

用于服务器管理、具有 PI 环路风扇控制功能的 LM94 TruTherm™ 硬件监控器

1 特性

- 8 位 Σ - Δ ADC
- 监控 16 个电源
- 监控 4 个远程热敏二极管和 2 个 LM60
- 支持新型 TruTherm 技术，可实现精密的热敏二极管测量
- 内部环境温度检测
- 基于温度读数的可编程自主风扇控制，支持风扇增强
- 在发生转速计限值错误事件时提供风扇增强支持
- 基于 13 阶查找表或 PI 控制环路或这两者的组合的风扇控制
- PI 风扇控制环路支持 Tcontrol
- 温度读数数字滤波器
- 0.5°C 数字温度传感器分辨率
- 用于风扇控制的 0.0625°C 滤波温度分辨率
- 2 个 PWM 风扇转速控制输出
- 4 个风扇转速计输入
- 双处理器温度限制 ($\overline{\text{PROCHOT}}$) 监控
- 双动态 VID 监控 (每个处理器 6/7 个 VID) 支持 VRD10.2/11
- 8 个通用 I/O :
 - 4 个可配置为风扇转速计输入
 - 2 个可配置为连接到处理器 $\overline{\text{THERMTRIP}}$
 - 2 个是可用于监控 $\overline{\text{IERR}}$ 信号的标准 GPIO
- 2 个可用于监控 VRD11 第 7 个 VID 信号的通用输入
- 所有受监控值的限值寄存器比较
- 2 线串行数字接口，符合 SMBus 2.0 标准
 - 支持字节/块读取和写入
 - 可选从器件地址 (三电平引脚选择 3 个可能地址中的 1 个)
 - $\overline{\text{ALERT}}$ 输出支持中断或比较器模式
- 2.5V 基准电压输出
- 56 引脚 TSSOP 封装
- 异或树测试模式

• 主要规格 :

- 电压测量精度 ... $\pm 2\%$ FS (最大值)
- 温度分辨率 ...9 位, 0.5°C
- 温度传感器精度 ... $\pm 2.5^\circ\text{C}$ (最大值)
- 温度范围 :
 - LM94 运行 ...0°C 至 +85°C
 - 远程温度精度 ...0°C 至 +125°C
- 电源电压 ...+3.0V 至 +3.6V
- 电源电流 ...1.6mA

2 应用

- 服务器
- 工作站
- 基于多处理器的设备

3 说明

LM94 硬件监控器具有一个与 SMBus 2.0 兼容的两线制数字接口。LM94 使用 Σ - Δ ADC 测量四个连接远程二极管的晶体管及其自身内核的温度以及 16 个电源电压。LM94 采用了全新的 TruTherm 技术，支持对亚微米工艺处理器进行精确的热敏二极管测量。

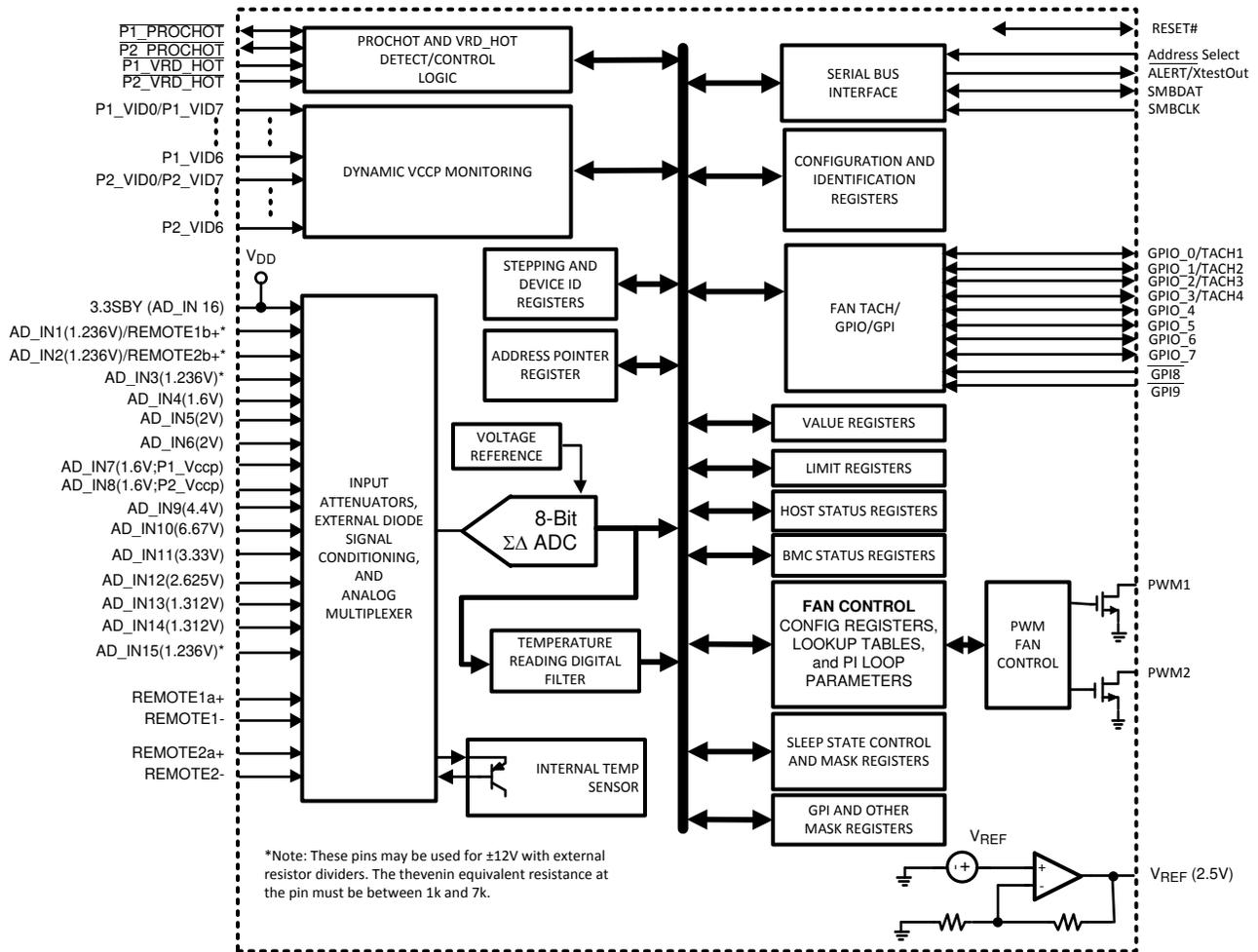
为了设置风扇转速，LM94 具有两个 PWM 输出，每个输出由多达六个温度区域控制。风扇控制算法可以基于查找表、PI (比例/积分) 控制环路或这两者的组合。LM94 包含数字滤波器，可以调用这些数字滤波器来实现平滑的温度读数，从而更好地控制风扇转速，使声学噪声降至最低。LM94 具有四个用于测量风扇转速的转速计输入。包含所有测量值的限值和状态寄存器。

LM94 基于 LM93 等以前的主板服务器管理 ASIC 的功能而构建。该监控器还增加了对 VRD10/11 和 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 的动态 Vccp 监控的测量和控制支持。该监控器旨在使用最少的外部元件来监控双处理器 Xeon 级主板。



3.1 功能方框图

LM94 硬件的方框图如下所示。硬件实现采用单芯片 ASIC 解决方案。



内容

1 特性.....	1	7 应用和实现.....	98
2 应用.....	1	7.1 应用信息.....	98
3 说明.....	1	7.2 典型应用.....	101
3.1 功能方框图.....	2	8 布局.....	105
4 引脚配置和功能.....	3	8.1 建议方案.....	105
4.1 服务器术语.....	6	8.2 尽可能降低噪声的 PCB 布局.....	106
5 规格.....	8	9 器件和文档支持.....	107
5.1 绝对最大额定值.....	8	9.1 文档支持.....	107
5.2 运行额定值.....	8	9.2 接收文档更新通知.....	107
5.3 直流电气特性.....	9	9.3 支持资源.....	107
5.4 交流电气特性.....	12	9.4 商标.....	107
6 详细说明.....	16	9.5 静电放电警告.....	107
6.1 概述.....	16	9.6 术语表.....	107
6.2 特性说明.....	16	10 修订历史记录.....	107
6.3 编程.....	34	11 机械、封装和可订购信息.....	107
6.4 寄存器.....	43		

4 引脚配置和功能

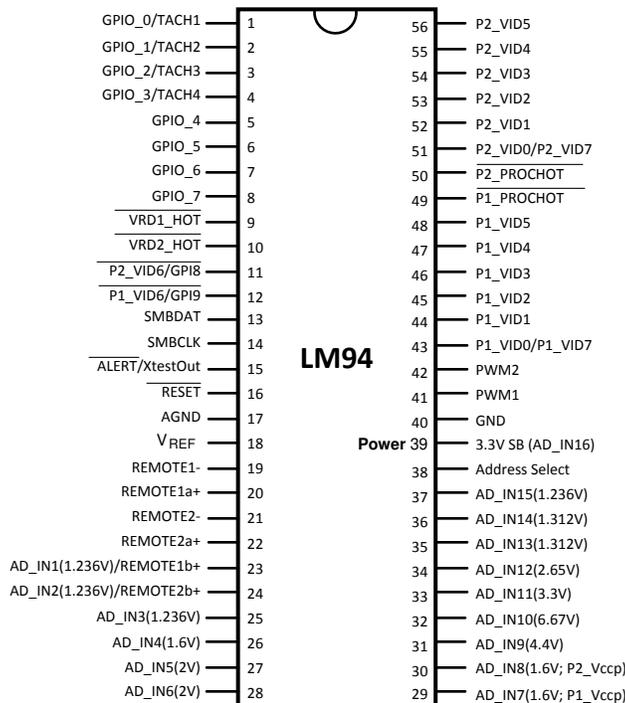


图 4-1. 56 引脚 TSSOP 封装，请参阅封装编号 DGG0056A 顶视图

表 4-1. 引脚说明⁽¹⁾

符号	引脚编号	类型	功能
GPIO_0/TACH1	1	数字 I/O (开漏)	可配置为风扇转速计输入或通用开漏数字 I/O。
GPIO_1/TACH2	2	数字 I/O (开漏)	可配置为风扇转速计输入或通用开漏数字 I/O。
GPIO_2/TACH3	3	数字 I/O (开漏)	可配置为风扇转速计输入或通用开漏数字 I/O。
GPIO_3/TACH4	4	数字 I/O (开漏)	可配置为风扇转速计输入或通用开漏数字 I/O。

表 4-1. 引脚说明⁽¹⁾ (续)

符号	引脚编号	类型	功能
GPIO_4/ P1_THERMTRIP	5	数字 I/O (开漏)	通用开漏数字 I/O。可配置为监控 CPU 的 $\overline{\text{THERMTRIP}}$ 信号以屏蔽其他错误。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
GPIO_5/ P2_THERMTRIP	6	数字 I/O (开漏)	通用开漏数字 I/O。可配置为监控 CPU 的 $\overline{\text{THERMTRIP}}$ 信号以屏蔽其他错误。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
GPIO_6	7	数字 I/O (开漏)	可用于检测 CPU1 $\overline{\text{IERR}}$ 或通用开漏数字 I/O 的状态。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
GPIO_7	8	数字 I/O (开漏)	可用于检测 CPU2 $\overline{\text{IERR}}$ 或通用开漏数字 I/O 的状态。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
VRD1_HOT	9	数字输入	CPU1 稳压器 $\overline{\text{HOT}}$ 。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
VRD2_HOT	10	数字输入	CPU2 稳压器 $\overline{\text{HOT}}$ 。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P2_VID6/GPI8	11	数字输入	CPU2 VID6 输入。也可用作触发错误事件的通用输入。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID6/GPI9	12	数字输入	CPU1 VID6 输入。也可用作触发错误事件的通用输入。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
SMBDAT	13	数字 I/O (开漏)	双向系统管理总线数据。输出配置为 5V 容限开漏。符合 SMBus 2.0 标准。
SMBCLK	14	数字输入	系统管理总线时钟。由一个开漏输出驱动, 可耐受 5V 电压。符合 SMBus 2.0 标准。
ALERT/XtestOut	15	数字输出 (开漏)	在中断驱动系统中使用的开漏 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出, 用于指示已发生错误事件。被屏蔽的错误事件不会激活 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出。在处于异或树测试模式时, 用作异或树输出。
RESET	16	数字 I/O (开漏)	首次为 LM94 加电时的开漏复位输出。用作由 3.3V 待机供电的器件的复位。复位后, 该引脚成为复位输入。有关更多信息, 请参阅节 7.1.2。如果未使用该引脚, 则需要连接到外部上拉电阻器以防止发生 LM94 故障。
AGND	17	GROUND 输入	模拟接地。数字接地端和模拟接地端需要在芯片上连接在一起, 然后两者又连接至低噪声系统接地端。模拟接地端和数字接地端之间的电压差可能会导致错误的结果。
V _{REF}	18	模拟输出	2.5V 用于外部 ADC 基准或用作 V _{REF} 基准电压
REMOTE1-	19	远程热敏二极管_1- 输入 (CPU 1 THERMDC)	这是来自两个 CPU1 热敏二极管的负输入 (灌电流)。连接到 Pentium 处理器的 THERMDC 引脚或二极管连接的 MMBT3904 NPN 晶体管的发射极。用作 A/D 的负输入, 用于热敏二极管电压测量。100pF 电容器是可选的, 可以连接在 REMOTE1- 和 REMOTE1+ 之间。
REMOTE1a+	20	远程热敏二极管_1+ I/O (CPU1 THERMDA1)	这是到第一个 CPU1 热敏二极管的正连接。用作 A/D 的正输入, 用于热敏二极管电压测量。它还用作正向偏置热敏二极管的电流源输出。连接到 Pentium 处理器的 THERMDA 引脚或二极管连接的 MMBT3904 NPN 晶体管的基极。100pF 电容器是可选的, 可以连接在 REMOTE1- 和每个 REMOTE1+ 之间。
REMOTE2-	21	远程热敏二极管_2- 输入 (CPU2 THERMDC)	这是来自两个 CPU2 热敏二极管的负输入 (灌电流)。连接到 Pentium 处理器的 THERMDC 引脚或二极管连接的 MMBT3904 NPN 晶体管的发射极。用作 A/D 的负输入, 用于热敏二极管电压测量。100pF 电容器是可选的, 可以连接在 REMOTE2- 和每个 REMOTE2+ 之间。
REMOTE2a+	22	远程热敏二极管_2+ I/O (CPU2 THERMDA1)	这是到第一个 CPU2 热敏二极管的正连接。用作 A/D 的正输入, 用于热敏二极管电压测量。它还用作正向偏置热敏二极管的电流源输出。连接到 Pentium 处理器的 THERMDA 引脚或二极管连接的 MMBT3904 NPN 晶体管的基极。100pF 电容器是可选的, 可以连接在 REMOTE2- 和 REMOTE2+ 之间。
AD_IN1/REMOTE1b+	23	模拟输入 (+12V1 或 CPU1 THERMDA2)	+12V 电压轨 1 监控的模拟输入, 用于 CPU1 稳压器。需要使用外部衰减电阻器, 从而使 12V 衰减至 0.927V, 以获得标称 $\frac{3}{4}$ 标度读数。该引脚还可以用作 CPU1 的第二个正热敏二极管输入。
AD_IN2/REMOTE2b+	24	模拟输入 (+12V2 或 CPU2 THERMDA2)	+12V 电压轨 2 监控的模拟输入, 用于 CPU2 稳压器。需要使用外部衰减电阻器, 从而使 12V 衰减至 0.927V, 以获得标称 $\frac{3}{4}$ 标度读数。该引脚还可以用作 CPU2 的第二个正热敏二极管输入。

表 4-1. 引脚说明⁽¹⁾ (续)

符号	引脚编号	类型	功能
AD_IN3	25	模拟输入 (+12V3)	+12V 电压轨 3 的模拟输入, 用于存储器/3GIO 插槽。需要使用外部衰减电阻器, 从而使 12V 衰减至 0.927V, 以获得标称 ¼ 标度读数。
AD_IN4	26	模拟输入 (FSB_Vtt)	1.2V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数
AD_IN5	27	模拟输入 (3GIO/PXH/MCH_Core)	1.5V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数
AD_IN6	28	模拟输入 (ICH_Core)	1.5V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数
AD_IN7 (P1_Vccp)	29	模拟输入 (CPU1_Vccp)	+Vccp (处理器电压) 监控的模拟输入。
AD_IN8 (P2_Vccp)	30	模拟输入 (CPU2_Vccp)	+Vccp (处理器电压) 监控的模拟输入。
AD_IN9	31	模拟输入 (+3.3V)	+3.3V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数
AD_IN10	32	模拟输入 (+5V)	+5V 监控银盒电源的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数
AD_IN11	33	模拟输入 (SCSI_Core)	+2.5V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数。该引脚还可用于监控 LM60 等模拟温度传感器, 因为来自该输入的读数可以被发送到风扇控制逻辑。
AD_IN12	34	模拟输入 (Mem_Core)	+1.969V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数。
AD_IN13	35	模拟输入 (Mem_Vtt)	+0.984V 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数。
AD_IN14	36	模拟输入 (Gbit_Core)	+0.984V S/B 监控的模拟输入, 标称 ¼ 标度读数。
AD_IN15	37	模拟输入 (-12V)	-12V 监控的模拟输入。需要使用外部电阻器来调节至正电平。满标度读数为 1.236V, 标称 ¼ 标度读数。该引脚还可用于监控 LM60 等模拟温度传感器, 因为来自该输入的读数可以被发送到风扇控制逻辑。
Address Select	38	3 电平模拟输入	该输入选择 LM94 SMBus 从器件地址的低两位。
3.3V SB (AD_IN16)	39	电源 (V _{DD}) +3.3V 待机功耗	LM94 的 V _{DD} 电源输入。通常, 该引脚连接到 +3.3V 待机电源。如果不需要在低功耗状态下进行监控, 则 LM94 可以由 +3.3V 供电, 但在任何其他引脚之前为该输入供电。该引脚还用作模拟输入来监控 3.3V 待机 (SB) 电压。有必要使用与 100pF 电容器并联的 0.1µF 电容器来绕过该引脚。附近应具有 10µF 的大容量电容。100pF 应最靠近电源引脚。
GND	40	接地	数字接地。数字接地端和模拟接地端需要在芯片上连接在一起, 然后两者又连接至低噪声系统接地端。模拟接地端和数字接地端之间的电压差可能会导致错误的结果。
PWM1	41	数字输出 (开漏)	风扇控制输出 1。
PWM2	42	数字输出 (开漏)	风扇控制输出 2
P1_VID0/P1_VID7	43	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID1	44	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID2	45	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID3	46	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID4	47	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_VID5	48	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P1_PROCHOT	49	数字 I/O (开漏)	通过双向电平转换器连接到 CPU1 PROCHOT (处理器高温) 信号。支持 TTL 输入逻辑电平。
P2_PROCHOT	50	数字 I/O (开漏)	通过双向电平转换器连接到 CPU2 PROCHOT (处理器高温) 信号。支持 TTL 输入逻辑电平。
P2_VID0/P2_VID7	51	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。

表 4-1. 引脚说明⁽¹⁾ (续)

符号	引脚编号	类型	功能
P2_VID1	52	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P2_VID2	53	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P2_VID3	54	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P2_VID4	55	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。
P2_VID5	56	数字输入	来自处理器的电压识别信号。支持 TTL 输入逻辑电平以及与 AGTL 兼容的输入逻辑电平。

(1) 上划线表示信号低电平有效 (“非”)。

4.1 服务器术语

A/D	模数转换器
ACPI	高级配置和电源接口
ALERT	向总线主器件发送的 SMBus 信号，指示已发生标记为需注意的事件。
ASF	警报标准格式
BMC	基板管理控制器
BW	带宽
DIMM	双列直插式内存模块
DP	双处理器
ECC	错误检查和纠正
FRU	现场可更换单元
FSB	前端总线
FW	固件
Gb	千兆位
GB	千兆字节
Gbe	千兆位以太网
GPI	通用输入
GPIO	通用 I/O
HW	硬件
I ² C	内部集成电路 (总线)
LAN	局域网
LSb	最低有效位
LSB	最低有效字节
LVDS	低电压差分信号
LUT	查找表
Mb	兆位
MB	兆字节
MP	多处理器
MSb	最高有效位
MSB	最高有效字节
MTBF	故障间隔平均时间
MTTR	维修平均时间
NIC	网络接口卡 (以太网卡)

OS	操作系统
P/S	电源
PCI	PCI 本地总线
PDB	配电板
POR	上电复位
PS	电源
SMBCLK 和 SMBDAT	这些信号构成 SMBus 接口 (数据和时钟)。有关更多信息, 请参阅 节 6.3.1 部分。
VRD	板上分立元件稳压器 (Voltage Regulator Down) - 调节一个 CPU 的 Vccp 电压

5 规格

5.1 绝对最大额定值

请参阅 (1) (2) (3)

正电源电压 (V_{DD})		6.0V
任何数字输入或输出引脚上的电压		-0.3V 至 6.0V
+5V 输入端的电压		-0.3V 至 +6.667V
正远程二极管输入 AD_IN1、AD_IN2、AD_IN3 和 AD_IN15 输入端的电压		-0.3V 至 ($V_{DD} + 0.05V$)
其他模拟电压输入端的电压		-0.3V 至 +6.0V
热敏二极管负输入端的输入电流		$\pm 1mA$
任何引脚处的输入电流 ⁽⁴⁾		$\pm 10mA$
封装输入电流 ⁽⁴⁾		$\pm 100mA$
最大结温 ⁽⁵⁾ (T_{JMAX})		150°C
ESD 敏感性 ⁽⁶⁾	人体放电模型	3kV
	机器放电模型	300V
	充电器件模型	750V
贮存温度 ⁽⁷⁾		-65°C 至 +150°C
有关焊接规格、请参阅 www.ti.com/packaging 上的产品文件夹和 SNOA549 ⁽⁸⁾		

- 绝对最大额定值表示超过之后可能对器件造成损坏的限值。运行额定值表示器件可正常工作的条件，但不保证特定性能限制。有关保证的规格和测试条件，请参阅“电气特性”。保证的规格仅适用于所列出的测试条件。当器件未在列出的测试条件下运行时，某些性能特性可能会降级。
- 除非另有说明，否则所有电压均以 GND 为基准测量。
- 如果需要军用/航天专用器件，请与 TI 销售办事处/经销商联系以了解供货情况和技术规格。
- 如果任何引脚处的输入电压 (V_{IN}) 超过电源电压 ($V_{IN} < (GND \text{ 或 } AGND)$ 或 $V_{IN} > V_{DD}$ ，模拟电压输入除外)，则相应引脚处的电流不应超过 10mA。100mA 的最大封装输入电流额定值将可安全超出电源电压的引脚 (输入电流为 10mA) 数量限制为十个。下面显示了 LM94 引脚的寄生元件和/或 ESD 保护电路。应该注意不要对引脚 D+ 和 D- 上的寄生二极管 D1 进行正向偏置 (如电路 C 和 D 所示)。如果正向偏置电压超过 50mV，则可能会破坏温度测量值。D1 和 ESD 钳位连接在 V+ (V_{DD} 、AD_IN16) 和 GND 之间，如电路 B 所示。SNP 表示迅速反向器件。
- $T_J = T_A = 25^\circ C$ 时为典型参数，表示最可能的参数标准。
- 人体放电模型，100pF 通过 1.5k Ω 电阻器放电。机器放电模型，直接对每个引脚进行 200pF 放电。充电器件模型 (CDM) 模拟引脚缓慢获取电荷 (例如从自动装配机中沿进料器滑动的器件获取电荷)，然后快速放电。
- 无铅和非无铅封装的回流温度曲线不同。
- 有关焊接表面贴装器件的其他建议和方法，请参阅 URL “www.ti.com/packaging”。

5.2 运行额定值

请参阅 (1) (2)

	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
工作温度范围	$0^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$
标称电源电压	3.3V
电源电压范围 (V_{DD})	+3.0V 至 +3.6V
VID0-VID5	-0.05V 至 +5.5V
数字输入电压范围	-0.05V 至 ($V_{DD} + 0.05V$)

请参阅 (1) (2)

封装热阻 (3)	79°C/W
-------------	--------

- (1) 绝对最大额定值表示超过之后可能对器件造成损坏的限值。运行额定值表示器件可正常工作的条件，但不保证特定性能限制。有关保证的规格和测试条件，请参阅“电气特性”。保证的规格仅适用于所列出的测试条件。当器件未在列出的测试条件下运行时，某些性能特性可能会降级。
- (2) 除非另有说明，否则所有电压均以 GND 为基准测量。
- (3) 在温度升高时，最大功率耗散必须降额，其值由 T_{JMAX} 、 θ_{JA} 和环境温度 T_A 决定。任何环境温度下的最大允许功率耗散为 $P_{D MAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}$ 。对于在安装到 1oz 铜箔 PCB 时 LM94 的 θ_{JA} ，下表列出了不同空气流量下的 θ_{JA} 。

空气流量	结至环境热阻 θ_{JA}
0m/s	79°C/W
1.14m/s (225LFPM)	62°C/W
2.54m/s (500LFPM)	52°C/W

5.3 直流电气特性

除非另有说明，否则以下限值适用于 +3.0V_{DC} 至 +3.6V_{DC}。粗体限值适用于 $T_A = T_J$ (工作范围内的 T_{MIN} 至 T_{MAX})；所有其他限值适用于 $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。 T_A 是 LM94 的环境温度； T_J 是 LM94 的结温； T_D 是热敏二极管的结温。

参数		测试条件	典型值 (1)	限值 (2)	单位 (限值)
电源特性					
	电源电流	正在转换，接口和风扇未运行，峰值电流	2	2.75	mA (最大值)
		正在转换，接口和风扇未运行，平均电流	1.6		mA
	上电复位阈值电压		2	1.6	V (最小值)
				2.7	V (最大值)
温度数字转换器特性					
	整个范围内的本地温度精度	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	± 2	± 3	$^\circ\text{C}$ (最大值)
		$T_A = +55^\circ\text{C}$	± 1	± 2.5	$^\circ\text{C}$ (最大值)
	本地温度分辨率		1		$^\circ\text{C}$
	整个范围内的远程热敏二极管温度精度；适用于典型的 90nm 或 65nm 工艺 Pentium 处理器 ⁽³⁾	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ 且 $0^\circ\text{C} \leq T_D \leq 100^\circ\text{C}$		± 3	$^\circ\text{C}$ (最大值)
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ 且 $T_D = 70^\circ\text{C}$		± 2.5	$^\circ\text{C}$ (最大值)
	远程热敏二极管温度精度；适用于典型的 90nm 或 65nm 工艺 Pentium 处理器 ⁽³⁾	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ 且 $25^\circ\text{C} \leq T_D \leq 70^\circ\text{C}$	± 1		$^\circ\text{C}$
	远程温度分辨率		1		$^\circ\text{C}$
	热敏二极管源极电流	高电平	172	230	μA (最大值)
		低电平	10.75		μA
	热敏二极管电流比		16		
T_C	总监控周期时间			100	ms (最大值)
模数电压测量转换器特性					

5.3 直流电气特性 (续)

除非另有说明, 否则以下限值适用于 +3.0V_{DC} 至 +3.6V_{DC}。粗体限值适用于 $T_A = T_J$ (工作范围内的 T_{MIN} 至 T_{MAX}) ; 所有其他限值适用于 $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。 T_A 是 LM94 的环境温度; T_J 是 LM94 的结温; T_D 是热敏二极管的结温。

参数		测试条件	典型值 (1)	限值 (2)	单位 (限值)
TUE	总体未调整误差(4) (5)			±2	占 FS 的百分比 (最大值)
DNL	差分非线性		±1		LSB
PSS	电源 (V _{DD}) 灵敏度		±1		(占 FS 的) %/V
T _C	总监控周期时间			100	ms (最大值)
	带分压器的输入的输入电阻		200	140	kΩ (最小值)
	AD_IN1 至 AD_IN3 和 AD_IN15 模拟输入漏电流(6)			60	nA (最大值)
基准输出 (V_{REF}) 特性					
	容差			±1	% (最大值)
V _{REF}	输出电压(7)		2.500	2.525 2.475	V (最大值) V (最小值)
	负载调节	I _{SOURCE} = -2mA I _{SINK} = 2mA	0.1		%
数字输出: PWM1、PWM2					
I _{OL}	最大灌电流			8	mA (最小值)
V _{OL}	输出低电压	I _{OUT} = 8.0mA		0.4	V (最大值)
数字输出: 全部					
V _{OL}	输出低电压 (请注意, 电流过大会导致自发热并使内部温度精度降低。)	I _{OUT} = 4.0mA		0.4	V (最小值)
		I _{OUT} = 6mA		0.55	V (最小值)
I _{OH}	高电平输出漏电流	V _{OUT} = V _{DD}	0.1	10	μA (最大值)
I _{OTMAX}	所有数字输出组合的最大总灌电流			32	mA (最大值)
C _O	数字输出电容		20		pF
数字输入: 全部					
V _{IH}	除 Address Select 以外的输入高电压(8)			2.1	V (最小值)
V _{IL}	除 Address Select 以外的输入低电压(8)			0.8	V (最大值)
V _{IH}	Address Select 的输入高电压(8)			90% V_{DD}	V (最小值)
V _{IM}	Address Select 的输入中电压			43% V_{DD} 57% V_{DD}	V (最小值) V (最大值)

5.3 直流电气特性 (续)

除非另有说明, 否则以下限值适用于 +3.0V_{DC} 至 +3.6V_{DC}。粗体限值适用于 $T_A = T_J$ (工作范围内的 T_{MIN} 至 T_{MAX}) ; 所有其他限值适用于 $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ (除非另有说明)。 T_A 是 LM94 的环境温度; T_J 是 LM94 的结温; T_D 是热敏二极管的结温。

参数		测试条件	典型值 (1)	限值 (2)	单位 (限值)
V _{IL}	Address Select 的输入低电压 ⁽⁸⁾			10% V _{DD}	V (最大值)
V _{HYST}	DC 迟滞		0.3		V
I _{IH}	输入高电流	V _{IN} = V _{DD}		-10	μA (最小值)
I _{IL}	输入低电流	V _{IN} = 0V		10	μA (最大值)
C _{IN}	数字输入电容		20		pF
数字输入: P1_VIDx、P2_VIDx、GPI_9、GPI_8、GPIO_7、GPIO_6、GPIO_5、GPIO_4 (当在寄存器 BEh GPI/VID 电平控制中设置相应的位时)					
V _{IH}	备用输入高电压 (与 AGTL+ 兼容)			0.8	V (最小值)
V _{IL}	备用输入低电压 (与 AGTL+ 兼容)			0.4	V (最大值)

- (1) $T_J = T_A = 25^\circ\text{C}$ 时为典型参数, 表示最可能的参数标准。
- (2) 限值特定于德州仪器 (TI) 的 AOQL (平均出厂质量水平)。
- (3) 在该规格首次发布时 (2006 年 1 月), 如果选择 TruTherm, 则该规格适用于 90nm 或 65nm 工艺 Pentium 或 Xeon 处理器。如果未选择 TruTherm, 则该规范适用于 MMBT3904。该规格包含由二极管理想性和串联电阻参数的可变性引起的误差。
- (4) 总监控周期时间包括所有温度和电压转换。
- (5) TUE (总体未调整误差) 包括 ADC 的失调电压、增益和线性误差。
- (6) 温度每增加 20°C , 漏电流大约增加一倍。
- (7) 40mA 的总数字 I/O 电流可能会导致 V_{ref} 产生 6mV 的失调电压。
- (8) 时序规格是在 TTL 逻辑电平下测试的, 在下降沿 V_{IL} = 0.4V, 在上升沿 V_{IH} = 2.4V。TRI-STATE 输出电压被强制设置为 1.4V。

5.4 交流电气特性

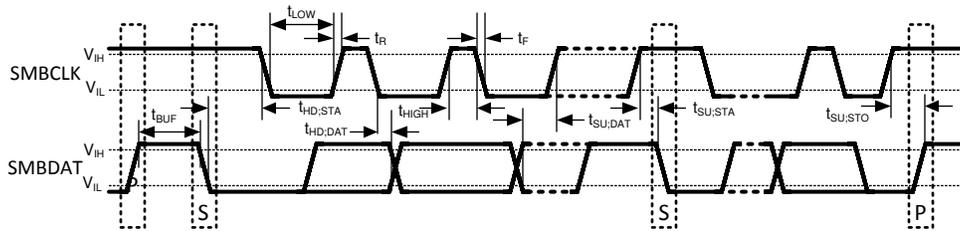
除非另有说明，否则以下限值适用于 +3.0V_{DC} 至 +3.6V_{DC}。粗体限值适用于 $T_A = T_J =$ 工作范围内的 T_{MIN} 至 T_{MAX} ；所有其他限值适用于 $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ （除非另有说明）。

参数		测试条件	典型值 (1)	限值 (2)	单位 (限值)
风扇 RPM 转数字特性					
	计数器分辨率		14		位
	计数所基于的风扇转速计脉冲数		2		个脉冲
	计数器频率		22.5		kHz
	精度			±6	% (最大值)
PWM 输出特性					
	频率容差			±6	% (最大值)
	占空比容差		±2	±6	% (最大值)
复位输入/输出特性					
	上电时的输出脉冲宽度			250 330	ms (最小值) ms (最大值)
	最小输入脉冲宽度			10	μs (最小值)
	复位输出下降时间	1.6V 至 0.4V 逻辑电平		1	μs (最大值)
SMBus 时序特性					
f _{SMBCLK}	SMBCLK (时钟) 时钟频率			10 100	KHz (最小值) kHz (最大值)
t _{BUF}	停止条件和启动条件之间的 SMBus 空闲时间			4.7	μs (最小值)
t _{HD;STA}	(重复) 启动条件的保持时间。在此周期后，生成第一个时钟。			4.0	μs (最小值)
t _{SU;STA}	重复的启动条件建立时间			4.7	μs (最小值)
t _{SU;STO}	停止条件建立时间			4.0	μs (最小值)
t _{SU;DAT}	数据输入到 SMBCLK 高电平的建立时间			250	ns (最小值)
t _{HD;DAT}	SMBCLK 低电平后数据输出保持时间			300 1075	ns (最小值) ns (最大值)
t _{LOW}	SMBCLK 低电平周期			4.7 50	μs (最小值) μs (最大值)
t _{HIGH}	SMBCLK 高电平周期			4.0 50	μs (最小值) μs (最大值)

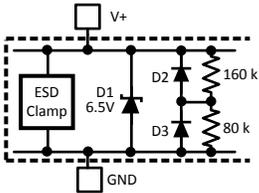
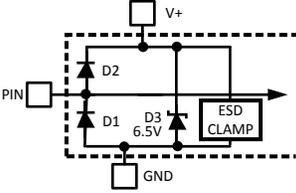
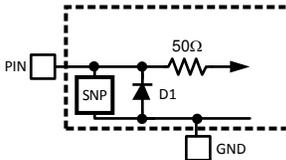
除非另有说明，否则以下限值适用于 +3.0V_{DC} 至 +3.6V_{DC}。粗体限值适用于 $T_A = T_J =$ 工作范围内的 T_{MIN} 至 T_{MAX} ；所有其他限值适用于 $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$ （除非另有说明）。

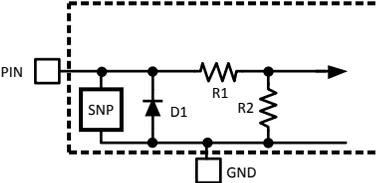
参数		测试条件	典型值 (1)	限值 (2)	单位 (限值)
t_R	上升时间			1	μs (最大值)
t_F	下降时间			300	ns (最大值)
$t_{TIMEOUT}$	超时 将串行总线接口 复位到空闲状态 所需的 SMBDAT 或 SMBCLK 低电平时间		31	25 35	ms ms (最小值) ms (最大值)
t_{POR}	上电复位后器件必须运行的时间	$V_{DD} > +2.8\text{V}$		500	ms (最大值)
C_L	SMBCLK 和 SMBDAT 上的电容负载			400	pF (最大值)

- (1) $T_J = T_A = 25^\circ\text{C}$ 时为典型参数，表示最可能的参数标准。
 (2) 限值特定于德州仪器 (TI) 的 AOQL (平均出厂质量水平)。



符号	引脚编号	电路	所有输入电路
GPIO_0/TACH1	1	A	<p>图 5-1. 电路 A</p>
GPIO_1/TACH2	2	A	
GPIO_2/TACH3	3	A	
GPIO_3/TACH4	4	A	
GPIO_4/P1_THERMTRIP	5	A	
GPIO_5/P2_THERMTRIP	6	A	
GPIO_6	7	A	
GPIO_7	8	A	
VRD1_HOT	9	A	
VRD2_HOT	10	A	
SCSI_TERM1	11	A	

符号	引脚编号	电路	所有输入电路	
SCSI_TERM2	12	A	 <p>图 5-2. 电路 B</p>	
SMBDAT	13	A		
SMBCLK	14	A		
ALERT/XtestOut	15	A		
RESET	16	A		
AGND	17	B (在内部短接至 GND 引脚。)		
V _{REF}	18	A		
REMOTE1 -	19	C		 <p>图 5-3. 电路 C</p>
REMOTE1+	20	D		
REMOTE2 -	21	C		
REMOTE+	22	D		
AD_IN1	23	D		
AD_IN2	24	D		
AD_IN3	25	D		
AD_IN4	26	E		
AD_IN5	27	E		
AD_IN6	28	E		
AD_IN7	29	E	 <p>图 5-4. 电路 D</p>	
AD_IN8	30	E		
AD_IN9	31	E		
AD_IN10	32	E		
AD_IN11	33	E		
AD_IN12	34	E		
AD_IN13	35	E		
AD_IN14	36	E		
AD_IN15	37	D		
ADDR_SEL	38	A		
AD_IN16/V _{DD} (V+)	39	B		
GND	40	B (在内部短接至 AGND)		
PWM1	41	A		
PWM2	42	A		
P1_VID0	43	A		
P1_VID1	44	A		

符号	引脚编号	电路	所有输入电路
P1_VID2	45	A	 <p>图 5-5. 电路 E</p>
P1_VID3	46	A	
P1_VID4	47	A	
P1_VID5	48	A	
P1_PROCHOT	49	A	
P2_PROCHOT	50	A	
P2_VID0	51	A	
P2_VID1	52	A	
P2_VID2	53	A	
P2_VID3	54	A	
P2_VID4	55	A	
P2_VID5	56	A	

6 详细说明

6.1 概述

LM94 提供 16 个电压监控通道、4 个远程热敏二极管监控器、一个内部/本地环境温度传感器、2 个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 监控器、4 个风扇转速计、8 个 GPIO、用于屏蔽错误事件的 THERMTRIP 监控器、2 组 VID 输入 (每组 7 个)、 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出和位于单个芯片上的所有相关限值寄存器，并通过系统管理总线 (SMBus) 与基板的其余部分进行通信。LM94 还提供 2 个 PWM 输出和相关的风扇控制逻辑，用于控制系统风扇的转速。有两组风扇控制逻辑，即查找表和 PI (比例/积分) 环路控制器。查找表和 PI 控制器是交互式的，这样风扇会以所需的最快转速运行。在发生温度或风扇转速错误事件时，可以对 PWM 输出进行编程，使其自动增强至 100% 占空比。包含一个计时器，用于设置由风扇转速错误激活时风扇处于增强状态的最短时间。

LM94 采用德州仪器 (TI) 的 TruTherm 技术，能够对 90nm 工艺几何形状或更小的处理器进行精确的“远程二极管”读取。外部热敏二极管和内部温度传感器的读数采用 9 位二进制补码数字值提供，LSb 表示 0.5°C。滤波温度读数采用 12 位二进制补码数字值，LSB 表示 0.0625°C。

除 4 个模拟输入之外的所有模拟输入均包含内部调节电阻器。测量 $\pm 12\text{V}$ 时需要使用外部调节电阻器。输入被转换为 8 位数字值，这样对于正电压，标称电压显示为 $\frac{3}{4}$ 标度，对于负电压，标称电压显示为 $\frac{1}{4}$ 标度。模拟输入旨在连接到基板驻留 VRD 和 SSI 兼容电源供电的标准电压轨。

LM94 具有将一组动态移动的 VID 输入绑定到与其关联的 Vccp 模拟输入的逻辑，用于实时确定窗口比较故障。LM94 支持 VRD10、VRD10 扩展以及 VRD11 的电压映射。当选择 VRD10 模式时，GPI8 和 GPI9 可用于检测其状态会反映在状态寄存器中的外部错误标志。

错误事件被捕获到两组镜像状态寄存器 (BMC 错误状态寄存器和主机状态寄存器) 中，从而允许两个控制器访问状态信息，而不会受到任何干扰。

LM94 的 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出支持中断运行模式或比较器运行模式。比较器模式仅适用于热监测。

LM94 提供了许多内部寄存器，本文档的节 6.4 部分对这些寄存器进行了详细介绍。

6.2 特性说明

6.2.1 监控周期时间

当 LM94 通电时，它会按顺序循环执行每个温度测量以及模拟电压测量，并连续循环执行该序列。总监控周期时间不超过 100ms，因为这是大多数外部微控制器读取寄存器值所需的时长。

每个测量值会与存储在限值寄存器中的值进行比较。当测量值超出编程的限值时，会设置 B_Error 和 H_Error 状态寄存器中的相应状态位。

$\overline{\text{PROCHOT}}$ 转速计和动态 VID/Vccp 监控是独立于模拟和温度监控周期执行的。

6.2.2 Σ - Δ A/D 固有均值计算

Σ - Δ A/D 架构对输入信号进行滤波。在一次转换期间会获取输入电压的许多样本，并且会对这些样本进行有效的均值计算，以得出最终结果。 Σ - Δ A/D 的输出是采样间隔期间信号的平均值。对于电压测量，样本累积 1.5ms。对于温度测量，样本累积 8.4ms。

6.2.3 温度监测

LM94 远程二极管目标是 90nm 工艺 Xeon 级处理器中的嵌入式热敏二极管，但也可与任何基于 Intel 的 90nm 或 65nm 的处理器一起使用。LM94 具有采用 TI 的 TruTherm 技术的先进热敏二极管输入级，可减少亚微米级几何形状热敏二极管中的非理想分布。热敏二极管输入级中包括内部模拟滤波，从而更大幅度地减少了对外部热敏二极管滤波电容器的需求。此外，还包含一个用于读取热敏二极管温度的数字滤波器。

在某些情况下，也可以使用二极管连接的 2N3904 晶体管类型，而不是使用 Xeon 处理器中采用的嵌入式热敏二极管。例如 MMBT3904，其集电极和基极连接到热敏二极管 REMOTE+ 引脚，发射器连接到热敏二极管 REMOTE- 引脚。由于 MMBT3904 是表面贴装器件，热质量非常小，因此该晶体管会测量电路板上安装该器件

的位置的温度。不同二极管的理想性和串联电阻各不相同。因此，LM94 具有寄存器支持，允许在 2N3904 和 Xeon 处理器之间进行校准选择。LM94 针对采用典型的 90nm 或 65nm 工艺 Intel 处理器或 2N3904 晶体管进行了优化。可以使用其他晶体管类型，但可能具有其他误差，可以通过对相应的区域调整偏移寄存器进行编程来纠正这些误差。

LM94 从四个不同的源获取温度数据：

- 4 个外部二极管（嵌入在处理器中或为分立式元件）
- 1 个内部二极管（位于 LM94 内部）
- 2 个连接到 AD_IN11 或 AD_15 引脚的模拟温度传感器（例如 LM60）
- 温度值可以通过 SMBus 从外部写入 LM94 寄存器。

所有这些值，虽然不一定同时使用，但都可用于控制风扇，与限值进行比较等。

温度值寄存器位于地址 06h-09h、50h-55h 和 10h-23h。为方便起见，温度源被称为“区域”：

区域	说明
区域 1a	处理器 1 远程二极管 1 (REMOTE1a+、REMOTE1-)
区域 1b	处理器 1 远程二极管 2 (REMOTE1b+、REMOTE1 -)
区域 2a	处理器 2 远程二极管 1 (REMOTE2a+、REMOTE2-)
区域 2b	处理器 2 远程二极管 2 (REMOTE2b+、REMOTE2 -)
区域 3	内部 LM94 片上传感器或连接到 AD_IN11 的外部 LM60 模拟传感器；也接受通过 SMBus 进行的写入
区域 4	通过 SMBus 写入寄存器 53h 或连接到 AD_IN15 的外部 LM60 模拟传感器的外部数字温度值

6.2.3.1 “远程二极管” TruTherm 模式

更准确地说，应将处理器“远程热敏二极管”称作晶体管。LM93 将“远程二极管”视为二极管，因此会引入误差。随着处理器几何形状的不断缩小，这些误差已变得更加明显。LM94 可以使用将远程器件视为晶体管的新型 TruTherm 技术来检测“远程二极管”。TruTherm 模式对于 90nm 和更小几何形状上的处理器更加精确。LM94 仍支持旧的二极管方法，并针对 2N3904 晶体管类型进行了校准。

6.2.3.2 温度数据格式

LM94 的大多数温度数据以三种格式表示：

- LSb 等于 1.0°C 的 8 位二进制补码字节；这适用于温度测量以及任何温度限值寄存器和某些配置寄存器。

温度 ⁽¹⁾	二进制	十六进制
+125°C	0111 1101	7Dh
+25°C	0001 1001	19h
+1.0°C	0000 0001	01h
0°C	0000 0000	00h
-1.0°C	1111 1111	FFh
-25°C	1110 0111	E7h
-55°C	1100 1001	C9h
-127°C	1000 0001	81h

(1) 在限值寄存器中，值 80h 具有特殊的含义。该值意味着温度通道被屏蔽。此外，温度读数 80h 表示热敏二极管故障。

- LSb 等于 0.5°C 的 9 位二进制补码字；这适用于未滤波温度测量扩展分辨率值寄存器

温度	二进制		十六进制
	MSB	LSB	
+125.5°C	0111 1101	1000 0000	7D 80h
+25.5°C	0001 1001	1000 0000	19 80h
+0.5°C	0000 0000	1000 0000	00 80h
0°C	0000 0000	0000 0000	00 00h
-0.5°C	1111 1111	1000 0000	FF 80h
-25.5°C	1110 0111	1000 0000	E7 80h
-55.5°C	1100 1001	1000 0000	C9 80h
-127.5°C	1000 0001	1000 0000	81 80h

- LSb 等于 0.0625°C 的 12 位二进制补码字；这适用于扩展滤波温度测量扩展分辨率值寄存器

温度	二进制		十六进制
	MSB	LSB	
+125.0625°C	0111 1101	0001 0000	7D 10h
+25.0625°C	0001 1001	0001 0000	19 10h
+1.0625°C	0000 0001	0001 0000	01 10h
0°C	0000 0000	0000 0000	00 00h
-0.0625°C	1111 1111	1111 0000	FF F0h
-25.0625°C	1110 0111	1111 0000	E7 F0h
-55.0625°C	1100 1001	1111 0000	C9 F0h
-127.0625°C	1000 0000	1111 0000	80 F0h

一些风扇控制配置寄存器使用四位且采用无符号二进制格式，有关该 4 位格式的更多详细信息，请参阅节 6.2.18 配置寄存器说明。

6.2.3.3 热敏二极管故障状态

LM94 通过远程热敏二极管提供故障（开路或短路）指示。在更新远程二极管转换之前，会检查远程二极管的状态是否存在开路或短路情况。如果发生此类故障情况，则会在状态寄存器中设置状态位。短路定义为二极管引脚相互连接。当检测到开路或短路时，相应的温度寄存器被设置为 80h。

6.2.4 风扇增强的事件错误

温度提升错误和转速计错误事件会使风扇控制 PWM 输出完全开启。提升温度错误事件将使两个 PWM 输出完全开启，而转速计事件可以绑定到 PWM1 或 PWM2。

如果四个温度区域中的任何一个温度超过该区域的风扇增强温度限值，则会发生风扇增强温度事件。某个温度超过增强限值后，在增强条件被停用之前，该温度必须下降至等于增强限值减增强迟滞的值。区域 1 和 2 的默认设置为 60°C，区域 3 和 4 的默认设置为 35°C。

可以通过转速计风扇增强控制寄存器来启用转速计错误增强功能。根据转速计到 PWM 绑定位的设置，在检测到未屏蔽的风扇转速计错误事件时，一个或两个 PWM 输出将变为 100% 占空比。当转速计读数超过其风扇转速计限值寄存器中设置的值时，会发生风扇转速计错误事件。错误事件结束后，PWM 输出将在一个时间间隔内保持 100% 占空比，该时间间隔为转速计增强超时，在转速计风扇增强控制寄存器进行编程。如果转速计错误事件在超时间隔中间再次出现，则转速计增强超时间隔将被复位，并在错误事件结束后重新启动。

6.2.5 电压监控

LM94 包含用于监控电压的输入。对于调节，正确的值是指除 ±12V 之外的所有输入大约为 3/4 标度或十进制 192。除 ±12V 之外，调节是通过使用内部电阻分压器实现的。这些输入的典型输入电阻为 200kΩ。输入电压由 8 位 Δ-Σ A/D 进行转换。Δ-Σ A/D 架构为模拟输入信号提供固有的滤波和尖峰平滑处理。

必须在外部对 ±12V 输入进行调节。向这些输入施加 1.236V 时，会获得满量程读数。为了获得最佳性能，应对 +12V 进行调节以提供标称 ¾ 满量程读数，应对 -12V 进行调节以提供标称 ¼ 标度读数。引脚处的戴维宁电阻应保持在 1kΩ 和 7kΩ 之间。

-12V 监控特别具有挑战性。需要使用外部失调电压和外部电阻器将 -12V 电压轨置于 A/D 输入的正输入电压区域内。建议将 LM94 器件的电源轨用作失调电压。该电压通常通过精度为 ±1% 的线性稳压器从 P/S 5V 待机电压轨获得。通过这种方式，我们始终可以假设当存在 -12V 电压轨时存在失调电压，因为在没有 3.3V 待机电压的情况下无法开启系统。

表 6-1. 电压与寄存器读数

引脚	正常使用	标称电压	标称电压下的寄存器读数	最大电压	最大电压下的寄存器读数	最小电压	最小电压下的寄存器读数	绝对最大范围
AD_IN1	+12V1	0.927V	C0h	1.236V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 (V _{DD} + 0.05V)
AD_IN2	+12V2	0.927V	C0h	1.236V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 (V _{DD} + 0.05V)
AD_IN3	+12V3	0.927V	C0h	1.236V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 (V _{DD} + 0.05V)
AD_IN4	FSB_Vtt	1.20V	C0h	1.60V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN5	3GIO	1.5V	C0h	2V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN6	ICH_Core	1.5V	C0h	2V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN7	Vccp1	1.20V	C0h	1.60V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN8	Vccp2	1.20V	C0h	1.60V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN9	+3.3V	3.30V	C0h	4.40V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN10	+5V	5.0V	C0h	6.667V	FAh	0V	00h	-0.3V 至 +6.5V
AD_IN11	SCSI_Core	2.5V	C0h	3.333V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN12	Mem_Core	1.969V	C0h	2.625V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN13	Mem_Vtt	0.984V	C0h	1.312V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V

表 6-1. 电压与寄存器读数 (续)

引脚	正常使用	标称电压	标称电压下的寄存器读数	最大电压	最大电压下的寄存器读数	最小电压	最小电压下的寄存器读数	绝对最大范围
AD_IN14	Gbit_Core	0.984V	C0h	1.312V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 +6.0V
AD_IN15	-12V	0.309V	40h	1.236V	FFh	0V	00h	-0.3V 至 (V _{DD} + 0.05V)
AD_IN16	+3.3V S/B	3.3V	C0h	3.6V	D1h	3.0V	A Eh	-0.3V 至 +6.0V

该表中列出的标称电压仅为典型值。可以监控具有不同标称电压的电压轨，但标称值处的寄存器读数不再是 C0h。例如，可以使用 AD_IN12 监控 2.5V 标称值的 Mem_Core 电压轨，或者可以使用 AD_IN13 监控 1.2V 时的 Mem_Vtt 电压轨。

AD_IN16 也是 LM94 的电源引脚，因此特殊的限制适用于该 AD 输入。LM94 的额定工作电压范围为 3.0V 至 3.6V，因此该引脚的电压输入受到该限制的约束。还应注意不要对该引脚施加超过 6V 的电压，以防止造成灾难性的损坏。

6.2.6 建议用于 +12V 电源轨的外部调节电阻器

+12V 输入需要使用外部调节电阻器。电阻器需要将 12V 向下调节至 0.927V。

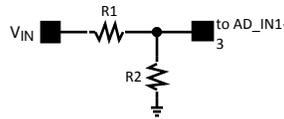


图 6-1. +12V 电源输入所需的外部调节电阻器

要计算所需的 R1 与 R2 之比，请使用以下公式：

$$\frac{R1}{R2} = \frac{12}{0.927} - 1 = 11.04498 \quad (1)$$

建议分压器的等效戴维宁电阻介于 1k 和 7k 之间，以更大限度地减少极端温度下漏电流引起的误差。电阻器的最佳值为：R1 = 13.7kΩ，R2 = 1.15kΩ。这样可得到 11.94498 的比率，该比率相对于理论值具有 +0.27% 的偏差。还建议电阻器具有 ±1% 或更佳的容差。

电压值寄存器中的每个 LSB 的权重为 12V/192 = 62.5mV。要计算 +12V 电源输入的实际电压，请使用以下公式：

$$V_{IN} = (8\text{-bit value register code}) \times (62.5 \text{ mV}) \quad (2)$$

6.2.7 -12V 电源输入的建议外部调节电路

-12V 输入需要采用外部电阻器对 -12V 至 +0.309V 的标称输入电压进行电平转换。

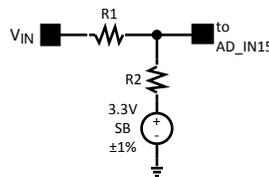


图 6-2. -12V 电源输入所需的外部电平转换电阻器

+3.3V 待机电压用作电平转换的基准。因此，该电压的容差直接影响 -12V 读数的精度。为了最大限度地减小比率误差，应使用优于 ±1% 的容差。建议分压器的等效戴维宁电阻介于 1k 和 7k 之间，以最大限度地减少极端温度下漏电流引起的误差。要计算 R1 与 R2 之比，请使用以下公式：

$$\frac{R1}{R2} = \frac{(V_{IN} - V_{REF})}{(AD_IN - V_{REF})} - 1 \tag{3}$$

其中 V_{IN} 是 -12V 的标称输入电压，V_{REF} 是 +3.3V 的基准电压，AD_IN 是为了实现 ¼ 标度读数或 0.309V AD 输入端所需的电压。

因此，在本例中：

$$\frac{R1}{R2} = \frac{(-12 - 3.3)}{(0.309 - 3.3)} - 1 = 4.11535 \tag{4}$$

为 5.76kΩ 的 R1 和 1.4kΩ 的 R2 使用标准 1% 电阻器值，则 R1 与 R2 之比为 4.1143。

可以使用以下公式通过值寄存器读数 (VR) 来计算输入电压 V_{IN}：

$$\begin{aligned} V_{IN} \frac{R1}{R2} &= (+ 1) \times \left[\left(1.236V \times \frac{VR}{256} \right) - 3.3V \right] + 3.3V \\ &= (24.69 \text{ mV} \times VR) - 13.5771V \end{aligned} \tag{5}$$

下表汇总了接近 -12V 的值寄存器读数的理论电压值。

值寄存器	V _{IN}	相对于 -12V 的差值百分比
15	-13.2068	-10.0563
16	-13.1821	-9.8505
17	-13.1574	-9.6448
18	-13.1327	-9.4390
19	-13.1080	-9.2332
20	-13.0833	-9.0275
21	-13.0586	-8.8217
22	-13.0339	-8.6159
23	-13.0092	-8.4101
24	-12.9845	-8.2044
25	-12.9598	-7.9986
26	-12.9351	-7.7928
27	-12.9104	-7.5871
28	-12.8858	-7.3813
29	-12.8611	-7.1755
30	-12.8364	-6.9698
31	-12.8117	-6.7640
32	-12.7870	-6.5582
33	-12.7623	-6.3524
34	-12.7376	-6.1467
35	-12.7129	-5.9409
36	-12.6882	-5.7351
37	-12.6635	-5.5294

值寄存器	V_{IN}	相对于 -12V 的差值百分比
38	-12.6388	-5.3236
39	-12.6141	-5.1178
40	-12.5894	-4.9121
41	-12.5648	-4.7063
42	-12.5401	-4.5005
43	-12.5154	-4.2947
44	-12.4907	-4.0890
45	-12.4660	-3.8832
46	-12.4413	-3.6774
47	-12.4166	-3.4717
48	-12.3919	-3.2659
49	-12.3672	-3.0601
50	-12.3425	-2.8544
51	-12.3178	-2.6486
52	-12.2931	-2.4428
53	-12.2684	-2.2370
54	-12.2438	-2.0313
55	-12.2191	-1.8255
56	-12.1944	-1.6197
57	-12.1697	-1.4140
58	-12.1450	-1.2082
59	-12.1203	-1.0024
60	-12.0956	-0.7967
61	-12.0709	-0.5909
62	-12.0462	-0.3851
63	-12.0215	-0.1793
64	-11.9968	0.0264
65	-11.9721	0.2322
66	-11.9474	0.4380
67	-11.9228	0.6437
68	-11.8981	0.8495
69	-11.8734	1.0553
70	-11.8487	1.2610
71	-11.8240	1.4668
72	-11.7993	1.6726
73	-11.7746	1.8784
74	-11.7499	2.0841
75	-11.7252	2.2899
76	-11.7005	2.4957
77	-11.6758	2.7014
78	-11.6511	2.9072
79	-11.6264	3.1130
80	-11.6018	3.3188
81	-11.5771	3.5245
82	-11.5524	3.7303
83	-11.5277	3.9361

值寄存器	V_{IN}	相对于 -12V 的差值百分比
84	-11.5030	4.1418
85	-11.4783	4.3476
86	-11.4536	4.5534
87	-11.4289	4.7591
88	-11.4042	4.9649
89	-11.3795	5.1707
90	-11.3548	5.3765
91	-11.3301	5.5822
92	-11.3054	5.7880
93	-11.2807	5.9938
94	-11.2561	6.1995
95	-11.2314	6.4053
96	-11.2067	6.6111
97	-11.1820	6.8168
98	-11.1573	7.0226
99	-11.1326	7.2284
100	-11.1079	7.4342
101	-11.0832	7.6399
102	-11.0585	7.8457
103	-11.0338	8.0515
104	-11.0091	8.2572
105	-10.9844	8.4630
106	-10.9597	8.6688
107	-10.9351	8.8745
108	-10.9104	9.0803
109	-10.8857	9.2861
110	-10.8610	9.4919
111	-10.8363	9.6976
112	-10.8116	9.9034
113	-10.7869	10.1092

6.2.8 向其他模拟输入添加外部调节电阻器

除 AD_IN1 至 AD_IN3 和 AD_IN15 以外的所有模拟输入均包含内部电阻分压器。如果考虑内部分压器引起的误差，则可以使用外部调节电阻器进一步调节 AD_IN4 至 AD_IN14 输入。图 6-3 中显示的内部电阻器 $R_{IN1} + R_{IN2}$ 将向外部分压器施加最小 140k Ω 的阻性负载。

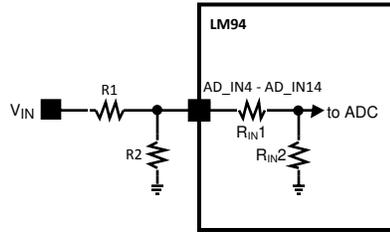


图 6-3. 内部电阻器 RIN1 + RIN2

6.2.9 使用 VID 进行动态 Vccp 监控

使用 P1_VIDx 和 P2_VIDx 输入动态监控 AD_IN7 (CPU1 Vccp) 和 AD_IN8 (CPU2 Vccp) 输入，以确定限值。动态比较的运行独立于使用静态编程限值的静态比较。对于采用 Intel CPU 的主板上使用的稳压器 (VRM 或 VRD)，LM94 以四种不同的 VID 运行模式支持 3 种不同的规范。支持的稳压器规范为 VRD10/VRM10、VRD10.2 扩展和 VRD11/VRM11，在本文档中，这些规范分别称为 VRD10、VRD10.2 和 VRD11 规范。

根据 VRD 10 规范，当 VID 信号斜升或斜降为一个新值时，它一次阶跃一个 LSB，每 5 μ s 发生一次阶跃。在更坏的情况下，一次最多可以在 100 μ s 内发生 20 次阶跃。来自 VRD 的 Vccp 电压必须在上次 VID 变化后的 50 μ s 内稳定到新值。LM94 预计在 VRD10 模式下 VID 变化的频率不会高于每 5 μ s 一次。类似地，LM94 可以支持 VRD10.2 和 VRD11 规范的时序要求。

VID 信号可由处理器在程序控制下、通过内部热事件或外部控制 (例如强制实现 $\overline{\text{PROCHOT}}$) 进行更改。

可以在不同的 VRM/VRD 规范中找到每个 VID 代码值选择的基准电压。LM94 会忽略由线间偏移引起的瞬态 VID 值。有关最坏情况下的线间偏移，请参阅 VRM/VRD 规范。

LM94 对一个采样窗口内的 VID 值求平均值，以确定在该采样窗口期间 VID 输入指示的平均电压。电压转换周期完成后，LM94 会根据平均 VID 值 (而非瞬时值) 进行限值比较。上限是通过将上限偏移与 VID 指示的平均电压相加来确定的。下限是通过用 VID 指示的平均电压减去下限偏移来确定的。如果 AD_IN7 (或 AD_IN8) 电压超出上限和下限，则会生成错误事件。动态和静态比较每 100ms 执行一次。平均时间间隔为 1.5ms。

如果在 Vccp 采样窗口期间的任何时间 VID 代码指示 VRD/VCCP 应关闭其输出，则针对该采样的动态 Vccp 检查被禁用。

比较精度为 $\pm 25\text{mV}$ ，因此必须设置比较限值以包含该误差。由于 Vccp 电压可能处于稳定至新值的过程中 (由于 VID 变化)，因此在设置上限和下限偏移时应考虑该稳定。

LM94 对动态 Vccp 检查的上限电压有限制。上限不能超过 1.5875V。如果 VID 指示的电压与上限失调电压之和超过 1.5875，则上限检查被禁用。

引脚 11 和 12 有双重用途。当选择 VRD10 模式时，这两个引脚可用作通用输入，其状态反映在 BMC 和主机错误状态寄存器中。在其他 VRD 模式中，这两个引脚用作 VID6 输入。

6.2.10 监控模拟温度传感器

AD_IN11 和 AD_IN15 读数可以被发送到风扇控制逻辑，以便于使用 LM60 等外部温度传感器。当这些输入用于温度检测时，返回的数字输出为有符号格式，即 MSB 反转。

下表列出了将二进制数据转换为温度所需的关键参数。

输入	标称值 V	满量程 (代码 256) V	254.5 代码 V	mV /LSb	LM60 度 /LSb	LM50 度 /LSb
AD_IN11	2.500 ($\frac{3}{4}$ 标度)	3.3333	3.3138	13.0	2.0833	1.3021
AD_IN15	0.309 ($\frac{1}{4}$ 标度)	1.2360	1.2288	4.8	0.7725	0.4828

下表列出了用于将 AD_IN11 或 AD_IN15 数字值 (DV) 转换为温度值的公式。

输入	LM60 公式	LM50 公式
AD_IN11	$(DV + 95.44) \times 2.0833$ (6)	$(DV + 89.60) \times 1.3021$ (7)
AD_IN15	$(DV + 40.18) \times 0.7725$ (8)	$(DV + 24.44) \times 0.4828$ (9)

下表列出了在不同温度下使用 LM60 时生成的理想值。

温度	LM60 理想 输出电压	AD_IN11 读数		AD_IN15 读数	
		有符号 十进制	有符号 十六进制	有符号 十进制	有符号 十六进制
0	0.424	-95.44	A1	-40.18	D8
25	0.5803	-83	AD	-8	F8
30	0.6115	-81	AF	-1	FF
35	0.6428	-79	B1	5	5
40	0.6740	-76	B4	12	C
45	0.7053	-74	B6	18	12
50	0.7365	-71	B9	25	19
55	0.7678	-69	BB	31	1F
60	0.7990	-67	BD	37	25
65	0.8303	-64	C0	44	2C
70	0.8615	-62	C2	50	32
75	0.8928	-59	C5	57	39
80	0.9240	-57	C7	63	3F
85	0.9553	-55	C9	70	46
90	0.9865	-52	CC	76	4C
95	1.0178	-50	CE	83	53
100	1.0490	-47	D1	89	59
105	1.0803	-45	D3	96	60
110	1.1115	-43	D5	102	66
115	1.1428	-40	D8	109	6D
120	1.1740	-38	DA	115	73
125	1.2053	-35	DD	122	7A
130	1.2365	-33	DF	127	7F

下表列出了使用 LM50 时的预期理想数字值。

温度	LM50 理想 输出电压	AD_IN11 读数		AD_IN15 读数	
		有符号 十进制	有符号 十六进制	有符号 十进制	有符号 十六进制
0	0.5	-89.60	A7	-24.44	E8
25	0.7500	-70	BA	27	1B
30	0.8000	-67	BD	38	26
35	0.8500	-63	C1	48	30
40	0.9000	-59	C5	58	3A
45	0.9500	-55	C9	69	45
50	1.0000	-51	CD	79	4F
55	1.0500	-47	D1	89	59
60	1.1000	-44	D4	100	64
65	1.1500	-40	D8	110	6E
70	1.2000	-36	DC	121	79
75	1.2500	-32	E0	127	7F
80	1.3000	-28	E4	127	7F
85	1.3500	-24	E8	127	7F
90	1.4000	-20	EC	127	7F
95	1.4500	-17	EF	127	7F
100	1.5000	-13	F3	127	7F
105	1.5500	-9	F7	127	7F
110	1.6000	-5	FB	127	7F
115	1.6500	-1	FF	127	7F
120	1.7000	3	3	127	7F
125	1.7500	6	6	127	7F
130	1.8000	10	A	127	7F

6.2.11 V_{REF} 输出

V_{REF} 是一个固定电压，可由外部 VRD 使用或用作 BMC A/D 输入的电压基准输入。 V_{REF} 为 $2.5V \pm 1\%$ 。 V_{REF} 输出具有内部电流限制保护，以防其意外短接至电源或接地端。

6.2.12 $\overline{PROCHOT}$ 背景信息

$\overline{PROCHOT}$ 是处理器的输出，指示处理器已达到预定的温度跳变点。在该跳变点，可以通过改变处理器向 VRD 提供的 6 位 VID 的值来对处理器进行编程，以降低其内部工作频率和/或降低其电源电压。可以在处理器内对最终的 VID 设置及其转换到新 VID 的速率进行编程。

如果 $\overline{PROCHOT}$ 被限制为 100%，这并不意味着 CPU 未在执行，但可能意味着在处理器温度继续升高时 CPU 将遇到热跳变。

$\overline{PROCHOT}$ 也是一些处理器的输入，这样外部控制器可以根据外部事件强制实现热限制。

当温度降至预定义的热跳变点以下时，处理器不再将 $\overline{PROCHOT}$ 置为有效。

处理器要求温度高于/低于跳变点的时长达到预定的值，以避免在跳变点周围发生振荡。处理器内部的计数器用于跟踪该时间，该计数器必须在高于跳变温度时递增至最大计数，在低于跳变温度设置时递减至零，以消除跳变。

$\overline{PROCHOT}$ 被置为有效的最短时间取决于 FSB 频率。处理器将 $\overline{PROCHOT}$ 置为有效的最短时间估计为 $187\mu s$ 。

6.2.13 $\overline{PROCHOT}$ 监控

$\overline{PROCHOT}$ 监控适用于 $\overline{P1_PROCHOT}$ 和 $\overline{P2_PROCHOT}$ 输入。两个输入的监控方式相同，但以下说明讨论的是单个监控。（ $\overline{Px_PROCHOT}$ 表示 $\overline{P1_PROCHOT}$ 和 $\overline{P2_PROCHOT}$ ）。

$\overline{\text{PROCHOT}}$ 监控旨在实现两个目标。一个目标是测量在可编程的时长内 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 被置为有效的时间百分比。可以从一个 8 位寄存器读取该测量的结果，其中一个 LSB 等于 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 时间间隔的 1/256 (0.39%)。第二个目标是具有一个状态寄存器，该寄存器以粗略百分比的形式指示处理器被限制的时长。要使用 ASF 通过 NIC 传递信息（即可以发送状态而不是值），则需要实现第二个目标。

为了实现第一个目标，在 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 时间间隔寄存器定义的时长内监控 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 输入。在每个时间段结束时，8 位测量值被传输到当前 Px_PROCHOT 寄存器。此外，在每个测量周期结束时，通过将新值与旧值相加并将结果除以 2，将当前 Px_PROCHOT 寄存器值移动到平均 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 寄存器。请注意，平均 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 寄存器中的值不是新的测量值，而是之前的测量值。如果 SMBus 对当前 P1_PROCHOT （或当前 P2_PROCHOT ）寄存器进行写入，则两个监控通道（ P1_PROCHOT 和 P2_PROCHOT ）的捕获周期都会重新开始。另请注意，两个 8 位值的严格平均值可能使平均 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 反映的值比稳定状态下的当前 Px_PROCHOT 低一个 LSB。

应该注意的是，8 位结果有半个 LSB 的正偏置。这是必要的，因为值 00h 表示在采样窗口期间 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 完全没有被置为有效。任何大小的限制都会得到读数 01h。

下表演示了 8 位结果的映射：

8 位结果	限制百分比
0	恰好为 0%
1	介于 0% 和 0.39% 之间
2	介于 0.39% 和 0.78% 之间
-	-
n	介于 (n-1)/256 和 n/256 之间
-	-
253	介于 98.4% 和 98.8% 之间
254	介于 98.8% 和 99.2% 之间
255	大于 99.2%

为了实现第二个目标，LM94 具有多个比较器，可将测量的百分比读数与多个固定值和 1 个可变值进行比较。可变量是用户可编程的。

这些比较的结果会生成下表中所述的几个错误状态位：

状态描述	比较公式
100% 限制	在监控间隔期间 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 从未被置为无效。
大于或等于 75% 且小于 100%	$193 \leq \text{测量值}$ ，非 100%
大于或等于 50% 且小于 75%	$129 \leq \text{测量值} < 193$
大于或等于 25% 且小于 50%	$65 \leq \text{测量值} < 129$
大于或等于 12.5% 且小于 25%	$33 \leq \text{测量值} < 65$
大于 0% 且小于 12.5%	$0 < \text{测量值} < 33$
大于 0%	$0 < \text{测量值}$
大于用户限值	用户限值 $<$ 测量值

这些状态位反映在 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 错误状态寄存器中。每个 P1_PROCHOT 和 P2_PROCHOT 输入都被独立监控，每个输入都有自己的状态寄存器集。

在 S3 和 S4/5 睡眠状态下， $\overline{\text{PROCHOT}}$ 监控功能不运行。在 S3 和 S4/5 下， VRDx_Hot 被禁止激活 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 引脚。当前 Px_PROCHOT 寄存器被复位为 00h，平均 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 寄存器保持其当前状态。睡眠状态改回至

S0 后，监控功能重新启动。第一次进行 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 测量后，测量结果将直接写入当前和平均 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 寄存器中，而不执行任何均值计算。均值计算在第二次测量时恢复正常。

6.2.14 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 输出控制

在某些情况下，LM94 需要将 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 输出驱动为低电平。有多种情况会引起这种现象。

可以命令 LM94 以逻辑方式将两个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 输入短接在一起。该操作完成后，LM94 将监控每个 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 输入。如果任何外部器件将一个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号置为有效，则 LM94 会将另一个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号置为有效以进行响应，直到第一个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号被置为无效。如果 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号已经通过其他方式短路，则不应启用该功能。

只要一个 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入被置为有效，相应的 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 引脚就会被 LM94 置为有效。响应时间短于 $10\mu\text{s}$ 。当 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入被置为无效时，LM94 不再将 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 引脚置为有效。如果 LM94 被配置为将 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号短接在一起，那么只要任一 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入被置为有效，它就始终将这些信号同时置为有效。该响应在睡眠状态 3 和 4/5 下被禁用并且可通过 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 控制寄存器禁用。

软件可以手动对 LM94 进行编程以将 PWM 类型信号驱动到 $\overline{\text{P1_PROCHOT}}$ 或 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$ 。这是通过 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 覆盖寄存器完成的。有关更多详细信息，请参阅[该寄存器的说明](#)。同样，如果 LM94 被配置为将 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号短接在一起，那么只要该功能被启用，它就始终将这些信号同时置为有效。

6.2.15 风扇转速测量

风扇转速计电路通过在两个风扇转速计信号周期内启用计数器来测量风扇脉冲的周期。累积计数与风扇转速计周期成正比，与风扇转速成反比。全部四个风扇转速计信号均在 1 秒内测量。

一般情况下，风扇在电压正确时不会超速，因此所关注的故障情况是由于电气或机械故障而处于低速。因此，只有低速限值被编程到风扇的限值寄存器中。需要注意的是，由于测量的是风扇周期，而不是转速，因此当测量值超过限值时，会发生风扇转速计误差事件。

6.2.16 智能风扇转速测量

如果使用任一风扇电源引脚的 PWM 驱动改变风扇的转速，则风扇的转速计输出会损坏。LM94 包含智能转速计电路，可以在信号损坏的情况下实现准确的转速计读数。在智能转速计模式下，全部四个信号均在 4 秒内被测量。

智能转速计捕获周期根据以下步骤工作：

1. 两个 PWM 输出同步，以便其同时激活。
2. 两个 PWM 输出有效时间均延长高达 50ms。
3. 在 50ms 间隔内跟踪转速计信号周期数：
 - a) 如果在 50ms 扩展期间检测到的周期少于 1 个，则返回的结果为 3FFh。
 - b) 发生一个周期后，该周期的计数被存储。
 - c) 如果在 50ms 间隔内未发生 2 个周期，则报告的转速计值为 1 个周期计数乘以 2。
 - d) 如果确实发生了 2 个周期，则 2 个周期计数被加载到值寄存器中，而 50ms PWM 扩展被终止。

每个风扇转速计值寄存器中的最低两位都被保留。智能转速计功能利用这些位。在正常转速计模式下，这些位返回 00。在智能转速计模式下，这两位决定读数的精度级别。11 最精确（使用 2 个周期），10 最不精确（使用 1 个周期）。如果在测量周期中发生的周期少于 1 个，则低两位被设置为 10。

在智能风扇转速计模式下，TACH_EDGE 字段在 LM94 状态/控制寄存器中被实现。如果只有一个边沿类型有效，则测量始终使用该边沿类型（上升沿或下降沿）。如果两者均有效，则测量使用首先出现的边沿类型。

通常，对于在大约 50% 占空比下每转产生两个脉冲的风扇，智能风扇转速计模式捕获的最小 RPM 为 900RPM。

6.2.17 输入/输出

除了与传感器输入相关的所有引脚之外，LM94 还具有几个分配给其他特定功能的引脚。

6.2.17.1 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出

$\overline{\text{ALERT}}$ 输出是低电平有效的开漏输出信号。 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出用于向微控制器发出信号，指示一个或多个传感器已超过其相应的限值阈值。这通常不是致命事件，除非微控制器决定其是致命事件。

如果启用，则每当设置任何 BMC 错误状态寄存器中的任何位（固定的 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 阈值位除外）时， $\overline{\text{ALERT}}$ 输出都会被置为有效。根据定义，当启用 $\overline{\text{ALERT}}$ 时，它始终与 LM94 状态/控制寄存器中 BMC_ERR 位的反转相匹配。当 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出被禁用时，仍然可以通过读取 BMC_ERR 位的状态来确定警报事件。

$\overline{\text{ALERT}}$ 功能类似于中断。LM94 不支持 SMBus ARA（警报响应地址）协议。

仅当任何 BMC 错误状态寄存器中都没有设置错误状态位时， $\overline{\text{ALERT}}$ 才会被置为无效。或者，软件可以禁用 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出以使其被置为无效。如果仍设置了任何 BMC 错误状态寄存器位，则 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出会在启用后重新被置为有效。

$\overline{\text{ALERT}}$ 输出还可以在比较器模式下针对热事件工作，即 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出将针对未屏蔽的热错误事件被置为有效，并且将在错误事件停止时立即被置为无效。 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出的运行由 LM94 配置寄存器控制。

有关 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出行为的更多信息，请参阅节 7.1.7。

6.2.17.2 $\overline{\text{RESET}}$ 输入/输出

当 LM94 通电时，该引脚用作低电平有效复位输出。当 LM94 首次在其 +3.3V S/B V_{DD} 输入上看到超过内部 POR 电平的电压时，该位被置为有效。通电后，LM94 的内部寄存器将复位至其默认值。

该复位完成后， $\overline{\text{RESET}}$ 引脚成为输入。当外部器件将 $\overline{\text{RESET}}$ 置为有效时，LM94 会清除 LM94 配置寄存器中的 LOCK 位。该功能可以锁定关键寄存器，并且提供一个受控机制来解锁这些寄存器。

如果未使用 LM94 $\overline{\text{RESET}}$ ，则必须通过外部上拉电阻器将其连接到高电平，以防止发生 LM94 故障。

在从外部将 $\overline{\text{RESET}}$ 置为有效之后的 10 μs 之内，睡眠状态控制寄存器应自动设置为 S4/5。根据 S4/5 屏蔽定义，这会使几个错误事件被屏蔽。有关更多信息，请参阅寄存器说明。如果 $\overline{\text{RESET}}$ 被置为有效的的时间小于 4 μs ，则可能无法检测到该信号。

6.2.17.3 PWM1 和 PWM2 输出

PWM 输出用于控制风扇的转速。每个输出的占空比由一个或多个温度区域的温度自动控制。这些占空比还受各种其他输入和寄存器的影响。有关 PWM 输出的行为的更多信息，请参阅节 6.2.18。

6.2.17.4 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 和 $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ 输入

这些输入监控与基板上每个处理器 VRD 相关联的热传感器。当其中一个输入被激活时，表示 VRD 已超过预定的温度阈值。LM94 通过逐渐增加绑定到相应处理器的任何 PWM 输出的占空比并设置相应的错误状态位进行响应。相应的 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 信号也被置为有效。有关更多信息，请参阅节 6.2.18 和节 6.2.14。

6.2.17.5 GPIO 和 GPI 引脚

LM94 有 8 个可用作通用输入或输出的 GPIO 引脚以及 2 个可用作通用输入的 GPI 引脚。可以对每个引脚进行独立配置和控制。当用作输入时，引脚可以被屏蔽，以防止其设置 GPI 错误状态寄存器中的相应位。这些引脚中的一部分还可以用作转速计或 VID 输入。

6.2.17.6 风扇转速计输入

风扇输入是施密特触发数字输入。包含施密特触发输入电路，以适应风扇转速计输出典型的缓慢上升和下降速度。

即使 V_{DD} 小于 5V，最大输入信号范围也为 0V 至 +6.0V。如果这些输入由超过 0V 至 +6.0V 的风扇输出提供，则必须包含风扇信号的电阻衰减或二极管钳位，以使输入保持在可接受的范围内，从而防止 LM94 损坏。

热插拔风扇会涉及高达 12V 的转速计信号尖峰，因此需要采用二极管保护或其他电路。对于“热插拔”风扇，可能需要采用外部钳位二极管来进行信号调节。

6.2.18 风扇控制

6.2.18.1 自动风扇控制方法

LM94 风扇转速控制方法经过优化，可以降低风扇噪声，提高风扇功效和风扇可靠性并使成本最低。可以使用外部开关稳压器类型输出级来对 PWMx 输出进行滤波，该输出级为风扇电源提供 5V 至 12V 直流电。需要使用高 PWM 频率，以更大限度地减小输出级中使用的电感器和其他元件的尺寸并降低其成本。LM94 的 PWM 输出可以在高达 22.5kHz 的频率下运行，具有可变的阶跃大小，具体取决于风扇控制的运行模式。LM94 支持 LUT (查找表) 和 PI (比例积分) 风扇控制方法。这些方法可以在 PWM 绑定寄存器的控制下交互运行或独立运行。图 6-4 展示了这些风扇控制方法的简要方框图。温度区域到 LUT 的映射/绑定完全独立于 PI 环路。首先，温度区域可以独立绑定到 LUT 和/或 PI 环路，然后每个 LUT 或 PI 环路可以绑定到任一 PWM 输出。LUT 参数与温度区域绑定无关。PI 环路控制器是比例/积分反馈控制器。该控制器生成 9 位 PWM 占空比并使用来自处理器热区域 (区域 1 和 2) 的温度反馈。PWM 输出控制处理器上的空气流量，因此处理器的温度由 PI 环路进行调节，以使最热的温度读数保持在值 $T_{control}$ 和 $T_{control} - \text{迟滞}$ 之间。LM94 支持 2 个处理器，每个处理器可以具有两个热子区域。每个处理器温度中最热的值将报告给区域选择器和 PI 环路输入。每个处理器都具有独立的 $T_{control}$ 设置。

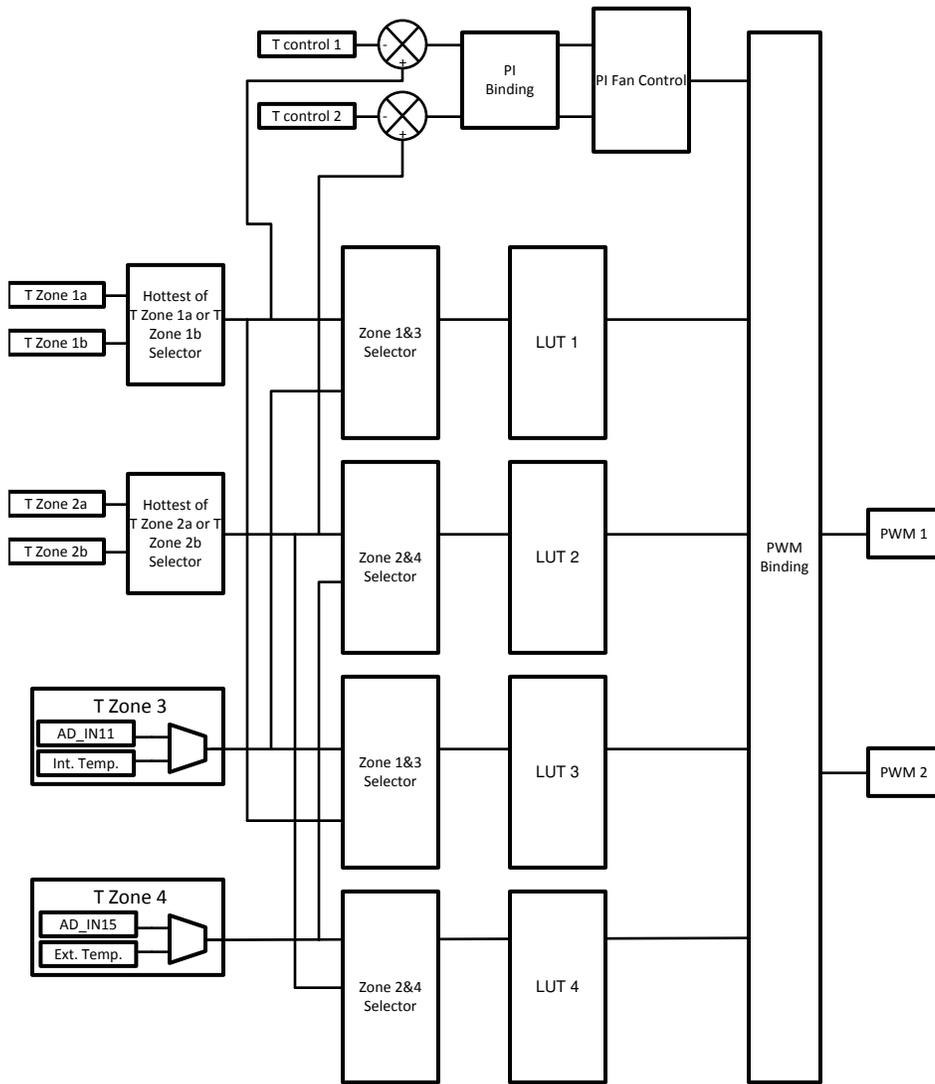


图 6-4. LUT 和 PI 控制器简要方框图

6.2.18.2 LUT 风扇控制占空比

LM94 中的几个寄存器使用 4 位值来表示占空比。它们都使用将 4 位值与占空比相关联的通用映射。4 位值也对应于自动风扇控制算法的 14 个阶跃。映射如下所示。这适用于以默认的 22.5kHz (高) 频率运行的 PWM 输出。

4 位值	阶跃	22.5kHz (高频) 占空比
0h		0.00%
1h	1	25.00%

4 位值	阶跃	22.5kHz (高频) 占空比
2h	2	31.25%
3h	3	37.50%
4h	4	43.75%
5h	5	50.00%
6h	6	56.25%
7h	7	62.50%
8h	8	68.75%
9h	9	75.00%
Ah	10	81.25%
Bh	11	87.50%
Ch	12	93.75%
Dh	13	100.00%
Eh	—	保留
Fh	—	保留

6.2.18.3 备用 LUT PWM 映射

PWM 输出能够以较低的频率代替默认的 22.5kHz 运行。可以通过 PWMx 控制 4 寄存器来启用较低的频率。在较低频率模式下运行可以启用阶跃编号到占空比的备用映射。这会影响自动风扇控制和所有使用 4 位值来描述占空比的 LM94 寄存器。当使用默认的 22.5kHz PWM 频率时，该备用映射也可被启用。

下表列出了备用 LUT PWM 占空比映射：

4 位值	LUT 阶跃	备用 LUT 占空比
0h		0%
1h	1	25.00%
2h	2	28.57%
3h	3	32.14%
4h	4	35.71%
5h	5	39.29%
6h	6	42.86%
7h	7	46.43%
8h	8	50.00%
9h	9	53.57%
Ah	10	57.14%
Bh	11	71.43%
Ch	12	85.71%
Dh	13	100.00%
Eh	—	保留
Fh	—	保留

6.2.18.4 风扇控制优先级

自动风扇控制并不是影响 PWM 占空比的唯一功能。还有其他几项功能会影响 PWM 占空比。所有功能可以分为几个类别：

类别编号	类别名称
1	PWM 被设置为 100% 的条件

类别编号	类别名称
2	$\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 斜升/斜降
3	PROCHOT 斜升/斜降函数
4	手动 PWM 覆盖
5	风扇旋转控制
6	自动风扇控制算法

可以通过以下公式来描述所选的最终 PWM 占空比：

If (手动 PWM 覆盖有效)

$$\text{PWM} = \max(1,2,3,4)$$

Else

$$\text{PWM} = \max(1,2,3,5,6)$$

那么一般而言，类别 1、2 和 3 始终有效。此外，类别 4 或类别 5 和 6 有效，具体取决于是否启用了手动覆盖功能。从这个意义上说，手动覆盖在启用后会替代类别 5 和 6。

6.2.18.5 PWM 被设置为 100% 的条件

有几个条件会使所有 PWM 输出的占空比立即被设置为 100%。其中包括：

1. 四个温度区域中的任何一个都超过编程的风扇增强限值设置，但尚未冷却到足以降至迟滞点以下
2. 转速计读数超过其限值
3. 设置了 LM94 状态/控制中的 OVRID 位

6.2.18.6 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 斜升/斜降

如果 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 或 $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ 被置为有效，则该函数会使 PWM 输出的占空比随着时间的推移逐渐增加。

当 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 被置为有效时，会启用斜坡函数。启用过程包括两个步骤：

1. 其他 PWM 函数请求的当前占空比被存储。
2. 斜坡函数立即将一个 PWM 占空比阶跃添加到存储的值并请求该占空比。

启用该函数后，只要 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 被置为有效，该函数就会每 X 毫秒一次逐渐添加额外的占空比阶跃 (X 可通过 PWM 斜坡控制寄存器编程)。如果 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 保持被置为有效的足够长，则占空比最终达到 100%。

每当 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 被置为无效时，斜坡函数就会每 X 毫秒减去一个 PWM 占空比阶跃，从而开始斜降。如果 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 当前被置为无效，并且斜坡函数小于其他函数请求的 PWM 占空比，则会禁用斜坡函数。

只要启用该函数，该函数就会根据 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 的状态继续斜升或斜降。上述斜坡启用过程只能在斜坡函数被禁用后重新发生。 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 的快速置为有效/置为无效不会触发启用过程，除非 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 被置为无效的时间足够长，从而使斜坡函数自行禁用。

对于 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 和 $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ ，该斜坡函数独立运行。此外，斜坡函数仅适用于绑定到一个或两个 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入的 PWM。根据绑定情况，在任何给定的时刻都可能有多达四个独立的斜坡函数有效：

PWM1/VRD1

PWM1/VRD2

PWM2/VRD1

PWM2/VRD2

如果 PWM 同时绑定到 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 和 $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ ，则对于该 PWM 输出，两个斜坡函数有效。在这种情况下，使用的占空比是两个斜坡函数中的最大者。

6.2.18.7 PROCHOT 斜升/斜降

该函数与 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 斜升/斜降函数非常相似。只要 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 测量值超过用户编程的阈值，PWM 占空比就会以相同的方式斜升。一旦进行新的 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 测量不再超过用户限值，PWM 就开始斜降。

与 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 斜坡函数一样， $\overline{\text{PROCHOT}}$ 斜坡函数使用独立的绑定来确定哪些 PWM 输出应该受到每个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 输入 ($\overline{\text{P1_PROCHOT}}$ 或 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$) 的影响。

如果 PWM 同时绑定到 $\overline{\text{P1_PROCHOT}}$ 和 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$ ，则两个 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 斜坡函数可以同时生效。在这种情况下，使用的占空比是两个斜坡函数中的最大者。

6.2.18.8 手动 PWM 覆盖

当 PWM 通道配置为手动 PWM 覆盖时，软件可以手动控制 PWM 占空比。有些 PWM 控制功能仍可能使占空比高于手动设置。有关详细信息，请参阅节 6.2.18.4。

6.2.18.9 风扇旋转控制

所有其他 PWM 控制功能组合在一起，可产生一个实际用于 PWM 输出的最终占空比。如果该最终值从零变为非零值，则会触发风扇旋转控制功能。触发后，风扇旋转控制请求以编程的时长执行编程的占空比。

6.2.19 异或树测试

LM94 中提供了一个异或树，用于进行自动测试设备 (ATE) 板级连接测试。这允许以简单的方式测试所有数字输入的功能，并识别任何无法正常工作或短接在一起的引脚。当通过设置异或测试寄存器中的“XEN”位来启用测试模式时，器件进入异或测试模式。

表 6-2. 异或测试树中包含以下信号：

Px_VIDy	GPIO_x	PWMx	Px_PROCHOT	VRDx_HOT	GPIO_x	RESET
---------	--------	------	------------	----------	--------	-------

由于测试模式是异或树，因此信号在树中的顺序并不重要。SMBDAT 和 SMBCLK 不应包含在测试树中。

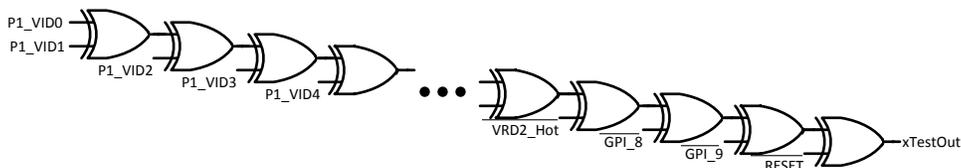


图 6-5. XOR 测试树示例 (未显示所有信号)

为了在 PCB 上正确实现异或树测试，树中列出的任何引脚都不应直接连接到电源或接地端。如果某个引脚需要配置为永久低电平 (例如 GPI)，则应通过 10kΩ 等低值电阻器将其接地，以允许 ATE (自动测试设备) 将其驱动为高电平。

在生成测试波形时，应考虑到通过异或树的 500ns 典型传播延迟。

6.3 编程

6.3.1 SMBus 接口

SMBus 用于与 LM94 通信。LM94 SMBus 接口线路被设计为可耐受 5V 信号。基板上必要的上拉电阻器。应注意确保每个 SMBus 信号只使用一个上拉电阻器。SMBus 接口遵循 SMBus 2.0 协议和信号电平。

如果 LM94 未通电，则 LM94 的 SMBus 接口不会向 SMBus 施加负载。这样就可以在必要时将包含 LM94 的模块断电并进行更换。

6.3.1.1 SMBus 寻址

LM94 在每次上电时都会在第一个有效的 SMBus 事务期间锁存分配的 SMBus 从器件地址 (由 ADDR_SEL 确定) , 在该事务中, 目标从器件地址的前五位与 LM94 从器件地址的前五位相匹配。锁存地址后, LM94 会继续为以后的所有事务使用该地址, 直到断电。

地址选择输入可检测三种不同的电压电平, 并允许系统中存在多达 3 个器件。地址分配如下:

地址选择引脚 (ADDR_SEL)	从器件地址分配
高	01011 01
$V_{DD}/2$	01011 10
低	01011 00

6.3.1.2 数字噪声对 SMBus 通信的影响

耦合到数字线路的噪声 (大于 150mV) 、大于 V_{DD} 的过冲和小于 GND 的下冲可能会阻止与 LM94 成功地进行 SMBus 通信。SMBus 无应答 (NACK) 是最常见的现象, 这会导致总线上出现不必要的流量。尽管 SMBus 的最大通信频率相当低 (最大 100kHz) , 但仍需要注意确保总线上有多个器件且印刷电路板引线较长的系统内实现正确端接。LM94 包含 SMBCLK 和 SMBDAT 信号的片上低通滤波功能, 使其更加抗噪。通过将数字引线远离开关基板区域, 并确保包含高速数据通信的数字线路与 SMBDAT 和 SMBCLK 线路呈直角交叉, 从而更大限度地减少噪声耦合。

6.3.1.3 通用 SMBus 时序

SMBus 2.0 规范为不同类型的读取和写入操作定义了特定的条件, 但 SMBus 协议通常按以下方式运行:

主器件通过建立一个启动条件来启动数据传输, 该启动条件被定义为串行数据线路 SMBDAT 上从高电平到低电平的转换, 同时串行时钟线路 SMBCLK 保持高电平。这表示后跟一个数据流。连接到串行总线的所有从外设都会对启动条件做出响应, 并移入接下来的 8 个位。这包含一个 7 位从器件地址 (首先是 MSB) 和一个 R/W 位, 该位决定数据传输的方向, 即数据是写入到从器件还是从从器件中读取 (0 = 写入, 1 = 读取) 。

地址与发送的地址相对应的外设通过在第九个时钟脉冲 (称为确认位) 之前的低电平期间拉低数据线并在该时钟脉冲的高电平期间保持低电平进行响应。现在, 总线上的所有其他器件都保持空闲状态, 而所选器件等待从其中读取数据或向其中写入数据。如果 R/W 位为 0, 则主器件向从器件中写入数据。如果 R/W 位为 1, 则主器件在从器件中读取数据。

数据以 9 个时钟脉冲、8 位数据并后跟一个确认位的序列通过串行总线发送。数据线上的数据转换必须在时钟信号的低电平期间发生并在高电平期间保持稳定, 因为时钟为高电平时从低电平到高电平的转换可能会被解释为停止信号。

如果该操作是写入操作, 则从器件地址之后的第一个数据字节是命令字节。该字节告诉从器件接下来要做什么。这可以是一条指令 (例如告诉从器件等待块写入) , 也可以只是一个寄存器地址, 用于告诉从器件后续数据要写入的位置。

由于数据只能沿 R/W 位定义的一个方向流动, 因此在读取操作期间无法向从器件发送命令。在执行读取操作之前, 需要执行写入操作, 以告诉从器件需要执行何种类型的读取操作和/或要读取数据的地址。

当所有数据字节都已被读取或写入时, 便建立了停止条件。在写入模式下, 主器件将允许在第 10 个时钟脉冲期间数据线变为高电平, 以将停止条件置为有效。在读取模式下, 从器件驱动数据, 而非主器件驱动数据。对于有问题的位, 从器件正在寻找确认, 而主器件不会驱动为低电平。这称为“无应答”。然后, 主器件在第 10 个时钟脉冲之前的低电平周期内将数据线设为低电平, 然后在第 10 个时钟脉冲期间将数据线设为高电平以将停止条件置为有效。

请注意, 只有在连续的写入和读取操作之间才能提供重复的启动条件。

6.3.1.4 SMBus 错误安全特性

为了提供更稳定的 SMBus 接口，LM94 针对 SMBCLK 和 SMBDAT 包含超时特性。如果任一信号长时间处于低电平（请参阅 [SMBus 交流规范](#)），LM94 SMBus 状态机将恢复到空闲状态并等待 START 信号。如果 SMBCLK 以非常低的频率运行，则应避免全零的大块传输，以避免意外超时。将复位引脚拉至低电平不会使 SMBus 状态机复位。如果 LM94 SMBDAT 引脚在系统复位期间为低电平，则 LM94 的状态机将超时并自动复位。如果在系统复位期间 LM94 的 SMBDAT 引脚为高电平，则主器件首次将启动置为有效会使 LM94 的接口状态机复位。

尽管这违反了 SMBus 规范，但在某些情况下 START 或 STOP 信号会在字节传输过程中出现，而不是在确认位之后出现。如果发生这种情况，则只传输了部分字节。如果正在写入一个字节，则会中止该字节写入并且部分字节未提交。如果正在从读取以清除寄存器中读取一个字节，则不会清除该寄存器。

6.3.1.5 串行接口协议

LM94 包含易失性寄存器，这些寄存器占用 00h 至 EFh 的地址位置。

可以将数据作为单个字节、一个字或包含多个字节的块进行读取和写入。LM94 支持以下 SMBus/I²C 事务/协议：

- 发送字节
- 写入字节
- 写入字
- SMBus 写入块
- I²C 块写入
- 读取字节
- 读取字
- SMBus 读取块
- SMBus 块写入块读取过程调用
- I²C 块读取

除了这些事务，LM94 还支持一些额外的项目，还有一些必须在 SMBus 2.0 规范之外定义的行为。不支持其他 SMBus 2.0 事务（PEC、ARA 等）。

SMBus 规范为不同类型的读取和写入操作定义了多种协议。下面讨论了 LM94 中使用的协议。图中使用了以下缩写：

- | | |
|-----------|--------|
| S | — 启动 |
| P | — 停止 |
| R | — 读取 |
| W | — 写入 |
| A | — 确认 |
| /A | — 否定确认 |

6.3.1.5.1 地址递增

建立的基地址不会自动递增。在不重新建立一个新基地址的情况下，重复读取将每次从同一地址返回数据。当仅使用一个主机时，I²C 读取事务可以使用该信息并跳过重新建立基地址。使用块写入和块读取对块写入/读取过程调用进行仿真是该规则的一个例外情况。稍后会对此进行详细介绍，请参阅 [节 6.3.1.5.4.3](#) 说明。

6.3.1.5.2 块命令代码汇总

块命令代码控制 LM94 的块读取和写入操作，如下表所述：

命令代码名称	值	说明
块写入命令	F0h	SMBus 块写入命令代码
块读取命令	F1h	SMBus 块写入/块读取过程调用
固定块 0	F2h	固定块读取命令代码：地址 40h，大小 8 字节
固定块 1	F3h	固定块读取命令代码：地址 48h，大小 8 字节
固定块 2	F4h	固定块读取命令代码：地址 50h，大小 6 字节
固定块 3	F5h	固定块读取命令代码：地址 56h，大小 16 字节
固定块 4	F6h	固定块读取命令代码：地址 67h，大小 4 字节
固定块 5	F7h	固定块读取命令代码：地址 6Eh，大小 8 字节
固定块 6	F8h	固定块读取命令代码：地址 78h，大小 12 字节
固定块 7	F9h	固定块读取命令代码：地址 90h，大小 32 字节
固定块 8	FAh	固定块读取命令代码：地址 B4h，大小 8 字节
固定块 9	FBh	固定块读取命令代码：地址 C8h，大小 8 字节
固定块 10	FCh	固定块读取命令代码：地址 D00h，大小 16 字节
固定块 11	FDh	固定块读取命令代码：地址 E5h，大小 9 字节

6.3.1.5.3 写入操作

LM94 支持以下 SMBus 写入协议。

6.3.1.5.3.1 写入字节

在该操作中，主器件向从器件发送一个地址字节和一个数据字节，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个命令代码（寄存器地址）。
5. 从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送数据字节。
7. 从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件将一个停止条件置为有效，以结束事务。

1	2		3	4	5	6	7	8
S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	数据字节	A	P

6.3.1.5.3.2 写入字

在该操作中，主器件向从器件发送一个地址字节和两个数据字节，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个命令代码（寄存器地址）。
5. 从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送低数据字节。
7. 从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件发送高数据字节。

9. 从器件将 **ACK** 置为有效。
10. 主器件将一个停止条件置为有效，以结束事务。

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10
S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	数据字节低	A	数据字节高	A	P

6.3.1.5.3.3 对任何地址进行 SMBus 块写入

块写入的起始地址嵌入在该事务中。在该操作中，主器件向从器件发送一个数据块，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 **ACK** 置为有效。
4. 主器件发送一个命令代码，该代码告诉从器件等待块写入。块写入的 LM94 命令代码为 F0h。
5. 从器件将 **ACK** 置为有效。
6. 主器件发送的字节告知从器件它将发送多少个数据字节 (N)。SMBus 规范允许在一次块写入中最多接发送 32 个数据字节。
7. 从器件将 **ACK** 置为有效。
8. 主器件发送数据字节 1，即块写入的起始地址。
9. 从器件在每个数据字节之后将 **ACK** 置为有效。
10. 主器件发送数据字节 2。
11. 从器件将 **ACK** 置为有效。
12. 主器件继续发送数据字节，从器件针对每个字节将 **ACK** 置为有效。
13. 主器件将一个停止条件置为有效，以结束事务。

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	~	12		13
S	从器件地址	W	A	命令 F0h (块写入)	A	字节计数 (N)	A	数据字节 1 (起始地址)	A	数据字节 2	A	~	数据字节 N	A	P

特别说明

1. LM94 会确认任何超出正常地址空间的字节写入尝试，但这些尝试会被忽略。
2. 块写入不会从地址 FFh 绕回到 00h，地址会保持在 FFh。
3. 字节计数字段会被 LM94 忽略。主器件可以发送更多或更少的字节，LM94 会接受这些字节。
4. SMBus 规范要求块写入不得超过 32 个数据字节。满足该要求意味着只能发送 31 个实际数据字节（寄存器地址计为一个字节）。LM94 不关心是否满足该要求。

6.3.1.5.3.4 I2C® 块写入

在此事务中，主器件向 LM94 发送一个数据块，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 **ACK** 置为有效。
4. 主器件发送块写入的起始地址。
5. 从器件在每个数据字节之后将 **ACK** 置为有效。
6. 主器件发送数据字节 1。
7. 从器件将 **ACK** 置为有效。
8. 主器件继续发送数据字节，从器件针对每个字节将 **ACK** 置为有效。
9. 主器件将一个停止条件置为有效，以结束事务

1	2		3	4	5	6	7	8	9
---	---	--	---	---	---	---	---	---	---

S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	数据字节 1	A	~	数据字节 N	A	P
---	-------	---	---	-------	---	--------	---	---	--------	---	---

特别说明：

1. LM94 会确认任何超出正常地址空间的字节写入尝试，但这些尝试会被忽略。
2. 块写入不会从地址 FFh 绕回到 00h，地址会保持在 FFh。

6.3.1.5.4 读取操作

LM94 使用以下 SMBus 读取协议。

6.3.1.5.4.1 读取字节

在 LM94 中，读取字节协议用于从寄存器读取单个数据字节。在该操作中，主器件在从器件接收单个字节，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个寄存器地址。
5. 从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送一个重复的启动条件。
7. 主器件发送从器件地址，后跟读取位（高电平）。
8. 从器件将 ACK 置为有效。
9. 主器件接收一个数据字节并将 NACK 置为有效。
10. 主器件将一个停止条件置为有效，事务结束。

1	2		3	4	5	6	7		8	9		10
S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	S	从器件地址	R	A	数据字节	/A	P

6.3.1.5.4.2 读取字

在 LM94 中，读取字协议用于从一个寄存器或两个连续的寄存器中读取两个字节的的数据。在该操作中，主器件在从器件中读取两个字节，如下所示：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个寄存器地址。
5. 从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送一个重复的启动条件。
7. 主器件发送从器件地址，后跟读取位（高电平）。
8. 从器件将 ACK 置为有效。
9. 主器件接收低数据字节并将 ACK 置为有效。
10. 主器件接收高数据字节并将 NACK 置为有效。
11. 主器件将一个停止条件置为有效，事务结束。

1	2		3	4	5	6	7		8	9		10		11
S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	S	从器件地址	R	A	数据字节低	A	数据字节高	/A	P

6.3.1.5.4.3 SMBus 块写入块读取过程调用

该事务用于从 LM94 读取数据块。以下是该事务中发生的事件序列：

1. 主器件将一个启动条件置为有效。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 被寻址的从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个命令代码，该代码告知从器件等待块读取 (F1h)，从器件将 ACK 置为有效。
5. 主器件发送该写入的字节计数，其值为 2，从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送块读取的起始寄存器地址，从器件将 ACK 置为有效。
7. 主器件发送块读取过程调用的字节计数 (1-32)，从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件将一个重复的启动条件置为有效。
9. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟读取位（高电平）。
10. 从器件将 ACK 置为有效。
11. 主器件接收一个字节计数数据字节，该字节告知它将接收多少个数据字节。该字段反映被发送到 LM94 的字节计数所请求的字节数。SMBus 规范允许在一次块读取中最多接收 32 个数据字节。然后主器件将 ACK 置为有效。
12. 主器件接收字节 1，然后将 ACK 置为有效。
13. 主器件接收字节 2，然后将 ACK 置为有效。
14. 主器件接收 N-3 个数据字节，并针对每个字节将 ACK 置为有效。
15. 主器件接收数据字节 N 并将 NACK 置为有效。
16. 主器件将一个停止条件置为有效，以结束事务。

1	2		3	4		5		6		7		8	9		10	~
S	从器件地址	W	A	块读取命令代码 (F1h)	A	字节计数 (2h)	A	起始寄存器地址	A	字节计数 (1-20h) (N)	A	S	从器件地址	R	A	
~	11			12		13		14	15		15	16				
	字节计数 (1-20h) (N)	A		数据字节 1	A	数据字节 2	A	~	数据字节 N	/A	P					

特别说明：

1. 当读取正常地址空间之外的地址位置时，LM94 返回 00h。
2. 块读取不会从地址 FFh 绕回到 00h
3. 如果主器件确认的字节数超过其请求的字节数，则 LM94 将继续提供数据，直到主器件不再确认字节。
4. 如果主器件没有确认字节以提前中止块读取，则 LM94 脱离总线以允许主器件发出停止信号。

6.3.1.5.4.4 仿真 SMBus 块写入块读取过程调用

或者，如果主器件无法支持 SMBus 块写入块读取过程调用，则可以通过两个事务（一个块写入，后跟一个块读取）来对其进行仿真。这应在单主器件系统中完成，因为在双主器件系统中可能会发生冲突，从而破坏数据和事务。以下是这些事务的事件序列：

1. 主器件发出一个启动条件以启动该事务。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送块读取命令代码 (F1h)，从器件将 ACK 置为有效。
5. 主器件为该事务发送字节计数 (2h)，从器件将 ACK 置为有效。
6. 主器件发送起始寄存器地址，从器件将 ACK 置为有效。
7. 主器件发送块读取过程调用的字节计数 (1-20h)，从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件发送一个停止条件以结束该事务。
9. 主器件发送一个启动条件以启动该事务。
10. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平），从器件将 ACK 置为有效。

11. 主器件发送块读取命令代码 (F1h)，从器件将 ACK 置为有效。
12. 主器件发送一个重复的启动条件。
13. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟读取位 (高电平)，从器件将 ACK 置为有效。
14. 主器件接收字节计数 (这与在步骤 7 中主器件发送的大小相匹配) 并将 ACK 置为有效。
15. 主器件接收数据字节 1 并将 ACK 置为有效。
16. 主器件接收数据字节 2 并将 ACK 置为有效。
17. 主器件接收 N-3 个数据字节，并针对每个字节将 ACK 置为有效。
18. 主器件接收最后一个数据字节并将 NACK 置为有效。
19. 主器件发出一个停止条件以结束该事务。

1	2		3	4		5		6		7		8	9	10			~
S	从器件地址	W	A	块读取命令代码 (F1h)	A	字节计数 (2h)	A	起始寄存器地址	A	字节计数 (1-20h) (N)	A	P	S	从器件地址	W	A	
~	11		12	13				14		15		16		17			16
	块读取命令代码 (F1h)	A	S	从器件地址	R	A		字节计数 (1-20h) (N)	A	数据字节 1	A	数据字节 2	A	~ 数据字节 N	/A		P

特别说明：

1. 可以重复步骤 9 至 19 以读取另一个数据块。地址会自动递增，以便下一个块从最后一个块停止的位置开始。LM94 每次返回的大小都是相同的。
2. 当读取正常地址空间之外的地址位置时，LM94 返回 00h。
3. 块读取不会从地址 FFh 绕回到 00h
4. 如果主器件确认的字节数超过其请求的字节数，则 LM94 将继续提供数据，直到主器件不再确认字节。
5. 如果主器件没有确认字节以提前中止块读取，则 LM94 脱离总线以允许主器件发出停止信号。
6. 块读取完成后，LM94 的基地址会更新为指向刚刚超出读取的最后一个字节的字节。

6.3.1.5.4.5 SMBus 固定地址块读取

可从预定义的地址执行块读取。已为每个预定义地址保留一个特殊的命令代码。有关命令代码的更多详细信息，请参阅节 6.3.1.5.2。以下是针对该类型的块读取发生的事件序列：

1. 主器件发送一个启动条件以启动该事务。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位 (低电平)。
3. 从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送一个固定块命令代码 (F2h-Fdh)，从器件将 ACK 置为有效。
5. 主器件发送一个重复的启动条件。
6. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟读取位 (高电平)。
7. 从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件接收字节计数 (取决于使用的固定块命令代码) 并将 ACK 置为有效。
9. 主器件接收第一个数据字节并将 ACK 置为有效。
10. 主器件继续接收数据字节并将 ACK 置为有效。
11. 主器件接收最后一个数据字节。
12. 主器件将 NACK 置为有效。
13. 主器件发出一个停止条件以结束该事务。

1	2		3	4		5	6		7	8		9		10 11		12	13
---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	-------	--	----	----

S	从器件地址	W	A	固定块命令代码 (F2h - FDh)	A	S	从器件地址	R	A	字节计数 (N)	A	数据字节 1	A	~ 数据字节 N	/A	P
---	-------	---	---	---------------------	---	---	-------	---	---	----------	---	--------	---	----------	----	---

特别说明：

1. 当读取正常地址空间之外的地址位置时，LM94 返回 00h。
2. 块读取不会从地址 FFh 绕回到 00h。
3. 如果主器件确认的字节数超过其请求的字节数，则 LM94 将继续提供数据，直到主器件不再确认字节。
4. 如果主器件没有确认字节以提前中止块读取，则 LM94 脱离总线以允许主器件发出停止信号。

6.3.1.5.4.6 I²C 块读取

LM94 支持 I²C 块读取。该事务中会发生以下事件序列：

1. 主器件发送一个启动条件以启动该事务。
2. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟写入位（低电平）。
3. 从器件将 ACK 置为有效。
4. 主器件发送寄存器地址，从器件将 ACK 置为有效。
5. 主器件发送一个重复的启动条件。
6. 主器件发送 7 位从器件地址，后跟读取位（高电平）。
7. 从器件将 ACK 置为有效。
8. 主器件接收数据字节 1 并将 ACK 置为有效。
9. 主器件继续接收字节并为接收到的每个字节将 ACK 置为有效。
10. 主器件接收最后一个字节。
11. 主器件将 NACK 置为有效。
12. 主器件发出停止条件。

1	2		3	4		5	6		7	8		9		~ 10	11	12
S	从器件地址	W	A	寄存器地址	A	S	从器件地址	R	A	数据字节 1	A	数据字节 2	A	~ 数据字节 N	/A	P

特别说明：

1. 当读取正常地址空间之外的地址位置时，LM94 返回 00h。
2. 块读取不会从地址 FFh 绕回到 00h。
3. 如果主器件确认的字节数超过其请求的字节数，则 LM94 将继续提供数据，直到主器件不再确认字节。
4. 如果主器件没有确认字节以提前中止块读取，则 LM94 脱离总线以允许主器件发出停止信号。

6.3.1.6 对 16 位寄存器进行读取和写入

每当读取 16 位寄存器的低字节时，高字节就会被冻结。高字节在被读取后解冻。这可以确保整个 16 位值被正确读取并且高字节与低字节相匹配。如果读取另一个 16 位寄存器的低字节，则当前冻结的高字节会解冻，新的 16 位寄存器的高字节被冻结。在具有两个 SMBus 主器件的系统中，一次只能有一个主器件读取任何 16 位寄存器，这一点很重要。实现该目的的一种可能方法是使用 16 位 SMBus 读取（而不是两个单独的 8 位读取）来读取 16 位寄存器。

每当对 16 位寄存器的低字节进行写入时，该写入就会被缓冲，在相应的高字节被写入后才会生效。如果对另一个 16 位寄存器的低字节进行写入，则以前缓冲第一个寄存器的低字节被丢弃。如果器件尝试对 16 位寄存器的高字节进行写入，但未对相应的低字节进行写入（或已被丢弃），则 LM94 会否定确认该字节。

6.4 寄存器

6.4.1 寄存器警告

在大多数情况下，保留的寄存器和寄存器位在被读取时返回零。不应依赖这一点，因为保留寄存器可用于未来扩展 LM94 功能。

某些寄存器用“N/D”表示其默认值。这意味着未定义寄存器的上电默认值。对于值寄存器，应注意确保软件在相关测量功能获取测量值之前不会对值寄存器进行读取。这适用于温度、电压、风扇 RPM 和 PROCHOT 监控。

6.4.2 寄存器汇总表

表 6-3. 寄存器说明

术语	说明
N/D	未定义
不适用	不适用
R	只读
R/W	读取或写入
RWC	读取或写入以清除

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
出厂寄存器				
x	异或测试	00h	00h	用于设置异或测试树模式
	SMBus 测试	01h	00	SMBus 读取/写入测试寄存器
	保留	02h-04h	N/D	
“远程二极管”模式选择				
x	晶体管模式选择	05h	00h	选择二极管模式 (默认) 或晶体管模式以进行“远程二极管”测量
值寄存器第 1 部分				
	区域 1b (CPU1 二极管 b) 温度	06h	00h	远程热敏二极管温度通道 1b 的测量值
	区域 2b (CPU2 二极管 b) 温度	07h	00h	远程热敏二极管温度通道 2b 的测量值
	区域 1b (CPU1 二极管 b) 滤波温度	08h	00h	远程热敏二极管温度通道 1b 的滤波值
	区域 2b (CPU2 二极管 b) 滤波温度	09h	00h	远程热敏二极管温度通道 2b 的滤波值
	PWM1 8 位占空比值	0Ah	00h	PWM1 占空比的 8 位值。
	PWM2 8 位占空比值	0Bh	00h	PWM2 占空比的 8 位值
高分辨率 PWM 覆盖寄存器				
x	PWM1 占空比覆盖 (低字节)	0Ch	00h	高分辨率 PWM1 占空比寄存器的低位字节
x	PWM1 占空比覆盖 (高字节)	0Dh	00h	高分辨率 PWM1 占空比寄存器的高位字节
x	PWM2 占空比覆盖 (低字节)	0Eh	00h	高分辨率 PWM2 占空比寄存器的低位字节
x	PWM2 占空比覆盖 (高字节)	0Fh	00h	高分辨率 PWM2 占空比寄存器的高位字节
扩展分辨率温度值寄存器				
	Z1a_LSB	10h	00h	区域 1a (CPU1) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z1a_MSB	11h	00h	区域 1a (CPU1) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z1b_LSB	12h	00h	区域 1b (CPU1) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z1b_MSB	13h	00h	区域 1b (CPU1) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z2a_LSB	14h	00h	区域 2a (CPU2) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z2a_MSB	15h	00h	区域 2a (CPU2) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z2b_LSB	16h	00h	区域 2b (CPU2) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z2b_MSB	17h	00h	区域 2b (CPU2) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z1a_F_LSB	18h	00h	区域 1a (CPU1) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最低有效字节

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
	Z1a_F_MSB	19h	00h	区域 1a (CPU1) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z1b_F_LSB	1Ah	00h	区域 1b (CPU1) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z1b_F_MSB	1Bh	00h	区域 1b (CPU1) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z2a_F_LSB	1Ch	00h	区域 2a (CPU2) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z2a_F_MSB	1Dh	00h	区域 2a (CPU2) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z2b_F_LSB	1Eh	00h	区域 2b (CPU2) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最低有效字节
	Z2b_F_MSB	1Fh	00h	区域 2b (CPU2) 扩展分辨率滤波温度值寄存器, 最高有效字节
	Z3_LSB	20h	00h	区域 3 (内部) 扩展分辨率温度值寄存器, 最低有效字节
	Z3_MSB	21h	00h	区域 3 (内部) 扩展分辨率温度值寄存器, 最低有效字节
	Z4_LSB	22h	00h	区域 4 (外部数字) 扩展分辨率温度值寄存器, 最高有效字节
	Z4_MSB	23h	00h	区域 4 (外部数字) 扩展分辨率温度值寄存器, 最低有效字节
	保留	24h-30h	N/D	
PI 环路和风扇控制设置寄存器				
x	温度源选择	31h	00h	选择某些温度区域的温度源。
x	PWM 滤波器设置	32h	00h	设置低分辨率源的 PWM 滤波器的 IIR 滤波器系数
x	PWM1 滤波器关断阈值	33h	00h	PWM1 滤波器关断阈值
x	PWM2 滤波器关断阈值	34h	00h	PWM2 滤波器关断阈值
x	PI/LUT 风扇控制绑定	35h	30h	PI/LUT 风扇控制绑定配置
x	PI 控制器最小 PWM 和迟滞	36h	00h	PI 控制器最小 PWM 和迟滞设置
x	区域 1 Tcontrol	37h	00h	区域 1 (CPU1) PI 控制器目标温度 (Tcontrol)
x	区域 2 Tcontrol	38h	00h	区域 2 (CPU2) PI 控制器目标温度 (Tcontrol)
x	区域 1 Toff	39h	80h	区域 1 (CPU1) PI 控制器关闭温度 (Toff)
x	区域 2 Toff	3Ah	80h	区域 2 (CPU2) PI 控制器关闭温度 (Toff)
x	P 系数	3Bh	00h	PI 控制器比例系数
x	I 系数	3Ch	00h	PI 控制器积分系数
x	PI 指数	3Dh	00h	PI 控制器系数指数

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
器件标识寄存器				
	制造商 ID	3Eh	01h	包含制造商 ID 代码
	版本/步进	3Fh	79h	包含主要版本和次要版本的代码
BMC 错误状态寄存器				
	B_错误状态 1	40h	00h	BMC 错误状态寄存器 1
	B_错误状态 2	41h	00h	BMC 错误寄存器 2
	B_错误状态 3	42h	00h	BMC 错误寄存器 3
	B_错误状态 4	43h	00h	BMC 错误寄存器 4
	B_P1_PROCHOT 错误状态	44h	00h	P1_PROCHOT 的 BMC 错误寄存器
	B_P2_PROCHOT 错误状态	45h	00h	P2_PROCHOT 的 BMC 错误寄存器
	B_GPI 错误状态	46h	00h	GPI 的 BMC 错误寄存器
	B_风扇错误状态	47h	00h	风扇的 BMC 错误寄存器
主机错误状态寄存器				
	H_错误状态 1	48h	00h	主机错误状态寄存器主机 1
	H_错误状态 2	49h	00h	主机错误寄存器 2
	H_错误状态 3	4Ah	00h	主机错误寄存器 3
	H_错误状态 4	4Bh	00h	主机错误寄存器 4
	H_P1_PROCHOT 错误状态	4Ch	00h	P1_PROCHOT 的主机错误寄存器
	H_P2_PROCHOT 错误状态	4Dh	00h	P2_PROCHOT 的主机错误寄存器
	H_GPI 错误状态	4Eh	00h	GPI 的主机错误寄存器
	H_风扇错误状态	4Fh	00h	风扇的主机错误寄存器
值寄存器第 2 部分				
	区域 1a (CPU1) 温度	50h	00h	远程热敏二极管温度通道 1a 的测量值
	区域 2a (CPU2) 温度	51h	00h	远程热敏二极管温度通道 2a 的测量值
	区域 3 (内部) 温度	52h	00h	来自片上传感器的测量温度
	区域 4 (外部数字) 温度	53h	00h	来自外部温度传感器的测量温度
	区域 1a (CPU1) 滤波温度	54h	00h	远程热敏二极管温度通道 1a 的滤波值
	区域 2a (CPU2) 滤波温度	55h	00h	远程热敏二极管温度通道 2a 的滤波值
	AD_IN1 电压	56h	N/D	AD_IN1 的测量值
	AD_IN2 电压	57h	N/D	AD_IN2 的测量值
	AD_IN3 电压	58h	N/D	AD_IN3 的测量值
	AD_IN4 电压	59h	N/D	AD_IN4 的测量值
	AD_IN5 电压	5Ah	N/D	AD_IN5 的测量值
	AD_IN6 电压	5Bh	N/D	AD_IN6 的测量值
	AD_IN7 电压	5Ch	N/D	AD_IN7 的测量值
	AD_IN8 电压	5Dh	N/D	AD_IN8 的测量值
	AD_IN9 电压	5Eh	N/D	AD_IN9 的测量值
	AD_IN10 电压	5Fh	N/D	AD_IN10 的测量值
	AD_IN11 电压	60h	N/D	AD_IN11 的测量值
	AD_IN12 电压	61h	N/D	AD_IN12 的测量值
	AD_IN13 电压	62h	N/D	AD_IN13 的测量值
	AD_IN14 电压	63h	N/D	AD_IN14 的测量值
	AD_IN15 电压	64h	N/D	AD_IN15 的测量值

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
	AD_IN16 电压	65h	N/D	AD_IN16 的测量值 (V_{DD} 3.3V S/B)
	保留	66h	N/D	
	当前 $\overline{P1_PROCHOT}$	67h	00h	测得的 $\overline{P1_PROCHOT}$ 限制百分比
	平均 $\overline{P1_PROCHOT}$	68h	00h	平均 $\overline{P1_PROCHOT}$ 限制百分比
	当前 $\overline{P2_PROCHOT}$	69h	00h	测得的 $\overline{P2_PROCHOT}$ 限制百分比
	平均 $\overline{P2_PROCHOT}$	6Ah	00h	平均 $\overline{P2_PROCHOT}$ 限制百分比
	GPI 状态	6Bh	00h	当前 GPIO 状态
	P1_VID	6Ch	00h	处理器 1 的当前 VID 值
	P2_VID	6Dh	00h	处理器 2 的当前 VID 值
	风扇转速计 1 LSB	6Eh	00h	测得的风扇转速计 1 LSB
	风扇转速计 1 MSB	6Fh	00h	测得的风扇转速计 1 MSB
	风扇转速计 2 LSB	70h	00h	测得的风扇转速计 2 LSB
	风扇转速计 2 MSB	71h	00h	测得的风扇转速计 2 MSB
	风扇转速计 3 LSB	72h	00h	测得的风扇转速计 3 LSB
	风扇转速计 3 MSB	73h	00h	测得的风扇转速计 3 MSB
	风扇转速计 4 LSB	74h	00h	测得的风扇转速计 4 LSB
	风扇转速计 4 MSB	75h	00h	测得的风扇转速计 4 MSB
	保留	76h-77h	N/D	
温度限值寄存器				
	区域 1 (CPU1) 低温	78h	80h	外部热敏二极管温度通道 1 (D1) 测量值的下限
	区域 1 (CPU1) 高温	79h	80h	外部热敏二极管温度通道 1 (D1) 测量值的上限
	区域 2 (CPU2) 低温	7Ah	80h	外部热敏二极管温度通道 2 (D2) 测量值的下限
	区域 2 (CPU2) 高温	7Bh	80h	外部热敏二极管温度通道 2 (D2) 测量值的上限
	区域 3 (内部) 低温	7Ch	80h	本地温度测量值的下限
	区域 3 (内部) 高温	7Dh	80h	本地温度测量值的上限
	区域 4 (外部数字) 低温	7Eh	80h	外部数字温度传感器的下限
	区域 4 (外部数字) 高温	7Fh	80h	外部数字温度传感器的上限
x	风扇增强温度区域 1	80h	3Ch	区域 1 (CPU1) 风扇增强温度
x	风扇增强温度区域 2	81h	3Ch	区域 2 (CPU2) 风扇增强温度
x	风扇增强温度区域 3	82h	23h	区域 3 (内部) 风扇增强温度
x	风扇增强温度区域 4	83h	23h	区域 4 (外部数字) 风扇增强温度
	区域 1 和区域 2 迟滞	84h	00h	限值比较的区域 1 和区域 2 迟滞
	区域 3 和区域 4 迟滞	85h	00h	限值比较的区域 3 和区域 4 迟滞
	保留	86h-8Dh	N/D	

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
区域 1b 和 2b 温度读数调节寄存器				
	区域 1b 温度调节	8Eh	00h	允许通过可编程偏移调节所有区域 1b 的温度测量值。
	区域 2b 温度调节	8Fh	00h	允许通过可编程偏移调节所有区域 2b 的温度测量值。
其他限值寄存器				
	AD_IN1 下限	90h	00h	模拟输入 1 测量值的下限
	AD_IN1 上限	91h	FFh	模拟输入 1 测量值的上限
	AD_IN2 下限	92h	00h	模拟输入 2 测量值的下限
	AD_IN2 上限	93h	FFh	模拟输入 2 测量值的上限
	AD_IN3 下限	94h	00h	模拟输入 3 测量值的下限
	AD_IN3 上限	95h	FFh	模拟输入 3 测量值的上限
	AD_IN4 下限	96h	00h	模拟输入 4 测量值的下限
	AD_IN4 上限	97h	FFh	模拟输入 4 测量值的上限
	AD_IN5 下限	98h	00h	模拟输入 5 测量值的下限
	AD_IN5 上限	99h	FFh	模拟输入 5 测量值的上限
	AD_IN6 下限	9Ah	00h	模拟输入 6 测量值的下限
	AD_IN6 上限	9Bh	FFh	模拟输入 6 测量值的上限
	AD_IN7 下限	9Ch	00h	模拟输入 7 测量值的下限
	AD_IN7 上限	9Dh	FFh	模拟输入 7 测量值的上限
	AD_IN8 下限	9Eh	00h	模拟输入 8 测量值的下限
	AD_IN8 上限	9Fh	FFh	模拟输入 8 测量值的上限
	AD_IN9 下限	A0h	00h	模拟输入 9 测量值的下限
	AD_IN9 上限	A1h	FFh	模拟输入 9 测量值的上限
	AD_IN10 下限	A2h	00h	模拟输入 10 测量值的下限
	AD_IN10 上限	A3h	FFh	模拟输入 10 测量值的上限
	AD_IN11 下限	A4h	00h	模拟输入 11 测量值的下限
	AD_IN11 上限	A5h	FFh	模拟输入 11 测量值的上限
	AD_IN12 下限	A6h	00h	模拟输入 12 测量值的下限
	AD_IN12 上限	A7h	FFh	模拟输入 12 测量值的上限
	AD_IN13 下限	A8h	00h	模拟输入 13 测量值的下限
	AD_IN13 上限	A9h	FFh	模拟输入 13 测量值的上限
	AD_IN14 下限	AAh	00h	模拟输入 14 测量值的下限
	AD_IN14 上限	ABh	FFh	模拟输入 14 测量值的上限
	AD_IN15 下限	ACh	00h	模拟输入 15 测量值的下限
	AD_IN15 上限	ADh	FFh	模拟输入 15 测量值的上限
	AD_IN16 下限	A Eh	00h	模拟输入 16 测量值的下限
	AD_IN16 上限	A Fh	FFh	模拟输入 16 测量值的上限
	P1_PROCHOT 用户限值	B0h	FFh	P1_PROCHOT 的用户可设置限值
	P2_PROCHOT 用户限值	B1h	FFh	P2_PROCHOT 的用户可设置限值
	Vccp1 限值偏移	B2h	17h	CPU1 Vccp (AD_IN7) 窗口比较器的 VID 偏移值
	Vccp2 限值偏移	B3h	17h	CPU2 Vccp (AD_IN8) 窗口比较器的 VID 偏移值

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
	风扇转速计 1 限值 LSB	B4h	FCh	风扇转速计 1 限值 LSB
	风扇转速计 1 限值 MSB	B5h	FFh	风扇转速计 1 限值 MSB
	风扇转速计 2 限值 LSB	B6h	FCh	风扇转速计 2 限值 LSB
	风扇转速计 2 限值 MSB	B7h	FFh	风扇转速计 2 限值 MSB
	风扇转速计 3 限值 LSB	B8h	FCh	风扇转速计 3 限值 LSB
	风扇转速计 3 限值 MSB	B9h	FFh	风扇转速计 3 限值 MSB
	风扇转速计 4 限值 LSB	BAh	FCh	风扇转速计 4 限值 LSB
	风扇转速计 4 限值 MSB	BBh	FFh	风扇转速计 4 限值 MSB
设置寄存器				
	特殊功能控制 1	BCh	00h	控制电压限值比较的迟滞。还选择用于温度限值比较和风扇控制的过滤或未过滤温度。
	特殊功能控制 2	BDh	00h	启用智能转速计检测。还为风扇控制选择 0.5°C 或 1.0°C 分辨率。
x	GPI/VID 电平控制	BEh	00h	控制 P1_VIDx、P2_VIDx 和 GPIO_x 输入的输入阈值电平。
x	PWM 斜坡控制	BFh	00h	控制 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 被置为有效时 PWM 占空比的斜坡速率以及 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 超过用户阈值时的斜坡速率。
x	风扇增强迟滞 (区域 1/2)	C0h	44h	区域 1 和 2 的风扇增强迟滞
x	风扇增强迟滞 (区域 3/4)	C1h	44h	区域 3 和 4 的风扇增强迟滞
x	区域 1/2 尖峰平滑处理控制	C2h	00h	为区域 1 和 2 配置尖峰平滑处理
x	LUT 1/2 最小 PWM 和迟滞	C3h	00h	控制 LUT 1 和 2 自动风扇控制的最小 PWM 和迟滞设置
x	LUT 3/4 最小 PWM 和迟滞	C4h	00h	控制 LUT 3 和 4 自动风扇控制的最小 PWM 和迟滞设置
	GPO	C5h	00h	控制 GPIO 引脚的输出状态
	$\overline{\text{PROCHOT}}$ 控制	C6h	00h	控制 $\overline{\text{P1_PROCHOT}}$ 或 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$ 的置为有效
	$\overline{\text{PROCHOT}}$ 时间间隔	C7h	11h	配置测量 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 输入的时间窗口
x	PWM1 控制 1	C8h	00h	控制 PWM 控制源绑定。
x	PWM1 控制 2	C9h	00h	控制 PWM 覆盖和输出极性
x	PWM1 控制 3	CAh	00h	控制 PWM 旋转持续时间和占空比
x	PWM1 控制 4	CBh	00h	PWM1 的频率控制。
x	PWM2 控制 1	CCh	00h	控制 PWM 控制源绑定。
x	PWM2 控制 2	CDh	00h	控制 PWM 覆盖和输出极性
x	PWM2 控制 3	CEh	00h	控制 PWM 旋转持续时间和占空比
x	PWM2 控制 4	CFh	00h	PWM2 的频率控制
x	LUT 1 基准温度	D0h	00h	LUT 1 应用查找表偏移的基准温度
x	LUT 2 基准温度	D1h	00h	LUT 2 应用查找表偏移的基准温度
x	LUT 3 基准温度	D2h	00h	LUT 3 应用查找表偏移的基准温度
x	LUT 4 基准温度	D3h	00h	LUT 4 应用查找表偏移的基准温度
x	阶跃 2 温度偏移	D4h	00h	阶跃 2 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 3 温度偏移	D5h	00h	阶跃 3 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 4 温度偏移	D6h	00h	阶跃 4 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
x	阶跃 5 温度偏移	D7h	00h	阶跃 5 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 6 温度偏移	D8h	00h	阶跃 6 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 7 温度偏移	D9h	00h	阶跃 7 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 8 温度偏移	DAh	00h	阶跃 8 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 9 温度偏移	DBh	00h	阶跃 9 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 10 温度偏移	DCh	00h	阶跃 10 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 11 温度偏移	DDh	00h	阶跃 11 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 12 温度偏移	DEh	00h	阶跃 12 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
x	阶跃 13 温度偏移	DFh	00h	阶跃 13 LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度
	TACH 到 PWM 绑定	E0h	00h	控制转速计输入到 PWM 输出绑定
x	转速计增强控制	E1h	3Fh	在发生转速计错误时控制风扇增强功能
x	LM94 状态/控制	E2h	00h	提供主器件错误状态、ASF 复位控制和最大 PWM 控制
x	LM94 配置	E3h	00h	配置各种输出并提供启动位
睡眠状态控制和屏蔽寄存器				
	睡眠状态控制	E4h	03h	用于将系统睡眠状态传送给 LM94
	S1 GPI 屏蔽	E5h	FFh	睡眠状态 S1 GPI 错误屏蔽寄存器
	S1 风扇屏蔽	E6h	0Fh	睡眠状态 S1 风扇转速计错误屏蔽寄存器
	S3 GPI 屏蔽	E7h	FFh	睡眠状态 S3 GPI 错误屏蔽寄存器
	S3 风扇屏蔽	E8h	0Fh	睡眠状态 S3 风扇转速计错误屏蔽寄存器
	S3 温度/电压屏蔽	E9h	07h	睡眠状态 S3 温度或电压错误屏蔽寄存器
	S4/5 GPI 屏蔽	EAh	FFh	睡眠状态 S4/5 GPI 错误屏蔽寄存器
	S4/5 温度/电压屏蔽	EBh	07h	睡眠状态 S4/5 温度或电压错误屏蔽寄存器
其他屏蔽寄存器				
	GPI 错误屏蔽	ECh	FFh	GPI 故障的错误屏蔽寄存器
	其他错误屏蔽	EDh	3Fh	$\overline{\text{VRD}}_{\text{X_HOT}}$ 、 $\overline{\text{GPI}}$ 和动态 V_{CCP} 限值检查的错误屏蔽寄存器。
区域 1a 和 2a 温度读数调节寄存器				
	区域 1a 温度调节	EEh	00h	允许通过可编程偏移调节所有区域 1a 的温度测量值
	区域 2a 温度调节	EFh	00h	允许通过可编程偏移调节所有区域 2a 的温度测量值
块命令				
	块写入命令	F0h	不适用	SMBus 块写入命令代码
	块读取命令	F1h	不适用	SMBus 块写入/块读取过程调用
	固定块 0	F2h	不适用	固定块代码地址 40h，大小 8 字节
	固定块 1	F3h	不适用	固定块代码地址 48h，大小 8 字节
	固定块 2	F4h	不适用	固定块代码地址 50h，大小 6 字节
	固定块 3	F5h	不适用	固定块代码地址 56h，大小 16 字节
	固定块 4	F6h	不适用	固定块代码地址 67h，大小 4 字节
	固定块 5	F7h	不适用	固定块代码地址 6Eh，大小 8 字节
	固定块 6	F8h	不适用	固定块代码地址 78h，大小 12 字节
	固定块 7	F9h	不适用	固定块代码地址 90h，大小 32 字节
	固定块 8	FAh	不适用	固定块代码地址 B4h，大小 8 字节
	固定块 9	FBh	不适用	固定块代码地址 C8h，大小 8 字节

Lock	寄存器名称	地址	默认值	说明
	固定块 10	FCh	不适用	固定块代码地址 D0h, 大小 16 字节
	固定块 11	FDh	不适用	固定块代码地址 E5h, 大小 9 字节
	保留	FEh-FFh	不适用	保留以用于未来的命令

6.4.3 出厂寄存器 00h - 04h

6.4.3.1 寄存器 00h 异或测试

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
00h	R/W	异或测试	RES							XEN	00h

位	名称	R/W	默认值	说明	睡眠屏蔽
0	XEN	R/W	0	LM94 具有异或测试模式。通过设置该位启用测试模式后, 器件进入异或测试模式。清除该位会使器件退出异或测试模式。	不适用
7:1	RES	R	0	保留	不适用

6.4.3.2 寄存器 01h SMBus 测试

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
01h	R/W	SMBus 测试	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

该寄存器可用于验证 SMBus 是否可以在不影响任何编程的设置的情况下对器件进行读取和写入。

6.4.3.3 “远程二极管”模式选择

6.4.3.3.1 寄存器 05h 远程二极管晶体管模式选择

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
05h	R/W	晶体管模式选择	RES	RES	RES	RES	P2b_T_EN	P2a_T_EN	P1b_T_EN	P1a_T_EN	00h

位	名称	R/W	说明
0	P1a_T_EN	R/W	如果设置该位, 则处理器 1 远程二极管“a”晶体管模式被启用。
1	P1b_T_EN	R/W	如果设置该位, 则处理器 1 远程二极管“b”晶体管模式被启用。
2	P2a_T_EN	R/W	如果设置该位, 则处理器 2 远程二极管“a”晶体管模式被启用。
3	P2b_T_EN	R/W	如果设置该位, 则处理器 2 远程二极管“b”晶体管模式被启用。
7:4	RES	R	保留

6.4.4 值寄存器第 1 部分

6.4.4.1 寄存器 06-07h 和 50-53h 未滤波温度值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
06h	R	区域 1b (CPU1) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
07h	R	区域 2b (CPU2) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
50h	R	区域 1a (CPU1) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
51h	R	区域 2a (CPU2) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
52h	R	区域 3 (内部) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
53h	R/W	区域 4 (外部数字) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

区域 1 和 2 均由 LM94 自动更新。区域 3 (内部) 温度和区域 4 (外部数字) 温度寄存器可由外部 SMBus 器件进行写入，也可以分别分配给 AD_IN11 和 AD_IN15。

如果远程二极管引脚未由电路板设计人员实现或无法正常工作，则区域 1 和 2 的温度寄存器将返回值 80h。

6.4.4.2 寄存器 08 - 09h 和 54 - 55h 滤波温度值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
08h	R	区域 1b (CPU1) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
09h	R	区域 2b (CPU2) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
54h	R	区域 1a (CPU1) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
55h	R	区域 2a (CPU2) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这些寄存器反映应用尖峰平滑处理滤波器后区域 1 和区域 2 的温度。

可以使用区域 1/2 尖峰平滑控制寄存器来调整滤波的特性。

6.4.4.3 寄存器 0Ah 和 0Bh PWM1 和 PWM2 8 位占空比值

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
0Ah	R	PWM1 占空比值	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
0Bh	R	PWM2 占空比值	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这些寄存器报告在 PWM1 或 PWM2 输出上驱动的前当前占空比。它是 9 位 PWM 值的高 8 位。它反映绑定到 PWM1 或 PWM2 输出的任何低分辨率或高分辨率 PWM 源的最大占空比。

6.4.5 PWM 占空比覆盖寄存器

6.4.5.1 寄存器 0Ch PWM1 占空比覆盖 (低字节)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
0Ch	R/W	PWM1 占空比覆盖 (低字节)	PWM1_DC[0]	PWM1_EN_Hres_Over	RES	RES	RES	RES	RES	RES	00h

位	名称	R/W	说明
5:0	RES	R	保留
6	PWM1_EN_Hres_Over	R/W	设置该位后, 会启用 PWM1 的高分辨率覆盖。设置该位后, PWM1 将以编程的占空比运行: $PWM1_DC[8:0]/256 * 100\%$; 超过 100h 的值被保留。
7	PWM1_DC[0]	R/W	设置该位后, 会设置 PWM1 的覆盖占空比的位 [0]。

如果在该寄存器中启用了手动 PWM1 覆盖, 则除了 LM94 状态控制寄存器 (E2h) 中的 100% 覆盖, 所有其他 PWM1 绑定都被禁用。

6.4.5.2 寄存器 0Dh PWM1 占空比覆盖 (高字节)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
0Dh	R/W	PWM1 占空比覆盖 (高字节)	PWM1_DC[8:1]	00h							

这些位设置 PWM1 的 9 位覆盖占空比值的高 8 位。

6.4.5.3 寄存器 0Eh PWM2 占空比覆盖 (低字节)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
0Eh	R/W	PWM2 占空比覆盖 (低字节)	PWM2_DC[0]	PWM2_EN_Hres_Over	RES	RES	RES	RES	RES	RES	00h

位	名称	R/W	说明
5:0	RES	R	保留
6	PWM2_EN_Hres_Over	R/W	设置该位后, 会启用 PWM2 的高分辨率覆盖。设置该位后, PWM2 将以编程的占空比运行: $PWM2_DC[8:0]/256 * 100\%$; 超过 100h 的值被保留。
7	PWM2_DC[0]	R/W	设置该位后, 会设置 PWM2 的覆盖占空比的位 [0]。

如果在该寄存器中启用了手动 PWM2 覆盖, 则除了 LM94 状态控制寄存器 (E2h) 中的 100% 覆盖, 所有其他 PWM2 绑定都被禁用。

6.4.5.4 寄存器 0Fh PWM2 占空比覆盖 (高字节)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
0Fh	R/W	PWM2 占空比覆盖 (高字节)	PWM2_DC[8:1]	00h							

这些位设置 PWM2 的 9 位覆盖占空比值的高 8 位。

6.4.6 扩展分辨率值寄存器

6.4.6.1 寄存器 10h - 17h 区域 1 (CPU1) 和区域 2 (CPU2) 扩展分辨率未滤波温度值寄存器，最高有效字节和最低有效字节

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
10h	R	Z1a_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
11h	R	Z1a_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 11h 是地址 50h 处的区域 1a (CPU1) 温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
12h	R	Z1b_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
13h	R	Z1b_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 13h 是地址 06h 处的区域 1b (CPU1) 温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
14h	R	Z2a_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
15h	R	Z2a_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 15h 是地址 51h 处的区域 2a (CPU2) 温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
16h	R	Z2b_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
17h	R	Z2b_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 17h 是地址 07h 处的区域 2b (CPU2) 温度寄存器的镜像。

6.4.6.2 寄存器 18h - 1Fh 区域 1 (CPU1) 和区域 2 (CPU2) 扩展分辨率滤波值寄存器，最高有效字节和最低有效字节

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
18h	R	Z1a_F_LSB	0.5	0.25	0.125	0.0625	0	0	0	0	00h
19h	R	Z1a_F_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 19h 是地址 54h 处的区域 1a (CPU1) 滤波温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
1Ah	R	Z1b_F_LSB	0.5	0.25	0.125	0.0625	0	0	0	0	00h
1Bh	R	Z1b_F_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 1Bh 是地址 08h 处的区域 1b (CPU1) 滤波温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
1Ch	R	Z2a_F_LSB	0.5	0.25	0.125	0.0625	0	0	0	0	00h
1Dh	R	Z2a_F_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 1Dh 是地址 55h 处的区域 2a (CPU2) 滤波温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
1Eh	R	Z2b_F_LSB	0.5	0.25	0.125	0.0625	0	0	0	0	00h
1Fh	R	Z2b_F_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 1Fh 是地址 09h 处的区域 2b (CPU2) 滤波温度寄存器的镜像。

6.4.6.3 寄存器 20h - 23h 区域 3 和区域 4 扩展分辨率值寄存器，最高有效字节和最低有效字节

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
20h	R/W	Z3_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
21h	R/W	Z3_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 21h 是地址 52h 处的区域 3 (内部) 温度寄存器的镜像。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
22h	R/W	Z4_LSB	0.5	0	0	0	0	0	0	0	00h
23h	R/W	Z4_MSB	符号	64	32	16	8	4	2	1	00h

寄存器 23h 是地址 53h 处的区域 4 (外部数字) 温度寄存器的镜像。

6.4.7 PI 环路风扇控制设置寄存器

6.4.7.1 寄存器 31h 内部/外部温度源选择

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
31h	R/W	内部/外部温度源选择	RES	RES	RES	INT_WR_E	Z2bE	Z1bE	EXT_AD15	INT_AD11	00h

位	名称	R/W	说明
0	INT_ADC11	R/W	设置该位时，内部温度寄存器 (区域 3) 将自动更新为 ADC_IN11 电压值寄存器的值减 128 (通过反转 MSb)。由于温度寄存器中的数据是有符号值，因此需要减去 128 或反转 MSb。清除该位后，内部温度寄存器 (区域 3) 将自动更新为 LM94 内部热敏二极管的内部温度读数。与内部温度寄存器值相关的所有功能均受该位的影响 (LUT、温度提升等)
1	EXT_ADC15	R/W	设置该位时，外部数字温度寄存器 (区域 4) 将变为只读状态，并且会自动更新为 ADC_IN15 电压值寄存器的值减 128 (通过反转 MSb)。由于温度寄存器中的数据是有符号值，因此需要减去 128 或反转 MSb。清除该位后，外部数字温度寄存器是可写的，并且必须由软件通过 SMBus 进行更新。与外部数字温度寄存器相关的所有功能均受该位的影响 (LUT、温度提升等)
2	Z1bE	R/W	设置该位时，引脚 23 被启用为远程 1b 输入。清除该位后，引脚 23 被设置为 AD_IN1 输入。
3	Z2bE	R/W	设置该位时，引脚 24 被启用为远程 2b 输入。清除该位后，引脚 24 被设置为 AD_IN2 输入。
4	INT_WR_E	R/W	设置该位时，可以通过外部 SMBus 写入更新内部温度值寄存器。内部温度值寄存器的所有自动更新都将停止。
7:3	RES	R	保留

6.4.7.2 寄存器 32h PWM 滤波器设置

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
32h	R/W	PWM_滤波器	RES	FC_PWM2[2:0]	RES	FC_PWM1[2:0]			00h		

位	名称	R/W	说明
2:0	FC_PWM1[2:0]	R/W	设置 PWM1 低分辨率源上 IIR 滤波器的滤波器系数。
3	RES	R	保留
6:4	FC_PWM2[2:0]	R/W	设置 PWM2 低分辨率源上 IIR 滤波器的滤波器系数。
7	RES	R	保留

FC_PWM1[2:0] 或 FC_PWM2[2:]	95% 稳定时间间隔
000	绕过滤器
001	0.098s
010	0.237s
011	0.510s
100	1.056s
101	2.147s
110	4.328s
111	8.689s

6.4.7.3 寄存器 33h PWM1 滤波器关断阈值

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
33h	R/W	PWM1_滤波器关断阈值	PWM1_SHUT_DC[4:0]	RES	RES	RES	00h				

位	名称	R/W	说明
2:0	RES	R	保留
7:3	PWM1_SHUT_DC[4:0]	R/W	设置滤波器关断阈值。实际占空比阈值是该值的 3.15%。如果 PWM 滤波器被禁用，则关断阈值也会被禁用。关断阈值允许在占空比小于编程值的情况下关断 PWM1 输出。

位 [7:3]	9 位阈值	相应的占空比
0	0	0.000%
1	8	3.125%
2	16	6.25%
.	.	.
.	.	.
.	.	.
29	232	90.625%
30	240	93.750%
31	248	96.875%

6.4.7.4 寄存器 34h PWM2 滤波器关断阈值

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
34h	R/W	PWM2_滤波器关断阈值	PWM2_SHUT_DC[4:0]	RES	RES	RES	00h				

位	名称	R/W	说明
2:0	RES	R	保留
7:3	PWM2_SHUT_DC[4:0]	R/W	设置滤波器关断阈值。实际占空比阈值是该值的 3.15%。如果 PWM 滤波器被禁用，则关断阈值也会被禁用。关断阈值允许在占空比小于编程值的情况下关断 PWM1 输出。

位 [7:3]	9 位阈值	相应的占空比
0	0	0.000%
1	8	3.125%
2	16	6.25%
·	·	·
·	·	·
·	·	·
29	232	90.625%
30	240	93.750%
31	248	96.875%

6.4.7.5 寄存器 35h PI/LUT 风扇控制绑定

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
35h	R/W	风扇控制绑定	LUT4_Z2	LUT3_Z1	LUT2_Z2	LUT1_Z1	PWM2_PI	PWM1_PI	PI_Z2	PI_Z1	30h

位	名称	R/W	说明
0	PI_Z1	R/W	设置该位时，PI 控制器绑定到 P1 温度（区域 1）。这也会更改 P1 温度的可用滤波选项。
1	PI_Z2	R/W	设置该位时，PI 控制器绑定到 P2 温度（区域 2）。这也会更改 P2 温度区域的可用滤波选项。
2	PWM1_PI	R/W	设置该位时，PWM1 输出绑定到 PI 控制器。
3	PWM2_PI	R/W	设置该位时，PWM2 输出绑定到 PI 控制器。
4	LUT1_Z1	R/W	设置该位时，LUT1 将使用 P1 温度（区域 1），而不是内部温度（区域 3）。
5	LUT2_Z2	R/W	设置该位时，LUT2 将使用 P2 温度（区域 2），而不是外部数字温度（区域 4）。
6	LUT3_Z1	R/W	设置该位时，LUT3 将使用 P1 温度（区域 1），而不是内部温度（区域 3）。
7	LUT4_Z2	R/W	设置该位时，LUT4 将使用 P2 温度（区域 2），而不是外部数字温度（区域 4）。

6.4.7.6 寄存器 36h PI 控制器最小 PWM 和迟滞

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
36h	R/W	PI 最小 PWM 和迟滞	PI_MinPWM[3:0]	PI_Hyst[3:0]			00h				

位	名称	R/W	说明
3:0	PI_Hyst[3:0]	R/W	以 0.5°C 阶跃设置 PI 环路风扇控制器的迟滞，最大为 7.5°C。
7:4	PI_MinPWM[3:0]	R/W	以 6.25% 阶跃定义 PI 环路风扇控制器的最小 PWM 输出，最大为 93.75%。

PI_Hyst[3:0]	迟滞 (°C)
0h	0
1h	0.5
2h	1.0
3h	1.5
4h	2.0
5h	2.5
6h	3.0
7h	3.5
8h	4.0
9h	4.5
Ah	5.0
Bh	5.5
Ch	6.0
Dh	6.5
Eh	7.0
Fh	7.5

PI_MinPWM[3:0]	最小占空比
0h	0.00%
1h	6.25%
2h	12.5%
3h	18.75%
4h	25.00%
5h	31.25%
6h	37.50%
7h	43.75%
8h	50.00%
9h	56.25%
Ah	62.50%
Bh	68.75%
Ch	75.00%
Dh	81.25%
Eh	87.5%
Fh	93.75%

6.4.7.7 寄存器 37h 和 38h 区域 1 和 2 PI 控制器目标温度 (Tcontrol)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
37h	R/W	区域 1 Tcontrol	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
38h	R/W	区域 2 Tcontrol	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

与区域 1 和区域 2 的温度值寄存器的格式相同。PWM 输出控制处理器上的空气流量，因此处理器的温度由 PI 环路进行调节，以使最热的区域 1 或区域 2 温度读数保持在其各自的值 Tcontrol 和 Tcontrol - 迟滞之间。Intel 为其部分处理器指定了最佳 Tcontrol 温度，可以在 MSR 寄存器空间中找到。

6.4.7.8 寄存器 39h 和 3Ah 区域 1 和 2 PI 风扇控制关闭温度 (Toff)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
39h	R/W	Z1 Toff	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
3Ah	R/W	Z2 Toff	7	6	5	4	3	2	1	0	80h

与区域 1 和区域 2 的温度值寄存器的格式相同。当这些寄存器被设置为 80h 时，Toff 功能被禁用。Toff 是 PI 控制环路输出被强制设置为零占空比时的温度。

6.4.7.9 寄存器 3Bh 比例系数

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
3Bh	R/W	P 系数	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

6.4.7.10 寄存器 3Ch 积分系数

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
3Ch	R/W	I 系数	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

6.4.7.11 寄存器 3Dh PI 系数指数

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
3Dh	R/W	PI 指数	RES	RES	RES	RES	PCE[1:0]	ICE[1:0]		00h	

位	名称	R/W	说明
1:0	ICE[1:0]	R/W	PI 控制器积分系数指数 (2 位有符号值)
2:3	PCE[1:0]	R/W	PI 控制器比例系数指数 (2 位有符号值)
7:4	RES	R	保留

ICE[1:0]	积分指数
10b	-2
11b	-1
00b	0
01b	1

PCE[1:0]	比例指数
10b	-2
11b	-1
00b	0

PCE[1:0]	比例指数
01b	1

6.4.8 器件标识寄存器 (3Eh-3Fh)

6.4.8.1 寄存器 3Eh 制造商 ID

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
3Eh	R	制造商 ID	0	0	0	0	0	0	0	0	01h

制造商 ID 寄存器包含制造商识别号。该编号由德州仪器 (TI) 分配，是唯一标识器件制造商的方法。

6.4.8.2 寄存器 3Fh 版本/步进

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
3Fh	R	版本/步进	VER[3:0]				STP[3:0]				79h
			0	1	1	1	1	0	0	1	

版本/步进寄存器的四个最低有效位 [3:0] 包含 LM94 器件的当前步进。四个最高有效位 [7:4] 反映 LM94 版本号。LM94 的固定版本号为 0111b，该编号与 LM93 匹配，因为 LM94 与 LM93 密切相关。为了将 LM94 与 LM93 区分开，对于 LM94 的第一次步进，该寄存器的读数为 01111000b。对于 LM94 的第二次步进，该寄存器的读数为 01111001b，以此类推。对于器件的未来版本，该读数逐步递增。最终发布的器件具有步进 9h，因此该寄存器的读数为 79h。

应用软件使用该寄存器来识别在给定系统中实现了硬件监控 ASIC 系列中的哪个器件。根据该信息，软件可以确定要对哪些寄存器进行读取和写入。应用软件可以使用当前的步进来纠正正在特定器件步进中发现的错误。

6.4.9 BMC 错误状态寄存器 40h - 47h

B_错误状态寄存器包含多个位，每个位表示 LM94 可以监测的特定错误事件。只要发生相应的错误事件，LM94 就会设置给定的位。如果设置了 BMC 错误状态寄存器中的任何位，那么也会设置 LM94 状态/控制寄存器中的 BMC_ERR 位。只要设置了 BMC_ERR， $\overline{\text{ALERT}}$ 在启用后就会被置为有效。例外情况是 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 错误状态寄存器中的固定阈值错误状态位。这些位对 BMC_ERR 或 $\overline{\text{ALERT}}$ 没有影响。

设置 BMC 错误状态寄存器中的某个位后，如果错误事件消失，则 LM94 不会自动清除该位。每个位必须由软件清除。如果软件尝试在错误条件仍然存在时清除某个位，而错误未被屏蔽，那么该位不会被清除。如果错误被屏蔽，那么即使错误条件仍然存在，该位也可以被清除。

如果 LM94 处于 ASF 模式，则 BMC 错误状态寄存器既可以读取以清除，也可以写入一以清除。当不处于 ASF 模式时，这些寄存器只能写入一以清除。

本节中所述的每个寄存器都具有一个标记为睡眠屏蔽的列。该列说明在各种睡眠状态下哪些错误事件被屏蔽。通过对睡眠状态控制寄存器进行写入，系统的睡眠状态被传送至 LM94。如果该列中的睡眠状态旁边有一个“*”，则表示在该睡眠模式下可以选择屏蔽错误事件，具体取决于睡眠状态屏蔽寄存器。

6.4.9.1 寄存器 40h B_错误状态 1

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
40h	RWC	B_错误状态 1	RES		VRD2_ERR	VRD1_ERR	ZN4_ERR	ZN3_ERR	ZN2_ERR	ZN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	ZN1_ERR	RWC	当任何区域 1 温度超出其相关温度限值时, 会设置该位。	S3*、S4/5*
1	ZN2_ERR	RWC	当任何区域 2 温度超出其相关温度限值时, 会设置该位。	S3*、S4/5*
2	ZN3_ERR	RWC	当区域 3 温度超出区域 3 温度限值时, 会设置该位。	无
3	ZN4_ERR	RWC	当区域 4 温度超出区域 4 温度限值时, 会设置该位。	无
4	VRD1_ERR	RWC	当 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 输入被置为有效时, 会设置该位。	S3、S4/5
5	VRD2_ERR	RWC	当 $\overline{\text{VRD2_HOT\#}}$ 输入被置为有效时, 会设置该位。	S3、S4/5
7:6	RES	R	保留	不适用

6.4.9.2 寄存器 41h B_错误状态 2

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
41h	RWC	B_错误状态 2	ADIN8_ERR	ADIN7_ERR	ADIN6_ERR	ADIN5_ERR	ADIN4_ERR	ADIN3_ERR	ADIN2_ERR	ADIN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	AD1_ERR	RWC	当 AD_IN1 电压超出 AD_IN1 下限和 AD_IN1 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
1	AD2_ERR	RWC	当 AD_IN2 电压超出 AD_IN2 下限和 AD_IN2 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
2	AD3_ERR	RWC	当 AD_IN3 电压超出 AD_IN3 下限和 AD_IN3 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
3	AD4_ERR	RWC	当 AD_IN4 电压超出 AD_IN4 下限和 AD_IN4 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
4	AD5_ERR	RWC	当 AD_IN5 电压超出 AD_IN5 下限和 AD_IN5 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
5	AD6_ERR	RWC	当 AD_IN6 电压超出 AD_IN6 下限和 AD_IN6 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
6	AD7_ERR	RWC	当 AD_IN7 电压超出 AD_IN7 下限和 AD_IN7 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
7	AD8_ERR	RWC	当 AD_IN8 电压超出 AD_IN8 下限和 AD_IN8 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5

6.4.9.3 寄存器 42h B_错误状态 3

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
42h	RWC	B_错误状态 3	ADIN16_ERR	ADIN15_ERR	ADIN14_ERR	ADIN13_ERR	ADIN12_ERR	ADIN11_ERR	ADIN10_ERR	ADIN9_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	AD9_ERR	RWC	当 AD_IN9 电压超出 AD_IN9 下限和 AD_IN9 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
1	AD10_ERR	RWC	当 AD_IN10 电压超出 AD_IN10 下限和 AD_IN10 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
2	AD11_ERR	RWC	当 AD_IN11 电压超出 AD_IN11 下限和 AD_IN11 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
3	AD12_ERR	RWC	当 AD_IN12 电压超出 AD_IN12 下限和 AD_IN12 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*
4	AD13_ERR	RWC	当 AD_IN13 电压超出 AD_IN13 下限和 AD_IN13 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*
5	AD14_ERR	RWC	当 AD_IN14 电压超出 AD_IN14 下限和 AD_IN14 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*
6	AD15_ERR	RWC	当 AD_IN15 电压超出 AD_IN15 下限和 AD_IN15 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
7	AD16_ERR	RWC	当 AD_IN16 电压超出 AD_IN16 下限和 AD_IN16 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	无

6.4.9.4 寄存器 43h B_错误状态 4

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
43h	RWC	B_错误状态 4	D2a_ERR	D1a_ERR	DV _{DD} P2_ERR	DV _{DD} P1_ERR	GPI9_ERR	GPI8_ERR	D2b_ERR	D1b_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	D1b_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE1b+ 和 REMOTE1- 引脚上发生开路或短路，则会设置该位。	S3*、S4/5*
1	D2b_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE2b+ 和 REMOTE2- 引脚上发生开路或短路，则会设置该位。	S3*、S4/5*
2	GPI8	RWC	SCSI 保险丝错误 如果 GPI8 已被置为有效，则会设置该位。仅当 VID 模式被设置为 VRD 10 时启用。	S3、S4/5
3	GPI9	RWC	SCSI 保险丝错误 如果 GPI9 已被置为有效，则会设置该位。仅当 VID 模式被设置为 VRD 10 时启用。	S3、S4/5
4	DV _{DD} P1_ERR	RWC	动态 V _{ccp} 限值错误。 如果 AD_IN7 (P1_V _{ccp}) 与 P1_VID[7:0] 报告的请求电压不匹配，则会设置该位。	S3、S4/5
5	DV _{DD} P2_ERR	RWC	动态 V _{ccp} 限值错误。 如果 AD_IN8 (P2_V _{ccp}) 与 P1_VID[7:0] 报告的请求电压不匹配，则会设置该位。	S3、S4/5
6	D1a_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE1a+ 和 REMOTE1- 引脚上发生开路或短路，则会设置该位。	S3*、S4/5*
7	D2a_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE2a+ 和 REMOTE2- 引脚上发生开路或短路，则会设置该位。	S3*、S4/5*

6.4.9.5 寄存器 44h B_P1_PROCHOT 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
44h	RWC	B_P1_PROCHOT 错误状态	PH1_ERR	TMAX	T100	T75	T50	T25	T12	T0	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	T0	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 发生限制事件时设置。会针对任何 >0% 的 $\overline{PROCHOT}$ 限制量设置该位。	S3、S4/5
1	T12	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 0.39% 但小于 12.5% 时设置。	S3、S4/5
2	T25	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 12.5% 但小于 25% 时设置。	S3、S4/5
3	T50	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 25% 但小于 50% 时设置。	S3、S4/5
4	T75	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 50% 但小于 75% 时设置。	S3、S4/5
5	T100	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 75% 但小于 100% 时设置。	S3、S4/5
6	TMAX	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为 100% 时设置。	S3、S4/5
7	PH1_ERR	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为超过用户限值时设置。	S3、S4/5

PH1_ERR 位是该寄存器中唯一将在 LM94 状态/控制寄存器中设置 BMC_ERR 的位。

6.4.9.6 寄存器 45h B_P2_PROCHOT 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
45h	RWC	B_P2_PROCHOT 错误状态	PH2_ERR	TMAX	T100	T75	T50	T25	T12	T0	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	T0	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 发生限制事件时设置。会针对任何 >0% 的 $\overline{PROCHOT}$ 限制量设置该位。	S3、S4/5
1	T12	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 0.0% 但小于 12.5% 时设置。	S3、S4/5
2	T25	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 12.5% 但小于 25% 时设置。	S3、S4/5
3	T50	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 25% 但小于 50% 时设置。	S3、S4/5
4	T75	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 50% 但小于 75% 时设置。	S3、S4/5
5	T100	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 75% 但小于 100% 时设置。	S3、S4/5
6	TMAX	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为 100% 时设置。	S3、S4/5
7	PH2_ERR	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为超过用户限值时设置。	S3、S4/5

PH2_ERR 位是该寄存器中唯一将在 LM94 状态/控制寄存器中设置 BMC_ERR 的位。

6.4.9.7 寄存器 46h B_GPI 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
46h	RWC	B_GPI 错误状态	GPI7_ERR	GPI6_ERR	GPI5_ERR	GPI4_ERR	GPI3_ERR	GPI2_ERR	GPI1_ERR	GPI0_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	GPI0_ERR	RWC	只要 GPIO0 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
1	GPI1_ERR	RWC	只要 GPIO1 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
2	GPI2_ERR	RWC	只要 GPIO2 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
3	GPI3_ERR	RWC	只要 GPIO3 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
4	GPI4_ERR	RWC	只要 GPIO4 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
5	GPI5_ERR	RWC	只要 GPIO5 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
6	GPI6_ERR	RWC	只要 GPIO6 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
7	GPI7_ERR	RWC	只要 GPIO7 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*

6.4.9.8 寄存器 47h B_风扇错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
47h	RWC	B_风扇错误状态	RES				FAN4_ERR	FAN3_ERR	FAN2_ERR	FAN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	FAN1_ERR	RWC	当风扇转速计 1 值寄存器高于风扇转速计 1 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
1	FAN2_ERR	RWC	当风扇转速计 2 值寄存器高于风扇转速计 2 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
2	FAN3_ERR	RWC	当风扇转速计 3 值寄存器高于风扇转速计 3 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
3	FAN4_ERR	RWC	当风扇转速计 4 值寄存器高于风扇转速计 4 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
7:4	RES	R	保留	不适用

6.4.10 主机错误状态寄存器

主机错误状态寄存器包含多个位，每个位表示 LM94 可以监控的特定错误事件。只要发生相应的错误事件，LM94 就会设置给定的位。如果设置了主机错误状态寄存器中的任何位，LM94 状态/控制寄存器中的 HOST_ERR 位也会被设置。例外情况是 PROCHOT 错误状态寄存器中的固定阈值错误状态位。这些位对 HOST_ERR 没有影响。

主机错误状态寄存器中的某个位被设置后，如果错误事件消失，LM94 不会自动清除该位。每个位必须由软件清除。如果软件尝试在错误条件仍然存在时清除某个位，那么该位不会被清除。

软件必须向主机错误状态寄存器中需要清除的任何位明确写入 1（写入一以清除）。

本节中所述的每个寄存器都具有一个标记为睡眠屏蔽的列。该列说明在各种睡眠状态下哪些错误事件被屏蔽。通过对睡眠状态控制寄存器进行写入，系统的睡眠状态被传送到 LM94。如果该列中的睡眠状态旁边有一个“*”，则表示在该睡眠模式下可以选择屏蔽错误事件，具体取决于睡眠状态屏蔽寄存器。

6.4.10.1 寄存器 48h H_错误状态 1

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
48h	RWC	H_错误状态 1	RES		VRD2_ERR	VRD1_ERR	ZN4_ERR	ZN3_ERR	ZN2_ERR	ZN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	ZN1_ERR	RWC	当任何区域 1 温度超出其相关温度限值时，会设置该位。	S3*、S4/5*
1	ZN2_ERR	RWC	当任何区域 2 温度超出其相关温度限值时，会设置该位。	S3*、S4/5*

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
2	ZN3_ERR	RWC	当区域 3 温度超出区域 3 温度限值时, 会设置该位。	无
3	ZN4_ERR	RWC	当区域 4 温度超出区域 4 温度限值时, 会设置该位。	无
4	VRD1_ERR	RWC	当 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 输入被置为有效时, 会设置该位。	S3、S4/5
5	VRD2_ERR	RWC	当 $\overline{\text{VRD2_HOT\#}}$ 输入被置为有效时, 会设置该位。	S3、S4/5
7:6	RES	R	保留	不适用

6.4.10.2 寄存器 49h H_错误状态 2

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
49h	RWC	H_错误状态 2	ADIN8_ERR	ADIN7_ERR	ADIN6_ERR	ADIN5_ERR	ADIN4_ERR	ADIN3_ERR	ADIN2_ERR	ADIN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	AD1_ERR	RWC	当 AD_IN1 电压超出 AD_IN1 下限和 AD_IN1 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
1	AD2_ERR	RWC	当 AD_IN2 电压超出 AD_IN2 下限和 AD_IN2 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
2	AD3_ERR	RWC	当 AD_IN3 电压超出 AD_IN3 下限和 AD_IN3 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
3	AD4_ERR	RWC	当 AD_IN4 电压超出 AD_IN4 下限和 AD_IN4 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
4	AD5_ERR	RWC	当 AD_IN5 电压超出 AD_IN5 下限和 AD_IN5 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
5	AD6_ERR	RWC	当 AD_IN6 电压超出 AD_IN6 下限和 AD_IN6 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
6	AD7_ERR	RWC	当 AD_IN7 电压超出 AD_IN7 下限和 AD_IN7 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
7	AD8_ERR	RWC	当 AD_IN8 电压超出 AD_IN8 下限和 AD_IN8 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5

6.4.10.3 寄存器 4Ah H_错误状态 3

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Ah	RWC	H_错误状态 3	ADIN16_ERR	ADIN15_ERR	ADIN14_ERR	ADIN13_ERR	ADIN12_ERR	ADIN11_ERR	ADIN10_ERR	ADIN9_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	AD9_ERR	RWC	当 AD_IN9 电压超出 AD_IN9 下限和 AD_IN9 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
1	AD10_ERR	RWC	当 AD_IN10 电压超出 AD_IN10 下限和 AD_IN10 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
2	AD11_ERR	RWC	当 AD_IN11 电压超出 AD_IN11 下限和 AD_IN11 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
3	AD12_ERR	RWC	当 AD_IN12 电压超出 AD_IN12 下限和 AD_IN12 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*
4	AD13_ERR	RWC	当 AD_IN13 电压超出 AD_IN13 下限和 AD_IN13 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
5	AD14_ERR	RWC	当 AD_IN14 电压超出 AD_IN14 下限和 AD_IN14 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3*、S4/5*
6	AD15_ERR	RWC	当 AD_IN15 电压超出 AD_IN15 下限和 AD_IN15 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	S3、S4/5
7	AD16_ERR	RWC	当 AD_IN16 电压超出 AD_IN16 下限和 AD_IN16 上限寄存器定义的范围时会设置该位。	无

6.4.10.4 寄存器 4Bh H_错误状态 4

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Bh	RWC	H_错误状态 4	D2a_ERR	D1a_ERR	DV _{DD} P2_ERR	DV _{DD} P1_ERR	GPI9_ERR	GPI8_ERR	D2b_ERR	D1b_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	D1b_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE1b+ 和 REMOTE1- 引脚上发生开路或短路, 则会设置该位。	S3*、S4/5*
1	D2b_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE2b+ 和 REMOTE2- 引脚上发生开路或短路, 则会设置该位。	S3*、S4/5*
2	GPI8	RWC	SCSI 保险丝错误 如果 GPI8 已被置为有效, 则会设置该位。仅当 VID 模式被设置为 VRD 10 时启用。	S3、S4/5
3	GPI9	RWC	SCSI 保险丝错误 如果 GPI9 已被置为有效, 则会设置该位。仅当 VID 模式被设置为 VRD 10 时启用。	S3、S4/5
4	DV _{DD} P1_ERR	RWC	动态 Vccp 限值错误。 如果 AD_IN7 (P1_Vccp) 与 P1_VID[7:0] 报告的请求电压不匹配, 则会设置该位。	S3、S4/5
5	DV _{DD} P2_ERR	RWC	动态 Vccp 限值错误。 如果 AD_IN8 (P2_Vccp) 与 P1_VID[7:0] 报告的请求电压不匹配, 则会设置该位。	S3、S4/5
6	D1a_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE1a+ 和 REMOTE1- 引脚上发生开路或短路, 则会设置该位。	S3*、S4/5*
7	D2a_ERR	RWC	二极管故障错误 如果 REMOTE2a+ 和 REMOTE2- 引脚上发生开路或短路, 则会设置该位。	S3*、S4/5*

6.4.10.5 寄存器 4Ch H_P1_PROCHOT 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Ch	RWC	H_P1_PROCHOT 错误状态	PH1_ERR	TMAX	T100	T75	T50	T25	T12	T0	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	T0	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 发生限制事件时设置。会针对任何 >0% 的 $\overline{PROCHOT}$ 限制量设置该位。	S3、S4/5
1	T12	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 0.00% 但小于 12.5% 时设置。	S3、S4/5
2	T25	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 12.5% 但小于 25% 时设置。	S3、S4/5
3	T50	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 25% 但小于 50% 时设置。	S3、S4/5
4	T75	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 50% 但小于 75% 时设置。	S3、S4/5
5	T100	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 75% 但小于 100% 时设置。	S3、S4/5

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
6	TMAX	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为 100% 时设置。	S3、S4/5
7	PH1_ERR	RWC	当 $\overline{P1_PROCHOT}$ 被限制为超过用户限值时设置。	S3、S4/5

PH1_ERR 位是该寄存器中唯一将在 LM94 状态/控制寄存器中设置 HOST_ERR 的位。

6.4.10.6 寄存器 4Dh B_P2_PROCHOT 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Dh	RWC	H_P2_PROCHOT 错误状态	PH2_ERR	TMAX	T100	T75	T50	T25	T12	T0	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	T0	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 发生限制事件时设置。会针对任何 >0% 的 $\overline{PROCHOT}$ 限制量设置该位。	S3、S4/5
1	T12	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 0.00% 但小于 12.5% 时设置。	S3、S4/5
2	T25	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 12.5% 但小于 25% 时设置。	S3、S4/5
3	T50	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 25% 但小于 50% 时设置。	S3、S4/5
4	T75	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 50% 但小于 75% 时设置。	S3、S4/5
5	T100	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为大于或等于 75% 但小于 100% 时设置。	S3、S4/5
6	TMAX	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为 100% 时设置。	S3、S4/5
7	PH2_ERR	RWC	当 $\overline{P2_PROCHOT}$ 被限制为超过用户限值时设置。	S3、S4/5

PH2_ERR 位是该寄存器中唯一将在 LM94 状态/控制寄存器中设置 HOST_ERR 的位。

6.4.10.7 寄存器 4Eh H_GPI 错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Eh	RWC	H_GPI 错误状态	GPI7_ERR	GPI6_ERR	GPI5_ERR	GPI4_ERR	GPI3_ERR	GPI2_ERR	GPI1_ERR	GPI0_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	GPI0_ERR	RWC	只要 GPIO0 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
1	GPI1_ERR	RWC	只要 GPIO1 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
2	GPI2_ERR	RWC	只要 GPIO2 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
3	GPI3_ERR	RWC	只要 GPIO3 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
4	GPI4_ERR	RWC	只要 GPIO4 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
5	GPI5_ERR	RWC	只要 GPIO5 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*
6	GPI6_ERR	RWC	只要 GPIO6 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
7	GPI7_ERR	RWC	只要 GPIO7 被驱动为低电平，就会设置该位（除非通过 GPI 错误屏蔽寄存器进行屏蔽）。	S1*、S3*、S4/5*

6.4.10.8 寄存器 4Fh H_风扇错误状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
4Fh	RWC	H_风扇错误状态	RES				FAN4_ERR	FAN3_ERR	FAN2_ERR	FAN1_ERR	00h

位	名称	R/W	说明	睡眠屏蔽
0	FAN1_ERR	RWC	当风扇转速计 1 值寄存器高于风扇转速计 1 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
1	FAN2_ERR	RWC	当风扇转速计 2 值寄存器高于风扇转速计 2 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
2	FAN3_ERR	RWC	当风扇转速计 3 值寄存器高于风扇转速计 3 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
3	FAN4_ERR	R	当风扇转速计 4 值寄存器高于风扇转速计 4 限值寄存器中设置的值时，会设置该位。	S1*、S3*、S4/5
7:4	RES	R	保留	不适用

6.4.11 值寄存器

6.4.11.1 寄存器 50 - 53h 未滤波温度值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
06h	R	区域 1b (CPU1) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
07h	R	区域 2b (CPU2) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
50h	R	区域 1a (CPU1) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
51h	R	区域 2a (CPU2) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
52h	R	区域 3 (内部) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
53h	R/W	区域 4 (外部数字) 温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

区域 1 和 2 均由 LM94 自动更新。区域 3 (内部) 温度和区域 4 (外部数字) 温度寄存器可由外部 SMBus 器件进行写入，也可以分别分配给 AD_IN11 和 AD_IN15。

如果远程二极管引脚未由电路板设计人员实现或无法正常工作，则区域 1 和 2 的温度寄存器将返回值 80h。

6.4.11.2 寄存器 54-55h 滤波温度值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
08h	R	区域 1b (CPU1) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
09h	R	区域 2b (CPU2) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
54h	R	区域 1a (CPU1) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
55h	R	区域 2a (CPU2) 滤波温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这些寄存器反映应用尖峰平滑处理滤波器后区域 1 和区域 2 的温度。

可以使用区域 1/2 尖峰平滑控制寄存器来调整滤波的特性。

6.4.11.3 寄存器 56-65h A/D 通道电压寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
56h	R	AD_IN1 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
57h	R	AD_IN2 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
58h	R	AD_IN3 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
59h	R	AD_IN4 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Ah	R	AD_IN5 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Bh	R	AD_IN6 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Ch	R	AD_IN7 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Dh	R	AD_IN8 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Eh	R	AD_IN9 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
5Fh	R	AD_IN10 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
60h	R	AD_IN11 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
61h	R	AD_IN12 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
62h	R	AD_IN13 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
63h	R	AD_IN14 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D
64h	R	AD_IN15 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
65h	R	AD_IN16 电压	7	6	5	4	3	2	1	0	N/D

电压读数寄存器反映 LM94 电压监控输入的当前电压。对于标称电压，电压以 $\frac{3}{4}$ 满量程存储在寄存器中。因此，在标称电压下，每个寄存器读数为 C0h。

6.4.11.4 寄存器 67h 当前 P1_PROCHOT

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
67h	R	当前 P1_PRO CHOT	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这是处理器 1 在每个 PROCHOT 监控间隔结束时的 PROCHOT 激活时间百分比值，由 PROCHOT 时间间隔寄存器设置。对该寄存器进行写入不会影响寄存器内容，但是的确会重新启动两个 PROCHOT 通道 (P1_PROCHOT 和 P2_PROCHOT) 的捕获周期。寄存器值 1 表示任何大于 0% 但小于 0.39% 的激活时间。

寄存器值 (十进制)	激活时间百分比
0	0%
1	0.39%
2	0.78%
⋮	⋮
n	$n/256*100$
255	99.60%

6.4.11.5 寄存器 68h 平均 P1_PROCHOT

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
68h	R	平均 P1_PRO CHOT	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这是 P1_PROCHOT 的平均激活时间百分比。这是将该寄存器的内容与当前 P1_PROCHOT 寄存器的内容相加并除以 2 的结果。更新在当前 P1_PROCHOT 寄存器更新的同时发生。寄存器值 1 表示任何大于 0% 但小于 0.39% 的激活时间。

6.4.11.6 寄存器 69h 当前 P2_PROCHOT

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
69h	R	当前 P2_PRO CHOT	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这是处理器 2 在每个 PROCHOT 监控间隔结束时的 PROCHOT 激活时间百分比值，由 PROCHOT 时间间隔寄存器设置。对该寄存器进行写入不会影响寄存器内容，但是的确会重新启动两个 PROCHOT 通道 (P1_PROCHOT 和 P2_PROCHOT) 的捕获周期。寄存器值 1 表示任何大于 0% 但小于 0.39% 的激活时间。

寄存器值 (十进制)	激活时间百分比
0	0%
1	0.39%
2	0.78%
⋮	⋮
⋮	⋮
n	$n/256 \times 100$
255	99.60%

6.4.11.7 寄存器 6Ah 平均 P2_PROCHOT

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
6Ah	R	平均 P2_PROCHOT	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

这是 P2_PROCHOT 的平均激活时间百分比。这是将该寄存器的内容与当前 P2_PROCHOT 寄存器的内容相加并除以 2 的结果。更新在当前 P2_PROCHOT 寄存器更新的同时发生。寄存器值 1 表示任何大于 0% 但小于 0.39% 的激活时间。

6.4.11.8 寄存器 6Bh 当前 GPI 状态

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
6Bh	R	GPI 状态	GPI7	GPI6	GP15	GPI4	GPI3	GPI2	GPI1	GPI0	00h

位	名称	读取/写入	说明
0	GPI0	R	如果 GPIO_0 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
1	GPI1	R	如果 GPIO_1 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
2	GPI2	R	如果 GPIO_2 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
3	GPI3	R	如果 GPIO_3 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
4	GPI4	R	如果 GPIO_4 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
5	GPI5	R	如果 GPIO_5 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
6	GPI6	R	如果 GPIO_6 输入为低电平, 则为 1, 不锁存
7	GPI7	R	如果 GPIO_7 输入为低电平, 则为 1, 不锁存

6.4.11.9 寄存器 6Ch P1_VID

该寄存器具有表中所述的四种可能的映射。映射由地址为 BDh 的特殊功能控制 2 寄存器中选择的 VID 模式决定。有关更多详细信息, 请参阅[特殊功能控制 2](#) 寄存器说明。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
6Ch	R	P1_VID	RES (0)		P1_VID[5:0] 表示 VRD 10 模式 (功能与 LM93 相同)					00h	
			RES (0)	P1_VID[6:0] 表示 VRD 10.2 扩展模式						00h	
			RES (0)	P1_VID[6:0] 表示 VRD 11, 模式 1 (VRD11 最常用的模式)						00h	
			P1_VID[7:1] 表示 VRD 11, 模式 2								RES (0)

表 6-4. VRD 10 模式

位	名称	读取/写入	说明
5:0	P1_VID[5:0]	R	处理器 1 VID 状态。 报告 P1_VID5 至 P1_VID0 引脚的当前状态。仅当 P1_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。
7:6	RES	R	保留，将始终报告 0。

表 6-5. VRD 10.2 扩展模式

位	名称	读取/写入	说明
6:0	P1_VID[6:0]	R	处理器 1 VID 状态。 报告 P1_VID6 至 P1_VID0 引脚的当前状态。仅当 P1_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。
7	RES	R	保留，将始终报告 0。

表 6-6. VRD 11 模式 1

位	名称	读取/写入	说明
6:0	P1_VID[6:0]	R	处理器 1 VID 状态。该模式是支持 VRD11 的建议模式。 报告 P1_VID6 至 P1_VID0 引脚的当前状态。仅当 P1_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。
7	RES	R	保留，将始终报告 0。

表 6-7. VRD 11 模式 2

位	名称	读取/写入	说明
0	RES	R	保留，将始终报告 0。
7:1	P1_VID[7:1]	R	处理器 1 VID 状态。该模式用于将来的实验，需要额外的硬件以支持 VRD11 和 VRD10 规格。 报告 P1_VID7 至 P1_VID1 引脚的当前状态。仅当 P1_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。

6.4.11.10 寄存器 6Dh P2_VID

该寄存器具有表中所述的四种可能的映射。映射由地址为 BDh 的特殊功能控制 2 寄存器中选择的 VID 模式决定。有关更多详细信息，请参阅[特殊功能控制 2](#) 寄存器说明。

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
6Dh	R	P2_VID	RES (0)		P2_VID[5:0] 表示 VRD 10 模式 (功能与 LM93 相同)					00h	
			RES (0)	P2_VID[6:0] 表示 VRD 10.2 扩展模式						00h	
			RES (0)	P2_VID[6:0] 表示 VRD 11, 模式 1 (VRD11 最常用的模式)						00h	
			P2_VID[7:1] 表示 VRD 11, 模式 2								RES (0)

表 6-8. VRD 10 模式

位	名称	读取/写入	说明
5:0	P2_VID[5:0]	R	处理器 2 VID 状态。 报告 P2_VID5 至 P2_VID0 引脚的当前状态。仅当 P2_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。
7:6	RES	R	保留，将始终报告 0。

表 6-9. VRD 10.2 扩展模式

位	名称	读取/写入	说明
6:0	P2_VID[6:0]	R	处理器 2 VID 状态。 报告 P2_VID6 至 P2_VID0 引脚的当前状态。仅当 P2_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时，该寄存器才会更新。

表 6-9. VRD 10.2 扩展模式 (续)

位	名称	读取/写入	说明
7	RES	R	保留, 将始终报告 0。

表 6-10. VRD 11 模式 1

位	名称	读取/写入	说明
6:0	P2_VID[6:0]	R	处理器 2 VID 状态。该模式是支持 VRD11 的建议模式。报告 P2_VID6 至 P2_VID0 引脚的当前状态。仅当 P2_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时, 该寄存器才会更新。
7	RES	R	保留, 将始终报告 0。

表 6-11. VRD 11 模式 2

位	名称	读取/写入	说明
0	RES	R	保留, 将始终报告 0。
7:1	P2_VID[7:1]	R	处理器 2 VID 状态。该模式用于将来的实验, 需要额外的硬件以支持 VRD11 和 VRD10 规格。报告 P2_VID7 至 P2_VID1 引脚的当前状态。仅当 P2_VID 信号保持稳定的时间至少达到 600ns 时, 该寄存器才会更新。

6.4.11.11 寄存器 6E-75h 风扇转速计读数

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值	
6Eh	R	风扇转速计 1 LSB	TACH1[5:0]						T1ST[1:0]		00h	
6Fh	R	风扇转速计 1 MSB	TACH1[13:6]									00h
70h	R	风扇转速计 2 LSB	TACH2[5:0]						T2ST[1:0]		00h	
71h	R	风扇转速计 2 MSB	TACH2[13:6]									00h
72h	R	风扇转速计 3 LSB	TACH3[5:0]						T3ST[1:0]		00h	
73h	R	风扇转速计 3 MSB	TACH3[13:6]									00h
74h	R	风扇转速计 4 LSB	TACH4[5:0]						T4ST[1:0]		00h	
75h	R	风扇转速计 4 MSB	TACH4[13:6]									00h

14 位风扇转速计读数表示在转速计输入信号的两个完整周期内出现的 22.5kHz 时钟周期的数量。大多数风扇每转一圈产生两个转速计脉冲。这些寄存器必须至少每秒更新一次。

风扇转速计读数寄存器必须始终返回准确的风扇转速计测量值, 即使风扇已被禁用或无法正常工作时也是如此。3FFFh 表示风扇已停止, 旋转速度不足以进行测量, 或转速计输入未连接至有效信号。

如果已知风扇每转一圈的脉冲数, 则可以使用以下公式计算 RPM :

$$\text{RPM} = 22500 \text{ 个周期/秒} * 60 \text{ 秒/分钟} * 2 \text{ 个脉冲/COUNT 个周期/PULSES_PER_REV}$$

其中 :

PULSES_PER_REV

= 风扇每转产生的脉冲数

COUNT

= 从转速计寄存器读取的 14 位值

位	名称	读取/写入	说明
1:0	T1ST[1:0]、T2ST[1:0]、 T3ST[1:0]、T4ST[1:0]	R	每个转速计读数对应的两个位，用报告用于获取读数的风扇控制电路的状态。有关进一步的说明，请参阅下表。
7:2	TACH1[5:0]、TACH2[5:0]、 TACH3[5:0]、TACH4[5:0]	R	转速计读数的最低有效位字段。
7:0	TACH1[13:6]、 TACH2[13:6]、 TACH3[13:6]、TACH4[13:6]	R	转速计读数的最高有效位字段。

T1ST[1:0]、T2ST[1:0]、 T3ST[1:0] 或 T4ST[1:0]	风扇控制电路的状态
00	正常模式 (禁用智能转速计模式)
01	保留
10	智能转速计模式 1，精度较低，风扇 RPM 最稳定
11	智能转速计模式 2，精度最高，风扇 RPM 最不稳定

6.4.12 限值寄存器

6.4.12.1 寄存器 78-7Fh 温度限值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
78h	R/W	处理器 1 (区域 1) 低温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
79h	R/W	处理器 1 (区域 1) 高温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Ah	R/W	处理器 2 (区域 2) 低温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Bh	R/W	处理器 2 (区域 2) 高温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Ch	R/W	内部 (区域 3) 低温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Dh	R/W	内部 (区域 3) 高温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Eh	R/W	外部数字 (区域 4) 低温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h
7Fh	R/W	外部数字 (区域 4) 高温	7	6	5	4	3	2	1	0	80h

如果外部温度输入或内部温度传感器超过上限寄存器中设置的值或低于下限寄存器中设置的值，则 LM94 自动设置 B_ 和 H_ 错误状态 1 寄存器中的相应位。例如，如果从 Remote1- 和 Remote1+ 输入读取的温度超过处理器

(区域 1) 高温寄存器限值设置, 则会设置 B_错误状态 1 和 H_错误状态 1 寄存器中的 ZN1_ERR 位。这些寄存器中的温度限值表示为 8 位二进制补码有符号数, 单位为摄氏度。

如果任何温度上限寄存器被设置为 80h, 则该温度通道的 B_ 和 H_错误状态寄存器位会被屏蔽。

6.4.12.2 寄存器 80 - 83h 风扇增强温度寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
80h	R/W	风扇增强温度区域 1	7	6	5	4	3	2	1	0	3Ch
81h	R/W	风扇增强温度区域 2	7	6	5	4	3	2	1	0	3Ch
82h	R/W	风扇增强温度区域 3	7	6	5	4	3	2	1	0	23h
83h	R/W	风扇增强温度区域 4	7	6	5	4	3	2	1	0	23h

如果任何热区超过风扇增强限值寄存器中设置的温度, 则两个 PWM 输出均被设置为 100%。风扇增强功能优先于低分辨率手动覆盖。高分辨率手动覆盖优先于风扇增强功能。这是一项安全功能, 能够在发生潜在的灾难性热事件时尝试冷却系统。如果设置为 7Fh 且风扇控制温度分辨率为 1°C, 则该功能被禁用。

区域 1 和 2 的默认值 = 60°C = 3Ch

区域 3 和 4 的默认值 = 35°C = 23h

温度必须降低风扇增强迟滞寄存器中指定的度数, 低于该温度, 从而使 PWM 输出恢复正常运行。通过将相关寄存器设置为 80h, 可以禁用风扇增强功能。

6.4.12.3 寄存器 84h 限值比较的区域 1 和区域 2 迟滞

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
84h	R/W	限值比较迟滞 (区域 1/2)	HC2				HC1				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	HC1	R/W	为区域 1 设置上限和下限的限值比较迟滞。迟滞可在 0°C 至 15°C 范围内设置, 分辨率为 1°C。
7:4	HC2	R/W	为区域 2 设置上限和下限的限值比较迟滞。迟滞可在 0°C 至 15°C 范围内设置, 分辨率为 1°C。

6.4.12.4 寄存器 85h 限值比较的区域 3 和区域 4 迟滞

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
85h	R/W	限值比较迟滞 (区域 3/4)	HC4				HC3				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	HC3	R/W	为区域 3 设置上限和下限的限值比较迟滞。迟滞可在 0°C 至 15°C 范围内设置，分辨率为 1°C。
7:4	HC4	R/W	为区域 4 设置上限和下限的限值比较迟滞。迟滞可在 0°C 至 15°C 范围内设置，分辨率为 1°C。

6.4.12.5 寄存器 8E-8Fh 区域 1b 和区域 2b 温度读数调节寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
8Eh	R/W	区域 1b 温度调节	RES	RES	Z1b_ADJUST[5:0]						00h
8Fh	R/W	区域 2b 温度调节	RES	RES	Z2b_ADJUST[5:0]						00h

位	名称	R/W	说明
5:0	Z1b_ADJUST[5:0] 或 Z2b_ADJUST[5:0]	R/W	6 位有符号二进制补码偏移调节。对于区域 1b 或区域 2b 温度测量，在进行测量时该值被添加到这些测量值。所有 LM94 寄存器和功能的行为都好像得到的温度是真实测量的温度。该寄存器允许以 1°C 为阶跃在 +31°C 至 -32°C 的范围内进行偏移调节。
7:6	RES	R	保留

6.4.12.6 寄存器 90-AFh 电压限值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
90h	R/W	AD_IN1 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
91h	R/W	AD_IN1 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
92h	R/W	AD_IN2 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
93h	R/W	AD_IN2 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
94h	R/W	AD_IN3 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
95h	R/W	AD_IN3 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
96h	R/W	AD_IN4 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
97h	R/W	AD_IN4 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
98h	R/W	AD_IN5 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
99h	R/W	AD_IN5 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
9Ah	R/W	AD_IN6 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
9Bh	R/W	AD_IN6 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
9Ch	R/W	AD_IN7 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
9Dh	R/W	AD_IN7 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
9Eh	R/W	AD_IN8 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
9Fh	R/W	AD_IN8 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A0h	R/W	AD_IN9 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
A1h	R/W	AD_IN9 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A2h	R/W	AD_IN10 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
A3h	R/W	AD_IN10 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A4h	R/W	AD_IN11 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
A5h	R/W	AD_IN11 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A6h	R/W	AD_IN12 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
A7h	R/W	AD_IN12 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A8h	R/W	AD_IN13 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
A9h	R/W	AD_IN13 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
AAh	R/W	AD_IN14 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
ABh	R/W	AD_IN14 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
ACh	R/W	AD_IN15 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
ADh	R/W	AD_IN15 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
A Eh	R/W	AD_IN16 下限	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
AFh	R/W	AD_IN16 上限	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh

作为上限的 FFh 充当该电压传感器的屏蔽，因此可防止该通道在 B_ 或 H_ 错误状态寄存器中针对上限和下限错误设置相关的错误状态位。

如果电压输入超过电压上限寄存器中设置的值或低于电压下限寄存器中设置的值，则相应的位由 LM94 自动在 B_ 和 H_ 错误状态寄存器中设置。

6.4.12.7 寄存器 B0-B1h PROCHOT 用户限值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
B0h	R/W	P1_PRO CHOT 用户限值	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh
B1h	R/W	P2_PRO CHOT 用户限值	7	6	5	4	3	2	1	0	FFh

这些寄存器允许为 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 监控功能设置用户限值。如果相应的当前 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 寄存器超过该值，则会在相应的主机和 BMC 错误状态寄存器中设置 PH1_ERR 或 PH2_ERR 位。值 FFh 用作屏蔽，防止设置错误状态位。

寄存器值 (十进制)	阈值百分比
0	0%
1	0.39%
2	0.78%
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
n	$n/256 \times 100$
255	99.60%

6.4.12.8 寄存器 B2-B3h 动态 Vccp 限值偏移寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
B2h	R/W	Vccp1 限值偏移	UPPER_OFFSET1				LOWER_OFFSET1				17h
B3h	R/W	Vccp2 限值偏移	UPPER_OFFSET2				LOWER_OFFSET2				17h

这些偏移用于确定动态 Vccp 窗口比较器的上限和下限。这些偏移与 VID 位选择的值相加或从该值中减去这些偏移。

LOWER_OFFSET1 或 LOWER_OFFSET2	下偏移
0h	25mV
1h	50mV
2h	75mV
3h	100mV
--	--
Ch	325mV
Dh	350mV
Eh	375mV
Fh	400mV

UPPER_OFFSET1 或 UPPER_OFFSET2	上偏移
0h	12.5mV
1h	25mV
2h	37.5mV
3h	50mV
~~	~~
Dh	175mV
Eh	187.5mV
Fh	200mV

6.4.12.9 寄存器 B4 - BBh 风扇转速计限值寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值	
B4h	R/W	风扇转速计 1 限值 LSB	TLIMIT1[5:0]						RES		FCh	
B5h	R/W	风扇转速计 1 限值 MSB	TLIMIT1[13:6]									FFh
B6h	R/W	风扇转速计 2 限值 LSB	TLIMIT2[5:0]						RES		FCh	
B7h	R/W	风扇转速计 2 限值 MSB	TLIMIT2[13:6]									FFh
B8h	R/W	风扇转速计 3 限值 LSB	TLIMIT3[5:0]						RES		FCh	
B9h	R/W	风扇转速计 3 限值 MSB	TLIMIT3[13:6]									FFh
BAh	R/W	风扇转速计 4 限值 LSB	TLIMIT4[5:0]						RES		FCh	
BBh	R/W	风扇转速计 4 限值 MSB	TLIMIT4[13:6]									FFh

如果转速计读数超过其限值（由这些寄存器定义），则会设置主机和 BMC 错误状态寄存器中的相应位。风扇转速计读数可以与特定的 PWM 输出相关联，但当 PWM 处于 0% 或设置为可故意使风扇 RPM 低于限值的水平时，不会自动屏蔽转速计误差。为了防止产生虚假的错误，需要注意确保正确设置风扇转速计限值。如果将其限值设置为 3FFFh，则从不会为风扇生成错误。

6.4.13 设置寄存器

6.4.13.1 寄存器 BCh 特殊功能控制 1 (电压迟滞和风扇控制滤波器启用)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
BCh	R/W	特殊功能控制 1	RES	FCFE2	FCFE1	LCFE2	LCFE1	VH			00h

位	名称	R/W	说明
2:0	VH	R/W	电压迟滞控制。这决定了要应用于所有电压限值比较的迟滞量。它适用于上限和下限。一个 LSB 等于一个 A/D 计数，因此一个 LSB 表示的实际电压取决于电压通道。
3	LCFE1	R/W	限值比较滤波器启用。设置该位会使温度区域 1a 和 1b 的限值比较使用滤波 (经过尖峰平滑处理) 温度，而不是未滤波温度。
4	LCFE2	R/W	限值比较滤波器启用。设置该位会使温度区域 2a 和 2b 的限值比较使用滤波 (经过尖峰平滑处理) 温度，而不是未滤波温度。
5	FCFE1	R/W	风扇控制滤波器启用。设置该位会使区域 1a 和 1b 的风扇控制功能 (包括风扇增强) 使用滤波 (经过尖峰平滑处理) 温度，而不是未滤波温度。这包括 PI 环路控制器、LUT 和温度风扇增强功能。
6	FCFE2	R/W	风扇控制滤波器启用。设置该位会使区域 2a 和 2b 的风扇控制功能 (包括风扇增强) 使用滤波 (经过尖峰平滑处理) 温度，而不是未滤波温度。这包括 PI 环路控制器、LUT 和温度风扇增强功能。
7	RES	R	保留

为了使 LCFE1、LCFE2、FCFE1 和 FCFE2 位正常工作，应该清除区域 1/2 尖峰平滑处理控制寄存器 (地址为 C2h) 中的 ZN1E 和 ZN2E 位。

应用说明：如果电压限值比较的迟滞不为零，则在存在电压误差条件的情况下更改电压限值寄存器时需要特别小心。如果软件通过放宽电压限值来尝试防止出现错误情况，则可能需要将限值放宽大于迟滞值的量，并等待几毫秒，然后尝试清除给定电压通道的错误状态位。错误状态位被清除后，可以对所需的限值进行编程。

6.4.13.2 寄存器 BDh 特殊功能控制 2 (智能转速计模式启用、风扇控制温度分辨率控制和 VID 模式选择)

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
BDh	R/W	特殊功能控制 2	VID_MODE[1:0]		LT34_RS	LT12_RS	STE4	STE3	STE2	STE1	00h

位	名称	R/W	说明
0	STE1	R/W	为转速计 1 启用智能转速计
1	STE2	R/W	为转速计 2 启用智能转速计
2	STE3	R/W	为转速计 3 启用智能转速计
3	STE4	R/W	为转速计 4 启用智能转速计
4	LT12_RS	R/W	设置该位后，LUT1 和 LUT2 风扇控制将使用 0.5°C。LUT 偏移和迟滞设置的分辨率受该位的影响。这些位适用于风扇控制偏移寄存器、风扇控制迟滞寄存器和增强迟滞寄存器。
5	LT34_RS	R/W	设置该位后，LUT3 和 LUT4 风扇控制将使用 0.5°C。LUT 偏移和迟滞设置的分辨率受该位的影响。
7:6	VID_MODE[1:0]	R/W	这些位选择 VID 模式，该模式决定 P1_VID 和 P2_VID 值寄存器以及动态 V _{ccp} 监控如何处理 VID 代码。

表 6-12. VID 模式选择位说明

VID_MODE[1:0]	VID 模式	说明
00	VRD10	支持 Intel 的 VRD10 规范并向后兼容 LM93 动态 V _{ccp} 监控电路。该模式的电压范围为 0.8375V 至 1.600V，分辨率为 12.5mV，并支持 6 个 VID 位/引脚。

表 6-12. VID 模式选择位说明 (续)

VID_MODE[1:0]	VID 模式	说明
01	VRD10.2 扩展	支持 Intel 的 VRD10.2 扩展规范。该模式的电压范围为 0.83125V 至 1.600V，分辨率为 6.25mV，并支持 7 个 VID 位/引脚。
10	VRD11 模式 1	支持 Intel 的 VRD11 规范。该模式的电压范围为 0.83125V 至 1.600V，分辨率为 6.25mV，并支持 7 个 VID 位/引脚 (VID6-VID0)。该模式假设 VID7 为 0。这是建议的运行模式，无需其他硬件即可支持 VRD10 和 VRD11。
11	VRD11 模式 2	支持 Intel 的 VRD11 规范。该模式的电压范围为 0.0375V 至 1.600V，分辨率为 12.5mV，并支持 7 个 VID 位/引脚 (VID7-VID1)。该模式假设 VID0 为 0。该模式可测量 VRD11 的 0.83125V 以下的电压电平，但需要额外的硬件来同时支持 VRD10 运行。

应用说明：当任一 PWM 输出配置为 22.5kHz 时，不支持启用智能转速计模式。如果对该配置进行了编程，则器件的行为未定义。启用智能转速计模式时，必须设置寄存器 E0h 特殊功能 TACH 到 PWM 绑定。

6.4.13.3 寄存器 BEh GPI/VID 电平控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
BEh	R/W	GPI/VID 电平控制	GPI7_LVL	GPI6_LVL	GPI5_LVL	GPI4_LVL	GPI9_LVL	GPI8_LVL	P2_VID_LVL	P1_VID_LVL	00h

位	名称	R/W	说明
0	P1_VID_LVL	R/W	如果设置该位，则 P1_VIDx 输入使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平。
1	P2_VID_LVL	R/W	如果设置该位，则 P2_VIDx 使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平。
2	GPI8_LVL	R/W	处于 VRD10 模式时，如果设置该位，则 GPI_8 输入使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平。
3	GPI9_LVL	R/W	处于 VRD10 模式时，如果设置该位，则 GPI_9 输入将使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平。
4	GPI4_LVL	R/W	如果设置该位，则 GPIO4 输入将使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平
5	GPI5_LVL	R/W	如果设置该位，则 GPIO5 输入将使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平
6	GPI6_LVL	R/W	如果设置该位，则 GPIO6 输入将使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平
7	GPI7_LVL	R/W	如果设置该位，则 GPIO7 输入将使用备用的较低 V_{IH} 和 V_{IL} 电平

有关确切的 V_{IH} 和 V_{IL} 电平，请参阅节 5.3。

6.4.13.4 寄存器 BFh PWM 斜坡控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
BFh	R/W	PWM 斜坡控制	PH_RAMP				VRD_RAMP				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	VRD_RAMP	R/W	为 $\overline{VRDx_HOT}$ 斜升/斜降 PWM 函数设置斜坡阶跃之间的延时时间。
7:4	PH_RAMP	R/W	为 $\overline{Px_PROCHOT}$ 斜升/斜降 PWM 函数设置斜坡阶跃之间的延时时间。

如果阶跃之间的延时时间设置为 0ms，则 PWM 占空比立即变为 100%，而不是逐渐斜升。

VRD_RAMP 或 PH_RAMP	斜坡阶跃之间的延时时间
0h	0ms
1h	50ms
2h	100ms

VRD_RAMP 或 PH_RAMP	斜坡阶跃之间的 延时时间
3h	150ms
4h	200ms
5h	250ms
6h	300ms
7h	350ms
8h	400ms
9h	450ms
Ah	500ms
Bh	550ms
Ch	600ms
Dh	650ms
Eh	700ms
Fh	750ms

6.4.13.5 寄存器 C0h 风扇增强迟滞 (区域 1/2)

寄存器 地址	读取/ 写入	寄存器 名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认 值
C0h	R/W	风扇增强 迟滞 (区域 1/2)	H2				H1				44h

位	名称	R/W	说明
3:0	H1	R/W	设置区域 1a 和 1b 的风扇增强迟滞，具有 1°C 分辨率。
7:4	H2	R/W	设置区域 2a 和 2b 的风扇增强迟滞，具有 1°C 分辨率。

如果温度区域高于风扇增强温度，然后降至风扇增强温度以下，则会发生以下情况：PWM 输出保持为 100%，直到温度降至比风扇增强温度低特定的量。这些迟滞寄存器控制该量，可以被设置为 0°C 至 15°C (无符号) 范围内的任何值。

6.4.13.6 寄存器 C1h 风扇增强迟滞 (区域 3/4)

寄存器 地址	读取/ 写入	寄存器 名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认 值
C1h	R/W	风扇增强 迟滞 (区域 3/4)	H4				H3				44h

位	名称	R/W	说明
3:0	H3	R/W	设置区域 3 的风扇增强迟滞，具有 1°C 分辨率。
7:4	H4	R/W	设置区域 4 的风扇增强迟滞，具有 1°C 分辨率。

如果温度区域高于风扇增强温度，然后降至风扇增强温度以下，则会发生以下情况：PWM 输出保持为 100%，直到温度降至比风扇增强温度低特定的量。这些迟滞寄存器控制该量，可以被设置为 0°C 至 15°C (无符号) 范围内的任何值。

6.4.13.7 寄存器 C2h 区域 1/2 尖峰平滑处理控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C2h	R/W	区域 1/2 尖峰平滑处理控制	ZN2E	ZN2			ZN1E	ZN1			00h

位	名称	R/W	说明
2:0	ZN1	R/W	配置区域 1a 和 1b 的尖峰平滑处理特性
3	ZN1E	R/W	设置后, 区域 1a 和 1b 的滤波温度 (而非未滤波温度) 用于限值检查和自动风扇控制。即使该位被清除, 软件也可以从滤波温度寄存器中读取滤波温度。
6:4	ZN2	R/W	配置区域 2a 和 2b 的尖峰平滑处理特性
7	ZN2E	R/W	设置后, 区域 2a 和 2b 的滤波温度 (而非未滤波温度) 用于限值检查和自动风扇控制。即使该位被清除, 软件也可以从滤波温度寄存器中读取滤波温度。

如果所有 REMOTE1 或 REMOTE2 引脚都连接到处理器或芯片组, 则 LM94 可以对瞬时温度尖峰进行采样。如果不忽略这些尖峰, 则 PWM 输出可能会导致风扇过早启动并产生令人不快的噪声。此外, 可能会发生虚假的错误事件。因此, 任何连接到芯片组或处理器的区域都可能需要启用尖峰平滑处理功能。尖峰平滑处理可提供高于任何 Σ - Δ A/D 固有均值计算的额外滤波。

启用尖峰平滑处理功能后, 温度读数寄存器仍会反映温度的当前值, 而不是滤波后的值。只有滤波温度寄存器才会反映滤波值。

ZN1 或 ZN2	尖峰平滑处理
0h	11.8 秒
1h	7.0 秒
2h	4.4 秒
3h	3.0 秒
4h	1.6 秒
5h	0.8 秒
6h	0.6 秒
7h	0.4 秒

6.4.13.8 寄存器 C3h LUT 1/2 最小 PWM 和迟滞

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C3h	R/W	LUT 1/2 最小 PWM 和迟滞	MinPWM12				LUT_FC_TH12				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	LUT_FC_TH12	R/W	该字段设置 LUT 1 和 2 的自动风扇控制使用的迟滞量 (以摄氏度为单位)。为了避免查询表中的两个阶跃间的不必要振荡, 该字段应被设置为大于 0。该字段的分辨率由特殊功能控制 2 寄存器位 4 控制。
7:4	MinPWM12	R/W	如果给定区域的温度降至低于分配的 LUT 编程的基准温度, 则该字段确定自动风扇控制请求 LUT 1 和 2 的占比。该字段接受 16 个可能的值, 其中 13 个值根据“自动风扇控制”部分 节 6.2.18.2 中的表映射到占比。

6.4.13.9 寄存器 C4h LUT 3/4 最小 PWM 和迟滞

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C4h	R/W	LUT 3/4 最小 PWM 和迟滞	MinPWM34				LUT_FC_TH34				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	LUT_FC_TH34	R/W	该字段设置 LUT 3 和 4 的自动风扇控制使用的迟滞量 (以摄氏度为单位)。为了避免查询表中的两个阶跃间的不必要振荡, 该字段应被设置为大于 0。该字段的分辨率由特殊功能控制 2 寄存器位 5 控制。
7:4	MinPWM34	R/W	如果给定区域的温度降至低于分配的 LUT 编程的基准温度, 则该字段确定自动风扇控制请求 LUT 3 和 4 的占空比。该字段接受 16 个可能的值, 其中 13 个值根据“自动风扇控制”部分 节 6.2.18.2 中的表映射到占空比。

6.4.13.10 寄存器 C5h GPO

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C5h	R/W	GPO	GPO7	GPO6	GPO5	GPO4	GPO3	GPO2	GPO1	GPO0	00h

位	名称	R/W	说明
0	GPO0	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_0 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_0 用作输入, 则该位应为 0。
1	GPO1	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_1 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_1 用作输入, 则该位应为 0。
2	GPO2	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_2 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_2 用作输入, 则该位应为 0。
3	GPO3	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_3 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_3 用作输入, 则该位应为 0。
4	GPO4	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_4 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_4 用作输入, 则该位应为 0。
5	GPO5	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_5 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_5 用作输入, 则该位应为 0。
6	GPO6	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_6 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_6 用作输入, 则该位应为 0。
7	GPO7	R/W	如果设置该位, 则 GPIO_7 将被拉至低电平。如果清除该位, 则输出不会被拉至低电平。如果 GPIO_7 用作输入, 则该位应为 0。

6.4.13.11 寄存器 C6h PROCHOT 控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C6h	R/W	PROCHOT 覆盖	FORCE_P1	FORCE_P2	P2_VRD2_DIS	P1_VRD1_DIS	PHT_DC				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	PHT_DC	R/W	PROCHOT 占空比选择。
4	P1_VRD1_DIS	R/W	通过软件设置该位后, 如果 P1_VRD_HOT 被置为有效, 则 P1_PROCHOT 不会被置为有效。
5	P2_VRD2_DIS	R/W	通过软件设置该位后, 如果 P2_VRD_HOT 被置为有效, 则 P2_PROCHOT 不会被置为有效。

位	名称	R/W	说明
6	FORCE_P1	R/W	通过软件设置该位后，LM94 会将 $\overline{P1_PROCHOT}$ 置为有效，占空比由 PHT_DC 进行选择。
7	FORCE_P2	R/W	通过软件设置该位后，LM94 会将 $\overline{P2_PROCHOT}$ 置为有效，占空比由 PHT_DC 进行选择。

请注意，如果设置了 $\overline{P1P2_PROCHOT}$ 位，从而将 $\overline{Px_PROCHOT}$ 引脚短接在一起，那么即使只设置了 FORCE_Px 位之一，也会同时驱动两个 $\overline{Px_PROCHOT}$ 输出。

$\overline{Px_PROCHOT}$ 上驱动的 PWM 信号的周期为 3.56ms (80 个内部 22.5kHz 时钟)。能够以 5 个时钟为增量来增加被置为有效的时间。5 个时钟大约为 220 μ s，表示限制百分比为 6.25%。

PHT_DC 的可能设置：

PHT_DC	被置为有效的周期
0h	5 个时钟
1h	10 个时钟
2h	15 个时钟
3h	20 个时钟
4h	25 个时钟
5h	30 个时钟
6h	35 个时钟
7h	40 个时钟
8h	45 个时钟
9h	50 个时钟
Ah	55 个时钟
Bh	60 个时钟
Ch	65 个时钟
Dh	70 个时钟
Eh	75 个时钟
Fh	80 个时钟

6.4.13.12 寄存器 C7h PROCHOT 时间间隔

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C7h	R/W	PROCHOT 时间间隔	P2_TI				P1_TI				11h

位	名称	R/W	说明
3:0	P1_TI	R/W	设置 $\overline{P1_PROCHOT}$ 的监控间隔
7:4	P2_TI	R/W	设置 $\overline{P2_PROCHOT}$ 的监控间隔

P1_TI 和 P2_TI 的可能设置：

P1_TI 或 P2_TI	监控时间间隔 (秒)
0h	0.73
1h	1.46

P1_TI 或 P2_TI	监控时间间隔 (秒)
2h	2.9
3h	5.8
4h	11.7
5h	23.3
6h	46.6
7h	93.2
8h	186
9h	372
Ah - Fh	保留

请注意，在 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 测量运行期间更改该值可能会导致监控电路产生错误的值。为了避免警报和无效的 B_Px_PROCHOT 或 B_Px_PROCHOT 错误状态值，仅在芯片针对 S3 或 S4/5 进行编程时更改该值。

6.4.13.13 寄存器 C8h PWM1 控制 1

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C8h	R/W	PWM1 控制 1	VRD2	VRD1	PH2	PH1	LUT4	LUT3	LUT2	LUT1	00h

位	名称	R/W	说明
0	LUT1	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 LUT 1。
1	LUT2	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 LUT 2。
2	LUT3	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 LUT 3。
3	LUT4	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 LUT 4。
4	PH1	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 $\overline{\text{P1_PROCHOT}}$ 。
5	PH2	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$ 。
6	VRD1	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 $\overline{\text{VRD1_HOT1}}$ 。
7	VRD2	R/W	如果设置该位，则 PWM1 将绑定到 $\overline{\text{VRD1_HOT2}}$ 。

该寄存器可以将 PWM1 绑定到多个不同的控制源。温度区域使用表查找函数控制 PWM 占空比。 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 和 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入使用斜升/斜降函数来控制 PWM。如果多个控制源绑定到 PWM1，将使用请求的最大占空比。

6.4.13.14 寄存器 C9h PWM1 控制 2

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
C9h	R/W	PWM1 控制 2	OVR_DC				PPL	EPPL	INV	OVR	00h

位	名称	R/W	说明
0	OVR	R/W	设置该位时，会启用 PWM1 的手动占空比覆盖。
1	INV	R/W	使 PWM1 输出反相。为 0 时，100% 占空比对应于 PWM 输出持续为高电平。为 1 时，100% 占空比对应于 PWM 输出持续为低电平。
2	EPPL	R/W	启用 PROCHOT PWM1 锁定。设置后，该位会使 PWM1 上的绑定 PROCHOT 事件触发 PPL (位 [3])。清除后，PPL 永远不会被设置。
3	PPL	R/W	PROCHOT PWM1 锁定。设置后，该位表示 PWM1 当前保持在 100%，因为在设置 EPPL (位 [2]) 时发生了绑定的 PROCHOT 事件。可以通过写入零来清除该位。清除该位可以使风扇恢复正常运行。该位未被 LM94 配置寄存器中的 LOCK 位锁定。

位	名称	R/W	说明
7:4	OVR_DC	R/W	该字段设置在手动低分辨率覆盖模式有效时 PWM1 将使用的占空比。该字段接受 16 个可能的值，这些值根据节 6.2.18 部分中的表映射到占空比。每当读取该寄存器时，无论覆盖模式是否有效，该寄存器都会返回 PWM1 当前使用的占空比。如果另一个控制源请求更大的占空比，则读取的值可能与最后写入的值不匹配。当 PWM1 旋转周期有效时，该字段始终返回 0h。

6.4.13.15 寄存器 CAh PWM1 控制 3

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CAh	R/W	PWM1 控制 3	SU_DUR[2:0]			SU_DUR[3]	SU_DC				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	SU_DC	R/W	该字段设置 PWM1 经历一个旋转周期时将使用的占空比。该字段接受 16 个可能的值，这些值根据节 6.2.18.2 部分中的表映射到占空比。将该字段设置为 0h 将有效禁用旋转。
4	SU_DUR[3]	R/W	设置 PWM1 的旋转持续时间的最高有效位。
7:0	SU_DUR[2:0]	R/W	设置 PWM1 的旋转持续时间的最低有效位。

位 7:4 配置旋转持续时间。当 PWM1 的占空比从零变为非零值时，旋转序列被激活并持续指定的时长。可以根据下表定义可用设置：

SU_DUR[3] (位 4)	SU_DUR[2:0] (位 [7:5])	旋转时间
0	0h	禁用旋转
0	1h	100ms
0	2h	250ms
0	3h	400ms
0	4h	700ms
0	5h	1s
0	6h	2s
0	7h	4s
1	0h	6s
1	1h	8s
1	2h	10s
1	3h	12s
1	4h	14s
1	5h	16s
1	6h	18s
1	7h	20s

6.4.13.16 寄存器 CBh PWM1 控制 4

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CBh	R/W	PWM1 控制 4	RES	RES	RES	RES	HF_LUT_MAP	FREQ1			00h

位	名称	R/W	说明
2:0	FREQ1	R/W	PWM1 频率控制。根据下表设置该值可控制 PWM1 输出的频率。

位	名称	R/W	说明
3	HF_LUT_MAP	R/W	当 PWM 频率设置为 22.5kHz 时，在 LUT 中的 PWM 占空比分配的两个不同映射之间进行选择。该位会影响全部 4 个 LUT、VRD 斜坡、PROCHOT 斜坡、旋转和低分辨率覆盖。设置该位后，LUT 占空比分配将从 25% 开始递增 6.25% 阶跃。清除该位后，占空比映射将与低频表相匹配。当 PWM 频率被设置为 22.5kHz 以外的任何值时，该位不起作用，并且将使用低 PWM 频率映射。
7:4	RES	R	保留

FREQ1	PWM1 的频率 (Hz)
0h	22500
1h	96
2h	84
3h	72
4h	60
5h	48
6h	36
7h	12

表 6-13. PWM 频率 = 22.5kHz 时的 LUT 1-4 占空比分配，由 HF_LUT_MAP 位控制。

HF_LUT_MAP = “0” 时的 LUT 占空比分配		HF_LUT_MAP = “1” 时的 LUT 占空比分配 (低 PWM 频率映射)	
LUT 阶跃	占空比 (%)	LUT 阶跃	占空比 (%)
1	25	1	25
2	31.25	2	28.57
3	37.5	3	32.14
4	43.75	4	35.71
5	50	5	39.29
6	56.25	6	42.86
7	62.25	7	46.43
8	68.75	8	50
9	75	9	53.57
10	81.25	10	57.14
11	87.5	11	71.43
12	93.75	12	85.71
13	100	13	100

6.4.13.17 寄存器 CCh PWM2 控制 1

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CCh	R/W	PWM2 控制 1	VRD2	VRD1	PH2	PH1	LUT4	LUT3	LUT2	LUT1	00h

位	名称	R/W	说明
0	LUT1	R/W	如果设置该位，则 PWM2 将绑定到 LUT 1。
1	LUT2	R/W	如果设置该位，则 PWM2 将绑定到 LUT 2。
2	LUT3	R/W	如果设置该位，则 PWM2 将绑定到 LUT 3。
3	LUT4	R/W	如果设置该位，则 PWM2 将绑定到 LUT 4。
4	PH1	R/W	如果设置该位，则 PWM2 将绑定到 P1_PROCHOT。

位	名称	R/W	说明
5	PH2	R/W	如果设置该位, 则 PWM2 将绑定到 $\overline{\text{P2_PROCHOT}}$ 。
6	VRD1	R/W	如果设置该位, 则 PWM2 将绑定到 $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 。
7	VRD2	R/W	如果设置该位, 则 PWM2 将绑定到 $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ 。

该寄存器可以将 PWM2 绑定到多个不同的控制源。温度区域使用表查找函数控制 PWM 占空比。 $\overline{\text{Px_PROCHOT}}$ 和 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 输入使用斜升/斜降函数来控制 PWM。如果多个控制源绑定到 PWM2, 将使用请求的最大占空比。

6.4.13.18 寄存器 CDh PWM2 控制 2

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CDh	R/W	PWM2 控制 2	OVR_DC				PPL	EPPL	INV	OVR	00h

位	名称	R/W	说明
0	OVR	R/W	设置该位时, 会启用 PWM2 的手动占空比覆盖。
1	INV	R/W	使 PWM1 输出反相。为 0 时, 100% 占空比对应于 PWM 输出持续为高电平。为 1 时, 100% 占空比对应于 PWM 输出持续为低电平。
2	EPPL	R/W	启用 PROCHOT PWM2 锁定。设置后, 该位会使 PWM2 上的绑定 PROCHOT 事件触发 PPL (位 [3])。清除后, PPL 永远不会被设置。
3	PPL	R/W	PROCHOT PWM2 锁定。设置后, 该位表示 PWM2 当前保持在 100%, 因为在设置 EPPL (位 [2]) 时发生了绑定的 PROCHOT 事件。可以通过写入零来清除该位。清除该位可以使风扇恢复正常运行。该位未被 LM94 配置寄存器中的 LOCK 位锁定。
7:4	OVR_DC	R/W	该字段设置在手动低分辨率覆盖模式有效时 PWM2 将使用的占空比。该字段接受 16 个可能的值, 这些值根据节 6.2.18 部分中的表映射到占空比。每当读取该寄存器时, 无论覆盖模式是否有效, 该寄存器都会返回 PWM2 当前使用的占空比。如果另一个控制源请求更大的占空比, 则读取的值可能与最后写入的值不匹配。当 PWM2 旋转周期有效时, 该字段始终返回 0h。

6.4.13.19 寄存器 CEh PWM2 控制 3

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CEh	R/W	PWM2 控制 3	SU_DUR[2:0]			SU_DUR[3]	SU_DC				00h

位	名称	R/W	说明
3:0	SU_DC	R/W	该字段设置 PWM2 经历一个旋转周期时使用的占空比。该字段接受 16 个可能的值, 这些值根据“自动风扇控制”部分节 6.2.18.2 中的表映射到占空比。将该字段设置为 0h 可有效禁用旋转。
4	SU_DUR[3]	R/W	设置 PWM2 的旋转持续时间的最高有效位
7:5	SU_DUR[2:0]	R/W	设置 PWM2 的旋转持续时间的最低有效位。

位 7:4 配置旋转持续时间。当 PWM2 的占空比从零变为非零值时, 旋转序列被激活并持续指定的时长。可以根据下表定义可用设置:

SU_DUR[3] (位 4)	SU_DUR[2:0] (位 [7:5])	旋转时间
0	0h	禁用旋转
0	1h	100ms
0	2h	250ms
0	3h	400ms

SU_DUR[3] (位 4)	SU_DUR[2:0] (位 [7:5])	旋转时间
0	4h	700ms
0	5h	1s
0	6h	2s
0	7h	4s
1	0h	6s
1	1h	8s
1	2h	10s
1	3h	12s
1	4h	14s
1	5h	16s
1	6h	18s
1	7h	20s

6.4.13.20 寄存器 CFh PWM2 控制 4

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
CFh	R/W	PWM2 控制 4	RES	RES	RES	RES	HF_LUT_MAP	FREQ2			00h

位	名称	R/W	说明
2:0	FREQ2	R/W	PWM2 频率控制。以与 PWM1 控制 4 寄存器中的 FREQ1 相同的方式控制 PWM2 输出的频率。
3	HF_LUT_MAP	R/W	当 PWM 频率设置为 22.5kHz 时，在 LUT 中的 PWM 占空比分配的两个不同映射之间进行选择。该位会影响全部 4 个 LUT、VRD 斜坡、PROCHOT 斜坡、旋转和低分辨率覆盖。清除该位后，LUT 占空比分配将从 25% 开始递增 6.25% 阶跃。设置该位后，占空比映射将与低频表相匹配。当 PWM 频率被设置为 22.5kHz 以外的任何值时，该位不起作用，并且将使用低 PWM 频率映射。
7:4	RES	R	保留

FREQ1	PWM1 的频率 (Hz)
0h	22500
1h	96
2h	84
3h	72
4h	60
5h	48
6h	36
7h	12

表 6-14. PWM 频率 = 22.5kHz 时的 LUT 1-4 占空比分配，由 HF_LUT_MAP 位控制。

HF_LUT_MAP = “0” 时的 LUT 占空比分配		HF_LUT_MAP = “1” 时的 LUT 占空比分配 (低 PWM 频率映射)	
LUT 阶跃	占空比 (%)	LUT 阶跃	占空比 (%)
1	25	1	25
2	31.25	2	28.57
3	37.5	3	32.14
4	43.75	4	35.71
5	50	5	39.29

表 6-14. PWM 频率 = 22.5kHz 时的 LUT 1-4 占空比分配，由 HF_LUT_MAP 位控制。（续）

HF_LUT_MAP = “0” 时的 LUT 占空比分配		HF_LUT_MAP = “1” 时的 LUT 占空比分配 (低 PWM 频率映射)	
6	56.25	6	42.86
7	62.25	7	46.43
8	68.75	8	50
9	75	9	53.57
10	81.25	10	57.14
11	87.5	11	71.43
12	93.75	12	85.71
13	100	13	100

6.4.13.21 寄存器 D0h-D3h LUT 1 至 4 基准温度

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
D0h	R/W	LUT 1 基准温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
D1h	R/W	LUT 2 基准温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
D2h	R/W	LUT 3 基准温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h
D3h	R/W	LUT 4 基准温度	7	6	5	4	3	2	1	0	00h

该寄存器中的值用作自动风扇控制查找表的温度计算的基准。这些寄存器使用标准温度格式 (8 位有符号数据)。查找表中包含温度偏移。偏移被添加到基准温度，以确定要用于自动风扇控制的每个表条目的真实温度。

6.4.13.22 寄存器 D4h - DFh 查找表阶跃 - LUT 1/2 和 LUT 3/4 偏移温度

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
D4h	R/W	阶跃 2 温度偏移	LUT3/4_STEP2				LUT1/2_STEP2				00h
D5h	R/W	阶跃 3 温度偏移	LUT3/4_STEP3				LUT1/2_STEP3				00h
D6h	R/W	阶跃 4 温度偏移	LUT3/4_STEP4				LUT1/2_STEP4				00h
D7h	R/W	阶跃 5 温度偏移	LUT3/4_STEP5				LUT1/2_STEP5				00h
D8h	R/W	阶跃 6 温度偏移	LUT3/4_STEP6				LUT1/2_STEP6				00h
D9h	R/W	阶跃 7 温度偏移	LUT3/4_STEP7				LUT1/2_STEP7				00h
DAh	R/W	阶跃 8 温度偏移	LUT3/4_STEP8				LUT1/2_STEP8				00h
DBh	R/W	阶跃 9 温度偏移	LUT3/4_STEP9				LUT1/2_STEP9				00h
DCh	R/W	阶跃 10 温度偏移	LUT3/4_STEP10				LUT1/2_STEP10				00h
DDh	R/W	阶跃 11 温度偏移	LUT3/4_STEP11				LUT1/2_STEP11				00h
DEh	R/W	阶跃 12 温度偏移	LUT3/4_STEP12				LUT1/2_STEP12				00h
DFh	R/W	阶跃 13 温度偏移	LUT3/4_STEP13				LUT1/2_STEP13				00h

有两个包含 13 个阶跃 (12 个偏移) 的查找表，一个用于 LUT 1 和 2，另一个用于 LUT 3 和 4。每个 8 位偏移寄存器包含 LUT 1 和 2 的偏移温度以及 LUT 3 和 4 的偏移温度。偏移的格式是 4 位无符号值，一个 LSB 是 1°C 或 0.5°C。偏移分辨率由特殊功能控制 2 寄存器 (地址为 BDh) 中的 LT34_RS 和 LT12_RS 位控制。因此，偏移范围也是可变的，即 15°C 至 0°C 或 7.5°C 至 0°C。

有关应如何使用基本温度/查找表来控制 PWM 输出的信息，请参阅节 6.2.18 部分。

6.4.13.23 寄存器 E0h 特殊功能 TACH 到 PWM 绑定

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E0h	R/W	特殊功能 TACH 到 PWM 绑定	T4P2	T4P1	T3P2	T3P1	T2P2	T2P1	T1P2	T1P1	00h

位	名称	R/W	说明
0	T1P1	R/W	如果设置该位，则 TACH1 绑定到 PWM1。
1	T1P2	R/W	如果设置该位，则 TACH1 绑定到 PWM2。
2	T2P1	R/W	如果设置该位，则 TACH2 绑定到 PWM1。
3	T2P2	R/W	如果设置该位，则 TACH2 绑定到 PWM2。
4	T3P1	R/W	如果设置该位，则 TACH3 绑定到 PWM1。
5	T3P2	R/W	如果设置该位，则 TACH3 绑定到 PWM2。
6	T4P1	R/W	如果设置该位，则 TACH4 绑定到 PWM1。
7	T4P2	R/W	如果设置该位，则 TACH4 绑定到 PWM2。

如果某个 TACH 通道绑定到某个 PWM 通道，则当绑定的 PWM 占空比为 0% 或执行旋转时，该通道上的 TACH 错误会被自动屏蔽。如果某个 TACH 通道绑定到两个 PWM 输出，则行为未定义。当在寄存器 BDh 特殊功能控制 2 中启用智能转速计模式以及在寄存器 E1h 转速计风扇增强控制中启用转速计增强时，必须设置该寄存器。

6.4.13.24 寄存器 E1h 转速计风扇增强控制寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E1h	R/W	转速计风扇增强控制	RES	TBS	TBT[5:0]	3Fh					

Lock	位	名称	R/W	说明
X	5:0	TBT[5:0]	R/W	TACH 错误风扇增强启用超时。设置为 63 (3Fh) 可禁用 TACH 错误风扇增强功能 (默认设置)。63 以外的值会启用 TACH 错误风扇增强功能并根据下表设置超时。
	6	TBS	R/W	TACH 增强状态：设置后，该位表示 TACH 错误增强已被触发，当前正在请求 100% PWM。如果位 [5:0] 被配置为无限超时，并且 TACH 错误已停止，则向该位写入零将不会触发 TACH 增强。如果禁用 TACH 错误增强，则该位始终返回 0。
	7	RES	R	保留

表 6-15. TBT[5:0] 的超时分配

TBT[5:0]	超时/功能
0	0
1	3
.	.
.	.
N	$N * 32 * 0.091$ 秒
60	175
61	178
62	无限设置 (软件必须清除该寄存器的位 6 以进行复位)
63	禁用

6.4.13.25 寄存器 E2h LM94 状态控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E2h	R/W	LM94 状态/控制	BMC_ERR	HOST_ERR	TACH_EDGE		GPI5_AM	GPI4_AM	ASF	OVRID	00h

Lock	位	名称	R/W	说明
	0	OVRID	R/W	如果设置了该位, 则所有 PWM 输出均达到 100% 占空比。
X	1	ASF	R/W	如果设置了该位, BMC 错误寄存器支持 ASF, 即读取时复位。当不处于 ASF 模式时, 需要写入“1”来清除 BMC 错误状态寄存器中的位。
	2	GPI4_AM	R/W	GPI4 自动屏蔽启用 如果设置了该位, 则 GPI4 上的错误事件导致所有其他错误事件被屏蔽。在 B_GPI 错误状态寄存器中的 GPI4_ERR 位被清除之前, BMC 错误状态寄存器不会反映任何新的错误事件。在 H_GPI 错误状态寄存器中的 GPI4_ERR 位被清除之前, 主机错误状态寄存器不会反映任何新的错误事件。 如果 CPU_THERMTRIP 信号连接至 GPIO4, 这可以确保在 CPU_THERMTRIP 被置为有效后不会触发不必要的错误事件。
	3	GP15_AM	R/W	GPI5 自动屏蔽启用 该位的工作方式与 GPI4_AM 完全相同, 但适用于 GPI5。
	5:4	TACH_EDGE	R/W	该字段确定用于测量风扇转速脉冲的边沿类型。该字段会影响全部四个转速计输入。
	6	HOST_ERR	R	如果在任何主机错误状态寄存器 (H_) 中设置了任何错误位, 则会设置该位。
	7	BMC_ERR	R	如果在任何 BMC 错误状态寄存器 (B_) 中设置了任何错误位, 则会设置该位。设置该位时, ALERT 会被置为有效 (如果启用)。

TACH_EDGE	用于转速计测量的边沿类型
0h	可使用上升沿或下降沿。
1h	仅上升沿
2h	仅下降沿
3h	保留

6.4.13.26 寄存器 E3h LM94 配置

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E3h	R/W	LM94 配置	READY	RES	ALERT_COMP_EN	P1P2_PROCHOT	ALERT_EN	GMSK	LOCK	START	00h

Lock	位	名称	R/W	说明
x	0	START	R/W	当该位为 0 时, LM94 以基本模式运行。所有错误事件都被屏蔽。自动风扇控制算法被禁用。两个 PWM 都被设置为 0%。所有监控功能均处于运行状态, 并且值寄存器被更新。 设置该位后, 错误事件将不再被全局屏蔽, 并且自动风扇控制算法被启用。风扇增强使用编程的值。 在设置该位之前, 应该通过 BIOS 或应用软件设置所有限值和设置寄存器。
X	1	LOCK	R/W	设置该位将锁定所有被指示为可锁定的寄存器和寄存器位。可锁定的寄存器在其说明的锁定列中包含一个“x”。一旦设置, 该寄存器就会被锁定。该位只能通过外部器件将 RESET 置为有效来清除。
	2	GMSK	R/W	全局屏蔽 当该位由软件设置时, 所有错误事件都会被屏蔽。设置该位不会影响任何其他屏蔽寄存器或值寄存器。
	3	ALERT_EN	R/W	设置该位时, ALERT 输出会被启用。如果清除该位, ALERT 输出会被禁用。

Lock	位	名称	R/W	说明
	4	P1P2_PROCHOT	R/W	在某些配置中，可能要求两个处理器以相同的比率进行限值。设置该位时，LM94 将 P1_PROCHOT 连接到 P2_PROCHOT。如果 P1_PROCHOT 和 P2_PROCHOT 已经通过某种其他方式短接，则不应设置该位。这样做会导致两个 PROCHOT 信号一直处于低电平，直到该位被清除。
	5	ALERT_COMP_EN	R/W	当设置该位时，ALERT 输出将在热比较器模式下工作。在热比较器模式下，ALERT 将仅对未屏蔽的热错误事件被置为有效。当错误事件停止时，ALERT 将立即被置为无效。
	6	RES	R/W	保留
	7	READY	R	在采集到所有温度和电压的有效数据后，LM94 会自动设置该位。在设置该位之前，软件不应使用任何温度或电压值。

6.4.14 睡眠状态控制和屏蔽寄存器

6.4.14.1 寄存器 E4h 睡眠状态控制

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E4h	R/W	睡眠状态控制	RES						SB		03h

位	名称	R/W	说明
1:0	SB	R/W	睡眠状态控制。设置该字段会告诉 LM94 系统处于哪种睡眠状态。根据该字段的状况，几个错误事件会被屏蔽。
7:2	RES	R	保留

SB	说明
00	睡眠状态 = S0 不屏蔽错误。
01	睡眠状态 = S1 根据 S1 屏蔽寄存器和标准 S1 屏蔽来屏蔽错误。
10	睡眠状态 = S3 根据 S3 屏蔽寄存器和标准 S3 屏蔽来屏蔽错误。
11	睡眠状态 = S4/5 根据 S4/5 屏蔽寄存器和标准 S4/5 屏蔽来屏蔽错误。如果 $\overline{\text{RESET}}$ 输入被置为有效，则该模式自动激活。

6.4.14.2 寄存器 E5h S1 GPI 屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E5h	R/W	S1 GPI 屏蔽	GPI7_S1_MSK	GPI6_S1_MSK	GPI5_S1_MSK	GPI4_S1_MSK	GPI3_S1_MSK	GPI2_S1_MSK	GPI1_S1_MSK	GPI0_S1_MSK	FFh

位	名称	R/W	说明
0	GPI0_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI0 错误。
1	GPI1_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI1 错误。
2	GPI2_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI2 错误。
3	GPI3_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI3 错误。
4	GPI4_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI4 错误。
5	GPI5_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI5 错误。
6	GPI6_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI6 错误。
7	GPI7_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 GPI7 错误。

6.4.14.3 寄存器 E6h S1 转速计屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E6h	R/W	S1 转速计屏蔽	RES				TACH4_S1_MSK	TACH3_S1_MSK	TACH2_S1_MSK	TACH1_S1_MSK	0Fh

位	名称	R/W	说明
0	TACH1_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 Tach1 错误。
1	TACH2_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 Tach2 错误。
2	TACH3_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 Tach3 错误。
3	TACH4_S1_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S1 睡眠状态下会屏蔽 Tach4 错误。
7:4	RES	R	保留

6.4.14.4 寄存器 E7h S3 GPI 屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E7h	R/W	S3 GPI 屏蔽	GPI7_S3_MSK	GPI6_S3_MSK	GPI5_S3_MSK	GPI4_S3_MSK	GPI3_S3_MSK	GPI2_S3_MSK	GPI1_S3_MSK	GPI0_S3_MSK	FFh

位	名称	R/W	说明
0	GPI0_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPIO 错误。
1	GPI1_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI1 错误。
2	GPI2_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI2 错误。
3	GPI3_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI3 错误。
4	GPI4_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI4 错误。
5	GPI5_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI5 错误。
6	GPI6_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI6 错误。
7	GPI7_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 GPI7 错误。

6.4.14.5 寄存器 E8h S3 转速计屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E8h	R/W	S3 转速计屏蔽	RES				TACH4_S3_MSK	TACH3_S3_MSK	TACH2_S3_MSK	TACH1_S3_MSK	0Fh

位	名称	R/W	说明
0	TACH1_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 Tach1 错误。
1	TACH2_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 Tach2 错误。
2	TACH3_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 Tach3 错误。
3	TACH4_S3_MSK	R/W	如果设置该位，则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 Tach4 错误。
7:4	RES	R	保留

6.4.14.6 寄存器 E9h S3 温度/电压屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
E9h	R/W	S3 电压屏蔽	RES				TEMP_S3_MSK	AIN14_S3_MSK	AIN13_S3_MSK	AIN12_S3_MSK	07h

位	名称	R/W	说明
0	AIN12_S3_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 AIN12 错误。
1	AIN13_S3_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 AIN13 错误。
2	AIN14_S3_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S3 睡眠状态下会屏蔽 AIN14 错误。
3	TEMP_S3_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S3 睡眠状态下会屏蔽区域 1 和 2 的温度错误和二极管故障错误。
7:3	RES	R	保留

6.4.14.7 寄存器 EAh S4/5 GPI 屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
EAh	R/W	S4/5 GPI 屏蔽	GPI7_S4/5_MSK	GPI6_S4/5_MSK	GPI5_S4/5_MSK	GPI4_S4/5_MSK	GPI3_S4/5_MSK	GPI2_S4/5_MSK	GPI1_S4/5_MSK	GPI0_S4/5_MSK	FFh

位	名称	R/W	说明
0	GPI0_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI0 错误。
1	GPI1_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI1 错误。
2	GPI2_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI2 错误。
3	GPI3_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI3 错误。
4	GPI4_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI4 错误。
5	GPI5_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI5 错误。
6	GPI6_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI6 错误。
7	GPI7_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 GPI7 错误。

6.4.14.8 寄存器 EBh S4/5 温度/电压屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
EBh	R/W	S4/5 电压屏蔽	RES				TEMP_S4/5_MSK	AIN14_S4/5_MSK	AIN13_S4/5_MSK	AIN12_S4/5_MSK	07h

位	名称	R/W	说明
0	AIN12_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 AIN12 错误。
1	AIN13_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 AIN13 错误。
2	AIN14_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽 AIN14 错误。
3	TEMP_S4/5_MSK	R/W	如果设置该位,则在 S4/5 睡眠状态下会屏蔽区域 1 和 2 的温度错误和二极管故障错误。
7:3	RES	R	保留

6.4.15 其他屏蔽寄存器

6.4.15.1 寄存器 ECh GPI 错误屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
ECh	R/W	GPI 错误屏蔽	GPI7_MSK	GPI6_MSK	GPI5_MSK	GPI4_MSK	GPI3_MSK	GPI2_MSK	GPI1_MSK	GPI0_MSK	FFh

位	名称	R/W	说明
0	GPI0_MSK	R/W	设置该位时, GPI0 错误事件会被屏蔽。
1	GPI1_MSK	R/W	设置该位时, GPI1 错误事件会被屏蔽。
2	GPI2_MSK	R/W	设置该位时, GPI2 错误事件会被屏蔽。
3	GPI3_MSK	R/W	设置该位时, GPI3 错误事件会被屏蔽。
4	GPI4_MSK	R/W	设置该位时, GPI4 错误事件会被屏蔽。
5	GPI5_MSK	R/W	设置该位时, GPI5 错误事件会被屏蔽。
6	GPI6_MSK	R/W	设置该位时, GPI6 错误事件会被屏蔽。
7	GPI7_MSK	R/W	设置该位时, GPI7 错误事件会被屏蔽。

这些位屏蔽 B_ 和 H_GPI 错误状态寄存器中的相应位。这些位不影响 GPI 状态寄存器。

6.4.15.2 寄存器 EDh 其他错误屏蔽

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
EDh	R/W	其他错误屏蔽	RES		DVccp2_MSK	DVccp1_MSK	SCSI2_MSK	SCSI1_MSK	VRD2_MSK	VRD1_MSK	3Fh

位	名称	R/W	说明
0	VRD1_MSK	R/W	设置该位时, $\overline{\text{VRD1_HOT}}$ 错误事件会被屏蔽。
1	VRD2_MSK	R/W	设置该位时, $\overline{\text{VRD2_HOT}}$ 错误事件会被屏蔽。
2	SCSI1_MSK	R/W	设置该位时, $\overline{\text{GPI8}}$ 错误事件会被屏蔽。
3	SCSI2_MSK	R/W	设置该位时, $\overline{\text{GPI9}}$ 错误事件会被屏蔽。
4	DVccp1_MSK	R/W	设置该位时, AD_IN7 (CPU1) 的动态 Vccp 限值错误事件会被屏蔽。
5	DVccp2_MSK	R/W	设置该位时, AD_IN8 (CPU2) 的动态 Vccp 限值错误事件会被屏蔽。
7:6	RES	R	保留

6.4.15.3 寄存器 EE 和 EFh 区域 1a 和区域 2a 调节寄存器

寄存器地址	读取/写入	寄存器名称	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	默认值
EEh	R/W	区域 1a 调节	RES	RES	Z1a_ADJUST[5:0]						00h
EFh	R/W	区域 2a 调节	RES	RES	Z2a_ADJUST[5:0]						00h

位	名称	R/W	说明
5:0	Z1a_ADJUST[5:0] 或 Z2a_ADJUST[5:0]	R/W	6 位有符号二进制补码偏移调节。对于所有区域 1a 和 2a 温度测量, 在进行测量时该值被添加到这些测量值。所有 LM94 寄存器和功能的行为都好像得到的温度是真实测量的温度。该寄存器允许以 1°C 为阶跃在 +31°C 至 -32°C 的范围内进行偏移调节。格式为有符号二进制补码。
7:6	RES	R	保留

7 应用和实例

7.1 应用信息

7.1.1 上电

当首次为器件加电时，LM94 会在 $\overline{\text{RESET}}$ 上产生上电复位信号。

7.1.2 复位

上电后，当电源上的电压超过上电复位阈值电平时， $\overline{\text{RESET}}$ 输出被置为有效（请参阅电气特性）。 $\overline{\text{RESET}}$ 输出为开漏输出，应与连接至 V_{DD} 的外部上拉电阻器配合使用。上电复位完成后， $\overline{\text{RESET}}$ 引脚变为输入、在 $\overline{\text{RESET}}$ 被置为有效 $10\mu\text{s}$ 后，LM94 配置寄存器中的 LOCK 位应被清除。此外，在 $\overline{\text{RESET}}$ 被置为有效 $10\mu\text{s}$ 后，睡眠控制寄存器应自动设置为 S4/S5。根据 S4/S5 屏蔽定义，这会使几个错误事件被屏蔽。由于 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚成为有效输入，因此该引脚在任何时候都不得悬空，因为这可能导致 LM94 漂移到 S4/S5 并因此产生无法预测的行为。为了确保能够检测到， $\overline{\text{RESET}}$ 被置为有效的时长必须大于 $4\mu\text{s}$ 。

寄存器类型	上电复位	外部复位
出厂寄存器	x	
BMC 错误状态寄存器	x	
主机错误状态寄存器	x	
值寄存器		
限值寄存器	x	
设置寄存器	x	
LM94 配置锁定位	x	x
LM94 配置 GMSK 位	x (复位)	
睡眠屏蔽	x	
睡眠状态控制		x
其他屏蔽寄存器	x	

所有其他寄存器均不受上电复位或外部复位的影响。

7.1.3 地址选择

LM94 主要用于可能只需要一个监控器件的双处理器服务器系统。

如果在一个系统中实施多个 LM94 器件，则这些器件必须具有唯一的 SMBus 从器件地址。有关更多信息，请参阅节 6.3.1.1。

电路板设计人员可以在 ADDR_SEL 引脚上应用一个 $10\text{k}\Omega$ 下拉和/或上拉电阻器并将其连接至接地端和/或 $3.3\text{V SB } V_{DD}$ 。在需要两个电阻器的情况下，LM94 应与容差为 5% 的电阻器配合使用。当首次与器件进行 SMBus 通信时，LM94 会根据 ADDR_SEL 输入为其分配 SMBus 地址。

Address Select	电路板实现	SMBus 地址
低于 V_{DD} 的 10%	通过一个 $10\text{k}\Omega$ 电阻器连接至接地端	0101 100b
$\approx V_{DD}/2$	$10\text{k}\Omega$ (5%) 电阻器连接至 $3.3\text{V SB } V_{DD}$ 并连接至接地端	0101 110b
大于 V_{DD} 的 90%	通过 $10\text{k}\Omega$ 电阻器拉至 $3.3\text{V SB } V_{DD}$	0101 101b

7.1.4 器件设置

BIOS 执行以下步骤来配置 LM94 中的寄存器。如果默认值可接受，则可能不需要执行所有步骤。

设置限值和参数（不必按照该顺序）：

- 设置风扇控制
- 设置 PWM 温度绑定
- 设置风扇转速计限值
- 设置风扇增强温度和迟滞
- 设置 VRD_HOT 和 PROCHOT PWM 斜坡控制速率
- 启用智能转速计模式和转速计输入到 PWM 绑定 (需要用于风扇接地或电源引脚的 PWM 驱动)
- 设置温度绝对限值
- 设置温度迟滞值
- 设置温度滤波或未滤波使用
- 设置区域调节偏移温度
- 设置 PROCHOT 覆盖和时间间隔值
- 设置 PROCHOT 用户限值
- 启用错误事件的 THERMTRIP 屏蔽 (如果 GPIO4 和 GPIO5 用作 THERMTRIP 输入)
- 设置电压传感器限值和迟滞
- 设置动态 Vccp 偏移限值
- 设置睡眠状态控制和屏蔽寄存器
- 设置其他屏蔽寄存器 (GPI 错误、VRDx_HOT 和动态 Vccp 限值检查)
- 设置开始位以选择用户值并取消屏蔽错误事件
- 将睡眠状态设置为 0
- 设置锁定位以锁定限值和参数寄存器 (可选)

7.1.5 轮询电压/温度转换周期

LM94 监控功能在器件通电后立即启动。LM94 按照下面所示的顺序对输入执行“轮询”采样。每个循环周期在 100ms 内完成。

可以在值寄存器中找到采样和转换的结果，可随时获取。

通道编号	输入	典型分配
3	温度区域 3	内部温度读数
1	温度区域 1a	远程二极管 1a 温度读数
	温度区域 1b	远程二极管 1b 温度读数 (如果选择)
2	温度区域 2a	远程二极管 2a 温度读数
	温度区域 2b	远程二极管 2b 温度读数 (如果选择)
4	AIN1	+12V1 (如果选择)
5	AIN2	+12V2 (如果选择)
6	AIN3	+12V3
7	AIN4	FSB_Vtt
8	AIN5	3GIO/PXH/MCH_Core
9	AIN6	ICH_Core
10	AIN7	CPU_1Vccp
11	AIN8	CPU2_Vccp
12	AIN9	3.3V
13	AIN10	+5V
14	AIN11	SCSI_Core
15	AIN12	Mem_Core
16	AIN13	Mem_Vtt
17	AIN14	GBIT_Core
18	AIN15	-12V
19	AIN16	3.3V SB V _{DD} 电源轨

7.1.6 错误状态寄存器

LM94 包含多个用于 BMC 侧的错误状态寄存器以及用于主机侧的重复错误状态寄存器。这些寄存器用于反映 LM94 监测的所有可能错误情况的状态。

BMC/主机错误状态寄存器在软件清除事件之前会一直保持设置位，即使导致错误事件的条件消失也是如此。

要清除错误状态寄存器中的某个位，必须向需要清除的特定位写入“1”。如果导致错误的事件不再有效，则该位会被清除。

清除 BMC 错误状态寄存器中的某个位不会清除主机错误状态寄存器中的相应位，反之亦然。

7.1.6.1 ASF 模式

错误状态寄存器功能允许 LM94 充当传统传感器 (ASF 规范 DSP0114 修订版 2 的 6.1.2) 并轻松连接到具有 ASF 功能的 NIC 芯片的 SMBus。

通过设置 LM94 状态/控制寄存器中的相应位，可以将 LM94 置于 ASF 模式。设置该位后，BMC 错误状态寄存器将变为读取以清除状态。在 ASF 模式下也允许写入“1”来清除特定的位。主机错误状态寄存器不受 ASF 模式的影响。

7.1.7 屏蔽、错误状态和 ALERT

屏蔽始终应用于主机和 BMC 错误状态寄存器中的位。如果某个事件被屏蔽，则会阻止设置主机或 BMC 错误状态寄存器中的相应错误位。因此，这可以防止该事件使 $\overline{\text{ALERT}}$ 被置为有效。屏蔽某个事件不会清除其关联的错误状态位 (如果该位当前已被设置)。

可以通过写入高压限值 FFh 来屏蔽电压错误。这是所有电压的默认上限。

可以通过写入高温限值 80h 来屏蔽温度错误。这是所有温度的默认上限。屏蔽温度通道可屏蔽温度错误和二极管故障错误。

GPI 屏蔽寄存器允许屏蔽 GPI 错误。该寄存器中设置的任何位都会屏蔽相应 GPIO_x 引脚的事件。

用户 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 状态实际上并不是错误，但它可用于通知用户处理器限制超过预设的用户限值。用户限值 FFh 用作该寄存器的屏蔽。无法屏蔽与预定义的 $\overline{\text{PROCHOT}}$ 阈值相关联的错误位。不过，务必注意这些错误位在任何情况下都不会使 BMC_ERR、HOST_ERR 或 $\overline{\text{ALERT}}$ 被置为有效。

如果给定转速计的转速计限值被设置为 FFh，则会屏蔽风扇转速计错误。

可以通过设置 GPI 和其他错误屏蔽寄存器中的相应位来屏蔽 $\overline{\text{GPI}}$ 错误和 $\overline{\text{VRDx_HOT}}$ 错误。

在 LM94 上电时会禁用 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出。可以通过设置 LM94 配置寄存器中的 ALERT_EN 位来禁用 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出。

除了手动屏蔽选项之外，LM94 还会根据系统的睡眠状态屏蔽一些错误。通过对睡眠状态控制寄存器进行写入，系统的睡眠状态被传送至 LM94。在某些睡眠模式下，某些类型的错误事件始终被屏蔽。如果设置了某些类型的错误事件的睡眠屏蔽寄存器位，则在某些睡眠模式下可以选择屏蔽这些错误事件。有关更多信息，请参阅 [寄存器说明](#)。

7.1.8 布局和接地

分压器等模拟元件的物理位置应尽可能靠近 LM94。有关热敏二极管布局建议，请参阅 [节 8.2](#)。

LM94 旁路电容器，即 100pF、10μF（电解或钽）和 0.1μF（陶瓷）旁路电容器的并联组合必须连接在电源引脚（引脚 39）和接地端之间，并且应尽可能靠近 LM94。100pF 电容器应最靠近电源引脚放置。

7.2 典型应用

双处理器服务器的主板管理。可能需要两个 LM94 来管理一个四处理器板。下面的系统图显示了一个双处理器服务器

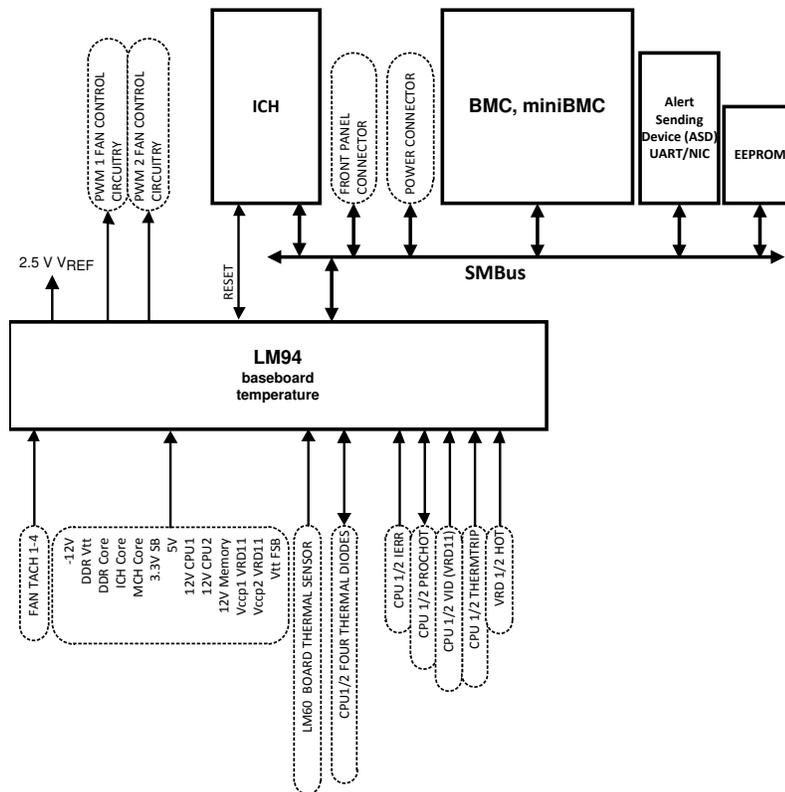


图 7-1.2 路 Xeon 服务器管理

7.2.1 热敏二极管应用

要测量 LM94 外部的温度，请使用远程分立二极管来检测外部物体或环境空气的温度。分立二极管的温度受到其引线温度的影响，并且通常由其决定。

大多数硅二极管不适合此应用。建议使用 MMBT3904 晶体管类型基极发射极结并将集电极连接到基极。

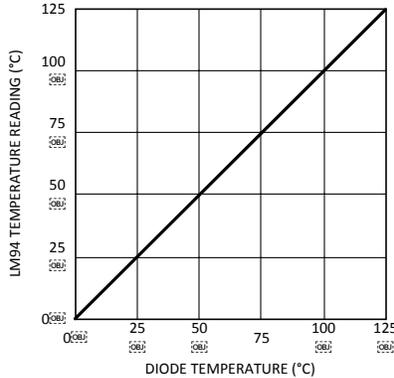


图 7-2. 热敏二极管温度与 LM94 温度读数之间的关系

7.2.1.1 二极管非理想性

7.2.1.1.1 二极管非理想因子对精度的影响

当晶体管作为二极管连接时，变量 V_{BE} 、 T 和 I_F 具有以下关系：

$$I_F = I_S \times \left[e^{\left(\frac{V_{BE}}{\eta \times V_t} \right)} - 1 \right] \quad (10)$$

其中：

$$V_t = \frac{kT}{q} \quad (11)$$

- $q = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑 (电子电荷) ；
- T = 以开尔文为单位的绝对温度
- $k = 1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/K (玻尔兹曼常数) ；
- η 是二极管制造工艺的非理想因子；
- I_S = 饱和电流，与工艺相关；
- I_F = 流经基极发射极结的正向电流
- V_{BE} = 基极发射极压降

在活动区域，-1 项可以忽略不计，可以消除，从而得到以下公式

$$I_F = I_S \left[e^{\frac{V_{be}}{\eta V_t}} \right] \quad (12)$$

在方程式 12 中， η 和 I_S 取决于制造特定二极管所用的工艺。通过严格控制两个电流的比率(I_{F2}/I_{F1})并测量产生的电压差，可以消除 I_S 项。求解正向电压差可得到以下关系：

$$\Delta V_{BE} = \eta \times \frac{k \times T}{q} \times \ln \left(\frac{I_{F2}}{I_{F1}} \right) \quad (13)$$

求解方程式 13 可得出温度为：

$$T = \frac{\Delta V_{BE} \times q}{\eta \times k \times \ln \left(\frac{I_{F2}}{I_{F1}} \right)} \quad (14)$$

使用 MMBT3904 等二极管连接的晶体管时，方程式 14 适用。当将该“二极管”公式应用于集成二极管时，例如将集电极连接到 GND 的处理器晶体管，如图 7-3 所示，将产生较宽的非理想分布。这种较宽的非理想性分布并不是因为真正的工艺变化引起的，而是由于方程式 14 是一种近似计算这一事实。

TruTherm 技术使用晶体管公式方程式 15，这是 FPGA 或处理器中热敏二极管拓扑结构的更准确表示。

$$T = \frac{\Delta V_{BE} \times q}{\eta \times k \times \ln \left(\frac{I_{C2}}{I_{C1}} \right)} \quad (15)$$

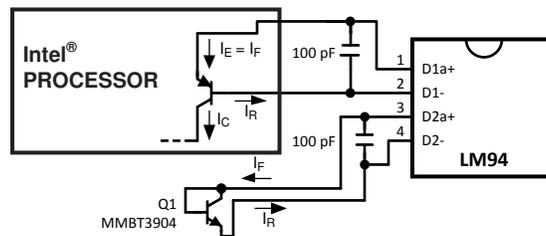


图 7-3. 热敏二极管电流路径

只有在测量图 7-3 处理器中所集成晶体管的温度时，才应启用 TruTherm 技术，因为方程式 15 仅适用于此拓扑。

7.2.1.1.2 计算整体系统精度

LM94 测得的电压还包括串联电阻的 $I_F R_S$ 压降。非理想因子 η 是唯一一个未考虑的参数，具体取决于用于测量的二极管。由于 ΔV_{BE} 与 η 和 T 均成正比，因此无法将 η 的变化与温度的变化区分开来。由于非理想因子不受温度传感器控制，因此它会直接增加传感器的不准确性。对于 65nm 工艺的 Pentium D 处理器，当处理器二极管通过假定二极管公式方程式 14 成立的电路来测量时，Intel 指定不同器件之间的变化 η 为 +4.06%/-0.89%。例如，假设温度传感器在 75°C (348 开尔文) 温度下的精度规格为 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ ，并且处理器二极管具有 +4.06%/-0.89% 的非理想变化。所感测处理器温度的最终系统精度为：

$$T_{ACC} = \pm 2.5^\circ\text{C} + (+4.06\% \text{ of } 348 \text{ K}) = +16.6^\circ\text{C} \quad (16)$$

和

$$T_{ACC} = \pm 2.5^\circ\text{C} + (-0.89\% \text{ of } 348 \text{ K}) = -5.6^\circ\text{C} \quad (17)$$

TruTherm 技术使用晶体管公式方程式 15，从而产生非理想分布，这真正反映了非常小的工艺变化。对于 65nm 工艺上的 Pentium D 处理器，晶体管公式的非理想分布为 $\pm 0.4\%$ 。使用 TruTherm 技术时的精度可提高到：

$$T_{ACC} = \pm 2.5^\circ\text{C} + (\pm 0.4\% \text{ of } 348 \text{ K}) = \pm 3.9^\circ\text{C} \quad (18)$$

接下来要讨论的误差项是由于热敏二极管和印刷电路板布线的串联电阻引起的。大多数处理器数据表中都指定了热敏二极管串联电阻。对于 65nm 工艺的 Pentium D 处理器，该电阻的典型值为 4.52Ω。LM94 可适应 90nm 工艺 Pentium D 处理器的典型串联电阻。未考虑的误差是 Pentium 的串联电阻分布，即 2.79Ω 至 6.24Ω 或 ±1.73Ω。LM94 串联电阻 (T_{ER}) 引起的温度误差的计算公式很简单：

$$T_{ER} = R_{PCB} \times 0.62^{\circ}\text{C}/\Omega \quad (19)$$

在 R_{PCB} 等于 ±1.73Ω 的情况下，求解 [方程式 19](#) 会得到串联电阻分布导致的额外误差为 ±1.07°C。误差分布无法消除，因为这需要测量每个单独的热敏二极管器件。在大批量生产环境中，这非常困难且不切实际。

[方程式 19](#) 还可用于计算由印刷电路板上串联电阻引起的额外误差。由于 PCB 串联电阻的变化很小，因此该误差项大部分始终为正，只需从 LM94 的输出读数中减去该误差项即可将其消除。

7.2.1.1.3 补偿不同的非理想性

为了补偿由非理想性引入的误差，温度传感器针对特定处理器进行了校准。德州仪器 (TI) 的温度传感器始终根据给定处理器类型的典型非理想性和串联电阻进行了校准。LM94 针对两个非理想因子和串联电阻值进行了校准，从而无需额外调整即可支持 MMBT3904 晶体管和 65nm 工艺的 Pentium D 处理器。要获得更精确的测量结果，在采用 65nm 工艺的 Pentium D 处理器上进行测量时，应打开 TruTherm 模式，以最大限度地减小虚假的非理想分布所引入的误差（请参阅 [节 7.2.1.1.1](#)）。当将针对特定处理器类型进行校准的温度传感器与不同类型的处理器搭配使用时，会引入额外的误差。

通过使用软件校准，与不同处理器类型的非理想性相关的温度误差在所关注的特定温度范围内可能有所减少。典型的非理想性规格差异会导致传递函数的增益变化，因此目标温度范围的中心应当是目标温度以进行校准。以下公式可用于计算对与 LM94 所支持不同的目标非理想性进行补偿所需的温度校正因数 (T_{CF})。

$$T_{CF} = [(\eta_S - \eta_{Processor}) \div \eta_S] \times (T_{CR} + 273 \text{ K}) \quad (20)$$

其中

- η_S = LM94 精度规格非理想性
- η_T = 目标热敏二极管典型非理想性
- T_{CR} = 目标温度范围中间的温度 (°C)

[方程式 20](#) 的校正因数应直接添加到 LM94 生成的温度读数中。例如，使用 LM94 并选择 3904 模式时，若要测量典型非理想性为 1.008 的 AMD Athlon 处理器，对于 60°C 到 100°C 的温度范围，校正因数将计算为：

$$T_{CF} = [(1.003 - 1.008) \div 1.003] \times (80 + 273) = -1.75^{\circ}\text{C} \quad (21)$$

因此，应从 LM94 的温度读数中减去 1.75°C，以补偿不同的典型非理想目标。

8 布局

8.1 建议方案

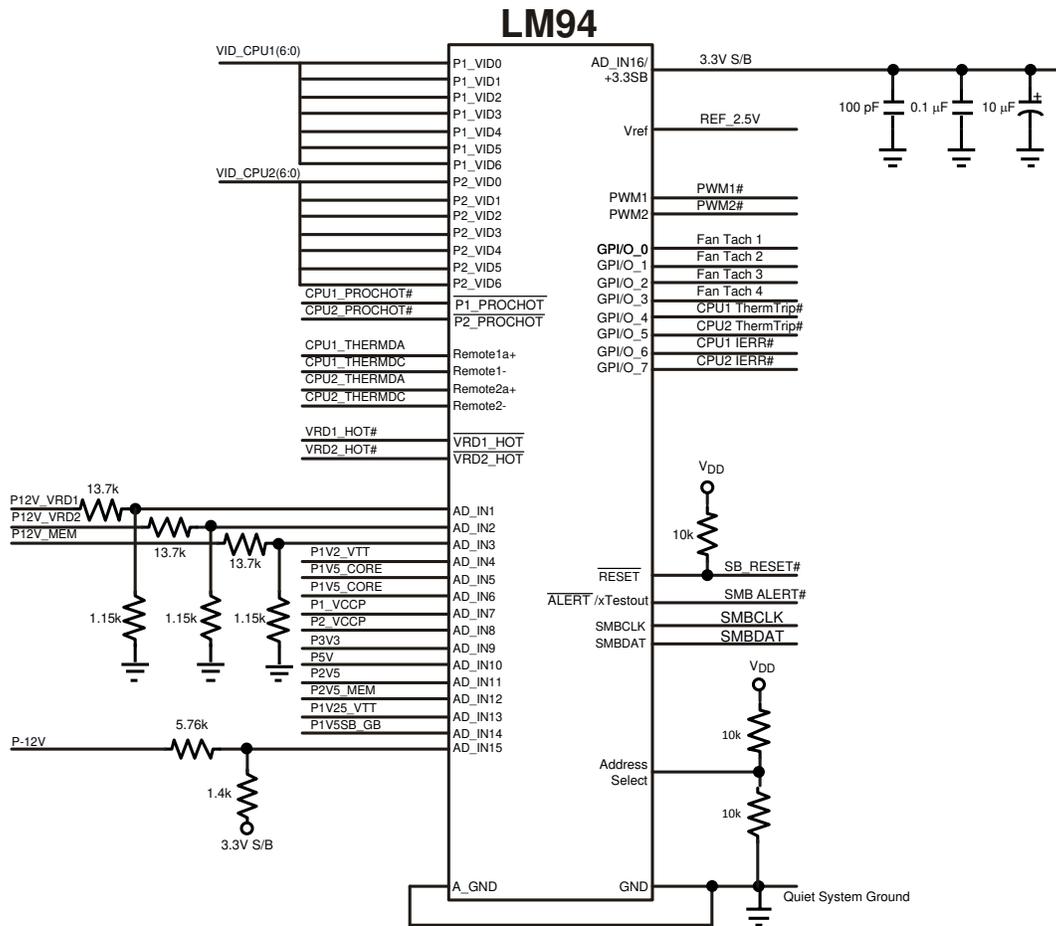
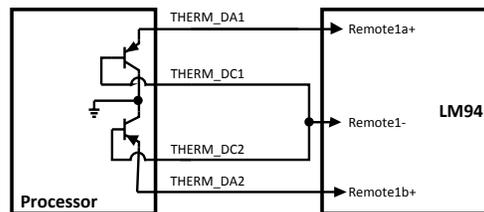


图 8-1. 无热敏二极管连接的建议方案



注意：每个热敏二极管上的 100pF 电容器是可选的，应靠近 LM94 放置（如果使用）。热敏二极管引脚之间的最大电容为 300pF。

图 8-2. 热敏二极管建议方案

8.2 尽可能降低噪声的 PCB 布局

在以下指南中，Remote+ 和 Remote- 指 REMOTE1a+、Remote 1b+、REMOTE1-、REMOTE2a+、Remote2b+ 和 REMOTE2- 引脚。

在电源等高噪声环境中，布局注意事项非常关键。远程温度二极管传感器和 LM94 之间布线上产生的噪声可能会导致温度转换错误。

应遵循以下指导原则：

1. 将一个 0.1 μ F 和一个 100pF LM94 电源旁路电容器放置在尽可能靠近 V_{DD} 引脚的位置，且 100pF 电容器最靠近该引脚。将一个 10 μ F 电容器放置在靠近 LM94 电源引脚的位置。
2. 将一个 100pF 电容器放置在尽可能靠近 LM94 热敏二极管 Remote+ 和 Remote- 引脚的位置。确保连接到 100pF 电容器的引线匹配且尽可能短。需要使用该电容器来更大限度地减小高频噪声误差。
3. 共享一个 Remote- 引脚的热敏二极管必须具有一条独立的引线，该引线从 LM94 Remote- 引脚连接到每个二极管阴极。请勿以“菊花链”形式实现这些连接。
4. 理想情况下，LM94 应置于距离热敏二极管引脚 10cm 的范围内，引线应尽可能平直、短且相同。1 Ω 的引线电阻可能导致高达 1 $^{\circ}$ C 的误差。
5. 二极管引线的两侧（如果可能的话，上方和下方）应由 GND 保护环包围。该 GND 保护电路不应位于 Remote+ 和 Remote- 线路之间。如果噪声确实耦合到二极管线路，那么最好以相同的方式同时耦合到两个线路，即共模。也就是说，同等地耦合到 Remote+ (D+) 和 Remote-(D-) 线路。请参阅下图：

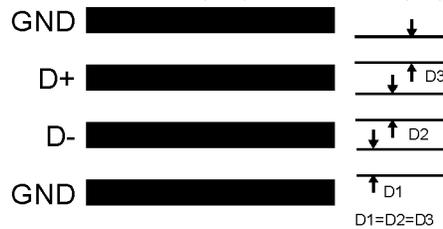


图 8-3. 建议的二极管引线布局

6. 避免靠近任何电源开关或滤波电感器放置二极管布线。
7. 避免靠近或平行于高速数字线路和总线放置二极管布线。二极管布线应与高速数字布线至少保持 2cm 的距离。
8. 如果需要跨越高速数字布线，二极管布线和高速数字布线应以 90 度角交叉。
9. 连接 LM94 GND 引脚的理想位置是尽可能靠近与检测二极管关联的处理器 GND。如果有两个处理器，则在两个处理器之间选择一个噪声最小的节点。
10. Remote+ 和 GND 之间的漏电流应尽可能小。二极管温度读数误差可能在漏电流为 30nA 时达到 0.4 $^{\circ}$ C。保持印刷电路板尽可能清洁可以更大限度地减小漏电流。某些冷冻喷雾的残留物可能会产生高漏电流。

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.2 接收文档更新通知

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

9.3 支持资源

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

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

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

I2C® is a registered trademark of dcl_owner.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告



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

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

9.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision C (March 2013) to Revision D (February 2024)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1

Changes from Revision B (July 2010) to Revision C (March 2013)	Page
• 将美国国家通用数据表的版面布局更改为 TI 格式.....	13

11 机械、封装和可订购信息

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

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LM94CIMT/NOPB	Obsolete	Production	TSSOP (DGG) 56	-	-	Call TI	Call TI	0 to 100	LM94CIMT
LM94CIMTX/NOPB	Active	Production	TSSOP (DGG) 56	1000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	0 to 100	LM94CIMT
LM94CIMTX/NOPB.A	Active	Production	TSSOP (DGG) 56	1000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	0 to 100	LM94CIMT

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

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

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

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

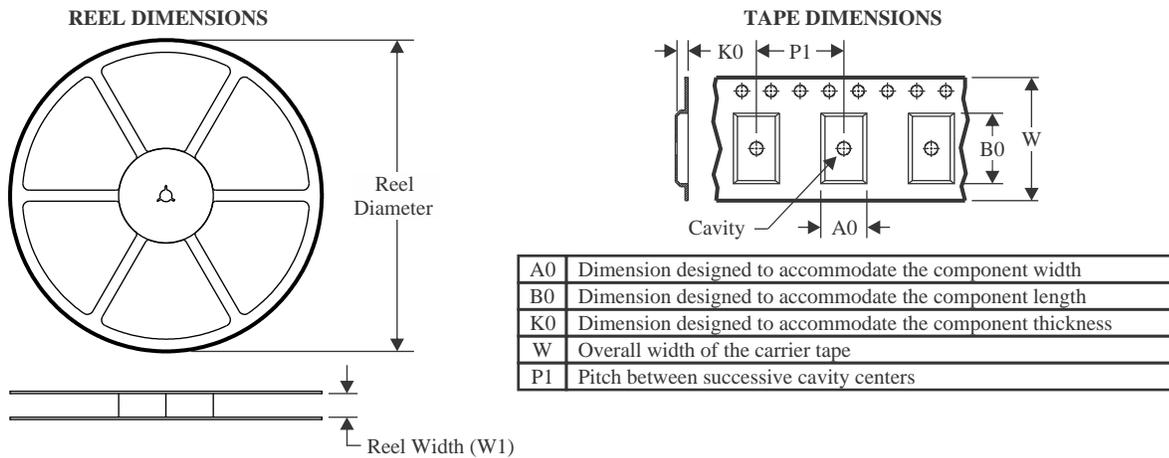
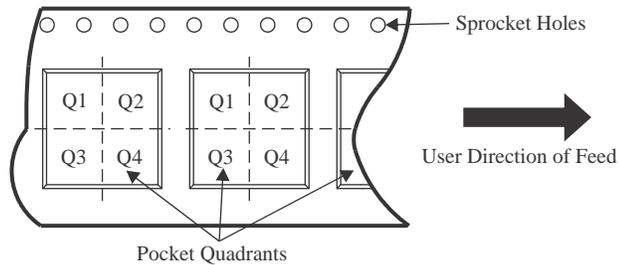
(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

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

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

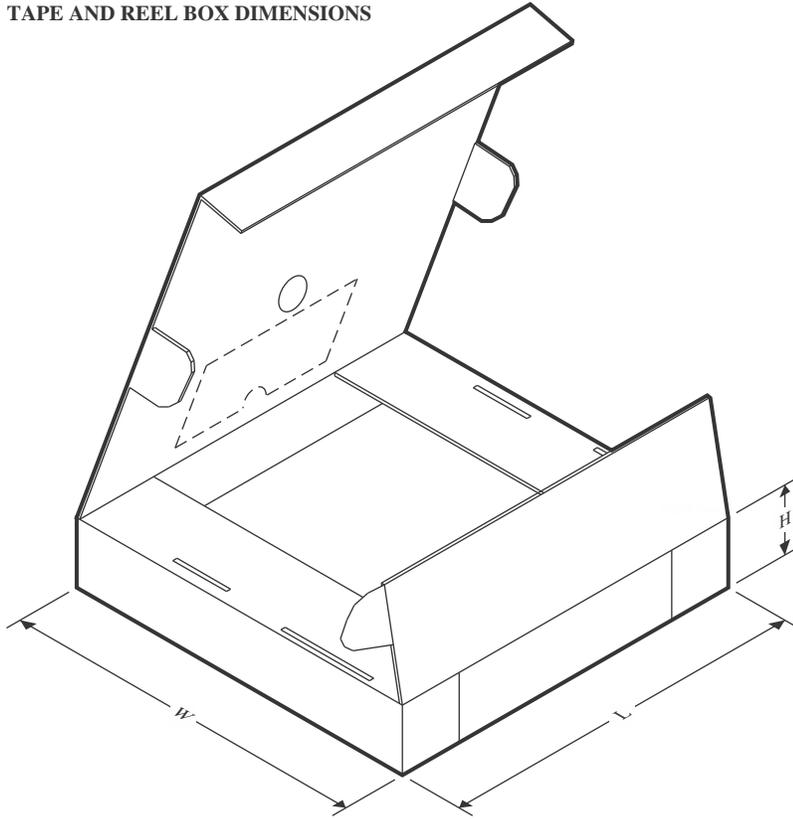
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

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

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LM94CIMTX/NOPB	TSSOP	DGG	56	1000	330.0	24.4	8.6	14.5	1.8	12.0	24.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

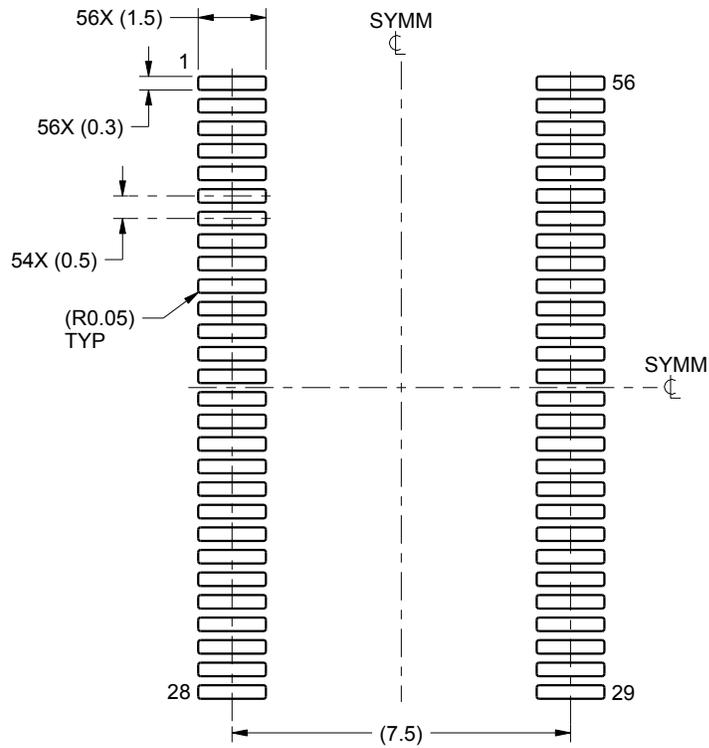
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LM94CIMTX/NOPB	TSSOP	DGG	56	1000	356.0	356.0	45.0

EXAMPLE BOARD LAYOUT

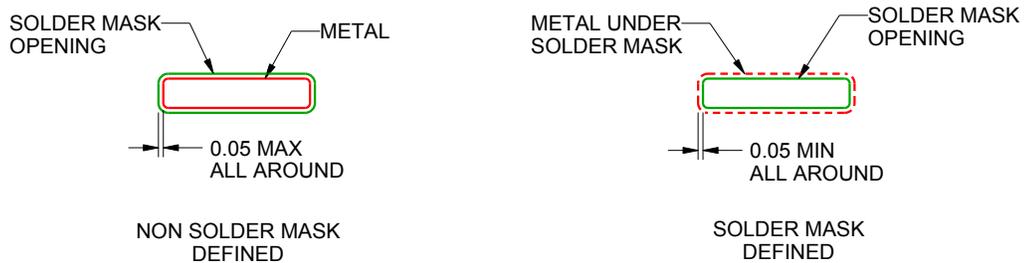
DGG0056A

TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:6X



SOLDER MASK DETAILS

4222167/A 07/2015

NOTES: (continued)

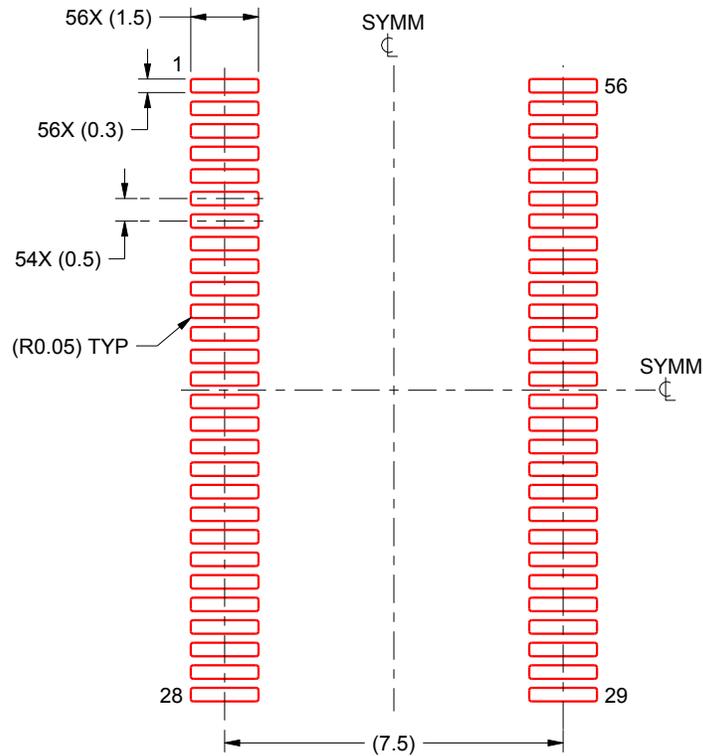
5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DGG0056A

TSSOP - 1.2 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:6X

4222167/A 07/2015

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
8. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月