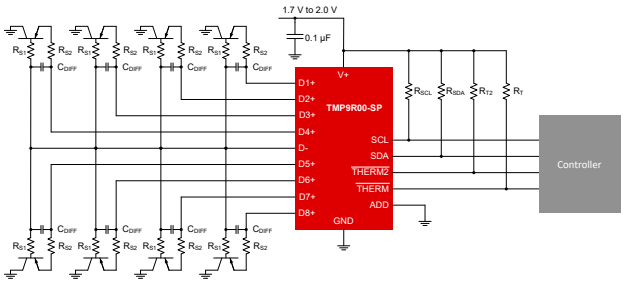
TMP9R00-SP 9 通道（8 条远程通道和 1 条本地通道）高精度温度传感器

1 特性

- 符合 QMLV 标准：5962R2021401VXC
  - 耐辐射 (RHA)：在 10mrad/s 的低剂量率 (LDR) 下，可抵抗高达 100krad(Si) 的电离辐射总剂量 (TID)
  - 单粒子锁定 (SEL) 在 125°C 下的抗扰度可达 76MeV·cm2/mg
  - 热增强型 16 引线陶瓷 HKT 封装
- 8 通道远程二极管温度传感器精度：±1.5°C
- 本地温度传感器精度：±1.5°C
- 温度分辨率：0.0625°C
- 逻辑电压范围：1.7V 至 3.6V
- 电源电压范围：1.7V 至 2.0V
- 67µA 工作电流（1SPS，所有通道运行）
- 关断电流：0.3µA
- 远程二极管：串联电阻抵消、
  η 因子校正、偏移校正和二极管故障检测
- 寄存器锁定功能可保护关键寄存器
- 与 I²C 或 SMBus™ 兼容的双线制接口，支持引脚可编程地址

2 应用

- 卫星
- 航电设备
- 航天器 FPGA、ADC、DAC 和 ASIC 温度监控
- 航天器辅助控制和遥测



典型应用原理图

3 说明

TMP9R00-SP 器件是一款使用双线制 SMBus 或 I²C 兼容接口的耐辐射、多区域、高精度且低功耗的温度传感器，最多可同时监控八个远程温度区域和一个本地温度区域，从而在一个系统中聚合温度测量值，降低设计复杂性。典型用例是监控不同大功率器件的温度，如 MCU、GPU、ADC、DAC 和 FPGA。由于包括串联电阻抵消、可编程理想因子、温度偏移校正和温度限制等高级功能，因此可提供稳健的热监控解决方案。

每个远程通道和本地通道都具有两个独立可编程的阈值，会在对应的温度超过限值时触发。可编程迟滞设置可避免阈值切换。

TMP9R00-SP 器件可提供高测量精度 (±1.5°C) 和高测量分辨率 (0.0625°C)。该器件支持低电压轨（1.7V 至 2.0V）和通用双线制接口（1.7V 至 3.6V），工作温度范围为 55°C 至 125°C，远程结温范围为 –55°C 至 150°C。

封装信息(1)

器件型号	等级	封装	封装尺寸（标称值）
5962R2021401VXC	QMLV RHA	CFP (16)	10.16mm × 7.10mm
TMP9R00HKT/EM	工程样片(2)	CFP (16)	10.16mm × 7.10mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。

(2) 这些器件仅适用于工程评估。器件按照不合规的流程进行加工处理。这些部件不适用于质检、生产、辐射测试或飞行。无法保证器件在整个军用额定温度范围（-55°C 至 125°C）内或其使用寿命内性能无恙。

本文档旨在为方便起见，提供有关 TI 产品中文版本的信息，以确认产品的概要。有关适用的官方英文版本的最新信息，请访问 www.ti.com，其内容始终优先。TI 不保证翻译的准确性和有效性。在实际设计之前，请务必参考最新版本的英文版本。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 修订历史记录 2
5 引脚配置和功能 3
6 规格 4
6.1 绝对最大额定值 4
6.2 ESD 等级 4
6.3 建议运行条件 4
6.4 热性能信息 4
6.5 电气特性 5
6.6 双线制时序要求 6
6.7 典型特性 7
7 详细说明 9
7.1 概述 9
7.2 功能方框图 9
7.3 特性说明 10
7.4 器件功能模式 11
7.5 编程 12
7.6 寄存器映射 18
8 应用和实施 28
8.1 应用信息 28
8.2 典型应用 28
8.3 电源相关建议 31
8.4 布局 32
9 器件和文档支持 34
9.1 接收文档更新通知 34
9.2 支持资源 34
9.3 商标 34
9.4 静电放电警告 34
9.5 术语表 34
10 机械、封装和可订购信息 34

4 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (December 2021) to Revision A (August 2022)	Page
• 从*封装信息* 表中删除了 5962R2021401VXC QMLV 等级选项	1
• 为输入电容参数添加了最大值	5
• 将*电源相关建议* 和*布局* 部分移到了*应用和实施* 部分	31

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

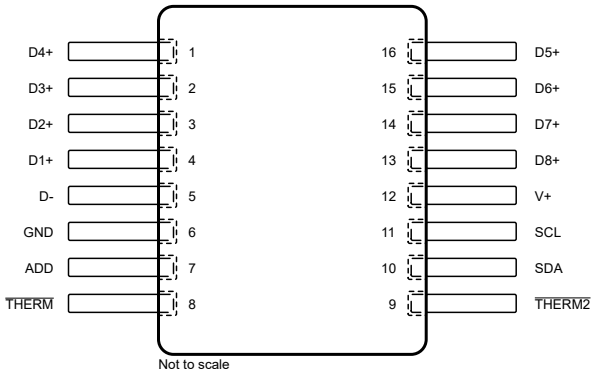


图 5-1. TMP9R00-SP HKT 封装 16 引脚 CFP 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
D4+	1	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D3+	2	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D2+	3	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D1+	4	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D-	5	模拟输入	与远程温度传感器的负极连接。8 个远程通道通用。
GND	6	接地	电源接地连接
ADD	7	数字输入	地址选择。连接至 GND、V+、SDA 或 SCL。
$\overline{\text{THERM}}$	8	数字输出	热关断或风扇控制引脚。 低电平有效；开漏；需要一个上拉电阻器连接介于 1.7V 和 3.6V 之间的电压，不一定是 V+。如果此引脚未使用，可以保持开路或接地。
$\overline{\text{THERM2}}$	9	数字输出	第二个 $\overline{\text{THERM}}$ 输出。 低电平有效；开漏；需要一个上拉电阻器连接介于 1.7V 和 3.6V 之间的电压，不一定是 V+。如果此引脚未使用，可以保持开路或接地。
SDA	10	双向数字输入/输出	串行数据线，适用于与 I^2C 或 SMBus 兼容的两线制接口。开漏；需要一个上拉电阻器连接介于 1.7V 和 3.6V 之间的电压，不一定是 V+。
SCL	11	数字输入	串行时钟线，适用于与 I^2C 或 SMBus 兼容的两线制接口。 如果由开漏输出驱动，则需要一个上拉电阻器连接介于 1.7V 和 3.6V 之间的电压（不一定是 V+）。
V+	12	电源	正电源电压，1.7V 至 2.0V；需要将 0.1μF 旁路电容器接地。
D8+	13	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D7+	14	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D6+	15	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。
D5+	16	模拟输入	与远程温度传感器的正极连接。共支持 8 个远程通道。未使用的通道必须连接到 D-。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
电源	V+	–0.3	2.3	V
输入电压	仅限 $\overline{\text{THERM}}$、$\overline{\text{THERM2}}$、SDA、SCL 和 ADD	–0.3	6	V
	D+1 至 D+8	-0.3	((V+) + 0.3) 且 ≤ 6.0V	
	仅 D-	–0.3	0.3	
输入电流	SDA 灌电流	-25		mA
	所有其他引脚	-10	10	
工作温度		-55	150	°C
结温（T_J 最大值）			150	°C
贮存温度，T_{stg}		–60	150	°C

(1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不意味着器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在建议运行条件之外但在绝对最大额定值范围内短暂运行，器件可能不会受到损坏，但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。

6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准(1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准(2)	±750	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文件 JEP157 指出：250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V+	电源电压	1.7		2.0	V
T_A	自然通风条件下的工作温度范围	-55		125	°C
T_D	远程结温	-55		150	°C
V_{IO}	IO 电压（SCL、SDA、$\overline{\text{THERM}}$、$\overline{\text{THERM2}}$）	1.7		3.6	V

6.4 热性能信息

热指标		TMP9R00-SP HKT (CFP) 16 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	52.6	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	61.8	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	36.4	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	31.0	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	36.2	°C/W

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性

在 T_A = -55 °C 至 125 °C 并且 V+ = 1.7 V 至 2.0 V 时测得（除非另有说明）。

参数			条件	最小值	典型值	最大值	单位
温度测量							
T_{LOCAL}	本地温度传感器精度		T_A = -55 °C 至 125 °C	-1.5	±0.5	1.5	°C
T_{REMOTE}	远程温度传感器精度		T_A = –55°C 至 125°C T_D = –55°C 至 150°C	-2	±0.5	2	°C
	本地温度误差电源敏感度			-0.25	±0.05	0.25	°C/V
	远程温度误差电源敏感度			-0.5	±0.1	0.5	°C/V
	温度分辨率（本地和远程）				0.0625		°C
	ADC 转换时间		单次模式，每通道（本地或远程）		16	17	ms
	ADC 分辨率				13		位
	远程传感器拉电流	高	串联电阻 1kΩ（最大值）		120		μA
		中			45		
		低			7.5		
η	远程晶体管理想因数		η 因数校正寄存器 = 0000h		1.008		
串行接口							
V_{IH}	高电平输入电压			0.7×(V+)			V
V_{IL}	低电平输入电压					0.3×(V+)	V
	Hysteresis				200		mV
	SDA 输出低电平灌电流			20			mA
V_{OL}	低电平输出电压		I_O = –15mA；V+ < 2V			0.2×(V+)	V
	串行总线输入漏电流		0 V ≤ V_{IN} ≤ 3.6 V	-1		1	μA
	串行总线输入电容				11	20	pF
数字输入							
V_{IH}	高电平输入电压			0.7×(V+)			V
V_{IL}	低电平输入电压			–0.3		0.3×(V+)	V
	输入漏电流		0 V ≤ V_{IN} ≤ 3.6 V	-1		1	μA
	输入电容				4	10	pF
数字输出							
	输出低电平灌电流		V_{OL} = 0.4V	6			mA
V_{OL}	低电平输出电压		I_O=-6 mA		0.15	0.4	V
I_{OH}	高电平输出漏电流		V_O = V+			1	μA
电源							
V+	指定的电源电压范围			1.7		2.0	V
I_Q	静态电流		有效转换，本地传感器		240	375	μA
			有效转换，远程传感器		400	600	
			待机模式（转换之间）		15	21	
			关断模式，串行总线无效		0.3	4	
			关断模式，串行总线有效，f_S = 400kHz		120		
			关断模式，串行总线有效，f_S = 2.56MHz		300		
POR	加电复位阈值		上升沿		1.5	1.65	V
			下降沿	1.0	1.2	1.35	
POH	上电复位迟滞				0.2		V

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.6 双线制时序要求

-55°C 至 125°C 且 V+ = 1.7V 至 2.0V，除非另有说明。控制器和目标的 V+ 相同。此类数值基于在初始发布期间对测试样本的统计分析。

		快速模式		高速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
f_{SCL}	SCL 运行频率	0.001	0.4	0.001	2.56	MHz
t_{BUF}	停止条件和启动条件之间的总线空闲时间	1300		160		ns
$t_{HD;STA}$	重复启动条件后的保持时间。在此周期后，生成第一个时钟。	600		160		ns
$t_{SU;STA}$	重复开始条件建立时间	600		160		ns
$t_{SU;STO}$	停止条件设置时间	600		160		ns
$t_{HD;DAT}$	SDA 时的数据保持时间	0	-(1)	0	130	ns
$t_{VD;DAT}$	数据有效时间 (2)	0	900	-	-	ns
$t_{SU;DAT}$	数据设置时间	100		20		ns
t_{LOW}	SCL 时钟低电平周期	1300		250		ns
t_{HIGH}	SCL 时钟高电平周期	600		60		ns
t_F – SDA	数据下降时间	20 × (V+/5.5)	300		100	ns
t_F，t_R – SCL	时钟下降和上升时间		300		40	ns
t_R	SCL ≤ 100kHz 时的上升时间		1000			ns
	串行总线超时	15	20	15	20	ms

(1) 对于快速模式，t_{HDDAT} 最大值可达 0.9µs，比 t_{VDDAT} 最大值要小一个转换时间。
(2) t_{VDDATA} = 数据信号从 SCL 低电平到 SDA 输出（高电平到低电平，以更差的情况为准）的时间。

6.6.1 时序图

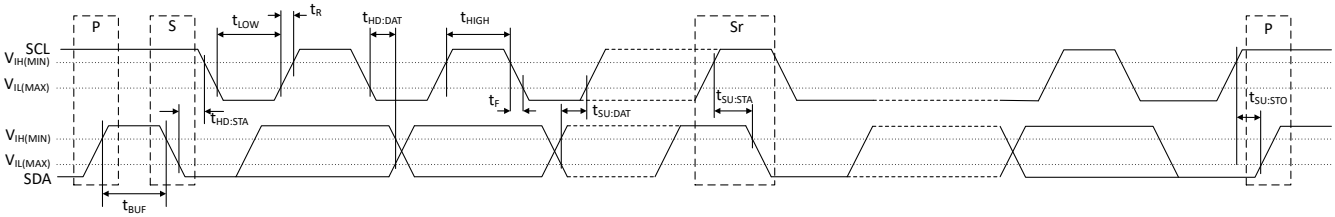


图 6-1. 两线制时序图

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性

在 T_A 25°C 并且 V+ = 1.8 V 时测得（除非额外注明）

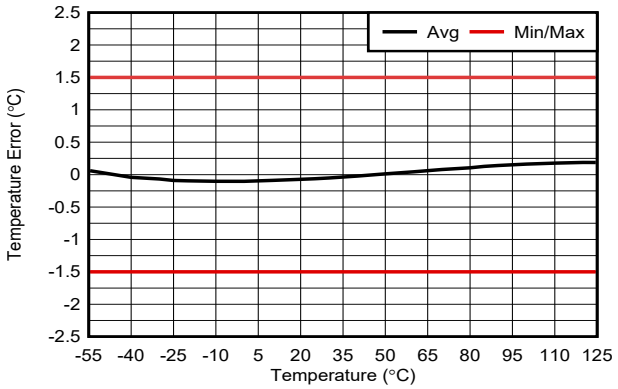


图 6-2. 本地温度误差与环境温度之间的关系

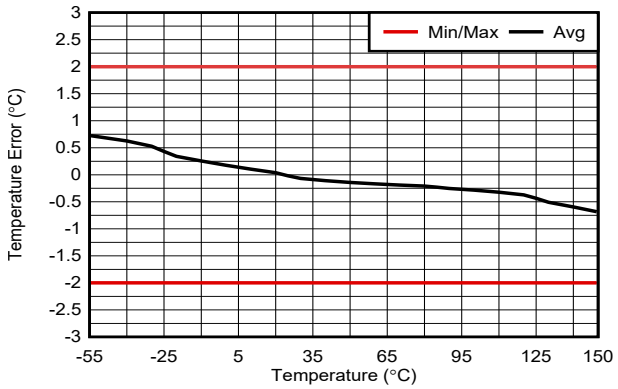


图 6-3. 远程温度误差与器件结温之间的关系

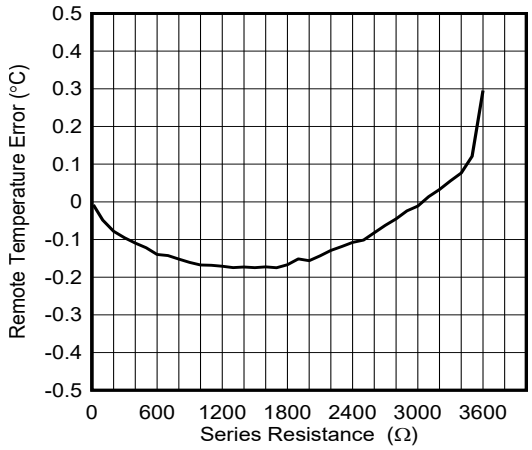
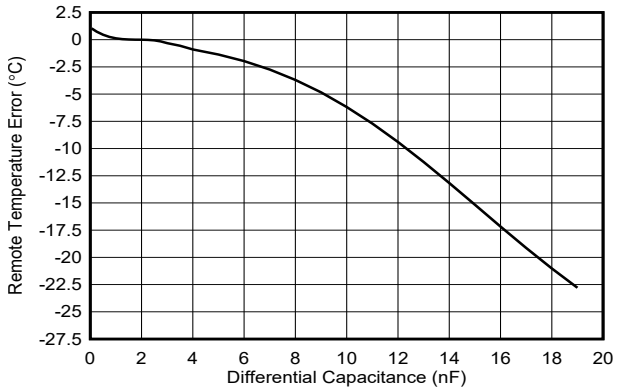


图 6-4. 远程温度误差与串联电阻之间的关系



测量期间 D+ 和 D- 引脚上没有物理串联电阻

图 6-5. 远程温度误差与差分电容之间的关系

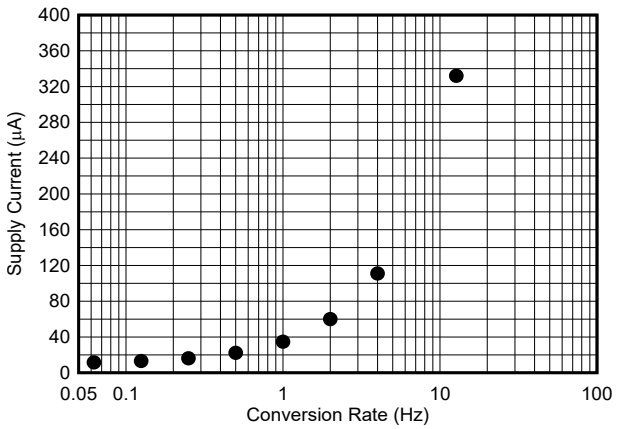


图 6-6. 静态电流与转换率之间的关系

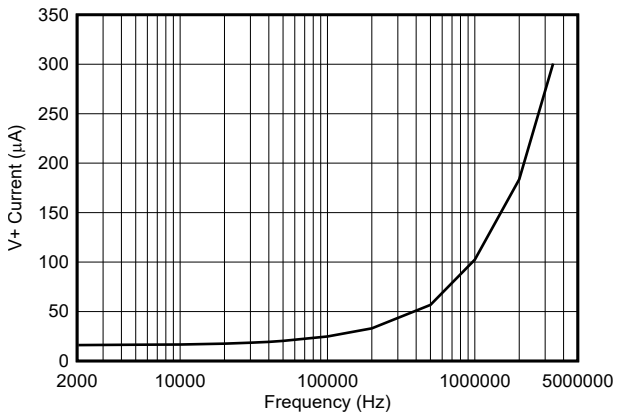


图 6-7. 关断静态电流与 SCL 时钟频率之间的关系

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.7 典型特性 (continued)

在 T_A 25°C 并且 V+ = 1.8 V 时测得（除非额外注明）

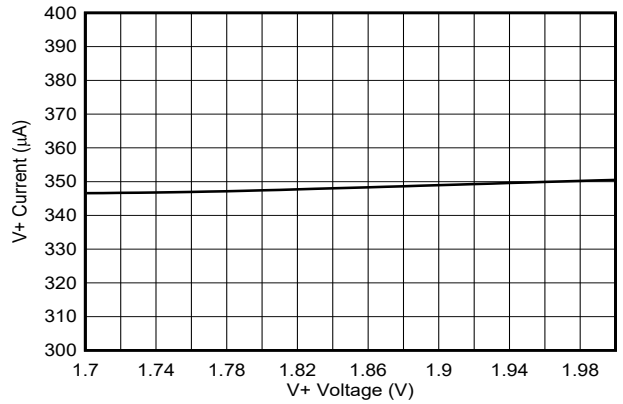


图 6-8. 静态电流与电源电压之间的关系（默认转换率，每秒 16 次转换）

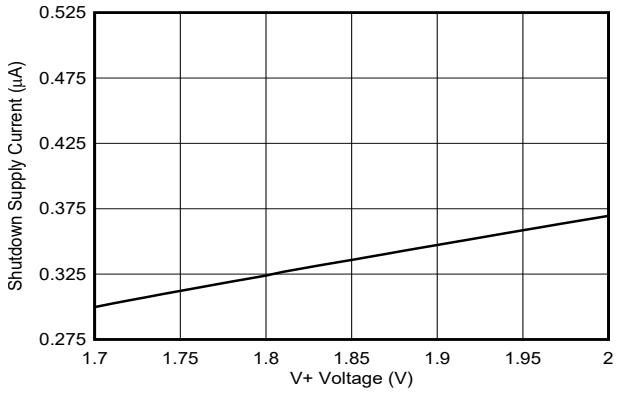


图 6-9. 关断静态电流与电源电压之间的关系

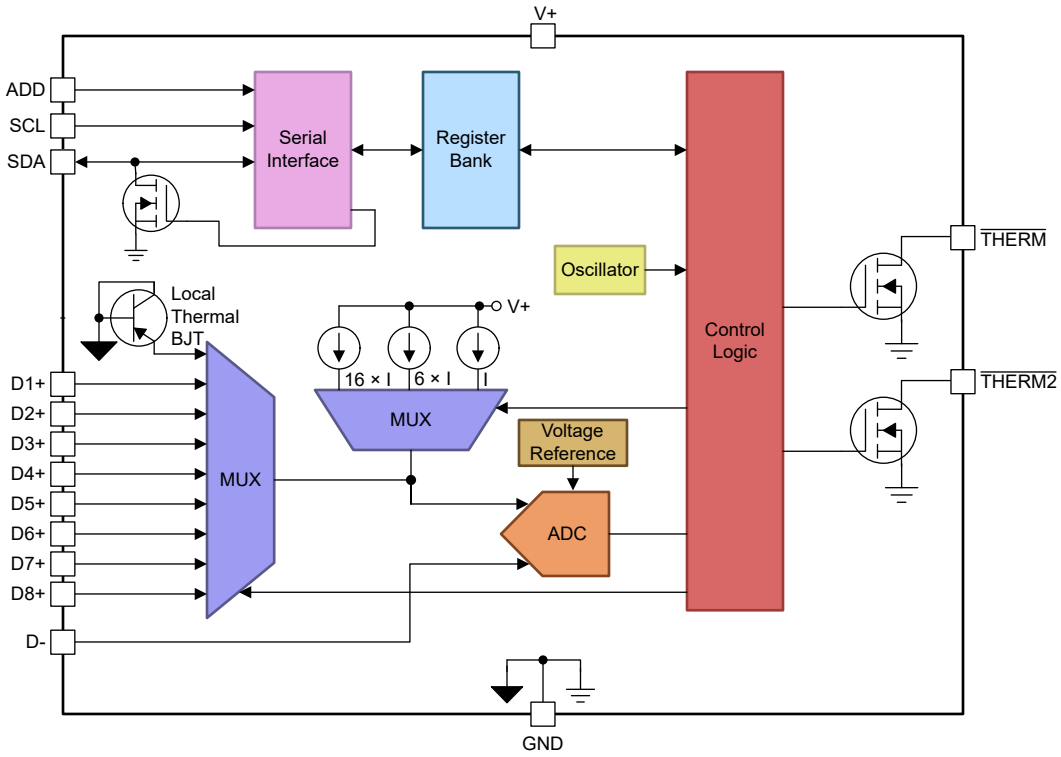
Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TMP9R00-SP 器件是一款数字温度传感器，在 CFP-16 封装内整合了一个本地温度测量通道和八个远程结温测量通道。该器件具有与 I²C 或 SMBus 接口兼容的两线制接口，包含四个引脚可编程总线地址选项。TMP9R00-SP 的本地器件温度范围为 -55°C 至 125°C。TMP9R00-SP 器件还包含多个寄存器，用于编程和保存配置设置、温度限值和温度测量结果。TMP9R00-SP 引脚分配包括 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 输出，可根据温度限值寄存器的设置发出过热事件信号。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 温度测量数据

本地和远程温度传感器的分辨率为 13 位 (0.0625°C)。默认测量范围内转换得到的温度数据以二进制形式表示，如表 7-1 中的*标准二进制* 列所示。负数以二进制补码格式表示。温度寄存器的分辨率扩展至 255.9375°C，低至 -256°C，但实际器件的范围在*电气特性* 表中指定，以满足精度规格。TMP9R00-SP 器件的额定环境温度范围为 -55°C 至 125°C；必须遵循*绝对最大额定值* 表中的参数值，以防损坏器件。

表 7-1. 温度数据格式（本地和远程温度）

温度 (°C)	本地或远程温度寄存器值（0.0625°C 分辨率）	
	标准二进制(1)	
	二进制	十六进制
-64	1110 0000 0000 0000	E0 00
-50	1110 0111 0000 0000	E7 00
-25	1111 0011 1000 0000	F3 80
-0.1250	1111 1111 1111 0000	FF F0
-0.0625	1111 1111 1111 1000	FF F8
0	0000 0000 0000 0000	00 00
0.0625	0000 0000 0000 1000	00 08
0.1250	0000 0000 0001 0000	00 10
0.1875	0000 0000 0001 1000	00 18
0.2500	0000 0000 0010 0000	00 20
0.3125	0000 0000 0010 1000	00 28
0.3750	0000 0000 0011 0000	00 30
0.4375	0000 0000 0011 1000	00 38
0.5000	0000 0000 0100 0000	00 40
0.5625	0000 0000 0100 1000	00 48
0.6250	0000 0000 0101 0000	00 50
0.6875	0000 0000 0101 1000	00 58
0.7500	0000 0000 0110 0000	00 60
0.8125	0000 0000 0110 1000	00 68
0.8750	0000 0000 0111 0000	00 70
0.9375	0000 0000 0111 1000	00 78
1	0000 0000 1000 0000	00 80
5	0000 0010 1000 0000	02 80
10	0000 0101 0000 0000	05 00
25	0000 1100 1000 0000	0C 80
50	0001 1001 0000 0000	19 00
75	0010 0101 1000 0000	25 80
100	0011 0010 0000 0000	32 00
125	0011 1110 1000 0000	3E 80
127	0011 1111 1000 0000	3F 80
150	0100 1011 0000 0000	4B 00

(1) 计数的分辨率为 0.0625°C。负数以二进制补码格式表示。

本地和远程温度数据都使用两字节进行数据存储，负数采用二进制补码格式。高字节以 2.0°C 的分辨率存储温度。第二字节或低字节存储温度值的小数部分，支持更高的测量分辨率（请参阅表 7-1）。本地和远程通道的测量分辨率均为 0.0625°C。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.3.2 串联电阻抵消

串联电阻抵消会自动消除与远程晶体管之间的布线电阻或可选外部低通滤波器的电阻所导致的温度误差。TMP9R00-SP 器件最多可抵消 1kΩ 的串联电阻，因此无需额外的特性和温度偏移校正。

7.3.3 差分输入电容

TMP9R00-SP 器件可承受高达 1000pF 的差分输入电容，同时将温度误差变化降至最低。图 6-5 展示了电容对检测到的远程温度误差的影响。

7.3.4 传感器故障

TMP9R00-SP 器件可以检测由于二极管连接不正确而导致的 D+ 上的故障。TMP9R00-SP 器件还可以检测开路。短路条件返回的值为 -256°C。检测电路包含一个电压比较器，当 D+ 上的电压超过 (V+) - 0.3V（典型值）时，该比较器会跳闸。在转换期间，会持续检查比较器输出。如果检测到故障，远程通道状态寄存器中的 RxOP 位将置为 1。

如果未将远程传感器与 TMP9R00-SP 器件配合使用，必须将相应的 D+ 和 D- 输入连接在一起，以避免出现无意义的故障警告。

7.3.5 $\overline{\text{THERM}}$ 功能

图 7-1 展示了 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 中断引脚的操作。

迟滞值存储在 $\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器中，适用于 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 中断。

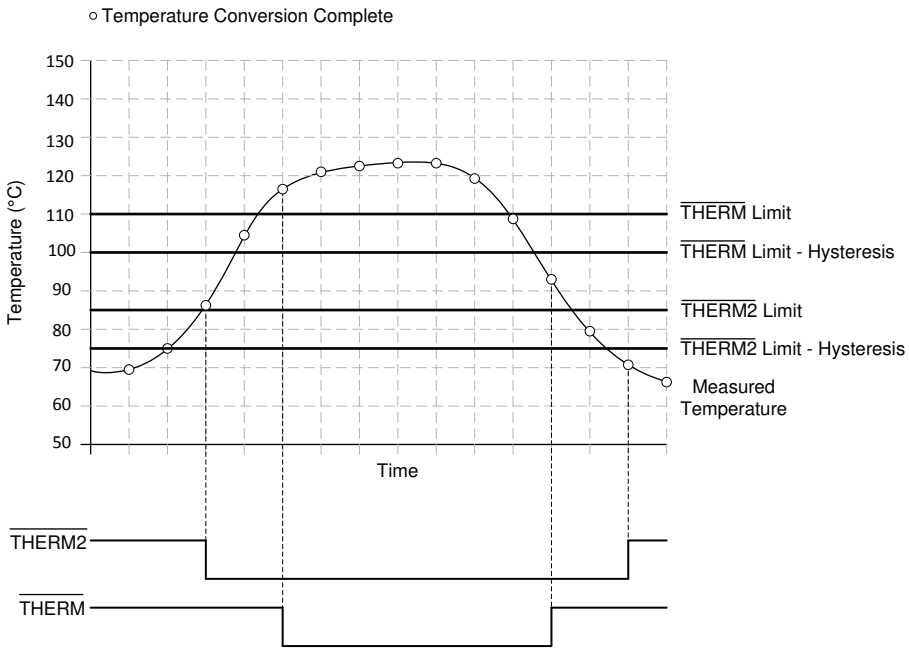


图 7-1. $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 中断操作

7.4 器件功能模式

7.4.1 关断模式 (SD)

TMP9R00-SP 关断模式支持用户关闭除串行接口外的所有器件电路，通常可将电流消耗减少到小于 0.3μA（请参阅图 6-9）。当配置寄存器中的关断位（SD，位 5）为高电平时，将启用关断模式；电流转换完成后器件将立即关闭。当 SD 位为低电平时，器件保持连续转换状态。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.5 编程

7.5.1 串行接口

在两线制总线（I²C 或 SMBus）上，TMP9R00-SP 器件仅作为目标器件运行。使用开漏 I/O 线路、SDA 和 SCL，可实现与任一总线的连接。SDA 和 SCL 引脚特有的集成式峰值抑制滤波器和施密特触发器可大大减少输入峰值和总线噪声的影响。TMP9R00-SP 器件支持适用于快速（1kHz 至 400kHz）和高速（1kHz 至 2.56MHz）模式的传输协议。在所有被发送的数据字节中 MSB 被首先发送。

TMP9R00-SP 器件未上电时，SDA 和 SCL 上可能有持续的总线流量，这不会对通信或 TMP9R00-SP 器件本身造成任何不利影响。当 TMP9R00-SP 器件上电时，不会加载总线，因此总线流量可能会继续，不受干扰。

7.5.1.1 总线概述

TMP9R00-SP 器件与 I²C 或 SMBus 接口兼容。在 I²C 或 SMBus 协议中，发起传输的器件被称为*控制器*，而受控器件为*目标*。总线必须由一个控制器件控制，以生成串行时钟 (SCL)，控制总线访问并生成启动和停止条件。

要寻址特定器件，将启动一个启动条件。当 SCL 为高电平时，将数据线 (SDA) 的逻辑电平从高拉为低，即为启动条件。总线上的所有目标器件移入目标地址字节，最后一位表明希望进行读取还是写入操作。在第九个时钟脉冲期间，被寻址的目标会生成一个*确认* (ACK) 位并将 SDA 下拉为低电平，对控制器做出响应。

随后会发起数据传输并发送 8 个时钟脉冲，后跟一个确认位 (ACK)。在数据传输期间，SCL 为高电平时 SDA 必须保持稳定。当 SCL 为高电平时，SDA 的变化可解释为控制信号。TMP9R00-SP 器件具有字寄存器结构（16 位宽），数据写入始终需要两个字节。数据传输发生在第二个字节末尾的 ACK 期间。

传输完所有数据后，控制器会生成停止条件。当 SCL 为高电平时，将 SDA 从低电平拉至高电平，即为停止条件。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.5.1.2 总线定义

TMP9R00-SP 器件具有一个与 I²C 或 SMBus 接口均兼容的两线制接口。图 7-2 至图 7-7 展示了 TMP9R00-SP 器件上各种操作的时序。总线定义如下：

总线空闲： SDA 和 SCL 线路都保持高电平。

开始数据传输： SCL 线路为高电平时，SDA 线路状态的变化（从高电平变为低电平）定义了启动条件。每次数据传输由一个启动条件启动。

停止数据传输： SCL 线路为高电平时，SDA 线路状态的变化（从低电平变为高电平）定义了停止条件。每次数据传输由重复的启动或停止条件终止。

数据传输： 在启动和停止条件之间传送的数据字节的数量没有限制，由控制器器件确定。目标会确认数据传输。

确认： 每个接收器件被寻址后，必须生成一个确认位。做出确认的器件必须在确认时钟脉冲期间下拉 SDA 线路，这样一来，在确认时钟脉冲的高电平期间，SDA 线路为稳定低电平。请将设置和保持时间考虑在内。在控制器接收数据时，通过在目标发送的最后一个字节上生成一个“否定确认”，控制器可发出数据传输终止信号。

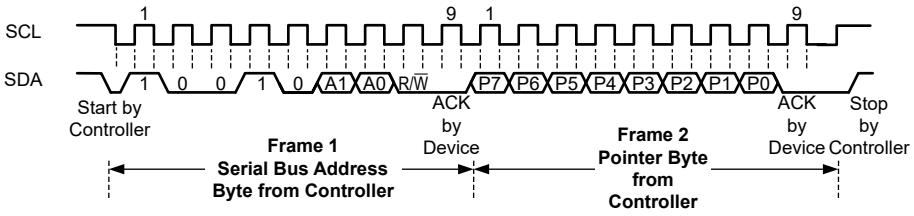


图 7-2. 针对写入指针字节的两线制时序图

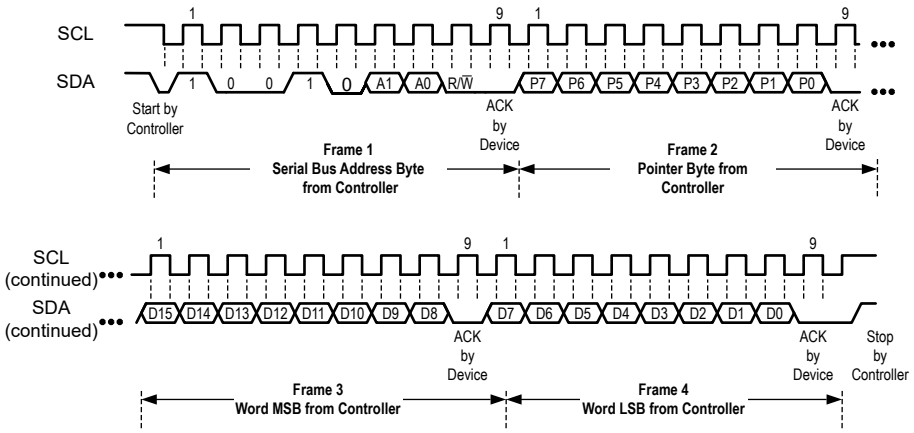
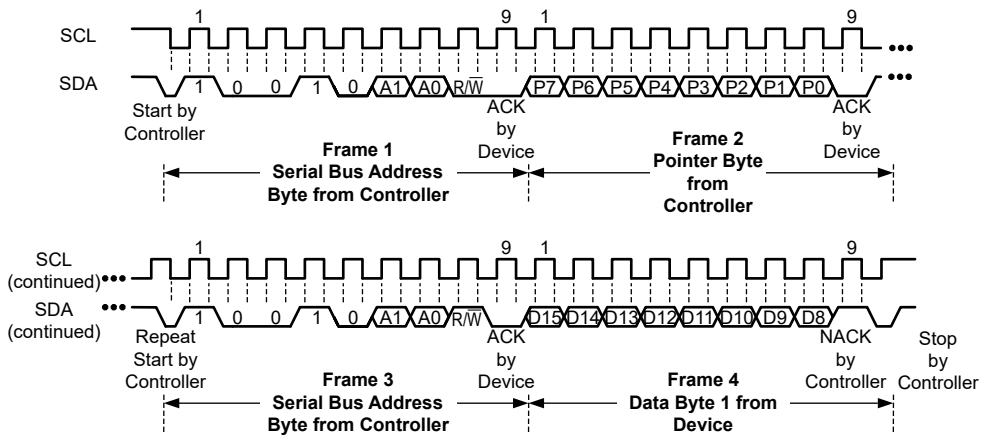


图 7-3. 针对写入指针字节和值字的两线制时序图



A. 控制器必须将 SDA 保持为高电平，以终止单字节读取操作。

图 7-4. 指针后跟重复启动和单字节读取的两线制时序图

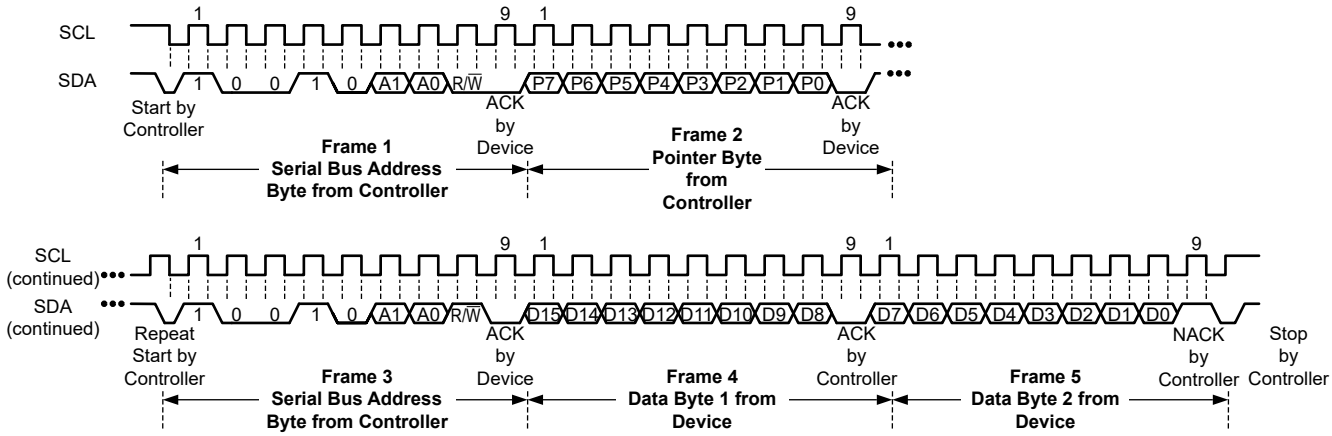


图 7-5. 指针字节后跟重复启动和字（双字节）读取的两线制时序图

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

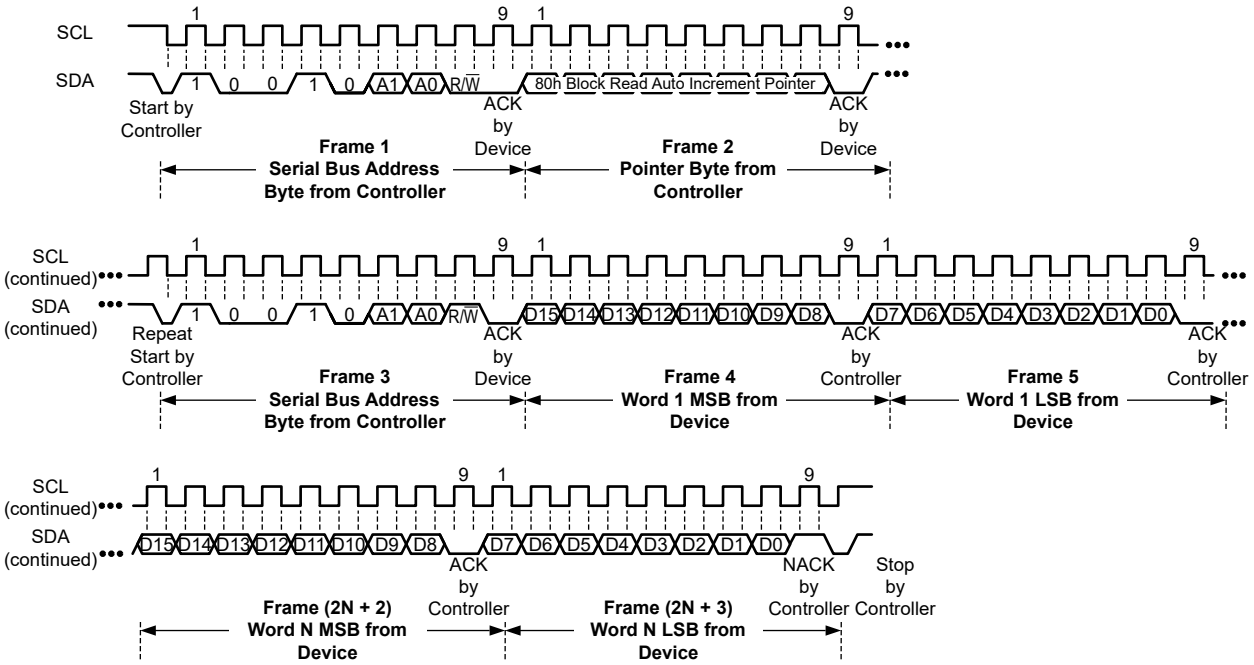


图 7-6. 指针字节后跟重复启动和多字（N 字）读取的两线制时序图

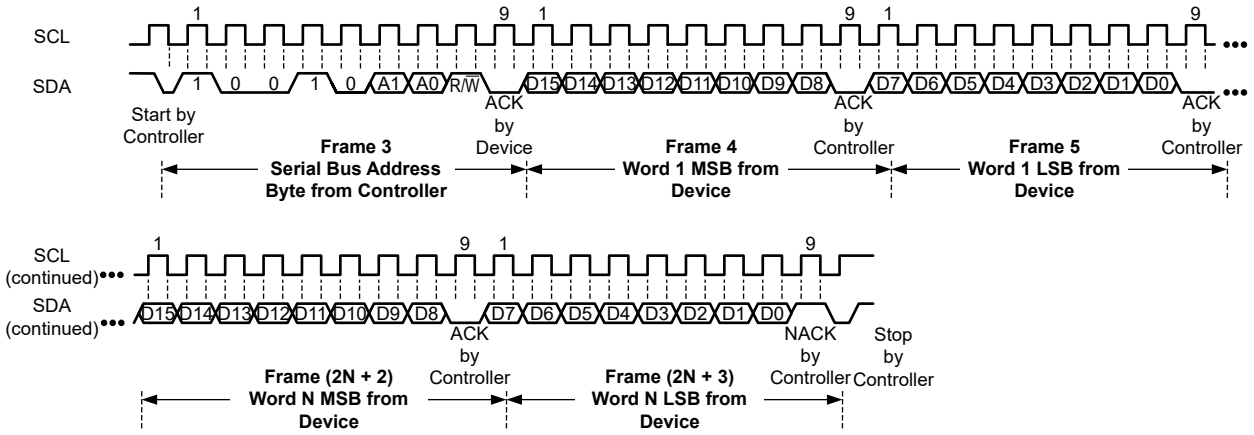


图 7-7. 针对未设置指针字节的多字（N 字）读取的两线制时序图

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.5.1.3 串行总线地址

要与 TMP9R00-SP 器件通信，控制器必须首先使用目标地址字节来对目标器件进行寻址。目标地址字节包含七个地址位，以及一个表明希望执行读取还是写入操作的方向位。TMP9R00-SP 器件允许在单个总线上对最多四个器件进行寻址。分配的器件地址取决于 ADD 引脚连接（请参阅表 7-2）。

表 7-2. TMP9R00-SP 目标地址选项

ADD 引脚连接	目标地址	
	二进制	十六进制
GND	1001000	48
V+	1001001	49
SDA	1001010	4A
SCL	1001011	4B

7.5.1.4 读写操作

为指针寄存器写入适当的值，可访问 TMP9R00-SP 器件上的特定寄存器。指针寄存器的值是 R/$\overline{W}$ 位为低电平时在目标地址字节之后传输的第一个字节。每次写入 TMP9R00-SP 器件的操作都需要指针寄存器的值（请参阅图 7-3）。

TMP9R00-SP 寄存器可通过块或单个寄存器读取来访问。只支持对指针值 80h 至 88h 进行块读取。80h 至 88h 的寄存器可对远程和本地温度寄存器（00h 至 08h）进行镜像。指针值 00h 至 08h 用于单个寄存器读取。

7.5.1.4.1 单个寄存器读取

从 TMP9R00-SP 器件进行读取时，通过写入操作存入指针寄存器的最后一个值用于确定读取操作将读取哪个寄存器。要更改读取操作将读取哪个寄存器，必须在指针寄存器中写入一个新值。要完成此事务，应在 R/$\overline{W}$ 位为低电平时发出一个目标地址字节，后跟指针寄存器字节；无需额外数据。然后，控制器可以生成一个启动条件，并在 R/$\overline{W}$ 位为高电平时发送目标地址字节，以启动读取命令。此过程的详细信息请参阅图 7-4 至图 7-6。

如果需要从同一寄存器进行重复的读取操作，则不必一直发送指针寄存器字节，因为 TMP9R00-SP 器件将保留指针寄存器的值，直到该值被下一次写入操作更改。寄存器字节首先发送 MSB，然后是 LSB。如果只读取一个字节 (MSB)，则 TMP9R00-SP 器件连续读取会导致首先发送 MSB。LSB 只能通过两字节读取来访问。

控制器会在要读取的最后一个字节的末尾发出一个 *否定确认* (NACK) 命令，或发送一个停止条件来终止读取操作。对于单字节操作，控制器必须在从目标读取的第一个字节的确认时间内，将 SDA 线路保持为高电平

TMP9R00-SP 寄存器结构为字（两字节）长度，每个写入事务的指针寄存器值之后必须有偶数字节（MSB 和 LSB）（请参阅图 7-3）。数据传输发生在第二个字节或 LSB 末尾的 ACK 期间。如果事务未完成，则由第二个字节末尾的 ACK 发送信号，数据将被忽略，不会加载到 TMP9R00-SP 寄存器中。读取事务没有相同的限制，可以在最后一个 MSB 末尾终止。

7.5.1.4.2 块寄存器读取

TMP9R00-SP 仅支持在地址 80h 至 88h 以块模式读取温度结果。将指针寄存器设置为 80h，会向 TMP9R00-SP 器件发出信号：在发出停止信号之前必须发送一个超过两字节的块。在此模式下，TMP9R00-SP 器件会自动递增内部指针。在发送了 18 字节的温度数据后，内部指针复位至 80h。如果在读取寄存器 88h 之前终止发送，指针将递增，这样连续读取（未设置指针）就可以访问下一个寄存器。

7.5.1.5 超时功能

在启动和停止条件之间，如果 SCL 或 SDA 中的任何一个保持为低电平 17.5ms（典型值），那么 TMP9R00-SP 器件将重置串行接口。如果 TMP9R00-SP 器件将总线保持在低电平，器件会释放总线并等待启动条件。为避免激活超时功能，请保持在 SCL 工作频率至少为 1kHz 时的通信速度。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.5.1.6 高速模式

为了使两线制总线的运行频率大于 1MHz，在一个启动条件将总线切换至高速运行后，控制器器件必须发出一个高速模式（Hs 模式）控制器代码 (0000 1xxx) 作为第一个字节。TMP9R00-SP 器件并不确认控制器代码字节，而是将 SDA 和 SCL 上的输入滤波器和 SDA 上的输出滤波器切换到 HS 模式运行，从而支持最高 2.56MHz 的传输。在发出 HS 模式控制器代码后，控制器会发送一个两线制目标地址，来启动数据传输操作。总线将继续在 HS 模式下运行，直到总线中出现停止条件。TMP9R00-SP 器件在收到停止条件后，会将输入和输出滤波器切换回快速模式。

7.5.2 TMP9R00-SP 寄存器复位

将软件复位寄存器 (20h) 的位 15 设置为 1，可以对 TMP9R00-SP 寄存器进行软件复位。软件复位会恢复所有 TMP9R00-SP 寄存器的上电复位状态，并中止正在进行的任何转换。

7.5.3 锁定寄存器

所有配置和限值寄存器都可以进行写入锁定（使寄存器受写保护），从而降低软件失控并对这些寄存器进行错误更改的可能性。表 7-3 中的*锁定*列标识出可能被锁定的寄存器。锁定模式不影响读取操作。要激活锁定模式，必须将锁定寄存器 C4h 设置为 0x5CA6。只有在 TMP9R00-SP 器件上电时，锁定才会保持有效。由于 TMP9R00-SP 器件不包含非易失性存储器，因此无论寄存器是锁定还是解锁，一旦发生下电上电，配置和限值寄存器的设置都会丢失。

在锁定模式下，TMP9R00-SP 器件会忽略对配置和限值寄存器的写入操作（锁定寄存器 C4h 除外）。在对锁定寄存器执行写入操作期间，TMP9R00-SP 器件不会确认数据字节。要解锁 TMP9R00-SP 寄存器，请将 0xEB19 写入寄存器 C4h。TMP9R00-SP 器件会以锁定模式上电，因此寄存器必须在接受新数据的写入之前解锁。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.6 寄存器映射

表 7-3. TMP9R00-SP 寄存器映射

PTR	POR	LOCK	TMP9R00-SP 功能寄存器 - 位描述																寄存器说明
（十六进制）	（十六进制）	（是/否）	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
00	0000	不可用	LT12	LT11	LT10	LT9	LT8	LT7	LT6	LT5	LT4	LT3	LT2	LT1	LT0	0[1]	0	0	本地温度
01	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 1
02	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 2
03	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 3
04	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 4
05	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 5
06	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 6
07	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 7
08	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 8
20	0000	不可用	RST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	软件复位寄存器
21	不适用	不适用	R8TH	R7TH	R6TH	R5TH	R4TH	R3TH	R2TH	R1TH	LTH	0	0	0	0	0	0	0	$\overline{\text{THERM}}$ 状态
22	不适用	不适用	R8TH2	R7TH2	R6TH2	R5TH2	R4TH2	R3TH2	R2TH2	R1TH2	LTH2	0	0	0	0	0	0	0	$\overline{\text{THERM2}}$ 状态
23	不适用	不适用	R8OPN	R7OPN	R6OPN	R5OPN	R4OPN	R3OPN	R2OPN	R1OPN	0	0	0	0	0	0	0	0	远程通道打开状态
30	FF9C	Y	REN8	REN7	REN6	REN5	REN4	REN3	REN2	REN1	LEN	OS	SD	CR2	CR1	CR0	BUSY	0	配置寄存器（启用、单次、关断、转换率、忙碌）
38	0500	支持	0	HYS11	HYS10	HYS9	HYS8	HYS7	HYS6	HYS5	HYS4	0	0	0	0	0	0	0	$\overline{\text{THERM}}$ 迟滞
39	7FC0	Y	LTH1_12	LTH1_11	LTH1_10	LTH1_09	LTH1_08	LTH1_07	LTH1_06	LTH1_05	LTH1_04	LTH1_03	0	0	0	0	0	0	本地温度 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
3A	7FC0	Y	LTH2_12	LTH2_11	LTH2_10	LTH2_09	LTH2_08	LTH2_07	LTH2_06	LTH2_05	LTH2_04	LTH2_03	0	0	0	0	0	0	本地温度 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
40	0000	Y	ROS12	ROS12[2]	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 1 偏移
41	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 1 η 因数校正
42	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 1 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
43	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 1 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
48	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 2 偏移
49	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 2 η 因数校正
4A	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 2 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
4B	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 2 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
50	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 3 偏移
51	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 3 η 因数校正
52	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 3 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
53	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 3 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
58	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 4 偏移
59	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 4 η 因数校正
5A	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 4 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
5B	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 4 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. TMP9R00-SP 寄存器映射 (continued)

PTR	POR	LOCK	TMP9R00-SP 功能寄存器 - 位描述																寄存器说明
（十六进制）	（十六进制）	（是/否）	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
60	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 5 偏移
61	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 5 η 因数校正
62	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 5 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
63	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 5 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
68	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 6 偏移
69	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 6 η 因数校正
6A	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 6 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
6B	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 6 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
70	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 7 偏移
71	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 7 η 因数校正
72	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 7 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
73	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 7 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
78	0000	Y	ROS12	ROS12	ROS10	ROS9	ROS8	ROS7	ROS6	ROS5	ROS4	ROS3	ROS2	ROS1	ROS0	0	0	0	远程温度 8 偏移
79	0000	Y	RNC7	RNC6	RNC5	RNC4	RNC3	RNC2	RNC1	RNC0	0	0	0	0	0	0	0	0	远程温度 8 η 因数校正
7A	7FC0	Y	RTH1_12	RTH1_11	RTH1_10	RTH1_09	RTH1_08	RTH1_07	RTH1_06	RTH1_05	RTH1_04	RTH1_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 8 $\overline{\text{THERM}}$ 限值
7B	7FC0	Y	RTH2_12	RTH2_11	RTH2_10	RTH2_09	RTH2_08	RTH2_07	RTH2_06	RTH2_05	RTH2_04	RTH2_03	0	0	0	0	0	0	远程温度 8 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值
80	0000	不可用	LT12	LT11	LT10	LT9	LT8	LT7	LT6	LT5	LT4	LT3	LT2	LT1	LT0	0	0	0	本地温度（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
81	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 1（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
82	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 2（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
83	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 3（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
84	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 4（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
85	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 5（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
86	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 6（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
87	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 7（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
88	0000	不可用	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0	0	0	0	远程温度 8（块读取范围 - 自动递增指针寄存器）
C4	8000	不适用	写入 0x5CA6 来锁定寄存器，写入 0xEB19 来解锁寄存器 回读：锁定 0x8000；解锁 0x0000																锁定寄存器。会在初始化后锁定寄存器。
FE	5449	不适用	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	制造商标识寄存器
FF	0468	不适用	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	器件标识/修订版本寄存器

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

1. 以紫色突出显示的寄存器位保留，供将来使用，始终报告 0；对这些位的写入将被忽略。
2. 以绿色突出显示的寄存器位显示符号扩展值。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.6.1 寄存器信息

TMP9R00-SP 器件包含用于保存配置信息、温度测量结果以及状态信息的多个寄存器。表 7-3 介绍了这些寄存器。

7.6.1.1 指针寄存器

图 7-8 展示了 TMP9R00-SP 器件的内部寄存器结构。8 位指针寄存器可寻址一个给定的数据寄存器。指针寄存器可确定哪个数据寄存器必须响应两线制总线上的读取或写入命令。该寄存器会在每次写入命令时置位。在执行读取命令之前，必须发出写入命令，在指针寄存器中设置正确的值。表 7-3 描述了指针寄存器和 TMP9R00-SP 寄存器的内部结构。指针寄存器的上电复位 (POR) 值为 00h (0000 0000b)。表 7-3 汇总了不同寄存器的指针值。将数据写入未分配的指针值会被忽略，不会影响器件的运行。读取未分配的寄存器将返回未定义的数据，并获得确认。

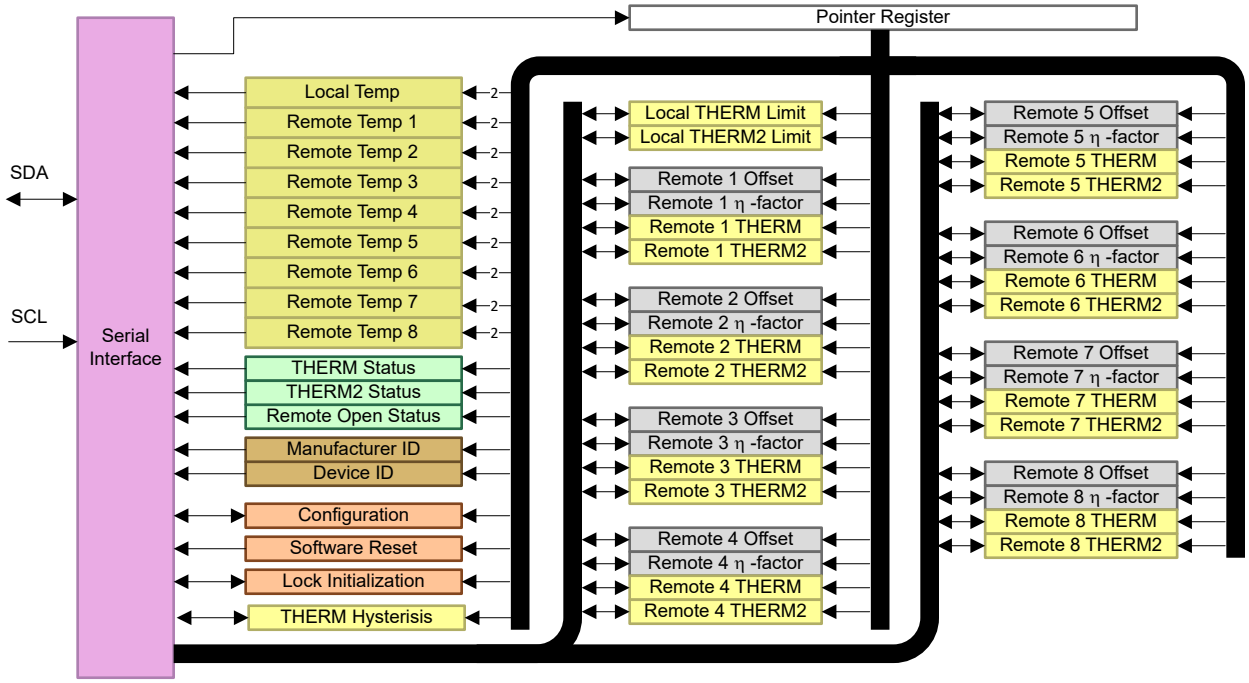


图 7-8. TMP9R00-SP 内部寄存器结构

7.6.1.2 本地和远程温度值寄存器

TMP9R00-SP 器件具有多个 16 位寄存器，用于保存 13 位温度测量结果。本地温度传感器结果的 13 位存储在寄存器 00h 中。八个远程温度传感器结果的 13 位存储在寄存器 01h 至 08h 中。为本地 (LT3:LT0) 和远程 (RT3:RT0) 传感器分配的四个 LSB 指示小数点之后的温度值（例如，如果温度结果为 10.0625°C，则高字节为 0000 0101，低字节为 0000 1000）。这些寄存器为只读寄存器，每次温度测量完成后，ADC 都会更新这些寄存器。支持异步读取，因此可随时执行读取操作，在访问的通道上电并完成首次转换后，可立即发送有效的转换结果。如果上电后，在一次转换完成前启动读取，那么读取操作的结果为全零 (0x0000)。

7.6.1.3 软件复位寄存器

软件复位寄存器允许用户通过软件将复位位（RST，位 15）设置为 1，复位 TMP9R00-SP 寄存器。此寄存器的上电复位值为 0x0000。如果器件处于锁定模式，复位将被忽略，向 RST 位写入 1 不会复位任何寄存器。

表 7-4. 软件复位寄存器格式

状态寄存器（读取 = 20h，写入 = 20h，POR = 0x0000）		
位编号	位名称	功能
15	RST	1 软件复位器件；写入 0 值将被忽略

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

表 7-4. 软件复位寄存器格式 (continued)

状态寄存器（读取 = 20h，写入 = 20h，POR = 0x0000）		
位编号	位名称	功能
14-0	0	保留供将来使用；始终报告 0

7.6.1.4 THERM 状态寄存器

$\overline{\text{THERM}}$ 状态寄存器可报告本地温度和八个远程温度的 $\overline{\text{THERM}}$ 限值比较器的状态。表 7-5 列出了状态寄存器位。$\overline{\text{THERM}}$ 状态寄存器是只读的，访问指针地址 21h 可读取该寄存器。

表 7-5. $\overline{\text{THERM}}$ 状态寄存器格式

$\overline{\text{THERM}}$ 状态寄存器（读取 = 21h，写入 = N/A）		
位编号	位名称	功能
15	R8TH	远程 8 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
14	R7TH	远程 7 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
13	R6TH	远程 6 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
12	R5TH	远程 5 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
11	R4TH	远程 4 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
10	R3TH	远程 3 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
9	R2TH	远程 2 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
8	R1TH	远程 1 超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时为 1
7	LTH	本地传感器超出 $\overline{\text{THERM}}$ 限制时为 1
6:0	0	保留供将来使用；始终报告 0。

当温度超过相应的编程 $\overline{\text{THERM}}$ 限值时会设置 R8TH:R1TH 和 LTH 标志（39h、42h、4Ah、52h、5Ah、62h、6Ah、72h、7Ah）。当温度恢复到 $\overline{\text{THERM}}$ 限值减去 $\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器 (38h) 中设置的值以下时，这些标志会自动复位。如果本地或远程通道出现过热的情况，$\overline{\text{THERM}}$ 输出会变为低电平，一旦测量值低于 $\overline{\text{THERM}}$ 限值减去 $\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器中设置的值，该输出会变为高电平。$\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器 (38h) 允许添加迟滞，以便在温度恢复到或低于限值减去迟滞值时，该标志能够复位，输出变为高电平。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.6.1.5 THERM2 状态寄存器

THERM2 状态寄存器会报告本地和 1-8 远程温度的 THERM2 限值比较器的状态。表 7-6 列出了状态寄存器位。THERM2 状态寄存器是只读的，可通过访问指针地址 22h 进行读取。

表 7-6. THERM2 状态寄存器格式

THERM2 状态寄存器（读取 = 22h，写入 = N/A）		
位编号	位名称	功能
15	R8TH2	当远程 8 超出 THERM2 限制时为 1
14	R7TH2	当远程 7 超出 THERM2 限制时为 1
13	R6TH2	当远程 6 超出 THERM2 限制时为 1
12	R5TH2	当远程 5 超出 THERM2 限制时为 1
11	R4TH2	当远程 4 超出 THERM2 限制时为 1
10	R3TH2	当远程 3 超出 THERM2 限制时为 1
9	R2TH2	当远程 2 超出 THERM2 限制时为 1
8	R1TH2	当远程 1 超出 THERM2 限制时为 1
7	LTH2	当本地传感器超出 THERM2 限值时为 1
6:0	0	保留供将来使用；始终报告 0。

当温度超过相应的编程 THERM2 限值时会设置 R8TH2:R1TH2 和 LTH2 标志（3Ah、43h、4Bh、53h、5Bh、63h、6Bh、73h、7Bh）。当温度恢复到 THERM2 限值减去 THERM 迟滞寄存器 (38h) 中设置的值以下时，这些标志会自动复位。如果本地或远程通道出现过热的情况，THERM2 输出会变为低电平，一旦测量值低于 THERM2 限值减去 THERM 迟滞寄存器中设置的值，该输出会变为高电平。THERM 迟滞寄存器 (38h) 允许添加迟滞，以便在温度恢复到或低于限值减去迟滞值时，该标志能够复位，输出变为高电平。

7.6.1.6 远程通道打开状态寄存器

远程通道打开状态寄存器会报告远程通道 1 到 8 的连接状态。表 7-7 列出了状态寄存器位。远程通道打开状态寄存器是只读的，通过访问指针地址 23h 来读取。

表 7-7. 远程通道打开状态寄存器格式

远程通道打开状态寄存器（读取 = 23h，写入 = N/A）		
位编号	位名称	功能
15	R8OPEN	当远程 8 通道打开时为 1
14	R7OPEN	当远程 7 通道打开时为 1
13	R6OPEN	当远程 6 通道打开时为 1
12	R5OPEN	当远程 5 通道打开时为 1
11	R4OPEN	当远程 4 通道打开时为 1
10	R3OPEN	当远程 3 通道打开时为 1
9	R2OPEN	当远程 2 通道打开时为 1
8	R1OPEN	当远程 1 通道打开时为 1
7:0	0	保留供将来使用；始终报告 0。

R8OPEN:R1OPEN 位分别表示远程传感器 8 到 1 的开路情况。这些标志的设置不会直接影响 THERM 或 THERM2 输出引脚的状态。间接影响是，温度读数可能有误差，超出相应的 THERM 和 THERM2 限值，从而激活 THERM 或 THERM2 输出引脚。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.6.1.7 配置寄存器

配置寄存器可设置转换率，针对所有已启用的通道启动单次转换，启用温度通道的转换，控制关断模式并在转换过程中进行报告。写入指针地址 30h 可设置配置寄存器，也可从指针地址 30h 读取。表 7-8 总结了配置寄存器的各个位。

表 7-8. 配置寄存器位说明

配置寄存器（读取 = 30h、写入 = 30h、POR = 0F9Ch）			
位编号	**名称**	**功能**	**上电复位值**
15:8	REN8:REN1	1 = 启用相应的远程通道 8 至 1 转换	1111 1111
7	LEN	1 = 启用本地通道转换	1
6	OS	1 = 在已启用的通道上启动单次转换	0
5	SD	1 = 启用器件关断	0
4:2	CR2:CR0	转换率控制位；控制所有已启用通道的转换率，从 16 秒到连续转换	111
1	BUSY	当 ADC 转换时为 1（只读位忽略写入）	0
0	保留	—	0

远程启用 8 到 1 (REN8:REN1，位 15:8）位可在各自的远程通道上启用转换。本地启用（LEN，位 7）位启用本地温度通道的转换。如果所有 LEN 和 REN 均设置为 1（默认值），ADC 即可转换本地温度和所有远程温度。如果 LEN 设为 0，则会跳过本地温度转换。同样，如果 REN 设置为 0，可跳过远程温度转换通道。TMP9R00-SP 器件按照以下顺序分步轮循每个已启用的通道：LOC、REM1、REM2、REM8、LOC、REM1 等。上电后，所有本地和远程温度默认均由内部 ADC 转换。可对配置寄存器 LEN 和 REN 位进行配置，对于不需要全部八个远程和本地温度信息的应用，通过减少总 ADC 转换时间来降低功耗。请注意，对 REN8:REN1 和 LEN 均写入零，与 SD = 1 和 OS = 0 具有相同的效果。

关断位（SD，位 5）可启用或禁用温度测量电路。如果 SD = 0（默认值），TMP9R00-SP 器件将以转换率寄存器中设置的速率连续转换。如果 SD 设为 1，TMP9R00-SP 器件会立即停止正在进行的转换，并立即进入关断模式。当 SD 再次被设为 0 时，TMP9R00-SP 器件会从本地温度开始恢复连续转换。

如果 ADC 正在进行转换，BUSY 位 = 1。如果 ADC 未进行转换，此位设置为 0。

TMP9R00-SP 器件处于关断模式后，向单次（OS，位 6）位写入 1，会针对所有已启用的温度通道启动单次 ADC 转换。该写入操作会根据配置寄存器中的 LEN 和 REN 值（读取地址 30h），针对八个远程传感器和一个本地传感器，或传感器的任意组合启动一个转换和比较周期。周期完成时，TMP9R00-SP 器件会恢复关断模式。表 7-9 详细说明了 SD、OS、LEN 和 REN 位之间的交互。

表 7-9. 转换模式

写入			读取			功能
REN[8:1]，LEN	**OS**	**SD**	**REN[8:1]，LEN**	**OS**	**SD**	
全部为 0	—	—	全部为 0	0	1	关断
至少启用 1 个	—	0	写入值	0	0	连续转换
至少启用 1 个	0	1	写入值	0	1	关断
至少启用 1 个	1	1	写入值	1	1	单次转换

转换率位可控制转换发生的速率（CR2:CR0，位 4:2）。CR2:CR0 位的值控制的是转换之间的空闲时间，而不是转换时间本身，可以使 TMP9R00-SP 器件的功率耗散与温度寄存器的更新速率取得平衡。表 7-10 说明了 CR2:CR0 与转换率或温度寄存器更新速率之间的对应关系。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

表 7-10. 转换率

CR2:CR0	十进制值	频率 (Hz)	时间 (s)
000	0	0.0625	16
001	1	0.125	8
010	2	0.25	4
011	3	0.5	2
100	4	1	1
101	5	2	0.5
110 Ω	6	4	0.25
111	7	连续转换；取决于启用的通道数；请参阅表 7-11（默认）。	

表 7-11. 连续转换时间

启用的远程通道数	转换时间 (ms)	
	本地已禁用	本地已启用
0	0	15.5
1	15.8	31.3
2	31.6	47.1
3	47.4	62.9
4	63.2	78.7
5	79	94.5
6	94.8	110.3
7	110.6	126.1
8	126.4	141.9

配置寄存器的其余位保留，必须始终设置为 0。此寄存器的 POR 值为 0x0F9C。

7.6.1.8 η 因数校正寄存器

TMP9R00-SP 器件允许使用另一 η 因数值，将远程通道测量值转换为每个温度通道的温度。分配了八个 η 因数校正寄存器：每个远程输入通道一个（地址为 41h、49h、51h、59h、61h、69h、71h 和 79h）。每个远程通道使用顺序电流激励来提取差分 V_{BE} 电压测量值，以确定远程晶体管的温度。方程式 1 显示了此电压和温度。

$$V_{BE2} - V_{BE1} = \frac{\eta k T}{q} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad (1)$$

方程式 1 中的值 η 是用于远程通道的特定晶体管的特性。TMP9R00-SP 器件的 POR 值为 η = 1.008。η 因数校正寄存器中的值可用于根据方程式 2 和方程式 3 调整有效的 η 因数。

$$\eta_{eff} = \left(\frac{1.008 \times 2088}{2088 + N_{ADJUST}}\right) \quad (2)$$

$$N_{ADJUST} = \left(\frac{1.008 \times 2088}{\eta_{eff}}\right) - 2088 \quad (3)$$

η 因数校正值必须以二进制补码格式存储，这样可得到 -128 至 +127 的有效数据范围。每个寄存器的 POR 值为 0000h，不会影响寄存器值（除非向寄存器写入其他值）。η 因数寄存器的分辨率会随着代码的变化发生线性变化，其范围为 0.0004292 至 0.0005476，平均值为 0.0004848。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

表 7-12. η 因数范围

N_{ADJUST} 仅显示寄存器中的 15 至 8 位			η
二进制	十六进制	十进制	
0111 1111	7F	127	0.950205
0000 1010	0A	10	1.003195
0000 1000	08	8	1.004153
0000 0110	06	6	1.005112
0000 0100	04	4	1.006073
0000 0010	02	2	1.007035
0000 0001	01	1	1.007517
0000 0000	00	0	1.008
1111 1111	FF	-1	1.008483
1111 1110	FE	-2	1.008966
1111 1100	FC	-4	1.009935
1111 1010	FA	-6	1.010905
1111 1000	F8	– 8	1.011877
1111 0110	F6	-10	1.012851
1000 0000	80	– 128	1.073829

7.6.1.9 远程温度偏移寄存器

偏移寄存器允许 TMP9R00-SP 器件存储精度校准可能产生的任何系统偏移补偿值。每次转换时，这些寄存器中的值都会添加到远程温度结果中。八个温度通道都有各自独立分配的偏移寄存器（地址 40h、48h、50h、58h、60h、68h、70h 和 78h）。该功能与独立的 η 因数校正相结合，可对每个远程通道的整个温度范围进行非常精确的系统校准。这些寄存器的格式与温度值寄存器的格式相同，范围为 +127.9375 至 -128。使用符号扩展对该寄存器进行编程时，请注意不支持高于 +127.9375 和低于 -128 的值。

7.6.1.10 $\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器

$\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器（地址 38h）可设置温度比较逻辑所使用的迟滞值。所有温度读数比较都具有通用迟滞。当测得的温度接近比较器阈值时，迟滞可防止 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 的输出发生振荡（请参阅 *$\overline{\text{THERM}}$ 功能*）。$\overline{\text{THERM}}$ 迟滞寄存器的分辨率为 1°C，范围为 0°C 至 255°C。

7.6.1.11 本地及远程 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值寄存器

八个远程温度通道中的每一个和本地温度通道都有相关的独立 $\overline{\text{THERM}}$ 和 $\overline{\text{THERM2}}$ 限值寄存器。有九个 $\overline{\text{THERM}}$ 寄存器（地址 39h、42h、4Ah、52h、5Ah、62h、6Ah、72h 和 7Ah）和九个 $\overline{\text{THERM2}}$ 寄存器（地址 39h、43h、4Bh、53h、5Bh、63h、6Bh、73h 和 7Bh），总共 18 个寄存器。这些寄存器的分辨率为 0.5°C，范围为 +255.5°C 至 -255°C。更多信息，请参阅 *$\overline{\text{THERM}}$ 功能*。

将 $\overline{\text{THERM}}$ 限值设置为 255.5°C 会禁用该特定通道的 $\overline{\text{THERM}}$ 限值比较，并禁用在 $\overline{\text{THERM}}$ 状态寄存器中设置限值标志。这样会阻止相关通道激活 $\overline{\text{THERM}}$ 输出。$\overline{\text{THERM2}}$ 限值、状态和输出功能相似。

7.6.1.12 块读取 - 自动递增指针

要启动块读取，可将指针寄存器设置为 80h 至 87h。将在指针地址 80h 至 88h 镜像温度结果；所有通道的温度结果可由一个读取事务读取。将指针寄存器设置为 80h 至 88h 范围内的任何地址，会向 TMP9R00-SP 器件发送信号：在发出设计停止信号之前，必须发送一个超过两字节的块。在块读取模式下，TMP9R00-SP 器件会自动递增指针地址。到达 88h 之后，指针将复位到 80h。控制器必须否定确认最后一个字节的读取，以便 TMP9R00-SP 器件能够停止驱动总线，这样控制器就可以启动停止操作。在此模式下，指针会在 80h 至 88h 的地址范围内不断循环，可轻松读取多次寄存器。块读取不会中断转换过程。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7.6.1.13 锁定寄存器

寄存器 C4h 允许将器件配置和限值寄存器锁定，如表 7-3 中的*锁定*列所示。要锁定寄存器，请写入 0x5CA6。要解锁寄存器，请写入 0xEB19。启用锁定功能后，读取寄存器的结果为 0x8000；解锁后将发送 0x0000。

7.6.1.14 制造商和器件标识以及修订版本寄存器

TMP9R00-SP 器件允许两线制总线控制器查询器件的制造商和器件标识 (ID)，支持在特定的两线制总线地址对器件进行软件标识。制造商 ID 是通过读取指针地址 FEh 获得的；器件 ID 是由寄存器 FFh 获得的。请注意，器件 ID 寄存器的最高有效字节标识了 TMP9R00-SP 器件的修订版本级别。TMP9R00-SP 器件的制造商代码读取为 0x5449，器件 ID 代码读取为 0x0468（第一版）。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

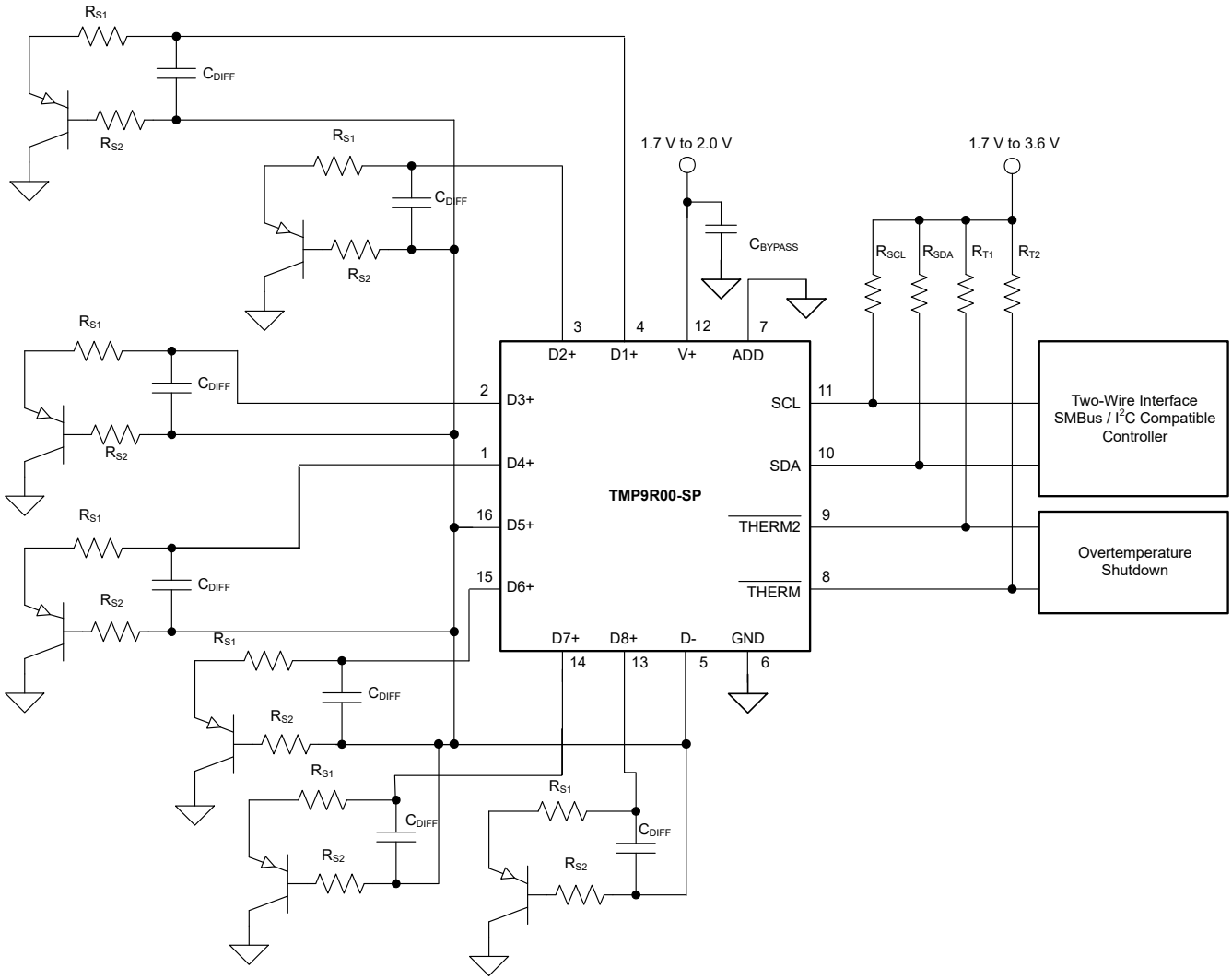
备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

TMP9R00-SP 器件需要在 D+ 和 D- 引脚之间连接一个晶体管，进行远程温度测量。如果未使用远程通道且只需测量本地温度，请将 D+ 引脚连接到 D-。SDA、ALERT 和 THERM 引脚（如果由开漏输出驱动，还有 SCL）需要将上拉电阻作为通信总线的一部分。TI 推荐将 0.1µF 电源去耦电容器用于局部旁路。图 8-1 和图 8-2 展示了 TMP9R00-SP 器件的典型配置。

8.2 典型应用



A. 二极管连接配置可提供更短的稳定时间。晶体管连接配置可更好地抵消串联电阻。TI 建议使用 MMBT3904 或 MMBT3906 晶体管，η 因数为 1.008。

B. 在大多数应用中，R_S（可选）< 1kΩ。R_S 是从外部连接到 D+、D- 引脚的组合串联电阻。R_S 选择取决于应用。

C. 在大多数应用中，C_{DIFF}（可选）< 1000pF。C_{DIFF} 选择取决于应用；请参阅图 6-5。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

D. 未使用的二极管通道必须连接到 D-，如 D5+ 所示。

图 8-1. 使用分立式远程晶体管的 TMP9R00-SP 基本连接

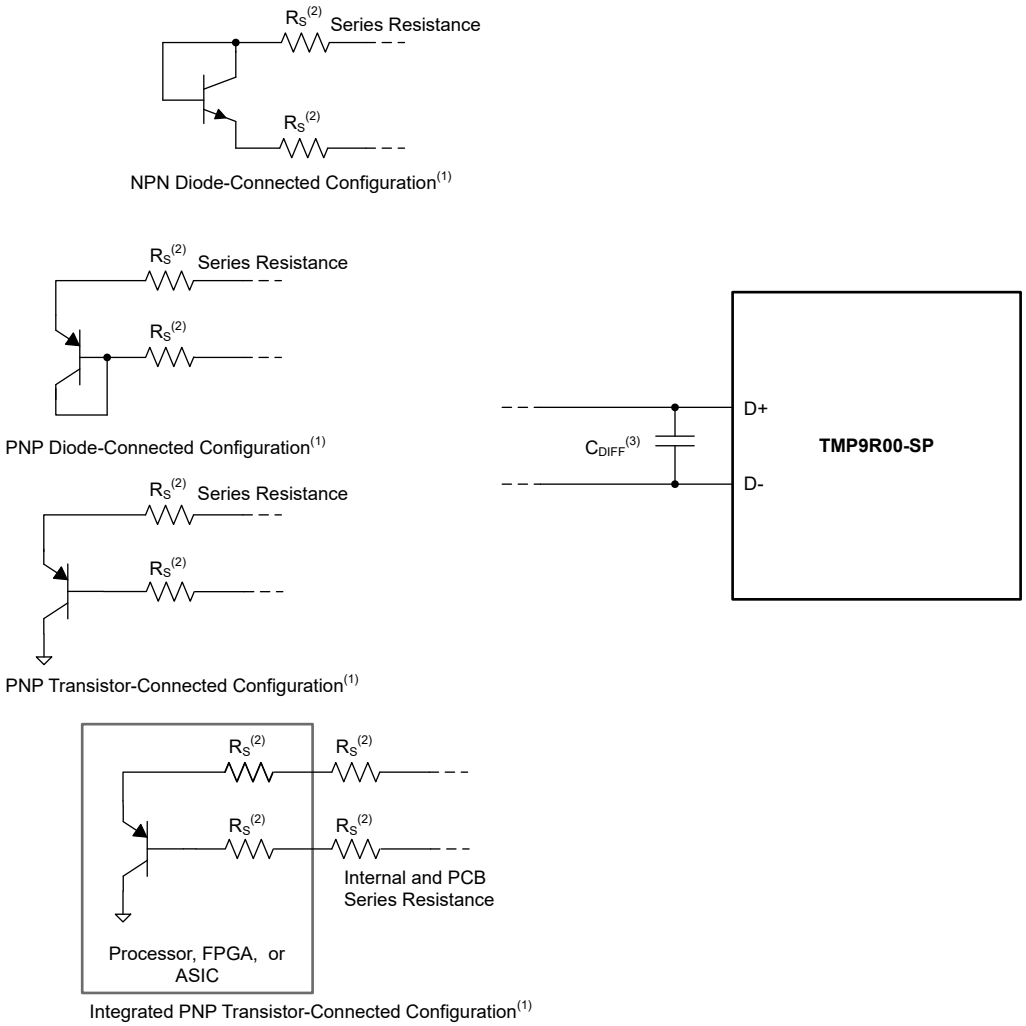


图 8-2. TMP9R00-SP 远程晶体管配置选项

8.2.1 设计要求

TMP9R00-SP 器件旨在与内置于处理器芯片、现场可编程门阵列 (FPGA) 和应用特定集成电路 (ASIC) 中的分立式晶体管或基板晶体管配合使用。只要将基极-发射极结作为远程温度传感器，就可以使用 NPN 或 PNP 晶体管。NPN 晶体管必须连接二极管，PNP 晶体管可以连接晶体管或二极管。请参阅图 8-2 了解配置选项。

远程温度传感器读数误差通常是由于 TMP9R00-SP 器件使用的理想因数（η 因数）和电流激励，与制造商针对给定晶体管指定的工作电流共同作用的结果。一些制造商为温度检测基板晶体管指定了高电平和低电平电流。TMP9R00-SP 对于 I_{LOW} 使用 7.5 µA（典型值），对于 I_{HIGH} 使用 120 µA（典型值）。

理想因数（η 因数）是与理想二极管相比得出的远程温度传感器二极管的测量特性。TMP9R00-SP 允许使用不同的 η 因数值。有关更多信息，请参阅 *η 因数校正寄存器*。

TMP9R00-SP 器件的 η 因数值修整为 1.008。如果晶体管的理想因数与 TMP9R00-SP 器件不匹配，可使用方程式 4 计算温度误差。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

备注

要正确使用方程式 4，必须将实际温度 (°C) 转换为开尔文 (K)。

$$T_{ERR} = \left(\frac{\eta - 1.008}{1.008}\right) \times \left(273.15 + T(^{\circ}C)\right) \quad (4)$$

其中

- T_{ERR} = TMP9R00-SP 器件中的误差，因为 η ≠ 1.008
- η = 远程温度传感器的理想因数
- T(°C) = 实际温度

在方程式 4 中，°C 和 K 的增量程度是相同的。

在 η = 1.004 且 T(°C) = 100°C 时：

$$T_{ERR} = \left(\frac{1.004 - 1.008}{1.008}\right) \times (273.15 + 100^{\circ}C)$$
$$T_{ERR} = -1.48^{\circ}C \quad (5)$$

如果将分立式晶体管用作 TMP9R00-SP 器件的远程温度传感器，请根据以下标准选择晶体管，以便获得出色的精度：

- 在最高检测温度下，7.5 µA 时的基极-发射极电压 > 0.25V。
- 在最低检测温度下，120 µA 时的基极-发射极电压 < 0.95V。
- 基极电阻 < 100 Ω。
- h_{FE} 的变化幅度很小（50 至 150），表示对 V_{BE} 特性的严格控制。

根据这些标准，TI 建议使用 MMBT3904 (NPN) 或 MMBT3906 (PNP) 晶体管。

8.2.2 详细设计过程

TMP9R00-SP 器件的内部功率损耗会导致温度升高到环境温度或 PCB 温度以上。由于 TMP9R00-SP 器件消耗的电流很小，因此内部功率可以忽略不计。可使用方程式 6，根据每秒的转换次数和启用的温度传感器通道数量，计算功率损耗和自发热的平均转换电流。可使用 *电气特性* 表查找进行这些计算所需的典型值。对于 2.0V 电源和每秒 1 次转换的转换率，当远程和本地通道都启用时，TMP9R00-SP 器件的损耗为 136mW (PD_{IQ} = 2.0V × 68 µA)。

$$\text{Average Conversion Current} = (\text{Local Conversion Time}) \times (\text{Conversions Per Second}) \times (\text{Local Active IQ}) + (\text{Remote Conversion Time}) \times (\text{Conversions Per Second}) \times (\text{Remote Active } I_Q) \times (\text{Number of Active Channels} + (\text{Standby Mode}) \times [1 - ((\text{Local Conversion Time}) + (\text{Remote Conversion Time}) \times (\text{Number of Active Channels})) \times (\text{Conversions Per Second})] \quad (6)$$

TMP9R00-SP 器件的温度测量精度取决于远程和本地温度传感器与要监控的系统点是否为相同的温度。如果温度传感器与受监控系统的器件之间的热接触不良，则传感器响应与系统温度变化之间存在延迟。如果远程温度检测应用使用靠近受监控器件的基板晶体管（或小型 SOT-23 晶体管），此延迟通常不是问题。

8.2.3 应用曲线

图 8-3 和图 8-4 显示了 TMP9R00-SP 器件的典型本地和远程温度误差。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

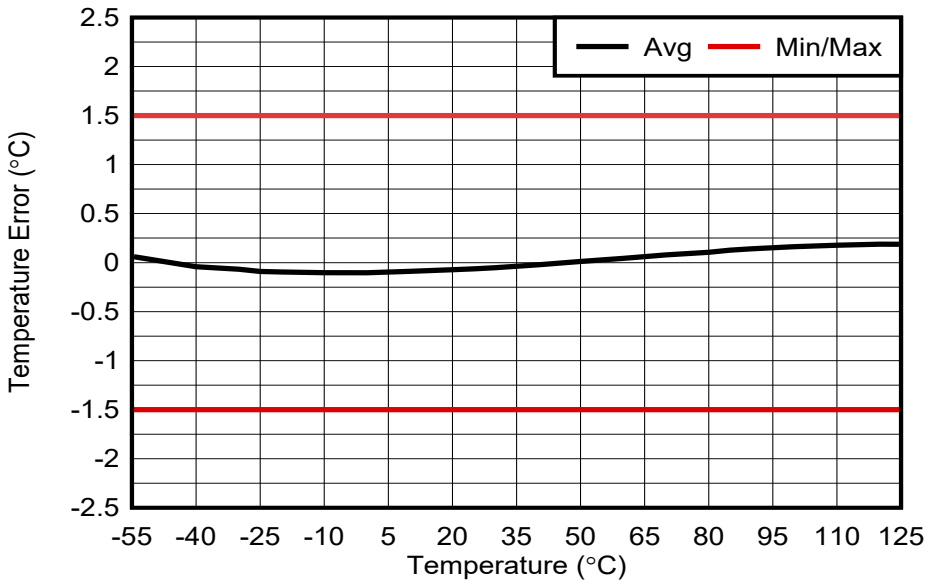


图 8-3. 本地温度误差与环境温度之间的关系

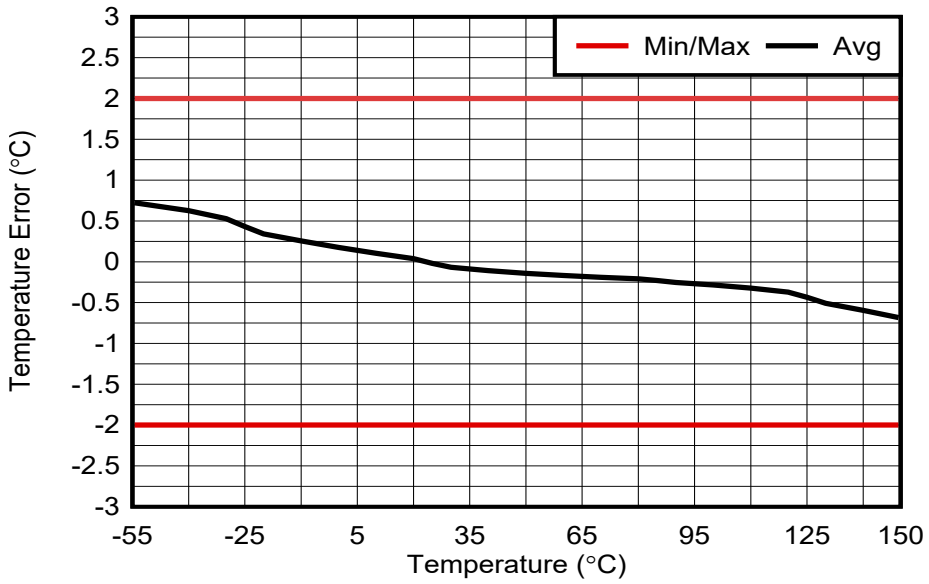


图 8-4. 远程温度误差与器件结温之间的关系

8.3 电源相关建议

TMP9R00-SP 器件的工作电源电压范围为 1.7V 至 2.0V。该器件针对 1.8V 工作电源进行了优化，也可在整个电源电压范围内准确测量温度。

TI 建议使用电源旁路电容器。应将电容器尽可能靠近该器件的电源引脚和接地引脚放置。电源旁路电容器的容值通常为 0.1μF。带有嘈杂或者高阻抗电源的应用也许需要额外的去耦合电容器来抑制电源噪声。

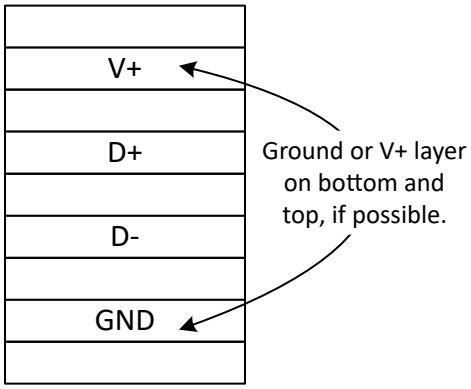
Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

8.4 布局

8.4.1 布局指南

TMP9R00-SP 器件上的远程温度检测使用非常低的电流测量非常小的电压；因此必须更大限度地降低器件输入端的噪声。使用 TMP9R00-SP 器件的大多数应用都具有大量数字内容，具有多个时钟，会进行大量逻辑电平转换，形成有噪声的环境。布局必须遵循以下指导原则：

1. 将 TMP9R00-SP 器件尽可能放置在靠近远程结温传感器的位置。
2. D+ 和 D- 布线彼此相邻，并使用接地防护迹线为它们屏蔽附近的信号（请参阅图 8-5）。如果使用多层 PCB，请将这些布线埋在接地平面或 V+ 平面之间，以屏蔽外部噪声源的影响。TI 建议使用 5mil (0.127mm) PCB 布线。
3. 更大限度地减少铜线与焊料连接导致的额外热电偶结点。如果使用这些结点，请在 D+ 和 D- 连接处进行相同数量的铜线与焊料连接，并在相似位置进行连接，以消除任何热电偶效应。
4. 在 TMP9R00-SP 的 V+ 和 GND 之间直接使用 0.1 µ F 的本地旁路电容器。为了实现出色的测量性能，应尽量减小 D+ 和 D- 之间的滤波器电容，达到 1000pF 或更低。此电容包括远程温度传感器和 TMP9R00-SP 之间的任何电缆电容。
5. 如果远程温度传感器与 TMP9R00-SP 之间的连接已接线，且长度小于 8 英寸 (20.32cm)，请使用双绞线连接。对于长度大于 8 英寸的情况，请使用屏蔽层接地的屏蔽双绞线，尽可能靠近 TMP9R00-SP 器件。使屏蔽线的远程传感器连接端保持开路，以避免接地回路和 60Hz 拾取。
6. 彻底清洁并清除器件引脚内部和周围的所有焊剂残留物，以避免由于 D+ 和 GND 之间，或 D+ 和 V+ 之间的泄漏路径而导致的温度偏移读数。



注：使用至少 5mil (0.127mm) 的布线，间距为 5mil。

图 8-5. 建议的 PCB 层截面图

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

8.4.2 布局示例

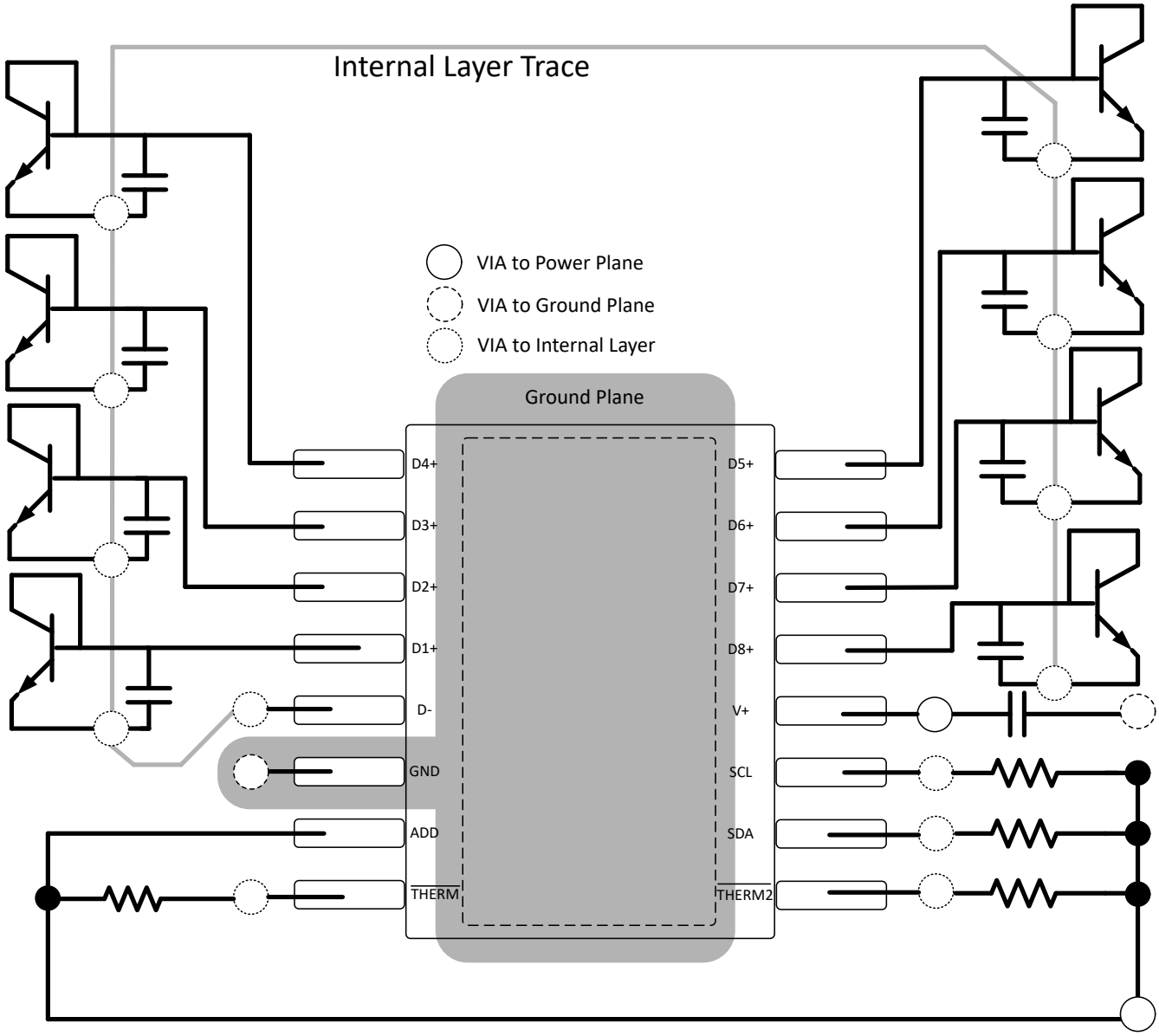


图 8-6. TMP9R00-SP HKT 示例布局

9 器件和文档支持

TI 提供大量的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

9.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击 *订阅更新* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.2 支持资源

TI E2E™ 支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的《使用条款》。

9.3 商标

SMBus™ is a trademark of Intel Corporation.
TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.4 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.5 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
5962R2021401VXC	Active	Production	CFP (HKT) | 16	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R2021401 VXC TMP9R00-SP Q
5962R2021401VXC.A	Active	Production	CFP (HKT) | 16	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R2021401 VXC TMP9R00-SP Q
TMP9R00HKT/EM	Active	Production	CFP (HKT) | 16	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TMP9R00HKT/EM EVAL ONLY
TMP9R00HKT/EM.A	Active	Production	CFP (HKT) | 16	25 | TUBE	Yes	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TMP9R00HKT/EM EVAL ONLY

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

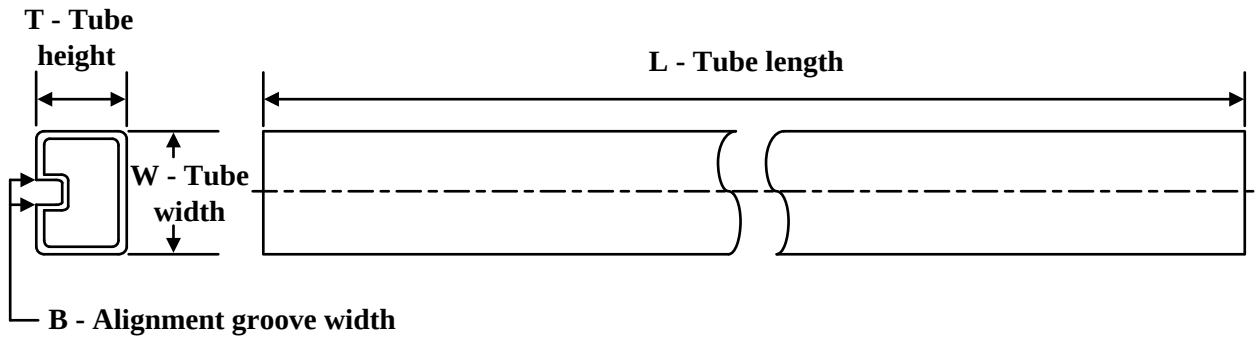
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative

and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TUBE



*All dimensions are nominal

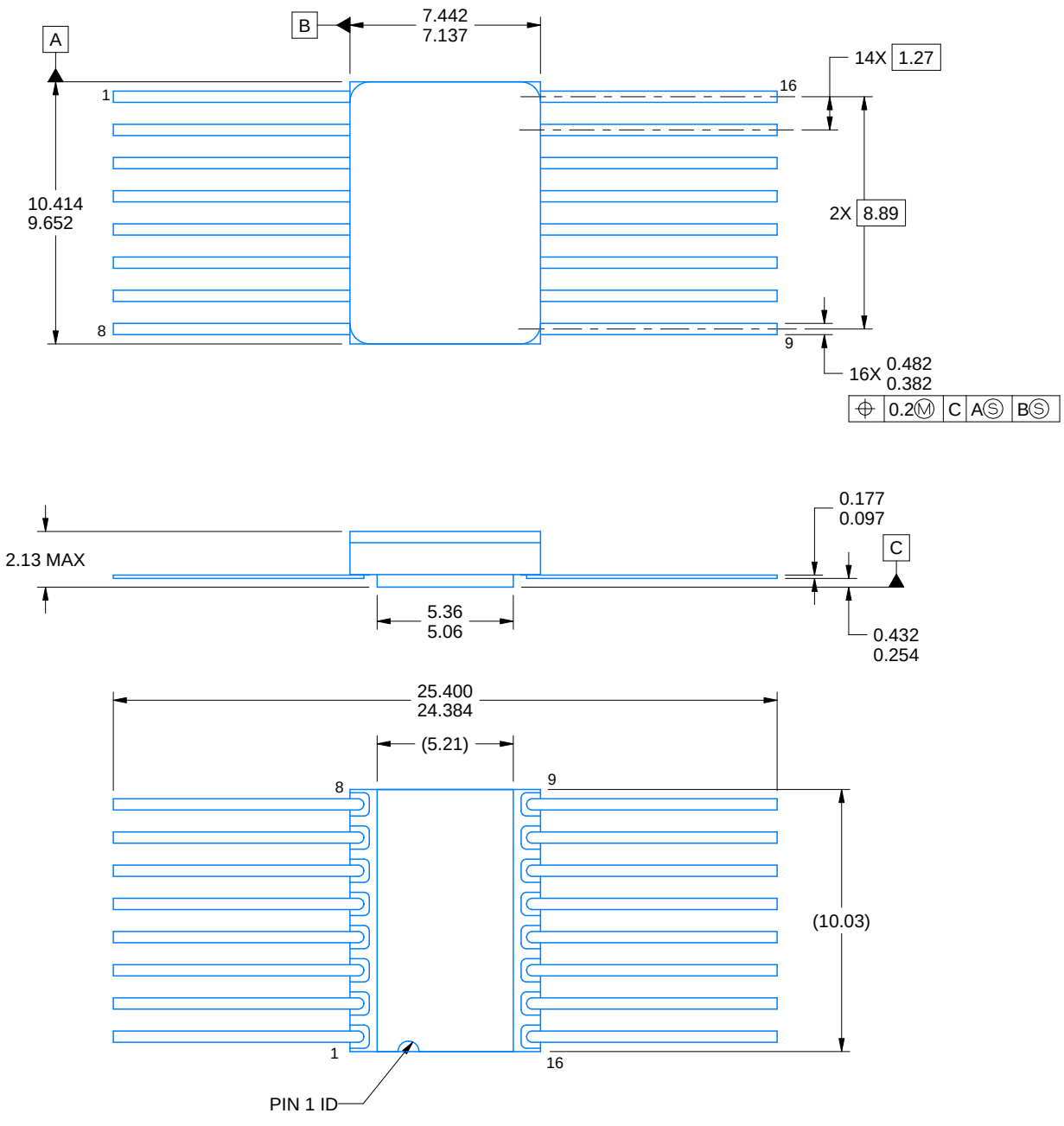
Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
5962R2021401VXC	HKT	CFP (HSL)	16	25	506.98	26.16	6220	NA
5962R2021401VXC.A	HKT	CFP (HSL)	16	25	506.98	26.16	6220	NA
TMP9R00HKT/EM	HKT	CFP (HSL)	16	25	506.98	26.16	6220	NA
TMP9R00HKT/EM.A	HKT	CFP (HSL)	16	25	506.98	26.16	6220	NA

PACKAGE OUTLINE

HKT0016A

CFP - 2.13 mm max height

CERAMIC DUAL FLATPACK



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is hermetically sealed with a metal lid. Lid and cavity are electrically isolated
4. The terminals are gold plated.
5. Falls within MIL-STD-1835 CDFP-F11A.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月