

EEPROMを備える マルチセンサ対応の 高精度デジタル温度測定システム 概要

特長

- 2線式、3線式、または4線式RTD、熱電対、サーミスタ、およびダイオードを直接デジタル化
- 内蔵EEPROM(LTC2986-1)がチャンネル構成データおよびカスタム係数を格納
- 単電源: 2.85V ~ 5.25V
- 柔軟な10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
- 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
- 内部リファレンス温度係数: 15ppm/°C(最大)
- 特殊保護モードを備える

アプリケーション

- 熱電対の直接測定
- 直接RTD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

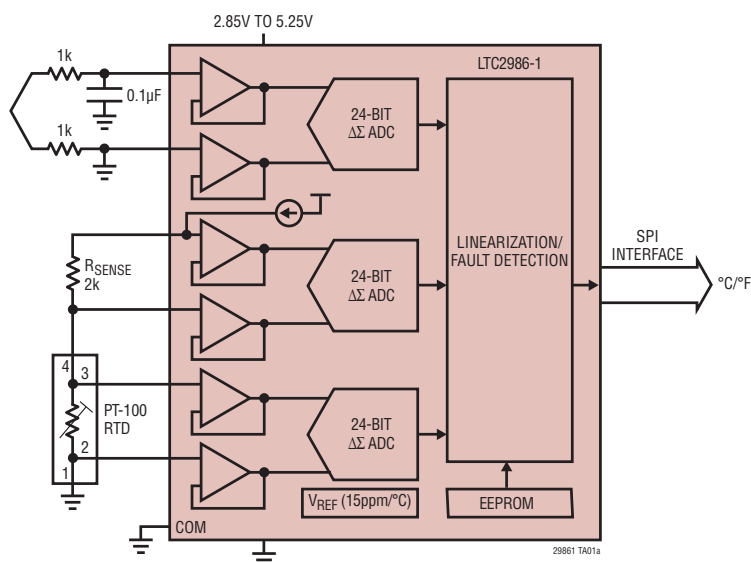
LTC®2986は、さまざまな温度センサを測定し、その結果を°Cまたは°Fの単位でデジタル出力します。その精度は0.1°Cで、分解能は0.001°Cです。LTC2986は、事実上全ての標準(タイプB、E、J、K、N、S、R、T)またはカスタムの熱電対の温度を測定し、冷接点温度を自動的に補償して、結果を線形にすることができます。このデバイスは、標準の2線、3線、または4線式RTD、サーミスタ、およびダイオードを使用して温度を測定することもできます。LTC2986は、各種の温度センサに合わせて適切な励起電流源およびフォルト検出回路を内蔵しています。

LTC2986/LTC2986-1は、20チャンネルのLTC2983/LTC2984の10チャンネル・ソフトウェアおよびピン互換バージョンです。追加機能には、汎用マルチセンサ・アプリケーションでの簡単な保護を可能にする特殊モード、一般的なA/Dコンバータ読み出しのためのカスタム・テーブル、およびアクティブ・アナログ温度センサからの直接温度読み出しなどがあります。LTC2986-1は、LTC2986のEEPROMバージョンです。

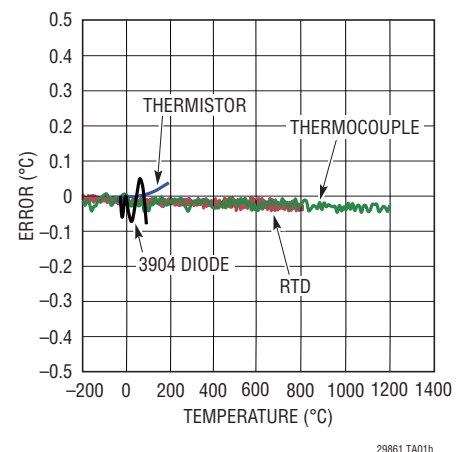
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他の商標の所有権は、いずれもそれぞれの所有者に帰属します。特許出願中。

標準的応用例

自動冷接点補償による熱電対計測



標準的な温度誤差の寄与



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
ピン配置.....	3
システム全体の電気的特性.....	4
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.....	5
デジタル入力とデジタル出力.....	5
LTC2986-1のEEPROMの特性.....	6
標準的性能特性.....	7
ピン機能.....	10
ブロック図.....	11
テスト回路.....	12
タイミング図.....	12
概要.....	13
アプリケーション情報	17
EEPROMの概要(LTC2986-1).....	23
EEPROMの読み出し/書き込みの検証.....	23
EEPROM書き込み動作.....	23
EEPROM読み出し動作(LTC2986-1).....	24
熱電対の測定.....	25
ダイオードの測定.....	28
RTDの測定.....	32
サーミスタの測定.....	50
グローバル構成レジスタ.....	59
入力過電圧保護 - 概要.....	59
アクティブ・アナログ温度センサ.....	65
直接ADC測定.....	69
2サイクル変換モードと3サイクル変換モード.....	74
複数チャンネルの連続変換.....	74
スリープ・モードの開始/終了.....	75
MUX構成遅延.....	75
リファレンスの検討.....	75
カスタムの熱電対.....	76
カスタムのRTD.....	79
カスタムのサーミスタ.....	82
パッケージの寸法.....	87
標準的応用例.....	88
関連製品.....	88

LTC2986/LTC2986-1

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		$V_{DD} - 0.3$	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
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	
Resolution (No Missing Codes)	$-V_{REFOUT/2} \leq V_{IN} \leq +V_{REFOUT/2}$	●	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	(Note 19)	●			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 $V_{REF}/^\circ\text{C}$	
Input Referred 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 33	25	%	
RTD Excitation Current Matching	Continuously Calibrated	●	Error within Noise Level of ADC				
Thermistor Excitation Current	(Note 16)	●	-37.5	Table 57	37.5	%	

リファレンス電気的特性

● 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
Output Voltage	V_{REFOUT} (Note 10)	2.49		2.51	V
Output Voltage Temperature Coefficient	I-Grade	●	3	15	ppm/ $^\circ\text{C}$
Output Voltage Temperature Coefficient	C-Grade	●	3	20	ppm/ $^\circ\text{C}$
Line Regulation		●		10	ppm/V
Load Regulation	$I_{\text{OUT(SOURCE)}} = 100\mu\text{A}$	●		5	mV/mA
	$I_{\text{OUT(SINK)}} = 100\mu\text{A}$	●		5	mV/mA
Output Voltage Noise	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$		4		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$		4.5		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
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, $C_{\text{LOAD}} = 1\mu\text{F}$		115		μs
Long Term Drift of Output Voltage (Note 13)			60		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
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, $\overline{\text{RESET}}$	●	$V_{\text{DD}} - 0.5$		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)	$I_0 = -800\mu\text{A}$	●		0.4	V
	High Level Output Voltage (SDO, INTERRUPT)	$I_0 = 1.6\text{mA}$	●	$V_{\text{DD}} - 0.5$		V
	Hi-Z Output Leakage (SDO)		●	-10	10	μA

LTC2986/LTC2986-1

LTC2986-1 の EEPROM の特性

●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。AIN = -20dBFS。これらの規格値は、LTC2986-1 にのみ適用される。

LTC2986 は EEPROM を含まない。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	Retention	Notes 4 and 17	●	10		Years
	Endurance	Note 4	●	10000		Cycles
	Programming Time	Complete Transfer from RAM to EEPROM	●		2600	ms
	Read Time	Complete Transfer EEPROM to RAM	●		20	ms

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。また、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おそれがある。

Note 2: 全ての電圧値は 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: 入力換算ノイズは、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 = 1ms (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 LTC2986 に保存され、全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 0x80 で、終了時に 0x40 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ゲートする。

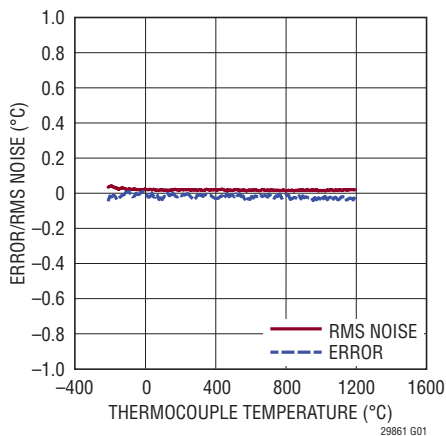
Note 17: 最大 1000 プログラム・サイクルで、10 年のデータ保持が保証される。

Note 18: これらのピンには電圧源も電流源も印加してはならない。これらのピンは、容量性負荷にのみ接続する必要がある。そうしない場合、回復不可能な損傷が発生するおそれがある。

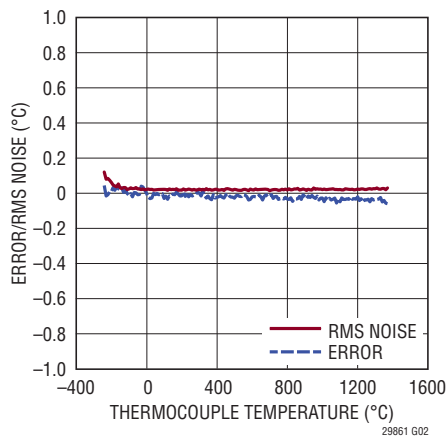
Note 19: 入力リーク電流は、 $V_{IN} = -10\text{mV}$ および $V_{IN} = 2.5\text{V}$ で測定された。

標準的性能特性

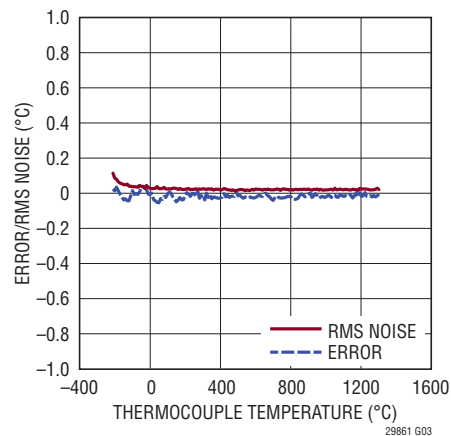
タイプJの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



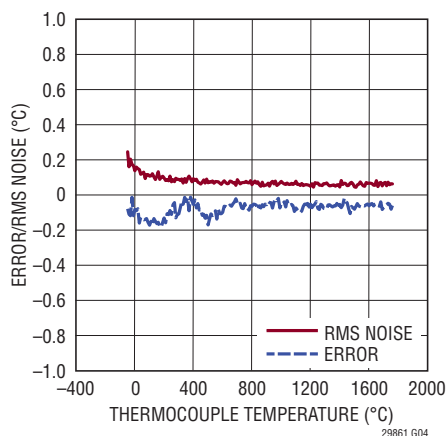
タイプKの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



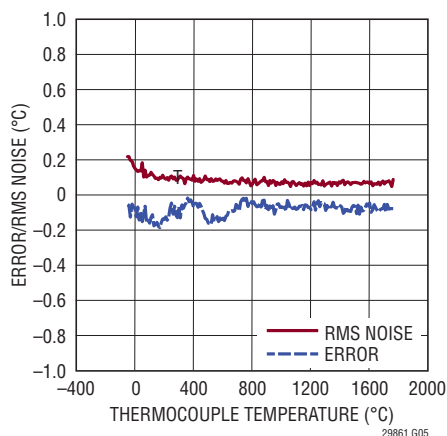
タイプNの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



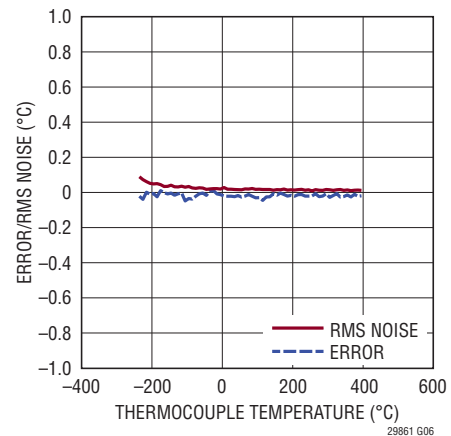
タイプRの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



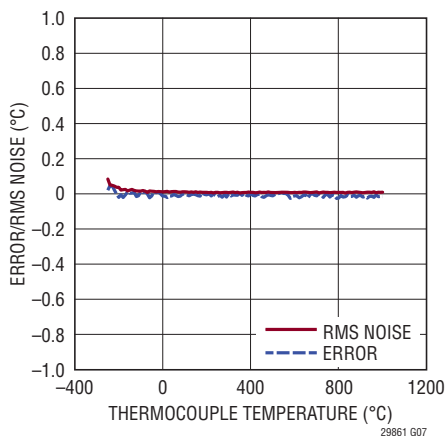
タイプSの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



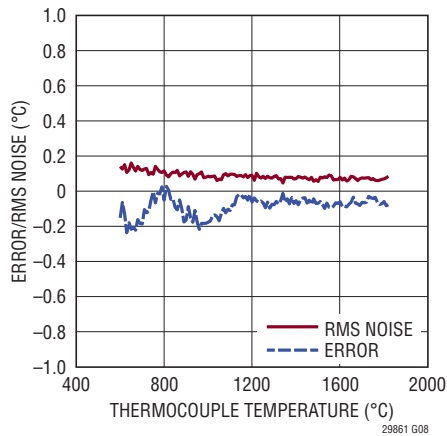
タイプTの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



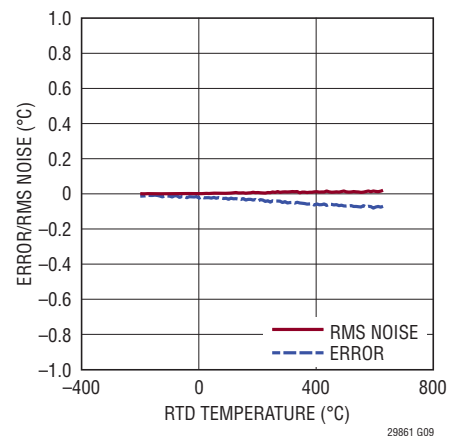
タイプEの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度



タイプBの熱電対の誤差および RMS ノイズと温度

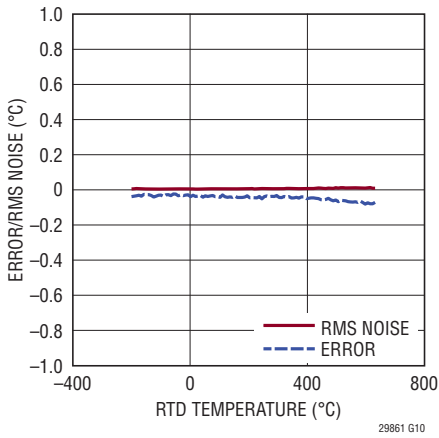


RTD PT-1000の誤差および RMS ノイズと温度

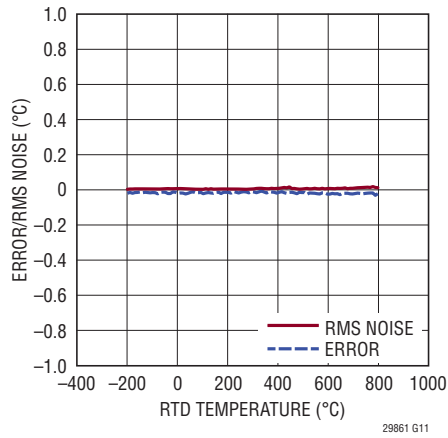


標準的性能特性

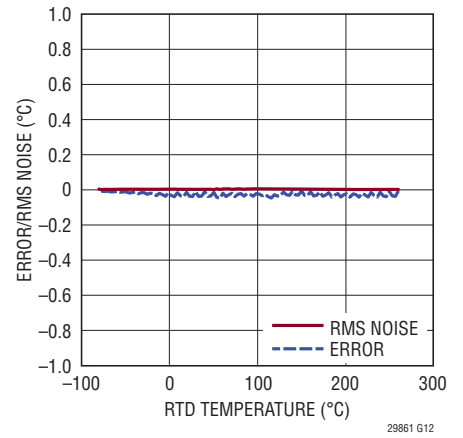
RTD PT-200の誤差および
RMSノイズと温度



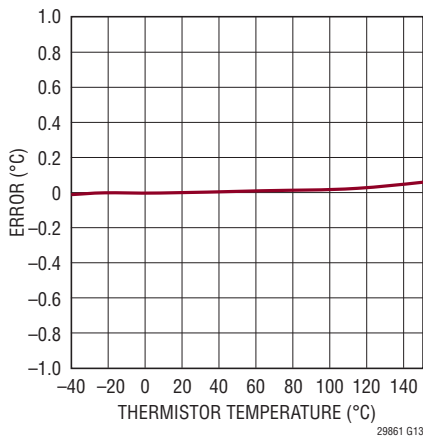
RTD PT-100の誤差および
RMSノイズと温度



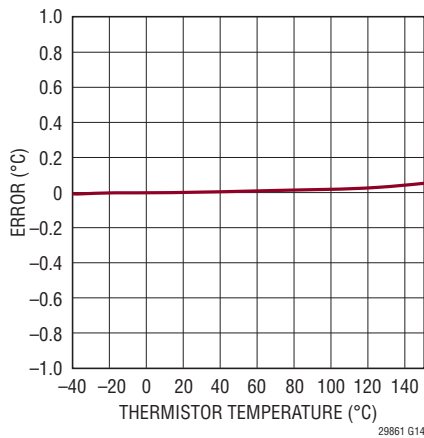
RTD NI-120 RTDの誤差および
RMSノイズと温度



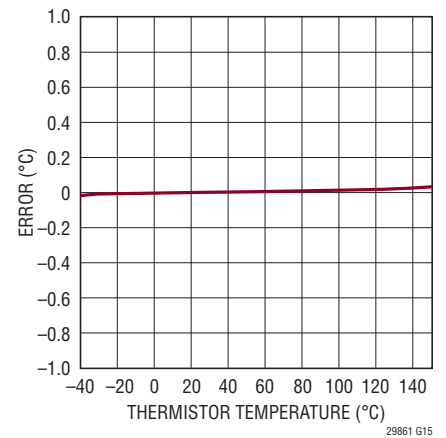
2.252kサーミスタの誤差と温度



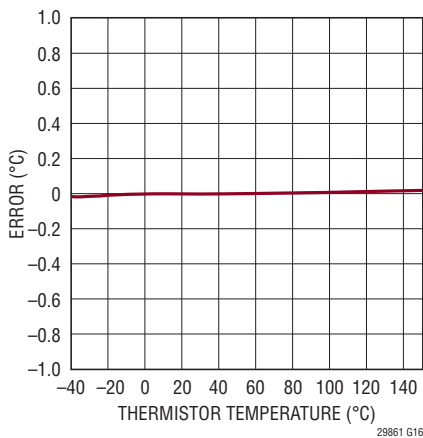
3kサーミスタの誤差と温度



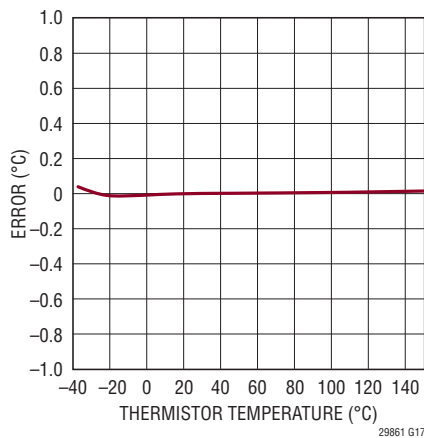
5kサーミスタの誤差と温度



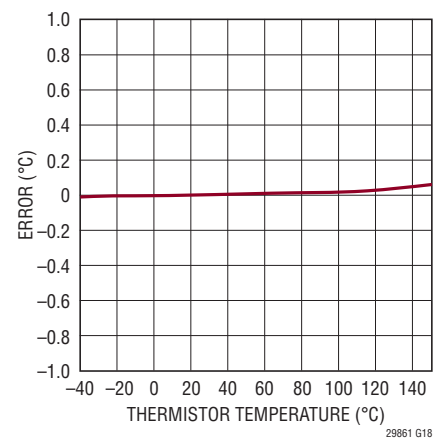
10kサーミスタの誤差と温度



30kサーミスタの誤差と温度

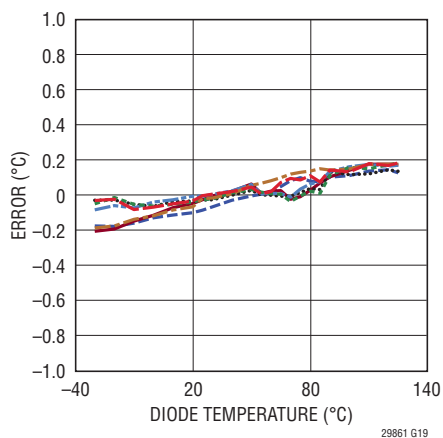


YSI-400サーミスタの誤差と温度

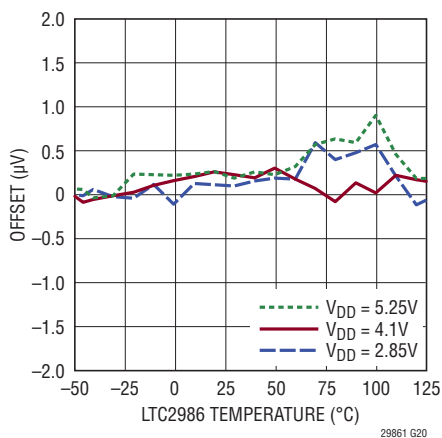


標準的性能特性

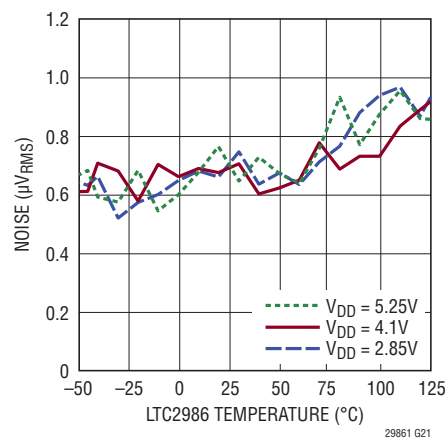
ダイオードの誤差および再現性と温度



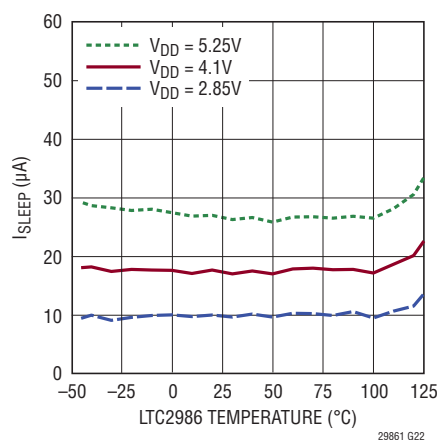
オフセットと温度



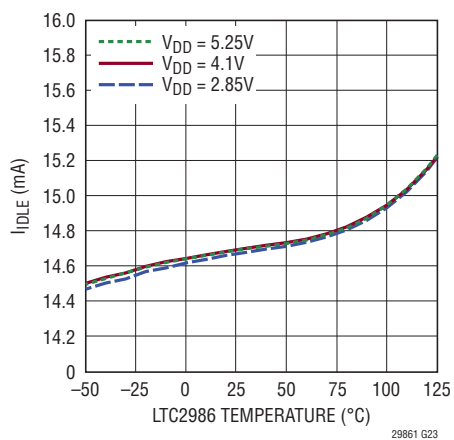
ノイズと温度



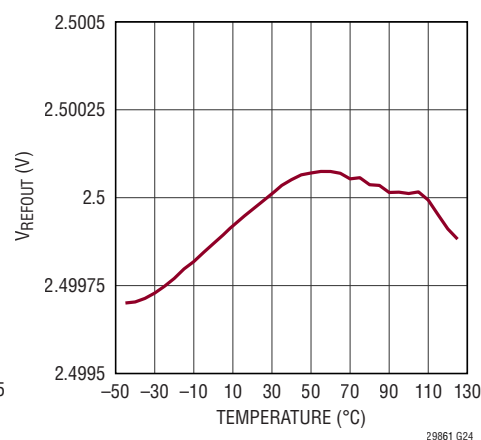
ISLEEPと温度



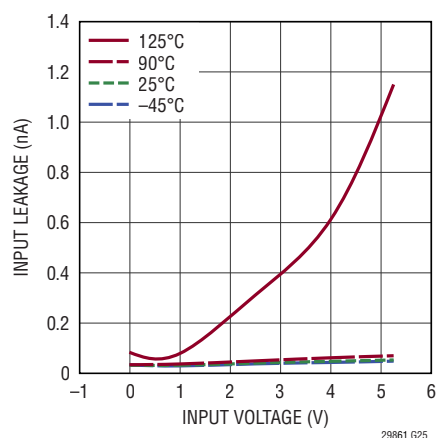
ワンショット変換電流と温度



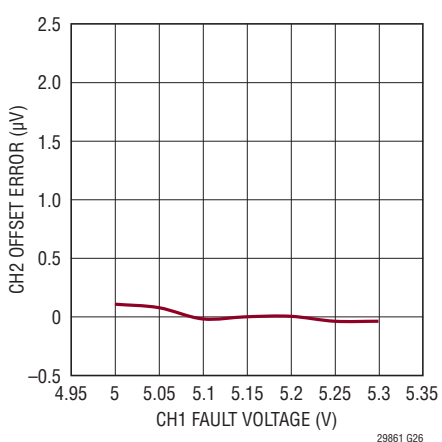
VREFOUTと温度



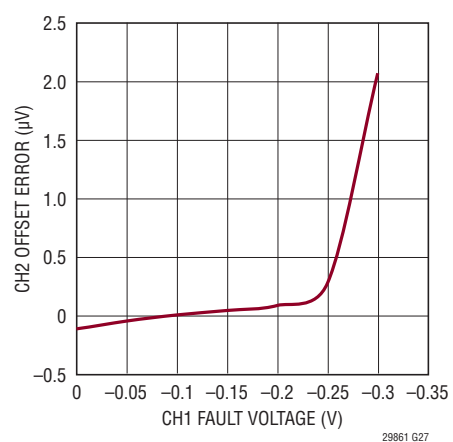
チャンネル入力リーク電流と温度



隣接チャンネル・オフセット誤差と入力フォルト電圧 (VDD = 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, 26 ~ 35, 44) : グランド・ピン。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、18のピン全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つのピン全てを相互接続し、デバイスのできる限り近くでバイパスして、0.1 μ Fおよび10 μ F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。0.1 μ F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1 μ F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 ~ CH10 (ピン 16 ~ ピン 25) : 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。全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。

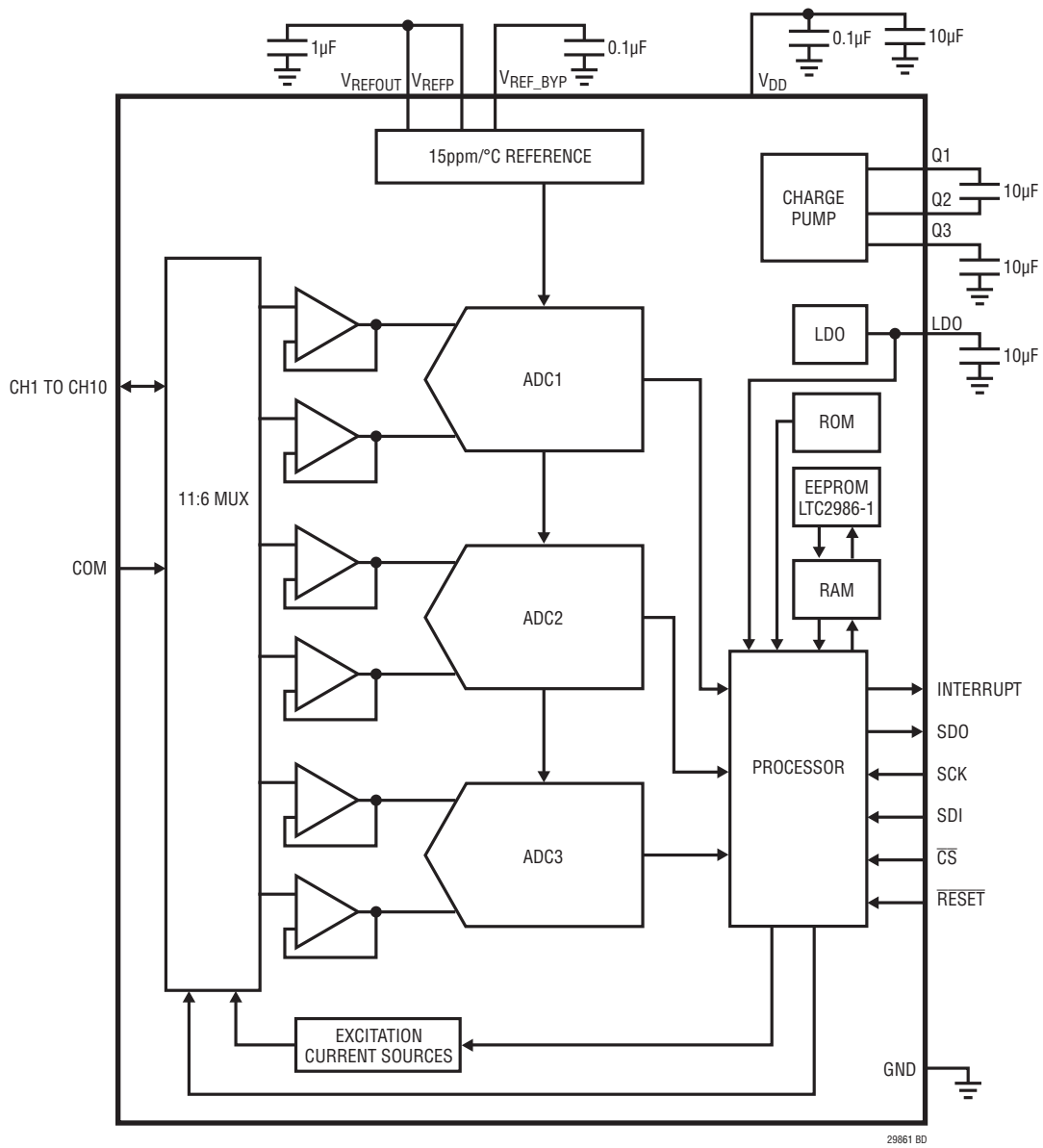
\overline{CS} (ピン 41) : アクティブ“L”のチップ選択。このピンが“L”になると、デジタル入出力がイネーブルされます。このピンが“H”のとき、SDOは高インピーダンス状態になります。 \overline{CS} の立ち下がりエッジがSPIトランザクションの開始となり、立ち上がりエッジが終了となります。

\overline{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。10 μ F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。

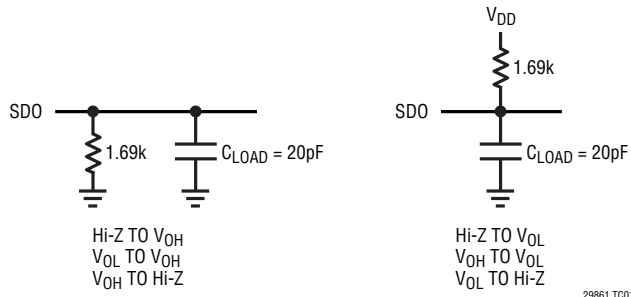
Q3, Q2, Q1 (ピン 46, 47, 48) : -200mVの内蔵チャージポンプ用の外部バイパス・ピン。Q1とQ2の間の各ピンの近くに10 μ FのX7Rコンデンサを接続します。Q3とグランドの間に10 μ FのX7Rコンデンサを接続します。これらは内部電源ピンのため、上記以外の接続を加えないでください。

ブロック図



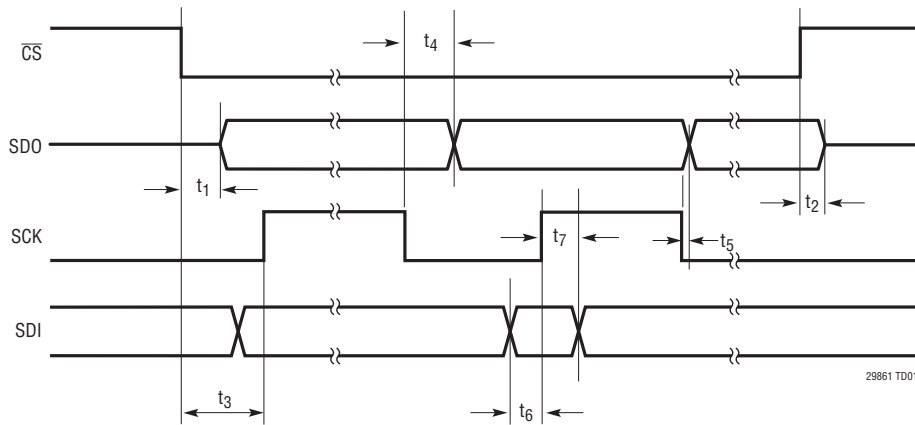
LTC2986/LTC2986-1

テスト回路



タイミング図

SPI タイミング図



概要

LTC2986は、最も一般的なセンサ(熱電対、RTD、サーミスタ、アクティブ・アナログ温度センサ、およびダイオード)の温度を計測します。それぞれの種類のセンサの温度を求めるために必要な全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。LTC2986では、冷接点センサとして、ダイオード、アクティブ・アナログ温度センサ、RTD、および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。LTC2986には、事実上全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。LTC2986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。LTC2986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。LTC2986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。LTC2986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、多数の曲線(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。組み込みの線形化係数に加えて、LTC2986はRTDとサーミスタの両方のカスタム係数を挿入する手段を提供します。

LTC2986は、アクティブ・アナログ出力温度センサを測定する機能を備えています。これらのセンサは、温度の関数として電圧を出力します。電圧と温度の関係を生産者に保存できます。これらのセンサは、単独の温度センサとして、または熱電対測定用の冷接点補償として使用できます。

概要

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。

表1.LTC2986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	誤差寄与分	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	$\pm(\text{温度} \cdot 0.23\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.12\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.08^\circ\text{C}$
タイプJの熱電対	-210°C ~ 0°C 0°C ~ 1200°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.23\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.12\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.07^\circ\text{C}$
タイプEの熱電対	-200°C ~ 0°C 0°C ~ 1000°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.18\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.06^\circ\text{C}$
タイプNの熱電対	-200°C ~ 0°C 0°C ~ 1300°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.27\% + 0.08)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.08)^\circ\text{C}$	$\pm 0.13^\circ\text{C}$
タイプRの熱電対	0°C ~ 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
タイプSの熱電対	0°C ~ 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
タイプBの熱電対	400°C ~ 1820°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.10\%)^\circ\text{C}$	$\pm 0.83^\circ\text{C}$
タイプTの熱電対	-250°C ~ 0°C 0°C ~ 400°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.15\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.09^\circ\text{C}$
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 _{SENSE} = 1kΩ	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-100、R _{SENSE} = 2kΩ	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-500、R _{SENSE} = 2kΩ	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.02^\circ\text{C}$
プラチナRTD - PT-1000、R _{SENSE} = 2kΩ	-200°C ~ 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$
サーミスタ、R _{SENSE} = 10kΩ	-40°C ~ 85°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$

概要

メモリ・マップ

LTC2986のチャンネル割り当て、構成、変換開始、および結果は全て、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0x010～0x037にマッピングされており、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0x200～0x227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

LTC2986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	0x0000	1	表6および12を参照、変換の開始、スリープ・コマンド、EEPROMコマンド
Reserved	0x001	0x000F	15	
温度結果メモリ 10ワード - 40バイト	0x010	0x037	40	表8～10を参照、結果読み取り
予約済み	0x038	0x0AF	120	
EEPROMキー	0x0B0	0x0B3	4	表11を参照(LTC2986-1のみ、それ以外は予約済み)
予約済み	0x0B4	0x0CF	44	
EEPROM読み出し結果コード	0x0D0	0x0D0	1	表11を参照(LTC2986-1のみ、それ以外は予約済み)
予約済み	0x0D1	0x0EF	15	
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84、85を参照、複数の変換を実行
予約済み	0x0F8	0x0F8	1	
EEPROMステータス・レジスタ	0x0F9	0x0F9	1	表13を参照(LTC2986-1のみ、それ以外は予約済み)
予約済み	0x0FA	0x0FE	5	
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	0x227	40	表3、4を参照、チャンネル割り当て
予約済み	0x228	0x24F	40	
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2参照
無効	0bxxxxxx0x	

概要

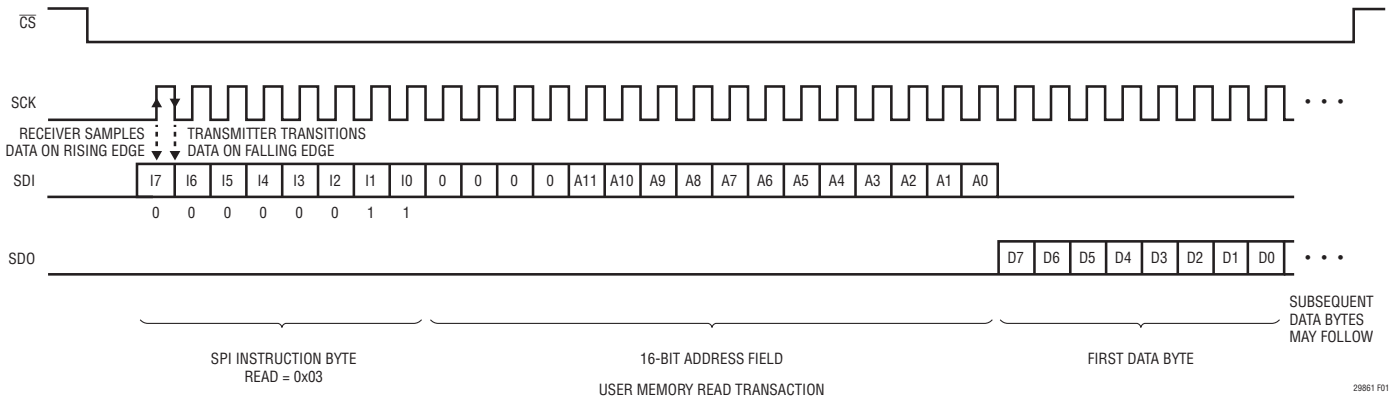


図1. メモリ読み取り動作

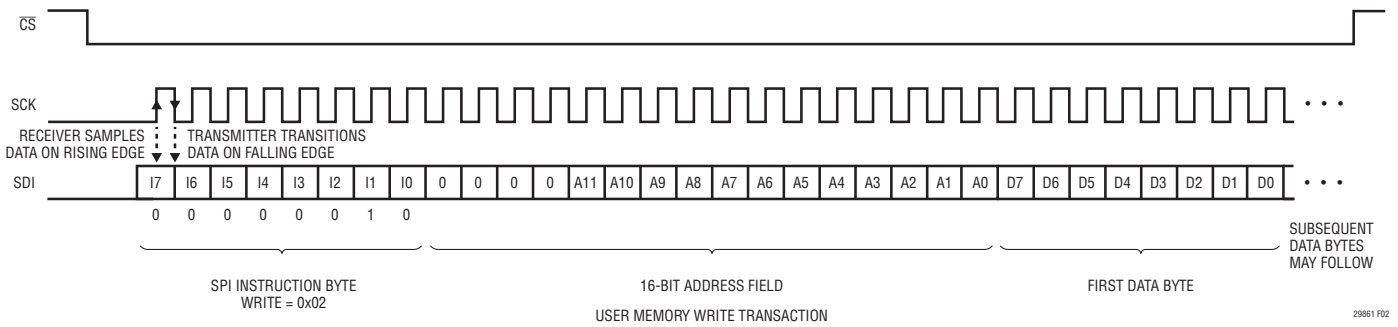


図2. メモリ書き込み動作

アプリケーション情報

LTC2986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)。

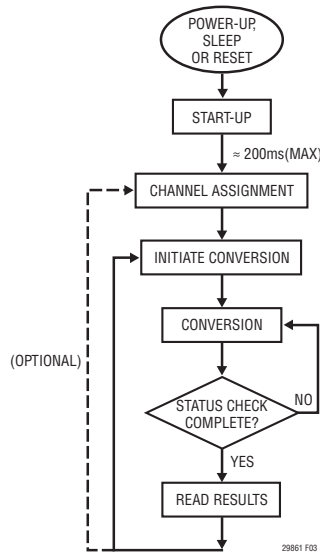


図3. 基本動作

変換ステートの概要

1. 起動: LTC2986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。LTC2986-1の場合、ユーザーはこのデータをEEPROMから読み込むことができます(詳細は、EEPROMのセクションを参照)。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ト、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トです。

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、LTC2986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、LTC2986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、LTC2986は起動ステートに入ります。さらに、通常動作中はいつでも、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全てオンになります。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。LTC2986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。LTC2986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、LTC2986は、初期化が全て完了し、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

LTC2986のRAMは、最大10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、10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

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

アプリケーション情報

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全て含まれています(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。例えば、冷接点または検出抵抗チャンネルへのポインタ、カスタム線形化データのメモリ格納位置へのポインタ、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、アナログ温度センサ、および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。LTC2986のデモ・ソフトウェアは、構成データをチェックするため、およびチャンネル割り当てデータを設定する注釈付きのCコードを生成するためのユーティリティを含んでいます。

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	1	0		
未割り当て(デフォルト)	タイプ=0		チャンネルがディスエーブルされる																															
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 チェック	OC電流 [1:0]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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]			曲線[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 DIFF=0	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 DIFF=0	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	テー ブル・ モード	不使用																カスタム アドレス[5:0]	カスタム データ長-1 [5:0]												
アクティブ・ アナログ 温度センサ	タイプ=31		SGL=1 DIFF=0	不使用																カスタム アドレス[5:0]	カスタム データ長-1 [5:0]													

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	アナログ温度センサ

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。

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	EEPROM コマンドおよびチャンネル選択 1~10				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	1	0	1	1	1	スリープ
その他全ての組み合わせ								予約済み

アプリケーション情報

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)。これらのビットは、EEPROMの読み出し操作および書き込み操作にも使用されます(LTC2986-1、表12を参照)。

ビットB5は0にセットします。

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)。LTC2986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および251msの変換レートに対応します(55Hzのフィルタ周波数設定を仮定)。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にあるコマンド・ステータス・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、全ての温度センサについて、°C単位(範囲: -273.15°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・ビットおよび有効なビットが含まれます。これらのセンサ・フォルト・ビットは、対応する変換結果に問題があるとき、1にセットされます(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。

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

LTC2986/LTC2986-1

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 ↓							
8191.999°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	
1°C								1	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	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	
-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°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	
-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	

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 ↓							
8191.999°F								1	0	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		
1°F								1	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	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		
-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°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	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	1	0	1	0	1	0	0	1		

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 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ を超えている	読み取り値を疑うこと
D24	有効	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

29861f

アプリケーション情報

EEPROMの概要 (LTC2986-1)

LTC2986-1は、ユーザーRAMの上位センサ構成セグメント(0x200~0x3CFの位置、図4を参照)をシャドーイングする512バイトのEEPROMを内蔵しています。最初に使用する前に、ユーザーは全てのチャンネル割り当ておよびカスタム・センサ・データを使用してユーザーRAMを設定します。ユーザーRAMが設定されると、ユーザーはメモリのこのセグメントをEEPROMに保存できます。その後のパワーダウンまたはスリープ・サイクルの後に、ユーザーは、通常必要なチャンネル割り当ておよびカスタム・センサ設定を回避して、この保存されたEEPROMデータを使用してユーザーRAMを再び読み込むことができます。

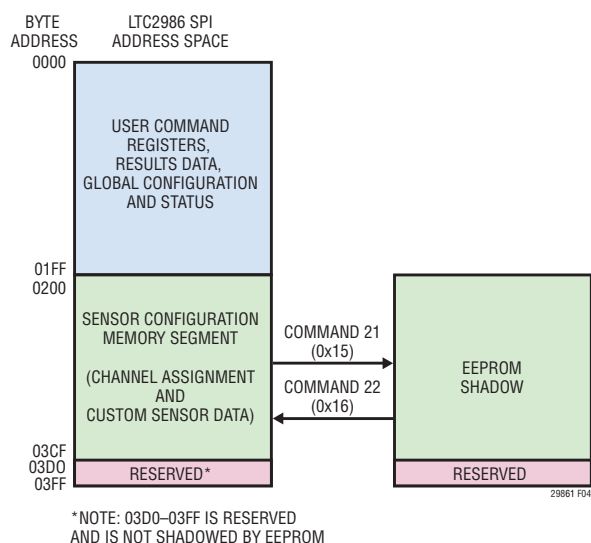


図4. シャドーEEPROMメモリマップ

EEPROMの読み出し/書き込みの検証

EEPROMへのアクセスは、不注意なアクセスを防ぐために、キーで保護されています。EEPROMは、2レベルのデータ完全正保護も備えています。第1レベルは、EEPROM内のデータの各32ビット・ワード上の誤り訂正符号(ECC)を使用して実装されます。ECCは、ワードごとに任意の1ビット・エラーを訂正すること、およびワードごとに2ビット・エラーを検出することができます。ユーザーEEPROMの内容全体をカバーする、32ビット・チェックサムを使用した第2レベルの保護が実装されています。ユーザーは、ステータス・ビットを使用して、ECCの状態およびチェックサム・エラー条件を通知することができます。

EEPROM書き込み動作

EEPROM書き込み動作は、5つのステートを必要とします(図5を参照)。

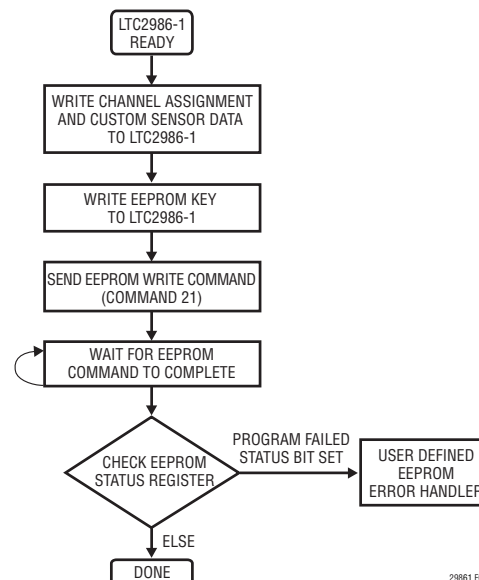


図5. EEPROM書き込み動作

- センサ構成。**目的のチャンネル割り当ておよびカスタム・センサ・データを全てLTC2986-1のユーザーRAMに書き込みます。
- EEPROMキーを設定します。**EEPROMキー(0xA53C0F5A)をLTC2986-1のユーザーRAMのキー・レジスタ空間(アドレス範囲0x0B0~0x0B3、表11を参照)に書き込みます。キーがMSBを先頭にして書き込まれることに注意してください。
- EEPROM書き込みコマンドを送信します。**EEPROM書き込みコマンド(0x15)およびスタート・ビット(0x80)をLTC2986-1のコマンド・レジスタ(アドレス0x000)に書き込みます。このコマンドとスタート・ビットを足して、 $0x80 + 0x15 = 0x95$ になります(表12を参照)。
- EEPROMコマンドが完了するのを待機します。**書き込み動作の完了は、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。
- EEPROMステータス・レジスタを確認します。**EEPROMステータス・レジスタ(アドレス0x0F9)を読み出し、プログラム失敗ステータス・ビット(ビット2)をチェックして、EEPROM書き込み動作が成功したかどうかを判定します(表13を参照)。プログラム失敗ステータス・ビットが設定されているということは、書き込み動作が失敗したことを示しています。

ステップ1~5が正常に完了すると、EEPROMには、ユーザーRAMの位置0x200~0x3CFに存在していたイメージが含まれるようになります。

アプリケーション情報

EEPROM 読み出し動作 (LTC2986-1)

LTC2986-1 の EEPROM 読み出し動作は、4つのステートから成ります (図6を参照)。

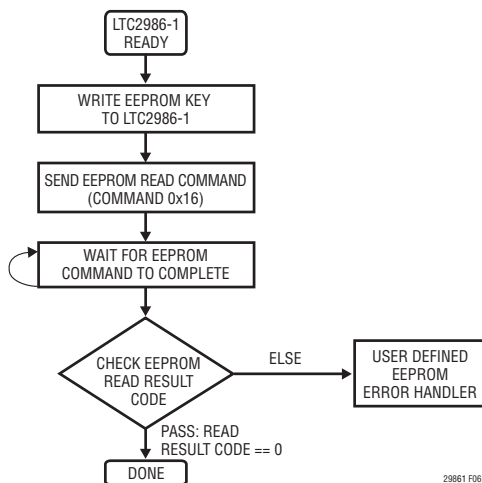


図6. 読み出し動作

1. **EEPROMキーを設定します。**EEPROMキー (0xA53C0F5A) をLTC2986-1のユーザーRAMのキー・レジスタ空間(アドレス範囲0x0B0~0x0B3、表11を参照)に書き込みます。キーがMSBを先頭にして書き込まれることに注意してください。
2. **EEPROM読み出しコマンドを送信します。**EEPROM読み出しコマンド(0x16)およびスタート・ビット(0x80)をLTC2986-1のコマンド・レジスタ(アドレス0x000)に書き込みます。このコマンドとスタート・ビットを足すと、0x80 + 0x16 = 0x96になります(表12を参照)。
3. **EEPROMコマンドが完了するのを待機します。**読み出し動作の完了は、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。
4. **EEPROM読み出し結果コードをチェックします。**EEPROM読み出し結果コード・レジスタ・アドレス(0x0D0)を読み出して、読み出し動作の成功/失敗状態を決定します。ゼロの値はコマンドが正常に完了したことを示し、ゼロ以外の値はエラーが発生したことを示します。EEPROMステータス・レジスタ内のその他の読み出し動作ステータス・ビットも使用できます(表13および14を参照)。

ステップ1~4が正常に完了すると、ユーザーRAMの位置0x200~0x3CFには、LTC2986-1のシャドーEEPROMに格納されていたデータが含まれています。

表11.LTC2986-1のEEPROM関連レジスタ

アドレス	レジスタ名	説明
0x0B0	EEPROM Key [3] (MSB)	EEPROMのキー・バイト3 - 0xA5に設定
0x0B1	EEPROM Key [2]	EEPROMのキー・バイト2 - 0x3Cに設定
0x0B2	EEPROM Key [1]	EEPROMのキー・バイト1 - 0x0Fに設定
0x0B3	EEPROM Key [0] (LSB)	EEPROMのキー・バイト0 - 0x5Aに設定
0x0D0	EEPROM読み出し結果コード	このレジスタは、最新のEEPROM読み出し動作の成功/失敗状態を示します。 0x00 = 成功 0xFF = 失敗
0x0F9	EEPROMステータス・レジスタ	LTC2986-1のEEPROMステータス・レジスタについては、表12および13を参照

表12.LTC2986-1のEEPROM関連コマンドおよび状態

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	説明
1	0	0	1	0	1	0	1	EEPROM書き込みコマンド - ユーザー・メモリの位置0x200~0x3CFの内容を内蔵シャドーEEPROMに転送します
1	0	0	1	0	1	1	0	EEPROM読み出しコマンド - 内蔵シャドーEEPROMの内容をユーザー・メモリの位置0x200~0x3CFに転送します

表13.EEPROMステータス・ビット

EEPROMステータス・ビット	説明
ECC Used	誤り訂正符号が使用された - このビットは、EEPROM読み出し処理中に1つ以上の位置のデータを訂正するためにECCが使用されたことを示します (Note 20)
ECC Failure	誤り訂正符号の失敗 - このビットは、ECCが、EEPROM読み出し処理中に1つ以上の位置のデータを訂正できなかったことを示しますこのビットが設定された場合、1つ以上の位置に無効なデータがあります (Note 20)
Program Failure	プログラム失敗 - このビットは、EEPROM設定処理中に1つ以上の位置でデータ書き込みエラーが発生したことを示します (Note 20)
Checksum Error	チェックサム・エラー - このビットは、EEPROM読み出し処理中にチェックサム・エラーが発生したことを示します (Note 20)

Note 20 : EEPROMステータス・レジスタ内のビットが設定されると、それらは、ユーザーによってクリアされるまで設定されたままになる。EEPROMステータス・レジスタ・ビットは、0x00をアドレス0x0F9に書き込むことによってクリアされる。これらのビットは、リセット時およびスリープ・モードを終了した後にクリアされる。

表14.LTC2986-1のEEPROMステータス・レジスタ (アドレス0x0F9)

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	Checksum Error	Program Failure	ECC Failure	ECC Used

アプリケーション情報

熱電対の測定

チャンネル割り当て - 熱電対

LTC2986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15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16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、アクティブ・アナログ温度センサ、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(1～10)をLTC2986に知らせます(表17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。

(3) センサ構成

センサ構成フィールド(表18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7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7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。

表15. 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、16					表17					表18					表86～88																
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	OC	OC電流	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]							

アプリケーション情報

表 16. 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 17. 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
その他全ての組み合わせ					無効

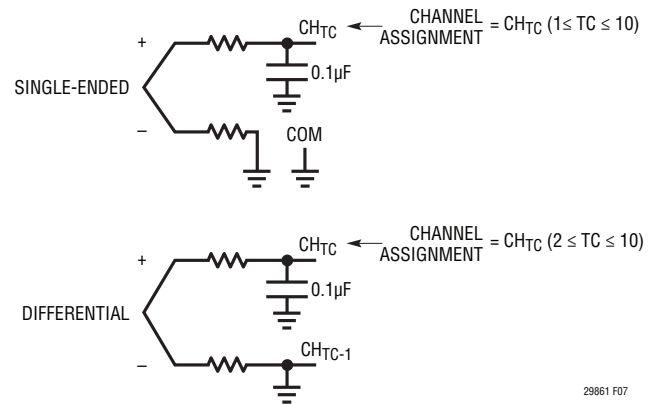


図 7. 熱電対のチャンネル割り当て規則

表 18. 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

(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。

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19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20参照)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19. 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

表20. 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

アプリケーション情報

ダイオードの測定

チャンネル割り当て - ダイオード

LTC2986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21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22を参照)。

(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、LTC2986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。

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23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21. 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值																						
	表22								表23		表24																						
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	2回/3回	平均	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																						
						DIFF=0	読み取り	化																									

表22. 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

表23. ダイオードの励起電流の選択

(3) 励起電流				
B23	B22	1I	4I	8I
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24を参照)。

ダイオード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。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25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。これらは全てハード・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

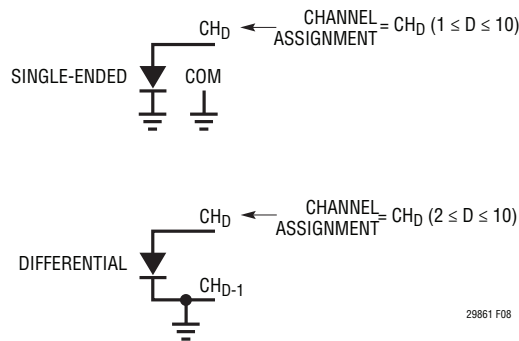


図8. ダイオードのチャンネル割り当て規則

表24. 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
h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

表25. 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

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、発生した全てのハード・エラーおよびソフト・エラーは、対応する熱電対の結果(表19のビットD28とD29)にフラグが立てられます。

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9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26～28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26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27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28を参照)。CH1上で10000001をメモリの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。LTC2986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($^{\circ}\text{C}$)は、メモリの0x010～0x013(CH1)および0x01C～0x01F(CH4)から読み取りできます。

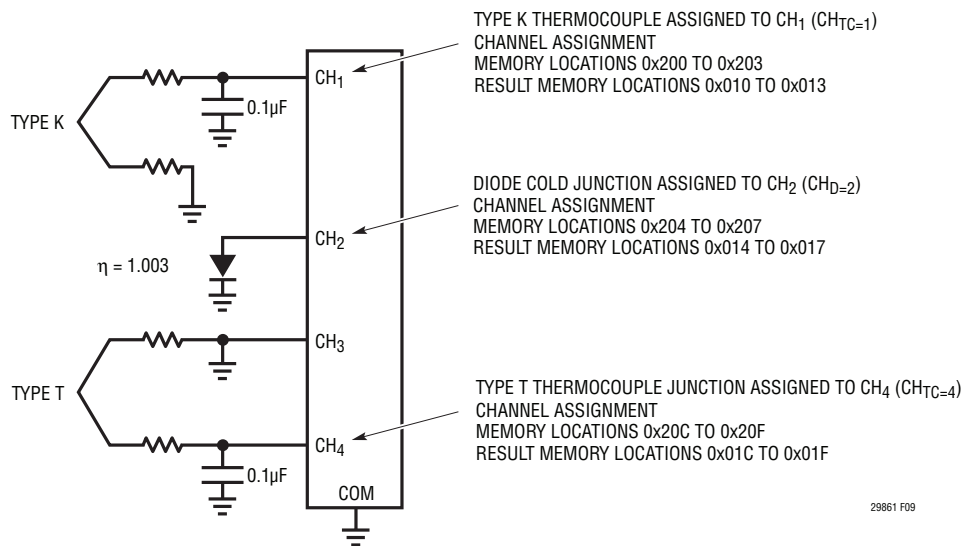


図9. ダイオード冷接点を使用するデュアル熱電対の例

アプリケーション情報

表 26. 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 27. 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 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1	

表 28. 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

チャンネル割り当て - RTD

LTC2986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29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の曲線、(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30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、一般的な曲線($\alpha = 0.003850$ 、 $\alpha = 0.003911$ 、 $\alpha = 0.003916$ 、 $\alpha = 0.003926$)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。

(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す(表31を参照)。検出抵抗は、常に差動的に測定されます。

(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32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} チャンネルに向けられます。

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全ての4線式構成で使用できます。

表29. 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の曲線		(6) カスタムのRTD用データ・ポインタ													
	表30					表31					表32				表33		表34		表92～94													
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]		曲線 [1:0]		カスタム・アドレス [5:0]					カスタム・データ長-1 [5:0]						

アプリケーション情報

表 30. 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

表 31. 検出抵抗チャネル・ポイント

(2) 検出抵抗チャネル・ポイント					検出抵抗チャネル
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
その他全ての組み合わせ					無効

アプリケーション情報

表 32.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	2				
0	0	0	1	2線式	内部	なし	あり	4				
0	1	0	0	3線式	外部	なし	なし	2	•			
0	1	0	1	3線式	内部	なし	あり	4	•			
0	1	1	X	予約済み								
1	0	0	0	4線式	外部	なし	なし	2	•	•		
1	0	0	1	4線式	内部	なし	あり	2	•	•		
1	0	1	0	4線式	内部	あり	あり	2	•	•	•	
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	2	•	•		•
1	1	0	1	4線式、ケルビン R _{SENSE}	内部	なし	あり	2	•	•		•
1	1	1	0	4線式、ケルビン R _{SENSE}	内部	あり	あり	2	•	•	•	•
1	1	1	1	予約済み								

アプリケーション情報

(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33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。

表33.RTDの線式全ての合計励起電流

(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

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。例えば、 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。

(5) RTDの曲線

ビットB13およびB12は、使用するRTD曲線と対応するCallendar-Van Dusen定数(表34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34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LTC2986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34.RTD曲線: $RT = R_0 \cdot (1 + a \cdot T + b \cdot T^2 + (T - 100^\circ\text{C}) \cdot c \cdot T^3)$ 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) 曲線		曲線	アルファ	a	b	c
B13	B12					
0	0	欧州の曲線	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35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°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°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36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せんが、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、発生した全てのハード・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。

検出抵抗 チャンネル割り当て

LTC2986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37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。

表35. 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°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	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36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36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±1.125・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36. 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(°C)	温度上限(°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

表37. 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)																										
	表38					表39																										
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																										

アプリケーション情報

(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38を参照)。

表38. 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39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10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。ただし、このトポロジーによって、寄生リード抵抗に起因する誤差が発生します。共有が選択されない場合(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。

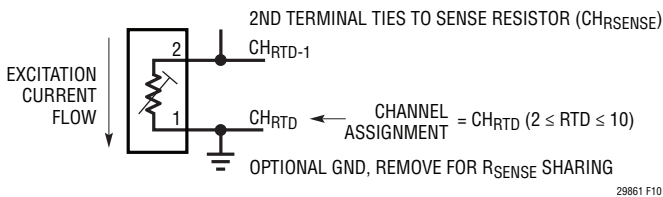


図10. 2線式RTDのチャンネル割り当て規則

表39. 検出抵抗値の例

R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			
	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				
1.0023kΩ	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				

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37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。

例: R_{SENSE}を共有する複数の2線式RTD

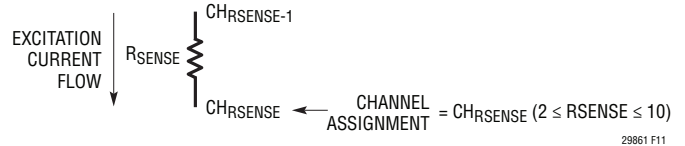


図11. 2線式RTDの検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図12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CH7とCH8に接続され、NI-120 RTDがCH9とCH10に接続されています。この構成を使用すると、LTC2986は、最大4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、CH8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0x21C～0x21Fに直接マッピングされます(表40を参照)。RTD #2 センサの種類および構成データは、CH10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0x224～0x227に直接マッピングされます(表41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0x214～0x217に直接マッピングされます(表42を参照)。

CH8上で10001000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01001000になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x02C～0x02F(CH8に対応)から読み取りできます。変換は、CH10からも同様に開始し、読み取りできます。

アプリケーション情報

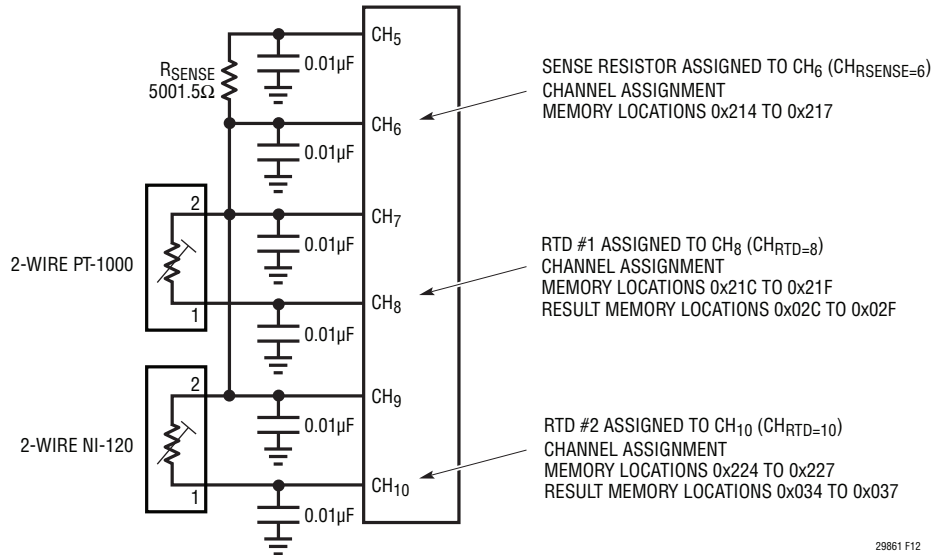


図 12. 共有 2 線式 RTD の例

表 40. 2 線式 RTD #1 (PT-1000、CH₆ に R_{SENSE}、2 線式、R_{SENSE} の共有あり、10μA 励起電流、α = 0.003916 曲線) 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 0x21C	メモリ アドレス 0x21D	メモリ アドレス 0x21E	メモリ アドレス 0x21F
(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 ₆	5	00110		0 0 1 1 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) 曲線	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 41.2 線式 RTD #2 (NI-120、CH₆ に R_{SENSE}、2 線式、R_{SENSE} の共有あり、100 μ A 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 0x224	メモリ アドレス 0x225	メモリ アドレス 0x226	メモリ アドレス 0x227
(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 ₆	5	00110		0 0 1 1 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	100 μ A	4	0101			0 1 0 1	
(5) 曲線	欧州 $\alpha = 0.00385$	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 = 5001.5 Ω) 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	5001.5 Ω	27	00001001110001001100000000		0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0		

アプリケーション情報

例:3線式RTD

3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。

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_{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37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15は、3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、3線式RTDの各端子はCH9、CH8、およびCH7に接続されています。検出抵抗はCH7およびCH6に接続されます。検出抵抗とRTDは、CH7で相互に接続されています。

3線式RTDでは、励起電流をRTDの各入力に加えることで、寄生リード線抵抗による誤差が低減されます。この1次除去により、マッチング・リード線抵抗誤差が除去されます。この除去では、熱電対効果による誤差や、ミスマッチ・リード線抵抗による誤差は除去されません。RTDセンサの種類および構成データは、CH9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0x220~0x223に直接マッピングされます(表43を参照)。検出抵抗はCH7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12150.39Ωです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリの0x218~0x21Bに直接マッピングされます(表44を参照)。

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。

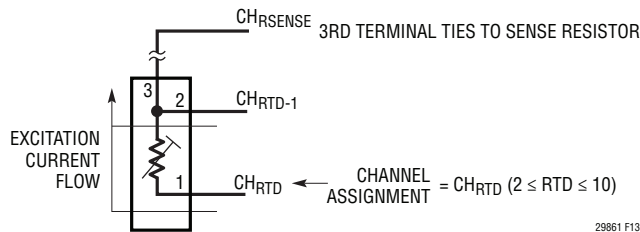


図13. 3線式RTDのチャンネル割り当て規則

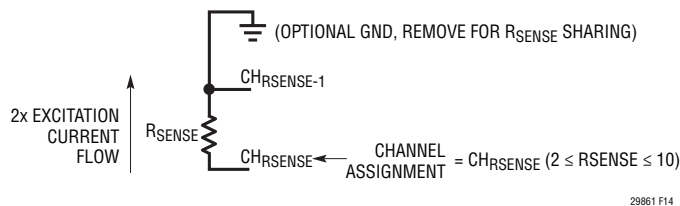


図14. 3線式RTD用3線式検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

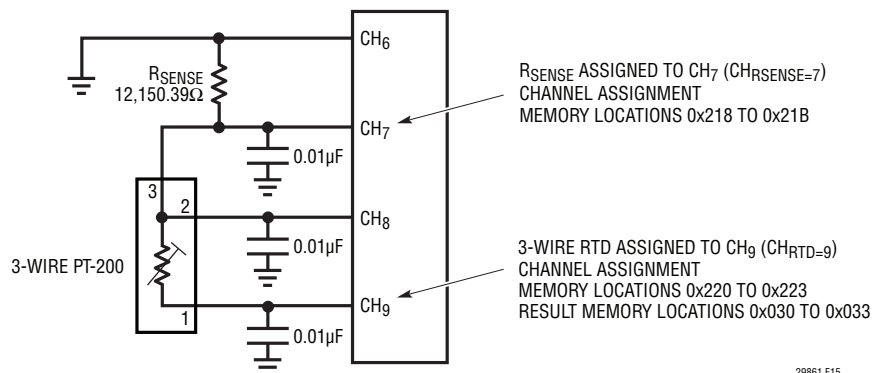


図 15. 3線式 RTD の例

表 43. 3線式 RTD (PT-200、CH₇に R_{SENSE}、3線式、50μA 励起電流、α = 0.003911 曲線) 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 0x220	メモリ アドレス 0x221	メモリ アドレス 0x222	メモリ アドレス 0x223
(1) RTD のタイプ	PT-200	5	01101	0 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗チャンネル・ポイント	CH ₇	5	00111		0 0 1 1 1		
(3) センサ構成	3線式	4	0100			0 1 0 0	
(4) 励起電流	50μA	4	0100				0 1 0 0
(5) 曲線	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 = 12150.39Ω) 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 0x218	メモリ アドレス 0x219	メモリ アドレス 0x21A	メモリ アドレス 0x21B
(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	12150.39Ω	27	000101111011101100110001111		0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0		

アプリケーション情報

例:標準的な4線式RTD (ローテーションなし、RSENSE共有なし)

標準的な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29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。

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(表37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18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、CH4、CH3、およびCH2に接続されています。検出抵抗はCH2およびCH1に接続されます。検出抵抗とRTDは、CH2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、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45を参照)。検出抵抗はCH2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0x204~0x207に直接マッピングされます(表46を参照)。

CH4上で10000100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01000100になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x01C~0x01F(CH4に対応)から読み取りできます。

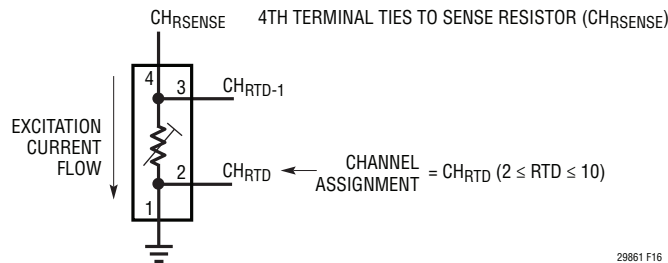


図16. 4線式RTDのチャンネル割り当て規則

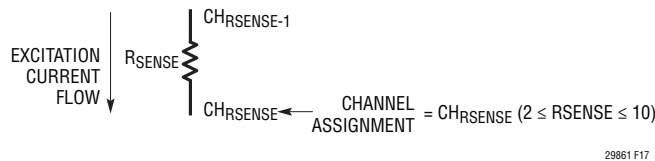


図17. 4線式RTDの検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

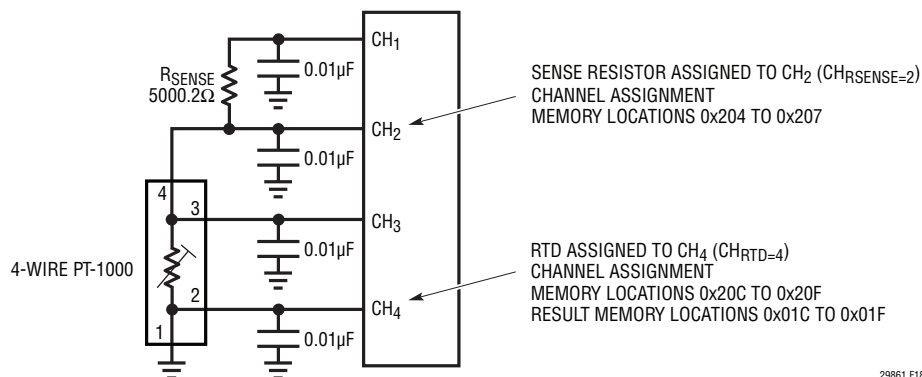


図 18. 標準的な 4 線式 RTD の例

表 45. 4 線式 RTD (PT-1000、CH₂ に R_{SENSE}、標準の 4 線式、25μA 励起電流、α = 0.00385 曲線) 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) RTD のタイプ	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) 検出抵抗チャネル・ポイント	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(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) 曲線	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 46. 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 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	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 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 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、LTC2986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19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29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。

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図20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21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CH10、CH9、CH8、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、CH9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0x220~0x223に直接マッピングされます(表47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48を参照)。

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。

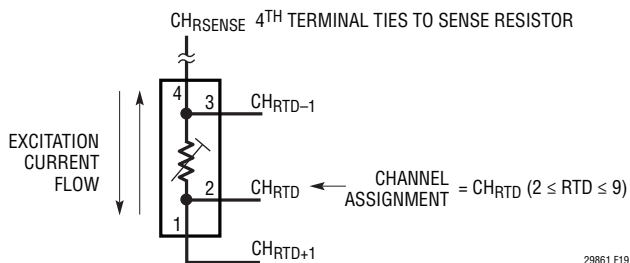


図19. 4線式RTDのチャンネル割り当て規則

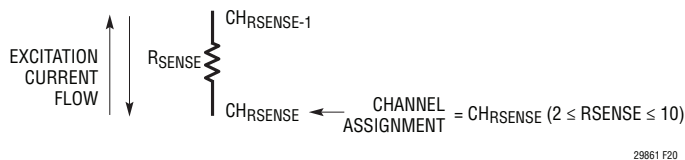


図20. ローテーション構成の4線式RTD用の検出抵抗のチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

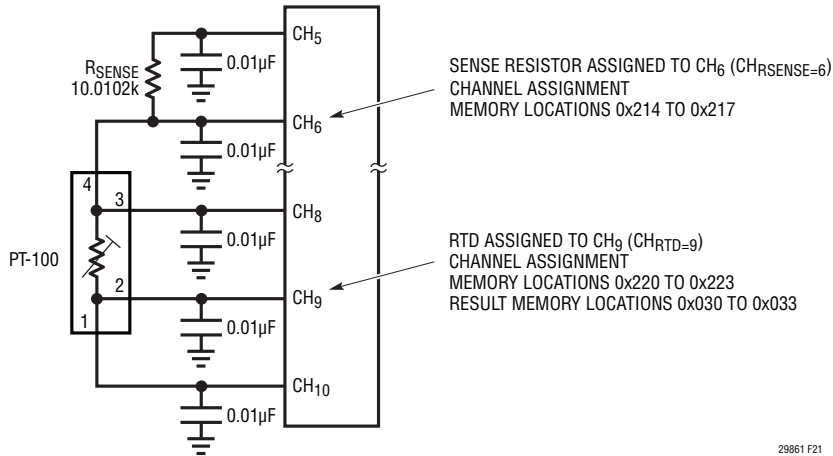


図 21. ローテーション構成の4線式 RTD の例

表 47. ローテーション構成4線式 RTD (PT-100、CH₆に R_{SENSE}、ローテーションありの4線式、100μA 励起電流、α = 0.003911 曲線) 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 0x220	メモリ アドレス 0x221	メモリ アドレス 0x222	メモリ アドレス 0x223
(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) 曲線	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 48. 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 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22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。LTC2986は、最大2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CH5、CH4、CH3、CH2に接続されており、2つ目のRTDの各端子がCH8、CH7、CH6、CH2に接続されています。検出抵抗はCH1およびCH2に接続されます。検出抵抗と両RTDは、CH2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49~51に示します。

CH4上で10000100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01000100になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x01C~0x01F(CH4に対応)から読み取りできます。変換は、CH7からも同様に開始し、読み取りできます。

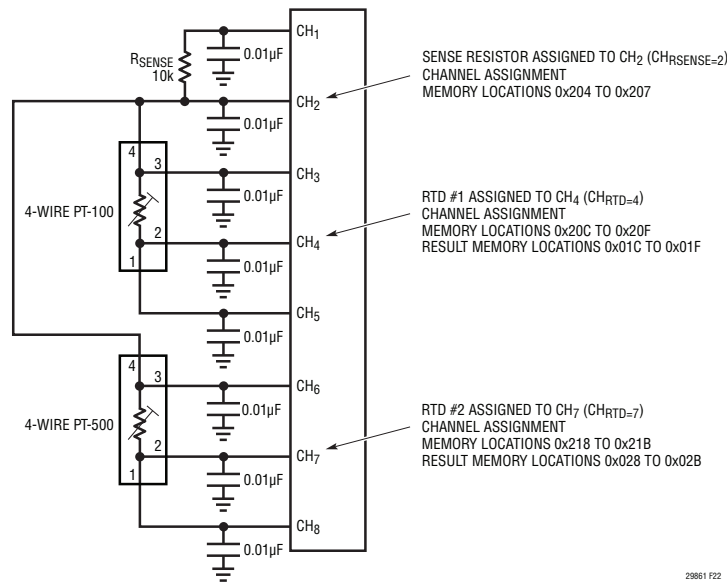


図22. R_{SENSE}を共有する4線式RTDの例

表49. 4線式RTD #1 (PT-100、CH₂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曲線)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) 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 ₂	5	00010		0 0 0 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) 曲線	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

表 50.4 線式 RTD #2 (PT-500、CH₂ に R_{SENSE}、4 線式、ローテーションありの 50μA 励起電流、 $\alpha = 0.003911$ 曲線) 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 0x218	メモリ アドレス 0x219	メモリ アドレス 0x21A	メモリ アドレス 0x21B
(1) RTD のタイプ	PT-500	5	01110	0 1 1 1 0			
(2) 検出抵抗チャンネル・ポイント	CH ₂	5	00010	0 0 0 1 0			
(3) センサ構成	4 線式、共有あり、ローテーションなし	4	1001		1 0 0 1		
(4) 励起電流	50μA	4	0100		0 1 0 0		
(5) 曲線	米国、 $\alpha = 0.003911$	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 51. 検出抵抗 (値 = 10.000kΩ) 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 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	検出抵抗	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) 検出抵抗の値	10.000kΩ	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 0 0 0 0 0			

アプリケーション情報

例:ケルビン R_{SENSE} を使用する 4 線式 RTD

4 線式(ケルビン接続)検出抵抗を備えた 4 線式 RTD を構成することで、検出抵抗内の寄生リード線抵抗を除去できます。これは、値の小さい R_{SENSE} とともに PT-10 または PT-50 を使用するときや、検出抵抗が離れた場所にあるとき、または、極めて高い精度が要求されるアプリケーションにおいて役立ちます。

4 線式 RTD のチャンネル割り当ては、標準的な 4 線式 RTD について先に定義した一般的な規則(図 19)に従います。検出抵抗は、図 23 に示す一般的な規則に従います。

図 24 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 CH10、CH9、CH8、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 CH10 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。このトポロジーは、ローテーション構成、共有構成、および標準構成の 4 線式 RTD トポロジー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 CH10 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 52 と表 53 に示します。

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(表 6 を参照)。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。

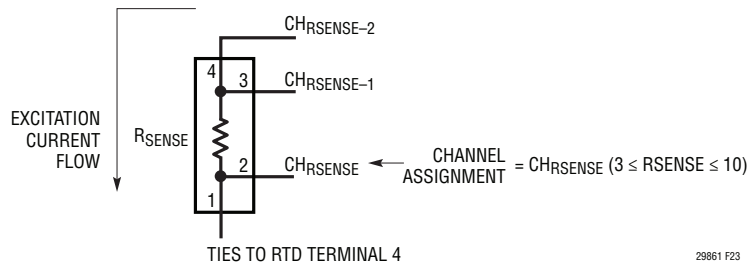


図 23. ケルビン接続を持つ検出抵抗のチャンネル割り当て規則

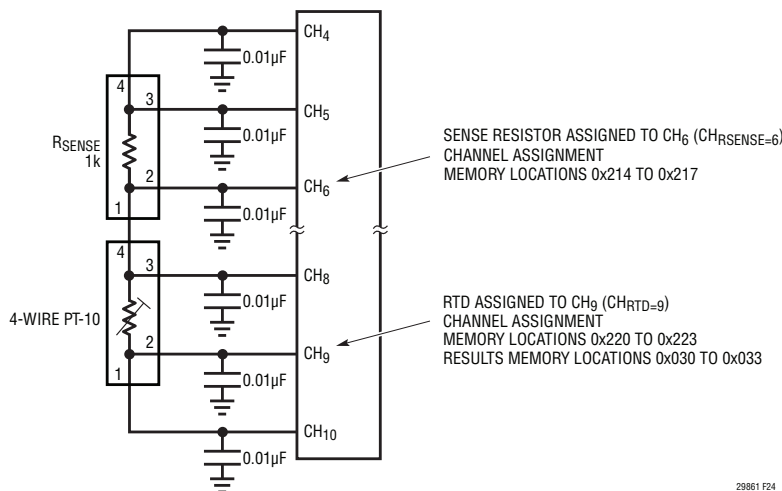


図 24. ケルビン接続を持つ検出抵抗の例

アプリケーション情報

表 52. 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、 $\alpha = 0.003916$ 曲線) 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 0x220	メモリ アドレス 0x221	メモリ アドレス 0x222	メモリ アドレス 0x223
(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	CH ₆	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) 曲線	日本、 $\alpha = 0.003916$	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 53. 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	0000000111110100000000000000		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 0		

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

LTC2986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54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55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。

(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31を参照)。

表54. 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55					表31					表56			表57				表96、97、98、100、101																
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 -1 [5:0]				

表55. 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

29861f

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、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56を参照)。

表56. 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	

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の物理的接続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。

(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57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。LTC2986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、LTC2986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83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。

(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。

表57. 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

*自動範囲はカスタム・センサでは許可されない。

アプリケーション情報

フォルトのレポート - サーマスタ

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58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59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、発生した全てのハード・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58. サーマ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

* カスタムSteinhart-Hartセンサ・タイプには適用されない。カスタム・テーブル・サーミスタの上限超過/下限超過は、抵抗テーブル値によって決定される。詳細については、カスタム・サーミスタ・テーブルの例を参照。

表59. サーマスタの温度/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($^{\circ}\text{C}$)	温度上限($^{\circ}\text{C}$)
サーミスタ 44004/44033 2.252k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	41.9	75.79k	-40	150
サーミスタ 44005/44030 3k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	55.6	101.0k	-40	150
サーミスタ 44007/44034 5k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	92.7	168.3k	-40	150
サーミスタ 44006/44031 10k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	237.0	239.8k	-40	150
サーミスタ 44008/44032 30k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	550.2	884.6k	-40	150
サーミスタ YSI 400 2.252k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 時)	6.4	1.66M	-80	250
Spectrum 1003K 1k Ω (25 $^{\circ}\text{C}$ 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		

アプリケーション情報

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、全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25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54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。

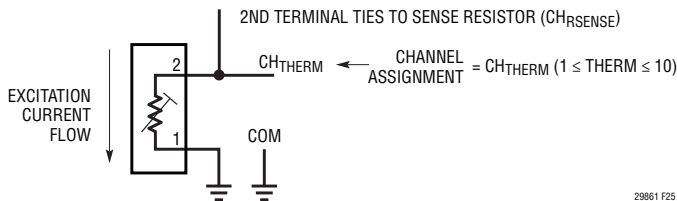


図25. シングルエンド・サーミスタのチャンネル割り当て規則

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37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。

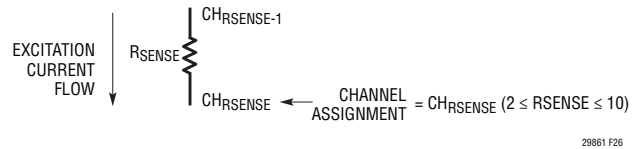


図26. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図27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 $10k\Omega$ (44031タイプ)サーミスタが $10.1k\Omega$ 検出抵抗に接続されています。サーミスタはチャンネル CH_5 (メモリ位置: $0x210 \sim 0x213$)に割り当てられており、検出抵抗は CH_4 (メモリ位置: $0x20C \sim 0x20F$)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60と表61に示します。

CH_5 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($^{\circ}C$ 単位)は、メモリの $0x020 \sim 0x023$ (CH_5 に対応)から読み取りできます。

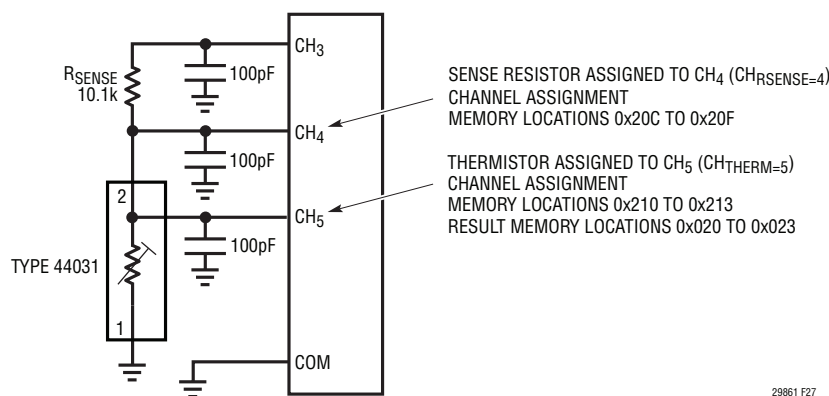


図27. シングルエンド・サーミスタの例

LTC2986/LTC2986-1

アプリケーション情報

表 60. 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 R_{SENSE}、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・ポインタ	CH ₄	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・ポインタ	非カスタム	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 61. 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ウ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、グラウ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54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。

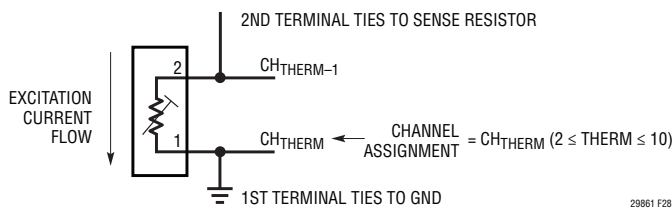


図28. 差動サーミスタのチャンネル割り当て規則

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_{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37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。

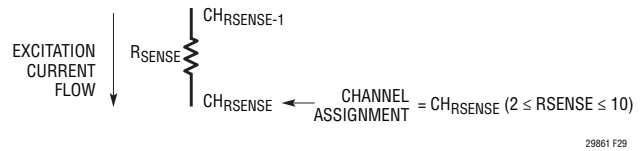


図29. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図30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CH9(メモリ位置:0x220~0x223)に割り当てられており、検出抵抗はCH7(メモリ位置:0x218~0x21B)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62と表63に示します。

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。

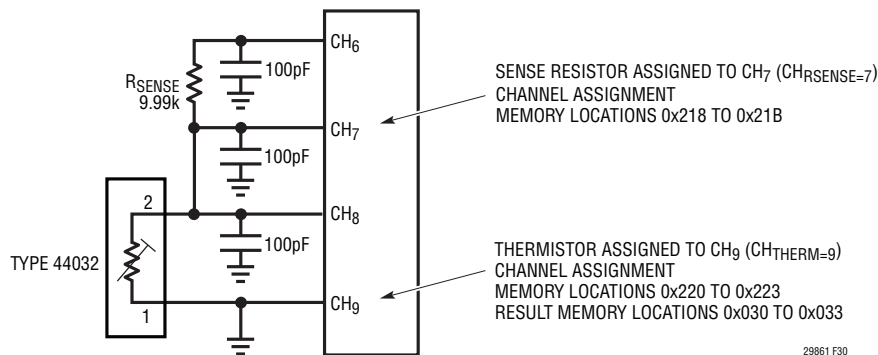


図30. 差動サーミスタの例

LTC2986/LTC2986-1

アプリケーション情報

表 62. 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、CH7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 0x220	メモリ アドレス 0x221	メモリ アドレス 0x222	メモリ アドレス 0x223
(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	CH7	5	00111		0 0 1 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 63. 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 0x218	メモリ アドレス 0x219	メモリ アドレス 0x21A	メモリ アドレス 0x21B
(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 0 1 1 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ウ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31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54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。

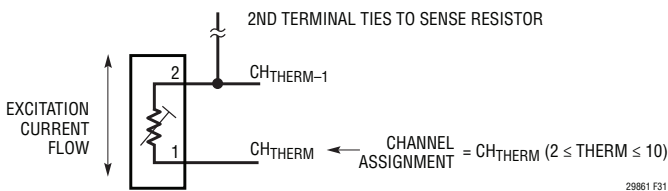


図31. R_{SENSE}を共有するサーミスタのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図32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37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。

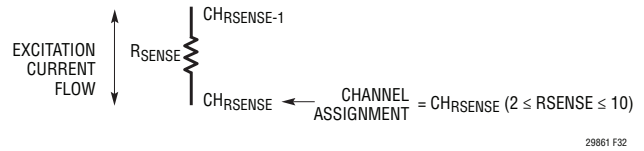


図32. サーミスタ用の検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図33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10.0kΩ検出抵抗に接続されており、ローテーション/共有構成になっています。2つ目の2.25kΩ(44033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64～表66に示します。

CH8上で10001000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01001000になります。算出された温度(°C単位)は、メモリの0x02C～0x02F(CH8に対応)から読み取りできます。変換は、CH10からも同様に開始し、読み取りできます。

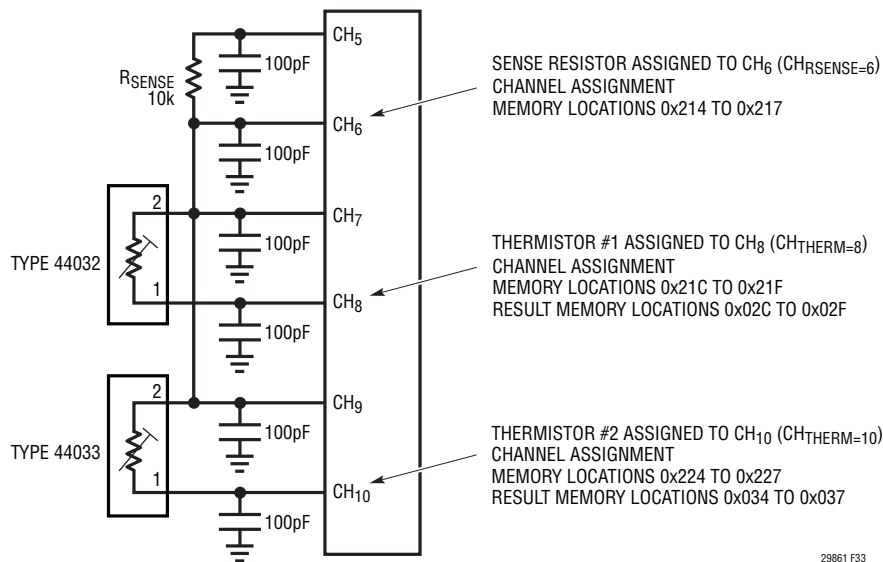


図33. ローテーションおよび共有構成のサーミスタの例

LTC2986/LTC2986-1

アプリケーション情報

表 64. 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、CH6 に RSENSE、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 0x21C	メモリ アドレス 0x21D	メモリ アドレス 0x21E	メモリ アドレス 0x21F
(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	CH6	5	00110		0 0 1 1 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

表 65. 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、CH6 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 0x224	メモリ アドレス 0x225	メモリ アドレス 0x226	メモリ アドレス 0x227
(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	CH6	5	00110		0 0 1 1 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 66. 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 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	10.0kΩ	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

グローバル構成レジスタ

グローバル構成レジスタの要約を表67に示します。グローバル構成レジスタは、1バイト長であり、メモリ位置0x0F0にあります。ビットG0～G1は内蔵デジタル・フィルタのノッチ周波数を設定し、ビットG2は温度結果の単位(°Cまたは°F)を設定し、ビットG3およびG7は予約されていて“L”に設定する必要があります。ビットG4～G6はケルビン電流励起モードを決定します。

表67. グローバル構成レジスタ

ビット番号	フィールド名	説明
G0 G1	Filter Frequency Select [1:0]	00 = 55Hz 01 = 60Hz 10 = 50Hz
G2	Temperature Result Format	0 = 摂氏 1 = 華氏
G3	Reserved	0に設定
G4	3-Wire RTD Kelvin Current Excitation Mode	隣接チャンネル上の励起電流
G5	2-Wire RTD Kelvin Current Excitation Mode	隣接チャンネル上の励起電流
G6	Thermistor Kelvin Current Excitation Mode	隣接チャンネル上の励起電流
G7	Reserved	0に設定

入力過電圧保護 - 概要

温度センサは、多くの場合、過酷な環境で使用されます。センサまたはリードは、高電圧に短絡するか、相互に短絡する場合があります。抵抗回路は、LTC2986をこのようなフォルト状態から保護できます。これらの外付け抵抗は、測定誤差をもたらす可能性があります。LTC2986は、このような影響を減らす専用のモードおよび機能を備えています。

熱電対の先端は、多くの場合、シールドされず、測定デバイスの入力への低インピーダンスの導通経路を作成します。過電圧状態に起因する損傷からLTC2986を保護するために、電流制限抵抗を入力チャンネルと熱電対センサの間に配置できます。この抵抗の値は、最大過電圧でLTC2986に流れる電流が±15mA未満になるように選択します。これらの保護抵抗に起因する誤差は、LTC2986の極めて低い入力リーク電流(1nA)仕様のため、通常動作時に最小になります。

ほとんどのRTDセンサ素子は、非導通のカプセル化または別々の接地シールドによって、センサのリードから電氣的に絶縁されます。このようなタイプのセンサは、入力過電圧保護を必要としない場合がありますが、特定のアプリケーションは、RTDとLTC2986の間に電流制限抵抗を必要とすることがあります。そのようなアプリケーションの1つは、入力端子をRTDまたは熱電対のいずれかに接続することができる汎用入力デバイスです。その他のアプリケーションは、誤った接続(例えば、電圧源を誤ってRTD入力端子に接続する)に対する保護を必要とする場合があります。RTD用に実装された保護回路は、2線式、3線式、および4線式構成に対応する必要があります。

サーミスタは、センサ素子を囲む非導通のカプセル化を備える温度センサへの2線式抵抗です。RTDと同様に、汎用センサ入力アプリケーションおよび不注意なユーザーの両方によって加えられる過電圧のために、サーミスタ用の過電圧保護が必要になる場合があります。

LTC2986は、過電圧保護抵抗回路に起因する誤差をなくすために、複数の電流励起モードを提供します。以下のセクションでは、普遍性に重点をおいて、熱電対、2線式、3線式、および4線式のRTDとサーミスタ用の過電圧保護回路について説明します(全てのセンサ・タイプで、同じ保護方式を共有します)。

入力過電圧保護 - 抵抗値の選択

LTC2986が損傷せずに耐えることができる最大連続電流は、±15mAです。過電圧保護抵抗の値およびその電力定格を決定するには、最大電圧が必要になります。この電圧は、アプリケーションに固有であり、予想される最大過電圧によって変わります。例えば、40Vの過電圧が発生する可能性のあるシステムでは、2.7kΩを超える抵抗Rおよび電力定格が必要になります(図34および図35を参照)。

$$P > 600\text{mW, where } R > \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{DD}}}{15\text{mA}}$$

アプリケーション情報

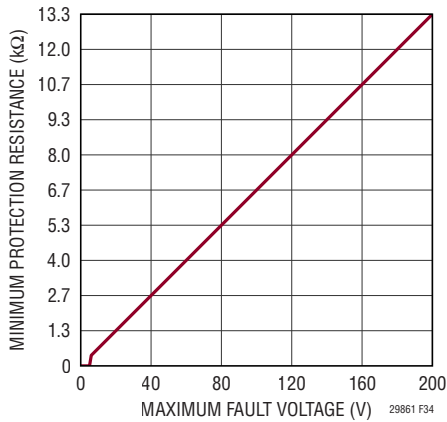


図34. 最大フォルト電圧と最小保護抵抗

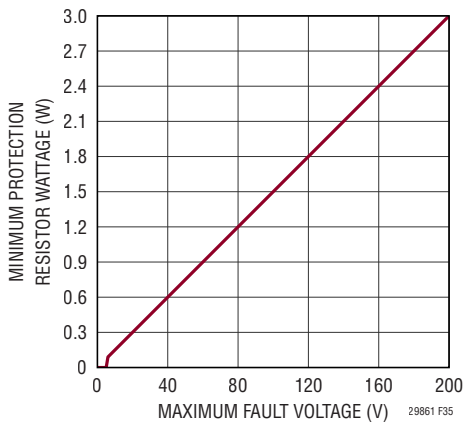


図35. 最大フォルト電圧と最小保護抵抗の電力定格

入力過電圧保護 - 熱電対

熱電対は、温度差の関数として電圧を生成する低インピーダンスのデバイスです。LTC2986の入力インピーダンスは極めて高い(入力リーク電流が1nA未満)ため、外付け過電圧保護抵抗は、温度測定精度に対して最小限の影響を与えます。例えば、2kΩの保護抵抗によって、4μVのワーストケースの誤差が発生します(図36を参照)。これは、25°CでのタイプKの熱電対の場合、0.1°Cの誤差に対応します。

保護抵抗に加えて、アンチエイリアス・フィルタ用の100pFのコンデンサを各入力に追加する必要があります。これらは、簡略化のために、以下の回路図には示されていません。

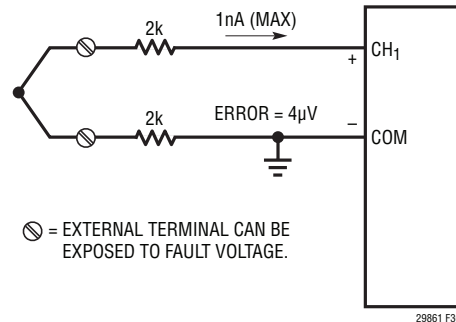


図36. 保護抵抗を備える熱電対

入力過電圧保護 - RTD

RTDは、温度を決定するために励起電流を必要とする抵抗デバイスです。励起は、レシオメトリック測定を行うために、RTDおよび検出抵抗で構成される直列回路網に適用されます。過電圧保護は、各RTD端子と、LTC2986の入力チャンネルの間に抵抗を配置することによって実装されます。

4線式RTD

保護のために最もシンプルなRTD構成は、4線式RTDです。保護抵抗を、4つのRTD端子それぞれに接続します(図37を参照)。励起電流が検出抵抗(R_{SENSE})、RTD、および保護抵抗 $RP1$ と $RP4$ に流れます。LTC2986は、保護抵抗 $RP2$ および $RP3$ を介してCH3およびCH4を使用して、RTDの両端での電圧降下を測定します。励起電流が $RP2$ および $RP3$ に流れないため、保護抵抗に起因する誤差は無視できます。測定誤差は、入力リーク電流(1nA未満)によって主に決定されます。例えば、1kΩの検出抵抗および1kΩの保護抵抗を含むPT-100 RTDのリーク電流に起因する誤差は、0.025°C未満になります。

アプリケーション情報

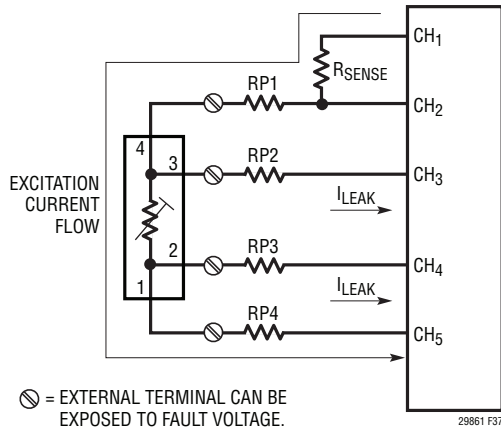


図37. 保護抵抗を備える4線式RTD

3線式RTD

3線式RTDは、4線式RTDよりも保護することが困難です。通常は保護抵抗を、3つのRTD端子それぞれに接続します(図38を参照)。LTC2986は、2つの一致した励起電流(I_1 および I_2)を供給します。これらの電流は、CH3およびCH4からRP2およびRP3を通してRTDに流れます。発生した電圧は、CH3とCH4の間で測定されます。RP2 = RP3および $I_1 = I_2$ を仮定すると、保護抵抗から発生する誤差は相殺されます。LTC2986は一致した電流源の励起を提供しますが、外付け保護抵抗を一致させることは困難である場合があります。RP2およびRP3における不一致は、 1Ω ごとにRTD測定における 1Ω の誤差に変わります。

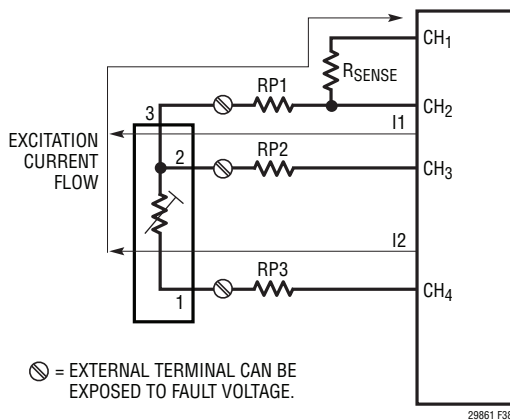


図38. 保護抵抗を備える3線式RTD

LTC2986は、保護抵抗の不一致に起因する誤差を除去するために、3線式RTDケルビン電流源モードを提供します。この機能は、変換を開始する前に、グローバル3線式RTDケルビン電流励起モード・ビット($G4 = 1$ 、表67を参照)を設定することによってイネーブルされます。このモードでは、電流源を励起するために隣接するチャンネル(この例では、CH5およびCH6)を使用して、CH3およびCH4で測定を実行します(図39を参照)。2つの追加抵抗を、RTDと、励起電流源に接続されたチャンネルの間に配置しますが、保護抵抗が一致するという制約は、全ての抵抗で取り除かれます。励起電流はRP2またはRP3を流れなくなり、これらの両端の電圧降下がなくなります。図40に、このモードでのチャンネル割り当て規則を示します。

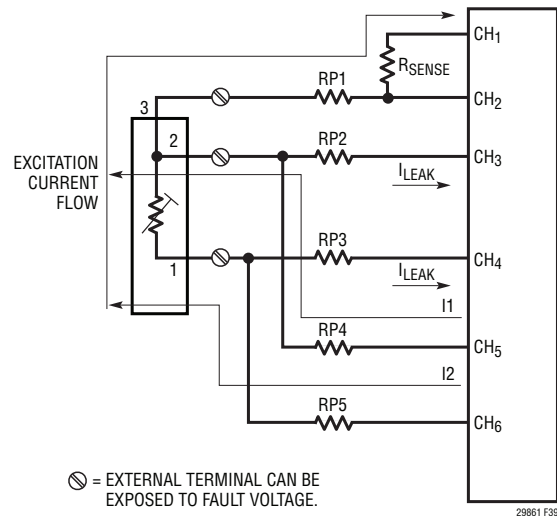


図39. 3線式RTDケルビン電流モード($G4 = 1$)

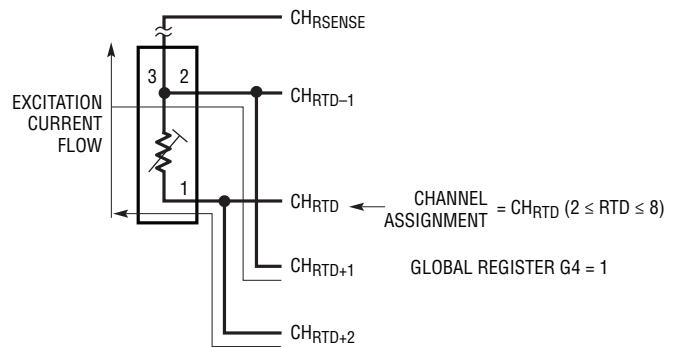


図40. 3線式RTDケルビン電流モードのチャンネル割り当て規則($G4 = 1$)

アプリケーション情報

2線式RTD

2線式RTDは、保護抵抗(RP3)がRTDと直列に接続されるため、保護することが困難です(図41を参照)。保護抵抗の1Ωごとに、1Ωの測定誤差がRTDに追加されます。

LTC2986は、保護抵抗に関連する誤差を除去するために、2線式ケルビン電流源モードを提供します。この機能は、変換を開始する前に、グローバル2線式RTDケルビン電流励起モード・ビット(G5 = 1、表67を参照)を設定することによってイネーブルされます。この電流励起モードでは、内部グランド接続のために、隣接するチャンネル(この例ではCH5)を使用します(図42を参照)。1つの追加保護抵抗が、RTDとCH5の間に接続されています。励起電流はRP3を流れなくなり、その両端の電圧降下がなくなります。図43に、このモードでのチャンネル割り当て規則を示します。

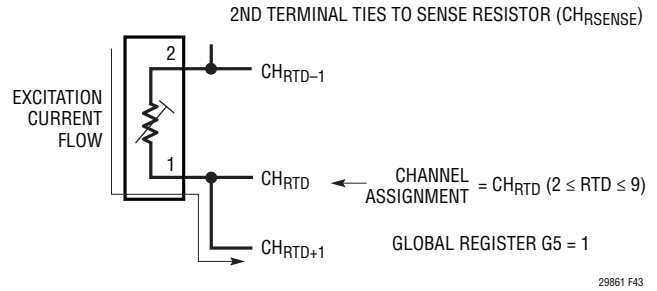


図43. 2線式ケルビン電流モードのチャンネル割り当て規則(G5 = 1)

サーミスタ

2線式RTDと同様に、保護抵抗RP3がセンサと直列に接続されるため、サーミスタは保護することが困難です(図44を参照)。保護抵抗の1Ωごとに、1Ωの測定誤差がサーミスタに追加されます。

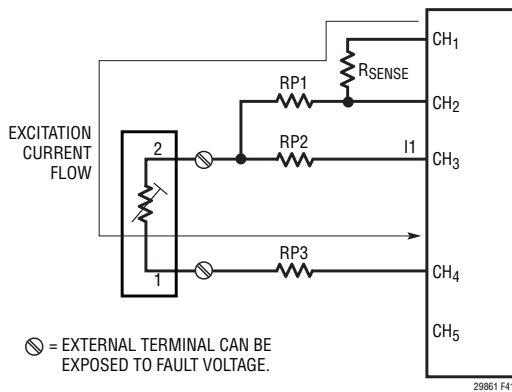


図41. 保護抵抗を備える2線式RTD

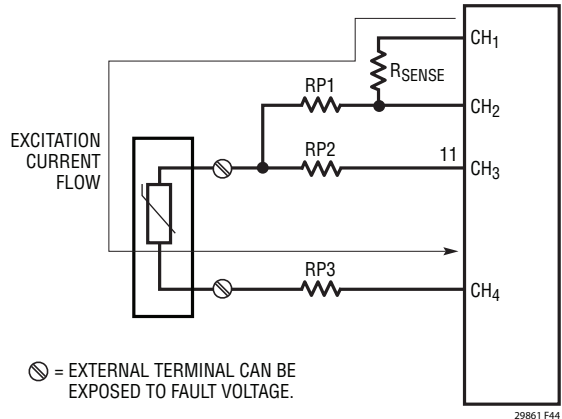


図44. 保護抵抗付きサーミスタ

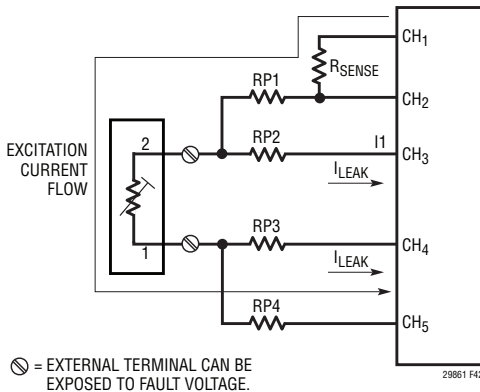


図42. 2線式RTDケルビン電流モード(G5 = 1)

LTC2986は、保護抵抗に関連する誤差を除去するために、サーミスタ・ケルビン電流源モードを提供します。この機能は、変換を開始する前に、グローバル・サーミスタRTDケルビン電流励起モード・ビット(G6 = 1、表67を参照)を設定することによってイネーブルされます。この電流励起モードでは、内部グランド接続のために、隣接するチャンネル(この例ではCH5)を使用します(図45を参照)。1つの追加保護抵抗が、サーミスタとCH5の間に接続されています。励起電流はRP3を流れなくなり、その両端の電圧降下がなくなります。図46に、このモードでのチャンネル割り当て規則を示します。

アプリケーション情報

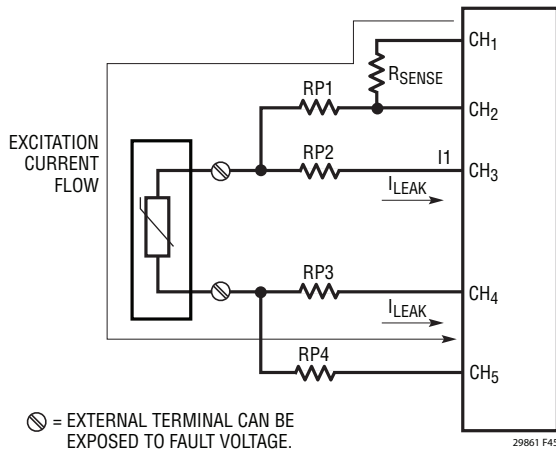


図45. サーミスタ・ケルビン電流源モード (G6 = 1)

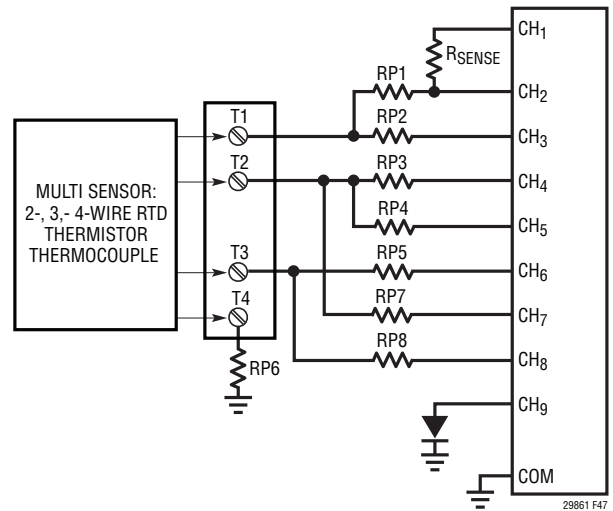


図47. 汎用マルチセンサの回路図

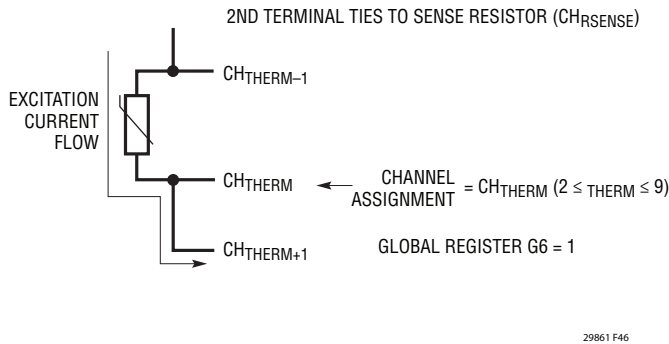


図46. サーミスタ・ケルビン電流モードのチャネル割り当て規則 (G6 = 1)

図48では、4線式RTDが直接4つの入力端子に接続されています。この場合、4線式RTDはCH6に割り当てられ、検出抵抗はCH2に接続されます。励起電流は、保護抵抗RP1およびRP6に流れます。RP6が接地されているため、RSENSEの共有および励起電流のローテーションがオフになります。

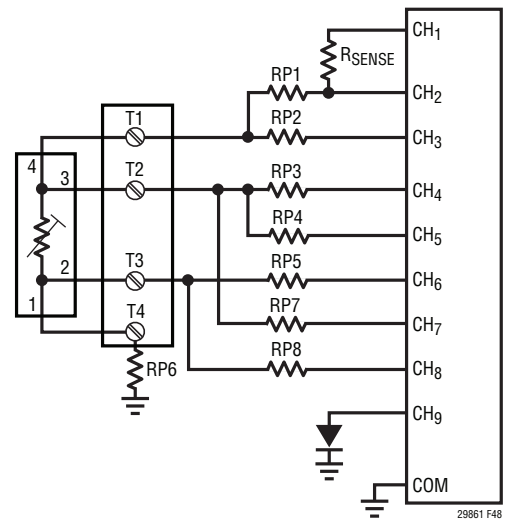


図48. 保護されたセンサの4線式RTD接続

汎用的な例

LTC2986は、1つの保護されたインタフェースを、複数のタイプのセンサと共有することができます(図47を参照)。これには、全てのRTD構成(2線式、3線式、および4線式)、サーミスタ、および熱電対が含まれます。センサ間を切り替えるのに必要なのは、ソフトウェア制御による新しいチャネル割り当てワードのみです。マルチセンサ回路は、外部過電圧状態に対してそれぞれ保護された4つの入力端子を提供します。全てのセンサのケルビン電流励起モードをイネーブルするために、3つのグローバル構成ビットG4、G5、およびG6を全て1に設定します(表67を参照)。

アプリケーション情報

図49に、マルチセンサ回路を使用した3線式RTDへのインタフェースを示します。この場合、RTDが端子T1～T3に直接接続され、端子T4がフロート状態のままになります。一致した励起電流が、CH7およびCH8から保護抵抗RP7およびRP8に流れ、RTD測定がCH5およびCH6で発生します。3線式RTDはCH6に割り当てられ、 R_{SENSE} の共有がオンになります。

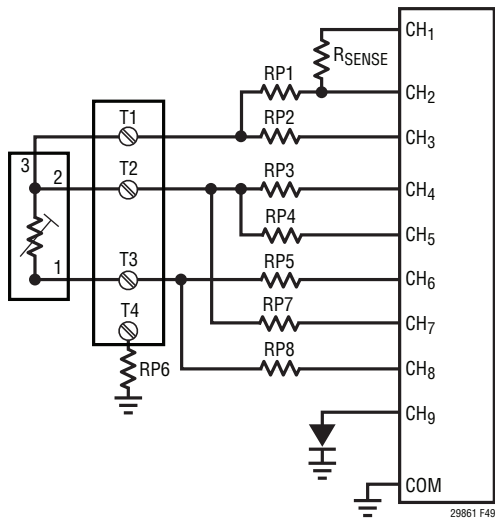


図49. 保護されたセンサの3線式RTD接続

図50に、LTC2986のマルチセンサ回路を使用した2線式RTDへのインタフェースを示します。この場合、RTDが端子T1およびT2に直接接続され、端子T3およびT4がフロート状態のままになります。励起電流が、CH1から R_{SENSE} および保護抵抗RP1とRP4に流れ(CH5が内部で接地される)、RTD測定がCH3およびCH4で発生します。2線式RTDはCH4に割り当てられ、 R_{SENSE} の共有がオンになります。

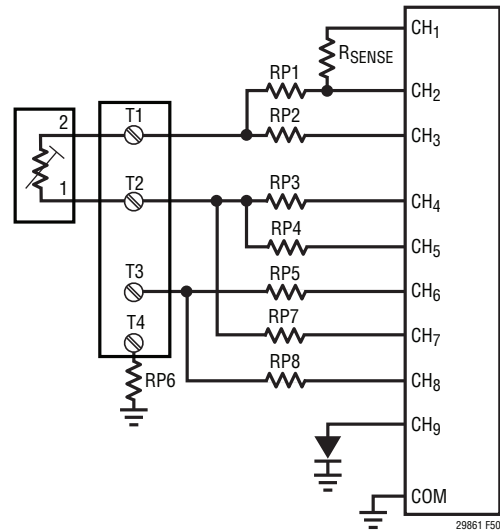


図50. 保護されたセンサの2線式RTD接続

図51に、LTC2986のマルチセンサ回路を使用したサーミスタへのインタフェースを示します。この場合、サーミスタが端子T1およびT2に直接接続され、端子T3およびT4がフロート状態のままになります。励起電流が、CH1から R_{SENSE} および保護抵抗RP1とRP4に流れ(CH5が内部で接地される)、サーミスタ差動測定がCH3およびCH4で発生します。サーミスタはCH4に割り当てられ、内部グランド接続を提供するために、 R_{SENSE} の共有がイネーブルされます。

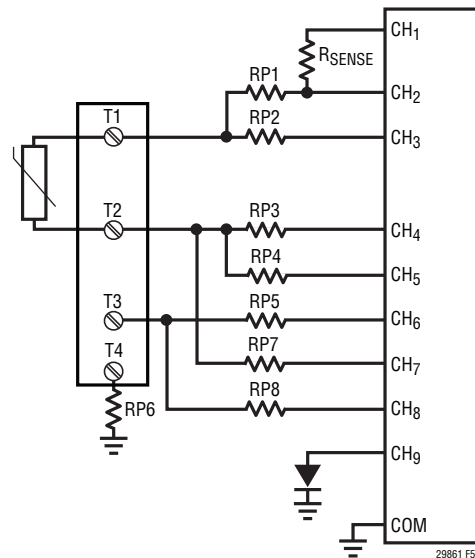


図51. 保護されたマルチセンサのサーミスタ接続

アプリケーション情報

図52に、LTC2986のマルチセンサ回路を使用した熱電対へのインタフェースを示します。この場合、熱電対は端子T3およびT4に直接接続され、端子T1およびT2は、フロート状態のままにするか、冷接点補償のためにRTD(グローバル・レジスタG5 = 1)またはサーミスタ(グローバル・レジスタG6 = 1)に接続することができます。代替として、冷接点補償のためにダイオード(CH9に接続)を使用することができます。シングルエンド測定モードでは、熱電対はCH6に割り当てられます。

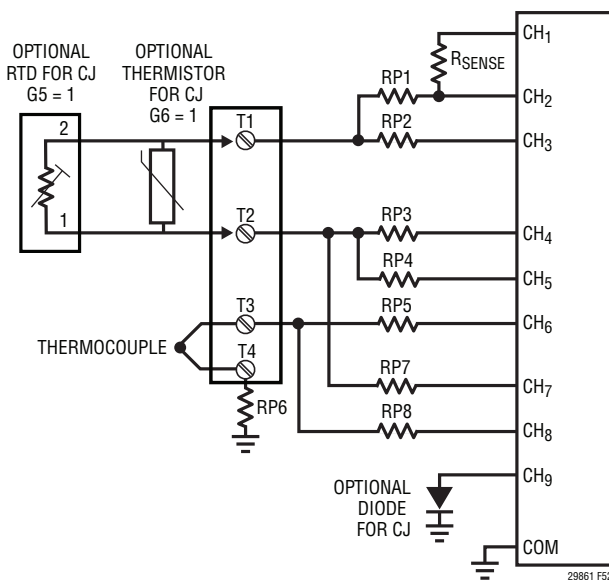


図52. 保護されたマルチセンサの熱電対接続

アクティブ・アナログ温度センサ

受動タイプの温度センサに加えて、LTC2986はアクティブ・アナログ温度センサ(つまり、LTC2997)もサポートします。このモードでは、LTC2986はアナログ温度センサから電圧出力を測定し、テーブル・ルックアップを実行して、測定された電圧を温度に変換します。このセンサ・オプションは完全にカスタマイズすることができ、直接温度測定または冷接点補償に使用できます。

アナログ・センサ・チャンネル割り当ておよび結果の形式

アクティブ・アナログ温度センサ・タイプ = 31の場合(表4および図53を参照)、チャンネル割り当てワードは、差動測定では0xF800 0000になり、シングルエンドでは0xFC00 0000になります。LTC2986をアクティブ・アナログ温度センサ・タイプ用に構成した場合、LTC2986は、測定された電圧値をA/Dコンバータから取得し、テーブル・ルックアップを実行して温度結果を生成します。テーブル・ルックアップの結果は、24ビット符号付き固定小数点の温度結果に、エラー状態バイトを加えた形式になります。温度の固定小数点形式は、他の全てのLTC2986温度センサ・タイプと同じです。この形式は表9に記載されています。

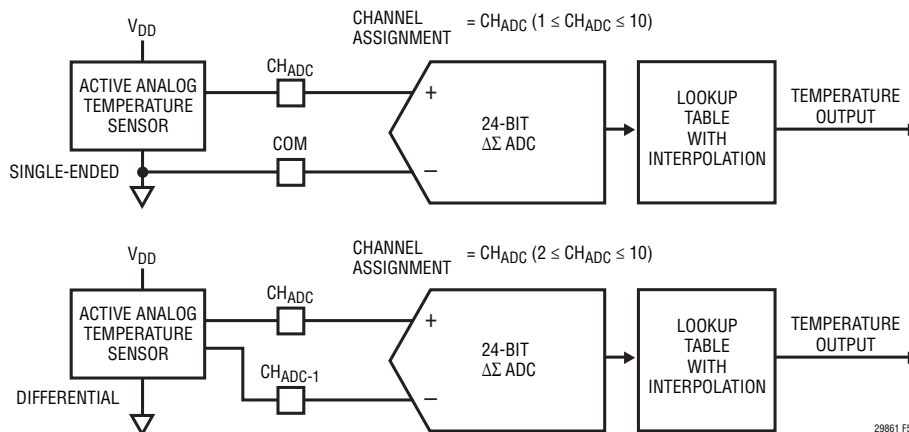


図53. アクティブ・アナログ温度センサのチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

エラー状態バイトは、データ出力ワードの上位バイトに配置されます。表 68 に、アナログ・センサ・タイプのエラー状態バイトの形式を示します。ビット D31 および 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 °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 D27 および D26 は、上限温度もしくは下限温度が、表 68 に記載されている制限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。

例：差動アクティブ・アナログ温度センサ

この例では、簡略化した温度曲線を実装します（図 54 を参照）。ポイント P1 ~ P9 は、カスタム・デバイス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、レポートされる結果はポイント 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。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。レポートされる結果はポイント P1 と P0 間の線形外挿になります。ここで P0 は通常、可能性のある最低のセンサ出力電圧です。P0 (mV 単位) を下回るセンサ出力電圧は P0 出力をレポートします。

LTC2986 にアクティブ・アナログ温度センサ・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、表 69 を参照）に変換する必要があります。一部のアナログ・センサは負出力電圧を生成するため、表の mV 値は、2 の補数になっています。センサ出力電圧（単位：mV）は、表 71 に示す規則に従い、先頭ビットは符号、後続の 11 ビットは整数部、残りの 12 ビットは小数部を示します。

表 68. アクティブ・アナログ温度センサのフォルト・データ・バイト

ビット	フォルト	エラーのタイプ	説明	出力結果
D31	CJハード・フォルト	ハード	$V_{ADC} < -1.75 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.75 \cdot V_{REF}/2$	-999
D30	Range Hard Fault	ハード	$V_{ADC} < -1.75 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.75 \cdot V_{REF}/2$	-999
D29	Not Used	N/A	NA	NA
D28	Not Used	N/A	NA	NA
D27	Soft Above	ソフト	$V_{ADC} > \text{Last Table Point Voltage}$	読み取り値を疑うこと
D26	Soft Below	ソフト	$V_{ADC} < \text{Second Table Point (P1) Voltage}$	読み取り値を疑うこと
D25	Soft Range	ソフト	$V_{ADC} < -1.125 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.125 \cdot V_{REF}/2$	読み取り値を疑うこと
D24	Result Valid (Always 1)	NA	NA	NA

アクティブ・アナログ温度センサのテーブル形式

表 69. アクティブ・アナログ温度センサのテーブル形式

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)		

アプリケーション情報

温度値は符号なしの固定小数点値としてケルビン単位で入力されますが、LTC2986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72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、カスタム・アナログ・センサはCH2に接続され、表73に示されたチャンネル割り当てデータで設定されます。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アナログ・センサ用データ・ポイント・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、アナログ温度センサのチャンネル割り当てワードのデータ長フィールドに入力されます。10個の6バイト・テーブル・エントリの位置および形式については、表70を参照してください。

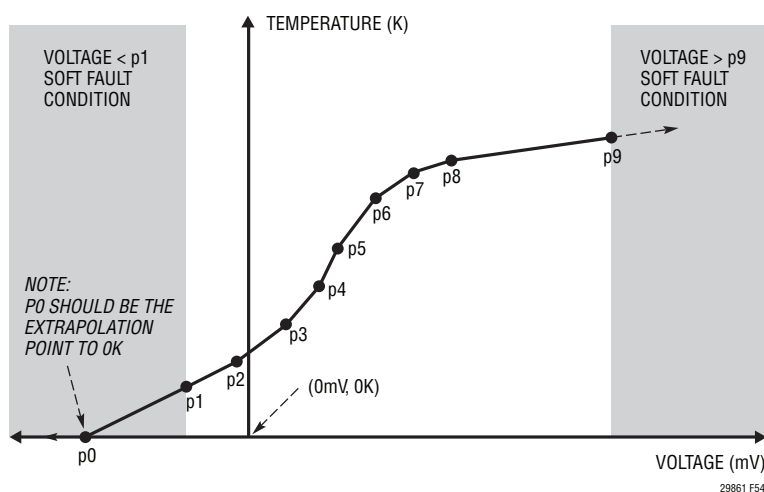


図 54. アクティブ・アナログ温度センサ・テーブルの例

表 70. アクティブ・アナログ温度センサのテーブル・データ・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	20.33	220.3	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						
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						

LTC2986/LTC2986-1

アプリケーション情報

表 71. アクティブ・アナログ温度センサの電圧値の例

	バイト0								バイト1								バイト2							
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
mV	Sign	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	2 ⁻¹²
-50.22	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
-30.2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
-5.3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
20.33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
40.2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
55.3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
88.3	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1
132.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
188.7	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
460.4	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0

表 72. アクティブ・アナログ温度センサの温度値の例

	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
220.3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	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	1	0	0	1	1	0	0	1	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 73. アクティブ・アナログ温度センサのチャンネル割り当てデータの例

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 214	メモリアドレス 215	メモリアドレス 216	メモリアドレス 217																	
(1) Analog Temp Sensor	センサの種類	5	11110	1	1	1	1	0																
(2) SE/Diff	シングルエンドまたは差動	1	0					0																
(3) Not Used	0に設定	14	00000000000000																					
(4) Direct ADC Table Data Pointer	開始アドレス = 0 (0x250で開始)	6	000000																					
(5) Direct ADC Table Data Length-1	データ長-1 = 9	6	001001																					

アプリケーション情報

直接ADC測定

温度センサを測定する以外に、LTC2986は直接A/Dコンバータ(つまり、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55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。

直接ADCモードは、シングルエンド入力および差動入力に構成できます。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。

直接ADC動作の場合、2つの結果モードのオプションがあります。1つ目のモードは直接電圧出力であり、2つ目のモードはテーブル駆動型出力です。直接電圧出力用に構成された場合、LTC2986は8ビット・フォルト状態バイトと共に24ビット固定小数点電圧結果を返します。テーブル・ルックアップ用に構成された場合、LTC2986は生のADC電圧に対してテーブル・ルックアップを実行し、24ビット符号付き整数のテーブル・ルックアップ結果を、8ビット・フォルト状態バイトと共に返します。

差動入力電圧($\pm V_{REF}/2$)および $V_{REF}/2$ 同相入力電圧での、標準的な積分非直線性の変化を、電源電圧および温度の関数として図56～図58に示します。

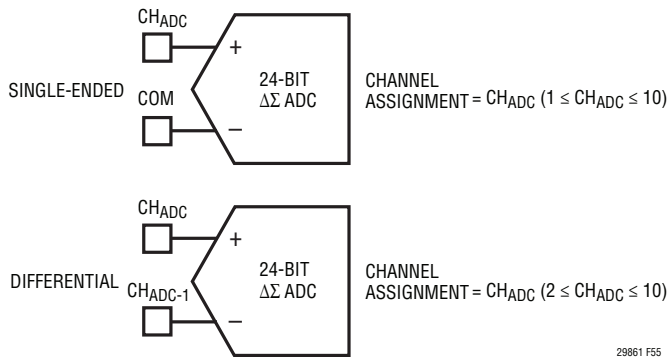


図55. 直接ADCのチャンネル割り当て規則

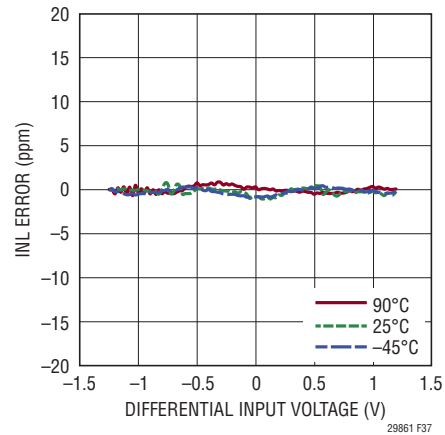


図56. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 5.25V$)

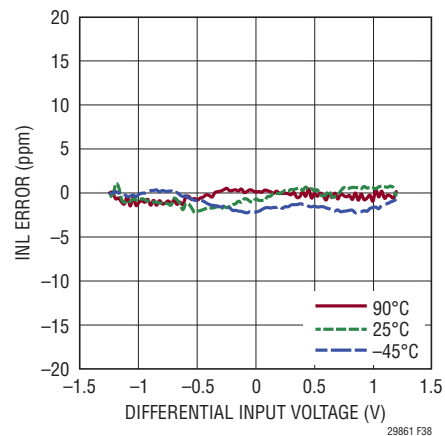


図57. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 3.3V$)

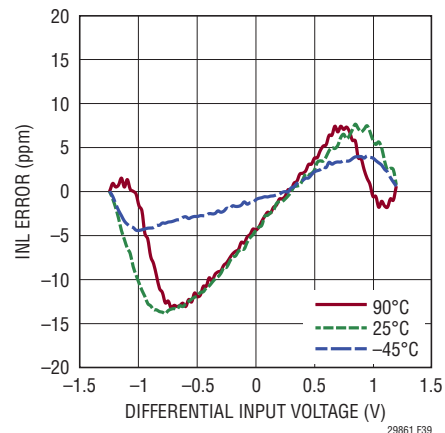


図58. 温度の関数としての積分非直線性 ($V_{DD} = 2.85V$)

アプリケーション情報

電圧出力モード

標準の(非テーブル・モードの)電圧出力モードの場合、チャネル割り当てワードは、差動読み取り値では0xF000 0000、シングルエンドでは0xF400 0000になります(表75を参照)。

このデータは32ビット・ワード(表74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、LTC2986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、LTC2986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。

表74. 直接ADCの電圧出力結果の形式

	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	センサ ハード フォルト	範囲 ハード フォルト	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																								
								$\pm 2V$	$1V$	$0.5V$	$0.25V$...																				
								Integer								Fraction																
$>V_{REF}$	1	1	0	0	1	0	1	1	工場出荷時の値 V_{REF} にクランプ																							
$1.75 \cdot V_{REF}/2$	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$1.125 \cdot V_{REF}/2$	0	0	0	0	1	0	1	1	0	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	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$2^{-21}V$	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	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
$-2^{-21}V$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	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	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$-1.125 \cdot V_{REF}$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$-1.75 \cdot V_{REF}$	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$<-V_{REF}$	1	1	0	0	0	1	1	1	工場出荷時の値 $-V_{REF}$ にクランプ																							

例: 差動入力を使用する直接ADC

表75. 直接ADCのチャ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 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) Direct ADC	直接A/Dコンバータを測定する	5	11110	1	1	1	1	0																								
(2) SE/Diff	シングルエンドまたは差動	1	0					0																								
(3) TBL	テーブル・ルックアップ	1	0					0																								
(4) Not Used	0に設定。	13	0000000000000																													
(4) Direct ADC Table Data Pointer	開始アドレス = 0	6	000000																													
(5) Direct ADC Table Data Length-1	データ長 -1 = 0	6	000000																													

アプリケーション情報

テーブル・ルックアップ・モード

テーブル駆動型出力モードの場合、チャンネル割り当てワードの最初の2バイトは、差動読み取り値では0xF200、シングルエンドでは0xF600になります。12個の最下位ビットには、カスタム・テーブル・データの長さやポインタの情報が格納されます。

LTC2986をテーブル駆動型出力データ用に構成した場合、LTC2986は、電圧値をA/Dコンバータから取得し、テーブル・ルックアップを実行します。テーブル・ルックアップの結果は、24ビット符号付き整数に、エラー状態バイトを加えた形式になります。

表 76. 直接ADCのテーブル・ルックアップ結果の形式

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							
センサ ハード フォルト	範囲 ハード フォルト	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	テーブル・ルックアップ結果 - 符号付き整数																							

表 77. 直接ADCのテーブル・ルックアップ・フォルト・データ・バイト

ビット	フォルト	説明
D31	センサのハード・フォルト	$V_{ADC} < -1.75 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.75 \cdot V_{REF}/2$
D30	Range Hard Fault	$V_{ADC} < -1.75 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.75 \cdot V_{REF}/2$
D29	不使用	NA
D28	不使用	NA
D27	Soft Above	$V_{ADC} > \text{Last Table Point Voltage}$
D26	Soft Below	$V_{ADC} < \text{Second Table Point (P1) Voltage}$
D25	Soft Range	$V_{ADC} < -1.125 \cdot V_{REF}/2$ or $V_{ADC} > 1.125 \cdot V_{REF}/2$
D24	Result Valid (Always 1)	NA

表 78. 直接ADCのテーブル形式

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
$0x250 + 6 \cdot \text{開始アドレス}$	テーブル・エントリ #1 (mV)			テーブル・エントリ #1 (整数値)		
$0x250 + 6 \cdot \text{開始アドレス} + 6$	テーブル・エントリ #2 (mV)			テーブル・エントリ #2 (整数値)		
$0x250 + 6 \cdot \text{開始アドレス} + 12$	テーブル・エントリ #3 (mV)			テーブル・エントリ #3 (整数値)		
•	•			•		
•	•			•		
•	•			•		
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 (整数値)		

アプリケーション情報

例: 差動入力およびテーブル・ルックアップを使用する直接ADC

この例では、簡略化したカスタム曲線を実装します(図59を参照)。ポイントP1～P9は、カスタム・デバイス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、レポートされる結果はポイント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。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。レポートされる結果はポイントP1とP0間の線形外挿になります。ここでP0は通常、可能性のある最低のセンサ出力電圧です。P0(mV単位)を下回るセンサ出力電圧はP0出力をレポートします。

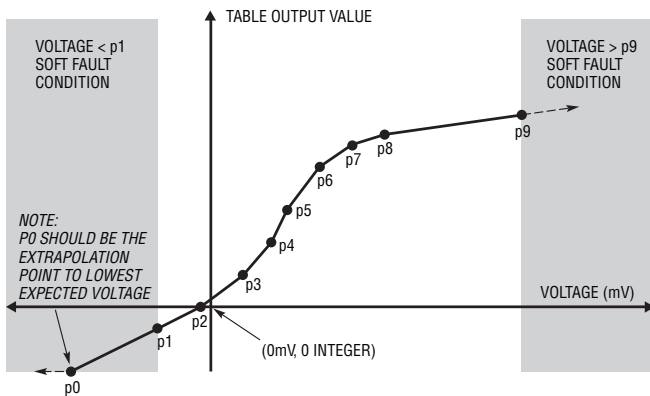


図59. 直接ADCのテーブルの例

LTC2986にカスタムのADCテーブルをプログラムするには、mVデータと結果データの両方を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。両極性出力電圧を備えるセンサに対応するために、LTC2986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80に示す規則に従い、先頭ビットは符号、後続の11ビットは整数部、残りの12ビットは小数部を示します。

テーブル・エントリの結果側は、符号付き24ビット整数としての入力であり、LTC2986によってレポートされる最後の結果も24ビットの整数になります。結果の形式は、表81に示す規則に従い、最初のビットは符号ビットであり、残りの23ビットは整数の大きさです。この例では、カスタム差動センサは、表82に示されたチャンネル割り当てデータを使用してCH2に接続されます。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データ・ポイント・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、センサのチャンネル割り当てワードのデータ長フィールドに入力されます。10個の6バイト・テーブル・エントリの位置および形式については、表79を参照してください。

表79. 直接ADCのテーブルのデータ・メモリ・マップの例

ポイント	センサ出力電圧 (mV)	整数出力データ	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	-100	0x250	0x255						
P1	-30.2	-50	0x256	0x25B						
P2	-5.3	0	0x25C	0x261						
P3	20.33	2203	0x262	0x267						
P4	40.2	3612	0x268	0x26D	mVデータ			整数出力データ		
P5	55.3	5221	0x26E	0x273						
P6	88.3	7203	0x274	0x279						
P7	132.2	8112	0x27A	0x27F						
P8	188.7	9225	0x280	0x285						
P9	460.4	10000	0x286	0x28B						

補足情報

2サイクル変換モードと3サイクル変換モード

LTC2986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。LTC2986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、LTC2986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全てそのまます(表83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_{DD}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LTC2986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ことがあります。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 83.2 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

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 ~ 01010)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84を参照)。

例えば、表85に示すマスク・データを使用して、メモリ位置0に1000000が書き込まれると、CH10、CH8、CH6、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、全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。全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。

補足情報

スリープ・モードの開始/終了

LTC2986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 \overline{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、LTC2986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

LTC2986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1ms(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。

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100 μ sが乗算されるため、最大追加MUX遅延は25.5ms(すなわち、0x0FF=255 \cdot 100 μ s)になります。

リファレンスの検討

LTC2986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。例えば、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。

表 84. 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		Reserved						
0x0F5								
0x0F6							CH10	CH9
0x0F7	CH8	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1

表 85. CH10、CH8、CH6、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		Reserved						
0x0F5								
0x0F6							1	0
0x0F7	1	0	1	0	0	0	0	1

カスタムの熱電対

標準の熱電対をデジタル化する他に、LTC2986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16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86を参照)。

表 86. 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			バイト	
	0	1	2	3	4
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60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

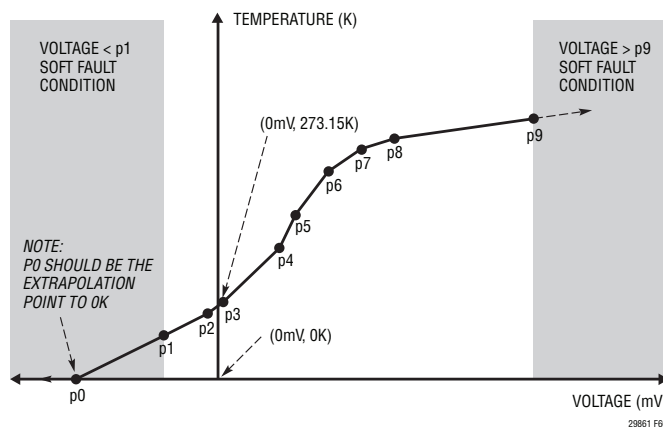


図 60. カスタムの熱電対の例 (mVとケルビン)

カスタムの熱電対

(表87の最後の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。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)より低い全てのセンサ出力電圧は0ケルビンをレポートします。センサの読み取り値がP1より低い場合は、ソフト・フォルトとしてレポートされます。

LTC2986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、LTC2986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88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87. 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88を参照)			(表89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88. 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							
	B23	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
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	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	
-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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	

カスタムの熱電対

温度フィールドを簡略化するために、温度値はケルビン単位で符号なしの値として入力されますが、LTC2986によってレポートされる最終的な温度は、°Cまたは°Fでレポートされます(表9を参照)。センサ温度(ケルビン)は、表89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90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9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87(6バイト・エントリが10個)を参照してください。

表 89. 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 90. 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 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	001001																			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、LTC2986はカスタムのRTD (RTDタイプ=0b10010、表30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91を参照)。

表91. 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61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)。

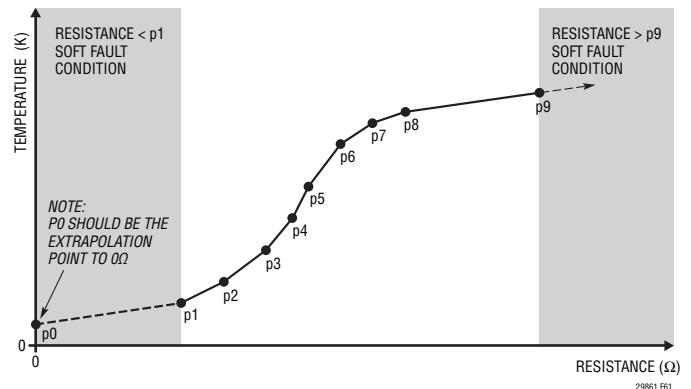


図61. カスタムのRTDの例(Ω とケルビン)

LTC2986/LTC2986-1

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92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。

LTC2986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93

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、LTC2986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94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92.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93.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	0	1	0	1	0	1	1	1	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	0	1	0	1	0	0
512.99	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	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	0	0	0	0	1	1	1	1	0

カスタムのRTD

この例では、CH3/CH4に接続されたカスタムのRTD（検出抵抗がCH1/CH2）を、表95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18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91（エントリ・ペアの合計数が10）を参照してください。

表 94. 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 95. 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 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) 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	CH2	5	00010						0	0	0	1	0															
(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	25 μ A	4	0011														0	0	1	1								
(5) 曲線	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、LTC2986はカスタムのサーミスタ(サーミスタ・タイプ=0b11011、表55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91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62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)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 0Ω 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 0Ω 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63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。

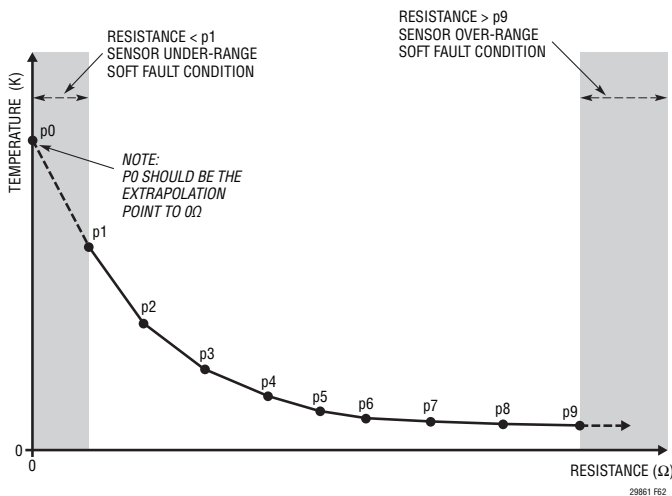


図62. カスタムのNTCサーミスタの例(Ω とケルビン)

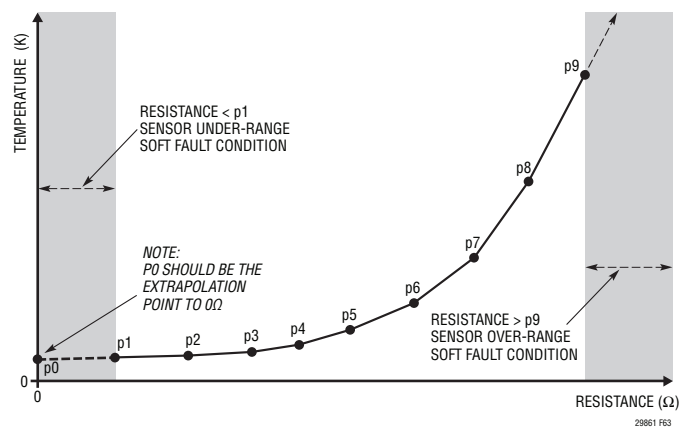


図63. カスタムのPTCサーミスタの例(Ω とケルビン)

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 96 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。

LTC2986 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 97 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、LTC2986 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 98 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 96. 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 97. 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	0	1	1	1	1	0	0	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	1	1	1	0	1	0	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99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27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 98. 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	
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	1	0	0	1	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 99. 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 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	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	3	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

カスタム・テーブルでドライブするサーミスタの他に、Steinhart-Hart 係数を LTC2986 に直接入力することもできます (サーミスタ・タイプ 11010、表 55 を参照)。Steinhart-Hart 係数は、一般的に指定されるパラメータで、サーミスタのメーカーによって提供されます。Steinhart-Hart の式を次に示します。

$$\frac{1}{T} = A + B \cdot \ln(R) + C \cdot \ln(R)^2 + D \cdot \ln(R)^3 + E \cdot \ln(R)^4 + F \cdot \ln(R)^5$$

Steinhart-Hart データは、0x250 以上 0x3CF 未満の任意のメモリ位置に連続的に格納されます。各係数は、標準の単精度 IEEE754 の 32 ビット値で表現されます (表 100 を参照)。

カスタムの Steinhart-Hart サーミスタの例

この例では、Steinhart-Hart の式を 0x2C8 から開始するメモリ位置に入力します (表 101 を参照)。

表 100. Steinhart-Hart のカスタムのサーミスタ・データのフォーマット

アドレス	係数	VALUE
0x250 + 4・開始アドレス	A	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット
0x250 + 4・開始アドレス + 4	B	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット
0x250 + 4・開始アドレス + 8	C	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット
0x250 + 4・開始アドレス + 12	D	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット
0x250 + 4・開始アドレス + 16	E	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット
0x250 + 4・開始アドレス + 20	F	32 ビット単精度浮動小数点フォーマット

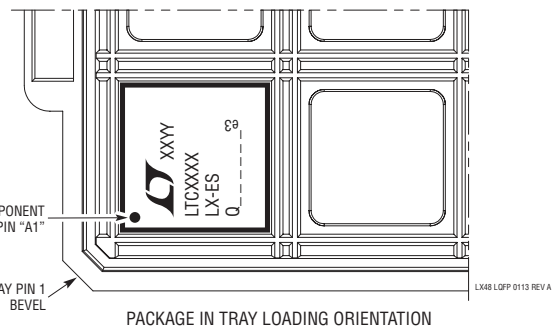
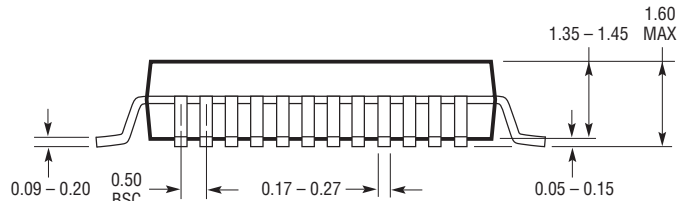
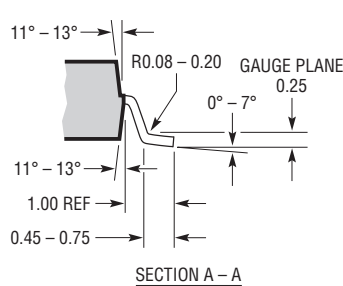
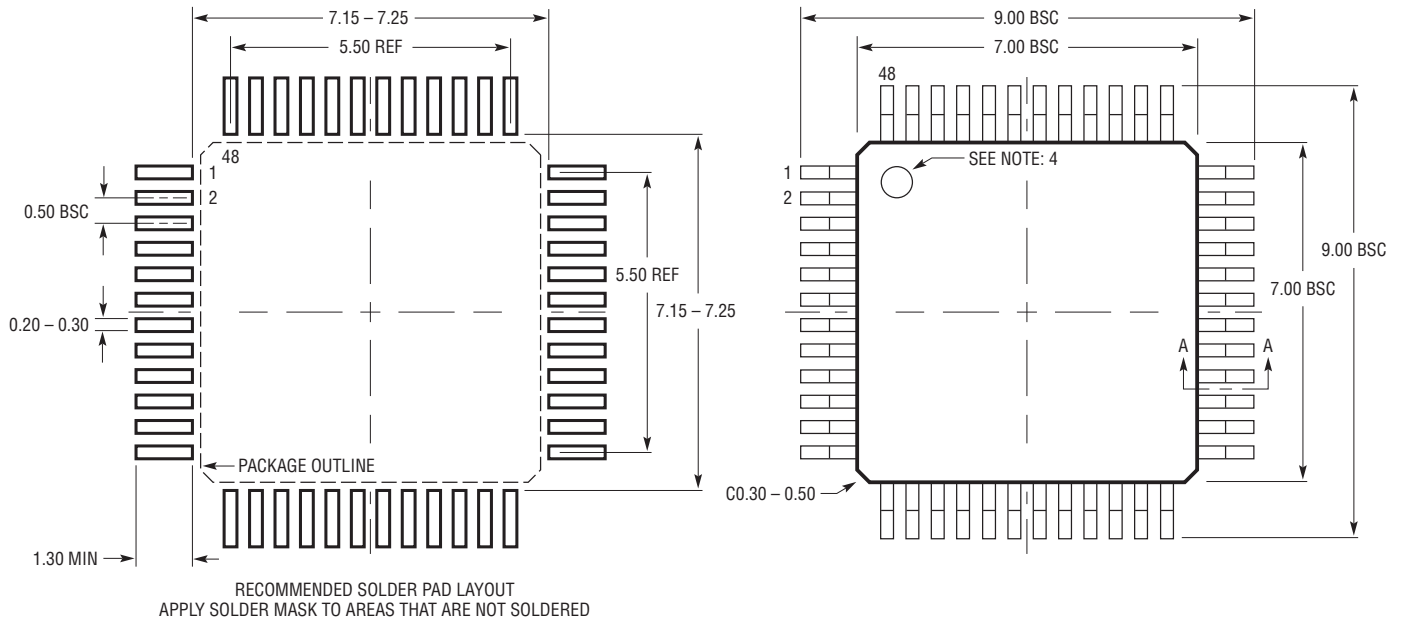
表 101. カスタムの Steinhart-Hart データの例

係数	VALUE	開始 アドレス	符号	指数								仮数																										
				MSB				LSB				MSB												LSB														
A	1.45E-03	0x2C8	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1			
B	2.68E-04	0x2CC	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0		
C	0	0x2D0	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D	1.64E-07	0x2D4	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0		
E	0	0x2D8	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	0	0x2DC	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

パッケージの寸法

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2986#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)

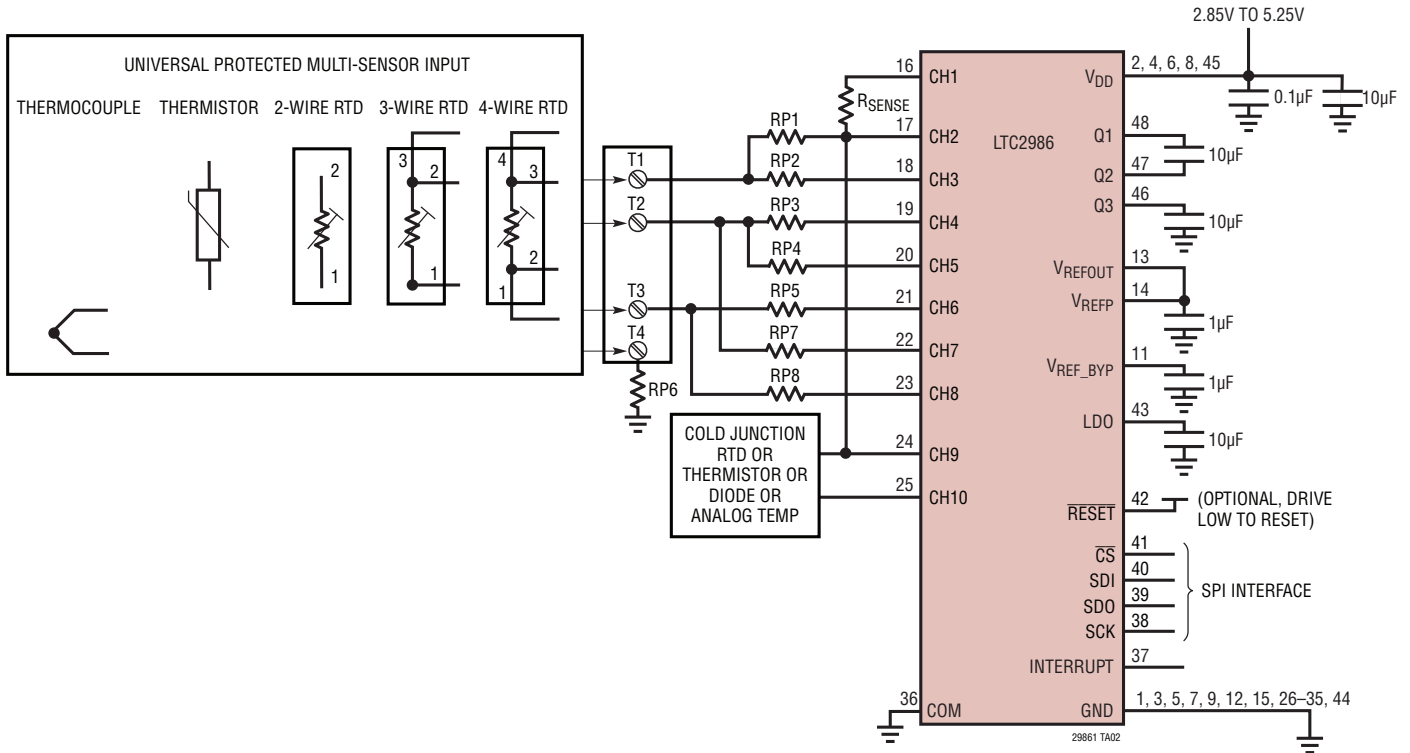


- 注記:
1. パッケージ寸法は JEDEC #MS-026 のパッケージ外形に適合
 2. 寸法はミリメートル
 3. 寸法にはモールドのバリを含まないモールドのバリは(もしあれば)各サイドで 0.25mm を超えないこと
 4. ピン 1 の識別マークはモールドのくぼみ、直径 0.50mm
 5. 図は実寸とは異なる

LTC2986/LTC2986-1

標準的応用例

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
LTC2983	マルチセンサ対応の高精度デジタル温度測定システム	LTC2986のピン/ソフトウェア互換 20チャンネル・バージョン
LTC2984	EEPROMを備えるマルチセンサ対応の高精度デジタル温度測定システム	LTC2986-1のピン/ソフトウェア互換 20チャンネル・バージョン
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。

29861f