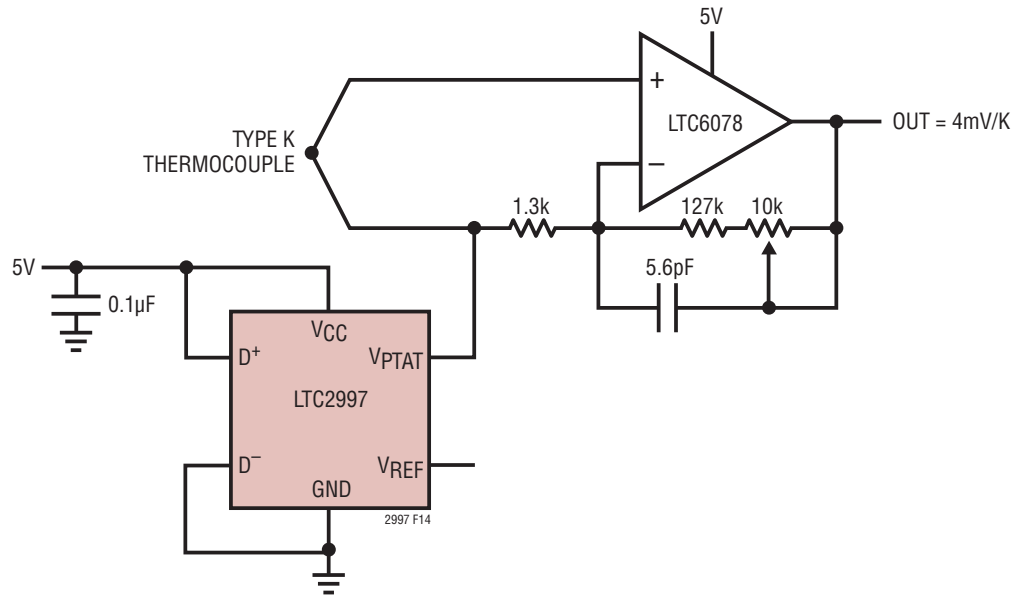


図 17. 冷接点補償付きの熱電対温度計

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2990	リモート/内部温度、電圧、および電流モニタ	2つのリモート・ダイオード温度を測定、精度:±1°C、分解能:0.06°C、±2°Cの内部温度センサ、I ² Cインタフェース
LTC2909	高精度トリプル/デュアル入力のUV、OV、および負電圧モニタ	調整可能な2つの入力、精度:±1.5%、6.5Vシャント・レギュレータ
LTC2919	高精度トリプル/デュアル入力のUV、OV、および負電圧モニタ	調整可能な2つの入力、精度:±1.5%、6.5Vシャント・レギュレータ、オープンドレインのRST、OUT1およびOUT2出力
LTC6078	マイクロパワー、高精度デュアル/クワッドCMOSレール・トゥ・レール入力/出力アンプ	最大オフセット電圧:25µV(25°C)、最大オフセット・ドリフト:0.7µV/°C、最大入力バイアス電流:1pA(25°C)~50pA(85°C以下)
LTC6079	マイクロパワー、高精度デュアル/クワッドCMOSレール・トゥ・レール入力/出力アンプ	最大オフセット電圧:25µV(25°C)、最大オフセット・ドリフト:0.7µV/°C、最大入力バイアス電流:1pA(25°C)~50pA(85°C以下)