MCP98244

用于 SPD 的带 EEPROM 的 DDR4 DIMM 温度传感器

特性

- 符合 JEDEC 规范
  - MCP98244 --> JC42.4-TSE2004B1
    带 4 Kb 串行 EEPROM 的温度传感器，用于串行存在检测（Serial Presence Detect，SPD）
- 1 MHz， 2 线 I^2C™ 接口
- 规定 V_{DD} 范围：1.7V 至 3.6V
- 工作电流：100 µA （典型值， EEPROM 空闲）
- 可用封装：TDFN-8

温度传感器特性

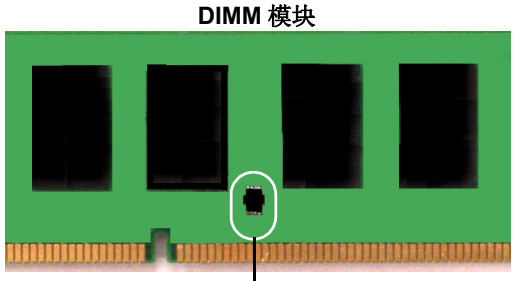
- 温度数字转换器 （°C）
- 传感器精度 （B 级）：
  - ±0.2°C/±1°C （典型值 / 最大值） → +75°C 至 +95°C
  - ±0.5°C/±2°C （典型值 / 最大值） → +40°C 至 +125°C
  - ±1°C/±3°C （典型值 / 最大值） → -40°C 至 +125°C

串行 EEPROM 特性

- 工作电流：
  - 写操作 → 250 µA （典型值），持续 3 ms （典型值）
  - 读操作 → 100 µA （典型值）
- 可逆软件写保护
- 对于每个 1 Kb 块的软件写保护
- 按两个 256 x 8 位 （2 Kb x 2）存储区的形式构成

典型应用

- 服务器、 PC 和笔记本电脑的 DIMM 模块
- 固态硬盘 （Solid State Drive， SSD）的温度检测
- 通用温度数据记录



说明

Microchip 的 MCP98244 数字温度传感器可以将 -40°C 至 +125°C 范围内的温度转换为数字字。该传感器符合有关存储器模块温度传感器元件的 JEDEC 规范 JC42.4-TSE3000B1。该器件的工作电压为 1.7V 至 3.6V，在 +75°C 至 +95°C 范围内可提供 ±0.2°C/±1°C （典型值 / 最大值）的精度。此外，MCP98244 具有包含两个 256 x 8 位 EEPROM （4 Kb）存储区的集成 EEPROM，可用于存储存储器模块详细信息和供应商信息。

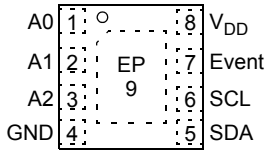
MCP98244数字温度传感器提供了一些用户可编程的寄存器，为 DIMM 温度检测应用带来灵活性。这些寄存器支持用户可选的设置（如关断或低功耗模式，以及规定温度事件边界）。当温度变化超出规定的事件边界限制时，MCP98244 会在事件引脚上输出报警信号。用户可以选择将温度事件输出信号极性设置为用于温控操作的低电平有效或高电平有效比较器输出，也可以设置为用于基于微处理器系统的温度事件中断输出。

MCP98244 EEPROM 专门针对 DRAM DIMM（双列直插式存储器模块）串行存在检测（SPD）设计。它具有四个 128 字节的页，这些页可以单独进行软件写保护。这可以用于存储DRAM供应商和产品信息并对这些信息进行写保护。

该传感器具有与行业标准 I^2C 增强型快速模式兼容的 1 MHz 串行接口。

封装类型

8 引脚 2x3 TDFN*



* 包含裸露的散热焊盘 （EP）；请参见表 3-1。

© 2014 Microchip Technology Inc.

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

1.0 电气特性

绝对最大值 †

V_{DD}..... 4.0V
所有输入 / 输出引脚上的电压 ..... GND – 0.3V 至 4.0V
引脚 A0..... GND – 0.3V 至 11V
储存温度..... -65°C 至 +150°C
通电时的环境温度 ..... -40°C 至 +125°C
结温 （T_J）.....+150°C
所有引脚上的 ESD 保护 （HBM:MM）.....（4 kV:200V）
每个引脚上的闩锁电流 （25°C）.....±200 mA

† 注：如果器件工作条件超过上述 “最大值”，可能引起器件永久性损坏。上述数值仅是工作条件极大值，我们建议不要使器件在该规范规定的范围以外运行。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

温度传感器直流特性

电气规范：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地，T_A = -40°C 至 +125°C。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度传感器精度						
+75°C < T_A ≤ +95°C	T_{ACY}	-1.0	±0.2	+1.0	°C	JC42.4 - TSE2004B1 B 级精度规范 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V
+40°C < T_A ≤ +125°C		-2.0	±0.5	+2.0	°C	
-40°C < T_A ≤ +125°C		-3.0	±1	+3.0	°C	
温度转换时间						
0.5°C/ 位	t_{CONV}	—	30	—	ms	
0.25°C/ 位		—	65	125	ms	15 次采样 / 秒 （典型值）（见**第 5.2.4 节 “温度分辨率”**）
0.125°C/ 位		—	130	—	ms	
0.0625°C/ 位		—	260	—	ms	
电源						
规定电压范围	V_{DD}	1.7	—	3.6	V	
工作电流	I_{DD_TS}	—	100	500	µA	EEPROM 不工作
关断电流	I_{SHDN}	—	0.2	1	µA	EEPROM 不工作， I^2C™ 总线不工作，T_A = 85°C
上电复位 （Power On Reset，POR）	V_{POR}	—	1.4	1.6	V	上升和下降 V_{DD} 的阈值
POR 之后的稳定时间	t_{POR}	—	—	1	ms	对于热上电周期和冷上电周期
线路稳定度	Δ°C	—	0.2	—	°C	V_{DD} = 1.7V 至 3.6V
事件输出 （漏极开路输出，需要外部上拉电阻），请参见第 5.2.3 节 “事件输出配置”						
高电平电流 （泄漏电流）	I_{OH}	—	—	1	µA	V_{OH} = V_{DD}
低电平电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	I_{OL}= 3 mA （低电平有效，上拉电阻）
热响应，从 +25°C （空气）至 +125°C （油浴）						
TDFN-8	t_{RES}	—	0.7	—	s	达到 63% （89°C）的时间

MCP98244 EEPROM 直流特性

电气规范：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地， T_A = -40°C 至 +125°C。						
参数	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**条件**
电流， EEPROM 写操作 （持续 t_{WC}）	I_{DD_EE}	—	250	2000	µA	传感器处于关断模式
电流， EEPROM 读操作	I_{DD_EE}	—	100	500	µA	
写周期时间 （字节 / 页）	t_{WC}	—	3	5	ms	
可擦写次数， T_A = +25°C	—	—	10k	—	次	写周期， V_{DD} = 3.3V （**注 1**，**注 2**）
EEPROM 写操作温度	EE_{WRITE}	0	—	85	°C	
EEPROM 读操作温度	EE_{READ}	-40	—	125	°C	关于最低读操作温度，请参见**注 1**
写保护电压						
SWP 和 CWP 电压	V_{HV}	7	—	10	V	施加在 A0 引脚上

注 **1：** 特性值，但未经生产测试。

2： 如需在特定应用中估计可擦写次数，请参考 Total Endurance™ 模型，该模型可从 Microchip 网站 www.microchip.com/TotalEndurance 获取。

输入 / 输出引脚直流特性

电气规范：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地， T_A = -40°C 至 +125°C。						
参数	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**条件**
串行输入 / 输出 （SCL、 SDA、 A0、 A1 和 A2）						
输入						
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_{IN}	—	—	±5	µA	仅限 SDA 和 SCL
输入阻抗 （A0、 A1 和 A2）	Z_{IN}	—	1	—	MΩ	$V_{IN} > V_{IH}$
输入阻抗 （A0、 A1 和 A2）	Z_{IN}	—	200	—	kΩ	$V_{IN} < V_{IL}$
输出 （仅限 SDA）						
低电平电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	I_{OL}= 3 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}	20	—	—	mA	V_{OL} = 0.4V； $V_{DD} \geq 2.2V$
		6	—	—	mA	V_{OL} = 0.6V
电容	C_{IN}	—	5	—	pF	
SDA 和 SCL 输入						
滞后	V_{HYST}	—	$0.05V_{DD}$	—	V	
尖峰脉冲抑制	T_{SP}	—	—	50	ns	

温度特性

电气规范：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地， T_A = -40°C 至 +125°C。						
参数	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**条件**
温度范围						
规定温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	**注 1**
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	
储存温度范围	T_A	-65	—	+150	°C	
封装热阻						
热阻， 8 引脚 TDFN	θ_{JA}	—	52.5	—	°C/W	

注 **1：** 在该范围内工作时，一定不能使 T_J 超出最高结温 （+150°C）。

© 2014 Microchip Technology Inc.

串行接口时序规范

电气规范：除非另外声明，否则 GND = 接地，T_A = -40°C 至 +125°C，C_L = 80 pF （**注 1**）。

		V_{DD}= 1.7V 至 3.6V		V_{DD}= 2.2V 至 3.6V				
		100 kHz		400 kHz		1000 kHz		
参数	**符号**	**最小值**	**最大值**	**最小值**	**最大值**	**最小值**	**最大值**	**单位**
2 线 I²C™ 接口								
串行端口频率 （**注 2**，**注 4**）	f_{SCL}	10	100	10	400	10	1000	kHz
时钟低电平时间 （**注 2**）	t_{LOW}	4700	—	1300	—	500	—	ns
时钟高电平时间	t_{HIGH}	4000	—	600	—	260	—	ns
上升时间 （**注 5**）	t_R	—	1000	20	300	—	120	ns
下降时间 （**注 5**）	t_F	20	300	20	300	—	120	ns
数据输入建立时间 （**注 3**）	$t_{SU:DAT}$	250	—	100	—	50	—	ns
数据输入保持时间 （**注 6**）	$t_{HD:DI}$	0	—	0	—	0	—	ns
数据输出保持时间 （**注 4**）	$t_{HD:DO}$	200	900	200	900	0	350	ns
启动条件建立时间	$t_{SU:STA}$	4700	—	600	—	260	—	ns
启动条件保持时间	$t_{HD:STA}$	4000	—	600	—	260	—	ns
停止条件建立时间	$t_{SU:STO}$	4000	—	600	—	260	—	ns
总线空闲时间	t_{B-FREE}	4700	—	1300	—	500	—	ns
超时	t_{OUT}	25	35	25	35	25	35	ms
总线容性负载	C_b	—	—	—	400	—	100	pf

注 **1：** 所有值均以 $V_{IL\ MAX}$ 和 $V_{IH\ MIN}$ 值作为参考。

2： 如果 $t_{LOW} > t_{OUT}$，温度传感器 I²C 接口将发生超时。进行通信时需要使用重复启动命令。

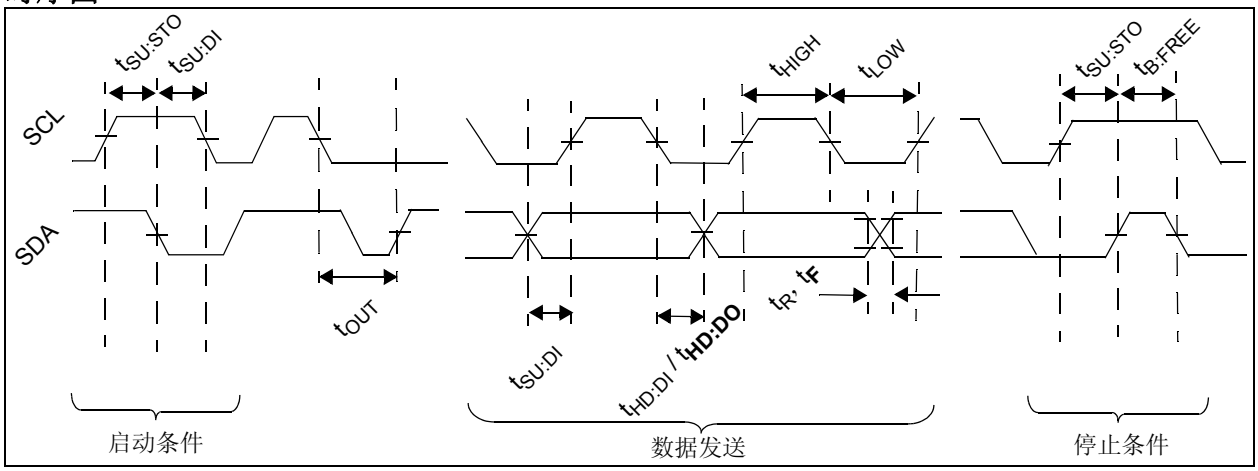
3： 该器件可以在标准模式 I²C 总线系统中使用，但必须满足 $t_{SU:DAT} \geq 250$ ns 的要求。该器件不会延长 SCL 低电平周期。它会在 SCL 线被释放之前的 $t_{R\ MAX} + t_{SU:DAT\ MIN} = 1000$ ns + 250 ns = 1250 ns（根据标准模式 I²C 总线规范）内将下一个数据位输出到 SDA 线上。

4： 作为发送器时，器件将提供内部最小延迟时间 $t_{HD:DAT\ MIN}$ （最小值为 200 ns）来过渡 SCL 下降沿的未定义区域 $t_{F\ MAX}$，以避免产生意外的启动或停止条件。

5： 特性值，但未经生产测试。

6： 作为接收器时，不应在 SCL 下降沿对 SDA 进行采样。SDA 可以在 SCL 翻转为低电平之后的 $t_{HD:DI}$（0 ns）发生跳变。

时序图



2.0 典型性能曲线

注：以下图表是基于有限数量样本的统计结果，仅供参考。此处列出的性能特性未经测试，不做任何保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围 （例如，超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。

注：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地， SDA/SCL 上拉至 V_{DD}， T_A = -40°C 至 +125°C。

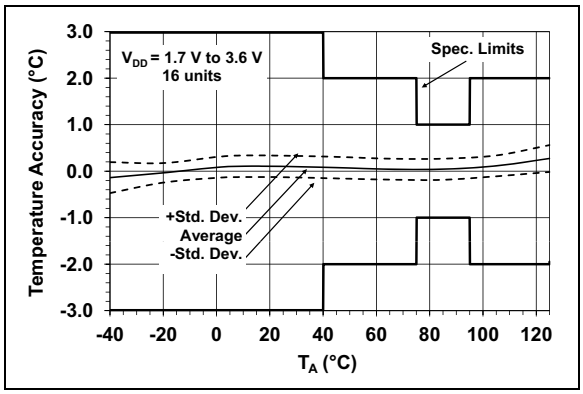


图 2-1： *温度精度曲线*

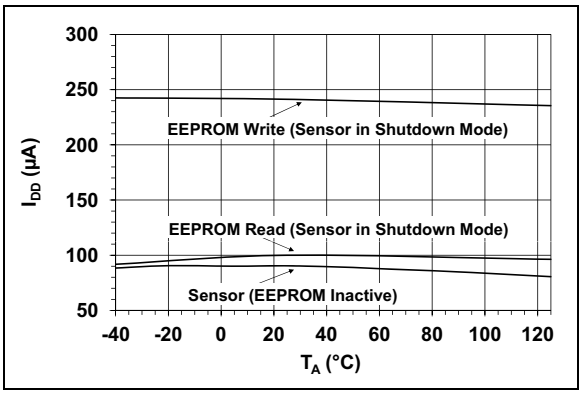


图 2-4： *供电电流与温度曲线*

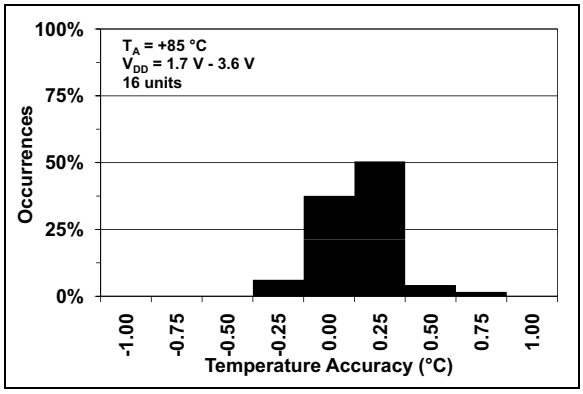


图 2-2： *温度精度直方图 （T_A = + 85 °C）*

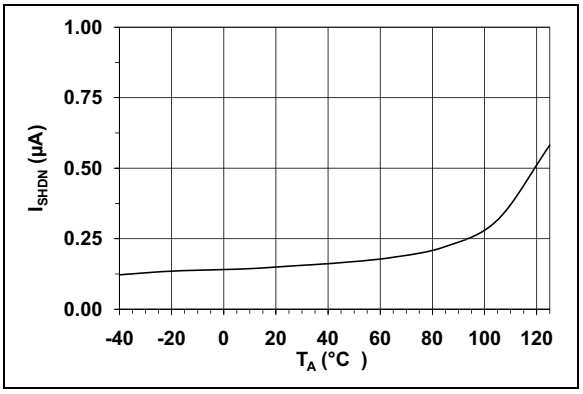


图 2-5： *关断电流与温度曲线*

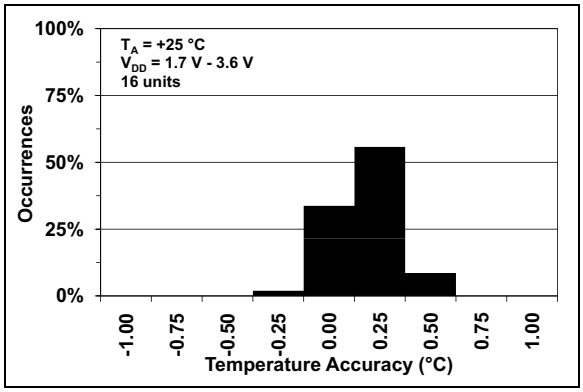


图 2-3： *温度精度直方图 （T_A = + 105 °C）*

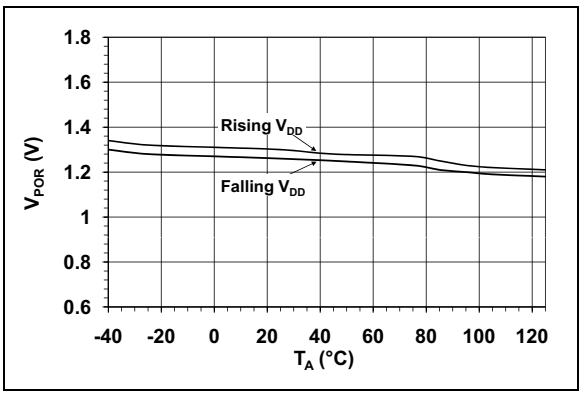


图 2-6： *上电复位阈值电压与温度曲线*

© 2014 Microchip Technology Inc.

注：除非另外声明，否则 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V， GND = 接地， SDA/SCL 上拉至 V_{DD}， T_A = -40°C 至 +125°C。

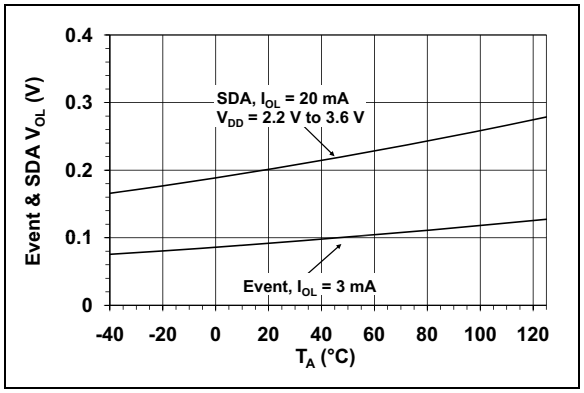


图 2-7： *事件输出和 SDA V_{OL} 与温度曲线*

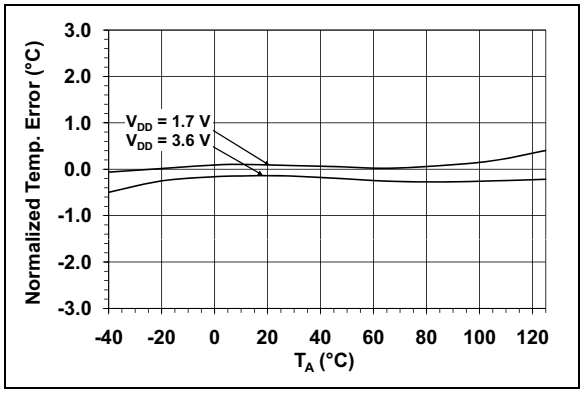


图 2-10： *线路稳定度：温度精度变化与 V_{DD} 变化曲线*

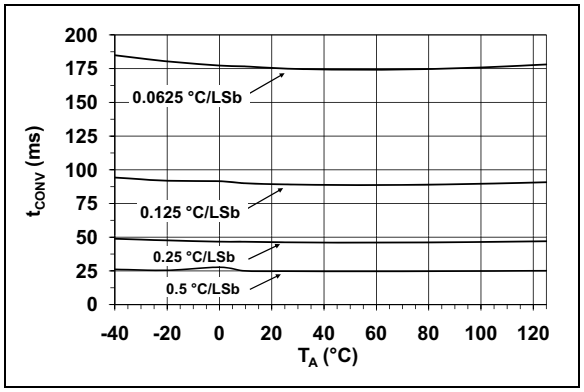


图 2-8： *温度转换速率与温度曲线*

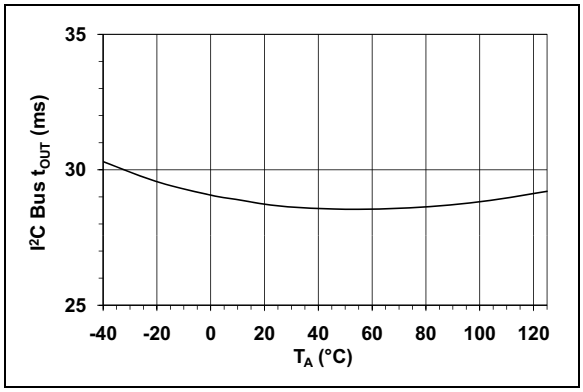


图 2-11： *I^2C 协议超时与温度曲线*

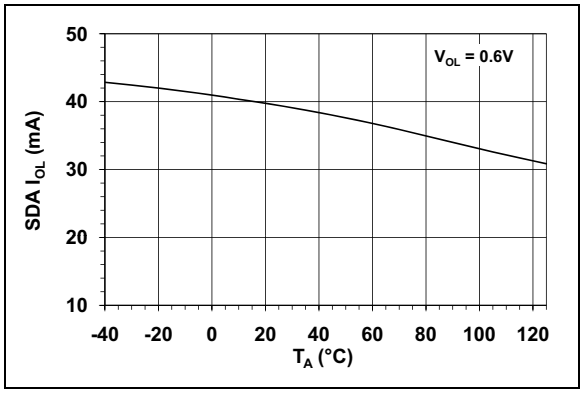


图 2-9： *SDA I_{OL} 与温度曲线*

3.0 引脚说明

表 3-1 列出了引脚说明。

表 3-1： 引脚功能表

MCP98244 TDFN	符号	说明
1	A0	从器件地址和 EEPROM 软件写保护高电压输入 （V_{HV}）
2	A1	从器件地址
3	A2	从器件地址
4	GND	接地
5	SDA	串行数据线
6	SCL	串行时钟线
7	Event	温度报警输出
8	V_{DD}	电源引脚
9	EP	裸露的散热焊盘 （EP）；可以接地。

3.1 地址引脚 （A0、 A1 和 A2）

这些引脚是器件地址输入引脚。

地址引脚对应于地址位的最低有效位 （LSb）。最高有效位 （MSb）为 A6、 A5、 A4 和 A3。如表 3-2 所示。

表 3-2： MCP98244 地址字节

器件	地址代码				从器件地址		
	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
传感器	0	0	1	1	X[1]	X[1]	X[1]
EEPROM	1	0	1	0			
EEPROM 写保护	0	1	1	0	—[2]	—[2]	—[2]

注 1： 用户可选择的地址使用 X 表示，其中的 X 为 1 或 0，分别对应于 V_{DD} 和 GND。

2： 对于所有写保护命令，地址引脚将被忽略。

A0 地址引脚是一个多功能引脚。该输入引脚也用作高电压输入 V_{HV}，以使能 EEPROM 软件写保护功能。关于更多信息，请参见**第 5.3.3 节 “EEPROM 读 / 写操作的存储区或页选择”**。

所有地址引脚均具有内部下拉电阻。

3.2 接地引脚 （GND）

GND 引脚是系统接地引脚。

3.3 串行数据线 （SDA）

SDA 是双向输入 / 输出引脚，用于从 / 向主机控制器串行接收 / 发送数据。该引脚需要上拉电阻。（见**第 4.0 节 “串行通信”**。）

3.4 串行时钟线 （SCL）

SCL 是时钟输入引脚。所有通信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”**。）

3.5 温度报警，漏极开路输出 （事件）

MCP98244温度事件输出引脚是漏极开路输出。当环境温度超出用户编程的温度限制时，器件会输出信号。（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**。）

3.6 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规定的工作电压。

3.7 裸露的散热焊盘 （EP）

裸露的散热焊盘（EP）和 GND 引脚之间存在内部电气连接；在印刷电路板 （Printed Circuit Board， PCB）上，可以将它们与相同电位连接。这可以在 PCB 到裸片之间提供更好的热传导。

© 2014 Microchip Technology Inc.

4.0 串行通信

4.1 2 线标准模式 I²C™ 协议兼容接口

MCP98244 串行时钟输入 （SCL）和双向串行数据线（SDA）构成 2 线双向标准模式 I²C 兼容通信端口 （见**输入 / 输出引脚直流特性**表和**串行接口时序规范**表）。

总线协议定义如下：

表 4-1： MCP98244 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	主器件寻址到的器件，如 MCP98244。
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连接。
停止	主器件发出的独特信号，用于终止与从器件的串行连接。
读 / 写	读取或写入 MCP98244 寄存器。
ACK	接收器通过查询总线来应答 （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 （EOD）。
忙	由于总线正在使用中，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。在正常数据传输期间， 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）来启动，后面跟随一个 7 位器件地址和一个读 / 写位。从器件通过发出应答（ACK）来确认每个字节的接收。每次访问必须通过停止条件 （STOP）终止。

重复通信在 t_{B-FREE} 之后启动。

该器件不支持顺序寄存器读 / 写。每个寄存器都需要使用寄存器指针进行寻址。

该器件支持接收协议。寄存器可以使用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。MCP98244 会保留先前选定的寄存器。因此，它们会输出来自先前指定的寄存器的数据（不需要重复指定指针）。

4.1.2 主 / 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。 MCP98244 是从器件，不控制总线上的其他器件。主器件和从器件都可以作为发送器或接收器工作。但是，由主器件决定激活哪种模式。

4.1.3 启动 / 停止条件

SDA 线从高电平跳变到低电平 （在 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 线从低电平跳变到高电平（在 SCL 为高电平时）会产生停止条件。

如果在数据传输期间产生了启动或停止条件，MCP98244 会释放总线。所有数据传输都以主器件发出的停止条件结束。

4.1.4 地址字节

在发出启动条件之后，主机必须向 MCP98244 发送 8 位地址字节。MCP98244 温度传感器的地址为 0011,A2,A1,A0 （二进制）； 其中， A2、A1 和 A0 位通过将相应引脚连接到 V_{DD} （1）或 GND （0）在外部设置。7 位地址 （以串行比特流方式发送）必须与 MCP98244 的选定地址匹配，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）。

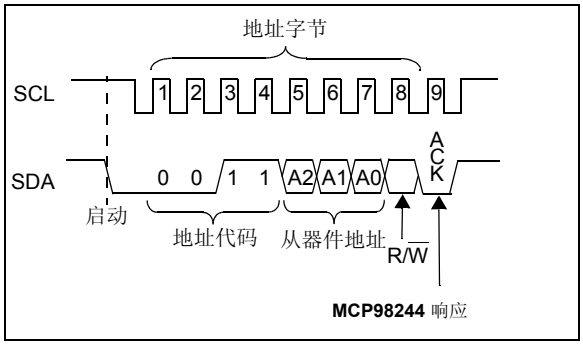


图 4-1： 器件寻址

4.1.5 数据有效

在发出启动条件之后，发送数据中的每个位都需要在 SCL 从低电平变为高电平之前，经过 $t_{SU-DATA}$ 指定的稳定时间 （见**串行接口时序规范**表）。

4.1.6 应答 （ACK/NAK）

被寻址的每个接收器件都需要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 $t_{SU-DATA}$ 的时间，之后来自主器件的 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 t_{H-DATA} 的时间。

在读取期间，主器件必须通过对于从器件发送的最后一位不产生 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，让主器件可以产生停止条件。

4.1.7 超时 （T_{OUT}）

如果 SCL 保持低电平或高电平的时间达到 t_{OUT} 规定的时间，则 MCP98244 会复位串行接口。这规定了规范中所指示的最小时钟速度。

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.0 功能说明

MCP98244 温度传感器包含一个带隙型温度传感器、一个 ΣΔ 模数转换器 （ΣΔ ADC）、一些用户可编程寄存器和一个 2 线 I^2C 协议兼容串行接口。图 5-1 给出了寄存器结构的框图。

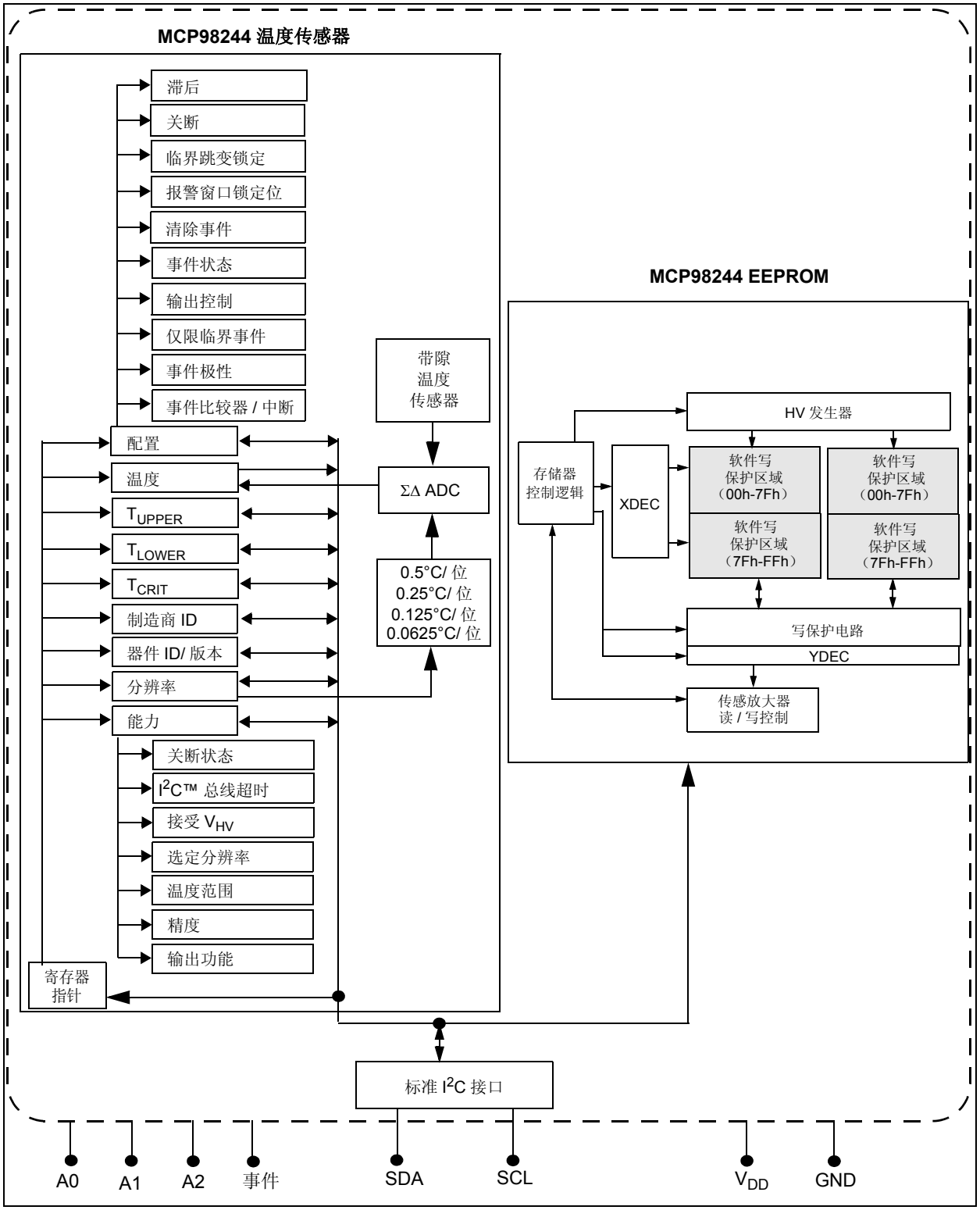


图 5-1：　　功能框图

5.1 寄存器

MCP98244器件具有几个用户可访问的寄存器。这些寄存器包括能力寄存器、配置寄存器、事件温度上限与下限跳变寄存器、临界温度跳变寄存器、温度寄存器、制造商标识寄存器和器件标识寄存器。

温度寄存器是只读的，用于访问环境温度数据。数据在 t_{CONV} 之后并行装入该寄存器。事件温度上限与下限跳变寄存器是读 / 写寄存器。如果环境温度漂移超出用户指定的限制，则MCP98244器件会使用事件引脚输出一个信号（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**）。此外，临界温度跳变寄存器用于提供额外的临界温度限制。

能力寄存器中提供的位用于描述MCP98244在测量分辨率、测量范围和器件精度方面的能力。器件配置寄存器用于配置 MCP98244 的各种功能。以下几节将进一步详细介绍这些寄存器。

访问这些寄存器的方法是使用串行接口向 MCP98244 发送寄存器指针。该指针是一个 8 位只写指针，寄存器 5-1 对指针赋值进行了说明。

寄存器 5-1： 寄存器指针 （只写）

W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0
—	—	—	—	指针位			
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 **可写位：** 写入 0

bit 3-0 **指针位：**

0000 = 能力寄存器
0001 = 配置寄存器 （CONFIG）
0010 = 事件温度上限跳变寄存器 （T_{UPPER}）
0011 = 事件温度下限跳变寄存器 （T_{LOWER}）
0100 = 临界温度跳变寄存器 （T_{CRIT}）
0101 = 温度寄存器 （T_A）
0110 = 制造商 ID 寄存器
0111 = 器件 ID/ 版本寄存器
1000 = TSE2004av 器件 ID 和供应商硅片版本寄存器
1001 = 分辨率寄存器
1XXX = 未用 （对于访问其他指针位置的命令，器件不会产生应答。）

© 2014 Microchip Technology Inc.

表 5-1： 所有温度传感器寄存器的位分配汇总 （见第 5.4 节 “上电默认值汇总”）

寄存器指针（十六进制）	MSB/LSB	位分配							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	MSB	0	0	0	0	0	0	0	0
	LSB	SHDN 状态	t_{OUT} 范围	V_{HV}	分辨率		范围	精度	事件
0x01	MSB	0	0	0	0	0	滞后		SHDN
	LSB	临界锁定	窗口锁定	中断清除	事件状态	事件控制	事件选择	事件极性	事件模式
0x02	MSB	0	0	0	符号	2^7°C	2^6°C	2^5°C	2^4°C
	LSB	2^3°C	2^2°C	2^1°C	2^0°C	2^{-1}°C	2^{-2}°C	0	0
0x03	MSB	0	0	0	符号	2^7°C	2^6°C	2^5°C	2^4°C
	LSB	2^3°C	2^2°C	2^1°C	2^0°C	2^{-1}°C	2^{-2}°C	0	0
0x04	MSB	0	0	0	符号	2^7°C	2^6°C	2^5°C	2^4°C
	LSB	2^3°C	2^2°C	2^1°C	2^0°C	2^{-1}°C	2^{-2}°C	0	0
0x05	MSB	$T_A \geq T_{CRIT}$	$T_A > T_{UPPER}$	$T_A < T_{LOWER}$	符号	2^7°C	2^6°C	2^5°C	2^4°C
	LSB	2^3°C	2^2°C	2^1°C	2^0°C	2^{-1}°C	2^{-2}°C	2^{-3}°C	2^{-4}°C
0x06	MSB	0	0	0	0	0	0	0	0
	LSB	0	1	0	1	0	1	0	0
0x07	MSB	0	0	1	0	0	0	1	0
	LSB	0	0	0	0	0	0	0	1
0x08	MSB	0	0	1	0	0	0	1	0
	LSB	0	0	0	0	0	0	0	1
0x09	MSB	0	0	0	0	0	0	0	0
	LSB	0	0	0	0	0	0	分辨率	

5.1.1 能力寄存器

该寄存器是用于确定温度传感器能力的只读寄存器。器件能力位分配由 TSE2004av 指定，该器件在出厂时配置为满足默认条件，如寄存器 5-2 所述（不能更改这些值）。

例如，MCP98244 器件能够提供 0.25°C 分辨率的温度、测量低于和高于 0°C 的温度、在工作和监控温度范围（分别）提供 ±1°C 和 ±2°C 的精度，以及提供用户可编程的温度事件边界跳变限制。

以下几节将进一步详细介绍这些功能。

寄存器 5-2：　能力寄存器 （只读） → 地址 '0000 0000'b

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

R-1	R-1	R-1	R-0	R-1	R-1	R-1	R-1
SHDN 状态	t_{OUT} 范围	V_{HV}	分辨率		测量范围	精度	温度报警
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 **未实现：** 读为 0

bit 7 **关断期间的事件输出状态 （SHDN 状态）：**
0 = 事件输出保持先前的状态。如果输出在关断命令之前置为有效，则它在关断期间保持置为有效。
1 = 事件输出在关断期间置为无效。关断之后，需要 t_{CONV} 的时间将事件输出重新置为有效 （上电默认值）

bit 6 **I^2C 总线超时 （t_{OUT} 范围）：**
0 = 总线超时范围为 10 ms 至 60 ms
1 = 总线超时范围为 25 ms 至 35 ms （上电默认值）

bit 5 **高电压输入：**
0 = 引脚 A0 不接受高电压
1 = 引脚 A0 接受用于 EEPROM 写保护功能的高电压 （上电默认值）

bit 4-3 **分辨率：**
00 = 0.5°C
01 = 0.25°C （上电默认值）
10 = 0.125°C
11 = 0.0625°C
这些位反映选定的分辨率 （见**第 5.2.4 节 “温度分辨率”**）

bit 2 **温度测量范围 （测量范围）：**
0 = 对于低于 0°C 的温度， $T_A = 0$ （十进制）
1 = 器件可以测量低于 0°C 的温度 （上电默认值）

© 2014 Microchip Technology Inc.

寄存器 5-2：　　能力寄存器 （只读） → 地址 '0000 0000'b （续）

bit 1 **精度：**

0 = 对于+75°C至+95°C（工作范围），精度为±2°C；对于+40°C至+125°C（监控范围），精度为±3°C
1 = 对于+75°C至+95°C（工作范围），精度为±1°C；对于+40°C至+125°C（监控范围），精度为±2°C

bit 0 **温度报警：**

0 = 没有定义的功能 （该位从不清零或设置为 0。）
1 = 器件具有温度边界跳变限制 （$T_{UPPER}/T_{LOWER}/T_{CRIT}$ 寄存器）和温度事件输出 （JC 42.4 所需的功能）

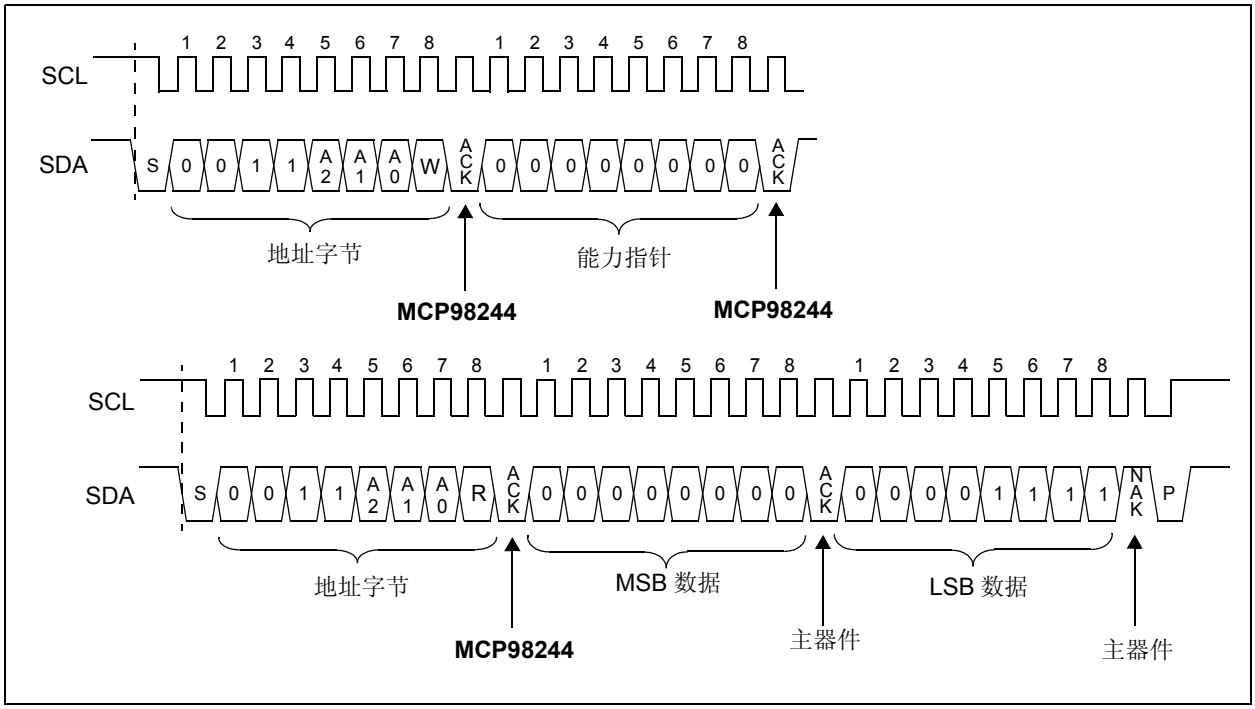


*图 5-2：　　读取能力寄存器的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.1.2 传感器配置寄存器 （CONFIG）

MCP98244 器件具有一个 16 位配置寄存器（CONFIG），使用户可以通过设置各种功能来实现可靠的温度监控系统。bit 10 至 bit 0 用于选择事件输出边界滞后、器件关断或低功耗模式、温度边界与临界温度锁定或温度事件输出使能 / 禁止。此外，用户还可以选择事件输出条件（为 T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 温度边界或仅为 T_{CRIT} 设置的输出）、读取事件输出状态和设置事件输出极性与模式（比较器输出或中断输出模式）。

温度滞后位 bit 10 和 bit 9 可以用于防止在环境温度逐渐变化超出用户指定的温度边界时，输出发生抖动（见**第 5.2.2 节 “温度滞后 （T_{HYST}）”**）。连续转换或关断模式使用 bit 8 选择。在关断模式下，带隙温度传感器电路会停止温度转换，环境温度寄存器（T_A）将保持先前成功转换的温度数据（见**第 5.2.1 节 “关断模式”**）。bit 7 和 bit 6 用于锁定用户指定的边界 T_{UPPER}、T_{LOWER} 和 T_{CRIT}，以防止意外重写。bit 5 至 bit 0 用于配置温度事件输出引脚。寄存器 5-3 描述了所有功能（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**）。

寄存器 5-3： 配置寄存器 （CONFIG） → 地址 '0000 0001'b

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	T_{HYST}		SHDN
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
临界锁定	窗口锁定	中断清除	事件状态	事件控制	事件选择	事件极性	事件模式
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 15-11 **未实现：** 读为 0

bit 10-9 **T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 限制滞后 （T_{HYST}）：**
00 = 0°C （上电默认值）
01 = 1.5°C
10 = 3.0°C
11 = 6.0°C

（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**）

任一锁定位 （bit 6 和 bit 7）置 1 时，将无法更改该位。

在关断模式下，可以编程该位。

bit 8 **关断模式 （SHDN）：**
0 = 连续转换 （上电默认值）
1 = 关断 （低功耗模式）

在关断模式下，虽然可以写入或读取所有寄存器，但所有耗电活动都会被禁止。事件输出将置为无效。

任一锁定位 （bit 6 和 bit 7）置 1 时，无法将该位设置为 1。但在锁定时，可以通过将它清除为 0 来使能连续转换 （见**第 5.2.1 节 “关断模式”**）。

© 2014 Microchip Technology Inc.

寄存器 5-3：　　配置寄存器 （CONFIG） → 地址 '0000 0001'b （续）

bit 7 **T_{CRIT} 锁定位 （临界锁定）：**

0 = 未锁定。可以写入 T_{CRIT} 寄存器 （上电默认值）
1 = 锁定。无法写入 T_{CRIT} 寄存器

在使能时，该位保持设置为 1 或锁定，直到通过内部复位清零为止（**第 5.4 节 “上电默认值汇总”**）。该位不需要双写。

在关断模式下，可以编程该位。

bit 6 **T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 窗口锁定位 （窗口锁定）：**

0 = 未锁定。可以写入 T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 寄存器 （上电默认值）
1 = 锁定。不能写入 T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 寄存器

在使能时，该位保持设置为 1 或锁定，直到通过上电复位清零为止（**第 5.4 节 “上电默认值汇总”**）。该位不需要双写。

在关断模式下，可以编程该位。

bit 5 **中断清除 （中断清除）位：**

0 = 无作用 （上电默认值）
1 = 清除中断输出。读取该位时返回 0

该位会清除中断标志，这会将事件输出置为无效。在关断模式下，事件输出总是置为无效。因此，在关断模式下将该位置 1 会在器件恢复正常工作之后清除中断。

bit 4 **事件输出状态 （事件状态）位：**

0 = 器件不会将事件输出置为有效 （上电默认值）
1 = 事件输出根据比较器 / 中断或临界温度输出来置为有效

在关断模式下该位将清零，因为事件输出在关断模式下总是置为无效。

bit 3 **事件输出控制 （事件控制）位：**

0 = 禁止事件输出 （上电默认值）
1 = 使能事件输出

任一锁定位 （bit 6 和 bit 7）置 1 时，将无法更改该位。

在关断模式下可以对该位进行编程，但事件输出将保持置为无效。

bit 2 **事件输出选择 （事件选择）位：**

0 = T_{UPPER}、 T_{LOWER} 和 T_{CRIT} 的事件输出 （上电默认值）
1 = 仅限 $T_A \geq T_{CRIT}$。（禁止 T_{UPPER} 和 T_{LOWER} 温度边界。）

当报警窗口锁定位 （bit 6）置 1 时，只有解除锁定之后才能更改该位。

在关断模式下可以对该位进行编程，但事件输出将保持置为无效。

bit 1 **事件输出极性 （事件极性）位：**

0 = 低电平有效 （上电默认值；需要上拉电阻）
1 = 高电平有效
任一锁定位 （bit 6 和 bit 7）置 1 时，将无法更改该位。

在关断模式下可以对该位进行编程，但事件输出将保持置为无效，请参见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**。

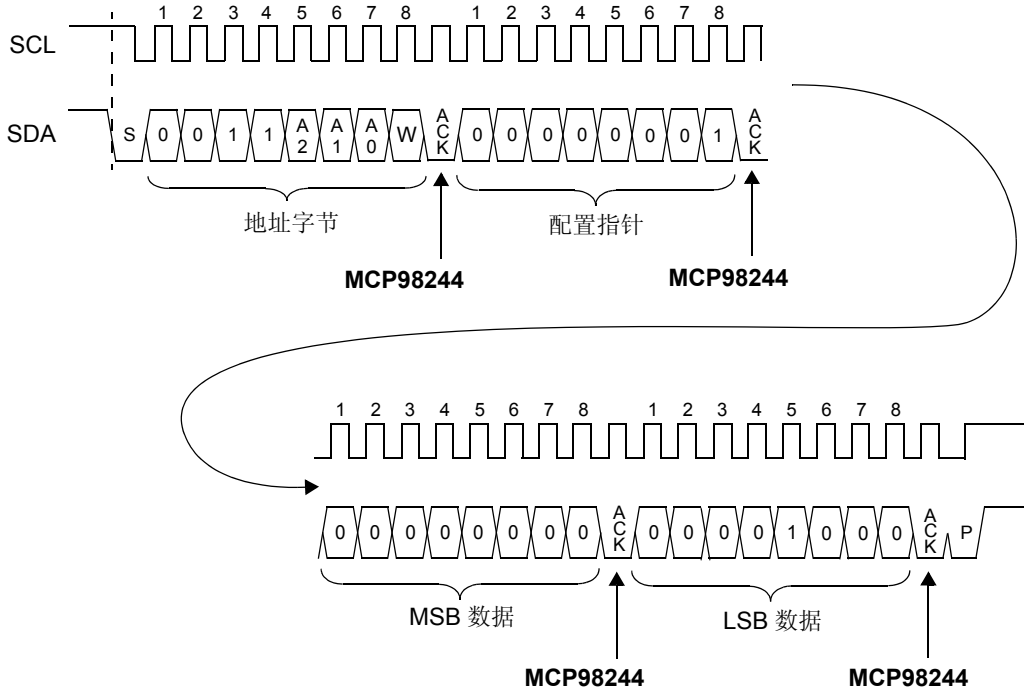
bit 0 **事件输出模式 （事件模式）位：**

0 = 比较器输出 （上电默认值）
1 = 中断输出

任一锁定位 （bit 6 和 bit 7）置 1 时，将无法更改该位。

在关断模式下可以对该位进行编程，但事件输出将保持置为无效。

- 向 CONFIG 寄存器写入 <0000 0000 0000 1000>b 来使能事件输出引脚。



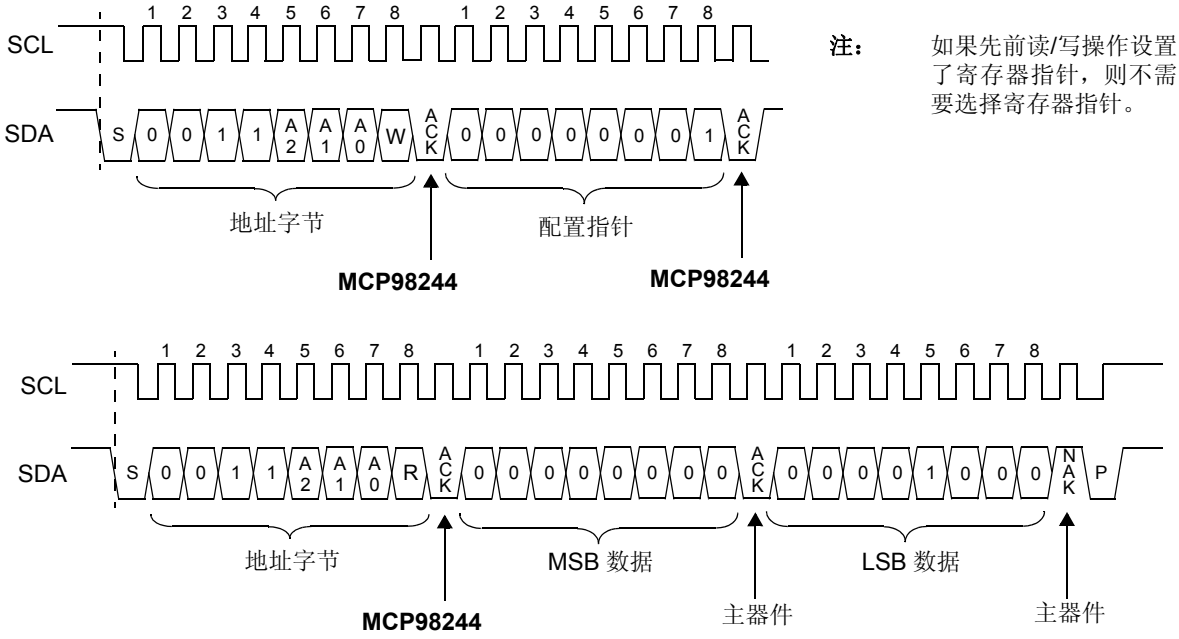
注：这是一个示例程序：

```
i2c_start();                        // send START command
i2c_write(AddressByte & 0xFE);      //WRITE Command
                                    //also, make sure bit 0 is cleared '0'
i2c_write(0x01);                    // Write CONFIG Register
i2c_write(0x00);                    // Write data
i2c_write(0x08);                    // Write data
i2c_stop();                         // send STOP command
```

图 5-3： *写入配置寄存器的时序图（见**第 4.0 节“串行通信”**）*

© 2014 Microchip Technology Inc.

- 读取 CONFIG 寄存器。



注： 如果先前读/写操作设置了寄存器指针，则不需要选择寄存器指针。

注： 这是一个示例程序：

```
i2c_start();                          // send START command
i2c_write(AddressByte & 0xFE);        //WRITE Command
                                      //also, make sure bit 0 is cleared '0'
i2c_write(0x01);                      // Write CONFIG Register
i2c_start();                          // send Repeat START command
i2c_write(AddressByte | 0x01);        //READ Command
                                      //also, make sure bit 0 is set '1'
UpperByte = i2c_read(ACK);            // READ 8 bits
                                      //and Send ACK bit
LowerByte = i2c_read(NAK);            // READ 8 bits
                                      //and Send NAK bit
i2c_stop();                           // send STOP command
```

图 5-4： *读取配置寄存器的时序图（见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.1.3 上限 / 下限 / 临界温度限制寄存器（$T_{UPPER}/T_{LOWER}/T_{CRIT}$）

MCP98244 器件具有包含二进制补码格式（0.25°C）11 位数据的 16 位读 / 写事件输出温度上限跳变寄存器（T_{UPPER}）、16 位下限跳变寄存器（T_{LOWER}）和 16 位临界跳变寄存器（T_{CRIT}）。该数据表示可以用于监控环境温度的最高和最低温度边界或温度窗口。如果使能了该功能（**第5.1.2节“传感器配置寄存器（CONFIG）”**），并且环境温度超出指定的边界或窗口，则 MCP98244 会将事件输出置为有效。（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**）。

寄存器 5-4：　上限 / 下限 / 临界温度限制寄存器（$T_{UPPER}/T_{LOWER}/T_{CRIT}$）→ 地址 '0000 0010'b/'0000 0011'b/'0000 0100'b （注 1）

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	符号	2^7°C	2^6°C	2^5°C	2^4°C
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0
2^3°C	2^2°C	2^1°C	2^0°C	2^{-1}°C	2^{-2}°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 15-13　**未实现：**读为 0

bit 12　**符号：**
0 = $T_A \geq 0$°C
1 = $T_A < 0$°C

bit 11-2　**$T_{UPPER}/T_{LOWER}/T_{CRIT}$：**
采用二进制补码格式的温度边界跳变数据。

bit 1-0　**未实现：**读为 0

注　1：该表显示了用于T_{UPPER}、T_{LOWER}和T_{CRIT}的两个16位寄存器，它们分别位于0000 0010b、0000 0011b和 0000 0100b。

© 2014 Microchip Technology Inc.

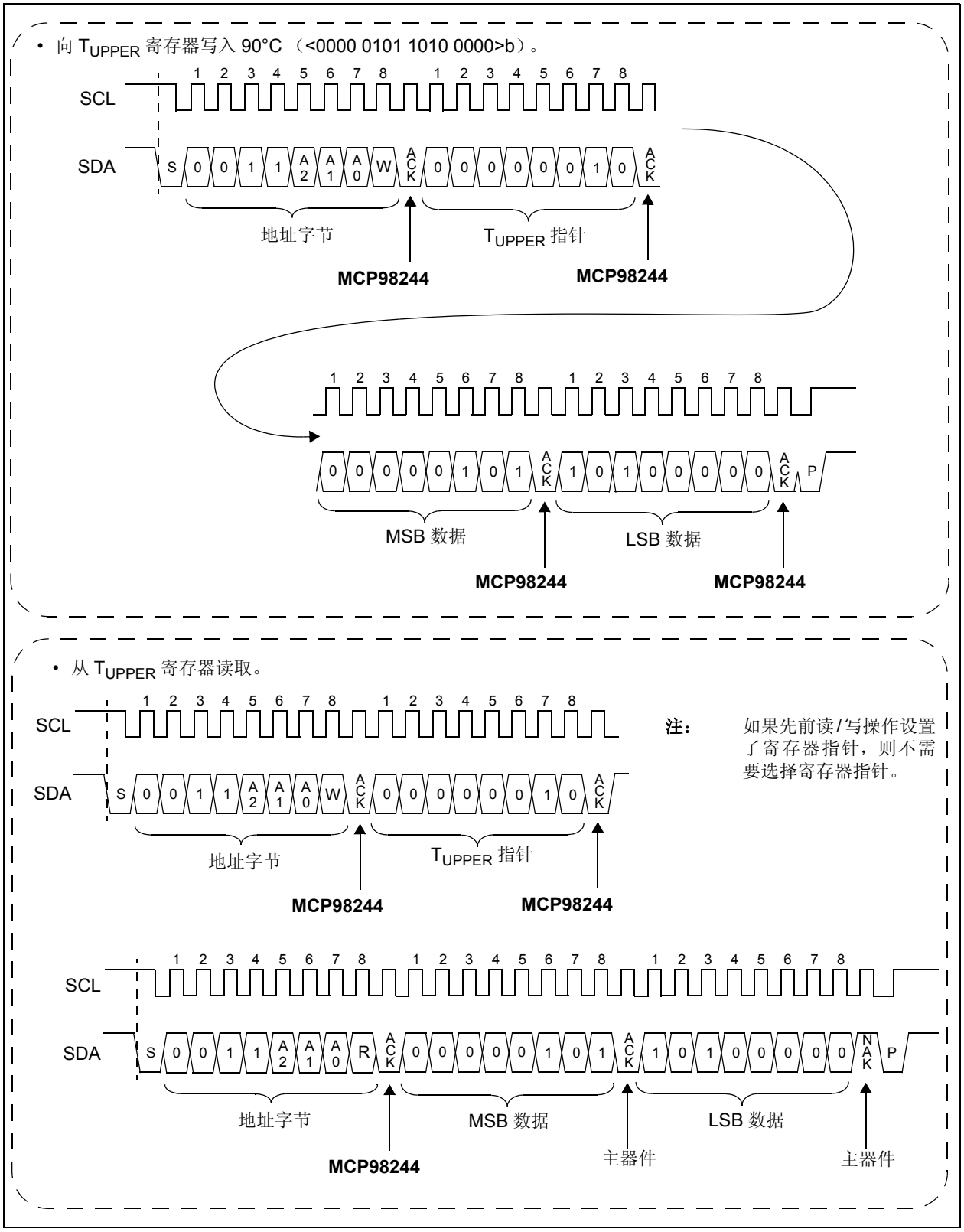


图 5-5： *写入和读取 T_{UPPER} 寄存器的时序图（见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.1.4 环境温度寄存器 （T_A）

MCP98244器件使用带隙温度传感器电路来输出与绝对温度成比例关系的模拟电压。内部 ΔΣ ADC 用于将模拟电压转换为数字字。转换器分辨率设置为 0.25°C+ 符号（11 位数据）。数字字将装入 16 位只读环境温度寄存器（T_A），该寄存器包含 11 位温度数据，采用二进制补码格式。

T_A 寄存器位（bit 12 至 bit 0）进行双重缓冲。因此，用户可以在MCP98244在后台执行模数转换的同时访问该寄存器。来自 ΔΣ ADC 的温度数据以 t_{CONV} 刷新速率并行装入 T_A 寄存器。

此外，T_A 寄存器使用 3 个位（bit 15、bit 14 和 bit 13）来反映事件引脚状态。这使用户可以识别事件输出触发的原因（见**第 5.2.3 节 “事件输出配置”**）；如果 T_A 大于等于 T_{CRIT}，则 bit 15 会设置为 1，如果 T_A 大于 T_{UPPER}，则 bit 14 会设置为 1，如果 T_A 小于 T_{LOWER}，则 bit 13 会设置为 1。

寄存器 5-5 描述了 T_A 寄存器位的分配和边界条件。

寄存器 5-5： 环境温度寄存器 （T_A） → 地址 '0000 0101'b （注 1）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
T_A 与 T_{CRIT} 比较	T_A 与 T_{UPPER} 比较	T_A 与 T_{LOWER} 比较	符号	2^7 °C	2^6 °C	2^5 °C	2^4 °C
bit 15							bit 8

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
2^3 °C	2^2 °C	2^1 °C	2^0 °C	2^{-1} °C	2^{-2} °C	2^{-3} °C	2^{-4} °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 **T_A 与 T_{CRIT} 比较位：（注 1）**
0 = $T_A < T_{CRIT}$
1 = $T_A \geq T_{CRIT}$

bit 14 **T_A 与 T_{UPPER} 比较位：（注 1）**
0 = $T_A \leq T_{UPPER}$
1 = $T_A > T_{UPPER}$

bit 13 **T_A 与 T_{LOWER} 比较位：（注 1）**
0 = $T_A \geq T_{LOWER}$
1 = $T_A < T_{LOWER}$

bit 12 **符号位：**
0 = $T_A \geq 0$°C
1 = $T_A < 0$°C

bit 11-0 **环境温度 （T_A）位：（注 2）**
采用二进制补码格式的 12 位环境温度数据。

注 **1：** bit 15、 bit 14 和 bit 13 不会受事件输出配置位 （CONFIG 的 bit 5 至 bit 0，见寄存器 5-3）的状态影响。

2： 根据分辨率寄存器的状态，bit 2、bit 1 和 bit 0 可能会保持清零（0）。上电默认值为 0.25°C/ 位； bit 1 和 bit 0 保持清零 （0）。

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.1.4.1 T_A 位转换为温度

要将 T_A 位转换为十进制温度，必须屏蔽掉最高的 3 个边界位（bit 15、 bit 14 和 bit 13）。然后，通过符号位（bit 12）确定是正温度还是负温度，相应地进行移位，并组合 16 位寄存器的高字节和低字节。高字节包含大于 32°C 的温度的数据，低字节包含小于 32°C 的温度的数据（包括小数数据）。组合高字节和低字节时，高字节必须右移 4 位（或乘以 2^4），低字节必须左移 4 位（或乘以 2^{-4}）。将移位值的结果进行相加即可得到十进制格式的温度数据；请参见公式 5-1。

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给出了温度计算公式。图 5-6 给出的指令代码示例说明了通信流程，时序图另请参见图 5-7。

公式 5-1： 字节转换为温度

温度 ≥ 0°C（bit 12 或符号位 = 0）

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

温度 < 0°C（bit 12 或符号位 = 1）

$$T_A = (\text{高字节} \times 2^4 + \text{低字节} \times 2^{-4}) - 256$$

其中：

T_A = 环境温度（°C）
高字节 = T_A 的 bit 11 至 bit 8
低字节 = T_A 的 bit 7 至 bit 0

以下示例程序假定变量和 I²C 通信子程序已经预定义：

```
i2c_start();                                  // send START command
i2c_write(AddressByte & 0xFE);                //WRITE Command
                                              //also, make sure bit 0 is cleared '0'
i2c_write(0x05);                              // Write TA Register Address
i2c_start();                                  //Repeat START
i2c_write(AddressByte | 0x01);                // READ Command
                                              //also, make sure bit 0 is Set '1'
UpperByte = i2c_read(ACK);                    // READ 8 bits
                                              //and Send ACK bit
LowerByte = i2c_read(NAK);                    // READ 8 bits
                                              //and Send NAK bit
i2c_stop();                                   // send STOP command
//Convert the temperature data
//First Check flag bits
if ((UpperByte & 0x80) == 0x80){              //TA ≥ TCRIT
}
if ((UpperByte & 0x40) == 0x40){              //TA > TUPPER
}
if ((UpperByte & 0x20) == 0x20){              //TA < TLOWER
}
UpperByte = UpperByte & 0x1F;                 //Clear flag bits
if ((UpperByte & 0x10) == 0x10){              //TA < 0°C
    UpperByte = UpperByte & 0x0F;             //Clear SIGN
    Temperature = 256 - (UpperByte x 16 + LowerByte / 16);
}else                                         //TA ≥ 0°C
    Temperature = (UpperByte x 16 + LowerByte / 16);
                                              //Temperature = Ambient Temperature (°C)
```

图 5-6： *示例指令代码*

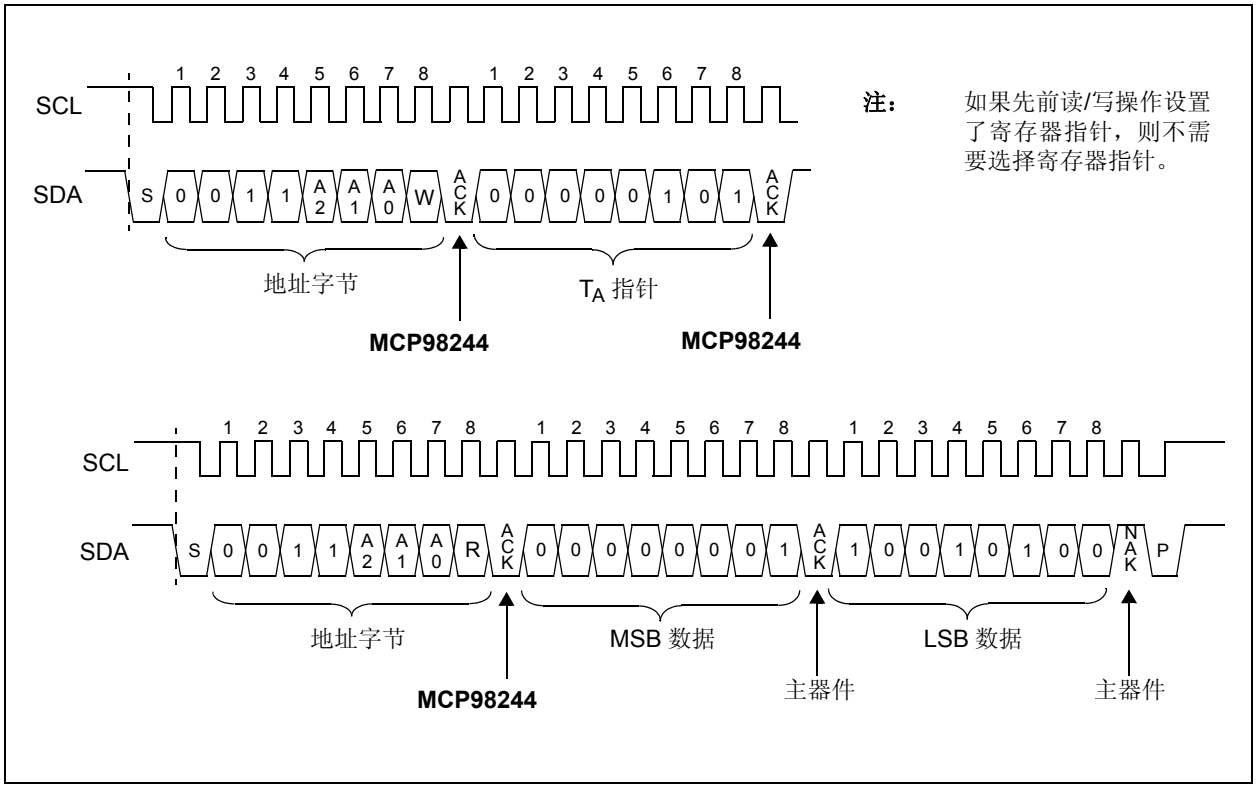


图 5-7： *从 T_A 寄存器读取 +25.25°C 温度的时序图（见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.1.5 制造商 ID 寄存器

该寄存器用于标识器件的制造商，以便执行制造商的特定操作。MCP98244的制造商ID为0x0054（十六进制）。

寄存器 5-6： 制造商 ID 寄存器 （只读）→ 地址 '0000 0110'b

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
制造商 ID							
bit 15							bit 8

R-0	R-1	R-0	R-1	R-0	R-1	R-0	R-0
制造商 ID							
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 15-0 **器件制造商标识编号**

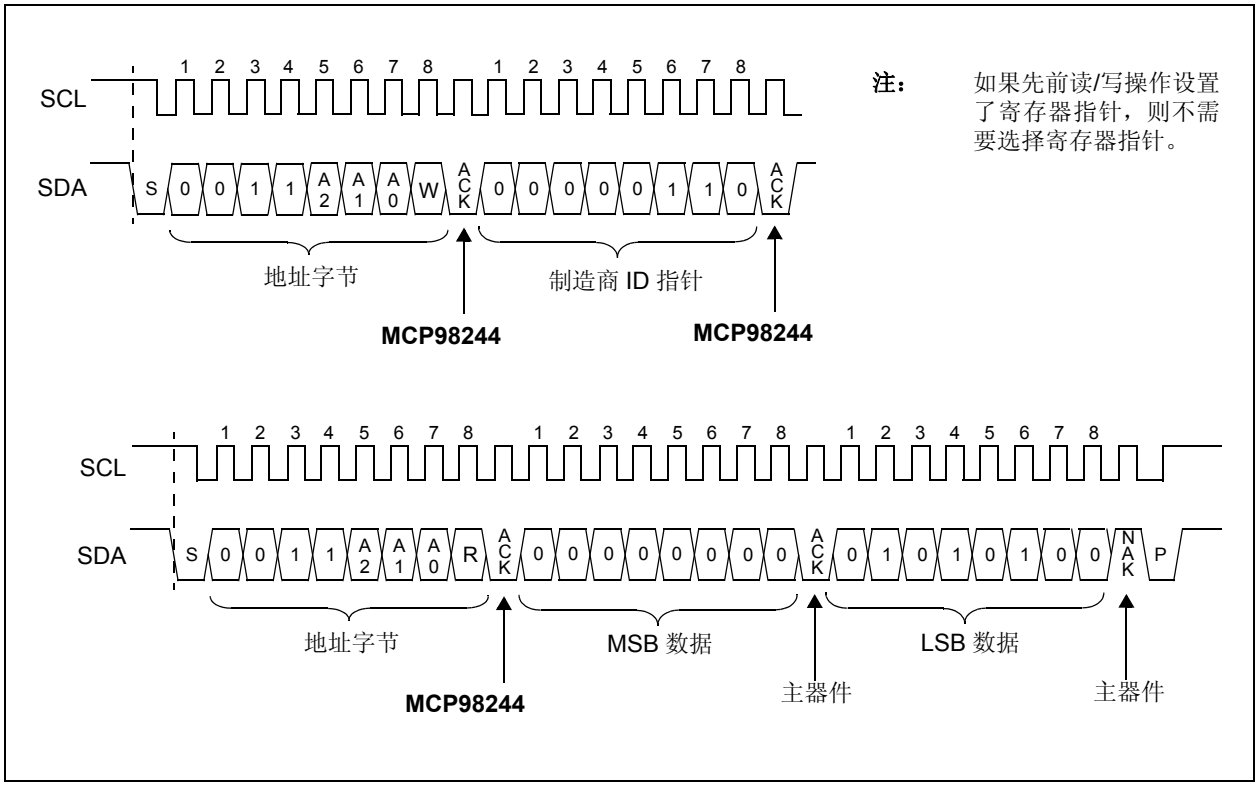


图 5-8： *读取制造商 ID 寄存器的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.1.6 器件 ID 和版本寄存器

器件具有两个器件 ID 和版本 ID 寄存器。地址指针 0x07 是特定于 TSE2004av 器件，用于标识兼容器件。地址指针 0x08 是特定于 Microchip 的寄存器，用于标识 Microchip 器件。这些寄存器的高字节用于指定器件标识，低字节用于指定器件硅片版本。MCP98244 的器件 ID 为 0x22 （十六进制，与 TSE2004av 相同）。

第一个版本的版本号 （低字节）从 0x00 （十六进制）开始，并且版本号随着版本的更新和发布而递增。

寄存器 5-7： TSE2004AV 器件 ID 和器件版本 （只读） → 地址 '0000 0111'b 和 '0000 1000'b

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

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-1
器件版本							
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**：bit 15 至 bit 8 用于器件 ID

bit 7-0 **器件版本**：bit 7 至 bit 0 用于器件版本

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.1.7 分辨率寄存器

该寄存器允许用户更改传感器分辨率（见**第 5.2.4 节“温度分辨率”**）。POR 默认分辨率为 0.25°C。选定的分辨率也会反映在能力寄存器（见寄存器 5-2）中。

注： 为了防止由于意外写入分辨率寄存器而使分辨率升高以及防止超出 t_{CONV} = 125 ms 的最大温度转换时间，需要执行关断命令才能更改分辨率寄存器（使用 CONFIG 寄存器）。只有器件处于关断模式时，才能更改分辨率。

寄存器 5-8：　分辨率寄存器 → 地址 '0000 1001'b

R/W-1	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—							
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-1
分辨率							
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　**未实现：**读为 1

bit 14-2　**未实现：**读为 0

bit 1-0　**分辨率：**

00 = LSB = 0.5°C （t_{CONV} = 23 ms 典型值）
01 = LSB = 0.25°C （上电默认值， t_{CONV} = 46 ms 典型值）
10 = LSB = 0.125°C （t_{CONV} = 75 ms 典型值）
11 = LSB = 0.0625°C （t_{CONV} = 150 ms 典型值）

5.2 传感器功能说明

5.2.1 关断模式

关断模式会禁止所有耗电活动（包括温度采样操作），只留下串行接口工作。该模式通过将 CONFIG 的 bit 8 设置为 1 进行选择。在该模式下，器件消耗的电流为 I_{SHDN}。它会一直保持该模式，直到 bit 8 清除为 0 而使能连续转换模式或直到下一个上电周期。

CONFIG 的 bit 6 和 bit 7（锁定位）设置为 1 时，关断位（bit 8）不能设置为 1。但是在锁定时，它可以清除为 0 或恢复为连续转换。

在关断模式下，可以读取或写入所有寄存器。但是，串行总线活动会使关断电流升高。

如果在事件引脚置为有效时关断器件，则事件输出将在关断期间置为无效。它将保持置为无效，直到使能器件进行正常操作为止。使能器件之后，需要经过 t_{CONV} 的时间之后器件才会将事件输出重新置为有效。

5.2.2 温度滞后（T_{HYST}）

使用 CONFIG 的 bit 10 和 bit 9，可以为 T_{UPPER}、T_{LOWER} 和 T_{CRIT} 温度边界选择 0°C、 1.5°C、 3°C 或 6°C 的滞后。滞后功能仅适用于降温（从热至冷）或温度漂移至低于指定限制。

如果任一锁定位（CONFIG 的 bit 6 和 bit 7）设置为 1，则无法更改滞后位。

图 5-9 以图形方式描述了 T_{UPPER}、T_{LOWER} 和 T_{CRIT} 边界条件。

5.2.3 事件输出配置

事件输出可以使用 CONFIG 的 bit 3（事件输出控制位）使能，并且可以使用 CONFIG 的 bit 0（事件模式）配置为比较器输出或中断输出模式。此外，还可以使用 CONFIG 的 bit 1（事件极性）将极性指定为高电平有效或低电平有效。事件输出需要一个上拉电阻才能正常工作。

这些配置旨在用于具有低电平至高电平或高电平至低电平边沿触发输入的处理器。对于高电平有效的配置，当事件输出置为无效时，上拉电阻上会消耗功率。

当环境温度升至高于临界温度限制时，事件输出会被强制为比较器输出（无论 CONFIG 的 bit 0 如何）。当温度漂移至低于临界温度限制减滞后时，事件输出会自动恢复为 CONFIG 的 bit 0 指定的状态。

事件输出的状态可以使用 CONFIG 的 bit 4（事件状态）读取。在关断模式下，该位无法设置为 1。

CONFIG 寄存器的 bit 7 和 bit 6 可以用于锁定 T_{UPPER}、T_{LOWER} 和 T_{CRIT} 寄存器。这些位可以防止由于意外重写这些寄存器而在事件输出上产生误触发。

通过使用 CONFIG 的 bit 2（仅限临界输出），还可以将事件输出用作临界温度输出。选择该功能时，事件输出将变为比较器输出。 在该模式下，中断输出配置（CONFIG 的 bit 0）将被忽略。

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.2.3.1 比较器模式

比较器模式使用 CONFIG 的 bit 0 进行选择。在该模式下，事件输出置为高电平有效或低电平有效（使用 CONFIG 的 bit 1 选择）。图 5-9 显示了翻转事件输出的条件。

如果器件在事件输出置为有效的情况下进入关断模式，输出将置为无效。它将保持置为无效，直到器件进入连续转换模式并完成第一次温度转换（t_{CONV}）之后。在初始温度转换之后，只有 T_A 满足 T_{UPPER} 或 T_{LOWER} 边界条件，事件输出才会置为有效。

比较器模式对于温控类型的应用非常有用，如在温度超出安全工作范围时开启冷却风扇或触发系统关断。

5.2.3.2 中断模式

在中断模式下，当 T_A 漂移至高于或低于 T_{UPPER} 和 T_{LOWER}限制时，事件输出会置为高电平有效或低电平有效（取决于极性配置）。通过将 CONFIG 的 bit 5（中断清除）置 1 使输出置为无效。如果器件在事件输出置为有效的情况下进入关断模式，输出将置为无效。它将保持置为无效，直到器件进入连续转换模式并完成第一次温度转换（t_{CONV}）之后。如果中断清除位（bit 5）从未置 1，则事件输出将在第一次温度转换之后重新置为有效。

此外，如果 $T_A \geq T_{CRIT}$，事件输出会被强制设为比较器模式并置为有效，直到 $T_A < T_{CRIT} - T_{HYST}$ 为止。当事件输出置为有效时，要在温度降至低于临界限制（$T_A < T_{CRIT} - T_{HYST}$）时使事件输出置为无效，用户必须发送清除中断命令（CONFIG 的 bit 5）。否则，事件输出将保持置为有效（关于图形化说明，请参见图 5-9）。从中断模式切换为比较器模式也会将事件输出置为无效。

该模式针对基于中断驱动单片机的系统设计。接收到中断的单片机必须通过将 MCP98244 的 CONFIG 寄存器的 bit 5 置 1 来应答中断。

5.2.4 温度分辨率

MCP98244 器件能够提供具有 0.0625°C 至 0.5°C 分辨率的温度数据。分辨率可以使用分辨率寄存器（寄存器 5-8）选择，它位于地址 '00001001'b。JEDEC 标准 JC42.4 中并未规定该地址单元。但是，它可以在保持与 JC42.4 功能兼容的同时提供更大的灵活性，并可在 125 ms（最大值）下提供 0.25°C 的分辨率。为了防止意外更改分辨率并防止超出 125 ms 的转换时间，只有器件处于关断模式下时才能更改该寄存器。用户可以使用能力寄存器（寄存器 5-2）的 bit 4 和 bit 3 读取选定的分辨率。出厂时将 0.25°C 分辨率设为 POR 默认值。

表 5-2： 温度转换时间

分辨率	t_{CONV}（ms）	采样数 / 秒（典型值）
0.5°C	30	33
0.25°C（上电默认值）	65	15
0.125°C	130	8
0.0625°C	260	4

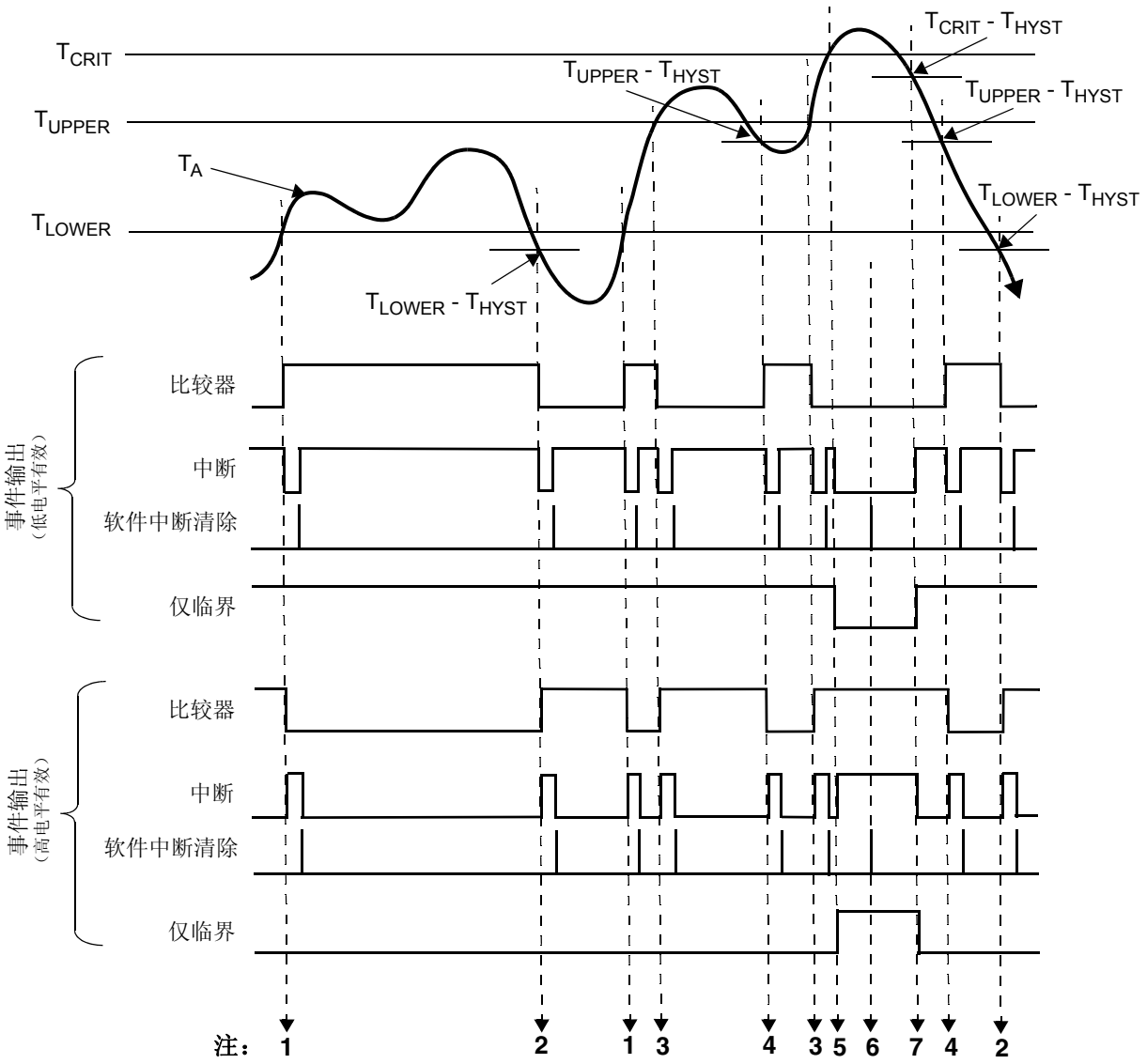


表 5-3： 温度事件输出条件

注	输出边界条件	比较器	中断	临界	T_A 位		
		输出状态 （低电平 / 高电平有效）			15	14	13
1	$T_A \geq T_{LOWER}$	高电平 / 低电平	低电平 / 高电平	高电平 / 低电平	0	0	0
2	$T_A < T_{LOWER} - T_{HYST}$	低电平 / 高电平	低电平 / 高电平	高电平 / 低电平	0	0	1
3	$T_A > T_{UPPER}$	低电平 / 高电平	低电平 / 高电平	高电平 / 低电平	0	1	0
4	$T_A \leq T_{UPPER} - T_{HYST}$	高电平 / 低电平	低电平 / 高电平	高电平 / 低电平	0	0	0
5	$T_A \geq T_{CRIT}$	低电平 / 高电平	低电平 / 高电平	低电平 / 高电平	1	1	0
6	当 $T_A \geq T_{CRIT}$ 时，事件输出会被强制设为比较器模式， CONFIG 的 bit 0 （事件输出模式）将被忽略，直到 $T_A < T_{CRIT} - T_{HYST}$ 为止。在中断模式下，如果在图中所示的**注 6** 处未清除中断 （使用 CONFIG 的 bit 5），则事件将在**注 7** 处保持置为有效，直到控制器清除中断为止。						
7	$T_A < T_{CRIT} - T_{HYST}$	低电平 / 高电平	高电平 / 低电平	高电平 / 低电平	0	1	0

图 5-9： *事件输出条件*

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.3 MCP98244 EEPROM 特性说明

5.3.1 字节写操作

要在 MCP98244 EEPROM 中写入一个字节，主器件必须指定存储器单元或地址。在正确发送地址字节以及随后的字地址之后，字地址将存储在 EEPROM 地址指针中。下一个字节是存储在指定存储器单元中的数据。图 5-10 给出了时序图。

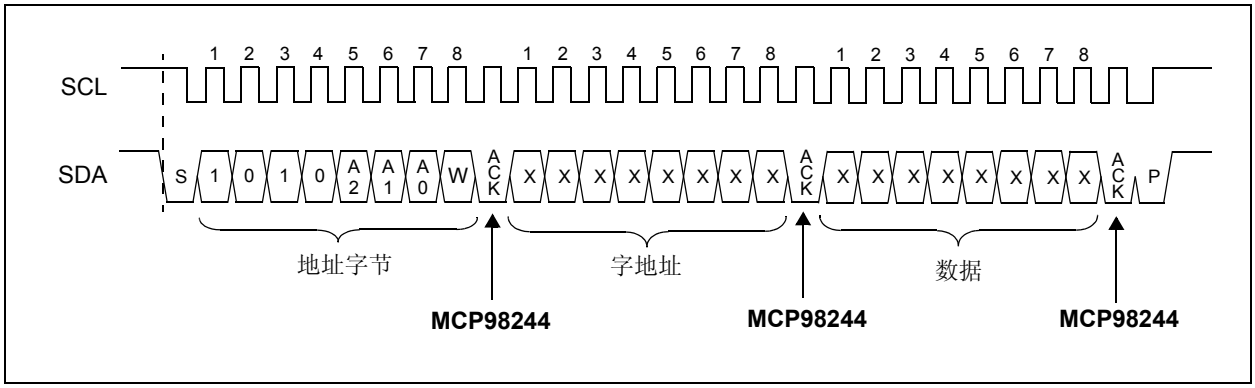
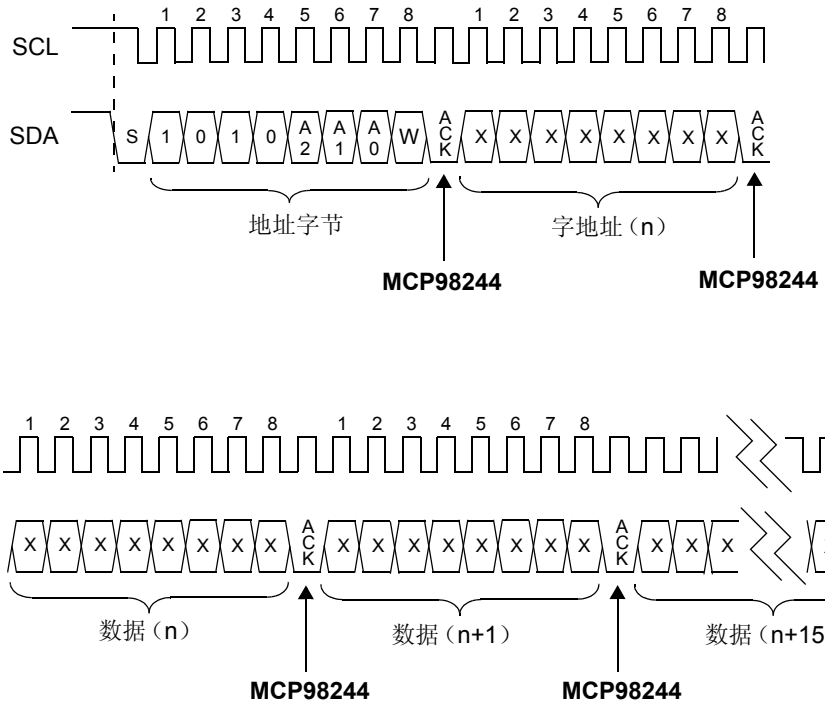


图 5-10： *字节写操作的时序图（见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.3.2 页写操作

向 MCP98244 传送写地址字节、字地址和第一个数据字节的方法与字节写操作相同。但是，主器件不会产生停止条件，而是最多向 MCP98244 发送 15 个额外数据字节，这些数据字节临时存储在片上页缓冲区中，并在主器件发送停止条件之后写入存储器。在接收到每个字时，地址指针的低 4 位会在内部递增 1。字地址的高 4 位保持不变。如果主器件在产生停止条件之前发送多于 16 字节的数据，则地址计数器会发生计满返回，先前接收的数据会被覆盖。与字节写操作一样，一旦接收到停止条件，内部写周期就会开始（图 5-11）。

注： 无论实际写入的字节数如何，页写操作仅限于在单个物理页内写入字节。物理页边界从页缓冲区大小（或“页大小”）整数倍地址处开始，在 [页大小 - 1] 整数倍地址处结束。如果页写命令尝试跨越物理页边界进行写操作，产生的结果就是数据会折回到当前页的起始处（覆盖了先前存储的数据），而不是按期望写入下一页。因此，应用软件必须防止尝试跨越页边界的页写操作。



注： n 是页的初始地址。

图 5-11： *页写操作的时序图（见**第 4.0 节“串行通信”**）*

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.3.3 EEPROM 读 / 写操作的存储区或页选择

该器件具有两个 256 字节的存储区或页（共 512 字节）。页使用 I^2C 设置页地址（SPA）命令字节选择，对于存储区 / 页 0 为 0110 1100，对于存储区 / 页 1 为 0110 1110，请参见表 5-4。

当前页状态可以使用读取页地址（RPA）命令读取。如果器件对于该命令产生应答（ACK）或无应答（NAK），则当前页分别为 0 或 1。

表 5-4： 为 EEPROM 读 / 写操作选择 256 字节存储区或页

EEPROM 功能	操作	地址字节					A0 引脚电压	MCP98244 输出
		地址代码	从器件地址 1			R/$\overline{W}$		
			A2	A1	A0			
设置存储区 / 页地址 0 （SPA0）	写操作	0110	1	1	0	0	V_{DD}，V_{SS}，V_{HV}	ACK，设置页 0
设置存储区 / 页地址 1 （SPA1）	写操作	0110	1	1	1	0	V_{DD}，V_{SS}，V_{HV}	ACK，设置页 1
读取存储区 / 页地址 （RPA）	读操作	0110	1	1	0	1	V_{DD}，V_{SS}，V_{HV}	应答（ACK）则为页 0 无应答（NAK）则为页 1

注 1： A0、 A1 和 A2 地址引脚状态将被忽略。

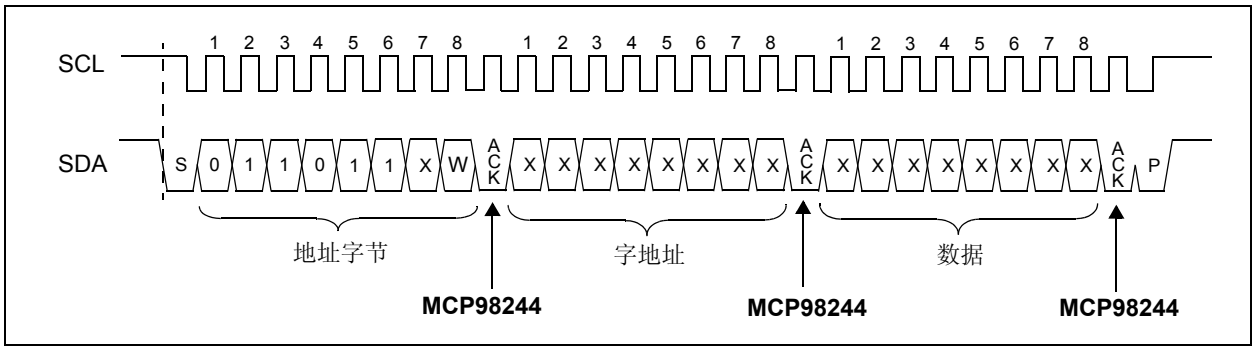


图 5-12： *存储区 / 页选择的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.3.4 写保护

MCP98244 具有软件写保护 （SWP）功能，可以对 128 字节的块进行写保护。共有四个 128 字节的块。每个块单独进行写保护。通过对每个块发送清除写保护（CWP）命令，可以清除写保护区域。

要访问写保护，地址字节的器件地址代码需要设置为 0110 而不是 1010。在该模式下，从器件地址引脚将被忽略。当器件进行写保护时，它不会应答对受保护块的任何写命令。表5-5列出了写保护功能的相应地址字节。

5.3.4.1 SWP/RPS

SWP（软件写保护）功能通过写入命令字节进行调用，如表 5-5 所示。它可以使用 CWP 命令进行清除。在该模式下，从器件地址引脚将被忽略。需要在 A0 引脚施加高电压 V_{HV}。可以执行 RPS （读取保护状态）来读取保护状态。

5.3.4.2 CWP （清除写保护）

CWP 功能通过写入清除写保护命令进行调用。需要在 A0 引脚施加高电压 V_{HV}，一旦执行了该命令，存储区 / 页 0 和存储区 / 页 1 将被清除。表 5-5 列出了位配置。

表 5-5： 写保护 （SWP/CWP）期间的从器件地址

EEPROM 功能	操作	地址字节 2， 3					A0 引脚电压
		地址代码 2	从器件地址 1， 2			R/$\overline{W}$	
			A2	A1	A0		
SWP_0/RPS_0——存储区 / 页 0，块 0 00h 至 7Fh	SWP_0 → 写操作	0110	0	0	1	0	V_{HV}
	RPS_0 → 读操作 4					1	V_{DD}， V_{SS}， V_{HV}
SWP_1/RPS_1——存储区 / 页 0，块 1 80h 至 FFh	SWP_1 → 写操作	0110	1	0	0	0	V_{HV}
	RPS_1 → 读操作 4					1	V_{DD}， V_{SS}， V_{HV}
SWP_2/RPS_2——存储区 / 页 1，块 2 00h 至 7Fh	SWP_2 → 写操作	0110	1	0	1	0	V_{HV}
	RPS_2 → 读操作 4					1	V_{DD}， V_{SS}， V_{HV}
SWP_3/RPS_3——存储区 / 页 1，块 3 80h 至 FFh	SWP_3 → 写操作	0110	0	0	0	0	V_{HV}
	RPS_3 → 读操作 4					1	V_{DD}， V_{SS}， V_{HV}
CWP （清除所有页）	写操作	0110	0	1	1	0	V_{HV}

注 1： 为了保持兼容性，每个块的从器件地址位不进行二进制递增。

2： 对于地址代码 <0110>， A0、 A1 和 A2 状态将被忽略。

3： 所有地址字节 （下面指示的地址字节除外）都会被器件忽略。

4： 如果受保护，器件将产生 NAK ；如果不受保护，将产生 ACK。

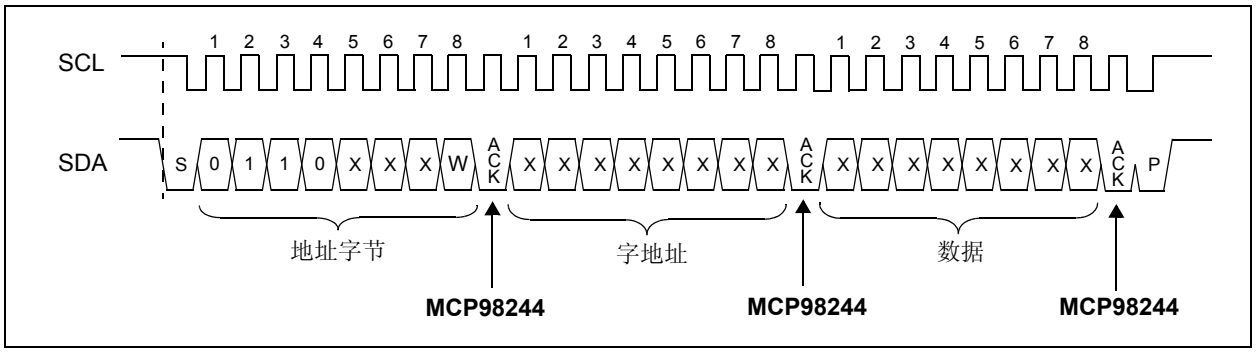


图 5-13： *设置软件写保护的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

© 2014 Microchip Technology Inc.

表 5-6：　写入数据或访问 SWP_N/CWP/SPA_N 时的器件响应 [2]

状态	命令	ACK	地址	ACK	数据字节	ACK	停止命令 [3]	写 / 清除周期
不受保护	SWP_n/CWP	ACK	—	—	—	—	是	是
	SWP_n/CWP	ACK	0xXX[1]	ACK	—	—	是	是
	SWP_n/CWP	ACK	0xXX	ACK	0xXX	ACK	是	是
	页 / 字节写	ACK	地址	ACK	数据	ACK	是	是
受保护	SWP_n	NAK	0xXX	NAK	0xXX	NAK	—	否
	CWP	ACK	—	—	—	—	是	是
	CWP	ACK	0xXX	ACK	—	—	是	是
	CWP	ACK	0xXX	ACK	0xXX	ACK	是	是
	页 / 字节写	ACK	地址	ACK	数据	NAK	是	否
受保护或不受保护	$SPA_{0,1}$	ACK	—	—	—	—	是 / 否 [4]	否
	$SPA_{0,1}$	ACK	0xXX	ACK	—	—		否
	$SPA_{0,1}$	ACK	0xXX	ACK	0xXX	ACK		否

注　1： 0xXX 定义为 “无关” 字节。

2： N 或 n = 1、 2、 3 和 4，它表示 EEPROM 块编号，如表 5-5 所示。

3： 执行指令需要 I^2C 停止命令。

4： 器件使用 ACK 来响应 $SPA_{0,1}$ 命令，因此不需要停止命令。

表 5-7：　RPA/RPS_N 时的器件响应 [1]

状态	命令	ACK	地址	ACK	数据字节	ACK	停止命令 [2]
不受保护	RPS_n	ACK	0xFF	NAK	0xFF	NAK	是 / 否
受保护	RPS_n	NAK	0xFF	NAK	0xFF	NAK	是 / 否
受保护或不受保护	RPA_0	ACK	0xFF	NAK	0xFF	NAK	是 / 否
	RPA_1	NAK	0xFF	NAK	0xFF	NAK	是 / 否

注　1： N 或 n = 1、 2、 3 和 4，它表示 EEPROM 块编号，如表 5-5 所示。

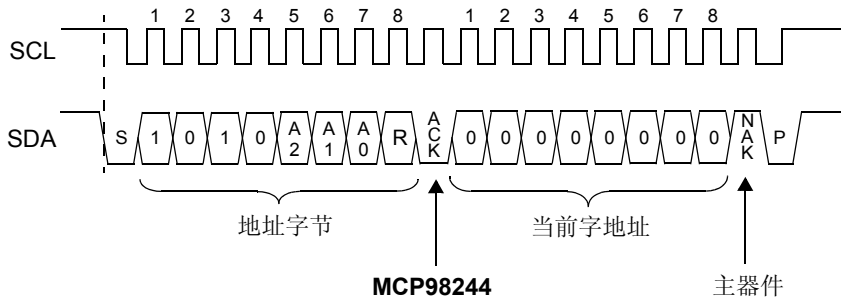
2： 由于这些读命令的响应在第 9 个位上输出，所以不需要停止命令。

5.3.5 读操作

读操作的启动方式与写操作基本相同，只是从器件地址的 R/W 位需要设置为 1。有 3 种基本类型的读操作：当前地址读取、随机读取和连续读取。

5.3.5.1 当前地址读取

MCP98244 包含一个地址计数器，它保存被访问的最后一个字的地址，它会在内部递增 1。因此，如果前一次访问（读操作或写操作）是访问地址 n，则下一个当前地址读取操作将访问来自地址 n+1 的数据。在接收到 R/W 位设置为 1 的从器件地址时， MCP98244 会发出应答并发送 8 位数据字。主器件不会应答（NAK）该传输，但会产生停止条件，MCP98244 则会停止数据发送（图 5-14）。



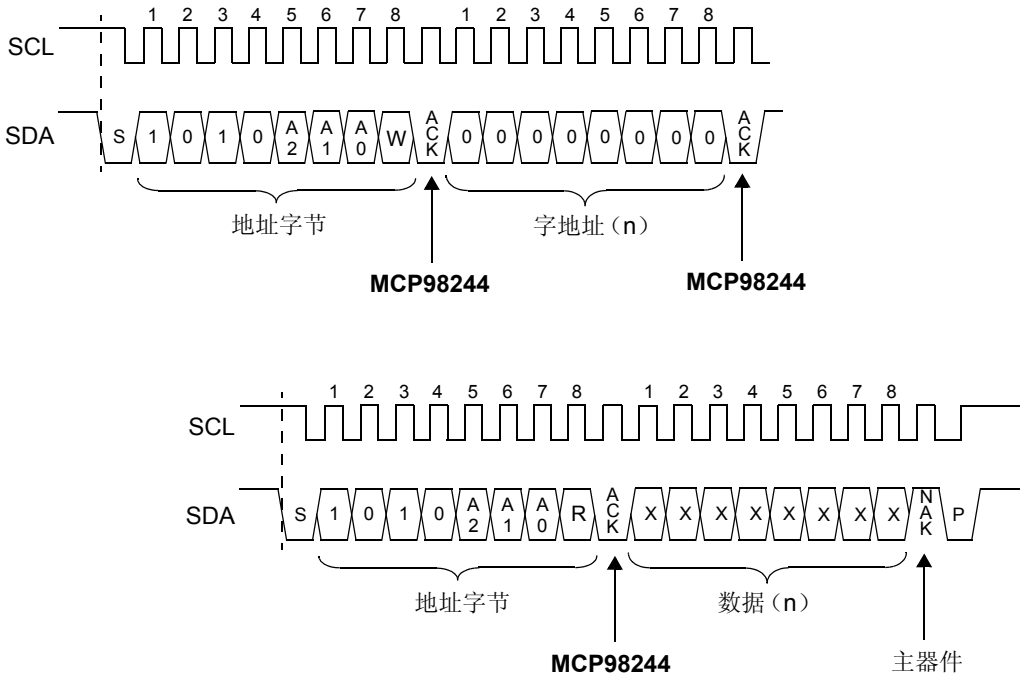
注： 在该示例中，当前字地址等于先前访问的地址单元n加1。

图 5-14： *读取当前字地址（见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.3.5.2 随机读取

通过随机读取操作，主器件可以用随机方式访问任意存储单元。要执行此类读操作，必须先设置字地址。实现方法是将字地址作为写操作的一部分发送给 MCP98244。发送字地址之后，主器件会在得到应答时产生启动条件。这会终止写操作，但不是在内部地址指针设置之前。然后，主器件会再次发送地址字节，但此次 R/$\overline{W}$ 位设置为 1。然后， MCP98244 会发出应答并发送 8 位数据字。主器件不会应答该传输，但会产生停止条件， MCP98244 则会停止数据发送 （图 5-15）。



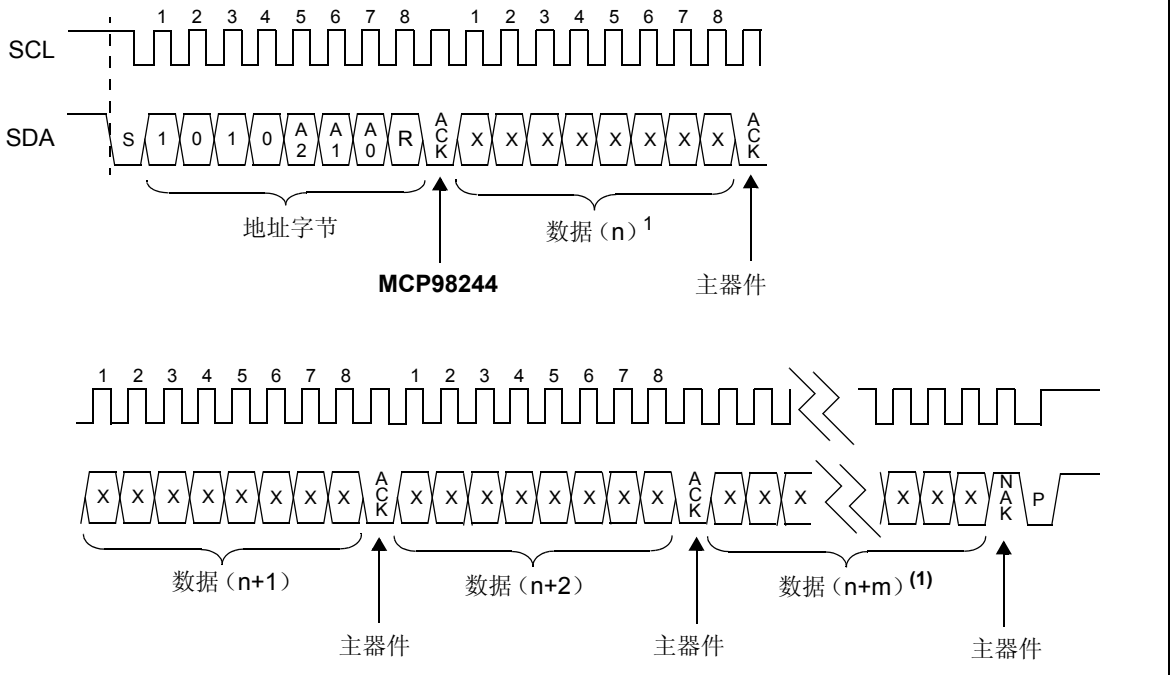
注： 在该示例中， n 是当前地址字 （‘00’h），数据是地址 n 处的字节。

图 5-15： *随机读取的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.3.5.3 连续读取

连续读取的启动方式与随机读取基本相同，只是在 MCP98244 发送第一个数据字节之后，主器件会发出应答，而不是像随机读取操作一样发出停止条件。这指示 MCP98244 发送下一个连续寻址的 8 位字（图 5-16）。

为了支持连续读取，MCP98244 包含了一个内部地址指针，它在每次操作完成时递增 1。通过该地址指针，可以在一次操作期间连续读取全部存储器内容。



注 1： n 是初始地址单元， m 是最后一个地址单元 （n+m < 256）

图 5-16： *连续读取的时序图 （见**第 4.0 节 “串行通信”**）*

5.3.6 待机模式

该设计具有低功耗待机模式 （I_{SHDN}）。在所有操作正常终止之后，并且所有内部功能均完成之后，将进入待机模式。这包括发生任何错误条件，如未按前面的定义提供正确的时钟周期数或正确的指令字节。

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.4 上电默认值汇总

MCP98244 具有内部上电复位（POR）电路。如果电源电压 V_{DD} 降至 V_{POR_TS} 和 V_{POR_EE} 阈值，器件会将寄存器复位为上电默认设置。

表 5-8 汇总了温度传感器的上电默认值。EEPROM 会将地址指针复位为指向 0x00（十六进制）。

表 5-8： MCP98244 温度传感器上电复位默认值

寄存器		默认寄存器数据（十六进制）	上电默认值 寄存器说明
地址（十六进制）	寄存器名称		
0x00	能力	0x00EF	事件输出在关断期间置为无效 I^2C™ 超时为 25 ms 至 35 ms A0 引脚接受 V_{HV} 0.25°C 测量分辨率 测量低于 0°C 的温度 工作范围的精度为 ±1°C 温度事件输出
0x01	CONFIG	0x0000	比较器模式 低电平有效输出 事件和临界输出 禁止输出 事件不置为有效 清除中断 事件限制未锁定 临界限制未锁定 连续转换 0°C 滞后
0x02	T_{UPPER}	0x0000	0°C
0x03	T_{LOWER}	0x0000	0°C
0x04	T_{CRIT}	0x0000	0°C
0x05	T_A	0x0000	0°C
0x06	制造商 ID	0x0054	—
0x07	TSE2004av 器件 ID/ 器件版本	0x2201	—
0x08	Microchip 器件 ID/ 器件版本	0x2201	—
0x09	分辨率	0x0001	0.25°C 测量分辨率

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

6.0 应用信息

6.1 布线注意事项

测量温度时，MCP98244 器件并不需要主控制器以外的任何其他元件。但是，还是建议在 V_{DD} 和 GND 引脚之间使用一个容值为 0.1 µF 至 1 µF 的去耦电容。建议使用高频陶瓷电容。电容的位置必须尽可能靠近器件的电源和接地引脚，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。要实现良好的温度灵敏度，可以在器件引脚下增加一个接地层，如图 6-1 所示。

6.2 散热考虑

如果 MCP98244 SDA、SCLK 和事件线上的上拉电阻负载很高（高电流），则可能会存在自热误差。通常情况下，由于 MCP98244 的电流消耗相对较小，自热误差可以忽略不计。如果通信引脚的灌 / 拉电流达到规定的最大电流，则自热可能会导致大约 0.5°C 的温度精度误差。

例如，如果事件输出达到最大 I_{OL}，则可以使用公式 6-1 来确定自热的影响。

公式 6-1：　　自热的影响

$$T_\Delta = \theta_{JA}(V_{DD} \bullet I_{DD} + V_{OL_Event} \bullet I_{OL_Event} + V_{OL_SDA} \bullet I_{OL_SDA})$$

其中：

T_Δ = T_J - T_A

T_J = 结温

T_A = 环境温度

θ_{JA} = 封装热阻

$V_{OL_Event，SDA}$ = 事件和 SDA 输出 V_{OL}（0.4 V_{max}）

$I_{OL_Event，SDA}$ = 事件和 SDA 输出 I_{OL}（分别为 3 mA_{max} 和 20 mA_{max}）

在室温（T_A = +25°C）下，最大 I_{DD} = 500 µA、V_{DD} = 3.6V 时，对于 TDFN-8 封装，由于功耗产生的自热 T_Δ 为 0.58°C。

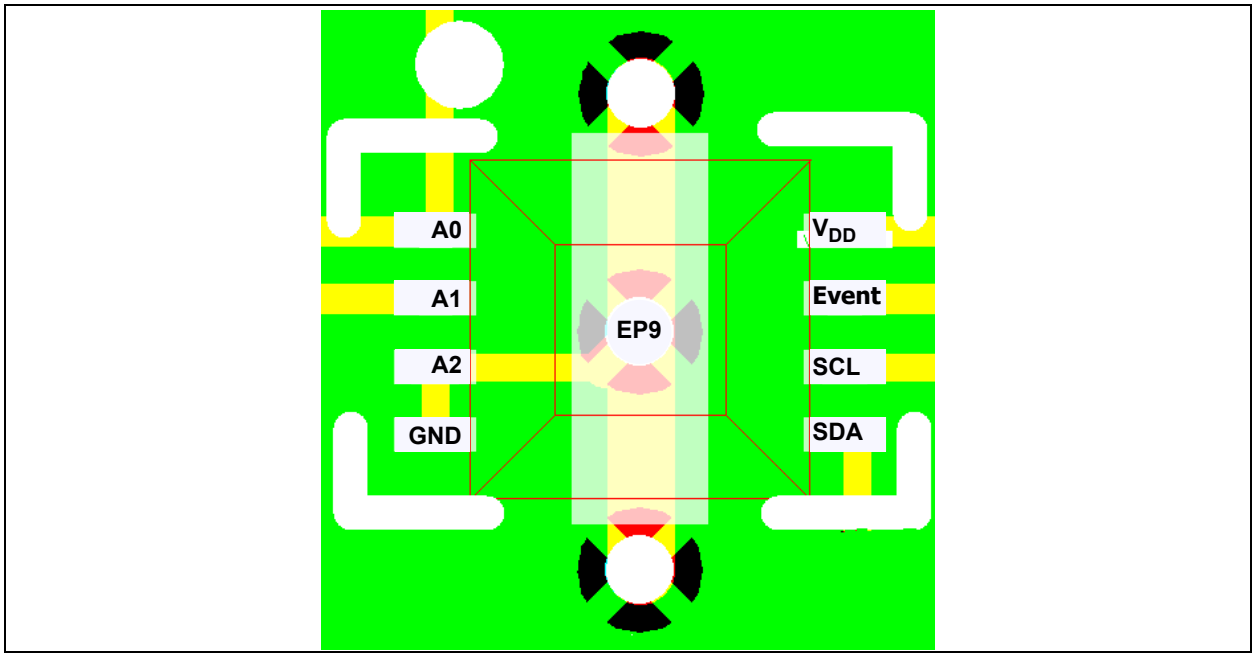


图 6-1：　　DFN 封装布局

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

7.0 封装信息

7.1 封装标识信息

8 引脚 2x3 TDFN

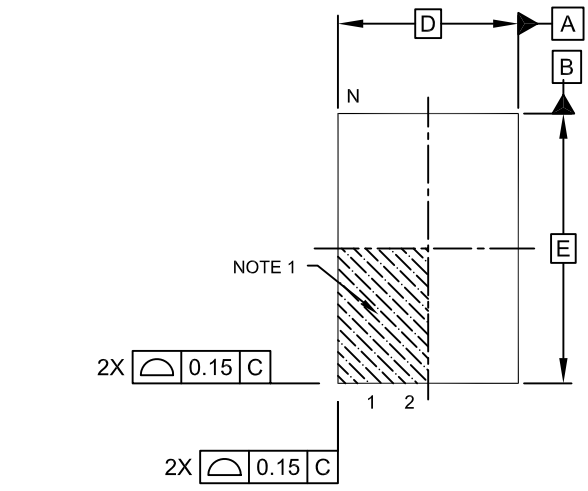
部件编号	代码
MCP98244T-BE/MNY	ABR

示例：

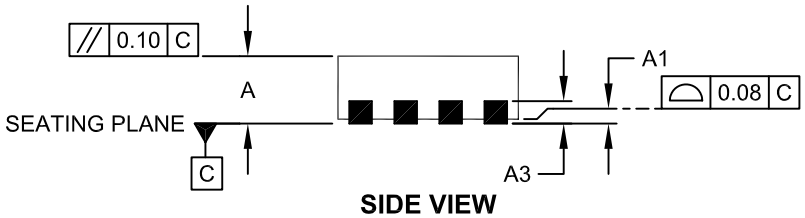
图注：	XX...X	客户指定信息
	Y	年份代码 （日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码 （日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码 （一月一日的星期代码为 “01”）
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡 （Matte Tin， Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	表示无铅封装。JEDEC 无铅标志（(e3)）标示于此封装的外包装上。
注：	Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户指定信息的字符数。	

8 引脚塑封双列扁平无引脚封装 （MN）——主体 2x3x0.75 mm [TDFN]

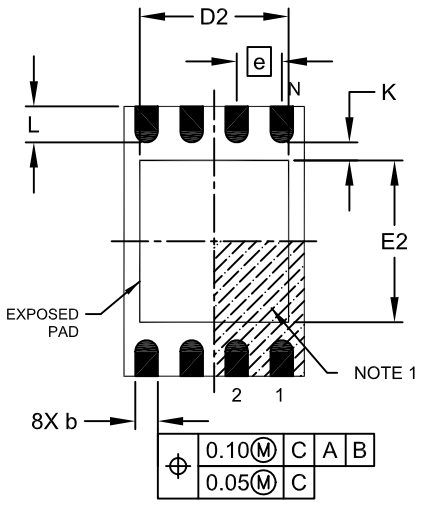
注： 最新封装图请至 http://www.microchip.com/packaging 查看 Microchip 封装规范。



TOP VIEW



SIDE VIEW



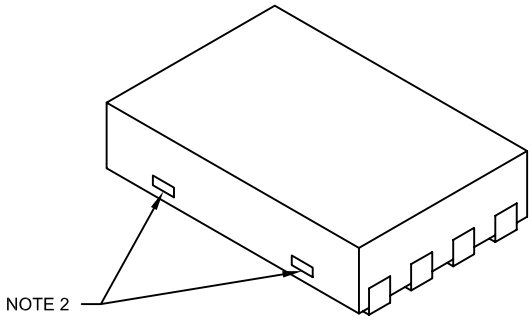
BOTTOM VIEW

Microchip Technology Drawing No. C04-129C Sheet 1 of 2

© 2014 Microchip Technology Inc.

8 引脚塑封双列扁平无引脚封装 （MN）——主体 2x3x0.75 mm [TDFN]

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



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		8	
Pitch	e		0.50 BSC	
Overall Height	A	0.70	0.75	0.80
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3		0.20 REF	
Overall Length	D		2.00 BSC	
Overall Width	E		3.00 BSC	
Exposed Pad Length	D2	1.20	-	1.60
Exposed Pad Width	E2	1.20	-	1.60
Contact Width	b	0.20	0.25	0.30
Contact Length	L	0.25	0.30	0.45
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. Package may have one or more exposed tie bars at ends.
3. Package is saw singulated
4. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

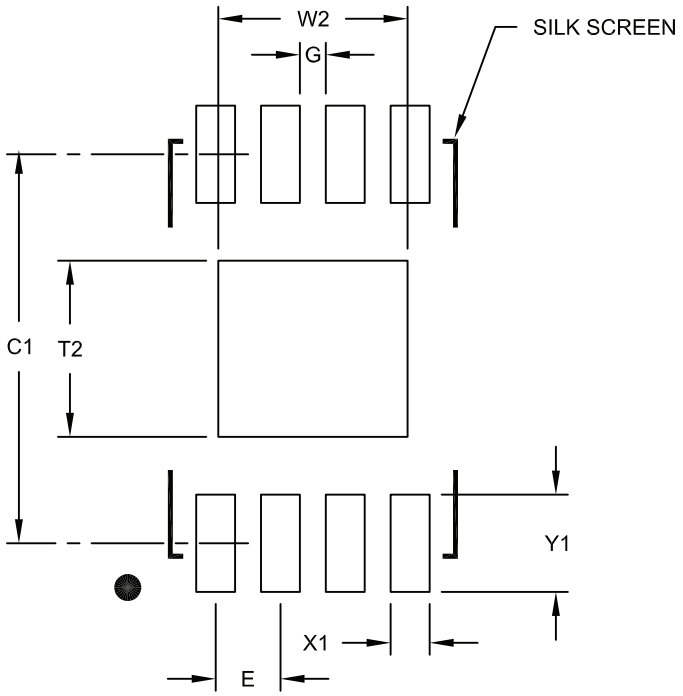
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing No. C04-129C Sheet 2 of 2

8 引脚塑封双列扁平无引脚封装 （MN）——主体 2x3x0.75 mm [TDFN]

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



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		0.50 BSC	
Optional Center Pad Width	W2			1.46
Optional Center Pad Length	T2			1.36
Contact Pad Spacing	C1		3.00	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.30
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.75
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2129A

© 2014 Microchip Technology Inc.

附录 A： 版本历史

版本 C （2013 年 5 月）

以下是修改清单：

1. 将工作电压范围从 V_{DD} = 2.2V 至 3.6V 更新为 V_{DD} = 1.7V 至 3.6V。
2. 更新了本文档中与 V_{DD} 范围更改相关的内容。
3. 更新了图 2-1 和图 2-4。
4. 将硅片版本 ID 从 0x00 递增为 0x01。

版本 B （2012 年 12 月）

以下是修改清单：

- 更新了串行接口时序规范表中的温度范围。

版本 A （2012 年 12 月）

- 本文档的初始版本。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

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。

部件编号	-X	X	/XX
器件	等级	温度范围	封装

器件：	MCP98244T： 温度传感器（卷带式）
温度范围：	E = -40°C 至 +125°C（扩展级）
封装：	MNY = 塑封双列扁平无引脚封装（2x3 TDFN），8 引脚（TDFN）

示例：

a) MCP98244T-BE/MNY： 卷带式，扩展级温度，8 引脚 2x3 TDFN 封装

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

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《数字器件千年版权法案 （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。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、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 MPLAB、 PIC、 PICmicro、 PICSTART、 PIC32 徽标、 rfPIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、 Hampshire、 HI-TECH C、 Linear Active Thermistor、 MTP、 SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

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

Analog-for-the-Digital Age、 Application Maestro、 BodyCom、 chipKIT、 chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 dsPICworks、 dsSPEAK、 ECAN、 ECONOMONITOR、 FanSense、 HI-TIDE、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Mindi、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 mTouch、 Omniscient Code Generation、 PICC、 PICC-18、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 REAL ICE、 rfLAB、 Select Mode、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 UniWinDriver、 WiperLock、 ZENA 和 Z-Scale 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

GestIC 和 ULPP 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。

© 2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-62077-831-9

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、非易失性存储器和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: 852-2401-1200
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 - 杭州
Tel: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

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: 886-7-213-7830

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

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

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

德国 Germany - Pforzheim
Tel: 49-7231-424750

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

10/28/13

© 2014 Microchip Technology Inc.