

MAX31855

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

概要

MAX31855は、冷接点補償を実行し、K、J、N、T、またはEタイプ熱電対からの信号をデジタル化します(SおよびRタイプ熱電対についてはお問い合わせください)。データは、符号付き14ビット、SPI™対応の読取り専用形式で出力されます。このコンバータは、温度を0.25℃まで分解するため、最高+1800℃と最低-270℃の読取りが可能となり、Kタイプ熱電対の場合-200℃~+700℃の温度範囲で±2℃の熱電対精度を示します。フルレンジ精度とその他の熱電対タイプについては、「[Thermal Characteristics](#) (熱特性)」の仕様を参照してください。

アプリケーション

産業用
電気器具
HVAC
車載用

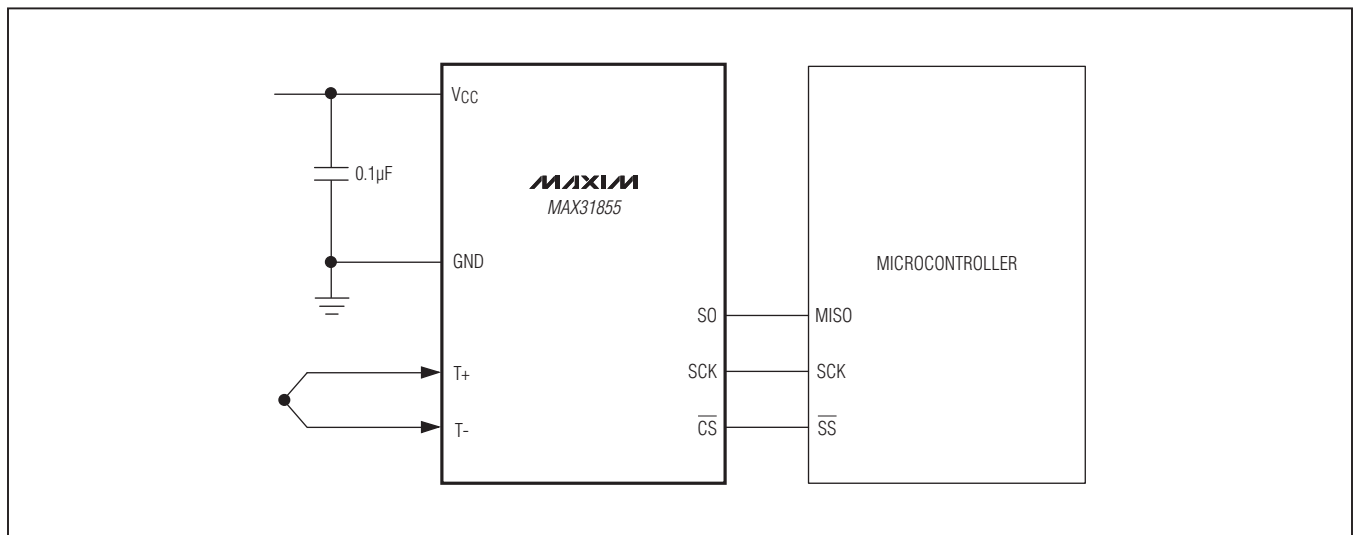
特長

- ◆ 冷接点補償
- ◆ 分解能：14ビット、0.25℃
- ◆ K、J、N、T、およびEタイプ熱電対のバージョンが入手可能(SおよびRタイプ用の入手性については、お問い合わせください) ([表1](#)を参照)
- ◆ 簡易なSPI対応インタフェース(読取り専用)
- ◆ 熱電対のGNDまたはV_{CC}への短絡検出
- ◆ 熱電対のオープン検出

[型番](#)はデータシートの最後に記載されています

関連部品およびこの製品とともに使用可能な推奨製品については、japan.maxim-ic.com/MAX31855.relatedを参照してください。

標準アプリケーション回路



SPIはMotorola, Inc.の商標です。

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage Range (V _{CC} to GND).....	-0.3V to +4.0V	Operating Temperature Range.....	-40°C to +125°C
All Other Pins.....	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	Junction Temperature.....	+150°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Storage Temperature Range.....	-65°C to +150°C
SO (derate 5.9mW/°C above +70°C).....	470.6mW	Lead Temperature (soldering, 10s).....	+300°C
ESD Protection (All Pins, Human Body Model).....	±2000kV	Soldering Temperature (reflow).....	+260°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

SO

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ _{JA}).....	170°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ _{JC}).....	40°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to japan.maxim-ic.com/thermal-tutorial.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS*

(T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power-Supply Voltage	V _{CC}	(Note 2)	3.0	3.3	3.6	V
Input Logic 0	V _{IL}		-0.3		+0.8	V
Input Logic 1	V _{IH}		2.1		V _{CC} + 0.3	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS*

(3.0V ≤ V_{CC} ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power-Supply Current	I _{CC}			900	1500	μA
Thermocouple Input Bias Current		T _A = -40°C to +125°C, 100mV across the thermocouple inputs	-100		+100	nA
Power-Supply Rejection				-0.3		°C/V
Power-On Reset Voltage Threshold	V _{POR}	(Note 3)		2	2.5	V
Power-On Reset Voltage Hysteresis				0.2		V
Output High Voltage	V _{OH}	I _{OUT} = -1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{OUT} = 1.6mA			0.4	V

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

THERMAL CHARACTERISTICS*

(3.0V ≤ VCC ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 4)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MAX31855K Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (41.276μV/°C nominal sensitivity) (Note 4)		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1350°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +1350°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-6		+6	
MAX31855J Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (57.953μV/°C nominal sensitivity) (Note 4)		T _{THERMOCOUPLE} = -40°C to +750°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -40°C to +750°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-4		+4	
MAX31855N Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (36.256μV/°C nominal sensitivity) (Note 4)		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1300°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +1300°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-6		+6	
MAX31855T Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (52.18μV/°C nominal sensitivity) (Note 4)		T _{THERMOCOUPLE} = -250°C to +400°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -250°C to +400°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-4		+4	
MAX31855E Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (76.373μV/°C nominal sensitivity) (Note 4)		T _{THERMOCOUPLE} = -40°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +900°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-3		+3	
		T _{THERMOCOUPLE} = -40°C to +900°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-5		+5	
Thermocouple Temperature Data Resolution				0.25		°C
Internal Cold-Junction Temperature Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 3)	-2		+2	°C
		T _A = -40°C to +125°C (Note 3)	-3		+3	
Cold-Junction Temperature Data Resolution		T _A = -40°C to +125°C		0.0625		°C
Temperature Conversion Time (Thermocouple, Cold Junction, Fault Detection)	t _{CONV}	(Note 5)		70	100	ms
Thermocouple Conversion Power-Up Time	t _{CONV_PU}	(Note 6)	200			ms

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

SERIAL-INTERFACE TIMING CHARACTERISTICS*

(See [Figure 1](#) and [Figure 2](#).)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage Current	I_{LEAK}	(Note 7)	-1		+1	μA
Input Capacitance	C_{IN}			8		pF
Serial-Clock Frequency	f_{SCL}				5	MHz
SCK Pulse-High Width	t_{CH}		100			ns
SCK Pulse-Low Width	t_{CL}		100			ns
SCK Rise and Fall Time					200	ns
\overline{CS} Fall to SCK Rise	t_{CSS}		100			ns
SCK to \overline{CS} Hold			100			ns
\overline{CS} Fall to Output Enable	t_{DV}				100	ns
\overline{CS} Rise to Output Disable	t_{TR}				40	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}				40	ns
\overline{CS} Inactive Time		(Note 3)	200			ns

Note 2: All voltages are referenced to GND. Currents entering the IC are specified positive, and currents exiting the IC are negative.

Note 3: Guaranteed by design; not production tested.

Note 4: Not including cold-junction temperature error or thermocouple nonlinearity.

Note 5: Specification is 100% tested at $T_A = +25^\circ C$. Specification limits over temperature ($T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization; not production tested.

Note 6: Because the thermocouple temperature conversions begin at VPOR, depending on VCC slew rates, the first thermocouple temperature conversion may not produce an accurate result. Therefore, the t_{CONV_PU} specification is required after VCC is greater than V_{CCMIN} to guarantee a valid thermocouple temperature conversion result.

Note 7: For all pins except T+ and T- (see the Thermocouple Input Bias Current parameter in the [DC Electrical Characteristics](#) table).

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

シリアルインタフェースの図

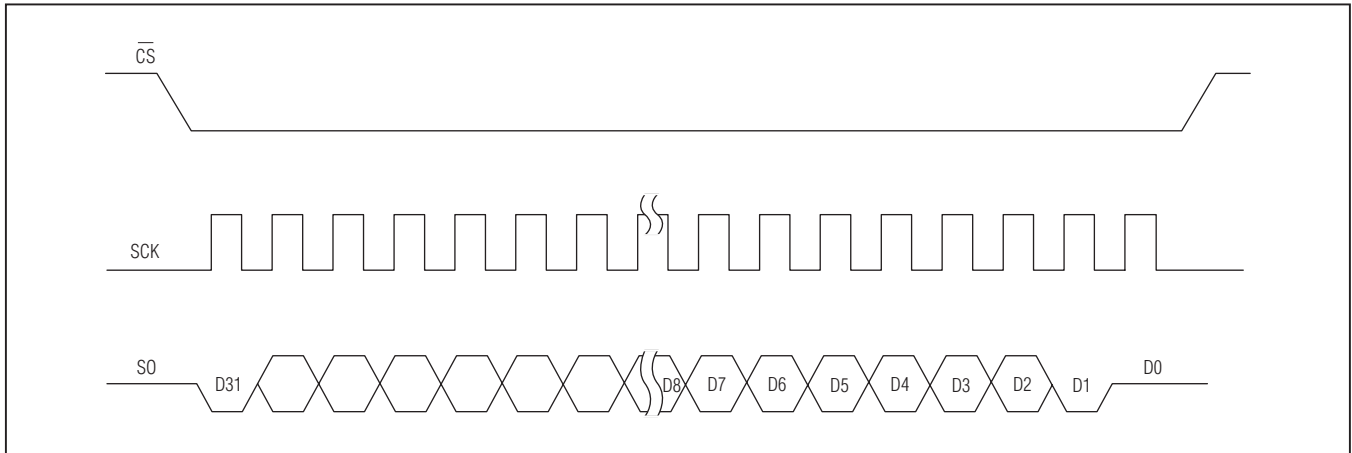


図1. シリアルインタフェースのプロトコル

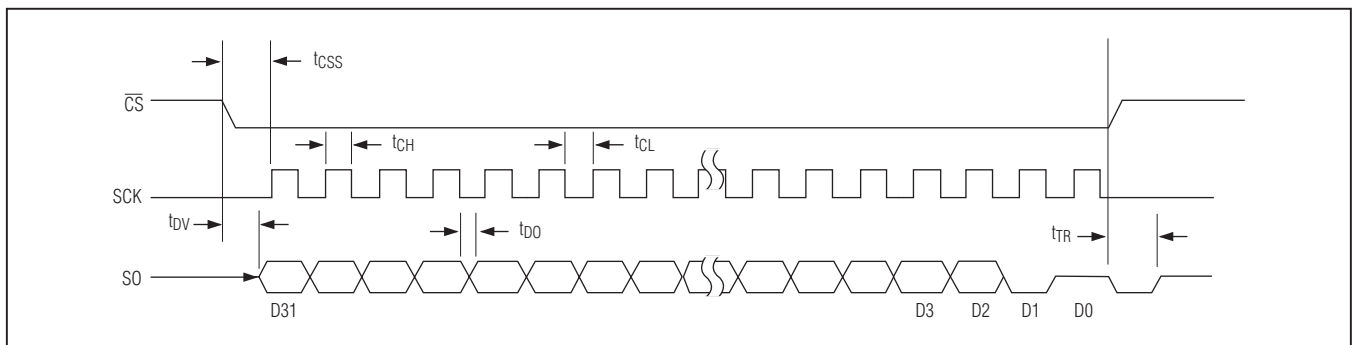
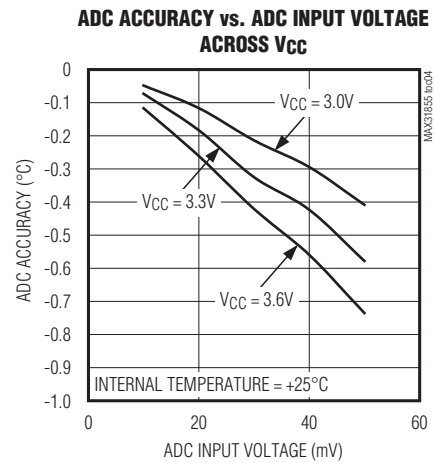
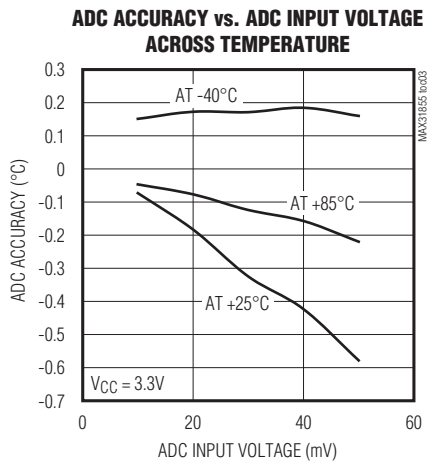
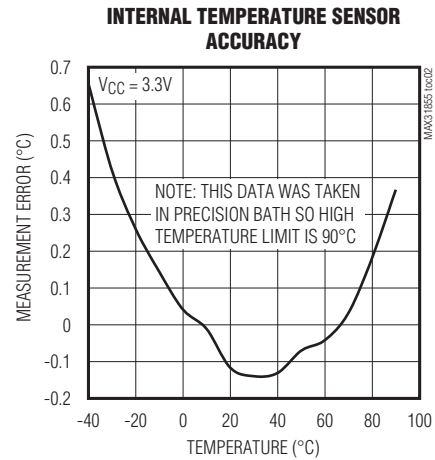
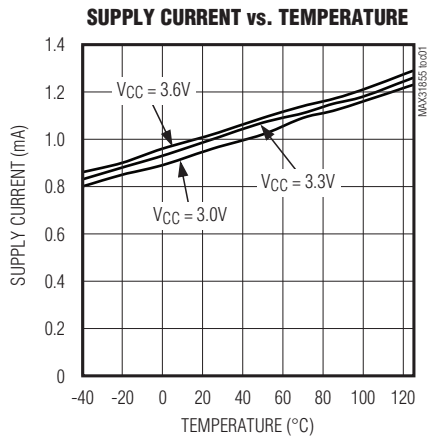


図2. シリアルインタフェースのタイミング

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

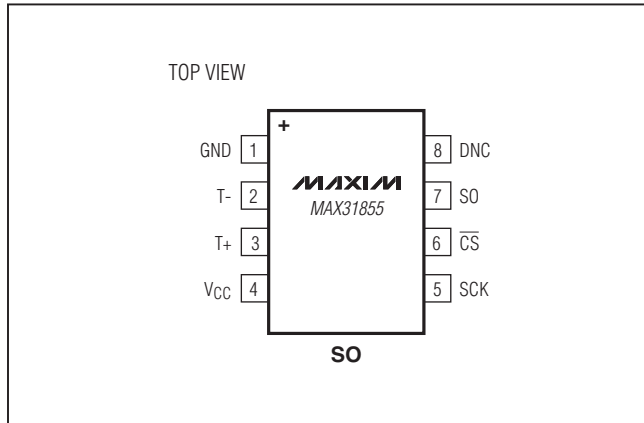
標準動作特性

($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

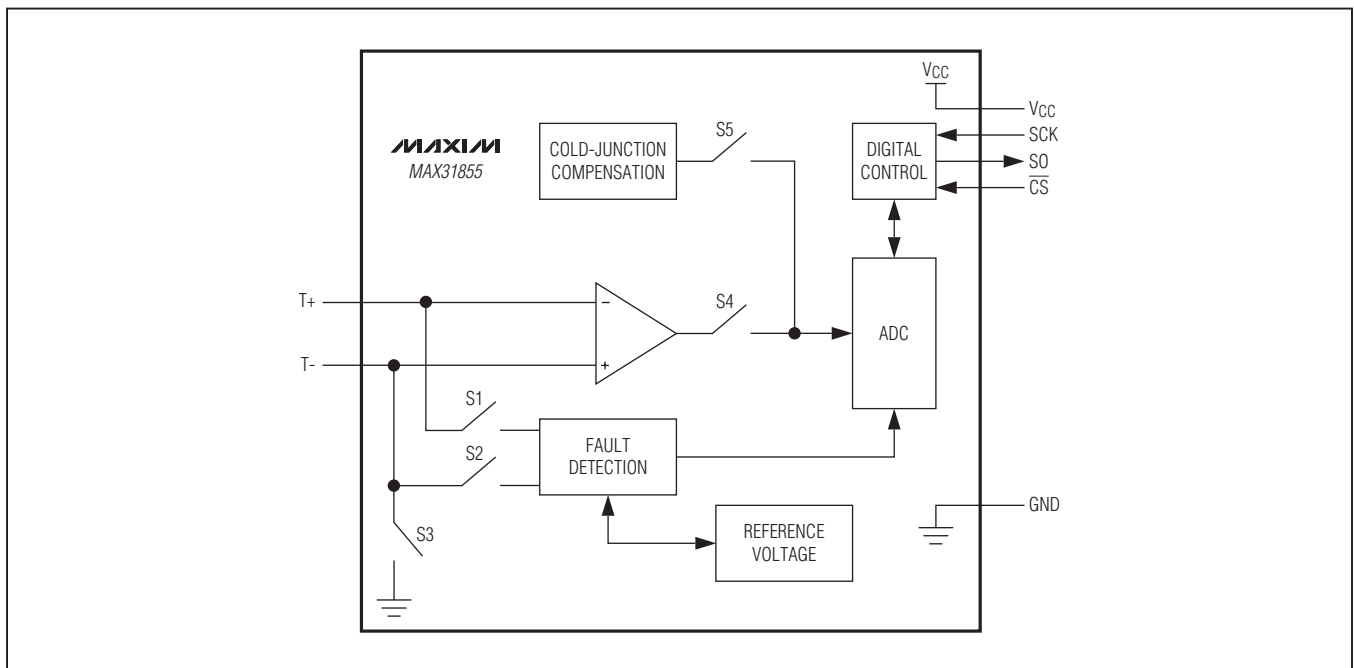
ピン配置



端子説明

端子	名称	機能
1	GND	グラウンド
2	T-	熱電対入力。表1を参照してください。GNDに接続しないでください。
3	T+	熱電対入力。表1を参照してください。
4	VCC	電源電圧
5	SCK	シリアルクロック入力
6	CS	アクティブローのチップセレクト。シリアルインタフェースをイネーブルするには、CSをローに設定してください。
7	SO	シリアルデータ出力
8	DNC	接続しないでください

ブロック図



冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

詳細

MAX31855は、14ビットのアナログ-デジタルコンバータ(ADC)を内蔵した、高度な熱電対-デジタルコンバータです。このデバイスは、冷接点補償の検出と補正、デジタルコントローラ、SPI対応インターフェース、および関連する制御ロジックも内蔵しています。このデバイスは、外付けのマイクロコントローラ(μC)と組み合わせて、温度自動調整、プロセス制御、または監視アプリケーションで使用するよう設計されています。このデバイスは、それぞれ特定のタイプの熱電対(K、J、N、T、またはE—SおよびRタイプについてはお問い合わせください)向けに最適化され調整された数種類のバージョンで提供されます。熱電対のタイプは、型番のサフィックスで表します(例：MAX31855K)。すべての選択肢については、「[型番](#)」の表を参照してください。

温度変換

このデバイスは、熱電対の信号をADCの入力チャネルと互換性のある電圧に変換するための信号コンディショニングハードウェアを内蔵しています。T+およびT-入力は、熱電対ワイヤからのノイズ誤差の混入を低減させる内部回路に接続されています。

熱電圧をそれと等価な温度値に変換する前に、熱電対の冷接点側(デバイスの周囲温度)と0°C 仮想リファレンスとの差を補正する必要があります。Kタイプ熱電対の場合、電圧は約41μV/°Cで変化するため、熱電対の特性を次の線形式で近似することができます。

$$V_{OUT} = (41.276\mu V/^{\circ}C) \times (T_R - T_{AMB})$$

ここで、 V_{OUT} は熱電対の出力電圧(μV)、 T_R はリモート熱電対接合部の温度(°C)、 T_{AMB} はデバイスの温度(°C)です。

その他の熱電対タイプも、同様の(ただし利得の項が異なる)直線近似を使用します。MAX31855は、温度と電圧の間に直線的関係があるものと想定していることに注意してください。すべての熱電対はある程度の非直線性を示すため、デバイスの出力データに適切な補正を適用してください。

冷接点補償

熱電対の機能は、熱電対ワイヤの両端間の温度差を検出することです。熱電対の「熱」接点を、動作温度範囲にわたって読み取ることが可能です([表1](#))。基準接点、または「冷」端部(デバイスが実装されている基板と同じ温度にします)は、-55°C ~ +125°Cの範囲に対応します。冷端部の温度

表1. 熱電対ワイヤの接続および公称感度

TYPE	T- WIRE	T+ WIRE	TEMP RANGE (°C)	SENSITIVITY (μV/°C)	COLD-JUNCTION SENSITIVITY (μV/°C) (0°C TO +70°C)
K	Alumel	Chromel	-200 to +1350	41.276 (0°C to +1000°C)	40.73
J	Constantan	Iron	-40 to +750	57.953 (0°C to +750°C)	52.136
N	Nisil	Nicrosil	-200 to + 1300	36.256 (0°C to +1000°C)	27.171
S*	Platinum/ Rhodium	Platinum	+50 to +1600	9.587 (0°C to +1000°C)	6.181
T	Constantan	Copper	-250 to +400	52.18 (0°C to +400°C)	41.56
E	Constantan	Chromel	-40 to +900	76.373 (0°C to +1000°C)	44.123
R*	Platinum/ Rhodium	Platinum	-50 to +1770	10.506 (0°C to +1000°C)	6.158

*お問い合わせください。

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

が変動している間も、デバイスは反対側の端部の温度差を正確に検出し続けます。

このデバイスは、冷接点補償を使用して基準接点の温度変化の検出と補正を行います。それには、最初に内部のダイ温度を測定します(基準接点と同じ温度に維持されているはずです)。次に、熱電対の出力からの電圧を基準接点で測定して、それを補償なしの熱電対温度値に変換します。その後、この値をデバイスのダイ温度に加算することによって、熱電対の「熱接点」温度を計算します。「熱接点」温度は、冷接点(または基準接点)温度より低い場合もあることに注意してください。

このデバイスは、熱電対の冷接点とデバイスが同じ温度の場合に最高の性能を示します。冷接点関連の誤差が発生する可能性があるため、発熱するデバイスや部品をMAX31855の近くに配置しないでください。

変換機能

変換時間(t_{CONV})の間に、内部冷接点温度の温度変換、外部熱電対の温度変換、および熱電対フォルト検出の、3つの機能が実行されます。

内部冷接点補償回路の温度変換の実行時には、外部熱電対からの信号への接続がオープンになり(スイッチS4)、冷接点補償回路への接続がクローズされます(スイッチS5)。内部のT-グランド基準は引き続き維持され(スイッチS3がクローズ)、フォルト検出回路への接続はオープンになります(スイッチS1およびS2)。

外部熱電対の温度変換の実行時には、内蔵のフォルト検出回路への接続がオープンになり(「[ブロック図](#)」のスイッチS1およびS2)、冷接点補償回路を接続するスイッチがオープンになります(スイッチS5)。内部グランド基準接続(スイッチS3)およびADCへの接続(スイッチS4)はクローズされます。これによって、ADCはT+およびT-端子間で検出される電圧を処理することができます。

フォルト検出中は、外部熱電対および冷接点補償回路からADCへの接続がオープンになります(スイッチS4およびS5)。T-の内部グランド基準もオープンになります(スイッチS3)。内蔵のフォルト検出回路への接続はクローズされ

ます(スイッチS1およびS2)。フォルト検出回路がT+およびT-入力からV_{CC}またはGNDへの短絡をテストするとともに、熱電対のオープン状態を監視します。出力データのビットD0、D1、およびD2は、正常時にはローです。ビットD2がハイになることで熱電対のV_{CC}への短絡を示し、ビットD1がハイになることで熱電対のGNDへの短絡を示し、ビットD0がハイになることで熱電対のオープン回路を示します。これらの条件のいずれかが存在する場合、SOの出力データのビットD16(正常時はロー)もハイになって障害が発生したことを示します。

シリアルインタフェース

「[標準アプリケーション回路](#)」は、デバイスとマイクロコントローラのインタフェース例を示しています。この例では、デバイスは熱電対から読み取った値を処理して、シリアルインタフェースを介してデータを送信します。SOからデータを読み取るには、CSをローに駆動してSCKにクロック信号を印加してください。変換は常にバックグラウンドで実行されています。フォルトおよび温度データは、CSがハイのときにのみ更新されます。

CSをローに駆動することで、最初のビットがSO端子に出力されます。冷接点補償された熱電対の温度をシリアルインタフェースで完全に読み取るには、14クロックサイクルが必要です。熱電対と基準接点の両方の温度を読み取るためには、32クロックサイクルが必要です(表2および表3)。出力ビットの読取りは、クロックの立下りエッジで行ってください。最初のビット(D31)は、熱電対の温度の符号ビットです。ビットD[30:18]に、変換された温度がMSBからLSBの順で格納されます。ビットD16は、正常時にはローであり、熱電対入力オープンまたはGNDまたはV_{CC}に短絡されている場合にハイになります。基準接点の温度データはD15から始まります。CSは変換データのクロックアウト中に任意の時点でハイにすることができます。

図1および図2に、シリアルインタフェースのタイミングと順序を示します。表2および表3に、SO出力のビット位置および機能を示します。

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

表2. メモリマップ—ビット位置および機能

BIT	14-BIT THERMOCOUPLE TEMPERATURE DATA				RES	FAULT BIT	12-BIT INTERNAL TEMPERATURE DATA				RES	SCV BIT	SCG BIT	OC BIT
	D31	D30	...	D18	D17	D16	D15	D14	...	D4	D3	D2	D1	D0
VALUE	Sign	MSB 2 ¹⁰ (1024°C)	...	LSB 2 ⁻² (0.25°C)	Reserved	1 = Fault	Sign	MSB 2 ⁶ (64°C)	...	LSB 2 ⁻⁴ (0.0625°C)	Reserved	1 = Short to V _{CC}	1 = Short to GND	1 = Open Circuit

表3. メモリマップ—説明

ビット	名称	説明
D[31:18]	14-Bit Thermocouple Temperature Data	これらのビットには符号付き14ビットの熱電対の温度値が格納されます。表4を参照してください。
D17	Reserved	このビットの読み値は常に0です。
D16	Fault	このビットの読み値は、SCV、SCG、またはOCのいずれかのフォルトがアクティブの場合に1になります。デフォルト値は0です。
D[15:4]	12-Bit Internal Temperature Data	これらのビットには、基準接点の温度を示す符号付き12ビット値が格納されます。表5を参照してください。
D3	Reserved	このビットの読み値は常に0です。
D2	SCV Fault	このビットは熱電対がV _{CC} に短絡している場合に1になります。デフォルト値は0です。
D1	SCG Fault	このビットは熱電対がGNDに短絡している場合に1になります。デフォルト値は0です。
D0	OC Fault	このビットは熱電対がオープン(接続なし)の場合に1になります。デフォルト値は0です。

表4. 熱電対の温度のデータ形式

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (D[31:18])
+1600.00	0110 0100 0000 00
+1000.00	0011 1110 1000 00
+100.75	0000 0110 0100 11
+25.00	0000 0001 1001 00
0.00	0000 0000 0000 00
-0.25	1111 1111 1111 11
-1.00	1111 1111 1111 00
-250.00	1111 0000 0110 00

注：実用的な温度範囲は熱電対のタイプによって異なります。

表5. 基準接点の温度のデータ形式

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (D[15:4])
+127.0000	0111 1111 0000
+100.5625	0110 0100 1001
+25.0000	0001 1001 0000
0.0000	0000 0000 0000
-0.0625	1111 1111 1111
-1.0000	1111 1111 0000
-20.0000	1110 1100 0000
-55.0000	1100 1001 0000

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

アプリケーション情報

ノイズについて

関係する信号レベルが小さいため、熱電対の温度測定は電源の結合ノイズの影響を受けやすくなります。デバイスのV_{CC}端子およびGNDの近くに0.1μFのセラミックバイパスコンデンサを配置することによって、電源ノイズの影響を最小限に抑えることができます。

入力アンプは高精度の入力検出を可能とするよう設計された低ノイズアンプです。熱電対および接続ワイヤを電氣的ノイズ源に近づけないでください。

熱について

一部のアプリケーションでは、自己発熱によってデバイスの温度測定精度が低下します。温度誤差の大きさは、デバイスパッケージの熱伝導率、実装手法、およびエアフローの効果に依存します。デバイスの温度測定精度を向上させるために、広いグランドプレーンを使用してください。

以下の注意事項に従うことによって、熱電対システムの精度を改善することができます。

- 測定領域から熱を逃がさない範囲で、できる限り太いワイヤを使用してください。
- 小径のワイヤが必要な場合は、測定領域のみに使用して、温度勾配の存在しない領域には延長ワイヤを使用してください。
- ワイヤに張力がかかる原因となるため、機械的なストレスおよび振動を防止してください。
- 長い熱電対ワイヤを使用する場合は、ツイストペアの延長ワイヤを使用してください。
- 急峻な温度勾配を防止してください。
- 十分に温度定格の範囲内で熱電対ワイヤを使用するようにしてください。
- 過酷な環境下では適切な被覆材料を使用して熱電対ワイヤを保護してください。
- 延長ワイヤは、低温下かつ勾配の小さい領域でのみ使用してください。
- イベントログおよび熱電対の抵抗値の継続的な記録を行ってください。

MAX31855

冷接点補償 熱電対-デジタルコンバータ

型番

PART	THERMOCOUPLE TYPE	MEASURED TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX31855KASA+	K	-200°C to +1350°C	8 SO
MAX31855KASA+T	K	-200°C to +1350°C	8 SO
MAX31855JASA+	J	-40°C to +750°C	8 SO
MAX31855JASA+T	J	-40°C to +750°C	8 SO
MAX31855NASA+	N	-200°C to + 1300°C	8 SO
MAX31855NASA+T	N	-200°C to + 1300°C	8 SO
MAX31855SASA+*	S	+50°C to +1600°C	8 SO
MAX31855SASA+T*	S	+50°C to +1600°C	8 SO
MAX31855TASA+	T	-250°C to +400°C	8 SO
MAX31855TASA+T	T	-250°C to +400°C	8 SO
MAX31855EASA+	E	-40°C to +900°C	8 SO
MAX31855EASA+T	E	-40°C to +900°C	8 SO
MAX31855RASA+*	R	-50°C to +1770°C	8 SO
MAX31855RASA+T*	R	-50°C to +1770°C	8 SO

注：すべてのデバイスが-40°C~+125°Cの温度範囲での動作を保証されています。

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

T = テープ&リール。

*開発中の製品。入手性に関するお問い合わせください。

パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターン(フットプリント)はjapan.maxim-ic.com/packagesを参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	外形図No.	ランドパターンNo.
8 SO	S8+4	21-0041	90-0096

MAX31855

**冷接点補償
熱電対-デジタルコンバータ**

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	3/11	初版	—

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 _____ **13**

© 2011 Maxim Integrated Products

MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。