

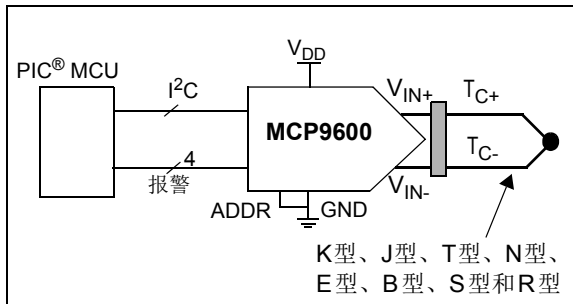
热电偶EMF至温度转换器 (最高精度为 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$)

特性

- 热电偶电动势 (Electromotive Force, EMF) 至摄氏温度转换器
 - 集成冷结点补偿
- 支持的类型 (由NIST ITS-90指定):
 - K型、J型、T型、N型、S型、E型、B型和R型
- 热结点精度为 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ (最大值)
- 测量分辨率:
 - 热结点和冷结点: 0.0625°C (典型值)
- 四个可编程温度报警输出
 - 监视热结点和冷结点温度
 - 检测温升或温降
 - 可编程迟滞最高 255°C
- 可编程温度数字滤波器
- 低功耗:
 - 关断模式
 - 突发模式: 1至128次温度采样
- 双线接口: 兼容I²C, 100 kHz
 - 每条I²C总线支持八个器件
- 工作电压范围: 2.7V至5.5V
- 工作电流: 300 μA (典型值)
- 关断电流: 2 μA (典型值)
- 封装: 20引脚MQFN

典型应用

- 石化产品温度管理
- 手持式测量设备
- 工业设备温度管理
- 烤箱
- 工业用引擎温度监视器
- 温度检测机架



说明

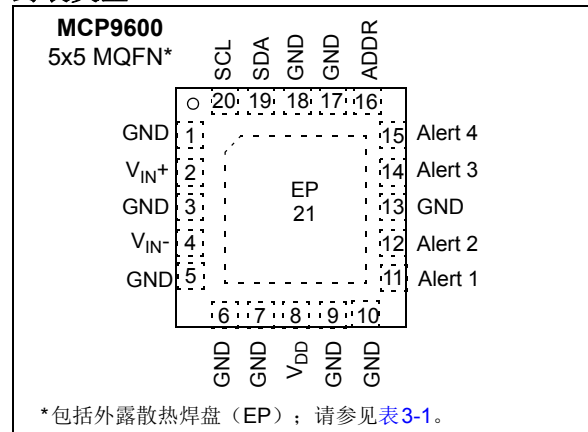
Microchip的MCP9600集成有冷结点补偿, 能够将热电偶EMF转换为摄氏温度。该器件能够校正八类热电偶的非线性误差特性, 然后针对所选的热电偶输出精度达 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 的温度数据。校正系数可从美国国家标准及技术研究局 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 的ITS-90热电偶数据库获取。

MCP9600数字温度传感器具有用户可编程寄存器, 可为各类温度检测应用提供设计灵活性。这些寄存器支持用户可选的设置, 例如针对电池供电应用的低功耗模式、用于快速瞬变温度的可调节数字滤波器以及四个可单独编程的温度报警输出 (这些输出可用于多区温度检测)。

温度报警限制具有多个用户可编程的配置, 例如, 报警极性 (低电平有效或高电平有效推挽输出) 以及输出功能 (比较器模式 (对恒温器类型操作很有用) 或中断模式 (用于基于微处理器的系统))。此外, 报警还可检测迟滞最高为 255°C 的温升或温降。

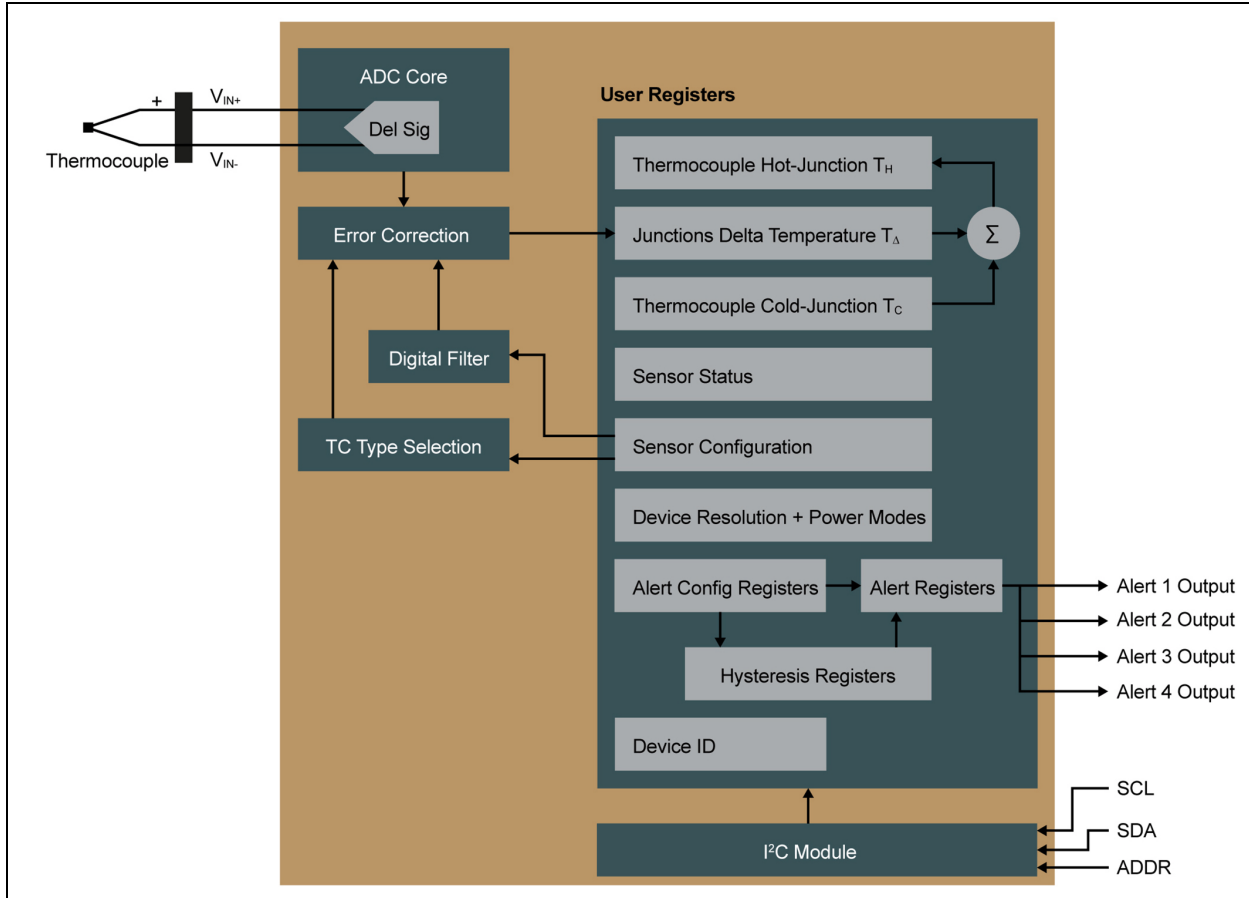
该传感器使用工业标准的双线I²C兼容串行接口, 如果使用ADDR引脚设置器件地址, 则每条总线最多支持八个器件。

封装类型



MCP9600

MCP9600 寄存器



1.0 电气特性

绝对最大值†

V _{DD}	6.0V
所有输入/输出引脚上的电压.....	GND – 0.3V至6.0V
储存温度.....	-65°C至+150°C
环境温度（施加电源时）.....	-40°C至+125°C
结温（T _J ）.....	+150°C
所有引脚上的ESD保护（HBM:MM）.....	（4 kV:300V）
每个引脚上的闩锁电流.....	±100 mA

†注：如果器件的工作条件超过上述“最大额定值”，可能对器件造成永久性损坏。上述数值仅是工作条件最大值，我们建议不要使器件工作在最大值甚至超过最大值的条件下。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

直流特性

电气规范：除非另外说明，否则V_{DD} = 2.7V至5.5V，GND = 地，T_A = -40°C至+125°C（其中：T_A = T_C，定义为器件环境温度）。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
热电偶传感器测量精度						
T _H 热结点精度（V _{DD} = 3.3V） T _H = T _C + T _Δ	T _{H_Acy}	-1.5	±0.5	+1.5	°C	T _A = 0°C至+85°C，
		-3.0	±1	+3.0	°C	T _A = -40°C至+125°C
T _C 冷结点精度（V _{DD} = 3.3V）	T _{C_Acy}	-1.0	±0.5	+1.0	°C	T _A = 0°C至+85°C
		-2.0	±1	+2.0	°C	T _A = -40°C至+125°C
T_Δ结点温度增量精度						
K型：T _Δ = -200°C至+1372°C V _{EMF} 范围：-5.907 mV至54.886 mV	T _{Δ_Acy}	-0.5	±0.25	+0.5	°C	T _A = 0°C至+85°C， V _{DD} = 3.3V（注1）
J型：T _Δ = -150°C至+1200°C V _{EMF} 范围：-3.336 mV至47.476 mV						
T型：T _Δ = -200°C至+400°C V _{EMF} 范围：-5.603 mV至20.81 mV						
N型：T _Δ = -150°C至+1300°C V _{EMF} 范围：-3.336 mV至47.476 mV						
E型：T _Δ = -200°C至+1000°C V _{EMF} 范围：-8.825 mV至76.298 mV						
S型：T _Δ = 250°C至+1664°C V _{EMF} 范围：-1.875 mV至17.529 mV						
B型：T _Δ = 1000°C至+1800°C V _{EMF} 范围：-4.834 mV至13.591 mV						
R型：T _Δ = 250°C至+1664°C V _{EMF} 范围：-1.923 mV至19.732 mV						
						T _A = 0°C至+85°C， V _{DD} = 3.3V（注1和注2）

注 1：T_{Δ_Acy}温度精度规范值定义为NIST ITS-90热电偶EMF至摄氏温度转换数据库中指定的器件精度。T_Δ也定义为热结点与冷结点之间的温差或者NIST ITS-90数据库中指定的温度。

- 2：器件测量指定范围以下的温度，但是对温度变化的灵敏度会呈指数级降低。R型和S型能够测量低至-50°C的温度，即分别对应于-0.226 mV_{EMF}和-0.235 mV_{EMF}。B型能够测量低至500°C的温度，即1.242 mV_{EMF}（见图2-7、图2-8、图2-14以及图2-10、图2-11和图2-17）。
- 3：超出V_{IN_CM}输入范围可能导致泄漏电流流过热电偶输入引脚上的ESD保护二极管。该参数为特性值，未经生产测试。

MCP9600

直流特性 (续)

电气规范: 除非另外说明, 否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$, $GND =$ 地, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ (其中: $T_A = T_C$, 定义为器件环境温度)。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
传感器特性						
T_C 和 T_H 温度分辨率	T_{RES}	—	± 0.0625	—	$^{\circ}C$	最大分辨率时
采样率 ($T_A = +25^{\circ}C$)	t_{CONV}	—	300	—	ms	18位分辨率
		—	80	—	ms	16位分辨率
		—	20	—	ms	14位分辨率
		—	5	—	ms	12位分辨率
温度计算时间	t_{CALC}	—	12	—	ms	$T_A = +25^{\circ}C$
热电偶输入						
失调误差	V_{OERR}	—	± 2	—	μV	
失调误差漂移	V_{OERR_DRF}	—	50	—	$nV/^{\circ}C$	
满量程增益误差	G_{ERR}	—	—	± 0.04	%FS	$T_A = 0^{\circ}C$ 至 $+85^{\circ}C$
满量程增益误差漂移	G_{ERR_DRF}	—	± 0.01	—	%FS	
满量程积分非线性	INL	—	10	—	ppm	
电压分辨率	V_{RES}	—	2	—	μV	18位分辨率
差模范围	V_{IN_DF}	-250	—	+250	mV	ADC输入范围
差模阻抗	Z_{IN_DF}	—	300	—	$k\Omega$	
共模范围	V_{IN_CM}	$V_{DD}-0.3$	—	$V_{DD}+0.3$	V	(注3)
共模阻抗	Z_{IN_CM}	—	25	—	$M\Omega$	
共模抑制比	$CMRR$	—	105	—	dB	
电源抑制比	$PSRR$	—	60	—	dB	
线路稳定度	V_{Line_R}	—	0.2	—	$^{\circ}C/V$	
Alert 1、2、3和4的输出						
低电平电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3\text{ mA}$
高电平电压	V_{OH}	$V_{DD}-0.5$	—	—	V	$I_{OH} = 3\text{ mA}$
工作电压和电流						
工作电压	V_{DD}	2.7	—	5.5	V	
I^2C 无效电流	I_{DD}	—	0.3	0.5	mA	$V_{DD}=3.3V, T_A = 85^{\circ}C$
I^2C 有效电流或 t_{CALC} 期间		—	1.5	2.5	mA	
关断电流	I_{SHDN}	—	2	5	μA	I^2C 无效
上电复位 (POR) 阈值	V_{POR}	1.0	2.1	2.6	V	上升/下降 V_{DD}
热响应						
5x5 mm MQFN 封装 (冷结点)	t_{RSP}	—	3	—	s	达到63%的时间, $+25^{\circ}C$ (空气) 至 $+125^{\circ}C$ (油浴), 2x2英寸PCB

注 1: T_{Δ_ACY} 温度精度规范值定义为 NIST ITS-90 热电偶 EMF 至摄氏温度转换数据库中指定的器件精度。 T_{Δ} 也定义为热结点与冷结点之间的温差或者 NIST ITS-90 数据库中指定的温度。

2: 器件测量指定范围以下的温度, 但是对温度变化的灵敏度会呈指数级降低。 R 型和 S 型能够测量低至 $-50^{\circ}C$ 的温度, 即分别对应于 -0.226 mV_{EMF} 和 -0.235 mV_{EMF} 。 B 型能够测量低至 $500^{\circ}C$ 的温度, 即 1.242 mV_{EMF} (见图 2-7、图 2-8、图 2-14 以及图 2-10、图 2-11 和图 2-17)。

3: 超出 V_{IN_CM} 输入范围可能导致泄漏电流流过热电偶输入引脚上的 ESD 保护二极管。 该参数为特性值, 未经生产测试。

输入/输出引脚直流特性

电气规范：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND = 地$ ， $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ （其中： $T_A = T_C$ ，定义为器件环境温度）。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
串行输入/输出和I²C从地址输入（ADDR）						
输入（SCL和SDA）						
高电平电压	V_{IH}	$0.7V_{DD}$	—	—	V	
低电平电压	V_{IL}	—	—	$0.3V_{DD}$	V	
输入电流	I_{LEAK}	—	—	± 2	μA	
输出（SDA）						
低电平电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3\text{ mA}$
高电平电流（泄漏电流）	I_{OH}	—	—	1	μA	$V_{OH} = V_{DD}$
低电平电流	I_{OL}	6	—	—	mA	$V_{OL} = 0.6V$
电容	C_{IN}	—	5	—	pF	
I²C从地址选择电平（注1）						
命令字节<1100 000x>	V_{ADDR}	GND	—	—	V	地址 = 0
命令字节<1100 001x>		V_{ADDR_L} (注2)	V_{ADDR_TYP} (注2)	V_{ADDR_H} (注2)		地址 = 1
命令字节<1100 010x>						地址 = 2
命令字节<1100 011x>						地址 = 3
命令字节<1100 100x>						地址 = 4
命令字节<1100 101x>						地址 = 5
命令字节<1100 110x>						地址 = 6
命令字节<1100 111x>		—	—	V_{DD}		地址 = 7
SDA和SCLK输入						
迟滞	V_{HYST}	—	$0.05V_{DD}$	—	V	$V_{DD} > 2V$
尖峰抑制	T_{SP}	—	50	—	ns	

注 1： ADDR引脚可连接 V_{DD} 或 V_{SS} 。对于额外的从地址，可使用电阻分压网络设置分配给 V_{DD} 的电压值。器件支持最多8种电平（关于推荐的电阻值，请参见第6.3.1节“I²C寻址”）。

- 2： $V_{ADDR_TYP} = \text{地址} * V_{DD}/8 + V_{DD}/16$ ，
 $V_{ADDR_L} = V_{ADDR_TYP} - V_{DD}/32$ ，
 $V_{ADDR_H} = V_{ADDR_TYP} + V_{DD}/32$ （其中：地址 = 1、2、3、4、5和6）。

温度特性

电气规范：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND = 地$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
指定温度范围	T_A	-40	—	+125	$^{\circ}C$	注1
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	$^{\circ}C$	
存储温度范围	T_A	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
封装热阻						
热阻, MQFN	θ_{JA}	—	38.8	—	$^{\circ}C/W$	

注 1： 在此范围内工作时不能使 T_J 超出最大结温（+150 $^{\circ}C$ ）。

MCP9600

传感器和EEPROM串行接口时序规范

电气规范：除非另外说明，否则GND = 地， $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V ， $C_L = 80\text{ pF}$ （注1）。

参数	符号	最小值	最大值	单位
双线I²C接口				
串行端口频率	f_{SCL}	10	100	kHz
时钟低电平时间（注2）	t_{LOW}	4700	—	ns
时钟高电平时间	t_{HIGH}	4000	—	ns
上升时间（注3）	t_{R}	—	1000	ns
下降时间（注3）	t_{F}	20	300	ns
数据输入建立时间（注2）	$t_{\text{SU:DAT}}$	250	—	ns
数据输入保持时间	$t_{\text{HD:DAT}}$	0	—	ns
启动条件建立时间	$t_{\text{SU:STA}}$	4700	—	ns
启动条件保持时间	$t_{\text{HD:STA}}$	4000	—	ns
停止条件建立时间	$t_{\text{SU:STO}}$	4000	—	ns
总线空闲时间	$t_{\text{B-FREE}}$	10	—	μs
总线容性负载	C_b	—	400	pf
时钟延长	t_{STRETCH}	60	—	μs

注1：所有值均以 $V_{\text{IL MAX}}$ 和 $V_{\text{IH MIN}}$ 的值为参考。

注2：该器件可在标准模式I²C总线系统中使用，但必须满足 $t_{\text{SU:DAT}} \geq 250\text{ ns}$ 的要求。

注3：特性值，未经生产测试。

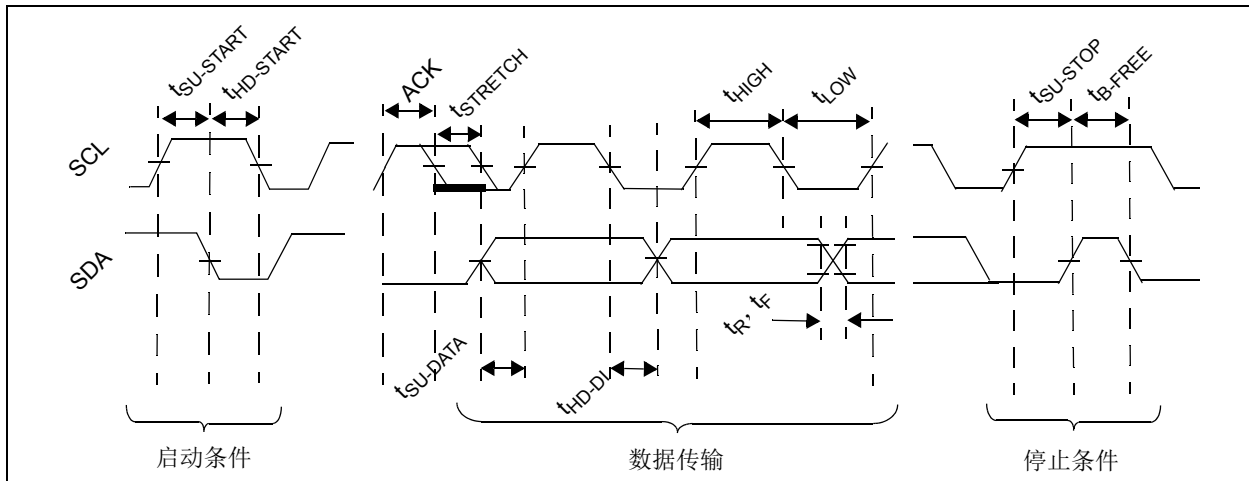


图1-1： 时序图

2.0 典型性能曲线

注： 以下图表为基于有限数量样本的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，我们不做保证。一些图表中列出的数据可能超出指定的工作范围（例如，超出了指定的电源范围），因此不在担保范围内。

注： 除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND =$ 地， SDA/SCL 上拉至 V_{DD} ， $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

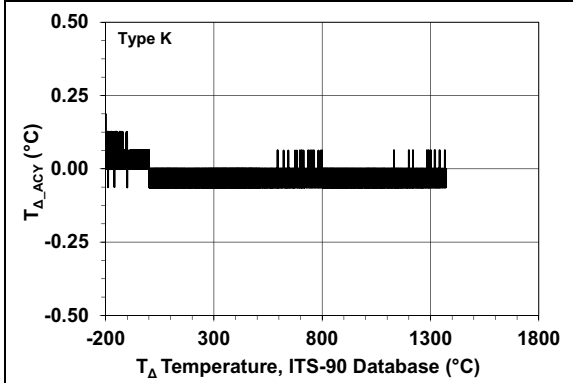


图2-1: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (K型)

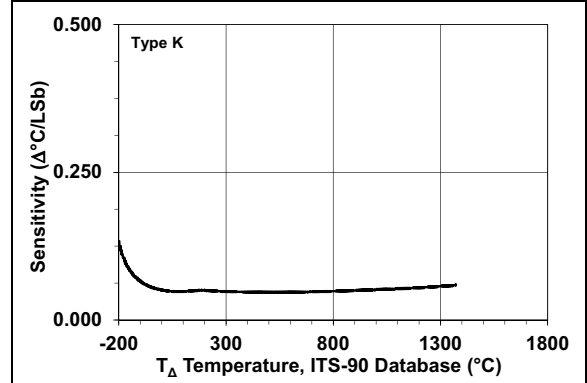


图2-4: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (K型)

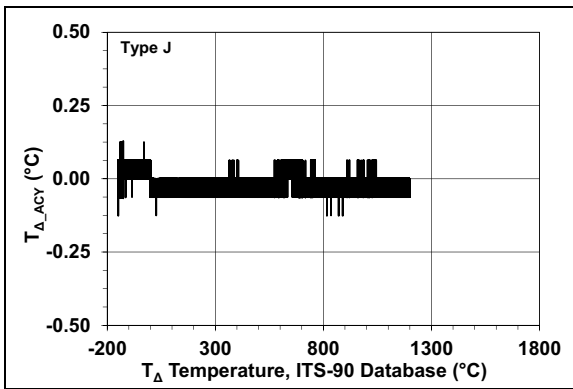


图2-2: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (J型)

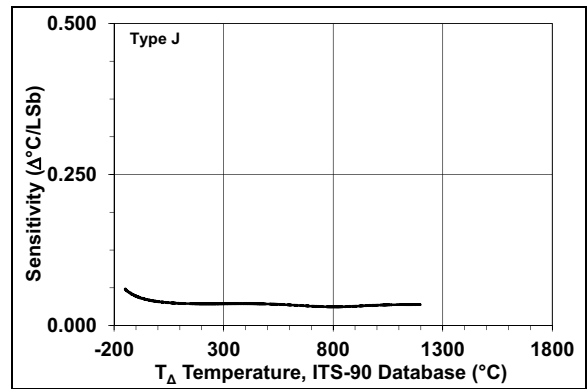


图2-5: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (J型)

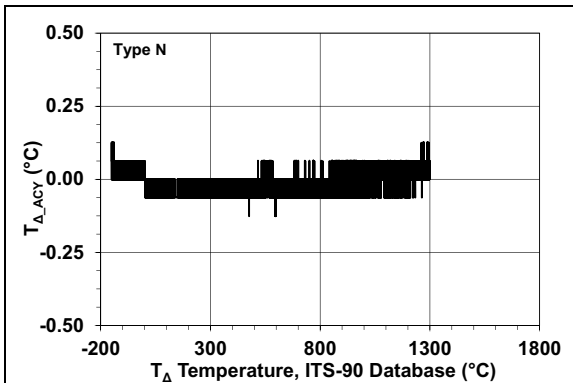


图2-3: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (N型)

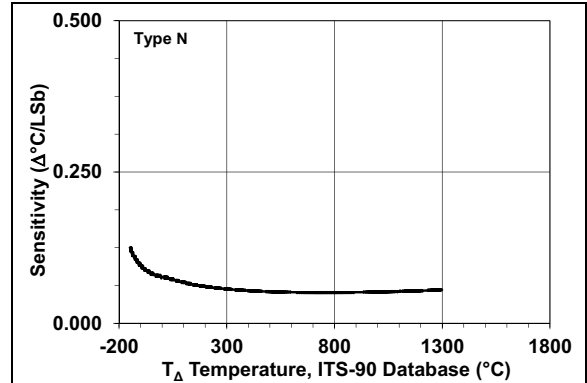


图2-6: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (N型)

MCP9600

注：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND = 地$ ， SDA/SCL 上拉至 V_{DD} ， $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

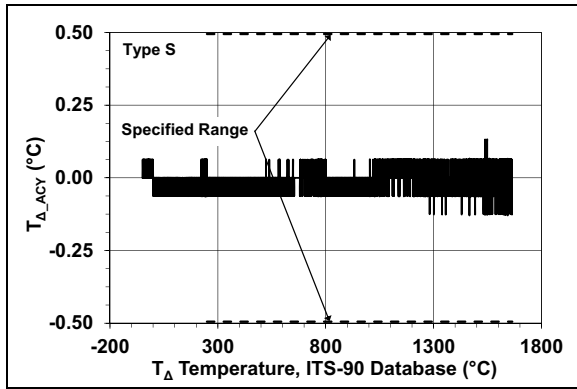


图2-7: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (S型)

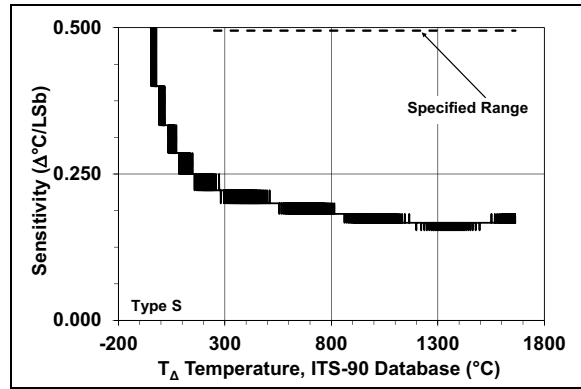


图2-10: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (S型)

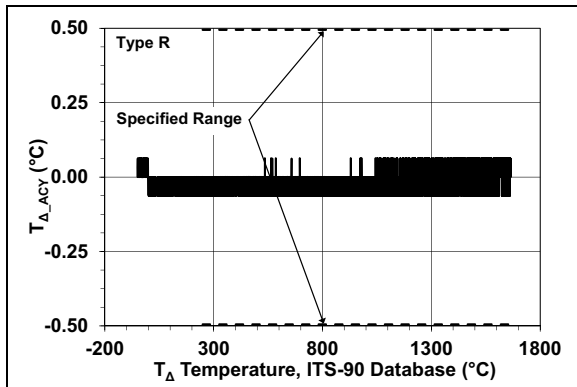


图2-8: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (R型)

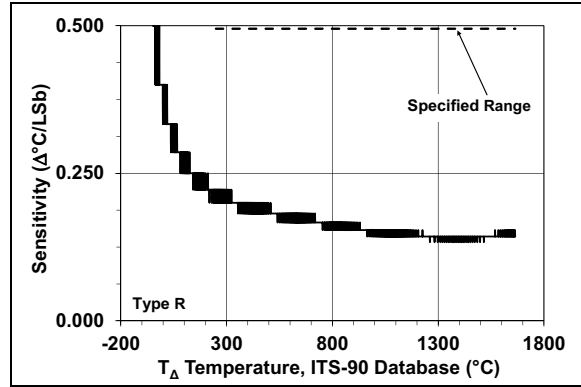


图2-11: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (R型)

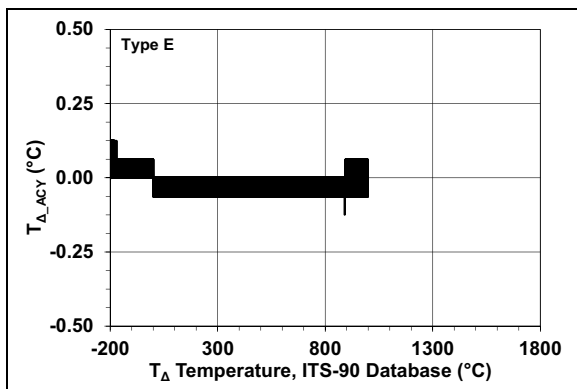


图2-9: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (E型)

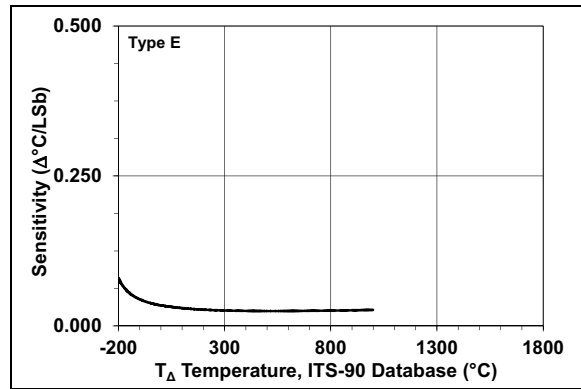


图2-12: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (E型)

注：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND =$ 地， SDA/SCL 上拉至 V_{DD} ， $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

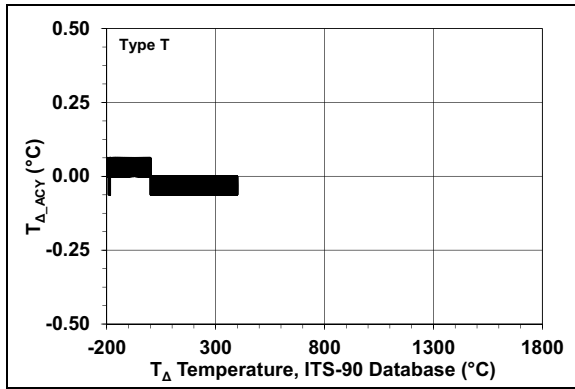


图2-13: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (T型)

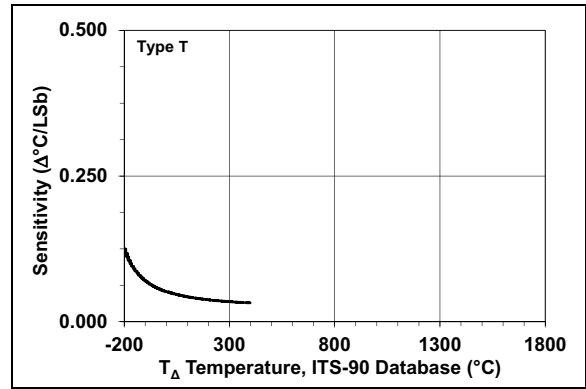


图2-16: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (T型)

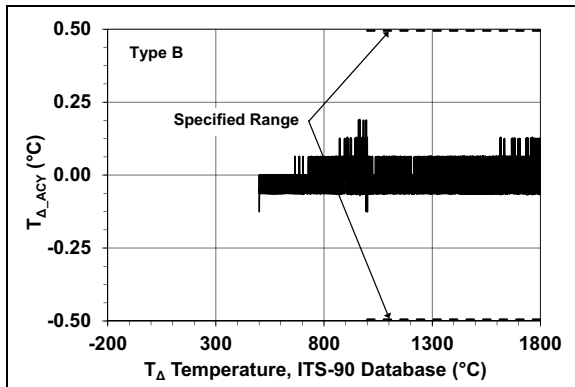


图2-14: NIST ITS-90 数据库中指定的典型温度精度 (B型)

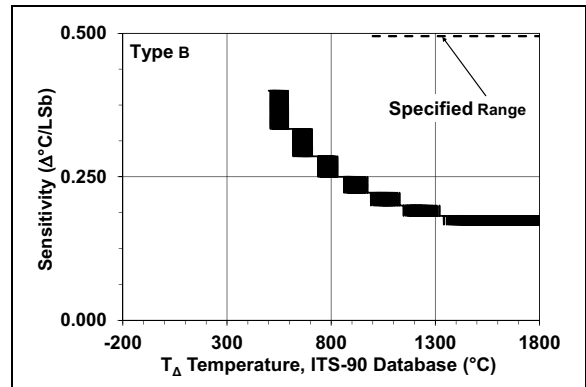


图2-17: 18 位分辨率时的温度灵敏度 (B型)

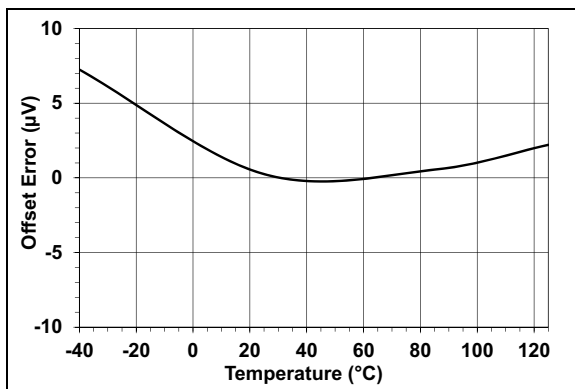


图2-15: 输入失调误差电压 (V_{IN+} 和 V_{IN-})

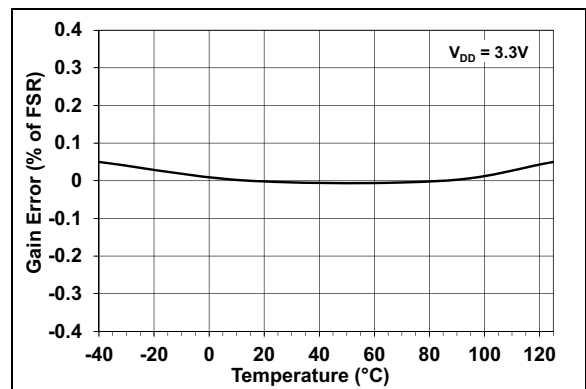


图2-18: 满量程增益误差

MCP9600

注：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ， $GND = 地$ ， SDA/SCL 上拉至 V_{DD} ， $T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$ 。

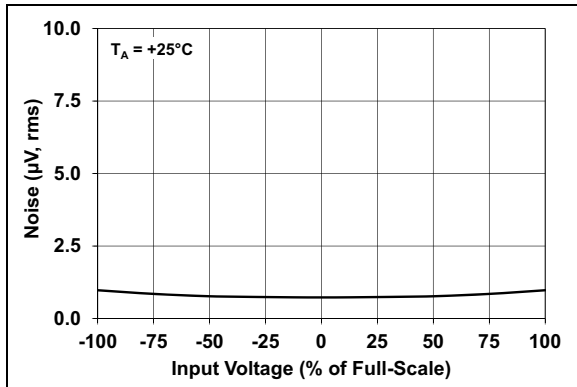


图2-19: 输入噪声, 满量程百分比 (%)

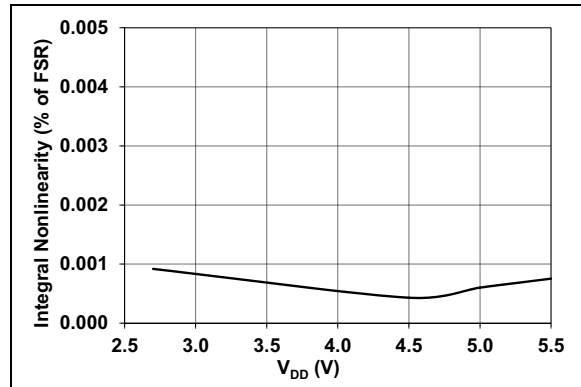


图2-22: 积分非线性— V_{DD} 曲线

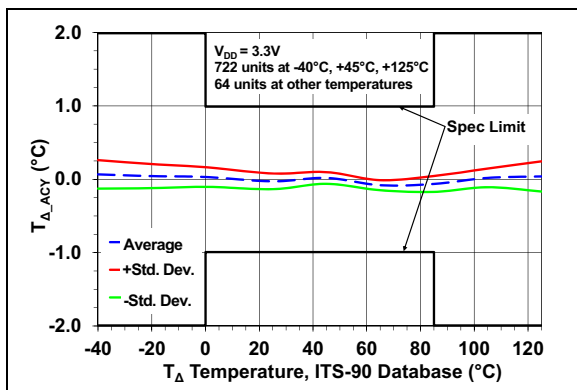


图2-20: 冷结点传感器温度精度

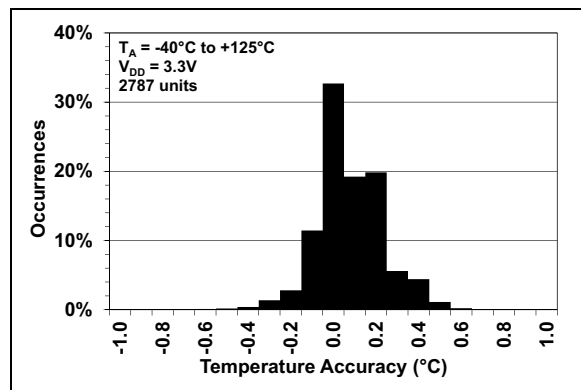


图2-23: 冷结点传感器温度精度分布

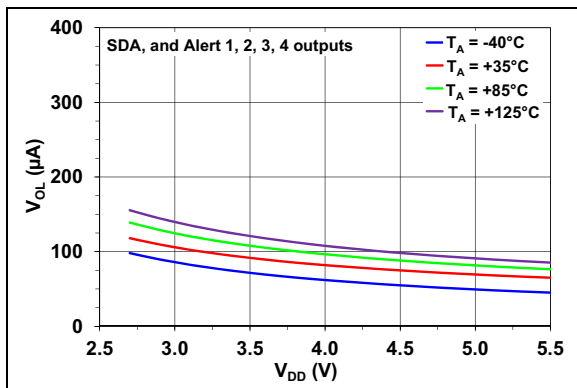


图2-21: SDA 和报警输出 V_{OL} — V_{DD} 曲线

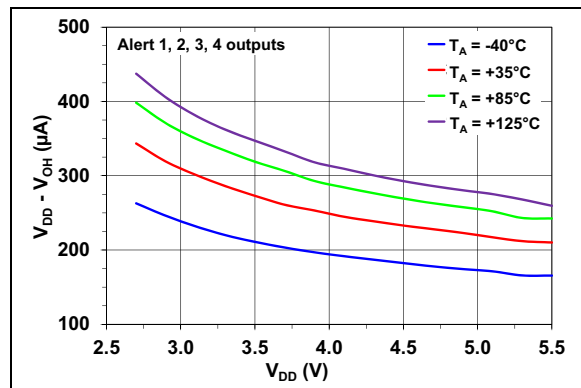


图2-24: 报警输出 V_{OH} — V_{DD} 曲线

注：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$ ，GND = 地，SDA/SCL 上拉至 V_{DD} ， $T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$ 。

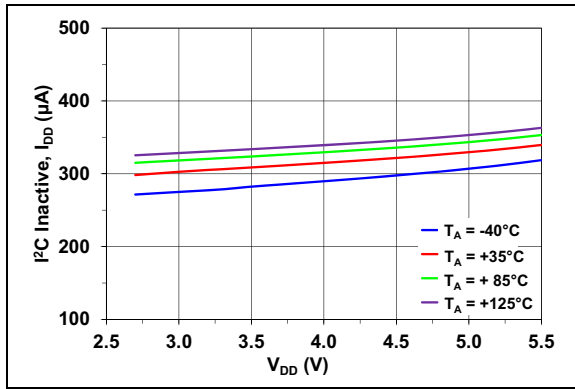


图2-25: I²C 无效 I_{DD} — V_{DD} 曲线

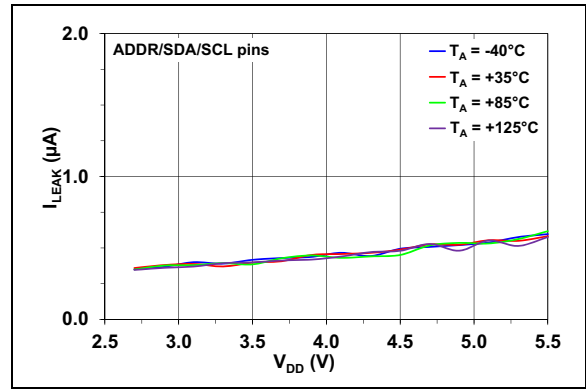


图2-28: SDA、SCL 和 ADDR 输入引脚泄漏电流 I_{LEAK} — V_{DD} 曲线

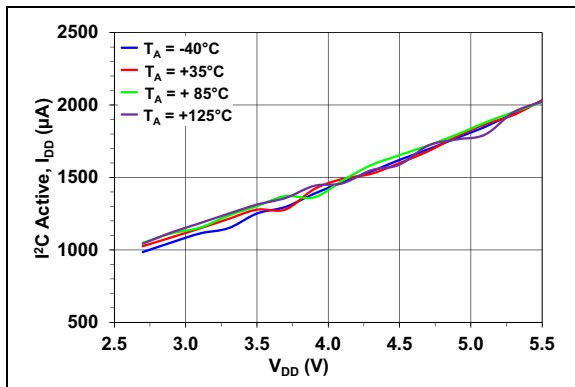


图2-26: I²C 有效 I_{DD} — V_{DD} 曲线

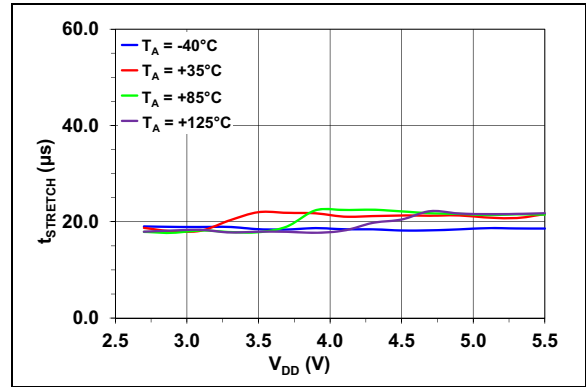


图2-29: I²C 接口时钟延长持续时间 $t_{STRETCH}$ — V_{DD} 曲线

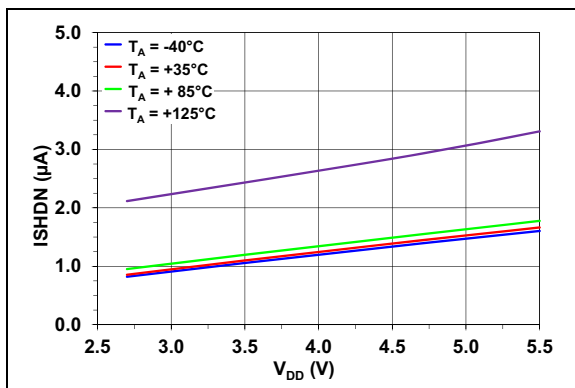


图2-27: 关断电流 I_{SHDN} — V_{DD} 曲线

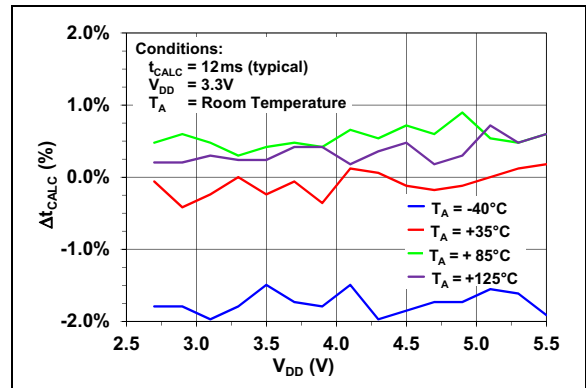


图2-30: 温度计算持续时间 t_{CALC} 变化— V_{DD} 曲线

MCP9600

注:

3.0 引脚说明

表3-1列出了引脚说明。

表3-1: 引脚功能表

5x5 MQFN	符号	引脚功能
1、3、5、13和17	GND	电气地
2	V _{IN+}	热电偶正极端子输入
4	V _{IN-}	热电偶负极端子输入
6、7、9、10和18	GND	非电气地，必须接地
8	V _{DD}	电源
11	Alert 1	报警输出1
12	Alert 2	报警输出2
14	Alert 3	报警输出3
15	Alert 4	报警输出4
16	ADDR	I ² C从地址选择电压输入
19	SCL	I ² C时钟输入
20	SDA	I ² C数据输入
21	EP	外露散热焊盘（EP）；必须连接至GND。

3.1 接地引脚（GND）

GND引脚是系统接地引脚。引脚1、3、5、13和17是系统接地引脚，它们具有相同的电势。但是，引脚6、7、9、10和18必须接地以确保正常工作。

3.2 热电偶输入（V_{IN+}和V_{IN-}）

热电偶引线直接连接这两个输入。正节点连接V_{IN+}引脚，负节点连接V_{IN-}引脚。热电偶电压转换为摄氏温度。

3.3 电源引脚（V_{DD}）

V_{DD}是电源引脚。该引脚上将施加直流电气规范表中指定的工作电压。

3.4 推挽式报警输出（Alert 1、2、3和4）

MCP9600的报警引脚是用户可编程的推挽式输出，可用于检测温升和温降。当环境温度超出用户编程的温度报警限值时，该器件输出将发出信号。

3.5 I²C从地址引脚（ADDR）

该引脚用于设置I²C从地址。该引脚可连接V_{DD}和GND，也可以通过电阻分压网络来选择V_{DD}的分压比，以设置8个地址电平。

3.6 串行时钟线（SCL）

SCL是时钟输入引脚。所有通信和时序均相对于该引脚上的信号。时钟由总线上的主机或主控制器生成（见第4.0节“串行通信”）。

3.7 串行数据线（SDA）

SDA是双向输入/输出引脚，用于向/从主控制器串行发送/接收数据。该引脚需要上拉电阻（见第4.0节“串行通信”）。

MCP9600

注:

4.0 串行通信

4.1 双线标准模式²C协议兼容接口

MCP9600的串行时钟输入（SCL）和双向串行数据线（SDA）构成了双线双向数据通信线（见[输入/输出引脚直流特性表](#)与[传感器和EEPROM串行接口时序规范表](#)）。

定义了以下总线协议：

表4-1： MCP9600串行总线协议说明

术语	说明
主器件	控制串行总线的器件，通常为单片机。
从器件	被主器件寻址的器件，例如MCP9600。
发送器	向总线发送数据的器件。
接收器	从总线接收数据的器件。
启动	主器件发出的独特信号，用于启动与从器件的串行接口。
结束	主器件发出的独特信号，用于终止与从器件的串行接口。
读/写	读取或写入MCP9600寄存器。
ACK	接收器通过轮询总线来应答（ACK）每个字节的接收。
NAK	接收器通过无应答（NAK）或释放总线来指示数据结束（End-of-Data, EOD）。
忙	总线正在使用中，无法进行通信。
不忙	总线处于空闲状态，SDA和SCL均保持高电平。
数据有效	SDA必须在SCL变为高电平之前保持稳定，这样数据位才会被视为有效。正常数据传输期间，SDA仅在SCL为低电平时改变状态。

4.1.1 数据传输

数据传输通过启动条件（START）启动，后面跟有一个7位器件地址和一个读/写位。从器件通过应答（ACK）确认每个字节的接收。每次访问都必须通过停止条件（STOP）终止。

重复通信在 t_{B-FREE} 之后启动。

该器件支持接收协议。寄存器可通过初始读操作的指针指定。每次重复读取或接收都以启动条件和地址字节开始。MCP9600会保留先前选定的寄存器。因此，它会输出先前指定的寄存器的数据（无需重复指定指针）。

4.1.2 主器件/从器件

总线由主器件（通常为单片机）控制，它可以控制总线访问并产生启动和停止条件。MCP9600是从器件，不能够控制总线中的其他器件。主器件和从器件都可以作为发送器或接收器工作。但是，激活哪种模式由主器件决定。

4.1.3 启动/停止条件

SDA线从高电平跳变为低电平（SCL为高电平时）会产生启动条件。所有数据传输都必须以主器件发出的启动条件开始。SDA线从低电平跳变为高电平（SCL为高电平时）会产生停止条件。

如果在数据传输过程中产生了启动或停止条件，则MCP9600会释放总线。所有数据都将以主器件发出的停止条件结束。

4.1.4 地址字节

发出启动条件后，主机必须向MCP9600发送8位地址字节。MCP9600温度传感器的地址为11,0,0,A2,A1,A0（二进制），其中A2、A1和A0位通过在ADDR引脚上连接相应的 V_{ADDR} 电压在外部设置（见[“输入/输出引脚直流特性”](#)部分）。以串行位流方式发送的7位地址必须与MCP9600的选定地址相匹配，器件才会产生ACK作为响应。地址字节中的bit 8是读/写位。将该位设置为1表示执行读操作，设置为0表示执行写操作（见[图4-1](#)）。

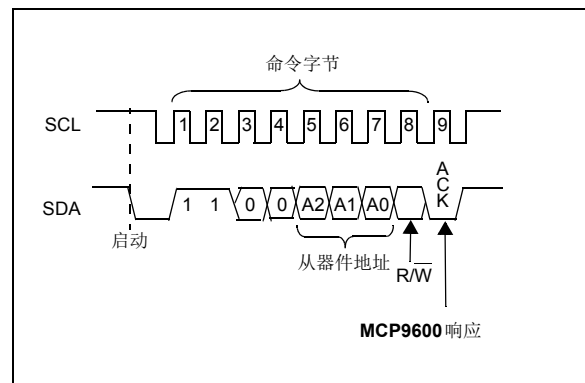


图4-1： 器件寻址

MCP9600

4.1.5 数据有效

发出启动条件后，SCL从低电平变为高电平之前，传输数据中的每个位都需要经过 $t_{\text{SU-DATA}}$ 指定的稳定时间（见传感器和EEPROM串行接口时序规范部分）。

4.1.6 应答（ACK/NAK）

每个接收器件在被寻址时都必须在接收每个字节之后产生ACK位。主器件必须产生一个额外的时钟脉冲以识别ACK。

应答器件会将SDA线下拉 $t_{\text{SU-DATA}}$ 的时间，然后来自主器件的SCL会从低电平跳变为高电平。SDA还需要在SCL从高电平跳变为低电平之后保持下拉达 $t_{\text{HD-DAT}}$ 的时间。

读取期间，主器件必须通过在最后一位随时钟移出从器件后不产生ACK位（NAK）来向从器件指示数据结束（EOD）。这种情况下，从器件会将数据线保留为释放状态，以使主器件产生停止条件。

4.1.7 时钟延长

在I²C读操作期间，该器件将使I²C时钟线在ACK信号的下沿后保持低电平状态达 t_{STRECH} 的时间。为了防止总线争用，在此期间，主控制器必须将SCL线释放或使SCL线保持低电平状态。

此外，主控制器必须在通过读命令产生ACK位后提供八个连续的时钟周期。这样一来，器件便可从SDA输出移位寄存器中移出数据。缺失时钟周期可能会导致总线争用。在数据传输结束时，主控制器必须提供NAK位，后跟STOP位来终止通信。

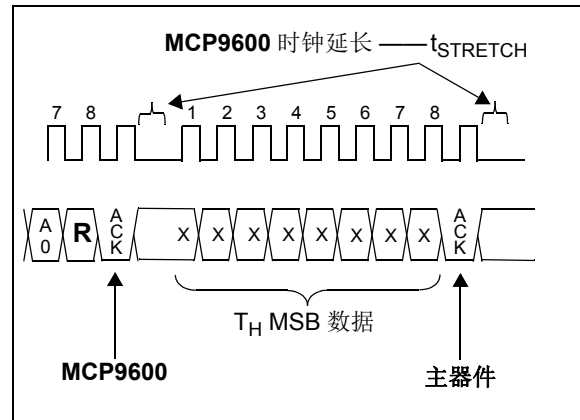


图4-2: 时钟延长

4.1.8 连续读操作

在连续读操作期间，器件将从之前设置的寄存器指针开始发送后续寄存器的数据。MCP9600将保持内部地址指针，该指针会在每次完成读数据传输时递增，之后主器件会发出ACK信号。连续读操作由停止位终止。

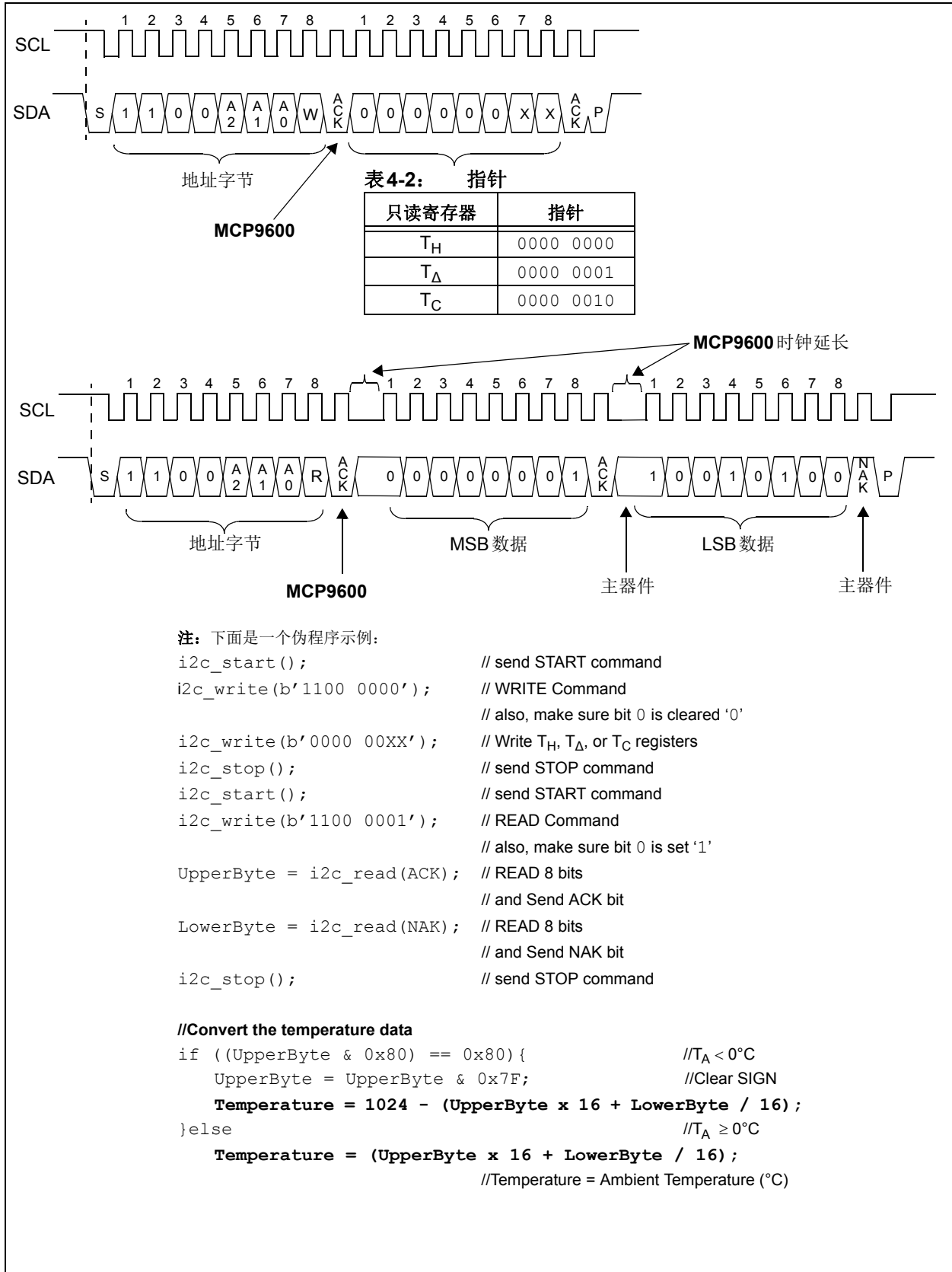


图4-3: 设置寄存器指针和读取双字节数据的时序图

MCP9600

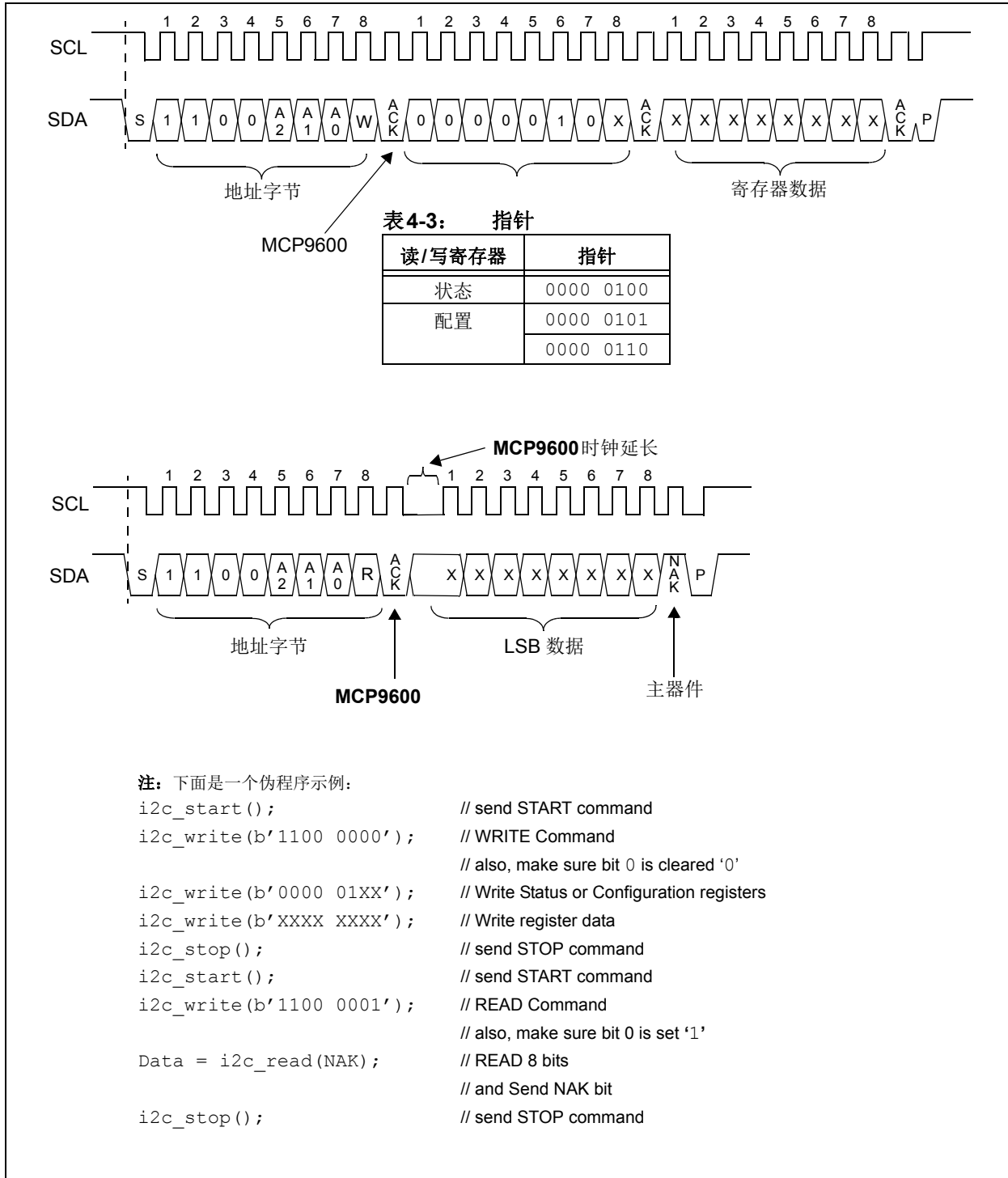


图4-4: 设置寄存器指针和读取双字节数据的时序图

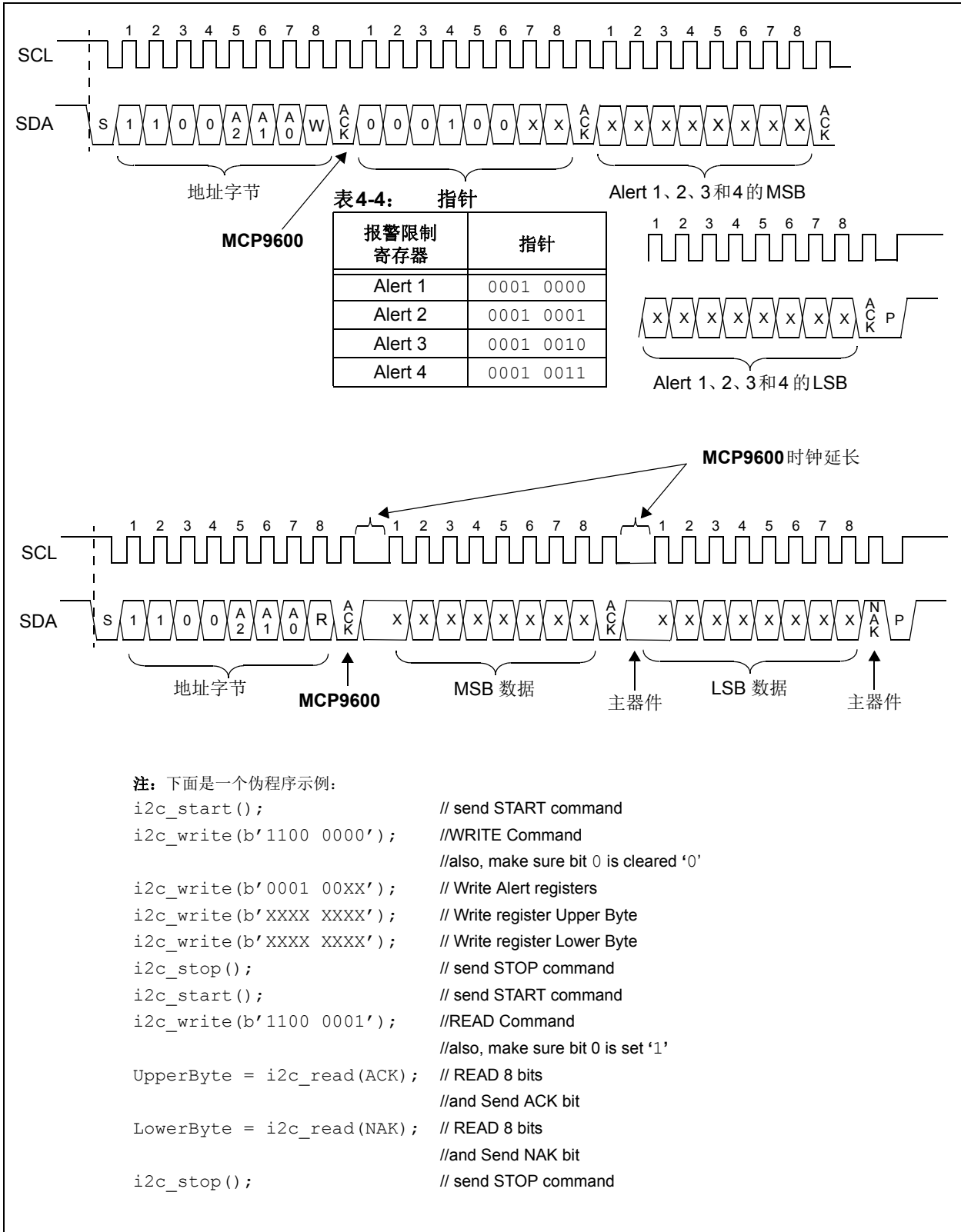


图4-5: 设置寄存器指针和读取双字节数据的时序图

MCP9600

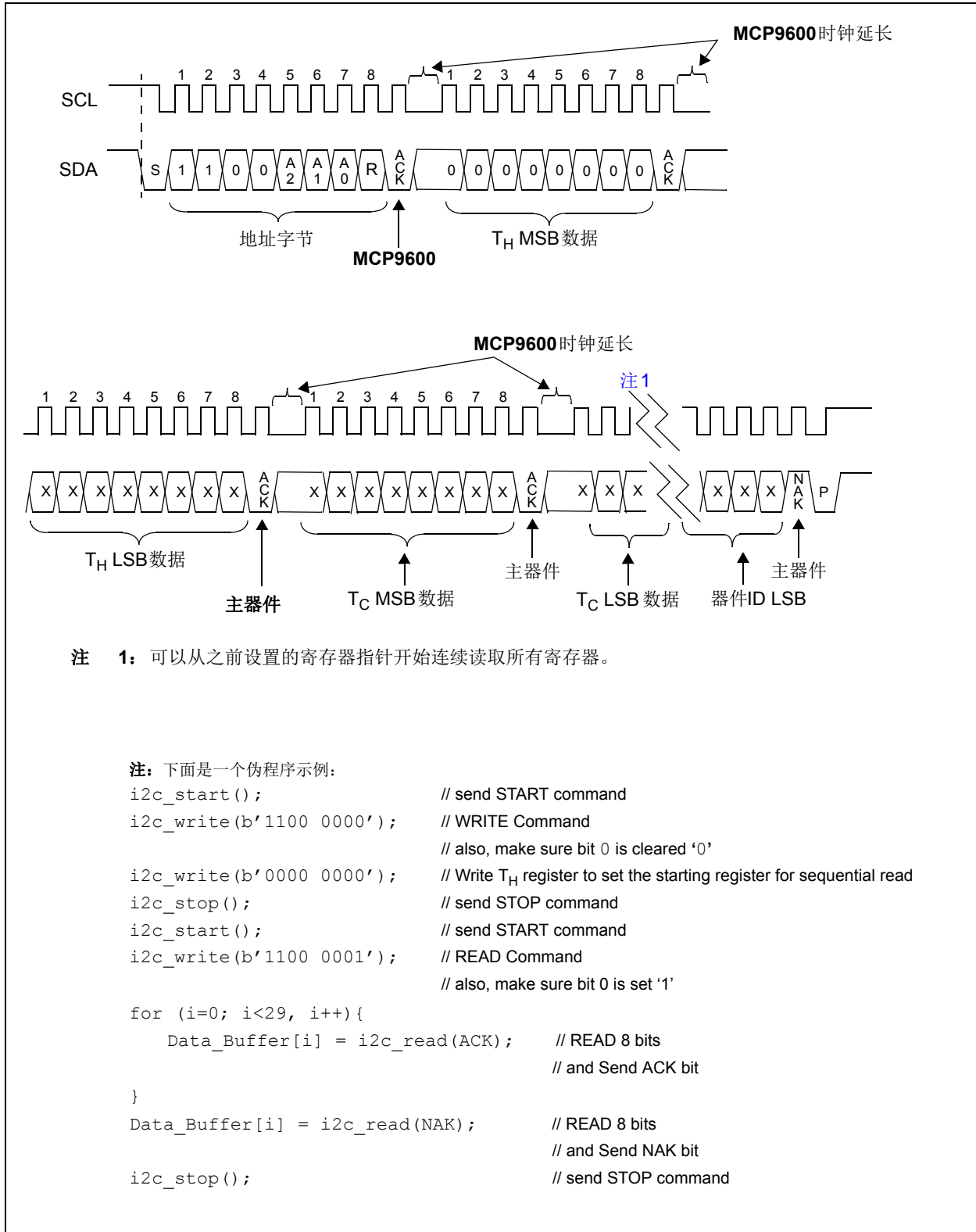


图4-6: 从T_H寄存器开始连续读取所有寄存器的时序图

5.0 功能说明

MCP9600 温度传感器包含 18 位 Δ - Σ 模数转换器（用于测量热电偶电压，即 EMF）、数字温度传感器（用于测量冷结点或环境温度）和处理器内核（使用 NIST ITS-90 系数指定的系数计算 EMF 到摄氏温度的转换）。图 5-1 给出了这些功能在器件中的结构框图。

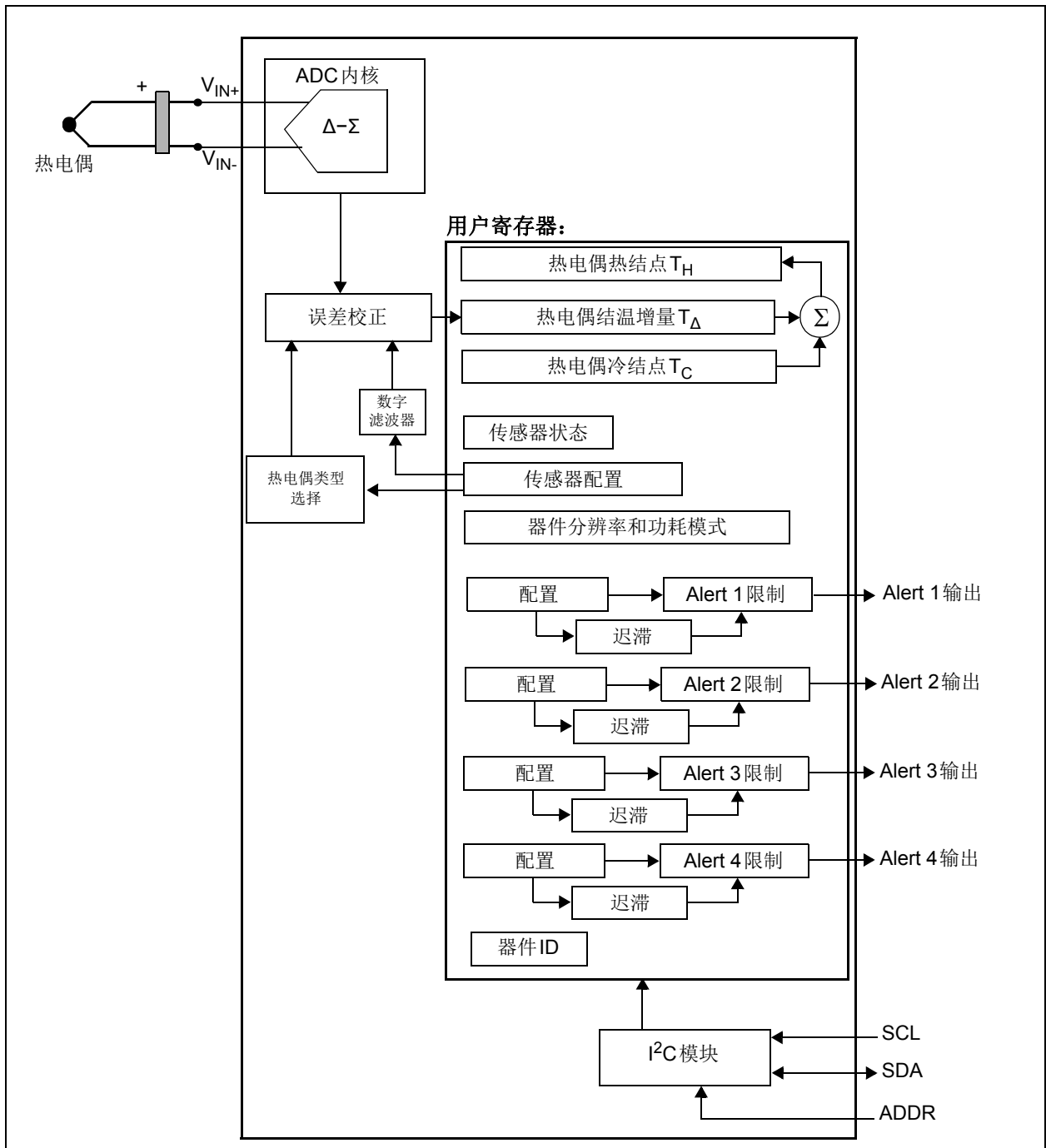


图 5-1: 功能框图

MCP9600

MCP9600 器件有多个用户可访问的寄存器。这些寄存器包括热电偶温度（经过冷结点补偿）、热结点温度、冷结点温度、原始ADC数据、用户可编程的报警限制寄存器以及状态和配置寄存器。

温度和原始ADC数据寄存器是只读寄存器，用于访问热电偶和环境温度数据。此外，四个报警温度寄存器单独控制，可用于检测温升和/或温降变化。如果环境温度漂移超出用户指定的限制，则MCP9600器件将通过相应引脚输出报警标志（见第5.3.3节“报警配置寄存器”）。报警限制还可用于检测临界温度事件。

MCP9600 还提供状态和配置寄存器，可供用户检测器件状态。配置寄存器提供多个特性，例如，可调节温度测量分辨率和关断模式。还可通过配置寄存器选择热电偶类型。

访问这些寄存器的方法是使用串行接口向MCP9600发送寄存器指针。这是一个8位只写指针。寄存器5-1给出了指针的定义。

寄存器 5-1: 寄存器指针

U-0	U-0	U-0	U-0	W-0	W-0	W-0	W-0
—	—	—	—	P3	P2	P1	P0
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0
-n = POR时的值	1 = 置1	0 = 清零
		x = 未知

bit 7-4 **未实现:** 写为0

bit 3-0 **P<3:0>:** 指针位

- 0000 0000 = 热电偶热结点寄存器—— T_H
- 0000 0001 = 结温增量寄存器—— T_{Δ}
- 0000 0010 = 冷结点温度寄存器—— T_C
- 0000 0011 = 原始ADC数据
- 0000 0100 = 状态
- 0000 0101 = 热电偶传感器配置
- 0000 0110 = 器件配置
- 0000 1000 = Alert 1 配置
- 0000 1001 = Alert 2 配置
- 0000 1010 = Alert 3 配置
- 0000 1011 = Alert 4 配置
- 0000 1100 = Alert 1 迟滞—— T_{HYST1}
- 0000 1101 = Alert 2 迟滞—— T_{HYST2}
- 0000 1110 = Alert 3 迟滞—— T_{HYST3}
- 0000 1111 = Alert 4 迟滞—— T_{HYST4}
- 0001 0000 = 温度报警1限制—— T_{ALERT1}
- 0001 0001 = 温度报警2限制—— T_{ALERT2}
- 0001 0010 = 温度报警3限制—— T_{ALERT3}
- 0001 0011 = 温度报警4限制—— T_{ALERT4}
- 0010 0000 = 器件ID/版本寄存器

表5-1: 寄存器和位分配汇总

寄存器	指针	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
热结点温度—— T_H	00000000	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	0.125°C	0.0625°C
结温增量—— T_Δ	00000001	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	0.125°C	0.0625°C
冷结点温度—— T_C	00000010	SIGN				128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	0.125°C	0.0625°C
原始数据ADC	00000011	SIGN						bit 17	bit 16
		bit 15							bit 8
		bit 7							bit 0
状态	00000100	标志, 突发完成	标志, T_H 已更新	—	标志, 输入范围	Alert 4 状态	Alert 3 状态	Alert 2 状态	Alert 1 状态
热电偶传感器配置	00000101	—	热电偶类型选择 K型、J型、T型、N型、S型、 E型、B型和R型			—	滤波器系数		
器件配置	00000110	冷结点分辨率	ADC分辨率		突发模式温度采样			关断模式	
Alert 1配置	00001000	中断清除	—	—	监视 T_H 或 T_C	检测温升或温降	高电平有效或低电平有效输出	比较器或中断模式	使能报警输出
Alert 2配置	00001001								
Alert 3配置	00001010								
Alert 4配置	00001011								
Alert 1迟滞	00001100	128°C	64°C	32°C	16°C	8°C	4°C	2°C	1°C
Alert 2迟滞	00001101								
Alert 3迟滞	00001110								
Alert 4迟滞	00001111								
Alert 1限制	00010000	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	—	—
Alert 2限制	00010001	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	—	—
Alert 3限制	00010010	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	—	—
Alert 4限制	00010011	SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
		8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	—	—
器件ID/版本	00100000	0	1	0	0	0	0	0	0
		主要版本ID				次要版本ID			

MCP9600

5.1 热电偶温度传感器寄存器

该器件集成三个温度寄存器，用于读取冷结点和热结点的温度以及这两个结点温度之和，以输出热电偶绝对温度。此外，还可提供原始ADC数据，以获取热电偶温度。以下各节将详细介绍每个寄存器。

5.1.1 热电偶温度寄存器—— T_H

该寄存器包含经过冷结点补偿和误差校正的热电偶温度（以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位）。该寄存器中的温度数据是热电偶热结点绝对温度 T_H （满足第1.0节“电气特性”中指定的精度）。 T_H 是 T_{Δ} 和 T_C 两个寄存器中的值之和，如图5-2所示。

公式5-1: 温度转换

温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ $T_H = (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^4)$
温度 $< 0^{\circ}\text{C}$ $T_H = 1024 - (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^4)$

温度位采用二进制补码格式，因此，正温度数据和负温度数据的计算方式不同。公式5-1给出了二进制数据到摄氏温度的转换方法。

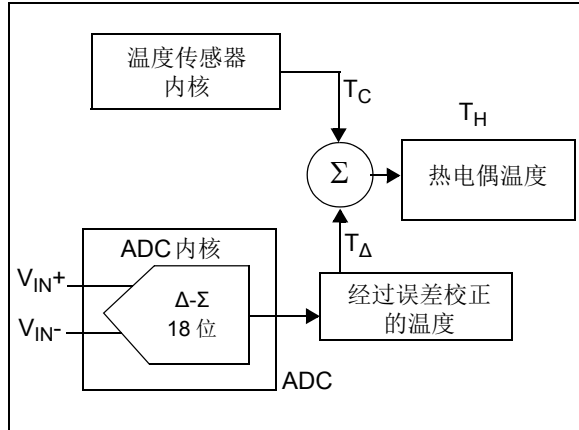


图5-2: 热电偶寄存器框图

寄存器5-2: 热电偶温度寄存器（只读）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SIGN	1024 $^{\circ}\text{C}$	512 $^{\circ}\text{C}$	256 $^{\circ}\text{C}$	128 $^{\circ}\text{C}$	64 $^{\circ}\text{C}$	32 $^{\circ}\text{C}$	16 $^{\circ}\text{C}$
bit 15							bit 8

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
8 $^{\circ}\text{C}$	4 $^{\circ}\text{C}$	2 $^{\circ}\text{C}$	1 $^{\circ}\text{C}$	0.5 $^{\circ}\text{C}$	0.25 $^{\circ}\text{C}$	0.125 $^{\circ}\text{C}$	0.0625 $^{\circ}\text{C}$
bit 7							bit 0

图注:			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
-n = POR时的值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **SIGN:**
 1 = $T_A < 0^{\circ}\text{C}$
 0 = $T_A \geq 0^{\circ}\text{C}$

bit 14-0 **T_H :** 数据采用二进制补码格式
 该寄存器包含经过误差校正和冷结点补偿的热电偶温度。

5.1.2 热电偶结温增量寄存器—— T_{Δ}

该寄存器包含已校正误差但未经过冷结点补偿的热电偶热结点温度。误差校正方法使用多个系数将数字化的热电偶EMF电压转换为摄氏温度。每类热电偶都有一组由NIST指定的唯一系数，用户可在配置寄存器中选择这些系数，如图5-3所示。

公式5-2: 温度转换

温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$

$$T_{\Delta} = (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^{-4})$$

温度 $< 0^{\circ}\text{C}$

$$T_{\Delta} = 1024 - (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^{-4})$$

温度位采用二进制补码格式，因此，正温度数据和负温度数据的计算方式不同，如公式5-2所示。

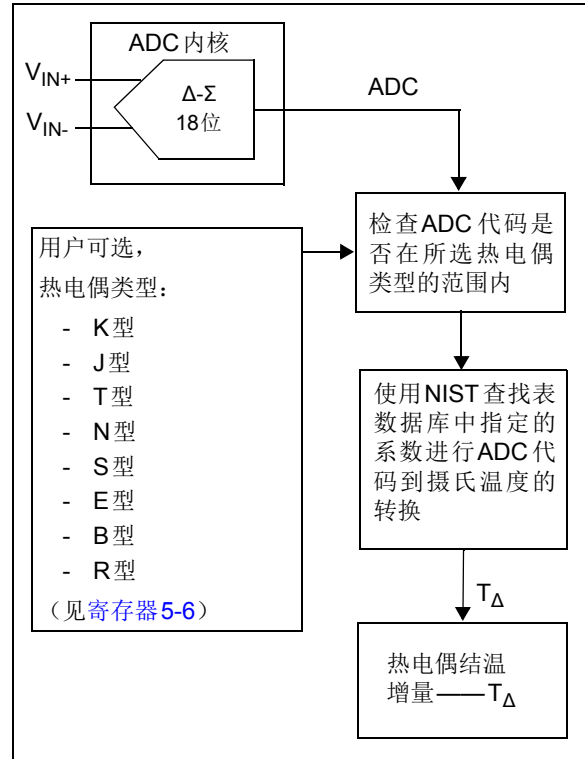


图5-3: 热电偶热结点寄存器—— T_{Δ} 框图

寄存器5-3: 热结点温度寄存器（只读）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SIGN	1024°C	512°C	256°C	128°C	64°C	32°C	16°C
bit 15							bit 8

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	0.125°C	0.0625°C
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位，读为0

-n = POR时的值

1 = 置1

0 = 清零

x = 未知

bit 15

SIGN:

1 = $T_A < 0^{\circ}\text{C}$

0 = $T_A \geq 0^{\circ}\text{C}$

bit 14-0

T_{Δ} : 数据采用二进制补码格式

该寄存器包含热电偶热结点温度数据。

MCP9600

5.1.3 冷结点/环境温度寄存器 (T_C)

MCP9600集成了环境温度传感器，可用于测量热电偶冷结点温度。为了实现精确测量，MCP9600必须靠近热电偶冷结点放置，以便检测结点环境温度。这是一个16位双重缓冲只读寄存器。温度分辨率是用户可选的（0.0625°C/LSb或0.25°C/LSb），设置分辨率可确定温度更新速率，如表5-2所示。

公式5-3: 温度转换

温度 ≥ 0°C $T_C = (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^{-4})$
温度 < 0°C $T_C = 1024 - (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^{-4})$

温度位采用二进制补码格式，因此，正温度数据和负温度数据的计算方式不同，如公式5-3所示。

表5-2: 分辨率和转换时间

分辨率	转换时间 (典型值)	寄存器位 (注1)
0.0625°C	250 ms	SSSS XXXX XXXX XXXX
0.25°C	63 ms	SSSS XXXX XXXX XX00

注 1: “S”表示符号，“X”表示未知位。

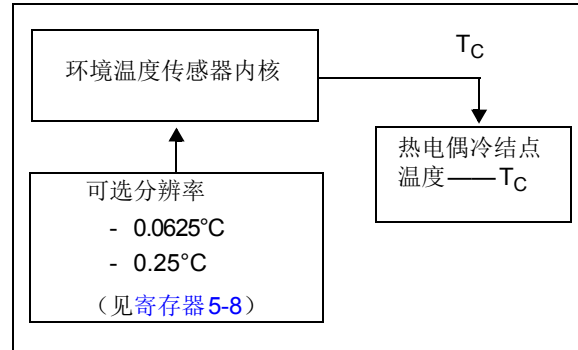


图5-4: 热电偶冷结点寄存器——T_C框图

寄存器5-4: 冷结点温度寄存器

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SIGN				128°C	64°C	32°C	16°C
bit 15							bit 8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	0.125°C	0.0625°C
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0
-n = POR时的值	1 = 置1	0 = 清零
		x = 未知

bit 15-12 **SIGN:**
 1 = T_A < 0°C
 0 = T_A ≥ 0°C

bit 11-0 **T_C:** 数据采用二进制补码格式
 该寄存器包含热电偶冷结点温度或器件环境温度数据。根据分辨率寄存器的状态，bit 1和bit 0可能保持为0。

5.1.4 模数转换器——ADC

MCP9600 使用 18 位 Δ - Σ 模数转换器来数字化热电偶 EMF 电压，相应数据可从 ADC 寄存器中读取。ADC 测量分辨率是可选的，这使用户能够通过降低分辨率来获得更短的转换时间。该功能对于检测快速瞬态温度很有用。

表 5-3: ADC 分辨率

分辨率/灵敏度 (典型值)	转换时间 (典型值)	原始 ADC 寄存器 位格式 (注 1)
18 位/2 μ V	320 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX XXXX
16 位/8 μ V	80 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX XX00
14 位/32 μ V	20 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX 0000
12 位/128 μ V	5 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XX00 0000

注 1: “S” 表示符号位, “X” 表示 ADC 数据位。

寄存器 5-5: 采样: 24 位寄存器

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SIGN						ADC 数据	
bit 23							
bit 16							
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ADC 数据							
bit 15							
bit 8							
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
ADC 数据							
bit 7							
bit 0							

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 23-0 **ADC 数据 <23:0>**: 原始 ADC 数据, 包括符号位

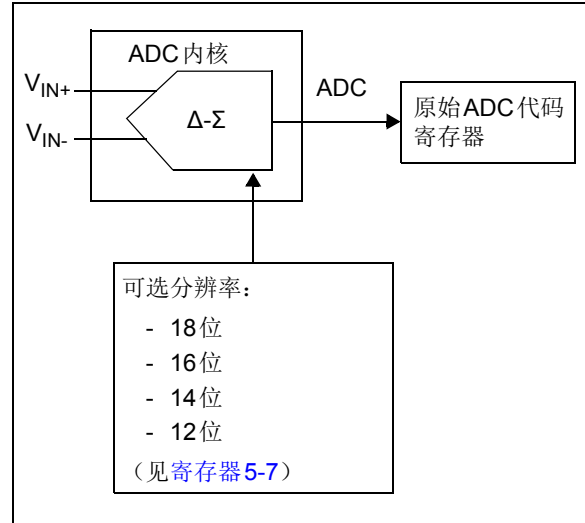


图 5-5: Δ - Σ 模数转换器 ADC 内核——框图

MCP9600

5.2 传感器状态和配置寄存器

该器件提供多种温度和测量状态位，可由主控制器定期监视。此外，该器件还集成有各种用户可编程特性，可用于开发复杂的温度管理应用。以下各节将详细介绍每个特性。

5.2.1 STATUS 寄存器

STATUS 寄存器包含多个用于指示状态的标志位，例如，温度报警、所选热电偶类型的ADC输入范围状态以及单次转换或突发模式转换的温度寄存器更新状态。

寄存器 5-6: STATUS 寄存器

R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
突发完成	T _H 更新	—	过压	Alert 4 状态	Alert 3 状态	Alert 2 状态	Alert 1 状态
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位，读为0
-n = POR时的值 1 = 置1 0 = 清零 x = 未知

- bit 7 **突发完成标志位:** 突发模式转换状态标志。使能突发模式后，该位通常会在第一次突发完成后置1。用户可将该位清零，并定期轮询直至下一次突发温度转换完成（见寄存器5-8）。
1 = T_Δ 寄存器突发模式转换完成
0 = 写0不起作用
- bit 6 **T_H更新标志位:** 温度更新标志。
1 = 温度转换完成
0 = 写0不起作用
该位通常置1。用户可将该位清零，并定期轮询直至下一次温度转换完成。
- bit 5 **未实现:** 读为0。
- bit 4 **输入范围标志位:** 过压检测位（只读）：
1 = ADC 代码超出所选热电偶类型的范围
0 = ADC 代码在所选热电偶类型的测量范围内
如果该位置1，则ADC数据不会转换为摄氏温度（忽略温度数据转换）。T_Δ和T_H保持前一个温度数据。
- bit 3 **Alert 4 状态**（只读）
1 = T_X > T_{ALERT4}
0 = T_X ≤ T_{ALERT4}
其中：T_X是T_H或T_C（用户可选，见寄存器5-10）
- bit 2 **Alert 3 状态**（只读）
1 = T_X > T_{ALERT3}
0 = T_X ≤ T_{ALERT3}
其中：T_X是T_H或T_C（用户可选，见寄存器5-10）
- bit 1 **Alert 2 状态**（只读）
1 = T_X > T_{ALERT2}
0 = T_X ≤ T_{ALERT2}
其中：T_X是T_H或T_C（用户可选，见寄存器5-10）
- bit 0 **Alert 1 状态**（只读）
1 = T_X > T_{ALERT1}
0 = T_X ≤ T_{ALERT1}
其中：T_X是T_H或T_C（用户可选，见寄存器5-10）

5.2.2 热电偶传感器配置寄存器

MCP9600 传感器配置寄存器用于选择热电偶传感器类型以及选择数字滤波器选项。该器件支持八类热电偶。每类热电偶都有一组惟一的误差校正系数，这些系数可从 NIST 热电偶 EMF 电压转换数据库中获取。

此外，该器件还集成了一阶递归无限冲激响应（Infinite Impulse Response, IIR）滤波器，也称为指数平滑移动平均线（Exponential Moving Average, EMA）。该滤波器使用当前的新温度采样和前一个滤波器输出来计算下一个滤波器输出。它还向当前温度数据添加更高权重，从而加快对即时温度变化的滤波器响应。该功能可用于滤除热电偶热结点温度的快速温度瞬变（即温度不稳定性）。写入该寄存器可复位滤波器。

公式 5-4 给出了滤波器公式，滤波器系数是用户可选的（从 0 到 7）。系数 0 禁止滤波器功能，系数 7 提供最大数字滤波器。图 5-6 给出了阶跃函数的滤波器响应，可用于推断不同温度变化时的滤波器性能。

公式 5-4: 数字滤波器

$$Y = k \times X + (1 - k) \times Y_{-1}$$

$$k = 2 / (2^n + 1)$$

其中：

- Y = 经过滤波的新温度（以 T_{Δ} 为单位）
- X = 当前未滤波的热结点温度
- Y_{-1} = 前一个经过滤波的温度
- n = 用户可选的滤波系数

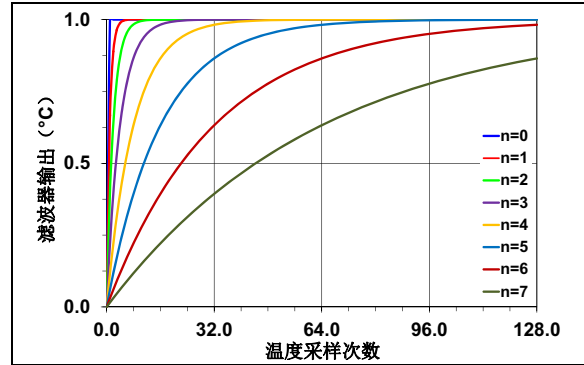


图 5-6: 滤波器阶跃响应

寄存器 5-7: 传感器配置寄存器

R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	热电偶类型选择: K 型、J 型、T 型、N 型、S 型、E 型、B 型和 R 型			—	滤波器系数		
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位，读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 7 未实现: 写为 0

bit 6-4 热电偶类型:

- 000 = K 型
- 001 = J 型
- 010 = T 型
- 011 = N 型
- 100 = S 型
- 101 = E 型
- 110 = B 型
- 111 = R 型

bit 3 未实现:

bit 2-0 滤波器系数——n:

- 000 = n = 0 (滤波器关闭)
- 001 = n = 1 (最小滤波器)
- 010 = n = 2
- 011 = n = 3
- 100 = n = 4 (中等滤波器)
- 101 = n = 5
- 110 = n = 6
- 111 = n = 7 (最大滤波器)

MCP9600

5.2.3 器件配置寄存器

器件配置寄存器允许用户配置多种功能，例如，传感器测量分辨率和功耗模式。分辨率寄存器用于选择所需温度转换时间对应的传感器分辨率。分辨率更改后，将在下一个测量周期开始时生效。

该器件集成了两个低功耗工作模式（关断模式和突发模式），分别可通过bit 0和bit 1来选择。执行关断模式时，所有耗电活动都会被禁止，工作电流保持为 I_{SHDN} 。在关断模式期间，所有寄存器均可访问，但是总线上的I²C活动将增加电流。

在突发模式下，用户可执行给定次数的温度采样（通过bit 4-2定义），然后进入关断模式。每个温度采样值都会与用户设置的报警温度限值进行比较，如果报警条件为真，则器件会将相应的报警输出置为有效。此外，如果使能了滤波器选项，则滤波器引擎会应用于每次温度采样。报警阈值还会与经过滤波的温度数据进行比较。该功能对于主控制器请求温度采样的电池供电应用很有用。

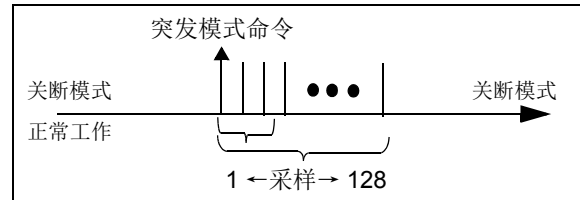


图5-7: 突发模式工作原理

寄存器 5-8: 器件配置寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
冷结点分辨率	ADC分辨率		突发模式温度采样			关断模式	
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位，读为0
 -n = POR时的值 1 = 置1 0 = 清零 x = 未知

bit 7 **冷结点/环境传感器分辨率**（见表5-2）：
 0 = 0.0625°C
 1 = 0.25°C

bit 6-4 **ADC测量分辨率**（见表5-3）：
 00 = 18位分辨率
 01 = 16位分辨率
 10 = 14位分辨率
 11 = 12位分辨率

bit 3 **温度采样的次数**：
 000 = 1次采样
 001 = 2次采样
 010 = 4次采样
 011 = 8次采样
 100 = 16次采样
 101 = 32次采样
 110 = 64次采样
 111 = 128次采样

bit 2-0 **关断模式**：
 00 = 正常工作
 01 = 关断模式
 10 = 突发模式
 11 = 未实现：该设置不起作用

5.3 温度报警寄存器

该器件提供四个单独配置的温度报警寄存器，允许用户使用一个器件监视多区温度。以下各节将详细介绍每个报警功能。

5.3.1 报警限制寄存器

该器件集成了四个单独控制的温度报警限制寄存器。每个报警限制功能单独设置为检测温升或降温，即热电偶温度寄存器 T_H 或冷结点 T_C 寄存器。相应的报警限制输出也可使能用于温度状态指示器。所有报警功能均通过报警限制配置寄存器 [寄存器5-11](#) 进行配置，报警输出迟滞通过报警迟滞寄存器 [寄存器5-10](#) 进行设置。

表5-4: 报警限制寄存器

寄存器	寄存器指针
Alert 1 限制 —— T_{ALERT1}	0001 0000
Alert 2 限制 —— T_{ALERT2}	0001 0001
Alert 3 限制 —— T_{ALERT3}	0001 0010
Alert 4 限制 —— T_{ALERT4}	0001 0011

寄存器5-9: 报警限制1、2、3和4寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SIGN	1024°C	512°C	255°C	128°C	64°C	32°C	16°C
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
8°C	4°C	2°C	1°C	0.5°C	0.25°C	—	—
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位，读为0

-n = POR时的值

1 = 置1

0 = 清零

x = 未知

bit 15

SIGN:

1 = $T_A < 0^\circ\text{C}$

0 = $T_A \geq 0^\circ\text{C}$

bit 14-2

Alert 1、2、3和4: 数据采用二进制补码格式

bit 1-0

未实现:

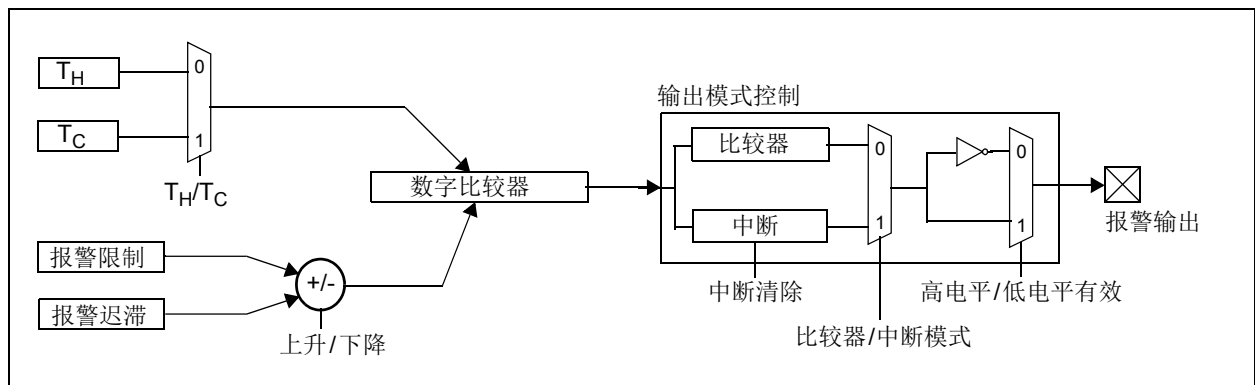


图5-8: 报警限制设置为检测 T_H 和 T_C

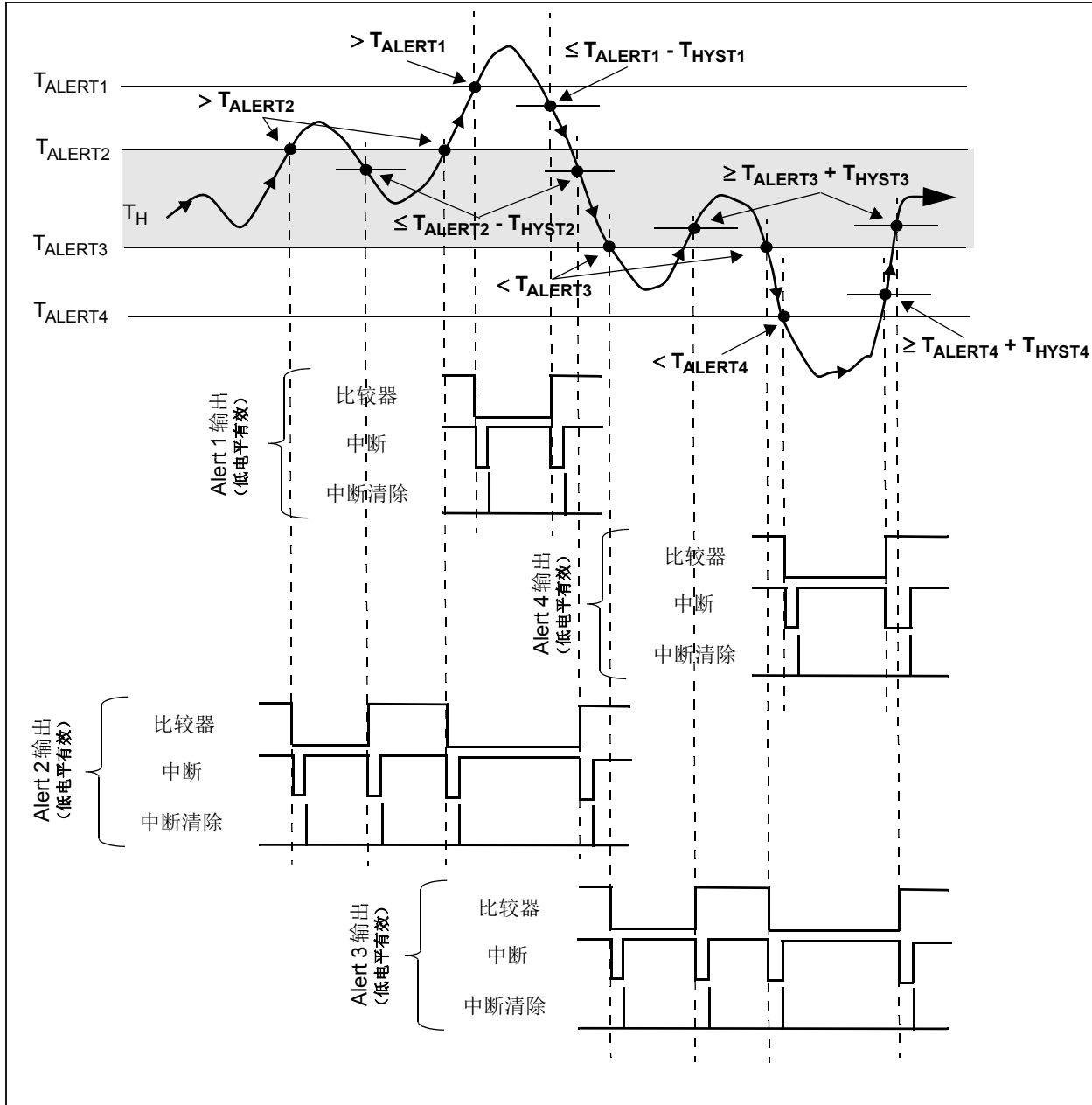


图5-9: 设置为检测 T_H 时的报警限制边界条件和输出特性

5.3.2 报警迟滞寄存器

该器件集成了四个单独控制的温度报警迟滞寄存器（分别用于各个报警输出），迟滞范围为0°C至255°C。

报警迟滞方向通过相应报警配置寄存器（寄存器5-10）的bit 3来设置，以检测温升或温降。温度上升时，迟滞范围低于报警限值；而温度下降时，迟滞范围高于报警限值，如图5-10所示。

表5-5: 报警迟滞寄存器

寄存器	寄存器指针
Alert 1 迟滞—— T_{HYST1}	0000 1100
Alert 2 迟滞—— T_{HYST2}	0000 1101
Alert 3 迟滞—— T_{HYST3}	0000 1110
Alert 4 迟滞—— T_{HYST4}	0000 1111

寄存器5-10: ALERT 1、2、3和4迟滞寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-0
128°C	64°C	32°C	16°C	8°C	4°C	2°C	1°C
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位，读为0

-n = POR时的值

1 = 置1

0 = 清零

x = 未知

bit 7-0 报警迟滞: 报警迟滞范围为0x00至0xFF，即1°C至255°C。

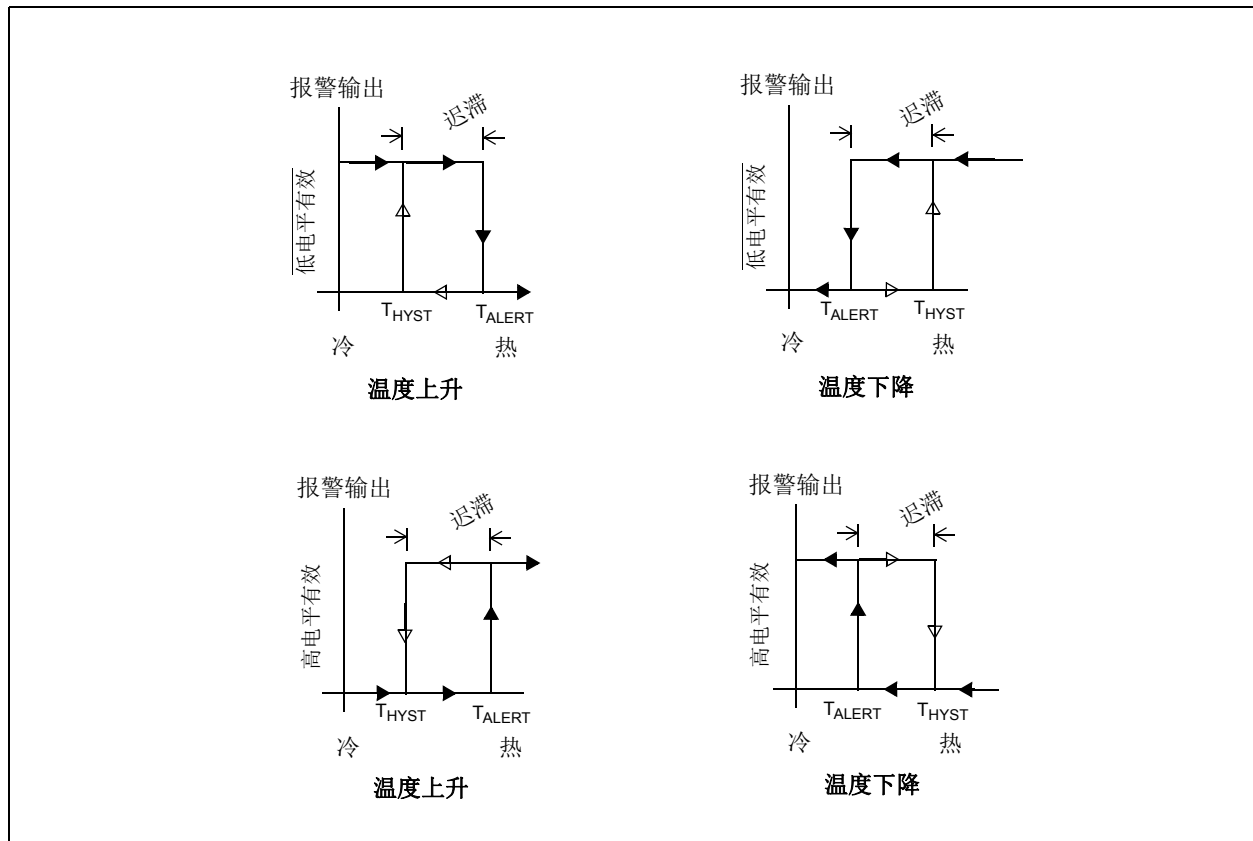


图5-10: 报警输出迟滞方向的图形说明

MCP9600

5.3.3 报警配置寄存器

该器件集成了四个单独控制的温度报警输出。每个输出通过报警输出配置寄存器配置为相应的报警输出。

配置寄存器用于使能每个输出、选择报警功能模式（比较器模式或中断模式）、选择高电平有效或低电平有效输出、检测温升或温降以及检测 T_H 或 T_C 温度寄存器。

比较器模式对于温控器类型的应用很有用，例如，风扇控制器、蜂鸣器或LED指示灯的开关。报警输出可在温度超出用户指定的限值和用户指定的迟滞限值时发出报警信号。中断模式对于基于中断驱动的单片系统很有用。每次温度超出用户指定的报警限值和迟滞限值时，报警输出都将置为有效。

单片机将通过相应配置寄存器的bit 7来清除中断，以此应答来自相应报警输出的中断信号。

上升/下降位（bit 3）和温度选择位（bit 4）可用于检测热电偶温度或冷结点温度并将这些温度维持在所需温度窗口内。

表 5-6: 报警配置寄存器

寄存器	寄存器指针
Alert 1 配置	0000 1000
Alert 2 配置	0000 1001
Alert 3 配置	0000 1010
Alert 4 配置	0000 1011

寄存器 5-11: ALERT 1、2、3 和 4 配置寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-0
中断清除	—	—	监视 T_H/T_C	上升/下降	高电平/低电平有效	比较器/中断	报警使能
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位，读为0
-n = POR时的值 1 = 置1 0 = 清零 x = 未知

- bit 7 **中断清除:**
1 = 清除中断标志（由器件强制为0）
0 = 正常状态或清除状态
- bit 6-5 **未实现:** 读为0
- bit 4 **监视 T_H 或 T_C :**
1 = 对 T_C 冷结点传感器进行报警监视
0 = 对 T_H 热电偶温度进行报警监视
- bit 3 **报警温度方向，上升/下降:**
1 = 上升或加热温度报警限制
0 = 下降或冷却温度报警限制
- bit 2 **报警状态:**
1 = 高电平有效
0 = 低电平有效
- bit 1 **报警模式:**
1 = 中断模式：中断清除位（bit 7）必须置1，才能将报警输出置为无效
0 = 比较器模式
- bit 0 **报警使能:**
1 = 使能报警输出
0 = 禁止报警输出

5.3.4 器件ID和版本ID寄存器

器件ID和版本ID寄存器是一个16位只读寄存器，可用于标识该器件，以便与I²C总线上的其他器件区别开来。高8位指示器件ID 0x40，而低8位指示器件版本。器件版本字节分为两个半字节，其中高半字节指示主要版本，而低半字节指示每个主要版本对应的次要版本。初始版本的主要版本为1，次要版本为0，即0x4010。

寄存器 5-12: 器件ID和版本ID寄存器

R-0	R-1	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
器件ID							
bit 15				bit 8			

R-0	R-0	R-0	R-1	R-0	R-0	R-0	R-0
主要				次要			
bit 7				bit 0			

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位，读为0

-n = POR时的值

1 = 置1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-8 **器件ID: 0x40** (十六进制)

bit 7-0 **版本: 0x10** (十六进制)

版本, 1.0版。

MCP9600

注:

6.0 应用信息

6.1 布线注意事项

MCP9600 不需要任何额外的元件来数字化热电偶。但是，还是建议在 V_{DD} 和 GND 引脚之间使用一个容值为 $0.1\ \mu\text{F}$ 至 $1\ \mu\text{F}$ 的去耦电容。推荐使用高频陶瓷电容。电容的位置必须尽可能靠近器件的 V_{DD} 和接地引脚，以提供有效的噪声保护。

此外，要实现从 PCB 温度到传感器裸片更好的热传导性能，良好的 PCB 布线非常关键。PCB 提供从裸片到热电偶冷结点的热传导性能，因此元件放置位置和覆铜布线技术对于实现最佳冷结点补偿十分重要。推荐通过扩大器件引脚周围的铜箔接地焊盘面积来实现最佳温度灵敏度，如图 6-1 所示。

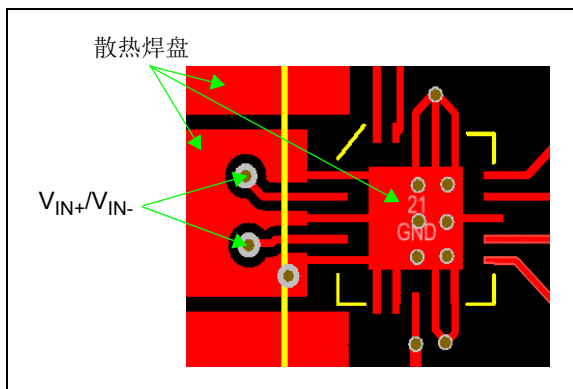


图6-1: 建议的PCB布线

6.1.1 冷结点补偿

与 PCB FR4 相比，覆铜与周围环境间的热传导性能更好。并且与 $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm}$ MQFN 塑料封装（包裹温度传感器裸片）相比，它的热传导性能也更好。因此，当连接热电偶引线与 PCB 时，建议在热电偶连接器区域内放置接地覆铜，而 PCB 和 MCP9600 外露焊盘则连接不同的热传导材料。这使得温度能够稳定在本地环境温度（热电偶连接器结点和 PCB 覆铜之间），覆铜走线会将温度传导给放置有温度传感器裸片的封装外露焊盘上。传感器外露焊盘在热电偶连接器结点上的放置方式很大程度上决定了温度传感器对本地结点温度变化的灵敏度。图 6-2 给出了推荐的方式。

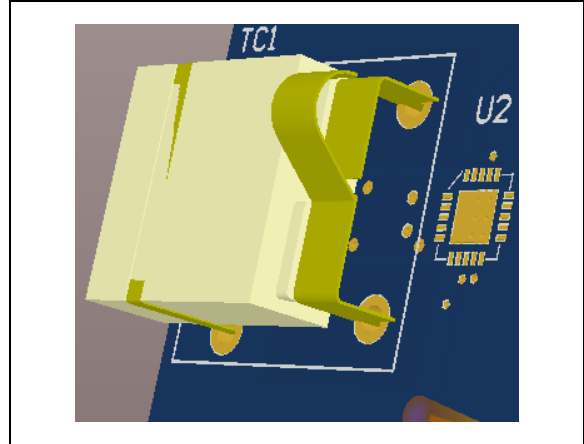


图6-2: 推荐的元件放置方式

6.2 散热考虑

如果 MCP9600 SDA、SCL 和报警输出上的上拉电阻和电路（例如，高电流 LED 或蜂鸣器负载）的负载很高（高电流），则可能会存在自热误差。因自热引起的温升会增加环境温度传感器的输出，因此与热电偶冷结点环境温度相比，会增大温度失调误差。

6.2.1 工作期间的自热

在正常工作期间，由于 MCP9600 的电流消耗相对较小，因此典型自热误差可以忽略不计。但是，该器件集成了一个处理器，用于计算将热电偶 EMF 电压转换为摄氏温度所需的公式。处理器还会保持 I²C 总线。在 I²C 通信期间，器件工作电流 I_{DD} 将增加至 $1.5\ \text{mA}$ （典型值），符合 I²C 工作规范。如果频繁地连续轮询总线数据，则处理器功耗产生的热量会传递给温度传感器，此时可检测到自热的影响。因此，推荐的实现方式是保持每个温度转换周期（ $320\ \text{ms}$ ）内的轮询次数不超过三次，或者使用突发模式功能管理自热（第 6.2.3 节“使用突发模式来管理自热”）。另外，可以使用公式 6-1 确定自热的影响。

公式 6-1: 自热的影响

$$T_A = \theta_{JA}(V_{DD} \cdot I_{DD})$$

$$T_A = \theta_{JC}(V_{DD} \cdot I_{DD})$$

$$T_A = T_J - T_A$$

其中:

T_J = 结温

T_A = 环境温度

θ_{JA} = 封装热阻
- 结点至环境

θ_{JC} = 封装热阻
- 结点至外壳

在室温 ($T_A = +25^\circ\text{C}$) 下, 最大 $I_{DD} = 2.5 \text{ mA}$ (最大值), $V_{DD} = 3.3\text{V}$ 时, 对于 MQFN 封装, 由于功耗而产生的自热 T_A 为 0.32°C 。

6.2.2 转换时间和自热

ADC 完成数字化后, 处理器会在 t_{CALC} 内启动数据计算程序, 此时还将增大 I_{DD} 。在 18 位 ADC 转换时间 (3 SPS, 每秒采样次数) 内, 电流增加的持续时间约为一秒周期的 5%。每秒 (包括 t_{CALC} 周期的 5%) 总功耗引起的自热影响可以忽略不计。但是, 当 ADC 分辨率从 18 位降为 16 位时, 功耗 t_{CALC} 周期增加为每秒的 20%。由于自热的原因, 分辨率的变化会使温度误差增加约 0.04°C (典型值)。表 6-1 列出了使用公式 6-1 为所有分辨率估算的自热值。

为了减少低分辨率设置时的自热影响, 推荐使用突发模式功能来管理自热影响。

表 6-1: ADC 分辨率和自热

分辨率	SPS (典型值)	t_{CALC} 持续时间 (每秒)	T_A
18 位	3	5%	0.0096°C
16 位	15	20%	0.0384°C
14 位	60	80%	0.1536°C
12 位	240	100%	0.1920°C

注: $V_{DD} = 3.3\text{V}$, $I_{DD} = 1.5 \text{ mA}$ (典型值)。

6.2.3 使用突发模式来管理自热

突发模式功能对于管理功耗很有用, 同时还能保持器件对温度变化的灵敏度 (第 5.2.3 节 “器件配置寄存器”)。当器件处于低功耗模式或关断模式时, 主控制器会执行突发模式来采样温度。温度采样次数和测量分辨率的设置在执行命令时选择。处于突发模式时, 如果温度数据超出报警限值, 器件会将相应的报警输出置为有效。使用报警输出时, 无需主控制器继续轮询最新温度数据, 但可能会增加温度误差。

此外, 对于监视数百度温度变化的应用而言, 可能不需要 18 位分辨率。在这种情况下, 降低分辨率并减少突发采样次数能够使用户监视突发期间的快速瞬变温度。12 位 ADC 分辨率可提供约 3°C 的分辨率 (对于 K 型), 新采样的温度数据以大约 20 ms 的时间间隔计算。因此, 可使用这些估算值来选择突发模式下的每秒采样次数以管理自热的影响。

也可 (使用第 5.2.1 节 “STATUS 寄存器” 的 bit 7) 短暂轮询突发模式期间的温度转换状态, 以检测正常进行的采样突发操作是否完成。主控制器可通过执行关断命令终止正在进行的突发操作, 也可通过发送另一个突发命令来复位突发模式。

6.2.4 报警输出

报警输出用于驱动高阻抗负载。通常, 报警输出连接到单片机输入引脚。但是, 如果报警输出用于驱动指示器 (例如, LED 或蜂鸣器), 则建议使用缓冲电路以最大程度减小因所施加负载引起的自热影响 (见图 6-3)。

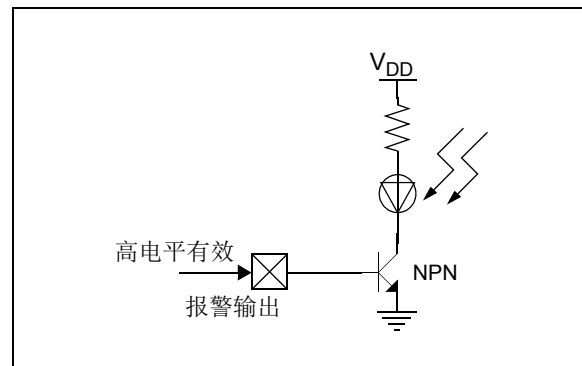


图 6-3: 报警输出缓冲器

6.3 器件特性

6.3.1 I²C 寻址

MCP9600最多支持I²C总线上有八个器件。带多个热电偶传感器接口的大型温度管理机架等应用能够使用最低引脚数的单片机监视多区温度。这样可降低解决方案总成本，同时能够通过MCP9600提供高精度的温度管理解决方案。

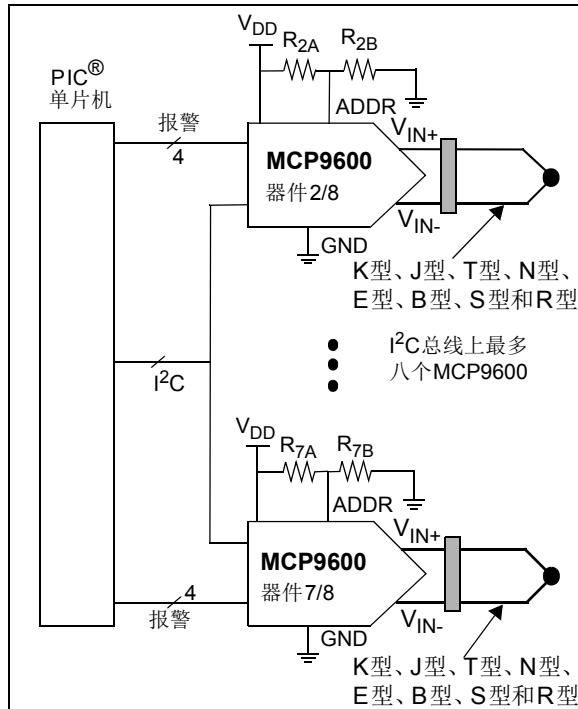


表6-2: 推荐用于I²C寻址的电阻值

器件编号	命令字节	值	
		R _{xA} (kΩ)	R _{xB} (kΩ)
1	1100 0000	ADDR引脚连接至GND	
2	1100 0010	R _{2A} = 10	R _{2B} = 2.2
3	1100 0100	R _{3A} = 10	R _{3B} = 4.3
4	1100 0110	R _{4A} = 10	R _{4B} = 7.5
5	1100 1000	R _{5A} = 10	R _{5B} = 13
6	1100 1010	R _{6A} = 10	R _{6B} = 22
7	1100 1100	R _{7A} = 10	R _{7B} = 43
8	1100 1110	ADDR引脚连接至V _{DD}	

注: 表中使用的是标准的5%容差电阻, 但是1%容差电阻的比值匹配性能更佳。

图6-4: I²C地址选择实现

6.3.2 输入阻抗

MCP9600使用开关电容放大器输入级使输入信号在18位ADC设置时获得最大分辨率2 μV/LSb。内部输入电容用于存储电荷。差分输入阻抗Z_{IN_DF}由采样电容和开关电容放大器采样频率控制。在采样周期内, 采样电容的充电和放电会在输入引脚上产生动态输入电流。在各输入间添加一个10-100 nF的电容可提高稳定性。

由于采样电容仅在转换过程中对输入引脚切换状态, 因此输入阻抗仅在转换周期内有效。在低功耗模式或关断模式下, 输入放大器级被禁止, 因此输入阻抗为Z_{IN_CM}, 这是由ESD保护二极管的泄漏电流引起的, 如图6-5所示。

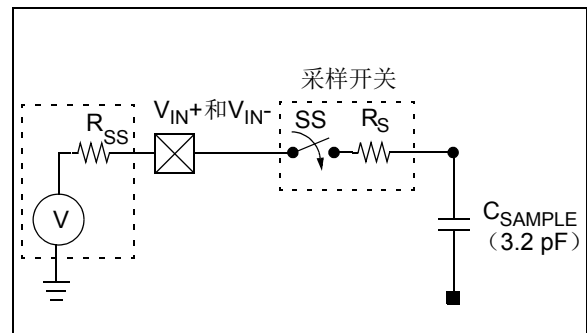


图6-5: 热电偶输入级

6.3.3 开路和短路检测电路

可添加外部电路来检测热电偶的状态为开路（物理断开）还是短路（热电偶引线接触系统底盘或地）。如果在输入级添加一个无源电路, 则必须考虑电路负载对ADC输入级的影响。建议输入级的负载阻抗至少为Z_{IN_DF}的10倍, 以使器件在采样期间为显性状态。为确保正确的精度, 还需要进行系统校准。此外, 外部负载会降低器件的性能, 例如, 输入失调误差、增益误差和积分非线性 (Integral Nonlinearity, INL) 误差。如果添加一个低阻抗有源电路, 则必须校准失调误差和增益误差。对于开路检测, STATUS寄存器 (寄存器5-6) 中的过压位还可用于检测所选热电偶的测量输入电压是否在指定范围内。

MCP9600

6.3.4 混叠和抗混叠滤波器

当输入信号包含频率高于采样率一半的时变信号时，将发生混叠。在混叠情况下，ADC 会输出不期望的代码。ADC 集成有一阶 SINC 滤波器，但是，外部抗混叠滤波器可为高噪声应用提供一个附加滤波器。这可以通过在输入端添加一个简单的 RC 低通滤波器来完成。

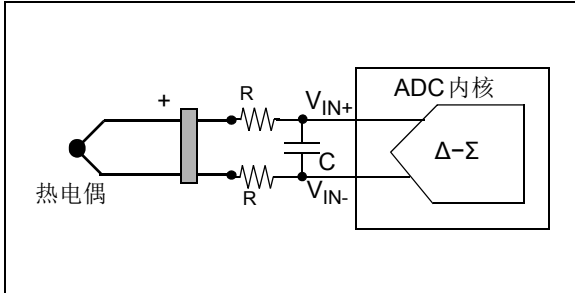


图6-6: 添加低通滤波器

6.3.5 使用铁氧体磁珠实现ESD保护

强烈建议使用铁氧体磁珠来防止通过热电偶引线对MCP9600施加ESD放电影响。磁珠能够抑制ESD等快速瞬态信号，可通过与ADC输入串联的方式添加，如图6-7所示。

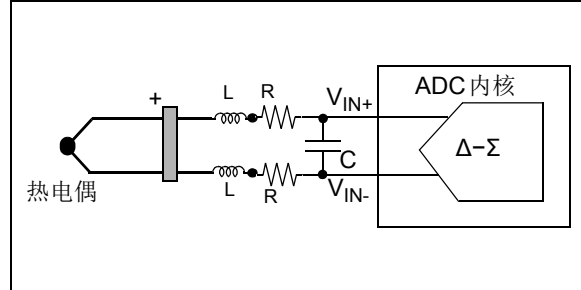


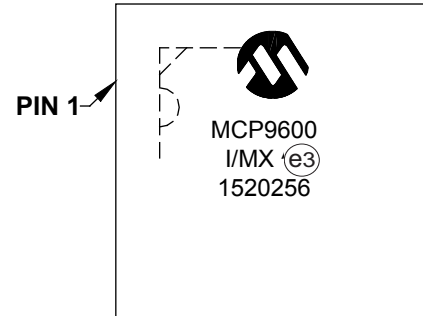
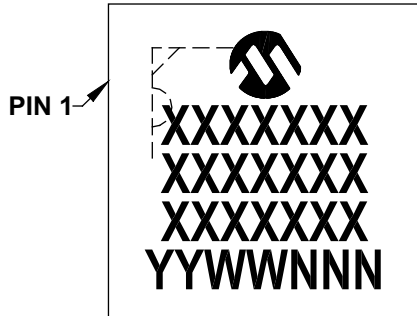
图6-7: 添加铁氧体磁珠

7.0 封装信息

7.1 封装标识信息

20 引脚 MQFN (5x5x1.0 mm)

示例



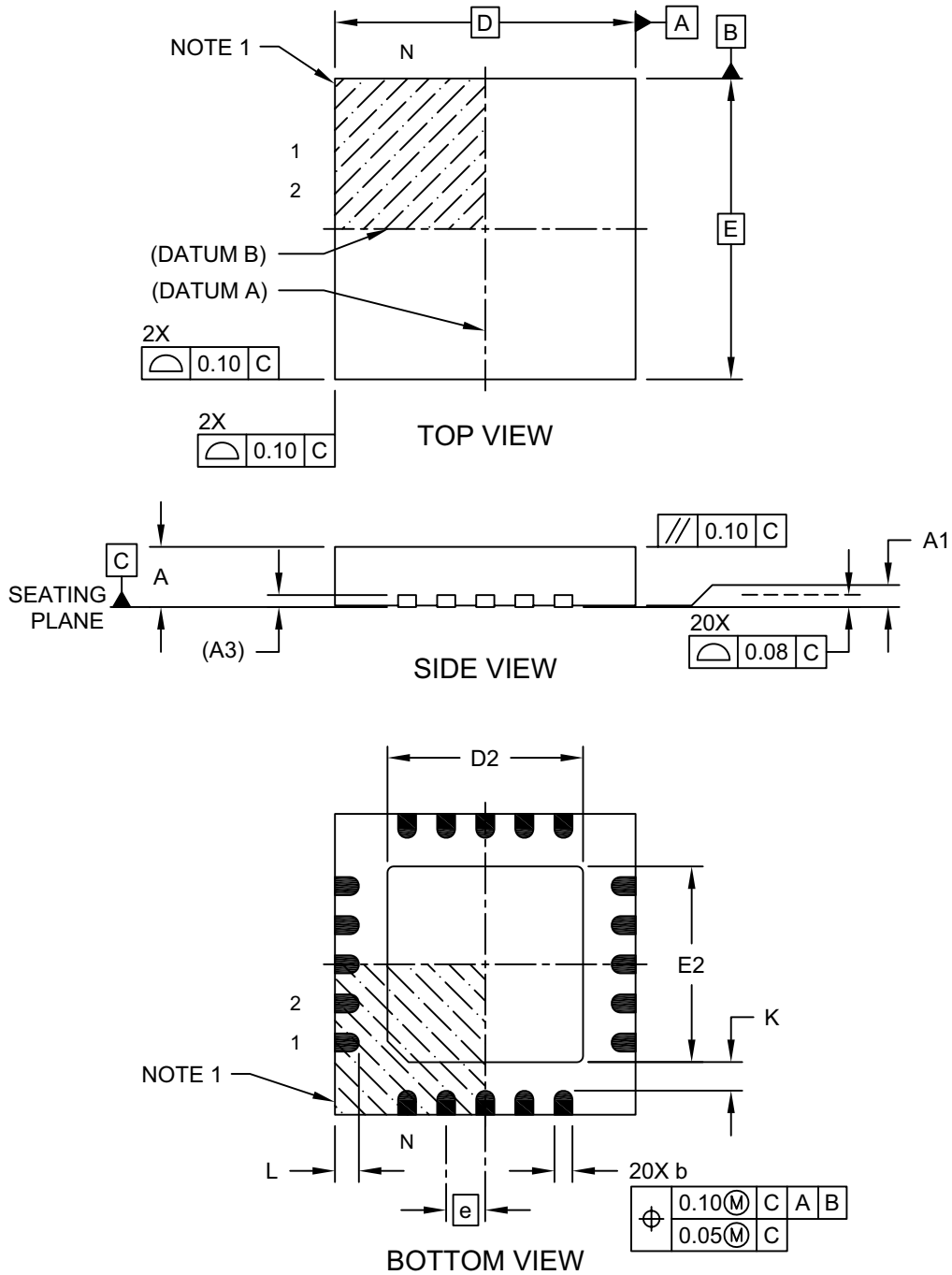
图注: XX...X 客户指定信息
 Y 年份代码 (日历年的最后一位数字)
 YY 年份代码 (日历年的最后两位数字)
 WW 星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
 NNN 以字母数字排序的追踪代码
 (e3) 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC® 无铅标志
 * 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 ((e3)) 标示在此封装的外包装上。

注: Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户信息的字符数。

MCP9600

20 引脚超薄塑封正方扁平无脚封装 (NU) —— 主体 5x5x1.0 mm [MQFN] ——
(也称为 VQFN)

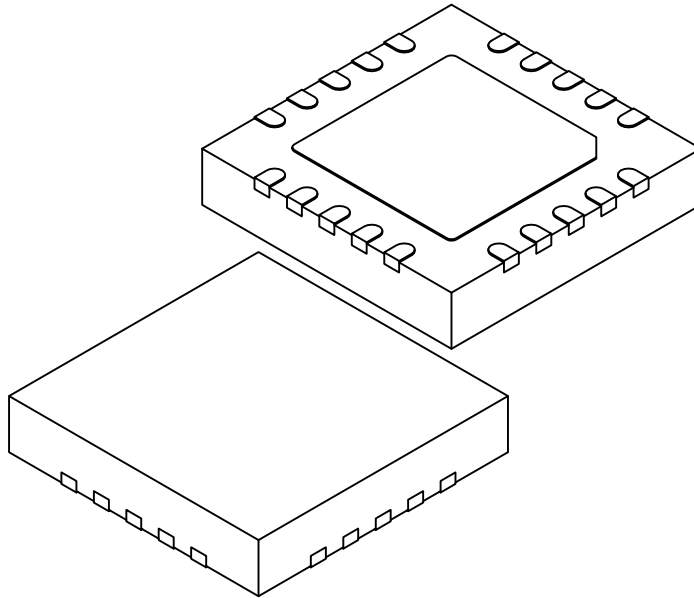
注: 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Microchip Technology Drawing C04-186A Sheet 1 of 2

20 引脚超薄塑封正方扁平无脚封装 (NU) —— 主体 5x5x1.0 mm [MQFN] —— (也称为 VQFN)

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	0.90	0.95	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Terminal Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Length	D	5.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	3.15	3.25	3.35
Overall Width	E	5.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	3.15	3.25	3.35
Terminal Width	b	0.25	0.30	0.35
Terminal Length	L	0.35	0.40	0.45
Terminal-to-Exposed-Pad	K	0.20	-	-

Notes:

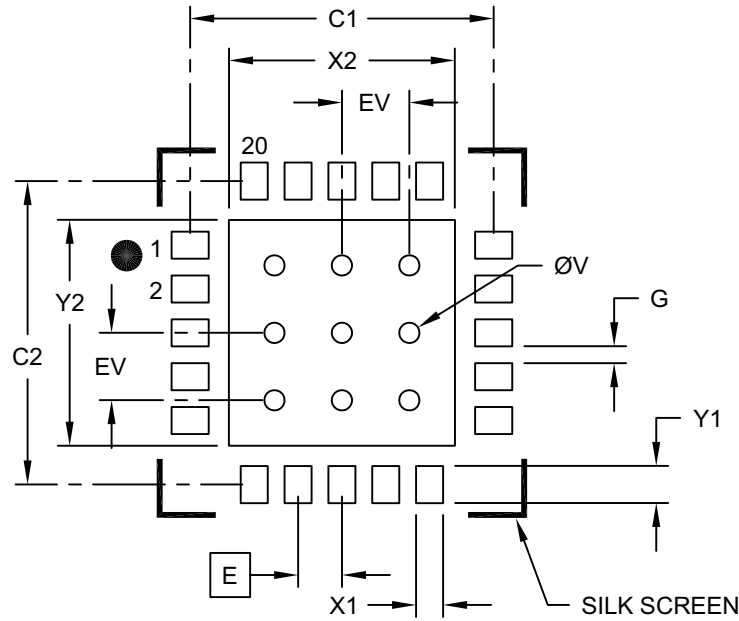
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
 - BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
 - REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-186A Sheet 2 of 2

MCP9600

20 引脚超薄塑封正方扁平无脚封装 (NU) —— 主体 5x5x1.0 mm [MQFN] ——
(也称为 VQFN)

注: 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.65 BSC		
Optional Center Pad Width	W2			3.35
Optional Center Pad Length	T2			3.35
Contact Pad Spacing	C1		4.50	
Contact Pad Spacing	C2		4.50	
Contact Pad Width (X20)	X1			0.40
Contact Pad Length (X20)	Y1			0.55
Distance Between Pads	G	0.20		
Thermal Via Diameter	V		0.30	
Thermal Via Pitch	EV		1.00	

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
2. For best soldering results, thermal vias, if used, should be filled or tented to avoid solder loss during reflow process

Microchip Technology Drawing C04-286B

附录 A: 版本历史

版本 A (2015年8月)

- 本文档的初始版本。

MCP9600

注:

产品标识体系

欲订货，或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

器件编号	[X] ⁽¹⁾	X	/XX
器件	卷带式选项	温度范围	封装
器件: MCP9600: 数字温度传感器 MCP9600T: 数字温度传感器 (卷带式)	卷带式选项: T = 卷带式 ⁽¹⁾	温度范围: E = -40°C至+125°C	封装: NU = 20引脚超薄塑封正方扁平MQFN封装

示例:

a) MCP9600-E/NU: 扩展级温度, 20引脚MQFN封装

b) MCP9600T-E/NU: 卷带式, 扩展级温度, 20引脚MQFN封装

注 1: 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的, 不会印刷在器件封装上。关于包装是否提供卷带式选项的信息, 请咨询当地的Microchip销售办事处。

MCP9600

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC³² 徽标、RightTouch、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

The Embedded Control Solutions Company 和 mTouch 为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、ECAN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、KleerNet、KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、RightTouch 徽标、REAL ICE、SQI、Serial Quad I/O、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2015, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-0110-0

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO/TS 16949 =**

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及及服务网点

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:

<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor

Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-3666
Fax: 886-3-5770-9555

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820