

# MAX31865 RTD温度采样芯片 Rev3 20150914 中文翻译

---

## 一般描述

---

MAX31865 是一款易于使用的电阻-数字转换器，专为铂电阻温度检测器（RTD）优化设计。通过一个外部电阻设置所用RTD的灵敏度，精密的 $\Delta$ - $\Sigma$  ADC将RTD电阻与参考电阻的比值转换为数字形式。MAX31865的输入端可防护高达 $\pm 45V$ 的过压故障。该器件还集成了可编程的RTD及电缆开路、短路检测功能。

## 优点和功能

---

- 集成降低了系统成本，简化了设计工作，并缩短了设计周期。
  - 简单地将铂电阻温度计的电阻转换为数字值。
  - 处理100 $\Omega$ 至1k $\Omega$ （在0 $^{\circ}C$ 时）的铂电阻温度计（PT100到PT1000）
  - 兼容2线、3线和4线传感器连接
  - SPI兼容接口
  - 20引脚TQFN和SSOP封装
- 高精度便于满足误差预算
  - 15位ADC分辨率；名义温度分辨率为0.03125 $^{\circ}C$ （由于RTD非线性而变化）
  - 所有操作条件下的总精度：0.5 $^{\circ}C$ （满量程的0.05%）最大值
  - 完全差分VREF输入
  - 转换时间为21毫秒（最大值）
- 集成故障检测提高了系统的可靠性
  - $\pm 45V$ 输入保护
  - 故障检测（开路RTD元件、RTD短接到超出范围电压或RTD元件短路）

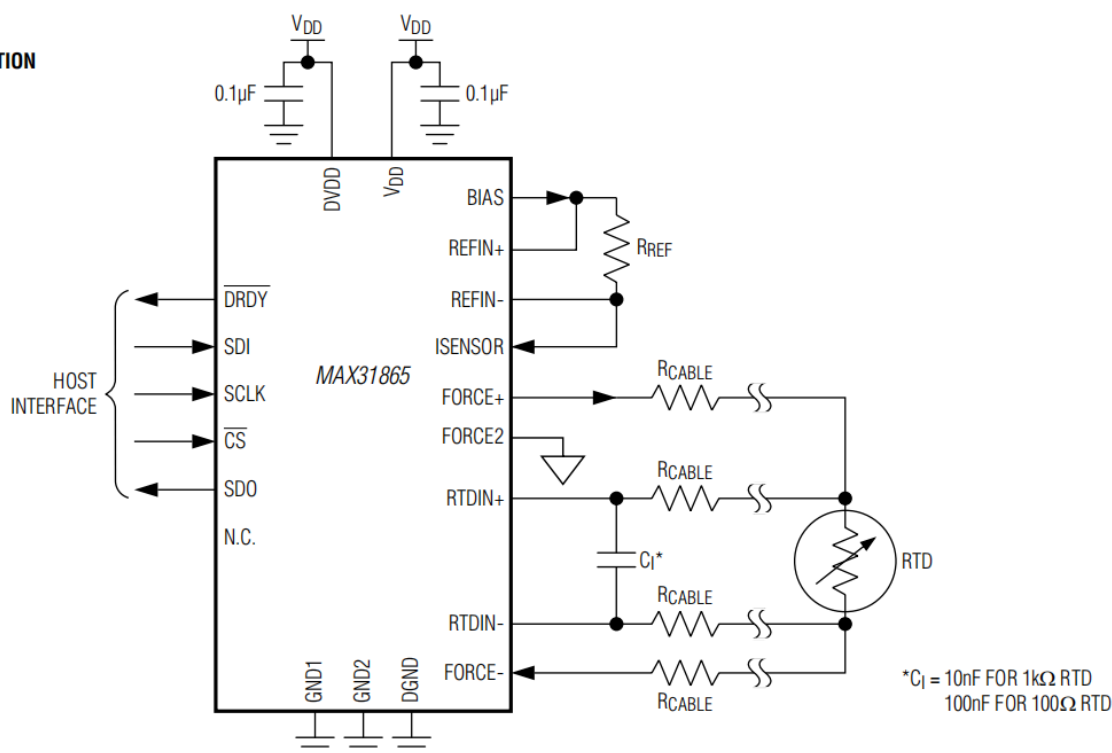
## 应用领域

---

- 工业设备
- 医疗设备
- 仪器仪表

## 典型应用电路

## 4-WIRE SENSOR CONNECTION



此芯片如何消除电阻引线引起的误差:

后面会提到此芯片是根据电压比来得到电阻的，那么只要准确测量到被测电阻的实际电压即可，

对于4线制 (如上图)

RTDIN+线上无电流，RTDIN-线上也无电流，所以RTD两端电压就等于RTDIN+/-两端电压，这很简单，但实现这个需要4根线，完全分开走电流的激励线和不走电流的测量线。

## 绝对最大额定值

- $V_{DD}$  相对于 GND1 的电压范围：-0.3V 至 +4.0V
- BIAS、REFIN+、REFIN-、ISENSOR 的电压范围：-0.3V 至 ( $V_{DD} + 0.3V$ )
- FORCE+、FORCE2、FORCE-、RTDIN+、RTDIN- 相对于 GND1 的电压范围：-50V 至 +50V
- $DV_{DD}$  相对于 DGND 的电压范围：-0.3V 至 +4.0V
- 所有数字引脚相对于 DGND 的电压范围：-0.3V 至 ( $V_{DVDD} + 0.3V$ )
- 连续功耗 ( $T_A = +70^{\circ}\text{C}$ )
  - TQFN 封装 (+70°C 以上每升高 1°C 降额 34.5mW/°C)：2758.6mW
  - SSOP 封装 (+70°C 以上每升高 1°C 降额 11.9mW/°C)：952.4mW
- ESD 保护（所有引脚，人体模型）：±2kV
- 工作温度范围：-40°C 至 +125°C
- 结温范围：-40°C 至 +150°C
- 存储温度范围：-65°C 至 +150°C
- 回流焊接温度：+260°C

- 引脚焊接温度（10 秒）：+300°C

超过“绝对最大额定值”所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些只是应力额定值，并不意味着在这些或规格操作部分中指明的其他条件下器件能在这些条件下或任何其他条件下正常工作。暴露在绝对最大额定条件下较长时间可能会影响器件可靠性。

## 封装热特性（注1）

- TQFN封装
  - 结 - 环境热阻 ( $\theta_{JA}$ )：29°C/W
  - 结 - 壳热阻 ( $\theta_{JC}$ )：2°C/W
- SSOP封装
  - 结 - 环境热阻 ( $\theta_{JA}$ )：84°C/W
  - 结 - 壳热阻 ( $\theta_{JC}$ )：32°C/W

**注1：**封装热阻是使用JEDEC规范JESD51 - 7中描述的方法，在四层板上获得的。有关封装热特性的详细信息，请访问[www.maximintegrated.com/thermal-tutorial](http://www.maximintegrated.com/thermal-tutorial)。

## 推荐直流工作条件

（除非另有说明， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$ 。）（注2和注3）

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{DD}$	$V_{DD}$	-	3.0	3.3	3.6	V
$DV_{DD}$	$V_{DVDD}$	-	3.0	3.3	3.6	V
输入逻辑0	$V_{IL}$	$\overline{CS}$ , SDI, SCLK	- 0.3		$0.3 \times V_{DVDD}$	V
输入逻辑1	$V_{IH}$	$\overline{CS}$ , SDI, SCLK	$0.7 \times V_{DVDD}$		$V_{DVDD} + 0.3$	V
模拟电压（ FORCE+, FORCE2, FORCE-, RTDIN+, RTDIN-）	-	正常转换结果	0		$V_{BIAS}$	V
参考电阻	$R_{REF}$	-	350		10k	$\Omega$
线缆电阻	$R_{CABLE}$	每根引线	0		50	$\Omega$

## 电气特性

（除非另有说明，条件为 $3.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{V}$ ， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。典型值对应 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = V_{DVDD} = 3.3\text{V}$ 。）（注2和注3）

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ADC分辨率	-	无丢码	-	15	-	位
ADC满量程输入电压 (RTDIN+ - RTDIN-)	-	-	-	REFIN+ - REFIN-	-	V
ADC共模输入范围	-	-	0	-	$V_{BIAS}$	V
输入泄漏电流	-	RTDIN+, RTDIN-, 0°C 至 +70°C, 导通状态 RTDIN+, RTDIN-, -40°C 至 +85°C, 导通状态 RTDIN+, RTDIN-, -40°C 至 +100°C, 导通状态	-	2 5 14	-	nA
偏置电压	$V_{BIAS}$	-	1.95	2.00	2.06	V
偏置电压输出电流	$I_{OUT}$	-	0.2	-	5.75	mA
偏置电压负载调整率	-	$I_{OUT} \leq 5.75\text{mA}$	-	30	-	mV/mA
偏置电压启动时间	-	(注释4)	-	10	-	ms
ADC满量程误差	-	-	-	$\pm 1$	-	LSB
ADC积分非线性	-	差分输入, 端点拟合, $0.3 \times V_{BIAS} \leq V_{REF} \leq V_{BIAS}$	-	$\pm 1$	-	LSB
ADC失调误差	-	-	-3	-	+3	LSB
(奈奎斯特带宽内) 噪声	-	输入参考	-	150	-	$\mu\text{V RMS}$ (微伏均方根)
共模抑制比	-	-	-	90	-	dB
50/60Hz噪声抑制	-	基波和谐波	-	82	-	dB
温度转换时间 (注释5)	$t_{CONV}$	连续转换 (60Hz陷波) 单次转换 (60Hz陷波) 单次转换 (50Hz陷波) 连续转换 (50Hz陷波)	16.7 52 62.5 20	17.6 55 66 21	-	ms
自动故障检测周期时间	-	从 $\overline{CS}$ 高到周期结束	550	-	600	$\mu\text{s}$
电源抑制比	-	-	-	1	-	LSB/V

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流（注释6）	$I_{DD}$	关断（偏置关, ADC关） 偏置开, 转换使能	1.5 2	3 3.5	-	mA
上电复位电压阈值	-	-	2	2.27	-	V
上电复位电压滞后	-	-	-	120	-	mV
输入电容	$C_{IN}$	逻辑输入	-	6	-	pF
输入泄漏电流	$I_L$	逻辑输入	-	-	+1	μA
输出高电压	$V_{OH}$	$I_{OUT} = -1.6\text{mA}$	$V_{DD} - 0.4$	-	-	V
输出低电压	$V_{OL}$	$I_{OUT} = 1.6\text{mA}$	-	0.4	-	V

## 交流电气特性：SPI接口

除非另有说明，条件为 $3.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{V}$ ， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。典型值对应 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = V_{DVDD} = 3.3\text{V}$ 。（注3和注7）（图1和图2）

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
数据到串行时钟（SCLK）的建立时间	$t_{DC}$	（注释8、9）	35	-	-	ns
串行时钟（SCLK）到数据的保持时间	$t_{CDH}$	（注释8、9）	35	-	-	ns
串行时钟（SCLK）到数据有效时间	$t_{CDD}$	（注释8、9、10）	-	-	80	ns
串行时钟（SCLK）低电平时间	$t_{CL}$	（注释9）	100	-	-	ns
串行时钟（SCLK）高电平时间	$t_{CH}$	（注释9）	100	-	-	ns
串行时钟（SCLK）频率	$t_{CLK}$	（注释9）	直流（DC）	-	5.0	MHz
串行时钟（SCLK）的上升和下降时间	$t_R, t_F$	（注释9）	-	-	200	ns
片选（ $\overline{CS}$ ）到串行时钟（SCLK）的建立时间	$t_{CC}$	（注释9）	400	-	-	ns

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
串行时钟 (SCLK) 到片选 ( $\overline{CS}$ ) 的保持时间	$t_{CCH}$	(注释9)	100	-	-	ns
片选 ( $\overline{CS}$ ) 无效时间	$t_{CWH}$	(注释9)	400	-	-	ns
片选 ( $\overline{CS}$ ) 到输出高阻态时间	$t_{CDZ}$	(注释8、9)	-	-	40	ns
地址01h或02h解码到数据就绪 (DRDY) 为高电平时间	$t_{DRDYH}$	在读取实时数据 (RTD) 寄存器之后 (注释9)	-	-	50	ns

注释2：所有电压在公共时均以地为参考。流入集成电路的电流规定为正。

注释3：在环境温度 $T_A = +25^{\circ}C$ 和/或 $T_A = +85^{\circ}C$ 下进行100%生产测试。工作温度范围和相关电源电压范围内的限值通过设计和特性表征得以保证。典型值不提供保证。

注释4：对于15位稳定，需要在RTD输入两端接入至少10.5kΩ的参考电阻和0.1μF的电容作为输入RC网络。最大启动时间是用10.5kΩ参考电阻计算的。

注释5：启用连续转换模式后的第一次转换所需时间等于相应陷波频率下的单次转换时间。

注释6：偏置引脚上规定无负载，为模拟电流与数字电流之和。无主动通信。如果RTD输入电压大于输入参考电压，则可能会额外产生400μA的 $I_{DD}$ 。

注释7：所有规格均通过设计保证。

注释8：在 $V_{IH} = 0.7 \times V_{DD}$ 或 $V_{IL} = 0.3 \times V_{DD}$ 下测量，最大上升和下降时间为10ms。

注释9：在50pF负载下测量。

注释10：在 $V_{OH} = 0.7 \times V_{DD}$ 或 $V_{OL} = 0.3 \times V_{DD}$ 下测量。从SCLK的50%点测量到SDO的 $V_{OH}$ 最小值。

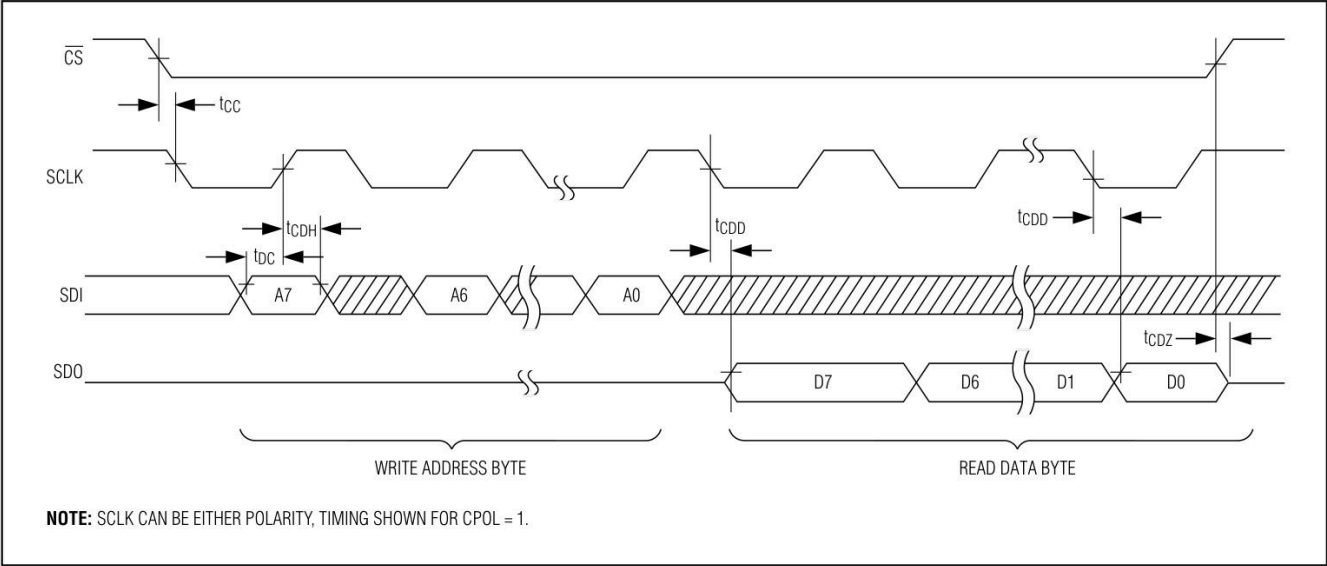


图1. 时序图：SPI读取数据传输

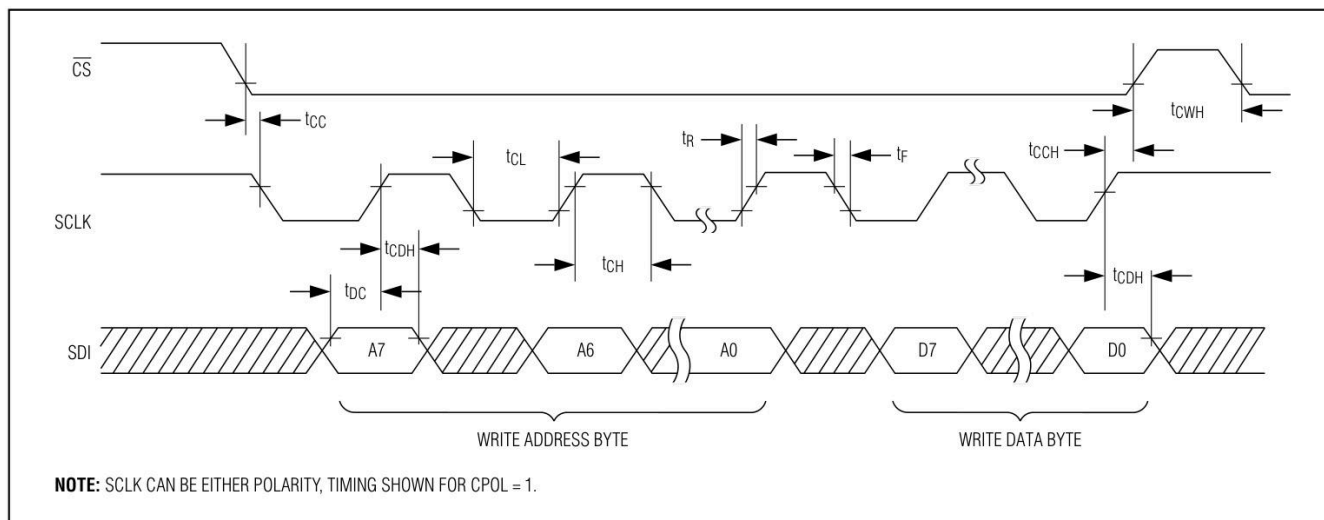
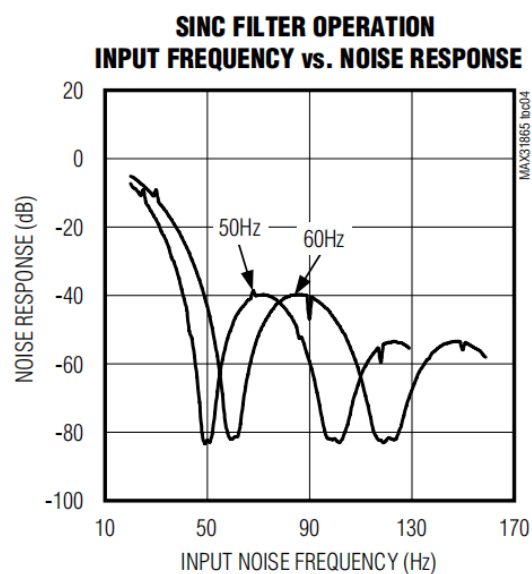
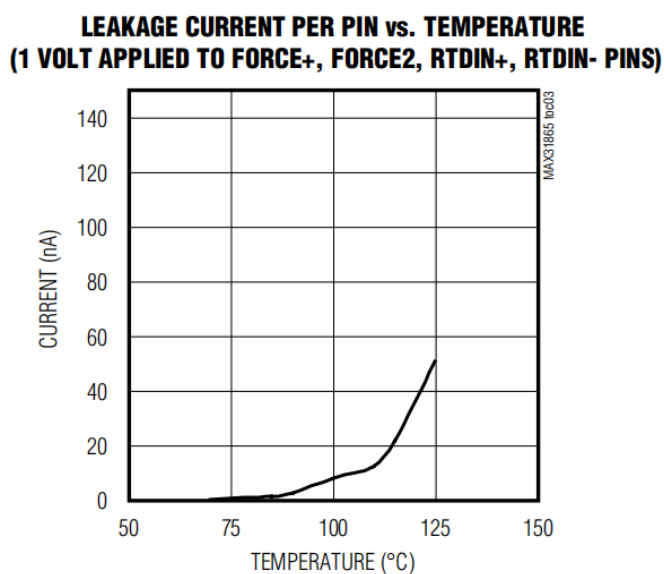
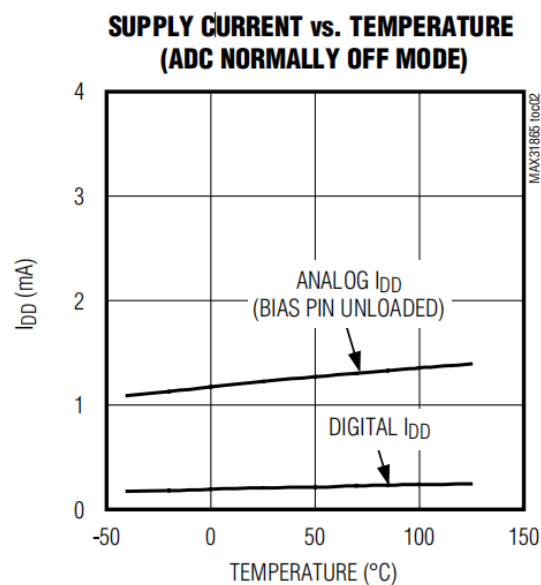
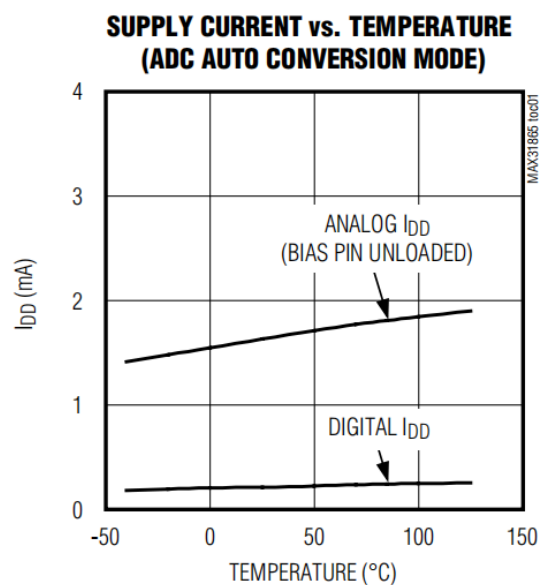


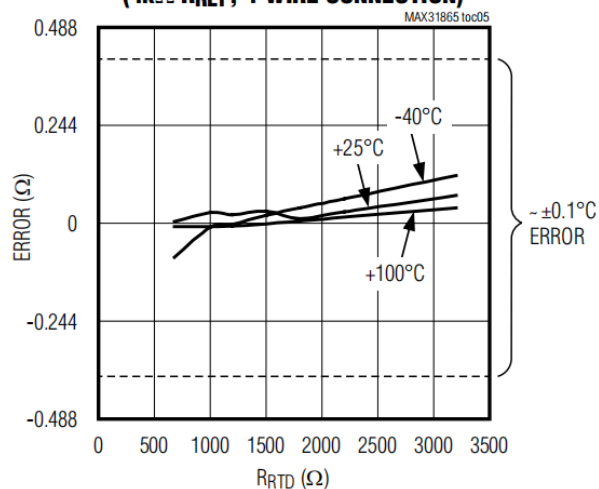
图2. 时序图：SPI写入数据传输

## 典型工作特性

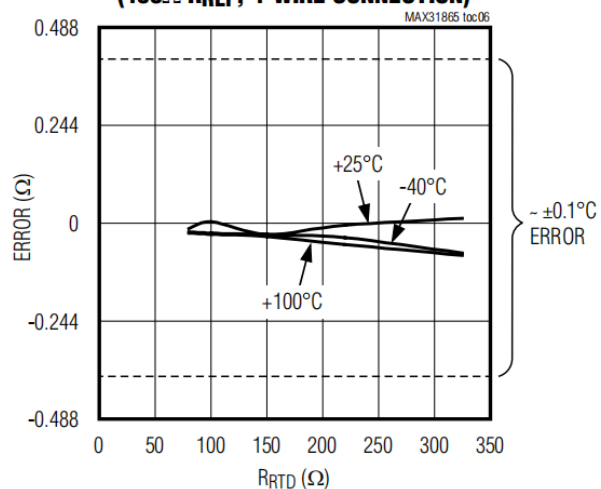
(除非另有说明,  $V_{DD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ 。)



**ADC CONVERSION ERROR vs. RTD RESISTANCE**  
**(4k $\Omega$  R<sub>REF</sub>, 4-WIRE CONNECTION)**

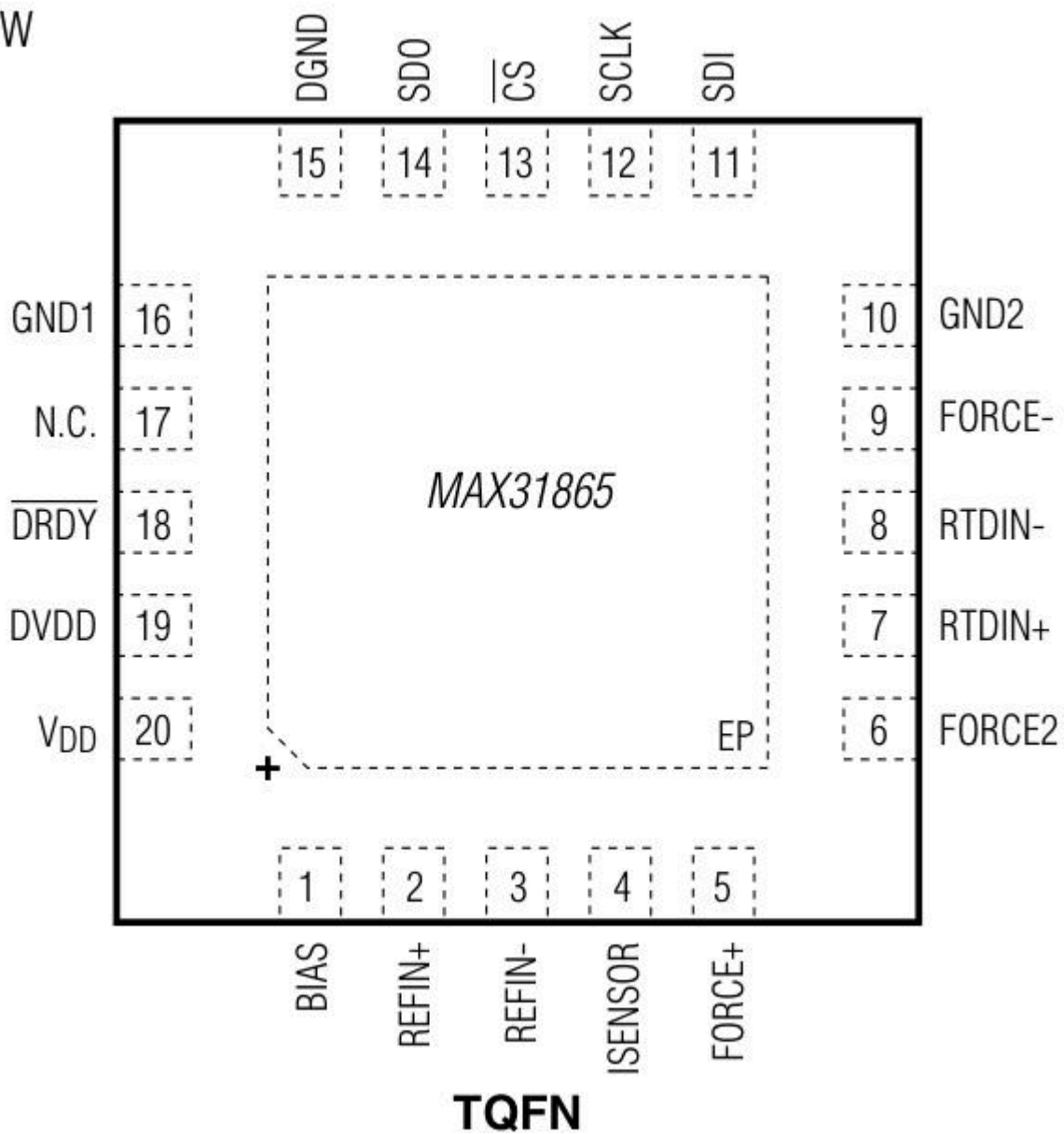


**ADC CONVERSION ERROR vs. RTD RESISTANCE**  
**(400 $\Omega$  R<sub>REF</sub>, 4-WIRE CONNECTION)**

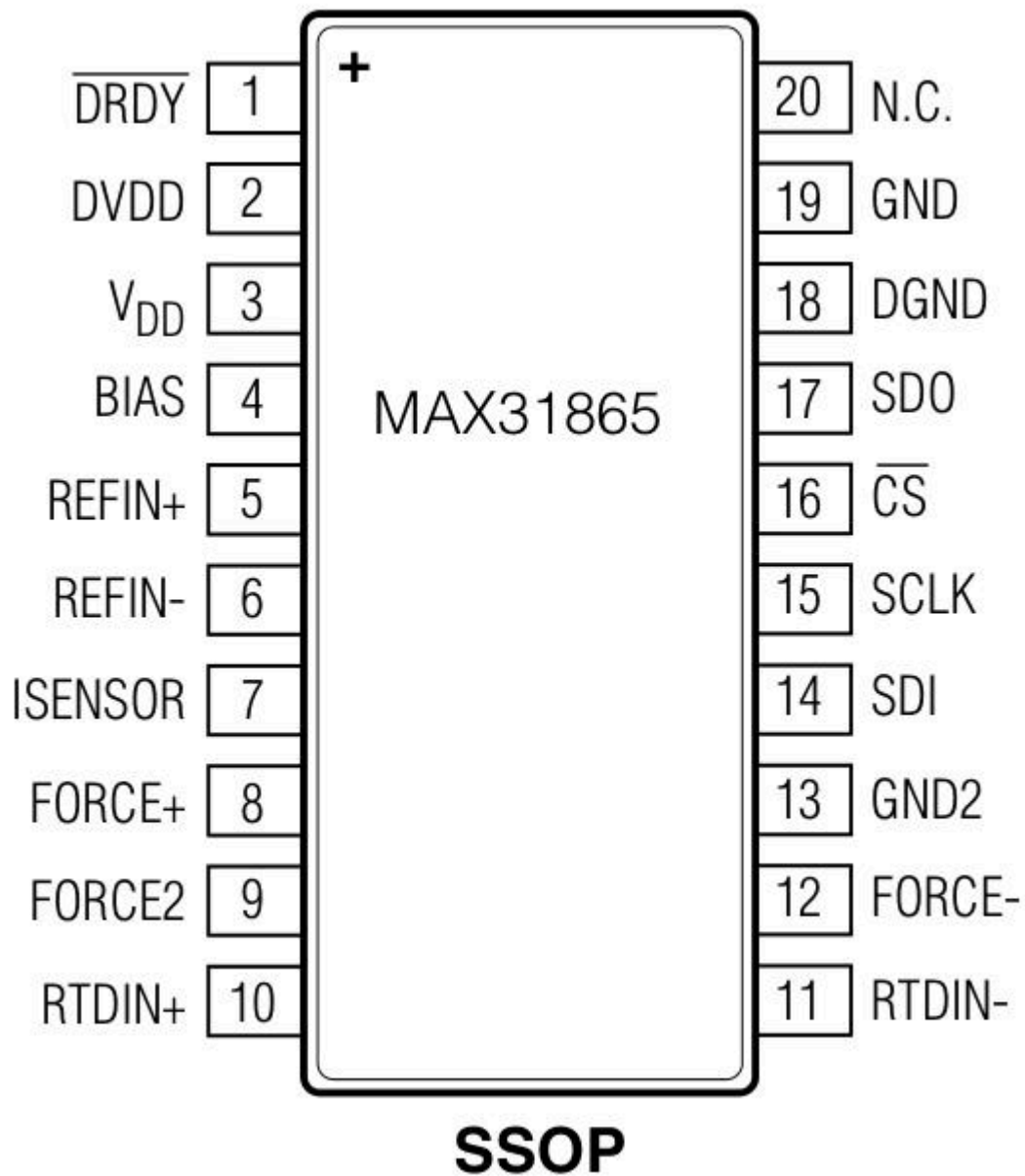


## 引脚配置

TOP VIEW





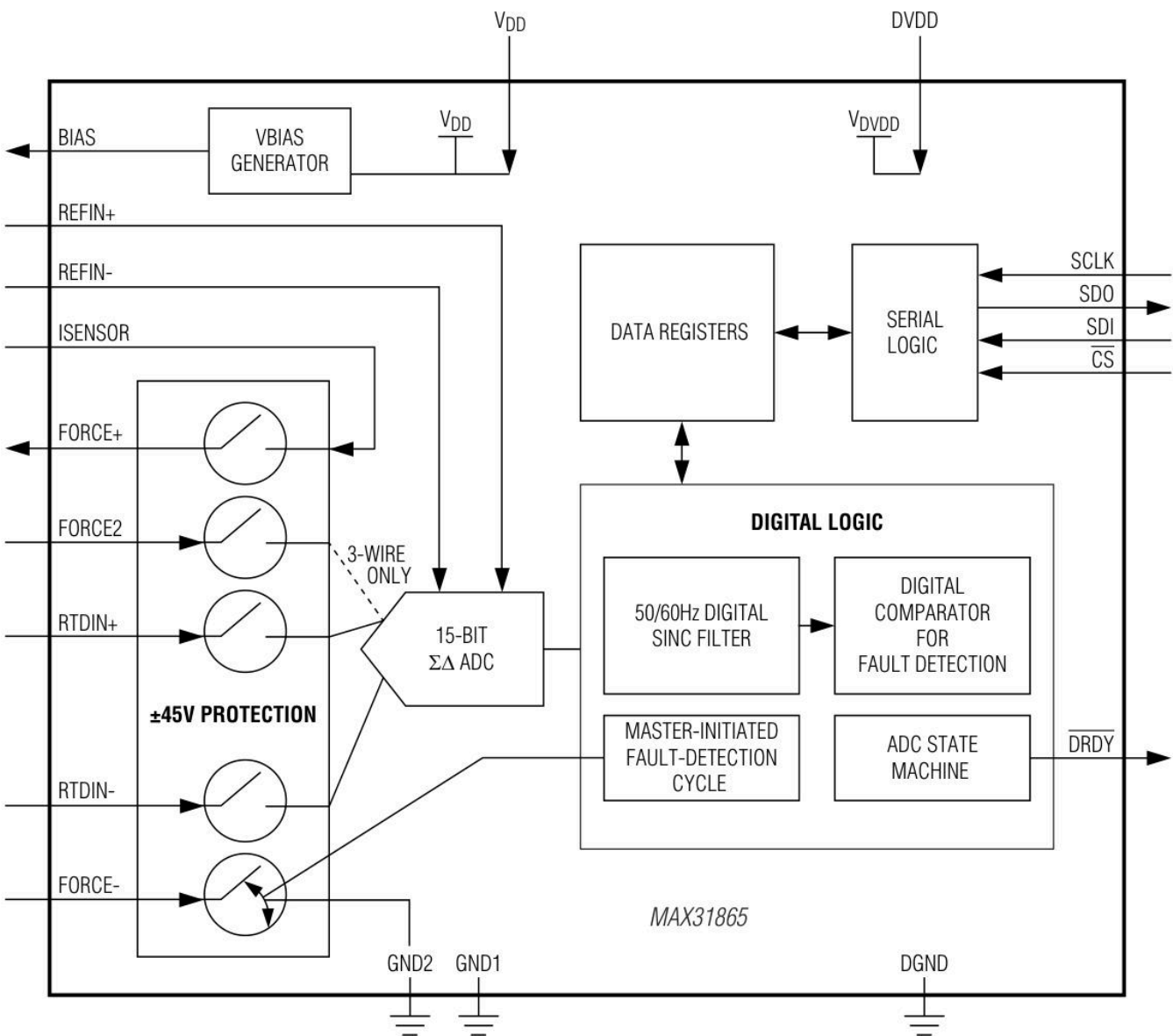


## 引脚描述

引脚		名称	功能
TQFN	SSOP		
1	4	BIAS	偏置电压输出（VBIAS）
2	5	REFIN+	正参考电压输入。连接至BIAS。在REFIN+和REFIN-之间连接参考电阻。
3	6	REFIN-	负参考电压输入。在REFIN+和REFIN-之间连接参考电阻。
4	7	ISENSOR	参考电阻RREF的低端。连接至REFIN-。
5	8	FORCE+	RTD高端驱动。使用三线连接配置时，连接至FORCE2。具备±45V保护。
6	9	FORCE2	仅用于三线连接的正输入。在三线连接配置中，连接至FORCE+。在二线或四线连接配置中，连接至地。具备±45V保护。
7	10	RTDIN+	RTD正输入。具备±45V保护。

引脚		名称	功能
8	11	RTDIN-	RTD负输入。具备±45V保护。
9	12	FORCE-	RTD低端返回。具备±45V保护。
10	13	GND2	模拟地。连接至GND1。
11	14	SDI	串行数据输入
12	15	SCLK	串行数据时钟输入
13	16	CS	低电平有效片选。将CS置为低电平以启用串行接口。
14	17	SDO	串行数据输出
15	18	DGND	数字地
16	19	GND1	模拟地。连接至GND2。
17	20	N.C.	不连接
18	1	DRDY	低电平有效、推挽式数据就绪输出。当数据寄存器中有新的转换结果时，DRDY变为低电平。当对RTD电阻数据寄存器执行读操作时，DRDY返回高电平。
19	2	DVDD	数字电源电压输入。连接至3.3V电源。使用0.1μF旁路电容旁路至DGND。
20	3	VDD	模拟电源电压输入。连接至3.3V电源。使用0.1μF旁路电容旁路至GND1。
—	—	EP	裸露焊盘（封装底部）。连接至GND1。仅适用于TQFN封装。

# 芯片框图



芯片测温原理：

测温其实就是测电阻，测电阻的原理是给电流然后测电压，我们常用的测PT100的手段是给1mA电流，然后我们已知它在此电流下的自发热，就能得到它两端电压对应的实际电阻值，以及除去自发热之后的环境温度，这是普通的测温原理。

但对于此芯片，不一样，因为它并不是提供恒流的，它是提供恒压，它本质上是采用Rref和Rptd串联，然后提供恒定电压VBIAS（2V），且这个电压还不是很精准，范围在1.95 ~ 2.06V，

假设测温元件为PT100，串联电阻Rref就影响着流过PT100的电流，它会随着PT100阻值变化而变化，这造成了PT100的自发热并不是一直一样，所以从本质来说，这种测温方式是不如恒流测温法准确的。

但如果合理设定Rref的阻值，使得大部分温度条件下，流过PT100的电流还是近似1mA，那么测温的准确度就会提升。

从芯片原理框图可以看出，流过Rref的电流与流过被测电阻的电流相同，那么两者电压的比例与电阻的比例就是相同的，这就是芯片测阻值的最基本的原理。

# 详细描述

MAX31865是一款先进的RTD转数字转换器，内置15位模数转换器（ADC）、输入保护、数字控制器、SPI兼容接口及相关控制逻辑。其信号调理电路经过优化，可与PT100至PT1000的RTD配合使用，同时也支持热敏电阻。

# 温度转换

电阻温度检测器（RTD）是电阻随温度变化的传感器。铂是最常见、最精确的线材材料；铂RTD被称为PT-RTD。镍、铜和其他金属也可用于制造RTD。铂RTD的特点包括宽温度范围（超过+800°C）、优异的精度和可重复性，以及合理的线性度。

对于PT-RTD，0°C时标称电阻的最常见值为100Ω和1kΩ，不过也有其他值。0°C和+100°C之间的平均斜率称为阿尔法（α）。该值取决于铂中的杂质及其浓度。α的两个最广泛使用的值是0.00385和0.00392，分别对应IEC 751（PT100）和SAMA标准。

电阻 - 温度曲线具有较好的线性度，但也存在一定曲率，可用Callendar - Van Dusen方程描述：

$$R(T) = R_0(1 + aT + bT^2 + c(T - 100)T^3)$$

其中：

T = 温度（°C）

$R(T)$  = T时的电阻

$R_0$  = 0°C时的电阻

IEC 751 规定 $\alpha = 0.00385055$  以及以下 Callendar - Van Dusen 系数值：

$$a = 3.90830 \times 10^{-3}$$

$$b = -5.77500 \times 10^{-7}$$

当 $-200^{\circ}C < T < 0^{\circ}C$ 时， $c = -4.18301 \times 10^{-12}$ ；当 $0^{\circ}C \leq T < +850^{\circ}C$ 时， $c = 0$ 。

图3显示了PT100 RTD的电阻-温度曲线，以及基于0°C和+100°C之间斜率的直线近似。

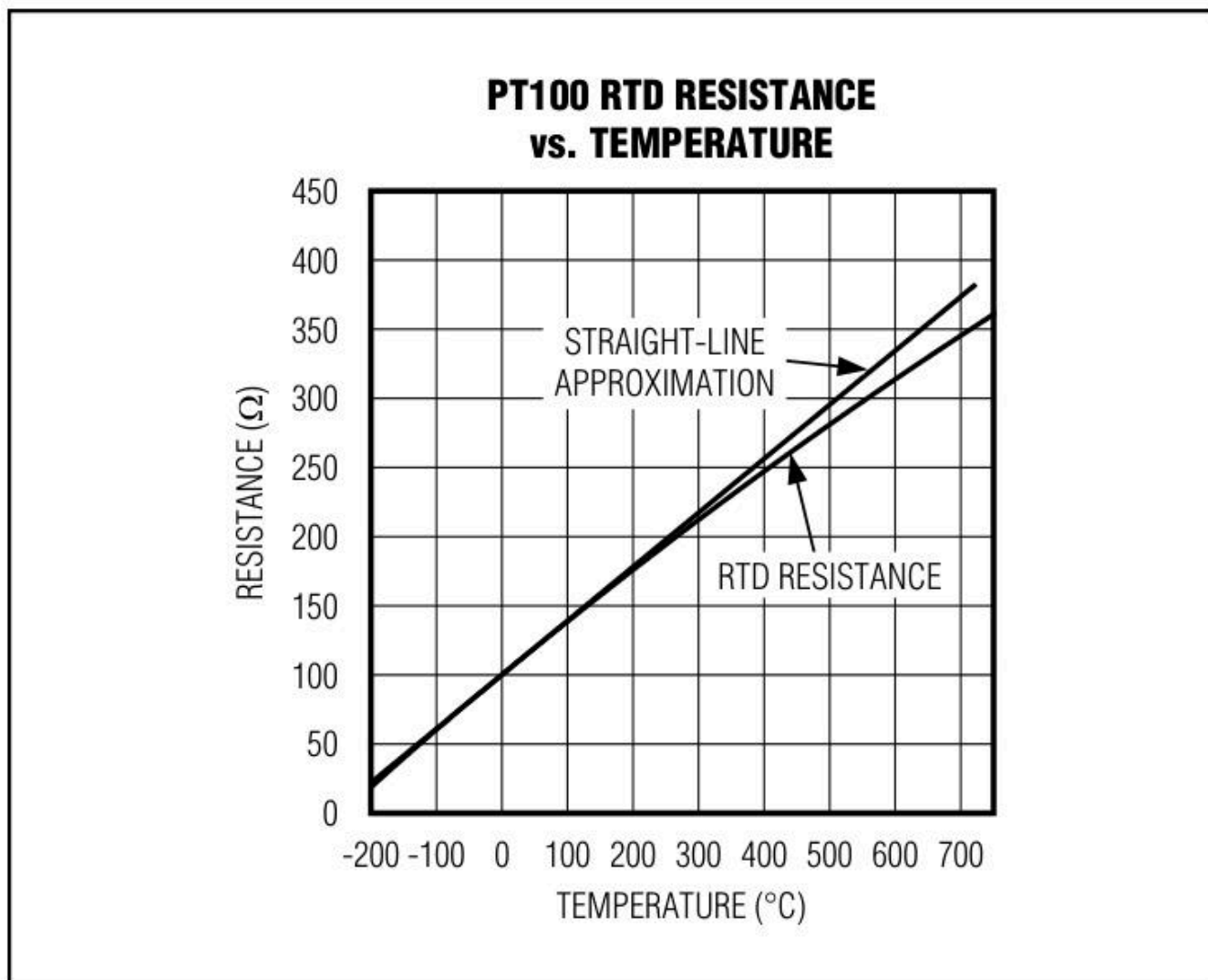


图3. PT100热电阻的电阻-温度关系图

为了测量RTD的电阻，可按典型应用电路所示，将参考电阻（RREF）与RTD串联，并在RREF的顶端施加偏置电压。参考电阻的电流也会流经RTD。参考电阻两端的电压作为ADC的参考电压，而RTD两端的电压则施加到ADC的差分输入（RTDIN+和RTDIN-）。因此，ADC产生的数字输出等于RTD电阻与参考电阻的比值。对于铂RTD，参考电阻取RTD在0°C时电阻值的四倍为最佳。因此，PT100应使用400Ω的参考电阻，PT1000则使用4kΩ的参考电阻。

当RTD靠近MAX31865时，二线制连接（参见典型应用电路）可提供可接受的结果。请注意，对于PT100，0.4Ω的串联电阻会导致约1°C的误差。因此，随着电缆长度的增加，由电缆电阻引起的误差可能会过大。

四线制连接通过使用独立的激励和检测引线，消除了由电缆电阻引起的误差。

三线制连接是一种折中的方案，相比四线制连接少用一根导线。为补偿回流导线的电压降，需从（RTDIN+ - RTDIN-）中减去FORCE+与RTDIN+之间的电压，这一过程通过FORCE2采样输入实现。若电缆电阻匹配良好，由电缆电阻引起的误差可被消除。通过将配置寄存器中的三线制位设置为1，即可选择三线制工作模式。

## 温度数据线性化

对于 -100°C 至 +100°C 的温度范围，只需使用如下所示的RTD数据，即可对温度进行良好的近似：

$$\text{温度 (°C)} \approx (\text{ADC码} / 32) - 256$$

该公式在0°C时误差为0°C，在-100°C时误差为-1.75°C，在+100°C时误差为-1.4°C（假设使用IEC751标准的RTD，且参考电阻RREF等于0°C时**RTD电阻的4倍**）。为了实现高精度测量，应使用Callendar-Van Dusen方程（见“温度转换”部分）或查表法来校正RTD可预测的非线性特性。

上述近似公式可由近似的Callendar - Van Dusen方程 $R_t \approx R_0 (1 + 0.00385 \cdot T)$ 推导得到

$$T = (R_t / R_0 - 1) / 0.00385 = (R_t / R_0 - 1) * 256 = 256 * R_t / R_0 - 256$$

$$\text{ADC码} = R_t / (4 * R_0) * 2^{15}, \text{有: } R_t = \text{ADC码} * (4 * R_0) / 2^{15}$$

$$\text{有: } T = 256 * \text{ADC码} * (4 * R_0) / 2^{15} / R_0 - 256 = 256 * 4 / 2^{15} * \text{ADC码} - 256 = \text{ADC码} / 32 - 256$$

这就是手册给出的近似温度计算公式了，这里的前提是参考电阻Rref的阻值是RTD电阻在0°C时阻值的4倍即 $R_{ref} = 4 * R_0$ 。

## 使用热敏电阻

也可以使用其他电阻式传感器，如热敏电阻（NTC 或 PTC）。选择一个  $R_{REF}$ ，使其大于或等于传感器在感兴趣温度范围内的最大电阻。输出数据是传感器电阻与参考电阻的比值。

Rref比可能的温度范围内最大电阻还要大，那么被测电阻的电压就不会超过Vref，这就保证了ADC的输出不会超过量程。

## 模数转换器 (ADC)

ADC 具有完全差分模拟输入（RTDIN+ 和 RTDIN-）以及完全差分模拟参考输入（REFIN + 和 REFIN-）。输出代码表示模拟输入电压与参考电压的比值。负输入电压产生输出代码 0。输入电压大于参考电压则产生满量程输出。

输入噪声由一个三阶数字“sinc”滤波器衰减。50Hz 或 60Hz 电源的基频谐波衰减 82dB。

## 故障检测和输入保护

MAX31865 可检测外接 RTD 在 2 线、3 线或 4 线电缆中可能出现的各种故障。有些故障仅在主机请求故障检测周期时才会被检测到。

在故障检测周期内，MAX31865 能够通过将 FORCE- 引脚从其 GND2 回流路径断开，并内部模拟短路来检测故障。

以下列出了产生故障的条件，请参见图 4 中的故障检测流程图。

- 在任何一点检测到过压 ( $> V_{DD}$ ) 或欠压 ( $< GND1$ ) - 在 FORCE+、FORCE2、RTDIN+、RTDIN- 或 FORCE- 引脚上
- 每次 ADC 转换时检测到
  - 转换结果大于或等于阈值高
  - 转换结果小于或等于阈值低
- 通过启动故障检测周期（配置寄存器位D[3:2]）按需检测
  - $V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$   
当 FORCE- 输入开关打开时， $V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$
  - 当 FORCE- 输入开关打开时， $V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$

FORCE+、FORCE2、FORCE-、RTDIN+和RTDIN-引脚可承受高达±45V的输入电压。施加至这些引脚的信号由模拟开关控制，当施加电压典型值高于VDD+100mV或低于GND1-400mV时，开关将断开。需注意当发生电压故障时，保护电路可能允许约350fA的漏电流通过。这种故障引发的漏电流不会对MAX31865造成任何损害。

当检测到过压或欠压情况时，故障状态寄存器的D2位会被置位，且模数转换器将停止转换更新，直至故障状态消失后才会恢复转换操作。

1.过压/欠压故障很好理解，这是为了保护芯片内部电路

2.ADC转换结果高于设定的高阈值或者低于设定的低阈值，这是为了温度报警，设定高温报警和低温报警

3.通过设定配置寄存器的D[3:2]位启动故障检测周期，是为了检测线路上是否有开路或者短路。

3.1  $V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$ ：

表示Rref所占电压少于 $0.15 \times V_{BIAS}$ ，而正常设定Rref会大于被测电阻可能的最大值，所以Rref的分压正常  $> 0.5 \times V_{BIAS}$ ，所以，当 $V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$ ，可以判断为被测电路开路。

3.2 当 FORCE- 输入开关打开时， $V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$

FORCE-开关断开，则整个测量回路包括Rref没有电流通路了，没有电流流过。这时这个回路上每个点电压都一样且等于 $V_{BIAS}$ ，所以，此时 $V_{REFIN-}$ 应等于 $V_{BIAS}$ ，如果 $V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ ，则表示Rref断路了，就是板上参考电阻断路了，还不涉及外部接线。

3.3 当 FORCE- 输入开关打开时， $V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$

此故障需要上述3.2故障没有发生才有意义，意思是FORCE-开关断开后， $V_{REFIN-} = V_{BIAS}$ ，但这时 $V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ ，这说明什么？说明从FORCE+到RTDIN-这段外部走线或者被测电阻是断路的。

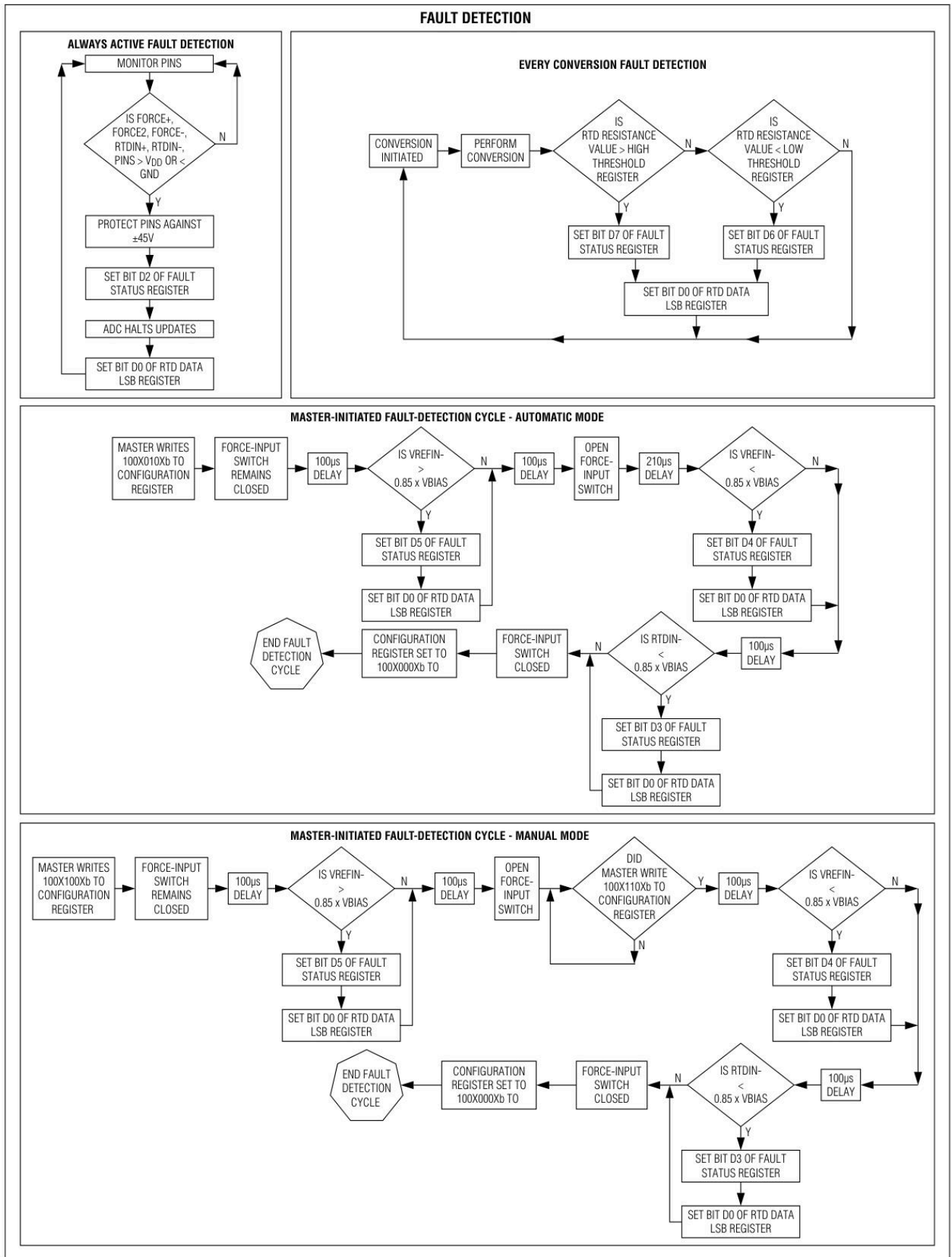


图4. 故障检测流程图



# 内部寄存器

通信通过八个8位寄存器实现，这些寄存器包含转换数据、状态数据和配置数据。所有编程操作均通过选择目标寄存器位置的相应地址完成。表1展示了各寄存器的地址分配情况。

寄存器访问采用0Xh地址进行读取操作，8Xh地址进行写入操作。数据传输遵循高位优先(MSB)原则，即对寄存器进行读写时首先处理最高有效位。

表 1. 寄存器地址和上电复位 (POR) 状态

寄存器名称	读取地址（十六进制）	写入地址（十六进制）	POR 状态	读写属性
配置	00h	80h	00h	读写 (RW)
RTD MSBs	01h	-	00h	只读 (R)
RTD LSBs	02h	-	00h	只读 (R)
高故障阈值 MSB	03h	83h	FFh	读写 (RW)
高故障阈值 LSB	04h	84h	FFh	读写 (RW)
低故障阈值 MSB	05h	85h	00h	读写 (RW)
低故障阈值 LSB	06h	86h	00h	读写 (RW)
故障状态	07h	-	00h	只读 (R)

## 配置寄存器 (00h)

配置寄存器选择转换模式（自动或单次触发），启用或禁用偏置，选择 RTD 连接（三线或四线），启动全功能（要么单次转换，要么连续循环），清除故障状态寄存器，并选择滤波器频率。各个配置位描述如下。

表 2. 配置寄存器定义

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
$V_{BIAS}$ 1 = 开启 0 = 关闭	转换模式 1 = 自动 0 = 正常关闭	单次触发 1 = 单次触发 (1 - shot) 0 = 无	1 = 三线 0 = 四线	故障检测周期控制 (见表 3)	同 D3	故障状态 1 = 清除 0 = 无	50/60Hz 滤波器 1 = 60Hz 0 = 50Hz

## BIAS偏置 (D7)

当正在执行转换时，可禁用  $V_{BIAS}$  以降低功耗。向此位写入 1 以启用  $V_{BIAS}$ 。在开始单次（单次触发）转换之前， $V_{BIAS}$  必须启用。当自动（连续）转换模式被选中时， $V_{BIAS}$  保持启用状态。

## 转换模式 (D6)

向该位写入1可选择自动转换模式，在此模式下转换会以50/60Hz的速率持续进行。向该位写入0则会退出自动转换模式并进入“常态关闭”模式，此模式下可启动单次转换。

## 单次转换 (D5)

当转换模式设置为“常态关闭”时，向该位写入1可启动一次转换，从而进行单次电阻转换。在向该位写入1后，当CS引脚变为高电平时触发转换。请注意，若执行多字节写入操作，转换会在事务结束且CS变为高电平时触发。

如果VBIAS处于开启状态（由配置寄存器选择），则在CS变为高电平时对RTD电压进行采样并开始转换。

需要注意的是，若VBIAS处于关闭状态（为降低转换期间的电源电流），则**RTDIN输入处的任何滤波电容需要先充电，才能执行精确转换**。因此，应先启用VBIAS，并等待至少输入RC网络10.5个时间常数的时间，再额外等待1ms，之后再启动转换。

单次转换在60Hz滤波模式下约需52ms完成，在50Hz滤波模式下约需62.5ms。单次触发（1-Shot）位具有自动清零特性。

## 三线 (D4)

当使用3线RTD连接时，将此位写为1。在此模式下，FORCE+与RTDIN+之间的电压会从(RTDIN+ - RTDIN-)中减去，以补偿因FORCE-和RTDIN-共用单根导线导致的IR误差。若采用2线或4线连接方式，则将此位写为0。

## 故障检测周期 (D[3:2])

主机发起的故障检测周期有两种操作模式，手动模式和自动模式带定时。**如果外部 RTD 接口电路包含一个输入滤波器，且其时间常数大于 100μs，故障检测周期应在手动模式下进行控制。**故障检测周期通过对故障状态寄存器中的相关位进行以下电压检查和设置来操作：

1. REFIN-端电压是否大于85% x VBIAS？（故障状态寄存器位D5）
2. 当FORCE-输入开关断开时，REFIN-端电压是否小于85% x VBIAS？（故障状态寄存器位D4）
3. 当FORCE-输入开关断开时，RTDIN-端电压是否小于85% x VBIAS？（故障状态寄存器位D3）

注意：所有电压均以 GND1 为参考。

应用信息部分提供了用于解码可能导致自设故障位的情况的表格。

**要进入自动故障检测周期，请执行以下操作：**

向配置寄存器写入 `100x010xb`。

- 此时 ADC 进入“常关 (Normally Off)”模式。
- 自动故障检测周期会在检测故障前**插入 100us 的延迟**，以便让外部输入滤波器达到稳定状态。
- 检测完成后，故障检测周期位 (D[3:2]) **自动清零为 00b**。

**要进入手动故障检测周期，请按以下步骤操作：**

1. **确保 VBIAS 已开启至少 5 倍时间常数。**
2. **向配置寄存器写入 `100x100xb`。**
  - 此时 ADC 进入“常关 (Normally Off)”模式。
  - MAX31865 会在 **FORCE- 输入开关闭合** 时进行故障检测。

- 检测完成后，FORCE- 输入开关**打开**。
- 故障检测周期位 (D[3:2]) **保持设置为 10b**。

3. 再次等待至少 5 倍时间常数。

4. 向配置寄存器写入 100x110xb。

- MAX31865 此时会在 **FORCE- 输入开关打开** 时进行故障检测。
- 检测完成后，FORCE- 输入开关闭合。
- 故障检测周期位 (D[3:2]) **自动清零为 00b**。

显然，自动故障检测更加简单，只需要写入一条命令，所以，我们只有在自动故障检测不能满足要求时才会去用手动故障检测。

因为自动故障检测的等待RTD端口充电时间固定是100us，所以如果外部 RTD 接口电路包含一个输入滤波器，且其时间常数大于 100μs，此时只能用手动故障检测。

故障状态清除 (D1)

向该位写入1的同时向D5、D3和D2位写入0，即可将故障状态寄存器中的所有故障状态位(D[7:2])复位为0。需注意：若过压/欠压故障持续存在，故障寄存器中的D2位及随之而来的RTD最低有效位寄存器中的D0位可能在复位后立即再次被置位。故障状态清除位D1会自动复位为0。

50/60Hz (D0)

向此位写入 1 以选择用于噪声抑制滤波器的陷波频率；写入 0 以抑制 50Hz 及其谐波；写入 1 以抑制 60Hz 及其谐波。注意：在自动转换模式下请勿更改陷波频率。

表 3. 故障检测周期控制位

D3	D2	配置寄存器写入 (二进制)	写入操作	读取含义
0	0	XXXX_00XX	无操作	故障检测完成
0	1	100X_001X	带自动延迟的故障检测	自动故障检测仍在运行
1	0	100X_100X	带手动延迟的故障检测（周期 1）	手动周期 1 仍在运行；等待用户写入 11
1	1	100X_110X	带手动延迟的故障检测（周期 2）	手动周期 2 仍在运行

X = 不关心

RTD 电阻寄存器（01h - 02h）

两个 8 位寄存器，RTD MSBs（高位字节）和 RTD LSBs（低位字节），包含 RTD 电阻数据。数据格式见表 4。数据格式简单来说就是 RTD 电阻与参考电阻的 15 位比值。RTD LSBs 寄存器的 D0 位是一个故障位，用于指示是否检测到任何 RTD 故障。

表 4. RTD 电阻寄存器定义

Table 4. RTD Resistance Registers Definition

REGISTER	RTD MSBS (01h) REGISTER								RTD LSBS (02h) REGISTER							
Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RTD Resistance Data	MSB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LSB	Fault
Bit Weighting	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	—
Decimal Value	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	—

表 5. RTD 电阻 - 数据关系

$R_{RTD}/R_{REF}$	二进制	十六进制	十进制
	RTD MSBs (01h)	RTD LSBs (02h)	RTD MSBs (01h)
0.025	0000 0110	0110 0110b	06h
0.125	0010 0000	0000 0000b	20h
0.25	0100 0000	0000 0000b	40h
0.50	1000 0000	0000 0000b	80h
0.75	1100 0000	0000 0000b	C0h
0.999	1111 1111	1111 1110b	FFh

注意：假设 D0 (“故障”) 为 0。

故障阈值寄存器 (03h - 06h)

高故障阈值寄存器 (High Fault Threshold Register) 和低故障阈值寄存器 (Low Fault Threshold Register) 用于设定RTD故障检测的跳变阈值。

RTD转换的结果会与这些寄存器中的值进行比较，以生成故障状态寄存器 (Fault Status register) 中的“故障位”(D[7:6])。

RTD数据寄存器、高故障阈值寄存器和低故障阈值寄存器均采用相同的格式。

- **RTD高故障位 (RTD High bit)** 在故障状态寄存器中的置位条件：  
如果**RTD电阻寄存器值**大于或等于**高故障阈值寄存器**中的值，则该位置位。  
高故障阈值寄存器的**上电复位 (POR) 值为 FFFFh**。
- **RTD低故障位 (RTD Low bit)** 在故障状态寄存器中的置位条件：  
如果**RTD电阻寄存器值**小于或等于**低故障阈值寄存器**中的值，则该位置位。  
低故障阈值寄存器的**上电复位 (POR) 值为 0000h**。

故障状态寄存器 (07h)

故障状态寄存器锁存任何检测到的故障位；向配置寄存器中的故障状态清除位写入1将所有故障状态位清零。

表6. 故障阈值寄存器定义

REGISTER	HIGH FAULT THRESHOLD MSB (03h) REGISTER								HIGH FAULT THRESHOLD LSB (04h) REGISTER							
	LOW FAULT THRESHOLD MSB (05h) REGISTER								LOW FAULT THRESHOLD LSB (06h) REGISTER							
Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RTD Resistance Data	MSB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LSB	X
Bit Weighting	2 <sup>14</sup>	2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	—
Decimal Value	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	—

X = Don't care

表7. 故障状态寄存器定义

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RTD高 阈值	RTD低 阈值	REFIN- > 0.85× V <sub>BIAS</sub>	REFIN- < 0.85× V <sub>BIAS</sub> (FORCE- 打 开)	RTDIN- < 0.85× V <sub>BIAS</sub> (FORCE- 打 开)	过压/ 欠压故 障	x	x

串行接口

MAX31865支持SPI模式1和3。该器件使用四个引脚进行SPI兼容通信：SDO（串行数据输出）、SDI（串行数据输入）、CS（片选）和SCLK（串行时钟）。SDI与SDO分别为器件的串行数据输入与输出引脚。CS输入信号用于启动和终止数据传输。SCLK时钟信号则同步主设备（微控制器）与从设备（MAX31865）之间的数据传送。

串行时钟（SCLK）由微控制器产生，仅在片选（CS）为低电平期间，以及在向SPI总线上的任何器件进行地址和数据传输期间有效。某些微控制器中，时钟的空闲极性是可编程的。MAX31865通过在CS变为有效时对SCLK进行采样来确定空闲时钟的极性，从而自动适应任一时钟极性。输入数据（SDI）在内部选通沿锁存，输出数据（SDO）在移位沿移出（参见表8和图5）。每个传输的位对应一个时钟。地址和数据位以八位为一组进行传输，且最高有效位（MSB）在前。

地址和数据字节

地址和数据字节以最高有效位（MSB）在前的方式，通过串行数据输入（SDI）移入，并从串行数据输出（SDO）移出。任何传输都需要一个地址字节，以指明是进行写入还是读取操作，随后是一个或多个字节的数据。对于读操作，数据从SDO输出；对于写操作，数据通过SDI输入。地址字节总是在片选（CS）被拉低之后传输的第一个字节。该字节的最高位（A7）决定了后续字节是读取还是写入。如果A7为0，则在地址字节之后进行一个或多个字节的读取操作；如果A7为1，则在地址字节之后进行一个或多个字节的写入操作。

对于单字节传输，读取或写入一个字节后，片选（CS）即被拉高（参见图6和图7）。对于多字节传输，在地址写入后，可以连续读取或写入多个字节（参见图8）。只要CS保持低电平，地址就会在所有存储位置中持续递增。如果继续进行时钟输入或输出，地址会从7Fh/FFh循环回到00h/80h。访问无效的存储地址时，返回的值为FFh。尝试向只读寄存器写入数据，则该寄存器的内容不会发生任何改变。

表8. 功能表

模式		SCLK	SDI	SDO
禁用复位	高电平	输入禁用	输入禁用	高阻态

模式	$\overline{CS}$	SCLK	SDI	SDO
写	低电平	$CPOL = 1^*$ , SCLK 上升沿	数据位锁存	高阻态
		$CPOL = 0$ , SCLK 下降沿		
读	低电平	$CPOL = 1$ , SCLK 下降沿	X	下一个数据位移位**
		$CPOL = 0$ , SCLK 上升沿		

**注意：**CPHA 位极性必须设置为 1。

\*CPOL 是在微控制器的控制寄存器中设置的时钟极性位。

\*\*在读取期间，直到 8 位数据准备好被移出之前，SDO 保持高阻态。

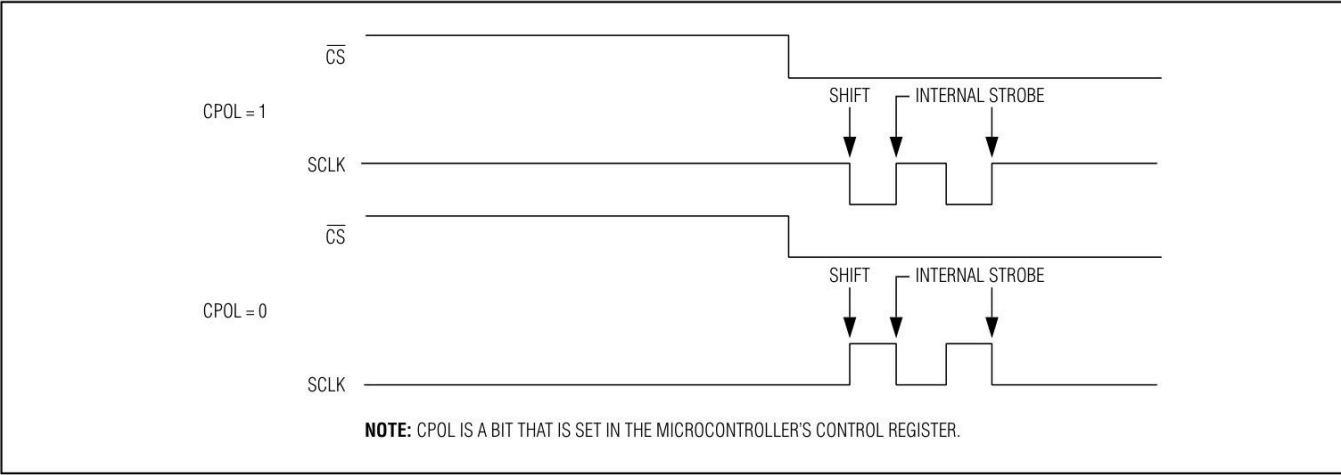


图5. 作为微控制器时钟极性（CPOL）函数的串行时钟

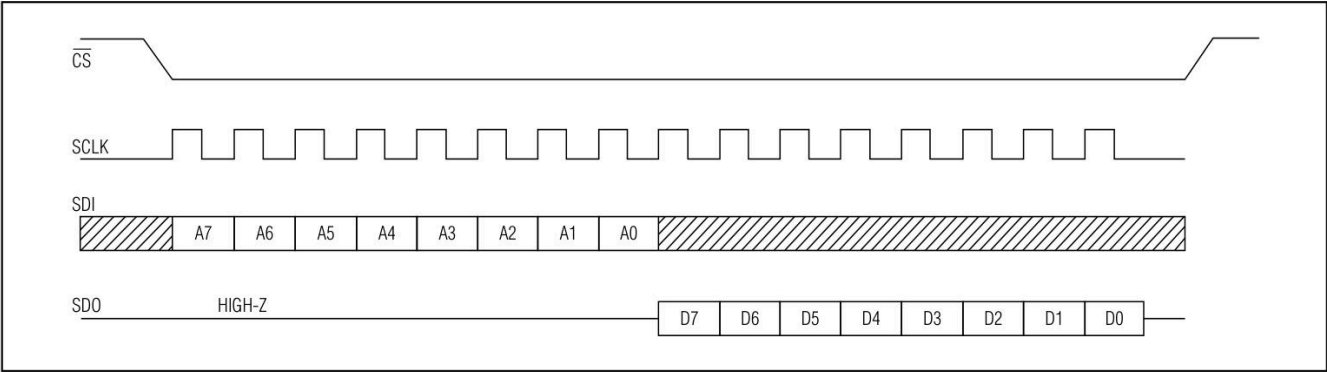


图6. SPI单字节读取

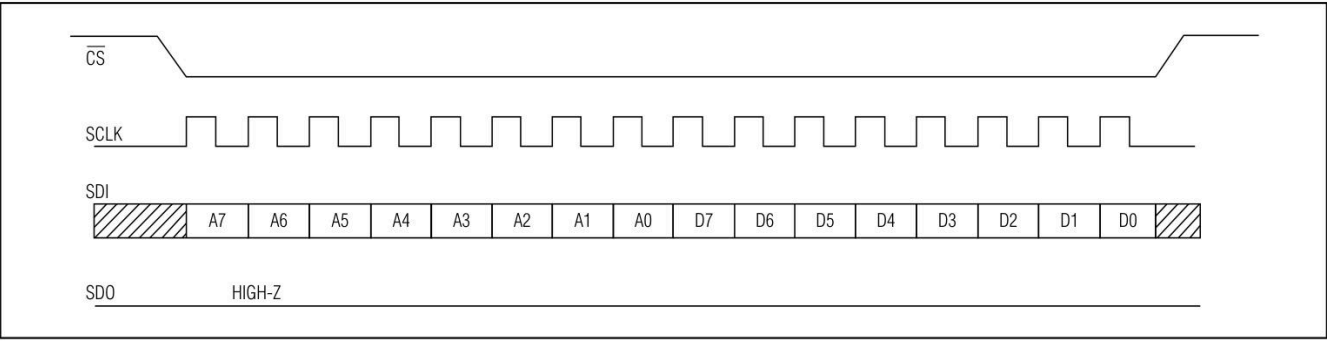


图7. SPI单字节写入

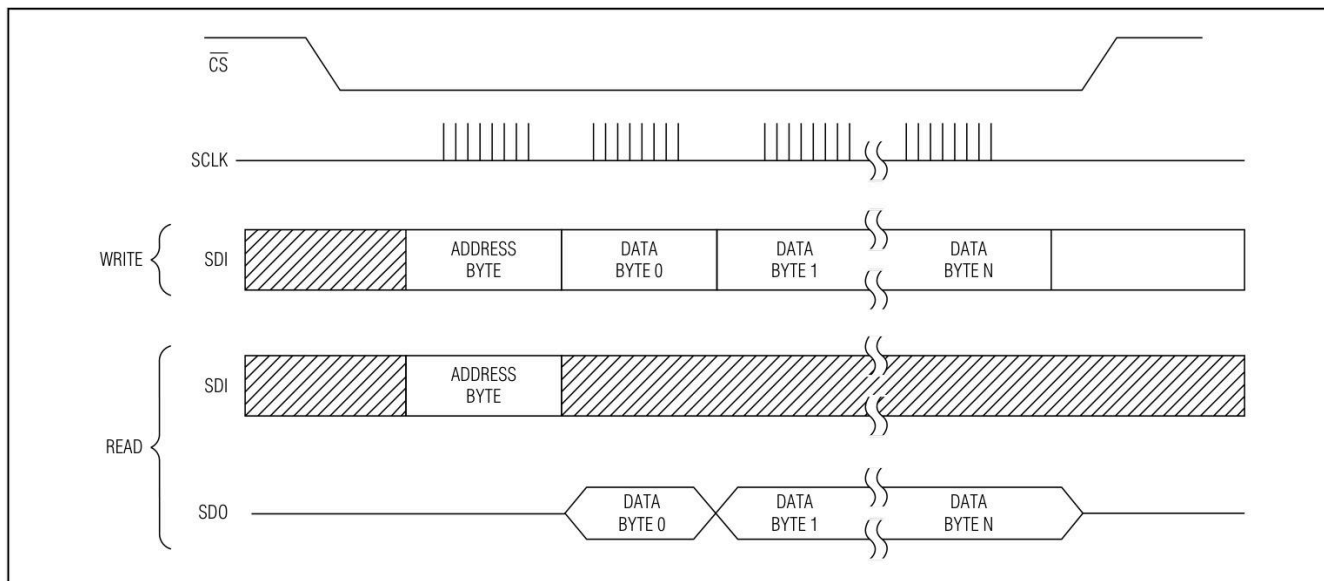


图8. SPI多字节传输

## $\overline{DRDY}$

当 RTD 数据寄存器中有新的转换结果时， $\overline{DRDY}$  输出变为低电平。当对 RTD 数据寄存器的读取操作完成时， $\overline{DRDY}$  恢复为高电平。

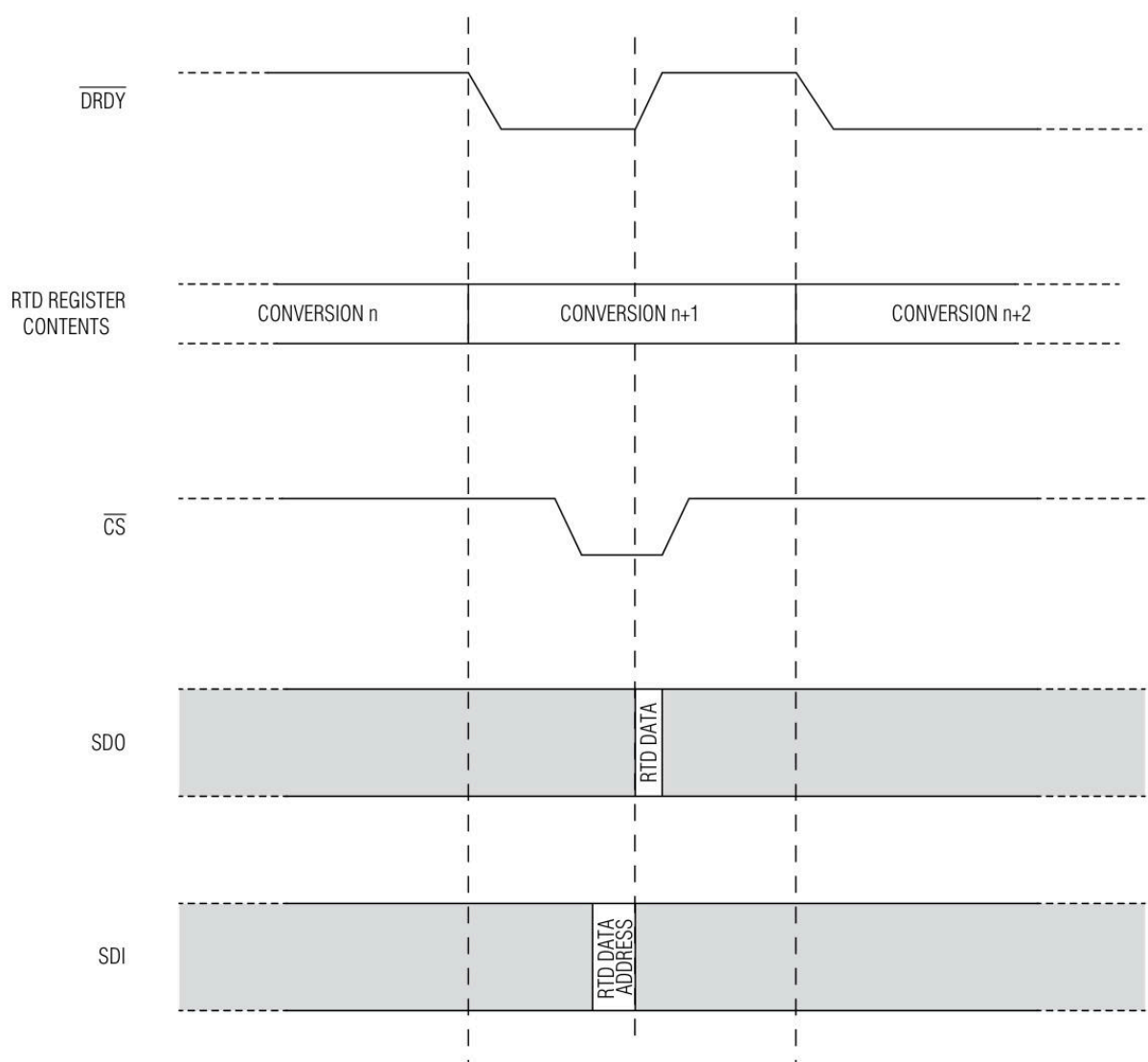


图9. DRDY操作

## 应用信息

在噪声环境中工作时，可在 **RTDIN+** 和 **RTDIN-** 输入两端并联一个滤波电容。在过压或欠压故障后、故障检测周期后或启用VBIAS后，重启ADC前务必预留输入滤波器的稳定时间。为达到指定精度，建议延迟时间至少为五个时间常数加上额外1ms（用于保护器件稳定）。

## 将RTD数据寄存器值转换为温度

RTD数据寄存器中的比例式ADC转换结果可通过几次计算转换为温度值。

首先，需要使用以下公式确定RTD的电阻：

$$R_{RTD} = (ADC\ Code \times R_{REF}) / 2^{15}$$

其中，ADC Code = 来自 RTD 数据寄存器（01h-02h）的 15 位 ADC 转换结果；

RREF = 基准电阻的阻值

一旦知晓RTD的电阻值，就可以利用所选RTD明确的电阻特性，通过计算或查找表来确定温度。



在典型的PT100热电阻搭配400I高精度低漂移基准电阻的情况下，表9列出了温度、电阻值及相应ADC码值结果的示例。

表9. 搭配400Ω基准电阻（RREF）的PT100温度示例

温度 (°C)	RTD阻值 (Ω)	RTD 数据寄存器(01h - 02h) (hex)	ADC CODE (dec)	ADC CODE/32-256 (°C)
-200	18.52	0BDAh	1517	-208.59
-175	29.22	12B4h	2394	-181.19
-150	39.72	196Ch	3254	-154.31
-125	50.06	200Ah	4101	-127.84
-100	60.26	2690h	4936	-101.75
-75	70.33	2D04h	5762	-75.94
-50	80.31	3366h	6579	-50.41
-40	84.27	35EEh	6903	-40.28
-30	88.22	3876h	7227	-30.16
-20	92.16	3AFCh	7550	-20.06
-10	96.09	3D7Eh	7871	-10.03
0	100.00	4000h	8192	0.00
10	103.90	4280h	8512	10.00
20	107.79	44FCh	8830	19.94
30	111.67	4778h	9148	29.88
40	115.54	49F2h	9465	39.78
50	119.40	4C6Ah	9781	49.66
60	123.24	4EE0h	10096	59.50
70	127.08	5154h	10410	69.31
80	130.90	53C6h	10723	79.09
90	134.71	5636h	11035	88.84
100	138.51	58A4h	11346	98.56
110	142.29	5B12h	11657	108.28
120	146.07	5D7Ch	11966	117.94
130	149.83	5FE4h	12274	127.56

温度 (°C)	RTD阻值 (Ω)	RTD 数据寄存器(01h - 02h) (hex)	ADC CODE (dec)	ADC CODE/32-256 (°C)
140	153.58	624Ch	12582	137.19
150	157.33	64B0h	12888	146.75
160	161.05	6714h	13194	156.31
170	164.77	6974h	13498	165.81
180	168.48	6BD4h	13802	175.31
190	172.17	6E30h	14104	184.75
200	175.86	708Ch	14406	194.19
225	185.01	7668h	15156	217.63
250	194.10	7C3Ah	15901	240.91
275	203.11	81FEh	16639	263.97
300	212.05	87B6h	17371	286.84
325	220.92	8D64h	18098	309.56
350	229.72	9304h	18818	332.06
375	238.44	989Ah	19533	354.41
400	247.09	9E24h	20242	376.56
425	255.67	A3A2h	20945	398.53
450	264.18	A914h	21642	420.31
475	272.61	AE7Ah	22333	441.91
500	280.98	B3D4h	23018	463.31
525	289.27	B922h	23697	484.53
550	297.49	BE64h	24370	505.56

## 检测 RTDIN+ 电缆故障

在3线和4线RTD连接配置中，如果RTDIN+电缆断裂或断开，会导致MAX31865的ADC+输入端处于无偏置状态。这将导致ADC转换结果不可预测，结果可能受到PCB布局、外部电路噪声和环境温度的影响。这种电缆故障状况可能无法被检测到，具体取决于故障阈值寄存器中的设置值。

如果需要检测此状况，可以在RTDIN+引脚与BIAS引脚之间添加一个10MΩ的电阻。这样做后，如果RTDIN+引线断裂或断开，将导致RTD电阻测量值达到满量程，从而可以被明确识别为故障状态。

# 解码RTD及电缆故障状态

每次转换时，系统都会根据电阻数据检测RTD元件是否开路或短路。

- **RTD开路**：会导致读数达到满量程。可通过设置**高故障阈值寄存器**来设定开路检测阈值。如果转换结果大于或等于该阈值，则在本次转换结束时，**故障状态寄存器**中的“RTD高”(RTD High) 位将被置位。此外，也可以通过检测 **VREFIN- > 0.85 × VBIAS** 这一条件来按需判断RTD是否开路。
- **RTD短路**：产生的转换结果接近零。可通过设置**低故障阈值寄存器**来设定短路检测阈值。

表10、表11和表12总结了在2线、3线和4线配置下RTD及电缆故障的检测方法，并提供了最常见故障原因的说明。

**故障状态位**（Fault Status bits）会被锁存，直到**配置寄存器**中的“故障清除位”(Fault Clear bit) 被置位。这一机制使得间歇性发生的故障也能被捕获和记录。

表10. 当RTD数据最低有效位寄存器中的故障位=1时，二线制设置下RTD故障的解码方法

状态位设置故障	可能原因描述	检测条件	结果数据描述
D7	RTD 元件开路	测量电阻值大于高故障阈值	满量程
D6	RTD 元件短路 RTDIN+ 短路至低电平	测量电阻值小于低故障阈值	接近零
D5	RTD 开路 RTDIN+ 短路至高电平 RTDIN- 短路至高电平	$V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$	满量程 不确定 不确定
D4	RTDIN- 短路至低电平	$V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- 开路)	看似有效
D3	RTDIN- 短路至低电平 RTDIN+ 短路至低电平	$V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- 开路)	看似有效 接近零
D2	过压或欠压故障	任何受保护输入电压 > $V_{DD}$ 或 < GND1	不确定

表11. 当RTD数据最低有效位寄存器中的故障位=1时，三线制设置下RTD故障的解码方法

状态位设置故障	可能原因描述	检测条件	结果数据描述
D7	RTD 元件开路 RTDIN+ 短路至高电平且未连接至 RTD Force+ 短路至高电平且连接至 RTD	测量电阻值大于高故障阈值	满量程
D6	RTDIN+ 短路至 RTDIN- RTDIN+ 短路至低电平且未连接至 RTD Force+ 短路至低电平	测量电阻值小于低故障阈值	接近零

状态位设置故障	可能原因描述	检测条件	结果数据描述
D5	RTD 元件开路 Force+ 短路至高电平且连接至 RTD Force+ 未连接 Force+ 短路至高电平且未连接至 RTD RTDIN- 短路至高电平	$V_{\text{REFIN-}} > 0.85 \times V_{\text{BIAS}}$	满量程 不确定
D4	RTDIN- 短路至低电平	$V_{\text{REFIN-}} < 0.85 \times V_{\text{BIAS}}$ (FORCE- 开路)	看似有效
D3	Force+ 短路至低电平 RTDIN+ 短路至低电平且连接至 RTD RTDIN- 短路至低电平	$V_{\text{RTDIN-}} < 0.85 \times V_{\text{BIAS}}$ (FORCE- 开路)	接近零 看似有效
D2	过压或欠压故障	任何受保护输入电压 $> V_{\text{DD}}$ 或 $< \text{GND1}$	不确定

表12. 当RTD数据最低有效位寄存器中的故障位=1时，四线制设置下RTD故障的解码方法

状态位设置故障	可能原因描述	检测条件	结果数据描述
D7	RTD 元件开路 RTDIN+ 短路至高电平且未连接至 RTD Force+ 短路至高电平且连接至 RTD	测量电阻值大于高故障阈值	满量程
D6	RTDIN+ 短路至 RTDIN- RTDIN+ 短路至低电平且未连接至 RTD RTDIN- 短路至高电平且未连接至 RTD Force+ 短路至低电平	测量电阻值小于低故障阈值	接近零

状态位设置故障	可能原因描述	检测条件	结果数据描述
D5	RTD 元件开路 Force+ 短路至高电平且连接至 RTD Force- 未连接 Force+ 未连接 Force+ 短路至高电平且未连接至 RTD Force- 短路至高电平且未连接至 RTD Force- 短路至高电平且连接至 RTD Force- 短路至低电平且未连接至 RTD	$V_{REFIN-} > 0.85 \times V_{BIAS}$	满量程 满量程 其余为不确定
D4	Force- 短路至低电平且连接至 RTD RTDIN- 短路至低电平且连接至 RTD	$V_{REFIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- 开路)	不确定 看似有效
D3	Force+ 短路至低电平 RTDIN+ 短路至低电平且连接至 RTD RTDIN- 短路至低电平且连接至 RTD RTDIN- 短路至低电平且未连接至 RTD Force- 短路至低电平	$V_{RTDIN-} < 0.85 \times V_{BIAS}$ (FORCE- 开路)	接近零 接近零 看似有效 看似有效
D2	过压或欠压故障	任何受保护输入电压 $> V_{DD}$ 或 $< GND1$	不确定

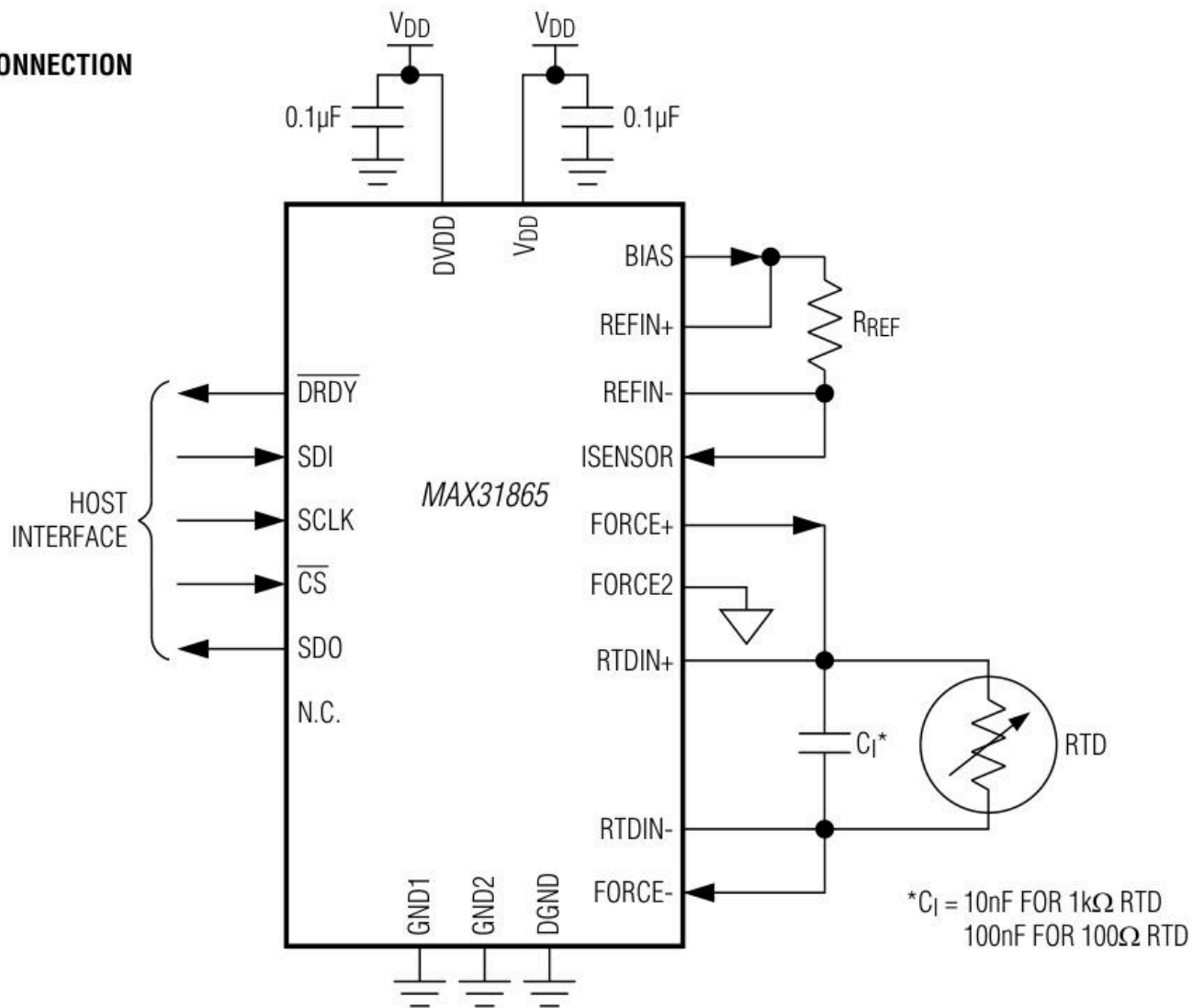
## 电源去耦

为了在使用该器件时获得最佳效果，请使用0.1μF电容对 $V_{DD}$ 和DVDD电源进行去耦。尽可能选用高品质的表面贴装陶瓷电容。表面贴装元件可最小化引线电感，从而提升性能，而陶瓷电容通常具备足够的高频响应能力，适用于去耦应用。

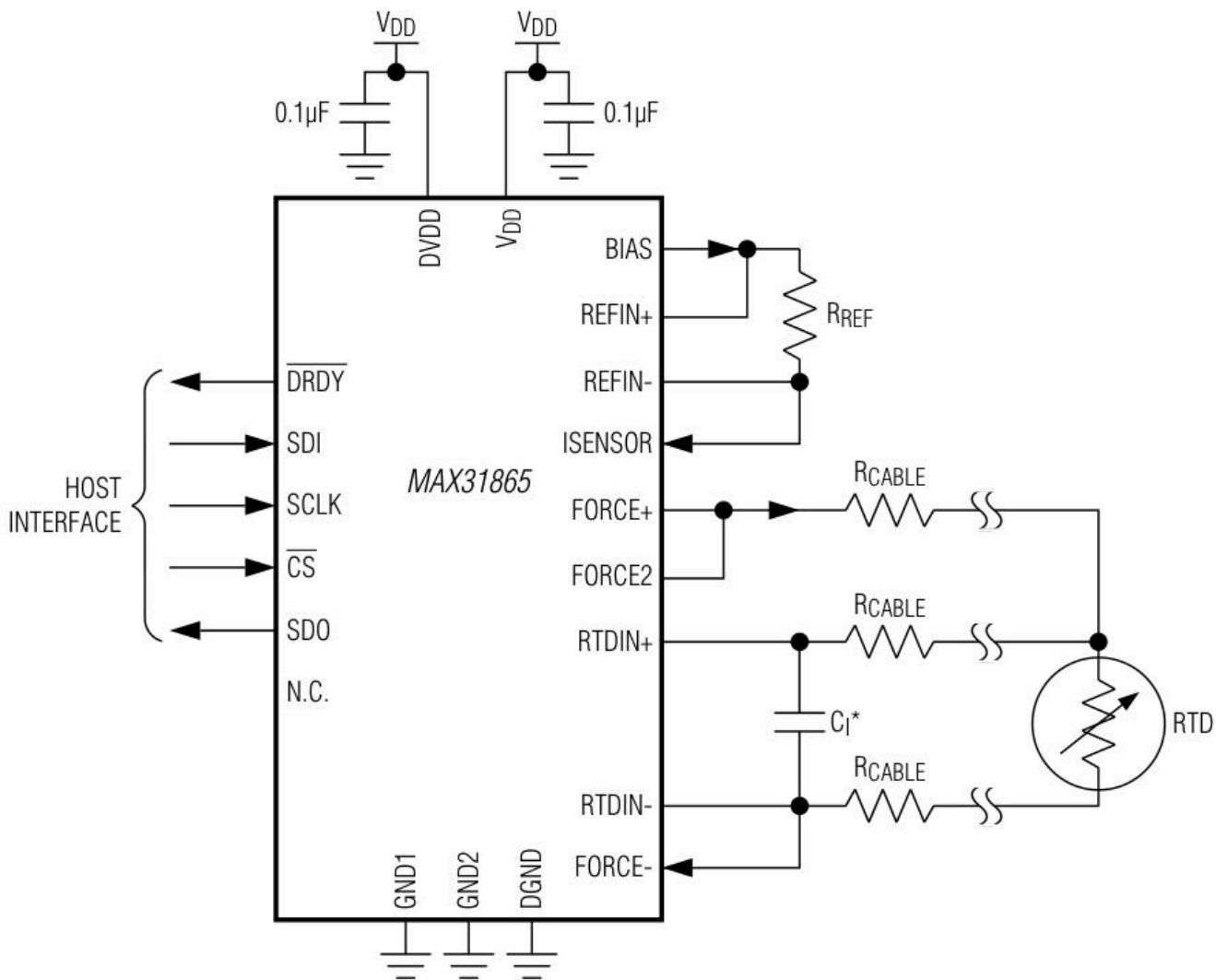
## 典型应用电路

### 2线制

## 1 CONNECTION



## 3线制



对于3线制，FORCE+线走电流，而RTDIN+线不走电流，而RTDIN-与FORCE-接在一起走电流，所以要得到RTD两端的电流，需要消除负线因为走电流，引线电阻引起的压降。

通过芯片内部的开关，可以选择FORCE+或者RTDIN+接入ADC：

如果FORCE+接入ADC，那么ADC的差分输入电压 = 走线压降X2 + RTD电压

如果RTDIN+接入ADC，那么ADC的差分输入电压 = 走线压降 + RTD电压

两者相减就能得到走线压降，进一步得到RTD电压。

这就是3线制消除走线压降的原理。

它的线少了一根，但需要多两个开关，或者是多一路输入接入到ADC，才能测得走线压降，进而得到RTD电压。

## 订购信息

部件	温度范围	引脚封装
MAX31865AAP+	-40°C 至 +125°C	20 引脚 SSOP
MAX31865AAP+T	-40°C 至 +125°C	20 引脚 SSOP

部件	温度范围	引脚封装
MAX31865ATP+	-40°C 至 +125°C	20 引脚 TQFN-EP*
MAX31865ATP+T	-40°C 至 +125°C	20 引脚 TQFN-EP*

+表示无铅/符合RoHS标准的封装。T=卷带包装。\*EP=裸露焊盘。

## 封装信息

如需获取最新的封装外形信息和焊盘图形（封装尺寸），请访问 [www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages)。请注意，封装代码中的“+”、“#”或“-”仅表示符合RoHS标准的状态。封装图纸可能显示不同的后缀字符，但该图纸适用于相应封装，与RoHS状态无关。

封装类型	封装代码	外形编号	焊盘图形编号
20引脚TQFN-EP	T2055+5	21-0140	90-0010
20引脚SSOP	A20+1	21-0056	90-0094