

マルチセンサ対応の高精度 デジタル温度測定システム

特長

- RTD、熱電対、サーミスタ、およびダイオードの出力を直接デジタル化
- 単電源: 2.85V ~ 5.25V
- °Cまたは°Fで結果を報告
- 柔軟な20箇所の入力によりセンサの交換が可能
- 熱電対の自動冷接点補償
- 熱電対、RTD、およびサーミスタの標準の係数およびユーザーがプログラム可能な係数を組み込み
- 2線、3線、4線式RTD構成を構成可能
- 負の熱電対電圧を測定
- 焼損、短絡、およびフォルトの自動検出
- バッファ入力により外部保護が可能
- 50Hz/60Hzを同時に除去
- 10ppm/°C(最大)リファレンス内蔵(1グレード)

アプリケーション

- 熱電対の直接測定
- RTDの直接測定
- サーミスタの直接測定
- カスタムのセンサ・アプリケーション

概要

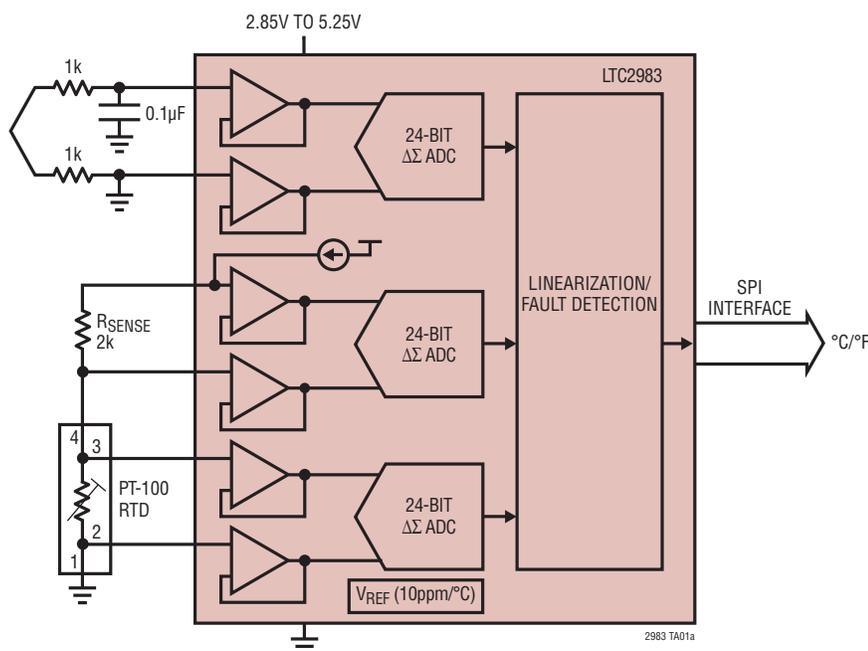
LTC[®]2983は、さまざまな温度センサを測定し、その結果を°Cまたは°Fの単位でデジタル出力します。その精度は0.1°Cで、分解能は0.001°Cです。LTC2983は、事実上すべての標準(タイプB、E、J、K、N、S、R、T)またはカスタムの熱電対の温度を測定し、冷接点温度を自動的に補償して、結果を線形にすることができます。このデバイスは、標準の2線、3線、または4線式RTD、サーミスタ、およびダイオードを使用して温度を測定することもできます。このデバイスには再構成可能なアナログ入力が20箇所あるので、多くのセンサ接続および構成オプションが可能です。LTC2983は、各種の温度センサに合わせて適切な励起電流源およびフォルト検出回路を内蔵しています。

LTC2983は、レベル・シフト、負電源電圧、外部アンプ不要でグランド基準のセンサとの直接のインタフェースが可能です。すべての信号はバッファに送られ、3つの高精度、24ビット $\Delta\Sigma$ A/Dコンバータにより同時にデジタル化されます。また、これらのADCは内蔵の10ppm/°C(最大)リファレンスにより駆動されます。

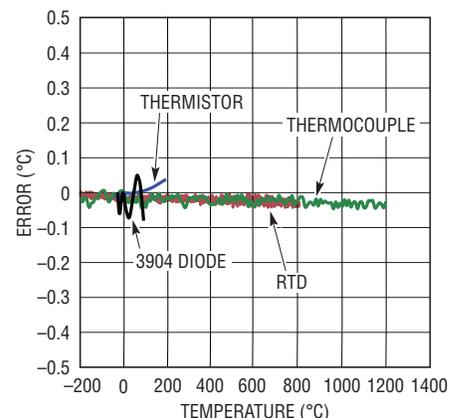
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。特許出願中。

標準的応用例

自動冷接点補償による熱電対計測



標準的な温度誤差



2983 TA01b

目次

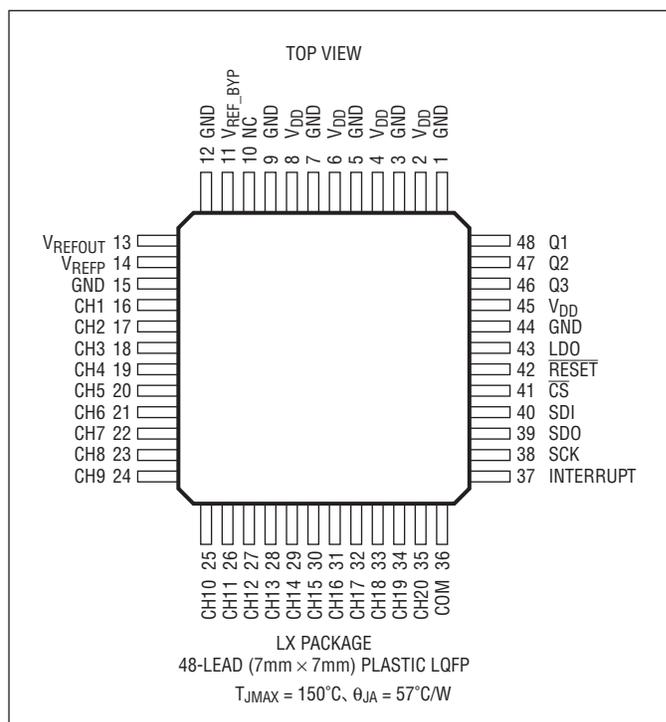
特長.....	1
アプリケーション	1
標準的応用例	1
概要.....	1
絶対最大定格.....	3
発注情報.....	3
システム全体の電気的特性	3
ピン配置	3
A/Dコンバータの電気的特性	4
リファレンス電気的特性.....	4
デジタル入力とデジタル出力.....	5
標準的的性能特性.....	6
ピン機能	9
ブロック図.....	10
テスト回路.....	11
タイミング図.....	11
概要.....	12
アプリケーション情報	16
熱電対の測定	21
ダイオードの測定	24
RTDの測定	28
サーミスタの測定	43
補足情報.....	55
直接ADC測定	55
フォルト保護とアンチエイリアシング	57
2サイクル変換モードと3サイクル変換モード.....	57
複数チャンネルの連続変換.....	58
MUX構成遅延	58
グローバル構成レジスタ.....	59
カスタムの熱電対.....	59
カスタムのRTD.....	62
カスタムのサーミスタ	65
パッケージ	71
標準的応用例.....	72
関連製品.....	72

絶対最大定格

(Note 1, 2)

電源電圧 (V_{DD})	-0.3V ~ 6V
アナログ入力ピン (CH1 ~ CH20, COM)	-0.3V ~ ($V_{DD} + 0.3V$)
入力電流 (CH1 ~ CH20, COM)	$\pm 15\text{mA}$
デジタル入力 (\overline{CS} , SDI, SCK, RESET)	-0.3V ~ ($V_{DD} + 0.3V$)
デジタル出力 (SDO, INTERRUPT)	-0.3V ~ ($V_{DD} + 0.3V$)
V_{REFP}	-0.3V ~ 2.8V
リファレンス短絡時間	無制限
動作温度範囲	
LTC2983C	0°C ~ 70°C
LTC2983I	-40°C ~ 85°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	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
LTC2983CLX#PBF	LTC2983CLX#TRPBF	LTC2983	48-Lead (7mm×7mm) LQFP	0°C to 70°C
LTC2983ILX#PBF	LTC2983ILX#TRPBF	LTC2983	48-Lead (7mm×7mm) LQFP	-40°C to 85°C

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。* 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。

無鉛仕上げ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/tapeandreeel/>をご覧ください。

システム全体の電気的特性

● 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。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage		2.85		5.25	V
Supply Current			15	20	mA
Sleep Current			25	60	μA
Input Range	All Analog Input Channels	-0.05		$V_{CC} - 0.3$	V
Output Rate	Two Conversion Cycle Mode (Notes 6, 9)	150	164	170	ms
Output Rate	Three Conversion Cycle Mode (Notes 6, 9)	225	246	255	ms
Input Common Mode Rejection	50Hz/60Hz (Note 4)	120			dB
Input Normal Mode Rejection	60Hz (Notes 4, 7)	120			dB

システム全体の電气的特性

● 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。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Normal Mode Rejection	50Hz (Notes 4, 8)	●	120			dB
Input Normal Mode Rejection	50Hz/60Hz (Notes 4, 6, 9)	●	75			dB
Power-On Reset Threshold				2.25		V
Analog Power-Up	(Note 11)	●			100	ms
Digital Initialization	(Note 12)	●			100	ms

A/D コンバータの電气的特性

● 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。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Resolution (No Missing Codes)	$-F_S \leq V_{IN} \leq +F_S$	●	24			Bits
Integral Nonlinearity	$V_{IN(CM)} = 1.25\text{V}$ (Note 15)	●		2	30	ppm of V_{REF}
Offset Error		●		0.5	2	μV
Offset Error Drift	(Note 4)	●		10	20	$\text{nV}/^\circ\text{C}$
Positive Full-Scale Error	(Notes 3, 15)	●			100	ppm of V_{REF}
Positive Full-Scale Drift	(Notes 3, 15)	●		0.1	0.5	ppm of $V_{REF}/^\circ\text{C}$
Input Leakage		●			1	nA
Negative Full-Scale Error	(Notes 3, 15)	●			100	ppm of V_{REF}
Negative Full-Scale Drift	(Notes 3, 15)	●		0.1	0.5	ppm of $V_{REF}/^\circ\text{C}$
Output Noise	(Note 5)	●		0.8	1.5	μVRMS
Common Mode Input Range		●	-0.05		$V_{DD} - 0.3$	V
RTD Excitation Current	(Note 16)	●	-25	Table 30	25	%
RTD Excitation Current Matching	Continuously Calibrated	●	Error within Noise Level of ADC			
Thermistor Excitation Current	(Note 16)	●	-37.5	Table 53	37.5	%

リファレンス電气的特性

● 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。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	V_{REFOUT} (Note 10)		2.49		2.51	V
Output Voltage Temperature Coefficient	I-Grade	●		3	10	ppm/ $^\circ\text{C}$
Output Voltage Temperature Coefficient	C-Grade	●		3	20	ppm/ $^\circ\text{C}$
Line Regulation		●			10	ppm/V
Load Regulation	$I_{OUT(SOURCE)} = 100\mu\text{A}$	●			5	mV/mA
	$I_{OUT(SINK)} = 100\mu\text{A}$	●			5	mV/mA
Output Voltage Noise	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$			4		$\mu\text{VP-P}$
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$			4.5		$\mu\text{VP-P}$
Output Short-Circuit Current	Short V_{REFOUT} to GND			40		mA
	Short V_{REFOUT} to V_{DD}			30		mA
Turn-On Time	0.1% Setting, $C_{LOAD} = 1\mu\text{F}$			115		μs
Long Term Drift of Output Voltage (Note 13)				60		ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$
Hysteresis (Note 14)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C			70		ppm

デジタル入力とデジタル出力

● 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。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	External SCK Frequency Range		●	0	2	MHz
	External SCK LOW Period		●	250		ns
	External SCK HIGH Period		●	250		ns
t_1	$\overline{\text{CS}}\downarrow$ to SDO Valid		●	0	200	ns
t_2	$\overline{\text{CS}}\uparrow$ to SDO Hi-Z		●	0	200	ns
t_3	$\overline{\text{CS}}\downarrow$ to SCK \uparrow		●	100		ns
t_4	SCK \downarrow to SDO Valid		●		225	ns
t_5	SDO Hold After SCK \downarrow		●	10		ns
t_6	SDI Setup Before SCK \uparrow		●	100		ns
t_7	SDI HOLD After SCK \uparrow		●	100		ns
	High Level Input Voltage	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	●	$V_{DD} - 0.5$		V
	Low Level Input Voltage	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	●		0.5	V
	Digital Input Current	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	●	-10	10	μA
	Digital Input Capacitance	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$		10		pF
	LOW Level Output Voltage (SDO, INTERRUPT)	$I_O = -800\mu\text{A}$	●		0.4	V
	High Level Output Voltage (SDO, INTERRUPT)	$I_O = 1.6\text{mA}$	●	$V_{DD} - 0.5$		V
	Hi-Z Output Leakage (SDO)		●	-10	10	μA

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回復不可能な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恐れがある。

Note 2: すべての電圧値は GND を基準にしている。

Note 3: ADC フル・スケール誤差。測定には、リファレンス誤差は含まれない。

Note 4: 設計によって保証されているが、テストされない。

Note 5: 出力ノイズは、内部キャリブレーション動作の寄与分を含む。

Note 6: MUX の構成遅延 = 2ms (デフォルト)

Note 7: グローバル構成を 60Hz 除去に設定。

Note 8: グローバル構成を 50Hz 除去に設定。

Note 9: グローバル構成をデフォルトの 50Hz/60Hz 除去に設定。

Note 10: V_{REF} の厳密な値が LTC2983 に保存され、すべての測定計算に使用される。温度係数は出力電圧の最大変化を規定温度範囲で割って測定される。

Note 11: アナログ起動。この間コマンド・ステータス・レジスタはアクセス不可。

Note 12: デジタル初期化。アナログ起動の終了時に開始する。コマンド・ステータス・レジスタは、デジタル初期化の開始時に 0×80 で、終了時に 0×40 となる。

Note 13: 通常、長期安定性は対数特性を有しているため、1000 時間以降の変動はそれ以前よりもはるかに小さくなる傾向がある。次の 1000 時間におけるトータル・ドリフトは、通常、最初の 1000 時間の 1/3 以下であり、ドリフトは時間経過に従って低下する傾向がある。長期安定性は、基板の組み立て時にデバイスと基板素材の間に生じるストレスの差の影響も受ける。

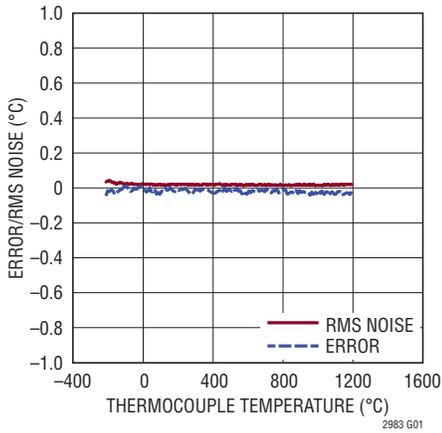
Note 14: 出力電圧のヒステリシスは、デバイスがそれまでに置かれていた温度が高温か低温かによってパッケージ・ストレスが異なるために生じる。出力電圧は常に 25°C で測定されるが、デバイスは次の測定前に再び上限温度または下限温度に置かれる。ヒステリシスは 3 回の高温または低温の温度サイクルの平均の最大出力変化を測定する。良好に管理された温度 (動作温度から $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 以内) で保管された機器については、通常、ヒステリシスは誤差の主な要因にはならない。ヒステリシスの標準値は、 25°C 、低温、 25°C の順番、または 25°C 、高温、 25°C の順番で温度環境を変えた場合のファーストケースのデータである。この値は 1 回の温度サイクルであらかじめ条件設定されている。

Note 15: 差動入力範囲は $\pm V_{REF}/2$ 。

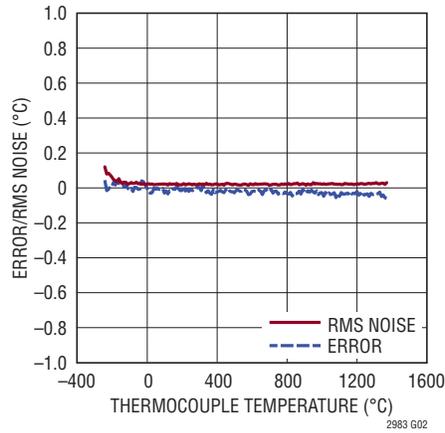
Note 16: RTD およびサーミスタの測定はレシオメトリック測定である。その結果、電流源の励起の変動による絶対精度への影響はない。励起電流は、公称励起電流でドライブしたときの最大のセンサまたは R_{SENSE} の電圧降下が 1V 未満になるよう選択する。ADC 入力範囲が拡張されて励起電流の変動を吸収し、レシオメトリック計算により励起電流の絶対値をネグレートする。

標準的性能特性

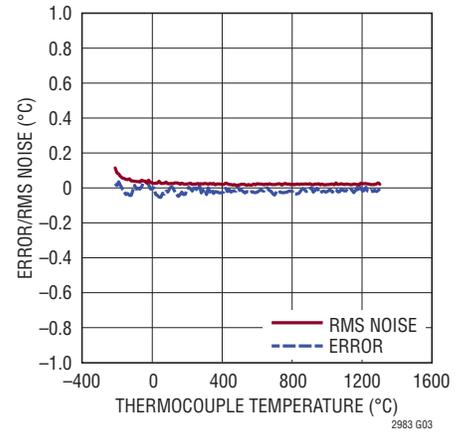
タイプJの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



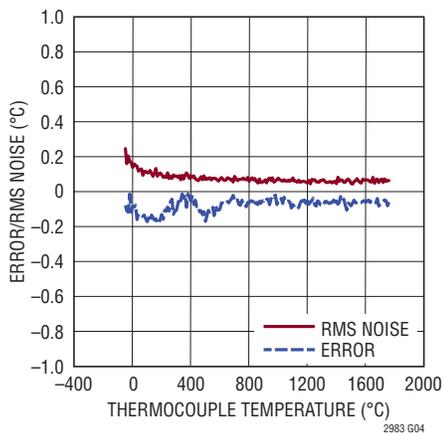
タイプKの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



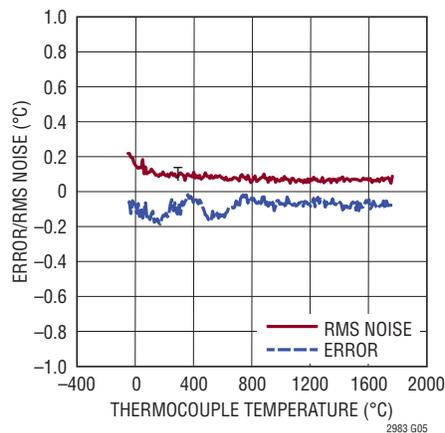
タイプNの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



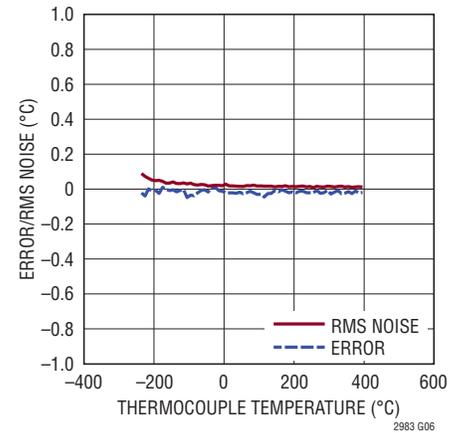
タイプRの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



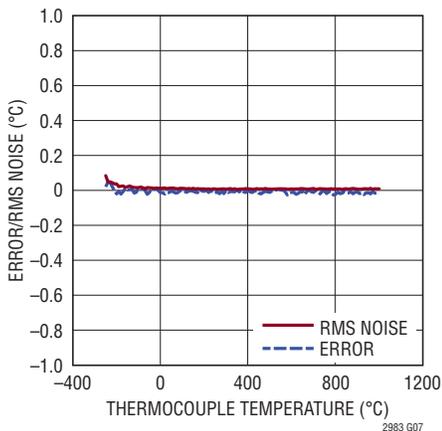
タイプSの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



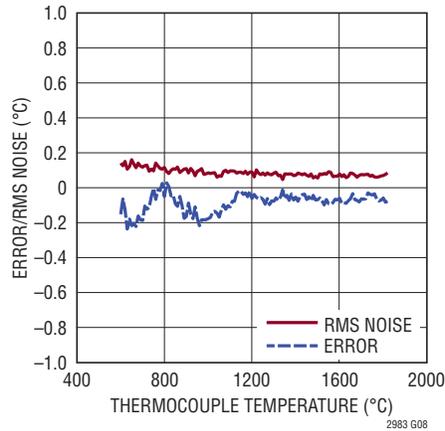
タイプTの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



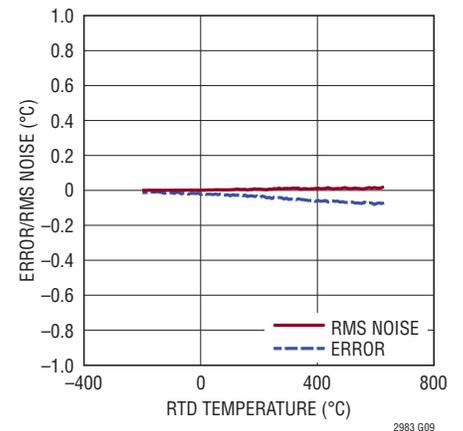
タイプEの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度



タイプBの熱電対の誤差および
RMSノイズと温度

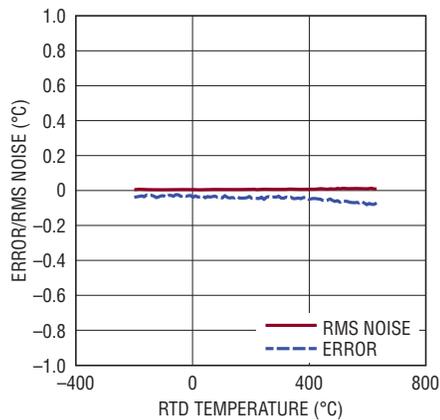


RTD PT-1000の誤差および
RMSノイズと温度



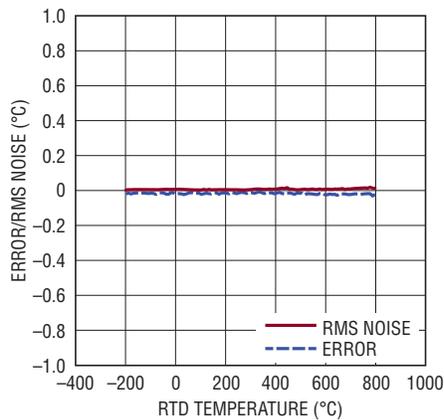
標準的性能特性

RTD PT-200の誤差および RMS ノイズと温度



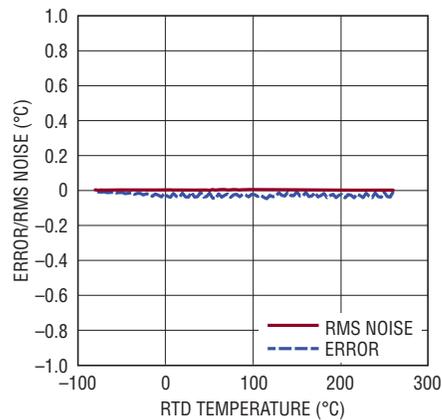
2983 G10

RTD PT-100の誤差および RMS ノイズと温度



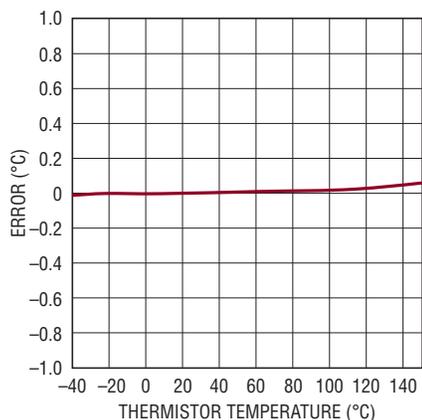
2983 G11

RTD NI-120 RTDの誤差および RMS ノイズと温度



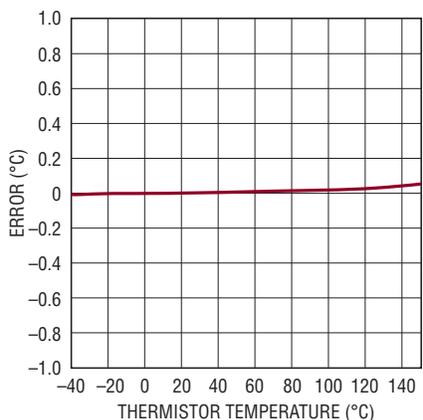
2983 G12

2.252kサーミスタの誤差と温度



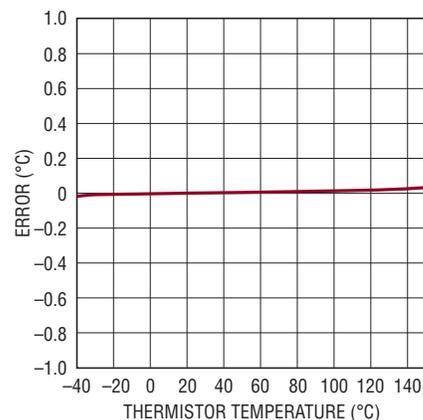
2983 G19

3kサーミスタの誤差と温度



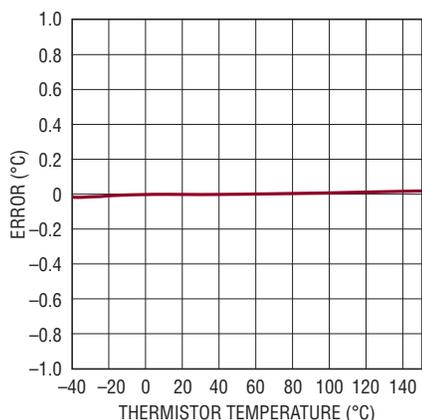
2983 G20

5kサーミスタの誤差と温度



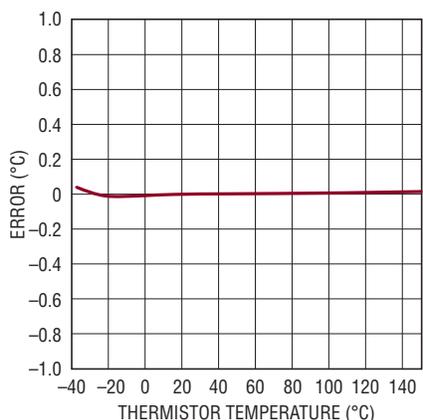
2983 G21

10kサーミスタの誤差と温度



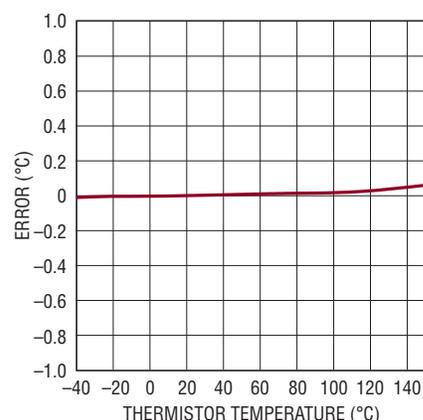
2983 G22

30kサーミスタの誤差と温度



2983 G23

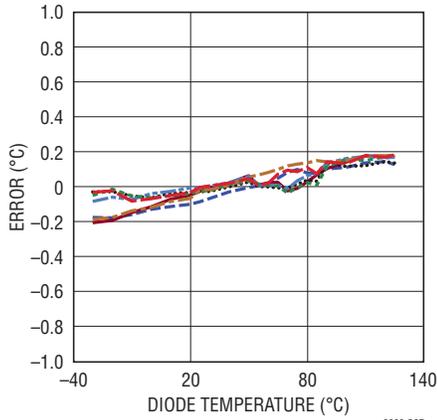
YSI-400サーミスタの誤差と温度



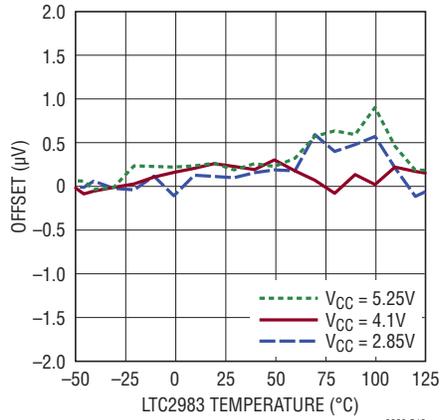
2983 G24

標準的性能特性

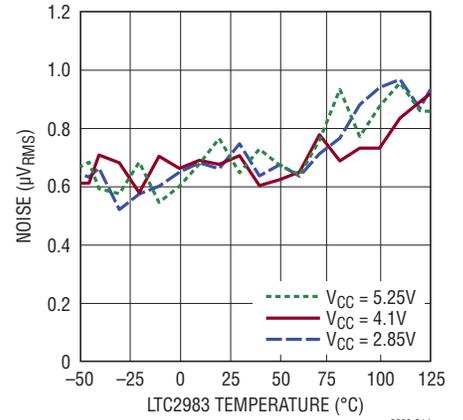
ダイオードの誤差および再現性と温度



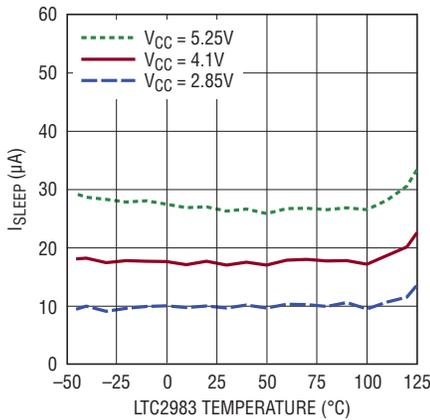
オフセットと温度



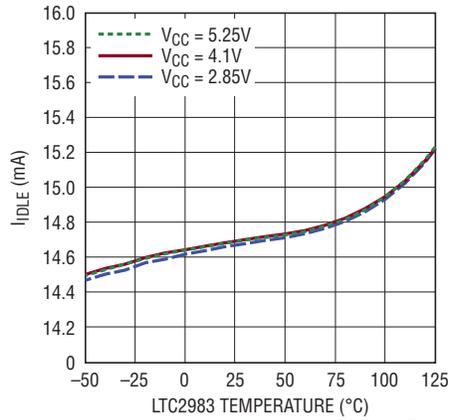
ノイズと温度



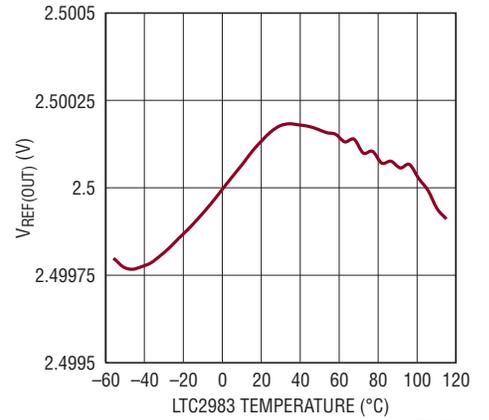
ISLEEPと温度



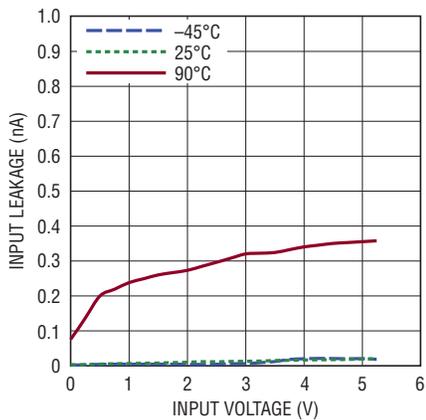
ワンショット変換電流と温度



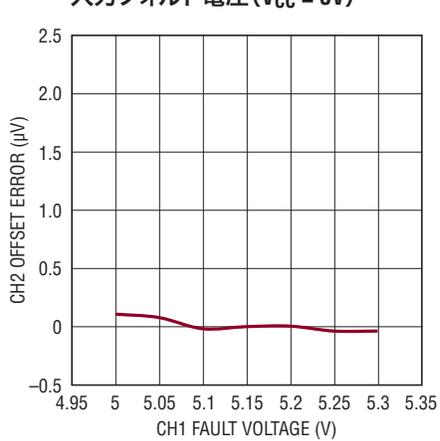
VREFOUTと温度



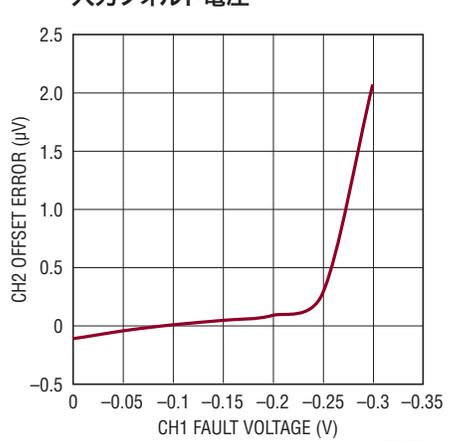
チャンネル入力リーク電流と温度



隣接チャンネル・オフセット誤差と入力フォルト電圧 (VCC = 5V)



隣接チャンネル・オフセット誤差と入力フォルト電圧



ピン機能

GND (ピン 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 44) : グランド。これらの各ピンは、共通グランド・プレーンに低インピーダンスで接続します。正常な動作のためには、8つのピンすべてを接地する必要があります。

V_{DD} (ピン 2, 4, 6, 8, 45) : アナログ電源。5つのピンすべてを相互接続し、デバイスのできる限り近くでバイパスして、0.1μFのコンデンサで接地します。

V_{REF_BYP} (ピン 11) : 内部リファレンス電力。内部電源ピン。このピンには外部回路による負荷をかけないでください。0.1μFのセラミック・コンデンサでGNDにデカップリングします。

V_{REFOUT} (ピン 13) : リファレンス出力電圧。V_{REFP}に短絡しません。グランドへの最小1μFのコンデンサが必要です。このピンには外部回路による負荷をかけないでください。

V_{REFP} (ピン 14) : 正リファレンス入力。V_{REFOUT}に接続します。

CH1 ~ CH20 (ピン 16 ~ ピン 35) : アナログ入力。シングルエンド、差動、またはレシオメトリック動作にプログラムできます。これらのピンの電圧は、GND - 50mVからV_{DD} - 0.3Vまでの間の任意の値を取ることができます。未使用のピンは接地してもフロートのままでも構いません。

COM (ピン 36) : アナログ入力。すべてのシングルエンド構成のための負の共通入力。このピンの電圧は、GND - 50mVからV_{DD} - 0.3Vまでの間の任意の値を取ることができます。このピンは、通常、温度測定のためにグランドに接続されます。

INTERRUPT (ピン 37) : このピンは、起動中もしくは変換サイクル中のいずれかによってデバイスがビジー状態のとき、“L”を出力します。起動状態または変換状態が終了すると、このピンは“H”になります。

SCK (ピン 38) : シリアル・クロック・ピン。データはSCKの立ち下がりエッジでデバイスからシフトアウトされ、立ち上がりエッジでデバイスにラッチされます。

SDO (ピン 39) : シリアル・データ出力。データ出力状態中、このピンは、シリアル・データ出力として使用されます。チップ選択ピンが“H”のとき、SDOピンは高インピーダンス状態になります。

SDI (ピン 40) : シリアル・データ入力。デバイスのプログラミングに使用されます。データはSCKの立ち下がりエッジでラッチされます。

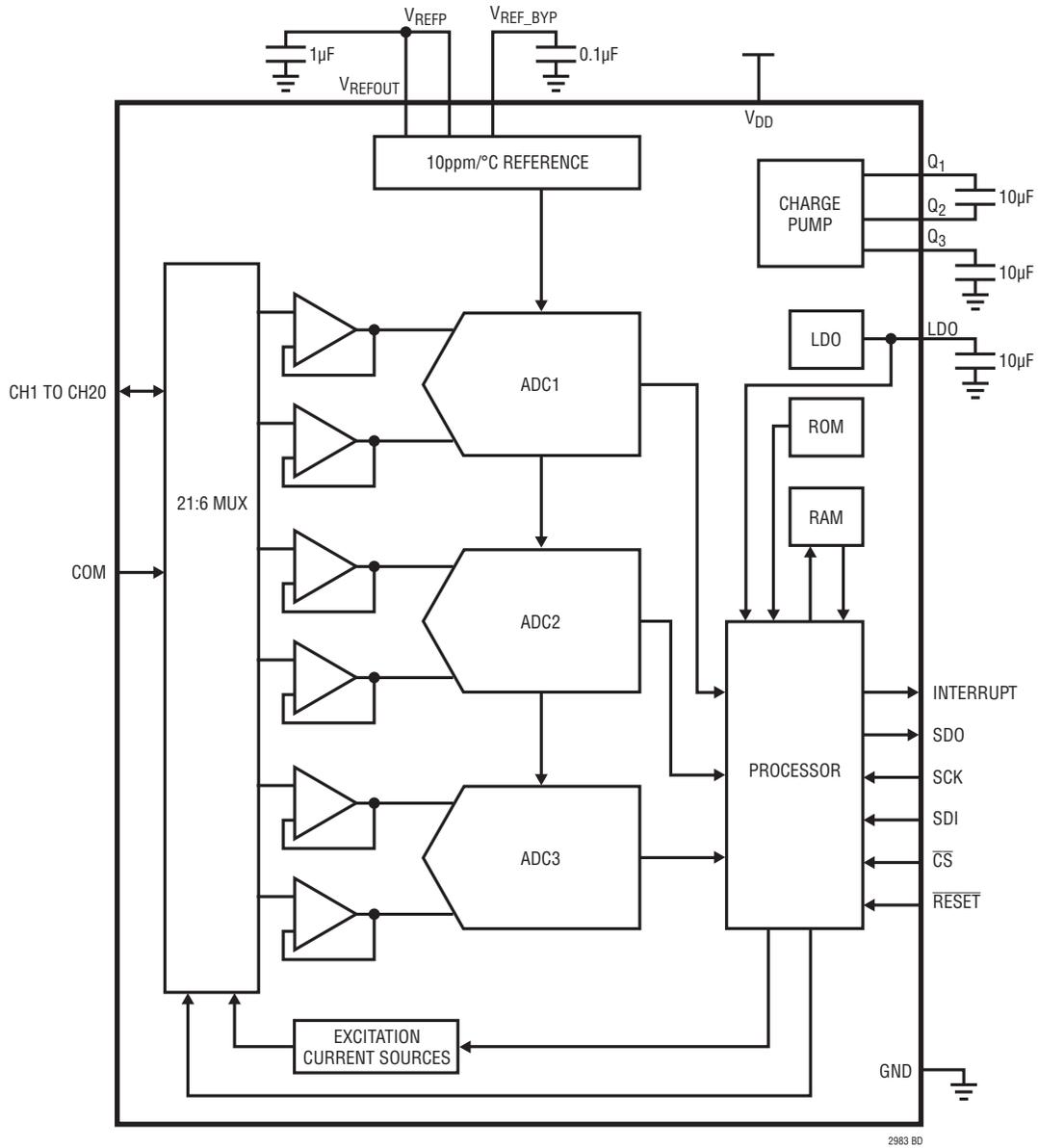
CS (ピン 41) : アクティブ“L”のチップ選択。このピンが“L”になると、デジタル入出力がイネーブルされます。このピンが“H”のとき、SDOは高インピーダンス状態になります。CSの立ち下がりエッジがSPIトランザクションの開始となり、立ち上がりエッジが終了となります。

RESET (ピン 42) : アクティブ“L”のリセット。このピンが“L”の間、デバイスはリセット状態に強制されます。このピンが“H”に戻ると、デバイスは起動シーケンスを開始します。

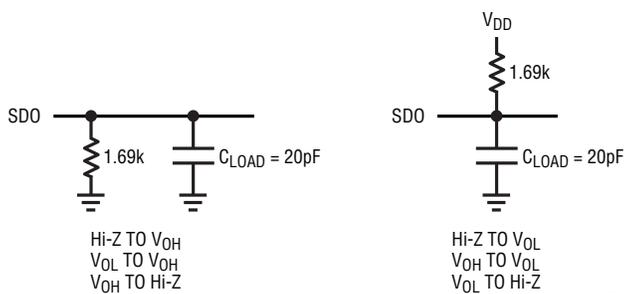
LDO (ピン 43) : 2.5V LDO出力。10μFのコンデンサでGNDにバイパスします。内部電源ピン。このピンには外部回路による負荷をかけないでください。

Q3, Q2, Q1 (ピン 46, 47, 48) : -200mVの内蔵チャージポンプ用の外部バイパス・ピン。Q1とQ2の間の各ピンの近くに10μFのX7Rコンデンサを接続します。Q3とグランドの間に10μFのX5Rコンデンサを接続します。これらは内部電源ピンのため、上記以外の接続を加えないでください。

ブロック図

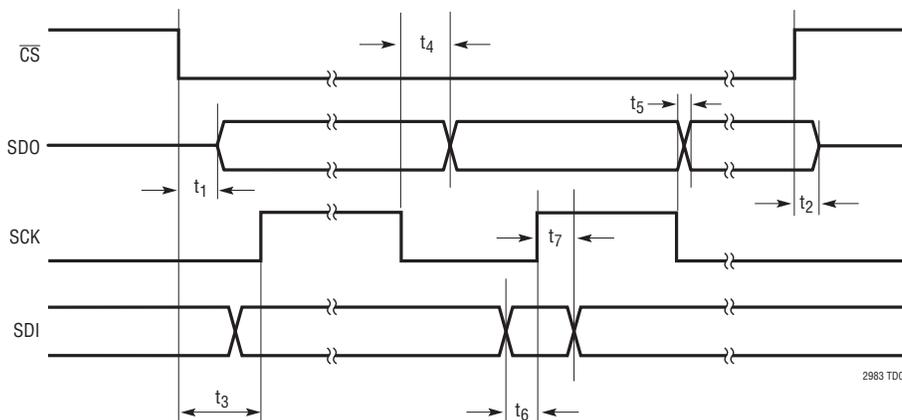


テスト回路



タイミング図

SPI タイミング図



概要

LTC2983は、最も一般的なセンサ(熱電対、RTD、サーミスタ、ダイオード)を使用して、温度を計測します。それぞれの種類のセンサの温度を求めるために必要なすべてのアクティブ回路、スイッチ、測定アルゴリズム、数値変換を備えています。

熱電対は、最低 -265°C から 1800°C を超える温度を測定できます。熱電対は、先端の温度(熱電対温度)と回路基板への電気接続の温度(冷接点温度)の温度差に応じて変化する電圧を発生します。熱電対温度を求めるには、冷接点温度を高精度に測定する必要があります。これは冷接点補償として知られています。通常、冷接点温度は、別の(熱電対以外の)温度センサを冷接点に設置して求めます。LTC2983では、冷接点センサとして、ダイオード、RTD、サーミスタを使用できます。熱電対が出力する電圧を温度値に変換するには、高次多項式(最高14次)を解く必要があります。LTC2983には、事実上すべての標準的な熱電対(J、K、N、E、R、S、T、B)に対応する多項式が内蔵されています。さらに、冷接点温度では逆多項式を解く必要があります。LTC2983は、熱電対出力と冷接点温度を同時に測定し、必要なあらゆる計算を実行して、熱電対温度を $^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ 単位でレポートします。1つのグランド基準電源からの正負両方の電圧(グランドの50mV下の電圧まで)を直接デジタル化でき、センサ焼損検出機能を内蔵しており、バッファ回路を要することなく外部保護回路/アンチエイリアス回路を実現します。

ダイオードは、低コストで使い勝手の良いセンサ素子で、熱電対アプリケーションで冷接点温度を測定するためによく使用されます。ダイオードは、通常、 -60°C ~ 130°C の温度を測定するために使用されます。これは、ほとんどの冷接点アプリ

ケーションに適する温度です。ダイオードが発生する出力電圧は、温度と励起電流の関数になります。2つの異なる励起電流値において、2つのダイオード出力電圧の差を取ると、その差(ΔV_{BE})は温度に比例します。LTC2983は、それらの励起電流を高精度に生成し、それぞれのダイオードの電圧を測定し、温度を $^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ 単位で計算します。

RTDとサーミスタは、温度に応じて値が変わる抵抗器です。RTDは、 -200°C ~ 850°C の幅広い範囲の温度を測定できますが、サーミスタは、通常 -40°C ~ 150°C で動作します。これらのセンサのいずれかを測定するには、高精度検出抵抗をセンサと直列に接続します。励起電流をネットワークに印加し、レシオメトリック測定(比率測定)を行います。その比からRTD/サーミスタの抵抗値(Ω 単位)が求められます。この抵抗値から、テーブル・ルックアップによって(RTD)、またはSteinhart-Hart式を解いて(サーミスタ)、センサ素子の温度が求められます。LTC2983は、励起電流を自動的に生成し、検出抵抗とサーミスタ/RTD電圧を同時に背測定し、センサ抵抗を計算し、計算結果を $^{\circ}\text{C}$ 単位でレポートします。LTC2983は、ほとんどの種類のRTD(PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000、NI-120)をデジタル化することができ、多数の規格(米国、ヨーロッパ、日本、ITS-90)に対応する係数を内蔵しており、2線、3線、4線式構成に対応しています。また、標準的な2.252k、3k、5k、10k、30kサーミスタの温度を計算するための係数も内蔵しています。1つの検出抵抗を複数のRTD/サーミスタで共有し、励起電流源をローテーションさせて寄生熱効果をなくすよう構成できます。

概要

表 1. LTC2983 の誤差寄与分とピーク・ノイズ誤差

センサの種類	温度範囲	システム精度	ピーク・ツー・ピーク・ノイズ
タイプKの熱電対	-200°C ~ 0°C 0°C ~ 1372°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.155\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.077\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.08^\circ\text{C}$
タイプJの熱電対	-210°C ~ 0°C 0°C ~ 1200°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.15\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.07^\circ\text{C}$
タイプEの熱電対	-200°C ~ 0°C 0°C ~ 1000°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.121\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.06^\circ\text{C}$
タイプNの熱電対	-200°C ~ 0°C 0°C ~ 1300°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.180\% + 0.08)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.08)^\circ\text{C}$	$\pm 0.13^\circ\text{C}$
タイプRの熱電対	0°C ~ 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.07\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
タイプSの熱電対	0°C ~ 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.07\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
タイプBの熱電対	400°C ~ 1820°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.065\%)^\circ\text{C}$	$\pm 0.83^\circ\text{C}$
タイプTの熱電対	-250°C ~ 0°C 0°C ~ 400°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.09^\circ\text{C}$
外付けダイオード (2読み取り)	-40°C ~ 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
外付けダイオード (3読み取り)	-40°C ~ 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-10, $R_{\text{SENSE}} = 1\text{k}\Omega$	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-100, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-500, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.02^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-1000, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$
サーミスタ, $R_{\text{SENSE}} = 10\text{k}\Omega$	-40°C ~ 85°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$

それぞれの温度センサ・デバイスについて推定されるシステム精度とノイズを、表 1 に示します。システム精度とピーク・ツー・ピーク・ノイズには、A/D コンバータ、内部アンプ、励起電流源、および内蔵リファレンスによる効果が含まれています。精度とノイズは、保証される A/D コンバータおよびリファレンス仕様の最高値から計算した、ワーストケース誤差です。ピーク・ツー・ピーク・ノイズ 値は、0°C で計算 (タイプ B のみ 400°C で計算) し、ダイオード測定には AVG = ON モードを使用しました。

熱電対の誤差には、冷接点測定による誤差は含まれません。動作温度範囲内における、ある特定の冷接点センサによる誤差と、任意の熱電対の誤差を合わせて、全体的な温度測定精度が求められます。

概要

メモリ・マップ

LTC2983のチャンネル割り当て、構成、変換開始、および結果はすべて、RAMを介してアクセスできます(表2Aを参照)。メモリにアクセスするための有効なSPI命令バイトを表2Bに記載します。チャンネル変換結果は、メモリの0x010~0x05Fにマップングされており、図1に示すSPIインタフェースを使用して読み取りできます。読み取りを開始するには、読み取り命令バイト

(= 0x03)の後に、アドレス、データの順に送信します。チャンネル割り当てデータは、メモリの0x200~0x24Fに格納されており、図2に示すように、SPIインタフェースでプログラミングできます。書き込みを開始するには、書き込み命令バイト(= 0x02)の後に、アドレス、データの順に送信します。変換を開始するには、変換制御バイト(表6参照)をメモリの0x000(コマンド・ステータス・レジスタ)に書き込みます。

表2A. メモリ・マップ

LTC2983のメモリ・マップ				
セグメント	開始アドレス	終了アドレス	サイズ (バイト単位)	説明
コマンド・ステータス・レジスタ	0x000	0x000	1	表6参照、変換の開始、スリープ・コマンド
予約済み	0x001	0x00F	15	
温度結果メモリ 20ワード - 80バイト	0x010	0x05F	80	表8~10を参照、結果読み取り
予約済み	0x060	0x0EF	144	
グローバル構成レジスタ	0x0F0	0x0F0	1	
予約済み	0x0F1	0x0F3	3	
複数チャンネル測定用ビット・マスク	0x0F4	0x0F7	4	表65、66を参照、複数の変換を実行
グローバル・ステータス・レジスタ	0x0F8	0x0F8	1	
予約済み	0x0F9	0x0FE	6	
MUX構成遅延	0x0FF	0x0FF	1	データシートの「MUX構成遅延」セクションを参照
予約済み	0x100	0x1FF	256	
チャンネル割り当てデータ	0x200	0x24F	80	表3、4を参照、チャンネル割り当て
カスタムのセンサ用テーブル・データ	0x250	0x3CF	384	
予約済み	0x3D0	0x3FF	48	

表2B. SPI命令バイト

命令	SPI命令バイト	説明
読み取り	0b00000011	図1を参照
書き込み	0b00000010	図2を参照
処理なし	0bXXXXXX0X	

概要

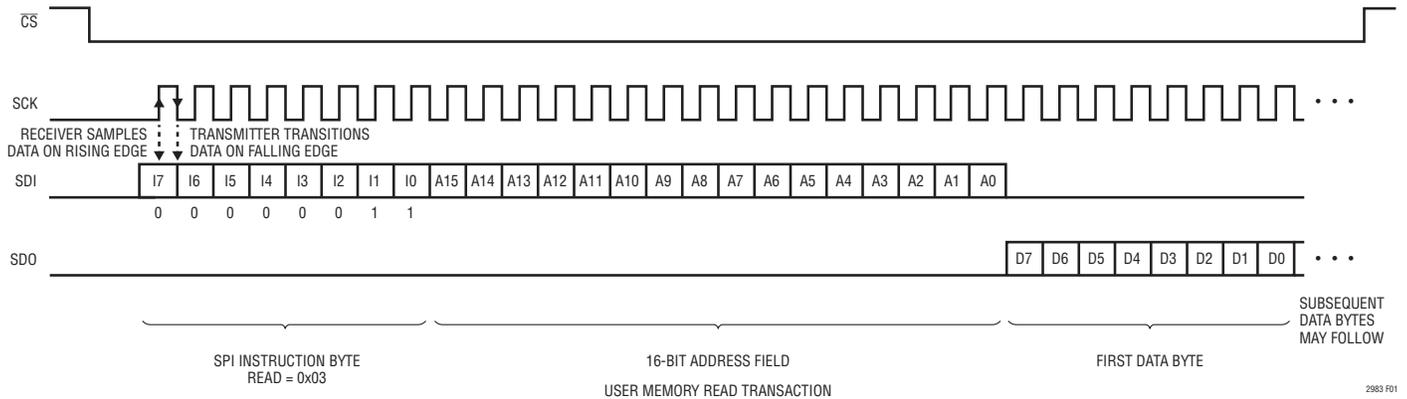


図1. メモリ読み取り動作

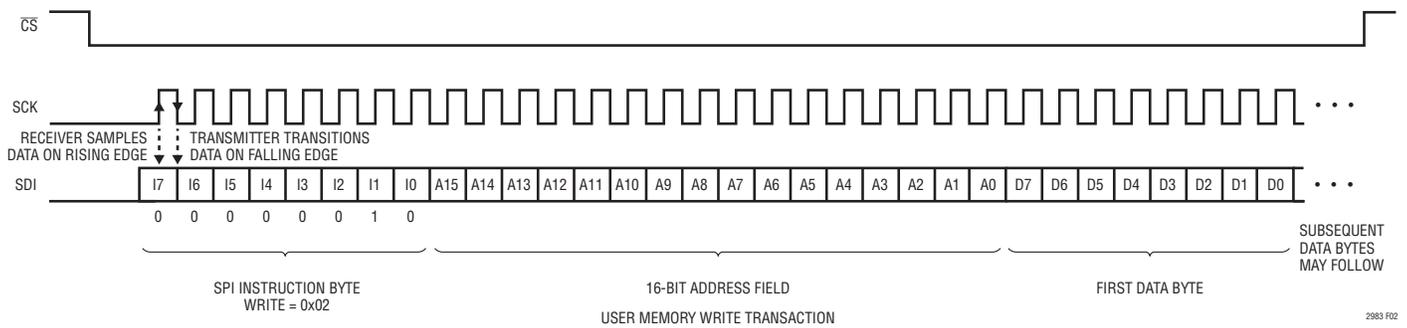


図2. メモリ書き込み動作

アプリケーション情報

LTC2983は、高い精度と使いやすさを兼ね備えています。基本動作はシンプルで、5つのステートから構成されます(図3を参照)。

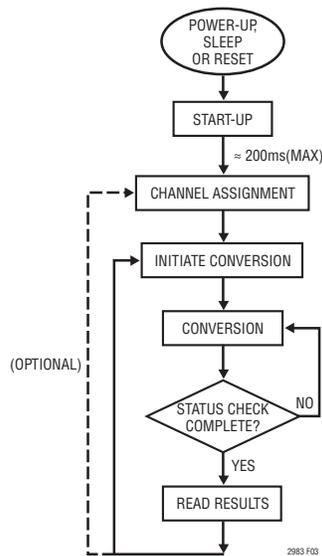


図3. 基本動作

変換ステートの概要

- 1. 起動:** LTC2983に電源を投入した($V_{DD} > 2.6V$)後、200msのウェイクアップ時間があります。この間にLDO、チャージポンプ、A/Dコンバータ、リファレンスの電源がオンになり、内部RAMが初期化されます。起動が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、コマンド・ステータス・レジスタを読み取ると0x40の値(スタート・ビット=0、完了ビット=1)を返します。
- 2. チャンネル割り当て:** 起動が完了すると、デバイスは自動的にチャンネル割り当てステートに入ります。このステートの間、ユーザーは各入力チャンネルに対するセンサ固有のデータをRAMに書き込みます。割り当てデータには、センサの種類、冷接点センサまたは検出抵抗へのポインタ、センサ固有のパラメータに関する情報が含まれます。
- 3. 変換開始:** 変換を開始するには、RAMメモリの0x000に測定コマンドを書き込みます。このコマンドは、変換を実行するチャンネルへのポインタです。
- 4. 変換:** 変換開始コマンドの後、自動的に新しい変換が開始します。このステートでは、A/Dコンバータが、指定されたチャンネル上および関連する冷接点または R_{SENSE} チャンネル(該当する場合)上で変換を実行します。このステートの間、ユーザーはRAMにアクセスできなくなります(ス

テータス読み取り位置の0x000を除く)。変換の終了は、INTERRUPTピンが“H”になることと、ステータス・レジスタのスタート・ビットが“L”、完了ビットが“H”になることの両方で示されます。

- 5. 結果読み取り:** このステートでは、ユーザーはRAMにアクセス可能になり、完了後の変換結果とフォルト・ステータス・ビットを読み出せます。結果読み取りステートの間、チャンネル割り当てデータをユーザーが変更したり、追加することもできます。

変換ステートの詳細

ステート1: 起動

起動ステートは、LTC2983に電源を投入すると自動的に開始します。電源が $\approx 2.6V$ のしきい値を下回った後に、通常動作電圧(2.85V \sim 5.25V)に戻ると、LTC2983はリセットされて起動ステートに入ります。また、スリープ状態が終了したときも、LTC2983は起動ステートに入ります。さらに、通常動作中にはいつでも、RESETピンを“L”にパルスすることで、起動ステートに入ることができます。

起動ステートの最初の段階において、クリティカルなアナログ回路の電源がすべてオンになります。LDO、リファレンス、チャージポンプ、A/Dコンバータなどです。この最初の段階の間、ユーザーはコマンド・ステータス・レジスタにアクセスできません。この段階が完了するには最長100msかかります。この段階が完了すると、コマンド・ステータス・レジスタがアクセス可能になります。LTC2983が完全に初期化されるまでは、コマンド・ステータス・レジスタは0x80の値を返します。LTC2983の初期化が完了して使用できる状態になると、INTERRUPTピンが“H”になり、コマンド・ステータス・レジスタは0x40の値(スタート・ビット=0、完了ビット=1)を返すようになります。この時点で、LTC2983は、初期化がすべて完了し、変換を実行可能な状態です。

ステート2: チャンネル割り当て

LTC2983のRAMは、最大20組の32ビット(4バイト)チャンネル割り当てデータによってプログラム可能です。これらのデータは、20個のアナログ入力チャンネルに1対1で対応するように、RAMに連続的に格納されています(表3を参照)。使用しないチャンネルのチャンネル割り当てデータは、オール0(起動時のデフォルト)にします。

チャンネル割り当てデータには、そのチャンネルに接続された各センサについて必要な情報がすべて含まれています(表4を参照)。最初の5ビットによって、センサの種類が決まります(表5

アプリケーション情報

表3. チャンネル割り当てのメモリ・マップ

チャンネル割り当て番号	構成データ開始アドレス	構成データアドレス+1	構成データアドレス+2	構成データ終了アドレス+3	サイズ(バイト単位)
CH1	0x200	0x201	0x202	0x203	4
CH2	0x204	0x205	0x206	0x207	4
CH3	0x208	0x209	0x20A	0x20B	4
CH4	0x20C	0x20D	0x20E	0x20F	4
CH5	0x210	0x211	0x212	0x213	4
CH6	0x214	0x215	0x216	0x217	4
CH7	0x218	0x219	0x21A	0x21B	4
CH8	0x21C	0x21D	0x21E	0x21F	4
CH9	0x220	0x221	0x222	0x223	4
CH10	0x224	0x225	0x226	0x227	4
CH11	0x228	0x229	0x22A	0x22B	4
CH12	0x22C	0x22D	0x22E	0x22F	4
CH13	0x230	0x231	0x232	0x233	4
CH14	0x234	0x235	0x236	0x237	4
CH15	0x238	0x239	0x23A	0x23B	4
CH16	0x23C	0x23D	0x23E	0x23F	4
CH17	0x240	0x241	0x242	0x243	4
CH18	0x244	0x245	0x246	0x247	4
CH19	0x248	0x249	0x24A	0x24B	4
CH20	0x24C	0x24D	0x24E	0x24F	4

表4. チャンネル割り当てデータ

チャンネル割り当てのメモリ位置	センサの種類	センサ固有の構成																													
	構成データ開始アドレス	構成データ開始アドレス+1					構成データ開始アドレス+2					構成データ開始アドレス+3																			
		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
熱電対	タイプ=1~9	冷接点チャンネル割り当て [4:0]					SGL=1	OC	OC電流	0	0	0	0	0	0	0	0	カスタムアドレス [5:0]					カスタムデータ長-1 [5:0]								
RTD	タイプ=10~18	RSENSE チャンネル割り当て [4:0]					2、3、4線式		励起モード		励起電流 [3:0]			規格 [1:0]		カスタムアドレス [5:0]					カスタムデータ長-1 [5:0]										
サーミスタ	タイプ=19~27	RSENSE チャンネル割り当て [4:0]					SGL=1	励起モード		励起電流 [3:0]			0	0	0	カスタムアドレス [5:0]					カスタムデータ長-1 [5:0]										
ダイオード	タイプ=28	SGL=1	2回/3回読み取り	平均化オン	電流 [1:0]	理想係数(2, 20)の値、範囲0~4、分解能1/1048576 オール0で、ROMの工場出荷時設定を使用																									
検出抵抗	タイプ=29	検出抵抗値(17, 10)、最高131,072Ω、分解能1/1024Ω																													
直接ADC	タイプ=30	SGL=1	DIFF=0																			不使用									
ディスエーブル(デフォルト)	タイプ=0、31	不使用																													

アプリケーション情報

表5. センサの種類を選択

31	30	29	28	27	センサの種類
0	0	0	0	0	未割り当て
0	0	0	0	1	タイプJの熱電対
0	0	0	1	0	タイプKの熱電対
0	0	0	1	1	タイプEの熱電対
0	0	1	0	0	タイプNの熱電対
0	0	1	0	1	タイプRの熱電対
0	0	1	1	0	タイプSの熱電対
0	0	1	1	1	タイプTの熱電対
0	1	0	0	0	タイプBの熱電対
0	1	0	0	1	カスタムの熱電対
0	1	0	1	0	RTD PT-10
0	1	0	1	1	RTD PT-50
0	1	1	0	0	RTD PT-100
0	1	1	0	1	RTD PT-200
0	1	1	1	0	RTD PT-500
0	1	1	1	1	RTD PT-1000
1	0	0	0	0	RTD 1000 (0.00375)
1	0	0	0	1	RTD NI-120
1	0	0	1	0	RTD、カスタム
1	0	0	1	1	サーミスタ 44004/44033 2.252kΩ (25°C 時)
1	0	1	0	0	サーミスタ 44005/44030 3kΩ (25°C 時)
1	0	1	0	1	サーミスタ 44007/44034 5kΩ (25°C 時)
1	0	1	1	0	サーミスタ 44006/44031 10kΩ (25°C 時)
1	0	1	1	1	サーミスタ 44008/44032 30kΩ (25°C 時)
1	1	0	0	0	サーミスタ YSI 400 2.252kΩ (25°C 時)
1	1	0	0	1	サーミスタ Spectrum 1003k 1kΩ
1	1	0	1	0	サーミスタ、カスタム Steinhart-Hart
1	1	0	1	1	サーミスタ、カスタム・テーブル
1	1	1	0	0	ダイオード
1	1	1	0	1	検出抵抗
1	1	1	1	0	直接ADC
1	1	1	1	1	予約済み

を参照)。各センサには、センサ固有の構成が関連付けられています。たとえば、冷接点または検出抵抗チャンネルへのポイント、カスタム線形化データのメモリ格納位置へのポイント、検出抵抗値、ダイオードの理想係数などです。また、該当する場合、励起電流レベル、シングルエンド/差動入力モード、センサ固有の制御なども、このデータに含まれています。熱電対、RTD、ダイオード、サーミスタ、検出抵抗の各種のセンサに対応する割り当てデータについては、それぞれのセンサについての詳細動作セクションに記載します。

ステート3: 変換開始

チャンネル割り当てが完了すると、デバイスは変換を開始できる状態になります。変換を開始するには、スタート(B7=1)および完了(B6=0)の後、使用する入力チャンネル(B4~B0)をRAMメモリの0x000に書き込みます(表6および7を参照)。このチャンネル選択ビット(B4~B0)を00000にセットすると、測定サイクルを複数のチャンネルで開始することができます。詳細については、データシートの「複数チャンネルの連続変換」セクションを参照してください。

ビットB4~B0によって、変換を実行する入力チャンネルが決まります。これは、単にチャンネル番号のバイナリ値で表したものです(表7を参照)。

ビットB5は0にセットします。

表6. コマンド・ステータス・レジスタ

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
スタート=1	完了=0	0	チャンネル選択1~20				変換開始	
1	0	0	1	0	1	1	1	スリープ開始

表7. 入力チャンネルのマッピング

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	選択されるチャンネル
1	0	0	0	0	0	0	0	複数チャンネル
1	0	0	0	0	0	0	1	CH1
1	0	0	0	0	0	1	0	CH2
1	0	0	0	0	0	1	1	CH3
1	0	0	0	0	1	0	0	CH4
1	0	0	0	0	1	0	1	CH5
1	0	0	0	0	1	1	0	CH6
1	0	0	0	0	1	1	1	CH7
1	0	0	0	1	0	0	0	CH8
1	0	0	0	1	0	0	1	CH9
1	0	0	0	1	0	1	0	CH10
1	0	0	0	1	0	1	1	CH11
1	0	0	0	1	1	0	0	CH12
1	0	0	0	1	1	0	1	CH13
1	0	0	0	1	1	1	0	CH14
1	0	0	0	1	1	1	1	CH15
1	0	0	1	0	0	0	0	CH16
1	0	0	1	0	0	0	1	CH17
1	0	0	1	0	0	1	0	CH18
1	0	0	1	0	0	1	1	CH19
1	0	0	1	0	1	0	0	CH20
1	0	0	1	0	1	1	1	スリープ
その他すべての組み合わせ								予約済み

アプリケーション情報

ビットB7とビットB6はスタート・ビット/完了ビットとして機能します。変換を開始するには、これらのビットを「10」(B7=1、B6=0)にセットします。変換が開始されると、INTERRUPTピンが“L”になります。変換が完了すると、ビットB7およびB6が「01」(B7=0、B6=1)になり(アドレス = 0x000)、INTERRUPTピンが“H”になり、変換が完了して結果が読み取り可能であることを知らせます。

ステート4: 変換

変換開始コマンドがRAMの0x000に書き込まれると、測定サイクルが開始します(表6)。LTC2983は、選択された入力センサ、検出抵抗(RTDおよびサーミスタ)、該当する場合は冷接点温度(熱電対)を同時に測定します。

変換が開始されると、RAMメモリの0x000に格納されている読み取りステータス・データを除いて、ユーザーはRAMにアクセスできなくなります。

変換が開始されると、INTERRUPTピンが“L”になります。センサ構成に応じて、1つの温度結果ごとに2回もしくは3回の82msサイクルが必要です。これらはそれぞれ、167msと251msの変換レートに対応しています。これらのモードの詳細については、データシートの「2サイクルおよび3サイクル変換モード」セクションに記載します。

変換の終了は、INTERRUPTピン(“L”から“H”へ遷移)によって、もしくはRAMメモリの0x000にある変換制御レジスタを読み出す(スタート・ビットB7が1から0に変わり、完了ビットB6が0から1に変わる)ことによってモニタできます。

ステート5: 結果読み取り

変換が完了すると、入力チャンネルに対応するRAMメモリの格納位置から変換結果を読み取りできるようになります(表8を参照)。

変換結果は32ビット長で、センサ温度(D23～D0)とセンサのフォルト・データ(D31～D24)の両方が含まれています(表9Aおよび9Bを参照)。

結果は、すべての温度センサについて、°C単位(範囲: -273.16°C～8192°C、分解能: 1/1024°C)もしくは°F単位(範囲: -459.67°F～8192°F、分解能: 1/1024°F)でレポートされます。変換結果には、7つのセンサ・フォルト・ビットが含まれます。これらのビットは、対応する変換結果に問題があるとき、1に

表8. 変換結果のメモリ・マップ

変換チャンネル	開始アドレス	終了アドレス	サイズ (バイト単位)
CH1	0x010	0x013	4
CH2	0x014	0x017	4
CH3	0x018	0x01B	4
CH4	0x01C	0x01F	4
CH5	0x020	0x023	4
CH6	0x024	0x027	4
CH7	0x028	0x02B	4
CH8	0x02C	0x02F	4
CH9	0x030	0x033	4
CH10	0x034	0x037	4
CH11	0x038	0x03B	4
CH12	0x03C	0x03F	4
CH13	0x040	0x043	4
CH14	0x044	0x047	4
CH15	0x048	0x04B	4
CH16	0x04C	0x04F	4
CH17	0x050	0x053	4
CH18	0x054	0x057	4
CH19	0x058	0x05B	4
CH20	0x05C	0x05F	4

セットされます(表10を参照)。ハード・エラーとソフト・エラーの2種類がレポートされます。ハード・エラーは、読み取りが不正であることを示し、その結果レポートされる温度は-999°Cまたは°Fになります。ソフト・エラーは、動作がセンサの通常温度範囲またはA/Dコンバータの入力範囲を超えたことを示します。この場合、計算後の温度がレポートされますが、精度が損なわれている可能性があります。それぞれのタイプのフォルトの詳細はセンサによって異なるため、本データシートのセンサ固有のセクションに記載します。ビットD24はバリッド・ビットであり、データが有効な場合に1がセットされます。

データの読み取りが完了すると、デバイスは新しい変換開始コマンドを受け付け可能になります。新しいチャンネル構成データが必要な場合、ユーザーはRAMにアクセスして、既存のチャンネル割り当てデータを変更できます。

アプリケーション情報

表 9A. データ出力ワードの例 (°C)

	開始アドレス								開始アドレス+1								開始アドレス+2								開始アドレス+3 (終了アドレス)														
	D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0							
	フォルト・データ								符号 MSB																								LSB						
温度	センサ ハード フォルト	ADC ハード フォルト	CJ ハード フォルト	CJ ソフト フォルト	センサ 上限 超過 フォルト	センサ 下限 超過 フォルト	ADC 範囲外 フォルト	1ならば 有効	4096°C								1°C								1/1024°C														
8192°C								1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1024°C								1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
1°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
1/1024°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1							
0°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
-1/1024°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
-1°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
-273.15°C								1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1							

表 9B. データ出力ワードの例 (°F)

	開始アドレス								開始アドレス+1								開始アドレス+2								開始アドレス+3 (終了アドレス)														
	D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0							
	フォルト・データ								符号 MSB																								LSB						
温度	センサ ハード フォルト	ADC ハード フォルト	CJ ハード フォルト	CJ ソフト フォルト	センサ 上限 超過 フォルト	センサ 下限 超過 フォルト	ADC 範囲外 フォルト	1ならば 有効	4096°F								1°F								1/1024°F														
8192°F								1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1024°F								1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
1°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
1/1024°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1							
0°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
-1/1024°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
-1°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
-459.67°F								1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0							

表 10. センサ・フォルトのレポート

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	センサのハード・フォルト	ハード	センサ読み取り不正	-999°Cまたは°F
D30	ハードADC範囲外	ハード	A/Dコンバータの読み取り不正(大きな外部ノイズ事象の可能性)	-999°Cまたは°F
D29	CJハード・フォルト	ハード	冷接点センサにハード・フォルト・エラーが発生	-999°Cまたは°F
D28	CJソフト・フォルト	ソフト	冷接点センサの結果が通常範囲外	読み取り値を疑うこと
D27	センサ上限超過	ソフト	センサの読み取り値が通常範囲を上回っている	読み取り値を疑うこと
D26	センサ下限超過	ソフト	センサの読み取り値が通常範囲を下回っている	読み取り値を疑うこと
D25	ADC範囲外	ソフト	A/Dコンバータの絶対入力電圧が±1.125・VREF/2を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	NA	結果が有効(1である必要)、0の場合は結果を棄却する	読み取り値を疑うこと

2983f

アプリケーション情報

熱電対の測定

表 11. 熱電対のチャンネル割り当てワード

	(1)熱電対のタイプ					(2)冷接点チャンネル・ポイント					(3)センサ構成					(4)カスタムの熱電対データ・ポイント																
	表 4、12					表 13					表 14					表 67～69																
測定のタイプ	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
熱電対	タイプ1～9					冷接点チャンネル割り当て [4:0]					SGL=1 DIFF=0 OC OC電流 [1:0] チェック					0	0	0	0	0	0	カスタム・アドレス [5:0]					カスタム・データ長 [5:0]					

チャンネル割り当て - 熱電対

LTC2983に接続された各熱電対に対して、32ビットのチャンネル割り当てワードが、接続したチャンネルに対応するメモリ位置にプログラムされます(表 11を参照)。このワードには(1)熱電対のタイプ、(2)冷接点チャンネル・ポイント、(3)センサ構成、(4)カスタムの熱電対用データ・ポイントが含まれます。

(1)熱電対のタイプ

熱電対のタイプは、表 12に示すように、先頭の5つの入力ビットB31～B27で決まります。タイプJ、K、E、N、R、S、T、Bの熱電対に対応する標準のNIST係数が、デバイスのROMに格納されています。カスタムの熱電対を使用する場合は、センサの種類にカスタムの熱電対を選択できます。この場合、ユーザー固有のデータを、オンチップRAMのカスタム熱電対用データ・ポイントで定義されるアドレスから始まる位置に保存できます。

(2)冷接点チャンネル・ポイント

冷接点補償は、ダイオード、RTD、またはサーミスタが使用できます。冷接点チャンネル・ポイントは、冷接点センサが割り当て

られているチャンネル(1～20)をLTC2983に知らせます(表 13を参照)。熱電対に接続されているチャンネル上で変換が実行されると、自動的に冷接点センサも同時測定されます。最終出力データでは、ROMに格納されている組み込み係数を使用して冷接点温度を自動補償した上で、熱電対センサ温度を出力します。

表 12. 熱電対のタイプ

(1)熱電対のタイプ					熱電対のタイプ
B31	B30	B29	B28	B27	
0	0	0	0	1	タイプJの熱電対
0	0	0	1	0	タイプKの熱電対
0	0	0	1	1	タイプEの熱電対
0	0	1	0	0	タイプNの熱電対
0	0	1	0	1	タイプRの熱電対
0	0	1	1	0	タイプSの熱電対
0	0	1	1	1	タイプTの熱電対
0	1	0	0	0	タイプBの熱電対
0	1	0	0	1	カスタムの熱電対

表 13. 冷接点チャンネル・ポイント

(2)冷接点チャンネル・ポイント					冷接点チャンネル
B26	B25	B24	B23	B22	
0	0	0	0	0	冷接点補償なし、計算に0°Cを使用
0	0	0	0	1	CH1
0	0	0	1	0	CH2
0	0	0	1	1	CH3
0	0	1	0	0	CH4
0	0	1	0	1	CH5
0	0	1	1	0	CH6
0	0	1	1	1	CH7
0	1	0	0	0	CH8
0	1	0	0	1	CH9
0	1	0	1	0	CH10
0	1	0	1	1	CH11
0	1	1	0	0	CH12
0	1	1	0	1	CH13
0	1	1	1	0	CH14
0	1	1	1	1	CH15
1	0	0	0	0	CH16
1	0	0	0	1	CH17
1	0	0	1	0	CH18
1	0	0	1	1	CH19
1	0	1	0	0	CH20
その他すべての組み合わせ					無効

アプリケーション情報

(3) センサ構成

センサ構成フィールド(表14を参照)を使用して、シングルエンド入力(B21=1)または差動入力(B21=0)を選択できます。これにより、内部の開回路検出がイネーブル(ビットB20)されている場合の開回路電流を選択できます。シングルエンドの読み取りはCOMピンに対して相対的に測定され、差動の場合は選択したCH_{TC}および隣接するCH_{TC-1}間で測定されます(図4を参照)。開回路検出がイネーブルされた場合(B20=1)、ユーザーはビットB18およびB19を使用して、開回路検出中に印加されるパルス電流値を選択できます。外付けの保護抵抗およびフィルタ・コンデンサの大きさ(標準10μA)に基づいて、開回路電流の値をユーザーが定義します。このネットワークは、50ms以内に1μV未満にセトリングする必要があります。この電流パルスの持続時間は約8msで、通常の変換サイクルの50ms前に発生します。

熱電対のチャンネル割り当ては、図4に示す一般的な規則に従います。シングルエンドと差動の両動作モードにおいて、熱電対の正端子がCH_{TC}(TCは選択されたチャンネル番号)に接続されます。シングルエンド測定の場合、熱電対の負端子とCOMピンは接地されます。差動測定では、熱電対の負端子はCH_{TC-1}に接続されます。このノードは、接地するか、バイアス電圧に接続できます。

(4) カスタムの熱電対用データ・ポイント

詳細については、本データシートの終わり近くにある「カスタムの熱電対」セクションを参照してください。

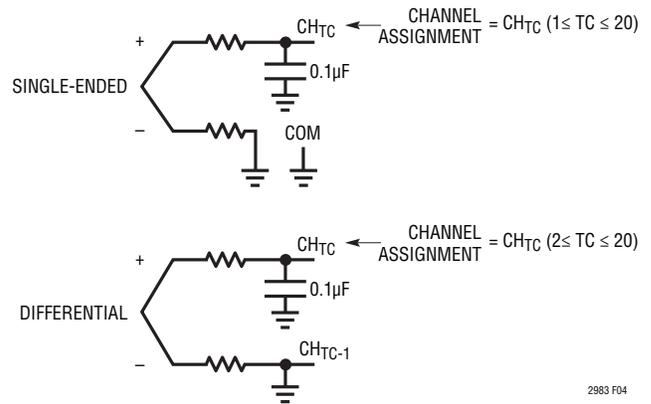


図4. 熱電対のチャンネル割り当て規則

表14. センサ構成

(3) センサ構成				シングルエンド/ 差動	開回路 電流
SGL	OC チェック	OC 電流			
B21	B20	B19	B18		
0	0	X	X	差動	外部
0	1	0	0	差動	10μA
0	1	0	1	差動	100μA
0	1	1	0	差動	500μA
0	1	1	1	差動	1mA
1	0	X	X	シングルエンド	外部
1	1	0	0	シングルエンド	10μA
1	1	0	1	シングルエンド	100μA
1	1	1	0	シングルエンド	500μA
1	1	1	1	シングルエンド	1mA

アプリケーション情報

フォルトのレポート - 熱電対

センサの種類ごとに独自のフォルト・レポートの仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されています。熱電対の測定でレポートされるフォルトを表15に示します。

ビットD31は、熱電対センサが開放状態(故障または未接続)か、冷接点センサにハード・フォルトがあるか、A/Dコンバータが範囲外であることを示します。これは、通常動作範囲を大きく超えた読み取り値によって示されます。ビットD30は、A/Dコンバータの読み取り値が不正であることを示します。これは、センサの故障(開放)、または過度のノイズ事象(センサ・パスへのESD(静電放電))のいずれかによって生じることがあります。これらのいずれもハード・エラーであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。過度のノイズ事象の場合、そのノイズ事象が偶発的で低頻度な事象であったならば、デバイスは復帰し、後続の変換は有効になります。ビットD29は、冷接点センサでハード・フォルトが発生したことを示し、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。冷接点補償に使用される特定のセンサ(ダイオード、サーミスタ、またはRTD)を参照してください。ビットD28は、冷接点センサでソフト・フォルトが発生したことを示します。有効な温度がレポートされますが、冷接点センサ

が通常の温度範囲外で動作しているため、精度が損なわれている可能性があります。ビットD27およびD26は、その熱電対のタイプに対応する上限温度もしくは下限温度(表16参照)を超えたことを示します。ビットD25は、A/Dコンバータによって測定された絶対電圧がその通常動作範囲外であることを示します。このフォルトが発生したときの読み取り値は、熱電対の通常範囲から大きく外れた値になります。

表16. 熱電対の温度リミット

熱電対のタイプ	温度下限($^{\circ}\text{C}$)	温度上限($^{\circ}\text{C}$)
Jタイプ	-210	1200
Kタイプ	-265	1372
Eタイプ	-265	1000
Nタイプ	-265	1300
Rタイプ	-50	1768
Sタイプ	-50	1768
Tタイプ	-265	400
Bタイプ	40	1820
カスタム	最も低い テーブル・エントリ	最も高い テーブル・エントリ

表15. 熱電対フォルトのレポート

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	センサのハード・フォルト	ハード	開回路、またはハードADC、またはハードCJ	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D30	ハードADC範囲外	ハード	A/Dコンバータの読み取り不正(大きな外部ノイズ事象の可能性)	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D29	CJハード・フォルト	ハード	冷接点センサにハード・フォルト・エラーが発生	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D28	CJソフト・フォルト	ソフト	冷接点センサの結果が通常範囲外	読み取り値を疑うこと
D27	センサ上限超過	ソフト	熱電対の読み取り値が上限を上回っている	読み取り値を疑うこと
D26	センサ下限超過	ソフト	熱電対の読み取り値が下限を下回っている	読み取り値を疑うこと
D25	ADC範囲外	ソフト	A/Dコンバータの絶対入力電圧が $\pm 1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$ を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	NA	結果が有効(1である必要)、0の場合は結果を棄却する	有効な読み取り値

アプリケーション情報

ダイオードの測定

表 17. ダイオードのチャンネル割り当てワード

	(1) センサの種類					(2) センサ構成			(3) 励起電流		(4) ダイオードの理想係数値																					
	表 18								表 19		表 20																					
測定クラス	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ダイオード	タイプ = 28					SGL=1 DIFF=0	2回/3回 読み取り	平均化 オン	電流 [1:0]		非理想係数 (2, 20) の値、範囲 0 ~ 4、分解能 1/1048576 オール 0 で、工場出荷時設定 1.003 を使用																					

チャンネル割り当て - ダイオード

LTC2983 に接続された各ダイオードに対して、32 ビットのチャンネル割り当てワードが、接続したチャンネルに対応するメモリ位置にプログラムされます (表 17 を参照)。このワードには、(1) ダイオード・センサの選択、(2) センサ構成、(3) 励起電流、(4) ダイオードの理想係数が含まれます。

(1) センサの種類

ダイオードは、先頭の 5 つの入力ビット B31 ~ B27 で選択されます (表 18 を参照)。

表 18. ダイオード・センサの選択

(1) センサの種類					センサの種類
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	0	ダイオード

(2) センサ構成

センサ構成フィールド (ビット B26 ~ B24) を使用して、ダイオード測定のみさまざまな特性を定義します。構成ビット B26 を “H” にセットするとシングルエンド構成 (COM を基準とした測定) になり、“L” にセットすると差動構成になります。

ビット B25 は、測定アルゴリズムを設定します。B25 が “L” の場合、2 回の変換サイクル (電流励起が **1I** のサイクルと電流励起が **8I** のサイクル) を使用してダイオードを測定します。これは、LTC2983 とダイオードの間の寄生抵抗が小さいアプリケーションで使用されます。ビット B25 を “H” にセットすると、3 回の変換サイクル (**1I** のサイクル、**4I** のサイクル、**8I** のサイクル) を実行して、寄生抵抗効果を除去できます。

表 20. ダイオードの理想係数のプログラミング

	(4) ダイオードの理想係数値																					
	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
η の例	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰	2 ⁻¹¹	2 ⁻¹²	2 ⁻¹³	2 ⁻¹⁴	2 ⁻¹⁵	2 ⁻¹⁶	2 ⁻¹⁷	2 ⁻¹⁸	2 ⁻¹⁹	2 ⁻²⁰
1.25	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.003 (デフォルト)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.006	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1

ビット B24 は、ダイオード温度の移動平均をイネーブルします。この機能を使用すると、温度がゆっくりと変化する等温ブロック上で冷接点温度素子としてダイオードを使用する場合に、ノイズが削減できます。

ダイオードの平均化に用いられるアルゴリズムは、シンプルな再帰的移動平均です。新しい値は、現在の読み取り値に前の値を加えた値の平均と等しくなります。

$$\text{NEW VALUE} = \frac{\text{CURRENT READING}}{2} + \frac{\text{PREVIOUS VALUE}}{2}$$

現在の読み取り値が前の値より 2°C 高いか低い場合、新しい値は現在の読み取り値にリセットされます。

(3) 励起電流

チャンネル割り当てワードのその次のフィールド (B23 ~ B22) は、ダイオードに加えられる励起電流の大きさを制御します (表 19 を参照)。2 変換サイクル・モードでは、励起電流 **1I** の 8 倍の電流で 1 回目の変換を行います。2 回目の変換は **1I** で行われます。また、3 変換サイクル・モードでは、1 回目の変換の励起電流は **8I**、2 回目は **4I**、3 回目は **1I** になります。

表 19. ダイオードの励起電流の選択

(3) 励起電流		1I	4I	8I
B23	B22			
0	0	10μA	40μA	80μA
0	1	20μA	80μA	160μA
1	0	40μA	160μA	320μA
1	1	80μA	320μA	640μA

アプリケーション情報

(4) ダイオードの理想係数

チャンネル割り当てワードの最後のフィールド(B21～B0)は、ダイオードの理想係数を、0～4の範囲で、 $1/1048576$ (2^{-20})の分解能で設定します。先頭の2ビット(B21～B20)は理想係数の整数部で、ビットB19～B0は小数部です(表20を参照)。

ダイオードのチャンネル割り当ては、図5に示す一般的な規則に従います。シングルエンドと差動の両動作モードにおいて、アノードがCH_D(Dは選択されたチャンネル番号)に接続され、カソードは接地されます。差動ダイオード測定の場合、カソードはCH_{D-1}にも接続されます。

フォルトのレポート - ダイオード

センサの種類ごとに独自のフォルト・レポートの仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されています。ダイオードの測定でレポートされるフォルトを表21に示します。

ビットD31はダイオードが開放、短絡、未接続、逆接続であるか、A/Dコンバータの読み取り値が不正であることを示します。これらはすべてハード・フォルトであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。ビットD30は、A/Dコンバータの読み取り値が不正であることを示します。これは、センサの故障(開放)、または過度のノイズ事象(センサ・パスへのESD(静電放電))のいずれかによって生じることがあります。これはハード・エラーであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。過度のノイズ事象の場合、そのノイズ事象が偶発的で低頻度な事象であったならば、デバイスは復帰し、後続の変換は有効に

なります。ビットD29およびD28は、ダイオードでは使用されません。ビットD27およびD26は、上限温度もしくは下限温度($T > 130^{\circ}\text{C}$ または $T < -60^{\circ}\text{C}$ で定義)を超えたことを示します。計算後の温度がレポートされますが、精度が損なわれている可能性があります。ビットD25は、A/Dコンバータによって測定された絶対電圧がその通常動作範囲外であることを示します。ダイオードを冷接点素子として使用した場合、発生したすべてのハード・エラーおよびソフト・エラーは、対応する熱電対の結果(表15のビットD28とD29)にフラグが立てられます。

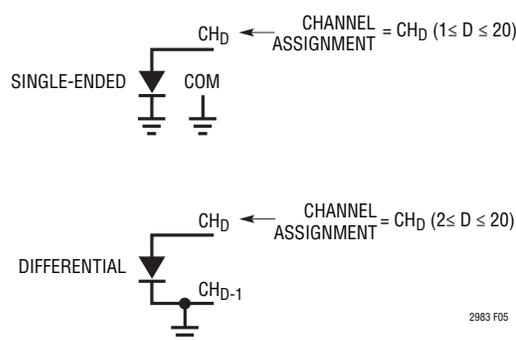


図5. ダイオードのチャンネル割り当て規則

表21. ダイオード・フォルトのレポート

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	センサのハード・フォルト	ハード	開放、短絡、逆向き、またはハードADC	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D30	ハードADC範囲外	ハード	A/Dコンバータの読み取り不正(大きな外部ノイズ事象の可能性)	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D29	ダイオードでは不使用	N/A	常に0	
D28	ダイオードでは不使用	N/A	常に0	
D27	センサ上限超過	ソフト	$T > 130^{\circ}\text{C}$	読み取り値を疑うこと
D26	センサ下限超過	ソフト	$T < -60^{\circ}\text{C}$	読み取り値を疑うこと
D25	ADC範囲外	ソフト	A/Dコンバータの絶対入力電圧が $\pm 1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$ を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	NA	結果が有効(1である必要)、0の場合は結果を棄却する	有効な読み取り値

アプリケーション情報

例: ダイオード冷接点補償を共有する、シングルエンドのタイプK熱電対および差動のタイプT熱電対

図6は、2つの熱電対で1つの冷接点ダイオードを共有する、標準的な温度測定システムを示しています。この例では、タイプKの熱電対がCH1に接続されており、タイプTの熱電対がCH3およびCH4に接続されています。両熱電対は、CH2に接続された理想係数 $\eta=1.003$ の1つの冷接点ダイオードを共有しています。両熱電対とダイオードのチャンネル割り当てデータを表22～24に示します。熱電対#1(タイプK)センサの種類

および構成データは、CH1に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x200～0x203に直接マッピングされます(表22を参照)。冷接点ダイオード・センサの種類および構成データは、CH2に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x204～0x207に直接マッピングされます(表23を参照)。熱電対#2(タイプT)センサの種類および構成データは、CH4に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x20C～0x20Fに直接マッピングされます(表24を参照)。CH1上で10000001をメモリの

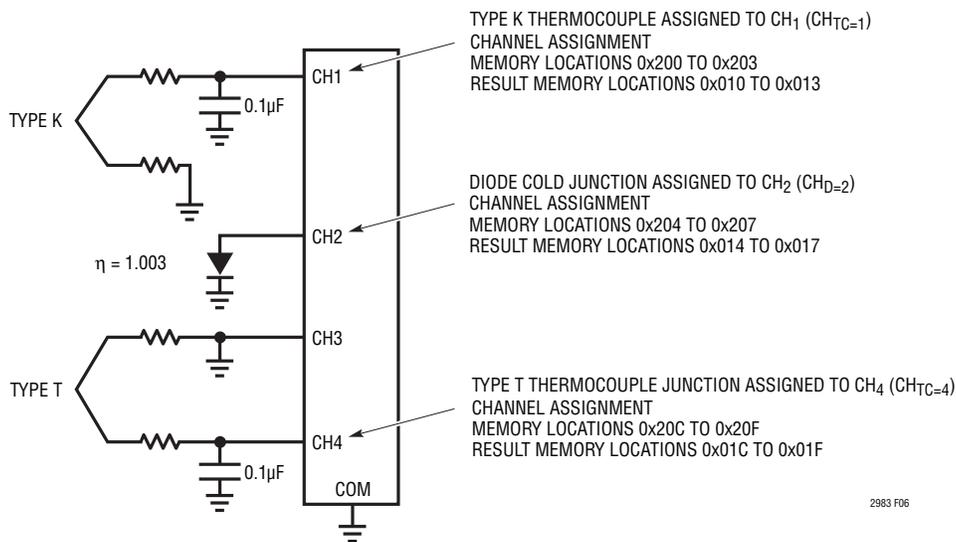


図6. ダイオード冷接点を使用するデュアル熱電対の例

アプリケーション情報

0x000に書き込むと、変換が開始されます。タイプKの熱電対とダイオードの両方が同時に測定されます。LTC2983は、冷接点補償を計算して、タイプK熱電対の温度を算出します。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの

0x000が01000001になります。同様に、CH4上で10000100をメモリの0x000に書き込むことで、変換を開始できます。結果(°C)は、メモリの0x010~0x013(CH1)および0x01C~0x01F(CH4)から読み取りできます。

表 22. 熱電対 #1 のチャンネル割り当て (タイプ K、冷接点 CH₂、シングルエンド、10 μ A 開回路検出)

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x200	メモリ アドレス 0x201	メモリ アドレス 0x202	メモリ アドレス 0x203
(1) 熱電対のタイプ	タイプ K	5	00010	0 0 0 1 0			
(2) 冷接点 チャンネル・ポイント	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) センサ構成	シングルエンド、 10 μ A 開回路	4	1100		1 1 0 0		
不使用	これらのビットは 0にセット	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) カスタムの 熱電対用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 23. ダイオード チャンネル割り当て (シングルエンド 3 回読み取り、平均化オン、20 μ A/80 μ A 励起、理想係数=1.003)

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x204	メモリ アドレス 0x205	メモリ アドレス 0x206	メモリ アドレス 0x207
(1) センサの種類	ダイオード	5	11100	1 1 1 0 0			
(2) センサ構成	シングルエンド、 3 回読み取り、 平均化オン	3	111		1 1 1		
(3) 励起電流	20 μ A、80 μ A、 160 μ A	2	01		0 1		
(4) 理想係数	1.003	22	0100000000110001001001			0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1	

表 24. 熱電対 #2 のチャンネル割り当て (タイプ T、冷接点 CH₂、差動、100 μ A 開回路検出)

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x20C	メモリ アドレス 0x20D	メモリ アドレス 0x20E	メモリ アドレス 0x20F
(1) 熱電対のタイプ	タイプ T	5	00111	0 0 1 1 1			
(2) 冷接点 チャンネル・ポイント	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) センサ構成	差動、100 μ A 開回路電流	4	0101		0 1 0 1		
不使用	これらの ビットは 0にセット	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) カスタムの 熱電対用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

アプリケーション情報

RTDの測定

表 25. RTDのチャンネル割り当てワード

	(1)RTDのタイプ					(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ					(3)センサ構成				(4)励起電流				(5)RTDの規格		(6)カスタムのRTD用データ・ポインタ											
	表 26					表 27					表 28				表 29				表 30		表 72~74											
測定クラス	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RTD	タイプ = 10~18					R _{SENSE} チャンネル割り当て [4:0]					2、3、4線式				励起モード				励起電流 [3:0]		規格 [1:0]		カスタム・アドレス [5:0]					カスタム・データ長 [5:0]				

チャンネル割り当て - RTD

LTC2983に接続された各RTDに対して、32ビットのチャンネル割り当てワードが、接続したチャンネルに対応するメモリ位置にプログラムされます(表25を参照)。このワードには、(1) RTDのタイプ、(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ、(3)センサ構成、(4)励起電流、(5) RTDの規格、(6)カスタムのRTD用データ・ポインタが含まれます。

(1)RTDのタイプ

RTDのタイプは、表26に示すように、先頭の5つの入力ビットB31~B27で決まります。RTDの各種タイプ(PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000、およびNI-120)に対応した、一般的な規格($\alpha = 0.003850$ 、 $\alpha = 0.003911$ 、 $\alpha = 0.003916$ 、 $\alpha = 0.003926$)を選択可能な線形化係数がデバイスに組み込まれています。カスタムのRTDを使用する場合、RTDカスタムを選択できます。その場合、ユーザー固有のデータを、オンチップRAMのカスタムRTD用データ・ポインタで定義されるアドレスから始まる位置に保存できます。

表 26. RTDのタイプ

(1)RTDのタイプ					RTDのタイプ
B31	B30	B29	B28	B27	
0	1	0	1	0	RTD PT-10
0	1	0	1	1	RTD PT-50
0	1	1	0	0	RTD PT-100
0	1	1	0	1	RTD PT-200
0	1	1	1	0	RTD PT-500
0	1	1	1	1	RTD PT-1000
1	0	0	0	0	RTD 1000($\alpha=0.00375$)
1	0	0	0	1	RTD NI-120
1	0	0	1	0	RTDカスタム

(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ

RTDの測定は、既知のR_{SENSE}抵抗に対するレシオメトリック測定として行われます。検出抵抗チャンネル・ポインタ・フィールドは、RTD用の検出抵抗が接続されている差動チャンネルを知らせません(表27を参照)。検出抵抗は、常に差動的に測定されます。

表 27. 検出抵抗チャンネル・ポインタ

(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ					検出抵抗チャンネル
B26	B25	B24	B23	B22	
0	0	0	0	0	無効
0	0	0	0	1	無効
0	0	0	1	0	CH2-CH1
0	0	0	1	1	CH3-CH2
0	0	1	0	0	CH4-CH3
0	0	1	0	1	CH5-CH4
0	0	1	1	0	CH6-CH5
0	0	1	1	1	CH7-CH6
0	1	0	0	0	CH8-CH7
0	1	0	0	1	CH9-CH8
0	1	0	1	0	CH10-CH9
0	1	0	1	1	CH11-CH10
0	1	1	0	0	CH12-CH11
0	1	1	0	1	CH13-CH12
0	1	1	1	0	CH14-CH13
0	1	1	1	1	CH15-CH14
1	0	0	0	0	CH16-CH15
1	0	0	0	1	CH17-CH16
1	0	0	1	0	CH18-CH17
1	0	0	1	1	CH19-CH18
1	0	1	0	0	CH20-CH19
その他すべての組み合わせ					無効

アプリケーション情報

(3) センサ構成

センサ構成フィールドを使用して、RTDのさまざまな特性を定義します。構成ビットB20およびB21は、RTDが2線式、3線式、4線式のいずれのタイプかを定義します(表28を参照)。

最もシンプルな構成は2線式構成です。構成はシンプルですが、リード線内のIRドロップによる寄生誤差により、系統的な温度誤差が生じます。3線式構成では、リード線ごとに2つのマッチング電流源をRTDに印加することで、RTDのリード線抵抗誤差を除去します(ラインの抵抗が同じ場合)。トランスペアレントなバックグラウンド・キャリブレーションによって、2つの電流源の間の不一致が除去されます。4線式のRTDで

は、高インピーダンスなケルビン検出を使用してセンサを直接測定することによって、不平衡なRTDリード線抵抗を除去します。ケルビンR_{SENSE}を用いた4線式測定は、検出抵抗の配線寄生によって誤差が生じるアプリケーションで有用であり、特に、低抵抗のPT-10タイプのRTDで役立ちます。この場合、RTDと検出抵抗の両方がケルビン検出接続を持ちます。

次のセンサ構成ビット(B18とB19)により、励起電流モードが決まります。これらのビットにより、R_{SENSE}共有をイネーブルして、複数の2線式/3線式/4線式RTDで1つの検出抵抗を使用するよう設定できます。この場合、RTDのグランド接続は内部的で、各RTDは同じR_{SENSE}チャネルに向けられます。

表28. RTD センサ構成の選択

(3) センサ構成				測定モード					メリット			
線の数		励起モード		線の数	グランド接続	電流源ローテーション	検出抵抗の共有	デバイス当たり可能なRTD数	RTD マatching リード線抵抗除去	RTD ミスマッチ リード線抵抗の除去	寄生熱電対効果の除去	R _{SENSE} リード線抵抗の除去
B21	B20	B19	B18									
0	0	0	0	2線式	外部	なし	なし	5				
0	0	0	1	2線式	内部	なし	あり	9				
0	1	0	0	3線式	外部	なし	なし	5	•			
0	1	0	1	3線式	内部	なし	あり	9	•			
0	1	1	X	予約済み								
1	0	0	0	4線式	外部	なし	なし	4	•	•		
1	0	0	1	4線式	内部	なし	あり	6	•	•		
1	0	1	0	4線式	内部	あり	あり	6	•	•	•	
1	0	1	1	予約済み								
1	1	0	0	4線式、ケルビンR _{SENSE}	外部	なし	なし	3	•	•		•
1	1	0	1	4線式、ケルビンR _{SENSE}	内部	なし	あり	5	•	•		•
1	1	1	0	4線式、ケルビンR _{SENSE}	内部	あり	あり	5	•	•	•	•
1	1	1	1	予約済み								

アプリケーション情報

ビットB18およびB19は、励起電流のローテーションをイネーブルして、寄生熱電対効果を自動的に除去するためにも使用されます。寄生熱電対効果は、RTDと測定機器の間に接続された物質によって生じることがあります。このモードは、内部電流源による励起を使用するすべての4線式構成で使用できます。

(4) 励起電流

チャンネル割り当てワードの後続のフィールド(B17~B14)は、RTDに加えられる励起電流の大きさを制御します(表29を参照)。選択される電流は、線式の構成にかかわらず、RTDを流れる電流の合計です。3線式RTDでは、 R_{SENSE} 電流はセンサ励起電流の2倍です。

ソフト・フォルトやハード・フォルトを防止するため、センサまたは検出抵抗の最大電圧降下が公称1.0Vになるような電流を選択してください。たとえば、 R_{SENSE} が10k Ω で、RTDがPT-100の場合、2線式および4線式RTDでは100 μ A、3線式RTDでは50 μ Aの励起電流を選択してください。また、1k Ω の検出抵抗をPT-100 RTDで使用する場合は、線式構成にかかわらず500 μ Aの励起電流を使用できます。

表29. RTDの線式すべての合計励起電流

(4) 励起電流				
B17	B16	B15	B14	電流
0	0	0	0	外部
0	0	0	1	5 μ A
0	0	1	0	10 μ A
0	0	1	1	25 μ A
0	1	0	0	50 μ A
0	1	0	1	100 μ A
0	1	1	0	250 μ A
0	1	1	1	500 μ A
1	0	0	0	1mA

(5) RTDの規格

ビットB13およびB12は、使用するRTD規格と対応するCallendar-Van Dusen定数(表30を参照)を設定します。

(6) カスタムのRTD用データ・ポイント

表30に記載されているもの以外のRTDを使用する場合、カスタムのRTDテーブルをLTC2983に入力できます。

詳細については、本データシートの終わり近くにある「カスタムのRTD」セクションを参照してください。

表30. RTDの規格: $RT = R_0 \cdot (1 + a \cdot T + b \cdot T^2 + (T - 100^\circ\text{C}) \cdot c \cdot T^3)$ for $T < 0^\circ\text{C}$, $RT = R_0 \cdot (1 + a \cdot T + b \cdot T^2)$ for $T > 0^\circ\text{C}$

(5) 規格						
B13	B12	規格	ALPHA	a	b	c
0	0	欧州規格	0.00385	3.908300E-03	-5.775000E-07	-4.183000E-12
0	1	米国	0.003911	3.969200E-03	-5.849500E-07	-4.232500E-12
1	0	日本	0.003916	3.973900E-03	-5.870000E-07	-4.400000E-12
1	1	ITS-90	0.003926	3.984800E-03	-5.870000E-07	-4.000000E-12
X	X	RTD1000-375	0.00375	3.810200E-03	-6.018880E-07	-6.000000E-12
X	X	*NI-120	N/A	N/A	N/A	N/A

*NI-120は、テーブルベースのデータを使用する。

アプリケーション情報

フォルトのレポート – RTD

センサの種類ごとに独自のフォルト・レポートの仕組みがあり、データ出力ワードの最上位バイトに示されています。RTDの測定でレポートされるフォルトを表31に示します。

ビットD31は、RTDまたは R_{SENSE} が開放、短絡、未接続であることを示します。これはハード・フォルトで、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。ビットD30は、A/Dコンバータの読み取り値が不正であることを示します。これは、センサの故障(開放)、または過度のノイズ事象(センサ・パスへのESD(静電放電))のいずれかによって生じることがあります。これはハード・エ

ラーであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ がレポートされます。過度のノイズ事象の場合、そのノイズが偶発的で低頻度な事象であったならば、デバイスは復帰し、後続の変換は有効になります。ビットD29およびD28は、RTDでは使用されません。ビットD27およびD26は上限温度もしくは下限温度(表32を参照)を超えたことを示します。計算後の温度がレポートされますが、精度が損なわれている可能性があります。ビットD25は、A/Dコンバータによって測定された絶対電圧がその通常動作範囲外であることを示します。RTDを冷接点素子として使用した場合、発生したすべてのハード・エラーおよびソフト・エラーは、対応する熱電対の結果にもフラグが立てられます。

表 31. RTDフォルトのレポート

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	センサのハード・フォルト	ハード	RTDまたは R_{SENSE} の開放または短絡	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D30	ハードADC範囲外	ハード	A/Dコンバータの読み取り不正(大きな外部ノイズ事象の可能性)	-999°C または $^{\circ}\text{F}$
D29	RTDでは不使用	N/A	常に0	有効な読み取り値
D28	RTDでは不使用	N/A	常に0	有効な読み取り値
D27	センサ上限超過	ソフト	$T >$ 温度上限(表32を参照)	読み取り値を疑うこと
D26	センサ下限超過	ソフト	$T <$ 温度下限(表32を参照)	読み取り値を疑うこと
D25	ADC範囲外	ソフト	A/Dコンバータの絶対入力電圧が $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	N/A	結果が有効(1である必要)、0の場合は結果を棄却する	有効な読み取り値

表 32. 電圧と抵抗の範囲

RTDのタイプ	最小値(Ω)	最大値(Ω)	温度下限($^{\circ}\text{C}$)	温度上限($^{\circ}\text{C}$)
PT-10	1.95	34.5	-200	850
PT-50	9.75	172.5	-200	850
PT-100	19.5	345	-200	850
PT-200	39	690	-200	850
PT-500	97.5	1725	-200	850
PT-1000	195	3450	-200	850
NI-120	66.6	380.3	-80	260
カスタム・テーブル	最も低いテーブル・エントリ	最も高いテーブル・エントリ	最も低いテーブル・エントリ	最も高いテーブル・エントリ

アプリケーション情報

検出抵抗

表 33. 検出抵抗のチャンネル割り当てワード

	(1) センサの種類					(2) 検出抵抗の値(Ω)																										
	図 36					図 40																										
測定クラス	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
検出抵抗	タイプ = 29					検出抵抗値(17, 10)、最高 ~ 131,072Ω、分解能 1/1024Ω																										

チャンネル割り当て

LTC2983 に接続された各検出抵抗に対して、32ビットのチャンネル割り当てワードが、接続したチャンネルに対応するメモリ位置にプログラムされます(表 33 を参照)。このワードには、(1) 検出抵抗の選択、(2) 検出抵抗の値が含まれます。

(1) センサの種類

検出抵抗を選択するには、先頭の5つの入力ビット B31 ~ B27 を 11101 に設定します(表 34 を参照)。

表 34. 検出抵抗の選択

(1) センサの種類					センサの種類
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	1	検出抵抗

(2) 検出抵抗の値

チャンネル割り当てワードの最後のフィールド(B26 ~ B0)は、検出抵抗の値を 0 ~ 131,072Ω の範囲で、1/1024Ω の精度で設定します(表 35 を参照)。上位の17ビット(B26 ~ B10)は検出抵抗値の整数部を、ビット B9 ~ B0 は小数部を構成します。

例: 2線式 RTD

最もシンプルな RTD 構成は 2線式構成です。2線式 RTD は、図 7 に示す一般的な規則に従います。1つの RTD につき必要な接続はわずか2つで、2線式 RTD 素子に直接接続できます。このトポロジのデメリットは、寄生リード線抵抗による誤差

です。共有が必要ない場合(RTD1つ当たり1つのR_{SENSE})、CH_{RTD}は接地します。共有が有効(複数のRTDに対して1つのR_{SENSE})の場合、グランド接続は解除しなければなりません。

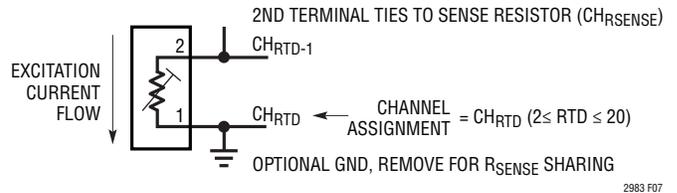


図 7. 2線式 RTD のチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図 8 に示す一般的な規則に従います。検出抵抗は CH_{RSENSE} と CH_{RSENSE-1} の間に接続され、CH_{RSENSE} は RTD の 2つ目の端子に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表 33 を参照)は、CH_{RSENSE} に対応するメモリ位置にマッピングされます。

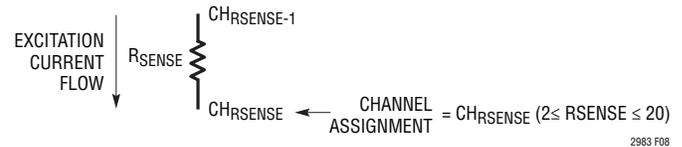


図 8. 2線式 RTD の検出抵抗のチャンネル割り当て規則

表 35. 検出抵抗値の例

	(2) 検出抵抗の値(Ω)																															
	B26	B25	B24	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0					
R の例	2 ¹⁶	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰					
10,000.2Ω	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1					
99.99521kΩ	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1					
1.0023kΩ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1					

アプリケーション情報

例: R_{SENSE} を共有する複数の2線式RTD

図9は、複数の2線式RTDを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、PT-1000 RTDがCH17とCH18に接続され、NI-120 RTDがCH19とCH20に接続されています。この構成を使用すると、LTC2983は、最大9つの2線式RTDを1つの検出抵抗でデジタル化できます。

RTD #1 センサの種類および構成データは、CH18に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x244~0x247に直接マッピングされます(表36を参照)。RTD #2 センサの種類および構成データは、CH20に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの

0x24C~0x24Fに直接マッピングされます(表37を参照)。検出抵抗はCH16に割り当てられます。この抵抗のユーザー・プログラム可能な値は5001.5Ωです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x23C~0x23Fに直接マッピングされます(表38を参照)。

CH18上で10010010をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01010010になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x054~0x057(CH18に対応)から読み取りできます。変換は、CH20からも同様に開始し、読み取りできます。

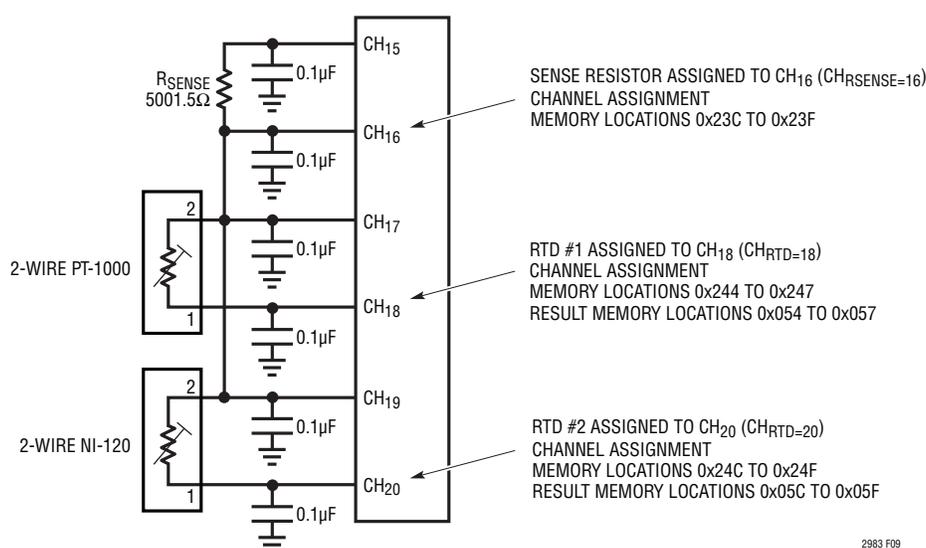


図9. 共有2線式RTDの例

表36. 2線式RTD #1 (PT-1000、CH16にR_{SENSE}、2線式、R_{SENSE}の共有あり、10μA励起電流、α = 0.003916規格)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x244	メモリ アドレス 0x245	メモリ アドレス 0x246	メモリ アドレス 0x247
(1) RTDのタイプ	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) 検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH16	5	10000		1 0 0 0 0		
(3) センサ構成	共有 R _{SENSE} を 持つ2線式	4	0001		0 0 0 1		
(4) 励起電流	10μA	4	0010			0 0 1 0	
(5) 規格	日本、 α = 0.003916	2	10			1 0	
(6) カスタムのRTD用 データ・ポイント	非カスタム	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

アプリケーション情報

表 37. 2線式 RTD #2 (NI-120, CH₁₆ に R_{SENSE}、2線式、R_{SENSE} の共有あり、100μA 励起電流) のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x24C	メモリ アドレス 0x24D	メモリ アドレス 0x24E	メモリ アドレス 0x24F
(1) RTD のタイプ	NI-120	5	10001	1 0 0 0 1			
(2) 検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH ₁₆	5	10000		1 0 0 0 0		
(3) センサ構成	共有 R _{SENSE} を 持つ 2線式	4	0001		0 0 0 1		
(4) 励起電流	100μA	4	0101			0 1 0 1	
(5) 規格	欧州 α = 0.00385	2	00			0 0	
(6) カスタムの RTD 用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 38. 検出抵抗 (値 = 5001.5Ω) のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x23C	メモリ アドレス 0x23D	メモリ アドレス 0x23E	メモリ アドレス 0x23F
(1) センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗の値	5001.5Ω	27	00001001110001001100000000		0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0	0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

例: 3線式 RTD

3線式 RTD のチャンネル割り当ては、図 10 に示す一般的な規則に従います。端子 1 および端子 2 は入力電流源/励起電流源に接続され、端子 3 は検出抵抗に接続されます。チャンネル割り当てデータは、CH_{RTD} に対応するメモリ位置にマッピングされます。

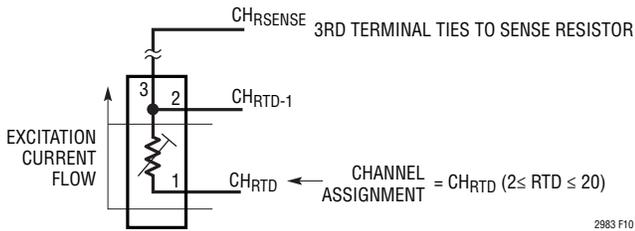


図 10.3 線式 RTD のチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図 11 に示す一般的な規則に従います。検出抵抗は CH_{RSENSE} と CH_{RSENSE-1} の間に接続され、CH_{RSENSE} は RTD の 3 つ目の端子に接続され、CH_{RSENSE-1} はグランドに接続されます (R_{SENSE} を共有する場合はフローティング状態にします)。チャンネル割り当てデータ (表 33 を参照) は、CH_{RSENSE} に対応するメモリ位置にマッピングされます。

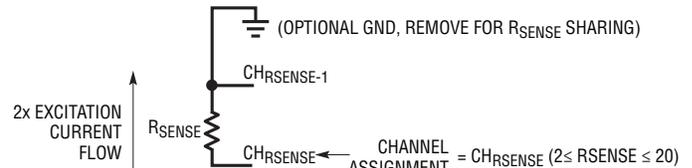


図 11.3 線式 RTD 用 3 線式検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

CH₉上で10001001をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01001001になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x030~0x033(CH₉に対応)から読み取りできます。

例:標準的な4線式RTD (ローテーションなし、R_{SENSE}共有なし)

標準的な4線式RTDのチャンネル割り当ては、図13に示す一般的な規則に従います。端子1はグランドに接続され、端子2と端子3(ケルビン検出信号)はCH_{RTD}とCH_{RTD-1}に接続され、端子4は検出抵抗に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表25を参照)は、CH_{RTD}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

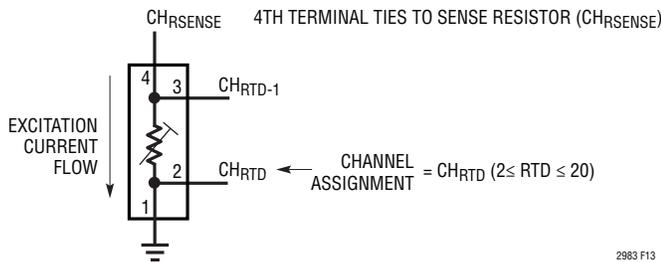


図13.4 線式RTDのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図14に示す一般的な規則に従います。検出抵抗はCH_{RSENSE}とCH_{SENSE-1}の間に接続され、CH_{RSENSE}はRTDの4つ目の端子に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表33を参照)は、CH_{RSENSE}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

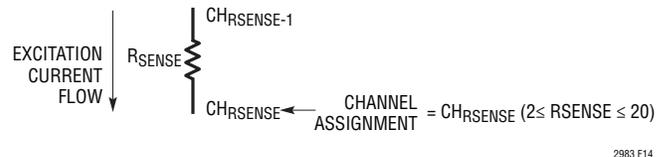


図14.4 線式RTDの検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

図15は、4線式RTDを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、4線式RTDの各端子はGND、CH₁₃、CH₁₂、およびCH₁₁に接続されています。検出抵抗はCH₁₁およびCH₁₀に接続されています。検出抵抗とRTDは、CH₁₁で共通接続を共有しています。RTDセンサの種類および構成データは、CH₁₃に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x230~0x233に直接マッピングされます(表41を参照)。検出抵抗はCH₁₁に割り当てられます。この抵抗のユーザー・プログラム可能な値は5000.2Ωです。

32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x228~0x22Bに直接マッピングされます(表42を参照)。

CH₁₃上で10001101をメモリの0x000のデータ・バイトに書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01001101になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x040~0x043(CH₁₃に対応)から読み取りできます。

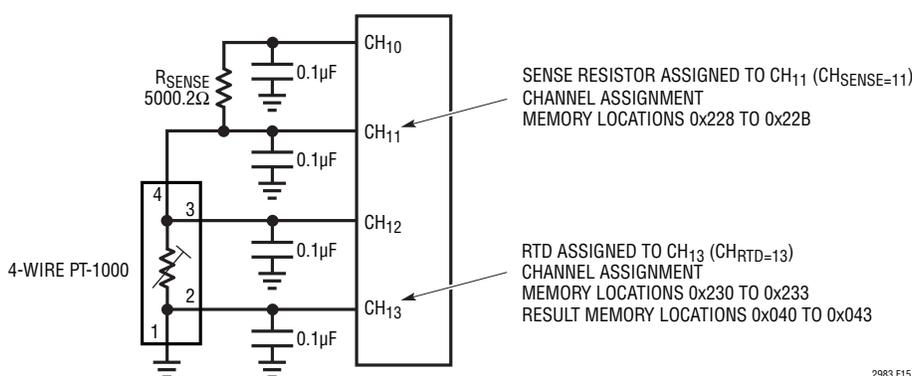


図15. 標準的な4線式RTDの例

表41. 4線式RTD (PT-1000、CH₁₁にR_{SENSE}、標準の4線式、25μA励起電流、α = 0.00385規格)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x230	メモリ アドレス 0x231	メモリ アドレス 0x232	メモリ アドレス 0x233
(1) RTDのタイプ	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) 検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH ₁₁	5	01011		0 1 0 1 1		
(3) センサ構成	4線式、 ローテーション なし、 共有なし	4	1000		1 0 0 0		
(4) 励起電流	25μA	4	0011			0 0 1 1	
(5) 規格	欧州、 α=0.00385	2	00			0 0	
(6) カスタムの RTD用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表42. 検出抵抗(値 = 5000.2Ω)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x228	メモリ アドレス 0x229	メモリ アドレス 0x22A	メモリ アドレス 0x22B
(1) センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗の値	5000.2Ω	27	000010011100010000011001100		0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0		

アプリケーション情報

例:ローテーション対応の4線式RTD

標準の4線式実装よりもRTDの精度を向上する1つの方法が、励起電流源のローテーションです。ローテーションにより、寄生熱電対効果が自動的に除去されます。自動ローテーションを行うには、RTDの1つ目の端子を、標準例のようにGNDに接続する代わりに、CH_{RTD+1}に接続します。これにより、追加の外付け部品を要することなく、LTC2983は自動的に電流源の方向を変えられるようになります。

ローテーション対応の4線式RTDのチャンネル割り当ては、図16に示す一般的な規則に従います。端子1はCH_{RTD+1}に接続され、端子2と端子3(ケルビン検出信号)はCH_{RTD}とCH_{RTD-1}に接続され、端子4は検出抵抗に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表25を参照)は、CH_{RTD}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

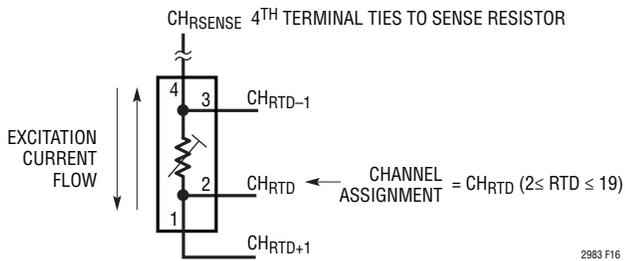


図16.4線式RTDのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図17に示す一般的な規則に従います。検出抵抗はCH_{RSENSE}とCH_{RSENSE-1}の間に接続され、CH_{RSENSE}はRTDの4つ目の端子に接続されます。チャンネル割り当てデータは、CH_{RSENSE}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

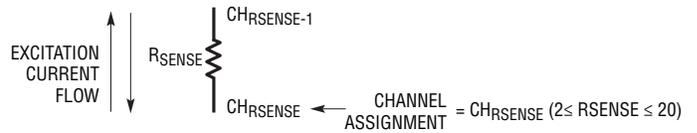


図17.ローテーション構成の4線式RTD用の検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

図18は、ローテーション対応4線式RTDを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、4線式RTDの各端子はCH17、CH16、CH15、およびCH6に接続されています。検出抵抗はCH6およびCH5に接続されています。検出抵抗とRTDは、CH6で相互に接続されています。RTDセンサの種類および構成データは、CH16に割り当てられます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x23C~0x23Fに直接マッピングされます(表43を参照)。検出抵抗はCH6に割り当てられます。この抵抗のユーザー・プログラム可能な値は

10.0102kΩです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x214~0x217に直接マッピングされます(表44を参照)。

CH16上で10010000をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01010000になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x04C~0x04F(CH16に対応)から読み取りできます。

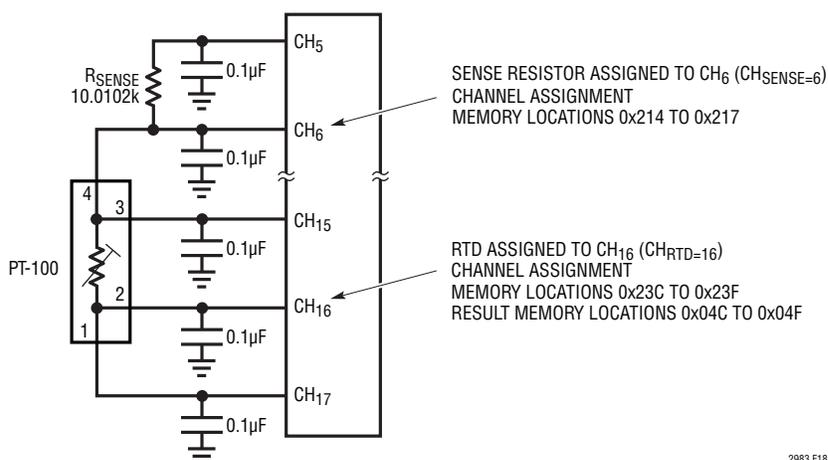


図18. ローテーション構成の4線式RTDの例

表43. ローテーション構成4線式RTD (PT-100、CH6にRSENSE、ローテーションありの4線式、100μA励起電流、α = 0.003911 規格)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x23C	メモリ アドレス 0x23D	メモリ アドレス 0x23E	メモリ アドレス 0x23F
(1) RTDのタイプ	PT-100	5	01100	0 1 1 0 0			
(2) 検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH6	5	00110	0 0 1 1 0			
(3) センサ構成	ローテーション ありの4線式	4	1010		1 0 1 0		
(4) 励起電流	100μA	4	0101		0 1 0 1		
(5) 規格	米国、 α=0.003911	2	01			0 1	
(6) カスタムの RTD用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表44. 検出抵抗(値 = 10.0102kΩ)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x214	メモリ アドレス 0x215	メモリ アドレス 0x216	メモリ アドレス 0x217
(1) センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗の値	10.0102kΩ	27	000100111000110100011001100	0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0			

アプリケーション情報

例: R_{SENSE} を共有する複数の4線式 RTD

図19は、1つの R_{SENSE} を共有する2つの4線式 RTD を使用した、標準的な温度測定システムを示しています。LTC2983 は、最大6つの4線式 RTD を1つの検出抵抗でサポートできます。この例では、1つ目の4線式 RTD の各端子が CH₁₇、CH₁₆、CH₁₅、CH₆ に接続されており、2つ目の RTD の各端子が CH₂₀、CH₁₉、CH₁₈、CH₆ に接続されています。検出抵抗は CH₅ および CH₆ に接続されています。検出抵抗と両 RTD は、CH₆ で相互に接続されています。このチャンネル割り当て規則は、ローテーション対応 RTD とまったく同じです。このトポロ

ジは、ローテーションあり/なし両方の RTD 励起をサポートしています。各センサのチャンネル割り当てデータを表45～47に示します。

CH₁₆ 上で 10010000 をメモリの 0x000 に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPT ピンが“H”になり、メモリの 0x000 が 01010000 になります。算出された温度 (°C 単位) は、メモリの 0x04C ~ 0x04F (CH₁₆ に対応) から読み取りできます。変換は、CH₁₉ から同様に開始し、読み取りできます。

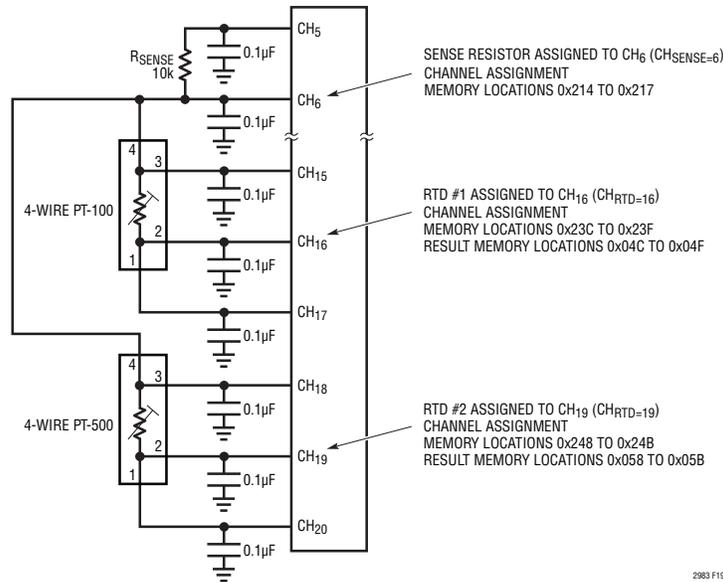


図19. R_{SENSE} を共有する4線式 RTD の例

表 45. 4線式 RTD #1 (PT-100、CH₆ に R_{SENSE}、4線式、共有 R_{SENSE}、ローテーションありの 100µA 励起電流、α = 0.003926 規格) のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリデータ	メモリアドレス 0x23C	メモリアドレス 0x23D	メモリアドレス 0x23E	メモリアドレス 0x23F
(1) RTD のタイプ	PT-100	5	01100	0 1 1 0 0			
(2) 検出抵抗チャンネル・ポイント	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) センサ構成	ローテーションありの4線式	4	1010		1 0 1 0		
(4) 励起電流	100µA	4	0101			0 1 0 1	
(5) 規格	ITS-90、α=0.003926	2	11			1 1	
(6) カスタムの RTD 用データ・ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

アプリケーション情報

図21は、ケルビン接続 R_{SENSE} を備えた4線式RTDを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、4線式RTDの各端子はCH17、CH16、CH15、およびCH6に接続されています。検出抵抗はCH6、CH5、CH4に接続され、励起電流がCH4およびCH17に加えられます。1mAの励起電流を流すため、検出抵抗の公称値は1kΩです。検出抵抗とRTDは、CH6で相互に接続されています。このトポロジは、ローテーション構成と共有構成の両方、および標準構成の4線式RTDトポロジをサポートしています。ローテーション構成または共有

構成を使用しない場合は、RTDの端子1はCH17ではなくグラウンドに接続して、1つの入力チャンネルを開放します。チャンネル割り当てデータを表48と表49に示します。

CH16上で10010000をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01010000になります(表6を参照)。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x04C~0x04F(CH16に対応)から読み取りできます。

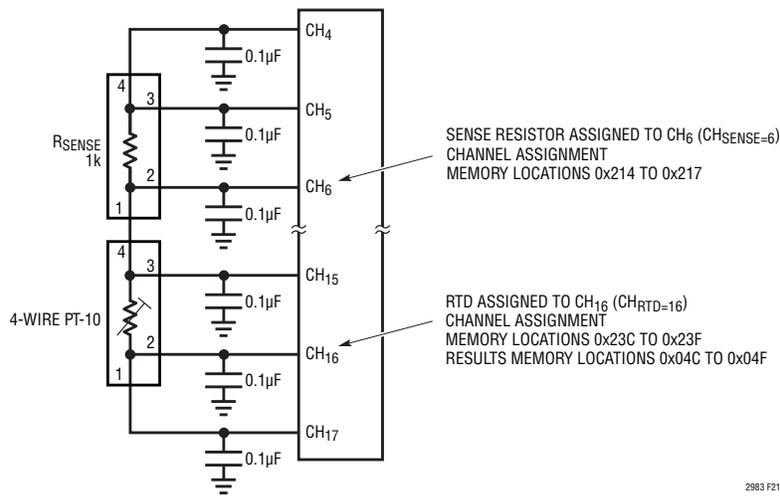


図21. ケルビン接続を持つ検出抵抗の例

表48. ケルビン接続された R_{SENSE} を持つ4線式RTD (PT-10、CH6に R_{SENSE}、4線式、ケルビン R_{SENSE}、ローテーションありの1mA励起電流、α = 0.003916規格)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x23C	メモリ アドレス 0x23D	メモリ アドレス 0x23E	メモリ アドレス 0x23F
(1)RTDのタイプ	PT-10	5	01010	0 1 0 1 0			
(2)検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH6	5	00110	0 0 1 1 0			
(3)センサ構成	4線式、ケルビン R _{SENSE} 、 ローテーションあり	4	1110		1 1 1 0		
(4)励起電流	1mA	4	1000			1 0 0 0	
(5)規格	日本、α=0.003916	2	10				1 0
(6)カスタムのRTD用 データ・ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表49. 検出抵抗(値 = 1000Ω)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x214	メモリ アドレス 0x215	メモリ アドレス 0x216	メモリ アドレス 0x217
(1)センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2)検出抵抗の値	1000Ω	27	00000001111010000000000000		0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

2983f

アプリケーション情報

サーミスタの測定

チャンネル割り当て - サーミスタ

LTC2983に接続された各サーミスタに対して、32ビットのチャンネル割り当てワードが、接続したチャンネルに対応するメモリ位置にプログラムされます(表50を参照)。このデータには、(1)サーミスタのタイプ、(2)検出抵抗チャンネル・ポイント、(3)センサ構成、(4)励起電流、(5)Steinhart-Hartアドレス・ポイントまたはカスタム・テーブル・アドレス・ポイントが含まれます。

(1)サーミスタのタイプ

サーミスタのタイプは、表51に示すように、先頭の5つの入力ビット(B31~B27)で決まります。よく使用されるサーミスタ・タイプ(44004/44033、44005/44030、44006/44031、44007/44034、44008/44032、YSI-400)に対応するSteinhart-Hartの式に基づく線形化係数がデバイスに内蔵されています。それ以外のカスタムのサーミスタを使用する場合、サーミスタのカスタムSteinhart-Hartまたはサーミスタのカスタム・テーブル(温度と抵抗)を選択できます。その場合、ユーザー固有のデータを、オンチップRAMのサーミスタのカスタムSteinhart-Hartまたはサーミスタのカスタム・テーブル用アドレス・ポイントで定義されるアドレスから始まる位置に保存できます。

表50. サーミスタのチャンネル割り当てワード

	(1)サーミスタのタイプ					(2)検出抵抗チャンネル・ポイント					(3)センサ構成			(4)励起電流			(5)カスタムのサーミスタデータ・ポイント															
	表51					表27					表52			表53			表76、77、78、80、81															
測定クラス	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
サーミスタ	タイプ = 19~27					R _{SENSE} チャンネル・ポイント [4:0]					SGL = 1 DIFF = 0			励起モード			励起電流 [3:0]			不使用 0 0 0			カスタム・アドレス [5:0]					カスタム・データ長 [5:0]				

表51. サーミスタのタイプ: $1/T = A + B \cdot \ln(R) + C \cdot \ln(R)^2 + D \cdot \ln(R)^3 + E \cdot \ln(R)^4 + F \cdot \ln(R)^5$

B31	B30	B29	B28	B27	サーミスタのタイプ	A	B	C	D	E	F
1	0	0	1	1	サーミスタ 44004/44033 2.252kΩ (25°C時)	1.46800E-03	2.38300E-04	0	1.00700E-07	0	0
1	0	1	0	0	サーミスタ 44005/44030 3kΩ (25°C時)	1.40300E-03	2.37300E-04	0	9.82700E-08	0	0
1	0	1	0	1	サーミスタ 44007/44034 5kΩ (25°C時)	1.28500E-03	2.36200E-04	0	9.28500E-08	0	0
1	0	1	1	0	サーミスタ 44006/44031 10kΩ (25°C時)	1.03200E-03	2.38700E-04	0	1.58000E-07	0	0
1	0	1	1	1	サーミスタ 44008/44032 30kΩ (25°C時)	9.37600E-04	2.20800E-04	0	1.27600E-07	0	0
1	1	0	0	0	サーミスタ YSI-400 2.252kΩ (25°C時)	1.47134E-03	2.37624E-04	0	1.05034E-07	0	0
1	1	0	0	1	Spectrum 1003k 1kΩ (25°C時)	1.445904E-3	2.68399E-04	0	1.64066E-07	0	0
1	1	0	1	0	サーミスタ、カスタム Steinhart-Hart	ユーザー入力	ユーザー入力	ユーザー入力	ユーザー入力	ユーザー入力	ユーザー入力
1	1	0	1	1	サーミスタ、 カスタム・テーブル	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用

アプリケーション情報

(2) 検出抵抗チャンネル・ポイント

サーミスタの測定は、既知の R_{SENSE} 抵抗に対するレシオメトリック測定として行われます。検出抵抗チャンネル・ポイント・フィールドは、現在のサーミスタ用の検出抵抗が接続されている差動チャンネルを知らせます(表27を参照)。

(3) センサ構成

センサ構成フィールドを使用して、サーミスタのさまざまな特性を定義します。構成ビットB21を“H”にセットするとシングルエンド(COMに相対的な測定)構成になり、“L”にセットすると差動構成になります(表52を参照)。

次のセンサ構成ビット(B19およびB20)は、励起電流モードを決定します。これらのビットを使用して、1つの検出抵抗を複数のサーミスタで使用する R_{SENSE} 共有をイネーブルできます。この場合、サーミスタのグラウンド接続は内部的であり、各サーミスタは同じ R_{SENSE} チャンネルに向けられます。

ビットB19およびB20は、励起電流のローテーションをイネーブルして、寄生熱電対効果を自動的に除去するためにも使用されます。寄生熱電対効果は、サーミスタと測定機器の間に接続された物質によって生じることがあります。このモードは、内部電流源による励起を使用する差動サーミスタ構成で使用できます。

表52. センサ構成データ

(3) センサ構成			シングルエンド/ 差動	共有 R_{SENSE}	ローテーション
SGL	励起 モード				
B21	B20	B19			
0	0	0	差動	なし	なし
0	0	1	差動	あり	あり
0	1	0	差動	あり	なし
0	1	1		予約済み	
1	0	0	シングルエンド	なし	なし
1	0	1		予約済み	
1	1	0		予約済み	
1	1	1		予約済み	

(4) 励起電流

チャンネル割り当てワードのその次のフィールド(B18~B15)は、サーミスタに加えられる励起電流の大きさを制御します(表53を参照)。ハード・フォルトやソフト・フォルトを防止するため、センサまたは検出抵抗の最大電圧降下が公称1.0Vになるような電流を選択してください。LTC2983は、検出抵抗およびセンサの電圧降下の比率について、特別な要件はありません。そのため、センサの最大値より数桁小さい検出抵抗を使用することが可能です。サーミスタ温度範囲全体で最適な性能を発揮するには、電流の自動範囲調節を選択できます。その場合、LTC2983の変換は(標準の2サイクルではなく)3サイクルで実行されます(表64を参照)。1回目のサイクルで、センサの抵抗値と R_{SENSE} 値に最適な励起電流を算出します。後続の2サイクルでは、その電流を使用して、サーミスタ温度を測定します。

表53. サーミスタの励起電流

(4) 励起電流				電流
B18	B17	B16	B15	
0	0	0	0	予約済み
0	0	0	1	250nA
0	0	1	0	500nA
0	0	1	1	1μA
0	1	0	0	5μA
0	1	0	1	10μA
0	1	1	0	25μA
0	1	1	1	50μA
1	0	0	0	100μA
1	0	0	1	250μA
1	0	1	0	500μA
1	0	1	1	1mA
1	1	0	0	自動範囲
1	1	0	1	無効
1	1	1	0	無効
1	1	1	1	外部

(5) Steinhart-Hart アドレス/カスタム・テーブル・アドレス

詳細については、本データシートの終わり近くにある「カスタムのサーミスタ」セクションを参照してください。

アプリケーション情報

フォルトのレポート - サーミスタ

センサの種類ごとに独自のフォルト・レポートの仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されています。サーミスタの測定でレポートされるフォルトを表54に示します。

ビットD31は、サーミスタまたは R_{SENSE} が開放、短絡、未接続であることを示します。これはハード・フォルトで、 -999°C がレポートされます。ビットD30は、A/Dコンバータの読み取り値が不正であることを示します。これは、センサの故障(開放)、または過度のノイズ事象(センサ・パスへのESD(静電放電))のいずれかによって生じることがあります。これはハード・エラーであり、 -999°C がレポートされます。過度のノイズ事象

の場合、そのノイズ事象が偶発的で低頻度な事象であったならば、デバイスは復帰し、後続の変換は有効になります。ビットD29およびD28は、サーミスタでは使用されません。ビットD27およびD26は、読み取り値が上限温度もしくは下限温度(表55を参照)を超えたことを示します。計算後の温度がレポートされますが、精度が損なわれている可能性があります。ビットD25は、A/Dコンバータによって測定された絶対電圧がその通常動作範囲外であることを示します。サーミスタを冷接点素子として使用した場合、発生したすべてのハード・エラーおよびソフト・エラーは、対応する熱電対の結果にもフラグが立てられます。

表54. サーミスタフォルトのレポート

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	センサのハード・フォルト	ハード	サーミスタまたは R_{SENSE} の開放または短絡	-999°C
D30	ハードADC範囲外	ハード	A/Dコンバータの読み取り不正(大きな外部ノイズ事象の可能性)	-999°C
D29	サーミスタでは不使用	N/A	常に0	有効な読み取り値
D28	サーミスタでは不使用	N/A	常に0	有効な読み取り値
D27	センサ上限超過	ソフト	$T >$ 温度上限	読み取り値を疑うこと
D26	センサ下限超過	ソフト	$T <$ 温度下限	読み取り値を疑うこと
D25	ADC範囲外	ソフト	A/Dコンバータの絶対入力電圧が $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	N/A	結果が有効(1である必要)、0の場合は結果を棄却する	有効な読み取り値

アプリケーション情報

表 55. サーミスタの温度/抵抗範囲

サーミスタのタイプ	最小値(Ω)	最大値(Ω)	温度下限(°C)	温度上限(°C)
サーミスタ 44004/44033 2.252kΩ(25°C時)	41.9	75.79k	-40	150
サーミスタ 44005/44030 3kΩ(25°C時)	55.6	101.0k	-40	150
サーミスタ 44007/44034 5kΩ(25°C時)	92.7	168.3k	-40	150
サーミスタ 44006/44031 10kΩ(25°C時)	237.0	239.8k	-40	150
サーミスタ 44008/44032 30kΩ(25°C時)	550.2	884.6k	-40	150
サーミスタ YSI 400 2.252kΩ(25°C時)	6.4	1.66M	-80	250
Spectrum 1003K 1kΩ(25°C時)	51.1	39.51k	-50	125
サーミスタ、カスタムSteinhart-Hart	N/A	N/A	N/A	N/A
サーミスタ、カスタム・テーブル	2つ目のテーブル・エントリ	最後のテーブル・エントリ		

例: シングルエンド・サーミスタ

最もシンプルなサーミスタ構成は、シングルエンド構成です。この構成を使用する各サーミスタは、すべてのセンサ間で共通のグランド(COM)を共有し、それぞれ固有の検出抵抗に接続されています(シングルエンド・サーミスタではR_{SENSE}の共有が不可能)。シングルエンド・サーミスタは、図22に示す一般的な規則に従います。端子1はグランド(COM)に接続され、端子2はCH_{THERM}および検出抵抗に接続されています。チャンネル割り当てデータ(表50を参照)は、CH_{THERM}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

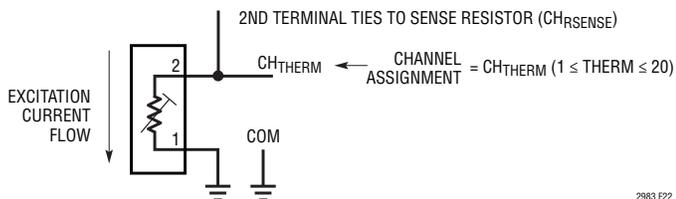


図 22. シングルエンド・サーミスタのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図23に示す一般的な規則に従います。検出抵抗はCH_{RSENSE}とCH_{RSENSE-1}の間に接続され、CH_{RSENSE}はサーミスタの2つ目の端子に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表33を参照)は、CH_{RSENSE}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

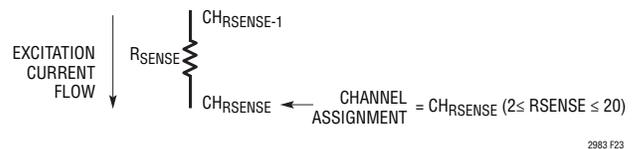


図 23. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

図24は、シングルエンド・サーミスタを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、1つの10kΩ(44031タイプ)サーミスタが10.1kΩ検出抵抗に接続されています。サーミスタはチャンネルCH5(メモリ位置:0x210~0x213)に割り当てられており、検出抵抗はCH4(メモリ位置:0x20C~0x20F)に割り当てられています。チャンネル割り当てデータを表56と表57に示します。

CH5上で10000101をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01000101になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x020~0x023(CH5に対応)から読み取りできます。

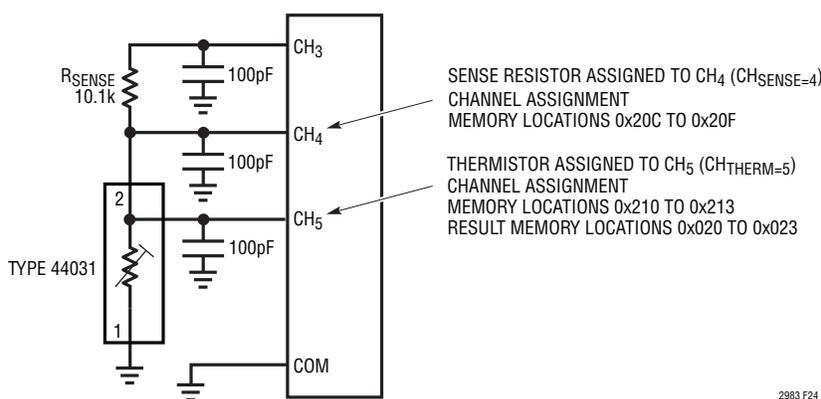


図24. シングルエンド・サーミスタの例

表56. シングルエンド・サーミスタ(44006/44031 10kΩ(25°C時)タイプのサーミスタ、シングルエンド構成、CH4にRSENSE、1μA励起電流)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x210	メモリ アドレス 0x211	メモリ アドレス 0x212	メモリ アドレス 0x213
(1)サーミスタのタイプ	44006/44031 10kΩ(25°C時)	5	10110	1 0 1 1 0			
(2)検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH4	5	00100		0 0 1 0 0		
(3)センサ構成	シングルエンド	3	100		1 0 0		
(4)励起電流	1μA	4	0011		0 0 1 1		
不使用	これらのビットは 0にセット	3	000			0 0 0	
(5)カスタムの RTD用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

表57. 検出抵抗(値 = 10.1kΩ)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x20C	メモリ アドレス 0x20D	メモリ アドレス 0x20E	メモリ アドレス 0x20F
(1)センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2)検出抵抗の値	10.1kΩ	27	0001001110111010000000000000		0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

アプリケーション情報

例: 差動サーミスタ

差動サーミスタ構成を使用すると、各センサで別々のグランド検出を行えます。この標準的な差動構成では、各サーミスタにつき1つの検出抵抗が使用されます。差動サーミスタは、図25に示す一般的な規則に従います。端子1はCH_{THERM}に接続され、グランドに短絡されます。端子2はCH_{THERM-1}と検出抵抗に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表50を参照)は、CH_{THERM}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

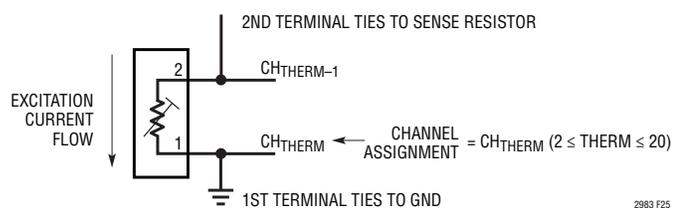


図25. 差動サーミスタのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当てでは、図26に示す一般的な規則に従います。検出抵抗はCH_{RSENSE}とCH_{RSENSE-1}の間に接続され、CH_{RSENSE}はサーミスタの2つ目の端子に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表33を参照)は、CH_{RSENSE}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

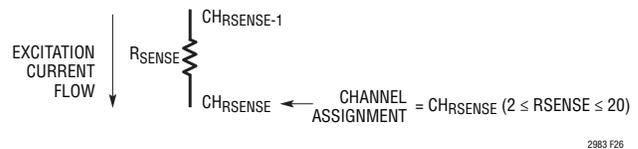


図26. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

図27は、差動サーミスタを使用する標準的な温度測定システムを示しています。この例では、1つの30kΩ(44032タイプ)サーミスタが9.99kΩ検出抵抗に接続されています。サーミスタはチャンネルCH13(メモリ位置:0x230~0x233)に割り当てられており、検出抵抗はCH11(メモリ位置:0x228~0x22B)に割り当てられています。チャンネル割り当てデータを表58と表59に示します。

CH13上で10001101をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01001101になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x040~0x043(CH13に対応)から読み取りできます。

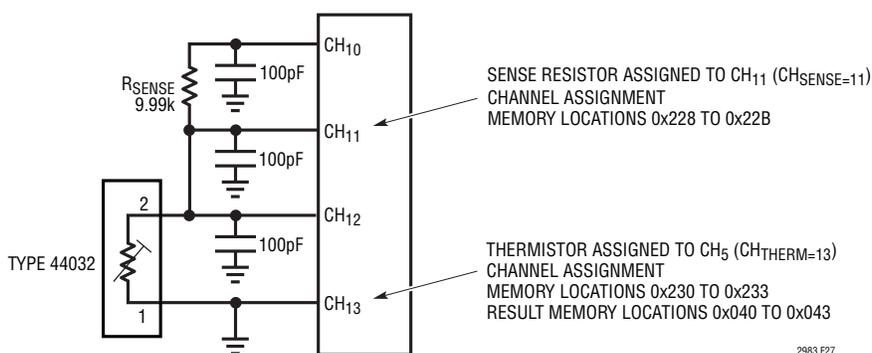


図27. 差動サーミスタの例

表58. 差動サーミスタ(44008/44032 30kΩ(25°C時)タイプのサーミスタ、差動構成、CH11にRSENSE、励起の自動範囲調節)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x230	メモリ アドレス 0x231	メモリ アドレス 0x232	メモリ アドレス 0x233
(1)サーミスタのタイプ	44008/44032 30kΩ(25°C時)	5	10111	1 0 1 1 1			
(2)検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH11	5	01011		0 1 0 1 1		
(3)センサ構成	差動、共有なし、 ローテーション なし	3	000		0 0 0		
(4)励起電流	自動範囲調節	4	1100		1 1 0 0		
不使用	これらのビットは 0にセット	2	000			0 0 0	
(5)カスタムのRTD 用データ・ポイント	非カスタム	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

表59. 検出抵抗(値 = 9.99kΩ)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x228	メモリ アドレス 0x229	メモリ アドレス 0x22A	メモリ アドレス 0x22B
(1)センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2)検出抵抗の値	9.99kΩ	27	0001001110000011000000000000		0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

アプリケーション情報

例: 共有/ローテーション構成の差動サーミスタ

差動サーミスタ構成を使用すると、各センサで別々の内部グランド検出を行えます。この構成では、複数のサーミスタに1つの検出抵抗を使用できます。差動サーミスタは、図28に示す一般的な規則に従います。端子1はCH_{THERM}に接続され、端子2はCH_{THERM-1}と検出抵抗に接続されます。チャンネル割り当てデータ(表50を参照)は、CH_{THERM}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

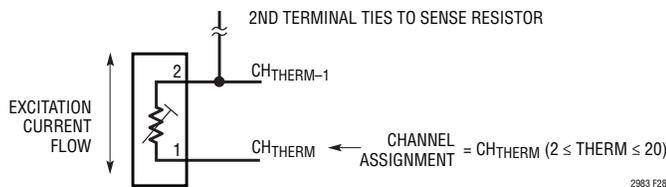


図28. R_{SENSE}を共有するサーミスタのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図29に示す一般的な規則に従います。検出抵抗はCH_{RSENSE}とCH_{RSENSE-1}の間に接続され、CH_{SENSE}はサーミスタの2つ目の端子に接続されま。チャンネル割り当てデータ(表33を参照)は、CH_{THERM}に対応するメモリ位置にマッピングされます。

図30は、共有の検出抵抗と、1つのローテーション差動サーミスタ、1つの非ローテーションサーミスタを使用する、標準的な温度測定システムを示しています。この例では、1つの30kΩ(44032タイプ)サーミスタが10.0kΩ検出抵抗に接続さ

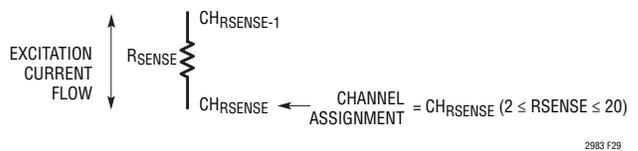


図29. サーミスタ用の検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

れており、ローテーション/共有構成になっています。2つ目の2.25kΩ (44004タイプ)サーミスタは、非ローテーション/共有構成になっています。チャンネル割り当てデータを表60～表62に示します。

CH18上で10010010をメモリの0x000に書き込むと、変換が開始されます。変換が完了すると、INTERRUPTピンが“H”になり、メモリの0x000が01010010になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x054～0x057(CH16に対応)から読み取りできます。変換は、CH20からも同様に開始し、読み取りできます。

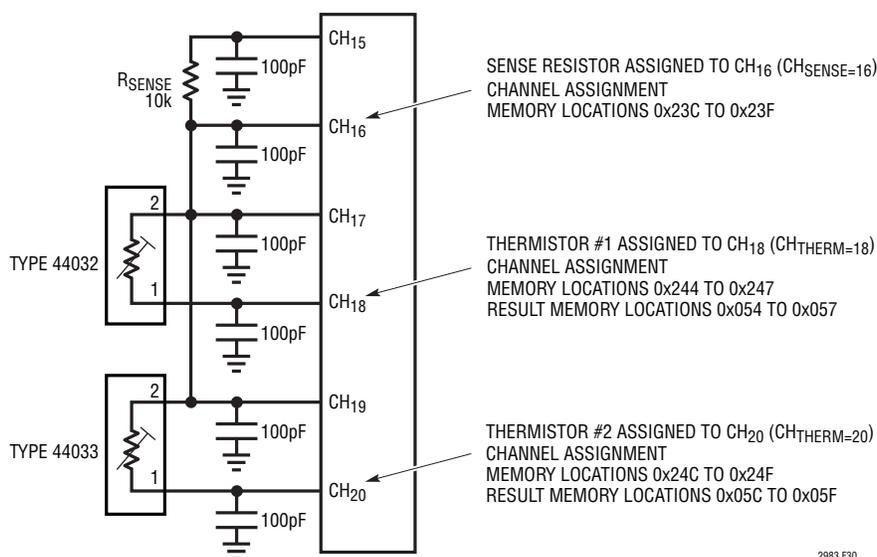


図30. ローテーションおよび共有構成のサーミスタの例

表60. 差動サーミスタ(44008/44032 30kΩ(25°C時)タイプのサーミスタ、共有およびローテーションありの差動構成、CH16にR_{SENSE}、250nA励起電流)のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリ・データ	メモリアドレス 0x244	メモリアドレス 0x245	メモリアドレス 0x246	メモリアドレス 0x247
(1)サーミスタのタイプ	44008/44032 30kΩ (25°C時)	5	10111	1 0 1 1 1			
(2)検出抵抗チャンネル・ポイント	CH16	5	10000		1 0 0 0 0		
(3)センサ構成	差動、ローテーションあり、共有あり	3	001		0 0 1		
(4)励起電流	250nA励起電流	4	0001		0 0 0 1		
不使用	これらのビットは0にセット	3	000			0 0 0	
(5)カスタムのRTD用データ・ポイント	非カスタム	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

アプリケーション情報

表 61. 差動サーミスタ (44004/44033 2.252kΩ (25°C 時) タイプのサーミスタ、共有ありローテーションなしの差動構成、CH16 に RSENSE、10μA 励起電流) のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	概要	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x24C	メモリ アドレス 0x24D	メモリ アドレス 0x24E	メモリ アドレス 0x24F
(1)サーミスタの タイプ	44004/44033 2.252kΩ (25°C 時)	5	10011	1 0 0 1 1			
(2) 検出抵抗 チャンネル・ポイント	CH16	5	10000		1 0 0 0 0		
(3) センサ構成	差動、 ローテーション なし、共有あり	3	010			0 1 0	
(4) 励起電流	10μA 励起電流	4	0101			0 1 0 1	
不使用	これらのビットは 0にセット	3	000			0 0 0	
(5) カスタムの RTD 用データ・ ポイント	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 62. 検出抵抗 (値 = 10.0kΩ) のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	概要	ビット数	バイナリ・データ	メモリ アドレス 0x23C	メモリ アドレス 0x23D	メモリ アドレス 0x23E	メモリ アドレス 0x23F
(1) センサの種類	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗の値	10.0kΩ	27	0001001110001000000000000000		0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

アプリケーション情報

熱電対測定の標準的応用例

LTC2983は、20個の完全に構成可能なアナログ入力チャネルを備えています。各入力チャネルは、任意のセンサの種類に対して構成できます。図31は、複数の熱電対をデジタル化する、標準的応用例を示しています。各熱電対に1つの冷接点センサが必要です。この各冷接点センサは複数の熱電対で共有できます。たとえば、CH1に接続された熱電対は、CH2に接続

されたダイオードを冷接点センサとして使用できます。一方、任意の熱電対(CH1、CH3、CH5、CH6、CH9、CH10、またはCH16)は、任意のダイオード(CH2、CH4、またはCH7)、RTD(CH13、CH14)、またはサーミスタ(CH19、CH20)を冷接点補償として使用できます。LTC2983は熱電対と冷接点センサを同時に測定し、結果を°Cまたは°Fで出力します。

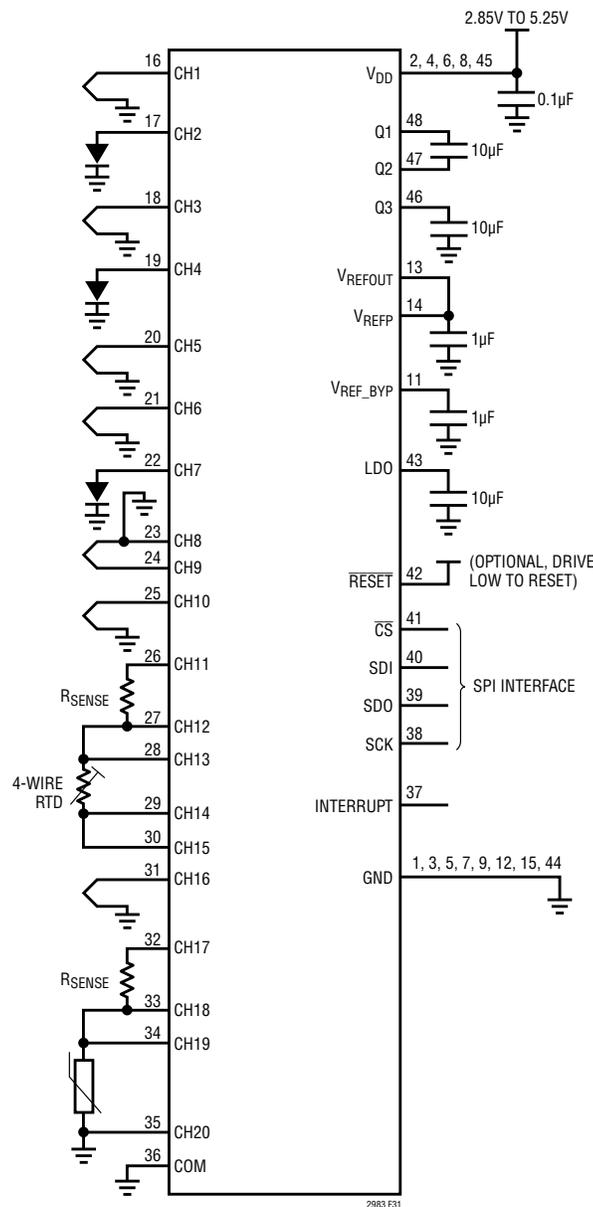


図31. 標準的な熱電対アプリケーション

アプリケーション情報

RTDおよびサーミスタ測定の標準的応用例

LTC2983は、20個の完全に構成可能なアナログ入力チャンネルを備えています。各入力チャンネルは、任意のセンサの種類に対して構成できます。図32は、複数のRTDおよびサーミスタをデジタル化する、標準的応用例を示しています。各RTD/サーミスタには1つの検出抵抗が必要です。この検出抵抗は複数のセンサ間で共有できます。RTDは、2線式、3線式、4線式トポロジのいずれでも構成できます。たとえば、1つの検出抵抗(CH1、CH2)を、1つの4線式RTD(CH4、CH3)、1つの2

線式RTD(CH7、CH6)、2つの3線式RTD(CH9、CH8およびCH11、CH10)、および1つのサーミスタ(CH13、CH12)で共有することができます。これは、ダイオード・センサ(CH15)や熱電対(CH14)と混在可能です。検出抵抗(CH17、CH16)は特定のセンサ(この例では、4線式RTD(CH19、CH18))専用にすることもできます。電流は検出抵抗とRTD/サーミスタの両方を介して印加され、発生した電圧が同時に測定され、結果が°Cまたは°Fで出力されます。

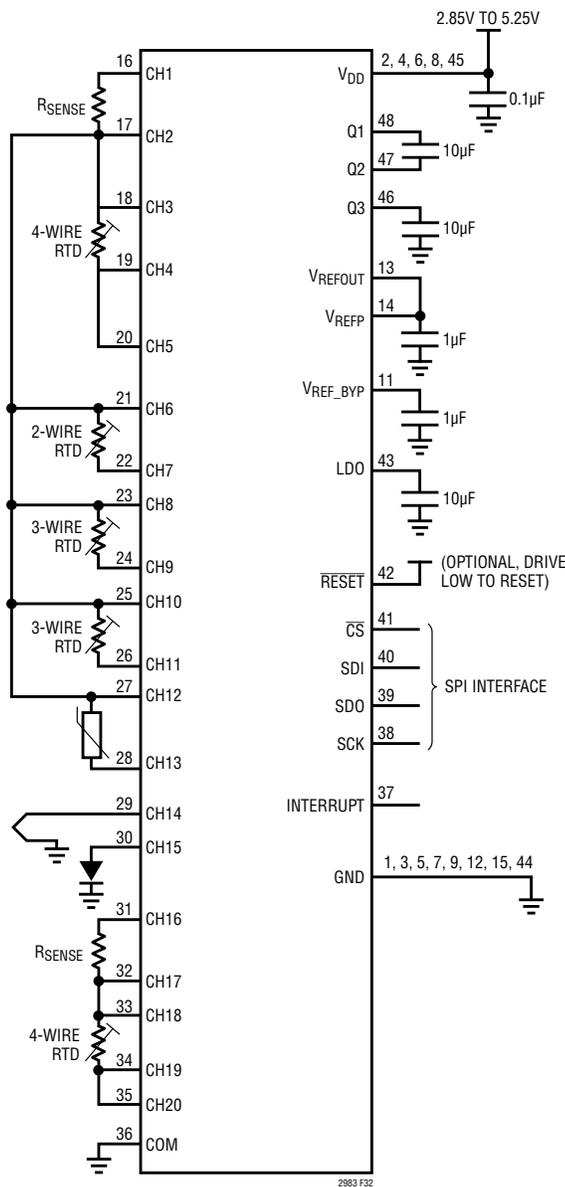


図32. 標準的なRTD/サーミスタのアプリケーション

補足情報

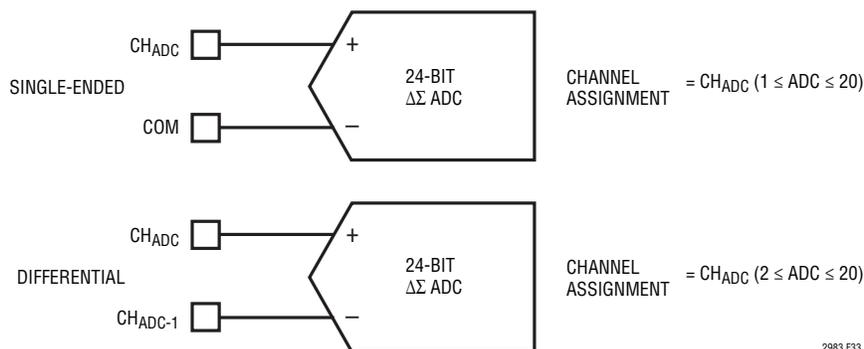


図33. 直接ADCのチャンネル割り当て規則

直接ADC測定

温度センサを測定する以外に、LTC2983は直接の電圧測定を実行できます。任意のチャンネルを、直接のシングルエンド測定または差動測定用に構成できます。直接ADCのチャンネル割り当ては、図33に示す一般的な規則に従います。32ビットのチャンネル割り当てワードが、入力チャンネルに対応するメモリ位置にプログラミングされます。このチャンネル割り当てワードは差動読み取りでは0xF000 0000、シングルエンドでは0xF400 0000です。シングルエンドと差動の両モードにおい

て、正の入力チャンネルがCH_{ADC}に接続されます。シングルエンド測定では、A/Dコンバータの負入力にはCOMで、差動測定ではCH_{ADC-1}になります。シングルエンド測定では、COMはGND-50mVより高くV_{DD}-0.3Vより低い任意の電圧でドライブできます。

直接ADCの結果は、変換チャンネルに対応するメモリ位置で読み取りできます。このデータは32ビット・ワード(表63を参照)として表現され、そのうち8つの最上位ビットがフォルト・ビットで、下位の24ビットがA/Dコンバータの読み取り値(ボルト

表63. 直接ADCの出力フォーマット

	開始アドレス								開始アドレス+1								開始アドレス+2								開始アドレス+3 (終了アドレス)																							
	D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0																
	フォルト・データ								SIGN MSB																								LSB															
Volts	範囲 ハード	範囲 ハード	NA	NA	ソフト 上限 超過	ソフト 下限 超過	ソフト 範囲	有効 常に1	± 2V 1V 0.5V 0.25V ...								Integer																								Fraction							
>V _{REF}	1	1	0	0	1	0	1	工場出荷時の値 V _{REF} にクランプ																																								
1.75 • V _{REF} /2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	
1.125 • V _{REF} /2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	
V _{REF} /2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	
V _{REF} /2 ²²	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1																	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	
-V _{REF} /2 ²²	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
-V _{REF} /2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
-1.125 • V _{REF}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
-1.75 • V _{REF}	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
< -V _{REF}	1	1	0	0	0	1	1	工場出荷時の値 -V _{REF} にクランプ																																								

補足情報

単位)です。直接ADCの読み取り値では、ハード・フォルト・エラーはデジタル出力をクランプしません。 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ を超える読み取り値は、LTC2983の通常精度範囲外となり、ソフト・エラーのフラグが立つため、これらの結果は棄却する必要があります。 $\pm 1.75 \cdot V_{REF}/2$ を超える読み取り値は、LTC2983の使用可能範囲外となります。これらの結果はハード・フォルトとなり、棄却する必要があります。

差動入力電圧 ($\pm V_{REF}/2$) および $V_{REF}/2$ 同相入力電圧での、さまざまな電源電圧および温度における標準的な積分非直線性の変化を図34～図36に示します。

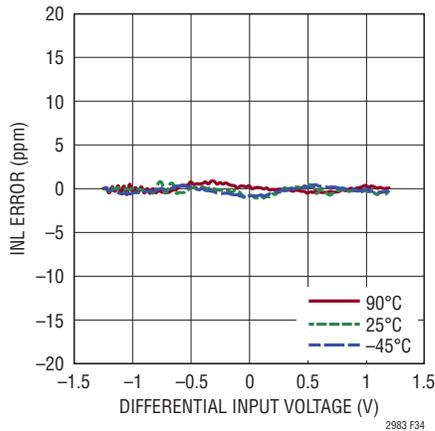


図34. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 5.25V$)

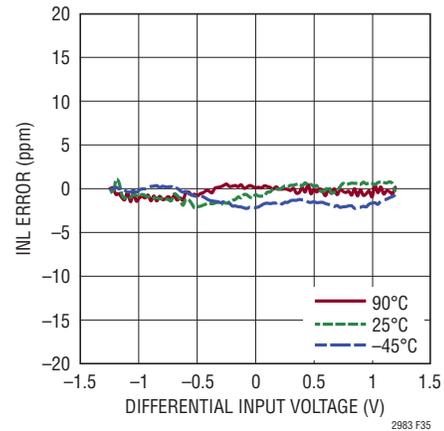


図35. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 3.3V$)

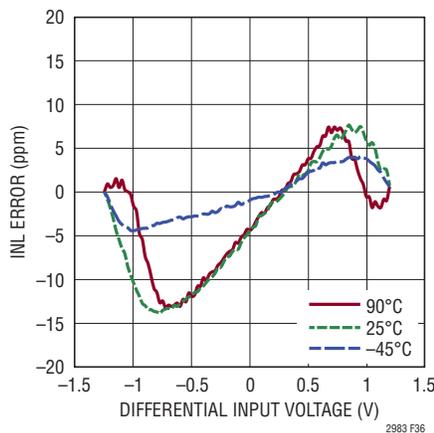


図36. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 2.85V$)

補足情報

フォルト保護とアンチエイリアシング

LTC2983のアナログ入力チャンネルには最大1nAのDC電流が流れます。その結果、LTC2983の入力に直接アンチエイリアシングおよびフォルト保護回路を追加することが可能です。最も一般的な入力回路は、1k \sim 10kの抵抗(RTDとサーミスタでは励起電流によって制限される)と100pF \sim 0.1 μ Fの容量を持つコンデンサを備えたローパス・フィルタです。この回路は、熱電対、4線式RTD、LTC2983の間に直接配置できます。3線式RTDの場合、保護抵抗間の mismatch 誤差により性能が低下することがあります。フォルト保護抵抗に起因する誤差を防ぐため、入力見積もりを要するサーミスタは、ケルビン・タイプの接続を介してLTC2983に接続する必要があります。

2サイクル変換モードと3サイクル変換モード

LTC2983は複数回の内部変換を行って、センサ温度を算出します。通常、各温度結果に対して2回の内部変換サイクルが必要で、最大出力時間は167.2msです。LTC2983は、これらの2回のサイクルを使用して、オフセット/オフセット・ドリフト誤差を自動的に除去し、1/fノイズを低減し、マッチング内部電流源を自動キャリブレーションし、50/60Hz同時ノイズ除去を実現します。

1つの結果当たり2回の変換サイクルを実行するのに加え、LTC2983では、3回目の変換サイクルを使用することで、いくつかの独自機能を実現することができます。この場合、最大出力時間は251msであり、2サイクル・モードのメリットはすべてそのままです(表64を参照)。

3サイクル変換モードを使用した1つの機能は、内部開回路検出モードです。通常、熱電対の開回路検出は、高抵抗のプルアップを熱電対とV_{CC}の間に追加することで行われます。この方法は、2サイクル変換モードで動作するLTC2983で使用できます(OC=0)。この外付けプルアップは、入力保護回路と相互に影響して、温度測定誤差やノイズ増加につながる可能性があります。内部開回路検出モード(OC=1)を選択すると、このような問題を解消できます。この場合、電流が8msの間パルスされ、1回目の変換サイクル中にセトリングさせます。その後の2回の変換サイクルで熱電対が測定されます。熱電対が故障している場合、この電流パルスが開回路フォルトになります。

3回目の変換サイクルを利用する2つ目の機能は、サーミスタ励起電流の自動範囲調節です。サーミスタの抵抗は、何桁もの幅で変動するため、高抵抗領域の動作に必要な小電流によって、低抵抗領域での性能が損なわれます。自動範囲調節モードでは、最初の変換サイクル中にテスト電流を印加し、サーミスタの抵抗状態に最適な電流を算出します。その後、その電流を使用して、その後の通常の2サイクルの測定でサーミスタ測定を行います。3サイクルのサーミスタ測定を、2サイクルの熱電対測定の冷接点センサとして使用した場合、熱電対の変換結果は3サイクル後に利用できるようになります。

3回の変換サイクルを要する3つ目の機能は、3電流ダイオード測定です。このモードでは、3つの比率化された電流を外付けダイオードに印加することで、寄生リード線抵抗効果を除去します。これは、ダイオードが離れた場所に接続されており、大きな未知の寄生リード線抵抗を除去する必要があるアプリケーションで役立ちます。3サイクルのダイオードまたはサーミスタ測定を、2サイクルの熱電対測定の冷接点センサとして使用した場合、熱電対の変換結果は3サイクル後に利用できるようになります。

表 64. 2サイクル変換モードと3サイクル変換モード

センサの種類	構成	変換 サイクル数	最長出力時間
熱電対	OC = 0	2	167.2ms
RTD	All	2	167.2ms
サーミスタ	電流範囲を 自動調節しない	2	167.2ms
ダイオード	2回読み取り	2	167.2ms
熱電対	OC = 1	3	251ms
熱電対	OC = 0、3 サイクル冷接点	3	251ms
サーミスタ	電流範囲を 自動調節する	3	251ms
ダイオード	3回読み取り	3	251ms

補足情報

複数チャンネルの連続変換

通常、変換開始ステートでは、メモリ位置0x000に書き込まれるチャンネル番号(ビットB[4:0] = 00001 ~ 10100)によって決まる、1つの入力チャンネル上で変換測定が開始されます。複数連続変換を開始するには、メモリ位置0にビットB[4:0]=00000を書き込みます。変換は、マスク・レジスタで選択された各チャンネル上で開始されます(表65を参照)。

たとえば、表66に示すマスク・データを使用すると、メモリ位置0に1000000が書き込まれると、CH20、CH19、CH16、およびCH1上で連続的に変換が開始されます。変換が開始すると、INTERRUPTピンは“L”になり、すべての変換が完了するまで“L”に保持されます。マスク・レジスタが割り当てデータのないチャンネルに設定されている場合、その変換はスキップされます。すべての結果が変換結果メモリ位置に保存され、測定サイクルの終了時に読み取りできます。

スリープ・モードの開始/終了

LTC2983は、メモリ位置0x000に0x97を書き込むことで、スリープ・モードにすることができます。メモリ書き込み後のCSの立ち上がりエッジで(図2を参照)、デバイスは低消費電力のスリープ状態に入ります。CSが“L”になるまで、もしくはRESETがアサートされるまで、デバイスはスリープ状態に保持されます。これらの2つの信号のいずれかがアサートされると、LTC2983は本データシートの「ステート1: 起動」セクションに記載した起動サイクルを開始します。

MUX構成遅延

LTC2983は、温度結果ごとに2回または3回の内部変換サイクルを行います。各変換サイクルは、異なる励起および入力マルチプレクサ構成で実行されます。各変換の前に、これらの励起回路と入力スイッチ構成が変更され、ほとんどの場合、内部の2ms(標準)遅延により、変換サイクル前のセトリングを確保できます。

表 65. 複数変換のマスク・レジスタ

メモリ位置	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x0F4		予約済み						
0x0F5					CH20	CH19	CH18	CH17
0x0F6	CH16	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9
0x0F7	CH8	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1

表 66. CH20、CH19、CH16、CH1を選択するマスク・レジスタの例

メモリ位置	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x0F4		予約済み						
0x0F5					1	1	0	0
0x0F6	1	0	0	0	0	0	0	0
0x0F7	0	0	0	0	0	0	0	1

補足情報

過剰なRC時定数が外部センサ回路に存在する場合(サーミスタまたはRTDに大きなバイパス・コンデンサが使用されている)、電流源の励起とMUXスイッチングの間のセトリング時間を長くすることができます。この追加遅延は、MUX構成遅延レジスタ(メモリ位置: 0x0FF)に書き込む値によって決定されます。このメモリ位置に書き込まれる値に100μsが乗算されるため、最大追加MUX遅延は25.5ms(すなわち、0xFF=255・100μs)になります。

グローバル構成レジスタ

LTC2983には、グローバル構成レジスタ(メモリ位置: 0x0F0、図37を参照)があります。このレジスタを使用して、デジタル・フィルタのノッチ周波数と温度結果の形式(°Cまたは°F)を設定します。デフォルト設定は50/60Hz同時除去(2msのMUX遅延による75dB除去)です。より高い60Hz除去が必要な場合(120dB除去)、メモリ位置0x0F0に0x01を書き込みます。また、より高い50Hz除去が必要な場合(120dB除去)、メモリ位置0x0F0に0x02を書き込みます。

LTC2983がレポートするデフォルトの温度単位は°Cです。メモリ位置0x0F0のビット3を1にセットすることで、レポートされる温度を°Fで出力することもできます。その他のグローバル構成ビットはすべて0にセットする必要があります。

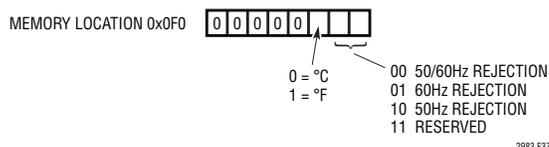


図37. グローバル構成レジスタ

リファレンスの検討

LTC2983をPC基板にハンダ付けする際の機械的応力により、出力電圧リファレンスがずれ、温度係数が変化することがあります。これらの2つの変化の間に相関はありません。たとえば、電圧はずれるが、温度係数は変化しないことがあります。これらの応力による影響を低減するには、PC基板の短辺付近または隅にリファレンスを配置します。

カスタムの熱電対

標準の熱電対をデジタル化する他に、LTC2983はユーザーがプログラム可能なカスタムの熱電対(熱電対タイプ=0b01001、表12を参照)もデジタル化することができます。カスタムのセンサ・データ(最小3、最大64ペア)は、メモリに連続的に格納されており、mVと温度の単調増加テーブル・データを含む6バイト・ブロックに配置されています(表67を参照)。

表67. カスタムの熱電対のテーブル・データ形式

アドレス	バイト0	バイト1	バイト2	バイト3	バイト4	バイト5
0x250 + 6* 開始アドレス	テーブル・エントリ#1(mV)		テーブル・エントリ#1(ケルビン)			
0x250 + 6* 開始アドレス+6	テーブル・エントリ#2(mV)		テーブル・エントリ#2(ケルビン)			
0x250 + 6* 開始アドレス+12	テーブル・エントリ#3(mV)		テーブル・エントリ#3(ケルビン)			
•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	
最大アドレス = 0x3CA	テーブル・エントリ#64(mV)		テーブル・エントリ#64(ケルビン)			

カスタムの熱電対の例

この例では、簡略化した熱電対曲線を実装します(図38を参照)。ポイントP1~P9は、カスタムの熱電対の通常動作範囲を示します。電圧の読み取り値がポイントP9より高い場合はソフト・フォルトになり、レポートされる温度はポイントP8とP9(最後の2つのテーブル・エントリ)によって決まる傾きを使用

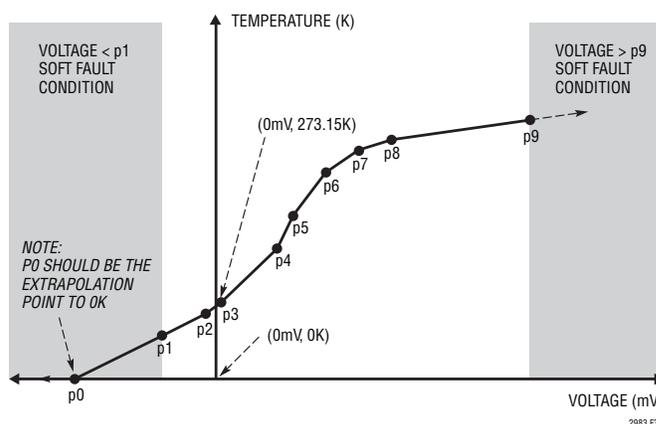


図38. カスタムの熱電対の例(mVとケルビン)

カスタムの熱電対

した線形外挿になります。電圧の読み取り値がポイントP1より低い場合も、ソフト・フォルトとしてレポートされます。レポートされる温度はポイントP1とP0間の線形外挿になります。ここでP0は通常、0ケルビンにおけるセンサ出力電圧です。P0が0ケルビンより高い場合、P0(単位:mV)より低いすべてのセンサ出力電圧は0ケルビンをレポートします。

LTC2983にカスタムの熱電対テーブルをプログラムするには、mVデータとケルビン・データの両方を24ビットのバイナリ値(2つの3バイト・テーブル・エントリで表現)に変換する必要があります。ほとんどの熱電対は負の出力電圧を発生するため、LTC2983へのmV値の入力は2の補数になります。センサ出力電圧(単位:mV)は、表69に示す規則に従い、先頭ビットは符号、後続の9ビットは整数部、残りの14ビットは小数部を示します。

表 68. 熱電対におけるmVとケルビン(K)データのメモリ・マップの例

ポイント	センサ出力電圧 (mV)	ケルビン温度	開始アドレス	終了アドレス	バイト0	バイト1	バイト2	バイト3	バイト4	バイト5
P0	-50.22	0	0x250	0x255						
P1	-30.2	99.1	0x256	0x25B						
P2	-5.3	135.4	0x25C	0x261						
P3	0	273.15	0x262	0x267						
P4	40.2	361.2	0x268	0x26D	mVデータ			温度データ		
P5	55.3	522.1	0x26E	0x273	(表69を参照)			(表70を参照)		
P6	88.3	720.3	0x274	0x279						
P7	132.2	811.2	0x27A	0x27F						
P8	188.7	922.5	0x280	0x285						
P9	460.4	1000	0x286	0x28B						

表 69. 熱電対の出力電圧値の例 (mV)

mV	バイト0									バイト1							バイト2							
	Sign	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰	2 ⁻¹¹	2 ⁻¹²	2 ⁻¹³	2 ⁻¹⁴
-50.22	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
-30.2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
-5.3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40.2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
55.3	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
88.3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
132.2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
188.7	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
460.4	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1

カスタムの熱電対

温度フィールドを簡略化するため、温度値は符号なしの値としてケルビン単位で入力されますが、LTC2983で最終的にレポートされる温度は°Cまたは°F単位です。センサ温度(ケルビン)は、表70に示す規則に従い、最初の14ビットは整数部、残りの10ビットは小数部を示します。

この例では、CH1に接続されたカスタムの熱電対(冷接点センサがCH2)を、表71に示すチャンネル割り当てデータでプログラムします(類似の形式は図6を参照)。この場合、カスタム・

データはメモリ位置0x250から開始します(開始アドレスは0)。開始アドレス(0x250からのオフセット)は、チャンネル割り当てデータのカスタムの熱電対用データ・ポインタ・フィールドに入力されます。テーブル・データ長-1(この例では9)が、熱電対のチャンネル割り当てワードの、カスタムの熱電対用データ長フィールドに入力されます。表68(6バイト・エントリが10個)を参照してください。

表70. 熱電対の温度値の例

	バイト3									バイト4							バイト5							
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
温度	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99.1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
135.4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
273.15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
361.2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
522.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
720.3	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
811.2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
922.5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表71. カスタムの熱電対のチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリデータ	メモリアドレス 200	メモリアドレス 201	メモリアドレス 202	メモリアドレス 203																				
(1) 熱電対のタイプ	タイプカスタム	5	01001	0	1	0	0	1																			
(2) 冷接点チャンネル・ポインタ	CH2	5	00010							0	0	0	1	0													
(3) センサ構成	シングルエンド、10μA 開回路	4	1100									1	1	0	0												
不使用	これらのビットは0にセット	6	000000													0	0	0	0	0	0						
(4) カスタムの熱電対用データ・ポインタ	開始アドレス = 0 (0x250 で開始)	6	000000																0	0	0	0	0	0			
カスタムの熱電対データ長-1	データ長 -1 = 9 (10 対のエントリ)	6	001010																			0	0	1	0	0	1

カスタムのRTD

標準のRTDをデジタル化する他に、LTC2983はカスタムのRTD (RTDタイプ=0b10010、表26を参照)をデジタル化することもできます。カスタムのセンサ・データ(最小3、最大64ペア)は、メモリに連続的に格納されており、 Ω と温度の単調増加テーブル・データを含む6バイト・ブロックに配置されています(表72を参照)。

表72. カスタムのRTD/サーミスタのテーブル・データ形式

アドレス	バイト0	バイト1	バイト2	バイト3	バイト4	バイト5
0x250 + 6* 開始アドレス	テーブル・エントリ#1(Ω)		テーブル・エントリ#1(ケルビン)			
0x250 + 6* 開始アドレス+6	テーブル・エントリ#2(Ω)		テーブル・エントリ#2(ケルビン)			
0x250 + 6* 開始アドレス+12	テーブル・エントリ#3(Ω)		テーブル・エントリ#3(ケルビン)			
•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	
最大アドレス = 0x3CA	テーブル・エントリ#64(Ω)		テーブル・エントリ#64(ケルビン)			

カスタムのRTDの例

この例では、簡略化したRTD曲線を実装します(図39を参照)。ポイントP1~P9は、カスタムのRTDの通常動作範囲を示します。抵抗の読み取り値がポイントP9より高い場合はソフト・フォルトになり、レポートされる温度はポイントP8とP9(最後の2つのテーブル・エントリ)によって決まる傾きを使用した線形外挿になります。抵抗の読み取り値がポイントP1より低い場合も、ソフト・フォルトとしてレポートされます。レポートされる温度はポイントP1とP0間の線形外挿になります。ここで、P0は0 Ω におけるセンサ出力温度です(このポイントは、ポイントp1より下で適切に内挿するために0 Ω である必要があります)。

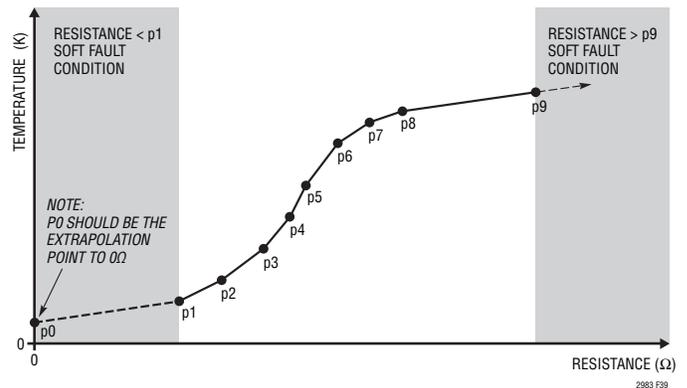


図39. カスタムのRTDの例(Ω とケルビン)

カスタムのRTD

カスタムのRTDテーブル・データは、 Ω (センサ出力抵抗)とケルビンの形式です(表73を参照)。各テーブル・エントリのペアは、6バイトにわたります。最初のデータ・セットは、0x250以上の任意のメモリ位置で開始でき、0x3CFより下で終了できません。

LTC2983にカスタムのRTDテーブルをプログラムするには、抵抗データとケルビン・データの両方を24ビットのバイナリ値に変換する必要があります。センサ出力電圧(単位: Ω)は、表74

に示す規則に従い、最初の13ビットは整数部、残りの11ビットは小数部を示します。

温度フィールドを簡略化するため、温度値は符号なしの値としてケルビン単位で入力されますが、LTC2983で最終的にレポートされる温度は $^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ 単位です。センサ温度(ケルビン)は、表75に示す規則に従い、最初の14ビットは整数部、残りの10ビットは小数部を示します。

表 73. RTDにおける抵抗とケルビン・データのメモリ・マップの例

ポイント	センサ出力抵抗 (Ω)	温度(K)	開始 アドレス	終了 アドレス	バイト1	バイト2	バイト3	バイト1	バイト2	バイト3
P0	0	112.3	0x28C	0x291						
P1	80	200.56	0x292	0x297						
P2	150	273.16	0x298	0x29D						
P3	257.36	377.25	0x29E	0x2A3						
P4	339.22	489.66	0x2A4	0x2A9	抵抗データ			温度データ		
P5	388.26	595.22	0x2AA	0x2AF						
P6	512.99	697.87	0x2B0	0x2B5						
P7	662.3	765.14	0x2B6	0x2BB						
P8	743.5	801.22	0x2BC	0x2C1						
P9	2001.89	900.5	0x2C2	0x2C7						

表 74. RTDの抵抗値の例

	バイト1										バイト2						バイト3							
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
抵抗	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}	2^{-7}	2^{-8}	2^{-9}	2^{-10}	2^{-11}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257.36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
339.22	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
388.26	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
512.99	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
662.3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
743.5	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001.89	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0

カスタムのRTD

この例では、CH12/13に接続されたカスタムのRTD（検出抵抗がCH10/11）を、表76に示すチャンネル割り当てデータでプログラムします（類似の形式は図15を参照）。この場合、カスタム・データはメモリ位置0x28Cから開始します（開始アドレスは10）。開始アドレス（0x250からのオフセット）は、チャンネル割

り当てデータのカスタムのRTD用データ・ポインタ・フィールドに入力されます。テーブル・データ長-1（この例では9）が、チャンネル割り当てワードの、カスタムのRTD用データ長フィールドに入力されます。表72（エントリ・ペアの合計数が10）を参照してください。

表 75. RTD の温度値の例

	バイト1									バイト2								バイト3						
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
温度	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰
112.3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
200.56	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
273.16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
377.25	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
489.66	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
595.22	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
697.87	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
765.14	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
801.22	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
900.5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 76. カスタムのRTDのチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリデータ	メモリアドレス 230	メモリアドレス 231	メモリアドレス 232	メモリアドレス 233																				
(1) RTDのタイプ	カスタム	5	10010	1	0	0	1	0																			
(2) 検出抵抗チャンネル・ポインタ	CH11	5	01011						0	1	0	1	1														
(3) センサ構成	4線式、ローテーションなし、共有なし	4	1000									1	0	0	0												
(4) 励起電流	25μA	4	0011												0	0	1	1									
(5) 規格	カスタムでは不使用	2	00														0	0									
(6) カスタムのRTD用データ・ポインタ	開始アドレス = 10	6	001010																0	0	1	0	1	0			
(6) カスタムのRTDデータ長-1	データ長-1 = 9 10対のエントリ	6	001001																			0	0	1	0	0	1

カスタムのサーミスタ

標準のサーミスタをデジタル化する他に、LTC2983はカスタムのサーミスタ(サーミスタ・タイプ=0b11011、表51を参照)をデジタル化することもできます。カスタムのセンサ・データ(最小3、最大64ペア)は、メモリに連続的に格納されており、 Ω と温度の単調増加テーブル・データを含む6バイト・ブロックに配置されています(表72を参照)。

カスタムのサーミスタ・テーブルの例

この例では、簡略化したサーミスタNTC(負の温度係数)曲線を実装します(図40を参照)。ポイントP1~P9は、カスタムのサーミスタの通常動作範囲を示します。抵抗の読み取り値がポイントP9より高い場合はソフト・フォルトになり、レポートされる温度はポイントP8とP9(最後の2つのテーブル・エントリ)

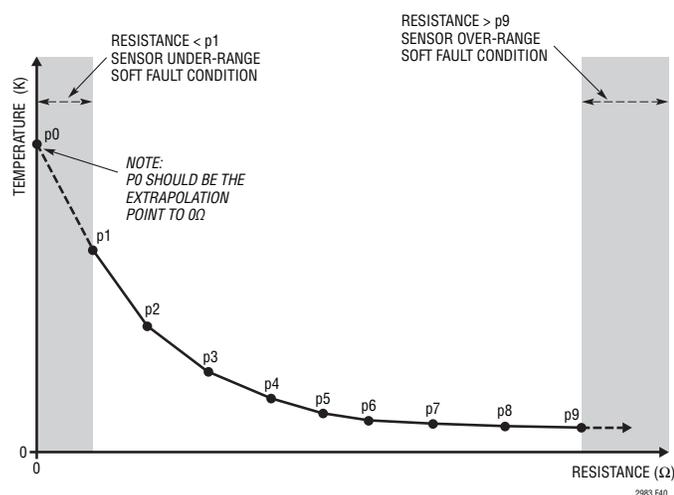


図40. カスタムのNTCサーミスタの例(Ω とケルビン)

によって決まる傾きを使用した線形外挿になります。抵抗の読み取り値がポイントP1より低い場合も、ソフト・フォルトとしてレポートされます。レポートされる温度はポイントP1とP0間の線形外挿になります。ここで、P0は0 Ω におけるセンサ出力温度です(このポイントは、ポイントp1より下で適切に内挿するために0 Ω である必要があります)。

NTCタイプのサーミスタの他に、PTC(正の温度係数)タイプのサーミスタを実装することもできます(図41を参照)。いずれの場合でも、テーブル・エントリは、最低抵抗値で開始し、最高抵抗値で終了します。

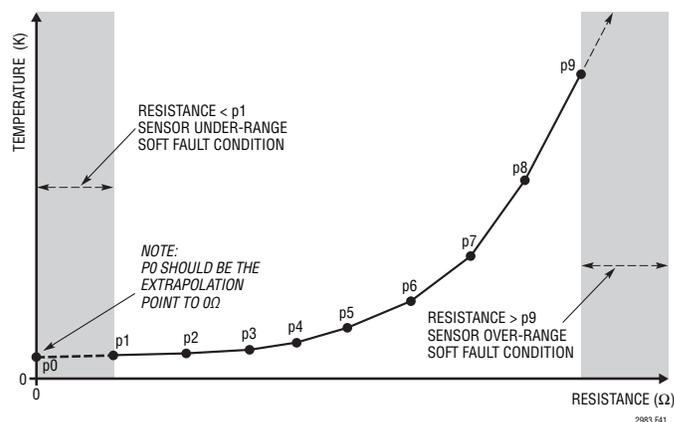


図41. カスタムのPTCサーミスタの例(Ω とケルビン)

カスタムのサーミスタ

カスタムのサーミスタ・テーブル・データは、 Ω (センサ出力抵抗)とケルビンの形式です(表77を参照)。各テーブル・エントリのペアは、6バイトにわたります。最初のデータ・セットは、0x250以上の任意のメモリ位置で開始でき、0x3CFより下で終了できます。

LTC2983にカスタムのサーミスタ・テーブルをプログラムするには、抵抗データとケルビン・データの両方を24ビットのバイナリ値に変換する必要があります。センサ出力電圧(単位: Ω)は、表78に示す規則に従い、最初の20ビットは整数部、残りの4ビットは小数部を示します。

温度フィールドを簡略化するため、温度値は符号なしの値としてケルビン単位で入力されますが、LTC2983で最終的にレポートされる温度は $^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ 単位です。センサ温度(ケルビン)は、表79に示す規則に従い、最初の14ビットは整数部、残りの10ビットは小数部を示します。

表77. NTCサーミスタにおける抵抗とケルビン・データのメモリ・マップの例

ポイント	センサ出力抵抗 (Ω)	温度(K)	開始アドレス	終了アドレス	バイト1	バイト2	バイト3	バイト1	バイト2	バイト3
P0	0	457.5	0x2C8	0x2CD						
P1	80	400.2	0x2CE	0x2D3						
P2	184	372.3	0x2D4	0x2D9						
P3	423.2	320.1	0x2DA	0x2DF						
P4	973.36	290.55	0x2E0	0x2E5	抵抗データ			温度データ		
P5	2238.728	249.32	0x2E6	0x2EB						
P6	5149.0744	240.3	0x2EC	0x2F1						
P7	26775.18688	230	0x2F2	0x2F7						
P8	139230.9718	215.3	0x2F8	0x2FD						
P9	724001.0532	200	0x2FE	0x303						

表78. サーミスタの抵抗値の例

	バイト1									バイト2								バイト3						
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
抵抗	2^{19}	2^{18}	2^{17}	2^{16}	2^{15}	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
423.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
973.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
2238.728	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
5149.074	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
26775.19	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
139231	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
724001.1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1

カスタムのサーミスタ

この例では、CH5に接続されたカスタムのサーミスタ(検出抵抗がCH3/4)を、表80に示すチャンネル割り当てデータでプログラムします(類似の形式は図24を参照)。この場合、カスタム・データはメモリ位置0x2C8から開始します(開始アドレスは20)。開始アドレス(0x250からのオフセット)は、チャンネル割り

当てデータのカスタムのサーミスタ用データ・ポインタ・フィールドに入力されます。テーブル・データ長-1(この例では9)が、サーミスタのチャンネル割り当てワードの、カスタムのサーミスタ用データ長フィールドに入力されます。

表 79. サーミスタの温度値の例

	バイト1										バイト2								バイト3									
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0				
温度	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰				
457.5	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
400.2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0				
372.3	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1				
320.1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0				
290.55	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1				
249.32	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1				
240.3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1				
230	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
215.3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1				
200	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

表 80. カスタムのサーミスタのチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリデータ	メモリアドレス 210	メモリアドレス 211	メモリアドレス 212	メモリアドレス 213																					
(1)サーミスタのタイプ	カスタム・テーブル	5	11011	1	1	0	1	1																				
(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ	CH4	5	00100						0	0	1	0	0															
(3)センサ構成	シングルエンド	3	100											1	0	0												
(4)励起電流	1μA	4	0011													0	0	1	1									
不使用	これらのビットは0にセット	2	00														0	0	0									
(5)カスタムのサーミスタ用データ・ポインタ	開始アドレス = 20	6	010100																0	1	0	1	0	0				
(5)カスタムのサーミスタ・データ長-1	データ長-1 = 9	6	001001																				0	0	1	0	0	1

カスタムのサーミスタ

CH5に接続されたカスタムのサーミスタ(検出抵抗がCH3/4)を、表83に示すチャンネル割り当てデータでプログラムします(類似の形式は図24を参照)。この場合、カスタム・データはメモリ位置0x300から開始します(開始アドレスは30)。開始

アドレス(0x250からのオフセット)は、チャンネル割り当てデータのカスタムのサーミスタ用データ・ポインタ・フィールドに入力されます。データ長(0に設定)は常に6つの32ビット浮動小数点ワードになります。

表 83. カスタムのSteinhart-Hartのチャンネル割り当てデータ

構成フィールド	説明	ビット数	バイナリデータ	メモリ アドレス 210	メモリ アドレス 211	メモリ アドレス 212	メモリ アドレス 213
(1)サーミスタのタイプ	カスタムのSteinhart-Hart	5	11010	1 1 0 1 0			
(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ	CH4	5	00100		0 0 1 0 0		
(3)センサ構成	シングルエンド	3	100		1 0 0		
(4)励起電流	1 μ A	4	0011		0 0 1 1		
不使用	これらのビットは0にセット	2	00			0 0 0	
(5)カスタムのサーミスタ用データ・ポインタ	開始アドレス = 30	6	011110			0 1 1 1 1 0	
(5)カスタムのSteinhart-Hartのデータ長は常に0にセット	6に固定32ビット・ワード	6	000000				0 0 0 0 0 0

カスタムのサーミスタ

汎用センサ・ハードウェア

LTC2983は、汎用の温度測定デバイスとして構成できます。1つのLTC2983につき、最大4セットの汎用入力を与えることができます。これらの各セットは、オンボード・ハードウェアを一切変更することなく、3線式RTD、4線式RTD、サーミスタ、熱電対を直接デジタル化できます(図42を参照)。各センサは同一の4つのA/Dコンバータ入力を共有でき、保護/フィルタ回路はソフトウェア変更(新しいチャンネル割り当てデータ)のみで構成できます。1つの検出抵抗と冷接点センサを、センサの全4つのバンクで共有します。

LTC2983には、フレキシブルでソフトウェア構成可能な入力モードが多数搭載されています。4つの共通入力を全4タイプのセンサで共有するには、各センサに特定の構成ビットが必要です(表84を参照)。3線式RTDは R_{SENSE} を共有する構成、4線式RTDおよびサーミスタは共有/ローテーション構成、熱電対は内部グランドを持つ差動構成、ダイオードはシングルエンド構成になっています。

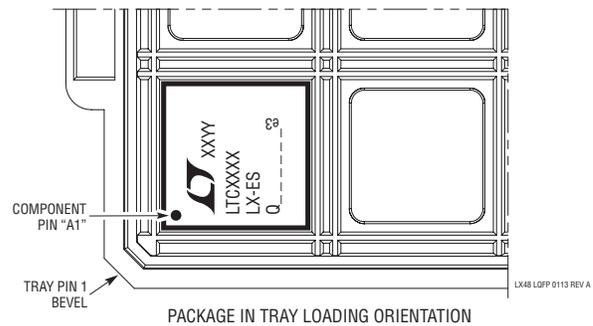
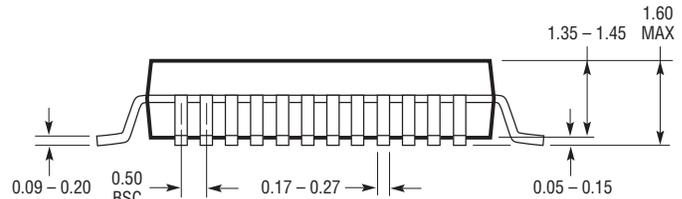
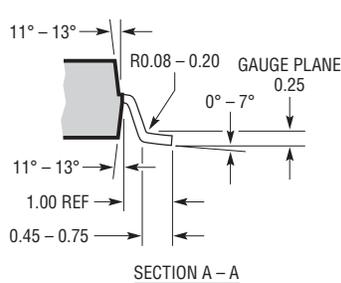
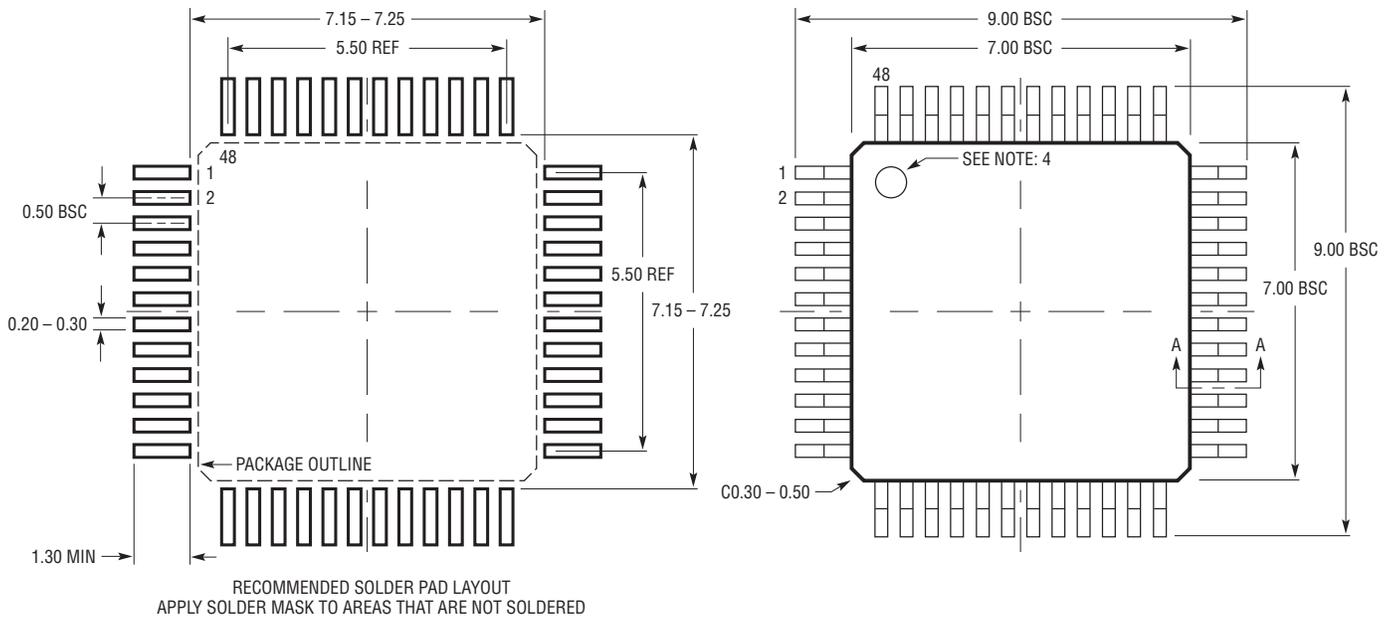
表 84. ユニバーサル接続用のセンサ構成

センサの種類	構成オプション	構成ビット	表の参照
3線式RTD	共有	B18 = 1, B19 = 0	表 28
4線式RTD	共有	B18 = 1, B19 = 0	表 28
4線式RTD	ローテーション	B18 = 0, B19 = 1	表 28
サーミスタ	共有	B19 = 0, B20 = 1	表 52
サーミスタ	ローテーション	B19 = 1, B20 = 0	表 52
熱電対	シングルエンド	B21 = 1	表 14
ダイオード	シングルエンド	B26 = 1	表 17

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/>を参照してください。

LX Package
48-Lead Plastic LQFP (7mm × 7mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1760 Rev A)



- 注記：
1. パッケージ寸法は JEDEC #MS-026 のパッケージ外形に適合
 2. 寸法はミリメートル
 3. * 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 0.25mm を超えないこと
 4. ピン 1 の識別マークはモールドのくぼみ、直径 0.50mm
 5. 図は実寸とは異なる

標準的応用例

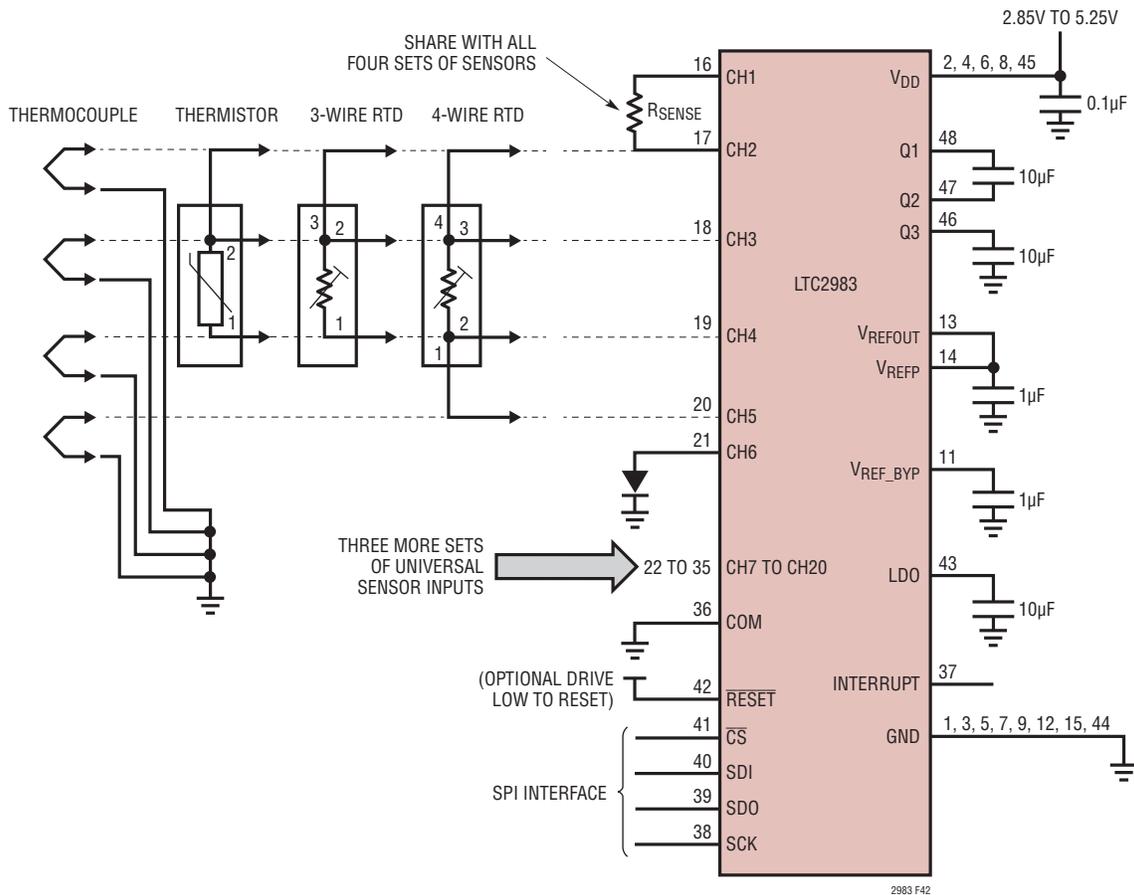


図42. ユニバーサル入力により、熱電対、ダイオード、サーミスタ、3線式RTD、4線式RTDで共通のハードウェアを共有可能

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC2990	I ² C インタフェース搭載のクワッド温度、電圧、電流モニタ	リモートおよび内部温度、14ビットの電圧および電流、10ppm/°Cの内部リファレンス
LTC2991	I ² C インタフェース搭載のオクタール電圧、電流、温度モニタ	リモートおよび内部温度、14ビットの電圧および電流、10ppm/°Cの内部リファレンス
LTC2995	アラート出力付き温度センサおよび電圧モニタ	温度と2つの電圧をモニタ、調整可能なしきい値、オープン・ドレインのアラート出力、1.8Vの内蔵リファレンスを使って温度に比例した電圧を出力、±1°C(最大)の精度
LTC2996	アラート出力を備えた温度センサ	温度をモニタ、調整可能なしきい値、オープン・ドレインのアラート出力、1.8Vの内蔵リファレンスを使って温度に比例した電圧を出力、±1°C(最大)の精度
LTC2997	リモート/内部温度センサ	1.8Vの内部リファレンスによる温度入力/電圧出力、±1°C(最大)の精度
LTC2943	20VのI ² C クーロン・カウンタ	充電量、電流、電圧、温度を1%精度でモニタ。任意のケミストリおよび容量のバッテリーで使用可能。