



PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MAX34441

概述

MAX34441是一款复杂系统监测器，可管理多达5路电源和一个风扇。电源管理器监测电源输出电压并连续检查用户可编程过压、欠压门限。它还能够调整电源输出电压的裕量，使其达到用户要求的水平。采用闭环结构调节裕量，器件据此自动调整脉宽调制(PWM)输出，然后测量所产生的输出电压。电源管理器还能够在上电及断电时按任意顺序对电源排序。利用外部电流检测放大器，器件还能够监测电流。

器件还具有闭环风扇速度控制功能。用户可根据特定的温度断点设置风扇控制PWM占空比或RPM转速，器件基于这些设置自动调整风扇速度，并通过特殊方式降低可闻噪声和功耗。

应用

网络交换机/路由器
基站
服务器
智能电网系统
工业控制

特性

- ◆ 5通道电源管理
 - 电压测量/监测
 - 12位、1%精度的差分ADC
 - 最小/最大门限偏移检测
 - 配合外部电流检测放大器支持电流监测
 - 闭环裕量自动调节
 - 可编程上电和断电顺序
 - 电源就绪输出
- ◆ 1通道风扇控制
 - 支持3线和4线风扇
 - 闭环风扇转速自动控制
 - 支持双转速计风扇
 - 风扇故障检测
- ◆ 支持多达6个温度传感器
 - 外部测温二极管接口，带有自动串联电阻抵消功能
 - 1个内部温度传感器
 - 支持多达4片I²C外部数字温度传感器IC
 - 对所有温度传感器进行故障检测
- ◆ PMBus™兼容命令接口
- ◆ I²C/SMBus™兼容串行总线，带有总线超时检测功能
- ◆ 板载非易失故障记录和默认配置设置
- ◆ 无需外部时钟
- ◆ +3.3V供电电压

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX34441ETL+	-40°C to +85°C	40 TQFN-EP*
MAX34441ETL+T	-40°C to +85°C	40 TQFN-EP*

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T = 卷带包装。

*EP = 裸焊盘。

PMBus是SMIF, Inc.的商标。
SMBus是Intel Corp.的商标。

注意：该器件某些版本的规格可能与发布的规格不同，会以勘误表的形式给出。通过不同销售渠道可能同时获得器件的多个版本。欲了解器件勘误表信息，请点击：china.maxim-ic.com/errata。



Maxim Integrated Products 1

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：china.maxim-ic.com。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

目录

Absolute Maximum Ratings	6
Recommended Operating Conditions	6
DC Electrical Characteristics	6
I ² C/SMBus Interface Electrical Specifications	8
I ² C/SMBus时序	8
典型工作特性	9
引脚配置	10
引脚说明	10
方框图	12
多器件连接框图	13
详细说明	14
地址选择	16
SMBus/PMBus操作	16
SMBus/PMBus通信示例	16
群发命令	17
群发命令写格式	17
寻址	17
ALERT和报警响应地址(ARA)	17
报警响应地址(ARA)字节格式	18
主器件发送或读取的位数太少	18
主器件发送或读取的字节数太少	18
主器件发送的字节或位数太多	18
主器件读取的字节或位数太多	18
主器件在从地址字节中设置的读取状态位错误	18
接收到不支持的命令代码	18
接收到无效数据	18
主器件从只写命令请求读操作	19
主器件向只读命令请求写操作	19
SMBus超时	19
PMBus操作	19
PMBus协议支持	19
数据格式	19
解析接收到的DIRECT格式数据	20
发送DIRECT格式数据	20
故障管理和报告	21
系统看门狗定时器	22
温度传感器操作	22

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

MAX34441

目录(续)

风扇控制操作	22
双风扇应用	22
自动风扇控制操作	22
脉冲展宽	24
风扇上旋	25
PMBus 命令	26
PAGE (00h)	26
OPERATION (01h)	27
ON_OFF_CONFIG (02h)	28
CLEAR_FAULTS (03h)	28
WRITE_PROTECT (10h)	28
STORE_DEFAULT_ALL (11h)	29
RESTORE_DEFAULT_ALL (12h)	29
CAPABILITY (19h)	29
VOUT_MODE (20h)	29
VOUT_MARGIN_HIGH (25h)	29
VOUT_MARGIN_LOW (26h)	30
VOUT_SCALE_MONITOR (2Ah)	30
IOUT_CAL_GAIN (38h)	30
FAN_CONFIG_1_2 (3Ah)	31
FAN_COMMAND_1 (3Bh)	31
VOUT_OV_FAULT_LIMIT (40h)	32
VOUT_OV_WARN_LIMIT (42h)	32
VOUT_UV_WARN_LIMIT (43h)	32
VOUT_UV_FAULT_LIMIT (44h)	32
IOUT_OC_WARN_LIMIT (46h)	33
IOUT_OC_FAULT_LIMIT (4Ah)	33
OT_FAULT_LIMIT (4Fh)	33
OT_WARN_LIMIT (51h)	34
POWER_GOOD_ON (5Eh)	34
POWER_GOOD_OFF (5Fh)	34
TON_DELAY (60h)	35
TON_MAX_FAULT_LIMIT (62h)	35
TOFF_DELAY (64h)	35
STATUS_BYTE (78h)	35
STATUS_WORD (79h)	36
STATUS_VOUT (7Ah)	36
STATUS_CML (7Eh)	36

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

目录(续)

STATUS_MFR_SPECIFIC (80h)	37
STATUS_FANS_1_2 (81h)	37
READ_VOUT (8Bh)	37
READ_IOUT (8Ch)	37
READ_TEMPERATURE_1 (8Dh)	37
READ_FAN_SPEED_1 (90h)	38
PMBUS_REVISION (98h)	38
MFR_ID (99h)	38
MFR_MODEL (9Ah)	38
MFR_REVISION (9Bh)	38
MFR_LOCATION (9Ch)	38
MFR_DATE (9Dh)	38
MFR_SERIAL (9Eh)	38
MFR_MODE (D1h)	39
MFR_VOUT_PEAK (D4h)	40
MFR_IOUT_PEAK (D5h)	40
MFR_TEMPERATURE_PEAK (D6h)	40
MFR_VOUT_MIN (D7h)	40
MFR_FAULT_RESPONSE (D9h)	40
MFR_FAULT_RETRY (DAh)	41
MFR_NV_FAULT_LOG (DCh)	41
MFR_TIME_COUNT (DDh)	44
MFR_MARGIN_CONFIG (E0h)	44
MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG (F0h)	45
MFR_FAN_CONFIG (F1h)	46
MFR_FAN_LUT (F2h)	48
TEMPERATURE STEP: 温度值设置	48
FAN SPEED STEP: 风扇PWM占空比或风扇转速设置	49
MFR_READ_FAN_PWM (F3h)	50
MFR_FAN_FAULT_LIMIT (F5h)	50
MFR_FAN_WARN_LIMIT (F6h)	50
应用信息	51
电源去耦	51
开漏引脚	51
典型工作电路	52
封装信息	52
修订历史	53

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MAX34441

图目录

图1. 自动风扇控制	23
图2. 风扇速度示例	24
图3. 风扇上旋	25
图4. 电源排序	34
图5. MFR_NV_FAULT_LOG	42
图6. 风扇查找表(LUT)格式	49

表目录

表1. PMBus命令代码	14
表2. PMBus/SMBus串口地址	16
表3. PMBus命令代码系数	20
表4. DIRECT格式数据的系数	21
表5. 器件参数监测状态	21
表6. DS75LV地址引脚配置	22
表7. 风扇控制工作模式	23
表8. 页命令	26
表9. OPERATION命令字节(ON_OFF_CONFIG的第3位 = 1时)	27
表10. OPERATION命令字节(ON_OFF_CONFIG的第3位 = 0时)	27
表11. ON_OFF_CONFIG (02h)命令字节	28
表12. WRITE_PROTECT命令字节	28
表13. CAPABILITY命令字节	29
表14. VOUT_SCALE_MONITOR	30
表15. FAN_CONFIG_1_2命令字节	31
表16. PWM风扇模式(FAN_CONFIG_1_2的第6位 = 0)	31
表17. RPM风扇模式(FAN_CONFIG_1_2的第6位 = 1)	31
表18. IOUT_OC_FAULT_LIMIT	33
表19. TON_MAX_FAULT_LIMIT	35
表20. STATUS_BYTE	35
表21. STATUS_WORD	36
表22. STATUS_VOUT	36
表23. STATUS_CML	36
表24. STATUS_MFR_SPECIFIC	37
表25. STATUS_FANS_1_2	37
表26. MFR_MODE	39
表27. MFR_FAULT_RESPONSE	40
表28. MFR_FAULT_RESPONSE编码	41
表29. MFR_NV_FAULT_LOG	42
表30. MFR_MARGIN_CONFIG	44
表31. MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG	45
表32. MFR_FAN_CONFIG	46
表33. MFR_FAN_LUT	48
表34. 有效温度范围	48
表35. 监测风扇故障和报警参数	50

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{DD} to V_{SS} -0.3V to +5.5V
 RS- to V_{SS} -0.3V to +0.3V
 All Other Pins Except REG18 and
 REG25 Relative to V_{SS} -0.3V to (V_{DD} + 0.3V)*
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 40-Pin TQFN
 (derate 35.7mW/°C above +70°C) 2857.1mW

Operating Temperature Range -40°C to +85°C
 Storage Temperature Range -55°C to +125°C
 Lead Temperature (soldering, 10s) +260°C
 Soldering Temperature (reflow) +260°C

*Subject to not exceeding +5.5V.

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.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

(T_A = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V _{DD} Operating Voltage Range	V _{DD}	(Note 1)	2.7		5.5	V
Input Logic 1	V _{IH}		0.7 x V _{DD}		V _{DD} + 0.3	V
Input Logic 0	V _{IL}		-0.3		0.3 x V _{DD}	V
Input Logic-High: SCL, SDA, MSCL, MSDA	V _{I2C_IH}	2.7V ≤ V _{DD} ≤ 3.6V (Note 1)	2.1		V _{DD} + 0.3	V
Input Logic-Low: SCL, SDA, MSCL, MSDA	V _{I2C_IL}	2.7V ≤ V _{DD} ≤ 3.6V (Note 1)	-0.3		+0.8	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 2.7V to 5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at V_{DD} = 3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	I _{CPU}	(Note 2)		2.5		mA
	I _{PROGRAM}			8		
Brownout Voltage	V _{BO}	Monitors V _{DD} (Note 1)	2.40	2.46	2.55	V
Brownout Hysteresis	V _{BOH}	Monitors V _{DD} (Note 1)		30		mV
Internal System Clock	f _{MOSC}			4.0		MHz
System Clock Error (Note 3)	f _{ERR:MOSC}	+25°C ≤ T _A ≤ +85°C	-3		+2	%
		-40°C ≤ T _A ≤ +25°C	-6.5		+1.6	
Output Logic-Low	V _{OL1}	I _{OL} = 4mA (Note 1)			0.4	V
Output Logic-High	V _{OH1}	I _{OH} = -2mA (Note 1)	V _{DD} - 0.5			V
PWM, PSEN Pullup Current	I _{PU}	V _{PIN} = V _{SS} , V _{DD} = 3.3V	38	55	107	μA
ADC Internal Reference				1.225		V
ADC Voltage Measurement Error	V _{ERR}		-1		+1	%
ADC Internal Reference Temperature Drift			-0.5		+0.5	%

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

MAX34441

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = 2.7V to 5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at V_{DD} = 3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ADC Internal Reference Initial Accuracy (+25°C)			-1		+1	mV
ADC Full-Scale Input Voltage	V _{FS}		1.213	1.225	1.237	V
ADC Measurement Resolution	V _{LSB}			300		μV
ADC Bit Resolution			12			Bits
RS+ Input Resistance	R _{IN}		15			MΩ
ADC Integral Nonlinearity	INL				±4	LSB
ADC Differential Nonlinearity	DNL				±1	LSB
ADC Offset	V _{OFFSET}			±2		LSB
Internal Temperature Measurement Error		T _A = -40°C to +85°C	-3		+3	°C
Remote Temperature Measurement Error (MAX34441 Error Only)		T _A = 0°C to +60°C, T _{DIODE} = +60°C to +120°C	-1.5		+1.5	°C
		T _A = 0°C to +60°C, T _{DIODE} = -45°C to +120°C	-1.75		+1.75	
		T _A = -40°C to +85°C, T _{DIODE} = +60°C to +120°C	-2.75		+2.75	
		T _A = -40°C to +85°C, T _{DIODE} = -45°C to +120°C	-3.0		+3.0	
Store Default All Time				37		ms
Nonvolatile Log Write Time				12		ms
Nonvolatile Log Delete Time				200		ms
Flash Endurance	NFLASH	T _A = +50°C	20,000			Write Cycles
Data Retention		T _A = +50°C	100			Years
Voltage Sample Rate				5		ms
Current Sample Rate				200		ms
RPM Sample Rate				1000		ms
Temperature Sample Rate				1000		ms
Device Startup Time		Measured from POR until monitoring begins		12		ms
PWM Frequency		Power supply		62.5		kHz
		Fan	30		25,000	Hz
PWM Resolution		Power supply		6		Bits
		Fan		7		

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

I²C/SMBus INTERFACE ELECTRICAL SPECIFICATIONS

(V_{DD} = 2.7V to 5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at V_{DD} = 3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

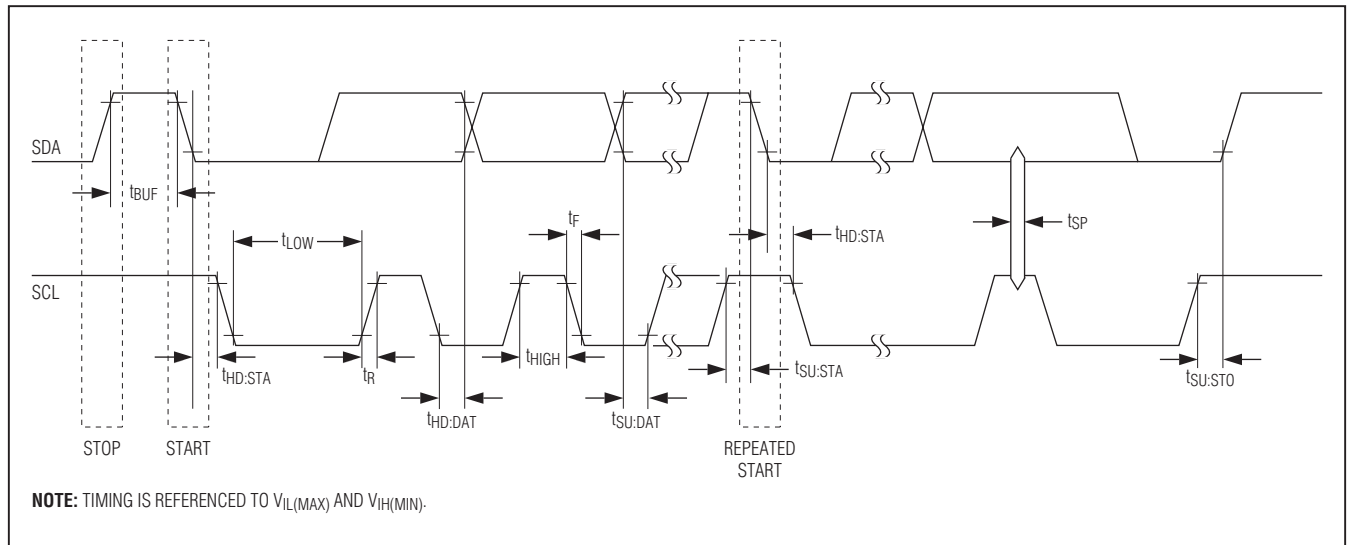
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}		10		100	kHz
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}		4.7			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HD:STA}		4.0			μs
Low Period of SCL	t _{LOW}		4.7			μs
High Period of SCL	t _{HIGH}		4.0			μs
Data Hold Time	t _{HD:DAT}	Receive	0			ns
		Transmit	300			
Data Setup Time	t _{SU:DAT}		100			ns
START Setup Time	t _{SU:STA}		4.7			μs
SDA and SCL Rise Time	t _R				300	ns
SDA and SCL Fall Time	t _F				300	ns
STOP Setup Time	t _{SU:STO}		4.0			μs
Clock Low Timeout	t _{TO}		25		35	ms

Note 1: All voltages are referenced to ground (V_{SS}). Currents entering the IC are specified as positive, and currents exiting the IC are negative.

Note 2: This does not include pin input/output currents.

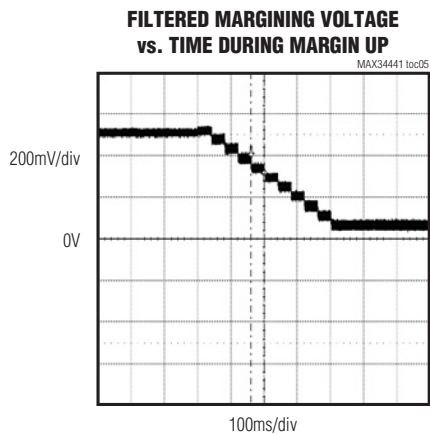
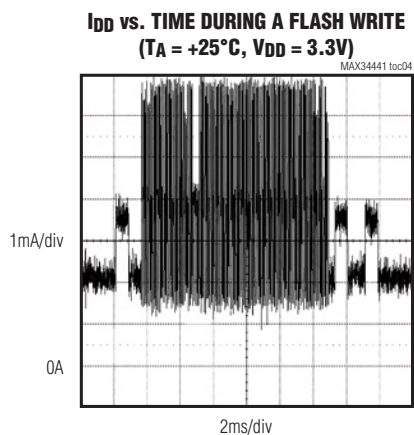
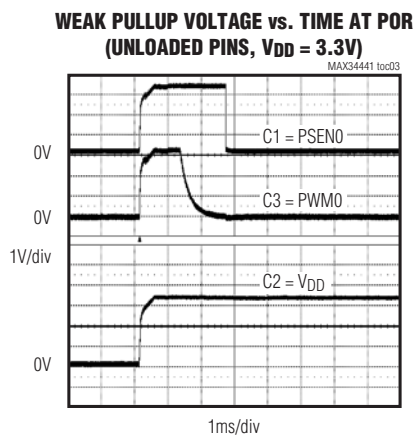
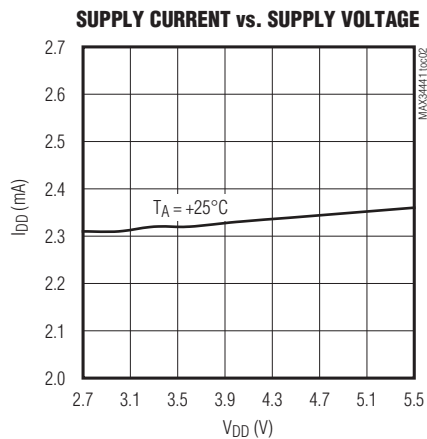
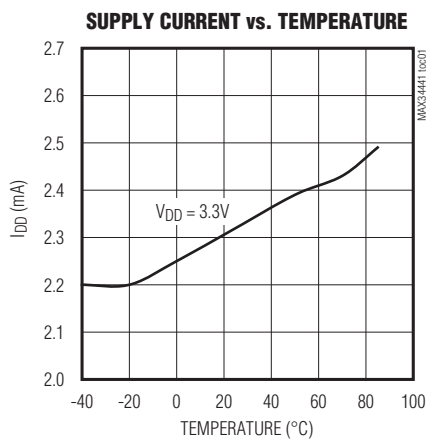
Note 3: Guaranteed by design.

I²C/SMBus时序



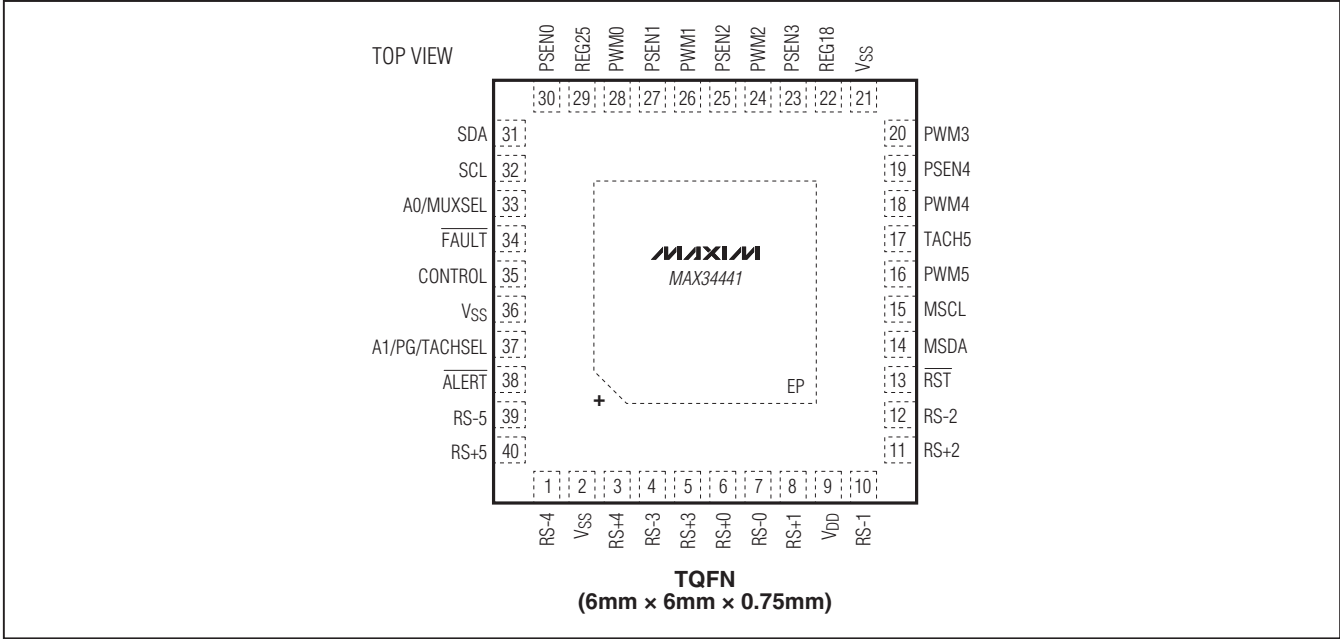
PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

典型工作特性

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1	RS-4	ADC4电压测量的地参考端。
2, 21, 36	VSS	数字电源回路节点(地)。
3	RS+4	电源ADC电压检测输入，相对于RS-4测量。
4	RS-3	ADC3电压测量的地参考端。
5	RS+3	电源ADC电压检测输入，相对于RS-3测量。
6	RS+0	电源ADC电压检测输入，相对于RS-0测量。
7	RS-0	ADC0电压测量的地参考端。
8	RS+1	电源ADC电压检测输入，相对于RS-1测量。
9	VDD	电源电压，利用一个0.1μF电容将VDD旁路至VSS。
10	RS-1	ADC1电压测量的地参考端。
11	RS+2	电源ADC电压检测输入，相对于RS-2测量。
12	RS-2	ADC2电压测量的地参考端。
13	RST	低电平有效复位输入。
14	MSDA	主控制器I ² C数据输入/输出，开漏输出。
15	MSCL	主控制器I ² C时钟输出，开漏输出。
16	PWM5	风扇PWM输出#5，CMOS推挽式输出。风扇被禁用时为低电平，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
17	TACH5	风扇转速计输入。
18	PWM4	PWM裕量调节输出#4。裕量调节被禁用时为高阻，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
19	PSEN4	电源使能输出#4。通过MFR_MODE可设置为高电平有效或低电平有效，以及开漏或CMOS推挽输出。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

引脚说明(续)

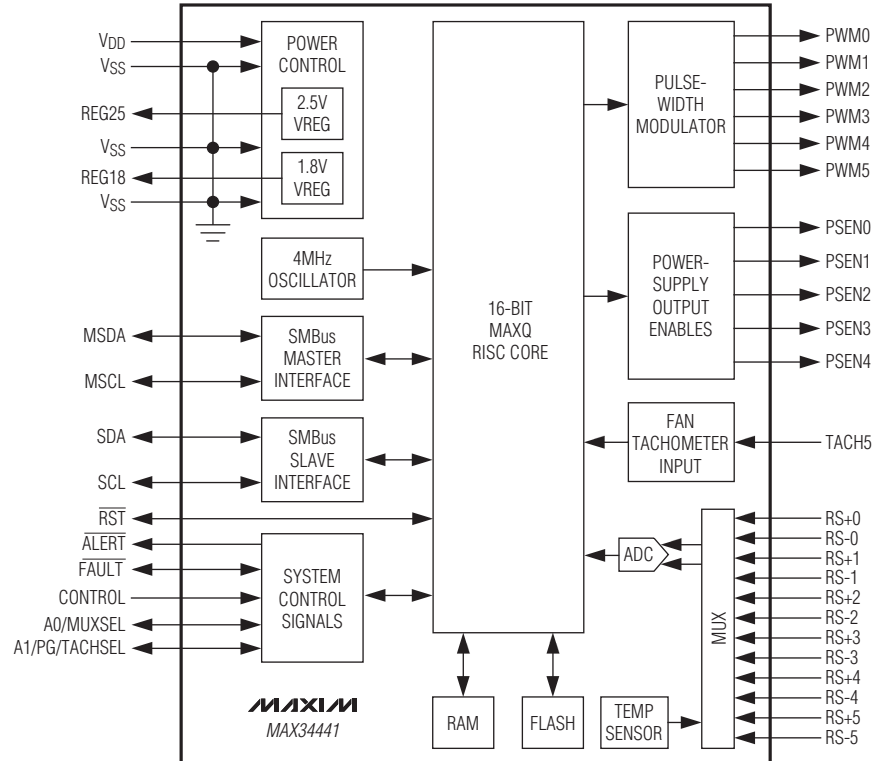
MAX34441

引脚	名称	功能
20	PWM3	PWM裕量调节输出#3。裕量调节被禁用时为高阻，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
22	REG18	低电压数字电路稳压器，用1 μ F和10nF电容将REG18旁路至V _{SS} 。请勿将其它电路连接至该引脚。
23	PSEN3	电源使能输出#3。通过MFR_MODE可设置为高电平有效或低电平有效，以及开漏或CMOS推挽输出。
24	PWM2	PWM裕量调节输出#2。裕量调节被禁用时为高阻，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
25	PSEN2	电源使能输出#2。通过MFR_MODE可设置为高电平有效或低电平有效，以及开漏或CMOS推挽输出。
26	PWM1	PWM裕量调节输出#1。裕量调节被禁用时为高阻，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
27	PSEN1	电源使能输出#1。通过MFR_MODE可设置为高电平有效或低电平有效，以及开漏或CMOS推挽输出。
28	PWM0	PWM裕量调节输出#0。裕量调节被禁用时为高阻，占空比为100%时，该引脚连续保持高电平。
29	REG25	模拟电路稳压器，用1 μ F和10nF电容将REG25旁路至V _{SS} 。请勿将其它电路连接至该引脚。
30	PSEN0	电源使能输出#0。通过MFR_MODE可设置为高电平有效或低电平有效，以及开漏或CMOS推挽输出。
31	SDA	I ² C/SMBus兼容输入/输出。
32	SCL	I ² C/SMBus兼容时钟输入。
33	A0/MUXSEL	SMBus地址0输入/多路复用器控制输出。器件上电时通过该双功能引脚确定SMBus地址；将一个100k Ω 电阻从该引脚连接至V _{SS} 或V _{DD} ，设置地址。器件上电后，该引脚变为输出，作为外部模拟复用器的电压/电流选择器。MUXSEL为低电平时用于电压测量，为高电平时用于电流测量。
34	FAULT	低电平有效故障指示开漏输入/输出。全局中的一路或多路电源由于故障条件而关断时，将触发该引脚产生报警指示。此外，通过监测该引脚，当其触发产生报警输出时，关闭所有电源。该引脚用于为多个器件的电源组提供全局硬件控制。触发RST或关闭器件后重新上电时，该引脚输出将无条件解除报警状态。该引脚带有一个50 μ s尖峰脉冲抑制滤波器。
35	CONTROL	器件使能。通过ON_OFF_CONFIG选择低电平有效或高电平有效电源控制。该引脚带有一个50 μ s尖峰脉冲抑制滤波器。
37	A1/PG/TACHSEL	SMBus地址1输入/电源就绪输出。器件上电时通过该双功能引脚确定SMBus地址；将一个100k Ω 电阻从该引脚连接至V _{SS} 或V _{DD} ，设置地址。器件上电后，该引脚变为输出，当所有使能电源高于其对应的POWER_GOOD_ON门限时，该引脚跳变到高电平。或者，在双风扇应用中，亦可通过MFR_MODE将该引脚配置为在两个转速计之间进行选择。
38	ALERT	低电平有效、开漏报警输出。
39	RS-5	温度检测二极管的ADC电压输入，负检测端，相对于RS+5测量。
40	RS+5	温度检测二极管的ADC电压输入，正检测端，相对于RS-5测量。
—	EP	裸焊盘(封装底层)，将EP连接至V _{SS} 。

注：除V_{DD}、V_{SS}、REG18、REG25、ADC和EP之外，全部引脚在器件上电和复位期间均为高阻，具有50 μ A上拉。器件复位后，去掉弱上拉，引脚配置为输入或输出。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

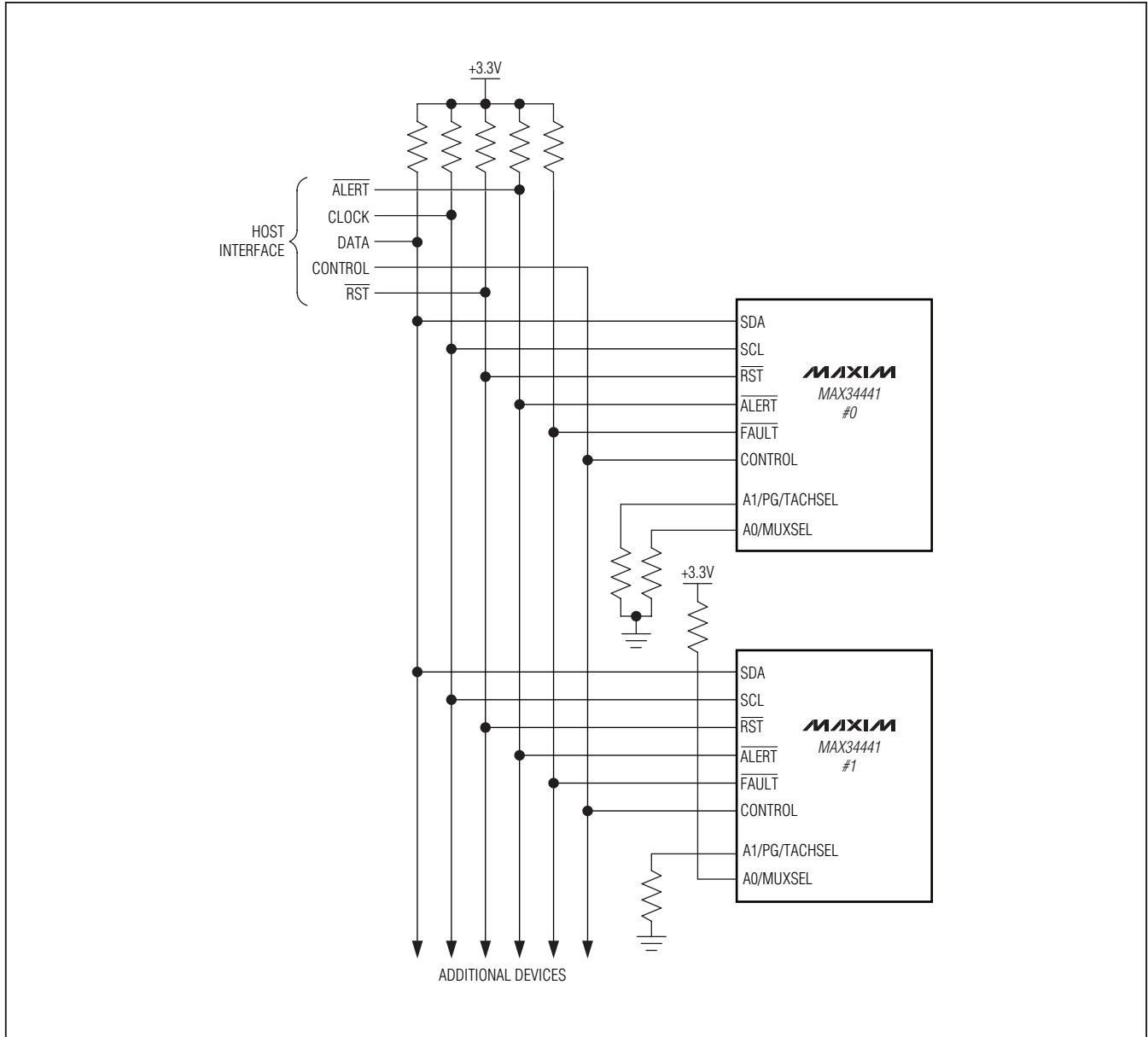
方框图



PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

多器件连接框图

MAX34441



PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

详细说明

MAX34441是一款高度集成的系统监测器，基于4MHz、16位、MAXQ®微控制器，带有工厂可编程功能，可监测多达5路电源和一个系统冷却风扇。器件具有电源闭环控制、风扇转速监测和本地/远端温度检测功能。

电源管理器监测电源输出电压，不断检查用户可编程的过压和欠压门限。它还能将电源输出电压的裕量调节至用户设置的水平。采用闭环结构调节裕量，器件由此自动调节脉宽调制(PWM)输出，然后测量产生的输出电压。电源管理器还能够在上电及断电时按任意顺序对电源排序。使用外部电流检测放大器时，器件还能监测电流。

温度监测功能可支持多达6个温度传感器的检测，包括片上温度传感器、4个DS75LV数字温度计和一个远端温度检测

二极管。可以为每个传感器分别增加温度偏移，以补偿系统温差。通过专用的I²C/SMBus接口与DS75LV温度传感器通信。

器件还具有闭环风扇速度控制功能。用户可根据特定的温度断点设置风扇控制PWM占空比或风扇RPM转速，器件基于这些设置自动调整风扇速度，并通过特殊方式降低可闻噪声和功耗。

器件提供 $\overline{\text{ALERT}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 输出信号，主器件通过PMBus兼容通信端口进行通信。提供地址输入连接，允许系统I/O总线上挂接4片MAX34441器件。

表1. PMBus命令代码

CODE	COMMAND NAME	TYPE	PAGE 0–4	PAGE 5	PAGE 6–11	PAGE 255	NO. OF BYTES	FLASH STORED (NOTE 2)	DEFAULT VALUE (NOTE 2)
			(NOTE 1)						
00h	PAGE	R/W Byte	R/W	R/W	R/W	R/W	1	N	00h
01h	OPERATION	R/W Byte	R/W	—	—	W	1	N	00h
02h	ON_OFF_CONFIG	R/W Byte	R/W	R/W	R/W	R/W	1	Y	1Ah
03h	CLEAR_FAULTS	Send Byte	W	W	W	W	0	N	—
10h	WRITE_PROTECT	R/W Byte	R/W	R/W	R/W	R/W	1	N	00h
11h	STORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	W	W	W	W	0	N	—
12h	RESTORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	W	W	W	W	0	N	—
19h	CAPABILITY	Read Byte	R	R	R	R	1	N	00h/10h
20h	VOUT_MODE	Read Byte	R	R	R	R	1	FIXED	40h
25h	VOUT_MARGIN_HIGH	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
26h	VOUT_MARGIN_LOW	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
2Ah	VOUT_SCALE_MONITOR	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	7FFFh
38h	IOUT_CAL_GAIN	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
3Ah	FAN_CONFIG_1_2	R/W Byte	—	R/W	—	—	1	Y	00h
3Bh	FAN_COMMAND_1	R/W Word	—	R/W	—	—	2	Y	FFFFh
40h	VOUT_OV_FAULT_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	7FFFh
42h	VOUT_OV_WARN_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	7FFFh
43h	VOUT_UV_WARN_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
44h	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
46h	IOUT_OC_WARN_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	7FFFh
4Ah	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
4Fh	OT_FAULT_LIMIT	R/W Word	—	—	R/W	—	2	Y	7FFFh

MAXQ是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MAX34441

表1. PMBus命令代码(续)

CODE	COMMAND NAME	TYPE	PAGE 0–4	PAGE 5	PAGE 6–11	PAGE 255	NO. OF BYTES	FLASH STORED (NOTE 2)	DEFAULT VALUE (NOTE 2)
			(NOTE 1)						
51h	OT_WARN_LIMIT	R/W Word	—	—	R/W	—	2	Y	7FFFh
5Eh	POWER_GOOD_ON	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
5Fh	POWER_GOOD_OFF	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
60h	TON_DELAY	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
62h	TON_MAX_FAULT_LIMIT	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
64h	TOFF_DELAY	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
78h	STATUS_BYTE	Read Byte	R	R	R	R	1	N	00h
79h	STATUS_WORD	Read Word	R	R	R	R	2	N	0000h
7Ah	STATUS_VOUT	Read Byte	R	—	—	—	1	N	00h
7Eh	STATUS_CML	Read Byte	R	R	R	R	1	N	00h
80h	STATUS_MFR_SPECIFIC	Read Byte	R	—	R	—	1	N	00h
81h	STATUS_FANS_1_2	Read Byte	—	R	—	—	1	N	00h
8Bh	READ_VOUT	Read Word	R	—	—	—	2	N	0000h
8Ch	READ_IOUT	Read Word	R	—	—	—	2	N	0000h
8Dh	READ_TEMPERATURE_1	Read Word	—	—	R	—	2	N	0000h
90h	READ_FAN_SPEED_1	Read Word	—	R	—	—	2	N	0000h
98h	PMBUS_REVISION	Read Byte	R	R	R	R	1	FIXED	11h
99h	MFR_ID	Read Byte	R	R	R	R	1	FIXED	4Dh
9Ah	MFR_MODEL	Read Byte	R	R	R	R	1	FIXED	52h
9Bh	MFR_REVISION	Read Word	R	R	R	R	2	FIXED	3030h
9Ch	MFR_LOCATION	Block R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	8	Y	(Note 3)
9Dh	MFR_DATE	Block R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	8	Y	(Note 3)
9Eh	MFR_SERIAL	Block R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	8	Y	(Note 3)
D1h	MFR_MODE	R/W Word	R/W	R/W	R/W	R/W	2	Y	0000h
D4h	MFR_VOUT_PEAK	R/W Word	R/W	—	—	—	2	N	0000h
D5h	MFR_IOUT_PEAK	R/W Word	R/W	—	—	—	2	N	0000h
D6h	MFR_TEMPERATURE_PEAK	R/W Word	—	—	R/W	—	2	N	8000h
D7h	MFR_VOUT_MIN	R/W Word	R/W	—	—	—	2	N	7FFFh
D9h	MFR_FAULT_RESPONSE	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
DAh	MFR_FAULT_RETRY	R/W Word	R/W	R/W	R/W	R/W	2	Y	0000h
DCh	MFR_NV_FAULT_LOG	Block Read	R	R	R	R	255	Y	(Note 4)
DDh	MFR_TIME_COUNT	Block Read	R	R	R	R	4	N	(Note 5)
E0h	MFR_MARGIN_CONFIG	R/W Word	R/W	—	—	—	2	Y	0000h
F0h	MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG	R/W Word	—	—	R/W	—	2	Y	0000h
F1h	MFR_FAN_CONFIG	R/W Word	—	R/W	—	—	2	Y	0000h
F2h	MFR_FAN_LUT	Block R/W	—	R/W	—	—	32	Y	(Note 6)
F3h	MFR_READ_FAN_PWM	Read Word	—	R	—	—	2	N	0000h
F5h	MFR_FAN_FAULT_LIMIT	R/W Word	—	R/W	—	—	2	Y	0000h
F6h	MFR_FAN_WARN_LIMIT	R/W Word	—	R/W	—	—	2	Y	0000h

注1: 标有阴影的命令为通用命令, 从任何页面访问时都产生相同的器件响应。

注2: 在Flash Stored栏中, “N”表示执行STORE_DEFAULT_ALL命令时该参数不存储在闪存中, 上电复位或触发RST引脚时自动加载Default Value栏的数值。Flash Stored栏中的“Y”表示执行STORE_DEFAULT_ALL命令时该参数的当前加载值存储在闪存中, 并在上电复位或触发RST引脚时自动加载, Default Value栏中的数值为出厂时的数值。Flash Stored栏中的“FIXED”表示该值在工厂固定, 不能修改。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

表1. PMBus命令代码(续)

注3: 该8字节数据块的工厂设置默认值为3130313031303130h。
注4: MFR_NV_FAULT_LOG完整数据块的工厂设置默认值为FFh。
注5: 该4字节数据块的上电复位值为00000000h。
注6: MFR_FAN_LUT完整数据块的工厂设置默认值为00h。

表2. PMBus/SMBus串口地址

A1	A0	7-BIT SLAVE ADDRESS
100kΩ to VSS	100kΩ to VSS	1101 010 (D4h)
	100kΩ to VDD	1101 011 (D6h)
100kΩ to VDD	100kΩ to VSS	1101 100 (D8h)
	100kΩ to VDD	1101 101 (DAh)

地址选择

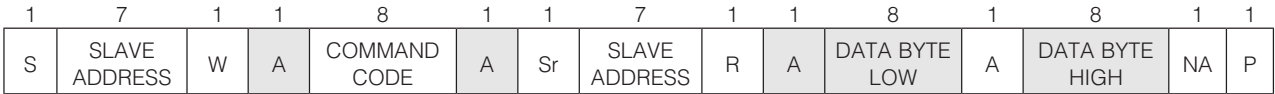
器件上电时，通过A0和A1引脚确定PMBus/SMBus串口地址。

SMBus/PMBus操作

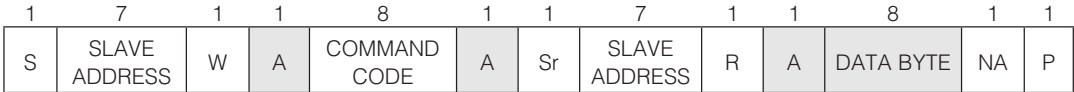
器件采用SMBus格式实现PMBus命令结构。主器件和从器件之间的数据流结构如下所示，有几种不同的会话类型。所有会话均以主器件发送7位从器件地址(R/W = 0)，然后紧跟一个命令代码开始。数据传输为最高有效位(MSB)在前。

SMBus/PMBus通信示例

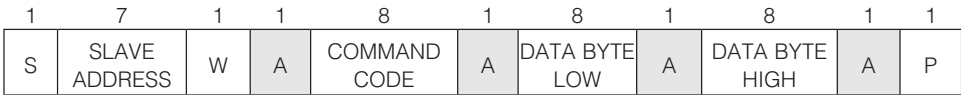
READ WORD FORMAT



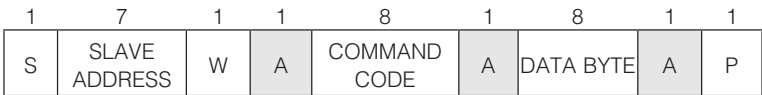
READ BYTE FORMAT



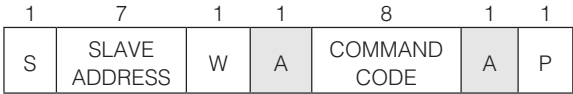
WRITE WORD FORMAT



WRITE BYTE FORMAT



SEND BYTE FORMAT



KEY:
S = START
Sr = REPEATED START
P = STOP
W = WRITE BIT (0)
R = READ BIT (1)
A = ACKNOWLEDGE (0)
NA = NOT ACKNOWLEDGE (1)
SHADED BLOCK = SLAVE TRANSACTION

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

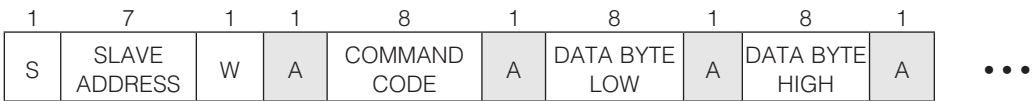
群发命令

器件支持群发命令。利用群发命令，主器件能够通过一个较长的连续数据流对同一串行总线上的多个器件写入不同数

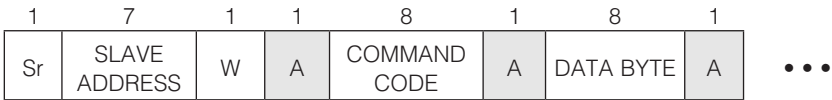
据。所有被寻址的器件在会话期间等待主器件发出STOP命令，然后开始响应命令。

群发命令写格式

SLAVE ADDRESS, COMMAND BYTE, AND DATA WORD FOR DEVICE 1

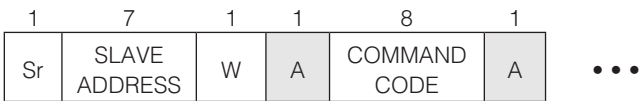


SLAVE ADDRESS, COMMAND BYTE, AND DATA BYTE FOR DEVICE 2

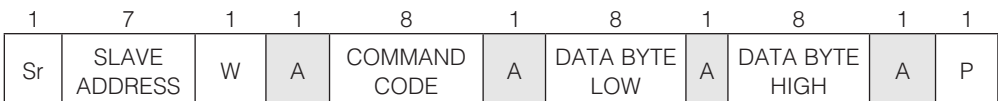


KEY:
S = START
Sr = REPEATED START
P = STOP
W = WRITE BIT (0)
A = ACKNOWLEDGE (0)
SHADED BLOCK = SLAVE TRANSACTION

SLAVE ADDRESS AND SEND BYTE FOR DEVICE 3



SLAVE ADDRESS, COMMAND BYTE, AND DATA WORD FOR DEVICE N



寻址

器件接收到自身的固定从地址后，在总线上发出一个应答(ACK)进行响应。器件不响应全呼地址，仅在接收到自身的固定从地址时进行响应。这种操作的唯一例外是ALERT输出使能(MFR_MODE中的ALERT位 = 1)，并且ALERT被触发报警。发生这种状况时，器件仅识别报警响应地址(0001 100, 18h)。更多详细信息请参见ALERT和报警响应地址(ARA)部分。

ALERT和报警响应地址(ARA)

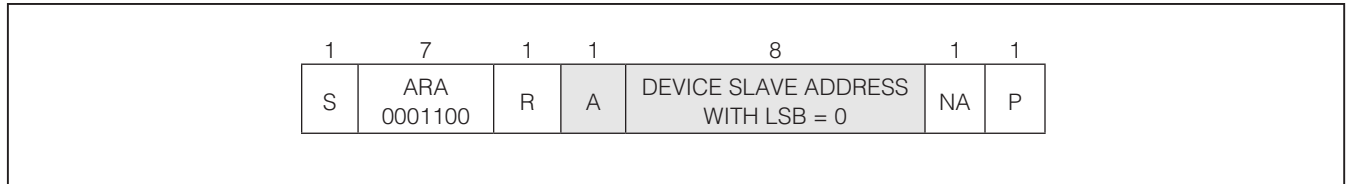
如果ALERT输出使能(MFR_MODE中的ALERT位 = 1)，发生故障时，器件触发ALERT信号报警输出，然后等待主

器件发送报警响应地址(ARA)，如报警响应地址(ARA)字节格式部分所示。等待ARA时，器件不响应自身的固定从地址。

收到ARA后，器件触发ALERT报警，器件对其进行应答，然后尝试通过仲裁总线将其自身的固定从地址置于总线，因为其它器件亦可尝试响应ARA。仲裁规则规定地址最低的器件获得资格。如果器件赢得仲裁，则解除ALERT报警，并开始响应其自身的固定从地址。如果器件仲裁失败，则保持ALERT的报警状态，等待主器件再次发送ARA。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

报警响应地址(ARA)字节格式



主器件发送或读取的位数太少

当主器件因为任何原因在START或STOP之前未完成写入一个完整字节或未能从器件读取一个完整字节，器件将采取以下动作：

- 1) 忽略命令。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 5) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

主器件发送或读取的字节数太少

对于支持的每一条命令，都预期向器件写入或从器件读取固定数量的字节。如果因为任何原因，写入器件或从器件读取的字节少于预期数量，器件则完全忽略命令，并不采取任何动作。

主器件发送的字节或位数太多

对于支持的每一条命令，都预期向器件写入固定数量的字节。如果因为任何原因，写入器件的字节或位数多于预期数量，器件采取以下动作：

- 1) 忽略命令。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 5) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

主器件读取的字节或位数太多

对于支持的每一条命令，都预期从器件读取固定数量的字节。如果因为任何原因，从器件读取的字节或位数多于预期数量，器件采取以下动作：

- 1) 只要主器件保持应答，发送全1 (FFh)。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 5) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

主器件在从地址字节中设置的读取状态位错误

如果器件在命令代码之前收到的从地址中的R/W位为1，器件将采取以下动作(注意，不适用于ARA)：

- 1) 应答地址字节。
- 2) 只要主器件保持应答，发送全1 (FFh)。
- 3) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 5) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 6) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

接收到不支持的命令代码

如果主器件向器件发送了不能支持的命令代码，或者当前PAGE设置不支持主器件发送的命令代码，器件采取以下动作：

- 1) 忽略命令。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的COMM_FAULT位置位。
- 5) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

接收到无效数据

器件检查PAGE、OPERATION和WRITE_PROTECT命令代码，确认数据有效。如果主器件写入的数据无效，器件采取以下动作：

- 1) 忽略命令。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 5) 通过触发ALERT报警(若已使能)通知主器件。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

主器件从只写命令请求读操作

当向一条只写命令(CLEAR_FAULTS、STORE_DEFAULT_ALL、RESTORE_DEFAULT_ALL)发出读请求时, 器件采取以下动作:

- 1) 应答地址字节。
- 2) 忽略命令。
- 3) 只要主器件保持应答, 发送全1 (FFh)。
- 4) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 5) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 6) 将STATUS_CML中的DATA_FAULT位置位。
- 7) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若已使能)通知主器件。

主器件向只读命令请求写操作

当向一条只读命令发出写请求时, 器件采取以下动作:

- 1) 忽略命令。
- 2) 将STATUS_BYTE中的CML位置位。
- 3) 将STATUS_WORD中的CML位置位。
- 4) 将STATUS_CML中的COMM_FAULT位置位。
- 5) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若已使能)通知主器件。

SMBus超时

如果SCL在有效工作的SMBus通信期间保持为低电平的时间大于超时周期(通常为30ms), 器件则终止通信并复位串行总线。器件不采取其它任何动作, 也不设置任何状态位。

PMBus操作

从软件角度讲, 器件为能够执行PMBus命令子集的PMBus器件。PMBus 1.1兼容器件按照SMBus 1.1版协议传输并响应SMBus从地址。本数据资料中, SMBus指的是按照SMBus物理层协议进行通信的PMBus电气特性, PMBus代表PMBus命令协议。器件采用多种标准的SMBus协议(例

如Write Word、Read Word、Write Byte、Read Byte和Send Byte等), 设置输出电压和报警/故障门限、读取监测数据, 并执行所有制造商规定的命令。

器件支持群发命令。群发命令可以向多个PMBus器件发送命令。它不要求所有器件接收同一命令, 但一组命令包只能向任何一个器件发送一个命令。群发命令不能用于要求接收器件进行数据响应的指令, 例如STATUS_BYTE命令。当器件通过该协议收到命令时, 检测到STOP条件后将立即执行收到的命令。

器件支持PAGE命令, 并可利用该指令选择访问哪一个独立通道。发送数据字时, 先发送低字节, 最后发送高字节。任何一个字节内, 先发送最高有效位(MSB), 最后发送最低有效位(LSB)。

PMBus协议支持

器件支持PMBus™电源系统管理协议规范第II部分(命令语言, 1.1版)定义的命令子集。关于规范的详细信息以及完整的PMBus命令列表, 请参考www.PMBus.org网站发布的PMBus规范第II部分。本文中介绍了所支持的PMBus命令及对应的器件操作。除非特别说明, 所有数据都以DIRECT格式表示。PMBus规范涉及的PMBus器件指的是MAX34441, 该器件与一个电源或风扇器件配合工作。由于命令可能要求打开或关闭PMBus器件, MAX34441将始终保持工作, 保持与PMBus主器件的通信, MAX34441将命令发送到相应的电源器件。

数据格式

用于设置或读取输出电压或者是相关参数(如: 过压门限)的电压数据将以DIRECT格式表示。DIRECT数据格式是一个双字节二进制补码。DIRECT格式数据可用于发送或读取参数的任何命令。DIRECT格式利用公式和规定的系数计算相应数值, 表3所示为器件使用的系数。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

表3. PMBus命令代码系数

PARAMETER	COMMANDS	UNITS	RESOLUTION	MAX	m	b	R
Voltage	VOUT_MARGIN_HIGH VOUT_MARGIN_LOW VOUT_OV_FAULT_LIMIT VOUT_OV_WARN_LIMIT VOUT_UV_WARN_LIMIT VOUT_UV_FAULT_LIMIT POWER_GOOD_ON POWER_GOOD_OFF READ_VOUT MFR_VOUT_PEAK MFR_VOUT_MIN	mV	1	32,767	1	0	0
Voltage Scaling	VOUT_SCALE_MONITOR	—	1/32,767	1	32,767	0	0
Current	IOUT_OC_WARN_LIMIT IOUT_OC_FAULT_LIMIT READ_IOUT MFR_IOUT_PEAK	mA	1	32,767	1	0	0
Current Scaling	IOUT_CAL_GAIN	mΩ	0.1	3276.7	1	0	1
Temperature	OT_FAULT_LIMIT OT_WARN_LIMIT READ_TEMPERATURE_1 MFR_TEMPERATURE_PEAK	°C	0.01	327.67	1	0	2
Fan Speed	READ_FAN_SPEED_1 FAN_COMMAND_1 MFR_FAN_FAULT_LIMIT MFR_FAN_WARN_LIMIT	RPM	1	32,767	1	0	0
	FAN_COMMAND_1 MFR_READ_FAN_PWM MFR_FAN_FAULT_LIMIT MFR_FAN_WARN_LIMIT	%	0.01	327.67	1	0	2
Timing	TON_DELAY TON_MAX_FAULT_LIMIT TOFF_DELAY MFR_FAULT_RETRY	ms	1	32,767	1	0	0

解析接收到的DIRECT格式数据

主系统利用下式把从PMBus器件(本例中为MAX34441)接收到的数值转换成伏特、摄氏度或其它单位的读数:

$$X = (1/m) \times (Y \times 10^{-R} - b)$$

其中, X为计算值, 是对应单位的实际值(V、°C等); m为斜率系数; Y是从PMBus器件接收到的双字节二进制补码表示的整数; b为偏移量; R为指数。

发送DIRECT格式数据

若要发送一个数据, 主器件必须采用下式计算Y:

$$Y = (mX + b) \times 10^R$$

其中, Y为需要发送的双字节二进制补码表示的整数; m为斜率系数; X为待发送的实际数值, 带有单位(如: 伏特); b为偏移量; R为指数。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

以下举例说明主器件如何发送数据以及从器件如何接收数据。表4所示为以下参数中使用的系数。

表4. DIRECT格式数据的系数

COMMAND CODE	COMMAND NAME	m	b	R
25h	VOUT_MARGIN_HIGH	1	0	0
8Bh	READ_VOUT	1	0	0

如果主器件希望电源输出电压为3.465V (或3465mV)，那么相应的VOUT_MARGIN_HIGH值为：

$$Y = (1 \times 3465 + 0) \times 10^0 = 3465 \text{ (十进制)} = 0D89h \text{ (十六进制)}$$

相反，如果主器件在READ_VOUT命令后收到0D89h，则相当于：

$$X = (1/1) \times (0D89h \times 10^{-(0)} - 0) = 3465mV = 3.465V$$

通常，电源和转换器无法了解其输出电路的接地状况。在电源内部，所有输出电压大多被认为是正电压，所以PMBus器件的所有输出电压以及与输出电压相关的参数都以正值设置和报告。如果系统需要，也可以由系统确定特定的输出为负值。所有与输出电压相关的命令都采用两个数据字节。

故障管理和报告

为了向主器件实时报告故障/报警，器件触发漏极开路ALERT引脚(如果在MFR_MODE中被使能)，并将状态寄存器的相应标识位置位。检测到ALERT有效后，主器件或系统管理器即轮询I²C总线，以确定触发ALERT的器件。

表5. 器件参数监测状态

PARAMETER	REQUIRED CONDITIONS FOR ACTIVE MONITORING	ACTION DURING A FAULT
Overvoltage	Power Supply Enabled (TON_MAX_FAULT_LIMIT ≠ 0000h)	Continue Monitoring
Undervoltage	- Power Supply Enabled (TON_MAX_FAULT_LIMIT ≠ 0000h) - PSEN Output is Active - Channel's VOUT > POWER_GOOD_ON	Stop Monitoring While the Power Supply is Off
Overcurrent	- Power Supply Enabled (TON_MAX_FAULT_LIMIT ≠ 0000h) - Current Monitoring Enabled (IOUT_OC_FAULT_LIMIT ≠ 0000h)	Continue Monitoring
Power-Up Time	Power Supply Enabled (TON_MAX_FAULT_LIMIT ≠ 0000h)	Monitor Only During Power-On
Overtemperature	Temp Sensor Enabled (ENABLE in MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG = 1)	Continue Monitoring
Fan Speed	Fan Enabled (Bit 7 in FAN_CONFIG_1_2 = 1)	Continue Monitoring

主机发送SMBus ARA (0001 100)。器件应答SMBus ARA，发送其从地址，并解除ALERT报警。随后，系统控制器通过PMBus命令进行通信，以便重新获得器件故障/报警状态信息。

详细信息请参考各个命令的说明部分。以下任何条件均可清除被锁存在状态寄存器中的故障和报警标志：

- 收到CLEAR_FAULTS命令。
- 触发RST引脚。
- 撤除器件偏置电源，然后再重新施加偏置。

一个或多个闭锁电源只有在发生以下条件之一时才会重启：

- 通过CONTROL引脚、OPERATION命令关闭输出，然后再打开。
- 触发RST引脚。
- 撤除器件偏置电源，然后再重新施加偏置。

如果检测到任何电源响应的故障，则不允许打开电源。只有清除故障后，才允许打开电源。进行电源全局排序时，任何电源出现故障都将禁止打开所有电源。

系统整体上电(当PAGE为255时接收到OPERATION命令将电源打开，或者触发CONTROL引脚打开电源)允许所有使能电源上电。如果电源开始打开时检测到任何故障，执行MFR_FAULT_RESPONSE响应。

器件按照制造商的故障响应命令(MFR_FAULT_RESPONSE)响应故障条件。该命令字节决定了器件应该如何响应每个具体故障，表5所示为具体参数所需的条件和故障动作。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

系统看门狗定时器

器件采用内部看门狗定时器，每5ms在内部复位一次。如果器件闭锁并且看门狗定时器在500ms后尚未复位时，器件将自动复位。发生复位后，器件重新加载闪存存储的配置值，并开始正常工作。复位后，器件还采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的WATCHDOG位置位。
- 4) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

温度传感器操作

器件可监测多达6个不同的温度传感器。它可监测多达4个基于I²C的远端温度传感器和一个远端二极管以及自身的内部温度传感器。每秒钟对每个使能的温度传感器进行一次测量。远端二极管和内部温度传感器取4次平均，以降低噪声影响。器件每次尝试读取温度传感器时都进行故障检测，对于远端二极管，读数大于+160°C或小于-60°C时被认为发生故障。对于内部温度传感器，读数大于+130°C或小于-60°C时被认为发生故障。对于I²C温度传感器，通信失败认为发生故障。通过将温度读数设置为7FFFh报告温度传感器故障。温度传感器故障导致STATUS_BYTE和STATUS_WORD中的TEMPERATURE位置位，并触发ALERT(若在MFR_MODE中已使能)报警。不会置位STATUS_MFR_SPECIFIC中的任何位。

温度并非必须用来控制风扇转速，可使能并只用于温度监测。读取被禁用的温度传感器将返回固定值0000h。

远端二极管温度传感器可采用npn或pnp晶体管。器件自动抵消影响远离器件的远端二极管的串联电阻。

器件可控制多达4个DS75LV数字温度传感器。DS75LV上的A0、A1和A2引脚应按表6所示配置。不使用DS75LV的温度调节功能，所以O.S.输出应保持开路。

表6. DS75LV地址引脚配置

PAGE	MAX34441 I ² C TEMP SENSOR	DS75LV ADDRESS PIN CONFIGURATION		
		A2	A1	A0
7	TEMP SENSOR I ² C 0	0	0	0
8	TEMP SENSOR I ² C 1	0	0	1
9	TEMP SENSOR I ² C 2	0	1	0
10	TEMP SENSOR I ² C 3	0	1	1

风扇控制操作

风扇控制有4种工作模式。模式由FAN_COMMAND_1和FAN_CONFIG_1_2的第6位组合决定(见表7)。可通过将FAN_CONFIG_1_2中的第7位置0禁用风扇控制功能。

双风扇应用

RPM模式下的双风扇应用中，TACHSEL = 0时所选的转速计被闭环控制到目标RPM。一旦完成PWM调节，TACHSEL则每500ms在两个转速计之间切换，进行监测。READ_FAN_SPEED_1报告两个转速计信号中的较小数值，并用于风扇故障和报警的比较。PWM模式下的双风扇应用中，TACHSEL总是每500ms进行一次切换。如果两路转速计信号中的某路信号工作速率较低，建议将较慢的转速计在TACHSEL = 0时送至TACH输入。

自动风扇控制操作

自动模式下，根据控制温度(归一化后最高温度读数)和相应的风扇控制PWM占空比(单位为%)或风扇转速(单位为RPM)对风扇进行闭环控制。这些参数均在风扇查找表(LUT)中指定，详细配置信息请参见MFR_FAN_LUT说明。控制温度超过LUT中设置的温度水平时，器件根据与该温度相关的信息输出PWM占空比或调节风扇转速，图1给出了一个示例。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

表7. 风扇控制工作模式

FAN CONTROL MODE	FAN OPERATIONAL DETAILS	BIT 6 OF FAN_CONFIG_1_2	VALUE IN FAN_COMMAND_1
Manual PWM	External host controls the fan speed by directly setting the fan PWM duty cycle values.	0	0000h to 7FFFh
Manual RPM	External host controls the fan speed by setting target fan speed values. The device reads the actual fan speed, and close loop adjusts the output fan PWM to match the target fan speed.	1	0000h to 7FFFh
Automatic PWM	The device sets the output PWM based on the fan LUT that maps the temperature sensor readings to the required fan PWM duty-cycle values.	0	8000h to FFFFh
Automatic RPM	The device reads the actual fan speed and close loop adjusts the output fan PWM to match the target fan speed based on the fan LUT that maps the temperature sensor readings to the required fan speed.	1	8000h to FFFFh

注：RPM模式应只用于提供转速计输出的风扇。

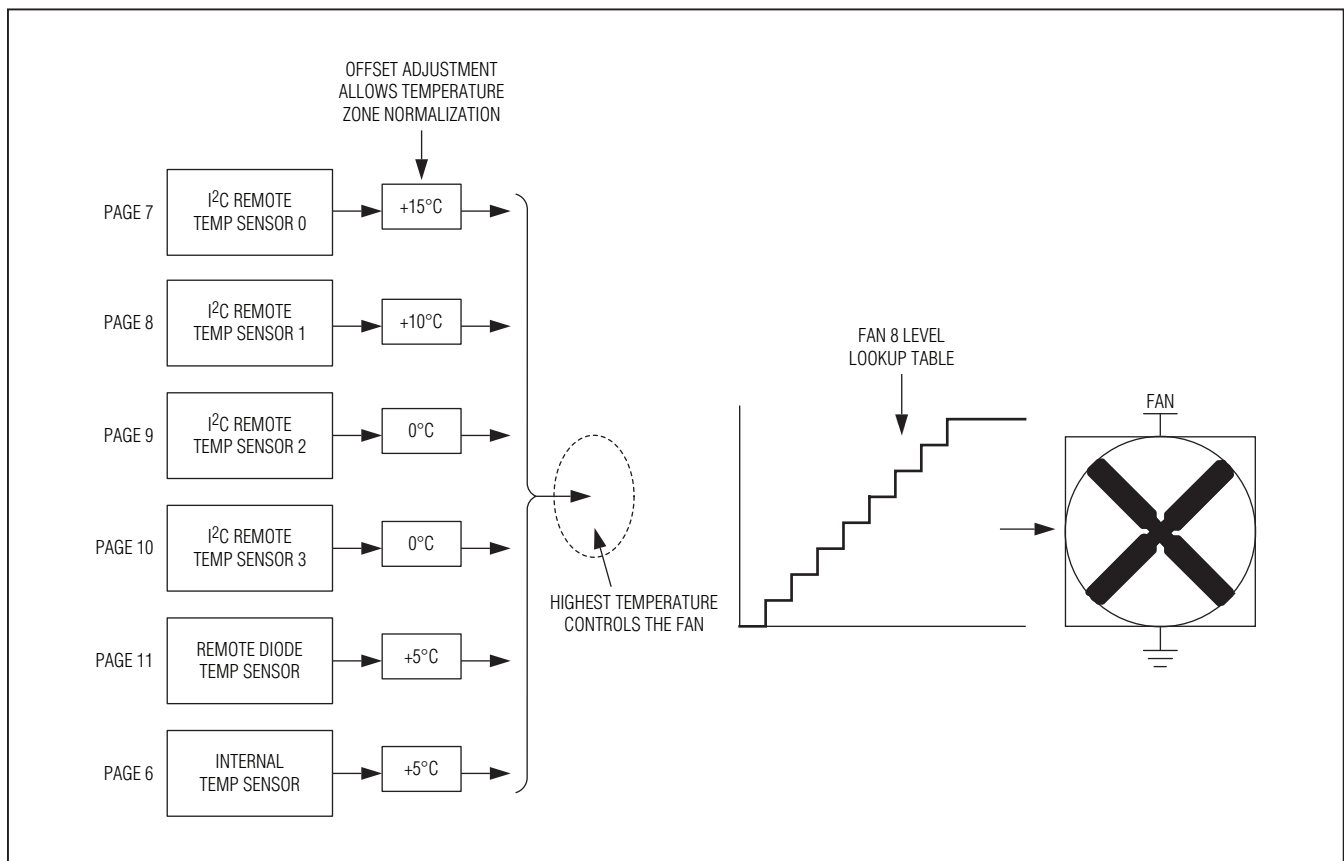


图1. 自动风扇控制

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

6个温度传感器的任意一个或所有温度传感器均可用于控制风扇转速。每个温度传感器均具有温度偏移调节，允许监测具有不同温度特性的温度区域。图1中，I²C温度传感器0监测的区域比I²C温度传感器3测量的区域敏感15°C。为了把可闻噪声和风扇功耗降至最低，器件允许每路温度传感器增加一个温度偏移。从而允许通过具有不同温度特性的温度区域控制风扇，使其保持在尽可能低的转速，维持所要求的温度范围。

如果没有指定温度传感器用于风扇控制，输出风扇PWM信号将被调至最高100%的占空比。

图2中，在温度采样点1，所要求的风扇转速对应于温度等级2的转速水平，由于温度采样点1的温度高于温度等级3，需要增大风扇PWM占空比，以提高风扇转速。器件提高风扇PWM占空比的速率由MFR_FAN_CONFIG命令代码中的RAMP位控制。如果PWM占空比在温度采样检测到需要新

的PWM目标值之前没有达到目标值，器件将停止向原目标值移动，并按照所设置的调节速率开始向新目标值移动。

在温度采样点2，温度已升高至温度等级4以上，所以必须再次增大PWM占空比。在温度采样点3，温度已下降，但未低于温度滞回(由MFR_FAN_CONFIG命令代码中的HYS位设置)，所以风扇转速仍保持在4级。在温度采样点4，温度已下降至滞回温度以下，所以降低了PWM占空比。

脉冲展宽

在一些3线风扇应用中，当中断电源控制风扇转速时，转速计信号不可用。有些风扇控制器周期性展宽PWM信号，以允许精确检测转速计，展宽脉冲会产生可闻噪声。**该器件不支持脉冲展宽。**由于RPM风扇模式始终需要一个可靠的转速计信号，所以不适合通过切换风扇电源控制转速的应用。例如，3线风扇的低边切换不应使用任何一种RPM风扇模式。

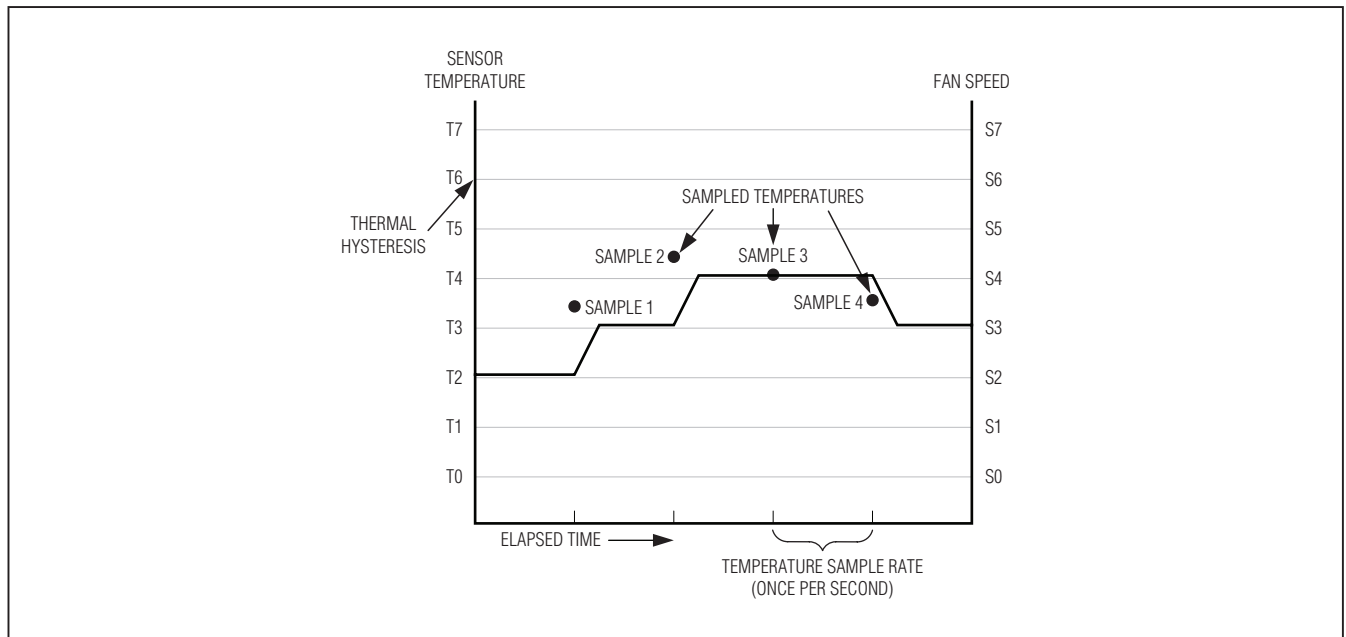


图2. 风扇速度示例

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

风扇上旋

图3所示为风扇上旋过程。风扇上旋时，每200ms检测一次转数，持续长达2s的时间。当转数高于或等于宽松的上旋标准时，风扇通过上旋。如果风扇具有锁定转子输出，没有触发锁定转子信号时风扇通过上旋。

通过上旋时，器件强制风扇PWM占空比为40%。40%的占空比将保持到完成下次温度转换(每秒转换一次)。温度转换后，器件进入手动模式工作或按照MFR_FAN_LUT自动工作。

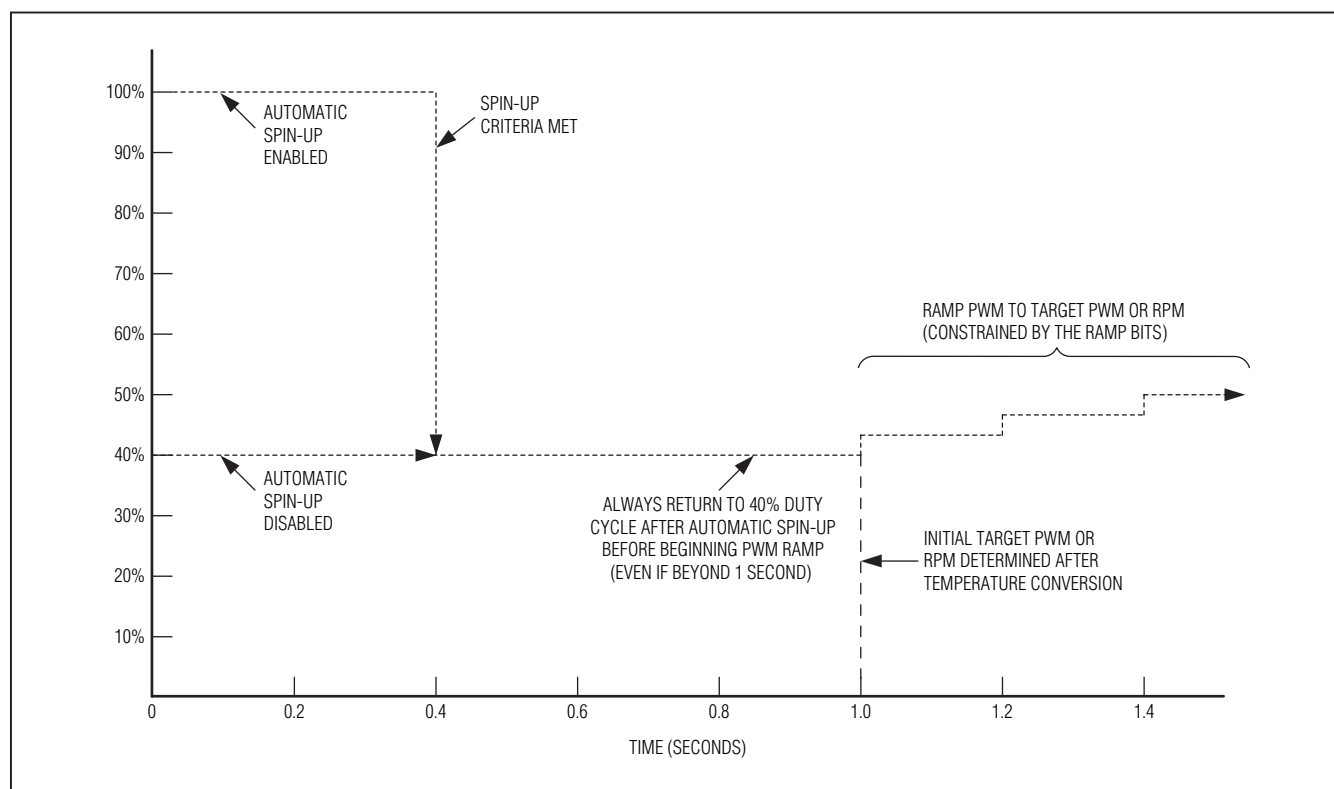


图3. 风扇上旋

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

PMBus命令

以下部分汇总介绍器件所支持的PMBus命令。

PAGE (00h)

器件可利用一个PMBus (I²C)地址控制多达5路电源、6个温度传感器和1个风扇。发送数据0至11的PAGE命令选择受控于表1所有PMBus命令的电源、温度传感器或风扇。并非每页都支持所有命令。如果接收到不支持的命令，CML状态位被置位。有些命令为通用命令，意味着任意选择页都具有相同影响，并且器件具有相同响应。

如果希望以下PMBus命令同时作用于所有页，将PAGE设置为255。该功能只对少数命令(OPERATION、CLEAR_FAULTS)具有实际意义。

表8. 页命令

PAGE (DEC)	ASSOCIATED CONTROL
0	Power Supply Connected to ADC 0
1	Power Supply Connected to ADC 1
2	Power Supply Connected to ADC 2
3	Power Supply Connected to ADC 3
4	Power Supply Connected to ADC 4
5	Fan Connected to PWM 5
6	Internal Temperature Sensor
7	Remote I ² C Temperature Sensor with Address 0
8	Remote I ² C Temperature Sensor with Address 1
9	Remote I ² C Temperature Sensor with Address 2
10	Remote I ² C Temperature Sensor with Address 3
11	Remote Thermal-Diode Sensor
12 to 254	Reserved
255	Applies to All Pages

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

OPERATION (01h)

OPERATION命令配合CONTROL输入引脚打开和关闭电源。OPERATION命令还可以把电源的输出电压设置在较高或较低裕量。在新的OPERATION命令或CONTROL引脚(如果使能)状态变化使电源更改到另一状态之前, 电源将维持命令指定的工作模式, 有效的OPERATION命令字节数值请参考表9和表10。OPERATION命令在收到更改输出的命令后控制器件的响应操作。当命令字节为00h时, 器件立即关断电源, 并忽略所有关断延时设置。当命令字节设置为40h时, 器件则根据所设置的关断延时关断电源。在表9和表10中, “act on any fault”表示当进行输出裕量调节时, 如果在所选电源上检测到任何报警或故障, 器件将其视为报警或故障, 并根据设置进行响应。“Ignore all faults”表示忽略所选电源的所有报警和故障。表9和表10中没有列出的任何其它命令值均为无效命令。如果器件收到表9和表10中没有列出的数据字节, 则将其视为无效数据, 报告数据故障(置位CML位, 触发ALERT), 并按照故障管理和报告部分的说明进行响应。

用户提示: 所有被标记为GLOBAL的电源(参见MFR_FAULT_RESPONSE)应同时打开和关闭。

表9. OPERATION命令字节(ON_OFF_CONFIG的第3位 = 1时)

COMMAND BYTE	POWER SUPPLY ON OR OFF	MARGIN STATE
00h	Immediate Off (No Sequencing)	N/A
40h	Soft Off (with Sequencing)	N/A
80h	On	Margin Off
94h	On	Margin Low (Ignore All Faults)
98h	On	Margin Low (Act On Any Fault)
A4h	On	Margin High (Ignore All Faults)
A8h	On	Margin High (Act On Any Fault)

注: 器件只有在电源使能时才采取行动。所有被使能通道的VOUT必须超过POWER_GOOD_ON才能开始调节裕量。

表10. OPERATION命令字节(ON_OFF_CONFIG的第3位 = 0时)

COMMAND BYTE	POWER SUPPLY ON OR OFF	MARGIN STATE
00h	Command Has No Effect	N/A
40h	Command Has No Effect	N/A
80h	Command Has No Effect	Margin Off
94h	Command Has No Effect	Margin Low (Ignore All Faults)
98h	Command Has No Effect	Margin Low (Act On Any Fault)
A4h	Command Has No Effect	Margin High (Ignore All Faults)
A8h	Command Has No Effect	Margin High (Act On Any Fault)

注: 器件只有在电源使能时才采取行动。所有被使能通道的VOUT必须超过POWER_GOOD_ON才能开始调节裕量。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

ON_OFF_CONFIG (02h)

ON_OFF_CONFIG命令用于配置CONTROL输入和PMBus OPERATION命令，以便开启、关闭电源。该命令指示上电时如何控制电源，表11所示为ON_OFF_CONFIG消息内容。主器件在电源有效时不应修改ON_OFF_CONFIG。

表11. ON_OFF_CONFIG (02h)命令字节

BIT	PURPOSE	BIT VALUE	MEANING
7:5	Reserved	N/A	Always returns 000.
4	Turn on supplies when bias is present or use the CONTROL pin and/or OPERATION command	0	Turn on the supplies (with sequencing, if so configured) as soon as bias is supplied to the device regardless of the CONTROL pin.
		1	Operate the supplies as instructed by the CONTROL pin and/or the OPERATION command.
3	OPERATION Command Enable	0	Ignore the on/off portion of the OPERATION command.
		1	OPERATION command enabled and required for action.
2	CONTROL Pin Enable	0	Ignore the CONTROL pin.
		1	CONTROL pin enabled and required for action.
1	CONTROL Pin Polarity	0	Active low (drive low to turn on the power supplies).
		1	Active high (drive high to turn on the power supplies).
0	CONTROL Pin Turn-Off Action	0	Use the programmed turn-off delay (soft off).
		1	Turn off the power supplies immediately.

CLEAR_FAULTS (03h)

CLEAR_FAULTS命令用于清除状态寄存器中被置位的所有故障或警告位，该命令同时清除所有位。CLEAR_FAULTS命令不会使由于故障条件而闭锁的电源重新启动。PSEN在故障条件下的状态不受该命令的影响，只有通过OPERATION命令或CONTROL引脚才能改变。如果执行CLEAR_FAULTS命令后仍然存在故障，则故障状态位重新置位并再次触发ALERT报警（若在MFR_MODE中已使能），通知主器件。该命令为只写命令，无数据字节。

WRITE_PROTECT (10h)

WRITE_PROTECT命令用来保护器件在工作状态下不会意外改写存储器内容。所有支持命令均由对应的参数读取，与WRITE_PROTECT设置无关，表12给出了WRITE_PROTECT的信息内容。

表12. WRITE_PROTECT命令字节

COMMAND BYTE	MEANING
80h	Disable all writes except the WRITE_PROTECT command.
40h	Disable all writes except the WRITE_PROTECT, OPERATION, and PAGE commands.
20h	Disable all writes except the WRITE_PROTECT, OPERATION, PAGE, and ON_OFF_CONFIG commands.
00h	Enable writes for all commands (default).

注：如果主器件试图写入受保护区域，不会产生故障或错误。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

STORE_DEFAULT_ALL (11h)

STORE_DEFAULT_ALL命令使器件将器件配置信息发送至内部闪存阵列，并非存储所有信息。只储存配置信息，并非所有状态信息或工作数据。如果在传输期间发生错误，则触发 $\overline{\text{ALERT}}$ （如果已使能），STATUS_BYTE和STATUS_WORD中的CML位被置1，不会对STATUS_CML中的任何位置位。当器件在操作电源或风扇时，不建议使用STORE_DEFAULT_ALL命令。传输配置时，器件不响应PMBus命令，并且不监测电源。该命令为只写命令，无数据字节。

用户提示：V_{DD}必须高于2.9V，器件才能执行STORE_DEFAULT_ALL命令。

RESTORE_DEFAULT_ALL (12h)

RESTORE_DEFAULT_ALL命令从内部闪存阵列中发送默认配置信息至器件中的用户存储寄存器。只有器件没有操控电源或风扇时才执行RESTORE_DEFAULT_ALL命令。器件复位时，无需PMBus动作，器件自动执行该命令。该命令为只写命令，无数据字节。

CAPABILITY (19h)

CAPABILITY命令用来确定器件的一些重要功能。CAPABILITY命令为只读，表13给出了信息内容的说明。

表13. CAPABILITY命令字节

BIT	DESCRIPTION	MEANING
7	Packet-Error Checking	0 = PEC not supported.
6:5	PMBus Speed	00 = Maximum supported bus speed is 100kHz.
4	ALERT	1 = Device supports an ALERT output (if ALERT is enabled in MFR_MODE). 0 = Device does not support ALERT output (ALERT is disabled in MFR_MODE).
3:0	Reserved	Always returns 0000.

VOUT_MODE (20h)

VOUT_MODE命令用来报告器件的数据格式。器件对于所有与电压相关的命令均采用DIRECT格式。返回值为40h，表示DIRECT数据格式。该命令为只读命令，如果主器件试图写该命令，CML状态位置位。不同命令对应的m、b和R值请参考表3。

VOUT_MARGIN_HIGH (25h)

VOUT_MARGIN_HIGH命令向器件装载一个电压值，当OPERATION命令设置为裕量上限时，电源输出将更改为该电压值。如果电源已经工作在裕量上限，改变VOUT_MARGIN_HIGH不会影响输出电压。器件只是在收到新的OPERATION裕量上限调节命令时才会把电源调节到新的VOUT_MARGIN_HIGH电压。双数据字节采用DIRECT格式，如果器件不能成功闭环调节电源裕量，器件则保持尝试调节电源裕量，并采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的MARGIN_FAULT位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

VOUT_MARGIN_LOW (26h)

VOUT_MARGIN_LOW命令向器件装载一个电压值，当OPERATION命令设置为裕量下限时，电源输出将更改为该电压值。如果电源已经工作在裕量下限，改变VOUT_MARGIN_LOW不会影响输出电压。器件只是在收到新的OPERATION裕量下限调节命令时才会把电源调节到新的VOUT_MARGIN_LOW电压。双数据字节采用DIRECT格式，如果器件不能成功地闭环调节电源裕量，器件则保持尝试调节电源裕量，并采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的MARGIN_FAULT位置位。
- 4) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

VOUT_SCALE_MONITOR (2Ah)

VOUT_SCALE_MONITOR用于实测电源电压不等于ADC输入电压的应用。例如，输出为12V时，ADC输入电压为1.0V， $VOUT_SCALE_MONITOR = 1.0V/12V = 0.0833$ 。在电源输出电压大于器件输入范围的应用中，通过一个电阻分压器检测电源输出电压。电阻分压器可以降低或调节输出电压。PMBus命令规定了实际的电源输出电压，而非ADC的输入电压。若要器件在电源电压(例如12V)和ADC输入电压之间进行映射，则使用VOUT_SCALE_MONITOR命令。双数据字节采用DIRECT格式，该数值没有单位。例如，如果所需的比例因子为0.0833，VOUT_SCALE_MONITOR应设为0AABh ($2731/32,767 = 0.0833$)。

表14. VOUT_SCALE_MONITOR

NOMINAL VOLTAGE LEVEL MONITORED (V)	NOMINAL ADC INPUT VOLTAGE LEVEL (V) (SEE NOTE)	RESISTIVE VOLTAGE-DIVIDER RATIO	VOUT_SCALE_MONITOR VALUE (HEX)
1.2	1.0	0.833	6AAAh
1.5	1.0	0.667	5555h
1.8	1.0	0.555	470Ah
2.5	1.0	0.4	3333h
3.3	1.0	0.303	26C8h
5	1.0	0.2	1999h
12	1.0	0.0833	0AABh

注：器件的满量程ADC电压为1.225V。建议通过比例因子使1.0V ADC输入对应100%标称电压。

IOUT_CAL_GAIN (38h)

IOUT_CAL_GAIN命令用于设置ADC输入电压与检测电流的比值。IOUT_CAL_GAIN系数的单位为0.1mΩ。双数据字节采用DIRECT格式，例如，如果使用10mΩ检流电阻和50V/V电流检测放大器，IOUT_CAL_GAIN应设为500mΩ或1388h。

用户提示：器件的满量程ADC电压为1.225V，必须适当调节检流电阻和电流检测放大器增益。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

FAN_CONFIG_1_2 (3Ah)

FAN_CONFIG_1_2命令与MFR_FAN_CONFIG共同配置风扇，关于该命令的更多详细信息请参考MFR_FAN_CONFIG (F1h)部分，关于FAN_CONFIG_1_2命令的说明请参考表15。

表15. FAN_CONFIG_1_2命令字节

BIT	NAME	MEANING
7	FAN ENABLE	0 = Fan disabled (PWM5 forced low). 1 = Fan enabled.
6	RPM/PWM	0 = PWM duty cycle is the fan-controlling parameter. 1 = RPM is the fan-controlling parameter.
5:4	PULSE	00 = 1 Tach pulse per fan revolution. 01 = 2 Tach pulses per fan revolution. 10 = 3 Tach pulses per fan revolution. 11 = 4 Tach pulses per fan revolution.
3:0	0	These bits always return a 0.

FAN_COMMAND_1 (3Bh)

FAN_COMMAND_1命令用于屏蔽器件的自动风扇控制功能，并把风扇强制在固定PWM占空比或目标风扇转速(单位为RPM)。FAN_COMMAND_1的单位为占空比的百分数(如果FAN_CONFIG_1_2的第6位为0)或RPM (如果FAN_CONFIG_1_2的第6位为1)。低于0%占空比或0 RPM的任何值都将使器件忽略该命令，并采用自动风扇控制功能。大于或等于0%占空比或0 RPM的任何值都将使器件忽略自动风扇控制，并强制风扇至FAN_COMMAND_1命令提供的PWM值或RPM值。双数据字节采用DIRECT格式。

表16. PWM风扇模式(FAN_CONFIG_1_2的第6位 = 0)

FAN_COMMAND_1 VALUE	DEVICE RESPONSE
8000h to FFFFh	Ignore FAN_COMMAND_1 and use automatic fan-control function
0000h to 2710Fh	0 to 100% fan PWM duty cycle
2711h to 7FFFh	100% fan PWM duty cycle

表17. RPM风扇模式(FAN_CONFIG_1_2的第6位 = 1)

FAN_COMMAND_1 VALUE	DEVICE RESPONSE
8000h to FFFFh	Ignore FAN_COMMAND_1 and use automatic fan-control function
0000h to 7FFFh	0 to 32,767 RPM

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

VOUT_OV_FAULT_LIMIT (40h)

VOUT_OV_FAULT_LIMIT命令用于设置输出过压故障对应的输出电压值。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电压超过VOUT_OV_FAULT_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的VOUT_OV位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的VOUT_OV和VOUT位置位。
- 3) 将STATUS_VOUT中的VOUT_OV_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

VOUT_OV_WARN_LIMIT (42h)

VOUT_OV_WARN_LIMIT命令用于设置输出高压报警对应的输出电压值。该值通常小于VOUT_OV_FAULT_LIMIT的输出电压门限。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电压超过VOUT_OV_WARN_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和VOUT位置位。
- 3) 将STATUS_VOUT中的VOUT_OV_WARN位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

VOUT_UV_WARN_LIMIT (43h)

VOUT_UV_WARN_LIMIT命令用于设置输出低压报警对应的输出电压值。该值通常高于VOUT_UV_FAULT_LIMIT的输出欠压故障门限。启动时，该报警值在输出电压达到所设置的POWER_GOOD_ON电压之前被屏蔽，并且在电源禁用的关断期间也被屏蔽。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电压低于VOUT_UV_WARN_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和VOUT位置位。
- 3) 将STATUS_VOUT中的VOUT_UV_WARN位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

VOUT_UV_FAULT_LIMIT (44h)

VOUT_UV_FAULT_LIMIT命令用于设置输出欠压故障对应的输出电压值。启动时，该故障在输出电压达到所设置的POWER_GOOD_ON电压之前被屏蔽，并且在电源禁用的关断期间也被屏蔽。VOUT_UV_FAULT_LIMIT门限亦用于确定是否超过TON_MAX_FAULT_LIMIT。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电压低于VOUT_UV_FAULT_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和VOUT位置位。
- 3) 将STATUS_VOUT中的VOUT_UV_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

IOUT_OC_WARN_LIMIT (46h)

IOUT_OC_WARN_LIMIT命令用于设置输出过流报警对应的电流值。该值通常小于IOUT_OC_FAULT_LIMIT的过流故障门限。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电流超过IOUT_OC_WARN_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE、IOUT和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的OC_WARN位置位。
- 4) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

IOUT_OC_FAULT_LIMIT (4Ah)

IOUT_OC_FAULT_LIMIT命令用于设置输出过流故障对应的电流值。IOUT_OC_FAULT_LIMIT的工厂默认值为0000h，该值禁止器件测量电流。写入至IOUT_OC_FAULT_LIMIT的任意非零正值都将使能器件的电流测量功能。双数据字节采用DIRECT格式，当输出电流超过IOUT_OC_FAULT_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的IOUT_OC位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的IOUT、IOUT_OC和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的OC_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

表18. IOUT_OC_FAULT_LIMIT

IOUT_OC_FAULT_LIMIT VALUE	DEVICE RESPONSE (ON THE ASSOCIATED PAGE)
8000h to FFFFh	Negative values are invalid.
0000h	Current measurement disabled.
0001h to 7FFFh	Current measurement enabled.

OT_FAULT_LIMIT (4Fh)

OT_FAULT_LIMIT命令用来设置导致器件发生高温故障时对应的温度传感器的温度值，单位为摄氏度。双数据字节采用DIRECT格式，当温度超过OT_FAULT_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的TEMPERATURE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的TEMPERATURE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的OT_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

OT_WARN_LIMIT (51h)

OT_WARN_LIMIT命令用来设置导致器件发生高温报警时对应的温度传感器的温度值，单位为摄氏度。双数据字节采用DIRECT格式，当温度超过OT_WARN_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的TEMPERATURE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的TEMPERATURE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的OT_WARN位置位。
- 4) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

POWER_GOOD_ON (5Eh)

POWER_GOOD_ON命令设置导致PG输出(若已在MFR_MODE中使能)变为有效时对应的输出电压值。所有被使能电源必须高于其对应的POWER_GOOD_ON门限，PG输出才能有效。所有被使能电源也必须高于POWER_GOOD_ON，才能开始调节电源裕量。POWER_GOOD_ON通常设为高于POWER_GOOD_OFF和VOUT_UV_FAULT_LIMIT。双数据字节采用DIRECT格式。

POWER_GOOD_OFF (5Fh)

POWER_GOOD_OFF命令设置在PG输出(若已在MFR_MODE中使能)有效后使其变为无效时对应的输出电压值。当任何被使能电源的电压下降到对应的POWER_GOOD_OFF门限以下时都将导致PG输出无效。POWER_GOOD_OFF电压通常设置在低于POWER_GOOD_ON的数值。双数据字节采用DIRECT格式。

当电源的VOUT从高于POWER_GOOD_ON下降到低于POWER_GOOD_OFF时，STATUS_WORD和STATUS_MFR_SPECIFIC中的POWER_GOOD#位被置位。

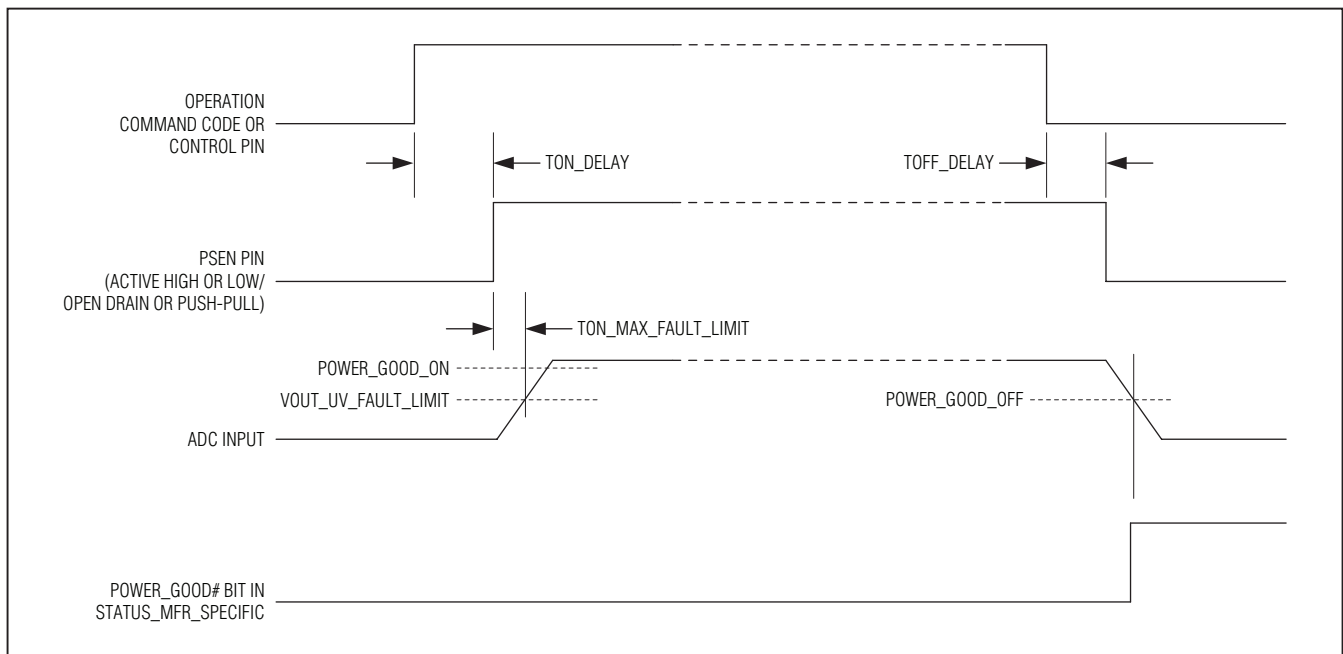


图4. 电源排序

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

TON_DELAY (60h)

TON_DELAY设置从收到START条件(有效的OPERATION命令或通过使能的CONTROL引脚)到触发PSEN输出需要的时间, 单位为毫秒。在TON_DELAY期间屏蔽欠压故障和报警。双数据字节采用DIRECT格式。

TON_MAX_FAULT_LIMIT (62h)

TON_MAX_FAULT_LIMIT设置从触发TON_DELAY和PSEN输出到输出电压跨过VOUT_UV_FAULT_LIMIT门限的时间上限, 单位为毫秒。双数据字节采用DIRECT格式, 如果该值为0, 器件不对电源排序, 不会触发PSEN输出指示, 并且禁用电压和电流监测。超过TON_MAX_FAULT_LIMIT时, 器件将采取以下动作:

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和VOUT位置位。
- 3) 将STATUS_VOUT中的TON_MAX_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发ALERT报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

表19. TON_MAX_FAULT_LIMIT

TON_MAX_FAULT_LIMIT VALUE	DEVICE RESPONSE (FOR THE ASSOCIATED PAGE)
8000h to FFFFh	Negative values are invalid.
0000h	Channel off (PSEN remains deasserted with no monitoring).
0001h to 7FFFh	Channel on and sequencing enabled.

TOFF_DELAY (64h)

TOFF_DELAY设置从收到STOP条件(软关断OPERATION命令或通过使能的CONTROL引脚)到解除PSEN输出需要的时间, 单位为毫秒。当设置为立即关断(通过OPERATION命令或CONTROL引脚)时, 将忽略TOFF_DELAY。双数据字节采用DIRECT格式。

STATUS_BYTE (78h)

STATUS_BYTE命令返回1个字节的信总, 内容为最关键的故障总结。数值1表示已经发生故障或报警; 数值0则相反。对于不支持的功能标识位, 返回0。STATUS_BYTE不能通过RESTORE_DEFAULT_ALL命令恢复, 表20给出了STATUS_BYTE的信息内容, 该命令为只读命令。

表20. STATUS_BYTE

BIT	BIT NAME	MEANING
7:6	0	These bits always return a 0.
5	VOUT_OV	An overvoltage fault has occurred.
4	IOUT_OC	An overcurrent fault has occurred.
3	0	This bit always returns a 0.
2	TEMPERATURE	A temperature fault or warning has occurred.
1	CML	A communication, memory, or logic fault has occurred.
0	NONE OF THE ABOVE	A fault or warning not listed in bits [7:1] has occurred.

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

STATUS_WORD (79h)

STATUS_WORD命令返回2个字节的信息，内容为对故障原因的总结。STATUS_WORD的低字节与STATUS_BYTE数据相同，表21所示为STATUS_WORD消息内容。

表21. STATUS_WORD

BIT	BIT NAME	MEANING
15	VOUT	An output voltage fault or warning or TON_MAX_FAULT has occurred.
14	IOUT	An overcurrent fault or warning has occurred.
13	0	This bit always returns a 0.
12	MFR	A bit in STATUS_MFR_SPECIFIC has been set.
11	POWER_GOOD#	A power-supply voltage has fallen from POWER_GOOD_ON to less than POWER_GOOD_OFF.
10	FANS	A fan fault has occurred.
9:6	0	These bits always return a 0.
5	VOUT_OV	An overvoltage fault has occurred.
4	IOUT_OC	An overcurrent fault has occurred.
3	0	This bit always returns a 0.
2	TEMPERATURE	A temperature fault or warning has occurred.
1	CML	A communication, memory, or logic fault has occurred.
0	NONE OF THE ABOVE	A fault or warning not listed in bits [7:1] has occurred.

STATUS_VOUT (7Ah)

STATUS_VOUT命令返回1个字节的信息，内容说明请参见表22。

表22. STATUS_VOUT

BIT	BIT NAME	MEANING
7	VOUT_OV_FAULT	VOUT overvoltage fault.
6	VOUT_OV_WARN	VOUT overvoltage warning.
5	VOUT_UV_WARN	VOUT undervoltage warning.
4	VOUT_UV_FAULT	VOUT undervoltage fault.
3	0	This bit always returns a 0.
2	TON_MAX_FAULT	TON maximum fault.
1:0	0	These bits always return a 0.

STATUS_CML (7Eh)

STATUS_CML命令返回1个字节的信息，内容说明请参见表23。

表23. STATUS_CML

BIT	BIT NAME	MEANING
7	COMM_FAULT	An invalid or unsupported command has been received.
6	DATA_FAULT	An invalid or unsupported data has been received.
5:1	0	These bits always return a 0.
0	FAULT_LOG_FULL	MFR_NV_FAULT_LOG is full and needs to be cleared.

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

STATUS_MFR_SPECIFIC (80h)

STATUS_MFR_SPECIFIC命令返回1个字节的信，内容为对故障原因的总结。STATUS_MFR_SPECIFIC信息内容的说明请参见表24。

表24. STATUS_MFR_SPECIFIC

BIT	BIT NAME	MEANING
7	OFF	This bit is set if the power supply is off (due to either a fault or sequencing delay; this bit is not set if the power supply is disabled).
6	OT_WARN	Overtemperature warning.
5	OT_FAULT	Overtemperature fault.
4	WATCHDOG	A watchdog reset has occurred.
3	MARGIN_FAULT	This bit is set if the device cannot properly close-loop margin the power supply.
2	POWER_GOOD#	Power-supply voltage has fallen from POWER_GOOD_ON to less than POWER_GOOD_OFF.
1	OC_FAULT	IOUT overcurrent fault.
0	OC_WARN	IOUT overcurrent warning.

注：OFF和POWER_GOOD#位的设置不会触发ALERT信号。

STATUS_FANS_1_2 (81h)

STATUS_FANS_1_2命令返回1个字节的信，内容为风扇状态指示，关于STATUS_FANS_1_2命令的说明请参考表25。

表25. STATUS_FANS_1_2

BIT	BIT NAME	MEANING
7	FAN_1_FAULT	Fan 1 fault.
6	0	This bit always returns a 0.
5	FAN_1_WARN	Fan 1 warning.
4:0	0	These bits always return a 0.

READ_VOUT (8Bh)

READ_VOUT命令返回实际测得(而不是设置)的输出电压。每5ms进行一次测量并更新READ_VOUT。双数据字节采用DIRECT格式。

READ_IOUT (8Ch)

READ_IOUT命令返回最新测得的电流值。每200ms进行一次测量并更新READ_IOUT。双数据字节采用DIRECT格式。

READ_TEMPERATURE_1 (8Dh)

READ_TEMPERATURE_1命令返回从温度传感器测得的温度值。READ_TEMPERATURE_1数值不包括MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG增加的偏移量。如果发生传感器故障，READ_TEMPERATURE_1返回7FFFh；如果禁用传感器，则返回0000h。每秒进行一次测量并更新READ_TEMPERATURE_1。双数据字节采用DIRECT格式。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

READ_FAN_SPEED_1 (90h)

READ_FAN_SPEED_1命令返回风扇转速，单位为RPM。即使风扇被禁用，也每秒更新READ_FAN_SPEED_1。必须正确配置FAN_CONFIG_1_2中的PULSE位，才能接收正确的风扇转速。低于60 RPM（双模式风扇为360 RPM）的风扇转速被报告为0 RPM。双数据字节采用DIRECT格式。

PMBUS_REVISION (98h)

PMBUS_REVISION命令返回器件兼容的PMBus规范版本号。该命令包含一个数据字节，[7:4]位表示器件兼容的PMBus规范第I部分的版本号；[3:0]位表示器件兼容的PMBus规范第II部分的版本号。该命令为只读命令，PMBUS_REVISION的返回值始终为11h，表示器件兼容于规范第I部分的1.1版本和第II部分的1.1版本。

MFR_ID (99h)

MFR_ID命令返回制造商(Maxim)标识符的文本(ISO/IEC 8859-1)字符。MFR_ID的默认值为4Dh (M)。该命令为只读命令。

MFR_MODEL (9Ah)

MFR_MODEL命令返回器件模型编号的文本(ISO/IEC 8859-1)字符。MFR_MODEL的默认值为52h (R)。该命令为只读命令。

MFR_REVISION (9Bh)

MFR_REVISION命令返回两个文本(ISO/IEC 8859-1)字符，包括器件硬件(高字节)和固件(低字节)版本号。MFR_REVISION的默认值为3030h (00)。该命令为只读命令。

MFR_LOCATION (9Ch)

MFR_LOCATION命令为器件装载用于识别电源制造厂商的文本(ISO/IEC 8859-1)字符，最大字符数为8。可采用STORE_DEFAULT_ALL命令将该数据写入内部闪存。工厂默认字符串值为3130313031303130h。

MFR_DATE (9Dh)

MFR_DATE命令为器件装载用于识别电源制造日期的文本(ISO/IEC 8859-1)字符，最大字符数为8。可采用STORE_DEFAULT_ALL命令将该数据写入内部闪存。工厂默认字符串值为3130313031303130h。

MFR_SERIAL (9Eh)

MFR_SERIAL命令为器件装载用于唯一识别器件的文本(ISO/IEC 8859-1)字符，最大字符数为8。可采用STORE_DEFAULT_ALL命令将该数据写入内部闪存。工厂默认字符串值为3130313031303130h。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_MODE (D1h)

MFR_MODE命令将器件配置为支持厂商规定的命令，关于MFR_MODE命令的说明请参考表26。

表26. MFR_MODE

BIT	BIT NAME	MEANING		
15	FORCE_NV_FAULT_LOG	Setting this bit to 1 forces the device to log data into the nonvolatile fault log. Once set, the device clears this bit when the action is completed. The host must set again for subsequent action. If an error occurs during this action, the device sets the CML bit in STATUS_BYTE and STATUS_WORD; no bits are set in STATUS_CML.		
14	CLEAR_NV_FAULT_LOG	Setting this bit to 1 forces the device to clear the nonvolatile fault log by writing FFh to all byte locations. Once set, the device clears this bit when the action is completed. The host must set again for subsequent action. If an error occurs during this action, the device sets the CML bit in STATUS_BYTE and STATUS_WORD; no bits are set in STATUS_CML.		
13	ALERT	0 = $\overline{\text{ALERT}}$ disabled (device does not respond to ARA). 1 = $\overline{\text{ALERT}}$ enabled (device responds to ARA and ARA must be used).		
12	0	This bit always returns a 0.		
11	SOFT_RESET	This bit must be set, then cleared and set again within 8ms for a soft reset to occur.		
10:9	PGTIME[1:0]	PGTIME1	PGTIME0	TIME FROM POWER GOOD DETERMINED UNTIL PG OUTPUT IS ASSERTED (ms)
		0	0	Immediately
		0	1	100
		1	0	500
		1	1	1000
8	PG_SELECT	0 = PG/TACHSEL output is power-good indication. 1 = PG/TACHSEL output is TACHSEL (for dual tachometer fans). For dual tachometer fans, this output is toggled every 500ms.		
7	PSEN_PP_OD	Applies to all PSEN outputs. 0 = PSEN push-pull output. 1 = PSEN open-drain output.		
6	PSEN_HI_LO	Applies to all PSEN outputs. 0 = PSEN active low. 1 = PSEN active high.		
5:0	0	These bits always return a 0.		

注：如果使用双转速计风扇，建议在TACHSEL = 0时将较低的转速计信号送至TACH引脚。

MAX34441

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_VOUT_PEAK (D4h)

MFR_VOUT_PEAK命令返回最大实测输出电压。利用该命令写数据0，可以将测量值复位为0。写入至该命令的任何值都将被作为将来峰值刷新时的比较值。双数据字节采用DIRECT格式。

MFR_IOUT_PEAK (D5h)

MFR_IOUT_PEAK命令返回最大实测电流。利用该命令写数据0，可以将测量值复位为0。写入至该命令的任何值都将被作为将来峰值刷新时的比较值。双数据字节采用DIRECT格式。

MFR_TEMPERATURE_PEAK (D6h)

MFR_TEMPERATURE_PEAK命令返回最大实测温度。利用该命令写入数据8000h，可以将测量值复位到最小值。若通过该命令写入其它任何值，则将其作为将来峰值刷新时的比较值。双数据字节采用DIRECT格式。

MFR_VOUT_MIN (D7h)

MFR_VOUT_MIN命令返回最小实测输出电压。利用该命令写数据7FFFh，可将该值复位。写入至该命令的任何值都将被作为将来最小值更新时的比较值。双数据字节采用DIRECT格式。

MFR_FAULT_RESPONSE (D9h)

MFR_FAULT_RESPONSE命令规定了器件支持的每种故障条件的响应。在响应故障时，器件总是在相应的状态寄存器中报告故障，并触发ALERT输出(若在MFR_MODE中已使能)。CML故障不会产生除设置状态位及触发ALERT输出之外的任何其它动作。MFR_FAULT_RESPONSE命令的说明请参见表27。

表27. MFR_FAULT_RESPONSE

BIT	BIT NAME	MEANING
15	NV_LOG	0 = Do not log the fault into MFR_NV_FAULT_LOG. 1 = Log the fault into MFR_NV_FAULT_LOG.
14	GLOBAL	0 = Affect only the selected page power supply. 1 = Affect all supplies with GLOBAL = 1.
13:12	0	These bits always return a 0.
11:10	MFR_FAN_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26.
9:8	IOUT_OC_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26.
7:6	OT_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26 (see Note 1).
5:4	TON_MAX_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26.
3:2	VOUT_UV_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26.
1:0	VOUT_OV_FAULT_LIMIT_RESPONSE[1:0]	See Table 26.

注1：所有使能温度传感器的故障指示进行逻辑“或”后输出。

注2：温度和风扇故障影响所有使能电源。设置为全局的电源将以相同方式进行响应。该响应是全局通道在特定故障下的最差工作条件响应。未设置为全局的电源将根据针对特定电源所设置的对温度或风扇故障的响应方式进行响应。

注3：对电源故障条件的响应由针对故障通道编程的故障响应方式决定。如果该通道是全局的一部分，该故障响应则适用于所有全局通道。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

表28. MFR_FAULT_RESPONSE编码

RESPONSE [1:0]	FAULT RESPONSE
11	- Set the corresponding fault bit in the appropriate status register. - Log fault into MFR_NV_FAULT_LOG if NV_LOG = 1. - Continue power-supply operation.
10	- Shut down the power supply by deasserting the PSEN output. Wait for the time configured in MFR_FAULT_RETRY and restart the supply. If GLOBAL = 1, all enabled power supplies with GLOBAL = 1 are shut down in sequence as configured with TOFF_DELAY, or they are all shut down immediately as configured by bit 0 in ON_OFF_CONFIG. Wait for the time configured in MFR_FAULT_RETRY and restart supplies in sequence as configured with TON_DELAY. - If GLOBAL = 1, assert the $\overline{\text{FAULT}}$ output until faults on all GLOBAL supplies clear and MFR_FAULT_RETRY expires. - Set the corresponding fault bit in the appropriate status register. - Log fault into MFR_NV_FAULT_LOG if NV_LOG = 1.
01	- Latch-off the power supply by deasserting the PSEN output. If GLOBAL = 1, all enabled power supplies with GLOBAL = 1 are either shut down in sequence as configured with TOFF_DELAY, or they are all shut down immediately as configured by bit 0 in ON_OFF_CONFIG. - Assert the $\overline{\text{FAULT}}$ output if GLOBAL = 1 until power supplies are restarted by the user. - Set the corresponding fault bit in the appropriate status register. - Log fault into MFR_NV_FAULT_LOG if NV_LOG = 1.
00	- Set the corresponding fault bit in the appropriate status register. - Continue power-supply operation.

注：新状态位置位时，如果ALERT使能，则触发产生报警。发生特定故障或报警时，第一时间锁存状态位。

MFR_FAULT_RETRY (DAh)

MFR_FAULT_RETRY命令设置电源从故障关断到电源重启之间的延迟时间。该命令按照1ms的整数倍设置重试时间。该命令适用于所有需要延迟重试的故障响应。如果顺序关断全局电源，在最后一个全局通道关闭之前不会开启重试延时。双数据字节采用DIRECT格式，当MFR_FAULT_RETRY = 0000h时，器件在下一个有效周期重启电源。

MFR_NV_FAULT_LOG (DCh)

每次执行MFR_NV_FAULT_LOG命令时，器件返回255个字节的数据块，其中包括15条非易失故障记录之一。必须执行15次MFR_NV_FAULT_LOG命令，才能完全清除非易失故障记录。如果返回的故障记录全部为FF，说明器件没有写入故障记录。器件正在工作时，将读取电压、电流、温度和风扇转速的最新工作状态，并更新状态寄存器。所有这些信息被存储在板载RAM中。检测到故障时(若在MFR_FAULT_RESPONSE中已使能)，器件自动将该信息记录至15条非易失故障记录之一。写入15条故障后，STATUS_CML的第0位置位，主器件必须通过置位MFR_MODE中的CLEAR_NV_FAULT_LOG位清除故障记录，才能记录其它故障。记录所有最新的状态信息，以及最后800ms内(增量为100ms)的8个电压读数和最后800ms内的4个电流读数。如果电源未被使能测量电流或电压，或者如果温度传感器被禁用，对应的故障记录位置返回0000h。

每条故障记录的开头有一个FAULT_LOG_COUNT (16位计数器)，它指示哪条故障记录最新。该计数器在记录故障超过65,535时将重复循环计数。MFR_MODE中的CLEAR_NV_FAULT_LOG没有置位时，不清除该计数器。关于MFR_NV_FAULT_LOG命令返回的255个字节，请参考表29的说明。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

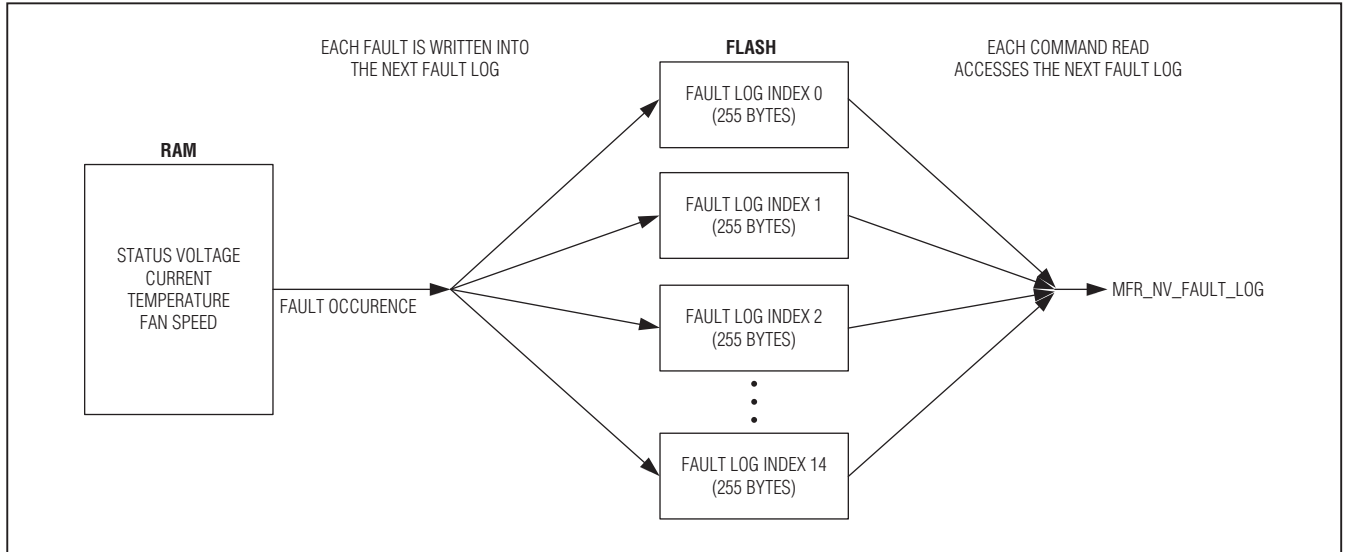


图5. MFR_NV_FAULT_LOG

如果在器件尝试写入或清除NV_FAULT_LOG时发生故障，器件将STATUS_BYTE和STATUS_WORD中的CML位置位；不会置位STATUS_CML中的任何位， $\overline{\text{ALERT}}$ 触发报警(若在MFR_MODE中已使能)，参见图5。

用户提示：V_{DD}必须高于2.9V，器件才能清除或记录数据至MFR_NV_FAULT_LOG。

表29. MFR_NV_FAULT_LOG

BYTE	PARAMETER	BYTE	PARAMETER
0	00h/FAULT_LOG_INDEX	128	READ_VOUT Index = 3, Page 2
2	FAULT_LOG_COUNT	130	READ_VOUT Index = 3, Page 3
4	MFR_TIME_COUNT (LSW)	132	READ_VOUT Index = 3, Page 4
6	MFR_TIME_COUNT (MSW)	134	RESERVED (0000h)
8	STATUS_BYTE/STATUS_CML	136	READ_VOUT Index = 4, Page 0
10	STATUS_WORD	138	READ_VOUT Index = 4, Page 1
12	STATUS_VOUT Pages 0/1	140	READ_VOUT Index = 4, Page 2
14	STATUS_VOUT Pages 2/3	142	READ_VOUT Index = 4, Page 3
16	STATUS_VOUT Page 4/00h	144	READ_VOUT Index = 4, Page 4
18	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 0/1	146	RESERVED (0000h)
20	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 2/3	148	READ_VOUT Index = 5, Page 0
22	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 4/00h	150	READ_VOUT Index = 5, Page 1
24	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 6/7	152	READ_VOUT Index = 5, Page 2
26	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 8/9	154	READ_VOUT Index = 5, Page 3
28	STATUS_MFR_SPECIFIC Pages 10/11	156	READ_VOUT Index = 5, Page 4
30	RESERVED (0000h)	158	RESERVED (0000h)
32	STATUS_FANS_1_2/00h	160	READ_VOUT Index = 6, Page 0
34	MFR_VOUT_PEAK Page 0	162	READ_VOUT Index = 6, Page 1
36	MFR_VOUT_PEAK Page 1	164	READ_VOUT Index = 6, Page 2
38	MFR_VOUT_PEAK Page 2	166	READ_VOUT Index = 6, Page 3
40	MFR_VOUT_PEAK Page 3	168	READ_VOUT Index = 6, Page 4

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MAX34441

表29. MFR_NV_FAULT_LOG (续)

BYTE	PARAMETER	BYTE	PARAMETER
42	MFR_VOUT_PEAK Page 4	170	RESERVED (0000h)
44	RESERVED (0000h)	172	READ_VOUT Index = 7, Page 0
46	MFR_IOUT_PEAK Page 0	174	READ_VOUT Index = 7, Page 1
48	MFR_IOUT_PEAK Page 1	176	READ_VOUT Index = 7, Page 2
50	MFR_IOUT_PEAK Page 2	178	READ_VOUT Index = 7, Page 3
52	MFR_IOUT_PEAK Page 3	180	READ_VOUT Index = 7, Page 4
54	MFR_IOUT_PEAK Page 4	182	RESERVED (0000h)
56	RESERVED (0000h)	184	RESERVED (0000h)
58	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 6	186	CURRENT_INDEX/00h
60	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 7	188	READ_IOUT Index = 0, Page 0
62	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 8	190	READ_IOUT Index = 0, Page 1
64	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 9	192	READ_IOUT Index = 0, Page 2
66	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 10	194	READ_IOUT Index = 0, Page 3
68	MFR_TEMPERATURE_PEAK Page 11	196	READ_IOUT Index = 0, Page 4
70	MFR_VOUT_MIN Page 0	198	RESERVED (0000h)
72	MFR_VOUT_MIN Page 1	200	READ_IOUT Index = 1, Page 0
74	MFR_VOUT_MIN Page 2	202	READ_IOUT Index = 1, Page 1
76	MFR_VOUT_MIN Page 3	204	READ_IOUT Index = 1, Page 2
78	MFR_VOUT_MIN Page 4	206	READ_IOUT Index = 1, Page 3
80	RESERVED (0000h)	208	READ_IOUT Index = 1, Page 4
82	RESERVED (0000h)	210	RESERVED (0000h)
84	RESERVED (0000h)	212	READ_IOUT Index = 2, Page 0
86	VOLTAGE_INDEX/00h	214	READ_IOUT Index = 2, Page 1
88	READ_VOUT Index = 0, Page 0	216	READ_IOUT Index = 2, Page 2
90	READ_VOUT Index = 0, Page 1	218	READ_IOUT Index = 2, Page 3
92	READ_VOUT Index = 0, Page 2	220	READ_IOUT Index = 2, Page 4
94	READ_VOUT Index = 0, Page 3	222	RESERVED (0000h)
96	READ_VOUT Index = 0, Page 4	224	READ_IOUT Index = 3, Page 0
98	RESERVED (0000h)	226	READ_IOUT Index = 3, Page 1
100	READ_VOUT Index = 1, Page 0	228	READ_IOUT Index = 3, Page 2
102	READ_VOUT Index = 1, Page 1	230	READ_IOUT Index = 3, Page 3
104	READ_VOUT Index = 1, Page 2	232	READ_IOUT Index = 3, Page 4
106	READ_VOUT Index = 1, Page 3	234	RESERVED (0000h)
108	READ_VOUT Index = 1, Page 4	236	RESERVED (0000h)
110	RESERVED (0000h)	238	READ_TEMPERATURE_1 Page 6
112	READ_VOUT Index = 2, Page 0	240	READ_TEMPERATURE_1 Page 7
114	READ_VOUT Index = 2, Page 1	242	READ_TEMPERATURE_1 Page 8
116	READ_VOUT Index = 2, Page 2	244	READ_TEMPERATURE_1 Page 9
118	READ_VOUT Index = 2, Page 3	246	READ_TEMPERATURE_1 Page 10
120	READ_VOUT Index = 2, Page 4	248	READ_TEMPERATURE_1 Page 11
122	RESERVED (0000h)	250	READ_FAN_SPEED_1
124	READ_VOUT Index = 3, Page 0	252	MFR_READ_FAN_PWM
126	READ_VOUT Index = 3, Page 1	254	LOG_VALID (see note)

注：如果故障记录包含有效数据，LOG_VALID被设为DDh。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_TIME_COUNT (DDh)

MFR_TIME_COUNT命令返回自器件上次上电、触发 $\overline{\text{RST}}$ 或发生软复位后的器件工作时间，以秒为单位。该计数器为32位值，用户不能复位。

MFR_MARGIN_CONFIG (E0h)

MFR_MARGIN_CONFIG命令配置数字PWM输出，调节电源裕量。MFR_MARGIN_CONFIG命令的说明请参见表30。

采用PWM输出实现电源裕量调节，PWM频率为62.5kHz。器件通过闭环控制占空比调节电源裕量。器件具有6位的占空比分辨率。

当OPERATION设置为裕量调节状态之一时，器件将调节电源裕量。只有当**所有**使能电源的电压超出所设置的POWER_GOOD_ON电压时，才会开始调节电源裕量。调节裕量时，使能PWM输出，并从MFR_MARGIN_CONFIG加载种子值，作为初始PWM占空比。器件随后对8个VOUT采样值进行平均，总计时间为40ms。如果实测VOUT和目标值(由VOUT_MARGIN_HIGH或VOUT_MARGIN_LOW设置)之差大于1%，则对PWM占空比调整一级步进。占空比调节方向由MFR_MARGIN_CONFIG中的SLOPE位决定。对PWM的所有更改都发生在对40ms周期内8个VOUT采样值取平均之后。

当PWM占空比达到0%或100%，并且仍未达到目标电压时，器件则不能将电源裕量成功调节到目标值。如果发生这种情况，器件将继续尝试调节电源裕量，并采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的MARGIN_FAULT位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

PWM最初采用种子值使能后，也将平均后的VOUT与目标值进行比较。如果所设置的种子值导致VOUT超过目标值，则触发MARGIN_FAULT。例如，如果目标为VOUT_MARGIN_LOW，而VOUT在使用种子之后低于VOUT_MARGIN_LOW，则置位MARGIN_FAULT。响应该故障时，器件继续尝试调节电源余量，并采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和MFR位置位。
- 3) 将STATUS_MFR_SPECIFIC中的MARGIN_FAULT位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

表30. MFR_MARGIN_CONFIG

BIT	BIT NAME	MEANING
15	SLOPE	PWM duty cycle to resulting voltage relationship. 0 = Negative slope (increasing duty cycle results in a lower voltage). 1 = Positive slope (increasing duty cycle results in a higher voltage).
14:6	0	These bits always return a 0.
5:0	SEED	This 6-bit value is used as the initial PWM duty cycle (i.e., seed value) when the device begins to margin a power supply either up or down.

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG (F0h)

MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG命令用于配置温度传感器。表31中介绍了MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG命令。

MAX34441

表31. MFR_TEMP_SENSOR_CONFIG

BIT	BIT NAME	MEANING	
15	ENABLE	0 = Temperature sensor disabled. 1 = Temperature sensor enabled.	
14:10	OFFSET	The OFFSET setting is used to allow the temperature reading to be normalized among multiple temperature sensors. Values from 00h to 1Eh select the offset value. The valid range is 0°C to +30°C in 1°C steps. If OFFSET is 1Fh, the device automatically uses the value written to the OT_WARN_LIMIT command code for the LUT instead of the digitized measured temperature.	
		OFFSET VALUE	CONFIGURATION
		00h	Offset = 0°C
		01h	Offset = +1°C
		02h	Offset = +2°C
		1Dh	Offset = +29°C
		1Eh	Offset = +30°C
		1Fh	Test Mode
9:1	0	These bits always return a 0.	
0	FAN	0 = Temperature sensor is not used to control fan speed. 1 = Temperature sensor is used to control fan speed.	

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_FAN_CONFIG (F1h)

MFR_FAN_CONFIG命令与FAN_CONFIG_1_2配合，用于配置风扇。关于该命令的更多详细信息，请参见FAN_CONFIG_1_2说明，表32介绍了MFR_FAN_CONFIG命令。

表32. MFR_FAN_CONFIG

BIT	BIT NAME	MEANING																																				
15:13	FREQ[2:0]	The FREQ bits set the PWM frequency. Note: The device does not support pulse stretching.																																				
		<table><tr><th>FREQ2</th><th>FREQ1</th><th>FREQ0</th><th>PWM FREQUENCY</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>30Hz</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>50Hz</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>100Hz</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>150Hz</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>Reserved</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>Reserved</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>Reserved</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>25kHz</td></tr></table>	FREQ2	FREQ1	FREQ0	PWM FREQUENCY	0	0	0	30Hz	0	0	1	50Hz	0	1	0	100Hz	0	1	1	150Hz	1	0	0	Reserved	1	0	1	Reserved	1	1	0	Reserved	1	1	1	25kHz
		FREQ2	FREQ1	FREQ0	PWM FREQUENCY																																	
		0	0	0	30Hz																																	
		0	0	1	50Hz																																	
		0	1	0	100Hz																																	
		0	1	1	150Hz																																	
		1	0	0	Reserved																																	
		1	0	1	Reserved																																	
1	1	0	Reserved																																			
1	1	1	25kHz																																			
12	0	This bit always returns a 0.																																				
11:10	HYS[1:0]	The HYS bits determine the amount of hysteresis the device uses to determine how far the temperature must fall below the temperature level threshold programmed in the LUT before switching to the lower PWM/RPM value. The hysteresis should be set lower than the minimum difference between two adjacent temperature steps. These bits are ignored if automatic fan control is disabled.																																				
		<table><tr><th>HSY1</th><th>HSY0</th><th>THERMAL HYSTERESIS (°C)</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>8</td></tr></table>	HSY1	HSY0	THERMAL HYSTERESIS (°C)	0	0	2	0	1	4	1	0	6	1	1	8																					
		HSY1	HSY0	THERMAL HYSTERESIS (°C)																																		
		0	0	2																																		
		0	1	4																																		
		1	0	6																																		
1	1	8																																				
9	TSFO	0 = Ramp to 100% PWM duty cycle if temp sensor faults (automatic fan mode) or if no FAN_COMMAND_1 update occurs (manual fan mode) in any 10s period. 1 = Temp sensor fault or update rate to FAN_COMMAND_1 is ignored. Operate at the last updated PWM/RPM value. Note 1: A temp sensor fault is a faulty temperature sensor reading, not an overtemperature fault. Note 2: In automatic fan mode, if the TSFO bit is set to 1, the device ignores a sensor fault and uses the remaining assigned temperature sensors (if any) to control the fan PWM duty cycle; or, if the fan has no available temperature sensors to use, it maintains the last updated PWM/RPM fan value before the fault occurred.																																				
8	TACHO	0 = Ramp fan to 100% PWM duty cycle if fan fault is detected. 1 = Do not ramp fan to 100% PWM duty cycle if fan fault is detected. Note: If the fan fault is removed after ramping the PWM to 100% duty cycle, normal fan operation is resumed.																																				

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

MAX34441

表32. MFR_FAN_CONFIG (续)

BIT	BIT NAME	MEANING					
7:5	RAMP[2:0]	The RAMP bits select how fast the device ramps the PWM from one duty cycle to another (either up or down). In PWM mode, the following table always applies. In RPM mode, the fan speed is read either every 200ms or 1000ms and when the reported fan speed is within 20% of the target speed, the maximum allowed PWM duty cycle change is set to 1%. In RPM mode, the PWM duty cycle is not changed as long as the fan is within ±5% of the target speed.					
		RAMP2	RAMP1	RAMP0	PWM DUTY CYCLE UPDATE RATE (ms)	MAX PWM DUTY CYCLE CHANGE ALLOWED (%)	TIME TO RAMP FROM 40% TO 100% PWM DUTY CYCLE (seconds)
		0	0	0	1000	1	60
		0	0	1	1000	2	30
		0	1	0	1000	3	20
		0	1	1	200	1	12
		1	0	0	200	2	6
		1	0	1	200	3	4
		1	1	0	200	4	3
1	1	1	200	5	2.4		
4	0	This bit always returns a 0.					
3	ROTOR_HI_LO	Determines if a locked rotor indication is active low or active high. This bit is ignored if ROTOR = 0. 0 = ROTOR is active low (TACH input is low if the rotor stops). 1 = ROTOR is active high (TACH input is high if the rotor stops).					
2	ROTOR	The ROTOR bit selects if the fan does not have a tachometer but rather a stalled (or locked) rotor output.					
		ROTOR	FAN OUTPUT	MAX34441 CONFIGURATION			
		0	Tachometer	TACH input expects fan RPM			
		1	Stalled/locked rotor detect	TACH input expects locked rotor signal. The polarity is selected with the ROTOR_HI_LO bit (also set MFR_FAN_FAULT_LIMIT = 0001h).			
1:0	SPIN[1:0]	The SPIN bits determine how the device spins up (or starts) the fan from a dead stop. To overcome the initial mechanical fan inertia, the device can be programmed to drive the fan at 100% duty cycle until a programmable number of fan revolutions (cumulative count) is detected or a locked rotor signal is negated. The device allows a 2s startup period during which the fan speed monitors are disabled. If after 2s the fan does not respond, the PWM output remains at 100% duty cycle (if TACHO = 0) or goes to 0% duty cycle (if TACHO = 1).					
		SPIN1	SPIN0	SPIN-UP RELAXATION CRITERIA			
		0	0	Automatic spin-up disabled			
		0	1	Two revolutions or locked rotor negated			
		1	0	Four revolutions or locked rotor negated			
		1	1	Eight revolutions or locked rotor negated			

注：建议在改变MFR_FAN_CONFIG之前禁用风扇。

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_FAN_LUT (F2h)

MFR_FAN_LUT命令用于配置控制风扇的LUT。风扇有一个LUT，它将8个可编程温度值映射到8个可编程风扇PWM占空比(FAN_CONFIG_1_2中的第6位为0)或8个可编程目标风扇转速(FAN_CONFIG_1_2中的第6位为1)，可通过LUT使用各种功能。

用户提示：MFR_FAN_LUT的可编程配置必须是单调的。

表33. MFR_FAN_LUT

BYTE NUMBER	WORD NAME	MEANING
0-1	TEMP STEP 0	Temperature for step 0.
2-3	SPEED STEP 0	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 0.
4-5	TEMP STEP 1	Temperature for step 1.
6-7	SPEED STEP 1	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 1.
8-9	TEMP STEP 2	Temperature for step 2.
10-11	SPEED STEP 2	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 2.
12-13	TEMP STEP 3	Temperature for step 3.
14-15	SPEED STEP 3	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 3.
16-17	TEMP STEP 4	Temperature for step 4.
18-19	SPEED STEP 4	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 4.
20-21	TEMP STEP 5	Temperature for step 5.
22-23	SPEED STEP 5	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 5.
24-25	TEMP STEP 6	Temperature for step 6.
26-27	SPEED STEP 6	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 6.
28-29	TEMP STEP 7	Temperature for step 7.
30-31	SPEED STEP 7	Fan PWM duty cycle or fan speed for step 7.

TEMPERATURE STEP: 温度值设置

TEMPERATURE STEP以摄氏度为单位设置温度，表示器件更新风扇PWM占空比设置时对应的门限水平。双数据字节采用DIRECT格式，有效温度范围取决于温度传感器。

表34. 有效温度范围

TEMPERATURE SENSOR	VALID RANGE
Page 6: Internal Temp Sensor	-40°C to +85°C
Pages 7 to 10: I ² C Remote Temp Sensor	-55°C to +125°C
Page 11: Remote Thermal Diode Temp Sensor	-40°C to +120°C

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

FAN SPEED STEP: 风扇PWM占空比或风扇转速设置

如果FAN_CONFIG_1_2中的第6位置0, FAN SPEED STEP设置每个温度段断点的风扇PWM占空比。有效占空比范围为0至100 (含)。大于100 (十进制)的任何值产生的PWM占空比均为100%, 小于0 (十进制)的任何值产生的PWM占空比均为0%。

如果FAN_CONFIG_1_2中的第6位置1, FAN SPEED STEP设置每个温度段断点的风扇目标转速(单位为RPM)。有效风扇转速范围为0至32,767 (含)。

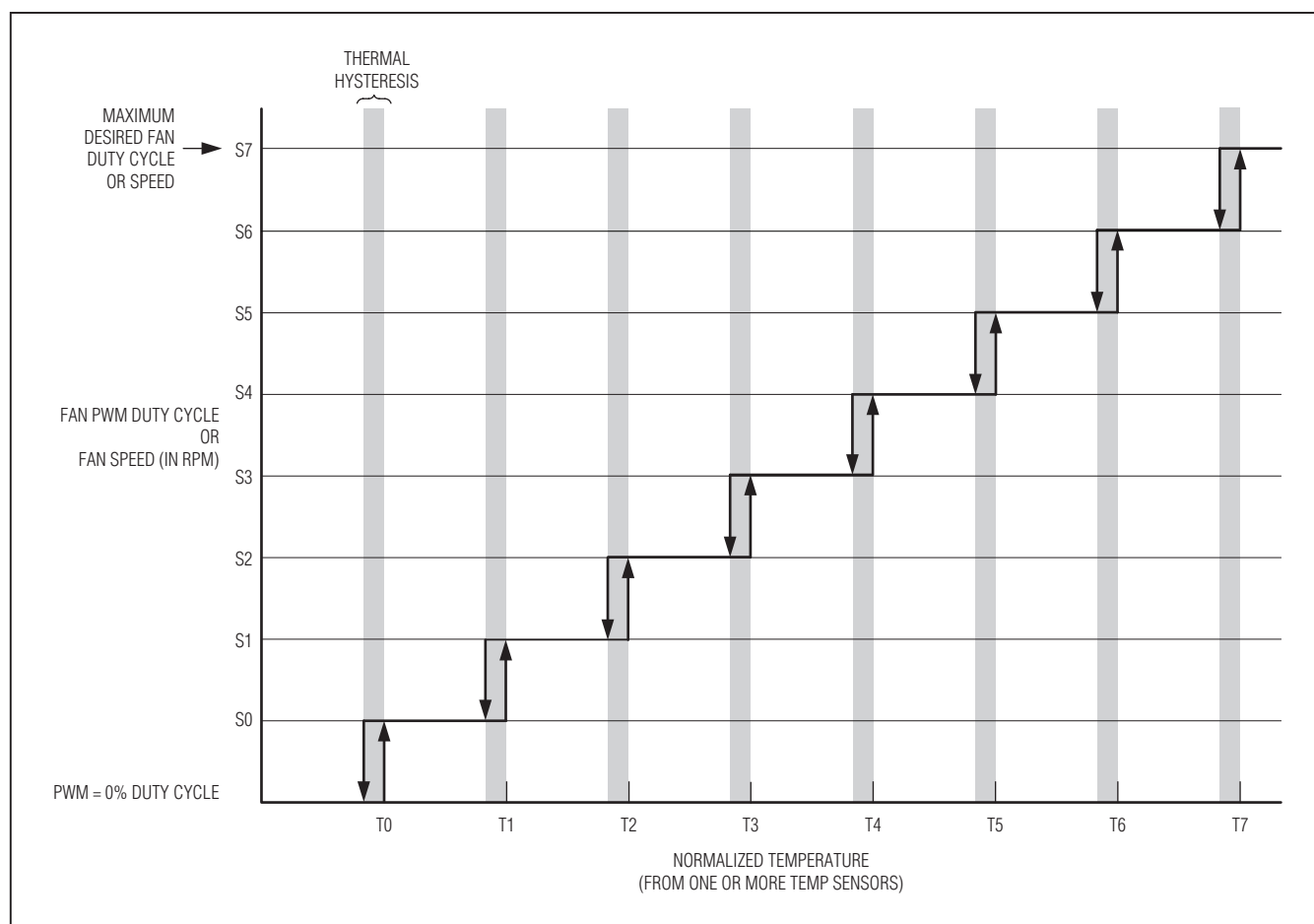


图6. 风扇查找表(LUT)格式

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

MFR_READ_FAN_PWM (F3h)

MFR_READ_FAN_PWM命令返回最新的风扇PWM占空比实时数值，单位为%。只要更新PWM占空比，就更新MFR_READ_FAN_PWM，由MFR_FAN_CONFIG中的RATE位决定。双数据字节采用DIRECT格式。

MFR_FAN_FAULT_LIMIT (F5h)

MFR_FAN_FAULT_LIMIT命令设置触发风扇故障对应的风扇转速值(单位为RPM)或目标风扇转速的百分比。风扇在该门限下连续工作超过10s将触发故障。风扇工作于RPM模式时，10s检查周期开始于器件完成风扇转速PWM调节之后。

器件可测量的风扇最慢转速计信号为60 RPM。在双转速计应用中，最慢RPM为360。低于这些最小值的转速计信号被报告为0 RPM。故障和报警门限应设为大于这些最小RPM限制的RPM值。

双数据字节采用DIRECT格式。设为0000h时，禁用门限检查；设为0001h时，则只在锁定转速计输入达到10s以上时产生报警输出(当风扇只有转子锁定输出时，应采用该模式)。如果超过MFR_FAN_FAULT_LIMIT或检测到转子停转或锁定，器件采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE和FANS位置位。
- 3) 将STATUS_FANS_1_2中的FAN_1_FAULT位置位。
- 4) 根据MFR_FAULT_RESPONSE中的设置进行响应。
- 5) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

用户提示：为保证风扇正常工作，必须配置MFR_FAN_FAULT_LIMIT。

MFR_FAN_WARN_LIMIT (F6h)

MFR_FAN_WARN_LIMIT命令设置触发风扇转速报警对应的风扇转速值(单位为RPM)或目标风扇转速的百分比。风扇在该门限下连续工作超过10s将触发报警。风扇工作于RPM模式时，10s检查周期开始于器件完成风扇转速PWM调节之后。

通常，MFR_FAN_WARN_LIMIT设置在MFR_FAN_FAULT_LIMIT以上。双数据字节采用DIRECT格式。设为0000h时，禁用门限检查；设为0001h时，则在使用转子锁定风扇时产生报警。超过MFR_FAN_WARN_LIMIT时，器件将采取以下动作：

- 1) 将STATUS_BYTE中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 2) 将STATUS_WORD中的NONE OF THE ABOVE位置位。
- 3) 将STATUS_FANS_1_2中的FAN_1_WARN位置位。
- 4) 通过触发 $\overline{\text{ALERT}}$ 报警(若在MFR_MODE中已使能)通知主器件。

表35. 监测风扇故障和报警参数

FAN CONTROL MODE	LIMIT PARAMETER	COMPARISON INTERVAL
Manual PWM	Fan speed (in RPM)	Checked once a second
Manual RPM	Percentage of programmed target fan speed	Checked once a second
Automatic PWM	Fan speed (in RPM)	Checked once a second
Automatic RPM	Percentage of LUT target fan speed	Checked once a second

PMBus 5通道电源管理器和智能风扇控制器

开漏引脚

MSDA、MSCL、SCL、SDA、 $\overline{\text{FAULT}}$ 和 $\overline{\text{ALERT}}$ 为开漏引脚，需要通过外部上拉电阻连接至 V_{DD} ，以实现逻辑高电平。

PSEN0至PSEN4可由用户配置为CMOS推挽式或开漏输出。配置为开漏时，需要通过外部上拉电阻连接至 V_{DD} ，以实现逻辑高电平(参见MFR_MODE设置)。

应用信息

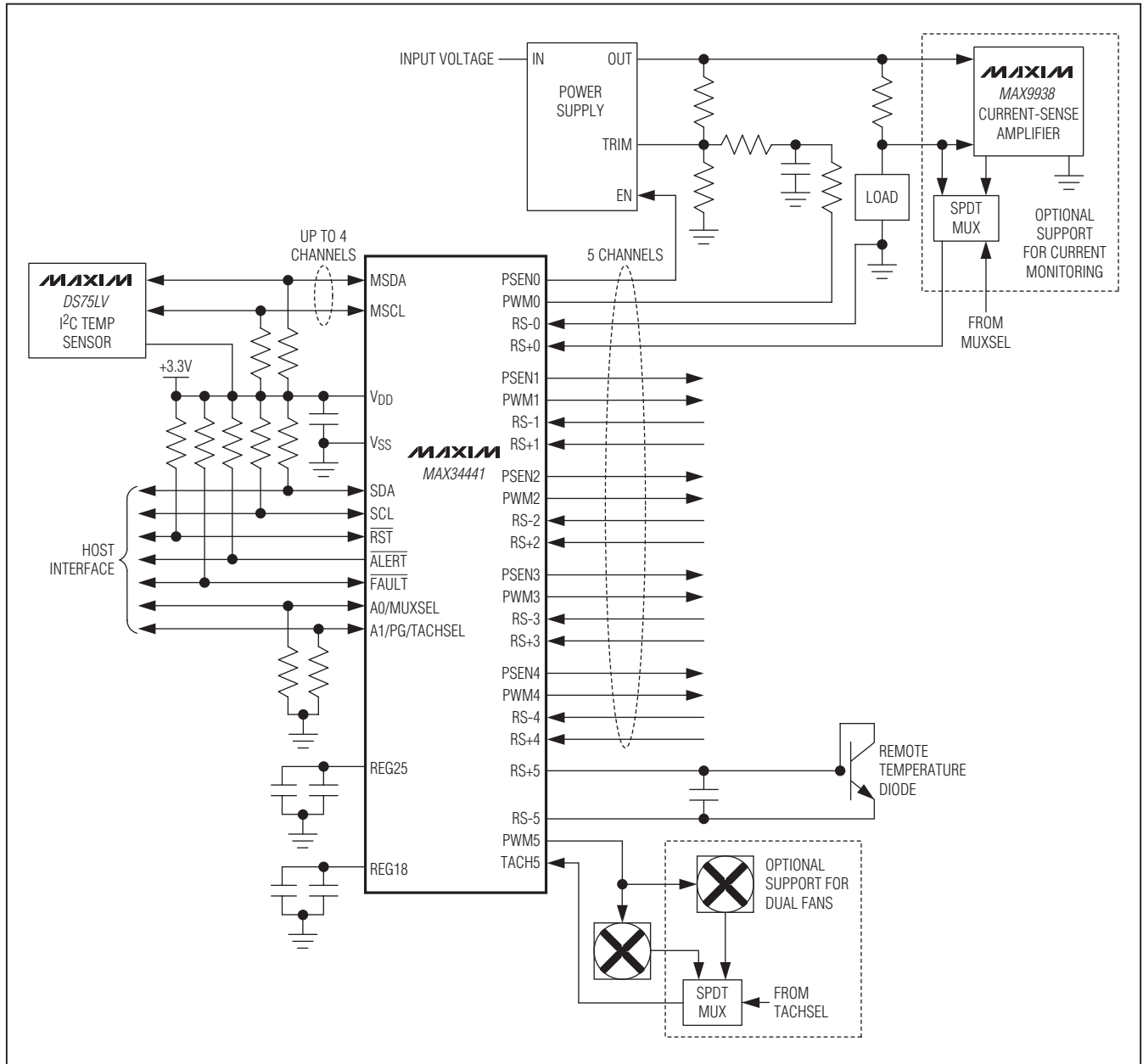
电源去耦

使用器件时，为获得最佳结果，可利用一个0.1 μF 电容对 V_{DD} 电源去耦。可能的话，尽量采用高品质表贴陶瓷电容。表贴元件的引线电感最小，从而改善性能，并且陶瓷电容能够为去耦提供足够的高频响应。

用1 μF 和10nF电容对REG25和REG18稳压器输出去耦(每路输出放置一组去耦)。

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

典型工作电路



封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局, 请查询china.maxim-ic.com/packages。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
40 TQFN-EP	T4066+2	21-0141	90-0053

PMBus 5通道电源管理器 和智能风扇控制器

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	8/10	最初版本。	—

MAX34441

Maxim北京办事处

北京8328信箱 邮政编码 100083
免费电话: 800 810 0310
电话: 010-6211 5199
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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 53