

多传感器高准确度 数字温度测量系统

特点

- 可直接对电阻式温度检测器 (RTD)、热电偶、热敏电阻和二极管进行数字化处理
- 2.85V 至 5.25V 单电源供电
- 以 °C 或 °F 为单位报告测量结果
- 允许交换传感器的 20 个灵活的输入端
- 自动热电偶冷结点补偿
- 用于热电偶、RTD 和热敏电阻的内置标准参数和用户可编程系数
- 可配置的两线、三线或四线式 RTD 配置
- 可测量负的热电偶电压
- 烧毁、短路和故障的自动检测
- 缓冲输入可提供外部保护
- 同时 50Hz/60Hz 抑制
- 包括 10ppm/°C (最大值) 基准 (I 级)

应用

- 直接热电偶测量
- 直接 RTD 测量
- 直接热敏电阻测量
- 定制传感器应用

描述

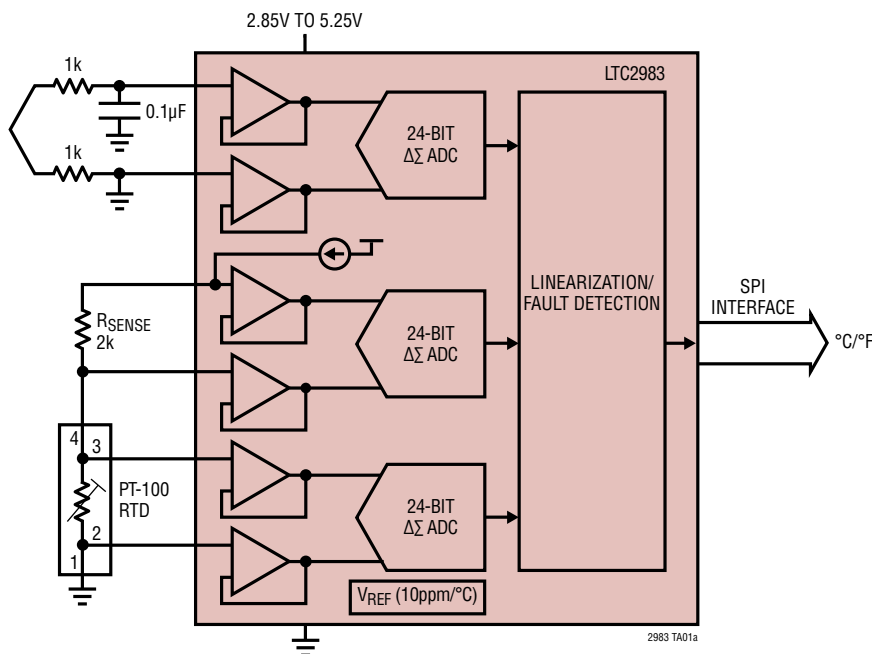
LTC®2983 可测量多种温度传感器并以数字方式输出结果 (采用 °C 或 °F 为单位), 具有 0.1°C 的准确度和 0.001°C 的分辨率。LTC2983 能够测量几乎所有标准 (B、E、J、K、N、S、R、T 类) 热电偶或定制热电偶的温度, 可自动补偿冷结点温度并对结果进行线性化。另外, 该器件还能利用标准的两线、三线或四线式 RTD、热敏电阻和二极管制来测量温度。其具有 20 个可重新配置的模拟输入, 从而实现了众多的传感器连接和配置选项。LTC2983 还提供了适用于每种温度传感器的激励电流源和故障检测电路。

LTC2983 可直接连接至参考于地的传感器, 并不需要电平移位器、负电源电压或外部放大器。所有信号都经过缓冲处理, 然后通过三个高精度的 24 位 $\Delta\Sigma$ ADC 同步数字化, 并利用一个内部 10ppm/°C (最大值) 基准来驱动。

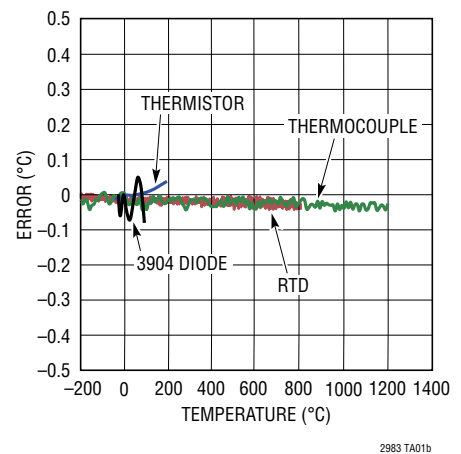
LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 标识是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。正待专利审议。

典型应用

具有自动冷结点补偿功能的热电偶测量



典型温度误差



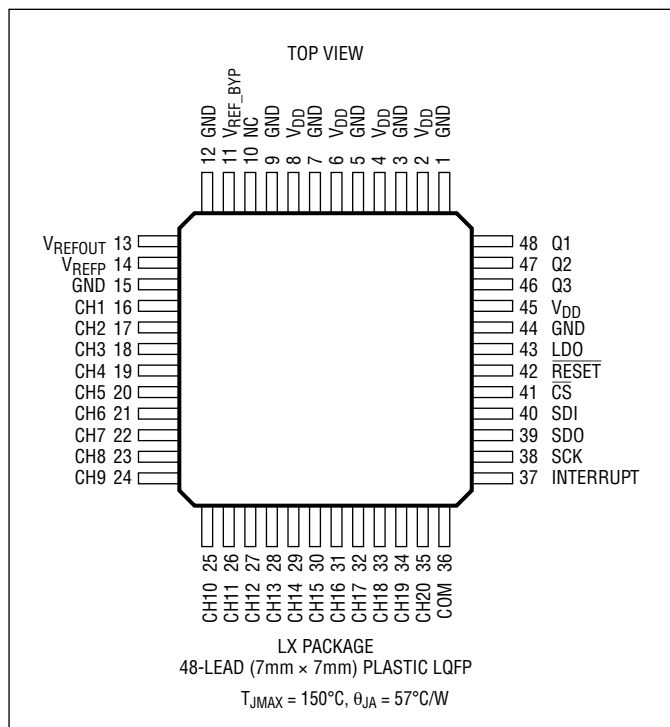
目录

特点	1
应用	1
典型应用	1
描述	1
绝对最大额定值	3
订购信息	3
引脚配置	3
完整的系统电气特性	3
ADC 电气特性	4
基准电气特性	4
数字输入和数字输出	5
典型性能特征	6
引脚功能	9
方框图	10
测试电路	11
时序图	11
概述	12
应用信息	16
热电偶测量	21
二极管测量	24
RTD 测量	28
热敏电阻测量	43
补充信息	55
直接 ADC 测量	55
故障保护和抗混迭	57
两周期和三周期转换模式	57
在多个通道上连续运行转换	58
多路复用器 (MUX) 配置延迟	58
全局配置寄存器	59
定制热电偶	59
定制 RTD	62
定制热敏电阻	65
封装描述	71
典型应用	72
相关器件	72

绝对最大额定值 (注 1、2)

电源电压 (V_{DD})	-0.3V 至 6V
模拟输入引脚 (CH1 至 CH20, COM)	-0.3V 至 ($V_{DD} + 0.3V$)
输入电流 (CH1 至 CH20, COM)	$\pm 15mA$
数字输入 ($\overline{CS}$, SDI, SCK, $\overline{RESET}$)	-0.3V 至 ($V_{DD} + 0.3V$)
数字输出 (SDO, INTERRUPT)	-0.3V 至 ($V_{DD} + 0.3V$)
V_{REFP}	-0.3V 至 2.8V
基准短路持续时间	无限制
工作温度范围	
LTC2983C	0°C 至 70°C
LTC2983I	-40°C 至 85°C

引脚配置



订购信息

无铅涂层	卷带	器件标记*	封装描述	温度范围
LTC2983CLX#PBF	LTC2983CLX#TRPBF	LTC2983	48 引脚 (7mm x 7mm) LQFP	0°C 至 70°C
LTC2983ILX#PBF	LTC2983ILX#TRPBF	LTC2983	48 引脚 (7mm x 7mm) LQFP	-40°C 至 85°C

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌力尔特公司。 * 温度等级请见包装箱上的标识。

如需了解更多有关无铅器件标记的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/leadfree/>

如需了解更多有关卷带规格的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/tapeandree/>

完整的系统电气特性 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ C$ 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	●	2.85		5.25	V
电源电流	●		15	20	mA
睡眠电流	●		25	60	μA
输入范围	所有的模拟输入通道	●	-0.05	$V_{CC} - 0.3$	V
输出速率	两转换周期模式 (注 6、9)	●	150	164	ms
输出速率	三转换周期模式 (注 6、9)	●	225	246	ms
输入共模抑制	50Hz/60Hz (注 4)	●	120		dB
输入常模抑制	60Hz (注 4、7)	●	120		dB

完整的系统电气特性

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输入常模抑制	50Hz (注 4、8)	●	120			dB
输入常模抑制	50Hz / 60Hz (注 4、6、9)	●	75			dB
上电复位门限				2.25		V
模拟上电	(注 11)	●			100	ms
数字初始化	(注 12)	●			100	ms

ADC 电气特性

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
分辨率 (无漏失码)	$-F_S \leq V_{IN} \leq +F_S$	●	24			位
积分非线性	$V_{IN(CM)} = 1.25\text{V}$ (注 15)	●		2	30	V_{REF} 的 ppm
偏移误差		●		0.5	2	μV
偏移误差漂移	(注 4)	●		10	20	$\text{nV}/^\circ\text{C}$
正的全标度误差	(注 3、15)	●			100	V_{REF} 的 ppm
正的全标度漂移	(注 3、15)	●		0.1	0.5	$V_{REF}/^\circ\text{C}$ 的 ppm
输入漏电流		●			1	nA
负的全标度误差	(注 3、15)	●			100	V_{REF} 的 ppm
负的全标度漂移	(注 3、15)	●		0.1	0.5	$V_{REF}/^\circ\text{C}$ 的 ppm
输出噪声	(注 5)	●		0.8	1.5	μV_{RMS}
共模输入范围		●	-0.05		$V_{DD} - 0.3$	V
RTD 激励电流	(注 16)	●	-25	表 30	25	%
RTD 激励电流匹配	连续校准	●	误差在 ADC 的噪声电平之内			
热敏电阻激励电流	(注 16)	●	-37.5	表 53	37.5	%

基准电气特性

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出电压	V_{REFOUT} (注 10)		2.49		2.51	V
输出电压温度系数	I 级	●		3	10	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
输出电压温度系数	C 级	●		3	20	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
电压调节		●			10	ppm/V
负载调节	$I_{OUT(SOURCE)} = 100\mu\text{A}$	●			5	mV/mA
	$I_{OUT(SINK)} = 100\mu\text{A}$	●			5	mV/mA
输出电压噪声	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$			4		μV_{P-P}
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$			4.5		μV_{P-P}
输出短路电流	把 V_{REFOUT} 短路至 GND			40		mA
	把 V_{REFOUT} 短路至 V_{DD}			30		mA
接通时间	0.1% 稳定, $C_{LOAD} = 1\mu\text{F}$			115		μs
输出电压的长期漂移 (注 13)				60		$\text{ppm}/\sqrt{\text{kHz}}$
迟滞 (注 14)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 70°C			30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C			70		ppm

数字输入和数字输出

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
外部 SCK 频率范围	●	0		2	MHz
外部 SCK 低电平周期	●	250			ns
外部 SCK 高电平周期	●	250			ns
t_1 $\overline{\text{CS}}\downarrow$ 至 SDO 有效	●	0		200	ns
t_2 $\overline{\text{CS}}\uparrow$ 至 SDO 高阻抗	●	0		200	ns
t_3 $\overline{\text{CS}}\downarrow$ 至 SCK $\uparrow$	●	100			ns
t_4 SCK $\downarrow$ 至 SDO 有效	●			225	ns
t_5 SCK $\downarrow$ 之后的 SDO 保持	●	10			ns
t_6 SCK $\uparrow$ 之前的 SDI 建立	●	100			ns
t_7 SCK $\uparrow$ 之后的 SDI 保持	●	100			ns
高电平输入电压	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	● $V_{\text{DD}} - 0.5$			V
低电平输入电压	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	●		0.5	V
数字输入电流	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$	● -10		10	μA
数字输入电容	$\overline{\text{CS}}$, SDI, SCK, $\overline{\text{RESET}}$		10		pF
低电平输出电压 (SDO, INTERRUPT)	$I_0 = -800\mu\text{A}$	●		0.4	V
高电平输出电压 (SDO, INTERRUPT)	$I_0 = 1.6\text{mA}$	● $V_{\text{DD}} - 0.5$			V
高阻抗输出泄漏 (SDO)	●	-10		10	μA

注 1：高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

注 2：所有的电压值均以 GND 为基准。

注 3：全标度 ADC 误差。测量不包括基准误差。

注 4：由设计提供保证，未经测试。

注 5：输出噪声包括了内部校准操作的影响。

注 6：多路复用器 (MUX) 配置延迟 = 2ms (默认值)。

注 7：全局配置设定为 60Hz 抑制。

注 8：全局配置设定为 50Hz 抑制。

注 9：全局配置默认为 50Hz/60Hz 抑制。

注 10： V_{REF} 的精确值存储在 LTC2983 中并用于所有的测量计算。温度系数用输出电压中的最大变化除以规定的温度范围来测量。

注 11：模拟上电。在此期间不能访问命令状态寄存器。

注 12：数字初始化。在模拟上电结束时开始。命令状态寄存器在数字初始化开始时为 0x80，在数字初始化结束时为 0x40。

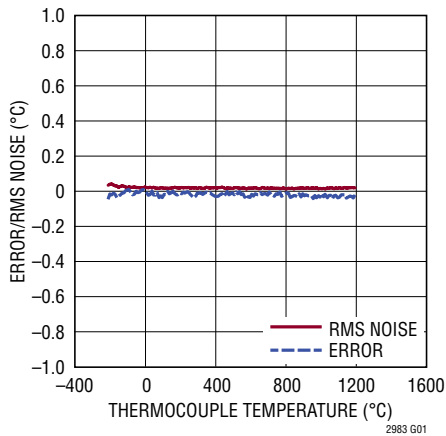
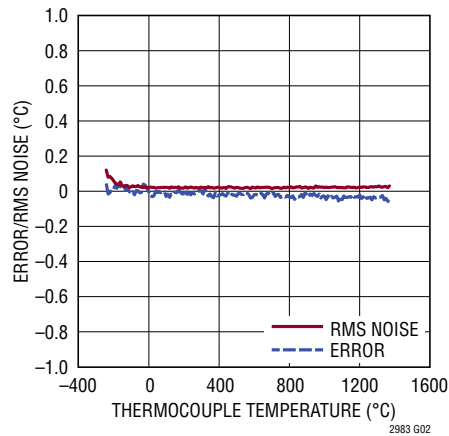
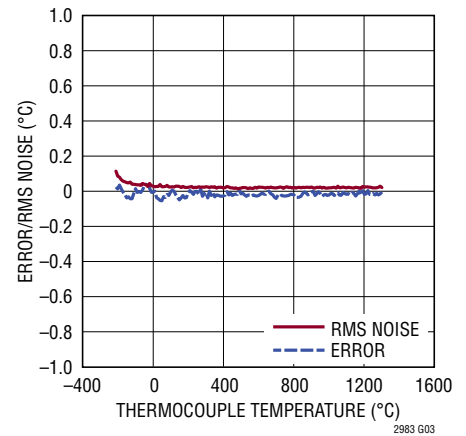
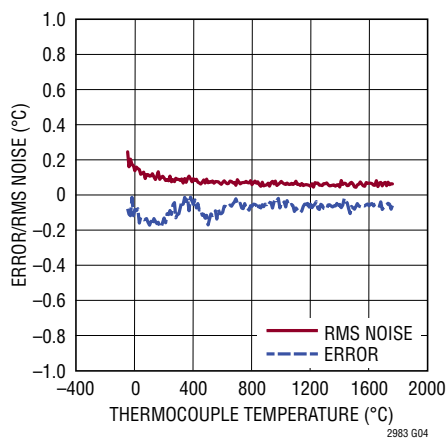
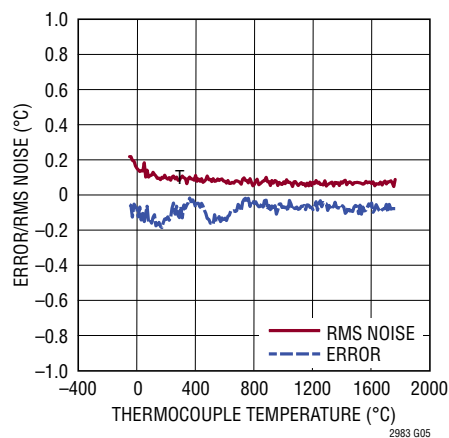
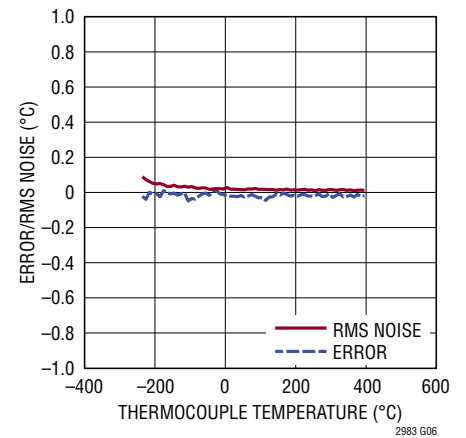
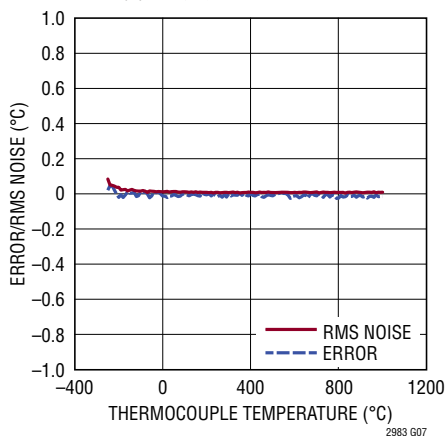
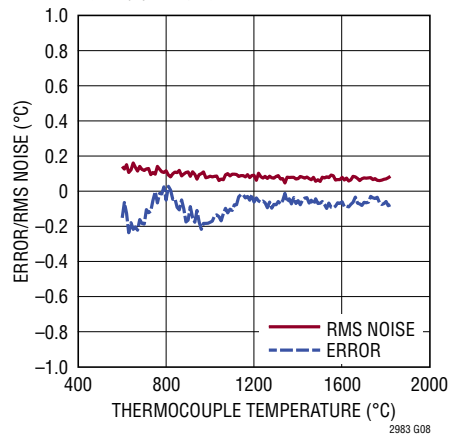
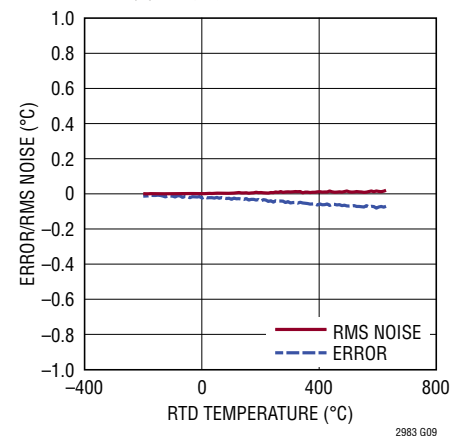
注 13：长期稳定性通常具有一种对数特征，因此，1000 小时之后出现的变化较之前往往小得多。第二个 1000 小时中的总漂移一般小于第一个 1000 小时中的总漂移的三分之一，呈现出一种漂移随着时间的推移持续减小的趋势。另外，电路板装配期间产生的 IC 与电路板材料之间的应力差也将对长期稳定性造成影响。

注 14：输出电压中的迟滞是由封装应力 (其因 IC 此前处于较高的温度还是较低的温度而存在差异) 产生的。输出电压始终在 25°C 测量，但是在连续测量之前将该 IC 循环至高温或低温限值。迟滞针对三个高温或低温循环的平均值测量最大输出变化。对于贮藏在良好受控温度下 (在工作温度的 20°C 或 30°C 之内) 的仪器而言，它常常不是一个居主导地位的错误源。典型迟滞是“ $25^\circ\text{C} \rightarrow$ 低温 $\rightarrow 25^\circ\text{C}$ ”或“ $25^\circ\text{C} \rightarrow$ 高温 $\rightarrow 25^\circ\text{C}$ ”循环的最坏情况值 (利用一次热循环进行预查验)。

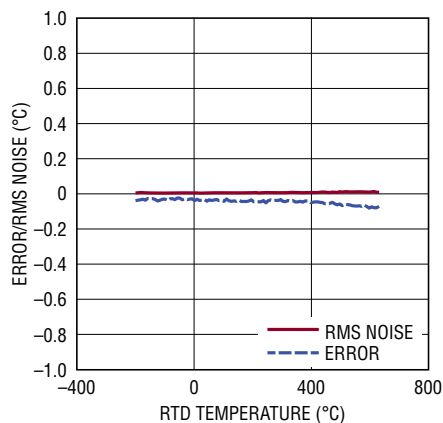
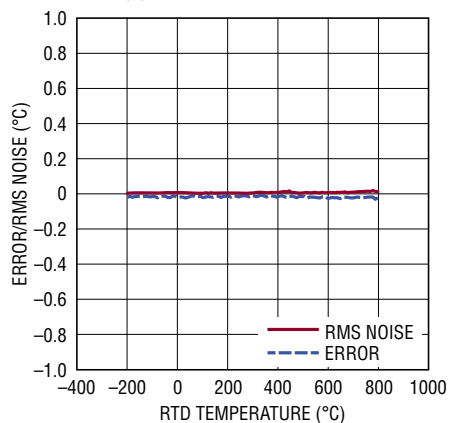
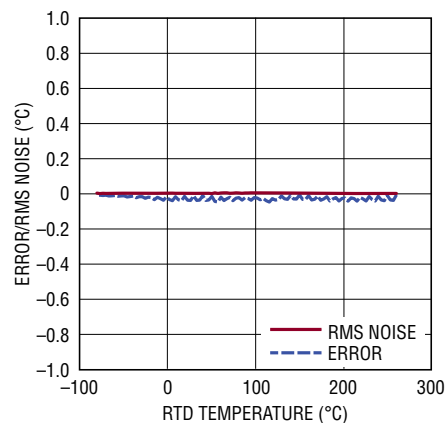
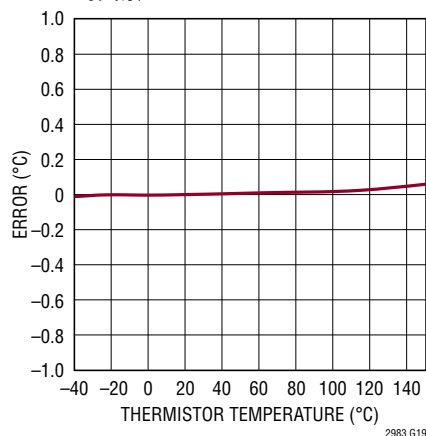
注 15：差分输入范围为 $\pm V_{\text{REF}}/2$ 。

注 16：RTD 和热敏电阻进行的是比例式测量。因此电流源激励变化不会影响绝对准确度。选择一个合适的激励电流以使最大的传感器或 R_{SENSE} 阻值在由标称激励电流进行驱动时所产生的压降为 1V 或更小。扩展的 ADC 输入范围将适应激励电流的变化，而且比例式计算将取消激励电流的绝对值。

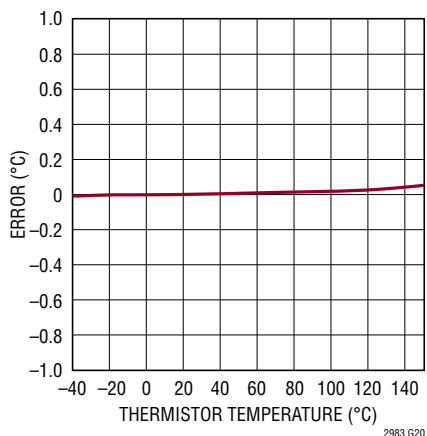
典型性能特征

J 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系K 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系N 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系R 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系S 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系T 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系E 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系B 类热电偶误差和 RMS 噪声
与温度的关系RTD PT-1000 误差和 RMS 噪声
与温度的关系

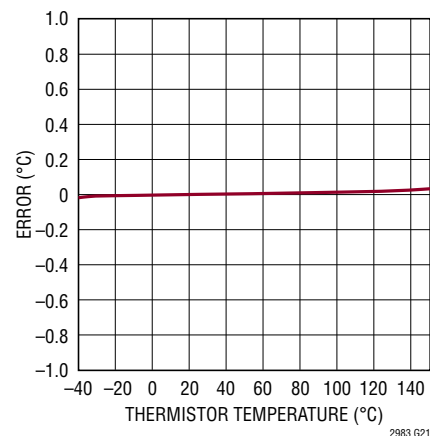
典型性能特征

RTD PT-200 误差和 RMS 噪声
与温度的关系RTD PT-100 误差和 RMS 噪声
与温度的关系RTD NI-120 RTD 误差和 RMS 噪声
与温度的关系2.252k 热敏电阻误差与温度
的关系

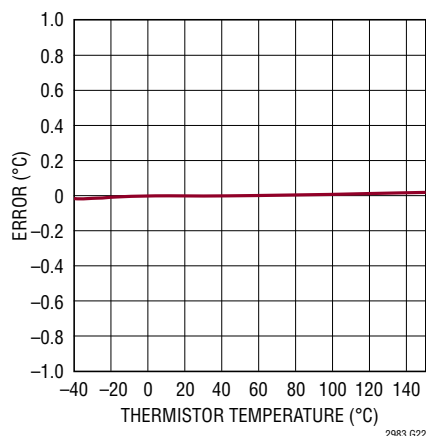
3k 热敏电阻误差与温度的关系



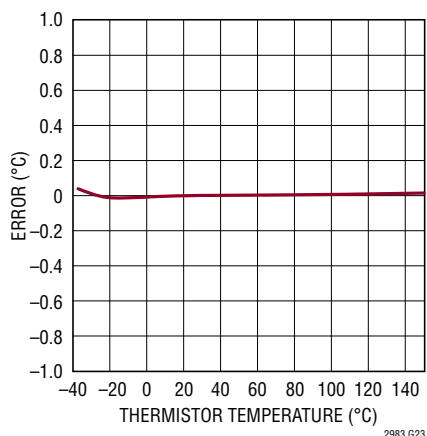
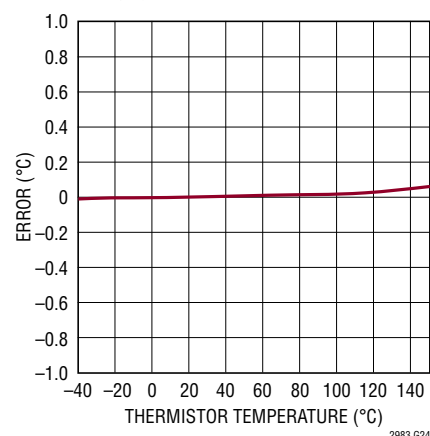
5k 热敏电阻误差与温度的关系



10k 热敏电阻误差与温度的关系

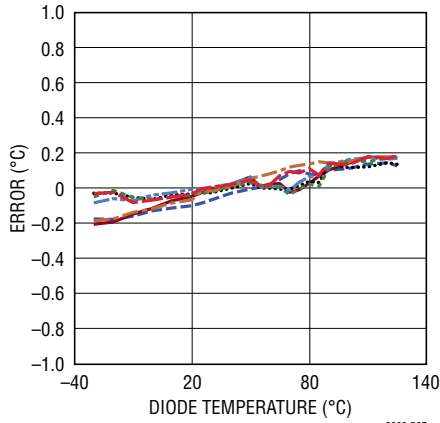


30k 热敏电阻误差与温度的关系

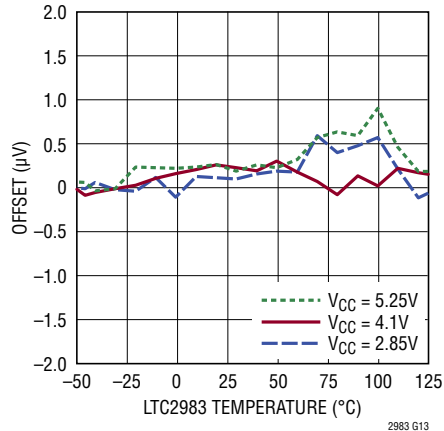
YSI-400 热敏电阻误差与温度
的关系

典型性能特征

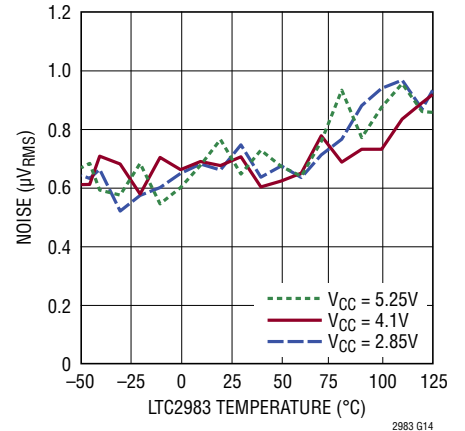
二极管误差和可重复性与温度的关系



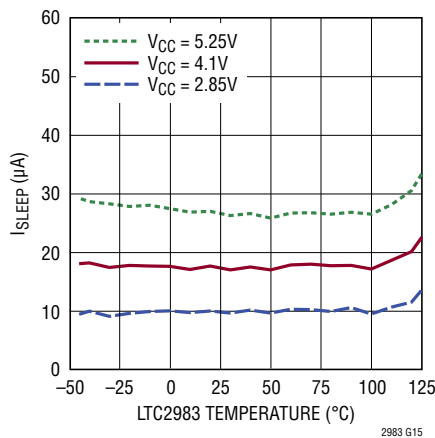
偏移与温度的关系



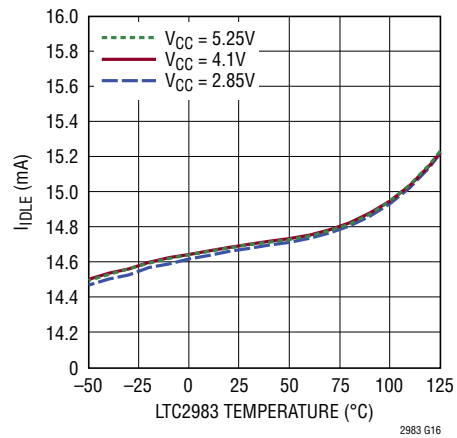
噪声与温度的关系



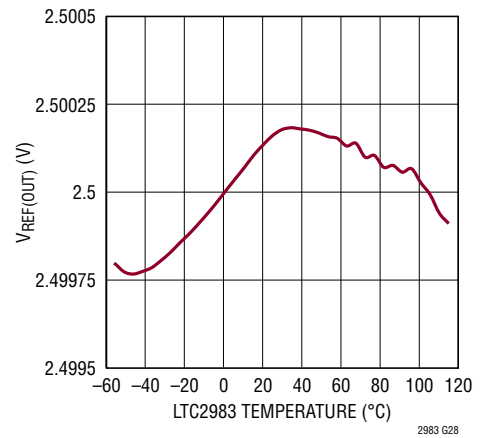
ISLEEP 与温度的关系



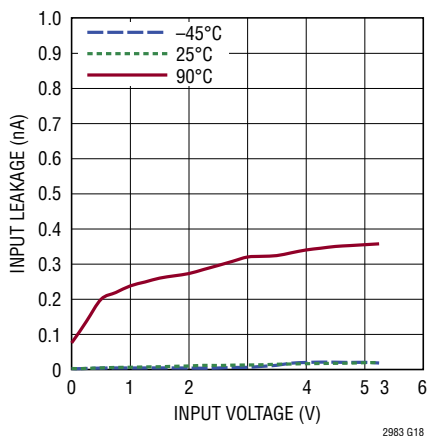
单触发转换电流与温度的关系



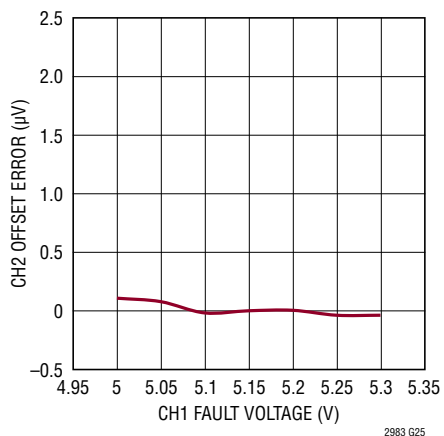
VREFOUT 与温度的关系



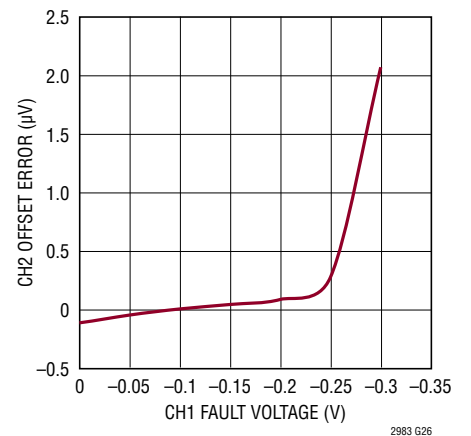
通道输入漏电流与温度的关系



相邻通道偏移误差与输入故障电压的关系 (VCC = 5V)



相邻通道偏移误差与输入故障电压的关系



引脚功能

GND (引脚 1、3、5、7、9、12、15、44) : 地。通过一个低阻抗接线把这些引脚一一连接至一个公共接地平面。所有这 8 个引脚必须接地以执行正确的操作。

V_{DD} (引脚 2、4、6、8、45) : 模拟电源。把所有这 5 个引脚连接在一起，并通过一个 0.1μF 电容器尽可能靠近器件旁路至地。

V_{REF_BYP} (引脚 11) : 内部基准电源。这是一个内部电源引脚，不要把外部电路加载至该引脚。利用一个 0.1μF 电容器旁路至 GND。

V_{REFOUT} (引脚 13) : 基准输出电压。短接至 V_{REFP}。需要一个最小 1μF 的接地电容器。不要把外部电路加载至该引脚。

V_{REFP} (引脚 14) : 正基准输入。连接至 V_{REFOUT}。

CH1 至 CH20 (引脚 16 至引脚 35) : 模拟输入。可以针对单端、差分或比例式操作进行编程。这些引脚上的电压可具有介于 GND – 50mV 和 V_{DD} – 0.3V 之间的任何数值。不用的引脚可以接地或浮置。

COM (引脚 36) : 模拟输入。用于所有单端配置中的公共负端输入。该引脚上的电压可具有介于 GND – 50mV 和 V_{DD} – 0.3V 之间的任何数值。此引脚通常连接至地以进行温度测量。

INTERRUPT (引脚 37) : 当器件在启动期间或某个转换周期进行的过程中处于忙碌状态时，该引脚输出一个低电平。当启动状态或转换周期结束时，该引脚变至高电平。

SCK (引脚 38) : 串行时钟引脚。数据在 SCK 的下降沿上移出器件，并在上升沿上被器件锁存。

SDO (引脚 39) : 串行数据输出。在数据输出状态期间，该引脚用作串行数据输出。当芯片选择引脚为高电平时，SDO 引脚处于一种高阻抗状态。

SDI (引脚 40) : 串行数据输入。用于设置器件。数据在 SCK 的上升沿上锁存。

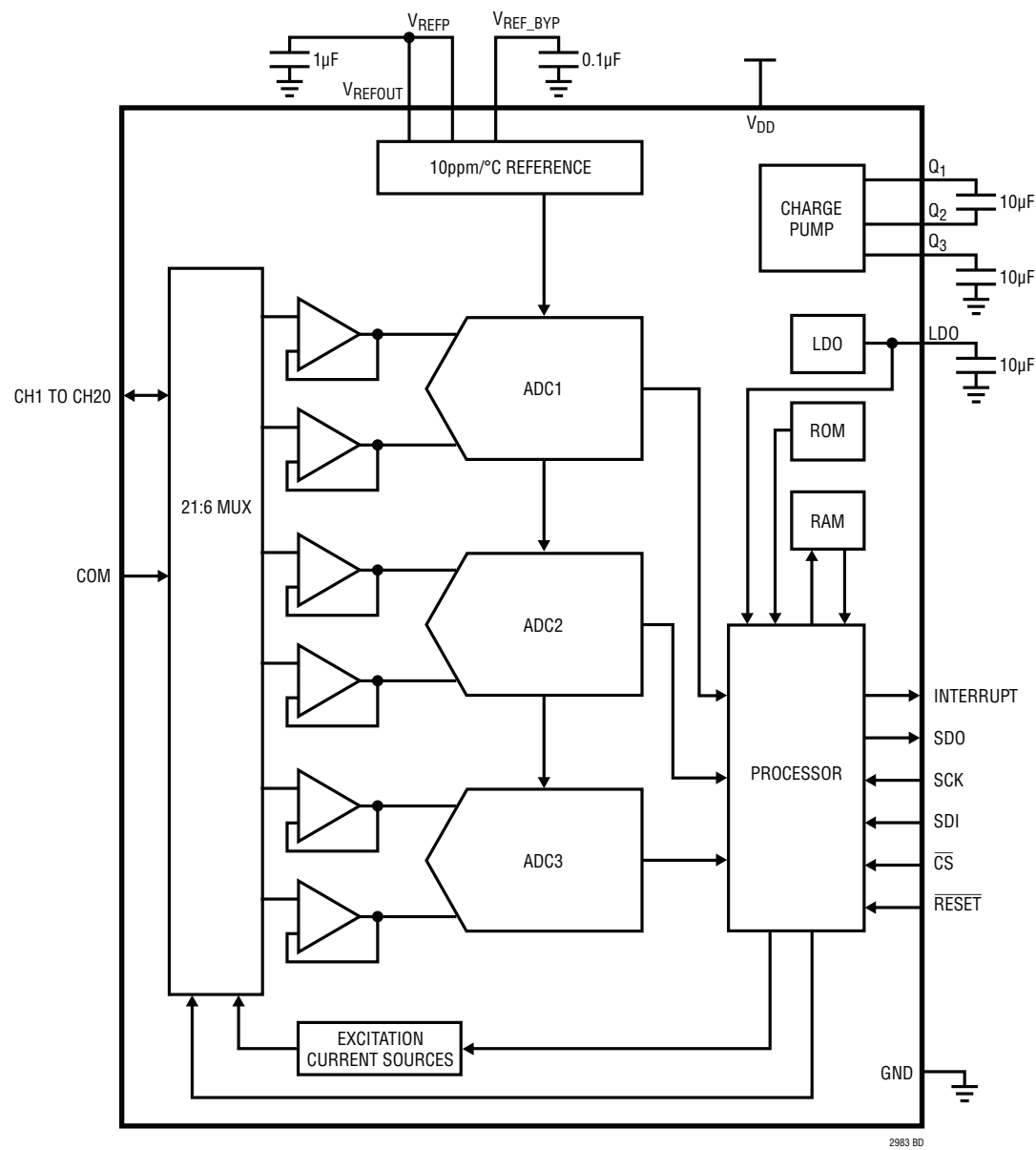
$\overline{\text{CS}}$ (引脚 41) : 低电平有效芯片选择。该引脚上的一个低电平将启用数字输入 / 输出。该引脚上的一个高电平将把 SDO 置于高阻抗状态。 $\overline{\text{CS}}$ 上的一个下降沿标志着一个 SPI 事务处理的开始，而一个上升沿则标志着结束。

$\overline{\text{RESET}}$ (引脚 42) : 低电平有效复位。当该引脚为低电平时，器件被强制进入复位状态。一旦该引脚返回高电平，则器件将起动其启动序列。

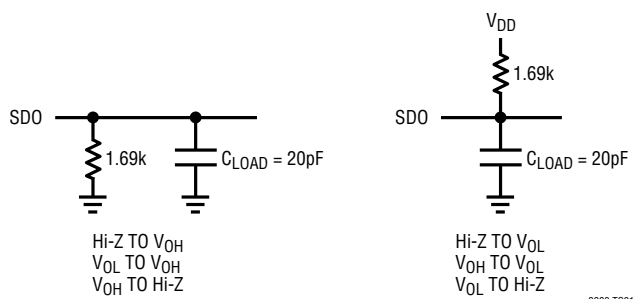
LDO (引脚 43) : 2.5V LDO 输出。通过一个 10μF 电容器旁路至 GND。这是一个内部电源引脚，不要把外部电路加载至该引脚。

Q3、Q2、Q1 (引脚 46、47、48) : 用于 –200mV 集成型充电泵的外部旁路引脚。在 Q1 和 Q2 之间靠近每个引脚的地方连接一个 10μF X7R 电容器。在 Q3 和地之间连接一个 10μF X5R 电容器。这些是内部电源引脚，不要建立其他的连接。

方框图

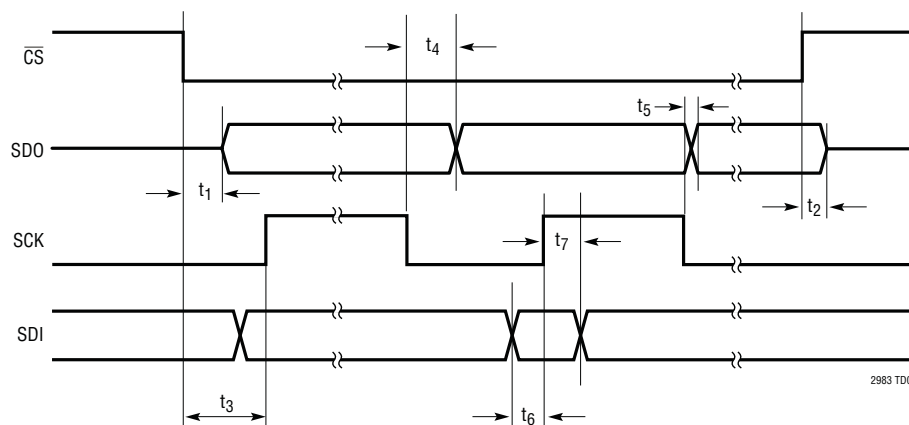


测试电路



时序图

SPI 时序图



概述

LTC2983 可采用大多数常用传感器 (热电偶、RTD、热敏电阻和二极管) 来测量温度。其包括所有必要的有源电路、开关、测量算法和数字换算, 以确定每种传感器类型的温度。

热电偶能够测量的温度范围从低至 -265°C 至 1800°C 以上。热电偶产生一个电压, 该电压是尖端 (热电偶温度) 与电路板上的电气连接 (冷结点温度) 之间温差的一个函数。为了确定热电偶温度, 需要准确地测量冷结温; 这被称为冷结点补偿。冷结温通常是通过在冷结点上布设一个单独的 (非热电偶) 温度传感器来确定的。LTC2983 允许使用二极管、RTD 和热敏电阻作为冷结点传感器。为了把来自热电偶的电压输出转换为一个温度结果, 必须求解一个高阶多项式方程 (最高为 14 阶)。LTC2983 内置了用于几乎所有标准热电偶 (J、K、N、E、R、S、T 和 B 类) 的此类多项式。此外, 还必须求解逆多项式以获知冷结温。LTC2983 可同时测量热电偶输出和冷结温, 并完成所有必需的计算以报告热电偶温度 (以 $^{\circ}\text{C}$ 或 $^{\circ}\text{F}$ 为单位)。其能直接对来自单个接地参考电源的正电压和负电压 (最低可至地电位以下 50mV) 进行数字化处理, 具有传感器烧毁检测功能, 并提供了外部保护 / 抗混迭电路, 而无需缓冲器电路。

二极管是使用方便的低成本传感器元件, 在热电偶应用中常常被用来测量冷结温。二极管通常用于测量 -60°C 至 130°C 的温度, 这适合于大多数冷结点应用。二极管产生

一个输出电压, 该输出电压是温度和激励电流的一个函数。当在两个不同的激励电流水平下取两个二极管输出电压的差时, 所得的结果 (ΔV_{BE}) 与温度成比例。LTC2983 可准确地产生激励电流, 测量二极管电压, 并计算以 $^{\circ}\text{C}$ 或 $^{\circ}\text{F}$ 为单位的温度。

RTD 和热敏电阻是其阻值的变化与温度成某种函数关系的电阻器。RTD 能够在很宽的温度范围内 (从低至 -200°C 至 850°C) 测量温度, 而热敏电阻的工作范围则通常为 -40°C 至 150°C 。为了测量这些器件之一, 连接了一个与传感器相串联的精准检测电阻器。将一个激励电流施加至该网络并实施比例式测量。RTD / 热敏电阻的阻值 (单位: Ω) 可利用该比例来确定。此电阻用于确定传感器元件的温度, 借助的方法是采用检查表 (RTD) 或求解 Steinhart-Hart 方程 (热敏电阻)。LTC2983 自动产生激励电流, 同时测量检测电阻器和热敏电阻 / RTD 电压, 计算传感器电阻并以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位报告结果。LTC2983 能够对大多数 RTD 类型 (PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000 和 NI-120) 进行数字化处理, 具有适用于许多标准 (美国、欧洲、日本和 ITS-90) 的内置系数, 并适应两线、三线和四线式配置。另外, 它还包括用于计算 2.252k、3k、5k、10k 和 30k 标准热敏电阻之温度的系数。其可通过配置以在多个 RTD / 热敏电阻之间共用一个检测电阻器, 并轮流更替激励电流源以消除寄生热效应。

概述

表 1：LTC2983 误差组成和峰值噪声误差

传感器类型	温度范围	系统准确度	峰至峰噪声
K 类热电偶	–200°C 至 0°C 0°C 至 1372°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.155\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.077\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.08^\circ\text{C}$
J 类热电偶	–200°C 至 0°C 0°C 至 1200°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.15\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.07^\circ\text{C}$
E 类热电偶	–200°C 至 0°C 0°C 至 1000°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.121\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.06^\circ\text{C}$
N 类热电偶	–200°C 至 0°C 0°C 至 1300°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.180\% + 0.08)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.08)^\circ\text{C}$	$\pm 0.13^\circ\text{C}$
R 类热电偶	0°C 至 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.07\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
S 类热电偶	0°C 至 1768°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.07\% + 0.4)^\circ\text{C}$	$\pm 0.62^\circ\text{C}$
B 类热电偶	400°C 至 1820°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.065\%)^\circ\text{C}$	$\pm 0.83^\circ\text{C}$
T 类热电偶	–250°C 至 0°C 0°C 至 400°C	$\pm(\text{温度} \cdot 0.10\% + 0.05)^\circ\text{C}$ $\pm(\text{温度} \cdot 0.065\% + 0.05)^\circ\text{C}$	$\pm 0.09^\circ\text{C}$
外部二极管 (2 个读数)	–40°C 至 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
外部二极管 (3 个读数)	–40°C 至 85°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2^\circ\text{C}$
铂金 RTD - PT-10, $R_{\text{SENSE}} = 1\text{k}\Omega$	–200°C 至 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
铂金 RTD - PT-100, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	–200°C 至 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
铂金 RTD - PT-500, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	–200°C 至 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.02^\circ\text{C}$
铂金 RTD - PT-1000, $R_{\text{SENSE}} = 2\text{k}\Omega$	–200°C 至 800°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$
热敏电阻, $R_{\text{SENSE}} = 10\text{k}\Omega$	–40°C 至 85°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.01^\circ\text{C}$

表 1 列出了与特定温度检测器件相关的系统准确度和噪声估计值。系统准确度和峰至峰噪声包括了 ADC、内部放大器、激励电流源和集成型基准的影响。准确度和噪声是采用保证的最大 ADC 和基准规格计算的最坏情况误差。峰至峰噪声值在 0°C 条件下计算 (B 类热电偶除外, 其在 400°C 下计算), 二极管测量采用 AVG = ON 模式。

热电偶误差不包括与冷结点测量有关的误差。对于总体温度测量准确度, 可把与特定冷结点传感器相关的误差 (在工作温度范围之内) 与给定热电偶的误差组合起来。

概述

存储器配置

LTC2983 的通道分配、配置、转换起动和结果均可通过 RAM 进行访问 (见表 2A)。表 2B 详细给出了用于访问存储器的有效 SPI 指令字节。通道转换结果被配置到存储单元 0x010 至 0x05F 中，并可采用 SPI 接口来读取，如图 1 所示。通过发送后随地址和数据的读指令字节 = 0x03 将启动

读操作。通道分配数据位于存储单元 0x200 至 0x24F 中，并可通过 SPI 接口进行编程，如图 2 所示。通过发送后随地址和数据的写指令字节 = 0x02 将启动写操作。转换操作通过把转换控制字节 (见表 6) 写入存储单元 0x000 (命令状态寄存器) 来启动。

表 2A : 存储器配置

LTC2983 存储器配置				描述
区段	起始地址	结束地址	大小 (字节)	
命令状态寄存器	0x000	0x000	1	见表 6，启动转换，睡眠命令
保留	0x001	0x00F	15	
温度结果存储器 20 个字 - 80 个字节	0x010	0x05F	80	见表 8 到 10，读取结果
保留	0x060	0x0EF	144	
全局配置寄存器	0x0F0	0x0F0	1	
保留	0x0F1	0x0F3	3	
测量多通道位掩码	0x0F4	0x0F7	4	见表 65、66，运行多次转换
全局状态寄存器	0x0F8	0x0F8	1	
保留	0x0F9	0x0FE	6	
多路复用器配置延迟	0x0FF	0x0FF	1	见产品手册的“多路复用器 (MUX) 配置延迟”部分
保留	0x100	0x1FF	256	
通道分配数据	0x200	0x24F	80	见表 3、4，通道分配
定制传感器列表数据	0x250	0x3CF	384	
保留	0x3D0	0x3FF	48	

表 2B : SPI 指令字节

指令	SPI 指令字节	描述
读	0b00000011	见图 1
写	0b00000010	见图 2
无操作	0bXXXXXX0X	

概述

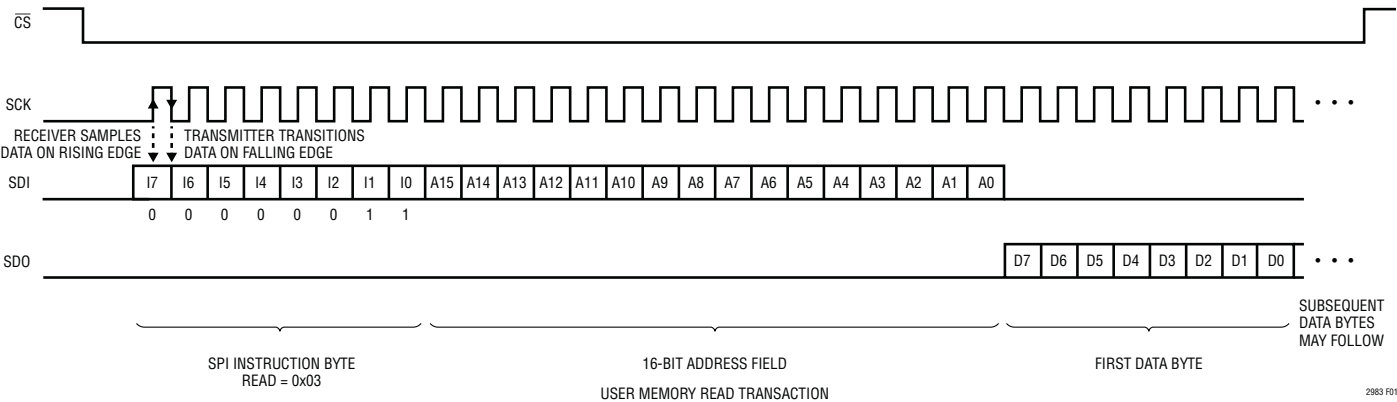


图 1：存储器读操作

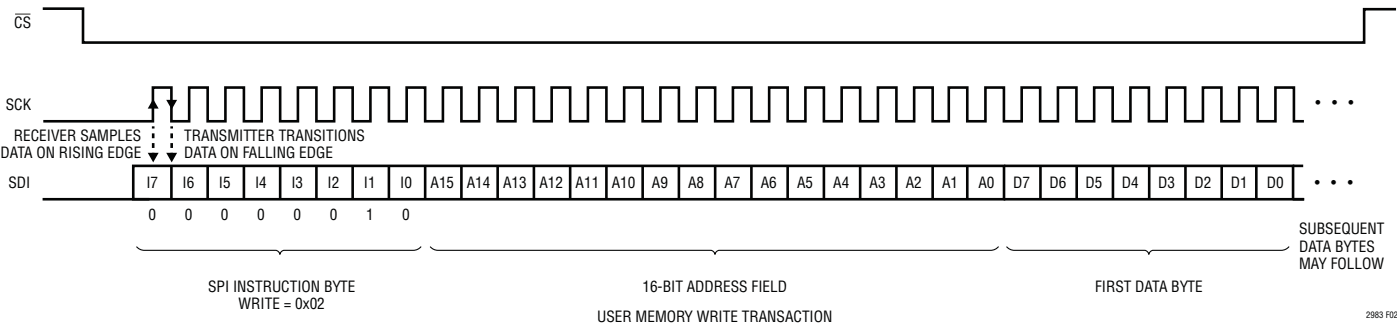


图 2：存储器写操作

应用信息

LTC2983 兼具高准确度和易用性。基本操作很简单，并包括 5 种状态 (见图 3)。

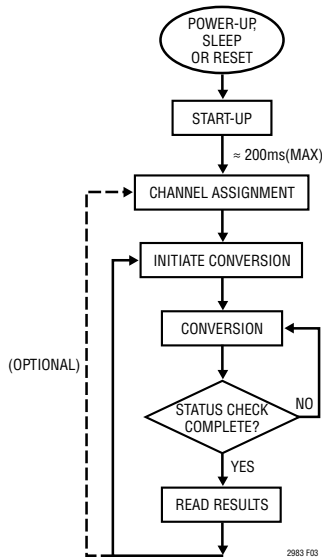


图 3：基本操作

转换状态概述

- 1. 启动。**在给 LTC2983 加电之后 ($V_{DD} > 2.6V$)，有一个 200ms 的唤醒周期。在这段时间里，LDO、充电泵、ADC 和基准上电且内部 RAM 被初始化。一旦启动完成，INTERRUPT 引脚变至高电平，而且命令状态寄存器在被读取时返回一个数值 = 0x40 (起始位 = 0，完成位 = 1)。
- 2. 通道分配。**该器件在启动完成之后自动进入通道分配状态。当处于此状态时，用户把用于每个输入通道的传感器专属数据写入 RAM。分配数据包含有关传感器类型的信息、指向冷结点传感器的指针和传感器专属参数。
- 3. 启动转换。**通过把一个测量命令写入 RAM 存储单元 0x000 来启动转换。该命令是一个指向将在其当中执行转换操作之通道的指针。
- 4. 转换。**一个新的转换将在一个启动转换命令之后自动开始。在该状态中，ADC 在指定的通道和相关的冷结点或 R_{SENSE} 通道 (如果适用的话) 上运行转换。当处于该状态时，RAM 将拒绝用户访问 (读取状态单元 0x000 除

外)。转换的结束由 INTERRUPT 引脚电平走高和状态寄存器 START 位走低以及 DONE 位走高来指示。

- 5. 读取结果。**在该状态中，用户可访问 RAM 并能读取已完成的转换结果和故障状态位。在读取结果的状态中，用户还可以修改 / 附加通道分配数据。

转换状态细节

状态 1：启动

当给 LTC2983 加电时启动状态自动出现。如果电源下降至一个约 2.6V 的门限以下并随后返回正常工作电压 (2.85V 至 5.25V)，则 LTC2983 复位并进入上电状态。请注意，在睡眠状态结束时 LTC2983 也将进入启动状态。另外，通过使 RESET 引脚脉动至低电平亦可在正常操作期间随时进入启动状态。

在启动状态的第一阶段中，所有关键的模拟电路均上电。这包括 LDO、基准、充电泵和 ADC。在这第一阶段中，用户将不能访问命令状态寄存器。这个阶段最长需要 100ms 的时间完成。一旦此阶段结束，命令状态寄存器将可以访问并返回一个数值 = 0x80，直到 LTC2983 完全初始化为止。当 LTC2983 已初始化且即可使用时，中断引脚电平将走高，而命令状态寄存器将返回一个被读取的值 = 0x40 (起始位 = 0，完成位 = 1)。此时，LTC2983 完全初始化并做好了执行转换操作的准备。

状态 2：通道分配

LTC2983 RAM 可利用多达 20 组 32 位 (4 字节) 通道分配数据进行编程。这些数据按顺序驻留在 RAM 中，其与 20 个模拟输入通道全部一一对应 (见表 3)。未用的通道应将其通道分配数据设定为“全零” (在启动时默认)。

通道分配数据包含了与连接至该通道的特定传感器相关的所有必要信息 (见表 4)。首 5 个位负责确定传感器类型 (见表 5)。与每个传感器相关的是传感器专属配置。这些包括指向冷结点或检测电阻器通道的指针、指向定制线性化数据之存储单元的指针以及检测电阻器阻值和二极管理想因子。另

应用信息

表 3：通道分配存储器配置

通道分 配号	配置 数据起始 地址	配置 数据 地址 + 1	配置 数据 地址 + 2	配置 数据 地址 + 3	大小 (字节)
CH1	0x200	0x201	0x202	0x203	4
CH2	0x204	0x205	0x206	0x207	4
CH3	0x208	0x209	0x20A	0x20B	4
CH4	0x20C	0x20D	0x20E	0x20F	4
CH5	0x210	0x211	0x212	0x213	4
CH6	0x214	0x215	0x216	0x217	4
CH7	0x218	0x219	0x21A	0x21B	4
CH8	0x21C	0x21D	0x21E	0x21F	4
CH9	0x220	0x221	0x222	0x223	4
CH10	0x224	0x225	0x226	0x227	4
CH11	0x228	0x229	0x22A	0x22B	4
CH12	0x22C	0x22D	0x22E	0x22F	4
CH13	0x230	0x231	0x232	0x233	4
CH14	0x234	0x235	0x236	0x237	4
CH15	0x238	0x239	0x23A	0x23B	4
CH16	0x23C	0x23D	0x23E	0x23F	4
CH17	0x240	0x241	0x242	0x243	4
CH18	0x244	0x245	0x246	0x247	4
CH19	0x248	0x249	0x24A	0x24B	4
CH20	0x24C	0x24D	0x24E	0x24F	4

表 4：通道分配数据

	传感器类型					传感器专属配置																														
通道 分配 存储单元	配置数据 起始地址								配置数据 起始地址 + 1								配置数据 起始地址 + 2								配置数据 起始地址 + 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				
热电偶	类型 = 1 至 9					冷结点通道 分配 [4:0]					SGL=1 DIFF=0		OC 检查		OC 电流 [1:0]		0		0		0		0		0		0		定制 地址 [5:0]				定制 长度 - 1 [5:0]			
RTD	类型 = 10 至 18					R _{SENSE} 通道 分配 [4:0]					两、三、四线					激励 模式		激励 电流 [3:0]		标准 [1:0]		定制 地址 [5:0]				定制 长度 - 1 [5:0]										
热敏电阻	类型 = 19 至 27					R _{SENSE} 通道 分配 [4:0]					SGL=1 DIFF=0		激励 模式		激励 电流 [3:0]		0		0		0		定制 地址 [5:0]				定制 长度 - 1 [5:0]									
二极管	类型 = 28		SGL=1 DIFF=0		2 至 3 个读数		平均 导通		电流 [1:0]		从 0 至 4 的理想 (2, 20) 因子, 具 1/1048576 的分辨率 全部的 “0” 采用 ROM 中的出厂设定默认值																									
检测电阻器	类型 = 29		检测电阻器阻值 (17, 10) 高达 131, 072Ω, 具有 1/1024Ω 分辨率																																	
直接 ADC	类型 = 30		SGL=1 DIFF=0		未使用																															
停用 (默认)	类型 = 0, 31		未使用																																	

应用信息

表 5：传感器类型选择

31	30	29	28	27	传感器类型
0	0	0	0	0	未分配
0	0	0	0	1	J 类热电偶
0	0	0	1	0	K 类热电偶
0	0	0	1	1	E 类热电偶
0	0	1	0	0	N 类热电偶
0	0	1	0	1	R 类热电偶
0	0	1	1	0	S 类热电偶
0	0	1	1	1	T 类热电偶
0	1	0	0	0	B 类热电偶
0	1	0	0	1	定制热电偶
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 定制
1	0	0	1	1	热敏电阻 44004/44033 2.252kΩ (在 25°C)
1	0	1	0	0	热敏电阻 44005/44030 3kΩ (在 25°C)
1	0	1	0	1	热敏电阻 44007/44034 5kΩ (在 25°C)
1	0	1	1	0	热敏电阻 44006/44031 10kΩ (在 25°C)
1	0	1	1	1	热敏电阻 44008/44032 30kΩ (在 25°C)
1	1	0	0	0	热敏电阻 YSI 400 2.252kΩ (在 25°C)
1	1	0	0	1	热敏电阻 Spectrum 1003k 1kΩ(在 25°C)
1	1	0	1	0	热敏电阻定制 Steinhart-Hart
1	1	0	1	1	热敏电阻定制表
1	1	1	0	0	二极管
1	1	1	0	1	检测电阻器
1	1	1	1	0	直接 ADC
1	1	1	1	1	保留

外，此类数据还包括 (如果适用) 激励电流水平、单端 / 差分输入模式以及传感器专用控制。单独给出的有关热电偶、RTD、二极管、热敏电阻和检测电阻器的详细工作原理部分更为详尽地描述了与每种传感器类型相关联的分配数据。

状态 3：启动转换

一旦通道分配完成，器件就做好了开始转换操作的准备。通过把起始 (B7 = 1) 和完成 (B6 = 0)，以及后面期望的输入通道 (B4 – B0) 写入 RAM 存储单元 0x000 来启动转换 (见表 6 和 7)。通过把通道选择位 (B4 至 B0) 设定为 00000 可以在多个通道上启动一个测量周期；见本产品手册的“在多个通道上连续运行转换”部分。

B4 至 B0 位负责确定在哪个输入通道上执行转换，而且就是通道号的等效二进制数 (见表 7)。

B5 位应设定为 0。

表 6：命令状态寄存器

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
Start = 1	Done = 0	0	通道选择 1 至 20					启动转换
1	0	0	1	0	1	1	1	启动睡眠

表 7：输入通道配置

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	选定的通道
0	0	0	0	0	0	0	0	多个通道
1	0	0	0	0	0	0	1	CH1
1	0	0	0	0	0	1	0	CH2
1	0	0	0	0	0	1	1	CH3
1	0	0	0	0	1	0	0	CH4
1	0	0	0	0	1	0	1	CH5
1	0	0	0	0	1	1	0	CH6
1	0	0	0	0	1	1	1	CH7
1	0	0	0	1	0	0	0	CH8
1	0	0	0	1	0	0	1	CH9
1	0	0	0	1	0	1	0	CH10
1	0	0	0	1	0	1	1	CH11
1	0	0	0	1	1	0	0	CH12
1	0	0	0	1	1	0	1	CH13
1	0	0	0	1	1	1	0	CH14
1	0	0	0	1	1	1	1	CH15
1	0	0	1	0	0	0	0	CH16
1	0	0	1	0	0	0	1	CH17
1	0	0	1	0	0	1	0	CH18
1	0	0	1	0	0	1	1	CH19
1	0	0	1	0	1	0	0	CH20
1	0	0	1	0	1	1	1	睡眠
所有其他组合								保留

应用信息

B7 和 B6 位充当开始 / 完成位。如欲起动转换，则必须把这些位设定为“10” (B7 = 1 和 B6 = 0)。当转换开始时，INTERRUPT 引脚变至低电平。一旦转换完成，则 B7 和 B6 位切换至“01” (B7 = 0 和 B6 = 1) (地址 = 0x000) 且 INTERRUPT 引脚将变至高电平，表示转换完成并可提供结果。

状态 4：转换

测量周期在启动转换命令写入 RAM 存储单元 0x000 之后开始 (表 6)。LTC2983 可同时测量选定的输入传感器、检测电阻器 (RTD 和热敏电阻) 及 (如果适用的话) 冷结点温度 (热电偶)。

一旦转换操作开始，则 RAM 将拒绝用户访问，但读取存储在 RAM 存储单元 0x000 中的状态数据则例外。

转换操作一旦开始，INTERRUPT 引脚电平将走低。视传感器配置的不同，每个温度结果需要两个或三个 82ms 周期。这分别对应于 167ms 和 251ms 的转换速率。描述这些模式的细节信息见本产品手册的“两周期或三周期转换模式”部分。

转换操作的结束可通过中断引脚 (低电平至高电平的转换) 或读取 RAM 存储单元 0x000 中的转换控制寄存器 (起始位 B7 从 1 切换至 0，而完成位 B6 则从 0 切换至 1) 来监视。

状态 5：读取结果

一旦转换操作完成，即可从对应于该输入通道的 RAM 存储单元读取转换结果 (见表 8)。

转换结果的长度为 32 位，并包含了传感器温度 (D23 至 D0) 和传感器故障数据 (D31 至 D24) (见表 9A 和 9B)。

对于所有的温度传感器，结果均以 °C (范围为 -273.16°C 至 8192°C，分辨率为 1/1024°C) 或 °F (范围为 -459.67°F 至 8192°F，分辨率为 1/1024°F) 为单位来报

表 8：转换结果存储器配置

转换通道	起始地址	结束地址	大小 (字节)
CH1	0x010	0x013	4
CH2	0x014	0x017	4
CH3	0x018	0x01B	4
CH4	0x01C	0x01F	4
CH5	0x020	0x023	4
CH6	0x024	0x027	4
CH7	0x028	0x02B	4
CH8	0x02C	0x02F	4
CH9	0x030	0x033	4
CH10	0x034	0x037	4
CH11	0x038	0x03B	4
CH12	0x03C	0x03F	4
CH13	0x040	0x043	4
CH14	0x044	0x047	4
CH15	0x048	0x04B	4
CH16	0x04C	0x04F	4
CH17	0x050	0x053	4
CH18	0x054	0x057	4
CH19	0x058	0x05B	4
CH20	0x05C	0x05F	4

告。转换结果中包含了 7 个传感器故障位。如果出现某种与对应转换结果相关的故障，则这些位被设定为 1 (见表 10)。报告的误差有两类：硬误差和软误差。硬误差表示该读数是无效的，而且报告的最终温度为 -999°C 或 °F。软误差表示操作超出了传感器的正常温度范围或 ADC 的输入范围。在该场合中，虽然报告了计算温度，但是准确度有可能下降。与每种故障类型相关的详情涉及特定的传感器，并在本产品手册的传感器专属部分中做了详细的描述。D24 位是有效位并将被设定为一个 1 (对于有效数据)。

一旦数据读取完成，器件即做好了接受一个新的启动转换命令的准备。在需要新通道配置数据的场合，用户可以访问 RAM 以修改现有的通道分配数据。

应用信息

表 9A：数字输出字示例 (°C)

	起始地址								起始地址 + 1								起始地址 + 2								起始地址 + 3 (结束地址)							
	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
	故障数据								符号 MSB LSB																							
温度	传感器 硬故障	ADC 硬故障	冷结 点硬故障	冷结 点硬故障	传感器 过范围故障	传感器 欠范围故障	ADC 超范围故障	有效 1	4096°C ↓								1°C ↓								1/1024°C ↓							
8192°C								1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1024°C								1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/1024°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0°C								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1/1024°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1°C								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-273.15°C								1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1

表 9B：数字输出字示例 (°F)

	起始地址								起始地址 + 1								起始地址 + 2								起始地址 + 3 (结束地址)							
	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
	故障数据								符号 MSB																							LSB
温度	传感器 硬故障	ADC 硬故障	冷结 点硬故障	冷结 点硬故障	传感器 过范围故障	传感器 欠范围故障	ADC 超范围故障	有效 1	4096°F ↓								1°F ↓								1/1024°F ↓							
8192°F								1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1024°F								1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/1024°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0°F								1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1/1024°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1°F								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-459.67°F								1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0

表 10：传感器故障报告

位	故障	误差类型	描述	输出结果
D31	传感器硬故障	硬故障	不良的传感器读数	-999°C 或
D30	硬 ADC 超范围	硬故障	不良的 ADC 读数 (可能是大的外部噪声事件)	-999°C 或 °F
D29	冷结点硬故障	硬故障	冷结点传感器具有一个硬故障误差	可疑的读数
D28	冷结点软故障	软故障	冷结点传感器结果超出了正常范围	可疑的读数
D27	传感器过范围	软故障	传感器读数高于正常范围	可疑的读数
D26	传感器欠范围	软故障	传感器读数低于正常范围	可疑的读数
D25	ADC 超范围	软故障	ADC 绝对输入电压超过了 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	可疑的读数
D24	有效	不适用	结果有效 (应为 1) 若为 0 则舍弃结果	可疑的读数

应用信息

热电偶测量

表 11：热电偶通道分配字

	(1) 热电偶 类型					(2) 冷结点 通道指针					(3) 传感器 配置											(4) 定制热电偶 数据指针										
	表 4、12					表 13					表 14											表 67 至 69										
测量类型	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
热电偶	类型 1 至 9					冷结点 通道分配 [4:0]					SGL=1 DIFF=0		OC 检查		OC 电流 [1:0]		0	0	0	0	0	0	定制地址 [5:0]					定制长度 [5:0]				

通道分配 - 热电偶

对于每个连接至 LTC2983 的热电偶，把一个 32 位通道分配字写入一个对应于传感器所连接之通道的存储单元 (见表 11)。这个字包括了 (1) 传感器类型、(2) 冷结点通道指针、(3) 传感器配置、和 (4) 定制热电偶数据指针。

(1) 热电偶类型

如表 12 所示，热电偶类型由首 5 个输入位 (B31 至 B27) 决定。用于 J、K、E、N、R、S、T 和 B 类热电偶的标准 NIST 系数存储在器件的 ROM 中。如果采用的是定制热电偶，则可选择定制热电偶传感器类型。在该场合中，用户专属数据可存储在片内 RAM 中，起始点位于定制热电偶数据指针中定义的地址。

(2) 冷结点通道指针

冷结点补偿可以是一个二极管、RTD 或热敏电阻。冷结点通道指针告诉 LTC2983 冷结点传感器被分配给了哪个通道

(1 到 20) (见表 13)。当在一个连接至热电偶的通道上执行转换操作时，则同时和自动地对冷结点传感器进行测量。最终的输出数据采用存储在 ROM 中的嵌入式系数来自动补偿冷结点温度并输出热电偶传感器温度。

表 13：冷结点通道指针

(2) 冷结点通道指针					冷结点通道
B26	B25	B24	B23	B22	
0	0	0	0	0	无冷结点补偿，计算采用 0°C
0	0	0	0	1	CH1
0	0	0	1	0	CH2
0	0	0	1	1	CH3
0	0	1	0	0	CH4
0	0	1	0	1	CH5
0	0	1	1	0	CH6
0	0	1	1	1	CH7
0	1	0	0	0	CH8
0	1	0	0	1	CH9
0	1	0	1	0	CH10
0	1	0	1	1	CH11
0	1	1	0	0	CH12
0	1	1	0	1	CH13
0	1	1	1	0	CH14
0	1	1	1	1	CH15
1	0	0	0	0	CH16
1	0	0	0	1	CH17
1	0	0	1	0	CH18
1	0	0	1	1	CH19
1	0	1	0	0	CH20
所有其他组合					无效

表 12：热电偶类型

(1) 热电偶类型					热电偶类型
B31	B30	B29	B28	B27	
0	0	0	0	1	J 类热电偶
0	0	0	1	0	K 类热电偶
0	0	0	1	1	E 类热电偶
0	0	1	0	0	N 类热电偶
0	0	1	0	1	R 类热电偶
0	0	1	1	0	S 类热电偶
0	0	1	1	1	T 类热电偶
0	1	0	0	0	B 类热电偶
0	1	0	0	1	定制热电偶

应用信息

(3) 传感器配置

传感器配置字段 (见表 14) 用于选择单端 (B21 = 1) 或差分 (B21 = 0) 输入，并在内部开路检测被使能的情况下 (B20 位) 提供开路电流的选择。单端读数相对于 COM 引脚进行测量，而差分读数则在选定的 CH_{TC} 和相邻的 CH_{TC-1} 之间测量 (见图 4)。如果开路检测被使能 (B20 = 1)，则用户能够采用 B18 和 B19 位来选择开路检测期间施加的脉冲电流值。用户根据外部保护电阻器和滤波电容器来确定开路电流值 (通常为 10μA)。该网络需要在 50ms 之内稳定至 1μV 或更小。电流脉冲的持续时间大约为 8ms，并出现在正常转换周期之前 50ms。

热电偶通道分配遵循图 4 中示出的一般惯例。对于单端和差分操作模式，热电偶正端均连接至 CH_{TC} (其中 TC 为选定的通道号)。对于单端测量，热电偶负端和 COM 引脚接地。对于差分测量，热电偶负端连接至 CH_{TC-1}。该节点可以接地或连接至一个偏置电压。

(4) 定制热电偶数据指针

更多相关信息请见靠近本产品手册结尾处的“定制热电偶”部分。

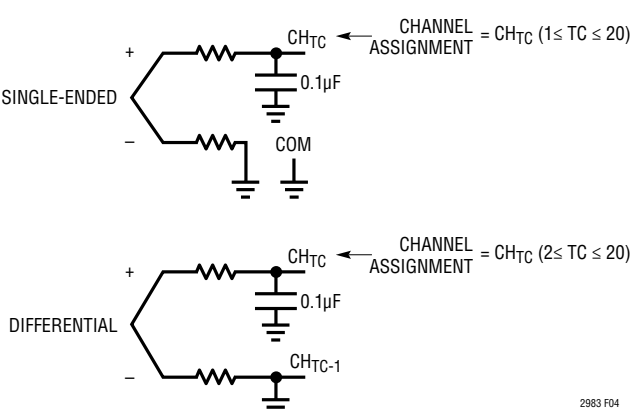


图 4：热电偶通道分配惯例

表 14：传感器配置

(3) 传感器配置					
SGL	OC 检查	OC 电流		单端 / 差分	开路电流
B21	B20	B19	B18		
0	0	X	X	差分	外部
0	1	0	0	差分	10μA
0	1	0	1	差分	100μA
0	1	1	0	差分	500μA
0	1	1	1	差分	1mA
1	0	X	X	单端	外部
1	1	0	0	单端	10μA
1	1	0	1	单端	100μA
1	1	1	0	单端	500μA
1	1	1	1	单端	1mA

应用信息

故障报告 - 热电偶

每种传感器类型具有一种独特的故障报告机理，其由数据输出字的高位字节指示。表 15 列出了热电偶测量中报告的故障。

D31 位指示热电偶传感器开路 (断裂或未插入)、冷结点传感器具有某种硬故障、或者 ADC 超出范围。这是由一个远远超出正常工作范围的读数来指示。D30 位指示一个不良的 ADC 读数。这可能是传感器断裂 (开路) 或过大噪声事件 (进入传感器通路的 ESD [即静电放电]) 造成的结果。这两者均为硬误差，并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。在发生过大噪声事件的场合中，如果该噪声事件是随机的偶发事件，则器件应恢复且随后的转换有效。D29 位指示一种出现在冷结点传感器上的硬故障，并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。请查阅用于冷结点补偿之特定传感器 (二极管、热敏电阻或 RTD) 的相关信息。D28 位负责指示出现在冷结点传感器上的软故障。报

告一个有效的温度，但由于冷结点传感器在其正常温度范围以外运作，因此准确度有可能受损。D27 和 D26 位指示过温和欠温限值已被超过 (对于特定的热电偶类型)，如表 16 中所定义。D25 位指示由 ADC 测量的绝对电压超出了其正常工作范围。该故障反映了一个远远超出热电偶之正常范围的读数。

表 16：热电偶温度限值

热电偶类型	低温限值 $^{\circ}\text{C}$	高温限值 $^{\circ}\text{C}$
J 类	-210	1200
K 类	-265	1372
E 类	-265	1000
N 类	-265	1300
R 类	-50	1768
S 类	-50	1768
T 类	-265	400
B 类	40	1820
定制	最低的表项	最高的表项

表 15：热电偶故障报告

位	故障	误差类型	描述	输出结果
D31	传感器硬故障	硬误差	开路或 ADC 硬故障或冷结点硬故障	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D30	硬 ADC 超范围	硬误差	不良的 ADC 读数 (可能是大的外部噪声事件)	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D29	冷结点硬故障	硬误差	冷结点传感器具有一个硬故障误差	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D28	冷结点软故障	软误差	冷结点传感器结果超出了正常范围	可疑的读数
D27	传感器过范围	软误差	热电偶读数高于上限	可疑的读数
D26	传感器欠范围	软误差	热电偶读数低于下限	可疑的读数
D25	ADC 超范围	软误差	ADC 绝对输入电压超过了 $\pm 1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$	可疑的读数
D24	有效	不适用	结果有效 (应为 1) 若为 0 则舍弃结果	有效的读数

应用信息

二极管测量

表 17：二极管通道分配字

	(1) 传感器类型					(2) 传感器配置			(3) 激励电流		(4) 二极管理想因子值																					
	表 18								表 19		表 20																					
测量类别	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
二极管	类型 = 28					SGL=1 DIFF=0	2 或 3 个 读数	平均 导通	电流 [1:0]		从 0 到 4 的非理想 (2, 20) 因子，具有 1/1048576 的分辨率 全部的“0”采用一个出厂设定默认值 = 1.003																					

通道分配 - 二极管

对于每个连接至 LTC2983 的二极管，把一个 32 位通道分配字写入一个对应于传感器所连接之通道的存储单元 (见表 17)。这个字包括了 (1) 二极管传感器选择、(2) 传感器配置、(3) 激励电流、和 (4) 二极管理想因子。

(1) 传感器类型

二极管利用首 5 个输入位 (B31 至 B27) 来选择 (见表 18)。

表 18：二极管传感器选择

(1) 传感器类型					传感器类型
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	0	
					二极管

(2) 传感器配置

传感器配置字段 (B26 至 B24 位) 用于定义各种不同的二极管测量属性。对于单端 (相对于 COM 的测量)，配置位 B26 被设定为高电平，而对于差分则设定为低电平。

B25 位负责设定测量算法。如果 B25 为低电平，则采用两个转换周期 (一个在 **1I** 电流激励，一个在 **8I** 电流激励) 来测量二极管。这在那些 LTC2983 与二极管之间的寄生电阻很小的应用中使用。寄生电阻效应可通过把 B25 位设定为高电平来消除，因而启用三个转换周期 (一个在 **1I**，一个在 **4I**，还有一个在 **8I**)。

表 20：设置二极管理想因子

	(4) 二极管理想因子值																					
	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
示例 η	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	
1.003 (默认)	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

B24 位负责实现二极管温度读数的滑动平均。当二极管用作温度变化缓慢的等温块上的一个冷结点温度元件时，这可降低噪声。

用于二极管平均的算法是一种简单的递归滑动平均。新值等于当前读数与前值之和的平均值。

新值 = (当前读数 / 2) + (前值 / 2)

如果当前读数高于或低于前值达 2°C，则新值复位至当前读数。

(3) 激励电流

通道分配字中的下一个字段 (B23 至 B22) 负责控制施加至二极管的激励电流大小 (见表 19)。在两转换周期模式中，器件在一个等于激励电流 **1I** 之 8 倍的电流下执行第一个转换。第二个转换则在 **1I** 条件下执行。另一方面，在三转换周期模式中，第一个转换激励电流为 **8I**，第二个转换激励电流为 **4I**，而第三个则为 **1I**。

表 19：二极管激励电流选择

(3) 激励电流						
B23	B22	1I	4I	8I		
0	0	10μA	40μA	80μA		
0	1	20μA	80μA	160μA		
1	0	40μA	160μA	320μA		
1	1	80μA	320μA	640μA		

应用信息

(4) 二极管理想因子

通道分配字的最后字段 (B21 至 B0) 把二极管理想因子设定在 0 至 4 的范围之内, 分辨率为 $1/1048576$ (2^{-20})。最上面的两个位 (B21 至 B20) 是理想因子的整数部分, 而 B19 和 B0 则是理想因子的分数部分 (见表 20)。

二极管通道分配遵循图 5 中示出的一般惯例, 对于单端和差分工作模式, 二极管的正极均连接至 CH_D (其中的 D 为选定通道号), 负极则接地。对于差分二极管测量, 负载也连接至 CH_{D-1} 。

故障报告 — 二极管

每种传感器类型都具有独特的故障报告机理, 其在数据输出字的高位字节中指示。表 21 列出了在二极管测量中报告的故障。

D31 位指示二极管开路、短路、未插入、连线接反或 ADC 读数不良。这些全部都是硬故障并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。D30 位负责指示一个不良的 ADC 读数。这可能是传感器断裂 (开路) 或过大噪声事件 (进入传感器通路的 ESD [即静电放电]) 的结果。这是一种硬误差并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。在

发生过大噪声事件的场合中, 如果该噪声事件是随机的偶发事件, 则器件应恢复且随后的转换有效。D29 和 D28 位不用于二极管。D27 和 D26 位指示过温和欠温限值 (定义为 $T > 130^{\circ}\text{C}$ 或 $T < -60^{\circ}\text{C}$)。虽然报告温度计算值, 但准确度有可能下降。D25 位指示由 ADC 测量的绝对电压超出了其正常工作范围。如果二极管被用作冷结点元件, 则任何硬误差或软误差都将在对应的热电偶结果中进行标记 (表 15 中的 D28 和 D29 位)。

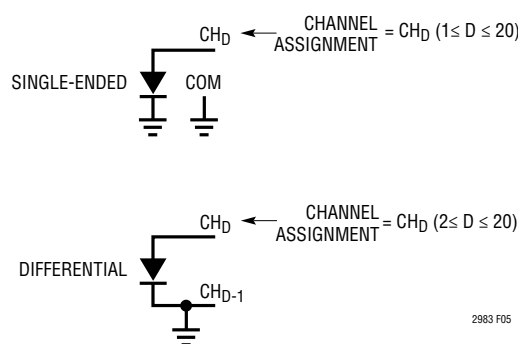


图 5：二极管通道分配惯例

表 21：二极管故障报告

位	故障	误差类型	描述	输出结果
D31	传感器硬故障	硬误差	开路、短路、反接或硬 ADC 误差	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D30	硬 ADC 超范围	硬误差	不良的 ADC 读数 (可能是大的外部噪声事件)	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D29	不用于二极管	不适用	始终为 0	
D28	不用于二极管	不适用	始终为 0	
D27	传感器过范围	软误差	$T > 130^{\circ}\text{C}$	可疑的读数
D26	传感器欠范围	软误差	$T < -60^{\circ}\text{C}$	可疑的读数
D25	ADC 超范围	软误差	ADC 绝对输入电压超过了 $\pm 1.125 \cdot V_{\text{REF}}/2$	可疑的读数
D24	有效	不适用	结果有效 (应为 1) 若为 0 则舍弃结果	有效的读数

应用信息

实例：采用共享二极管冷结点补偿的单端 K 类和差分 T 类热电偶

图 6 示出了一款典型的温度测量系统，其中两个热电偶共用单个冷结点二极管。在该例中，一个 K 类热电偶连接至 CH1，而一个 T 类热电偶连接至 CH3 和 CH4。它们共用单个具有理想因子 $\eta = 1.003$ 并连接至 CH2 的冷结点二极

管。用于热电偶和二极管的通道分配数据示于表 22 至 24。热电偶 #1 (K 类) 传感器类型和配置数据被分配至 CH1。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x200 至 0x203 中 (见表 22)。冷结点二极管传感器类型和配置数据被分配至 CH2。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x204 至 0x207 中 (见表 23)。热电偶 #2 (T 类) 传感器类

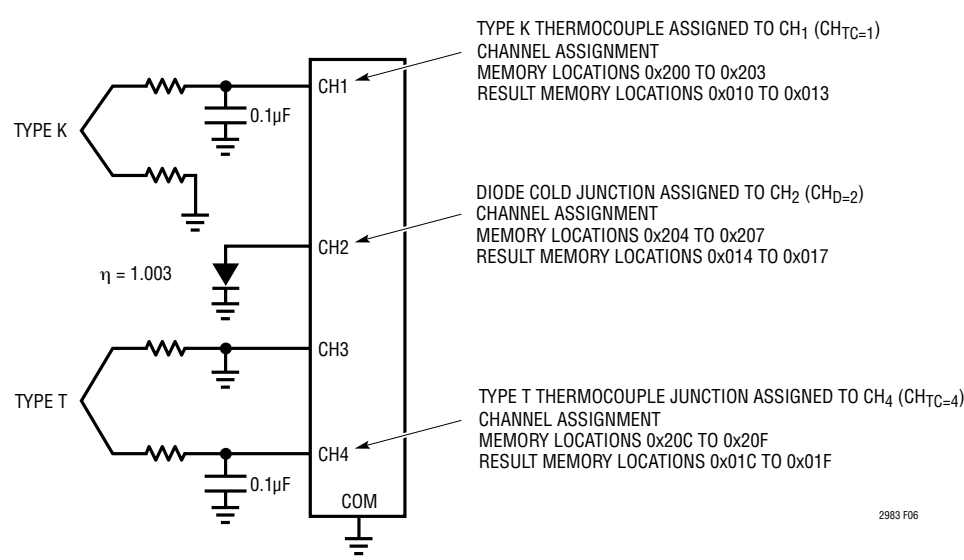


图 6：具有二极管冷结点的双热电偶实例

应用信息

型和配置数据被分配至 CH4。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x20C 至 0x20F 中 (见表 24)。通过把 10000001 写入存储单元 0x000 在 CH1 上启动一个转换操作。对 K 类热电偶和二极管同时进行测量。LTC2983 计算冷结点补偿并确定 K 类热电偶的温度。一旦转换完成，

INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01000001。同样，把 10000100 写入存储单元 0x000 可在 CH4 上启动一个转换操作。结果 (单位：°C) 可从存储单元 0x010 至 0x013 (对于 CH1) 和 0x01C 至 0x01F (对于 CH4) 读取。

表 22：热电偶 #1 通道分配 (K 类，冷结点 CH₂，单端，10μA 开路检测)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x200	存储地址 0x201	存储地址 0x202	存储地址 0x203
(1) 热电偶类型	K 类	5	00010	0 0 0 1 0			
(2) 冷结点通道指针	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) 传感器配置	单端， 10μA 开路	4	1100		1 1 0 0		
未用	把这些位设定为 0	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) 定制热电偶数据指针	非定制	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 23：二极管通道分配 (单端三读数，平均导通，20μA/80μA 激励电流，理想因子 = 1.003)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x204	存储地址 0x205	存储地址 0x206	存储地址 0x207
(1) 传感器类型	二极管	5	11100	1 1 1 0 0			
(2) 传感器配置	单端， 三读数 平均导通	3	111		1 1 1		
(3) 激励电流	20μA，80μA 160μA	2	01		0 1		
(4) 理想因子	1.003	22	0100000000110001001001			0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1	

表 24：热电偶 #2 通道分配 (T 类，冷结点 CH₂，差分，100μA 开路检测)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x20C	存储地址 0x20D	存储地址 0x20E	存储地址 0x20F
(1) 热电偶类型	T 类	5	00111	0 0 1 1 1			
(2) 冷结点通道指针	CH ₂	5	00010		0 0 0 1 0		
(3) 传感器配置	差分， 100μA 开路 电流	4	0101		0 1 0 1		
未用	把这些位设定为 0	6	000000			0 0 0 0 0 0	
(4) 定制热电偶数据指针	非定制	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

应用信息

RTD 测量

表 25 : RTD 通道分配字

	(1) 传感器类型					(2) 检测电阻器通道指针					(3) 传感器配置				(4) 激励电流				(5) RTD 标准		(6) 定制 RTD 数据指针											
	表 26					表 27					表 28				表 29				表 30		表 72 至 74											
测量类别	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	类型 = 10 至 18					R _{SENSE} 通道分配 [4:0]					两、三、四线		激励模式		激励电流 [3:0]				标准 [1:0]		定制地址 [5:0]					定制长度 [5:0]						

通道分配 - RTD

对于每个连接至 LTC2983 的 RTD，把一个 32 位通道分配字写入一个对应于传感器所连接之通道的存储单元 (见表 25)。这个字包括了 (1) RTD 类型、(2) 检测电阻器通道指针、(3) 传感器配置、(4) 激励电流、(5) RTD 标准、和 (6) 定制 RTD 数据指针。

(1) RTD 类型

RTD 类型由首 5 个输入位 (B31 至 B27) 决定，如表 26 所示。用于 RTD 类型 PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000 和 NI-120 的线性化系数以及可选的常用标准 ($\alpha = 0.003850$ 、 $\alpha = 0.003911$ 、 $\alpha = 0.003916$ 和 $\alpha = 0.003926$) 被内置于器件之中。如果采用定制 RTD，则可选择 RTD Custom。在该场合中，用户专属数据可存储于片内 RAM，起始点位于由定制 RTD 数据指针定义的地址。

表 26 : RTD 类型

(1) RTD 类型					
B31	B30	B29	B28	B27	RTD TYPE
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

(2) 检测电阻器通道指针

RTD 测量以比例的方式 (相对于一个已知的 R_{SENSE} 电阻器) 进行。检测电阻器通道指针字段负责指示检测电阻器针对 RTD 所连接的差分通道 (见表 27)。检测电阻器始终以差分方式进行测量。

表 27 : 检测电阻器通道指针

(2) 检测电阻器通道指针					
B26	B25	B24	B23	B22	检测电阻器通道
0	0	0	0	0	无效
0	0	0	0	1	无效
0	0	0	1	0	CH2-CH1
0	0	0	1	1	CH3-CH2
0	0	1	0	0	CH4-CH3
0	0	1	0	1	CH5-CH4
0	0	1	1	0	CH6-CH5
0	0	1	1	1	CH7-CH6
0	1	0	0	0	CH8-CH7
0	1	0	0	1	CH9-CH8
0	1	0	1	0	CH10-CH9
0	1	0	1	1	CH11-CH10
0	1	1	0	0	CH12-CH11
0	1	1	0	1	CH13-CH12
0	1	1	1	0	CH14-CH13
0	1	1	1	1	CH15-CH14
1	0	0	0	0	CH16-CH15
1	0	0	0	1	CH17-CH16
1	0	0	1	0	CH18-CH17
1	0	0	1	1	CH19-CH18
1	0	1	0	0	CH20-CH19
所有其他组合					无效

应用信息

(3) 传感器配置

传感器配置字段用于定义各种不同的 RTD 属性。配置位 B20 和 B21 负责确定 RTD 的类型是两线式、三线式还是四线式 (见表 28)。

最简单的配置是两线式配置。虽然这种设置很简单，但是由于引线中的 IR 压降所引起的寄生误差会导致系统温度误差。三线式配置通过给 RTD 施加两个匹配的电流源 (一根引线一个电流源) 消除了 RTD 引线电阻误差 (如果线路是等电阻的)。两个电流源中的失配通过透明的背景校准来消除。四线式 RTD 通过采用高阻抗开尔文 (Kelvin) 检测直接

在传感器的两端进行测量去除了不平衡的 RTD 引线电阻。采用开尔文 R_{SENSE} 的四线式测量适用于那些检测电阻器配线寄生效应有可能导致误差的应用；这对于低电阻 PT-10 类 RTD 特别有用。在该场合中，RTD 和检测电阻器均具有开尔文检测连接线。

下一组传感器配置位 (B18 和 B19) 决定了激励电流模式。这些位用于实现 R_{SENSE} 共享，即一个检测电阻器用于多个两线、三线和 / 或四线式 RTD。在此场合中，RTD 接地连接在内部，而且每个 RTD 指向相同的 R_{SENSE} 通道。

表 28 : RTD 传感器配置选择

(3) 检测配置				测量模式					优势			
导线数目		激励模式		导线数目	接地连接	电流源 轮换	检测电阻器 共享	每个器件 可用的 RTD 数量	消除了 RTD 失配引线 电阻	优势 失配引线 电阻	消除了 寄生热电偶 效应	消除了 R_{SENSE} 引线电阻
B21	B20	B19	B18									
0	0	0	0	两线式	外部	否	否	5				
0	0	0	1	两线式	内部	否	是	9				
0	1	0	0	三线式	外部	否	否	5	•			
0	1	0	1	三线式	内部	否	是	9	•			
0	1	1	X	保留								
1	0	0	0	四线式	外部	否	否	4	•	•		
1	0	0	1	四线式	内部	否	是	6	•	•		
1	0	1	0	四线式	内部	是	是	6	•	•	•	
1	0	1	1	保留								
1	1	0	0	四线式， 开尔文 R_{SENSE}	外部	否	否	3	•	•		•
1	1	0	1	四线式， 开尔文 R_{SENSE}	内部	否	是	5	•	•		•
1	1	1	0	四线式， 开尔文 R_{SENSE}	内部	是	是	5	•	•	•	•
1	1	1	1	保留								

应用信息

B18 和 B19 位也用于实现激励电流轮换以自动消除寄生热电偶效应。寄生热电偶效应可能源于 RTD 和测量仪器之间的物理连接。该模式可用于所有采用内部电流源激励的四线式配置。

(4) 激励电流

通道分配字中的下一个字段 (B17 至 B14) 负责控制施加至 RTD 的电流大小 (见表 29)。所选的电流是流过 RTD 的总电流，这与配线配置无关。R_{SENSE} 电流是用于三线式 RTD 之传感器激励电流的 2 倍。

为了避免软故障或硬故障，应选择一个适合的电流以使传感器或检测电阻器两端最大电压降为 1.0V (标称值)。例如，倘若 R_{SENSE} 为 10kΩ 且 RTD 为 PT-100，则选择一个 100μA (对于两线式和四线式 RTD) 和 50μA (对于三线式 RTD) 的激励电流。或者，也可以使用一个 1kΩ 检测电阻器和一个 PT-100 RTD，以为任意配线配置提供 500μA 的激励电流。

表 29：用于所有 RTD 导线类型的总激励电流

(4) 激励电流				
B17	B16	B15	B14	电流
0	0	0	0	外部
0	0	0	1	5μA
0	0	1	0	10μA
0	0	1	1	25μA
0	1	0	0	50μA
0	1	0	1	100μA
0	1	1	0	250μA
0	1	1	1	500μA
1	0	0	0	1mA

(5) RTD 标准

B13 和 B12 位负责设定所用的 RTD 标准以及对应的 Callendar-Van Dusen 常数 (示于表 30)。

(6) 定制 RTD 数据指针

在采用未列于表 30 的 RTD 时，可以把一个定制 RTD 表输入 LTC2983。

更多信息请见靠近本产品手册结尾处的“定制 RTD”部分。

表 30：RTD 标准：RT = R0 • (1 + a • T + b • T² + (T - 100°C) • c • T³)，对于 T < 0°C；RT = R0 • (1 + a • T + b • T²)，对于 T > 0°C

(5) 标准						
B13	B12	标准	ALPHA	a	b	c
0	0	欧洲标准	0.00385	3.908300E-03	-5.775000E-07	-4.183000E-12
0	1	美国	0.003911	3.969200E-03	-5.849500E-07	-4.232500E-12
1	0	日本	0.003916	3.973900E-03	-5.870000E-07	-4.400000E-12
1	1	ITS-90	0.003926	3.984800E-03	-5.870000E-07	-4.000000E-12
X	X	RTD1000-375	0.00375	3.810200E-03	-6.018880E-07	-6.000000E-12
X	X	*NI-120	不适用	不适用	不适用	不适用

*NI-120 采用基于表格的数据。

应用信息

故障报告 - RTD

每种传感器类型都具有独特的故障报告机理，其在数据输出字的最高有效字节中指示。表 31 列出了在 RTD 测量中报告的故障。

D31 位指示 RTD 或 R_{SENSE} 开路、短路或未插入。这是一种硬故障并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。D30 位指示一个不良的 ADC 读数。这可能是传感器断裂 (开路) 或过大噪声事件 (进入传感器通路的 ESD [即静电放电]) 造成的结果。这

是一种硬误差并报告 -999°C 或 $^{\circ}\text{F}$ 。在发生过大噪声事件的场合中，如果该噪声事件是随机的偶发事件，则器件应恢复且随后的转换将是有效的。D29 和 D28 位不用于 RTD。D27 和 D26 位指示过温和欠温限值 (见表 32)。虽然报告温度计算值，但准确度有可能下降。D25 位指示由 ADC 测量的绝对电压超出了其正常工作范围。如果 RTD 被用作冷结点元件，则任何硬误差或软误差还将在热电偶结果中进行标记。

表 31：RTD 故障报告

位	故障	误差类型	描述	输出结果
D31	传感器硬故障	硬误差	RTD 或 R_{SENSE} 开路或短路	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D30	硬 ADC 超范围	硬误差	不良的 ADC 读数 (可能是大的外部噪声事件)	-999°C 或 $^{\circ}\text{F}$
D29	不用于 RTD	不适用	始终为 0	有效的读数
D28	不用于 RTD	不适用	始终为 0	可疑的读数
D27	传感器过范围	软误差	$T >$ 高温限值 (见表 32)	可疑的读数
D26	传感器欠范围	软误差	$T <$ 低温限值 (见表 32)	可疑的读数
D25	ADC 超范围	软误差	ADC 绝对输入电压超过了 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	可疑的读数
D24	有效	不适用	结果有效 (应为 1) 若为 0 则舍弃结果	有效的读数

表 32：电压和电阻范围

RTD 类型	最小值 (Ω)	最大值 (Ω)	低温限值 ($^{\circ}\text{C}$)	高温限值 ($^{\circ}\text{C}$)
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
定制表格	最低的表项	最高的表项	最低的表项	最高的表项

应用信息

检测电阻器

表 33：检测电阻器通道分配字

	(1) 传感器类型					(2) 检测电阻器阻值 (Ω)																										
	图 36					图 40																										
测量类别	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
检测电阻器	类型 = 29					检测电阻器阻值 (17, 10) 高达 ≈ 131,072Ω，具有 1/1024Ω 的分辨率																										

通道分配

对于每个连接至 LTC2983 的检测电阻器，把一个 32 位通道分配字写入一个对应于传感器所连接之通道的存储单元 (见表 33)。这个字包括了 (1) 检测电阻器选择、(2) 检测电阻器阻值。

(1) 传感器类型

检测电阻器通过把首 5 个输入位 (B31 至 B27) 设定为 11101 来选择 (见表 34)。

表 34：检测电阻器选择

(1) 传感器类型					传感器类型
B31	B30	B29	B28	B27	
1	1	1	0	1	检测电阻器

(2) 检测电阻器阻值

通道分配字中的最后一个字段 (B26 至 B0) 负责在 0 至 131,072Ω 的范围内设定检测电阻器，精度为 1/1024Ω (见表 35)。顶端的 17 个位 (B26 至 B10) 产生检测电阻器阻值的整数部分，而 B9 至 B0 位则产生检测电阻器阻值的分数部分。

实例：两线式 RTD

最简单的 RTD 配置为两线式配置，两线式 RTD 遵循图 7 所示的一般惯例。对它们来说，每个 RTD 仅需两根连接

表 35：检测电阻器阻值实例

	(2) 检测电阻器阻值 (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	
示例 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	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	

线，而且可以直接连接至两引线 RTD 元件。这种拓扑的缺点是存在源于寄生引线电阻的误差。如果不需要共享检测电阻器 (每个 RTD 采用一个 R_{SENSE})，则 CH_{RTD} 应接地。如果启用了检测电阻器共享 (一个 R_{SENSE} 用于多个 RTD)，则应取消接地。

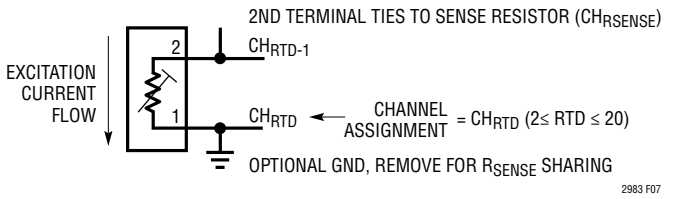


图 7：两线式 RTD 通道分配惯例

检测电阻器通道分配遵循图 8 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 CH_{RSENSE-1} 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至 RTD 的第二个端子。通道分配数据 (见表 33) 直接配置至一个对应于 CH_{RSENSE} 的存储单元。

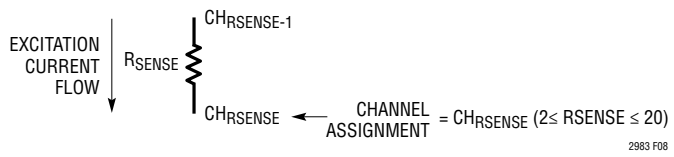


图 8：针对两线式 RTD 的检测电阻器通道分配惯例

应用信息

实例：采用共享 R_{SENSE} 的两线式 RTD

图 9 示出了一款采用多个两线式 RTD 的典型温度测量系统。在该例中，一个 PT-1000 RTD 连接至 CH17 和 CH18，而一个 NI-120 RTD 连接至 CH19 和 CH20。采用这种配置，LTC2983 能够利用单个检测电阻器对多达 9 个两线式 RTD 进行数字化处理。

RTD #1 传感器类型和配置数据被分配至 CH₁₈。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x244 至 0x247 中 (见表 36)。RTD #2 传感器类型和配置数据被分配至 CH₂₀。32 位

二进制配置数据直接配置到存储单元 0x24C 至 0x24F 中 (见表 37)。检测电阻器被分配至 CH₁₆。该电阻器的用户可编程阻值为 5001.5Ω 。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x23C 至 0x23F 中 (见表 38)。

通过把 10010010 写入存储单元 0x000 在 CH₁₈ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01010010。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x054 至 0x057 (对应于 CH₁₈) 读取。可以采用相似的方式从 CH₂₀ 启动一个转换并读取结果。

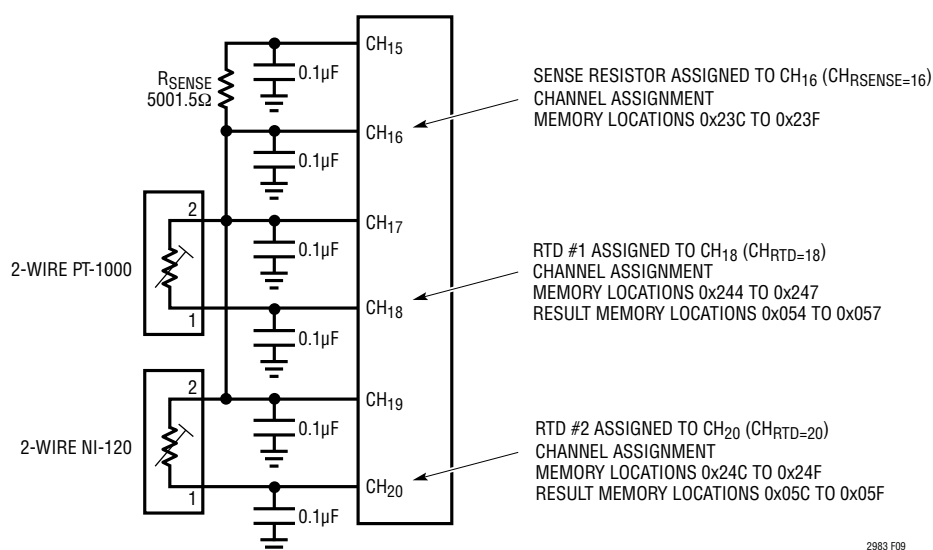


图 9：共享的两线式 RTD 示例

表 36：用于两线式 RTD #1 的通道分配数据 (PT-1000, R_{SENSE} 在 CH₁₆ 上，两线式，共享 R_{SENSE} ，10 μ A 激励电流， $\alpha = 0.003916$ 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x244	存储地址 0x245	存储地址 0x246	存储地址 0x247
(1) RTD 类型	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₁₆	5	10000		1 0 0 0 0		
(3) 传感器配置	两线式， 共享 R_{SENSE}	4	0001			0 0 0 1	
(4) 激励电流	10 μ A	3	0010			0 0 1 0	
(5) 标准	日本， $\alpha = 0.003916$	2	10			0 0	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	1	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

应用信息

表 37：用于两线式 RTD #2 的通道分配数据 (NI-120，R_{SENSE} 在 CH₁₆ 上，两线式，共享 R_{SENSE}，100μA 激励电流)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x24C	存储地址 0x24D	存储地址 0x24E	存储地址 0x24F
(1) RTD 类型	NI-120	5	10001	10001			
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₁₆	5	10000	10000			
(3) 传感器配置	两线式，采用 共享 R _{SENSE}	4	0001		0001		
(4) 激励电流	100μA	4	0101		0101		
(5) 标准	欧洲， α = 0.00385	2	00			00	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000			000000000000	

表 38：用于检测电阻器 (阻值 = 5001.5Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x23C	存储地址 0x23D	存储地址 0x23E	存储地址 0x23F
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	11101			
(2) 检测电阻器 阻值	5001.5Ω	27	000010011100010011000000000	00001001100111000100110000000			

实例：三线式 RTD

三线式 RTD 通道分配遵循图 10 所示的一般惯例。端子 1 和 2 连接至输入 / 激励电流源，而端子 3 连接至检测电阻器。通道分配数据配置至对应于 CH_{RTD} 的存储单元。

检测电阻器通道分配遵循图 11 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 CH_{RSENSE-1} 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至 RTD 的第三个端子，而 CH_{RSENSE-1} 连接至地 (或者浮置，对于 R_{SENSE} 共享的场合)。通道分配数据 (见表 33) 配置至对应于 CH_{RSENSE} 的存储单元。

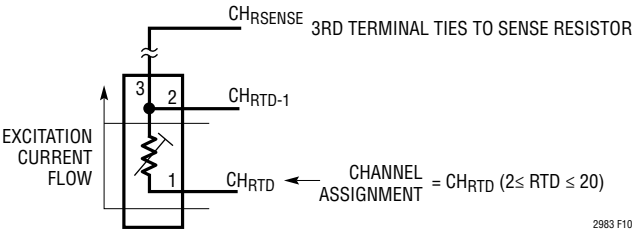


图 10：三线式 RTD 通道分配惯例

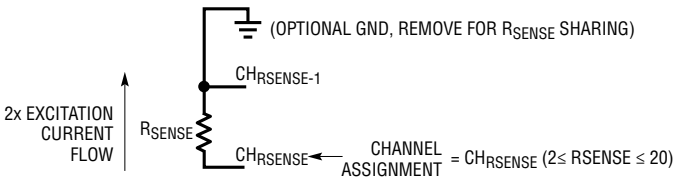


图 11：针对三线式 RTD 的三线式检测电阻器通道分配惯例

应用信息

图 12 示出了一款采用一个三线式 RTD 的典型温度测量系统。在该例中，一个三线式 RTD 的端子连接至 CH₉、CH₈ 和 CH₇。检测电阻器连接至 CH₇ 和 CH₆。检测电阻器和 RTD 一起连接在 CH₇。

三线式 RTD 通过给每个 RTD 输入施加激励电流减少了与寄生引线电阻相关的误差。这种一次相消可去除匹配的引线

电阻误差。该相消技术并不去除由于热电偶效应或不匹配引线电阻所引起的误差。RTD 传感器类型和配置数据被分配至 CH₉。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x220 至 0x223 中 (见表 39)。检测电阻器被分配至 CH₇。该电阻器的用户可编程阻值为 12150.39Ω。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x218 至 0x21B 中 (见表 40)。

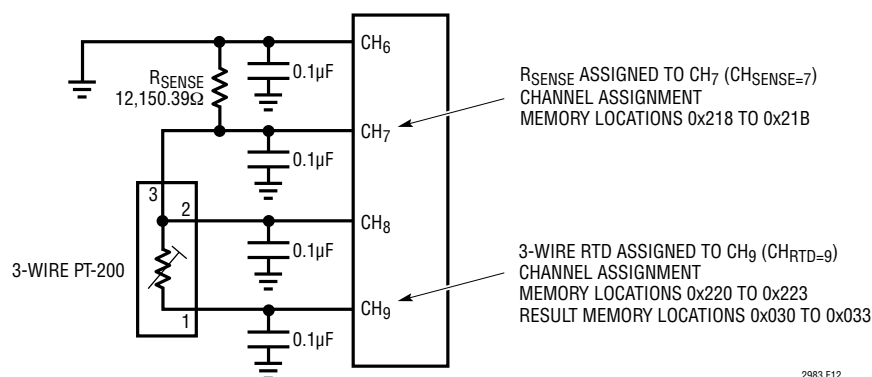


图 12：三线式 RTD 实例

表 39：用于三线式 RTD 的通道分配数据 (PT-200, R_{SENSE} 在 CH₇ 上, 三线式, 50μA 激励电流, $\alpha = 0.003911$ 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x220	存储地址 0x221	存储地址 0x222	存储地址 0x223
(1) RTD 类型	PT-200	5	01101	0 1 1 0 1			
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₇	5	00111		0 0 1 1 1		
(3) 传感器配置	三线式	4	0100		0 1 0 0		
(4) 激励电流	50μA	4	0100			0 1 0 0	
(5) 标准	美国, $\alpha = 0.003911$	2	01			0 1	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	2	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 40：用于检测电阻器 (阻值 = 12150.39Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x218				存储地址 0x219				存储地址 0x21A				存储地址 0x21B																	
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1																									
(2) 检测电阻器阻值	12150.39Ω	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	1	0

应用信息

通过把 10001001 写入存储单元 0x000 在 CH₉ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01001001。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x030 至 0x033 (对应于 CH₉) 读取。

实例：标准四线式 RTD (无轮换或 R_{SENSE} 共享)

标准四线式 RTD 通道分配遵循图 13 所示的一般惯例。端子 1 连接至地，端子 2 和 3 (开尔文检测信号) 连接至 CH_{RTD} 和 CH_{RTD-1}，而第四个端子则连接至检测电阻器。通道分配数据 (见表 25) 配置至对应于 CH_{RTD} 的存储单元。

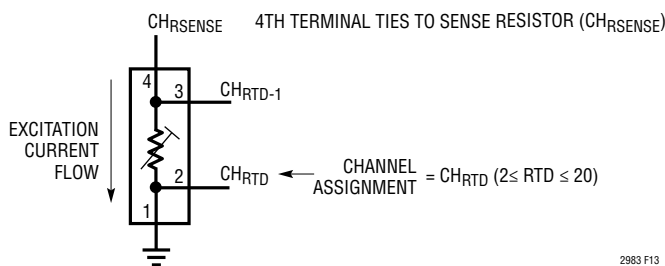


图 13：四线式 RTD 通道分配惯例

检测电阻器通道分配遵循图 14 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 CH_{RSENSE-1} 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至 RTD 的第四个端子。通道分配数据 (见表 33) 配置至一个对应于 CH_{RSENSE} 的存储单元。

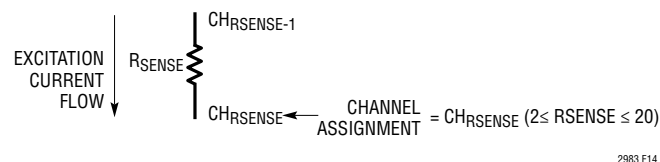


图 14：针对四线式 RTD 的检测电阻器通道分配惯例

应用信息

图 15 示出了一款采用一个四线式 RTD 的典型温度测量系统。在该例中，一个四线式 RTD 的端子连接至 GND、CH₁₃、CH₁₂ 和 CH₁₁。检测电阻器连接至 CH₁₁ 和 CH₁₀。检测电阻器和 RTD 共用 CH₁₁ 上一个共同接头。RTD 传感器类型和配置数据被分配至 CH₁₃。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x230 至 0x233 中 (见表 41)。检测电阻器被分配至 CH₁₁。该电阻器的用户可编程阻值为

5000.2Ω。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x228 至 0x22B 中 (见表 42)。

通过把 10001101 写入位于存储单元 0x000 的数据字节以在 CH₁₃ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01001101。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x040 至 0x043 (对应于 CH₁₃) 读取。

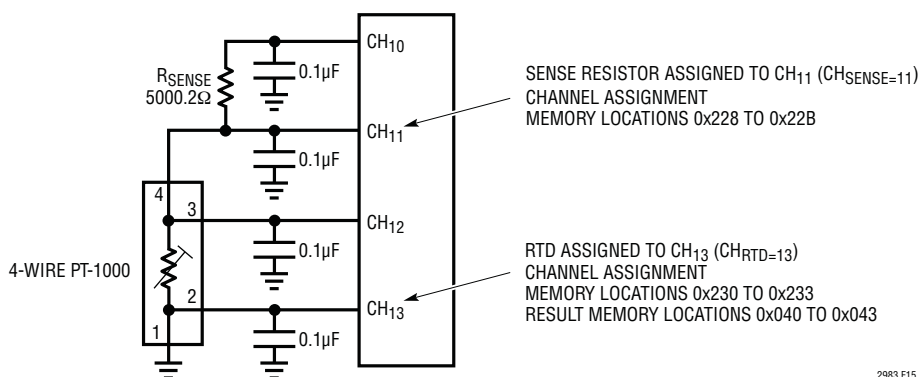


图 15：标准四线式 RTD 实例

表 41：用于三线式 RTD 的通道分配数据 (PT-1000，R_{SENSE} 在 CH₁₁ 上，标准四线式，25μA 激励电流，α = 0.00385 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x230	存储地址 0x231	存储地址 0x232	存储地址 0x233
(1) RTD 类型	PT-1000	5	01111	0 1 1 1 1			
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₁₁	5	01011		0 1 0 1 1		
(3) 传感器配置	四线式， 无轮换， 无共享	4	1000		1 0 0 0		
(4) 激励电流	25μA	4	0011		0 0 1 1		
(5) 标准	欧洲， α = 0.00385	2	00			0 0	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000			0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

表 42：用于检测电阻器 (阻值 = 5000.2Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x228				存储地址 0x229				存储地址 0x22A				存储地址 0x22B																			
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1																											
(2) 检测电阻器阻值	5000.2Ω	27	000010011100010000011001100						0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0

应用信息

实例：具有轮换功能的四线式 RTD

相比于标准的四线式实施方案，改善 RTD 准确度的一种方法是轮换激励电流源。通过自动轮换可以自动地消除寄生热电偶效应。为了实现自动轮换，应把 RTD 的第一个端子连接至 CH_{RTD+1} 而不是 GND，如在标准场合中一样。这使得 LTC2983 能够自动改变电流源的方向，而无需增设其他的外部组件。

采用轮换通道分配的四线式 RTD 遵循图 16 中示出的一般惯例。端子 1 连接至 CH_{RTD+1} ，端子 2 和 3 (开尔文检测信号) 连接至 CH_{RTD} 和 CH_{RTD-1} ，而第 4 个端子则连接至检

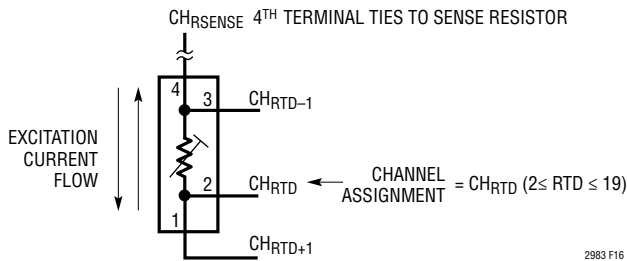


图 16：四线式 RTD 通道分配惯例

测电阻器。通道分配数据 (见表 25) 配置至对应于 CH_{RTD} 的存储单元。

检测电阻器通道分配遵循图 17 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 $CH_{RSENSE-1}$ 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至 RTD 的第四个端子。通道分配数据配置至一个对应于 CH_{RSENSE} 的存储单元。

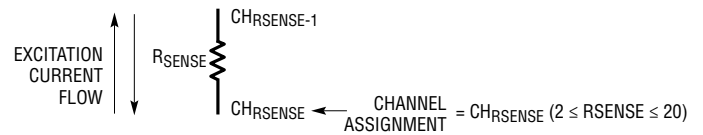


图 17：针对具有轮换功能之四线式 RTD 的检测电阻器通道分配惯例

应用信息

图 18 示出了一款采用一个轮换型四线式 RTD 的典型温度测量系统。在该例中，一个四线式 RTD 的端子连接至 CH₁₇、CH₁₆、CH₁₅ 和 CH₆。检测电阻器连接至 CH₆ 和 CH₅。检测电阻器和 RTD 一起连接在 CH₆ 上。RTD 传感器类型和配置数据被分配至 CH₁₆。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x23C 至 0x23F 中 (见表 43)。检测电阻器被分配至 CH₆。该电阻器的用户可编程阻值为

10.0102k Ω 。32 位二进制配置数据直接配置到存储单元 0x214 至 0x217 中 (见表 44)。

通过把 10010000 写入存储单元 0x000 在 CH₁₆ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01010000。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x04C 至 0x04F (对应于 CH₁₆) 读取。

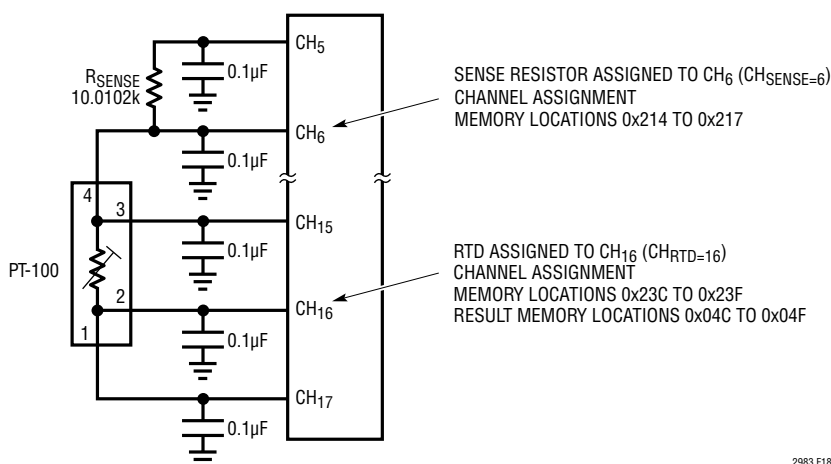


图 18：轮换型四线式 RTD 实例

表 43：用于轮换型四线式 RTD 的通道分配数据 (PT-100, R_{SENSE} 在 CH₆ 上, 轮换型四线式, 100 μ A 激励电流, $\alpha = 0.003911$ 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x23C	存储地址 0x23D	存储地址 0x23E	存储地址 0x23F
(1) RTD 类型	PT-100	5	01100	0 1 1 0 0			
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₆	5	00110		0 0 1 1 0		
(3) 传感器配置	四线式， 具轮换功能	4	1010			1 0 1 0	
(4) 激励电流	100 μ A	4	0101			0 1 0 1	
(5) 标准	美国， $\alpha = 0.003911$	2	01			0 1	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 44：用于检测电阻器 (阻值 = 10.0102k Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x214					存储地址 0x215					存储地址 0x216					存储地址 0x217																
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1																											
(2) 检测电阻器阻值	10.0102kΩ	27	000100111000110100011001100						0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0

应用信息

实例：采用共享 R_{SENSE} 的多个四线式 RTD

图 19 示出了一款采用两个具有共享 R_{SENSE} 之四线式 RTD 的典型温度测量系统。LTC2983 能够支持多达 6 个采用单个检测电阻器的四线式 RTD。在该例中，第一个四线式 RTD 的端子连接至 CH₁₇、CH₁₆、CH₁₅ 和 CH₆，第二个四线式 RTD 的端子则连接至 CH₂₀、CH₁₉、CH₁₈ 和 CH₆。检测电阻器连接至 CH₅ 和 CH₆。检测电阻器和两个 RTD 一起连接在 CH₆ 上。该通道分配惯例与轮换型 RTD 的相同。

这种拓扑支持轮换和非轮换的 RTD 激励。用于每个传感器的通道分配数据列于表 45 和 47。

通过把 10010000 写入存储单元 0x000 在 CH₁₆ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01010000。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x04C 至 0x04F (对应于 CH₁₆) 读取。可以采用相似的方式从 CH₁₉ 启动一个转换并读取结果。

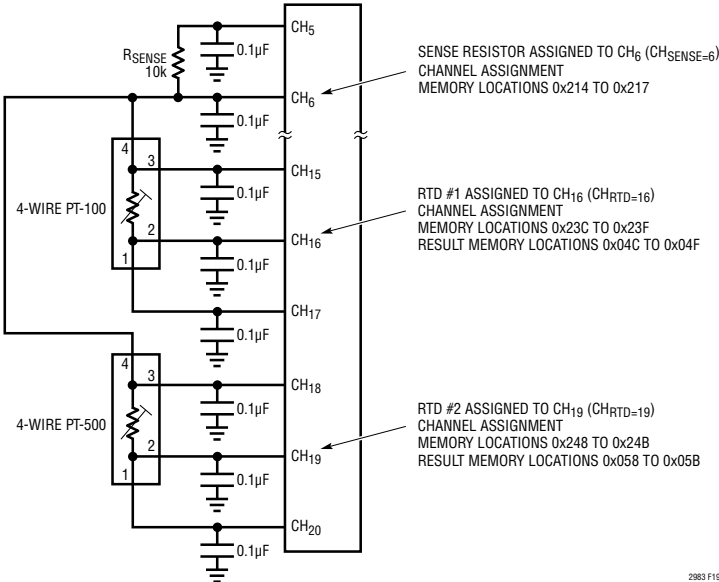


图 19：共享 R_{SENSE} 的四线式 RTD 实例

表 45：用于四线式 RTD #1 的通道分配数据 (PT-100，R_{SENSE} 在 CH₆ 上，四线式，共享 R_{SENSE}，轮换的 100µA 激励电流，α = 0.003926 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x23C				存储地址 0x23D				存储地址 0x23E				存储地址 0x23F			
(1) RTD 类型	PT-100	5	01100	0	1	1	0	0											
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₆	5	00110					0	0	1	1	0							
(3) 传感器配置	四线式， 轮换	4	1010							1	0	1	0						
(4) 激励电流	100µA	4	0101							0	1	0	1						
(5) 标准	ITS-90， α = 0.003926	2	11											1	1				
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000													0	0	0	0

应用信息

表 46：用于四线式 RTD #2 的通道分配数据 (PT-500，R_{SENSE} 在 CH₆ 上，四线式，轮换的 50μA 激励电流，α = 0.003911 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x248				存储地址 0x249				存储地址 0x24A				存储地址 0x24B			
(1) RTD 类型	PT-500	5	01110	0	1	1	1	0											
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₆	5	00110					0	0	1	1	0							
(3) 传感器配置	四线式 共享， 无轮换功能	4	1001							1	0	0	1						
(4) 激励电流	50μA	4	0100							0	1	0	0						
(5) 标准	美国， α = 0.003911	2	01									0	1						
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000											0	0	0	0	0	0

表 47：用于检测电阻器 (阻值 = 10.000kΩ) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x214				存储地址 0x215				存储地址 0x216				存储地址 0x217			
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1											
(2) 检测电阻器 阻值	10.000kΩ	27	0001001110001000000000000000					0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0

实例：采用开尔文 R_{SENSE} 的四线式 RTD

通过利用一个四线式 (开尔文连接) 检测电阻器来配置四线式 RTD 可以消除检测电阻器中的寄生引线电阻。当采用一个 PT-10 或 PT-50 和一个小阻值 R_{SENSE}、或者检测电阻器布设在远端时，抑或是在要求极高精度的应用中，这一点是有益的。

四线式 RTD 通道分配遵循先前针对标准四线式 RTD 定义的一般惯例 (图 14 和 16)。检测电阻器通道分配则遵循图 20 中示出的惯例。

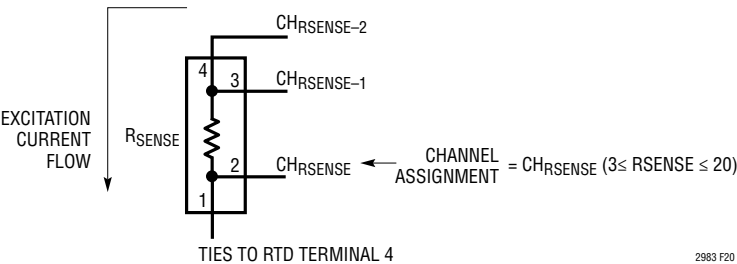


图 20：采用开尔文连接之检测电阻器的通道分配惯例

应用信息

图 21 示出了一款采用一个四线式 RTD 和一个开尔文连接 R_{SENSE} 的典型温度测量系统。在该例中，四线式 RTD 的端子连接至 CH_{17} 、 CH_{16} 、 CH_{15} 和 CH_6 。检测电阻器连接至 CH_6 、 CH_5 和 CH_4 ，而激励电流施加至 CH_4 和 CH_{17} 。检测电阻器的标称值为 $1k\Omega$ 以适应 $1mA$ 的激励电流。检测电阻器和 RTD 一起连接在 CH_6 上。该拓扑支持轮换、共享和标准型四线式 RTD 拓扑。如果未采用轮换或共享型配

置，则 RTD 的端子 1 连接至地（而不是 CH_{17} ），从而腾出一个输入通道。通道分配数据示于表 48 和 49。

通过把 10010000 写入存储单元 0x000 在 CH_{16} 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01010000（见表 6）。最终的温度（单位： $^{\circ}C$ ）可从存储单元 0x04C 至 0x04F（对应于 CH_{16} ）读取。

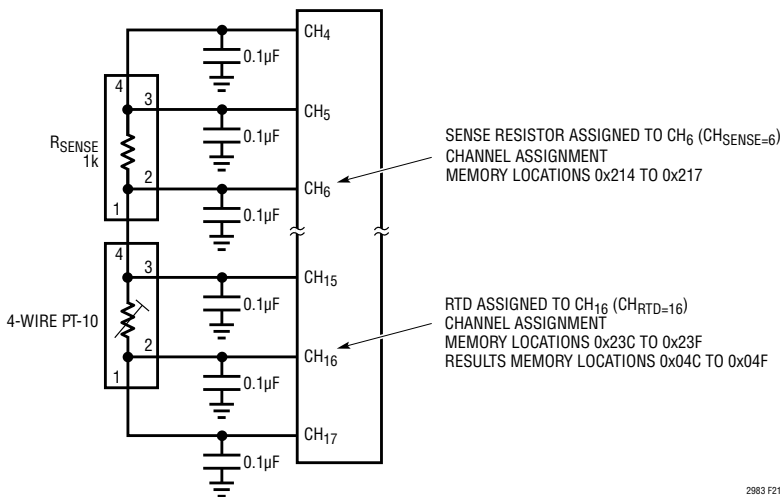


图 21：采用开尔文连接的检测电阻器实例

表 48：用于四线式 RTD 和开尔文连接 R_{SENSE} 的通道分配数据 (PT-10， R_{SENSE} 在 CH_6 上，四线式，开尔文 R_{SENSE} 和轮换的 $1mA$ 激励电流， $\alpha = 0.003916$ 标准)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x23C	存储地址 0x23D	存储地址 0x23E	存储地址 0x23F
(1) RTD 类型	PT-10	5	01010	01010			
(2) 检测电阻器通道 指针	CH_6	5	00110	00110			
(3) 传感器配置	四线式开尔文 R_{SENSE} 和轮换	4	1110		1110		
(4) 激励电流	1mA	4	1000			1000	
(5) 标准	日本， $\alpha = 0.003916$	2	10			10	
(6) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000				000000000000

表 49：用于检测电阻器 (阻值 = 1000Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x214	存储地址 0x215	存储地址 0x216	存储地址 0x217
(1) 传感器类型		5	11101	11101			
(2) 检测电阻器 阻值	1000Ω	27	0000000111110100000000000000	0000000000011110100000000000			

应用信息

热敏电阻测量

通道分配 - 热敏电阻

对于每个连接至 LTC2983 的热敏电阻，把一个 32 位通道分配字写入一个对应于传感器所连接之通道的存储单元 (见表 50)。这个字包括了 (1) 热敏电阻类型、(2) 检测电阻器通道指针、(3) 传感器配置、(4) 激励电流、(5) Steinhart-Hart 地址指针或定制表格地址指针。

(1) 热敏电阻类型

热敏电阻类型由首 5 个输入位 (B31 至 B27) 决定，如表 51 所示。基于 Steinhart-Hart 方程并适合常用热敏电阻类型 44004/44033、44005/44030、44006/44031、44007/44034、44008/44032 和 YSI-400 的线性化系数内置于器件。如果采用其他的定制热敏电阻，则可以选择热敏电阻定制 Steinhart-Hart 或热敏电阻定制表格 (温度与电阻的关系)。在该场合中，用户专属数据可以存储在片内 RAM 中，并以热敏电阻定制 Steinhart-Hart 或热敏电阻定制表格地址指针中所定义的地址为起始点。

表 50：热敏电阻通道分配字

	(1) 热敏电阻类型					(2) 检测电阻器通道指针					(3) 传感器配置			(4) 激励电流				(5) 定制热敏电阻数据指针															
	表 51					表 27					表 52			表 53				表 76、77、78、80、81															
测量类别	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	
热敏电阻	类型 = 19 至 27					R _{SENSE} 通道指针 [4:0]					SGL=1 DIFF=0		激励模式		激励电流 [3:0]			未用 0 0 0			定制地址 [5:0]					定制地址 [5:0]							

表 51：热敏电阻类型： $1/T = A + B \cdot \ln(R) + C \cdot \ln(R)^2 + D \cdot \ln(R)^3 + E \cdot \ln(R)^4 + F \cdot \ln(R)^5$

B31	B30	B29	B28	B27	热敏电阻类型	A	B	C	D	E	F
1	0	0	1	1	热敏电阻 44004/44033 2.252kΩ (在 25°C)	1.46800E-03	2.38300E-04	0	1.00700E-07	0	0
1	0	1	0	0	热敏电阻 44005/44030 3kΩ (在 25°C)	1.40300E-03	2.37300E-04	0	9.82700E-08	0	0
1	0	1	0	1	热敏电阻 44007/44034 5kΩ (在 25°C)	1.28500E-03	2.36200E-04	0	9.28500E-08	0	0
1	0	1	1	0	热敏电阻 44006/44031 10kΩ (在 25°C)	1.03200E-03	2.38700E-04	0	1.58000E-07	0	0
1	0	1	1	1	热敏电阻 44008/44032 30kΩ (在 25°C)	9.37600E-04	2.20800E-04	0	1.27600E-07	0	0
1	1	0	0	0	热敏电阻 YSI-400 2.252kΩ (在 25°C)	1.47134E-03	2.37624E-04	0	1.05034E-07	0	0
1	1	0	0	1	Spectrum 1003k 1kΩ (在 25°C)	1.445904E-3	2.68399E-04	0	1.64066E-07	0	0
1	1	0	1	0	热敏电阻定制 Steinhart-Hart	用户输入	用户输入	用户输入	用户输入	用户输入	用户输入
1	1	0	1	1	热敏电阻定制表	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用

应用信息

(2) 检测电阻器通道指针

热敏电阻测量以比例的方式 (相对于一个已知的 R_{SENSE} 电阻器) 进行。检测电阻器通道指针字段负责指示检测电阻器针对当前热敏电阻所连接的差分通道 (见表 27)。

(3) 传感器配置

传感器配置字段用于定义各种不同的热敏电阻属性。对于单端 (测量相对于 COM)，配置位 B21 被设定为高电平，而对于差分则设定为低电平 (见表 52)。

下一组传感器配置位 (B19 和 B20) 决定了激励电流模式。这些位用于使能 R_{SENSE} 共享，此时一个检测电阻器用于多个热敏电阻。在该场合中，热敏电阻接地连接在内部，而且每个热敏电阻指向相同 R_{SENSE} 通道。

B19 和 B20 位也用于实现激励电流轮换以自动消除寄生热电偶效应。寄生热电偶效应可能源于热敏电阻和测量仪器之间的物理连接。该模式可用于采用内部电流源激励的差分热敏电阻配置。

表 52：传感器配置数据

(3) 传感器配置					
SGL	激励模式		单端 / 差分	共享 R_{SENSE}	轮换
B21	B20	B19			
0	0	0	差分	否	否
0	0	1	差分	是	是
0	1	0	差分	是	否
0	1	1		保留	
1	0	0	单端	否	否
1	0	1		保留	
1	1	0		保留	
1	1	1		保留	

(4) 激励电流

通道分配字中的下一个字段 (B18 至 B15) 负责控制施加至热敏电阻的电流大小 (见表 53)。为了避免软故障或硬故障，应选择一个适合的电流以使传感器或检测电阻器两端最大电压降为 1.0V (标称值)。LTC2983 对于检测电阻器和传感器两端电压降之间的比例没有特殊的要求。因此，可以采用一个阻值比最大传感器值小几个数量级的检测电阻器。为了在整个热敏电阻温度范围内实现最佳的性能，可以选择自动切换范围的电流。在该场合中，LTC2983 转换在三个周期中执行 (而不是标准的两周期) (见表 64)。第一个周期确定适合传感器电阻值和 R_{SENSE} 阻值的最佳激励电流。随后的两个周期采用该电流来测量热敏电阻温度。

表 53：用于热敏电阻的激励电流

(4) 激励电流				
B18	B17	B16	B15	电流
0	0	0	0	保留
0	0	0	1	250nA
0	0	1	0	500nA
0	0	1	1	1μA
0	1	0	0	5μA
0	1	0	1	10μA
0	1	1	0	25μA
0	1	1	1	50μA
1	0	0	0	100μA
1	0	0	1	250μA
1	0	1	0	500μA
1	0	1	1	1mA
1	1	0	0	自动范围切换
1	1	0	1	无效
1	1	1	0	无效
1	1	1	1	外部

(5) Steinhart-Hart 地址 / 定制表地址

请见靠近本产品手册结尾处的“定制热敏电阻”部分以了解更多信息。

应用信息

故障报告 — 热敏电阻

每种传感器类型都具有独特的故障报告机理，其在数据输出字的高位字节中指示。表 54 列出了在热敏电阻测量中报告的故障。

D31 位指示热敏电阻或 R_{SENSE} 开路、短路或未插入。这是一种硬故障并报告 -999°C 。D30 位指示一个不良的 ADC 读数。这可能是传感器断裂 (开路) 或过大噪声事件 (进入传感器通路的 ESD [即静电放电]) 造成的结果。这是一种硬误

差并输出 -999°C 。在发生过大噪声事件的场合中，如果该噪声事件是随机的偶发事件，则器件应恢复且随后的转换将是有效的。D29 和 D28 位不用于热敏电阻。D27 和 D26 位指示读数为过温和欠温限值 (见表 55)。虽然报告温度计算值，但准确度有可能下降。D25 位指示由 ADC 测量的绝对电压超出了其正常工作范围。如果热敏电阻被用作冷结点元件，则任何硬误差或软误差都将在热电偶结果中进行标记。

表 54：热敏电阻故障报告

位	故障	误差类型	输出结果	误差类型
D31	传感器硬故障	硬误差	热敏电阻或 R_{SENSE} 开路或短路	-999°C
D30	硬 ADC 超范围	硬误差	不良的 ADC 读数 (可能是大的外部噪声事件)	-999°C
D29	不用于热敏电阻	不适用	始终为 0	有效的读数
D28	不用于热敏电阻	不适用	始终为 0	有效的读数
D27	传感器过范围	软误差	$T >$ 高温限值	可疑的读数
D26	传感器欠范围	软误差	$T <$ 低温限值	可疑的读数
D25	ADC 超范围	软误差	ADC 绝对输入电压超过了 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$	可疑的读数
D24	有效	不适用	结果有效 (应为 1) 若为 0 则舍弃结果	有效的读数

应用信息

表 55：热敏电阻温度 / 电阻范围

热敏电阻类型	最小值 (Ω)	最大值 (Ω)	低温限值 ($^{\circ}\text{C}$)	高温限值 ($^{\circ}\text{C}$)
热敏电阻 44004/44033 (在 25°C 时为 $2.252\text{k}\Omega$)	41.9	75.79k	-40	150
热敏电阻 44005/44030 (在 25°C 时为 $3\text{k}\Omega$)	55.6	101.0k	-40	150
热敏电阻 44007/44034 (在 25°C 时为 $5\text{k}\Omega$)	92.7	168.3k	-40	150
热敏电阻 44006/44031 (在 25°C 时为 $10\text{k}\Omega$)	237.0	239.8k	-40	150
热敏电阻 44008/44032 (在 25°C 时为 $30\text{k}\Omega$)	550.2	884.6k	-40	150
热敏电阻 YSI 400 (在 25°C 时为 $2.252\text{k}\Omega$)	6.4	1.66M	-80	250
Spectrum 1003K (在 25°C 时为 $1\text{k}\Omega$)	51.1	39.51k	-50	125
热敏电阻定制 Steinhart-Hart	不适用	不适用	不适用	不适用
热敏电阻定制表	第二个表项	最后一个表项		

实例：单端热敏电阻

最简单的热敏电阻配置为单端配置。采用该配置的热敏电阻共享介于所有传感器之间的一个共同地 (COM)，并且各连接至一个唯一的检测电阻器 (对于单端热敏电阻不允许共享 R_{SENSE})。单端热敏电阻遵循图 22 中示出的惯例。端子 1 连接至地 (COM)，端子 2 连接至 CH_{THERM} 和检测电阻器。通道分配数据 (见表 50) 配置至对应于 CH_{THERM} 的存储单元。

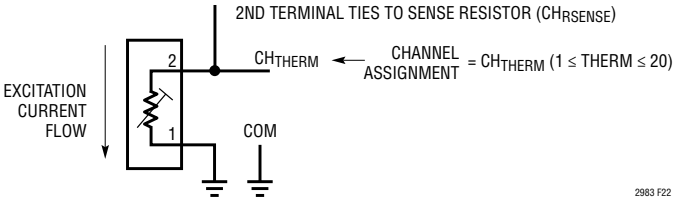


图 22：单端热敏电阻通道分配惯例

检测电阻器通道分配遵循图 23 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 $\text{CH}_{\text{RSENSE}}$ 和 $\text{CH}_{\text{RSENSE}-1}$ 之间，其中 $\text{CH}_{\text{RSENSE}}$ 连接至热敏电阻的第二个端子。通道分配数据 (见表 33) 配置至对应于 $\text{CH}_{\text{RSENSE}}$ 的存储单元。

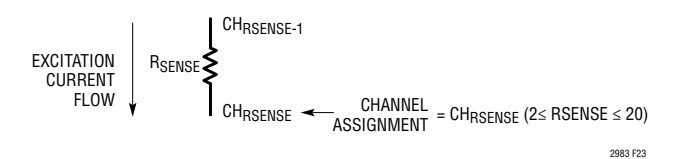


图 23：检测电阻器通道分配惯例

应用信息

图 24 示出了一款采用一个单端热敏电阻的典型温度测量系统。在该例中，把一个 10k Ω (44031 型) 热敏电阻连接至一个 10.1k Ω 检测电阻器。热敏电阻被分配至通道 CH5 (存储单元 0x210 至 0x213)，而检测电阻器分配至 CH4 (存储单元 0x20C 至 0x20F)。通道分配数据示于表 56 和 57。

通过把 10000101 写入存储单元 0x000 在 CH₅ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01000101。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x020 至 0x023 (对应于 CH₅) 读取。

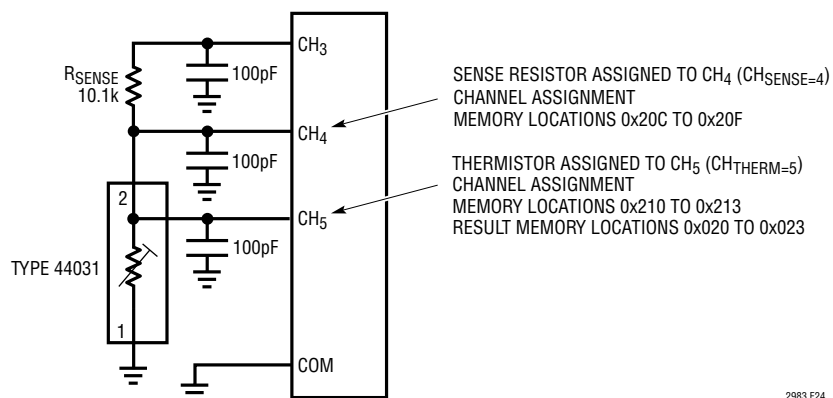


图 24：单端热敏电阻实例

表 56：用于单端热敏电阻的通道分配数据 (44006/44031，在 25°C 时为 10k Ω 的热敏电阻，单端配置，R_{SENSE} 在 CH₄ 上，1 μ A 激励电流)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x210	存储地址 0x211	存储地址 0x212	存储地址 0x213
(1) 热敏电阻类型	44006/44031 在 25°C 时为 10k Ω	5	10110	1 0 1 1 0			
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₄	5	00100		0 0 1 0 0		
(3) 传感器配置	单端	3	100		1 0 0		
(4) 激励电流	1 μ A	4	0011		0 0 1 1		
未使用	把这些位设定为 0	3	000			0 0 0	
(5) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

表 57：用于检测电阻器 (阻值 = 10.1k Ω) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x20C				存储地址 0x20D				存储地址 0x20E				存储地址 0x20F																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
(2) 检测电阻器阻值	10.1kΩ	27	0001001110111010000000000000						0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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

应用信息

实例：差分热敏电阻

差分热敏电阻配置可为每个传感器提供单独的接地检测。在该标准差分配置中，每个热敏电阻采用一个检测电阻器。差分热敏电阻遵循图 25 中示出的惯例。端子 1 连接至 CH_{THERM} 并短路至地，而端子 2 则连接至 $CH_{THERM-1}$ 和检测电阻器。通道分配数据 (见表 50) 配置至对应于 CH_{THERM} 的存储单元。

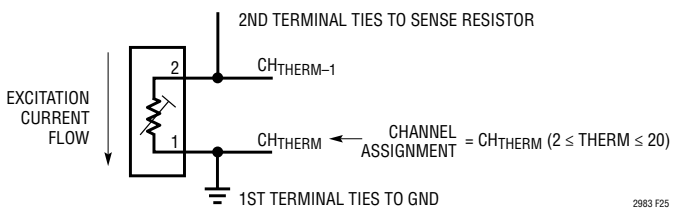


图 25：差分热敏电阻通道分配惯例

检测电阻器通道分配遵循图 26 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 $CH_{RSENSE-1}$ 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至热敏电阻的第二个端子。通道分配数据 (见表 33) 配置至一个对应于 CH_{RSENSE} 的存储单元中。

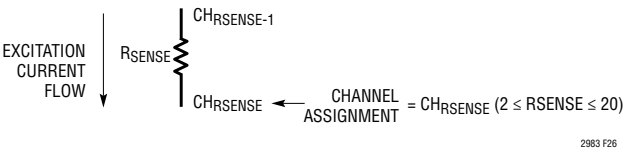


图 26：检测电阻器通道分配惯例

应用信息

图 27 示出了一款采用一个差分热敏电阻的典型温度测量系统。在该例中，把一个 30kΩ (44032 型) 热敏电阻连接至一个 9.99kΩ 检测电阻器。热敏电阻被分配至通道 CH13 (存储单元 0x230 至 0x233)，而检测电阻器则分配至 CH11 (存储单元 0x228 至 0x22B)。通道分配数据示于表 58 和 59。

通过把 10001101 写入存储单元 0x000 在 CH₁₃ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01001101。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x040 至 0x043 (对应于 CH₁₃) 读取。

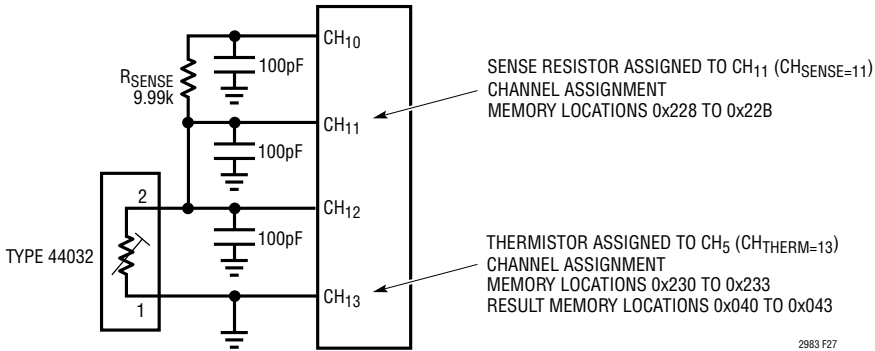


图 27：差分热敏电阻实例

表 58：用于差分热敏电阻的通道分配数据 (44008/44032，在 25°C 时为 30kΩ 的热敏电阻，差分配置。R_{SENSE} 在 CH₁₁ 上，自动范围切换激励)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x230				存储地址 0x231				存储地址 0x232				存储地址 0x233			
(1) 热敏电阻类型	44008/44032 在 25°C 时为 30kΩ	5	10111	1	0	1	1	1											
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₁₁	5	01011						0	1	0	1	1						
(3) 传感器配置	差分， 无共享， 无轮换	3	000									0	0	0					
(4) 激励电流	自动范围切换	4	1100									1	1	0	0				
未使用	把这些位 设定为 0	2	000												0	0	0		
(5) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000													0	0	0	0

表 59：用于检测电阻器 (阻值 = 9.99kΩ) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x228				存储地址 0x229				存储地址 0x22A				存储地址 0x22B			
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1											
(2) 检测电阻器阻值	9.99kΩ	27	0001001110000011000000000000						0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0

应用信息

实例：共享 / 轮换式差分热敏电阻

差分热敏电阻配置可为每个传感器提供单独的接地检测。在该配置中，一个检测电阻器可用于多个热敏电阻。差分热敏电阻遵循图 28 中示出的惯例。端子 1 连接至 CH_{THERM} ，而端子 2 则连接至 $CH_{THERM-1}$ 和检测电阻器。通道分配数据 (见表 50) 配置至对应于 CH_{THERM} 的存储单元。

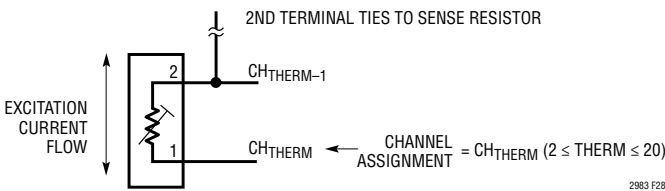


图 28：采用共享 R_{SENSE} 的热敏电阻通道分配惯例

检测电阻器通道分配遵循图 29 所示的一般惯例。检测电阻器连接在 CH_{RSENSE} 和 $CH_{RSENSE-1}$ 之间，其中 CH_{RSENSE} 连接至热敏电阻的第二个端子。通道分配数据 (见表 33) 配置至一个对应于 CH_{THERM} 的存储单元中。

图 30 示出了一款采用一个共享检测电阻器和一个轮换 / 一个非轮换差分热敏电阻的典型温度测量系统。在该例中，一

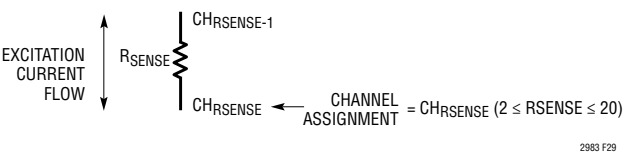


图 29：针对热敏电阻的检测电阻器通道分配惯例

应用信息

一个 30k Ω (44032 型) 热敏电阻连接至一个 10.00k Ω 检测电阻器并被配置为轮换 / 共享型。第二个 2.25k Ω (44004 型) 的热敏电阻被配置为非轮换 / 共享型。通道分配数据示于表 60 和 62。

通过把 10010010 写入存储单元 0x000 在 CH₁₈ 上启动一个转换操作。一旦转换完成，INTERRUPT 引脚电平走高且存储单元 0x000 变成 01010010。最终的温度 (单位：°C) 可从存储单元 0x054 至 0x057 (对应于 CH₁₆) 读取。可以采用相似的方式从 CH₂₀ 启动一个转换并读取结果。

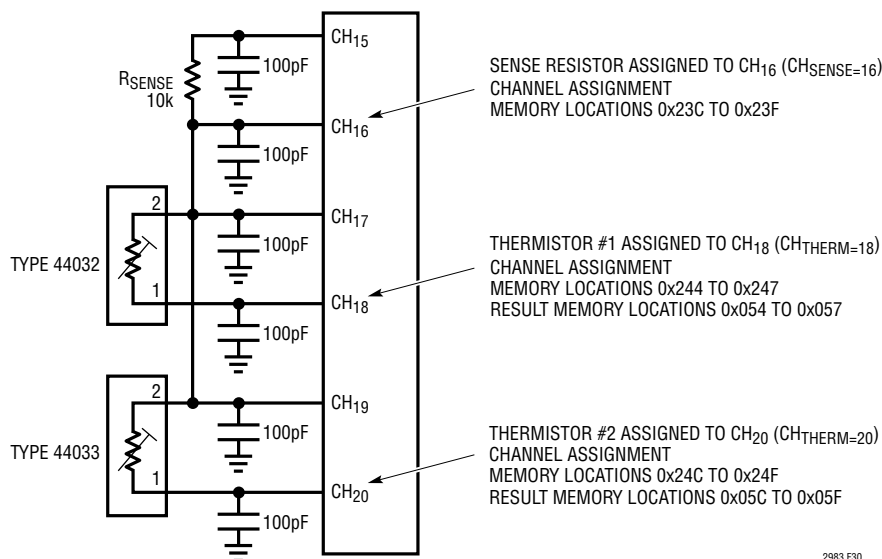


图 30：轮换和共享型热敏电阻实例

表 60：用于差分热敏电阻的通道分配数据 (44008/44032，在 25°C 时为 30k Ω 的热敏电阻，差分配置，具有共享和轮换功能，R_{SENSE} 在 CH₁₆ 上，250nA 激励电流)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x244	存储地址 0x245	存储地址 0x246	存储地址 0x247
(1) 热敏电阻类型	44008/44032 在 25°C 时为 30k Ω	5	10111	1 0 1 1 1			
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₁₆	5	10000		1 0 0 0 0		
(3) 传感器配置	差分， 轮换和 共享	3	001		0 0 1		
(4) 激励电流	250nA 激励电流	4	0001		0 0 0 1		
未使用	把这些位 设定为 0	3	000			0 0 0	
(5) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000				0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

应用信息

表 61：用于差分热敏电阻的通道分配数据 (44004/44033，在 25°C 时为 2.252kΩ 的热敏电阻，差分配置，具有共享，无转换功能，R_{SENSE} 在 CH₁₆ 上，10μA 激励电流)

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x24C					存储地址 0x24D					存储地址 0x24E					存储地址 0x24F				
(1) 热敏电阻 类型	44004/44033 在 25°C 时 为 2.252kΩ	5	10011	1	0	0	1	1															
(2) 检测电阻器 通道指针	CH ₁₆	5	10000						1	0	0	0	0										
(3) 传感器配置	差分， 无轮换 具共享	3	010									0	1	0									
(4) 激励电流	10μA 激励电流	4	0101										0	1	0	1							
未使用	把这些位 设定为 0	3	000													0	0	0					
(5) 定制 RTD 数据指针	非定制	12	000000000000														0	0	0	0	0	0	

表 62：用于检测电阻器 (阻值 = 10.0kΩ) 的通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 0x23C					存储地址 0x23D					存储地址 0x23E					存储地址 0x23F																
(1) 传感器类型	检测电阻器	5	11101	1	1	1	0	1																											
(2) 检测电阻器阻值	10.0kΩ	12	00010011100010000000000000						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

应用信息

典型应用热电偶测量

LTC2983 包括 20 个完全可配置的模拟输入通道。可通过配置使每个输入通道能接受任何类型的传感器。图 31 示出了一种对多个热电偶进行数字化处理的典型应用。每个热电偶需要一个冷结点传感器，而且每个冷结点传感器可在多个热电偶之间共享。例如：连接至 CH1 的热电偶可采用连接

至 CH2 的二极管作为一个冷结点传感器。然而，任何热电偶 (CH1、CH3、CH5、CH6、CH9、CH10 或 CH16) 都可采用任何二极管 (CH2、CH4 或 CH7)、RTD (CH13、CH14) 或热敏电阻 (CH19、CH20) 作为其冷结点补偿。LTC2983 同时测量热电偶和冷结点传感器，并以 °C 或 °F 为单位输出结果。

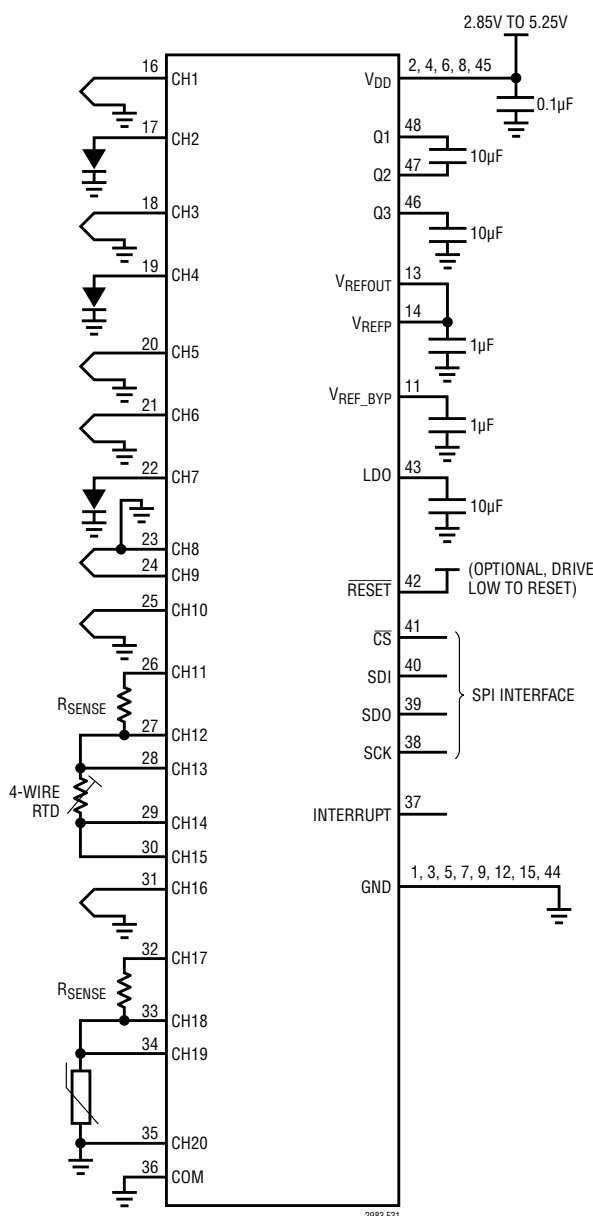


图 31：典型热电偶应用

应用信息

典型应用 RTD 和热敏电阻测量

LTC2983 包括 20 个完全可配置的模拟输入通道。可通过配置使每个输入通道能接受任何类型的传感器。图 32 示出了一种对多个 RTD 和热敏电阻进行数字化处理的典型应用。每个 RTD / 热敏电阻需要一个可在多个传感器之间共享的检测电阻器。RTD 可配置为两线、三线或四线式拓扑。例如：可在一个四线式 RTD (CH4、CH3)、一个两线

式 RTD (CH6、CH7)、两个三线式 RTD (CH9、CH8 和 CH11、CH10) 和一个热敏电阻 (CH13、CH12) 之间共享单个检测电阻器。这可与二极管传感器 (CH15) 及热电偶 (CH14) 相混合。检测电阻器 (CH17、CH16) 也可专门用于特定的传感器，在此场合中是一个四线式 RTD (CH19、CH18)。电流通过检测电阻器和 RTD / 热敏电阻进行施加，同时测量最终的电压并以 °C 或 °F 为单位输出结果。

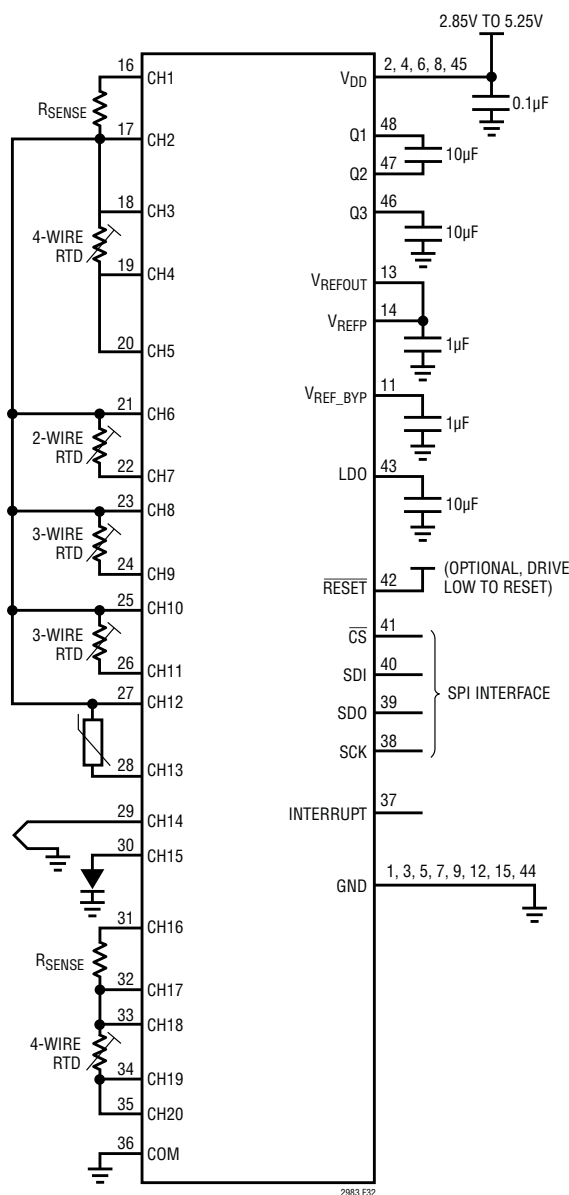
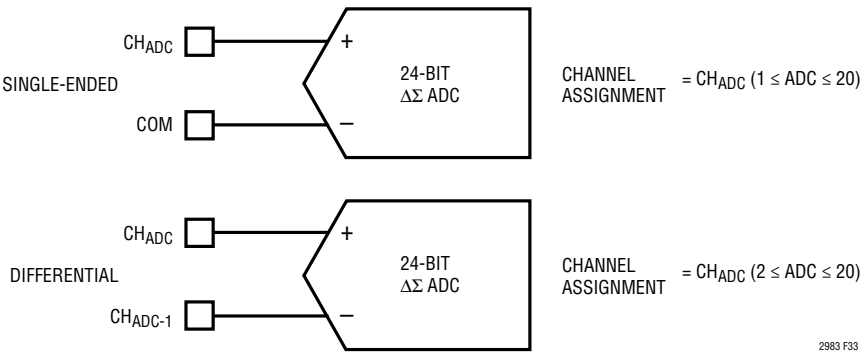


图 32：典型 RTD / 热敏电阻应用

补充信息



2983 F33

图 33：直接 ADC 通道分配惯例

直接 ADC 测量

除了测量温度传感器之外，LTC2983 还可执行直接电压测量。任何通道均可通过配置以执行直接单端或差分测量。直接 ADC 通道分配遵循图 33 中示出的一般惯例。32 位通道分配字被写入一个对应于输入通道的存储单元。通道分配字为 0xF000 0000 (对于差分读数) 和 0xF400 0000 (对于单

端读数)。对于单端和差分模式，正输入通道均连接至 CH_{ADC}。对于单端测量，ADC 负输入为 COM，而对于差分测量则其为 CH_{ADC-1}。对于单端测量，可以利用任何高于 GND – 50mV 和低于 V_{DD} – 0.3V 的电压来驱动 COM。

直接 ADC 结果可在存储器中提供，其位于一个与转换通道相对应的存储单元中。

表 63：直接 ADC 输出格式

	起始地址								起始地址 + 1								起始地址 + 2								起始地址 + 3 (结束地址)							
	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
	故障数据								符号 MSB								LSB															
伏特	Range Hard	Range Hard	N/A	N/A	Soft Above	Soft Below	Soft Range	Valid Always 1	± 2V 1V								0.5V 0.25V ...															
									整数								分数															
> V _{REF}	1	1	0	0	1	0	1		箝位至出厂设置的 V _{REF} 值																							
1.75 • V _{REF} /2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.125 • V _{REF} /2	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V _{REF} /2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V _{REF} /2 ²²	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
–V _{REF} /2 ²²	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
–V _{REF} /2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
–1.125 • V _{REF}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
–1.75 • V _{REF}	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
< –V _{REF}	1	1	0	0	0	1	1	1	箝位至 出厂设置的 –V _{REF} 值																							

2983f

补充信息

数据被表示为一个 32 位字 (见表 63)，其中 8 个最高有效位是故障位，而下部的 24 个位是 ADC 读数 (单位：伏特)。对于直接 ADC 读数，硬故障误差不会对数字输出进行箝位。超出 $\pm 1.125 \cdot V_{REF}/2$ 的读数将超过 LTC2983 的正常准确度范围并标记一个软误差；这些结果应舍弃。超出

$\pm 1.75 \cdot V_{REF}/2$ 的读数超过了 LTC2983 的可用范围；这些将导致一个硬故障，故应舍弃。

图 34 至 36 示出了对于一个差分输入电压 ($\pm V_{REF}/2$) 和 $V_{REF}/2$ 的共模输入电压，在不同电源电压和温度条件下的典型积分非线性变化。

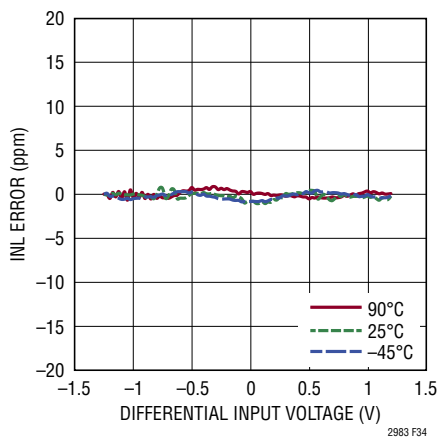


图 34：积分非线性与温度的函数关系
($V_{DD} = 5.25V$)

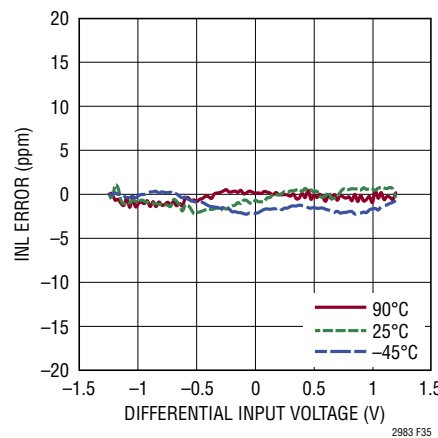


图 35：积分非线性与温度的函数关系
($V_{DD} = 3.3V$)

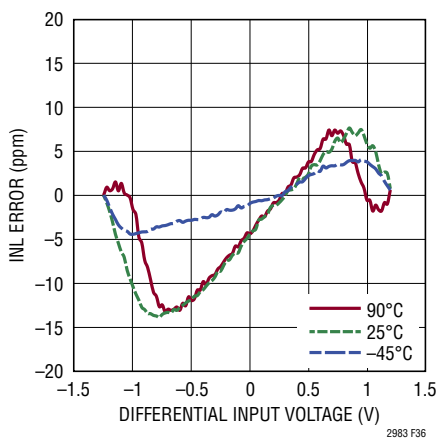


图 36：积分非线性与温度的函数关系
($V_{DD} = 2.85V$)

补充信息

故障保护和抗混迭

LTC2983 模拟输入通道最多吸收 1nA 的 DC 电流。因此，可以把抗混迭和故障保护电路直接增设至 LTC2983 的输入端。最常用的输入电路是一个低通滤波器，其具有 1k 至 10k 电阻 (受限于 RTD 和热敏电阻的激励电流) 和一个电容值为 100pF 至 0.1μF 的电容器。该电路可直接布设在热电偶和四线式 RTD 以及 LTC2983 之间。在采用三线式 RTD 的场合，保护电阻器之间的匹配误差会导致性能劣化。应利用一种开尔文型连接把那些需要输入保护的热敏电阻连接至 LTC2983，以避免因故障保护电阻器引发误差。

两周期和三周期转换模式

LTC2983 执行多个内部转换以确定传感器温度。一般来说，每个温度结果需要两个内部转换周期，提供的最大输出时间为 167.2ms。LTC2983 采用这两个周期来自动消除偏移 / 偏移漂移误差、降低 1/f 噪声、自动校准匹配的内部电流源、并提供同时 50Hz/60Hz 噪声抑制。

除了每个结果执行两个转换周期之外，LTC2983 还利用第三个转换周期提供了若干独有特性。在该场合中，最大输出时间为 251ms，而且两周期模式的所有好处无一缺失 (见表 64)。

利用三转换周期模式的一项特性是内部开路检测模式。通常，热电偶开路检测是通过在热电偶和 V_{CC} 之间增设一个高上拉电阻来实现的。该方法可在 LTC2983 运作于两转换周期模式 (OC = 0) 时使用。这种外部上拉会干扰输入保护电路并导致温度测量误差和噪声增大。此类问题通过选择内部开路检测模式 (OC = 1) 得以消除。在该场合中，使一个电流产生脉动 (持续 8ms) 并允许其在一个转换周期内实现稳定。这之后是热电偶的正常两转换周期测量。如果热电偶

断裂，则该电流脉冲将导致一个开路故障。

利用第三个转换周期的第二项特性是热敏电阻激励电流自动范围切换。由于热敏电阻之电阻值的变化可跨多个数量级，因此低电阻区中的性能由于高电阻工作区所需的小电流而受损。自动范围切换模式在第一个转换周期中施加一个测试电流，以确定针对热敏电阻之阻值状态的最佳电流。然后，其采用该电流以利用正常的两周期测量来实施热敏电阻测量。如果把一个三周期热敏电阻测量用作用于两周期热电偶测量的冷结点传感器，那么在三个周期之后即可提供热电偶转换结果。

需要借助第三个转换周期的第三项特性是三电流二极管测量。在该模式中，三个比例式电流被施加至外部二极管以消除寄生引线电阻效应。在那些二极管布设在远端并需要抵消很大的未知寄生引线电阻的应用中，这是很有用处的。如果一个三周期二极管或热敏电阻测量被用作用于两周期热电偶测量的冷结点传感器，那么在三个周期之后即可提供热电偶转换结果。

表 64：两周期和三周期转换模式

传感器的类型	配置	转换周期的数量	最大输出时间
热电偶	OC = 0	2	167.2ms
RTD	全部	2	167.2ms
二极管	非自动范围切换电流	2	167.2ms
热电偶	两个读数	2	167.2ms
热电偶	OC = 1	3	251ms
热敏电阻	OC = 0，3 周期冷结点	3	251ms
热敏电阻	自动范围切换电流	3	251ms
二极管	三个读数	3	251ms

补充信息

在多个通道上连续运行转换

通常，在“启动转换”状态期间，在一个由写入存储单元 0x000 的通道号 (B[4:0] 位 = 00001 至 10100) 决定的输入通道上启动转换测量。通过把 B[4:0] 位 = 00000 写入存储单元 0 可以启动多个连续的转换。转换将在每个于屏蔽寄存器中选择的通道上启动 (见表 65)。

例如，当采用表 66 中的掩模数据时，在把 1000000 写入存储单元 0 之后，转换操作将在 CH20、CH19、CH16 和 CH1 上连续启动。一旦转换开始，INTERRUPT 引脚电平将走低并保持低电平，直到所有的转换均完成为止。如果屏蔽寄存器针对一个没有分配数据的通道而设定，则跳过该转换步骤。所有的结果都存储在转换结果存储单元中，并可在测量周期结束时读取。

进入 / 退出睡眠模式

通过把 0x97 写入存储单元 0x000 可将 LTC2983 置于睡眠模式中。在存储器写操作之后的 $\overline{CS}$ 上升沿上 (见图 2)，器件进入低功率睡眠状态。其将保持该状态，直到 $\overline{CS}$ 被拉至低电平或 $\overline{RESET}$ 被置为有效为止。一旦这两个信号之一被置为有效，LTC2983 将开始其启动序列，如本产品手册的“状态 1：启动”部分中所述。

多路复用器 (MUX) 配置延迟

LTC2983 针对每个温度结果执行两个或三个内部转换周期。每个转换周期采用不同的激励和输入多路复用器配置来执行。在每个转换之前，这些激励电路和输入开关配置被改变，而且一个内部 2ms (典型值) 延迟可在多数场合中确保于转换周期之前实现稳定。

表 65：多转换屏蔽寄存器

存储单元	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x0F4		保留						
0x0F5					CH20	CH19	CH18	CH17
0x0F6	CH16	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9
0x0F7	CH8	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1

表 66：屏蔽寄存器选择 CH20、CH19、CH16 和 CH1 示例

存储单元	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x0F4		保留						
0x0F5					1	1	0	0
0x0F6	1	0	0	0	0	0	0	0
0x0F7	0	0	0	0	0	0	0	1

补充信息

如果在外部传感器电路中存在过大的 RC 时间常数 (用于热敏电阻或 RTD 的大旁路电容器)，则可增加电流源激励和 MUX 开关操作之间的稳定时间。附加的延迟由写入 MUX 配置延迟寄存器 (存储单元 0x0FF) 的数值决定。写入该存储单元的数值与 100μs 相乘；因此最大附加 MUX 延迟为 25.5ms (即：0xFF = 255 • 100μs)。

全局配置寄存器

LTC2983 包括一个全局配置寄存器 (存储单元 0x0F0，见图 37)。该寄存器用于设定数字滤波器的陷波频率和温度结果格式 (°C 或 °F)。默认设置为同时 50Hz/60Hz 抑制 (75dB 抑制和 2ms MUX 延迟)。如果需要较高的 60Hz 抑制 (120dB 抑制)，则把 0x01 写入存储单元 0x0F0；假如需要较高的 50Hz 抑制 (120dB 抑制)，则把 0x02 写入存储单元 0x0F0。

由 LTC2983 报告的默认温度单位为 °C。通过把存储单元 0x0F0 的位 3 设定为 1，也可以 °F 为单位来输出报告的温度。所有其他的全局配置位均应设定为 0。

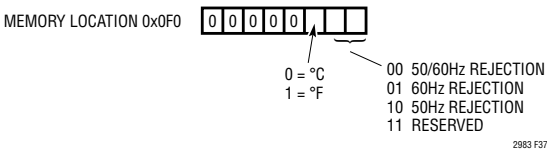


图 37：全局配置寄存器

基准考虑

把 LTC2983 焊接至 PC 板所产生的机械应力会导致输出电压基准发生移动和温度系数出现变化。这两种变化是不相关的。例如：电压可能变化而温度系数却有可能不变。为了抑制与应力相关的变化所产生的影响，应把基准安装在 PC 板的短边附近或者某个角落里。

定制热电偶

除了对标准热电偶进行数字化处理之外，LTC2983 还能对用户可编程的定制热电偶实施数字化 (热电偶类型 = 0b01001，见表 12)。定制传感器数据 (最少 3 对，最多 64 对) 按顺序驻留在存储器中并以块的形式进行编排，每个块包含 6 个字节的单调增列表数据，作为 mV 与温度的关系 (见表 67)。

表 67：定制热电偶列表数据格式

地址	字节 0 字节 1 字节 2	字节 3 字节 4 字节 5
0x250 + 6* 起始地址	表项 #1 (mV)	表项 #1 (开尔文温度)
0x250 + 6* 起始地址 + 6	表项 #2 (mV)	表项 #2 (开尔文温度)
0x250 + 6* 起始地址 + 12	表项 #3 (mV)	表项 #3 (开尔文温度)
.	.	.
.	.	.
.	.	.
最大地址 = 0x3CA	表项 #64 (mV)	表项 #64 (开尔文温度)

定制热电偶实例

在该例中，实现了一个简化的热电偶曲线 (见图 38)。P1 至 P9 点代表了定制热电偶的正常工作范围。高于 P9 点的电压读数导致一个软故障，而报告的温度是采用一个由 P8 和 P9 点 (最后的两个表条目) 决定之斜率的线性延伸推断。低

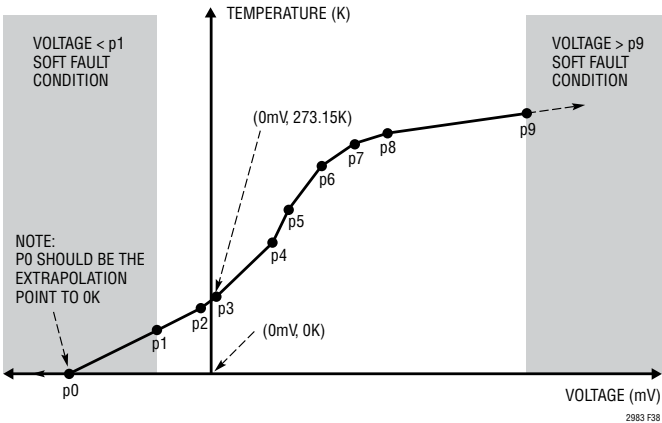


图 38：定制热电偶实例 (mV 与开尔文温度的关系)

定制热电偶

于 P1 点的电压读数也报告为软故障。报告的 温度是 P1 和 P0 点之间的延伸推断，其中的 P0 通常是 0 度 (开尔文温度) 下的传感器输出电压。如果 P0 高于 0 度 (开尔文温度)，则所有低于 P0 的传感器输出电压 (单位：mV) 均报告 0 度 (开尔文温度)。

如欲采用定制热电偶表来设置 LTC2983，则把 mV 数据和

开尔文温度数据均转换为 24 位二进制值 (表示为两个三字节表条目)。由于大多数热电偶都产生负输出电压，因此 LTC2983 的 mV 值输入为二进制补码。传感器输出电压 (单位：mV) 遵循表 69 中示出的惯例，其中第一个位为符号，接下去的 9 个位为整数部分，而剩余的 14 个位则为分数部分。

表 68：热电偶实例 mV 与开尔文温度 (K) 关系数据存储器配置

点	传感器输出电压 (mV)	开尔文温度	起始地址	停止地址	字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 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 数据			温度数据		
P5	55.3	522.1	0x26E	0x273	(见表 69)			(见表 70)		
P6	88.3	720.3	0x274	0x279						
P7	132.2	811.2	0x27A	0x27F						
P8	188.7	922.5	0x280	0x285						
P9	460.4	1000	0x286	0x28B						

表 69：热电偶输出电压值 (mV) 示例

	字节 0										字节 1								字节 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	符号	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		

定制热电偶

为了简化温度字段，温度值作为一个不带符号的数值以开尔文温度 K 为单位输入，但是 LTC2983 报告的最终温度是以 °C 或 °F 为单位的。传感器开尔文温度 (K) 遵循表 70 中示出的惯例，其中的首 14 个位为整数部分，剩余的 10 个位为分数部分。

在该例中，一个连接至 CH1 的定制热电偶 (在 CH2 上有一个冷结点传感器) 利用表 71 中示出的通道分配数据进行编

程 (相似的格式请参阅图 6)。在该场合中，定制数据开始于存储单元 0x250 (起始地址为 0)。起始地址 (从 0x250 偏移) 被输入通道分配数据的定制热电偶数据指针字段。列表数据长度 -1 (在该例中为 9) 被输入热电偶通道分配字的定制热电偶数据长度字段。请参阅表 68，这里 6 字节条目的数量为 10。

表 70：热电偶温度值示例

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

表 71：定制热电偶通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 200				存储地址 201				存储地址 202				存储地址 203			
(1) 热电偶类型	定制型	5	01001	0	1	0	0	1											
(2) 冷结点通道指针	CH ₂	5	00010					0	0	0	1	0							
(3) 传感器配置	10μA 开路	4	1100									1	1	0	0				
未用	把这些位设定为 0	6	000000												0	0	0	0	0
(4) 定制热电偶数据指针	起始地址 = 0	6	000000													0	0	0	0
定制热电偶数据长度 -1	数据长度 -1 = 9 (10 对条目)	6	001010															0	0

定制 RTD

除了对标准 RTD 进行数字化之外，LTC2983 还能对定制 RTD (RTD 类型 = 0b10010，见表 26) 实施数字化处理。定制传感器数据 (最少 3 对，最多 64 对) 按顺序驻留在存储器中并以块的形式进行编排，每个块包含 6 个字节的单调增列表数据，作为 Ω 与温度的关系 (见表 72)。

表 72：定制 RTD / 热敏电阻列表数据格式

地址	字节 0 字节 1 字节 2	字节 3 字节 4 字节 5
0x250 + 6* 起始地址	表项 #1 (Ω)	表项 #1 (开尔文温度)
0x250 + 6* 起始地址 + 6	表项 #2 (Ω)	表项 #2 (开尔文温度)
0x250 + 6* 起始地址 + 12	表项 #3 (Ω)	表项 #3 (开尔文温度)
•	•	•
•	•	•
•	•	•
最大地址 = 0x3CA	表项 #64 (Ω)	表项 #64 (开尔文温度)

定制热电偶实例

在该例中，实现了一个简化的 RTD 曲线 (见图 39)。P1 至 P9 点代表了定制 RTD 的正常工作范围。高于 P9 点的电阻读数导致一个软故障，而报告的温度是采用一个由 P8 和 P9 点 (最后的两个表条目) 决定之斜率的线性延伸推断。低于 P1 点的电阻读数也报告为软故障。报告的温度是 P1 和 P0 点之间的延伸推断，其中的 P0 是 0 Ω 时的传感器输出温度 (该点应为 0 Ω 以在 p1 点以下实现正确的内部推断)。

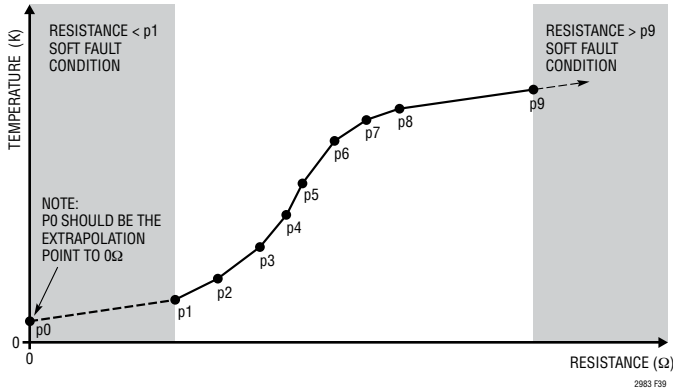


图 39：定制 RTD 实例 (Ω 与开尔文温度的关系)

定制 RTD

定制 RTD 表数据以 “ Ω (传感器输出电阻) 与开尔文温度的关系” 进行格式化 (见表 73)。每对表项跨 6 个字节。第一组数据可开始于任何大于或等于 0x250 的存储单元，并终止在等于或低于 0x3CF 的存储单元。

如欲采用定制 RTD 表来设置 LTC2983，则把电阻数据和开尔文温度数据均转换为 24 位二进制值。传感器输出电阻 (

单位 = Ω) 遵循表 74 中示出的惯例，其中首 13 个位为整数部分，而剩余的 11 个位则为分数部分。

为了简化温度字段，温度值作为一个不带符号的数值以开尔文温度 K 为单位输入，但是 LTC2983 报告的最终温度是以 $^{\circ}\text{C}$ 或 $^{\circ}\text{F}$ 为单位的。传感器开尔文温度 (K) 遵循表 75 中示出的惯例，其中的首 14 个位为整数部分，剩余的 10 个位

表 73：RTD 实例 “电阻与开尔文温度的关系” 数据存储器配置

点	传感器输出电阻 (Ω)	温度 (K)	起始 地址	停止 地址	字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5
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	电阻数据			温度数据		
P5	388.26	595.22	0x2AA	0x2AF						
P6	512.99	697.87	0x2B0	0x2B5						
P7	662.3	765.14	0x2B6	0x2BB						
P8	743.5	801.22	0x2BC	0x2C1						
P9	2001.89	900.5	0x2C2	0x2C7						

表 74：RTD 电阻值示例

	字节 1									字节 2							字节 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
电阻	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸	2 ⁻⁹	2 ⁻¹⁰	2 ⁻¹¹
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257.36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
339.22	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
388.26	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
512.99	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
662.3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
743.5	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001.89	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0

定制 RTD

在该例中，一个连接至 CH12/13 的定制热电偶 (在 CH10/11 上有一个检测电阻器) 利用表 76 中示出的通道分配数据进行编程 (相似的格式请参阅图 15)。在该场合中，定制数据开始于存储单元 0x28C (起始地址为 10)。起始地址 (从 0x250 偏移) 被输入通道分配数据的定制 RTD 数据指针字段。列表数据长度 - 1 (在该例中为 9) 被输入通道分配字的定制 RTD 数据长度字段。请参阅表 72，这里的成对条目总数为 10。

表 75 : RTD 温度值示例

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

表 76 : 定制 RTD 通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 230						存储地址 231						存储地址 232						存储地址 233							
(1) RTD 类型	定制	5	10010	1	0	0	1	0																					
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₁₁	5	01011					0	1	0	1	1																	
(3) 传感器配置	四线式， 无轮换，无共享	4	1000									1	0	0	0														
(4) 激励电流	25μA	4	0011												0	0	1	1											
(5) 标准	不用于定制	2	00															0	0										
(6) 定制 RTD 数据指针	起始地址 = 10	6	001010															0	0	1	0	1	0						
(6) 定制 RTD 数据长度 -1	数据长度 -1 = 9 10 个成对条目	6	001001																					0	0	1	0	0	1

定制热敏电阻

除了对标准热敏电阻进行数字化之外，LTC2983 还能对定制热敏电阻 (热敏电阻类型 = 0b11011，见表 51) 实施数字化处理。定制传感器数据 (最少 3 对，最多 64 对) 按顺序驻留在存储器中并以块的形式进行编排，每个块包含 6 个字节的单调增列表数据，作为 Ω 与温度的关系 (见表 72)。

定制热敏电阻表实例

在该例中，实现了一个简化的热敏电阻 NTC (负温度系数) 曲线 (见图 40)。P1 至 P9 点代表了定制热敏电阻的正常工

作范围。高于 P9 点的电阻读数导致一个软故障，而报告的温度是采用一个由 P8 和 P9 点 (最后的两个表条目) 决定之斜率的线性延伸推断。低于 P1 点的电阻读数也报告为软故障。报告的温度是 P1 和 P0 点之间的延伸推断，其中的 P0 是 0Ω 时的传感器输出温度 (该点应为 0Ω 以在 p1 点以下实现正确的内部推断)。

除了 NTC 型热敏电阻，还可以实现 PTC (正温度系数) 型热敏电阻 (见图 41)。在这两种场合中，表条目均开始于最小电阻，并终止于最大电阻值。

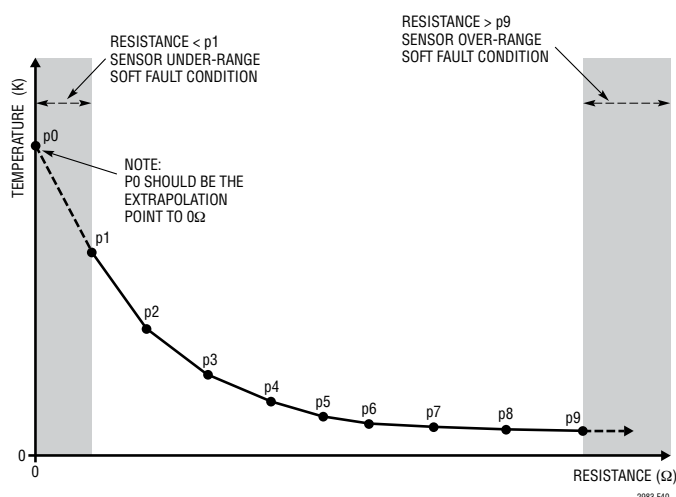


图 40：定制 NTC 热敏电阻实例 (Ω 与开尔文温度的关系)

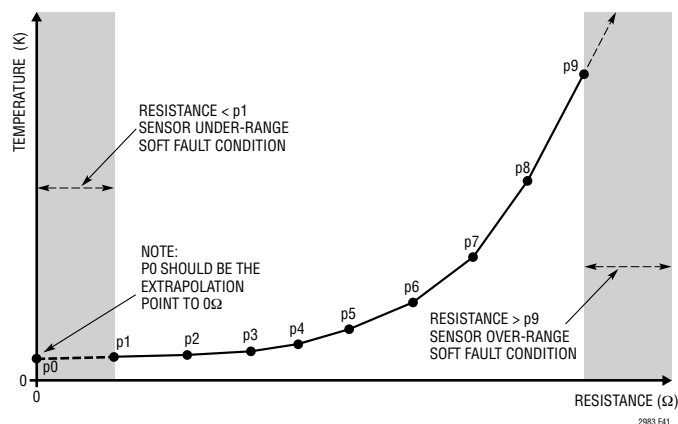


图 41：定制 PTC 热敏电阻实例 (Ω 与开尔文温度的关系)

定制热敏电阻

定制热敏电阻表数据以“Ω (传感器输出电阻) 与开尔文温度的关系”进行格式化 (见表 77)。每对表项跨 6 个字节。第一组数据可开始于任何大于或等于 0x250 的存储单元，并终止在低于 0x3CF 的存储单元。

如欲采用定制热敏电阻表来设置 LTC2983，则把电阻数据和开尔文温度数据均转换为 24 位二进制值。传感器输出电阻 (单位 = Ω) 遵循表 78 中示出的惯例，其中首 20 个位为

整数部分，而剩余的 4 个位则为分数部分。

为了简化温度字段，温度值作为一个不带符号的数值以开尔文温度 K 为单位输入，但是 LTC2983 报告的最终温度是以 °C 或 °F 为单位的。传感器开尔文温度 (K) 遵循表 79 中示出的惯例，其中的首 14 个位为整数部分，剩余的 10 个位为分数部分。

表 77：NTC 热敏电阻实例“电阻与开尔文温度的关系”数据存储配置

点	传感器 输出电阻 (Ω)	温度 (K)	起始 地址	停止 地址	字节 1	字节 2	字节 3	字节 1	字节 2	字节 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	电阻数据			温度数据		
P5	2238.728	249.32	0x2E6	0x2EB						
P6	5149.0744	240.3	0x2EC	0x2F1						
P7	26775.18688	230	0x2F2	0x2F7						
P8	19230.9718	215.3	0x2F8	0x2FD						
P9	724001.0532	200	0x2FE	0x303						

表 78：热敏电阻阻值示例

	字节 1									字节 2								字节 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	
电阻	2 ¹⁹	2 ¹⁸	2 ¹⁷	2 ¹⁶	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
423.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	
973.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	
2238.728	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
5149.074	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	
26775.19	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	
139231	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
724001.1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	

定制热敏电阻

在该例中，一个连接至 CH5 的定制热敏电阻 (在 CH3/4 上有一个检测电阻器) 利用表 80 中示出的通道分配数据进行编程 (相似的格式请参阅图 24)。在该场合中，定制数据开始于存储单元 0x2C8 (起始地址为 20)。起始地址 (从

0x250 偏移) 被输入通道分配数据的定制热敏电阻数据指针字段。列表数据长度 - 1 (在该例中为 9) 被输入热敏电阻通道分配字的定制热敏电阻数据长度字段。

表 79：热敏电阻温度值示例

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

表 80：定制热敏电阻通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 210					存储地址 211					存储地址 212					存储地址 213								
(1) 热敏电阻类型	定制表	5	11011	1	1	0	1	1																			
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₄	5	00100						0	0	1	0	0														
(3) 传感器配置	单端	3	100									1	0	0													
(4) 激励电流	1μA	4	0011											0	0	1	1										
未用	把这些位设定为 0	2	00													0	0	0									
(5) 定制热敏电阻数据指针	起始地址 = 20	6	010100														0	1	0	1	0	0					
(6) 定制热敏电阻长度 -1	长度 -1 = 9	6	001001																			0	0	1	0	0	1

定制热敏电阻

除了由定制表驱动的热敏电阻之外，还可以直接把 Steinhart-Hart 系数输入 LTC2983 (热敏电阻类型 11010，见表 51)。Steinhart-Hart 系数是通常指定的参数，由热敏电阻制造商提供。Steinhart-Hart 方程式为：

1/T = A + B • ln(R) + C • ln(R)² + D • ln(R)³ + E • ln(R)⁴ + F • ln(R)⁵

Steinhart-Hart 数据按顺序存储任何大于或等于 0x250 以及低于 0x3CF 的存储单元。每个系数由一个标准的单精度 IEEE754 32 位值来表示 (见表 81)。

定制 Steinhart-Hart 热敏电阻实例

在该例中，将一个 Steinhart-Hart 方程式输入存储器，起始地址位于存储单元 0x300 (见表 82)。

表 81：Steinhart-Hart 定制热敏电阻数据格式

地址	系数	数值
0x250 + 4 * 起始地址	A	32 位单精度浮点格式
0x250 + 4 * 起始地址 + 4	B	32 位单精度浮点格式
0x250 + 4 * 起始地址 + 8	C	32 位单精度浮点格式
0x250 + 4 * 起始地址 + 12	D	32 位单精度浮点格式
0x250 + 4 * 起始地址 + 16	E	32 位单精度浮点格式
0x250 + 4 * 起始地址 + 20	F	32 位单精度浮点格式

表 82：定制 Steinhart-Hart 数据示例

系数	数值	起始地址	符号	指数								MANTISSA																							
				MSB				LSB				MSB												LSB											
A	1.45E-03	0x300	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
B	2.68E-04	0x304	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
C	0	0x308	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	0x30C	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
E	0	0x310	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	0x314	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	

定制热敏电阻

一个连接至 CH5 的定制热敏电阻 (在 CH3/4 上有一个检测电阻器) 利用表 83 中示出的通道分配数据进行编程 (相似的格式请参阅图 24)。在该场合中，定制数据开始于存储单元

0x300 (起始地址为 30)。起始地址 (从 0x250 偏移) 被输入通道分配数据的定制热敏电阻数据指针字段。数据长度 (设定为 0) 始终为 6 个 32 位浮点字。

表 83：定制 Steinhart-Hart 通道分配数据

配置字段	描述	位数	二进制数据	存储地址 210								存储地址 211								存储地址 212								存储地址 213							
(1) 热敏电阻类型	定制 Steinhart-Hart	5	11010	1	1	0	1	0																											
(2) 检测电阻器通道指针	CH ₄	5	00100						0	0	1	0	0																						
(3) 传感器配置	单端	3	100											1	0	0																			
(4) 激励电流	1μA	4	0011												0	0	1	1																	
未用	把这些位设定为 0	2	00															0	0	0															
(5) 定制热敏电阻数据指针	起始地址 = 30	6	011110																0	1	1	1	1	0											
(6) 定制 Steinhart-Hart 长度始终设定为 0	固定在 6 个 32 位字	6	000000																								0	0	0	0	0	0			

定制热敏电阻

通用传感器硬件

LTC2983 可配置为一款通用的温度测量器件。可以给单个 LTC2983 施加多达 4 组通用输入。每组输入能够直接对一个三线式 RTD、四线式 RTD、热敏电阻或热电偶进行数字化处理，并不需要对电路板硬件做任何变更 (见图 42)。每个传感器可共用相同的 4 个 ADC 输入，而且保护 / 滤波电路仅采用软件变更 (新的通道分配数据) 来配置。在全部 4 组传感器之间共享一个检测电阻器和冷结点传感器。

LTC2983 包含许多灵活的软件可配置输入模式。为了在所有 4 类传感器之间共享 4 个公共输入，每种传感器需要特定的配置位 (见表 84)。三线式 RTD 采用共享 R_{SENSE} 来配

置，四线式 RTD 和热敏电阻被配置为共享和 / 或轮换型，热电偶利用内部地配置为差分型，而二极管则被配置为单端型。

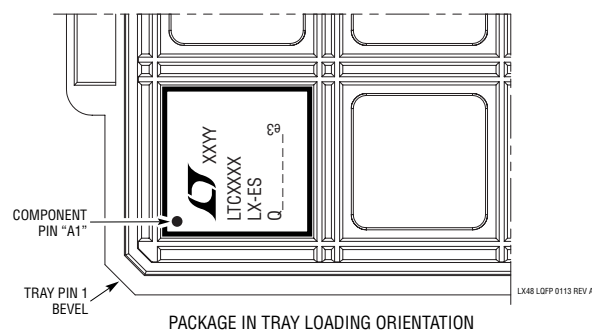
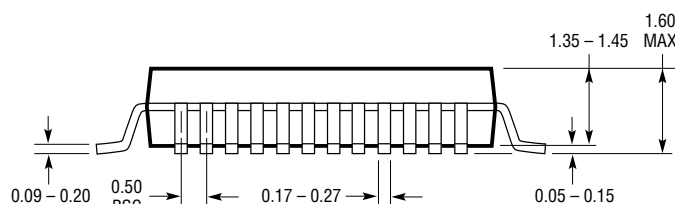
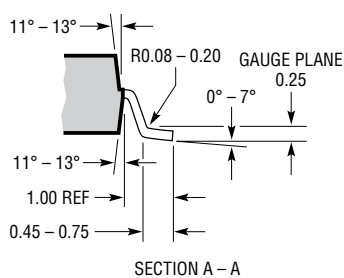
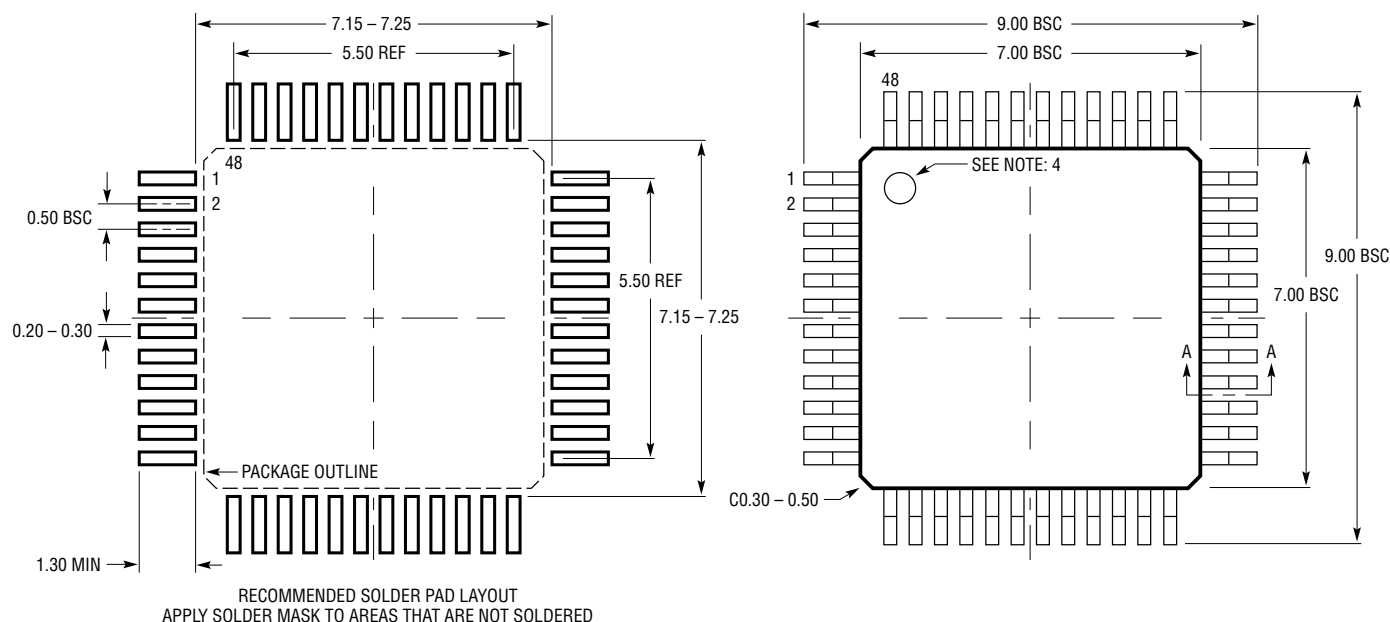
表 84：用于通用连接的传感器配置

传感器类型	配置选项	配置位	内容见表
三线式 RTD	共享	B18 = 1，B19 = 0	表 28
四线式 RTD	共享	B18 = 1，B19 = 0	表 28
四线式 RTD	轮换	B18 = 0，B19 = 1	表 28
热敏电阻	共享	B19 = 0，B20 = 1	表 52
热敏电阻	轮换	B19 = 1，B20 = 0	表 52
热电偶	单端	B21 = 1	表 14
二极管	单端	B26 = 1	表 17

封装描述

如需了解最近的封装图样，请登录 <http://www.linear.com.cn/designtools/packaging/>

LX 封装 48 引脚塑料 LQFP (7mm × 7mm) (参考 LTC DWG # 05-08-1760 Rev A)



NOTE:

1. PACKAGE DIMENSIONS CONFORM TO JEDEC #MS-026 PACKAGE OUTLINE
2. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
3. DIMENSIONS OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.25mm ON ANY SIDE, IF PRESENT
4. PIN-1 IDENTIFIER IS A MOLDED INDENTATION, 0.50mm DIAMETER
5. DRAWING IS NOT TO SCALE

典型应用

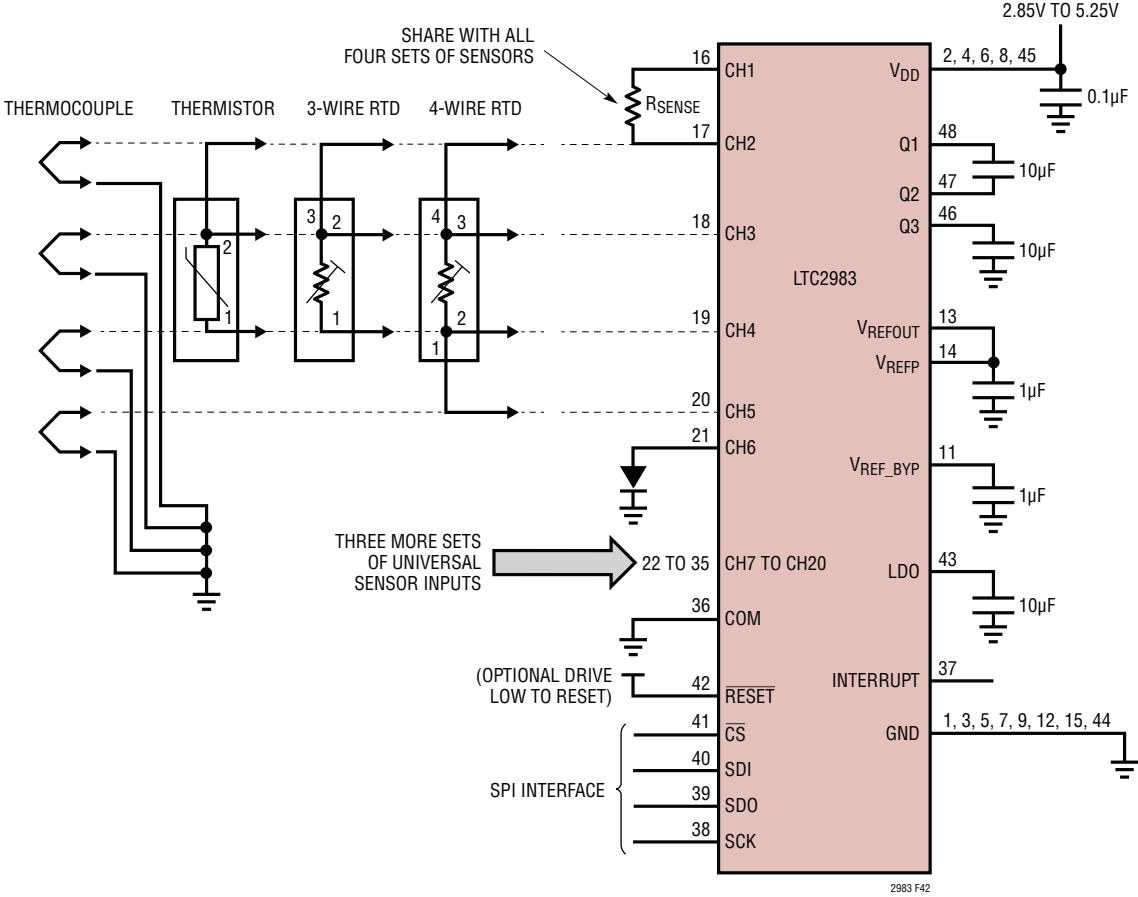


图 42：通用输入可实现针对热电偶、二极管、热敏电阻、三线式 RTD 和四线式 RTD 的常用硬件共享

相关器件

器件型号	描述	备注
LTC2990	四路 I ² C 温度、电压和电流监视器	远端和内部温度，14 位电压和电流，内部 10ppm/°C 基准
LTC2991	8 通道 I ² C 电压、电流和温度监视器	远端和内部温度，14 位电压和电流，内部 10ppm/°C 基准
LTC2995	具警报输出的温度传感器和电压监视器	可监视温度和两个电压，可调门限，漏极开路警报输出，温度转换为电压输出，集成 1.8V 基准，±1°C (最大值) 准确度
LTC2996	具警报输出的温度传感器	可监视温度，可调门限，漏极开路警报输出，温度转换为电压输出，集成 1.8V 基准，±1°C (最大值) 准确度
LTC2997	远程 / 内部温度传感器	温度转换为电压输出，集成 1.8V 基准，±1°C (最大值) 准确度
LTC2943	20V I ² C 库仑计数器	可监视电荷、电流、电压和温度并具有 1% 的准确度。适合任何电池化学组成和容量