

MTS4 MTS4B

$\pm 0.1^{\circ}\text{C}/\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 精度、16bitADC、超低功耗、I²C 接口 数字温度传感芯片

1. 概述

MTS4X 系列是数字模拟混合信号温度传感芯片, 最高测温精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 用户无需进行校准。温度芯片感温原理基于 CMOS 半导体 PN 结温度与带隙电压的特性关系, 经过小信号放大、模数转换、数字校准补偿后, 数字总线输出, 具有精度高、一致性好、测温快、功耗低、可编程配置灵活、寿命长等优点。

芯片内置 16-bit ADC, 分辨率 0.004°C , 具有 -103°C 到 $+153^{\circ}\text{C}$ 的超宽工作范围。芯片在出厂前经过 100% 的测试校准, 根据温度误差特性进行校准系数的拟合, 芯片内部自动进行补偿计算。芯片支持数字 I²C 通信接口、测温数据内存访问、功能配置等均可通过数字协议指令实现。I²C 接口适合高速率的板级应用场景, 最高接口速度可达 1MHz。

芯片内置非易失性 E²PROM 存储单元, 用于保存芯片 ID 号、高低温报警阈值、温度校准修正值以及用户自定义信息, 如传感器节点编号、位置信息等。

2. 特点

- 最高测温精度: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}/\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 测温范围: $-103^{\circ}\text{C}\sim+153^{\circ}\text{C}$
- 低功耗: 典型待机电流 $0.01\mu\text{A}$, 测温峰值电流 0.36mA , 测温平均电流 $2\mu\text{A}$ (AVG=8, 1 次测量/s)
- 宽工作电压范围: $1.8\text{V}\sim 5.5\text{V}$
- 感温分辨率: 16 位输出 0.004°C
- 温度转换时间可配置:
 $15.3\text{ms}/8.5\text{ms}/5.2\text{ms}/2.2\text{ms}$
- 可配置单次/周期测量

- 最大 112bit 额外 E²PROM 空间用于存放用户信息
- 标准 I²C 接口
- 加热芯片自诊断功能

3. 应用

- 智能穿戴
- 电子体温计
- 动物体温检测
- 医疗电子
- 冷链物流、仓储
- 智能家居
- 热表气表水表
- 替代 PT100/PT1000
- 板级温度监控
- 工农业环境温度
- 智能家电
- 消费电子
- 测温仪器仪表

产品信息

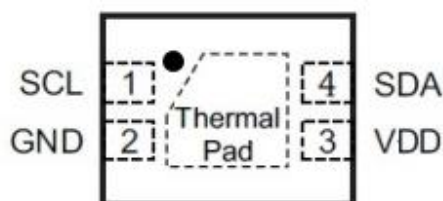
型号	最高精度	最高精度区间	地址位	封装
MTS4	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$+28^{\circ}\text{C}$ to $+43^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L
MTS4Z	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	0°C to $+50^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L
MTS4W	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$+20^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L
MTS4P	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	-25°C to $+25^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L
MTS4PF	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	-40°C to $+65^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L
MTS4B	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	0°C to $+60^{\circ}\text{C}$	0x41	DFN4L

备注: 其他温度区间精度特性详见“7.测温性能指标”。

目录

1. 概述	1
2. 特点	1
3. 应用	1
4. 封装管脚描述	3
5. 系统框图	3
6. 典型应用电路	4
7. 测温性能指标	4
8. 电气规格	7
8.1 绝对最大额定值	7
8.2 电气特性	7
8.3 交流电气特性-非易失性存储器	7
9. 功能描述	8
9.1 温度输出和转换公式	8
9.2 指令寄存器	8
9.3 配置寄存器	9
9.4 状态寄存器	10
9.5 CRC 校验功能	10
9.6 报警功能	11
9.7 加热自诊断功能	12
9.8 软复位	12
9.9 芯片 ID	12
10. 存储系统	13
10.1 寄存器列表	13
10.2 E ² PROM	14
10.3 I ² C 指令	14
11. I ² C 总线协议	15
11.1. I ² C 地址	15
11.2. 读写功能	15
11.3. I ² C 时序特性	16
12. 封装图	17
13. 订购须知	20
14. 修订历史	21

4. 封装管脚描述



(正面透视图)

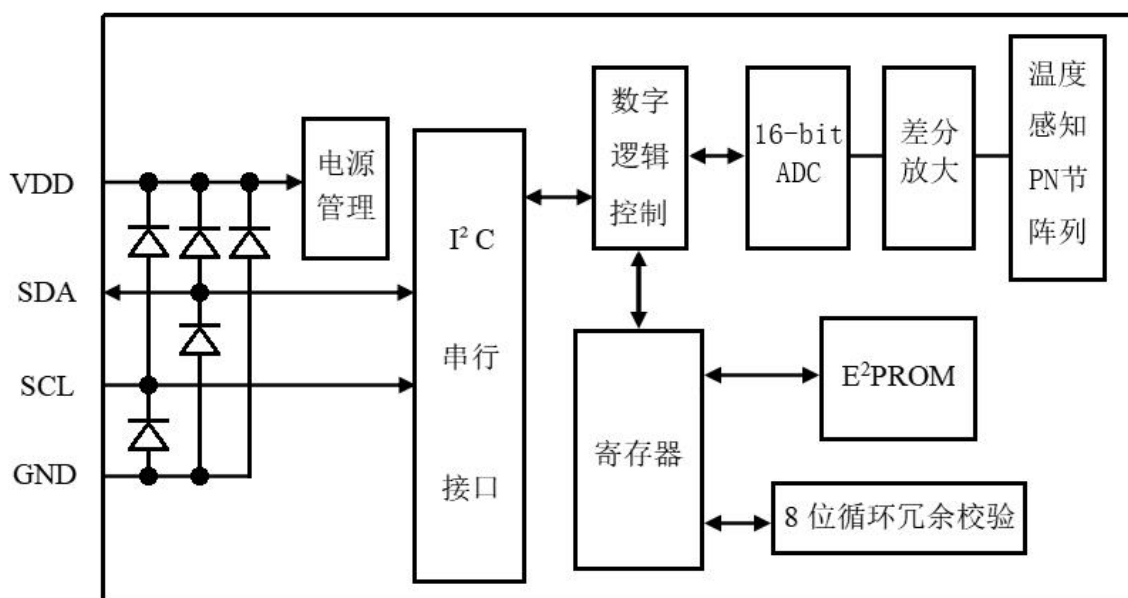
管脚编号	管脚名称	I/O	说明
1	SCL	输入/输出	I ² C 时钟线
2	GND	—	地
3	VDD	—	电源
4	SDA	输入/输出	I ² C 数据线
导热焊盘	NC	—	悬空或接地 ⁽¹⁾

备注 1: 电路设计时, 导热焊盘可以悬空或接地。

1) 若贴在 PCB 上测量环境温度, 推荐导热焊盘接 PCB 上的地;

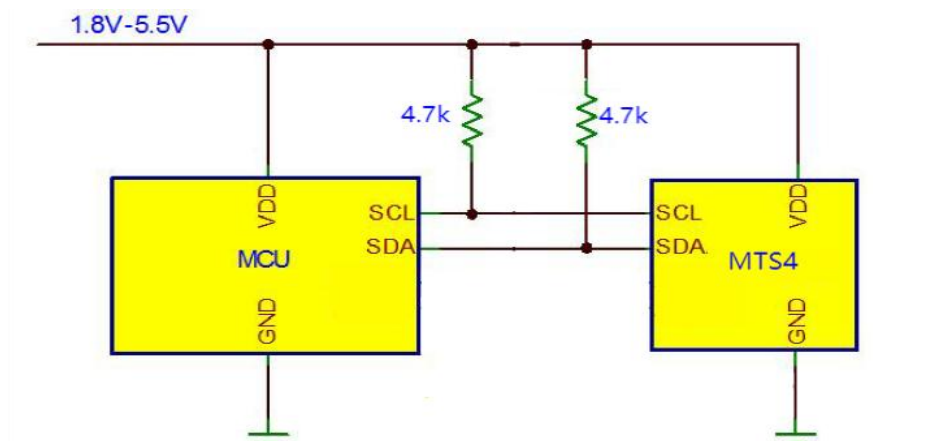
2) 若贴在 PCB 上或导热焊盘贴金属片用于接触式检测, 则推荐不接地。

5. 系统框图



温度传感器的原理框图见上图。暂存器包含了两个字节的温度寄存器, 存储来自于传感器的数字输出。另外, 暂存器和扩展暂存器提供了报警触发阈值寄存器。配置寄存器允许用户设定温度转换重复性和连续测量频率。状态寄存器可以查询报警状态。数据可存入非易失性单元, 芯片掉电时数据不会丢失。

6. 典型应用电路



7. 测温性能指标

参数	符号	条件	最小	典型	最大
测温范围	—	—	-103°C	—	+153°C
温度误差	t_{ERR}	MTS4	—	—	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}@+28^{\circ}\text{C to }+43^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}@-10^{\circ}\text{C to }+60^{\circ}\text{C}$
		MTS4Z	—	—	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}@0^{\circ}\text{C to }+50^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}@-10^{\circ}\text{C to }+60^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}@-25^{\circ}\text{C to }+75^{\circ}\text{C}$
		MTS4W	—	—	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}@+20^{\circ}\text{C to }+70^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}@0^{\circ}\text{C to }+75^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}@-20^{\circ}\text{C to }+90^{\circ}\text{C}$
		MTS4P	—	—	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}@-25^{\circ}\text{C to }+25^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}@-55^{\circ}\text{C to }+55^{\circ}\text{C}$
		MTS4PF	—	—	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}@-40^{\circ}\text{C to }+65^{\circ}\text{C}$ $\pm 1^{\circ}\text{C}@-85^{\circ}\text{C to }+90^{\circ}\text{C}$
		MTS4B	—	—	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}@0^{\circ}\text{C to }+60^{\circ}\text{C}$
		MTS4X	—	$\pm 2^{\circ}\text{C}@-103^{\circ}\text{C to }+153^{\circ}\text{C}$	—
重复性	—	AVG=1	—	0.02°C	(1)
		AVG=8	—	0.01°C	—
		AVG=16	—	0.008°C	—
		AVG=32	—	0.007°C	—
分辨率	—	—	—	0.004°C	—
长期漂移	—	—	—	0.002°C/年	—

备注 1：平均次数越多，转换时间越长，但输出精度越高，参见表 9.3-2。

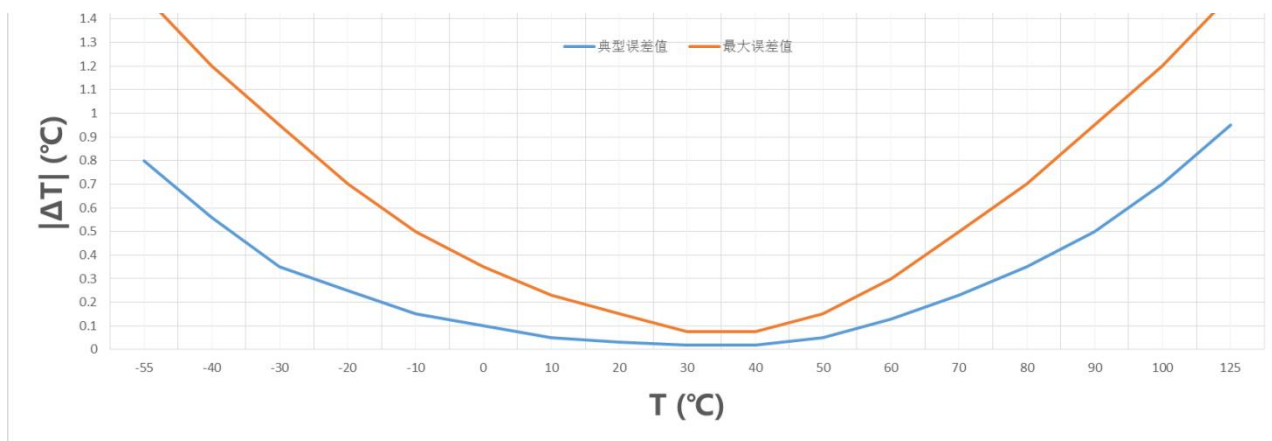


图 7-1 MTS4 精度误差曲线

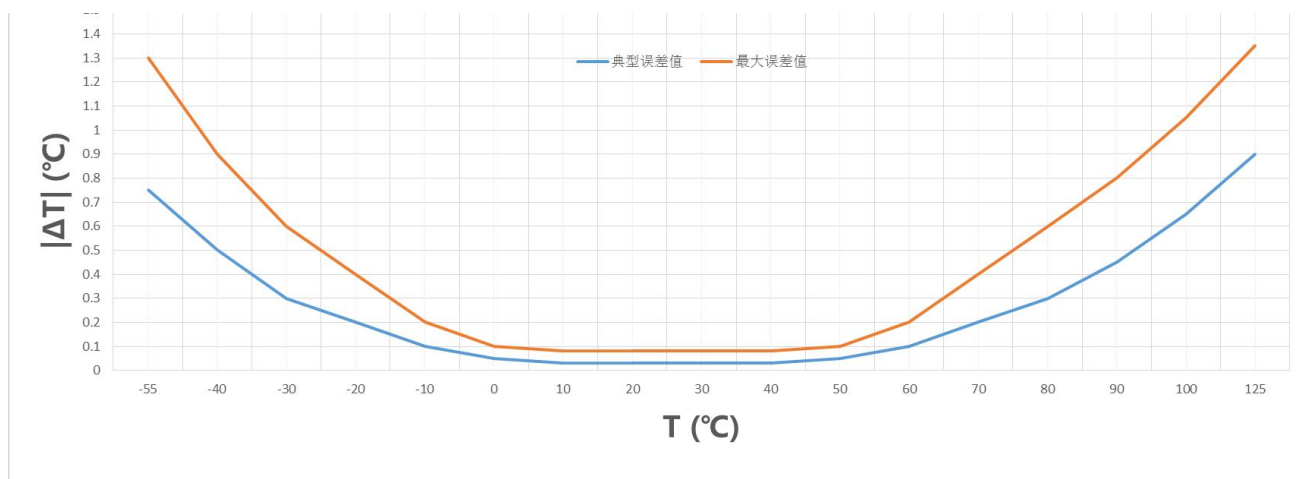


图 7-2 MTS4Z 精度误差曲线

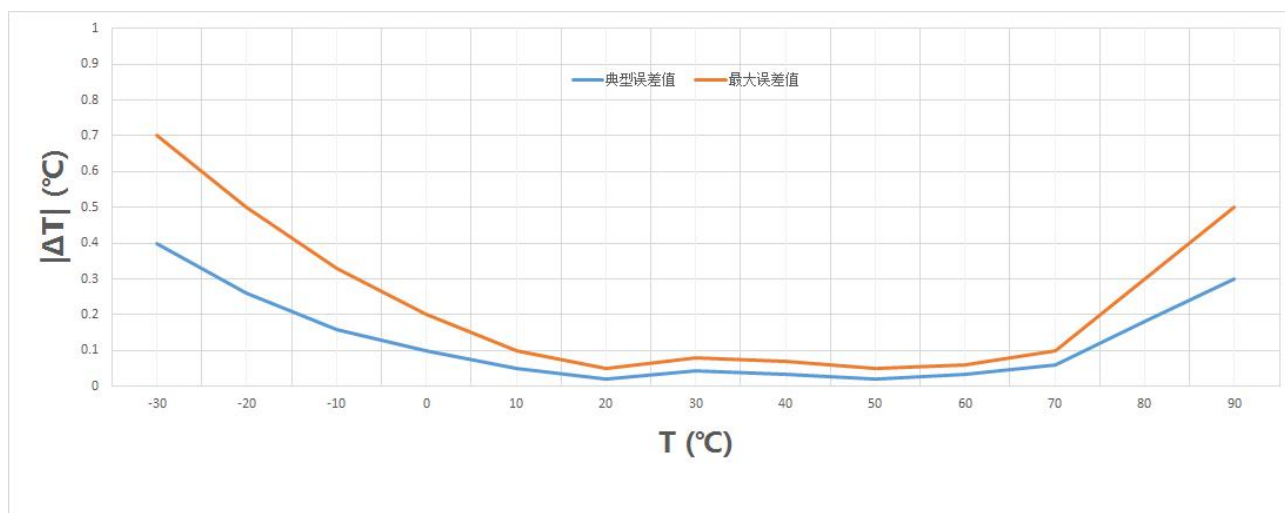


图 7-3 MTS4W 精度误差曲线

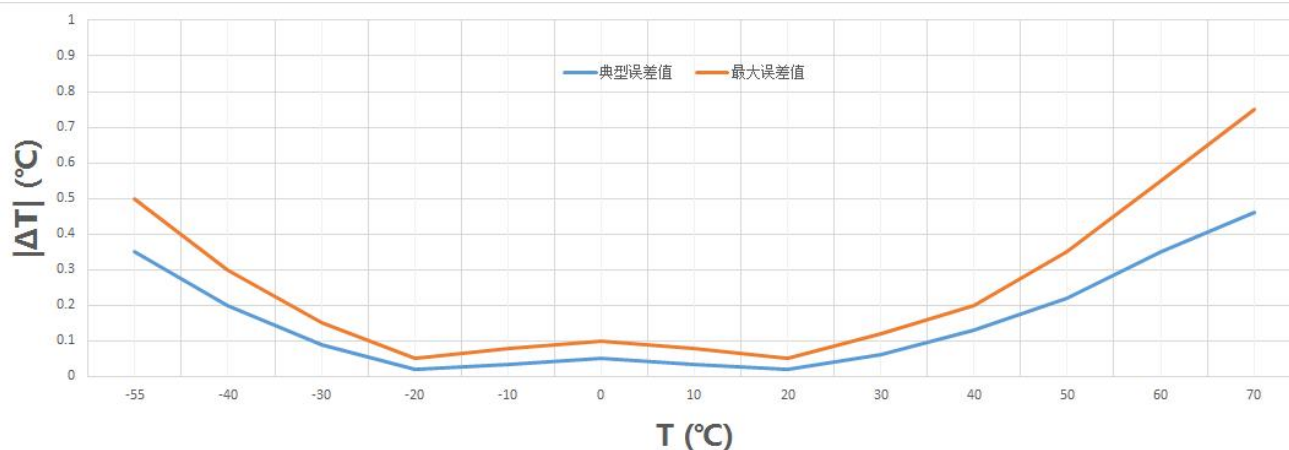


图 7-4 MTS4P 精度误差曲线

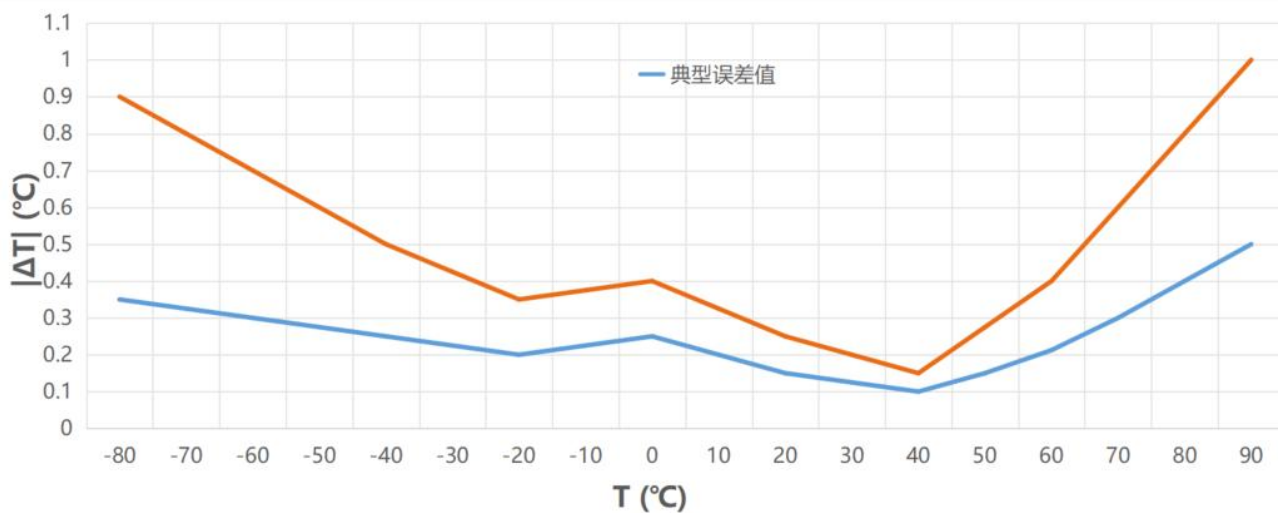


图 7-5 MTS4PF 精度误差曲线

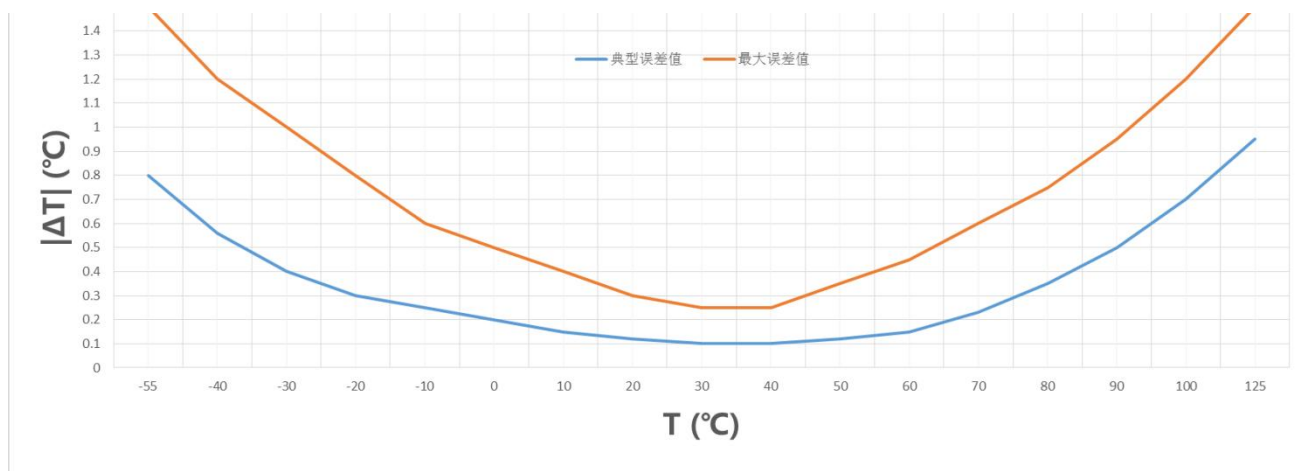


图 7-6 MTS4B 精度误差曲线

8. 电气规格

8.1 绝对最大额定值

以下为极限参数，对于器件在此极限条件或高于此极限条件的环境中的功能运行，本规格书并不适用。请注意长期暴露于此极限环境会影响器件的可靠性。

参数	额定值	单位
供电电压 VDD	-0.3 to 6	V
管脚上的最大电压	-0.3 to 6	V
管脚上的输入电流	±100	mA
运行温度范围	-110 to +160	°C
存储温度范围	-103 to +153	°C
焊接温度	参考 IPC/JEDEC J-STD-020 规范	
ESD HBM (人体放电模式)	±8	kV

8.2 电气特性

表中典型值条件为 T=25°C 以及 VDD=3.3V。

参数	符号	条件	最小	典型	最大	单位	备注
电源							
供电电压	VDD	—	1.8	3.3	5.5	V	芯片管脚电压
供电电流	IDD	空闲状态 (单次测量模式)	—	0.01	—	uA	单次测量模式下的待机电流
		空闲状态 (周期测量模式)	—	50	—	uA	周期测量模式下的待机电流
		测量峰值	—	360	—	uA	测量时的电流
		平均值	—	2	—	uA	单次测量模式, (AVG=8, 1 次测量/s)
数字输入/输出							
输入逻辑低	VIL	SCL, SDA	—	—	0.3*VDD	V	
输入逻辑高	VIH	SCL, SDA	0.7*VDD	—	—	V	
输出低电平电压	VOL	IOL = -3 mA	—	—	0.4	V	
输入漏电流	IIN	—	-0.1	—	0.1	uA	
上拉电阻	Rup		1	4.7	10	kΩ	

8.3 交流电气特性-非易失性存储器

T=-55°C to +125°C; V_{DD}=1.8V to 5.5V

参数	符号	条件	最低	典型	最大	单位
E ² PROM 擦写周期	t _{WR}	—	—	—	40	ms
E ² PROM 擦写次数	N _{EEWR}	-40°C to +125°C	—	—	1000	次
E ² PROM 数据保留	t _{EEDR}	-55°C to +125°C	—	10	—	年

9. 功能描述

传感器上电后进入空闲状态，如要启动温度测量，主机必须通过改写测温指令寄存器，对从机发出温度测量指令。经过转换时间后，产生的 16 位温度数据存储于寄存器前 2 个字节的温度寄存器 (Temp_lsb/Temp_msb)。转换时间和平均次数设置相关，平均次数越多，转换时间越长。具体平均次数和对应的测温转换时间参见 9.3 章节。

9.1 温度输出和转换公式

温度数字输出为 16bit 有符号的二进制补码，最低位 LSB 分辨率为 1/256 °C，S 为符号位。数据存放在寄存器 Temp_lsb 和 Temp_msb 中，具体格式如下：

表 9.1 温度寄存器 (Temp_lsb/Temp_msb)，地址 0x00 & 0x01

	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
低字节	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴	2 ⁻⁵	2 ⁻⁶	2 ⁻⁷	2 ⁻⁸
	bit15	bit14	bit13	bit12	bit11	bit10	bit9	bit8
高字节	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰

和摄氏度的转换关系为：

$$T[°C] = \frac{S_T}{256} + 25$$

例如， 25 °C 对应寄存器值
153 °C 对应寄存器值
-103 °C 对应寄存器值

0x 00 00
0x 7F FF
0x 80 00

9.2 指令寄存器

指令寄存器包含测温指令寄存器与 E²PROM 指令寄存器两个字节。测温指令寄存器 (Temp_Cmd) 包括测量模式和加热功能配置位，具体内容描述如下：

表 9.2-1 测温指令寄存器 (Temp_Cmd) , 地址 0x04

位	内容描述	默认数值
7:6	测量模式选择(Measurement) 00: 连续测量模式 01: 停止测量 10: 连续测量模式, 回读值 00 11: 单次测量模式	'01'
5:4	预留	'00'
3:0	加热功能(Heater) 1010: 加热功能开启 其他: 加热功能关闭, 回读值 0000	'0000'

芯片在上电后默认处于停止测量的状态, 等待主机发送测量指令。单次测量只完成一次测温转换, 完成后芯片会进入睡眠状态, 除非将测温配置寄存器 (Temp_Cfg) 的 bit0 置为 0。连续测量模式将根据测温配置寄存器 (Temp_Cfg) 的 bit7~bit5 (MPS) 进行温度的周期循环测量, 在两次转换的间隔期芯片不会进入睡眠状态, 即使将测温配置寄存器 (Temp_Cfg) 的 bit0 置为 1。在连续测量模式下, 当主机对 bit7~bit6 写入 01, 将会让芯片退出连续测量模式。

E²PROM 指令寄存器 (E²PROM_Cmd) 包括 E²PROM 的读写操作以及软复位配置位, 具体内容描述如下:

表 9.2-2 E²PROM 指令寄存器 (E²PROM_Cmd) , 地址 0x17

位	内容描述	默认数值
7:0	E ² PROM 操作 0xB6: 装载 E ² PROM 的值到暂存器 0x08: 将暂存器的值写入 E ² PROM 0x6A: 系统软复位, 同时装载 E ² PROM 的值到暂存器, 所有暂存器恢复到默认值 其他: 无操作, 回读值 0x00	'00000000'

9.3 配置寄存器

配置寄存器 (Temp_Cfg) 包括周期测量频率、测温平均次数、低功耗模式等配置位, 具体内容描述如下:

表 9.3-1 配置寄存器 (Temp_Cfg) , 地址 0x05

位	内容描述	默认数值
7:5	每秒测量次数配置(MPS) 000: 每秒 8 次 001: 每秒 4 次 010: 每秒 2 次 011: 每秒 1 次 100: 2 秒 1 次 101: 4 秒 1 次 110: 8 秒 1 次 111: 16 秒 1 次	'011'

4:3	测温平均次数配置(AVG) 00: AVG=1 01: AVG=8 10: AVG=16 11: AVG=32	'11'
2:1	预留	'00'
0	低功耗模式开关(Sleep_en) 0: 执行完指令不进入低功耗模式 1: 执行完指令进入低功耗模式	'1'

表 9.3-2 平均次数与转换时间对应关系

AVG[1:0]		数据平均次数	转换时间 t_{CONV}
0	0	1	2.2ms
0	1	8	5.2ms
1	0	16	8.5ms
1	1	32	15.3ms

9.4 状态寄存器

状态寄存器 (Status) 为只读模式，包含温度转换状态、报警状态、E²PROM 状态、加热状态等信息，具体描述如下：

表 9.4 状态寄存器 (Status)，地址 0x03

位	内容描述			默认数值
7	温度高线报警跟踪	0: 温度报警未触发	1: 温度报警触发	'0'
6	温度低线报警跟踪	0: 温度报警未触发	1: 温度报警触发	'0'
5	温度转换状态	0: 温度转换完成	1: 温度转换过程中	'0'
4	E ² PROM 状态	0: 未处于读写状态	1: 处于读写状态	'0'
3	加热状态	0: 未处于加热状态	1: 处于加热状态	'0'
2	温度报警错误提示	0: TH 大于 TL	1: TH 小于等于 TL	'0'
1:0	预留			'00'

bit5 表示测温状态的标志位信号。当测温正在进行时，状态寄存器的 bit5=1；当测温完成后，状态寄存器的 bit5=0。

9.5 CRC 校验功能

芯片包含 CRC 数据校验功能，提高了通信可靠性。CRC 的数值会存放于特定的地址位，具体对应如下寄存器组合：

从地址位 0x00 到 0x01，共 2 字节数据的 CRC 校验值，做为 Crc_temp，存放于地址位 0x02。

具体 CRC 的计算多项式为：

$$CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

此算法电路包括移位寄存器和异或门电路，初始值为 0x00，结构如下：

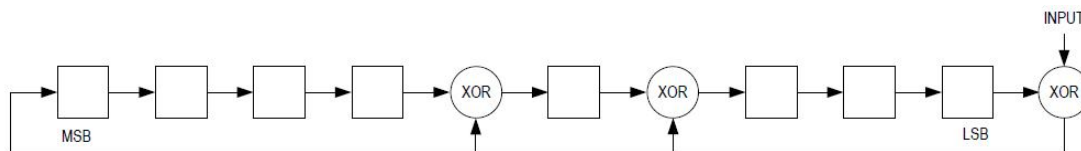


图 9.5 CRC 发生器

9.6 报警功能

警报模式用于监测环境温度，通过配置报警模式寄存器(Alert_Mode)，以及报警高低门限寄存器 (Th/Tl) 实现。此外，状态寄存器 (Status) 位有专门的比特位指示报警状态，具体见 9.4 章节。

报警模式寄存器 (Alert_Mode) 包括报警开关、模式选择等配置位，具体配置寄存器的内容描述如下：

表 9.6 报警模式寄存器 (Alert_Mode) ，地址 0x06

位	内容描述	默认数值
7	报警功能开关(Alert_en) 0: 关闭 1: 开启	'0'
6	报警模式(IM)选择 0: 高于 TH 报警+低于 TL 解除报警 1: 高于 TH 报警+低于 TL 报警	'0'
5:0	预留	'000000'

报警门限寄存器包括高门限寄存器 (Th) 和低门限寄存器 (Tl) ，均与温度寄存器 (Temp_lsb/Temp_msb) 的分辨率相对应，具体见 9.1 章节。报警门限的 16 位有符号数，将和 16 位标准输出温度值进行比较，来判断是否已满足报警条件，因此温度报警门限的分辨率同为 $\Delta T \approx 0.004^{\circ}\text{C}$ 。

当报警功能开启时，只要传感器进行了测量操作，警报模式就会激活。如果需要关闭报警功能，主机可以将报警配置寄存器 (Alert_Mode) 的 bit7 置 1。此外，还可以通过将报警低线设定值设置为大于等于报警高线设定值 ($Tl \geq Th$) 实现报警功能的关闭。通过改变报警模式寄存器的报警模式位 (IM)，可实现以下报警模式：

(1) 高于高限报警，低于低限解除报警模式

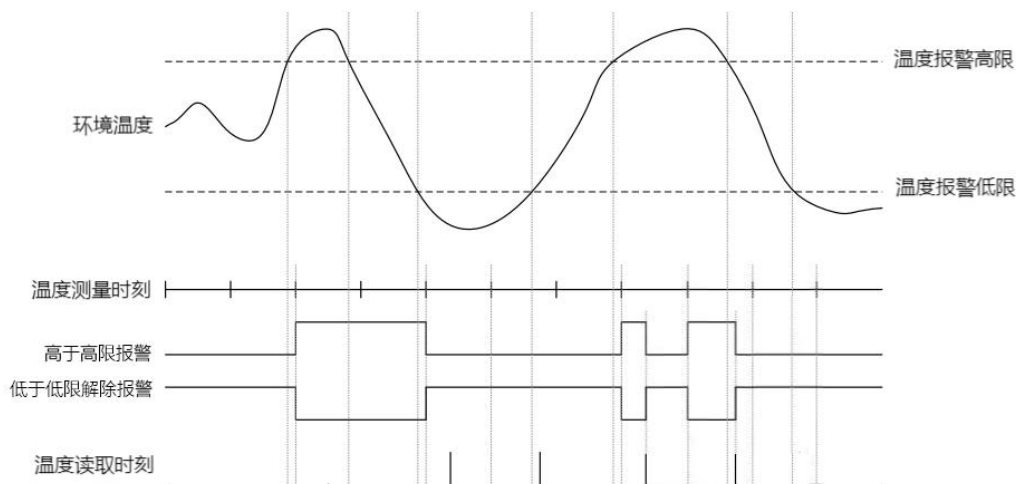


图 9.6-1 高于高限报警，低于低限解除报警模式时序图

此模式对应 IM=0，状态寄存器(Status)中的 bit7 与上图超过高限报警的标志位一致，bit6 为 0。

(2) 高于高限报警，低于低限报警模式

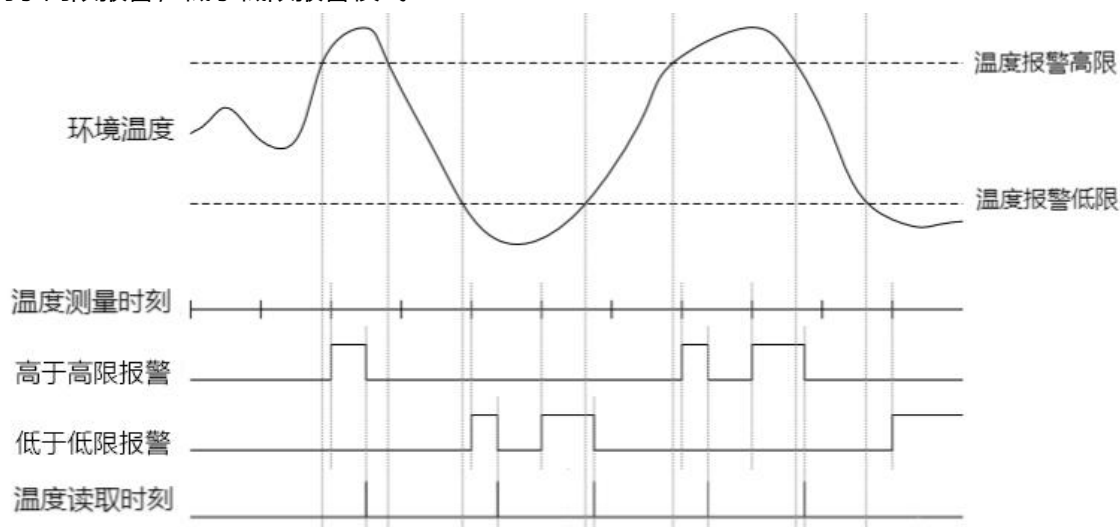


图 9.6-2 高于高限报警，低于低限报警模式时序图

此模式对应 IM=1，状态寄存器(Status)中的 bit7 与上图超过高限报警的标志位一致，bit6 与上图低于低限报警的标志位一致。

9.7 加热自诊断功能

芯片内部配置了加热电阻，用于给芯片进行加热，主机可以通过读取加热前后的温度值，来判断芯片测温功能是否正常。加热功率为 7.8mW，温度升高在 0.1°C 以上。功能通过测温指令寄存器 (Temp_cmd) 中的 bit3~bit0 来启动和关闭，配置详情见 9.2 章节。

9.8 软复位

主机可以通过向 E²PROM 指令寄存器 (E²PROM_Cmd) 写入 0x6A，实现对芯片的软复位功能。在软复位期间，与 E²PROM 有对应关系的寄存器值会被重新装载，其他与 E²PROM 没有对应关系的寄存器值将会被重置到上电默认值。具体寄存器与 E²PROM 的对应关系，请见第 10 章节。

9.9 芯片 ID

芯片 ID 为 64 位，保存于芯片 ID 寄存器 (Romcode)，具体格式为：

表 9.9 芯片 ID 寄存器 (Romcode)，地址 0x18 ~ 0x1F

位	寄存器名称	寄存器逻辑地址	上电复位值
7:0	Romcode1	0x18	0x01
15:8	Romcode2	0x19	0x16
16:23	Romcode3	0x1A	出厂数值
24:31	Romcode4	0x1B	出厂数值
32:39	Romcode5	0x1C	出厂数值

40:47	Romcode6	0x1D	出厂数值
48:55	Romcode7	0x1E	出厂数值
56:63	crc_romcode	0x1F	出厂数值

10. 存储系统

10.1 寄存器列表

传感器的存储组织如表 10.1 所示。存储器包含一个 SRAM 寄存器以及拓展存储的非易失性存储 E²PROM，用于存储高低温报警触发线 (Th 和 Tl)、温度配置寄存器 (Temp_Cfg)、报警模式寄存器 (Alert_Mode)、和 10 字节用户可编程区域 (User_define)。需要注意的是，如果传感器的报警功能没有被使用，则报警高线 (Th) 和报警低线 (Tl) 寄存器可以用作通用存储区域。所有存储器功能定义都在第 9 章节进行了详细描述。

表 10.1 寄存器列表与 E²PROM 映射关系

寄存器名称	位宽	寄存器 逻辑地址	寄存器 读取	寄存器 写入	E ² PROM 逻辑地址	写入 E ² PROM	装载 E ² PROM	上电 复位 默认值
Temp_lsb	8	00h	Read temperatur e	NA	NA	NA	NA	00h
Temp_msb	8	01h		NA	NA	NA	NA	00h
Crc_temp	8	02h		NA	NA	NA	NA	NA
Status	8	03h	Read scratchpad	NA	NA	NA	NA	00h
Temp_Cmd	8	04h		Write	NA	NA	NA	40h
Temp_Cfg	8	05h		Scratchpad	00h	Copy page (0x08)	Recall EE (0xB8) / Recall page (0xB6)	79h
Alert_Mode	8	06h			01h			00h
Th_lsb	8	07h			02h			FFh
Th_msb	8	08h			03h			7Fh
Tl_lsb	8	09h			04h			00h
Tl_msb	8	0Ah			05h			80h
Crc_scratch	8	0Bh		NA	NA	NA	NA	NA
User_define_0	8	0Ch	Read scratchpad extension	Write Scratchpad extension	06h	Copy page (0x08)	Recall EE (0xB8) / Recall page (0xB6)	00h
User_define_1	8	0Dh			07h			00h
User_define_2	8	0Eh			08h			00h
User_define_3	8	0Fh			09h			00h
User_define_4	8	10h			0Ah			00h
User_define_5	8	11h			0Bh			00h
User_define_6	8	12h			0Ch			00h
User_define_7	8	13h			0Dh			00h
User_define_8	8	14h			0Eh			00h
User_define_9	8	15h			0Fh			00h
Crc_scratch_ext	8	16h	NA	NA	NA	NA	NA	NA
E ² PROM_Cmd	8	17h		NA	NA	NA	NA	00h

Romcode1	8	18h	Read romcode	NA	NA	NA	NA	01h
Romcode2	8	19h		NA	NA	NA	NA	16h
Romcode3	8	1Ah		NA	10h	NA	Recall EE (0xB8)	(1)
Romcode4	8	1Bh			11h			(1)
Romcode5	8	1Ch			12h			(1)
Romcode6	8	1Dh			13h			(1)
Romcode7	8	1Eh			14h			(1)
crc_romcode	8	1Fh		NA	NA	NA	NA	NA

备注 1：该字节为出厂值。

10.2 E²PROM

主机需要通过对 E²PROM 指令寄存器 (E²PROM_Cmd) 写入特定的值, 实现 E²PROM 的功能触发。要把数据从寄存器永久性写入 E²PROM, 主机必须对 E²PROM 指令寄存器写入 0x08 来实现。E²PROM 寄存器中的数据掉电会保持, 上电时会自动加载到相应的寄存器位置。数据也可以通过主机对 E²PROM 指令寄存器写入 0xB6 实现重新加载。请注意, 写入 E²PROM 的操作是按照 16 字节整体操作的, 需要确认 16 个寄存的内容都正确后进行统一拷贝。

E²PROM 的工作状态会反应在状态寄存器 (Status) 的 bit4: 当 E²PROM 读写正在进行时, 状态寄存器 bit4=1; 当 E²PROM 读写结束后, 状态寄存器 bit4=0。

10.3 I²C 指令

本芯片支持 I²C 通信, 表 10-3 给出了不同功能的操作方法。

表 10-3 I²C 及单总线功能列表

名称	功能	I ² C 功能触发
read rom	读取 romcode	读对应字节
convert temperature	测量温度	写 Temp_Cmd (地址: 0x04)
read temperature	读取温度值的两个字节	读对应字节
heat_on	芯片内部加热电阻开启	写 Temp_Cmd (地址: 0x04)
heat_off	芯片内部加热电阻关闭	写 Temp_Cmd (地址: 0x04)
soft reset	复位整个芯片, 装载 E ² PROM 数据到寄存器, 恢复其他寄存器到上电初始值	写 E ² PROM_Cmd (地址: 0x17)
break	停止周期测量模式	写 Temp_Cmd (地址: 0x04)
read scratchpad	读取 scratch 区域	读对应字节
write scratchpad	设置 scratch 区域	写对应字节
read scratchpad extension	读取 scratch 扩展区域	读对应字节
write scratchpad extension	设置 scratch 扩展区域	写对应字节
copy page	保存寄存器数据到	写 E ² PROM_Cmd (地址: 0x17)
recall page	装载 E ² PROM 数据到寄存器	写 E ² PROM_Cmd (地址: 0x17)

recall EE	装载全部 32 字节 E ² PROM 数据到寄存器	写 E ² PROM_Cmd (地址: 0x17)
-----------	---------------------------------------	---

11. I²C 总线协议

传感器通过 SDA 与 SCL 双管脚实现 I²C 总线通信接口协议，可以支持快速模式，最高频率可达 1MHz。每个传输序列以 START 条件 (S) 开始，以 STOP 条件 (P) 结束，如 I²C 总线规范中所述。

11.1. I²C 地址

从机 I²C 地址位为 0x41。

11.2. 读写功能

I²C 总线通信，主机先发送从机地址和写标志位 (Slave Address + W)，紧跟寄存器逻辑地址 (Register Address)。对于读时序，主机随后再次发送从机地址和读标志位 (Slave Address + R)，然后从机向主机发送数据 (Data from Register)；对于写时序，主机随后直接向从机发送数据 (Data to Register)。需要注意的是，从机地址宽度为 7bit，写标志位 W=0，读标志位 R=1。具体读写时序图为：

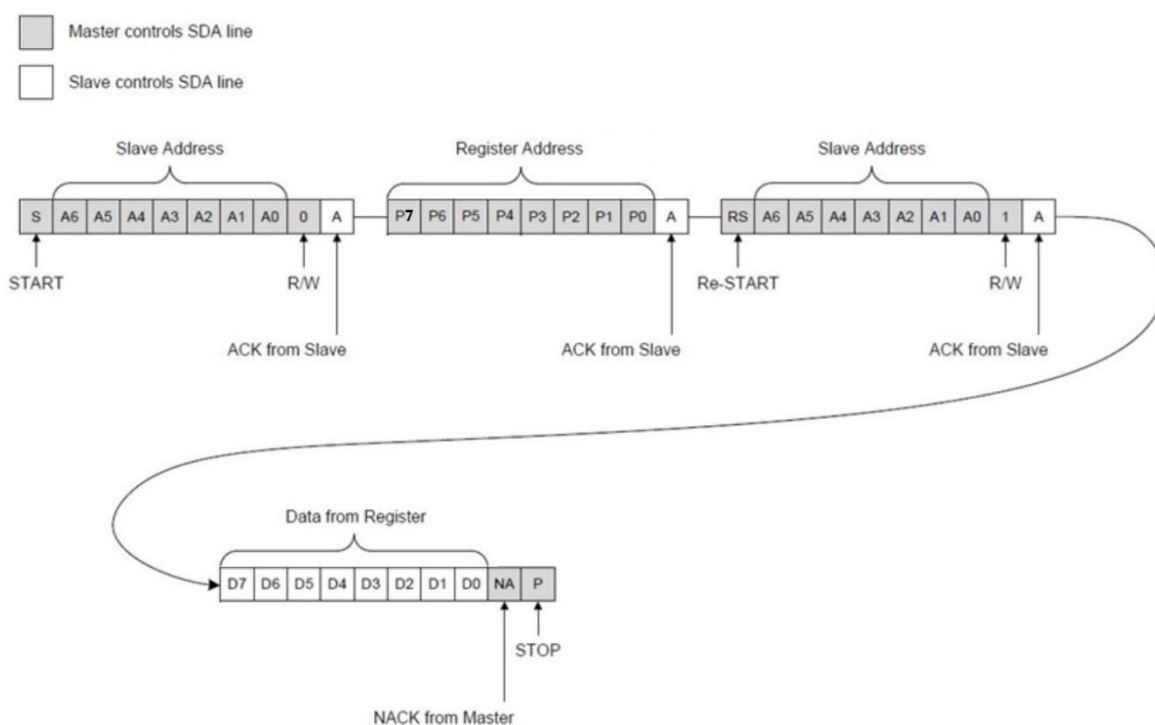


图 11.2-1 I²C 读时序

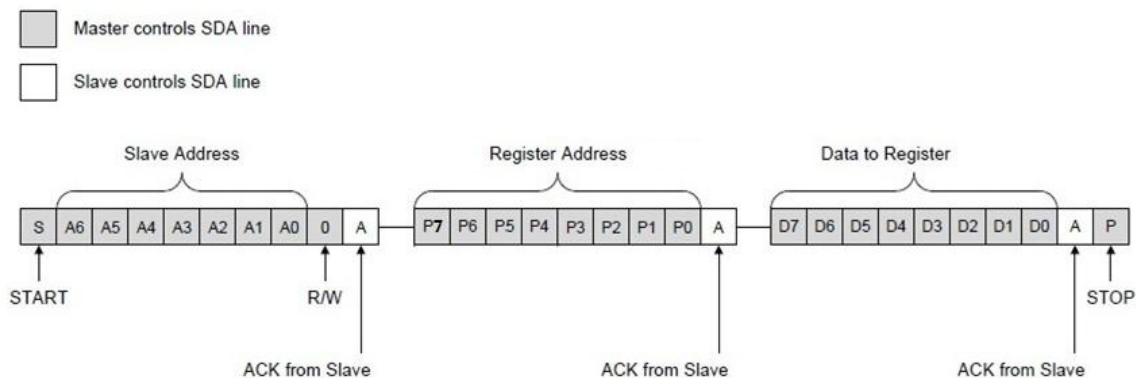


图 11.2-2 I²C 写时序

对于温度寄存器低位 Temp_lsb 和高位 Temp_msb 的读取，为了校验传输数据的正确性，主机可以在读取完 Temp_msb 寄存器的数据后不立刻发送 Stop，继续读取 Crc_temp 寄存器，再发送 Stop。

11.3. I²C 时序特性

表 11.3 I²C 总线时序特性

参数	符号	标准模式		快速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
SCL 频率	f_{SCL}	0	400	0	1000	kHz
SCL 低电平时间	t_{LOW}	1300	—	400	—	ns
SCL 高电平时间	t_{HIGH}	600	—	450	—	ns
start(restart)时 SDA 拉低后 SCL 高电平的持续时间	$t_{HD;STA}$	400	—	100	—	ns
从 SCL 拉低开始到 SDA 数据发生变化的时间间隔	$t_{HD;DAT}$	0	0.9	0	—	μs
从 SDA 数据稳定开始到 SCL 拉高的时间间隔	$t_{SU;DAT}$	100	—	50	—	ns
restart 时 SDA 拉低前 SCL 的高电平保持时间	$t_{SU;STA}$	400	—	150	—	ns
stop 时从 SCL 拉高到 SDA 拉高的时间间隔	$t_{SU;STO}$	400	—	100	—	ns
start 与 stop 的间隔时间	t_{BUF}	1300	—	500	—	ns
SCL/SDA 上升沿所需时间	t_{RC}	$20+0.1 C_b^{(1)}$	1000	$20+0.1 C_b^{(1)}$	50	ns
SCL/SDA 下降沿所需时间	t_{FC}	$20+0.1 C_b^{(1)}$	300	$20+0.1 C_b^{(1)}$	100	ns

备注 1: C_b =I²C 总线的总电容，单位为 pF。

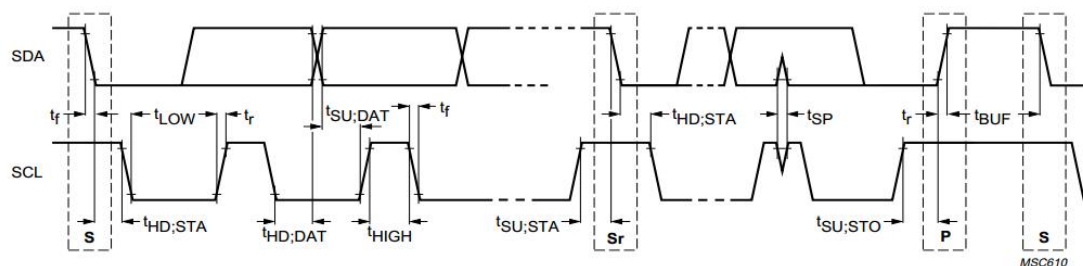
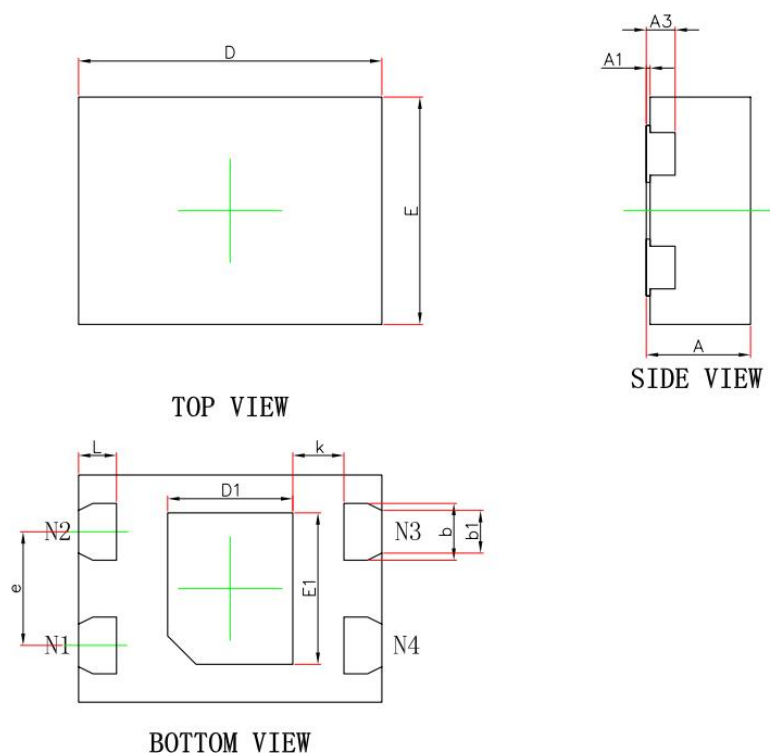


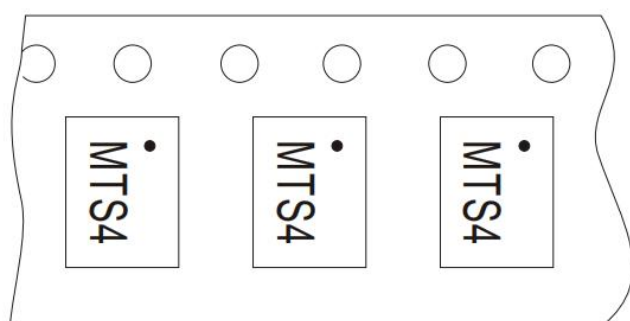
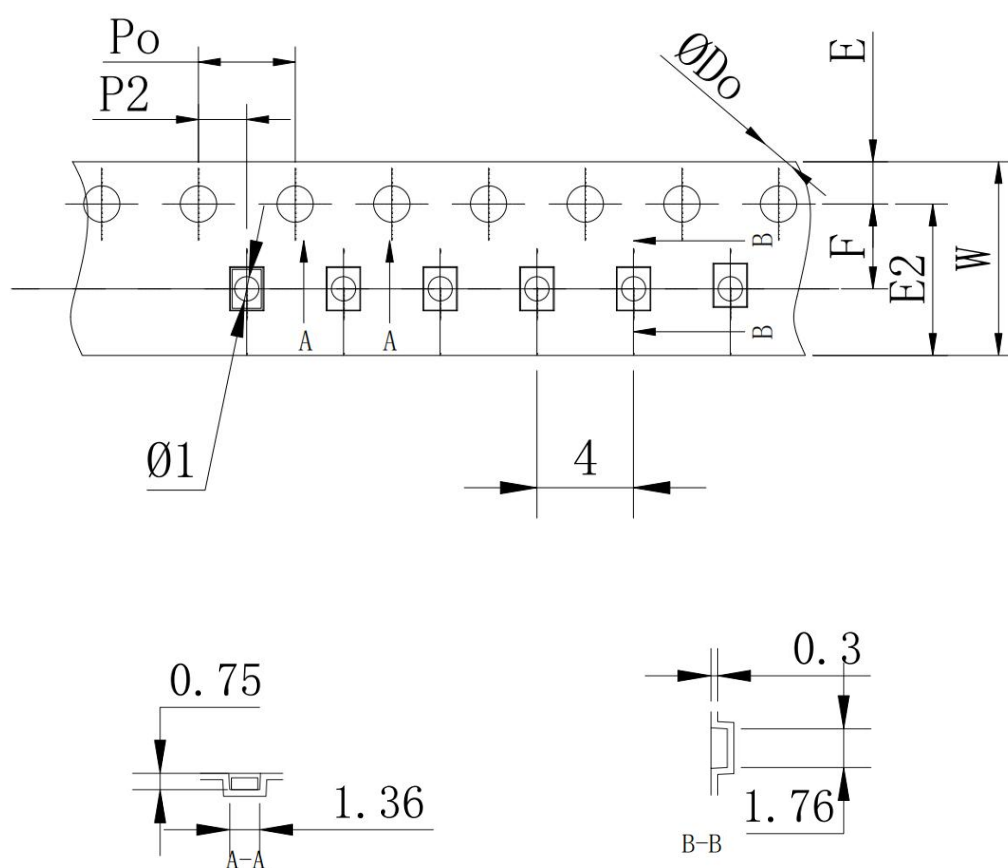
图 11.3 I²C 时序参数

12. 封装图



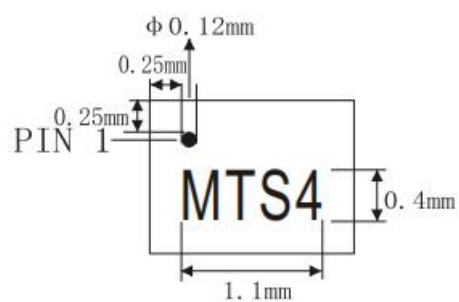
Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
A	0.500	0.600	0.020	0.024
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.152REF.		0.006REF.	
D	1.500	1.700	0.059	0.067
E	1.100	1.300	0.043	0.051
D1	0.560	0.760	0.022	0.030
E1	0.700	0.900	0.028	0.035
b	0.250	0.350	0.010	0.014
b1	0.175	0.275	0.007	0.011
e	0.600TYP.		0.024TYP.	
L	0.150	0.250	0.006	0.010
k	0.200MIN.		0.008TYP.	

图 12-1 封装尺寸图 DFN4L(1.6X1.2X0.55mm)

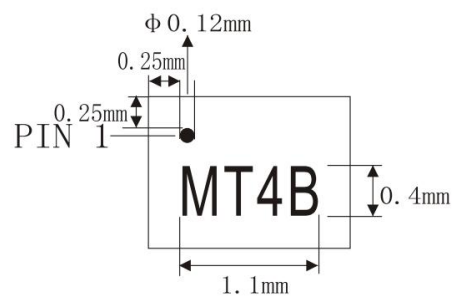


Dimensions(mm)	
E	1.75 ± 0.10
E2	6.25 MIN
F	3.50 ± 0.10
P2	2.00 ± 0.10
ØDo	1.50 ± ^{0.10} _{0.00}
P0	4.00 ± 0.10
10P0	40.00 ± 0.20
W	8.00 ± 0.30

图 12-2 载带规格信息



产品正面
TOP VIEW



产品正面
TOP VIEW

图 12-3 MTS4X (左) 和 MTS4B (右) 印字

13. 订购须知

型号	最高精度	最高精度区间	封装	最小包装
MTS4	0.1℃	+28℃~+43℃	DFN4L	4K/盘
MTS4Z	0.1℃	0℃~+50℃	DFN4L	4K/盘
MTS4W	0.1℃	+20℃~+70℃	DFN4L	4K/盘
MTS4P	0.1℃	-25℃~+25℃	DFN4L	4K/盘
MTS4PF	0.5℃	-40℃~+65℃	DFN4L	4K/盘
MTS4B	0.5℃	0℃~+60℃	DFN4L	4K/盘

14. 修订历史

Date	Revision	Description
20260528	V6.4	8.1 章节 运行温度范围改为-110℃ to +160℃

备注：本表仅添加指标性变更。

** 敏源传感保留以下权利，恕不另行通知：

- (i) 更改本手册中的产品规格等信息；
- (ii) 提高该产品的可靠性、功能和设计。