

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

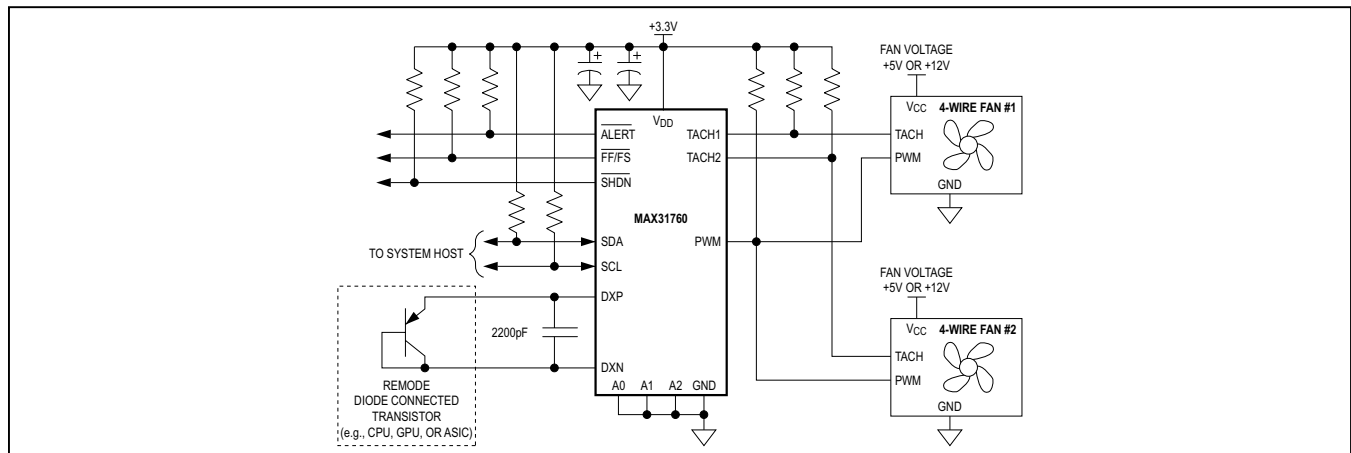
概述

MAX31760集成温度检测和高精度PWM风扇控制，器件高精度测量本地管芯温度，以及分立式二极管连接晶体管(例如2N3906)或CPU、图形处理器单元(GPU)和其它ASIC中常见热二极管的远端温度。通过I²C兼容接口，可设置多个温度门限，例如本地高温/过热(OT)和远端高温/过热门限。

48字节查找表(LUT)包含用户设置的PWM值，查找表以读取温度结果作为索引，因此可根据温度读数控制风扇速度。基于LUT的灵活架构支持用户设置平滑的非线性风扇速度与温度传递函数，将可闻噪声降至最小。两路转速计输入允许独立测量两个风扇的速度。 $\overline{FF}/\overline{FS}$ 引脚多路复用作为漏极开路风扇失效指示输出和全速风扇驱动输入。超过本地或远端OT门限时， $\overline{SHDN}$ 引脚变为有效的低电平，可用于关断系统。专用的 $\overline{ALERT}$ 引脚指示超过本地或远端高温门限。 $\overline{ALERT}$ 可设置工作在失效指示模式或中断模式。这些特性使器件成为单风扇或双风扇制冷系统的紧凑、完备解决方案。

订购信息在数据资料的最后给出。

典型应用电路



相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：www.maximintegrated.com/MAX31760.related。

特性

- 工作设置储存在非易失存储器中，用于在上电时自动工作
- 48级非易失LUT，将温度映射至PWM占空比
- 平滑的PWM占空比转换，将风扇的可闻噪声降至最小
- 两路转速计输入允许独立测量两个风扇的RPM
- $\overline{FF}/\overline{FS}$ 引脚多路复用作为风扇失效指示输出和全速风扇驱动输入
- 高精度检测远端和本地温度
- 可编程热二极管理想因子，将理想因子不匹配降至最小
- 自动抵消串联电阻
- 温度故障专用/ $\overline{ALERT}$ 引脚
- $\overline{SHDN}$ 引脚用于系统过热关断
- 3.0V至3.6V工作电压范围
- -40°C至+125°C工作温度范围

应用

- 服务器
- 网络设备
- STB/DVR
- NAS/DAS

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。

有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：www.maximintegrated.com/cn。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

Absolute Maximum Ratings

V_{DD} to GND -0.3V to +6.0V
SCL, SDA, ALERT, FF/FS, SHDN,
TACH1, TACH2 and PWM to GND -0.5V to +6.0V
DXP, DXN, A0, A1, and A2 to GND -0.3V to ($V_{DD} + 0.3V$),
not to exceed +6.0V
SCL, SDA, ALERT, FF/FS, SHDN, PWM Current 8mA
DXN Current 200 μ A

Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^{\circ}\text{C}$)
QSOP (derate 9.6mW/ $^{\circ}\text{C}$ above $+70^{\circ}\text{C}$) 771.5mW
ESD Protection (All Pins, Human Body Model) $\pm 2\text{kV}$
Operating Temperature Range -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$
Junction Temperature $+150^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range -65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature (soldering, 10s) $+300^{\circ}\text{C}$
Soldering Temperature (reflow) $+260^{\circ}\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Package Thermal Characteristics (Note 1)

QSOP

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) 103.7°C/W

Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) 37°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board.

For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/cn/app-notes/index.mvp/id/4083.

Recommended DC Operating Conditions

($T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD} Voltage	V_{DD}	(Note 2)	3.0	3.3	3.6	V
Input Logic 0 (SDA, SCL)	V_{IL}		-0.3		+0.8	V
Input Logic 0 (All Other Inputs)			-0.3		$V_{DD} \times 0.3$	
Input Logic 1 (SDA, SCL)	V_{IH}		2.1		$V_{DD} + 0.3$	V
Input Logic 1 (All Other Inputs)			$V_{DD} \times 0.3$			

Electrical Characteristics

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	I_{DD}	Normal operation		2.6	4	mA
	I_{STB}	Standby mode		2	3	mA
Internal Temperature Measurement Resolution		$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$		0.125		$^{\circ}\text{C}$
External Temperature Measurement Resolution		$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$		0.125		$^{\circ}\text{C}$
Conversion Time	t_{CONV}	Both internal and external channels			150	ms

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

Electrical Characteristics (continued)

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Remote Diode Source Currents		High level	Not production tested	150		μA	
		Low level		10			
Open-Drain Output Saturation Voltage (ALERT, FF/FS, SHDN, PWM, SDA)	V _{SAT}	I _{OUT} = 4mA		0.4		V	
PWM Clock High Frequency	f _{PWMH}			6.4		MHz	
PWM Clock High Frequency Accuracy				-7	+7	%	
PWM Clock Low Frequency	f _{PWML}			8.3		kHz	
PWM Clock Low Frequency Accuracy				-7	+7	%	
PWM Output High Frequency				25		kHz	
PWM Output High Frequency Accuracy				-7	+7	%	
PWM Output Low Frequency				33		Hz	
PWM Output Low Frequency Accuracy				-7	+7	%	
Fan Counter Clock Frequency	f _{FANC}			100		kHz	
Fan Counter Clock Frequency Accuracy				-7	+7	%	
Fan Full-Scale Count	N _F			65,535			
TACH_ Pulse Counting Accuracy				-7	+7	%	
EEPROM Write Time	t _W	(Note 4)		550		ms	
EEPROM Write Cycles		T _A = +85°C (Note 5)		1000			

Temperature-Sensing Error

($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Internal Temperature Measurement Error		$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$	-2		+2	$^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	-3		+3	$^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	-4		+4	$^\circ\text{C}$
External Temperature Measurement Error		$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $T_D = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	-2		+2	$^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, $T_D = -40^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$	-3		+3	$^\circ\text{C}$
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, $T_D = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	-4		+4	$^\circ\text{C}$

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

I²C AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(3.0V ≤ V_{DD} ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Figure 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	(Note 6)	0.5		400	kHz
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HD:STA}		0.6			μs
Low Period of SCL	t _{LOW}		1.3			μs
High Period of SCL	t _{HIGH}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD:DAT}		0		0.9	μs
Data Setup Time	t _{SU:DAT}		100			ns
START Setup Time	t _{SU:STA}		0.6			μs
SDA and SCL Rise Time	t _R	(Note 7)	20 + 0.1C _B		300	ns
SDA and SCL Fall Time	t _F	(Note 7)	20 + 0.1C _B		300	ns
STOP Setup Time	t _{SU:STO}		0.6			μs
SDA and SCL Capacitive Loading	C _B	(Note 7)			400	pF
Pulse Width of Spike Suppressed	t _{SP}				50	ns
Interface Reset Time	t _{TIMEOUT}	SDA time low (Note 8)	25		45	ms

Note 2: Limits are 100% production tested at T_A = +25°C and T_A = +85°C. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage range are guaranteed by design and characterization. Typical values are not guaranteed..

Note 3: All voltages are referenced to GND.

Note 4: EEPROM write time, t_W, applies to writing all 80 bytes of nonvolatile memory (00h through 4Fh). The time to write each 16-byte block of data is typically 110ms. See the EEPROM LOAD/WRITE register (EEX), register 5Bh for memory block assignments. EEPROM writes begin after a STOP condition occurs.

Note 5: Guaranteed by design.

Note 6: I²C interface timing shown is for fast mode (400kHz) operation. This device is also backward compatible with I²C standard-mode timing.

Note 7: C_B = total capacitance of one bus line in pF. The maximum bus capacitance allowable can vary from this value depending on the actual operating voltage and frequency of the application.

Note 8: The timeout applies only when the MAX31760 is holding SDA low. Other devices can hold SDA low indefinitely and the MAX31760 does not reset the bus.

MAX31760

高精度风扇速度控制器，
带有非易失查找表

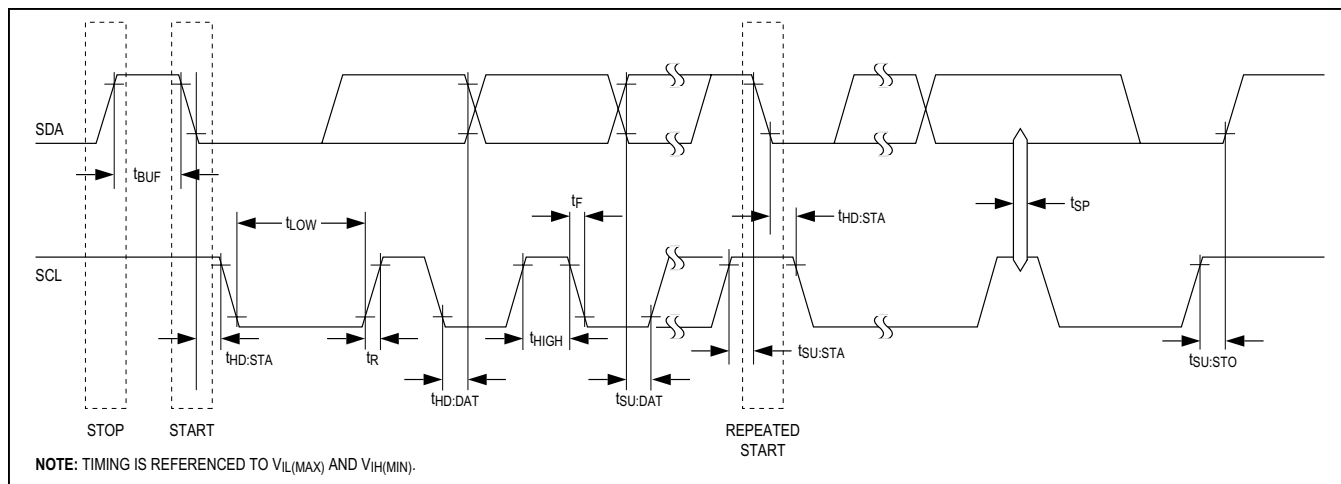
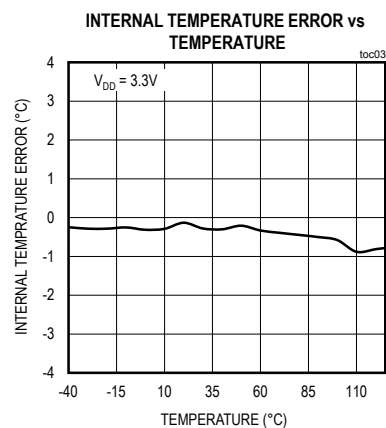
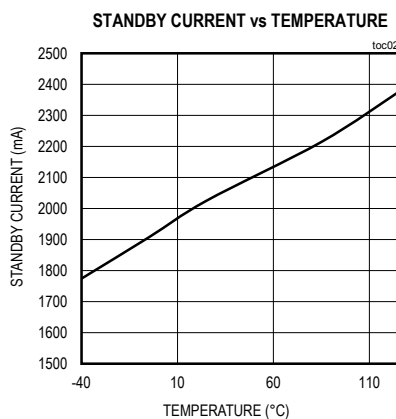
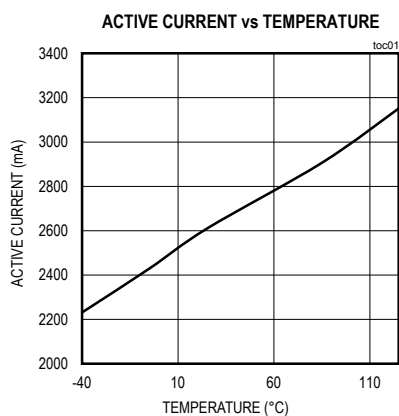


图1. I²C时序图

典型工作特性

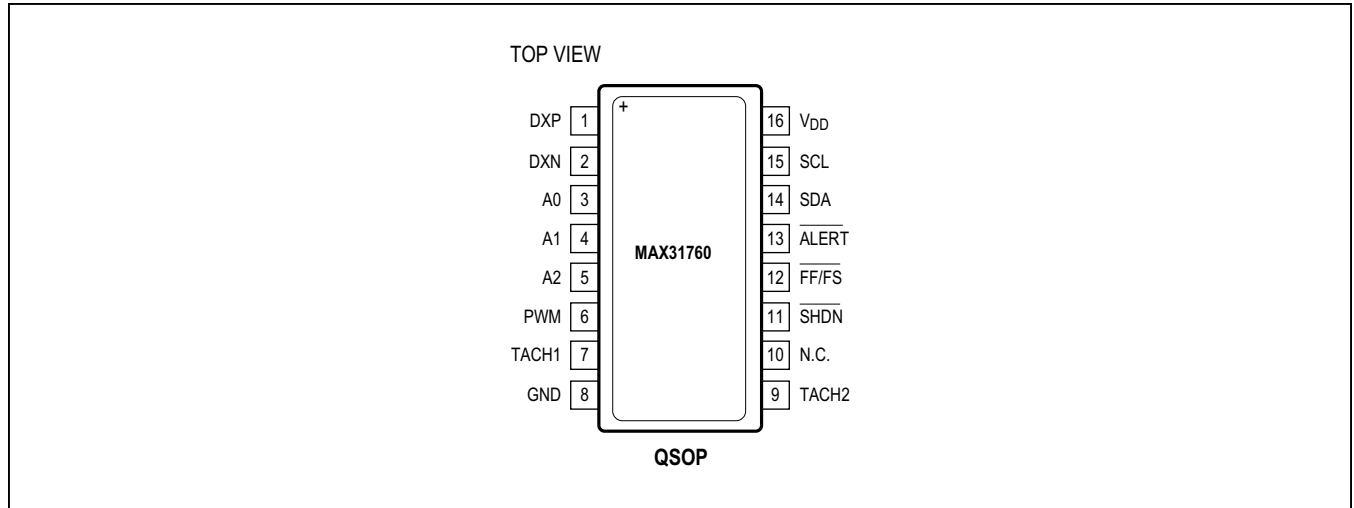
($3.0V \leq V_{DD} \leq 3.6V$, unless otherwise noted.)



MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

引脚配置



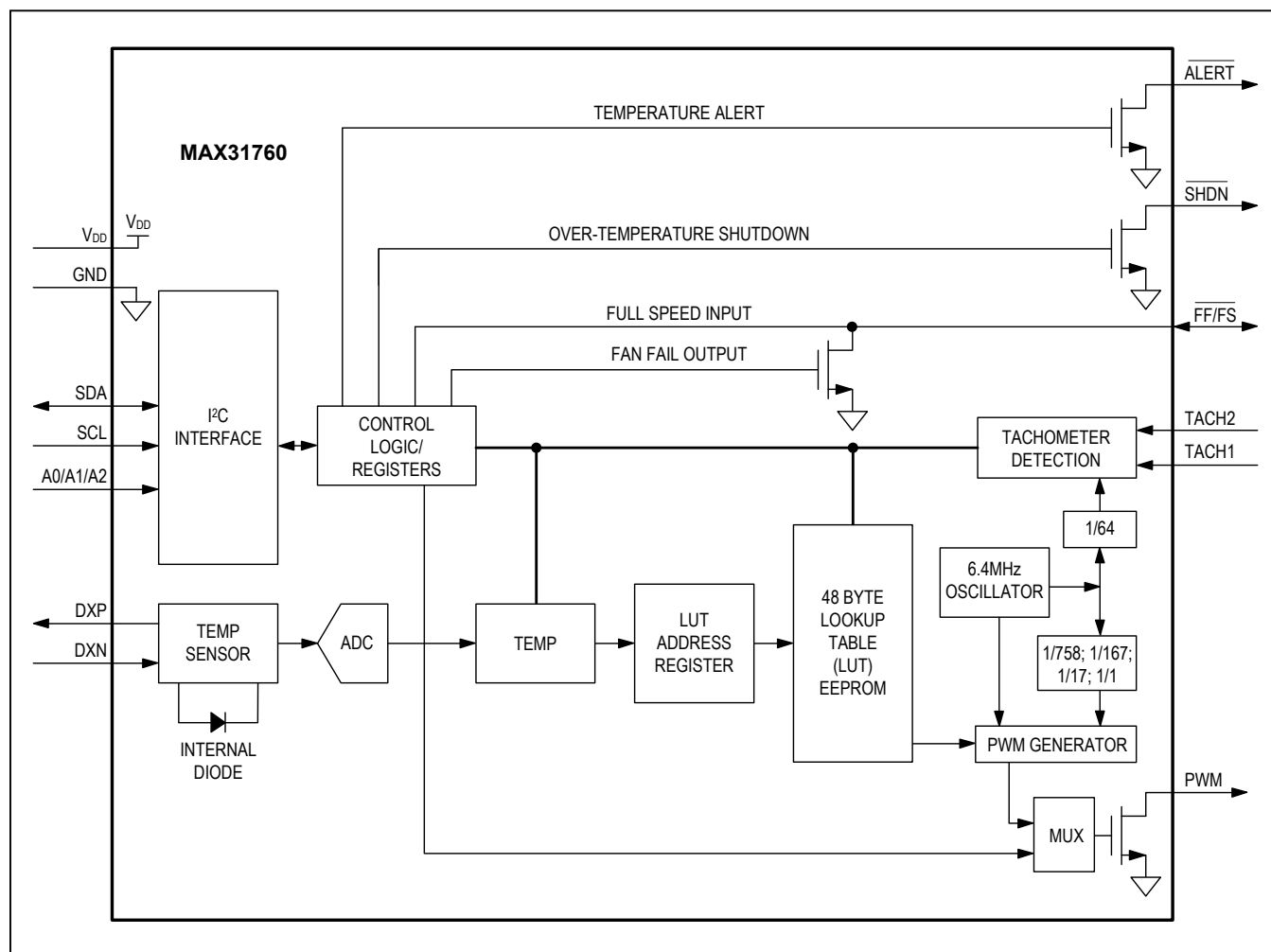
引脚说明

引脚	名称	功能
1	DXP	模拟电流输出/电压输入，连接至远端二极管的阳极。
2	DXN	模拟输入，连接至远端二极管的阴极，请勿连接至地。
3	A0	地址选择输入，决定I ² C从机地址，须连接至V _{DD} 或GND。
4	A1	
5	A2	
6	PWM	PWM输出，用于风扇驱动的开漏输出。该引脚的上电默认状态为高阻态。
7	TACH1	转速计输入1，测量风扇1速度的逻辑输入。
8	GND	接地连接。
9	TACH2	转速计输入2，测量风扇2速度的逻辑输入。
10	N.C.	不连接，无内部连接。
11	SHDN	低电平有效关断输出。开漏输出，用于检测到过热时关断系统。要求上拉电阻。V _{DD} = 0V时为高阻态。
12	FF/FS	低电平有效风扇失效指示输出和全速输入(开漏)。如果检测到风扇失效，器件将该引脚拉低。如果该引脚由外部拉低，则强制风扇全速工作。建议将一个上拉电阻连接至V _{DD} 。
13	ALERT	低电平有效报警输出，漏极开路故障输出。实测温度超过其上限时，触发ALERT。建议将一个上拉电阻连接至V _{DD} 。
14	SDA	串行数据输入/输出，I ² C数据输入/输出。
15	SCL	串行时钟输入，I ² C时钟输入。
16	V _{DD}	电源输入，3.0V至3.6V电压。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

方框图



详细说明

MAX31760是基于查找表的(LUT)高精度PWM风扇控制器。器件高精度测量其内部管芯温度和外部二极管连接晶体管的温度，后者可能是分立式小信号器件(例如2N3906)或CPU、图形处理器单元(GPU)或其它ASIC上的热二极管。根据温度读数，作为48字节查找表(LUT)的索引，查找表包含用户设置的PWM值，从而控制风扇速度。作为LUT索引的温度读数可为本地值、远端值，或者两者中的大值。从LUT中所选的PWM值决定PWM占空比，用于驱动4线、3线或2线风扇。基于LUT的灵活架构支持用户设置平滑的

非线性风扇速度与温度传递函数，将可闻噪声降至最小。所有风扇特性和配置设置可储存在非易失存储器中，在上电时或根据需要装载至工作存储器，允许自动、独立控制风扇速度。

除使用温度测量值确定PWM占空比外，器件也具有多个温度门限，用于热保护。温度门限包括本地高温设置点(LHS)、本地过热设置点(LOTS)、远端高温设置点(RHS)和远端过热设置点(ROTS)。通过I²C兼容接口设置这些门限。如果本地温度超过LHS或远端温度超过RHS，ALERT拉低，表示温度故障状态。

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

如果温度超过LOTS或ROTS， $\overline{\text{SHDN}}$ 拉低，将系统关断，以避免热损坏。

器件具有两个TACH输入引脚TACH1和TACH2，支持4线或3线风扇的转速计输出，因此允许监测两个风扇的RPM以及检测失效。如果风扇产生“转子锁定”或“转动检测器”(RD)信号而非转速计脉冲，TACH1和TACH2可配置为读取RD信号，以及检测风扇是否停止转动。根据TACH引脚输入，器件可检测是否发生风扇故障。如果检测到风扇失效， $\overline{\text{FF/FS}}$ 拉低，将PWM占空比强制为FFDC寄存器(03h)中的值。

温度检测

内部温度传感器测量管芯(本地)温度，器件也测量远端二极管连接晶体管的温度，本地和远端温度检测的分辨率均为0.125°C。温度读数用11位二进制补码字表示，包含10位幅值数据和1个符号位。最低有效位(LSB)第5位的值为0.125°C。温度数据格式为以符号位第15位左对齐。[表1](#)和[表2](#)所示为温度数据寄存器格式。

远端温度读数储存在远端温度寄存器，MSB部分储存在远端温度读数寄存器的高位(RTH)，LSB部分储存在远端温度

读数寄存器的低位(RTL)。本地温度读数储存在本地温度寄存器，MSB部分储存在本地温度读数寄存器的高位(LTH)，LSB部分储存在本地温度读数寄存器的低位(LTL)。

温度检测二极管理想因子修正

二极管理想因子 n_d 对测量外部二极管连接晶体管(或热二极管)的温度非常重要。 n_d 值与工艺有关，随器件不同而不同。如果温度测量算法假设温度检测二极管的理想因子为 n_{ASSUMED} ，但实际值为 n_{REAL} ，那么理想因子不匹配引起的误差为：

$$T_{\text{ERROR}} = T_{\text{MEASURED}} - T_{\text{REAL}} = (n_{\text{REAL}}/n_{\text{ASSUMED}} - 1) \times T_{\text{REAL}}$$

为使用接近实际值的理想因子，器件提供理想因子LUT，表中有64个预设理想因子。通过将理想因子寄存器(IFR)设置为接近所用检测二极管实际理想因子的值，选择检测温度时使用的理想因子值。[表3](#)所示为IFR位映射，[表4](#)所示为理想因子LUT。器件的理想因子工厂默认值为1.008 (位置18h)。

表1. 温度数据格式

TEMPERATURE DATA FORMAT: REMOTE AND LOCAL (°C)															
HIGH REGISTER BITS								LOW REGISTER BITS							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Sign	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0	0	0	0	0

表2. 温度读数示例

TEMPERATURE (°C)	REGISTER VALUES IN BINARY		REGISTER VALUES IN HEX	
	HIGH REGISTER	LOW REGISTER	HIGH REGISTER	LOW REGISTER
+125	0111 1101	0000 0000	7Dh	00h
+85	0101 0101	0000 0000	55h	00h
+25	0001 1001	0000 0000	19h	00h
+1	0000 0001	0000 0000	01h	00h
+0.125	0000 0000	0010 0000	00h	20h
0	0000 0000	0000 0000	00h	00h
-0.125	1111 1111	1110 0000	FFh	E0h
-1	1111 1111	0000 0000	FFh	00h
-25	1110 0111	0000 0000	E7h	00h
-55	1100 1001	0000 0000	C9h	00h

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

表3. 理想因子寄存器(IFR)

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
05h	0	0	IF5	IF4	IF3	IF2	IF1	IF0

表4. 晶体管理想因子寄存器

SELECTION (HEX)	IDEALITY FACTOR		SELECTION (HEX)	IDEALITY FACTOR		SELECTION (HEX)	IDEALITY FACTOR
0x00	0.9844		0x16	1.0060		0x2C	1.0286
0x01	0.9853		0x17	1.0070		0x2D	1.0296
0x02	0.9863		0x18	1.0080		0x2E	1.0307
0x03	0.9873		0x19	1.0090		0x2F	1.0317
0x04	0.9882		0x1A	1.0100		0x30	1.0328
0x05	0.9892		0x1B	1.0110		0x31	1.0338
0x06	0.9902		0x1C	1.0120		0x32	1.0349
0x07	0.9911		0x1D	1.0130		0x33	1.0360
0x08	0.9921		0x1E	1.0141		0x34	1.0370
0x09	0.9931		0x1F	1.0151		0x35	1.0381
0x0A	0.9941		0x20	1.0161		0x36	1.0392
0x0B	0.9950		0x21	1.0171		0x37	1.0402
0x0C	0.9960		0x22	1.0182		0x38	1.0413
0x0D	0.9970		0x23	1.0192		0x39	1.0424
0x0E	0.9980		0x24	1.0202		0x3A	1.0435
0x0F	0.9990		0x25	1.0213		0x3B	1.0445
0x10	1.0000		0x26	1.0223		0x3C	1.0456
0x11	1.0010		0x27	1.0233		0x3D	1.0467
0x12	1.0020		0x28	1.0244		0x3E	1.0478
0x13	1.0030		0x29	1.0254		0x3F	1.0489
0x14	1.0040		0x2A	1.0265		≥0x40	Not Valid
0x15	1.0050		0x2B	1.0275		—	—

表5. 温度门限寄存器

TEMPERATURE THRESHOLDS	REGISTERS	
	HIGH BYTE (MSB)	LOW BYTE (LSB)
Local High Set Point (LHS)	LHSH (0Ch)	LHSL (0Dh)
Remote High Set Point (RHS)	RHSH (06h)	RHSL (07h)
Local Overtemperature Set Point (LOTS)	LOTSH (08h)	LOTSL (09h)
Remote Overtemperature Set Point (ROTS)	ROTSH (0Ah)	ROTSL (0Bh)

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

温度门限

器件具有四个温度门限：本地高温设置点(LHS)、远端高温设置点(RHS)、本地过热设置点(LOTS)和远端过热设置点(ROTS)。这些门限可编程，其数据格式与表1所示的温度读数相同。表5所示为储存可编程温度门限的寄存器。实测温度大于对应高温设置点时，开漏输出ALERT变为有效低电平；实测温度大于对应过热设置点时，SHDN变为有效低电平。

风扇速度控制

PWM风扇速度控制

器件的开漏输出PWM用于同时控制一个或两个风扇。此外，器件可用于控制3线或4线风扇，通过改变PWM占空比控制风扇速度。

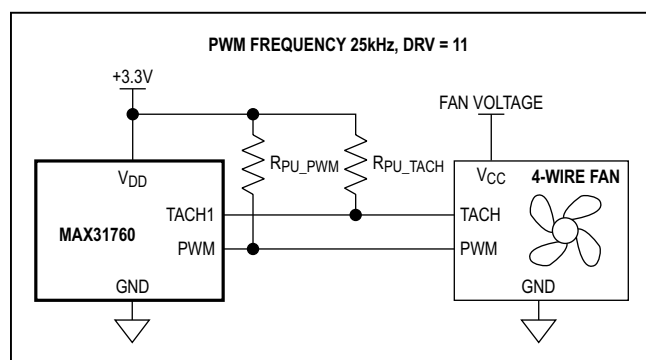


图2a. 使用风扇的PWM输入控制速度(4线)

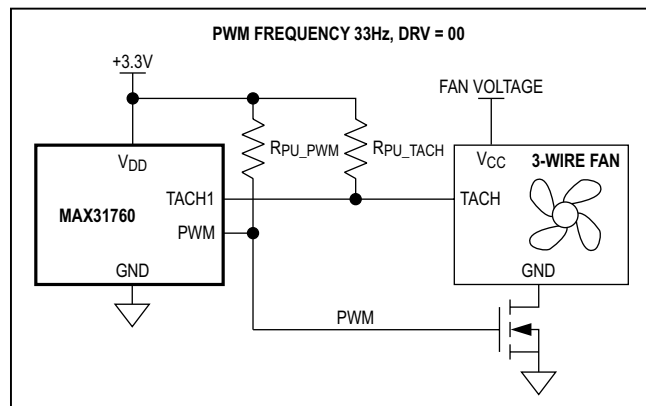


图2b. PWM电源调制(3线风扇)

4线风扇控制

4线风扇有一路输入支持PWM输出的速度控制信号。可用的PWM频率有25kHz、1.5kHz和150Hz。4线风扇应使用25kHz，除非风扇制造商推荐其它频率。请参见图2a。

3线风扇控制

3线风扇没有用于PWM控制的输入，使用PWM输出需要外部电路。驱动3线风扇的常见方式有两种：电源调制和可变直流驱动。电源调制方法中，利用PWM信号调制风扇电源，通过PWM占空比控制风扇速度。该模式下，典型PWM频率为33Hz（见图2b）。驱动3线风扇的另一种方法是使用PWM信号控制可变直流电源，该直流电源连续驱动风扇，实现速度控制。可变直流电源可为开关电源(SMPS)或低成本LDO（例如PQ20RX05/PQ20RX11），其反馈由滤波后的PWM控制（见图2c）。

电源的直接PWM具有一些重要缺陷。首先，电源波形的每个上升沿和下降沿引起风扇的可闻噪声瞬变。第二，采用电源调制技术驱动3线风扇时，转速计信号也被PWM信号调制。在波形的“关断”周期，无TACH信号。如果“导通”周期足够长（相对于TACH周期），可出现四个TACH周期，那么即可测量风扇速度，检测风扇失效；如果“导通”周期太短，可能没有完整的TACH周期，妨碍测量风扇的速度。标称“导通”时间太短（或TACH周期太长）时，测量风扇速度的方法之一是插入延长导通时间（脉冲展宽）的PWM脉冲，以测量四个完整的转速计周期。使能脉冲展宽且PWM极

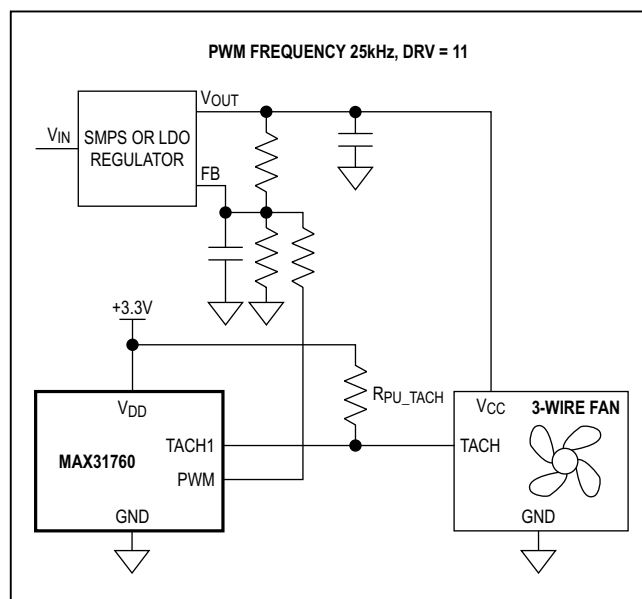


图2c. LDO调节器控制(3线风扇由可变开关电源(SMPS)或LDO调节器控制)

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

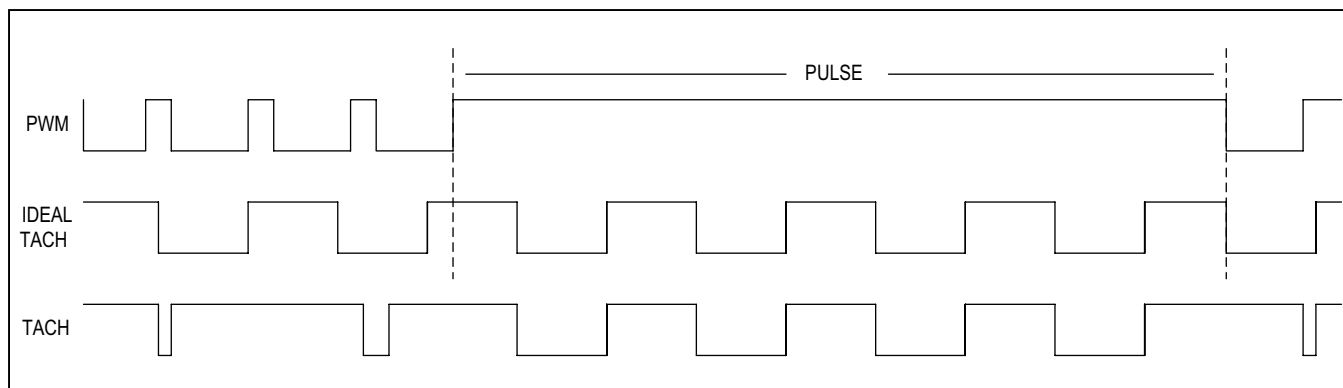


图3. 脉冲展宽，以处理TACH信息

性为正时(由CR1.2选择)，PWM将保持为高电平，直到计数达到四个TACH脉冲。图3所示为脉冲展宽方法。如果在计数四个脉冲之前已经达到完整计数，PWM将跳变为低电平(注意，如果PWM极性为负，展宽的脉冲将为低电平。)；如果可用的TACH周期小于4个，展宽脉冲的标称宽度将等于完整计数： $(65535 \times 4)/100\text{kHz} = 2.62\text{s}$ 。

注意，使能脉冲展宽时，在“正常”PWM脉冲期间(展宽脉冲之间)发生风扇失效检测，但为避免失效检测无效，只在达到4个TACH周期之后检测失效。

PSEN位(脉冲展宽使能：CR3.2)使能脉冲展宽，使能时，大约每12s发生一次展宽脉冲。注意，只有PWM频率为33Hz (DRV = 00)且TACHFULL = 0时，才能使能脉冲展宽。如果DRV ≠ 0或如果TACHFUL = 1，则忽略PSEN位，禁止脉冲展宽。

如果DRV为00，PSEN为0，则无脉冲展宽。在这种条件下，如果PWM宽度足以允许4个TACH脉冲，TACH测量值

有效。风扇速度较高时(例如10,000RPM或更高)，通常是这种情况。

脉冲展宽的另一种替代方法是使用TACHFULL位。如果TACHFULL (CR3.3)置1，只有PWM占空比为100%时，TACH测量值有效；如果占空比不为100%，禁止风扇失效检测。因此，该模式下的风扇失效检测只在部分时间有效(占空比为100%时)，所以风扇失效检测相对较少。

DRV为00、TACHFULL为0、PSEN为1时，在PSEN置1后立即使能脉冲展宽。将下一个脉冲展宽，允许器件获得高精度转速计读数，更新TACH计数寄存器。更新TACHx计数寄存器后，恢复输出正常PWM脉冲。如果PSEN保持为1，每12s在PWM脉冲链中插入一个展宽脉冲，以免可闻噪声太大。如果系统只需要不太频繁的TACH读数，主机可在需要更新TACH时将PSEN置1；之后，主机可将PSEN清零，从而禁止脉冲展宽，这样有助于将脉冲展宽引起的可闻噪声降至最小。

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

表6. 温度索引源

MTI (CR1.1)	TIS (CR1.0)	TEMPERATURE INDEX SOURCE
0	0	Local temperature is used as the index.
0	1	Remote temperature is used as the index (factory default setting).
1	X	The maximum of the local temperature and the remote temperature is used as the index.

表7. 48级I²C可编程LUT映射

REGISTER	NAME	ADDRESS (HEX)
LUT0	PWM value for $T < +18^{\circ}\text{C}$	20h
LUT1	PWM value for $+18^{\circ}\text{C} \leq T < +20^{\circ}\text{C}$	21h
LUT2	PWM value for $+20^{\circ}\text{C} \leq T < +22^{\circ}\text{C}$	22h
...	...	...
LUT45	PWM value for $+106^{\circ}\text{C} \leq T < +108^{\circ}\text{C}$	4Dh
LUT46	PWM value for $+108^{\circ}\text{C} \leq T < +110^{\circ}\text{C}$	4Eh
LUT47	PWM value for $T \geq +110^{\circ}\text{C}$	4Fh

PWM频率为33Hz，占空比为0%或向0%减小时，禁止风扇失效检测。同样，当PWM为频率为33Hz时，FF_0位功能(CR3.6)无效。

可变直流控制

由于脉冲展宽会造成风扇速度增加，以响应较长脉冲，这进一步增大与电源PWM相关的可闻噪声水平。相比之下，可变直流驱动方法使风扇连续打开，所以转速计信号不变。[图2c](#)所示即为这种方法，采用线性或开关节流器。

PWM极性

使用PPS位(PWM极性：CR1.2)设置PWM输出的有效电平：PPS为0时，100% PWM输出为高电平；PPS为1时，100% PWM输出为低电平。

基于LUT的自动风扇速度控制

器件使用48字节LUT将实测温度映射至相应的PWM占空比，后者控制风扇速度。本地温度、远端温度，或者两者中的大值，可用作LUT索引。控制位TIS (温度索引源：CR1.0)和MTI (最大温度作为索引：CR1.1)决定索引源。[表6](#)所示为控制位值及对应的温度源。

TIS位的工厂默认值为1，MTI位的默认值为0。通过I²C兼容接口设置LUT中的PWM占空比值。[表7](#)所示为48字节LUT。

LUT滞回

器件提供可编程LUT滞回，以防实测温度介于两个窗口边界时造成占空比交替使用两个值。[图4](#)所示为LUT滞回，[表8](#)所示为HYST (LUT滞回：CR1.5)控制位功能。

设置PWM频率和占空比

大部分4线风扇应用中，根据大部分制造商的建议将PWM频率设置为25kHz (如果风扇要求，可使用150Hz和1500Hz频率)。内部6.4MHz PWM时钟产生PWM脉冲。PWM占空比分辨率为1/256，LUT中的PWM占空比寄存器或存储器位置50h的直接占空比控制寄存器(PWMR)可用8位值表示任何占空比。

$$\text{PWM_Resolution} = 1/256$$

$$\text{PWM_Duty_Cycle} = \text{PWM_Resolution} \times \text{PWM_Register_Value} \times 100$$

[表9](#)所示为寄存器值及其对应占空比的一些例子。

对于1500Hz、150Hz或33Hz PWM，PWM时钟频率被17、167或758分频，产生正确的PWM频率，同时保证8位占空比分辨率。[表10](#)为常见风扇类型及驱动方法汇总。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

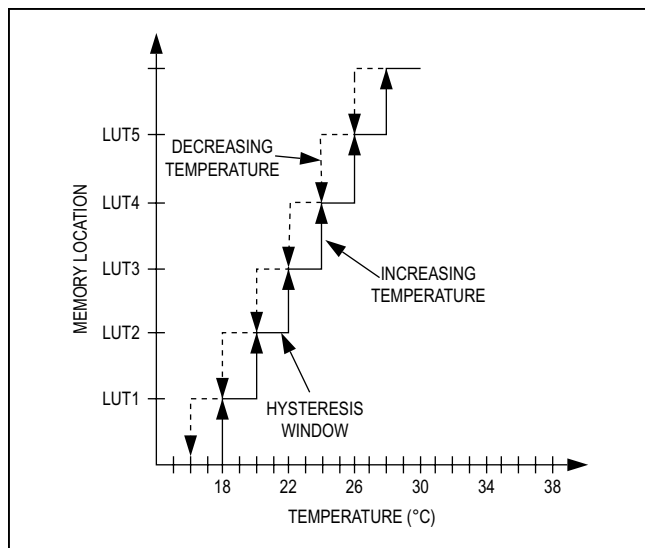


图4. LUT滞回; HYST位(CR1.5) = 0

表8. HYST位滞回

HYST (CR1.5)	HYSTERESIS (°C)
0	2
1	4

表9. PWM占空比和寄存器值(PWMR, 寄存器 50h)

REGISTER VALUE (HEX)	PWM DUTY CYCLE (%)
00h	0.00
01h	0.39
02h	0.78
...	...
FDh	98.83
FEh	99.22
FFh	Forced to 100.00

表10. 风扇类型和驱动模式

FAN CONTROL METHOD	PWM FREQUENCY	PWM CLOCK FREQUENCY	DUTY-CYCLE RESOLUTION	FAN SUPPLY VOLTAGE	TACHOMETER SIGNAL	CONTROL BITS
4-wire fan	25kHz, 1.5kHz, 150Hz	6.4MHz, 376.47kHz, 38.32kHz	1/256	Constant magnitude	Standard	DRV = 01, 10, or 11, PSEN = don't care TACHFULL=0
3-wire fan driven by variable DC supply	25kHz	6.4MHz	1/256	Variable magnitude	Standard as long as the fan supply voltage is greater than the minimum value for the fan's internal circuitry.	DRV = 11, PSEN = don't care TACHFULL=0
3-wire fan driven by supply modulation (pulse stretching enabled)	33Hz	8.3kHz	1/256	Pulse-width modulated (can create audible noise)	Modulated by PWM. Measured during periodic stretched PWM pulses. Stretched pulses may cause audible artifacts with some fans.	DRV = 00, PSEN = 1 TACHFULL=0
3-wire fan driven by supply modulation (pulse stretching disabled)	33Hz	8.3kHz	1/256	Pulse-width modulated	Modulated by PWM. Measured only when duty cycle is 100%.	DRV = 00, PSEN = 0 TACHFULL=1

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

直接(“手动”)风扇速度控制

如果需要，可屏蔽LUT，主机通过向PWMR (寄存器50h) 写PWM占空比值直接控制风扇速度，[表9](#)所示为PWMR值与PWM占空比的关系。

为激活直接风扇速度控制(即禁止LUT功能)，将控制位DFC (直接风扇控制，CR2.0)置1，然后将相应的PWM占空比值写至PWMR寄存器。如果将DFC清零，则禁止直接风扇控制，自动选择LUT，根据实测温度值控制风扇速度。

PWM占空比缓变率

为确保风扇速度随温度及PWM占空比变化引起的噪声降至最小，器件按照所选速率改变输出PWM占空比(由控制寄存器3的RAMP0和RAMP1位决定)，将风扇可闻噪声增大或减小的速率降至最小([表11](#))。该缓变率适用于基于LUT的风扇速度控制和直接风扇速度控制。

PWM占空比始终向LUT确定的目标值缓变。例如，如果温度升高至+30°C，占空比则开始向LUT中对应于+30°C的值(D30)缓变。如果温度在占空比达到D30之前下降至+24°C，现在的目标占空比为D24，占空比则开始向D24变化(+24°C LUT寄存器对应的占空比设置)。

缓变期间，实际输出PWM占空比不同于目标值。PWMV寄存器储存PWM占空比设置的当前值。读PWMV (寄存器51h)获得当前PWM占空比。

风扇起转

有些风扇不能从停止条件下可靠地开始转动，除非用接近100%的占空比(或电压，3线风扇即如此)驱动。为克服这一问题，可使能可选的风扇起转功能，可靠地启动风扇。起转功能通过短时间提供100%驱动，克服风扇的惯性。如果使能起转功能，将所选占空比从零改变至非零值，使PWM占空比立即变为100%，直到满足以下条件之一，以先到者为准：

- 经过2s超时时间，或者
- 在每路使能TACH输入检测到两个转速计脉冲

经过起转周期之后，PWM占空比恢复为LUT决定的值或PWMR寄存器值，取决于DFC位(直接风扇控制：CR2.0)的状态。如果禁止起转功能，PWM占空比始终由LUT输出或直接风扇控制寄存器决定，取决于DFC位的状态。SPEN位(起转使能：CR2.5)置1时，使能风扇起转。

表11. PWM占空比缓变率

RAMP1	RAMP0	PWM ADJUST RAMP RATE SELECT	PWM DUTY-CYCLE CHANGE ALLOWED PER SECOND (%)
0	0	Slow (default)	3.125
0	1	Slow-Medium	6.25
1	0	Medium-Fast	12.5
1	1	Fast	Immediate

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

转速计输入

器件具有两个TACH输入引脚TACH1和TACH2，支持两个独立风扇的转速计信号。转速计信号通常为开漏输出，所以TACH1和TACH2引脚需要外部上拉电阻。根据需要监测的风扇数量，可禁止TACH1、TACH2或两者。转速计使能位TACH1E (CR3.0)和TACH2E (CR3.1)分别控制TACH1和TACH2的使能/禁止。为使能风扇监测输入，将对应使能/禁止位置1。两路TACH输入的工厂默认值为使能。

可利用TACH计数寄存器的值确定每个风扇的速度。内部风扇计数器时钟频率为100kHz。为抵消机械容限的影响，器件对四个转速计脉冲期间的风扇计数器时钟周期数量进行计数，得到的平均转速计脉冲数储存在2字节TACH计数寄存器。表12所示为寄存器定义。

如果TCxH中的十进制值为{TCxH}，TCxL中的十进制值为{TCxL}，其中x = 1或2，风扇的RPM则可计算为：

$$\text{Fan_RPM} = 60 \times 100,000 / (\{TCxH\} \times 256 + \{TCxL\}) / n$$

式中，n为转速计每转产生的脉冲数。

为检测失效，在2字节TACH计数门限寄存器(TCTH和TCTL)中写TACH计数故障门限值。TACH_Count寄存器对中的值高于门限寄存器对中的值时，或者发生上溢时，则认为风扇速度低于门限，在状态寄存器中以及用FF_FS输出(如果未屏蔽)指示风扇失效。风扇启动的前2s，禁止风扇失效检测，无论是否使能起转。2s之后，使能风扇失效检测，以确保可靠地监测风扇。PWM占空比为零或正在向零减小时，禁止风扇失效检测。

对电源调制驱动3线风扇的转速计输出进行计数时，必须谨慎，更多信息请参见PWM风扇速度控制部分。

有些3线风扇提供“转动检测”(RD)或“转子锁定”信号，指示风扇是否转动。FSST位(风扇检测信号类型：CR2.1)置1时，TACH1和TACH2配置为支持RD信号而非TACH信号。RD信号的极性可选。如果RDPS位(转动检测信号极性选择：CR2.2)置1，器件将高电平RD信号作为风扇旋转指示；如果RDPS位清0，器件将低电平RD信号作为风扇旋转指示。如果TACH1或TACH2的RD信号指示风扇停止转动，则检测到风扇失效错误，CR3的第6位清0且PWM占空比为零或缓降目标值为0时除外。

连续检测到三次风扇失效错误时(更多信息见故障队列部分)，FF_FS变为有效低电平，强制PWM输出占空比为寄存器03h的值。只要TACH输入使能，则仍然监测TACH信号，如果风扇速度恢复为正确值，则恢复正常工作。

温度报警输出(ALERT)

器件具有开漏ALERT输出，用于指示实测温度已超过温度门限，可用作失效指示或中断输出。失效指示(比较器)模式下，当本地温度超过LHS或远端温度超过RHS时，ALERT变为有效低电平；当温度恢复到正常范围时，ALERT变为无效。本地高温和远端高温报警具有1°C滞回。为设置失效指示模式，将控制位ALERTS (ALERT功能选择：CR2.6)置1。

ALERT输出也可配置为中断输出；该模式下，当本地温度超过LHS或远端温度超过RHS时，输出变为有效低电平。即使错误条件不再存在，ALERT输出也保持为有效电平，直到被清除。该模式下，如果LHA或RHA置位，读取状态寄存器(SR，存储器地址5Ah)将置位报警屏蔽位(ALTMSK - CR1.7)。这防止进一步触发ALERT，直到主机在中断服务程序末尾通过向ALTMSK位(CR1.7)写0将条件清除。

表12. TACH计数地址

REGISTER	MSB	ADDRESS	LSB	ADDRESS
TACH1 Count (High/Low)	TC1H	52h	TC1L	53h
TACH2 Count (High/Low)	TC2H	54h	TC2L	55h

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

LHA和RHA被主机的读命令清零，如果触发条件仍然存在，则在下次转换结束时重新触发。为将 $\overline{\text{ALERT}}$ 用作中断输出，必须将控制位ALERTS (CR2.6)写0，这也是工厂默认状态。以下序列所示为将 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出引脚用作中断标识的系统响应：

- 1) 主机检测到 $\overline{\text{ALERT}}$ 为低电平。
- 2) 主机读取器件SR寄存器，以确定 $\overline{\text{ALERT}}$ 的触发源。
- 3) 器件清零LHA、RHA、LOTA和ROTA，将 $\overline{\text{ALERT}}$ 输出引脚复位为高阻态，将报警屏蔽位(CR1.7)置1，阻止新故障触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 。
- 4) 主机处理触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 的条件，例如风扇启动、调节设置点限值等。
- 5) 主机向CR1中的ALTMASK位写0，复位中断。

过热关断($\overline{\text{SHDN}}$)

如果本地温度超过LOTS或远端温度超过ROTS，将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚拉低。如果本地温度超过LOTS，将LOTA位(SR.4)置1；如果远端温度超过ROTS，将ROTA位(SR.2)置1。 $\overline{\text{SHDN}}$ 通过关断系统，以防止热损害，过热检测具有10°C滞回。远端温度下降至或小于ROTS值以下10°C时，ROTA位复位， $\overline{\text{SHDN}}$ 输出变为无效(恢复为高阻态)。本地过热检测也具有相同的滞回。读取状态寄存器不影响 $\overline{\text{SHDN}}$ 输出或状态位ROTA和LOTA。

风扇失效指示输出和全速输入($\overline{\text{FF/FS}}$)

$\overline{\text{FF/FS}}$ 是风扇失效指示开漏输出与全速输入的组合。器件支持两种类型的风扇失效检测，取决于风扇输出的信号类型。如果风扇具有旋转时产生脉冲的转速计输出(通常2个脉冲每转)，通过确定TACH脉冲检测失效；如果风扇具有失效检测输出(通常称为“转子锁定”输出)，通过检测该输出的状态确定失效。失效检测类型由FSST位(CR2.1)选择。

如果风扇具有转速计输出，选择FSST = 0。大多数转速计输出提供两个方波脉冲每转。通过计算四个转速计周期期

间的内部时钟周期数，确定风扇转速。为检测失效，在2字节TACH计数门限寄存器(TCTH和TCTL)中写TACH计数故障门限值。TACH_Count计数寄存器对中的值高于门限寄存器对中的值时，或者发生上溢时，则认为风扇速度低于门限，发生风扇故障错误。连续三次检测到该错误将触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 输出。

如果风扇具有转动检测(或“转子锁定”)输出，选择FSST = 1。如果风扇在工作时的转动检测输出为高电平，将RDPS位(CR2.2)置1。风扇失效将导致输出变为低电平，驱动TACH输入为低电平，从而检测到风扇失效。如果连续三次检测到输出为低电平，触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 输出。如果风扇在工作时的转动检测输出为低电平，将RDPS位清0，从而在TACH输入为高电平时检测到风扇失效。

无论哪种信号类型，必须连续检测到三次失效，才触发失效输出。

如果TACH报警未被报警屏蔽寄存器中的0:1位屏蔽，检测到风扇失效时，风扇失效检测功能触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 输出为低电平。立即强制PWM占空比为FFDC寄存器(03h)的值。

许多4线风扇在PWM占空比为零时停止旋转。如果使用此类风扇，将FF_0位(CR3.6)清0：PWM占空比为零或正在向零减小时，禁止风扇失效检测；风扇将要停止时，禁止检测风扇失效。

有些4线风扇的设计为PWM占空比为零时继续旋转。如果使用此类风扇，将FF_0位(CR3.6)置1：占空比为任何值时均使能风扇失效检测。

对于采用PWM调制电源工作的3线风扇，占空比为零时停止工作。因此，如果PWM频率设置为33Hz，PWM占空比为零或正在向零减小时，禁止风扇失效检测。

FF模式位(CR2.4)选择 $\overline{\text{FF/FS}}$ 输出工作在比较器模式还是中断模式。

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

比较器模式下，在检测到失效时触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ ，随后风扇又开始旋转时清除触发。如果风扇再次开始旋转，状态位将保持置位。向CLR_FAIL位(CR3.7)写1，将清零风扇失效状态位(TACH1A和TACH2A)。如果随后检测到风扇失效，将再次对这些位置位。CR3.7为自清除位。中断模式下，检测到失效时触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 并保持有效，直到通过向CLR_FAIL位写1将状态位清零。无论哪种模式，可通过禁止TACH输入将 $\overline{\text{FF/FS}}$ 和失效状态清除。

如果 $\overline{\text{FF/FS}}$ 由其它器件通过外部拉低，并且FS_ENABLE位(CR2.3)置1，强制PWM占空比为100%。这种特性的应用之一是两片器件的 $\overline{\text{FF/FS}}$ 引脚连接在一起。如果一片器件检测到风扇失效并触发其 $\overline{\text{FF/FS}}$ 引脚，也将另一片器件的 $\overline{\text{FF/FS}}$ 引脚拉低，因此强制其PWM占空比为100%，以补偿风扇失效引起的制冷损失。

故障队列

器件具有“故障队列”，以免错误报警。为触发故障输出(ALERT、 $\overline{\text{FF/FS}}$ 或SHDN)，必须连续发生三次故障。故障源包括温度读数超限和风扇失效。

表13. 可用I²C地址

A2	A1	A0	SLAVE ADDRESS (HEX)
0	0	0	A0h
0	0	1	A2h
0	1	0	A4h
0	1	1	A6h
1	0	0	A8h
1	0	1	AAh
1	1	0	ACH
1	1	1	AEnh

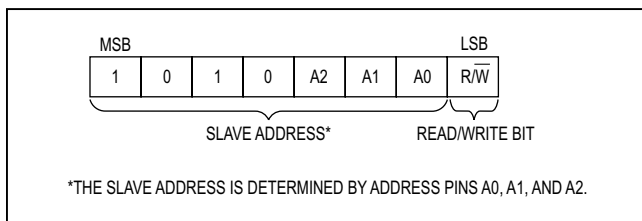


图5. I²C从机地址字节

待机模式

器件具有待机模式，以降低功耗。待机模式下，停止温度检测、转速计脉冲计数和PWM输出。待机期间，I²C接口保持工作状态。将STBY位(待机模式使能: CR2.7)置1时，使能待机模式。

I²C串行接口说明

I²C定义

下列术语常用于I²C数据传输说明。更多信息请参见I²C时序图(图1)和I²C AC Electrical Characteristics表。

主机器件：主机器件用于控制总线上的从机器件。主机器件产生SCL时钟脉冲以及START和STOP条件。

从机器件：从器件按照主机请求发送和接收数据。

总线空闲或非忙：STOP和START条件之间、SDA和SCL均无效且处于逻辑高状态。STOP条件是将总线返回空闲状态的正确方法。

START条件：START条件由主机产生，以启动与从机的数据传输。当SCL保持为高电平时，SDA由高电平到低电平的跳变产生START条件。

STOP条件：STOP条件由主机产生，以结束与从机的数据传输。当SCL保持为高电平时，SDA由低电平到高电平的跳变产生STOP条件。

重复START条件：在一次数据传输结束后，主机可以采用重复START条件指示在当前数据传输后将立即启动一次新的数据传输。读操作期间，重复START条件通常表示对一个特定存储地址启动一次数据传输。重复START条件的产生方式与常规START条件完全相同。

写位：SDA的跳变只能发生在SCL为低电平期间。在整个SCL脉冲为高电平以及所要求的建立、保持时间内，SDA上的数据必须保持有效且不变。在SCL的上升沿将数据移入器件。

读位：写操作结束后，主机应在读位期间释放SDA总线，并在SCL的下一个上升沿之前保持适当的建立时间。在前一个SCL脉冲的下降沿，器件通过SDA逐位移出数据，数据位在当前SCL脉冲的上升沿有效。

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

注意，由主机产生所有SCL时钟，包括从从机读取数据位的时钟。

应答(ACK和NACK)：应答(ACK)或非应答(NACK)总是在字节传输的第9位发送。接收数据的器件(读操作期间的主机或写操作期间的从机)在第9位发送0，进行ACK应答；器件在第9位期间发送1(通过释放SDA完成)，以NACK响应。ACK和NACK的时序(见图1)与其它位的写操作相同。ACK表示器件已经正确接收到数据；NACK用于终止读过程或表示器件没有收到数据。

写字节：写字节操作包括主机传送到从机的8位信息(MSB在前)和从机发送给主机的1位应答。主机按照写位定义完成8位数据的发送，按照读位定义读取应答。

读字节：读字节操作是从机发送到主机器件的8位信息和主机发送到从机的1位ACK或NACK。主机按照读位定义读

取从机发送到主机的8位信息(MSB在前)，按照写位定义主机发送ACK，以继续接收其它数据字节。主机应在读取最后一个字节后发送NACK，终止通信，使从机将SDA的控制权交还给主机。

从地址字节：I²C总线上的每个从器件响应START条件之后紧跟的从器件地址。从地址字节包括：从地址(7位MSB)和R/W位(最低有效位)。

如图5所示，地址引脚A0、A1和A2的状态决定器件的从机地址。地址引脚连接至GND时，从机地址对应位为0；相反，地址引脚连接至V_{DD}时，对应位为1。表13所示为8个可选的I²C地址。

R/W位为0时(例如A0h中)，主机表示向从机写数据；R/W为1时(本例中为A1h)，主机表示从从机读取数据。

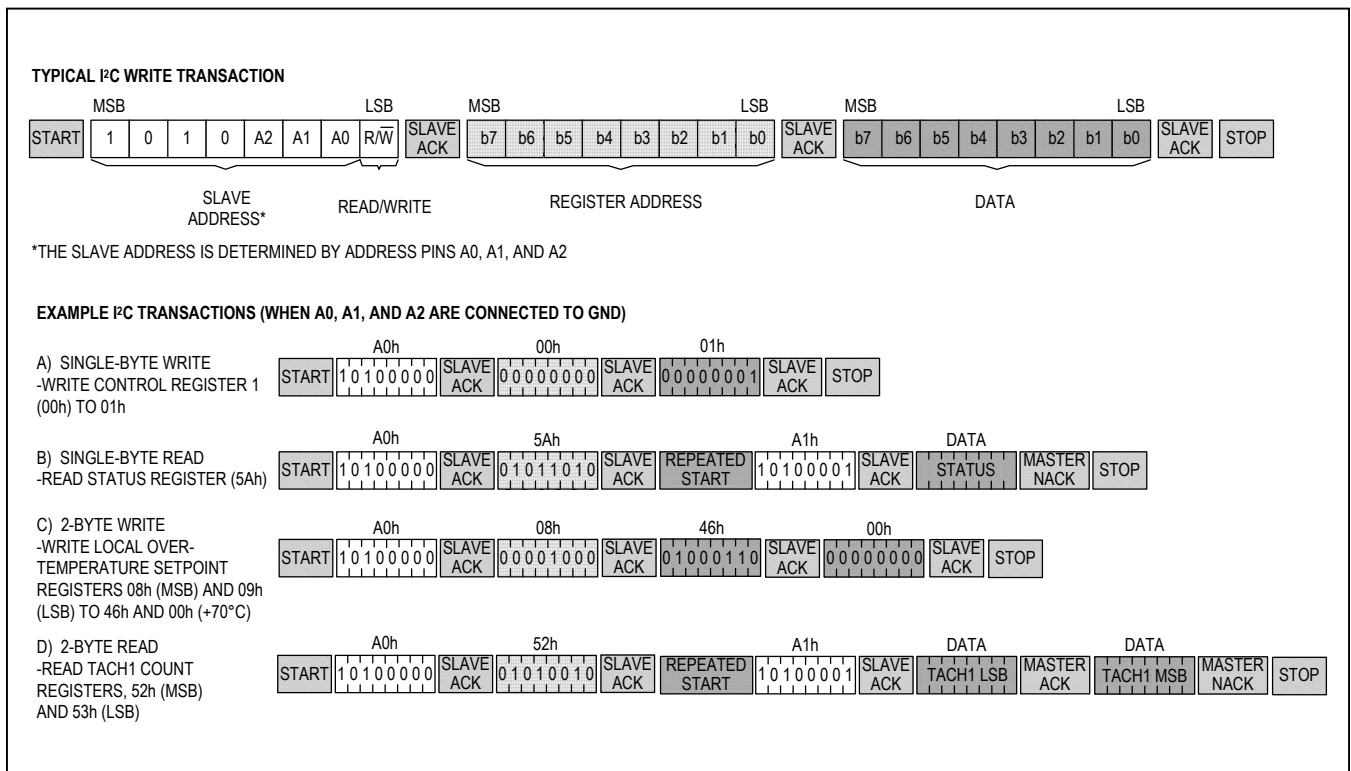


图6. I²C通信示例

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

如果写入错误(不匹配)的从机地址，器件将判定主机与其它I²C器件通信，并在下一次发送START条件之前忽略通信操作。

存储器地址：在向器件进行I²C写操作期间，主机必须发送一个存储器地址，以识别从机存储数据的存储器位置。存储器地址总是写操作期间发送的第二个字节，紧跟从地址字节。

I²C通信

图6所示为I²C通信示例。

向从机写单个字节：主机必须产生START条件、写从地址字节($R/\overline{W} = 0$)、写存储器地址、写数据字节，并产生STOP条件。主机必须在整个字节写操作期间读取从机发送的应答位。

向从机写多个字节：为了向从机写入多个字节，主机应产生START条件、写从机地址字节($R/\overline{W} = 0$)、写存储器地址、写入最多8个数据字节并产生STOP条件。器件在单次写传输过程中可以写入1至8个字节(一页或一行)。该过程由内部地址计数器控制，在发送每个数据字节之前无需发送存储器地址即可将数据连续写入后续地址。地址计数器将写操作限制在1个8字节页(存储页的一行)。如果在两页之间没有发送STOP条件，即尝试写入其它存储页，这将会导致地址计数器溢出并返回到当前行的起始点。

例如：从地址06h开始进行3个字节的写操作，将向3个“连续”地址写入3个数据字节(11h、22h和33h)。最终，地址06h和07h将分别包含11h和22h，而第三个数据字节33h将写入地址00h。

为避免产生溢出，主机应在存储器页的最后发送STOP条件，然后等待总线空闲或经过EEPROM写操作时间。随后，主机可以发送新的START条件，并在写下一个数据之前写入从机地址字节($R/\overline{W} = 0$)和下一行存储器的第一个存储地址。

应答轮询：任何时间对EEPROM字节进行写操作时，器件需要在STOP条件之后保留EEPROM写时间(t_W)，以便将存储器字节的内容写入EEPROM。EEPROM写操作期间，

器件由于处于忙状态不会应答其从地址。可以利用这一优势对器件进行重复寻址，在器件准备好时继续通信。应答轮询的替代方法是：在下次尝试访问器件之前等待最大周期 t_W 。

写EEPROM或从EEPROM装载：POR时以及根据命令，将EEPROM的内容装载至对应的控制寄存器。通过向EEX寄存器(5Bh)的第7位以及对应于被装载寄存器范围的位写1，启动从EEPROM装载。为写EEPROM，向第7位以及对应于被写寄存器范围的位写0。EEX位始终自动清零。

EEPROM损坏和恢复：利用EEX寄存器(5Bh)，可将RAM写至EEPROM。如果MAX31760的电源在EEPROM写操作期间中断，写至EEPROM的数据可能损坏。MAX31760可检测是否发生这种损坏，并将程序损坏位(状态寄存器的第7位；5Ah)置1，表示检测到EEPROM损坏。

为恢复数据，确保RAM中存在预期数据，然后利用EEX寄存器(5Bh)执行EEPROM写操作；写操作期间，确保电源稳定。完成之后，关断MAX31760然后再打开，或者设置软件POR位(CR1的第6位；寄存器00h)。电源关断在打开后，读程序损坏位，确认其返回0值，表示已正确存储EEPROM。

从从机读单个字节：与写操作中利用指定存储器地址字节定义数据写入位置不同，读操作地址对应于存储器地址计数器的当前值。为了从从机读取单个字节，主机必须产生START条件、写从地址字节($R/\overline{W} = 1$)、读数据字节并发送NACK表示传输结束，然后产生STOP条件。然而，由于实际应用中无法要求主控器件跟踪存储器地址计数器，所以应采用以下方法从指定的存储器位置执行读操作。

读操作时修改地址计数器：可以采用空写操作将地址计数器(或指针)指向一个特定位置。为此，主机可以产生一个START条件，写从机地址字节($R/\overline{W} = 0$)，写入需要读取数据的存储器地址，产生一次重复START条件，写从机地址字节($R/\overline{W} = 1$)，并以ACK或NACK响应读取的数据，最后发送STOP条件。主机必须在读取最后一个字节后发送NACK，向从机表示无更多字节可供读取。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

从从机读多个字节：可利用读操作通过单次传输读取多个字节。从从机读取字节时，如果主机在结束传输之前需要读取另一个字节，只需简单地用ACK应答数据字节。主机

读取最后字节后，必须发送NACK，表示结束传输，然后产生STOP条件。

寄存器存储器映射

ADDRESS	READ/WRITE	NAME	LOADED FROM EEPROM AT POR?	FACTORY DEFAULT	FUNCTION
00h	Read/Write	CR1	Yes	01h	Control Register 1
01h	Read/Write	CR2	Yes	10h	Control Register 2
02h	Read/Write	CR3	Yes	03h	Control Register 3
03h	Read/Write	FFDC	Yes	FFh	Fan Fault Duty Cycle
04h	Read/Write	MASK	Yes	C0h	Alert Mask Register
05h	Read/Write	IFR	Yes	18h	Ideality Factor Register
06h	Read/Write	RHSH	Yes	55h	Remote High Set-point MSB
07h	Read/Write	RHSL	Yes	00h	Remote High Set-point LSB
08h	Read/Write	LOTSH	Yes	55h	Local Overtemperature Set-point MSB
09h	Read/Write	LOTSL	Yes	00h	Local Overtemperature Set-point LSB
0Ah	Read/Write	ROTSH	Yes	6Eh	Remote Overtemperature Set-point MSB
0Bh	Read/Write	ROTSL	Yes	00h	Remote Overtemperature Set-point LSB
0Ch	Read/Write	LHSH	Yes	46h	Local High Set-point MSB
0Dh	Read/Write	LHSL	Yes	00h	Local High Set-point LSB
0Eh	Read/Write	TCTH	Yes	FFh	TACH Count Threshold Register, MSB
0Fh	Read/Write	TCTL	Yes	FEh	TACH Count Threshold Register, LSB
10h–17h	Read/Write	USER	Yes	00h	8 Bytes of General-Purpose User Memory
20h–4Fh	Read/Write	LUT	Yes	FFh	48-Byte Lookup Table (LUT)
50h	Read/Write	PWMR	No	00h	Direct Duty-Cycle Control Register
51h	Read Only	PWMV	No	00h	Current PWM Duty-Cycle Register
52h	Read Only	TC1H	No	00h	TACH1 Count Register, MSB
53h	Read Only	TC1L	No	00h	TACH1 Count Register, LSB
54h	Read Only	TC2H	No	00h	TACH2 Count Register, MSB
55h	Read Only	TC2L	No	00h	TACH2 Count Register, LSB
56h	Read Only	RTH	No	00h	Remote Temperature Reading Register, MSB
57h	Read Only	RTL	No	00h	Remote Temperature Reading Register, LSB
58h	Read Only	LTH	No	00h	Local Temperature Reading Register, MSB
59h	Read Only	LTL	No	00h	Local Temperature Reading Register, LSB
5Ah	Read Only	SR	No	00h	Status Register
5Bh	Write Only	EEX	No	00h	Load EEPROM to RAM; Write RAM to EEPROM

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器00h：控制寄存器(CR1)

工厂默认值：01h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问		R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
00h		ALTMSK	POR	HYST	DRV	DRV	PPS	MTI	TIS
		BIT 7						BIT 0	

位	名称	说明
7	ALTMSK	报警屏蔽。 0 = 使能温度报警。 1 = 屏蔽温度报警。
6	POR	软件POR。将MAX31760恢复为POR状态。将EEPROM数据装载至EEPROM备份寄存器，将其它全部寄存器恢复为其默认状态。置1时，忽略其它所有位。自清除为0。
5	HYST	查找表滞回。 0 = 2°C (默认值) 1 = 4°C
4:3	DRV	PWM频率 00 = 33Hz 01 = 150Hz 10 = 1500Hz 11 = 25kHz 默认值为00。
2	PPS	PWM极性 0 = 正(100% 设置为高电平)(默认值) 1 = 负(100% 设置为低电平)
1	MTI	索引的最大温度。 0 = 温度索引由TIS (CR1.0)确定(默认值)。 1 = 温度索引为本地和远端温度中的大值。
0	TIS	温度索引源。 0 = 本地温度用作LUT索引。 1 = 远端温度用作LUT索引(默认值)。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器01h：控制寄存器2 (CR2)

工厂默认值：10h
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
01h	STBY	ALERTS	SPEN	FF Mode	FS Enable	RDPS	FSST	DFC
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	STBY	待机模式使能。 0 = 标准工作模式(默认值)。 1 = 待机模式。
6	ALERTS	$\overline{\text{ALERT}}$ 功能选择。 0 = ALERT作为中断(默认值)。 1 = ALERT作为“比较器模式”故障指示。
5	SPEN	使能起转。 0 = 风扇启动时不使用起转(默认值)。 1 = 使能起转。PWM占空比为100%，直到满足结束条件(默认值)。
4	FF Mode	FF功能选择。 0 = FF/FS输出作为中断。 1 = FF/FS输出作为“比较器模式”故障指示(默认值)。
3	FS Enable	FS输入使能。 0 = 外部驱动FF/FS不影响占空比(默认值)。 1 = 外部驱动FF/FS为低电平时强制100%占空比。
2	RDPS	转动检测(RD)信号极性选择。FSST = 0时，该位不起作用。 0 = 风扇工作时，RD为低电平(默认值)。 1 = 风扇工作时，RD为高电平。
1	FSST	风扇检测信号类型。 0 = 风扇转速计提供方波脉冲(默认值)。 1 = 风扇提供转动检测(RD)信号。
0	DFC	直接风扇控制(手动模式)。 0 = 禁止直接风扇控制(默认值)。 1 = 使能直接风扇控制。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器02h：控制寄存器3 (CR3)

工厂默认值：03h
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
02h	CLR_FAIL	FF_0	RAMP1	RAMP0	TACHFULL	PSEN	TACH2E	TACH1E
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明			
7	CLR_FAIL	清除风扇故障状态位。 0 = 默认值; 1 = 将所有风扇故障状态位清0。如果随后检测到故障，将再次将这些位置位。如果选择FF中断模式，清除FF/FS输出。该位自动清0。			
6	FF_0	0占空比风扇失效检测 0 = 占空比为0或向0缓变时，禁止风扇失效检测(默认值)。 1 = 任何占空比值下均使能风扇失效检测。			
5:4	RAMP[1:0]	PWM占空比缓变率			
		RAMP1	RAMP0	PWM调节缓变率选择	PWM占空比每秒变化 (%)
		0	0	慢(默认值)	3.125 (默认值)
		0	1	中慢	6.25
		1	0	中快	12.5
		1	1	快	立即
3	TACHFULL	1 = 只在占空比为100%时检测风扇失效。			
2	PSEN	使能脉冲展宽。仅适用于33Hz PWM。 0 = 禁止脉冲展宽功能(默认值)。 1 = 使能脉冲展宽功能。			
1	TACH2E	使能TACH2。 0 = 禁止TACH2监测功能。清除TACH2风扇失效状态位和 $\overline{FF/FS}$ 输出。 1 = 使能TACH2监测功能(默认值)。			
0	TACH1E	使能TACH1。 0 = 禁止TACH1监测功能。清除TACH1风扇失效状态位和 $\overline{FF/FS}$ 输出。 1 = 使能TACH1监测功能(默认值)。			

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器03h：风扇故障占空比(FFDC)

工厂默认值：FFh

存储器类型：

存储器访问		R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
	03h	FFDC 7	FFDC 6	FFDC 5	FFDC 4	FFDC 3	FFDC 2	FFDC 1	FFDC 0
		BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	FFDC 7	FFDC [7:0]选择检测到风扇失效后的PWM占空比，见表9。
6	FFDC 6	
5	FFDC 5	
4	FFDC 4	
3	FFDC 3	
2	FFDC 2	
1	FFDC 1	
0	FFDC 0	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器04h：报警屏蔽寄存器(MASK)

工厂默认值：C0h
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	N/A	N/A	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
04h	Reserved	Reserved	LHAM	LOTAM	RHAM	ROTAM	TACH2AM	TACH1AM
	BIT 7						BIT 0	

位	名称	说明
7:6	Reserved	应将这些位置1。
5	LHAM	本地高温报警屏蔽。 0 = 本地高温报警触发 $\overline{\text{ALERT}}$ (默认值)。 1 = 本地高温报警不触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 。
4	LOTAM	本地过热报警屏蔽。 0 = 本地过热报警触发 $\overline{\text{SHDN}}$ (默认值)。 1 = 本地过热报警不触发 $\overline{\text{SHDN}}$ 。
3	RHAM	远端高温报警屏蔽。 0 = 远端高温报警触发 $\overline{\text{ALERT}}$ (默认值)。 1 = 远端高温报警不触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 。
2	ROTAM	远端过热报警屏蔽。 0 = 远端过热报警触发 $\overline{\text{SHDN}}$ (默认值)。 1 = 远端过热报警不触发 $\overline{\text{SHDN}}$ 。
1	TACH2AM	TACH2报警屏蔽。 0 = TACH2A报警事件触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ (默认值)。 1 = TACH2A报警事件不触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 。
0	TACH1AM	TACH1报警屏蔽。 0 = TACH1A报警事件触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ (默认值)。 1 = TACH1A报警事件不触发 $\overline{\text{FF/FS}}$ 。

寄存器05h：理想因子寄存器(IFR)

工厂默认值：18h
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	N/A	N/A	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
05h	Reserved	Reserved	IF5	IF4	IF3	IF2	IF1	IF0
	BIT 7						BIT 0	

位	名称	说明
7:6	Reserved	应将这些位置0。
5	IF5	IF[5:0]决定器件使用的理想因子，详细信息及设置见 表4 。默认设置为18h，对应理想因子1.0080。
4	IF4	
3	IF3	
2	IF2	
1	IF1	
0	IF0	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器06h：远端高温设置点寄存器，MSB (RHSH)

工厂默认值：55h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
06h	RHS15	RHS14	RHS13	RHS12	RHS11	RHS10	RHS9	RHS8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
BIT 7				BIT 0				

寄存器07h：远端高温设置点寄存器，LSB (RHSL)

工厂默认值：00h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
07h	RHS7	RHS6	RHS5	RHS4	RHS3	RHS2	RHS1	RHS0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
BIT 7				BIT 0				

寄存器08h：本地过热设置点寄存器，MSB (LOTSH)

工厂默认值：55h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
08h	LOTS15	LOTS14	LOTS13	LOTS12	LOTS11	LOTS10	LOTS9	LOTS8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
BIT 7				BIT 0				

寄存器09h：本地过热设置点寄存器，LSB (LOTSL)

工厂默认值：00h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
09h	LOTS7	LOTS6	LOTS5	LOTS4	LOTS3	LOTS2	LOTS1	LOTS0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
BIT 7				BIT 0				

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器0Ah：远端过热设置点寄存器，MSB (ROTSH)

工厂默认值：6Eh

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Ah	ROTS15	ROTS14	ROTS13	ROTS12	ROTS11	ROTS10	ROTS9	ROTS8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
BIT 7				BIT 0				

寄存器0Bh：远端过热设置点寄存器，LSB (ROTSL)

工厂默认值：00h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Bh	ROTS7	ROTS6	ROTS5	ROTS4	ROTS3	ROTS2	ROTS1	ROTS0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
BIT 7				BIT 0				

寄存器0Ch：本地高温设置点寄存器，MSB (LHSH)

工厂默认值：46h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Ch	LHS15	LHS14	LHS13	LHS12	LHS11	LHS10	LHS9	LHS8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
BIT 7				BIT 0				

寄存器0Dh：本地高温设置点寄存器，LSB (LHSL)

工厂默认值：00h

存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Dh	LHS7	LHS6	LHS5	LHS4	LHS3	LHS2	LHS1	LHS0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
BIT 7				BIT 0				

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器0Eh: TACH计数门限寄存器, MSB (TCTH)

工厂默认值: FFh
存储器类型: EEPROM, 非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Eh	TCT_15	TCT_14	TCT_13	TCT_12	TCT_11	TCT_10	TCT_9	TCT_8
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	TCT_15	TCT_[15:8]为TACH脉冲计数门限的高8位，无符号格式。 Fan_RPM门限 = $60 \times 100,000 / (TCTH_Value \times 256 + TCTL_Value) / n$ 式中，n为转速计每转产生的脉冲数。
6	TCT_14	
5	TCT_13	
4	TCT_12	
3	TCT_11	
2	TCT_10	
1	TCT_9	
0	TCT_8	

寄存器0Fh: TACH计数门限寄存器, LSB (TCTL)

工厂默认值: FEh
存储器类型: EEPROM, 非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0Fh	TCT_7	TCT_6	TCT_5	TCT_4	TCT_3	TCT_2	TCT_1	TCT_0
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	TCT_7	TCT_[7:0]为TACH脉冲计数门限的低8位，无符号格式。
6	TCT_6	
5	TCT_5	
4	TCT_4	
3	TCT_3	
2	TCT_2	
1	TCT_1	
0	TCT_0	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器10h–17h：通用用户EEPROM (USER)

工厂默认值：00h
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
10h–17h								
	BIT 7						BIT 0	

寄存器20h–4Fh：48字节查找表(LUT)

工厂默认值：FFh
存储器类型：EEPROM，非易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
20h–4Fh	See Table 7							
	BIT 7						BIT 0	

寄存器50h：直接占空比控制寄存器(PWMR)

默认值：FFh
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
50h	PWMR7	PWMR6	PWMR5	PWMR4	PWMR3	PWMR2	PWMR1	PWMR 0
	BIT 7						BIT 0	

位	名称	说明
7	PWMR7	PWMR[7:0]决定直接控制模式(DFC位(CR2.0) = 1)下的PWM占空表，见 表9 。
6	PWMR6	
5	PWMR5	
4	PWMR4	
3	PWMR3	
2	PWMR2	
1	PWMR1	
0	PWMR0	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器51h：当前PWM占空比寄存器(PWMV)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
51h	PWMV7	PWMV6	PWMV5	PWMV4	PWMV3	PWMV2	PWMV1	PWMV0
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	PWMV7	PWMV[7:0]储存任何时间的当前PWM占空比，包括风扇失效期间。
6	PWMV6	
5	PWMV5	
4	PWMV4	
3	PWMV3	
2	PWMV2	
1	PWMV1	
0	PWMV0	

寄存器52h：TACH1计数寄存器，MSB (TC1H)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R
52h	TC1_15	TC1_14	TC1_13	TC1_12	TC1_11	TC1_10	TC1_8
	BIT 7						BIT 0

位	名称	说明
7	TC1_15	TC1_[15:8]为TACH1脉冲计数的高8位，无符号格式。 $\text{Fan_RPM} = 60 \times 100,000 / (\text{TC1H_Value} \times 256 + \text{TC1L_Value}) / n$ 式中，n为转速计每转产生的脉冲数。
6	TC1_14	
5	TC1_13	
4	TC1_12	
3	TC1_11	
2	TC1_10	
1	TC1_9	
0	TC1_8	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器53h：TACH1计数寄存器，LSB (TC1L)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
53h	TC1_7	TC1_6	TC1_5	TC1_4	TC1_3	TC1_2	TC1_1	TC1_0
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	TC1_7	TC1_[7:0]为TACH1脉冲计数的低8位，无符号格式。
6	TC1_6	
5	TC1_5	
4	TC1_4	
3	TC1_3	
2	TC1_2	
1	TC1_1	
0	TC1_0	

寄存器54h：TACH2计数寄存器，MSB (TC2H)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
54h	TC2_15	TC2_14	TC2_13	TC2_12	TC2_11	TC2_10	TC2_9	TC2_8
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	TC2_15	TC2_[15:8]为TACH2脉冲计数的高8位，无符号格式。 $\text{Fan_RPM} = 60 \times 100,000 / (\text{TC12H_Value} \times 256 + \text{TC2L_Value}) / n$ 式中，n为转速计每转产生的脉冲数。
6	TC2_14	
5	TC2_13	
4	TC2_12	
3	TC2_11	
2	TC2_10	
1	TC2_9	
0	TC2_8	

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器55h：TACH2计数寄存器，LSB (TC2L)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
55h	TC2_7	TC2_6	TC2_5	TC2_4	TC2_3	TC2_2	TC2_1	TC2_0
	BIT 7							BIT 0

位	名称	说明
7	TC2_7	TC2_[7:0]为TACH2脉冲计数的低8位，无符号格式。
6	TC2_6	
5	TC2_5	
4	TC2_4	
3	TC2_3	
2	TC2_2	
1	TC2_1	
0	TC2_0	

寄存器56h：远端温度读数寄存器，MSB (RTH)

工厂默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
56h	RT15	RT14	RT13	RT12	RT11	RT10	RT9	RT8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
	BIT 7							BIT 0

寄存器57h：远端温度读数寄存器，LSB (RTL)

工厂默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
57h	RT7	RT6	RT5	RT4	RT3	RT2	RT1	RT0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
	BIT 7							BIT 0

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器58h：本地温度读数寄存器，MSB (LTH)

工厂默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
58h	LT15	LT14	LT13	LT12	LT11	LT10	LT9	LT8
°C	Sign	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
	BIT 7							BIT 0

寄存器59h：本地温度读数寄存器，LSB (LTL)

工厂默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
59h	LT7	LT6	LT5	LT4	LT3	LT2	LT1	LT0
°C	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	0	0	0	0	0
	BIT 7							BIT 0

寄存器5Ah：状态寄存器(SR)

默认值：00h
存储器类型：SRAM，易失

存储器访问	R	R	R	R	R	R	R	R
5Ah	PC bit	RDFA	LHA	LOTA	RHA	ROTA	TACH2A	TACH1A
	BIT 7							BIT 0

注：SR寄存器中的报警位在被读取时清零。如果清零后再次检测到故障，则再次置位。

位	名称	说明
7	PC bit	程序损坏位。 0 = 未检测到EEPROM数据损坏。 1 = EEPROM编程期间检测到错误。POR或软件POR之后，必须成功写EEPROM时，该位复位为0。
6	RDFA	远端二极管故障报警。 0 = 远端二极管功能正常(默认值)。 1 = 检测到远端二极管开路或短路故障。该故障不触发/ALERT输出。
5	LHA	本地高温报警。 0 = IC管芯的温度不高于本地高温设置点(默认值)。 1 = IC管芯的温度高于本地高温设置点。
4	LOTA	本地过热报警。 0 = 本地温度不高于本地过热设置点(默认值)。 1 = 本地温度高于本地过热设置点。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

寄存器5Ah：状态寄存器(SR) (续)

位	名称	说明
3	RHA	远端高温报警。 0 = 远端二极管的温度不高于远端高温设置点(默认值)。 1 = 远端二极管的温度高于远端高温设置点。
2	ROTA	远端过热报警。 0 = 远端二极管的温度不高于过热设置点(默认值)。 1 = 远端二极管的温度高于过热设置点。
1	TACH2A	TACH2报警 0 = TACH2检测的风扇工作正常(默认值)。 如果向TACH2提供转速计脉冲，这意味着TACH2计数低于或等于TACH计数门限寄存器的值(风扇的RPM高于最低可接受值)； 如果向TACH2提供RD，这意味着风扇正在工作。 1 = TACH2检测的风扇工作不正常。当风扇RPM低于最小可接受值时，或者风扇根本不转动，或者计数期间发生上溢，即这种情况。
0	TACH1A	TACH1报警 0 = TACH1检测的风扇工作正常。 如果向TACH1提供转速计脉冲，这意味着TACH1计数低于或等于TACH计数门限寄存器的值(风扇的RPM高于最低可接受值)； 如果向TACH1提供RD，这意味着风扇正在工作。 1 = TACH1检测的风扇工作不正常。当风扇RPM低于最小可接受值时，或者风扇根本不转动，或者计数期间发生上溢，即这种情况。

寄存器5Bh：EEPROM装载/写寄存器(EEX)

工厂默认值： 00h
存储器类型： SRAM，易失

存储器访问	R/W	N/A	N/A	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
5Bh	L/W	Reserved	Reserved	40h–4Fh	30h–3Fh	20h–2Fh	10h–1Fh	00h–0Fh
	BIT 7	读取时清除为00h。						BIT 0

位	名称	说明
7	L/W	0 = 将RAM写至EEPROM 1 = 将EEPROM装载至RAM
6	Reserved	保留
5	Reserved	保留
4	40h–4Fh	1 = 字节40h至4Fh
3	30h–3Fh	1 = 字节30h至3Fh
2	20h–2Fh	1 = 字节20h至2Fh
1	10h–1Fh	1 = 字节10h至1Fh
0	00h–0Fh	1 = 字节00h至0Fh

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

应用信息

ADC噪声滤波

集成ADC本质上具有较好的噪声抑制性能，尤其对低频信号，例如60Hz/120Hz电源嗡嗡声。然而，微功耗操作为高频噪声抑制带来了限制。谨慎进行PCB布局，采用正确的外部噪声滤波，以便在噪声电气环境下进行高精度远端测量。在DXP和DXN之间连接外部2200pF电容，滤除DXP引脚的高频电磁干扰(EMI)。由于开关电流源上升时间的原因，大于2200pF的电容会引入误差。

电源去耦

为了在使用器件时获得最理想结果，需采用0.1μF电容对V_{DD}电源进行去耦。尽可能采用高品质表贴陶瓷电容，表贴元件将引线电阻降至最小，从而改善性能，并且陶瓷电容为去耦应用提供了足够的高频响应。

双绞线和屏蔽电缆

如果远端检测距离长于8in，或者环境噪声特别大，建议使用双绞线。根据噪声电子实验室测试结果，一般长度长于6ft至12ft (典型值)，会产生噪声问题。对于较长的距离，最佳解决方案是音频麦克风等应用中使用的屏蔽双绞线。例如，长达100ft的Belden 8451在噪声环境下表现良好。将双绞线连接至DXP和DXN，屏蔽层连接至地，屏蔽的远端保持不连接。DXP上的过大电容限制实际的远端检测距离。电缆非常长时，电缆的寄生电容往往提供噪声滤波，所以建议可将2200pF电容去除或减小电容值。电缆

电阻也影响远端检测精度，1Ω串联电阻引起的误差大约为+1/2°C。

PCB布局检查清单

- 1) 尽可能将器件靠近远端二极管放置。在噪声环境下，例如计算机主板，只要能避开最坏工作条件噪声源(例如CRT、时钟发生器、内存总线，以及ISA/PCI总线)，距离可达4in至8in或更长。
- 2) 不要将DXP线靠近CRT的偏转线圈。同样，不要使走线跨越快速内存总线，即使经过良好滤波，这些信号也很容易引起+30°C的误差。其它大多数噪声源影响不大。
- 3) 平行布置DXP和DXN走线，彼此靠近，远离任何高压走线，例如+12V DC。避免PCB污染引起漏电流。
- 4) 尽量少通过过孔和穿交，将铜/焊锡热电偶效应降至最低。
- 5) 连接热电偶时，确保DXP和DXN通路与热电偶引线相匹配。一般情况下，PCB引起的热电偶问题不严重。铜焊料热电偶呈现为3μV/°C，在DXP/GND处引起的电压误差大约为200μV，造成+1°C测量误差，所以大多数寄生热电偶误差可忽略。
- 6) 采用宽走线。窄走线感应性更高，容易拾取辐射噪声。建议采用10mil宽度及间距，但并不绝对(对泄漏和噪声的改善很小)，根据需要使用时即可。
- 7) DXP和DXN走线以及承载高频噪声信号的走线之间布置电气纯净的铜接地区域，有助于降低EMI。

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

订购信息

器件	温度范围	引脚-封装
MAX31760AEE+	-40°C至+125°C	16 QSOP
MAX31760AEE+T	-40°C至+125°C	16 QSOP

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询www.maximintegrated.com/cn/design/packaging。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
16 QSOP	E16+1	21-0055	90-0167

MAX31760

高精度风扇速度控制器， 带有非易失查找表

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	4/14	最初版本。	—

Maxim北京办事处

免费电话：800 810 0310

电话：010-5226 4200

传真：010-6211 5299



Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-10 00

37

© 2015 Maxim Integrated

Maxim标志和Maxim Integrated是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。