

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

概述

MAX31855具有冷端补偿，将K、J、N、T或E型热电偶信号转换成数字量(如果使用S和R型热电偶，请联系工厂)。器件输出14位带符号数据，通过SPI™兼容接口、以只读格式输出。转换器的温度分辨率为0.25°C，最高温度读数为+1800°C，最低温度读数为-270°C，对于K型热电偶，温度范围为-200°C至+700°C，保持±2°C精度。对于整个量程范围的精度及其它类型的热电偶，请参考[Thermal Characteristics](#)规格。

应用

工业
电器设备
HVAC
汽车

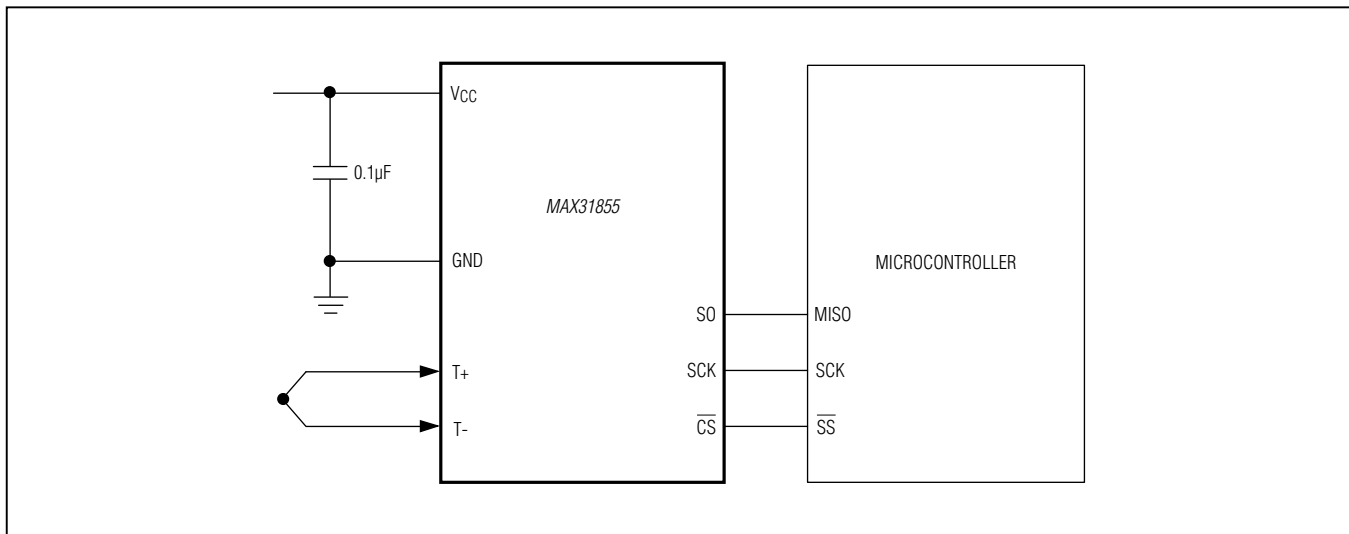
特性

- ◆ 冷端补偿
- ◆ 14位、0.25°C分辨率
- ◆ 提供K、J、N、T和E型热电偶器件版本(如果使用S和R型热电偶，请联系工厂)(见[表1](#))
- ◆ 简单的SPI兼容接口(只读)
- ◆ 检测热电偶对GND或V_{CC}短路
- ◆ 检测热电偶开路

[订购信息](#)在数据资料的最后给出。

相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：china.maxim-ic.com/MAX31855.related

典型应用电路



SPI是Motorola, Inc.的商标。

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。
有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：china.maximintegrated.com。

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage Range (V_{CC} to GND).....-0.3V to +4.0V
All Other Pins..... -0.3V to ($V_{CC} + 0.3V$)
Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)
SO (derate 5.9mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$).....470.6mW
ESD Protection (All Pins, Human Body Model)..... $\pm 2000\text{kV}$

Operating Temperature Range..... -40°C to $+125^\circ\text{C}$
Junction Temperature $+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$
Lead Temperature (soldering, 10s) $+300^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (reflow) $+260^\circ\text{C}$

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}) $170^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) $40^\circ\text{C}/\text{W}$

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 china.maxim-ic.com/thermal-tutorial.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS*

($T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, 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*

($3.0V \leq V_{CC} \leq 3.6V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power-Supply Current	I_{CC}			900	1500	μA
Thermocouple Input Bias Current		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, 100mV across the thermocouple inputs	-100		+100	nA
Power-Supply Rejection				-0.3		$^\circ\text{C}/\text{V}$
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}	$I_{OUT} = -1.6\text{mA}$	$V_{CC} - 0.4$			V
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{OUT} = 1.6\text{mA}$			0.4	V

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

THERMAL CHARACTERISTICS*

(3.0V ≤ V_{CC} ≤ 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

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

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 V_{POR} , depending on V_{CC} slew rates, the first thermocouple temperature conversion may not produce an accurate result. Therefore, the t_{CONV_PU} specification is required after V_{CC} 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).

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

串口时序图

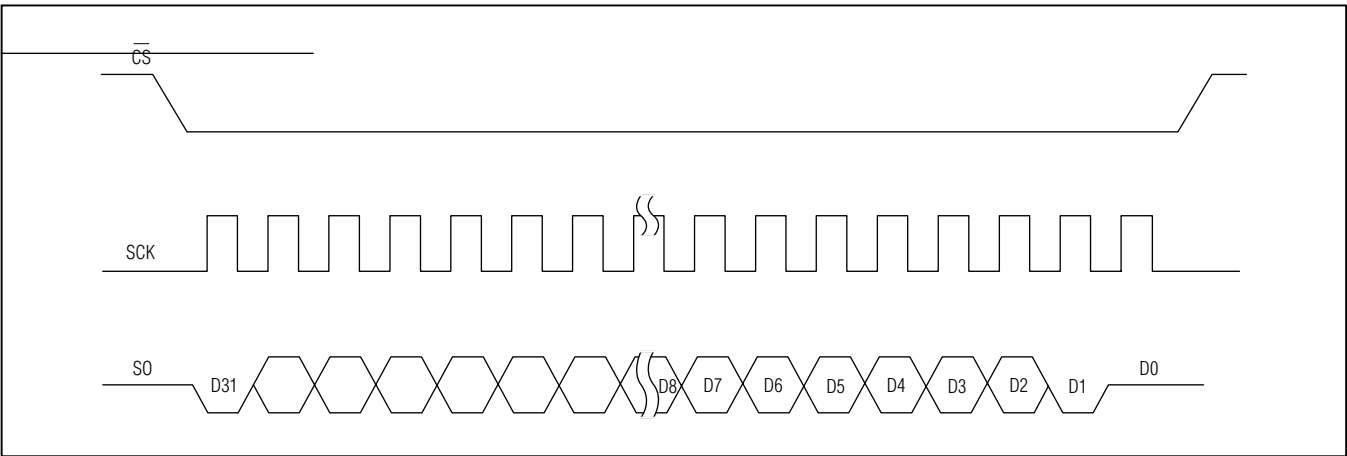


图1. 串口协议

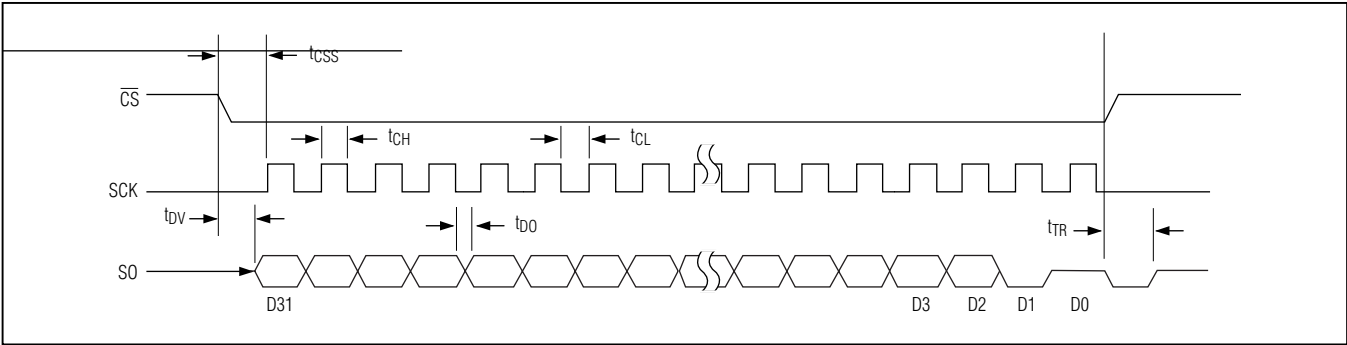


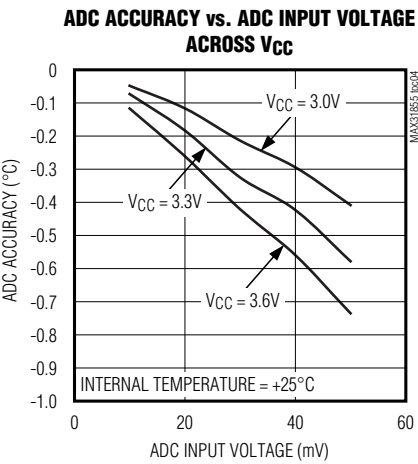
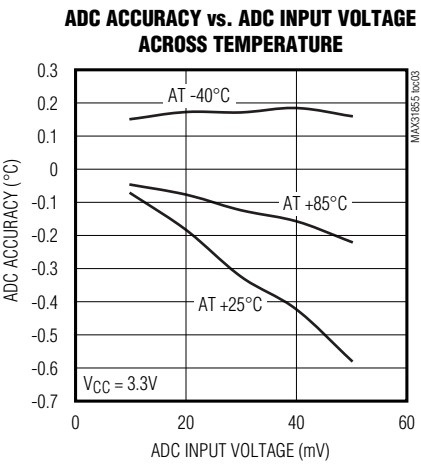
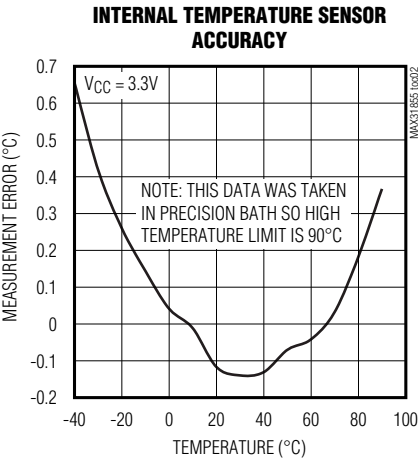
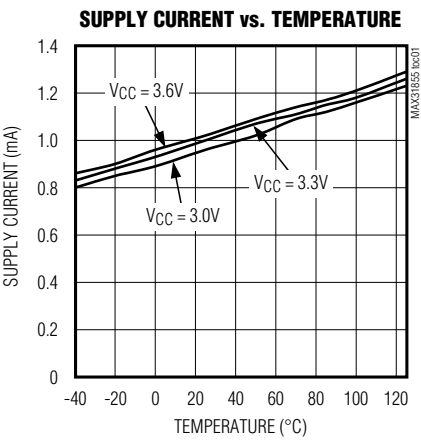
图2. 串口时序

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

典型工作特性

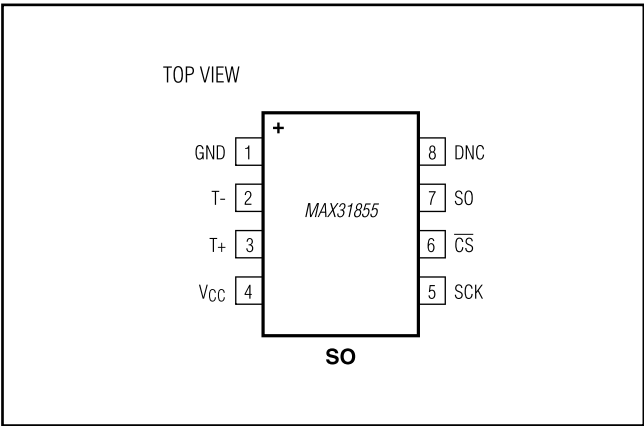
($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)



MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

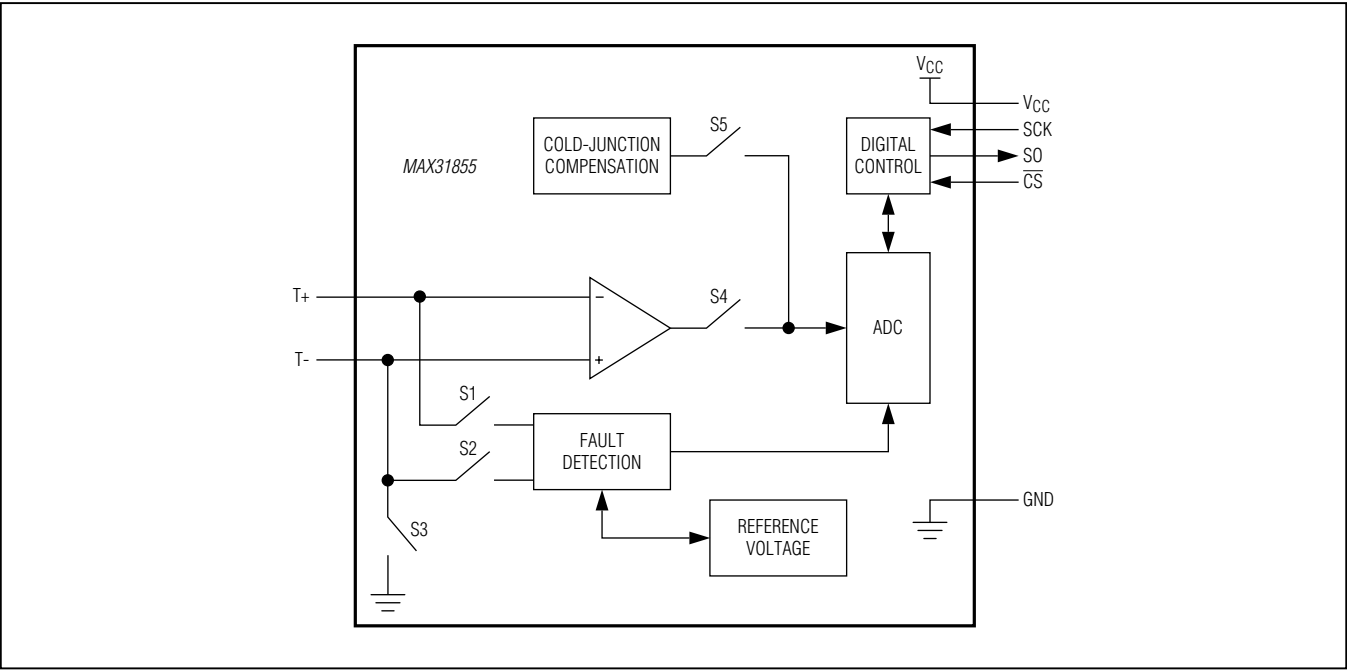
引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1	GND	地。
2	T-	热电偶输入，参见表1。请勿连接至GND。
3	T+	热电偶输入，参见表1。
4	V _{CC}	电源电压。
5	SCK	串行时钟输入。
6	$\overline{\text{CS}}$	低电平有效片选。 $\overline{\text{CS}}$ 置为低电平时，使能串口。
7	SO	串行数据输出。
8	DNC	不连接。

方框图



冷端补偿热电偶至数字输出转换器

详细说明

MAX31855为热电偶至数字输出转换器，内置14位模/数转换器(ADC)。器件带有冷端补偿检测和修正、数字控制器、SPI兼容接口，以及相关的控制逻辑，在温度控制器、过程控制或监测系统中设计用于配合外部微控制器(μC)工作。提供多个版本的器件，每个版本针对特定的热电偶类型(K、J、N、T或E型，如果使用S和R型，请联系工厂)进行优化和调整。热电偶类型以器件型号后缀表示(例如MAX31855K)，型号选择请参见[订购信息表](#)。

温度转换

器件包括信号调理硬件电路，将热电偶信号调整到与ADC输入通道相匹配的电压。T+和T-输入连接到内部电路，可减小热电偶引线引入的噪声误差。

将热电偶电压转换为等效的温度值之前，需要补偿热电偶冷端(器件环境温度)与0°C实际参考值的差异。对于K型热

电偶，电压按照大约41μV/°C的规律变化，按以下线性方程式逼近热电偶特性：

VOUT = (41.276μV/°C) x (TR - TAMB)

式中，VOUT为热电偶输出电压(μV)，TR为远端热电偶结温(°C)，TAMB为器件温度(°C)。

其它类型的热电偶采用类似的直线逼近，但增益不同。注意，MAX31855假定温度和电压之间为线性关系。由于所有热电偶都呈现一定的非线性，应对器件输出数据进行适当修正。

冷端补偿

热电偶的功能是检测热电偶引线两端的温度差。可以读取热电偶“热”端在整个工作温度范围([表1](#))内的读数。参考端或“冷”端(应与器件所在的电路板温度相同)的温度范围为-55°C至+125°C。冷端温度波动时，器件仍可准确检测另一端的温度差。

表1. 热电偶引线连接和标称灵敏度

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

*请联系工厂。

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

器件通过冷端补偿对参考端的温度变化进行检测和修正。首先测量内部管芯温度，该温度应与参考端的温度相同；然后测量热电偶参考端的输出电压，并将其转换为补偿之前的热电偶温度值。将该值叠加到器件的管芯温度，计算得到热电偶的“热端”温度。注意，“热端”温度也可能低于冷端(或参考端)温度。

热电偶冷端与器件温度相同时，器件具有最佳性能。避免将发热设备或热源靠近MAX31855，否则会产生冷端误差。

转换功能

在温度转换时间 t_{CONV} 内，器件执行三项操作：内部冷端温度转换、外部热电偶温度转换和热电偶故障检测。

对内部冷端补偿电路进行温度转换时，断开外部热电偶信号(开关S4)，连接到冷端补偿电路(开关S5)。T-保持与内部参考地的连接(开关S3闭合)，断开故障检测电路(开关S1和S2)。

对外部热电偶进行温度转换时，断开内部故障检测电路(左框图)中的开关S1和S2)，断开冷端补偿电路(开关S5)。内部地参考端保持连接(开关S3)，闭合与ADC的连接通路(开关S4)。允许ADC处理T+和T-两端的检测电压。

故障检测期间，断开外部热电偶以及冷端补偿电路与ADC的连接(开关S4和S5)，断开T-端的内部参考地连接(开关S3)，接通内部故障检测电路(开关S1和S2)。故障检测电路测试T+和T-输入与VCC或GND的短路状况，以及热电偶开

路故障。输出数据的D0、D1和D2位常规条件下为低电平。D2位为高电平表示热电偶短路至VCC，D1位为高电平表示热电偶短路至GND，D0位为高电平表示热电偶开路。如果存在任何一种故障，SO输出数据的D16位(正常条件下为低电平)也变为高电平，表示发生故障。

串口

[典型应用电路](#)所示为器件与微控制器的连接。本例中，器件处理来自热电偶的读数，并通过串口发送数据。驱动CS为低电平，并在SCK端施加时钟信号，从SO读取结果。器件始终在后台执行转换，只有CS为高电平时才能更新故障状态和温度数据。

驱动CS为低电平时，SO引脚将输出第一位数据。通过串口读取完整的冷端补偿热电偶温度，需要14个时钟周期。读取热电偶和参考端温度需要32个时钟周期(表2和表3)。在时钟下降沿读取输出位。第一位D31为热电偶温度符号位。D[30:18]位包含温度转换数据，顺序为MSB至LSB。D16位正常状态下为低电平，热电偶输入开路或对GND或VCC短路时变为高电平。参考端温度数据从D15开始。输出转换数据时，CS任何时候均可变为高电平。

图1和图2所示为串口时序和序列，表2和表3所示为SO输出位加权和功能。

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

表2. 存储器映射一位加权和功能

	14-BIT THERMOCOUPLE TEMPERATURE DATA				RES	FAULT BIT	12-BIT INTERNAL TEMPERATURE DATA				RES	SCV BIT	SCG BIT	OC BIT
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. 存储器映射一说明

BIT	NAME	DESCRIPTION
D[31:18]	14-Bit Thermocouple Temperature Data	These bits contain the signed 14-bit thermocouple temperature value. See Table 4 .
D17	Reserved	This bit always reads 0.
D16	Fault	This bit reads at 1 when any of the SCV, SCG, or OC faults are active. Default value is 0.
D[15:4]	12-Bit Internal Temperature Data	These bits contain the signed 12-bit value of the reference junction temperature. See Table 5 .
D3	Reserved	This bit always reads 0.
D2	SCV Fault	This bit is a 1 when the thermocouple is short-circuited to V _{CC} . Default value is 0.
D1	SCG Fault	This bit is a 1 when the thermocouple is short-circuited to GND. Default value is 0.
D0	OC Fault	This bit is a 1 when the thermocouple is open (no connections). Default value is 0.

表4. 热电偶温度数据格式

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：根据热电偶类型不同，实际温度范围有所不同。

表5. 参考端温度数据格式

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

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

应用信息

噪声

由于涉及到小信号处理，热电偶温度测量很容易受电源耦合噪声的影响。在靠近器件V_{CC}引脚的位置安装0.1μF陶瓷旁路电容，旁路至GND，将电源噪声的影响降至最低。

输入放大器为低噪声放大器，该放大器可以对输入进行高精度检测。确保热电偶和连接线远离电气噪声源。

热考虑

有些应用中，自身发热会影响器件的温度测量精度。温度误差的数量级取决于器件封装的导热特性、安装工艺及气流影响。采用大面积地可改善器件的温度测量精度。

也可通过以下预防措施改善热电偶系统的精度：

- 确保测量区域的热量不扩散的情况下采用尽可能粗的导线。
- 如果必须使用细导线，仅在测量区域使用，在没有温度梯度的区域使用延长线。
- 避免机械应力和振动，这会对导线造成应力。
- 热电偶引线较长时，使用双绞线对延长线。
- 避免陡峭的温度梯度。
- 尽量使用在其温度额定值以内的热电偶引线。
- 恶劣环境下采用适当的屏蔽材料，保护热电偶引线。
- 仅在低温及小梯度区域使用延长线。
- 保存事件记录，并连续记录热电偶的电阻。

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

订购信息

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：所有器件均可工作在-40°C至+125°C温度范围。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T = 卷带包装。

*未来产品—供货状况请联系工厂。

封装信息

如需最近的封装信息和焊盘布局(外形尺寸)，请查询china.maxim-ic.com/packages。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	封装图编号	焊盘布局编号
8 SO	S8+4	21-0041	90-0096

MAX31855

冷端补偿热电偶至数字输出转换器

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	3/11	最初版本。	—

Maxim北京办事处

北京8328信箱 邮政编码100083
免费电话：800 810 0310
电话：010-6211 5199
传真：010-6211 5299



Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-1000