

EEPROMを内蔵した 絶縁型高精度デジタル温度測定システム

特長

- 5000V_{RMS}の絶縁型電源およびSPIインターフェース
- 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
- 柔軟な10箇所の入力によりセンサーの交換が可能
- 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・プログラマブルな係数を組み込み
- 焼損、短絡、およびフォールトの自動検出
- バッファ入力により外部保護が可能
- 50Hz/60Hzを同時に除去
- 15ppm/°C(最大)リファレンス内蔵
- 特殊保護モードを搭載
- 内蔵EEPROMにチャンネル構成データおよびカスタム係数を格納

アプリケーション

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

概要

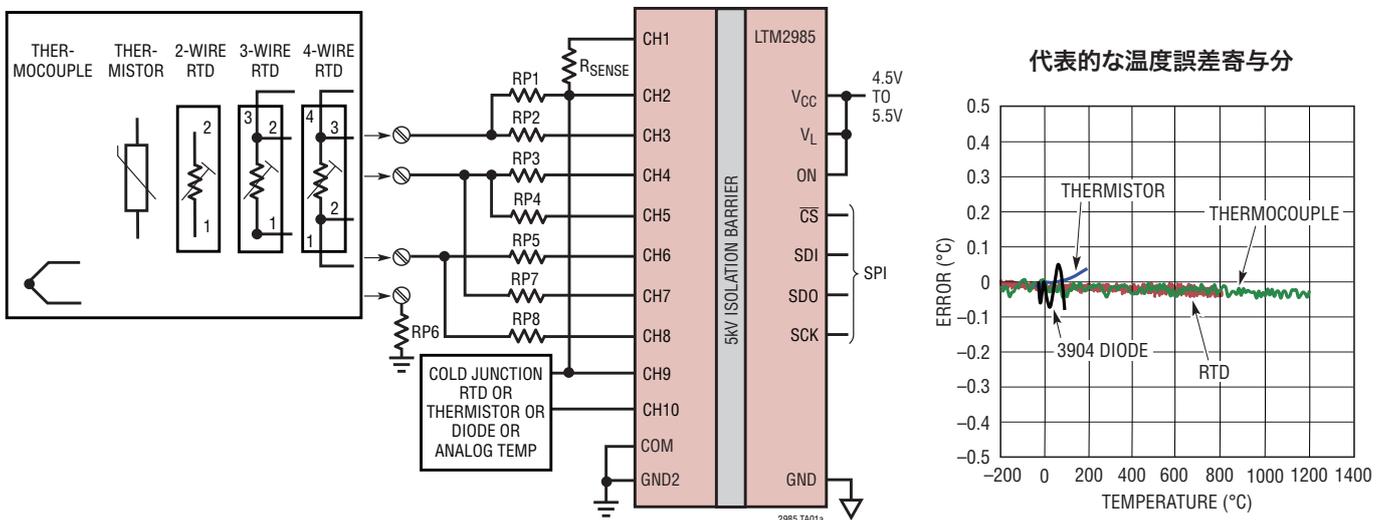
LTM[®]2985は、様々な温度センサーを測定し、その結果を°Cまたは°Fの単位でデジタル出力します。その精度は0.1°Cで、分解能は0.001°Cです。LTM2985は、事実上全ての標準(タイプB、E、J、K、N、S、R、T)またはカスタムの熱電対の温度を測定し、冷接点温度を自動的に補償して、結果を線形化できます。このデバイスは、標準の2線式、3線式、または4線式RTD、サーミスタ、およびダイオードを使用して温度を測定することもできます。LTM2985は、各種の温度センサーに適した励起電流源とフォールト検出回路を内蔵しています。

LTM2985は、LTC2986-1とソフトウェア互換性のある10チャンネルの絶縁型温度測定システムです。高精度な温度toビット変換器に対して5kVの絶縁型電源およびSPIインターフェースを提供します。また、カスタムのセンサー・データを格納するためのプログラマブルなEEPROMも内蔵しています。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。特許申請中。

標準的応用例

ユニバーサルな絶縁型温度測定システム



目次

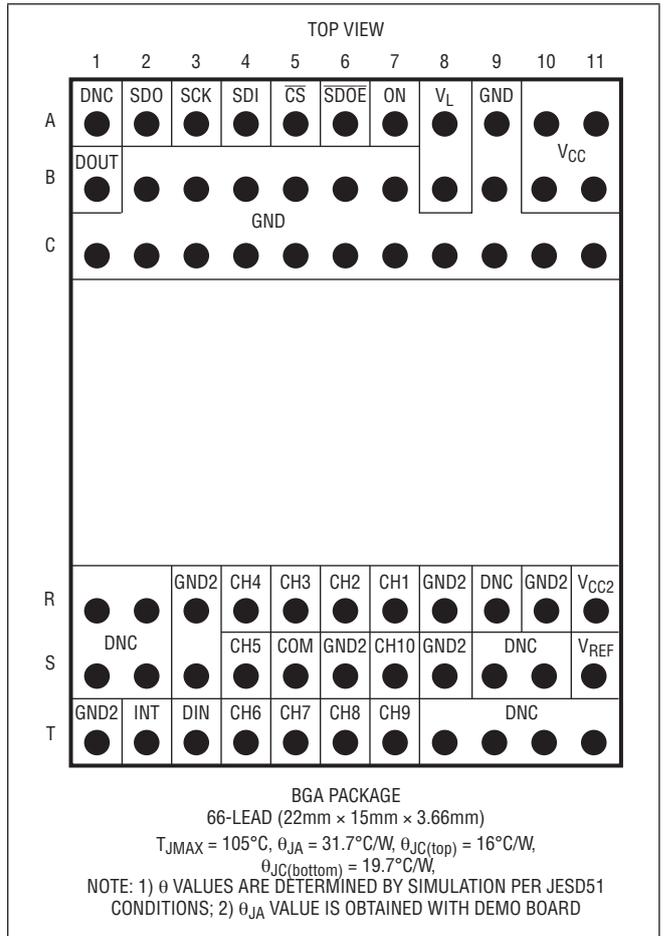
特長	1
アプリケーション	1
標準的応用例	1
概要	1
絶対最大定格	3
発注情報	3
ピン配置	3
システム全体の電気的特性	4
ADCの電気的特性	5
リファレンスの電気的特性	5
デジタル入出力	6
絶縁特性	6
LTM2985のEEPROM特性	7
代表的な性能特性	8
ピン機能	11
ブロック図	12
テスト回路	13
タイミング図	13
概要	14
アプリケーション情報	18
EEPROMの概要	24
EEPROMの読出し／書込み検証	24
EEPROM書込み動作	24
EEPROM読出し動作	25
熱電対の測定	26
ダイオードの測定	29
RTDの測定	33
サーミスタ測定	52
グローバル設定レジスタ	61
入力過電圧保護 - 概要	61
アクティブ・アナログ温度センサー	67
ダイレクトADC測定	71
補足情報	76
2サイクル変換モードと3サイクル変換モード	76
複数チャンネルの連続変換	76
スリープ・モードへの移行／終了	77
MUX構成の遅延	77
リファレンスの考慮事項	77
カスタムの熱電対	78
カスタムのRTD	81
カスタムのサーミスタ	84
パッケージの説明	89
標準的応用例	90
関連製品	90

絶対最大定格

(Note 1)

- 電源電圧 (V_{CC}) (GNDを基準) -0.3V~6V
- V_L (GNDを基準) -0.3V~6V
- V_{CC2} (GND2を基準) -0.3V~6V
- ロジック入力:
 - SCK、SDI、CS、SDOE、ON (GNDを基準) -0.3V~(V_L + 0.3V)
 - DIN (GND2を基準) -0.3V~(V_{CC2} + 0.3V)
- ロジック出力:
 - DOUT、SDO (GNDを基準) -0.3V~(V_L + 0.3V)
 - INT (GND2を基準) -0.3V~(V_{CC2} + 0.3V)
- アナログ入力ピン (CH1~CH10、COM)
 - (GND2を基準) -0.3V~(V_{CC2} + 0.3V)
- 入力電流 (CH1~CH10、COM) ±15mA
- V_{REF} (GND2を基準) -0.3V~(V_{CC2} + 0.3V)
- ハンダ・リフロー時の最大パッケージ・ボディ温度 245°C

ピン配置



発注情報

製品番号	パッド/ボール仕上げ	製品マーキング		パッケージ・タイプ	MSL レーティング	温度範囲
		デバイス	仕上げコード*			
LTM2985CY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM2985Y	e1	BGA	4	0°C~70°C
LTM2985IY#PBF						-40°C~85°C

- デバイスの温度グレードは、出荷容器のラベルに表示されています。
- パッドまたはボールの仕上げコードはIPC/JEDEC J-STD-609によります。
- 推奨されるBGA PCBのアセンブリおよび製造手順
- BGAのパッケージ図面とトレイ図面

システム全体の電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様を示しています。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での仕様です。また、特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3\text{V}$ 、 $GND = GND2 = 0\text{V}$ 、 $ON = V_L$ です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Input Supplies							
V_{CC}	Input Supply Range		●	4.5	5	5.5	V
V_L	Logic Supply Range		●	1.62		5.5	V
I_{CC}	Input Supply Current	$ON = V_L$, No Load	●			80	mA
I_L	Logic Supply Current	$ON = 0\text{V}$ $ON = V_L$	●		10	10	μA μA
Output Supplies							
V_{CC2}	Regulated Output Voltage	No Load	●	4.75	5	5.25	V
	Output Voltage Operating Range	(Note 3)		3		5.5	V
	Line Regulation	External $I_{LOAD} = 1\text{mA}$, $MIN \leq V_{CC} \leq MAX$	●		25	100	mV
	Load Regulation	External $I_{LOAD} = 100\mu\text{A}$ to 1mA	●			6	mV
I_{CC2}	Output Short Circuit Current	$V_{CC2} = 0\text{V}$			150		mA
	Current Limit	$\Delta V_{CC2} \leq -5\%$	●	1			mA
Logic							
V_{ITH}	Input Threshold Voltage	$ON, \overline{SDOE}, SCK, SDI, \overline{CS}$ $1.62\text{V} \leq V_L < 2.35\text{V}$	●	$0.25 \cdot V_L$		$0.75 \cdot V_L$	V
		$ON, \overline{SDOE}, SCK, SDI, \overline{CS}$ $2.35\text{V} \leq V_L \leq 5.5\text{V}$	●	$0.33 \cdot V_L$		$0.67 \cdot V_L$	V
		DIN	●	$0.33 \cdot V_{CC2}$		$0.67 \cdot V_{CC2}$	V
I_{IN}	Input Current	$ON, \overline{SDOE}, SCK, SDI, \overline{CS}, DIN, V_L = 5\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}, 5\text{V}$	●			± 1	μA
V_{HYS}	Input Hysteresis	(Note 3)			150		mV
V_{OH}	Output High Voltage	DOUT, SDO $I_{LOAD} = -1\text{mA}$, $1.62\text{V} \leq V_L < 3\text{V}$ $I_{LOAD} = -4\text{mA}$, $3\text{V} \leq V_L \leq 5.5\text{V}$	●	$V_L - 0.4$			V
V_{OL}	Output Low Voltage	DOUT, SDO $I_{LOAD} = 1\text{mA}$, $1.62\text{V} \leq V_L < 3\text{V}$ $I_{LOAD} = 4\text{mA}$, $3\text{V} \leq V_L \leq 5.5\text{V}$	●			0.4	V
I_{SC}	Short-Circuit Current	$0\text{V} \leq (\text{DOUT}, \text{SDO}) \leq V_L$	●			± 85	mA

ADCの電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Resolution (No Missing Codes)	$-\text{FS} \leq V_{\text{IN}} \leq +\text{FS}$		24			Bits
Integral Nonlinearity	$V_{\text{IN(CM)}} = 1.25$ (Note 14)	●		2	30	ppm of V_{REF}
Offset Error		●		0.5	2	μV
Offset Error Drift	(Note 3)	●		10	20	$\text{nV}/^\circ\text{C}$
Positive Full-Scale Error	(Notes 2, 14)	●			100	ppm of V_{REF}
Positive Full-Scale Drift	(Notes 2, 14)	●		0.1		ppm of $V_{\text{REF}}/^\circ\text{C}$
Input Leakage	I-Grade, C-Grade (Note 18)	●			1	nA
Negative Full-Scale Error	(Notes 2, 14)	●			100	ppm of V_{REF}
Negative Full-Scale Drift	(Notes 2, 14)	●		0.1		ppm of $V_{\text{REF}}/^\circ\text{C}$
Input Referred Noise	I-Grade, C-Grade (Note 4)	●		0.8	1.5	μVRMS
Common Mode Input Range		●	-0.05		$V_{\text{CC2}} - 0.3$	V
RTD Excitation Current	(Note 15)	●	-25	Table 33	25	%
RTD Excitation Current Matching	Continuously Calibrated	●	Error within Noise Level of ADC			V
Thermistor Excitation Current	(Note 15)	●	-37.5	Table 57	37.5	%
Input Range	All Analog Input Channels	●	-0.05		$V_{\text{CC2}} - 0.3$	V
Output Rate	Two Conversion Cycle Mode (Notes 5, 8)	●	150	164	170	ms
	Three Conversion Cycle Mode (Notes 5, 8)	●	225	246	255	ms
Input Common Mode Rejection	50Hz/60Hz (Note 3)	●	120			dB
Input Normal Mode Rejection	60Hz (Notes 3, 6)	●	120			dB
	50Hz (Notes 3, 7)	●	120			dB
	50Hz/60Hz (Notes 3, 5, 8)	●	75			dB
Analog Power-Up	(Note 10)	●			100	ms
Digital Initialization	(Note 11)	●			100	ms

リファレンスの電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	V_{REF} (Note 9)		2.49		2.51	V
Output Voltage Temperature Coefficient	I-Grade	●		3	15	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
	C-Grade	●		3	20	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Load Regulation	$I_{\text{OUT(SOURCE)}} = 100\mu\text{A}$ $I_{\text{OUT(SINK)}} = 100\mu\text{A}$	● ●			5 5	mV/mA 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_{REF} to GND			40		mA
	Short V_{REF} to V_{CC2}			30		mA
Long Term Drift of Output Voltage	(Notes 3, 12)			60		ppm/kHz
Hysteresis	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ to 70°C (Note 13)			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C (Note 13)			70		ppm

デジタル入出力

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	External SCK Frequency Range		●	0	1.5	MHz
	External SCK LOW Period		●	350		ns
	External SCK HIGH Period		●	350		ns
	SDOE↓ to SDO Valid↑	$R_{LOAD} = 1\text{k}\Omega, C_{LOAD} = 15\text{pF}$	●	0	400	ns
	SDOE↑ to SDO Hi-Z	(Note 3) $R_{LOAD} = 1\text{k}\Omega, C_{LOAD} = 15\text{pF}$	●	0	200	ns
t_1	CS↓ to SCK↑		●	200		ns
t_2	SCK↓ to SDO Valid		●		425	ns
t_3	SDO Hold After SCK↓		●	10		ns
t_4	SDI Setup Before SCK↑		●	100		ns
t_5	SDI Hold After SCK↑		●	200		ns
t_R	Rise Time	$C_{LOAD} = 15\text{pF}$	●	3	12.5	ns
t_F	Fall Time	$C_{LOAD} = 15\text{pF}$	●	3	12.5	ns

絶縁特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Rated Dielectric Insulation Voltage	1 Minute, Derived from 1 Second Test (Notes 20, 21)	5000			V_{RMS}
Rated Dielectric Insulation Voltage	1 Second (Note 3)	6000			V_{RMS}
Common Mode Transient Immunity	$V_L = \text{ON} = 3.3\text{V}, V_{CM} = 1\text{kV}, \Delta t = 33\text{ns}$	30	50		$\text{kV}/\mu\text{s}$
Maximum Continuous Working Voltage	(Note 3)	1000			V_{PEAK}
Maximum Continuous Working Voltage	(Note 3)	690			V_{RMS}
Partial Discharge	$V_{PD} = 1300V_{PEAK}$			5	pC
Comparative Tracking Index	IEC 60112 (Note 3)	600			V_{RMS}
Depth of Erosion	IEC 60112 (Note 3)		0.017		mm
Distance Through Insulation	(Note 3)		0.2		mm
Input to Output Resistance	(Note 3)	1	5		$\text{T}\Omega$
Input to Output Capacitance	(Note 3)		5		pF
Creepage Distance	(Note 3)		14.49		mm

LTM2985のEEPROM特性

- は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Retention	(Notes 3, 16)	●	10		Years
Endurance	(Note 3)	●	10000		Cycles
Programming Time	Complete Transfer from RAM to EEPROM	●		2600	ms
Read Time	Complete Transfer from EEPROM to RAM	●		20	ms

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: フルスケールADC誤差。測定値にはリファレンス誤差は含まれていません。

Note 3: 設計上の性能は確保していますが、テストの対象外です。

Note 4: 入力換算ノイズには、内部キャリブレーション動作の寄与分が含まれます。

Note 5: MUX構成遅延 = デフォルト 1ms。

Note 6: グローバル設定は60Hz除去に設定しています。

Note 7: グローバル設定は50Hz除去に設定しています。

Note 8: グローバル設定はデフォルトの50Hz/60Hz除去です。

Note 9: V_{REF} の正確な値はLTM2985に保存され、全ての測定計算に使用されます。温度係数は、出力電圧の最大変化分を仕様規定された温度範囲で除算することによって測定されます。

Note 10: アナログ・パワーアップ。この間、コマンド・ステータス・レジスタはアクセスできません。

Note 11: デジタル初期化。アナログ・パワーアップの終了時に開始します。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は0x80、終了時は0x40です。

Note 12: 通常、長期安定性には対数特性があるため、1000時間以降の変化は、それ以前よりもはるかに小さくなる傾向があります。1000時間以降2000時間までの総ドリフトは通常、最初の1000時間の1/3未満であり、時間と共にドリフトが減少する傾向が継続します。長期安定性は、ボードのアセンブリ時に生じる、ICとボード材料の間のストレス差によっても影響を受けます。

Note 13: 出力電圧のヒステリシスはパッケージの応力によって生じますが、この応力は、そのICがそれまで置かれていた環境が、現在より高温だったのか低温だったのかによって異なります。出力電圧は常に 25°C で測定しますが、連続測定時は、ICに高温限界値または低

温限界値までの温度サイクルを実行してから測定を行います。ヒステリシスは、高温または低温の3つの温度サイクルの平均値に対する最大の出力変化を測定します。適切な温度管理(動作温度の $20\sim 30^\circ\text{C}$ 以内)の下に保管されている計測器の場合、通常は支配的な誤差要因とはなりません。代表的なヒステリシスは、1回の熱サイクルごとに事前に調整された、 $25^\circ\text{C}\rightarrow$ 低温 $\rightarrow 25^\circ\text{C}$ 、または $25^\circ\text{C}\rightarrow$ 高温 $\rightarrow 25^\circ\text{C}$ という最も厳しい条件下における値です。

Note 14: 差動入力範囲は $\pm V_{REF}/2$ です。

Note 15: RTDとサーミスタの測定はレシオメトリックに行われます。その結果、電流源の励起変動は絶対精度に影響を与えません。励起電流は、公称励起電流によって駆動されたときのセンサーまたは R_{SENSE} の最大の電圧降下が1V未満になるように選択します。拡張されたADC入力範囲が励起電流の変動に対応し、レシオメトリック計算によって励起電流の絶対値が打ち消されます。

Note 16: 最大1000プログラム・サイクルで、10年間のデータ保持が確保されます。

Note 17: これらのピンには電圧も電流も印加しないでください。容量性負荷にのみ接続する必要があります。それ以外の場合、恒久的な損傷が生じるおそれがあります。

Note 18: 入力リーク電流は、 $V_{IN} = -10\text{mV}$ および $V_{IN} = 2.5\text{V}$ で測定しました。

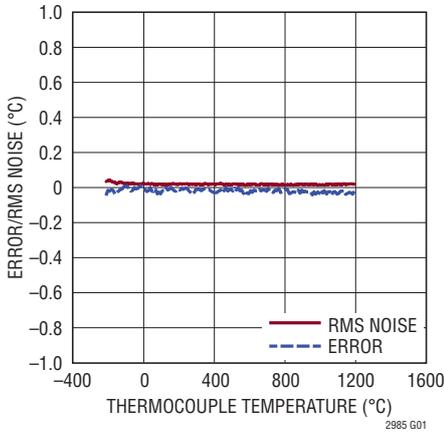
Note 19: このモジュールには一時的な過負荷からデバイスを保護するための過熱保護機能が搭載されています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 125°C を超えます。仕様規定の最大動作ジャンクション温度を超える連続動作は、デバイスの劣化や故障の原因となる場合があります。

Note 20: デバイスは2端子デバイスとみなされます。ピン・グループA1~C11を一緒に短絡し、ピン・グループR1~T11を一緒に短絡しています。

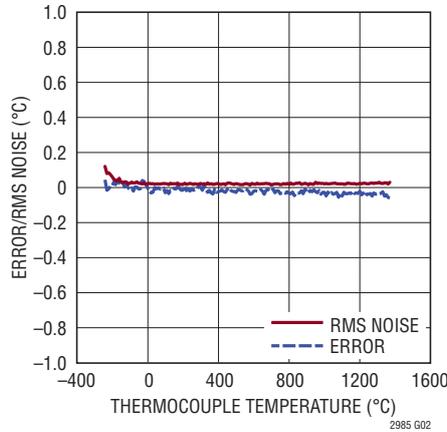
Note 21: 定格誘電絶縁電圧は、連続電圧定格とみなすべきではありません。

代表的な性能特性

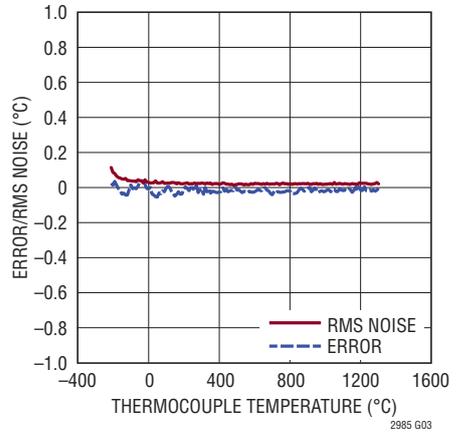
タイプJの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



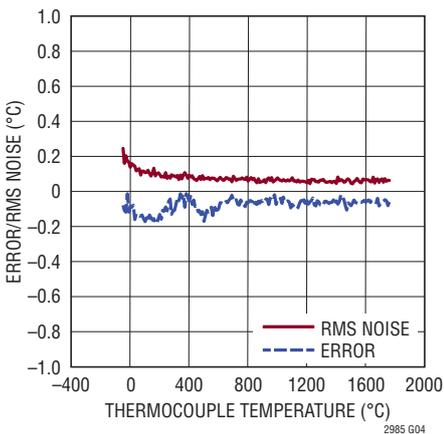
タイプKの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



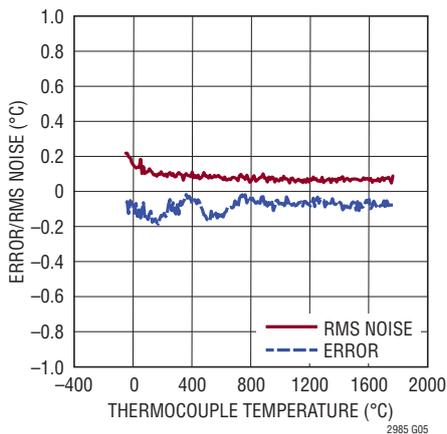
タイプNの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



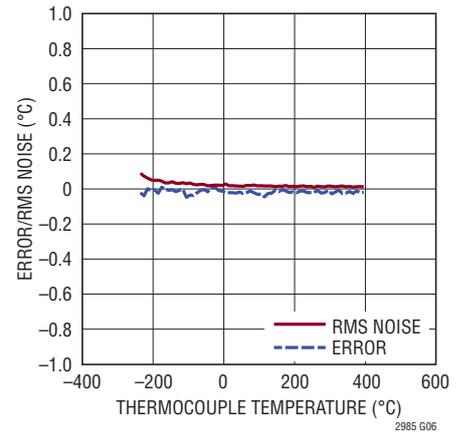
タイプRの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



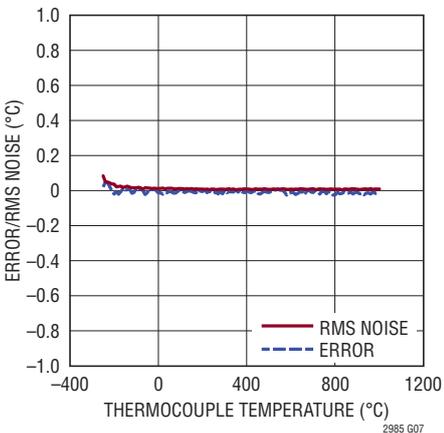
タイプSの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



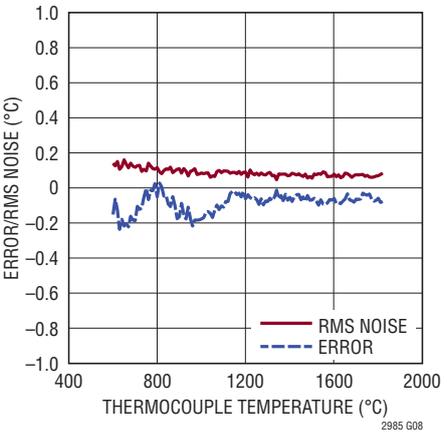
タイプTの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



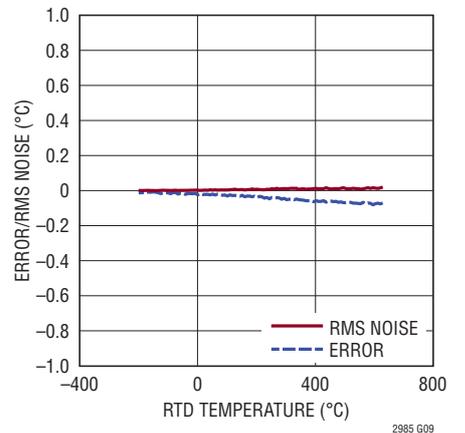
タイプEの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性



タイプBの熱電対の誤差および
RMSノイズの温度特性

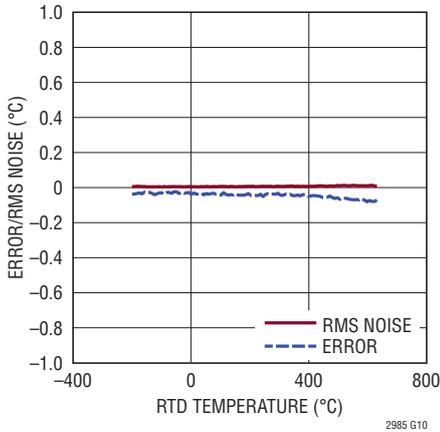


RTD PT-1000の誤差および
RMSノイズの温度特性

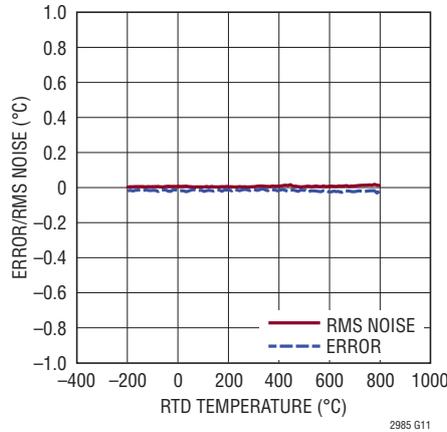


代表的な性能特性

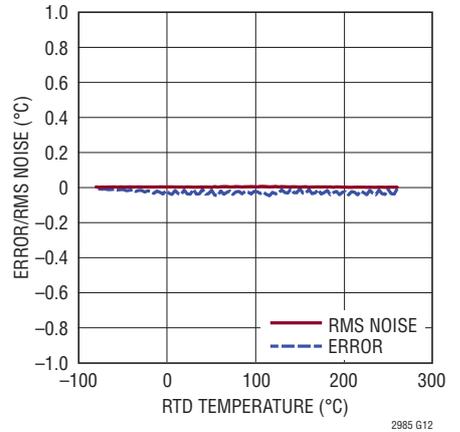
RTD PT-200の誤差および RMS ノイズの温度特性



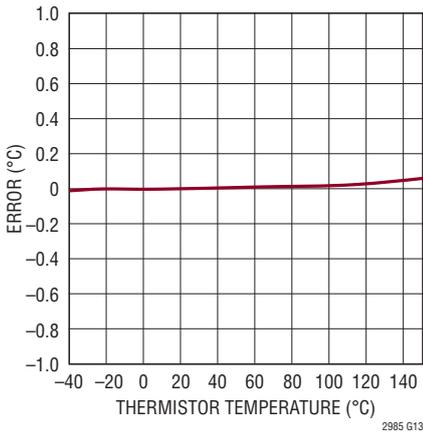
RTD PT-100の誤差および RMS ノイズの温度特性



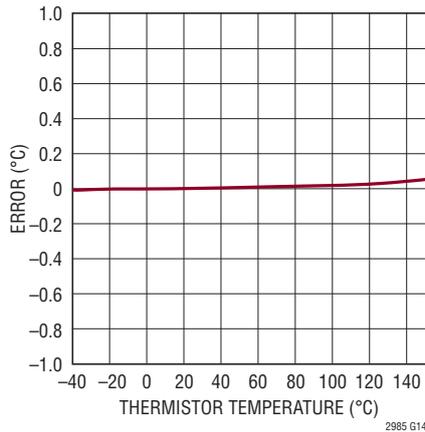
RTD NI-120のRTD 誤差および RMS ノイズの温度特性



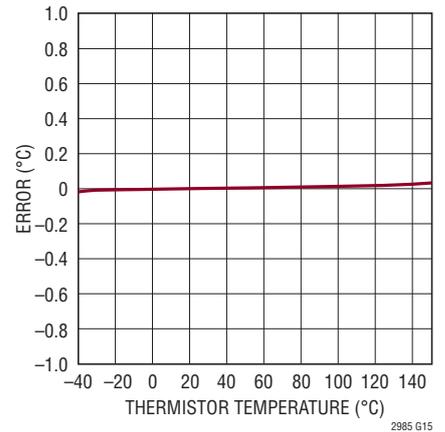
2.252k サーマスタ誤差の温度特性



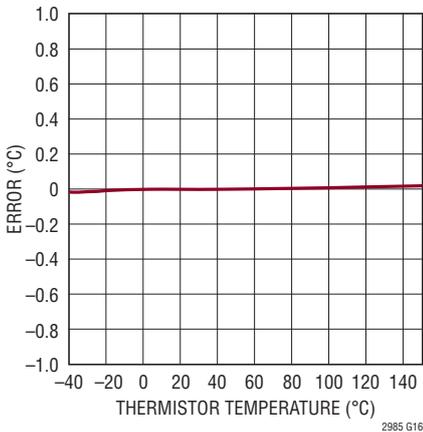
3k サーマスタ誤差の温度特性



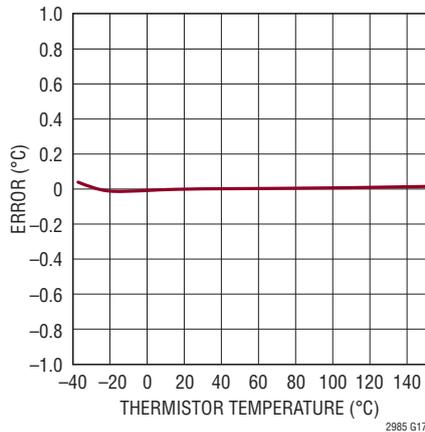
5k サーマスタ誤差の温度特性



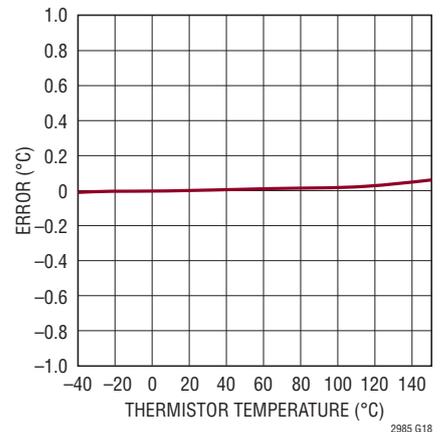
10k サーマスタ誤差の温度特性



30k サーマスタ誤差の温度特性

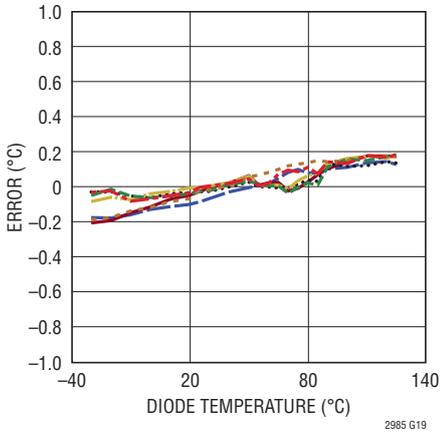


YSI-400 サーマスタ誤差の温度特性

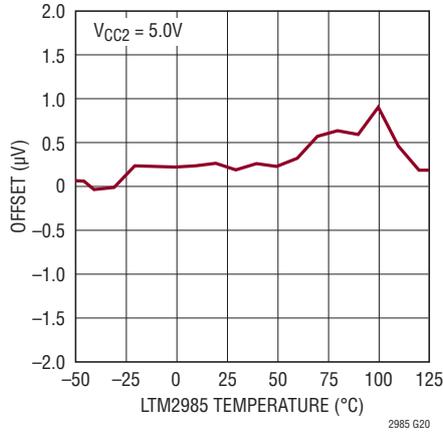


代表的な性能特性

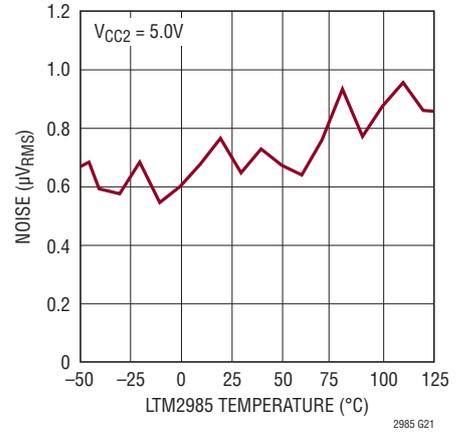
ダイオードの誤差および再現性の温度特性



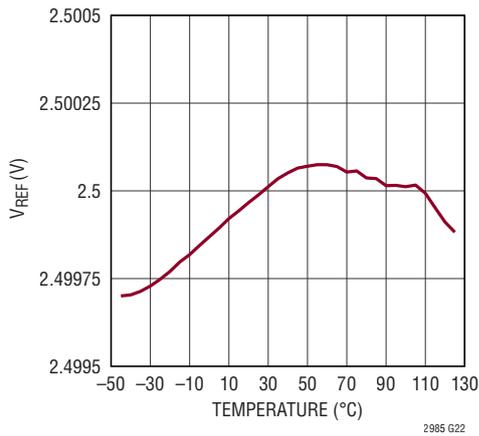
オフセットの温度特性



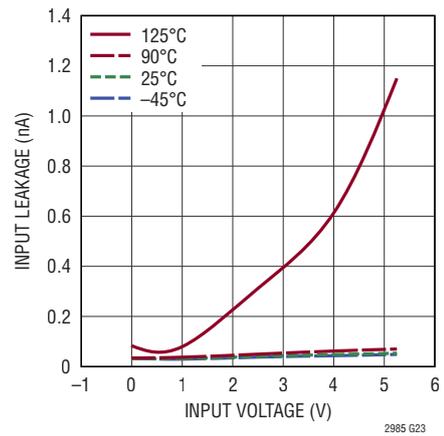
ノイズの温度特性



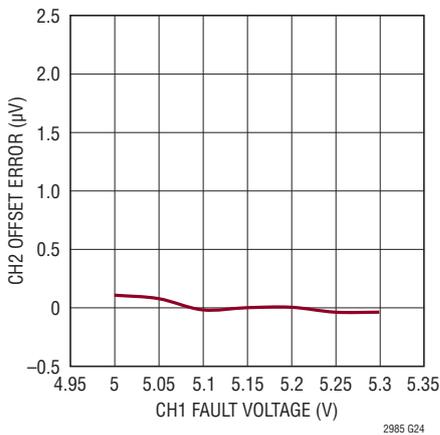
V_{REF}の温度特性



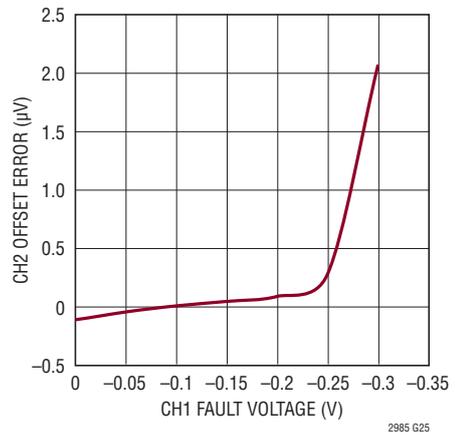
チャンネル入力リーク電流の温度特性



隣接チャンネルのオフセット誤差と入力フォールト電圧 (V_{CC2} = 5V) の関係



隣接チャンネルのオフセット誤差と入力フォールト電圧の関係



ピン機能

ロジック側

DOUT (B1): デジタル出力。V_LおよびGNDを基準。絶縁バリアを介してDINに接続されたロジック出力です。絶縁通信故障の状態では、この出力はハイ・インピーダンス状態になります。

SDO (A2): シリアルSPIデジタル出力。V_LおよびGNDを基準。絶縁通信故障の状態では、この出力はハイ・インピーダンス状態になります。

SCK (A3): シリアルSPIクロック入力。V_LおよびGNDを基準。フロート状態にしないでください。

SDI (A4): シリアルSPIデータ入力。V_LおよびGNDを基準。フロート状態にしないでください。

CS (A5): シリアルSPIチップ・セレクト。V_LおよびGNDを基準。フロート状態にしないでください。

SDOE (A6): シリアルSPIデータ出力イネーブル。V_LおよびGNDを基準。SDOEをロジック・ハイにするとロジック側のSDOピンがハイ・インピーダンス状態になり、ロジック・ローにすると出力が有効化されます。フロート状態にしないでください。同じバス上に複数のSPIデバイスがある場合は、SDOEをCSに接続します。それ以外の場合は、GNDに接続します。

ON (A7): イネーブル。絶縁バリアを介した電力およびデータの通信を有効化します。ONがハイの場合、デバイスは有効になり、電力と通信は絶縁側で機能します。ONがローの場合、ロジック側はリセット状態に保持され、全てのデジタル出力はハイ・インピーダンス状態になり、絶縁側には電力が供給されません。フロート状態にしないでください。

V_L (A8, B8): ロジック電源。ピンSDI、SCK、SDO、DOUT、CS、SDOE、およびONのインターフェース電源電圧です。動作電圧は1.62V～5.5Vです。内部でGNDに2.2μFでバイパスされています。

GND (A9, B2～B7, B9, C1～C11): 回路グラウンド。

V_{CC} (A10, A11, B10, B11): 絶縁されたアナログ電源。内部でGNDに2.2μFでバイパスされています。

DNC (A1): 接続しないでください。このピンは内部で接続されています。

絶縁側

V_{CC2} (R11): 5Vの公称絶縁電源電圧。絶縁型DC/DCコンバータによって内部でV_{CC}から生成され、5Vにレギュレーションされます。内部でGND2に2.2μFでバイパスされています。

DIN (T3): デジタル入力。V_{CC2}およびGND2を基準。絶縁バリアを介してDOUTに接続されたロジック入力です。DINのロジック状態は、DOUTで同じロジック状態に変換されます(フロートにしないでください)。

INT (T2): 割込み。変換が完了すると、ローからハイに遷移します。DINに短絡することでロジック側に送信できます。

GND2 (R8, S6, S8, R10, R3, S3, T1): 絶縁グラウンド。

V_{REF} (S11): リファレンス出力ピン。内部でGNDに10μFでバイパスされています。このピンには負荷を接続しないでください。

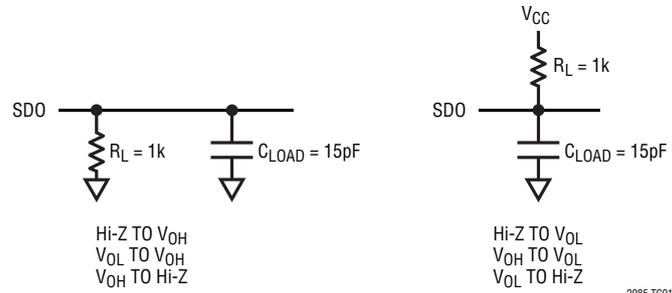
DNC (R1, R2, R9, S1, S2, S9, S10, T8, T9, T10, T11): 接続しないでください。このピンは内部で接続されています。

CH1～CH10 (R7, R6, R5, R4, S4, T4, T5, T6, T7, S7): 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設定できます。これらのピンの電圧は、GND2 - 50mVからV_{CC2} - 0.3Vまでの間の任意の値にすることができます。未使用のピンは、接地するか、フロート状態にできます。

COM (S5): 共通入力。全てのシングルエンド動作の負の入力ピンです。

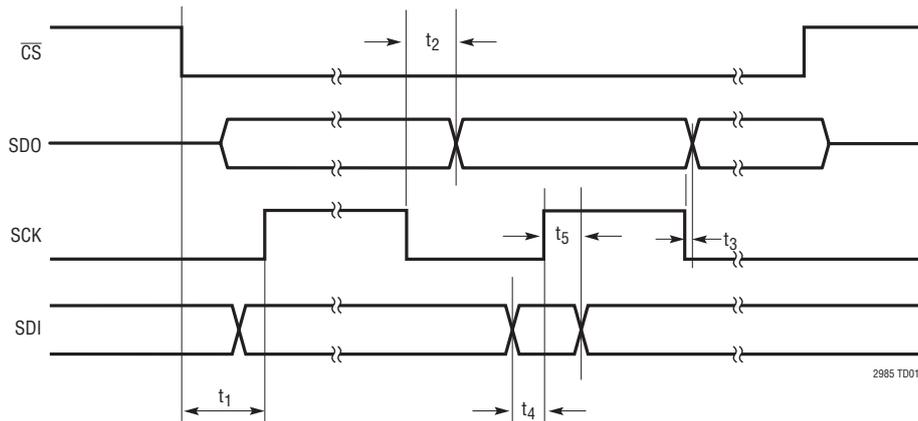
テスト回路

SDO 出力タイミング用テスト回路



タイミング図

SPI タイミング図



概要

LTM2985は、最も一般的なセンサー(熱電対、RTD、サーミスタ、アクティブ・アナログ温度センサー、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ー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、数値変換機能を備えています。

熱電対は、最低 -265°C から 1800°C を超える温度まで測定できます。熱電対は、先端の温度(熱電対温度)と回路ボード上の電氣的接点の温度(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。冷接点温度は通常、別の(熱電対以外の)温度センサーを冷接点に設置して求めます。LTM2985では、冷接点センサーとして、ダイオード、アクティブ・アナログ温度センサー、RTD、サーミスタを使用できます。熱電対からの電圧出力を温度値に変換するには、高次(最大14次)の多項式を解く必要があります。LTM2985は、事実上全ての標準的な熱電対(J、K、N、E、R、S、T、B)に対応する多項式を備えています。更に、冷接点温度では逆多項式を解く必要もあります。LTM2985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 $^{\circ}\text{F}$ の単位で通知します。1つのグラウンド基準電源からの正負両方の電圧(グラウンドより50mV低い電圧まで)を直接デジタル化します。センサー焼損検出機能を内蔵し、また、バッファ回路を必要とせずに外部保護回路/アンチエイリアス回路を実現できます。

ダイオードは、使い勝手の良い低コストのセンサー素子で、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で、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。LTM2985は、それらの励起電流を高精度で生成し、それぞれのダイオードの電圧を測定して、温度($^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$)を計算します。

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 の広範囲の温度を測定できますが、サーミスタの動作範囲は通常 -40°C ~ 150°C です。これらのセンサーのいずれかを測定するには、高精度の検出抵抗をセンサー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、表を参照するか(RTD)、Steinhart-Hart式を解いて(サーミスタ)、センサー素子の温度を求めます。LTM2985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、センサー抵抗を計算して、計算結果を $^{\circ}\text{C}$ 単位で通知します。LTM2985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、多数の曲線に対応する係数(米国、ヨーロッパ、日本、ITS-90)を内蔵していて、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除去するように構成できます。内蔵の線形化係数に加えて、LTM2985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備えています。

LTM2985は、アクティブ・アナログ出力温度センサーを測定する機能を備えています。これらのセンサーは、温度の関数として電圧を出力します。電圧と温度の間の関係をLTM2985に保存できます。これらのセンサーは、単独の温度センサーとして、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ー・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toピーク・ノイズには、A/Dコンバータ(ADC)、内部アンプ、励起電流源、および内蔵リファレンスによる影響が含まれます。精度とノイズは、ADCおよびリファレンス仕様を確実に満たす最大値を基に計算された、最も厳しい条件時の誤差

です。ピークtoピーク・ノイズ値は、0°C(タイプBのみ400°C)で計算し、ダイオード測定にはAVG = ONモードを使用しています。

熱電対の誤差には、冷接点測定に関連した誤差は含まれていません。動作温度範囲内での特定の冷接点センサーに関連した誤差と、与えられた熱電対の誤差を組み合わせ、全体的な温度測定精度が求められます。

表 1. LTM2985の誤差寄与分とピーク・ノイズ誤差

SENSOR TYPE	TEMPERATURE RANGE	ERROR CONTRIBUTION	PEAK-TO-PEAK NOISE
Type K Thermocouple	-200°C to 0°C 0°C to 1372°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.23\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{Temperature} \cdot 0.12\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.08^\circ\text{C}$
Type J Thermocouple	-210°C to 0°C 0°C to 1200°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.23\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{Temperature} \cdot 0.12\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.07^\circ\text{C}$
Type E Thermocouple	-200°C to 0°C 0°C to 1000°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.18\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.06^\circ\text{C}$
Type N Thermocouple	-200°C to 0°C 0°C to 1300°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.27\% + 0.08)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\% + 0.08)^\circ\text{C}$	$\pm 0.13^\circ\text{C}$
Type R Thermocouple	0°C to 1768°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
Type S Thermocouple	0°C to 1768°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
Type B Thermocouple	400°C to 1820°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\%)^\circ\text{C}$	$\pm 0.83^\circ\text{C}$
Type T Thermocouple	-250°C to 0°C 0°C to 400°C	$\pm(\text{Temperature} \cdot 0.15\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{Temperature} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.09^\circ\text{C}$
External Diode (2 Reading)	-40°C to 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
External Diode (3 Reading)	-40°C to 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2^\circ\text{C}$
Platinum RTD – PT-10, $R_{\text{SENSE}} = 1\text{k}\Omega$	-200°C to 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
Platinum RTD – PT-100, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C to 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
Platinum RTD – PT-500, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C to 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.02^\circ\text{C}$
Platinum RTD – PT-1000, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	-200°C to 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$
Thermistor, $R_{\text{SENSE}} = 10\text{k}\Omega$	-40°C to 85°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$

概要

メモリ・マップ

LTM2985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に示します。チャンネルの変換結果は、メモリ・ロケーション0x010~0x037にマッピングされており、図1に示すようにSPIインターフェースを使用して読み出すことができます。読出しを開始するには、読出し命令バイト(0x03)、アドレス、データ

の順に送信します。チャンネルの割り当てデータは、メモリ・ロケーション0x200~0x227に格納されており、図2に示すように、SPIインターフェースを介して設定できます。書き込みを開始するには、書き込み命令バイト(0x02)、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・ロケーション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

LTM2985 MEMORY MAP				
SEGMENT	START ADDRESS	END ADDRESS	SIZE (BYTES)	DESCRIPTION
Command Status Register	0x000	0x0000	1	See Table 6 and Table 12, Initiate Conversion, Sleep Command, EEPROM Command
Reserved	0x001	0x000F	15	
Temperature Result Memory 10 Words – 40 Bytes	0x010	0x037	40	See Tables 8 to 10, Read Result
Reserved	0x038	0x0AF	120	
EEPROM Key	0x0B0	0x0B3	4	See Table 11
Reserved	0x0B4	0x0CF	44	
EEPROM Read Result Code	0x0D0	0x0D0	1	See Table 11
Reserved	0x0D1	0x0EF	15	
Global Configuration Register	0x0F0	0x0F0	1	See Table 67 for Global Configuration
Reserved	0x0F1	0x0F3	3	
Measure Multiple Channels Bit Mask	0x0F4	0x0F7	4	See Tables 84, 85, Run Multiple Conversions
Reserved	0x0F8	0x0F8	1	
EEPROM Status Register	0x0F9	0x0F9	1	See Table 13
Reserved	0x0FA	0x0FE	5	
MUX Configuration Delay	0x0FF	0x0FF	1	See MUX Configuration Delay Section of Data Sheet
Reserved	0x100	0x1FF	256	
Channel Assignment Data	0x200	0x227	40	See Table 3 and Table 4, Channel Assignment
Reserved	0x228	0x24F	40	
Custom Sensor Table Data	0x250	0x3CF	384	
Reserved	0x3D0	0x3FF	48	

表2B. SPI 命令バイト

INSTRUCTION	SPI INSTRUCTION BYTE	DESCRIPTION
Read	0b00000011	See Figure 1
Write	0b00000010	See Figure 2
Invalid	0bxxxxxx0x	

概要

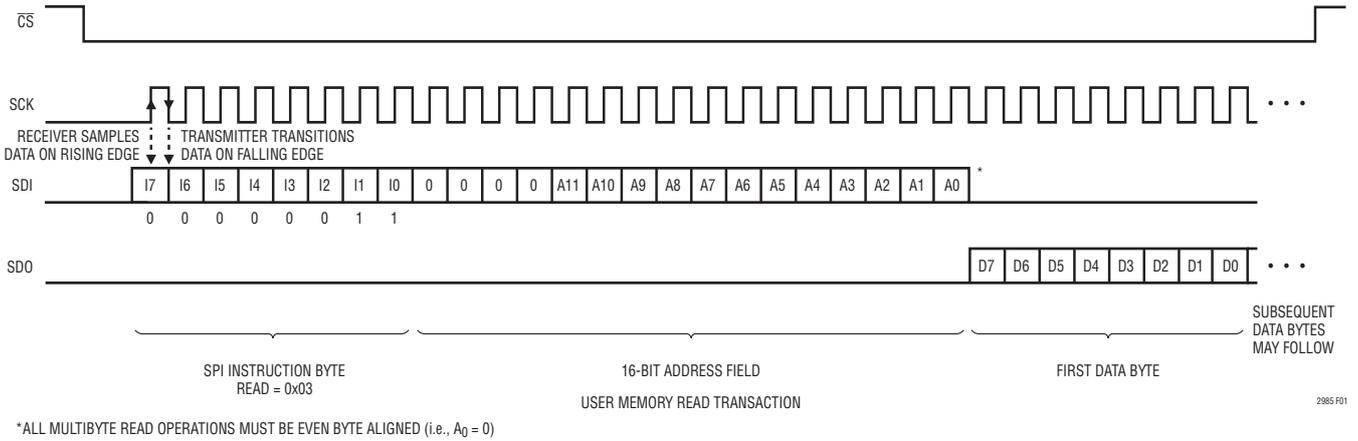


図1. メモリ読出し動作

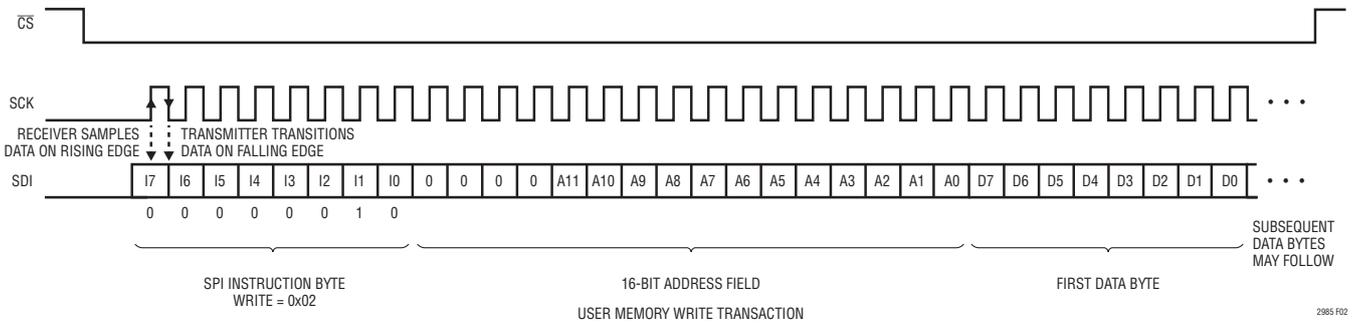


図2. メモリ書き込み動作

アプリケーション情報

LTM2985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)。

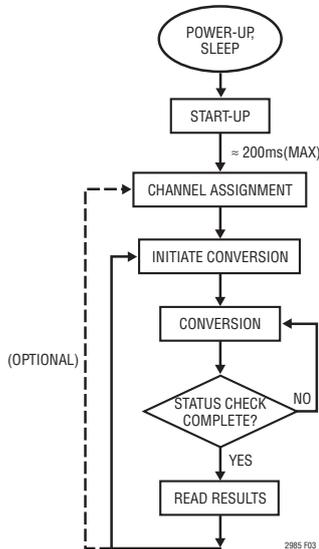


図3. 基本動作

変換ステートの概要

- 1. スタートアップ。**LTM2985に電源を投入した($V_{CC2} > 2.6V$)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、ADC、リファレンスがパワーアップし、内部RAMが初期化されます。スタートアップが完了すると、INTピンがハイになり、コマンド・ステータス・レジスタを読み出すと0x40の値(スタート・ビット=0、完了ビット=1)を返します。
- 2. チャンネルの割り当て。**スタートアップが完了すると、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。このステートの間に、ユーザは各入力チャンネルに対するセンサー固有のデータをRAMに書き込みます。このデータはEEPROMから読み込むこともできます(詳細は、EEPROMのセクションを参照)。割り当てデータには、センサーのタイプ、冷接点センサーまたは検出抵抗へのポインタ、センサー固有のパラメータに関する情報などがあります。
- 3. 変換の開始。**RAMメモリのロケーション0x000に測定コマンドが書き込まれると変換が開始されます。このコマンドは、変換を実行するチャンネルへのポインタです。

4. 変換。変換開始コマンドの後、自動的に新しい変換が開始します。このステートでは、ADCが、指定されたチャンネル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)で変換を実行します。ユーザは、このステートの間はRAMにアクセスできなくなります(ステータス・ロケーション0x000の読出しを除く)。変換の終了は、INTピンがハイになることと、ステータス・レジスタのスタート・ビットがロー、完了ビットがハイになることの両方で示されます。

5. 結果の読出し。このステートでは、RAMにアクセス可能になり、完了後の変換結果とフォールト・ステータス・ビットを読み出すことができます。結果読出しステートの間、チャンネル割り当てデータの変更や追加を行うこともできます。

変換ステートの詳細

ステート1: スタートアップ

LTM2985に電源を投入すると、自動的にスタートアップ・ステートになります。電源が約2.6Vの閾値を下回ってから通常動作電圧(2.85V~5.25V)に戻ると、LTM2985はリセットされてスタートアップ・ステートに入ります。また、スリープ・ステートが終了したときも、LTM2985はスタートアップ・ステートに入ります。

スタートアップ・ステートの最初の段階では、クリティカルなアナログ回路は全てパワーアップされます。LDO、リファレンス、チャージ・ポンプ、ADCなどです。この最初の段階の間はコマンド・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が、LTM2985が完全に初期化されるまでは0x80の値を返します。LTM2985が初期化されて使用できる状態になると、INTピンがハイになり、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)を返します。この時点で、LTM2985は完全に初期化され、変換を実行可能な状態になっています。

ステート2: チャンネルの割り当て

LTM2985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設定できます。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ます(表3を参照)。使用しないチャンネルのチャンネル割り当てデータは、全て0(スタートアップ時のデフォルト)に設定する必要があります。

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

CHANNEL ASSIGNMENT NUMBER	CONFIGURATION DATA START ADDRESS	CONFIGURATION DATA ADDRESS + 1	CONFIGURATION DATA ADDRESS + 2	CONFIGURATION DATA END ADDRESS + 3	SIZE (BYTES)
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

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ーについての必要な情報が全て含まれます(表4を参照)。最初の5ビットで、センサーのタイプを指定します(表5を参照)。各センサーには、センサー固有の設定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・ロケーションへのポインタ、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、センサー固有の制御なども、このデータに含まれます。熱電対、RTD、ダイオード、サーミスタ、アナログ温度センサー、および検出抵抗の各種のセンサーに対応する割り当てデータについては、それぞれのセンサーについての詳細動作セクションに記載されています。LTM2985のデモ・ソフトウェアには、構成データを検査して、チャンネル割り当てデータを設定するための注釈付きCコードを生成するユーティリティが含まれています。

表4. チャンネル割り当てデータ

	SENSOR TYPE					SENSOR SPECIFIC CONFIGURATION																										
Channel Assignment Memory Location	Configuration Data Start Address					Configuration Data Start Address + 1					Configuration Data Start Address + 2					Configuration Data Start Address + 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
Unassigned (Default)	Type = 0					Channel Disabled																										
Thermocouple	Type = 1 to 9					Cold Junction Channel Assignment [4:0]				SGL=1 DIFF=0	OC Check	OC Current [1:0]			0	0	0	0	0	0	Custom Address [5:0]			Custom Length - 1 [5:0]								
RTD	Type = 10 to 18					R _{SENSE} Channel Assignment [4:0]				2, 3, 4 Wire		Excitation Mode		Excitation Current [3:0]			Curve [1:0]		Custom Address [5:0]			Custom Length - 1 [5:0]										
Thermistor	Type = 19 to 27					R _{SENSE} Channel Assignment [4:0]				SGL=1 DIFF=0	Excitation Mode		Excitation Current [3:0]			0	0	0	Custom Address [5:0]			Custom Length - 1 [5:0]										
Diode	Type = 28					SGL=1 DIFF=0	2 to 3 Reading	Avg on	Current [1:0]		Ideality Factor (2, 20) Value from 0 to 4 with 1/1048576 Resolution All Zeros Use Factory Set Default in ROM																					
Sense Resistor	Type = 29					Sense Resistor Value (17, 10) Up to 131,072Ω with 1/1024Ω Resolution																										
Direct ADC	Type = 30					SGL=1 DIFF=0	Table Mode		Not Used										Custom Address [5:0]			Custom Length - 1 [5:0]										
Active Analog Temperature Sensor	Type = 31					SGL=1 DIFF=0	Not Used										Custom Address [5:0]			Custom Length - 1 [5:0]												

アプリケーション情報

表 5. センサー・タイプの選択

31	30	29	28	27	SENSOR TYPE
0	0	0	0	0	Unassigned
0	0	0	0	1	Type J Thermocouple
0	0	0	1	0	Type K Thermocouple
0	0	0	1	1	Type E Thermocouple
0	0	1	0	0	Type N Thermocouple
0	0	1	0	1	Type R Thermocouple
0	0	1	1	0	Type S Thermocouple
0	0	1	1	1	Type T Thermocouple
0	1	0	0	0	Type B Thermocouple
0	1	0	0	1	Custom Thermocouple
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 Custom
1	0	0	1	1	Thermistor 44004/44033 2.252kΩ at 25°C
1	0	1	0	0	Thermistor 44005/44030 3kΩ at 25°C
1	0	1	0	1	Thermistor 44007/44034 5kΩ at 25°C
1	0	1	1	0	Thermistor 44006/44031 10kΩ at 25°C
1	0	1	1	1	Thermistor 44008/44032 30kΩ at 25°C
1	1	0	0	0	Thermistor YSI 400 2.252kΩ at 25°C
1	1	0	0	1	Thermistor Spectrum 1003k 1kΩ
1	1	0	1	0	Thermistor Custom Steinhart-Hart
1	1	0	1	1	Thermistor Custom Table
1	1	1	0	0	Diode
1	1	1	0	1	Sense Resistor
1	1	1	1	0	Direct ADC
1	1	1	1	1	Analog Temperature Sensor

ステート 3: 変換の開始

チャンネルの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)を書き込んだ後に、使用する入力チャンネル(B4~B0)をRAMメモリのロケーション0x000に書き込みます(表6および表7を参照)。このチャンネル選択ビット(B4~B0)を00000に設定すると、測定サイクルを複数のチャンネルで開始できます。詳細は、データシートにある**複数チャンネルの連続変換**の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	
Start=1	Done=0	0	EEPROM Command and Channel Selection 1 to 10				Start Conversion	
1	0	0	1	0	1	1	1	Initiate Sleep

表 7. 入力チャンネルのマッピング

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	CHANNEL SELECTED
1	0	0	0	0	0	0	0	Multiple Channels
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	Sleep
All Other Combinations							Reserved	

アプリケーション情報

ビットB4～B0で、変換を実行する入力チャンネルを指定します。これは、単にチャンネル番号を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の読出し操作および書込み操作にも使用されます(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およびB6=0)に設定します。変換が開始すると、INTピンがローになります。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)、INTピンがハイになって、変換が完了して結果が読出し可能であることを示します。

ステート4: 変換

変換開始コマンドをRAMロケーション0x000に書き込むと、測定サイクルが開始します(表6)。LTM2985は、選択された入力センサー、検出抵抗(RTDおよびサーミスタ)、および該当する場合は冷接点温度(熱電対)を同時に測定します。

変換が開始すると、RAMメモリのロケーション0x000に格納されている読出しステータス・データを除いて、RAMにアクセスできなくなります。

変換が開始すると、INTピンがローになります。センサーの構成に応じて、1つの温度結果ごとに2回もしくは3回の82msのサイクルが必要です。これらは、それぞれ167msおよび251msの変換レートに相当します(フィルタ周波数を55Hzに設定した場合)。これらのモードの詳細については、データシートの2サイクル変換モードと3サイクル変換モードのセクションに記載しています。

変換の終了は、INTピン(ローからハイへの遷移)によって、またはRAMメモリのロケーション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: 結果の読出し

変換が完了すると、入力チャンネルに対応するRAMメモリの格納ロケーションから変換結果を読み出すことができます(表8を参照)。

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

結果は、全ての温度センサーについて、°C単位(範囲: -273.15°C～8192°C、分解能: 1/1024°C)または°F単位(範囲: -459.67°F～8192°F、分解能: 1/1024°F)で通知されます。変換結果には、7つのセンサー・フォールト・ビットと1つの有効ビットが含まれます。これらのセンサー・フォールト・ビットは、対応する変換結果に問題があった場合、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種類が通知されます。ハード・エラーは、読出しが無効であることを示し、その結果通知される温度は-999°Cまたは°Fになります。ソフト・エラーは、動作がセンサーの通常温度範囲またはADCの入力範囲を超えたことを示します。この場合、計算後の温度が通知されますが、精度が低下している可能性があります。それぞれのタイプのフォールトの詳細はセンサーによって異なるため、本データシートのセンサー固有のセクションで詳細を記載しています。ビットD24は有効ビットであり、データが有効な場合に1がセットされます。

データの読出しが完了すると、デバイスは新しい変換開始コマンドを実行できる状態になります。新しいチャンネル構成データが必要な場合、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

CONVERSION CHANNEL	START ADDRESS	END ADDRESS	SIZE (BYTES)
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

アプリケーション情報

表 9A. データ出力ワードの例 (°C)

	START ADDRESS								START ADDRESS + 1								START ADDRESS + 2								START ADDRESS + 3 (END ADDRESS)							
	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
	Fault Data								SIGN MSB								LSB															
Temperature	Sensor Hard Fault	ADC Hard Fault	CJ Hard Fault	CJ Soft Fault	Sensor Over Range Fault	Sensor Under Range Fault	ADC Out of Range Fault	Valid If 1	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	0
1°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/1024°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1/1024°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-1°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-273.15°C								1	1	1	1	1	1	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)

	START ADDRESS								START ADDRESS + 1								START ADDRESS + 2								START ADDRESS + 3 (END ADDRESS)							
	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
	Fault Data								SIGN MSB								LSB															
Temperature	Sensor Hard Fault	ADC Hard Fault	CJ Hard Fault	CJ Soft Fault	Sensor Over Range Fault	Sensor Under Range Fault	ADC Out of Range Fault	Valid If 1	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	1	
1024°F								1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/1024°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1/1024°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-1°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-459.67°F								1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	

表 10. センサー・フォルトの通知

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Sensor Hard Fault	Hard	Bad Sensor Reading	-999°C or °F
D30	Hard ADC-Out-of-Range	Hard	Bad ADC Reading (Could Be Large External Noise Event)	-999°C or °F
D29	CJ Hard Fault	Hard	Cold Junction Sensor Has a Hard Fault Error	-999°C or °F
D28	CJ Soft Fault	Soft	Cold Junction Sensor Result Is Beyond Normal Range	Suspect Reading
D27	Sensor Over Range	Soft	Sensor Reading Is Above Normal Range	Suspect Reading
D26	Sensor Under Range	Soft	Sensor Reading Is Below Normal Range	Suspect Reading
D25	ADC Out-of-Range	Soft	ADC Absolute Input Voltage Is Beyond $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	Suspect Reading
D24	Valid	NA	Result Valid (Should Be 1) Discard Results if 0	Suspect Reading

アプリケーション情報

EEPROMの概要

LTM2985は、ユーザRAMの上位センサー構成セグメント(ロケーション0x200~0x3CF、[図4](#)を参照)をシャドーする512バイトのEEPROMを内蔵しています。最初使用前に、全てのチャンネル割り当てデータとカスタム・センサー・データでユーザRAMを設定します。ユーザRAMを設定したら、メモリのこのセグメントをEEPROMに保存できます。それ以降パワーダウンまたはスリープ・サイクルの後、通常必要なチャンネル割り当てやカスタム・センサー設定を行うことなく、この保存したEEPROMデータでユーザRAMを再読み込みできます。

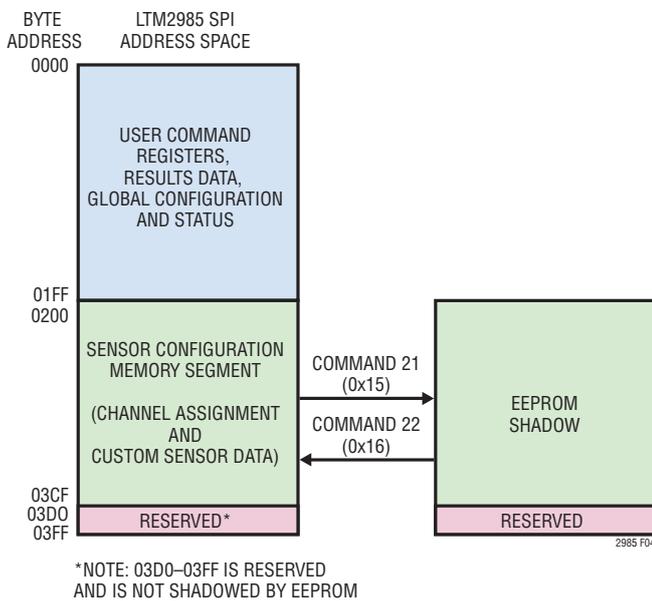


図4. シャドーEEPROMのメモリ・マップ

EEPROMの読み出し/書き込み検証

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。また、EEPROMは、2レベルのデータ完全性保護も備えています。第1レベルは、EEPROM内の各32ビット・ワード・データに対する誤り訂正符号(ECC)によって実装されています。ECCにより、ワードごとの任意の1ビット・エラー訂正、およびワードごとの2ビット・エラー検出が可能です。第2レベルの保護は、ユーザEEPROMの内容全体をカバーする、32ビットのチェックサムによって実装されています。ステータス・ビットを使用することで、ECCの状態とチェックサム・エラーの状態を知ることができます。

EEPROM書き込み動作

EEPROMの書き込み動作には、5つの手順が必要です([図5](#)参照)。

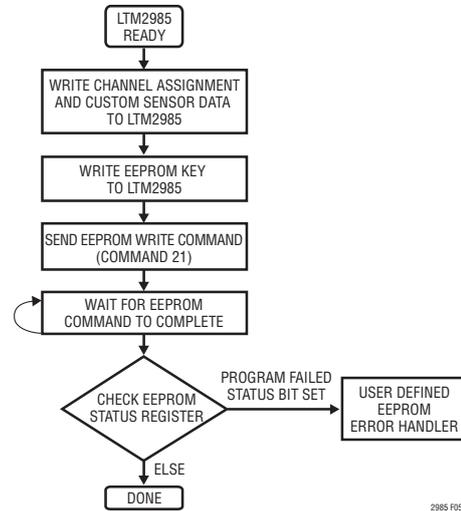


図5. EEPROM書き込み動作

- 1. センサーの構成。**目的のチャンネル割り当ておよびカスタム・センサー・データを全てLTM2985のユーザRAMに書き込みます。
- 2. EEPROMキーの設定。**EEPROMキー(0xA53C0F5A)をLTM2985のユーザ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。キーはMSBファーストで書き込みます。
- 3. EEPROM書き込みコマンドの送信。**EEPROMの書き込みコマンド(0x15)とスタート・ビット(0x80)をLTM2985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+0x15 = 0x95になります([表12](#)を参照)。
- 4. EEPROMコマンドの完了を待機。**書き込み動作の完了は、INTピンがハイになること、およびステータス・レジスタのスタート・ビットがロー、完了ビットがハイになることの両方で示されます。
- 5. EEPROMステータス・レジスタの確認。**EEPROMのステータス・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)を調べて、EEPROM書き込み動作が正常であったかどうかを確認します([表13](#)を参照)。プログラム失敗ステータス・ビットがセットされている場合は、書き込み動作が失敗したことを示しています。

手順1~5が正常に完了すると、EEPROMには、ユーザRAMのロケーション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 読出し動作

LTM2985のEEPROM読出し動作は、4つの手順で構成されます(図6参照)。

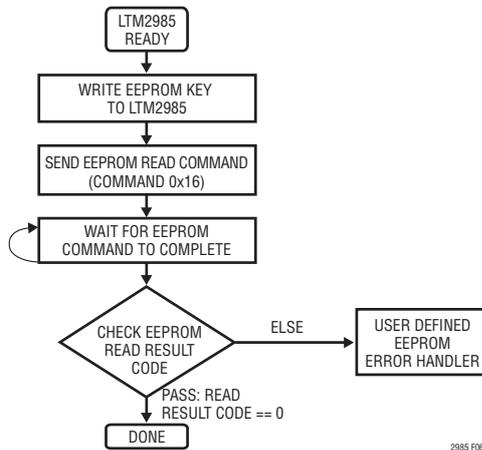


図6. 読出し動作

- EEPROM キーの設定。**EEPROM キー (0xA53C0F5A) を LTM2985 のユーザ 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。キーは MSB ファーストで書き込みます。
- EEPROM 読出しコマンドの送信。**EEPROM の読出しコマンド (0x16) と スタート・ビット (0x80) を LTM2985 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)。
- EEPROM コマンドの完了を待機。**読出し動作の完了は、INT ピンがハイになること、およびステータス・レジスタの スタート・ビットがロー、完了ビットがハイになることの両方で示されます。
- EEPROM の読出し結果コードの確認。**EEPROM 読出し結果コード・レジスタ・アドレス (0x0D0) を読み出して、読出し動作の可否ステータスを調べます。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・レジスタ内の他の読出し動作ステータス・ビットも使用できます(表13および表14を参照)。

手順1~4が正常に完了すると、ユーザRAMのロケーション 0x200~0x3CF には、LTM2985のシャドウEEPROMに格納されていたデータが含まれています。

表 11. LTM2985 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 Read Result Code	このレジスタは、最後のEEPROM読出し動作の成功/失敗状態を示します。 0x00 = 成功 0xFF = 失敗
0x0F9	EEPROM Status Register	LTM2985のEPROMステータス・レジスタについては、表12および表13を参照

表 12. LTM2985 の EEPROM 関連コマンドおよびステータス

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・メモリのロケーション 0x200~0x3CF の内容を内蔵シャドウEEPROMに転送します。
1	0	0	1	0	1	1	0	EEPROM 読出しコマンド - 内蔵シャドウEEPROMの内容をユーザ・メモリのロケーション 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 - EEPROM 読出し処理中に、ECC より1つ以上のロケーションのデータが訂正されたことを示します (Note 20)。
ECC Failure	誤り訂正符号エラー - EEPROM 読出し処理中に、ECC が1つ以上のロケーションのデータを訂正できなかったことを示します。このビットがセットされた場合、1つ以上のロケーションに無効なデータがあります (Note 20)。
Program Failure	プログラムのエラー - EEPROM 設定処理中に1つ以上のロケーション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・レジスタのビットは、いったんセットすると、クリアするまでセットされたままになります。EEPROM ステータス・レジスタのビットは、0x00 をアドレス 0x0F9 に書き込むことによってクリアされます。これらのビットは、スリープ・モードを終了した後もクリアされます。

表 14. LTM2985 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

LTM2985に接続された熱電対ごとに、32ビットのチャンネル割り当てワードを、センサーが接続されたチャンネルに対応するメモリ・ロケーションに設定します(表15を参照)。このワードには、(1)熱電対のタイプ、(2)冷接点チャンネルのポインタ、(3)センサー構成、(4)カスタム熱電対のデータ・ポインタが含まれます。

(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で指定します。J、K、E、N、R、S、T、Bの熱電対タイプに対応する標準の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、カスタムの熱電対センサー・タイプを選択できます。この場合、ユーザ固有のデータを、カスタム熱電対のデータ・ポインタで定義されるアドレスから始まるオンチップRAMのロケーションに保存できます。

(2)冷接点チャンネル・ポインタ

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ー、RTD、またはサーミスタが使用できます。冷接点チャンネル・ポインタは、冷接点センサーが割り当てられているチャンネル(1~10)をLTM2985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で変換が実行されると、自動的に冷接点センサーも同時に測定されます。最終出力データでは、ROMに格納されている組み込み係数が使用され、冷接点温度が自動補償された上で、熱電対センサーの温度が出力されます。

(3)センサー構成

センサー構成フィールド(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。また、内部のオープン・サーキット検出を有効(ビットB20)にしている場合のオープン・サーキット電流を選択できます。シングルエンドの読出し値はCOMピンを基準にして測定され、差動の場合は選択したCH_{TC}と隣接するCH_{TC-1}の間で測定されます(図7を参照)。オープン・サーキット検出を有効にした場合(B20=1)、ビットB18およびB19を使用して、オープン・サーキット検出時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に基づいて、オープン・サーキット電流の値(代表値10μA)を定義します。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前に印加されます。

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いずれの動作モードにおいても、熱電対の正端子はCH_{TC}(TCは選択するチャンネル番号)に接続します。シングルエンド測定の場合、熱電対の負端子とCOMピンは接地します。差動測定では、熱電対の負端子はCH_{TC-1}に接続します。このノードは接地しても、バイアス電圧に接続しても構いません。

表 15. 熱電対のチャンネル割り当てワード

	(1) THERMOCOUPLE TYPE					(2) COLD JUNCTION CHANNEL POINTER					(3) SENSOR CONFIGURATION				(4) CUSTOM THERMOCOUPLE DATA POINTER																	
	TABLES 4, 16					TABLE 17					TABLE 18				TABLES 86 TO 88																	
Measurement Type	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
Thermocouple	Types 1 to 9					Cold Junction Channel Assignment [4:0]					SGL=1 DIFF=0	OC Check	OC Current [1:0]		0	0	0	0	0	0	Custom Address [5:0]						Custom Length -1 [5:0]					

アプリケーション情報

表 16. 熱電対のタイプ

(1) THERMOCOUPLE TYPE					THERMOCOUPLE TYPES
B31	B30	B29	B28	B27	
0	0	0	0	1	Type J Thermocouple
0	0	0	1	0	Type K Thermocouple
0	0	0	1	1	Type E Thermocouple
0	0	1	0	0	Type N Thermocouple
0	0	1	0	1	Type R Thermocouple
0	0	1	1	0	Type S Thermocouple
0	0	1	1	1	Type T Thermocouple
0	1	0	0	0	Type B Thermocouple
0	1	0	0	1	Custom Thermocouple

表 17. 冷接点チャンネル・ポインタ

(2) COLD JUNCTION CHANNEL POINTER					COLD JUNCTION CHANNEL
B26	B25	B24	B23	B22	
0	0	0	0	0	No Cold Junction Compensation, 0°C Used for Calculations
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
All Other Combinations					Invalid

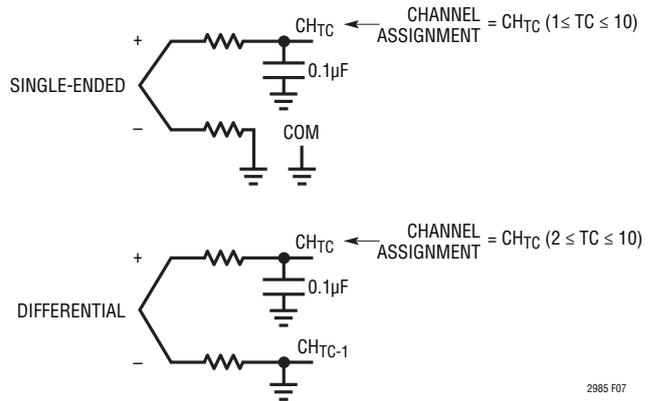


図 7. 熱電対のチャンネル割り当て規則

表 18. センサー構成

(3) SENSOR CONFIGURATION				SINGLE-ENDED/ DIFFERENTIAL	OPEN- CIRCUIT CURRENT
SGL	OC CHECK	OC CURRENT			
B21	B20	B19	B18		
0	0	X	X	Differential	External
0	1	0	0	Differential	10µA
0	1	0	1	Differential	100µA
0	1	1	0	Differential	500µA
0	1	1	1	Differential	1mA
1	0	X	X	Single-Ended	External
1	1	0	0	Single-Ended	10µA
1	1	0	1	Single-Ended	100µA
1	1	1	0	Single-Ended	500µA
1	1	1	1	Single-Ended	1mA

アプリケーション情報

(4) カスタム熱電対のデータ・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](#) のセクションを参照してください。

フォルトの通知 - 熱電対

センサーのタイプごとに独自のフォルト通知の仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されます。表 19 に熱電対の測定時に通知されるフォルトを示します。

ビット D31 は、熱電対センサーがオープン状態 (断線または未接続) か、冷接点センサーにハード・フォルトがあるか、ADC が範囲外であることを示します。これは、読出し値が通常動作範囲を大きく超えていることによって示されます。ビット D30 は、ADC の読出し値が異常であることを示します。これは、センサーが断線 (オープン)、または過度のノイズ事象 (センサー経路への ESD (静電放電)) のいずれかによって生じる可能性があります。これらはいずれもハード・エラーで

あり、-999°C または °F が通知されます。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の事象であった場合、デバイスは復帰し、後続の変換が有効になります。ビット D29 は、冷接点センサーでハード・フォルトが発生したことを示し、-999°C または °F が通知されます。冷接点補償に使用する特定のセンサー (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、冷接点センサーでソフト・フォルトが発生したことを示します。有効な温度が通知されますが、冷接点センサーが通常の温度範囲外で動作しているため、精度が低下し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または下限温度 (表 20 参照) を超過したことを示します。ビット D25 は、ADC 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出し値は、熱電対の通常範囲から大きく外れた値になります。

表 19. 熱電対フォルトの通知

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Sensor Hard Fault	Hard	Open Circuit or Hard ADC or Hard CJ	-999°C or °F
D30	Hard ADC-Out-of-Range	Hard	Bad ADC Reading (Could Be Large External Noise Event)	-999°C or °F
D29	CJ Hard Fault	Hard	Cold Junction Sensor Has a Hard Fault Error	-999°C or °F
D28	CJ Soft Fault	Soft	Cold Junction Sensor Result Is Beyond Normal Range	Suspect Reading
D27	Sensor Over Range	Soft	Thermocouple Reading Greater Than High Limit	Suspect Reading
D26	Sensor Under Range	Soft	Thermocouple Reading Less Than Low Limit	Suspect Reading
D25	ADC Out-of-Range	Soft	ADC Absolute Input Voltage Is Beyond $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	Suspect Reading
D24	Valid	NA	Result Valid (Should Be 1) Discard Results if 0	Valid Reading

表 20. 熱電対の温度制限値

THERMOCOUPLE TYPE	LOW TEMP LIMIT °C	HIGH TEMP LIMIT °C
J-Type	-210	1200
K-Type	-265	1372
E-Type	-265	1000
N-Type	-265	1300
R-type	-50	1768
S-Type	-50	1768
T-Type	-265	400
B-Type	40	1820
Custom	Lowest Table Entry	Highest Table Entry

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

LTM2985に接続されたダイオードごとに、32ビットのチャンネル割り当てワードを、センサーが接続されたチャンネルに対応するメモリ・ロケーションに設定します(表21を参照)。このワードには、(1)ダイオード・センサーの選択、(2)センサー構成、(3)励起電流、(4)ダイオードの理想係数が含まれます。

(1) センサーのタイプ

ダイオードは、先頭の5つの入力ビットB31~B27で選択します(表22を参照)。

(2) センサー構成

センサー構成フィールド(ビットB26~B24)を使用して、ダイオード測定の様々な特性を定義します。構成ビットB26をハイに設定するとシングルエンド構成(COMを基準とした測定)になり、ローに設定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がローの場合、2回の変換サイクル(励起電流がIIのサイクルと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、LTM2985とダイオードの間の寄生抵抗が小さいアプリケー

ションで使用します。寄生抵抗効果を除去するには、ビットB25をハイにセットして、3回の変換サイクル(II、4I、8Iの各1回のサイクル)を有効化します。

ビットB24は、ダイオード温度の読出し値の移動平均を有効化します。この機能を使用すると、温度が緩やかに変化する恒温ブロック上でダイオードを冷接点温度素子として使用する場合に、ノイズを削減できます。

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、現在の読出し値に前の値を加算して平均化した値と等しくなります。

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

現在の読出し値が前の値より2°C高いか低い場合、新しい値は現在の読出し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II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IIで行います。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II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) SENSOR TYPE					(2) SENSOR CONFIGURATION			(3) EXCITATION CURRENT		(4) DIODE IDEALITY FACTOR VALUE																					
	TABLE 22								TABLE 23		TABLE 24																					
Measurement Class	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
Diode	Type = 28					SGL=1	2 or 3	Avg on	Current [1:0]		Non-Ideality Factor (2, 20) Value from 0 to 4 with 1/1048576 Resolution All Zeros Uses a Factory Set Default of 1.003																					

表22. ダイオード・センサーの選択

(1) SENSOR TYPE					SENSOR TYPE
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	0	Diode

表23. ダイオード励起電流の選択

(3) EXCITATION CURRENT		1I	4I	8I
B23	B22			
0	0	10µA	40µA	80µA
0	1	20µA	80µA	160µA
1	0	40µA	160µA	320µA
1	1	80µA	320µA	640µA

アプリケーション情報

(4) ダイオードの理想係数

チャンネル割り当てワードの最後のフィールド (B21~B0) は、ダイオードの理想係数を、0~4の範囲で、1/1048576 (2^{-20}) の分解能で設定します。先頭の2ビット (B21~B20) は理想係数の整数部で、ビットB19~B0は小数部です (表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で、アノードをCH_D (Dは選択したチャンネル番号) に接続し、カソードを接地します。差動ダイオード測定の場合、カソードはCH_{D-1}にも接続します。

フォルトの通知 - ダイオード

センサーのタイプごとに独自のフォルト通知の仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されます。表25にダイオードの測定時に通知されるフォルトを示します。

ビットD31はダイオードがオープン、短絡、未接続、逆接続であるか、ADCの読出し値が異常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°Fが通知されます。ビットD30は、ADCの読出し値が異常であることを示します。これは、センサーが断線 (オープン)、または過度のノイズ事象 (センサー経路へのESD (静電放電)) のいずれかによって生じる可能性があります。これはハード・エラー

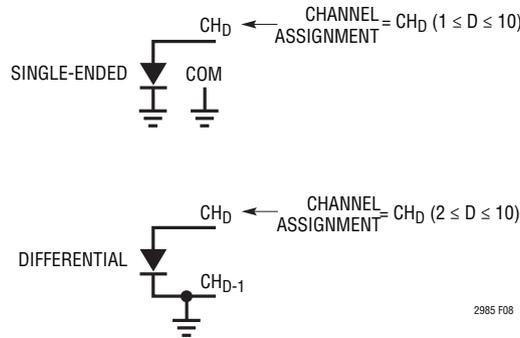


図8. ダイオードのチャンネル割り当て規則

表24. ダイオード理想係数の設定

	(4) DIODE IDEALITY FACTOR VALUE																					
	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
Example h	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 (Default)	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・フォルトの通知

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Sensor Hard Fault	Hard	Open, Short, Reversed, or Hard ADC	-999°C or °F
D30	Hard ADC-Out-of-Range	Hard	Bad ADC Reading (Could Be Large External Noise Event)	-999°C or °F
D29	Not Used for Diodes	N/A	Always 0	
D28	Not Used for Diodes	N/A	Always 0	
D27	Sensor Over Range	Soft	T > 130°C	Suspect Reading
D26	Sensor Under Range	Soft	T < -60°C	Suspect Reading
D25	ADC Out-of-Range	Soft	ADC Absolute Input Voltage Is Beyond ±1.125 • V _{REF} /2	Suspect Reading
D24	Valid	NA	Result Valid (Should Be 1) Discard Results if 0	Valid Reading

アプリケーション情報

であり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ が通知されます。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の事象であった場合、デバイスは復帰し、後続の変換が有効になります。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、上限温度または下限温度($T > 130^{\circ}\text{C}$ または $T < -60^{\circ}\text{C}$ で定義)を超えたことを示します。計算後の温度が通知されますが、精度が低下している可能性があります。ビットD25は、ADC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、ハード・エラーまたはソフト・エラーが発生すると、対応する熱電対の結果にフラグ(表19のビットD28とD29)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代表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の熱電対をCH1に接続し、タイプTの熱電対をCH3およびCH4に接続しています。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～表28に示します。熱電対#1(タイプK)センサー

のタイプおよび構成データは、CH1に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x200～0x203に直接マップされます(表26を参照)。冷接点ダイオード・センサーのタイプおよび構成データは、CH2に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x204～0x207に直接マップされます(表27を参照)。熱電対#2(タイプT)センサーのタイプおよび構成データは、CH4に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x20C～0x20Fに直接マップされます(表28を参照)。メモリ・ロケーション0x000に10000001を書き込むことにより、CH1で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。LTM2985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、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01000001になります。同様に、メモリ・ロケーション0x000に10000100を書き込むことにより、CH4で変換を開始できます。結果($^{\circ}\text{C}$ 単位)は、メモリ・ロケーション0x010～0x013(CH1)および0x01C～0x01F(CH4)から読み出すことができます。

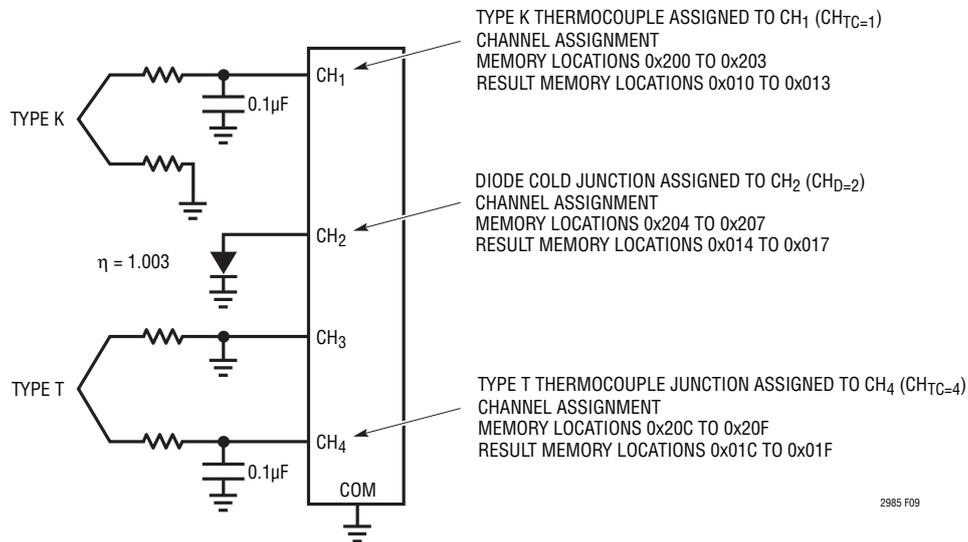


図9. ダイオード冷接点を使用したデュアル熱電対の例

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、10µA オープン・サーキット検出)

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x200	MEMORY ADDRESS 0x201	MEMORY ADDRESS 0x202	MEMORY ADDRESS 0x203
(1) Thermocouple Type	Type K	5	00010	0 0 0 1 0			
(2) Cold Junction Channel Pointer	CH2	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) Sensor Configuration	Single-Ended, 10µA Open-Circuit	4	1100		1 1 0 0		
Not Used	Set These Bits to 0	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) Custom Thermocouple Data Pointer	Not Custom	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 27. ダイオードのチャンネル割り当て (シングルエンド 3 回読み出し、平均化オン、20µA/80µA 励起、理想係数=1.003)

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x204	MEMORY ADDRESS 0x205	MEMORY ADDRESS 0x206	MEMORY ADDRESS 0x207
(1) Sensor Type	Diode	5	11100	1 1 1 0 0			
(2) Sensor Configuration	Single-Ended, 3-Reading, Average On	3	111		1 1 1		
(3) Excitation Current	20µA, 80µA, 160µA	2	01		0 1		
(4) Ideality Factor	1.003	22	010000000110001001001			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、100µA オープン・サーキット検出)

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x20C	MEMORY ADDRESS 0x20D	MEMORY ADDRESS 0x20E	MEMORY ADDRESS 0x20F
(1) Thermocouple Type	Type T	5	00111	0 0 1 1 1			
(2) Cold Junction Channel Pointer	CH2	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) Sensor Configuration	Differential, 100µA Open-Circuit Current	4	0101		0 1 0 1		
Not Used	Set These Bits to 0	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) Custom Thermocouple Data Pointer	Not Custom	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

LTM2985に接続されたRTDごとに、32ビットのチャンネル割り当てワードを、センサーが接続されたチャンネルに対応するメモリ・ロケーションに設定します(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)センサー構成、(4)励起電流、(5)RTD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で指定します。RTDの各タイプ(PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000、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。この場合、ユーザ固有のデータを、カスタムRTDのデータ・ポインタで定義されるアドレスから始まるオンチップRAMのロケーションに保存できます。

(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ

RTDの測定は、既知の R_{SENSE} 抵抗を基準にした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示します(表31を参照)。検出抵抗は、常に差動で測定されます。

(3)センサー構成

センサー構成フィールドを使用して、RTDの様々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、リード線内のオーミック・ドロップに起因する寄生誤差により、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打ち消します(ラインの抵抗が等しい場合)。トランスペアレントな(データを共有する)バックグラウンド・キャリブレーションによって、2つの電流源間の mismatch が除去されます。4線式のRTDでは、高インピーダンスのケルビン検出を使用してセンサーを直接測定することにより、不平衡の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PT-10タイプの低抵抗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になります。

次のセンサー構成ビット(B18とB19)は、励起電流モードを指定します。これらのビットで R_{SENSE} 共有を有効化すると、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に構成できます。この場合、RTDのグラウンド接続は内部にあり、各RTDは同じ R_{SENSE} チャンネルを指します。

また、ビットB18およびB19は、励起電流のローテーションを有効化して、寄生熱電対効果を自動的に除去するためにも使用します。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 TYPE					(2) SENSE RESISTOR CHANNEL POINTER					(3) SENSOR CONFIGURATION				(4) EXCITATION CURRENT				(5) RTD CURVE		(6) CUSTOM RTD DATA POINTER											
	TABLE 30					TABLE 31					TABLE 32				TABLE 33				TABLE 34		TABLES 92 TO 94											
Measurement Class	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	Type = 10 to 18					R_{SENSE} Channel Assignment [4:0]					2, 3, 4 Wire		Excitation Mode		Excitation Current [3:0]				Curve [1:0]		Custom Address [5:0]						Custom Length-1 [5:0]					

アプリケーション情報

表 30. RTD タイプ

(1) RTD TYPE					RTD TYPE
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 Custom

表 31. 検出抵抗チャンネル・ポインタ

(2) SENSE RESISTOR CHANNEL POINTER					SENSE RESISTOR CHANNEL
B26	B25	B24	B23	B22	
0	0	0	0	0	Invalid
0	0	0	0	1	Invalid
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
All Other Combinations					Invalid

アプリケーション情報

表 32. RTD センサー構成の選択

(3) SENSE CONFIGURATION				MEASUREMENT MODE					BENEFITS			
NUMBER OF WIRES		EXCITATION MODE		NUMBER OF WIRES	GROUND CONNECTION	CURRENT SOURCE ROTATION	SENSE RESISTOR SHARING	RTDs POSSIBLE PER DEVICE	CANCELS RTD MATCHED LEAD RESISTANCE	CANCELS RTD MISMATCH LEAD RESISTANCE	CANCELS PARASITIC THERMOCOUPLE EFFECTS	CANCELS R _{SENSE} LEAD RESISTANCE
B21	B20	B19	B18									
0	0	0	0	2-Wire	External	No	No	2				
0	0	0	1	2-Wire	Internal	No	Yes	4				
0	1	0	0	3-Wire	External	No	No	2	•			
0	1	0	1	3-Wire	Internal	No	Yes	4	•			
0	1	1	X	Reserved								
1	0	0	0	4-Wire	External	No	No	2	•	•		
1	0	0	1	4-Wire	Internal	No	Yes	2	•	•		
1	0	1	0	4-Wire	Internal	Yes	Yes	2	•	•	•	
1	0	1	1	Reserved								
1	1	0	0	4-Wire, Kelvin R _{SENSE}	External	No	No	2	•	•		•
1	1	0	1	4-Wire, Kelvin R _{SENSE}	Internal	No	Yes	2	•	•		•
1	1	1	0	4-Wire, Kelvin R _{SENSE}	Internal	Yes	Yes	2	•	•	•	•
1	1	1	1	Reserved								

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次のフィールド (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)。選択する電流は、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} 電流はセンサー励起電流の2倍です。

表 33. RTDの線式全ての合計励起電流

(4) EXCITATION CURRENT				
B17	B16	B15	B14	CURRENT
0	0	0	0	External
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・フォールトやハード・フォールトを防止するため、センサーまたは検出抵抗両端の最大電圧降下が公称1.0Vになるように電流を選択します。例えば、 R_{SENSE} が10k Ω でRTDがPT-100である場合、2線式および4線式のRTDでは100 μ A、3線式RTDでは50 μ Aの励起電流を選択します。また、1k Ω の検出抵抗とPT-100のRTDを使用する場合は、どの線式構成に対しても500 μ Aの励起電流を流すことができます。

(5) RTD 曲線

ビットB13およびB12では、使用するRTD曲線と対応するCallendar-Van Dusen定数 (表34参照) を設定します。

(6) カスタムRTDのデータ・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LTM2985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](#) のセクションを参照してください。

表 34. RTD 曲線: $RT = R_0 \cdot (1 + a \cdot T + b \cdot T^2 + (T - 100^\circ\text{C}) \cdot c \cdot T^3)$ ($T < 0^\circ\text{C}$)、 $RT = R_0 \cdot (1 + a \cdot T + b \cdot T^2)$ ($T > 0^\circ\text{C}$)

(5) CURVE		CURVE	ALPHA	a	b	c
B13	B12					
0	0	European Curve	0.00385	3.908300E-03	-5.775000E-07	-4.183000E-12
0	1	American	0.003911	3.969200E-03	-5.849500E-07	-4.232500E-12
1	0	Japanese	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ではテーブルベースのデータを使用します。

アプリケーション情報

フォールトの通知 - RTD

センサーのタイプごとに独自のフォールト通知の仕組みがあり、データ出力ワードの最上位バイトに示されます。表35にRTDの測定時に通知されるフォールトを示します。

ビットD31は、RTDまたは R_{SENSE} がオープン、短絡、未接続であることを示します。これはハード・フォールトで、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ が通知されます。ビットD30は、ADCの読出し値が異常であることを示します。これは、センサーが断線（オープン）、または過度のノイズ事象（センサー経路へのESD（静電放電））のいずれかによって生じる可能性があります。これはハード・エラーであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ が通知されます。過度のノイズ事象の場合、そのノイズが偶発的で低頻度の事象であった場合、デバイスは復帰し、後続の変換が有効になります。ビットD29およびD28は、RTDでは使用しません。

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。計算後の温度が通知されますが、精度が低下している可能性があります。ビットD25は、ADC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、ハード・エラーまたはソフト・エラーが発生すると、熱電対の結果にもフラグが立てられます。

検出抵抗のチャンネル割り当て

LTM2985に接続された検出抵抗ごとに、32ビットのチャンネル割り当てワードを、センサーが接続されたチャンネルに対応するメモリ・ロケーションに設定します（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 フォールトの通知

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Sensor Hard Fault	Hard	Open or Short RTD or R_{SENSE}	-999°C or $^{\circ}\text{F}$
D30	Hard ADC-Out-of-Range	Hard	Bad ADC Reading (Could Be Large External Noise Event)	-999°C or $^{\circ}\text{F}$
D29	Not Used for RTDs	N/A	Always 0	Valid Reading
D28	Not Used for RTDs	N/A	Always 0	Valid Reading
D27	Sensor Over Range	Soft	$T >$ High Temp Limit (See Table 36)	Suspect Reading
D26	Sensor Under Range	Soft	$T <$ Low Temp Limit (See Table 36)	Suspect Reading
D25	ADC Out-of-Range	Soft	ADC Absolute Input Voltage Is Beyond $\pm 1.125 \cdot V_{REF/2}$	Suspect Reading
D24	Valid	N/A	Result Valid (Should Be 1) Discard Results if 0	Valid Reading

表 36. 電圧と抵抗の範囲

RTD TYPE	MIN Ω	MAX Ω	LOW TEMP LIMIT $^{\circ}\text{C}$	HIGH TEMP LIMIT $^{\circ}\text{C}$
PT-10	1.95	34.5	-200	850
PT-50	9.75	172.5	-200	850
PT-100	19.5	345	-200	850
PT-200	39	690	-200	850
PT-500	97.5	1725	-200	850
PT-1000	195	3450	-200	850
NI-120	66.6	380.3	-80	260
Custom Table	Lowest Table Entry	Highest Table Entry	Lowest Table Entry	Highest Table Entry

表 37. 検出抵抗のチャンネル割り当てワード

	(1) SENSOR TYPE					(2) SENSE RESISTOR VALUE (Ω)																										
	Table 38					Table 39																										
Measurement Class	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
Sense Resistor	Type = 29					Sense Resistor Value (17, 10) Up to $\approx 131,072\Omega$ with $1/1024\Omega$ Resolution																										

アプリケーション情報

(1) センサーのタイプ

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) SENSOR TYPE					SENSOR TYPE
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	1	Sense Resistor

(2) 検出抵抗値

チャンネル割り当てワードの最後のフィールド(B26～B0)は、検出抵抗を範囲が0～131,072Ω、精度が1/1024Ω(表39を参照)で設定します。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箇所、2線式RTD素子に直接接続できます。ただし、この回路によって、寄生リード抵抗に起因する誤差が生じます。共有を選択しない場合(1つのRTDに1つのR_{SENSE})、CH_{RTD}は接地します。共有を有効化(複数のRTDに1つのR_{SENSE})する場合、グラウンド接続は除去します。

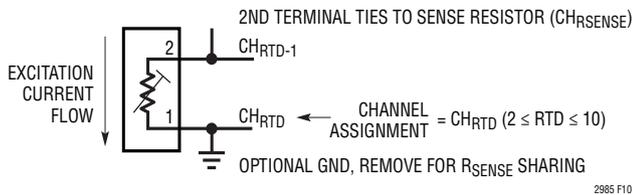


図 10. 2線式RTDのチャンネル割り当て規則

検出抵抗のチャンネル割り当ては、図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}の間に接続し、CH_{RSENSE}はRTDの2番目の端子に接続します。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・ロケーションにマップされます。

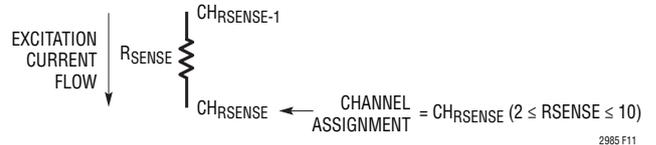


図 11. 2線式RTDの検出抵抗チャンネル割り当て規則

例: R_{SENSE}を共有する2線式RTD

図12は、複数の2線式RTDを使用した代表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をCH7とCH8に接続し、NI-120 RTDをCH9とCH10に接続しています。この構成を使用すると、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センサーのタイプおよび構成データは、CH8に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x21C～0x21Fに直接マップされます(表40を参照)。RTD #2センサーのタイプおよび構成データは、CH10に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x224～0x227に直接マップされます(表41を参照)。検出抵抗はCH6に割り当てます。この抵抗のユーザ・プログラマブルな値は5001.5Ωです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x214～0x217に直接マップされます(表42を参照)。

メモリ・ロケーション0x000に10001000を書き込むことにより、CH8で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01001000になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x02C～0x02F(CH8に対応)から読み出すことができます。CH10でも同様に変換を開始して、読み出すことができます。

表 39. 検出抵抗値の例

	(2) SENSE RESISTOR VALUE (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
Example R	2 ¹⁶	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰
10,000.2Ω	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
99.99521kΩ	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
1.0023kΩ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	

アプリケーション情報

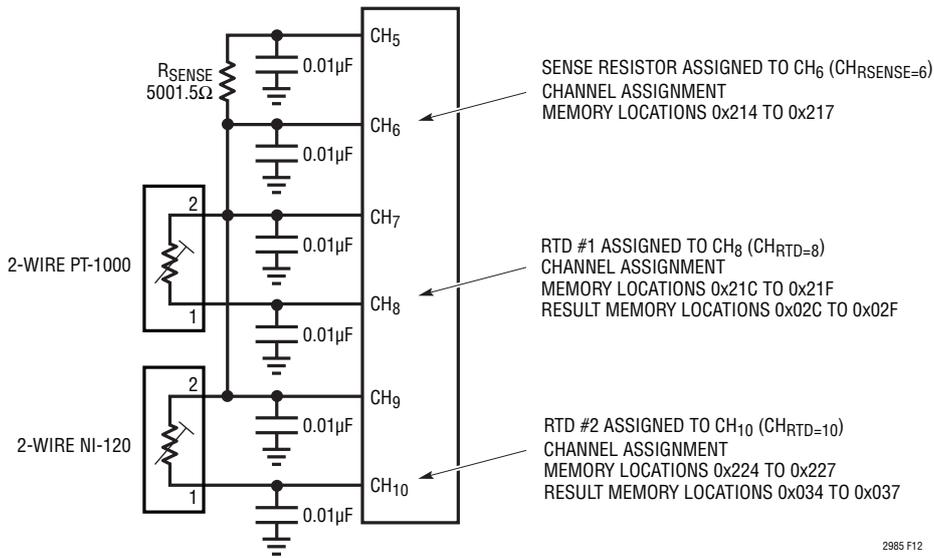


図 12. 共有構成の2線式RTDの例

表 40. 2線式RTD #1 (PT-1000、R_{SENSE}はCH₆、2線式、R_{SENSE}共有、励起電流 10μA、α = 0.003916 曲線)のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x21C	MEMORY ADDRESS 0x21D	MEMORY ADDRESS 0x21E	MEMORY ADDRESS 0x21F
(1) RTD TYPE	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) Sensor Configuration	2-Wire with Shared R _{SENSE}	4	0001		0 0 0 1		
(4) Excitation Current	10μA	4	0010		0 0 1 0		
(5) Curve	Japanese, α = 0.003916	2	10			1 0	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	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、R_{SENSE} は CH₆、2線式、R_{SENSE} 共有、励起電流 100μA) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x224	MEMORY ADDRESS 0x225	MEMORY ADDRESS 0x226	MEMORY ADDRESS 0x227
(1) RTD TYPE	NI-120	5	10001	1 0 0 0 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) Sensor Configuration	2-Wire with Shared R _{SENSE}	4	0001			0 0 0 1	
(4) Excitation Current	100μA	4	0101			0 1 0 1	
(5) Curve	European α = 0.00385	2	00			0 0	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 42. 検出抵抗 (値 = 5001.5Ω) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x214	MEMORY ADDRESS 0x215	MEMORY ADDRESS 0x216	MEMORY ADDRESS 0x217
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	5001.5Ω	27	000010011100010011000000000		0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0	0 0 1 0 0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0

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と端子2は入力/励起電流源に接続し、端子3は検出抵抗に接続します。チャンネル割り当てデータは、CH_{RTD}に対応するメモリ・ロケーションにマップされます。

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}の間に接続し、CH_{RSENSE}はRTDの3番目の端子に接続し、CH_{RSENSE-1}はグラウンドに接続します(R_{SENSE}を共有する場合はフロート状態にします)。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・ロケーションにマップされます。

[図15](#)は、3線式RTDを使用した代表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の端子をCH9、CH8、およびCH7に接続しています。検出抵抗はCH7とCH6に接続します。検出抵抗とRTDは一緒にCH7で接続します。

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、マッチした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、ミスマッチのリード線抵抗による誤差は除去されません。RTDセンサーのタイプおよび構成データは、CH9に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x220~0x223に直接マップされます([表43](#)を参照)。検出抵抗はCH7に割り当てます。この抵抗のユーザ・プログラマブルな値は12150.39Ωです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x218~0x21Bに直接マップされます([表44](#)を参照)。

メモリ・ロケーション0x000に10001001を書き込むことにより、CH9で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01001001になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x030~0x033(CH9に対応)から読み出すことができます。

アプリケーション情報

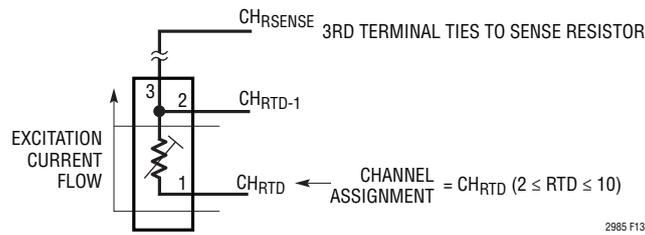


図 13. 3線式RTDのチャンネル割り当て規則

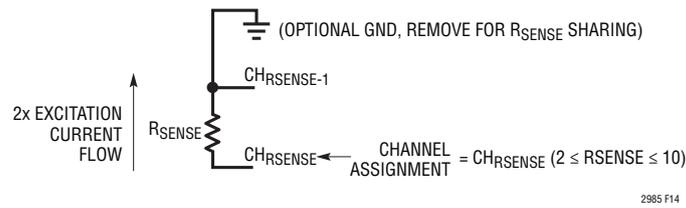


図 14. 3線式RTDの3線式検出抵抗チャンネル割り当て規則

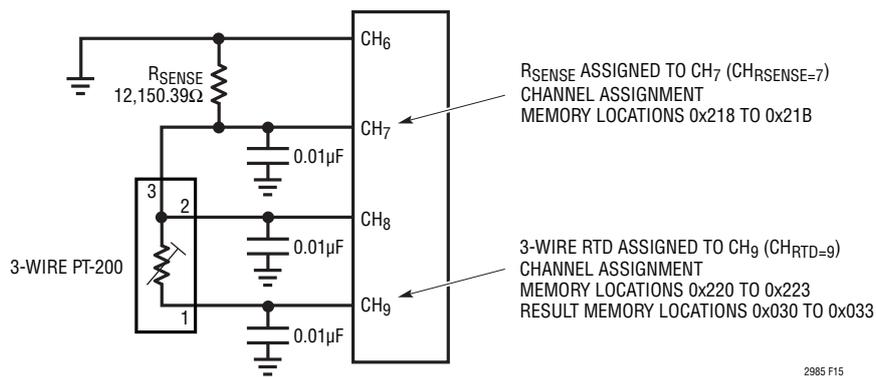


図 15. 3線式RTDの例

アプリケーション情報

表 43. 3線式RTD (PT-200、R_{SENSE} はCH₇、3線式、励起電流 50 μ A、 $\alpha = 0.003911$ 曲線) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x220	MEMORY ADDRESS 0x221	MEMORY ADDRESS 0x222	MEMORY ADDRESS 0x223
(1) RTD TYPE	PT-200	5	01101	0 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₇	5	00111		0 0 1 1 1		
(3) Sensor Configuration	3-Wire	4	0100		0 1 0 0		
(4) Excitation Current	50 μ A	4	0100		0 1 0 0		
(5) Curve	American, $\alpha = 0.003911$	2	01			0 1	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 44. 検出抵抗 (値 = 12150.39 Ω) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x218	MEMORY ADDRESS 0x219	MEMORY ADDRESS 0x21A	MEMORY ADDRESS 0x21B
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	12150.39 Ω	27	000101111011101100110001111		0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 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、 R_{SENSE} 共有なし)

代表的な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はグラウンドに接続し、端子2と3(ケルビン検出信号)は CH_{RTD} と CH_{RTD-1} に接続し、4番目の端子は検出抵抗に接続します。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・ロケーションにマップされます。

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 $CH_{RSENSE-1}$ の間に接続し、 CH_{RSENSE} はRTDの4番目の端子に接続します。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・ロケーションにマップされます。

[図18](#)は、4線式RTDを使用した代表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の端子をGND、CH4、CH3、およびCH2に接続しています。検出抵抗はCH2

とCH1に接続します。検出抵抗とRTDはCH2で一緒に接続します。RTDセンサーのタイプおよび構成データは、CH4に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x20C~0x20Fに直接マップされます([表45](#)を参照)。検出抵抗はCH2に割り当てます。この抵抗のユーザ・プログラマブルな値は5000.2 Ω です。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x204~0x207に直接マップされます([表46](#)を参照)。

メモリ・ロケーション0x000のデータ・バイトに10000100を書き込むことにより、CH4で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01000100になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x01C~0x01F(CH4に対応)から読み出すことができます。

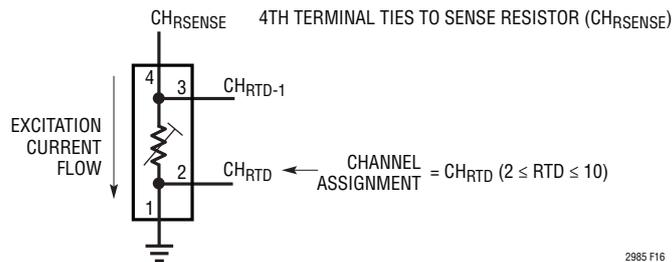


図16. 4線式RTDのチャンネル割り当て規則

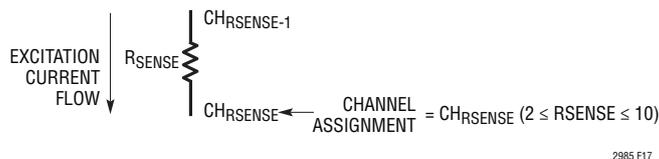


図17. 4線式RTDの検出抵抗チャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

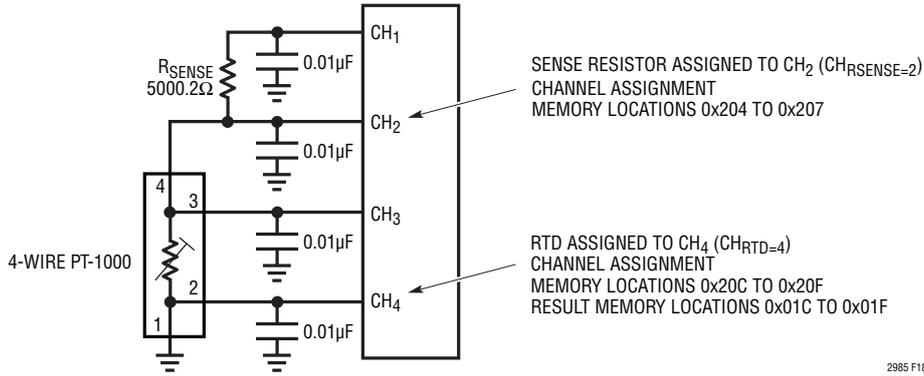


図 18. 標準的な4線式RTDの例

表 45. 4線式RTD (PT-1000、RSENSEはCH2、標準4線式、励起電流25μA、α = 0.00385曲線)のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x20C	MEMORY ADDRESS 0x20D	MEMORY ADDRESS 0x20E	MEMORY ADDRESS 0x20F
(1) RTD TYPE	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH2	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) Sensor Configuration	4-Wire, No Rotate, No Share	4	1000			1 0 0 0	
(4) Excitation Current	25μA	4	0011			0 0 1 1	
(5) Curve	European, α = 0.00385	2	00			0 0	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	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

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x204	MEMORY ADDRESS 0x205	MEMORY ADDRESS 0x206	MEMORY ADDRESS 0x207
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	5000.2Ω	27	000010011100010000011001100		0 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の精度を向上させる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番目の端子を、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、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}に接続し、端子2と3(ケルビン検出信号)はCH_{RTD}とCH_{RTD+1}に接続し、4番目の端子は検出抵抗に接続します。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・ロケーションにマップされます。

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}の間に接続し、CH_{RSENSE}はRTDの4番目の端子に接続します。

チャンネル割り当てデータは、CH_{RSENSE}に対応するメモリ・ロケーションにマップされます。

図21は、ローテーション対応の4線式RTDを使用した代表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の端子をCH10、CH9、CH8、およびCH6に接続しています。検出抵抗はCH6とCH5に接続します。検出抵抗とRTDは一緒にCH6で接続します。RTDセンサーのタイプおよび構成データは、CH9に割り当てます。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x220~0x223に直接マップされます(**表47**を参照)。検出抵抗はCH6に割り当てます。この抵抗のユーザ・プログラマブルな値は10.0102kΩです。32ビットのバイナリ構成データは、メモリ・ロケーション0x214~0x217に直接マップされます(**表48**を参照)。

メモリ・ロケーション0x000に10001001を書き込むことにより、CH9で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01001001になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x030~0x033(CH9に対応)から読み出すことができます。

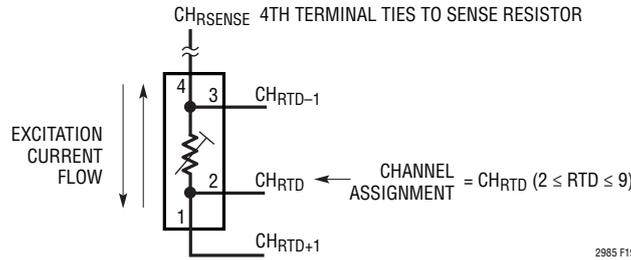


図19. 4線式RTDのチャンネル割り当て規則

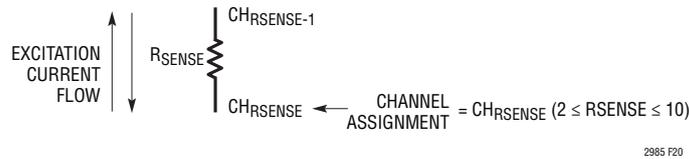


図20. ローテーション対応4線式RTDの検出抵抗チャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

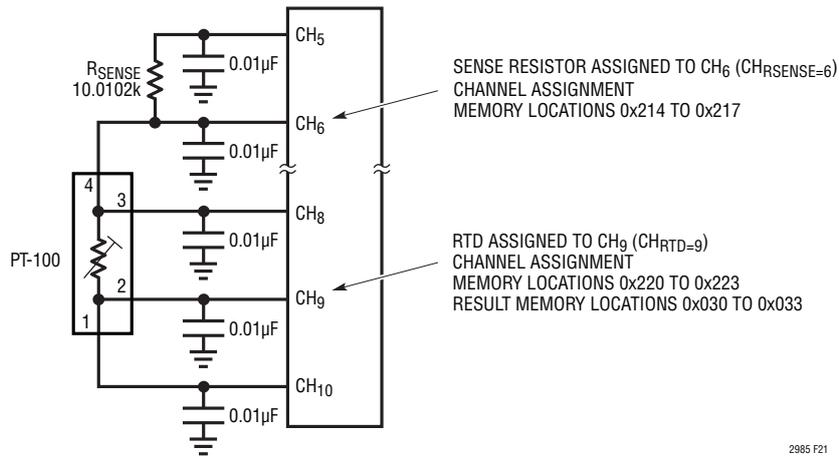


図 21. ローテーション対応4線式RTDの例

表 47. ローテーション対応4線式RTD (PT-100、RSENSEはCH6、ローテーション対応4線式、励起電流100µA、α = 0.003911 曲線)のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x220	MEMORY ADDRESS 0x221	MEMORY ADDRESS 0x222	MEMORY ADDRESS 0x223
(1) RTD TYPE	PT-100	5	01100	0 1 1 0 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH6	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) Sensor Configuration	4-Wire with Rotation	4	1010			1 0 1 0	
(4) Excitation Current	100µA	4	0101			0 1 0 1	
(5) Curve	American, α = 0.003911	2	01			0 1	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	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

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x214	MEMORY ADDRESS 0x215	MEMORY ADDRESS 0x216	MEMORY ADDRESS 0x217
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	10.0102kΩ	27	000100111000110100011001100		0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 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を使用した代表的な温度測定システムを示しています。LTM2985は、1つの検出抵抗で最大2つの4線式RTDをサポートできます。この例では、4線式RTDの1番目の端子をCH5、CH4、CH3、CH2に接続し、2番目の端子をCH8、CH7、CH6、CH2に接続しています。検出抵抗はCH1とCH2に接続します。検出抵抗とRTDは一緒にCH2で接続します。このチャンネル割り当て規則は、ローテーション対応のものとまったく同じです。この回路構成は、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。各センサーのチャンネル割り当てデータを表49～表51に示します。

メモリ・ロケーション0x000に10000100を書き込むことにより、CH4で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01000100になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x01C～0x01F(CH4に対応)から読み出すことができます。CH7でも同様に変換を開始させて、読み出すことができます。

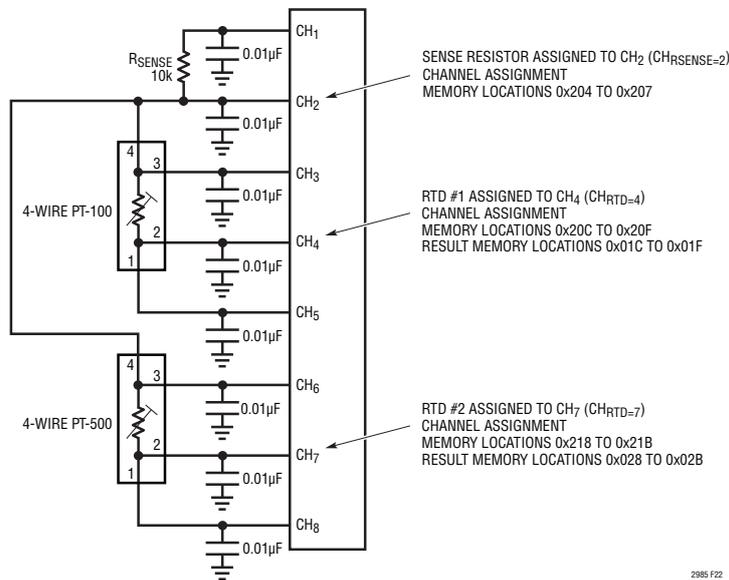


図22. R_{SENSE} を共有する4線式RTDの例

表49. 4線式RTD #1 (PT-100、R_{SENSE}はCH2、4線式、R_{SENSE}共有、励起電流100µA、α = 0.003926曲線)のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x20C	MEMORY ADDRESS 0x20D	MEMORY ADDRESS 0x20E	MEMORY ADDRESS 0x20F
(1) RTD TYPE	PT-100	5	01100	0 1 1 0 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH2	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) Sensor Configuration	4-Wire Rotated	4	1010		1 0 1 0		
(4) Excitation Current	100µA	4	0101			0 1 0 1	
(5) Curve	ITS-90, α = 0.003926	2	11			1 1	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	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、R_{SENSE} は CH₂、4線式、ローテーションありの励起電流 50 μ A、 $\alpha = 0.003911$ 曲線)のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x218	MEMORY ADDRESS 0x219	MEMORY ADDRESS 0x21A	MEMORY ADDRESS 0x21B
(1) RTD TYPE	PT-500	5	01110	0 1 1 1 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) Sensor Configuration	4-Wire Shared, No Rotation	4	1001		1 0 0 1		
(4) Excitation Current	50 μ A	4	0100			0 1 0 0	
(5) Curve	American, $\alpha = 0.003911$	2	01			0 1	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 51. 検出抵抗 (値 = 10.000k Ω) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x204	MEMORY ADDRESS 0x205	MEMORY ADDRESS 0x206	MEMORY ADDRESS 0x207
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	10.000k Ω	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		

アプリケーション情報

例:ケルビンR_{SENSE}を使用した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。これが役立つのは、PT-10またはPT-50を値の小さなR_{SENSE}と組み合わせる場合や、検出抵抗が離れた場所にある場合、あるいは極めて高い精度が要求されるアプリケーションの場合です。

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に示す規則に従います。

図24は、R_{SENSE}をケルビン接続とした4線式RTDを使用した代表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の端子をCH10、CH9、CH8、CH6に接続しています。検出抵抗はCH6、CH5、CH4に接続し、励起電流をCH4とCH10に加えています。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は一緒にCH6で

接続します。この回路構成は、ローテーション、共有、および標準の4線式RTD構成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、一方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。

メモリ・ロケーション0x000に10001001を書き込むことにより、CH9で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション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・ロケーション0x030~0x033(CH9に対応)から読み出すことができます。

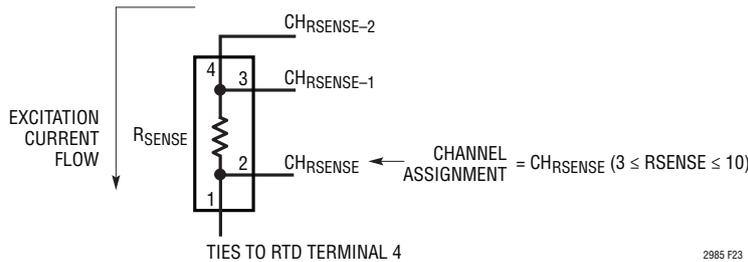


図23. ケルビン接続された検出抵抗のチャンネル割り当て規則

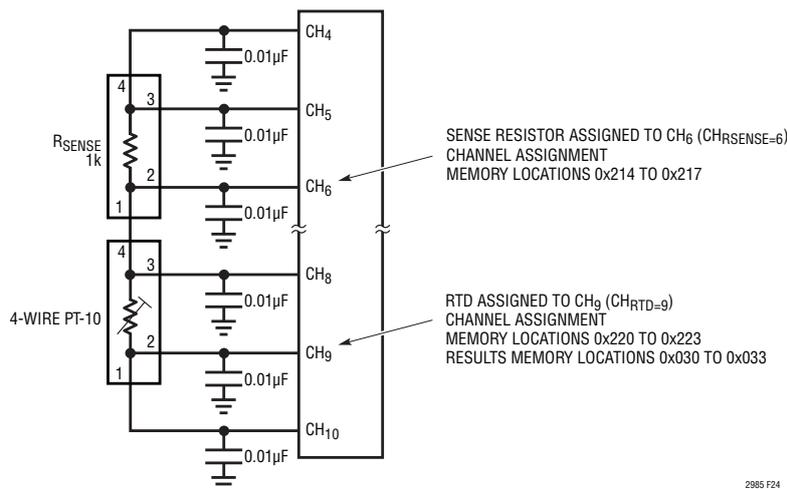


図24. ケルビン接続された検出抵抗の例

アプリケーション情報

表 52. R_{SENSE} がケルビン接続された 4 線式 RTD (PT-10、R_{SENSE} は CH₆、4 線式、R_{SENSE} ケルビン接続、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

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x220	MEMORY ADDRESS 0x221	MEMORY ADDRESS 0x222	MEMORY ADDRESS 0x223
(1) RTD TYPE	PT-10	5	01010	0 1 0 1 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₆	5	00110	0 0 1 1 0			
(3) Sensor Configuration	4-Wire Kelvin R _{SENSE} and Rotation	4	1110		1 1 1 0		
(4) Excitation Current	1mA	4	1000		1 0 0 0		
(5) Curve	Japanese, $\alpha = 0.003916$	2	10			1 0	
(6) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

表 53. 検出抵抗 (値 = 1000 Ω) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x214	MEMORY ADDRESS 0x215	MEMORY ADDRESS 0x216	MEMORY ADDRESS 0x217
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	1000 Ω	27	0000000111110100000000000000	0 0 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

サーミスタ測定

チャンネル割り当て - サーミスタ

LTM2985に接続されたサーミスタごとに、32ビットのチャンネル割り当てワードを、センサーが接続されたチャンネルに対応するメモリ・ロケーションに設定します(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のポインタ、(3)センサー構成、(4)励起電流、(5)Steinhart-Hartアドレス・ポインタまたはカスタム・テーブルのアドレス・ポインタが含まれます。

(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)で指定します。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(温度と抵抗の関係)を選択できます。その場合、ユーザ固有のデータを、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・ポインタで定義されるアドレスから始まるオンチップRAMのロケーションに保存できます。

(2)検出抵抗チャンネル・ポインタ

サーミスタの測定は、既知のR_{SENSE}抵抗を基準にした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、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示します(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) THERMISTOR TYPE					(2) SENSE RESISTOR CHANNEL POINTER					(3) SENSOR CONFIGURATION			(4) EXCITATION CURRENT				(5) CUSTOM THERMISTOR DATA POINTER														
	TABLE 55					TABLE 31					TABLE 56			TABLE 57				TABLES 96, 97, 98, 100, 101														
Measurement Class	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
Thermistor	Type = 19 to 27					R _{SENSE} Channel Pointer [4:0]					SGL = 1 DIFF = 0	Excitation Mode		Excitation Current [3:0]				Not Used 0 0 0			Custom Address [5:0]					Custom Length -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	THERMISTOR TYPE	A	B	C	D	E	F
1	0	0	1	1	Thermistor 44004/44033 2.252kΩ at 25°C	1.46800E-03	2.38300E-04	0	1.00700E-07	0	0
1	0	1	0	0	Thermistor 44005/44030 3kΩ at 25°C	1.40300E-03	2.37300E-04	0	9.82700E-08	0	0
1	0	1	0	1	Thermistor 44007/44034 5kΩ at 25°C	1.28500E-03	2.36200E-04	0	9.28500E-08	0	0
1	0	1	1	0	Thermistor 44006/44031 10kΩ at 25°C	1.03200E-03	2.38700E-04	0	1.58000E-07	0	0
1	0	1	1	1	Thermistor 44008/44032 30kΩ at 25°C	9.37600E-04	2.20800E-04	0	1.27600E-07	0	0
1	1	0	0	0	Thermistor YSI-400 2.252kΩ at 25°C	1.47134E-03	2.37624E-04	0	1.05034E-07	0	0
1	1	0	0	1	Spectrum 1003k 1kΩ at 25°C	1.445904E-3	2.68399E-04	0	1.64066E-07	0	0
1	1	0	1	0	Thermistor Custom Steinhart-Hart	user input	user input	user input	user input	user input	user input
1	1	0	1	1	Thermistor Custom Table	not used	not used	not used	not used	not used	not used

アプリケーション情報

(3) センサー構成

センサー構成フィールドを使用して、サーミスタの様々な特性を定義します。構成ビットB21をハイに設定するとシングルエンド構成 (COMを基準とした測定) になり、ローに設定すると差動構成になります (表56を参照)。

表 56. センサー構成データ

(3) SENSOR CONFIGURATION			SINGLE-ENDED/ DIFFERENTIAL	SHARE R _{SENSE}	ROTATE
SGL	EXCITATION MODE				
B21	B20	B19			
0	0	0	Differential	No	No
0	0	1	Differential	Yes	Yes
0	1	0	Differential	Yes	No
0	1	1		Reserved	
1	0	0	Single-Ended	No	No
1	0	1		Reserved	
1	1	0		Reserved	
1	1	1		Reserved	

次のセンサー構成ビット (B19とB20) は、励起電流モードを指定します。これらのビットでR_{SENSE}共有を有効化すると、複数のサーミスタで1つの検出抵抗を使用するように構成できます。この場合、サーミスタのグラウンド接続は内部にあり、各サーミスタは同じR_{SENSE}チャンネルを指します。

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

(4) 励起電流

チャンネル割り当てワードの次のフィールド (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・フォールトやソフト・フォールトを防止するため、センサーまたは検出抵抗両端の最大電圧降下が公称1.0Vになるように電流を選択します。LTM2985では、検出抵抗およびセンサーの端子間における電圧降下の比率について、特別な条件はありません。そのため、センサー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。サーミスタの全温度範囲で最適な性能を発揮するため、電流の自動範囲調節機能を選択できます。この場合、LTM2985での変換は (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、センサーの抵抗値とR_{SENSE}の値に最適な励起電流を求めます。後続の2サイクルで、その電流を使用してサーミスタの温度を測定します。

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

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](#) の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) EXCITATION CURRENT				CURRENT
B18	B17	B16	B15	
0	0	0	0	Reserved
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	Auto Range*
1	1	0	1	Invalid
1	1	1	0	Invalid
1	1	1	1	External

*自動範囲調整はカスタム・センサーでは使用できません。

アプリケーション情報

フォルトの通知 - サーミスタ

センサーのタイプごとに独自のフォルト通知の仕組みがあり、データ出力ワードの上位バイトに示されます。表 58 にサーミスタの測定時に通知されるフォルトを示します。

ビット D31 は、サーミスタまたは R_{SENSE} がオープン、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 が通知されます。ビット D30 は、ADC の読み出し値が異常であることを示します。これは、センサーの断線（オープン）、または過度のノイズ事象（センサー経路への ESD（静電放電））のいずれかによって生じる可能性があります。これ

はハード・エラーであり、 -999°C が通知されます。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場合、デバイスは復帰し、後続の変換が有効になります。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、読み出し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。計算後の温度が通知されますが、精度が低下している可能性があります。ビット D25 は、ADC 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、ハード・エラーまたはソフト・エラーが発生すると、熱電対の結果にフラグが立てられます。

表 58. サーミスタ・フォルトの通知

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Sensor Hard Fault	Hard	Open or Short Thermistor or R_{SENSE}	-999°C
D30	Hard ADC-Out-of-Range	Hard	Bad ADC Reading (Could Be Large External Noise Event)	-999°C
D29	Not Used for Thermistors	N/A	Always 0	Valid Reading
D28	Not Used for Thermistors	N/A	Always 0	Valid Reading
D27	Sensor Over Range*	Soft	$T > \text{High Temp Limit}$	Suspect Reading
D26	Sensor Under Range*	Soft	$T < \text{Low Temp Limit}$	Suspect Reading
D25	ADC Out-of-Range	Soft	ADC Absolute Input Voltage Is Beyond $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	Suspect Reading
D24	Valid	N/A	Result Valid (Should Be 1) Discard Results if 0	Valid Reading

*カスタム Steinhart-Hart のセンサー・タイプには適用されません。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ます。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してください。

表 59. サーミスタの温度/抵抗範囲

THERMISTOR TYPE	MIN (Ω)	MAX (Ω)	LOW Temp Limit ($^{\circ}\text{C}$)	HIGH Temp Limit ($^{\circ}\text{C}$)
Thermistor 44004/44033 2.252k Ω at 25°C	41.9	75.79k	-40	150
Thermistor 44005/44030 3k Ω at 25°C	55.6	101.0k	-40	150
Thermistor 44007/44034 5k Ω at 25°C	92.7	168.3k	-40	150
Thermistor 44006/44031 10k Ω at 25°C	237.0	239.8k	-40	150
Thermistor 44008/44032 30k Ω at 25°C	550.2	884.6k	-40	150
Thermistor YSI 400 2.252k Ω at 25°C	6.4	1.66M	-80	250
Spectrum 1003K 1k Ω at 25°C	51.1	39.51k	-50	125
Thermistor Custom Steinhart-Hart	N/A	N/A	N/A	N/A
Thermistor Custom Table	Second Table Entry	Last Table Entry		

アプリケーション情報

例: シングルエンド・サーミスタ

サーミスタの最も単純な構成はシングルエンド構成です。この構成を使用するサーミスタは、全てのセンサー間で共通のグラウンド(COM)を共有し、それぞれが固有の検出抵抗に接続されます(シングルエンド・サーミスタでは R_{SENSE} は共有できません)。シングルエンド・サーミスタは図25に示す規則に従います。端子1はグラウンド(COM)に接続し、端子2は CH_{THERM} と検出抵抗に接続します。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・ロケーションにマップされます。

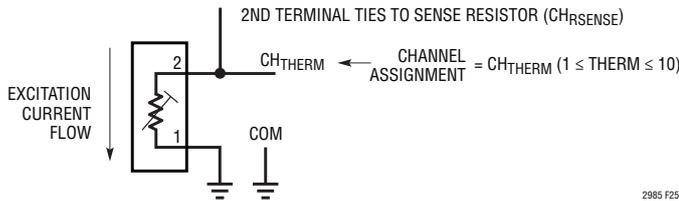


図25. シングルエンド・サーミスタのチャンネル割り当て規則

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 $CH_{RSENSE-1}$ の間に接続し、 CH_{RSENSE} はサーミスタの2番目の端子に接続しま

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・ロケーションにマップされます。

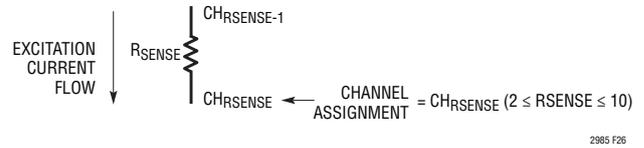


図26. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図27にシングルエンド・サーミスタを使用した代表的な温度測定システムを示します。この例では、 $10k\Omega$ (44031タイプ)のサーミスタを $10.1k\Omega$ の検出抵抗に接続しています。サーミスタはチャンネル CH_5 (メモリ・ロケーション $0x210\sim 0x213$)に割り当て、検出抵抗は CH_4 (メモリ・ロケーション $0x20C\sim 0x20F$)に割り当てています。チャンネル割り当てデータを表60と表61に示します。

メモリ・ロケーション $0x000$ に 10000101 を書き込むことにより、 CH_5 で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション $0x000$ が 01000101 になります。算出された温度($^{\circ}C$ 単位)は、メモリ・ロケーション $0x020\sim 0x023$ (CH_5 に対応)から読み出すことができます。

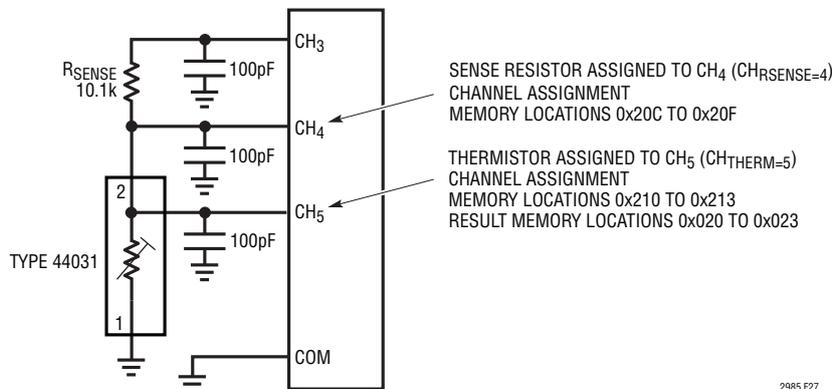


図27. シングルエンド・サーミスタの例

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) タイプのサーミスタ、シングルエンド構成、R_{SENSE} は CH₄、励起電流 1μA) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x210	MEMORY ADDRESS 0x211	MEMORY ADDRESS 0x212	MEMORY ADDRESS 0x213
(1) Thermistor Type	44006/44031 10kΩ at 25°C	5	10110	1 0 1 1 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₄	5	00100		0 0 1 0 0		
(3) Sensor Configuration	Single-Ended	3	100		1 0 0		
(4) Excitation Current	1μA	4	0011		0 0 1 1		
Not Used	Set These Bits to 0	3	000			0 0 0	
(5) Custom Thermistor Data Pointer	Not Custom	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

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x20C	MEMORY ADDRESS 0x20D	MEMORY ADDRESS 0x20E	MEMORY ADDRESS 0x20F
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	10.1kΩ	27	00010011101110100000000000		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では、センサーごとに異なるグラウンドでの検出が可能です。この標準的な差動構成では、サーミスタごとに1個の検出抵抗を使用します。差動サーミスタは図28に示す規則に従います。端子1はCH_{THERM}に接続してグラウンドに短絡し、端子2はCH_{THERM-1}と検出抵抗に接続します。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・ロケーションにマップされます。

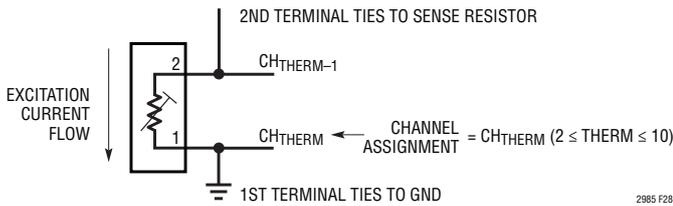


図28. 差動サーミスタのチャンネル割り当て規則

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}の間に接続し、CH_{RSENSE}はサーミスタの2番目の端子に接続しま

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・ロケーションにマップされます。

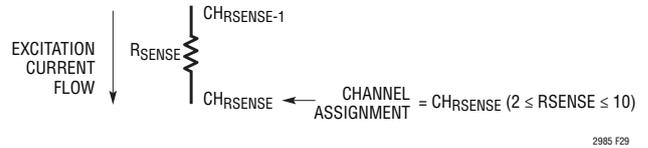


図29. 検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図30に差動サーミスタを使用する代表的な温度測定システムを示します。この例では、30kΩ(44032タイプ)のサーミスタを9.99kΩの検出抵抗に接続しています。サーミスタはチャンネルCH9(メモリ・ロケーション0x220~0x223)に割り当て、検出抵抗はCH7(メモリ・ロケーション0x218~0x21B)に割り当てています。チャンネル割り当てデータを表62と表63に示します。

メモリ・ロケーション0x000に10001001を書き込むことにより、CH9で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01001001になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x030~0x033(CH9に対応)から読み出すことができます。

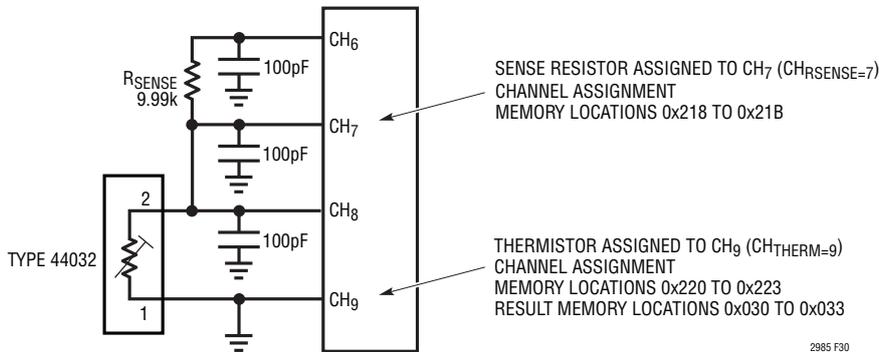


図30. 差動サーミスタの例

アプリケーション情報

表 62. 差動サーミスタ (44008/44032 30kΩ (25°C) タイプのサーミスタ、差動構成、R_{SENSE} は CH₇、励起の自動範囲調節) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x220	MEMORY ADDRESS 0x221	MEMORY ADDRESS 0x222	MEMORY ADDRESS 0x223
(1) Thermistor Type	44008/44032 30kΩ at 25°C	5	10111	1 0 1 1 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₇	5	00111		0 0 1 1 1		
(3) Sensor Configuration	Differential, No Share, No Rotate	3	000		0 0 0		
(4) Excitation Current	Auto Range	4	1100			1 1 0 0	
Not Used	Set These Bits to 0	2	000			0 0 0	
(5) Custom Thermistor Data Pointer	Not Custom	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

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x218	MEMORY ADDRESS 0x219	MEMORY ADDRESS 0x21A	MEMORY ADDRESS 0x21B
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	9.99kΩ	27	0001001110000011000000000000		0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

アプリケーション情報

例: 共有/ローテーション構成の差動サーミスタ

差動サーミスタ構成では、センサーごとに内部で異なるグラウンドでの検出が可能です。この構成では、1個の検出抵抗を複数のサーミスタで使用できます。差動サーミスタは図31に示す規則に従います。端子1はCH_{THERM}に接続し、端子2はCH_{THERM-1}と検出抵抗に接続します。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・ロケーションにマップされます。

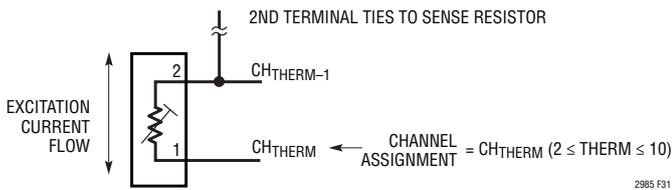


図31. R_{SENSE}を共有するサーミスタのチャンネル割り当て規則

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}の間に接続し、CH_{RSENSE}はサーミスタの2番目の端子に接続します。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・ロケーションにマップされます。

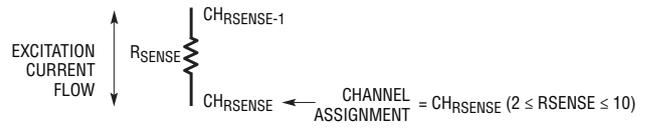


図32. サーミスタ用検出抵抗のチャンネル割り当て規則

図33は、検出抵抗を共有し、ローテーション型と非ローテーション型の差動サーミスタをそれぞれ1つずつ使用する、標準的な温度測定システムを示しています。この例では、30kΩ(44032タイプ)のサーミスタを10.0kΩの検出抵抗に接続して、ローテーション/共有構成としています。2つ目の2.25kΩ(44033タイプ)サーミスタは、非ローテーション/共有構成としています。チャンネル割り当てデータを表64～表66に示します。

メモリ・ロケーション0x000に10001000を書き込むことにより、CH8で変換が開始されます。変換が完了すると、INTピンがハイになり、メモリ・ロケーション0x000が01001000になります。算出された温度(°C単位)は、メモリ・ロケーション0x02C～0x02F(CH8に対応)から読み出すことができます。CH10でも同様に変換を開始して、読み出すことができます。

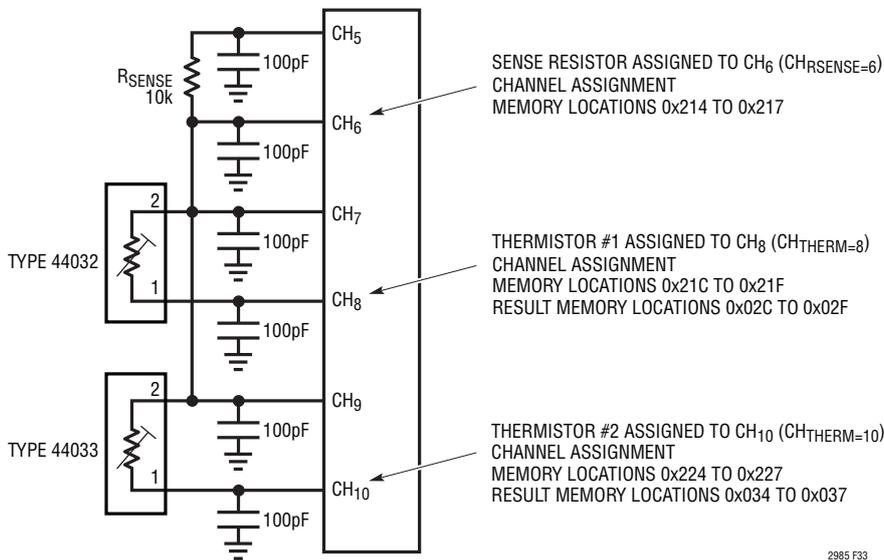


図33. ローテーションおよび共有構成のサーミスタの例

アプリケーション情報

表 64. 差動サーミスタ (44008/44032 30kΩ (25°C) 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、R_{SENSE} は CH₆、励起電流 250nA) のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x21C	MEMORY ADDRESS 0x21D	MEMORY ADDRESS 0x21E	MEMORY ADDRESS 0x21F
(1) Thermistor Type	44008/44032 30kΩ at 25°C	5	10111	1 0 1 1 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) Sensor Configuration	Differential, Rotate and Shared	3	001		0 0 1		
(4) Excitation Current	250nA Excitation Current	4	0001		0 0 0 1		
Not Used	Set These Bits to 0	3	000			0 0 0	
(5) Custom Thermistor Data Pointer	Not Custom	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) 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、R_{SENSE} は CH₆、励起電流 10μA) のチャンネル割り当てデータ

Configuration Field	Description	# Bits	Binary Data	MEMORY ADDRESS 0x224	MEMORY ADDRESS 0x225	MEMORY ADDRESS 0x226	MEMORY ADDRESS 0x227
(1) Thermistor Type	44004/44033 2.252kΩ at 25°C	5	10011	1 0 0 1 1			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) Sensor Configuration	Differential, No Rotate and Shared	3	010		0 1 0		
(4) Excitation Current	10μA Excitation Current	4	0101		0 1 0 1		
Not Used	Set These Bits to 0	3	000			0 0 0	
(5) Custom RTD Data Pointer	Not Custom	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

Configuration Field	Description	# Bits	Binary Data	MEMORY ADDRESS 0x214	MEMORY ADDRESS 0x215	MEMORY ADDRESS 0x216	MEMORY ADDRESS 0x217
(1) Sensor Type	Sense Resistor	5	11101	1 1 1 0 1			
(2) Sense Resistor Value	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

グローバル設定レジスタ

表67にグローバル設定レジスタを示します。グローバル設定レジスタは、1バイト長であり、メモリ・ロケーション0x0F0にあります。ビットG0と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)を設定します。また、ビットG3およびG7は予備でローに設定する必要があり、ビットG4～G6はケルビン電流励起モードを指定します。

表 67. グローバル設定レジスタ

BIT #	FIELD NAME	DESCRIPTION
G0 G1	Filter Frequency Select [1:0]	00 = 55Hz 01 = 60Hz 10 = 50Hz
G2	Temperature Result Format	0 = Celsius 1 = Fahrenheit
G3	Reserved	Set to 0
G4	3-Wire RTD Kelvin Current Excitation Mode	Excitation Current on Adjacent Channels
G5	2-Wire RTD Kelvin Current Excitation Mode	Excitation Current on Adjacent Channels
G6	Thermistor Kelvin Current Excitation Mode	Excitation Current on Adjacent Channels
G7	Reserved	Set to 0

入力過電圧保護 – 概要

温度センサーは、多くの場合、過酷な環境で使用されます。センサーまたはリード線は、高電圧に短絡したり、相互に短絡したりすることがあります。抵抗回路は、LTM2985をこのようなフォー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。LTM2985は、このような影響を軽減するための専用のモードおよび機能を備えています。

熱電対の先端部はシールドされていないことが多く、測定デバイスの入力まで低インピーダンスの導電路が形成されます。過電圧状態に起因する損傷からLTM2985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ーの間に配置できます。この抵抗の値は、最大過電圧でLTM2985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、LTM2985の入力リーク電流仕様が極めて低い(1nA)ため、通常動作時には最小になります。

ほとんどのRTDセンサー素子は、非導電性の封止または独立した接地シールドによって、センサーのリード線から電氣的に絶縁されています。このようなタイプのセンサーでは入力過電圧保護を必要としない場合もありますが、特定のアプリケーションではRTDとLTM2985の間に電流制限抵抗を必要とする場合があります。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可能な汎用の入力デバイスです。また、RTDの入力端子に誤って電圧源を接続してしまうなど、誤接続に対する保護が必要なアプリケーションもあります。RTDに実装される保護回路は、2線式、3線式、4線式の構成に対応する必要があります。

サーミスタは2線式の測温抵抗体で、センサー素子を非導電性の封止材で包んだものです。RTDと同様に、サーミスタの過電圧保護は、一般的なセンサー入力アプリケーションと、ユーザが不用意に印加する過電圧の両方に対して必要となる場合があります。

LTM2985は、抵抗性の過電圧保護回路による誤差を除去するために、いくつかの電流励起モードを備えています。以下のセクションでは、熱電対、2線式、3線式、4線式のRTD、サーミスタの過電圧保護回路について、汎用性(全てのセンサー・タイプで同じ保護方式を共有すること)に重点を置いて説明します。

入力過電圧保護 – 抵抗値の選択

LTM2985が損傷を受けずに耐えられる最大連続電流は±15mAです。過電圧保護抵抗の値とその定格電力を決定するためには、最大電圧が必要です。この電圧はアプリケーションによって異なり、予想される最大過電圧に依存します。例えば、想定される過電圧が40Vのシステムでは、抵抗($R > 2.7k\Omega$)と次の電力定格が必要になります(図34および図35を参照)。

$$P > 600\text{mW, where } R > \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{CC2}}}{15\text{mA}}$$

アプリケーション情報

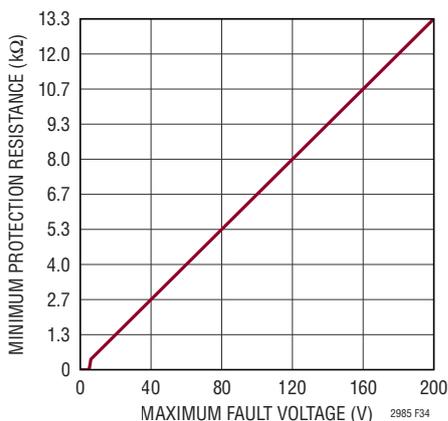


図 34. 最大フォルト電圧と最小保護抵抗の関係

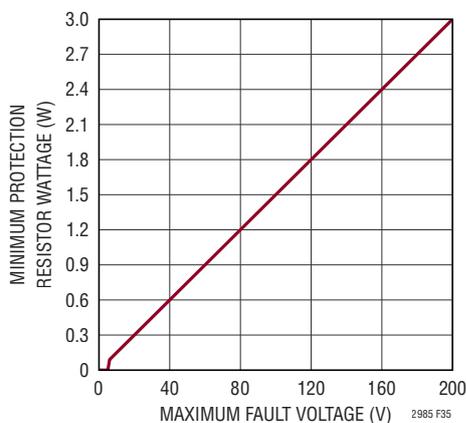


図 35. 最大フォルト電圧と最小保護抵抗電力定格の関係

入力過電圧保護 – 熱電対

熱電対は低インピーダンスのデバイスで、温度差に応じて電圧を発生します。LTM2985の入力インピーダンスは非常に高いので(入力リーク < 1nA)、外付けの過電圧保護抵抗は温度測定の精度にほとんど影響しません。例えば、2kΩの保護抵抗では、最も厳しい条件で4μVの誤差となります(図 36を参照)。これは、タイプK熱電対の25□における0.1□の誤差に相当します。

保護抵抗に加えて、各入力に100pFのコンデンサを追加して、アンチ・エイリアス・フィルタ処理を行う必要がありますが、以下の回路図では簡略化のためにこれらは示されていません。

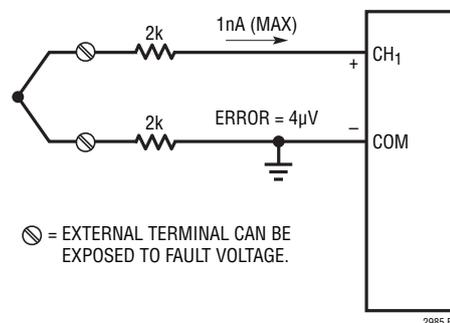


図 36. 保護抵抗付き熱電対

入力過電圧保護 – RTD

RTDは抵抗性デバイスで、温度を測定するためには励起電流が必要です。レシオメトリックな測定を行うために、RTDと検出抵抗で構成される直列ネットワークに励起電流を印加します。過電圧保護は、RTDの各端子とLTM2985の入力チャンネルの間に抵抗を配置することで行います。

4線式RTD

保護機能を備えた最もシンプルなRTDの構成は、4線式RTDです。4つのRTD端子のそれぞれに保護抵抗を接続します(図 37を参照)。励起電流は、検出抵抗(R_{SENSE})、RTD、保護抵抗RP1およびRP4に流れます。LTM2985は、保護抵抗RP2とRP3を介して、CH3とCH4でRTD両端の電圧降下を測定します。RP2とRP3には励起電流が流れないので、保護抵抗による誤差は無視できます。測定誤差は、入力リーク電流(I < 1nA)に支配されます。例えば、1kΩの検出抵抗と1kΩの保護抵抗を備えたPT-100 RTDのリーク電流による誤差は0.025□以下です。

アプリケーション情報

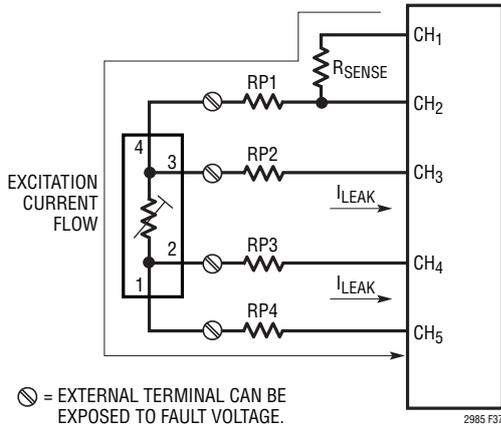


図 37. 保護抵抗付き 4 線式 RTD

3 線式 RTD

3 線式 RTD は 4 線式 RTD に比べて保護が困難です。通常、保護抵抗は RTD の 3 端子のそれぞれに接続します (図 38 を参照)。LTM2985 は、 I_1 と I_2 という 2 つのマッチした励起電流を供給します。これらの電流は、CH3 および CH4 から RP2 および RP3 を経て RTD に流れます。その結果、CH3 と CH4 の間の電圧が測定されます。RP2 = RP3、 $I_1 = I_2$ とすると、保護抵抗に起因する誤差は相殺されます。LTM2985 はマッチした電流源励起が可能ですが、外付け保護抵抗はマッチさせることが困難な場合があります。RP2 と RP3 で 1Ω のミスマッチが生じると、RTD の測定値に 1Ω の誤差が生じます。

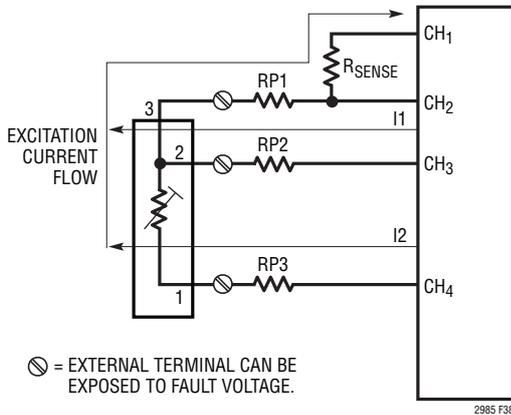


図 38. 保護抵抗付き 3 線式 RTD

LTM2985 には、保護抵抗のミスマッチによ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が用意されています。この機能は、変換開始前にグローバル設定の 3 線式 RTD ケルビン電流励起モード・ビット ($G4 = 1$ 、表 67 参照) を設定することで有効化されます。このモードでは、隣接するチャンネル (この例で CH5 と CH6) を電流源の励起に使用し、CH3 と CH4 で測定を行います (図 39 を参照)。RTD と励起電流源に接続されたチャンネルとの間には更に 2 つの抵抗を配置しますが、全ての抵抗について保護抵抗のマッチングに関する制約はなくなります。励起電流は RP2 と RP3 を流れなくなり、RP2 と RP3 の電圧降下は除かれます。図 40 は、このモードのチャンネル割り当て規則を示しています。

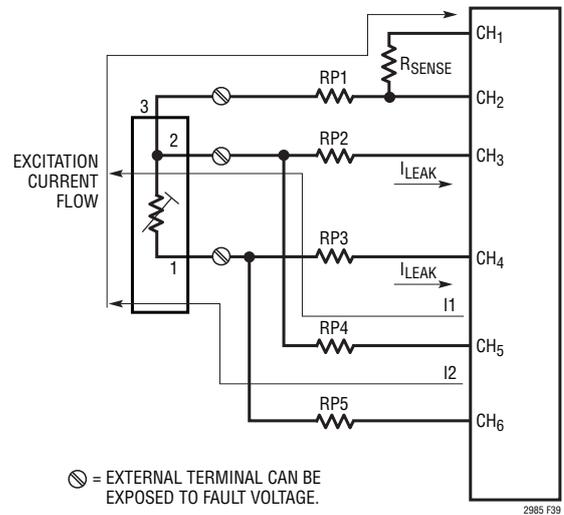


図 39. 3 線式 RTD ケルビン電流モード ($G4 = 1$)

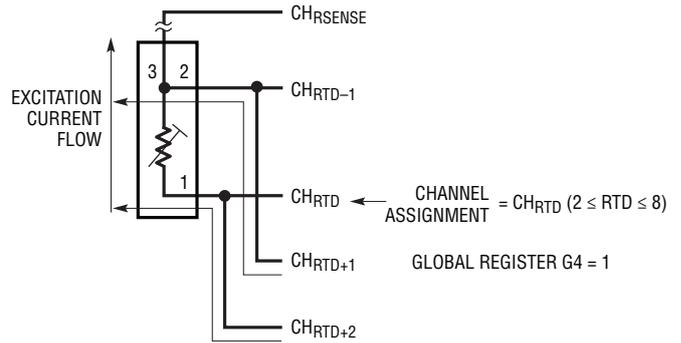


図 40. 3 線式 RTD ケルビン電流モードのチャンネル割り当て規則 ($G4 = 1$)

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、保護が困難です(図41を参照)。保護抵抗が1Ω増えるごとに、RTDに1Ωの測定誤差が追加されます。

LTM2985には、保護抵抗による誤差を除去するために、2線式ケルビン電流源モードが用意されています。この機能は、変換開始前にグローバル設定の2線式RTDケルビン電流励起モード・ビット(G5 = 1、表67参照)を設定することで有効化されます。この電流励起モードでは、隣接するチャンネル(この例ではCH5)を内部グラウンド接続に使用します(図42を参照)。RTDとCH5の間に保護抵抗が1つ追加されています。励起電流はRP3を流れなくなり、その端子間の電圧降下が除かれます。図43は、このモードのチャンネル割り当て規則を示しています。

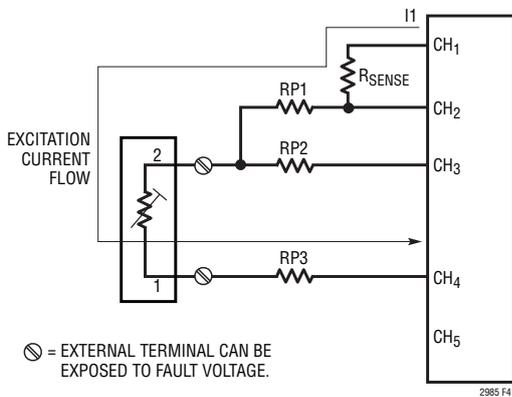


図41. 保護抵抗付き2線式RTD

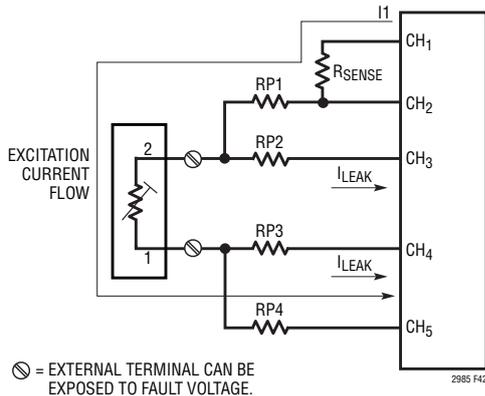


図42. 2線式RTDケルビン電流モード(G5 = 1)

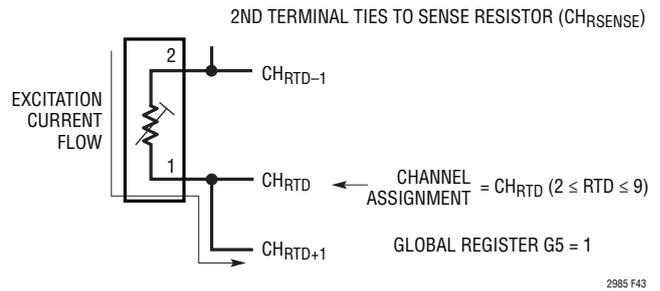


図43. 2線式ケルビン電流モードのチャンネル割り当て規則(G5 = 1)

サーミスタ

サーミスタは、2線式RTDと同様に、保護抵抗RP3がセンサーと直列に接続されるため、保護が困難です(図44を参照)。保護抵抗が1Ω増えるごとに、サーミスタに1Ωの測定誤差が追加されます。

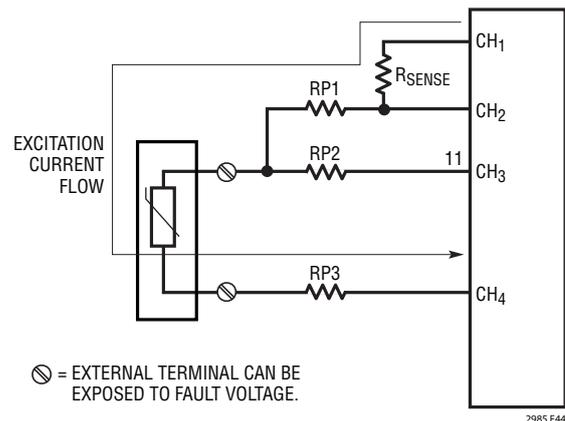


図44. 保護抵抗付きサーミスタ

LTM2985には、保護抵抗によ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が用意されています。この機能は、変換開始前にグローバル設定のサーミスタ・ケルビン電流励起モード・ビット(G6 = 1、表67参照)を設定することで有効化されます。この電流励起モードでは、隣接するチャンネル(この例ではCH5)を内部グラウンド接続に使用します(図45を参照)。サーミスタとCH5の間に保護抵抗が1つ追加されています。励起電流はRP3を流れなくなり、その端子間の電圧降下が除かれます。図46は、このモードのチャンネル割り当て規則を示しています。

アプリケーション情報

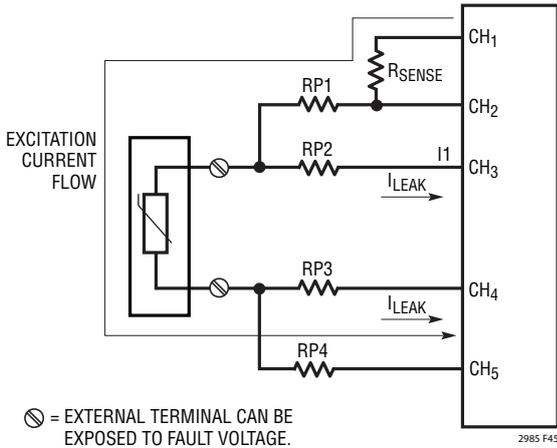


図45. サーミスタ・ケルビン電流源モード (G6=1)

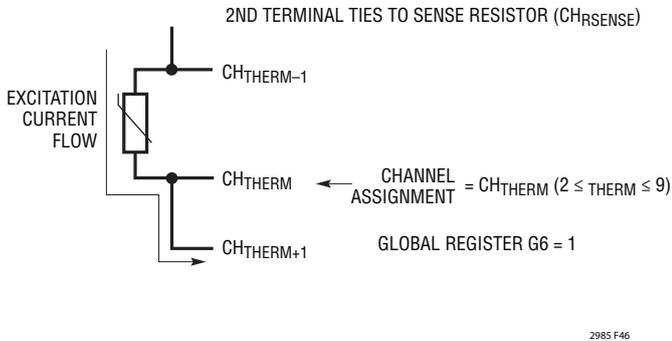


図46. サーミスタ・ケルビン電流モードのチャンネル割り当て規則 (G6 = 1)

汎用的な例

LTM2985は、1つの保護インターフェースを複数のセンサー・タイプで共有できます(図47を参照)。RTD(2線式、3線式、4線式)、サーミスタ、熱電対など、全てのセンサー・タイプに対応しています。センサーの切り替えに必要なのは、ソフトウェア制御による新しいチャンネル割り当てワードだけです。マルチセンサー回路には4つの入力端子があり、それぞれが外部からの過電圧に対して保護されます。全てのセンサーでケルビン電流励起モードを有効にするには、3つのグローバル設定ビットG4、G5、G6を全て1に設定します(表67を参照)。

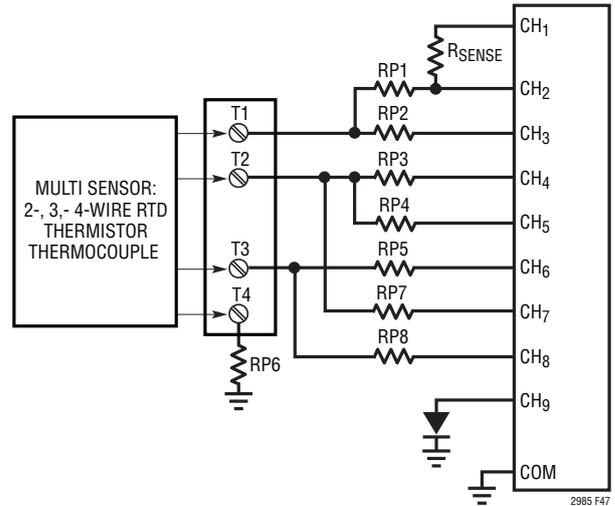


図47. 汎用マルチセンサーの回路図

図48では、4線式RTDを4つの入力端子に直接接続しています。この場合、4線式RTDはCH6に、検出抵抗はCH2に接続しています。励起電流は、保護抵抗RP1およびRP6に流れます。RP6は接地されているため、R_SENSEの共有と励起電流のローテーションはオフになります。

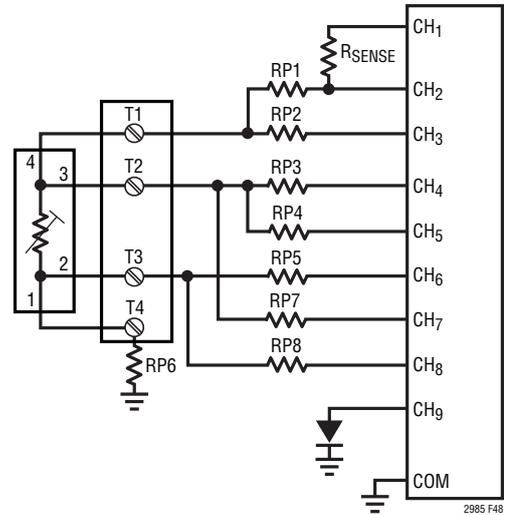


図48. 保護付きマルチセンサーの4線式RTD接続

アプリケーション情報

図49は、マルチセンサー回路を用いた3線式RTDとのインターフェースを示しています。この場合、RTDは端子T1～T3に直接接続し、端子T4はフロート状態のままです。CH7とCH8からマッチした励起電流が保護抵抗RP7とRP8を介して流れ、CH5とCH6でRTDの測定が行われます。3線式RTDはCH6に割り当てられ、R_{SENSE}の共有はオンにされています。

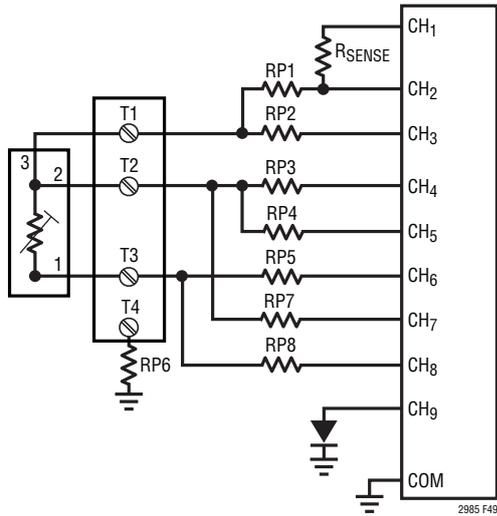


図49. 保護付きマルチセンサーの3線式RTD接続

図50は、LTM2985のマルチセンサー回路を用いた2線式RTDとのインターフェースを示しています。この例では、RTDは端子T1とT2に直接接続し、端子T3とT4はフロート状態のままです。励起電流は、CH1からR_{SENSE}と保護抵抗RP1およびRP4を経由して流れ(CH5は内部で接地)、RTDの測定はCH3とCH4で行われます。2線式RTDはCH4に割り当てられ、R_{SENSE}の共有はオンにされています。

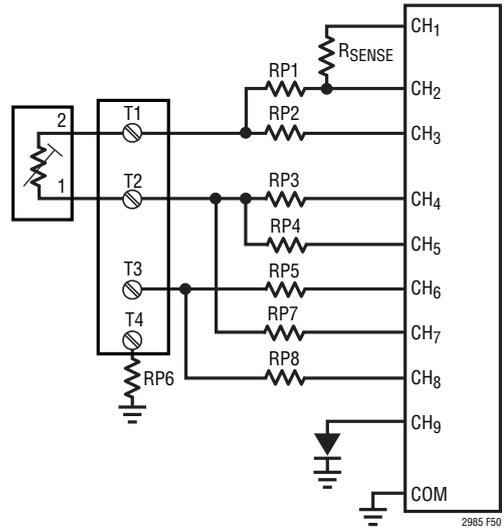


図50. 保護付きマルチセンサーの2線式RTD接続

図51は、LTM2985のマルチセンサー回路を使ったサーミスタへのインターフェースです。この例では、サーミスタは端子T1とT2に直接接続し、端子T3とT4はフロート状態のままです。励起電流は、CH1からR_{SENSE}と保護抵抗RP1およびRP4を経由して流れ(CH5は内部で接地)、サーミスタの差動測定がCH3とCH4で行われます。サーミスタはCH4に割り当てられており、内部グラウンド接続のためにR_{SENSE}の共有が有効化されています。

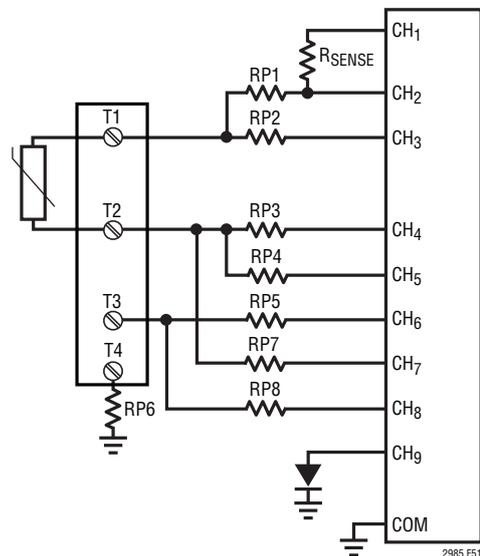


図51. 保護付きマルチセンサーのサーミスタ接続

アプリケーション情報

図52は、LTM2985のマルチセンサー回路を使った熱電対へのインターフェースです。この場合、熱電対は端子T3とT4に直接接続し、端子T1と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)に接続できます。また、冷接点補償用にダイオード(CH9に接続)を使用することもできます。熱電対は、シングルエンド測定モードでCH6に割り当てられます。

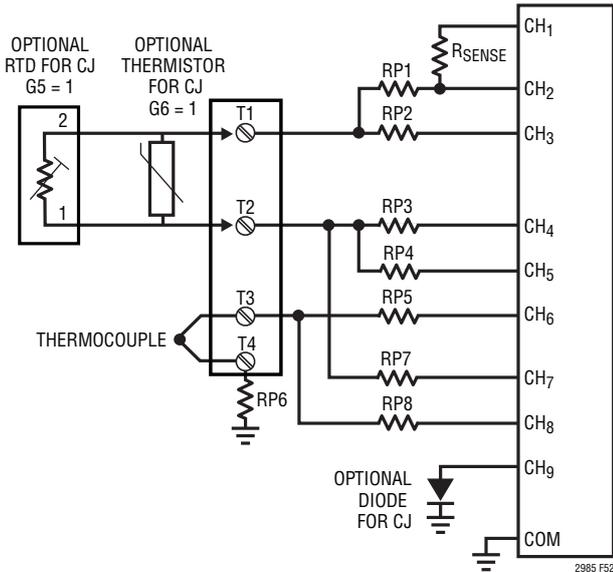


図 52. 保護付きマルチセンサーの熱電対接続

アクティブ・アナログ温度センサー

LTM2985は、パッシブ型の温度センサーに加えて、アクティブ型のアナログ温度センサー(LTC2997など)にも対応しています。このモードでは、LTM2985はアナログ温度センサーからの電圧出力を測定し、テーブル・ルックアップを行って測定した電圧を温度に変換します。このセンサー・オプションは完全にカスタマイズ可能で、直接温度測定や冷接点補償に使用できます。

アナログ・センサー・チャンネルの割り当てと結果フォーマット

アクティブ・アナログ温度センサー・タイプ = 31 (表4および図53を参照)の場合、チャンネル割り当てワードは、差動測定では0xF800 0000、シングルエンドでは0xFC00 0000です。アクティブ・アナログ温度センサー・タイプに設定すると、LTM2985はADCから測定された電圧値を受け取り、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フォーマットは、エラー・ステータス・バイトと共に、24ビット符号付き固定小数点の温度結果となります。温度の固定小数点フォーマットは、LTM2985における他の全ての温度センサー・タイプと同じです。このフォーマットは、表9Aと表9Bで確認できます。

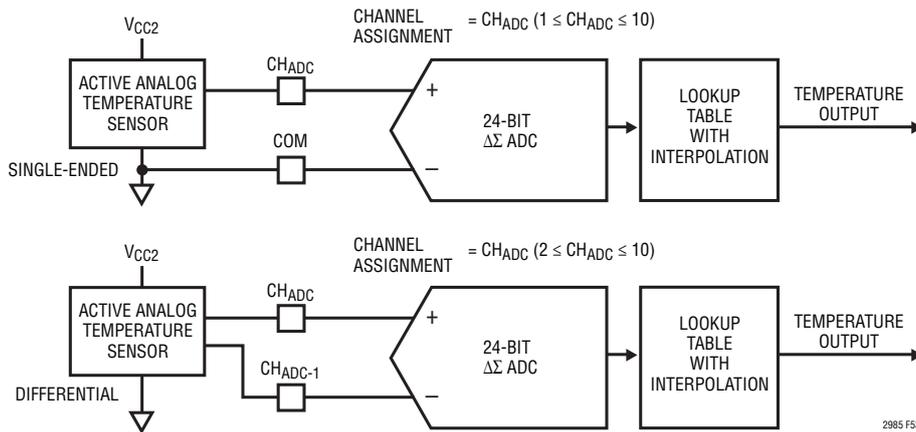


図 53. アクティブ・アナログ温度センサーのチャンネル割り当て規則

アプリケーション情報

エラー・ステータス・バイトは、データ出力ワードの上位バイトにあります。表 68 は、アナログ・センサー・タイプのエラー・ステータス・バイトのフォーマットを示しています。D31 ビットと D30 ビットは、ADC の読出し異常を示します。これは、センサーが断線（オープン）、または過度のノイズ事象（センサー経路への ESD（静電放電））のいずれかによって生じる可能性があります。これらはいずれもハード・エラーであり、 -999°C または $^{\circ}\text{F}$ が通知されます。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の事象であった場合、デバイスは復帰し、後続の変換が有効になります。ビット D27 および D26 は、表 68 に示す上限温度または下限温度を超えたことを示します。ビット D25 は、ADC 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ー

この例では、簡略化された温度曲線が実装されています（図 54 を参照）。ポイント P1～P9 は、カスタム・デバイスの通常の動作範囲を表しています。ポイント P9 を超える電圧を読

み出すとソフト・フォールトとなり、ポイント P8 および P9（テーブルの最後の 2 つのエントリ）で決まる勾配を使用した線形外挿値が通知されます。電圧の読出し値がポイント P1 より低い場合も、ソフト・フォールトとして通知されます。通知される結果は、ポイント P1 と P0 の間の外挿値で、P0 は通常、可能な最小のセンサー出力電圧です。P0 未満のセンサー出力電圧（mV 単位）は、P0 出力を通知します。

LTM2985 でアクティブ・アナログ温度センサー・テーブルを設定するには、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に変換します（2 つの 3 バイト・テーブル・エントリで表現、表 69 を参照）。アナログ・センサーの中には負の出力電圧を生成するものがあるため、テーブルの mV 値は 2 の補数になっています。センサーの出力電圧（mV 単位）は、表 71 に示す規則に従い、最初のビットが符号、次の 11 ビットが整数部、残りの 12 ビットが小数部となります。

表 68. アクティブ・アナログ温度センサーのフォールト・データ・バイト

BIT	FAULT	ERROR TYPE	DESCRIPTION	OUTPUT RESULT
D31	Hard Fault	Hard	$V_{\text{ADC}} < -1.75 \cdot V_{\text{REF}}/2$ or $V_{\text{ADC}} > 1.75 \cdot V_{\text{REF}}/2$	-999
D30	Range Hard Fault	Hard	$V_{\text{ADC}} < -1.75 \cdot V_{\text{REF}}/2$ or $V_{\text{ADC}} > 1.75 \cdot V_{\text{REF}}/2$	-999
D29	Not Used	N/A	NA	NA
D28	Not Used	N/A	NA	NA
D27	Soft Above	Soft	$V_{\text{ADC}} > \text{Last Table Point Voltage}$	Suspect Reading
D26	Soft Below	Soft	$V_{\text{ADC}} < \text{Second Table Point (P1) Voltage}$	Suspect Reading
D25	Soft Range	Soft	$V_{\text{ADC}} < -1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$ or $V_{\text{ADC}} > 1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$	Suspect Reading
D24	Result Valid (Always 1)	NA	NA	NA

アクティブ・アナログ温度センサーのテーブル・フォーマット

表 69. アクティブ・アナログ温度センサーのテーブル・フォーマット

ADDRESS	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 4	BYTE 5
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address}$	Table Entry #1 (mV)			Table Entry #1 (Kelvin)		
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address} + 6$	Table Entry #2 (mV)			Table Entry #2 (Kelvin)		
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address} + 12$	Table Entry #3 (mV)			Table Entry #3 (Kelvin)		
.
.
.
Max Address = $0x3CA$	Table Entry #64 (mV)			Table Entry #64 (Kelvin)		

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しますが、LTM2985で最終的に通知される温度は°Cまたは°F単位です。センサーの温度(ケルビン)は、表72に示す規則に従い、最初の14ビットが整数部、残りの10ビットが小数部です。この例では、カスタム・アナログ・センサーをCH2に接続し、表73に示すチャンネル割り当てデータで設

定しています。この場合、カスタム・データは、メモリ・ロケーション0x250 (開始アドレスは0)から始まります。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・センサー・データ・ポイント・フィールドに入力します。テーブル・データの長さ-1(この例では9)は、アナログ温度センサー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します。10個の6バイト・テーブル・エントリのロケーションとフォーマットについては、表70を参照してください。

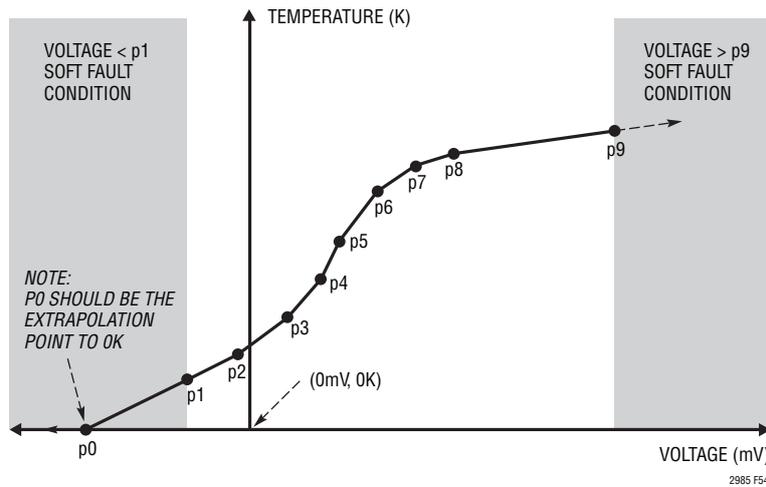


図 54. アクティブ・アナログ温度センサーのテーブル例

表 70. アクティブ・アナログ温度センサーのテーブル・データ・メモリ・マップの例

POINT	SENSOR OUTPUT VOLTAGE (mV)	TEMPERATURE KELVIN	START ADDRESS	STOP ADDRESS	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 4	BYTE 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 Data			Temperature Data		
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						

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ーの電圧値の例

	BYTE 0								BYTE 1								BYTE 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	0	1	1	0	0	1	1	0	0	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	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
132.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	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ーの温度値の例

	BYTE 3								BYTE 4								BYTE 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
Temperature	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	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 73. アクティブ・アナログ温度センサーのチャンネル割り当てデータの例

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 214	MEMORY ADDRESS 215	MEMORY ADDRESS 216	MEMORY ADDRESS 217																				
(1) Analog Temp Sensor	Sensor Type	5	11110	1	1	1	1	0																			
(2) SE/Diff	Single-Ended or Differential	1	0					0																			
(3) Not Used	Set to 0	14	00000000000000						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
(4) Direct ADC Table Data Pointer	Start Address = 0 (Start at 0x250)	6	000000																0	0	0	0	0	0			
(5) Direct ADC Table Data Length-1	Data Length-1 = 9	6	001001																			0	0	1	0	0	1

アプリケーション情報

ダイレクトADC測定

LTM2985は、温度センサーの測定に加えて、ADC(電圧)の直接測定も可能です。どのチャンネルも、シングルエンドまたは差動の直接測定用に構成できます。ダイレクト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は、入力チャンネルに対応するメモリ・ロケーションで設定します。

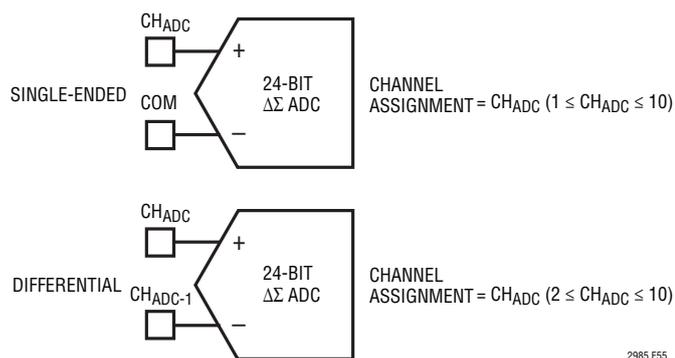


図55. ダイレクトADCのチャンネル割り当て規則

ダイレクトADCモードは、シングルエンドと差動入力の両方で設定できます。シングルエンドと差動のどちらのモードでも、正の入力チャンネルはCH_{ADC}に接続します。シングルエンド測定の場合、ADCの負の入力はCOMに、差動測定の場合はCH_{ADC-1}に接続します。シングルエンド測定では、COMはGND-50mVより高く、V_{CC2}-0.3Vより低い任意の電圧で駆動できます。ダイレクトADCの結果は、変換チャンネルに対応するメモリ・ロケーションで得られます。

ダイレクトADCの動作には2つの結果モードのオプションがあります。1つ目のモードはダイレクト電圧出力で、2つ目のモードはテーブル・ルックアップ出力です。ダイレクト電圧出力に設定すると、LTM2985は8ビットのフォールト・ステータス・バイトと共に24ビットの固定小数点の電圧結果を返します。テーブル・ルックアップに設定すると、LTM2985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ビットの符号付き整数のテーブル・ルックアップ結果を8ビットのフォールト・ステータス・バイトと共に返します。

図56は、差動入力電圧($\pm V_{REF}/2$)とV_{REF}/2のコモンモード入力電圧における代表的な積分非直線性(INL)の変化を、電源電圧と温度の関数として示しています。

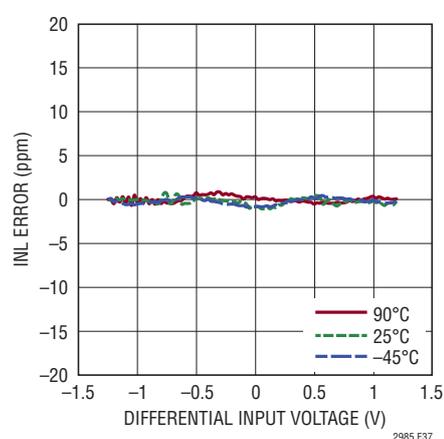


図56. 温度の関数としての積分非直線性 (V_{CC2} = 5.25V)

アプリケーション情報

電圧出力モード

標準(非テーブル・モード)の電圧出力モードでは、チャンネル割り当てワードは、差動測定の場合は0xF000 0000、シングルエンドの場合は0xF400 0000です(表75を参照)。

データは32ビット・ワードで表現され(表74を参照)、最上位8ビットはフォールト・ビット、下位24ビットはADCの読出し値

(ボルト単位)です。ダイレクトADC読出しの場合、ハード・フォールト・エラーでデジタル出力はクランプされません。読出し値が $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ を超えた場合、LTM2985の通常の精度範囲を超えてソフト・エラーのフラグが立ちます。これらの結果は棄却します。読出し値が $\pm 1.75 \cdot V_{REF}/2$ を超えた場合、LTM2985の使用可能範囲外となります。これらの結果はハード・フォールトとなり、棄却します。

表74. ダイレクトADC電圧出力結果のフォーマット

	START ADDRESS								START ADDRESS + 1								START ADDRESS + 2								START ADDRESS + 3 (END ADDRESS)								
	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	
	Fault Data								SIGN MSB								LSB																
Volts	Sensor Hard Fault	Range Hard Fault	NA	NA	Soft Above	Soft Below	Soft Range	Valid Always 1																									
									± 2V	1V	0.5V 0.25V ...																						
									Integer								Fraction																
>V _{REF}	1	1	0	0	1	0	1	1	CLAMPED to Factory Programmed Value of V _{REF}																								
1.75 · 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	0
1.125 · 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	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	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	1
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	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	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	1
-1.125 · 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	1
-1.75 · 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	1	1
< -V _{REF}	1	1	0	0	0	1	1	1	CLAMPED to Factory Programmed Value of -V _{REF}																								

例: 差動入力を使用したダイレクトADC

表75. ダイレクトADCのチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x200	MEMORY ADDRESS 0x201	MEMORY ADDRESS 0x202	MEMORY ADDRESS 0x203																										
(1) Direct ADC	Directly Measure ADC	5	11110	1	1	1	1	0																									
(2) SE/Diff	Single-Ended or Differential	1	0					0																									
(3) TBL	Table Lookup	1	0					0																									
(4) Not Used	Set to 0	13	0000000000000						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(4) Direct ADC Table Data Pointer	Start Address = 0	6	000000																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(5) Direct ADC Table Data Length-1	Data Length-1 = 0	6	000000																									0	0	0	0	0	0

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・ルックアップ出力モードでは、チャンネル割り当てワードの1~2バイト目は、差動入力の場合は0xF200、シングルエンドの場合は0xF600です。最下位12ビットには、

カスタム・テーブル・データの長さやポインタ情報が含まれます。テーブル・ルックアップ出力データ用に設定すると、LTM2985はADCから電圧値を受け取り、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フォーマットは、エラー・ステータス・バイトと共に、24ビット符号付き整数となります。

表 76. ダイレクトADCテーブル・ルックアップ結果のフォーマット

START ADDRESS								START ADDRESS + 1								START ADDRESS + 2								START ADDRESS + 3 (END ADDRESS)							
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
Fault Data								SIGN MSB								LSB															
Sensor Hard Fault	Range Hard Fault	NA	NA	Soft Above	Soft Below	Soft Range	Valid Always 1	Table Lookup Result – Signed Integer																							

表 77. ダイレクトADCテーブル・ルックアップのフォールト・データ・バイト

BIT	FAULT	DESCRIPTION
D31	Sensor Hard Fault	$V_{ADC} < -1.75 \cdot V_{REF}/2$ 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	Not Used	NA
D28	Not Used	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. ダイレクトADCのテーブル・フォーマット

ADDRESS	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 4	BYTE 5
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address}$	Table Entry #1 (mV)			Table Entry #1 (Integer Value)		
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address} + 6$	Table Entry #2 (mV)			Table Entry #2 (Integer Value)		
$0x250 + 6 \cdot \text{Start Address} + 12$	Table Entry #3 (mV)			Table Entry #3 (Integer Value)		
.	.			.		
.	.			.		
.	.			.		
Max Address = $0x3CA$	Table Entry #64 (mV)			Table Entry #64 (Integer Value)		

アプリケーション情報

例: 差動入力とテーブル・ルックアップを使用したダイレクトADC

この例では、簡略化されたカスタム曲線が実装されています (図57を参照)。ポイントP1~P9は、カスタム・デバイスの通常の動作範囲を表しています。ポイントP9を超える電圧を読み出すとソフト・フォールトとなり、ポイントP8およびP9 (テーブルの最後の2つのエントリ) で決まる勾配を使用した線形外挿値が通知されます。電圧の読出し値がポイントP1より低い場合も、ソフト・フォールトとして通知されます。通知される結果は、ポイントP1とP0の間の外挿値で、P0は通常、可能な最小のセンサー出力電圧です。P0未満のセンサー出力電圧 (mV単位) は、P0出力を通知します。

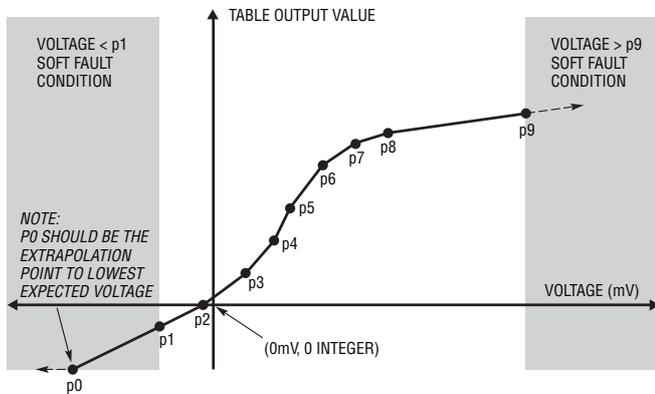


図57. ダイレクトADCテーブルの例

LTM2985でカスタムADCテーブルを設定するには、mVデータと結果データの両方を24ビットのバイナリ値に変換します (2つの3バイト・テーブル・エントリとして表現)。バイポーラ出力電圧のセンサーに対応するため、LTM2985に入力するmV値は2の補数になります。センサーの出力電圧 (mV単位) は、表80に示す規則に従い、最初のビットが符号、次の11ビットが整数部、残りの12ビットが小数部となります。

テーブル・エントリの結果側は、符号付き24ビット整数として入力され、LTM2985が通知する最終結果も24ビット整数となります。結果のフォーマットは、表81に示す規則に従い、最初のビットが符号ビットで、残りの23ビットが整数の大きさです。この例では、カスタム差動センサーをCH2に接続し、表82に示すチャンネル割り当てデータで設定しています。この場合、カスタム・データは、メモリ・ロケーション0x250 (開始アドレスは0) から始まります。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・フィールドに入力します。テーブル・データの長さ-1 (この例では9) は、センサー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します。10個の6バイト・テーブル・エントリのロケーションとフォーマットについては、表79を参照してください。

表79. ダイレクトADCテーブル・データ・メモリ・マップの例

POINT	SENSOR OUTPUT VOLTAGE (mV)	INTEGER OUTPUT DATA	START ADDRESS	STOP ADDRESS	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 4	BYTE 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 Data			Integer Output Data		
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

LTM2985は、センサーの温度を求めるために内部変換を複数回行います。通常、1つの温度結果に対して2回の内部変換サイクルが必要で、最大出力時間は167.2msとなります。LTM2985は、この2回の変換サイクルにより、オフセット/オフセット・ドリフト誤差の自動除去、1/fノイズの低減、マッチング内部電流源の自動キャリブレーション、50/60Hzの同時ノイズ除去を行います。

LTM2985は、1つの結果に対して2回の変換サイクルを実行するだけでなく、3回目の変換サイクルを利用することで、いくつかのユニークな機能を提供しています。この場合、最大出力時間は251msとなりますが、2サイクル・モードの利点は全てそのまま生かされます(表83を参照)。

3サイクル変換モードを利用する機能の1つに、内部オープン・サーキット検出モードがあります。一般的に、熱電対のオープン・サーキット検出は、熱電対とV_{CC2}の間に高抵抗のプルアップを追加することで行われます。この方法は、LTM2985が2サイクル変換モード(OC=0)で動作しているときに使用できます。この外付けプルアップは、入力保護回路と相互作用し、温度測定誤差やノイズの増加につながる可能性があります。これらの問題は、内部オープン・サーキット検出モード(OC=1)を選択することで解消されます。この場合、電流は8ms間パルス化されるため、1つの変換サイクル中にセトリングできます。その後、通常の2回の変換サイクルで熱電対が測定されます。熱電対が断線している場合、電流パルスはオープン・サーキット・フォールトとなります。

3回目の変換サイクルを利用した2つ目の機能は、サーミスタ励起電流の自動範囲調節機能です。サーミスタの抵抗値は何桁も変化するため、低抵抗領域の性能は、高抵抗領域の動作に必要な小電流によって損なわれます。自動範囲調節モードでは、最初の変換サイクルでテスト電流を流し、サーミスタの抵抗値に最適な電流を決定します。その後、その電流を使って通常の2サイクル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ーとして使用した場合、3サイクル後に熱電対の変換結果が得られます。

3回目の変換サイクルを必要とする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、寄生リード抵抗の影響を除去するために、3つの比率の電流を外付けダイオードに流します。これは、ダイオードが離れた場所にあつて、未知の大きな寄生リード抵抗を除去する必要があるアプリケーションで有効です。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ーとして使用した場合、熱電対の変換結果は3サイクル後に得られません。

表 83. 2サイクル変換モードと3サイクル変換モード

TYPE OF SENSOR	CONFIGURATION	NUMBER OF CONVERSION CYCLES	MAXIMUM OUTPUT TIME
Thermocouple	OC = 0	2	167.2ms
RTD	All	2	167.2ms
Thermistor	Non-Autorange Current	2	167.2ms
Diode	Two Readings	2	167.2ms
Thermocouple	OC = 1	3	251ms
Thermocouple	OC = 0, 3-Cycle Cold Junction	3	251ms
Thermistor	Autorange Current	3	251ms
Diode	Three Readings	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・ロケーション0x000に書き込まれたチャンネル番号(ビットB[4:0] = 00001~01010)で決まる1つの入力チャンネルで変換測定が開始されます。複数の連続変換を開始するには、メモリ・ロケーション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(表84を参照)で選択された各チャンネルで開始されます。

例えば、表85に示すマスク・データを使用して、メモリ・ロケーション0に1000000を書き込むと、CH10、CH8、CH6、CH1で連続して変換が開始されます。変換が開始すると、INTピンはローになり、全ての変換が完了するまでローに

補足情報

保持されます。マスク・レジスタを割り当てデータのないチャンネルに設定した場合、その変換ステップはスキップされます。全ての結果が変換結果メモリ・ロケーションに保存され、測定サイクルの終了時に読み出すことができます。

スリープ・モードへの移行/終了

メモリ・ロケーション 0x000 に 0x97 を書き込むことにより、LTM2985 をスリープ・モードにすることができます。メモリ書き込み後の \overline{CS} の立上がりエッジ(図2を参照)で、デバイスは低消費電力のスリープ状態に入ります。この状態は、 \overline{CS} がローになるまで保持されます。これらの2つの信号のいずれかがアサートされると、LTM2985 はこのデータシートのステート1: スタートアップのセクションで説明したようにスタートアップ・サイクルを開始します。

MUX 構成の遅延

LTM2985 は、温度測定結果ごとに2回または3回の内部変換サイクルを実行します。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、内部の1ms(代表値)の遅延により、ほとんどの場合、変換サイクルの前のセトリングが確保されます。

外部センサー回路に過剰なRC時定数が存在する場合(大きなバイパス・コンデンサをサーミスタやRTDに使用する場合)、電流源の励起とMUXスイッチの間のセトリング・タイムを長くすることが可能です。この追加遅延は、MUX構成遅延レジスタ(メモリ・ロケーション 0x0FF)に書き込む値によって指定します。このメモリ・ロケーションに書き込んだ値に100 μ sが乗算されるため、追加MUX遅延の最大値は25.5msとなります(つまり、0x0FF = 255 \cdot 100 μ s)。

リファレンスの考慮事項

LTM2985をPCボードにはんだ付けする際の機械的ストレスにより、出力電圧リファレンスがずれたり、温度係数が変化したりすることがあります。この2つの変化には相関性はありません。例えば、電圧は変化しても温度係数は変化しないことがあります。応力による影響を軽減するために、リファレンスをPCボードの短辺付近やコーナーに配置します。

表 84. 複数変換のマスク・レジスタ

MEMORY LOCATION	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

MEMORY LOCATION	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

の最後の2つのエントリ)で決まる勾配を使用した線形外挿値が通知されます。電圧の読出し値がポイントP1より低い場合も、ソフト・フォールトとして通知されます。通知される温度は、ポイントP1とP0の間の外挿値です。ここで、P0は通常、0ケルビンでのセンサー出力電圧です。P0が0ケルビンを超える場合、P0 (mV 単位)を下回る全てのセンサー出力電圧では0ケルビンが通知されます。センサーの読出し値がP1未満は、ソフト・フォールトとして通知されます。

LTM2985にカスタム熱電対テーブルを設定するには、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に変換します(2つの3バイト・テーブル・エントリとして表現)。ほとんどの熱電対は負の出力電圧を生成するため、LTM2985に入力するmV 値は2の補数です。センサーの出力電圧 (mV 単位)は、表88に示す規則に従い、最初のビットは符号、次の9ビットは整数部分、残りの14ビットは小数部分です。

表 87. 熱電対における mV 対ケルビン (K) データのメモリ・マップの例

POINT	SENSOR OUTPUT VOLTAGE (mV)	TEMPERATURE KELVIN	START ADDRESS	STOP ADDRESS	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 4	BYTE 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 Data			Temperature Data		
p5	55.3	522.1	0x26E	0x273	(see Table 88)			(see Table 89)		
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)

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

カスタムの熱電対

温度フィールドを簡略化するために、温度値は符号なしのケルビン単位で入力しますが、LTM2985によって通知される最終的な温度は°Cまたは°Fで通知されます(表9Aおよび表9Bを参照)。センサー温度(ケルビン)は、表89に示す規則に従い、最初の14ビットは整数部分で、残りの10ビットは小数部分です。

この例では、カスタム熱電対をCH1に接続し、冷接点センサーをCH2に接続して、表90に示すチャンネル割り当てデータで設定しています(類似のフォーマットについては

図9を参照)。この場合、カスタム・データは、メモリ・ロケーション0x250(開始アドレスは0)から始まります。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熱電対データ・ポインタ・フィールドに入力します。テーブル・データの長さ-1(この例では9)は、熱電対のチャンネル割り当てワードのカスタム熱電対データ長フィールドに入力します。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

	BYTE 3							BYTE 4							BYTE 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
Temperature	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. カスタム熱電対のチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x200	MEMORY ADDRESS 0x201	MEMORY ADDRESS 0x202	MEMORY ADDRESS 0x203																					
(1) Thermocouple Type	Type Custom	5	01001	0	1	0	0	1																				
(2) Cold Junction Channel Pointer	CH2	5	00010						0	0	0	1	0															
(3) Sensor Configuration	Single-Ended, 10µA Open Circuit	4	1100											1	1	0	0											
Not Used	Set These Bits to 0	6	000000														0	0	0	0	0	0						
(4) Custom Thermocouple Data Pointer	Start Address = 0 (Start at 0x250)	6	000000																	0	0	0	0	0	0			
(5) Custom Thermocouple Data Length-1	Data Length - 1 = 9 (10 Paired Entries)	6	001001																				0	0	1	0	0	1

カスタムのRTD

LTM2985は、標準のRTDをデジタル化するだけでなく、カスタムのRTDをデジタル化することも可能です(RTDタイプ=0b10010、表30を参照)。カスタムのセンサー・データ(最小3、最大64ペア)はメモリに連続的に格納され、 Ω と温度の関係として単調増加する、表形式データの6バイト・ブロックに配置されます(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・フォーマット

ADDRESS	BYTE 0 BYTE 1 BYTE 2	BYTE 3 BYTE 4 BYTE 5
$0x250 + 6 \cdot \text{StartAddress}$	Table Entry #1 (Ω)	Table Entry #1 (Kelvin)
$0x250 + 6 \cdot \text{StartAddress} + 6$	Table Entry #2 (Ω)	Table Entry #2 (Kelvin)
$0x250 + 6 \cdot \text{StartAddress} + 12$	Table Entry #3 (Ω)	Table Entry #3 (Kelvin)
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Max Address = $0x3CA$	Table Entry #64 (Ω)	Table Entry #64 (Kelvin)

カスタムRTDの例

この例では、簡略化されたRTD曲線が実装されています(図59を参照)。ポイントP1~P9は、カスタムRTDの通常の動作範囲を表しています。ポイントP9を超える抵抗値を読み出すとソフト・フォールトとなり、通知される温度は、ポイントP8およびP9(テーブルの最後の2つのエントリ)で決まる勾配を使用した線形外挿です。抵抗読み出し値がポイントP1未満も、ソフト・フォールトとして通知されます。通知される温度は、ポイントP1とP0の間の外挿値です。ここで、P0は 0Ω でのセンサー出力温度です(このポイントは、ポイントP1の下で適切に内挿するために、 0Ω でなければなりません)。

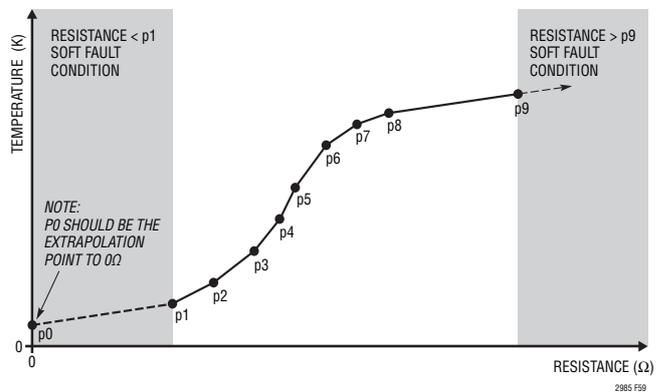


図59. カスタムRTDの例(Ω とケルビンの関係)

カスタムのRTD

カスタムRTDのテーブル・データは、 Ω (センサー出力抵抗)とケルビンの関係で表されます(表92を参照)。各テーブル・エントリのペアは6バイトで構成されています。データの最初のセットは、0x250~0x3CFの任意のメモリ・ロケーションに配置できます。

LTM2985にカスタムRTDテーブルを設定するには、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

変換します。センサー出力の抵抗値(Ω 単位)は、表93に示す規則に従い、最初の13ビットは整数部分で、残りの11ビットは小数部分です。

温度フィールドを簡略化するために、温度値は符号なしのケルビン単位で入力しますが、LTM2985で最終的に通知される温度は $^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ 単位です。センサーの温度(ケルビ

表 92. RTDにおける抵抗対ケルビン・データのメモリ・マップの例

POINT	SENSOR OUTPUT RESISTANCE (Ω)	TEMPERATURE (K)	START ADDRESS	STOP ADDRESS	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 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	Resistance Data			Temperature Data		
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 抵抗値の例

	BYTE 1								BYTE 2								BYTE 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
Resistance	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	
80	0	0	0	0	0	0	1	0	1	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	
257.36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	
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	
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	
512.99	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	
662.3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	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	
2001.89	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	

カスタムのRTD

ンは、表94に示す規則に従い、最初の14ビットが整数部、残りの10ビットが小数部です。

この例では、カスタムRTDをCH3/CH4に接続し、センサー抵抗をCH1/CH2に接続して、表95に示すチャンネル割り当てデータで設定しています(類似のフォーマットについては図18を参照)。この場合、カスタム・データは、メモリ・ローケー

ション0x28C(開始アドレスは10)から始まります。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RTDデータ・ポインタ・フィールドに入力します。テーブル・データ長-1(この例では9)は、チャンネル割り当てワードのカスタムRTDデータ長フィールドに入力します。表91(6ペアのエントリが10個)を参照してください。

表94. RTD温度値の例

	BYTE 1							BYTE 2							BYTE 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
Temperature	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	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	0	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RTDのチャンネル割り当てデータ

CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x20C	MEMORY ADDRESS 0x20D	MEMORY ADDRESS 0x20E	MEMORY ADDRESS 0x20F																			
(1) RTD Type	Custom	5	10010	1	0	0	1	0																		
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH ₂	5	00010						0	0	0	1	0													
(3) Sensor Configuration	4-Wire, No Rotate, No Share	4	1000										1	0	0	0										
(4) Excitation Current	25μA	4	0011												0	0	1	1								
(5) Curve	Not Used for Custom	2	00														0	0								
(6) Custom RTD Data Pointer	Start Address = 10	6	001010															0	0	1	0	1	0			
(7) Custom RTD Data Length-1	Data Length -1 = 9 10 Paired Entries	6	001001																		0	0	1	0	0	1

カスタムのサーミスタ

LTM2985は、標準のサーミスタをデジタル化するだけでなく、カスタムのサーミスタをデジタル化することも可能です(サーミスタ・タイプ=0b11011、表55を参照)。カスタムのセンサー・データ(最小3、最大64ペア)はメモリに連続的に格納され、 Ω と温度の関係として単調増加する、表形式データの6バイト・ブロックに配置されます(表91を参照)。

カスタム・サーミスタ・テーブルの例

この例では、簡略化されたサーミスタのNTC(負の温度係数)曲線が使われています(図60を参照)。ポイントP1~P9は、カスタム・サーミスタの通常動作範囲を表しています。ポイントP9を超える抵抗値を読み出すとソフト・フォールトと

なり、通知される温度は、ポイントP8およびP9(テーブルの最後の2つのエントリ)で決まる勾配を使用した線形外挿です。抵抗読出し値がポイントP1未満も、ソフト・フォールトとして通知されます。通知される温度は、ポイントP1とP0の間の外挿です。ここで、P0は 0Ω でのセンサー出力温度です(このポイントは、ポイントP1の下で適切に内挿するために、 0Ω でなければなりません)。

NTCタイプのサーミスタに加えて、PTC(正の温度係数)タイプのサーミスタを実装することも可能です(図61を参照)。いずれの場合も、テーブル・エントリは、最小抵抗値から始まり、最大抵抗値で終わります。

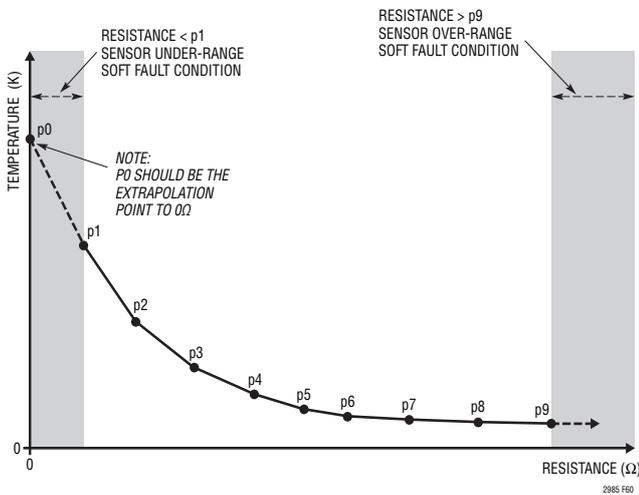


図60. カスタムNTCサーミスタの例(Ω とケルビンの関係)

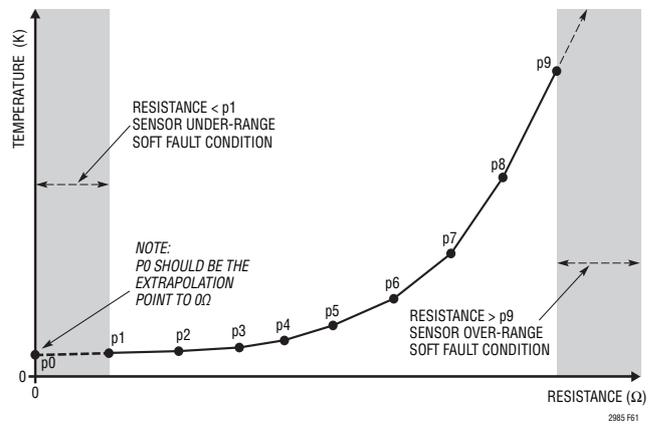


図61. カスタムPTCサーミスタの例(Ω とケルビンの関係)

カスタムのサーミスタ

カスタム・サーミスタのテーブル・データは、Ω(センサー出力抵抗)とケルビンの関係で表されます(表96を参照)。各テーブル・エントリのペアは6バイトで構成されています。データの最初のセットは、0x250以上0x3CF未満の任意のメモリ・ロケーションに配置できます。

LTM2985にカスタム・サーミスタ・テーブルを設定するには、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します。センサー出力の抵抗値(Ω単位)は、表97

に示す規則に従い、最初の20ビットは整数部分で、残りの4ビットは小数部分です。

温度フィールドを簡略化するために、温度値は符号なしのケルビン単位で入力しますが、LTM2985で最終的に通知される温度は°Cまたは°F単位です。センサーの温度(ケルビン)は、表98に示す規則に従い、最初の14ビットが整数部、残りの10ビットが小数部です。

表 96. NTCサーミスタにおける抵抗対ケルビン・データのメモリ・マップの例

POINT	SENSOR OUTPUT RESISTANCE(Ω)	TEMPERATURE (K)	START ADDRESS	STOP ADDRESS	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 3	BYTE 1	BYTE 2	BYTE 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	Resistance Data			Temperature Data		
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. サーミスタ抵抗値の例

	BYTE 1								BYTE 2								BYTE 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
Resistance	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	1	0	0	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	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	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

LTM2985には、テーブルで設定するカスタム・サーミスタの他に、Steinhart-Hart係数を直接入力することも可能です(サーミスタ・タイプ11010、表55を参照)。Steinhart-Hart係数は、サーミスタ・メーカーが提供する一般的な仕様のパラメータです。Steinhart-Hartの式は以下の通りです。

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

Steinhart-Hartデータは、0x250以上0x3CF未満の任意のメモリ・ロケーションに連続的に格納します。各係数は、標準の単精度IEEE754の32ビット値で表されます(表100を参照)。

カスタムSteinhart-Hartサーミスタの例

この例では、Steinhart-Hart式をメモリ・ロケーション0x2C8から入力しています(表101を参照)。

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

ADDRESS	COEFFICIENT	VALUE
0x250 + 6 • Start Address	A	32-Bit Single-Precision Floating Point Format
0x250 + 6 • Start Address + 4	B	32-Bit Single-Precision Floating Point Format
0x250 + 6 • Start Address + 8	C	32-Bit Single-Precision Floating Point Format
0x250 + 6 • Start Address + 12	D	32-Bit Single-Precision Floating Point Format
0x250 + 6 • Start Address + 16	E	32-Bit Single-Precision Floating Point Format
0x250 + 6 • Start Address + 20	F	32-Bit Single-Precision Floating Point Format

表 101. カスタムSteinhart-Hartデータの例

COEFFICIENT	VALUE	START ADDRESS	SIGN	EXPONENT								MANTISSA																										
				MSB							LSB	MSB																							LSB			
A	1.45E-03	0x2C8	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	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	0	
D	1.64E-07	0x2D4	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	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	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

カスタムのサーミスタ

カスタム・サーミスタをCH5に接続し、センサー抵抗をCH3/4に接続して、表102に示すチャンネル割り当てデータで設定しています(類似のフォーマットについては図27を参照)。この場合、カスタム・データは、メモリ・ロケーション

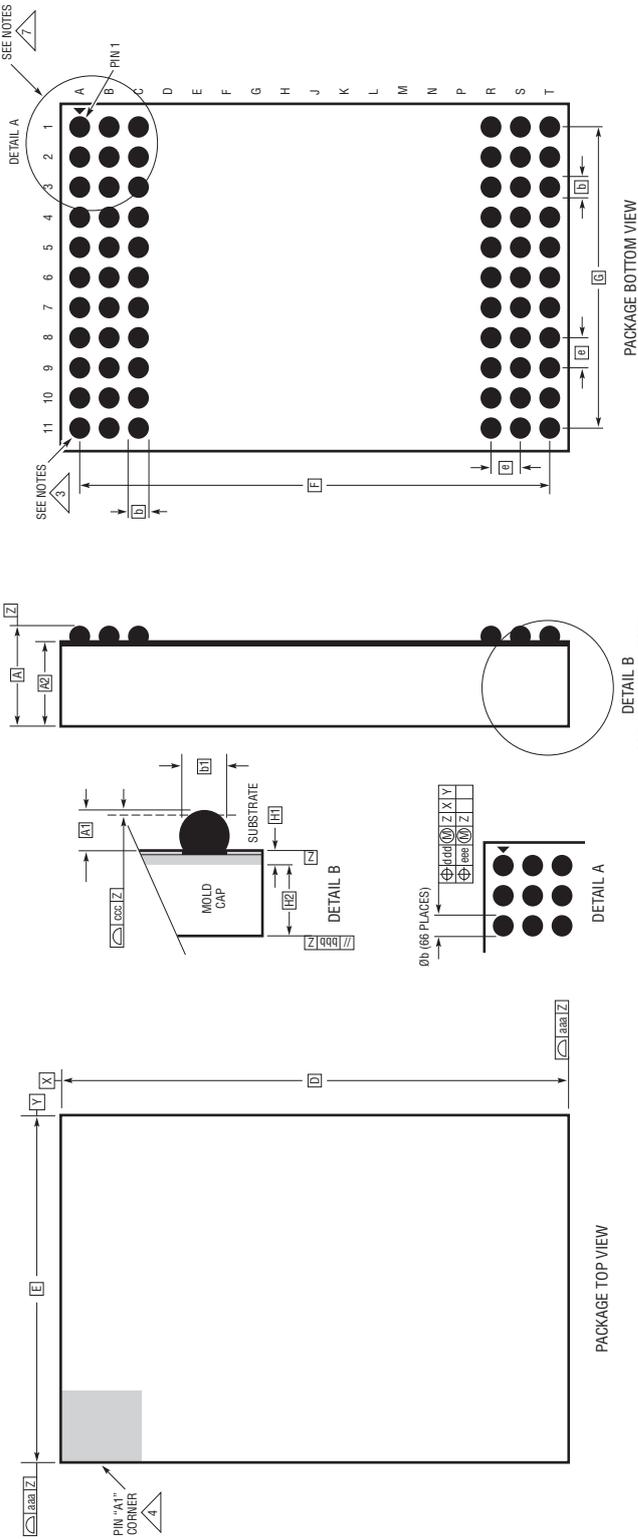
0x2C8 (開始アドレスは20)から始まります。開始アドレス(0x250からのオフセット)は、チャンネル割り当てデータのカスタム・サーミスタデータ・ポインタ・フィールドに入力します。データ長(0に設定)は、常に32ビット浮動小数点の6ワードです。

表 102. カスタム Steinhart-Hart のチャンネル割り当てデータ

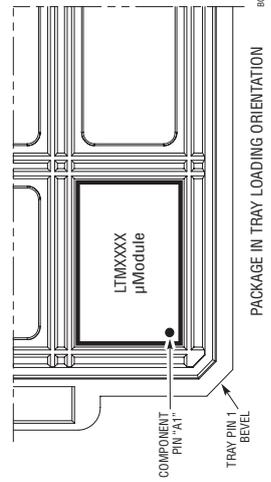
CONFIGURATION FIELD	DESCRIPTION	# BITS	BINARY DATA	MEMORY ADDRESS 0x210	MEMORY ADDRESS 0x211	MEMORY ADDRESS 0x212	MEMORY ADDRESS 0x213
(1) Thermistor Type	Custom Steinhart-Hart	5	11010	1 1 0 1 0			
(2) Sense Resistor Channel Pointer	CH4	5	00100		0 0 1 0 0		
(3) Sensor Configuration	Single-Ended	3	100		1 0 0		
(4) Excitation Current	1μA	4	0011		0 0 1 1		
Not Used	Set These Bits to 0	3	00			0 0 0	
(5) Custom Thermistor Data Pointer	Start Address = 20	6	010100			0 1 0 1 0 0	
(6) Custom Steinhart-Hart Length Always Set to 0	Fixed at Six 32-Bit Words	6	000000				0 0 0 0 0 0

パッケージの説明

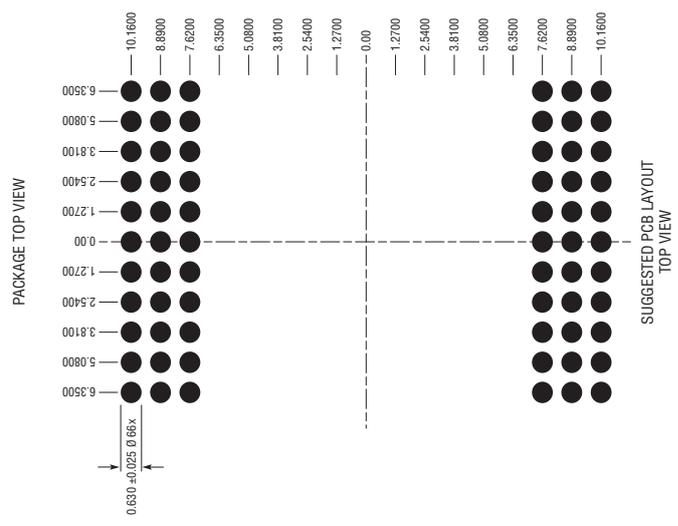
BGA Package
66-Lead (22mm × 15mm × 3.66mm)
 (Reference LTC DWG# 05-08-1509 Rev 0)



- NOTES:**
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. BALL DESIGNATION PER JE5D MS-028 AND JEP95
 4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 5. PRIMARY DATUM - Z - IS SEATING PLANE
 6. SOLDER BALL COMPOSITION CAN BE 96.5% Sn/3.0% Ag/0.5% Cu
 7. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG µModule PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

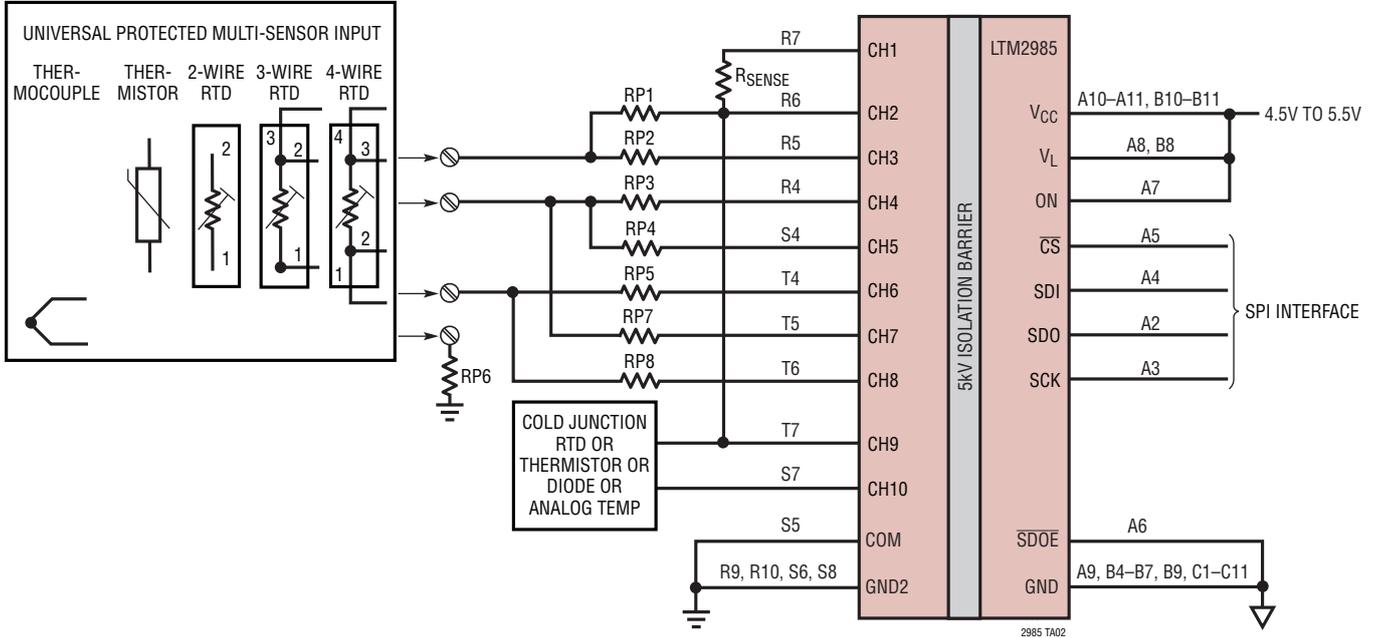


DIMENSIONS			
SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	3.46	3.66	3.86
A1	0.50	0.60	0.70
A2	2.96	3.06	3.16
b	0.60	0.75	0.90
b1	0.60	0.63	0.66
D		22.00	
E		15.00	
e		1.27	
F		20.32	
G		12.70	
H1	0.51	0.56	0.61
H2	2.45	2.50	2.55
aaa			0.15
bbb			0.10
ccc			0.20
ddd			0.30
eee			0.15
TOTAL NUMBER OF BALLS: 66			



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が共有可能



関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC2986	EEPROMを内蔵しないマルチセンサー高精度デジタル温度測定システム	非絶縁型10チャンネル。LTM2985とソフトウェア互換
LTC2986-1	EEPROMを内蔵したマルチセンサー高精度デジタル温度測定システム	非絶縁型10チャンネル。LTM2985とソフトウェア互換
LTC2983	マルチセンサー高精度デジタル温度測定システム	LTC2986とピン/ソフトウェア互換の20チャンネル版
LTC2984	EEPROMを内蔵したマルチセンサー高精度デジタル温度測定システム	LTC2986-1とピン/ソフトウェア互換の20チャンネル版
LTC2990	I ² Cインター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インターフェース搭載のオクタル電圧、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ーおよび電圧モニタ	温度と2つの電圧をモニタ、調整可能な閾値、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用し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ー	温度をモニタ、調整可能な閾値、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用し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/内部温度センサー	1.8Vの内部リファレンスを使用した温度入力/電圧出力、±1°C(最大の)精度
LTC2943	I ² Cインターフェース搭載の20V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。あらゆる組成および容量のバッテリーで使用可能。