

FAN31790 6 通道 PWM/RPM 风扇控制器

1 特性

- **风扇控制和监测**
 - 利用 9 位 PWM 驱动器、可自定义的 PWM 占空比变化率以及 25Hz 至 25kHz 的 PWM 频率，可控制多达 6 个风扇
 - 多达 12 个 11 位转速计输入，用于转速和故障检测
 - 自动风扇转速控制环路，支持对具有数字转速计输出的风扇进行 RPM 控制
- **高系统可靠性**
 - 通过自动安全状态响应进行风扇失效/故障检测。
 - 上电默认值可通过硬件选择。默认 PWM 频率、占空比和启动转速可通过外部引脚连接进行设置。
 - 集成看门狗计时器
- **I2C 通信接口**
 - 快速模式 I2C 控制器高达 400kbps
 - 开漏引脚
 - 16 个可通过硬件选择的地址
- **工作特性**
 - 宽电源电压范围：1.62V 至 3.6V
 - 工作温度范围：-40°C 至 125°C
- **时钟系统**
 - 精度为 $\pm 5\%$ 的内部 32kHz 振荡器
 - 外部 32kHz 晶体振荡器 (LFX1T)
 - 32.768kHz 数字时钟输出
- **封装**
 - 与通用风扇控制器实现 BOM 级兼容和引脚对引脚兼容
 - 28 引脚 LGA 4x4mm (封装尺寸与 WQFN 4x4mm 完全相同)
 - 符合 RoHS 标准

2 应用

- 台式计算机/主板
- 机架式服务器主板
- GPU 卡和硬件加速器
- 汽车座椅风扇
- 空气净化器

3 说明

FAN31790 是一款智能风扇控制器，可使用独立的 PWM 输出和专用的 TACH 输入控制六个风扇的转速。

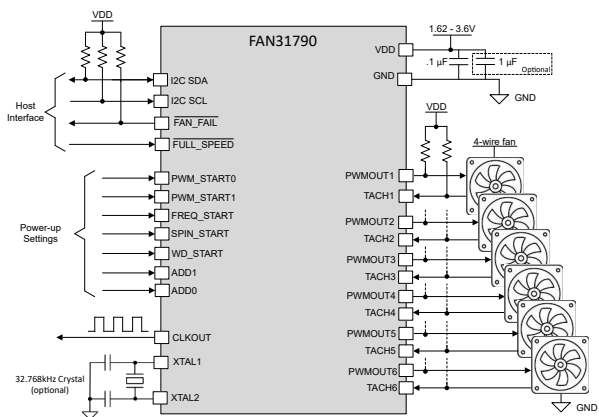
该器件专为 4 线风扇而设计，但仍可用于通过外部功率晶体管调制 3 线和 2 线风扇的转速。该器件可监测多达 12 个风扇的转速：六个专用转速计输入，以及任何 PWM 输出通道均可重新配置为额外的转速计。利用转速计，该器件可以自动调整 PWM 占空比，以保持所需的风扇转速。可通过 I2C 接口配置目标风扇转速和更新速率。

该器件的默认上电状态可通过外部连接进行硬件配置。风扇旋转行为、PWM 频率、PWM 占空比和集成看门狗计时器均可通过引脚配置进行配置。这样便可在通过 I2C 总线加载自定义设置之前自定义风扇行为。

FAN31790 支持 1.62-3.6V 电源电压，用于 PWM/TACH 引脚和 I2C 接口。FAN31790 设计为与通用风扇控制器实现引脚对引脚兼容和 BOM 级兼容，其提供匹配的 I2C 接口和寄存器映射，以利用任何已有的软件驱动程序。

器件信息

器件型号	封装	封装尺寸 (标称值)	引脚对引脚
FAN31790SZFPR	28 LGA	4.0mm × 4.0mm	通用风扇控制器



内容

1 特性	1	7 寄存器映射	16
2 应用	1	8 寄存器说明	21
3 说明	1	8.1 全局配置寄存器.....	21
4 引脚配置和功能	3	8.2 风扇故障寄存器.....	26
5 规格	5	8.3 TACH 和 PWM 状态寄存器.....	28
5.1 绝对最大额定值.....	5	8.4 PWM 占空比控制寄存器.....	30
5.2 ESD 等级.....	5	8.5 TACH 目标计数寄存器.....	31
5.3 建议运行条件.....	5	8.6 窗口寄存器.....	32
5.4 热性能信息.....	6	9 应用和实施	33
5.5 电源.....	7	9.1 典型应用.....	33
5.6 风扇控制器特性.....	7	10 器件和文档支持	36
5.7 外部晶体参数.....	7	10.1 接收文档更新通知.....	36
5.8 数字 IO.....	7	10.2 支持资源.....	36
5.9 I ² C 特性.....	8	10.3 商标.....	36
6 详细说明	10	10.4 静电放电警告.....	36
6.1 风扇控制.....	10	10.5 术语表.....	36
6.2 风扇监测.....	12	11 修订历史记录	36
6.3 风扇故障和失效.....	12	12 机械、封装和可订购信息	36
6.4 I ² C 接口.....	13	12.1 卷带包装信息.....	40

4 引脚配置和功能

28 引脚 ZFP (LGA) 封装

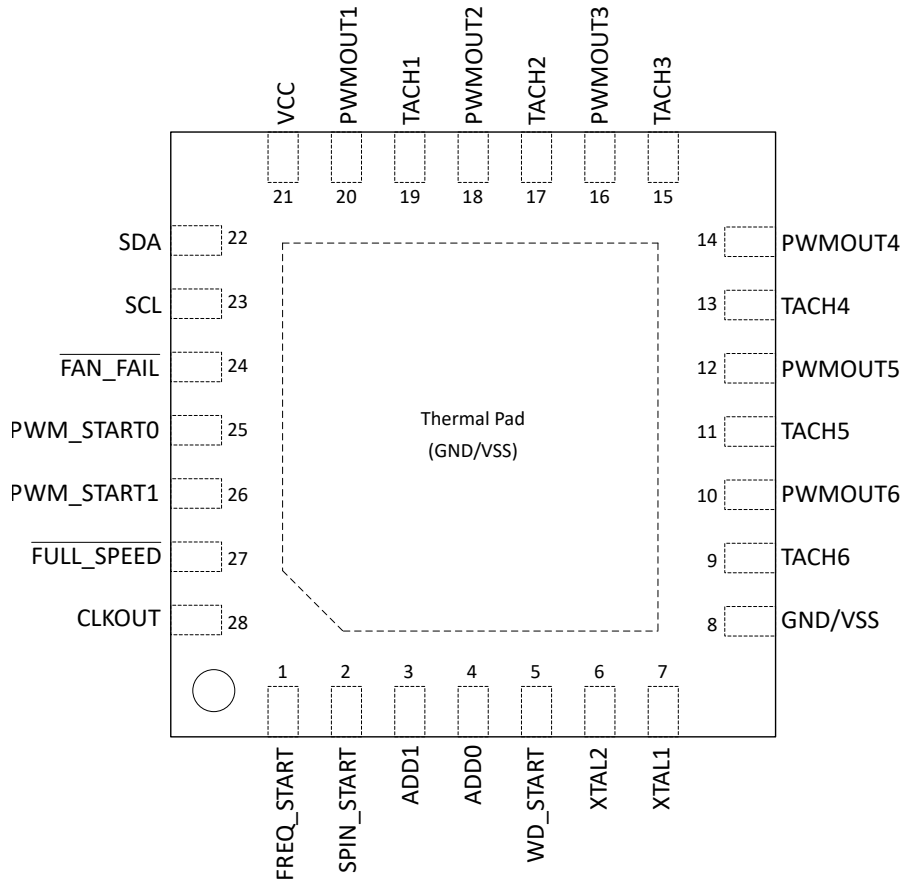


图 4-1. 28 引脚 ZFP (LGA) 封装

表 4-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
编号	名称		
1	FREQ_START	I	在上电时对此输入进行采样，并设置 PWM 输出频率的上电值。
2	SPIN_START	I	在上电时对此输入进行采样，并设置初始旋转行为。
3	ADD1	I	I2C 地址选择输入。可连接到 VCC、GND、SCL 或 SDA 以获取 16 个可能的地址。在每次 I2C 发送开始时对地址输入进行采样。
4	ADD0	I	
5	WD_START	I	上电时采样输入并设置初始看门狗行为。
6	XTAL2	I	用于连接可选 32.768kHz 晶体振荡器的引脚。当需要额外的计时精度时，可以使用晶体。该器件还有一个集成式 32.768kHz 内部振荡器可供使用，在晶体稳定之前默认使用该振荡器。
7	XTAL1	I	
8	GND	--	接地
9	TACH6	I	转速计信号的输入。可配置为数字或模拟信号。如果风扇具有数字转速计输出，则这些引脚可用于 RPM 控制。在 2 引脚风扇中，模拟信号可用于检测风扇故障。
11	TACH5	I	
13	TACH4	I	
15	TACH3	I	
17	TACH2	I	
19	TACH1	I	
10	PWMOUT6 (TACH12)	I/O	开漏输出：用于 4 线风扇 PWM 输入，或用于 2 引脚和 3 引脚风扇以调制功率晶体管。也可配置作为额外的转速计输入。可拉高至 3.3V。
12	PWMOUT5 (TACH11)	I/O	
14	PWMOUT4 (TACH10)	I/O	
16	PWMOUT3 (TACH9)	I/O	
18	PWMOUT2 (TACH8)	I/O	
20	PWMOUT1 (TACH7)	I/O	
21	VCC	I	电源。1.62-3.6V。需要一个至少 0.1uF 旁路电容器，连接到 GND。
22	SDA	I/O	I2C 串行数据线路。开漏。
23	SCL	I	I2C 串行时钟线路。开漏。
24	FAN_FAIL	O	低电平有效开漏风扇故障输出。满足故障条件时变为低电平。
25	PWM_START0	I	上电时采样输入。设置所有 PWMOUT 占空比的默认值。
26	PWM_START1	I	
27	FULL_SPEED	I	驱动为低电平时，此输入将所有 PWM 强制设为 100% 占空比。唯一的例外是：风扇已发生故障，并且已选择“故障时占空比 = 0”模式。
28	CLKOUT	O	32.768kHz 时钟输出。未使用晶体时，时钟源自外部晶体或内部振荡器。时钟输出始终有效。
--	散热焊盘	--	连接至 GND。

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

			最小值	最大值	单位
VDD	电源电压	在 VDD 引脚处	-0.3	4.1	V
V _I	输入电压	施加到任何输入引脚	-0.3	V _{DD} + 0.3 (最大值为 4.1)	V
I _{VDD}	VDD 引脚的电流	流入 VDD 引脚的电流（拉电流），VDD ≥ 2.7V，-40°C ≤ T _a ≤ 125°C		48	mA
I _{VSS}	VSS 引脚的电流	流出 VSS 引脚的电流（灌电流），VDD ≥ 2.7V，-40°C ≤ T _a ≤ 125°C		48	mA
I _{IO}	标准 IO 引脚的电流	每个 IO 引脚灌入或拉出的电流，VDD ≥ 2.7V		6	mA
T _{stg}		贮存温度	-40	150	°C

(1) 超出绝对最大额定值规定范围的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

5.2 ESD 等级

			值	单位
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 ⁽¹⁾	±2000	V
V _(ESD)	静电放电	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101，所有引脚 ⁽²⁾	±500	V

(1) JEDEC 文件 JEP155 指出，500V HBM 可通过标准 ESD 管控流程安全生产。
 (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

			最小值	标称值	最大值	单位
VDD	电源电压		1.62		3.6	V
C _{VDD}	VDD 和 VSS 之间放置的电容器 ⁽¹⁾		0.1	1		μF
T _A	环境温度		-40		125	°C
T _J	最大结温				130	°C

(1) 在 VDD/VSS 之间连接 C_{VDD}，尽可能靠近器件引脚。C_{VDD} 需要一个至少具有规定最小值和 ±20% 或更高容差的低 ESR 电容器。

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		封装	值	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	LGA-28 (ZFP)	82.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻		49.2	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻		61.9	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数		3.6	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数		61.8	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻		48.5	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅[半导体](#)和[IC 封装热指标](#)应用报告。

5.5 电源

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

			最小值	典型值	最大值	单位
IDD	电流	VDD = 3.3V		2.9	5	mA
	功率耗散	VDD = 3.3V		9.6		mW
V _{POR}	POR Threshold		1.50	1.58	1.65	V

5.6 风扇控制器特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

			最小值	典型值	最大值	单位
f _{PWM}	PWM 分辨率		9		9	位
f _{PWM}	PWM 频率精度		-4		4	%
f _{TACH}	TACH 计数分辨率		11		11	位
f _{TOSC}	TACH 计数振荡器和 CLKOUT 时钟			32.768		kHz
f _{ERR:TOSC}	TACH 计数振荡器和 CLKOUT 精度	-40°C ≤ Ta ≤ 85°C, 1.62V ≤ VDD ≤ 3.6V	-3		3	%
		-40°C ≤ Ta ≤ 125°C, 1.62V ≤ VDD ≤ 3.6V	-5		5	%
		使用外部晶体	-0.1		0.1	%
t _{TACHMIN}	TACH 最小脉冲		25		75	μs

5.7 外部晶体参数

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

		最小值	典型值	最大值	单位
F _{EXT}	外部晶体频率		32.768		kHz
	晶体启动时间		1		s
ESR	串联电阻			50	kΩ
C _L	负载电容		12		pF

5.8 数字 IO

5.8.1 电气特性

在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内 (除非另外注明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V _{IH}	高电平输入电压	所有 I/O	VDD ≥ 1.62V	0.7*VDD		VDD+0.3	V
V _{IL}	低电平输入电压	所有 I/O	VDD ≥ 1.62V	-0.3		0.3*VDD	V
V _{HYS}	迟滞	所有 I/O		0.1*VDD			V
I _{lkg}	高阻态漏电流	所有 IO ^{(1) (2)}	VDD = 3V			50	nA
C _i	输入电容		VDD = 3.3V		5		pF
V _{OH}	高电平输出电压	CLK_OUT	VDD ≥ 2.7V, I _{OL} _{max} =6mA	VDD-0.5			V
V _{OH}	高电平输出电压	CLK_OUT	VDD ≥ 1.71V, I _{OL} _{max} = 2mA	VDD-0.4			V

5.8.1 电气特性 (续)

在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内 (除非另外注明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{OL}	低电平输出电压	CLK_OUT	VDD \geq 2.7V, $ I_{IO} _{max}=6mA$ VDD \geq 1.71V, $ I_{IO} _{max}=2mA$			0.4	V

- (1) 除非另有说明, 否则漏电流是在将 VSS 或 VDD 施加到相应引脚的情况下测量的。
 (2) 数字端口引脚的漏电流单独测量。为输入选择端口引脚, 而且上拉/下拉电阻器被禁用。

5.8.2 开关特性

在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内 (除非另外注明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t_r, t_f	输出上升/下降时间	全部 I/O	VDD \geq 1.71V			12.5	ns

5.9 I2C 特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	快速模式		单位
			最小值	最大值	
f_{SCL}	SCL 时钟频率			400	kHz
$t_{HD, STA}$	保持时间 (重复) 启动		0.6		us
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期		1.3		us
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期		0.6		us
$t_{SU, STA}$	一个针对重复启动的建立时间		0.6		us
$t_{HD, DAT}$	数据保持时间		0		ns
$t_{SU, DAT}$	数据设置时间		100		ns
$t_{SU, STO}$	停止的建立时间		0.6		us
t_{BUF}	停止与启动状态之间的总线空闲时间		1.3		us
t_{BUF_ADDx}	在 STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间 (用于新 I2C 地址)。	在两次事务之间更改 ADDx 引脚	250		us
$t_{VD, DAT}$	数据有效时间			0.9	us
$t_{VD, ACK}$	数据有效确认时间			0.9	us

5.9.1 I2C 滤波器

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SP}	由输入滤波器进行抑制的尖峰的脉冲持续时间			11	35	ns

5.9.2 I²C 时序图

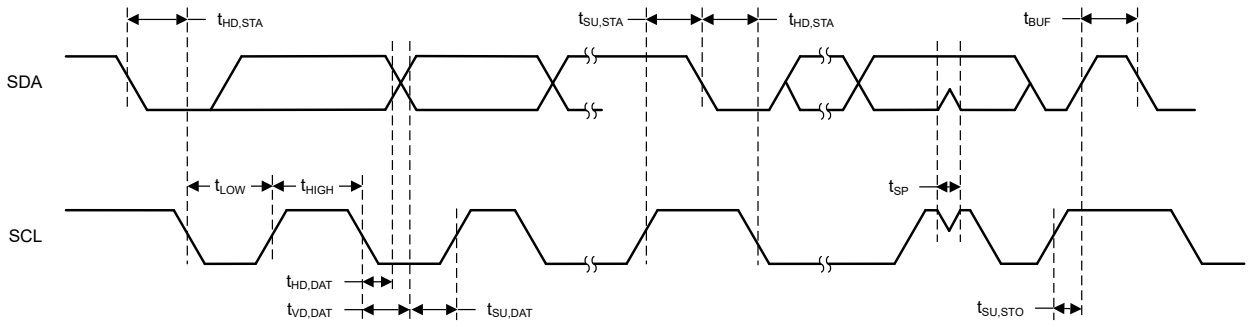


图 5-1. I²C 时序图

6 详细说明

FAN31790 是一款 PWM 风扇控制器 IC，可管理系统中多达 12 个独立冷却风扇的转速和运行状况。它通过 I2C 与主机通信，允许软件根据温度、负载或其他系统条件动态调节风扇转速。

FAN31790 的核心功能是生成独立的 PWM 信号，为多达 6 个风扇提供转速控制。其支持两种控制模式：可直接指定占空比 (0-100%) 的 PWM 模式，以及器件主动监测风扇转速计反馈并自动调整 PWM 占空比以保持目标 RPM 的 RPM 模式。这种闭环控制可确保风扇以所需速度旋转，而不受负载变化的影响。

除转速控制外，FAN31790 还提供全面的风扇监测和诊断功能。它可以读取多达 12 个转速计信号（六个专用输入信号以及六个可通过 PWM 输出配置的信号），从而使其能够检测风扇故障情况并向主机系统报告故障。其他功能包括：通过受控的占空比变化率实现声学优化、确保可靠启动的风扇旋转辅助、顺序激活多个风扇以降低浪涌电流，以及在主机系统无响应时强制风扇全速运转的 I2C 看门狗计时器。

6.1 风扇控制

FAN31790 风扇控制通过若干 POR 配置引脚的硬件配置进行初始配置。然后，主机通过 I2C 以两种运行模式之一调节风扇控制：PWM 模式和 RPM 模式。

6.1.1 PWM 模式

PWM 模式的主要优点是简单：主机直接命令 FAN31790 输出所需的转速，而无需反馈。PWMOUTx 引脚的占空比通过写入 PWM 目标占空比寄存器 (0-511 表示 0-100%) 来配置。每条 PWMOUTx 通道都可以是单独的控制器的。风扇的转速与占空比输出成正比。

PWM 占空比以风扇动态寄存器中设置的可编程速率逐渐变化，以更大限度地降低转速突然变化产生的声学噪声。因此，可以随时从 PWMOUT 占空比寄存器读取正在输出的实际当前 PWM 占空比。

6.1.2 RPM 模式

在 RPM 模式下，FAN31790 通过持续监测风扇转速计脉冲和自动调整 PWM 占空比来实现闭环转速控制，以保持目标转速。与 PWM 模式相比，RPM 模式可提供出色的控制，因为它通过在任何条件下均保持精确的转速来补偿风扇老化、负载变化和制造公差。

主机系统会将所需的转速计计数写入每个风扇的 TACH 目标计数寄存器 (50h-5Bh)，表示所需的 RPM。然后，该器件通过在可选的转速计周期数（在风扇动态寄存器 08h-0Dh 中设置）内计数内部 8192Hz 时钟周期来测量实际转速计频率，并将结果存储在 TACH 计数寄存器 (18h-2Fh) 中。如果实际计数低于目标，则器件会增加 PWM 占空比；如果高于目标，则减小占空比。其持续闭合环路，直至风扇达到命令的转速。

对于微调控制，如果 TACH 计数位于目标的指定窗口范围内，则窗口寄存器 (60h-65h) 允许控制环路将占空比变化率减慢至每秒 1 LSB，从而提升接近稳态的稳定性。

6.1.3 变化率控制

风扇转速的突然变化会产生用户可以听到的可闻噪声。FAN31790 提供可编程变化率机制，可实现 PWM 占空比平滑转换，并更大限度地降低声学影响。

PWM 变化率位（风扇动态寄存器 08h-0Dh 中的位 4:2）控制 9 位占空比每 1 LSB 递增或递减之间的时间间隔，范围为 0ms（立即）至每步 125ms。这样可以使风扇转速随着时间的推移而平滑斜升。此外，非对称变化率位（风扇动态寄存器中的位 1）使占空比下降时的速率比上升时更慢，从而进一步优化声学表现。

备注

当 `FULL_SPEED` 引脚被激活，或者内部故障检测已触发并配置为将任何风扇驱动至 100% 时，此变化率也适用。

6.1.4 旋转

当风扇静止并施加低 PWM 占空比时，风扇可能缺乏足够的扭矩来克服其旋转惯性而无法启动。FAN31790 提供自动旋转功能，可在短时间内施加 100% 占空比来加速风扇，然后转换到目标占空比。

旋转位（在风扇配置寄存器中为位 6:5）允许选择不旋转或旋转，直到检测到 2 个转速计脉冲（表示风扇正在旋转）。等待 TACH 信号的最大持续时间可配置为 0.5 秒、1 秒或 2 秒。SPIN_START 引脚用于设置 POR 旋转配置。

6.1.5 连续风扇启动

当多个高电流风扇同时上电时，启动电流浪涌可能会给系统电源造成压力。FAN31790 提供顺序风扇激活功能，通过在两次风扇激活之间插入可编程延迟来更大限度地减小这种浪涌电流。风扇按顺序逐个启动。顺序启动延迟位（故障风扇选项/顺序启动寄存器 14h 中的位 7:5）用于选择延迟间隔：两次风扇启动之间的延迟间隔可为 0s、250ms、500ms、1s、2s 或 4s。

当在 POR 期间强制风扇达到全速、响应风扇故障或将 FULL_SPEED 输入置为有效时，顺序激活适用。每个 PWM 均已启动，并将遵循其旋转和变化率设置。在经过延迟间隔之后，将开始下一个 PWM。

备注

即使对未使用或已禁用的 PWM 通道，延迟间隔同样适用。

6.1.6 FULL_SPEED 输入

FULL_SPEED 输入提供硬件驱动的安全机制，以实现失效防护过热保护。将此输入驱动为低电平会强制所有 PWM 输出达到 100% 占空比，选择了“发生故障时占空比 = 0%”的故障风扇除外。这使外部监控器能够在系统过热时立即将风扇驱动至最大转速。在具有多个 FAN31790 的系统中，所有 FAN_FAIL 输出都可以连接在一起，并连接到所有 FULL_SPEED 输入，确保在任何控制器上的任何风扇出现故障时，所有控制器上的所有风扇均以全速运行。即使器件处于待机模式，FULL_SPEED 输入仍保持有效状态。

6.1.7 I2C 看门狗计时器

I2C 看门狗计时器监测与主机系统的通信，并在主机无响应时强制风扇全速运转。这是针对数据中心和任务关键型设备的一项安全功能。使能后，器件会跟踪 I2C 事务之间的时间间隔；如果在所选超时周期内没有发生任何有效的 I2C 事务，则会强制所有风扇以 100% 占空比运转。I2C 看门狗位（全局配置寄存器 00h 中的位 2:1）将超时设置为 5 秒、10 秒或 30 秒，或者禁用看门狗。WD_START 引脚可设置上电看门狗配置。一旦看门狗超时，它就会强制风扇全速运转。如果有效的 I2C 事务恢复则恢复正常运行，且 FAN31790 恢复其之前的 PWM 值。主机必须定期与每个 FAN31790 器件通信，以满足看门狗的要求。例如，通过读取状态寄存器。

6.1.8 上电复位配置引脚

FAN31790 有五个引脚，在上电时进行采样，以配置特定配置寄存器的初始器件行为和默认值。这样器件便可立即开始控制风扇，而无需等待来自主机的 I2C 交互。

表 6-1. POR 配置引脚

名称	引脚	功能	寄存器	POR 时的引脚状态		
				GND	未连接/悬空	VCC
FREQ_START	1	初始 PWM 输出频率	PWM 频率寄存器 (01h)	30Hz	1.47kHz	25kHz
SPIN_START	2	初始旋转行为	风扇配置寄存器 (02-07h)	禁用	0.5s 或 2 个 TACH 计数	1s 或 2 个 TACH 计数
WD_START	5	初始看门狗行为	全局配置寄存器 (00h)	禁用	不适用	使能 30s 超时

表 6-1. POR 配置引脚 (续)

名称	引脚	功能	寄存器	POR 时的引脚状态		
				GND	未连接/悬空	VCC
PWM_START0	25	初始占空比	PWM 目标占空比寄存器 (40-4Bh)	请参阅下表。		
PWM_START1	26					

备注

FREQ_Start、Spin_start、PWM_Start0/1 引脚上都有一个约 40k 的内部下拉电阻器，该电阻器用作初始引脚状态逻辑的一部分。通过外部上拉电阻器将这些 POR 引脚连接到 VCC 完全可行，即使由于该内部下拉电阻器，实际引脚上的电压最终处于中间电压。内部逻辑在上电时仍然处理此情况。

表 6-2. PWM_START0/1 配置引脚

PWM_START0	PWM_START1	PWM 占空比 (%)
GND	GND	0
GND	未连接	30
GND	VCC	40
未连接	GND	50
未连接	VCC	60
VCC	GND	75
VCC	VCC	100

6.2 风扇监测

6.2.1 转速计信号

FAN31790 通过监测风扇转速计脉冲输出来测量风扇转速。FAN31790 统计在可选转速计周期数 (1、2、4、8、16 或 32 个周期) 内发生的内部 8192Hz (fTOSC/4) 时钟周期数，测量结果每秒更新一次。转速范围位 (风扇动态寄存器 08h-0Dh 中的位 7:5) 选择要计数的转速计周期数，从而针对不同的风扇转速范围进行优化。生成的 TACH 计数 (存储在寄存器 18h-2Fh 中) 是一个 11 位值，使用以下公式与 RPM 直接相关： $RPM = (60 \times NP \times SR \times 8192) / TACH$ 计数，其中 NP 是每圈转速计脉冲数，SR 是选择要测量周期数的转速范围。系统会自动剔除比 $t_{TACHMIN}$ 短的转速计脉冲，以更大限度地降低转速计线路的噪声敏感性。

6.2.2 PWM 输出作为转速计输入

FAN31790 允许将六个 PWM 输出中的任何一个重新配置为额外的转速计输入，从而提供了灵活性。PWM/TACH 位 (风扇配置寄存器 02h-07h 中的位 0) 选择通道是作为 PWM 输出 (0) 还是 TACH 输入 (1) 运行。当配置为 TACH 输入时，PWM 输出变为转速计通道，编号为原始 PWM 通道编号加六 (例如，PWMOUT1 变为 TACH7)。原始通道的所有转速计设置 (包括转速范围、锁定转子配置和 TACH 输入使能) 均适用于重新配置的 PWM/TACH 引脚。这样总共可允许多达 12 个转速计输入：六个专用 TACH 引脚加上多达六个转换为 TACH 的 PWM 输出，从而能够监测多达 12 个风扇。

6.3 风扇故障和失效

使能后，FAN31790 会持续监测转速计信号，以检测风扇是否停止旋转或运行异常。该器件可以通过三种不同的方式检测风扇故障，具体取决于控制模式 (PWM 模式、RPM 模式或锁定转子模式)。一旦检测到故障情况，便会计入故障队列，主机可配置在判定风扇失效之前，需要连续检测到 1、2、4 或 6 次故障。在发生所选数量的连续故障后，FAN_FAIL 输出将置为有效 (除非被屏蔽)，并且将置位风扇故障状态寄存器 (10h、11h) 中的故障

位。失效状态将一直持续，直到主机通过向该风扇的 PWM 目标占空比或 TACH 目标计数寄存器写入新值来将其清除。

6.3.1 PWM 模式故障检测

在 PWM 模式下，主机在 TACH 目标计数寄存器中设置允许的最大转速计计数。如果实际 TACH 计数超过此限值（表示风扇转速太慢），则检测到故障。比较每秒进行一次；如果后续测量值也超过该限值，并且风扇故障队列设置为 1，则风扇标记为失效。当 PWM 输出用作 TACH 输入时，适用相同的 PWM 模式故障检测机制。当 PWM 目标占空比设置为 0% 时，将屏蔽故障检测。

6.3.2 RPM 模式故障检测

在 RPM 模式下，器件将检测三种故障情况：

1. 当 PWM 占空比为 100% 时，TACH 计数超过 TACH 目标计数（风扇在全速驱动时未达到命令的转速）
2. 当占空比小于 100% 时，TACH 计数超过 TACH 目标计数的两倍（风扇转速过低，存在安全隐患）
3. TACH 计数达到最大值 7FFh（表示传感器故障或不存在）。

在 RPM 模式下，当 TACH 目标计数设置为满量程时，会屏蔽故障检测。

6.3.3 锁定转子模式故障检测

某些风扇包含专用的锁定转子输出信号。通过设置 TACH/锁定转子位（风扇配置寄存器中为位 2）并选择极性（锁定转子极性位 1），器件可监测该信号；如果锁定转子情况持续 1 秒，则判定风扇发生故障。

6.3.4 故障指示

风扇故障状态通过两种机制进行报告。第一种，风扇故障状态寄存器中会设置单独的故障位。这些位在检测到故障后锁存，并保持设置状态，直到主机通过向受影响的通道写入新的 PWM 或 TACH 目标值来将其清除。写入新值将导致再次检查故障，并在一秒后更新。第二种，当发生任何未屏蔽的风扇故障时， $\overline{\text{FAN_FAIL}}$ 开漏引脚将被拉低。

可以使用风扇故障屏蔽寄存器来屏蔽特定故障，从而防止某些风扇在触发 $\overline{\text{FAN_FAIL}}$ 输出的同时仍记录故障状态。此外，故障风扇选项位（故障风扇选项/顺序启动寄存器 14h 中的位 3:2）控制检测到故障时 PWM 输出的行为：可以将占空比强制设为 0%、保持当前值、强制设为 100%，或者在发生任何未屏蔽的故障时可将所有风扇强制设为 100%。

6.4 I²C 接口

6.4.1 I2C 地址和 ADDR_x 引脚

FAN31790 的 I2C 地址由 I2C 总线上每个 I2C 事务开始时 ADD0 和 ADD1 地址引脚的状态决定。ADD0 和 ADD1 引脚可以连接到 GND、VCC、SDA 或 SCL。这些引脚允许多达 16 个 FAN31790 驻留在同一 I2C 总线上。有关所有 16 个可能的 I2C 地址以及相应 ADD0 和 ADD1 引脚连接的完整列表，请参阅下表。例如，如果 ADD0 和 ADD1 引脚在上电时接地，则 FAN31790 的地址为 20h。

I2C 地址在下文中也以“地址字节”的形式呈现，即 7 位地址左移一位，留出一位用于 R/W 位。

表 6-3. FAN31790 地址表

ADD1 连接	ADD0 连接	FAN31790 I2C 地址	FAN31790 “地址字节”
GND	GND	0x20	0x40
GND	SCL	0x21	0x42
GND	SDA	0x22	0x44
GND	VCC	0x23	0x46
SCL	GND	0x24	0x48
SCL	SCL	0x25	0x4A

表 6-3. FAN31790 地址表 (续)

ADD1 连接	AAD0 连接	FAN31790 I2C 地址	FAN31790 “地址字节”
SCL	SDA	0x26	0x4C
SCL	VCC	0x27	0x4E
SDA	GND	0x28	0x50
SDA	SCL	0x29	0x52
SDA	SDA	0x2A	0x54
SDA	VCC	0x2B	0x56
VCC	GND	0x2C	0x58
VCC	SCL	0x2D	0x5A
VCC	SDA	0x2E	0x5C
VCC	VCC	0x2F	0x5E

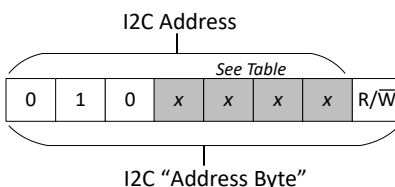


图 6-1. FAN31790 I2C 目标地址

6.4.2 I2C 命令结构

器件存储器地址

在对 FAN31790 进行 I2C 写入操作期间，控制器必须发送一个存储器地址以识别 FAN31790 存储数据的存储器位置。该存储器地址始终是在 FAN31790 地址字节之后的写入操作期间发送的第二个字节。

对寄存器和存储器进行写入和读取

若要向 FAN31790 写入一个字节，则控制器必须生成一个 START 条件，写入地址字节 (R/W = 0)，写入存储器地址，写入数据字节，最后生成一个 STOP 条件。在所有字节写入操作期间，控制器必须读取 FAN31790 的确认。此方法可用于在 FAN31790 的寄存器/存储器中写入。

与使用指定存储器地址字节来定义数据写入位置的写入操作不同，读取操作发生在存储器地址计数器的当前值处。若要从 FAN31790 读取一个字节，则控制器生成一个 START 条件，写入地址字节 (R/W = 1)，读取数据字节 (含 NACK) 以指示传输结束，最后生成一个 STOP 条件。但是，由于要求控制器跟踪存储器地址计数器不切实际，因此应使用以下方法从指定的存储器位置执行读取操作。通过将地址计数器强制设为特定值，控制器可从此位置操作地址计数器以进行读取。为此，控制器会生成一个 START 条件，写入地址字节 (R/W = 0)，写入需读取的存储器地址，生成重复的 START 条件，写入地址字节 (R/W = 1)，根据需要读取含有 ACK 或 NACK 的数据，最后生成一个 STOP 条件。请记住，控制器必须向最后一个字节发送 NACK，以通知 FAN31790 无需读取其他字节。

最后，如果控制器希望从 FAN31790 读取多个字节，则在终止事务前如需读取另一个字节，只需对数据字节发送 ACK。FAN31790 读取最后一个字节后，其必须发送 NACK 以指示传输结束并生成一个 STOP 条件。

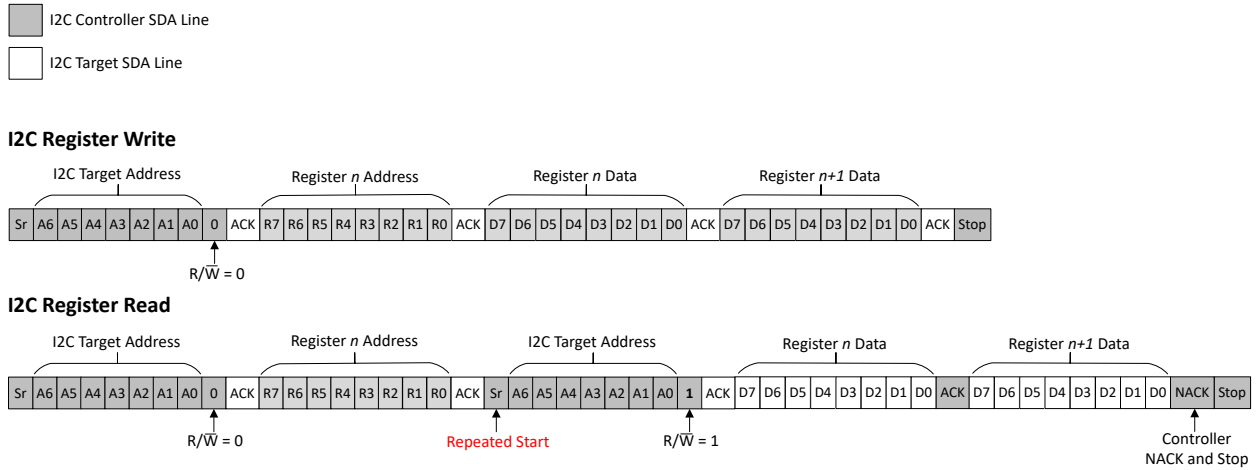


图 6-2. FAN31790 I2C 寄存器接口

7 寄存器映射

所有寄存器均为 8 位 (1 字节)，它们还被分组到页中，每页 8 个寄存器。I2C 控制器可以读取或写入单字节或连续字节。写入连续寄存器字节时，它们必须全部位于同一页上。如果已到达某一页的最后一个寄存器并继续写入另一个字节，则寄存器地址指针将环回到该页的起始位置，并将该字节写入该页的第一个寄存器。

连续读取则不受单页限制。连续读取可以一直继续，直到寄存器映射结束。在到达寄存器映射中的最后一个寄存器之后，连续读取将返回 0xFF，直到地址达到 FFh。然后，它将在寄存器映射顶部环回到 0x00。

某些寄存器默认复位状态在上电时由硬件输入引脚进行配置。这些寄存器复位值标记为 X。所有用户字节寄存器均为通用易失性存储器。

表 7-1. 寄存器映射

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	
全局配置寄存器												
存储器页 0												
00h	全局配置	R/W	0010 0XX0b	运行/待机 0 = 运行 1 = 待机	复位 : 0 = 正常 1 = 复 位	总线超时 0 = 已使能	RESERVE D	OSC : 0 = 内部振荡器 1 = 外部晶 体	I2C 看门狗 : 00b = 禁用 01b = 5s 10b = 10s 11b = 30s	I2C 看门狗 状态 1 = 检 测到看门狗 故障		
01h	PWM 频 率	R/W	FREQ_ START	PWM4-PWM6 频率 : 0000b = 25Hz 0001b = 30Hz (FREQ_START = GND) 0010b = 35Hz 0011b = 100Hz 0100b = 125Hz 0101b = 149.7Hz 0110b = 1.25kHz 0111b = 1.47kHz (FREQ_START = 悬空) 1000b = 3.57kHz 1001b = 5kHz 1010b = 12.5kHz 1011b = 25kHz (FREQ_START = VCC)			PWM1-PWM3 频率 : 0000b = 25Hz 0001b = 30Hz (FREQ_START = GND) 0010b = 35Hz 0011b = 100Hz 0100b = 125Hz 0101b = 149.7Hz 0110b = 1.25kHz 0111b = 1.47kHz (FREQ_START = 悬空) 1000b = 3.57kHz 1001b = 5kHz 1010b = 12.5kHz 1011b = 25kHz (FREQ_START = VCC)					
02h	风扇 1 配 置	R/W	0XX0 0000b	模式 : 0 = PWM 1 = RPM	旋转 00b = 无旋转 01b = 2 个 TACH 计数或 0.5s 10b = 2 个 TACH 计数或 1s 11b = 2 个 TACH 计数或 2s	控制/监测 0 = 控制 1 = 仅监测	TACH 输入 使能 1 = 已 使能	TACH/锁定 转子 0 = TACH 1 = 锁定转子	锁定转子极 性 0 = 低电 平 1 = 高电 平	PWM/ TACH 0 = PWM 1 = TACH		
03h	风扇 2 配 置	R/W	0XX0 0000b	与风扇 1 配置相同								
04h	风扇 3 配 置	R/W	0XX0 0000b	与风扇 1 配置相同								
05h	风扇 4 配 置	R/W	0XX0 0000b	与风扇 1 配置相同								
06h	风扇 5 配 置	R/W	0XX0 0000b	与风扇 1 配置相同								
07h	风扇 6 配 置	R/W	0XX0 0000b	与风扇 1 配置相同								
存储器页 1												
08h	风扇 1 动 态	R/W	0100 1100b	转速范围 (TACH 周期数) 000b = 1 001b = 2 010b = 4 (默认值) 011b = 8 100b = 16 101b = 32 110b = 32 111b = 32			PWM 变化率 : 000b = 每 LSB 0ms (PWM) 000b = 每 LSB 0.9765ms (RPM) 001b = 每 LSB 1.953125ms 010b = 每 LSB 3.90625ms 011b = 每 LSB 7.8125ms (默认值) 100b = 每 LSB 15.625ms 101b = 每 LSB 31.25ms 110b = 每 LSB 62.5ms 111b = 每 LSB 125ms			非对称变化 率 1 = 已使 能	RESERVE D	
09h	风扇 2 动 态	R/W	0100 1100b	与风扇 1 动态相同								
0Ah	风扇 3 动 态	R/W	0100 1100b	与风扇 1 动态相同								

表 7-1. 寄存器映射 (续)

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	
0Bh	风扇 4 动态	R/W	0100 1100b	与风扇 1 动态相同								
0Ch	风扇 5 动态	R/W	0100 1100b	与风扇 1 动态相同								
0Dh	风扇 6 动态	R/W	0100 1100b	与风扇 1 动态相同								
0Eh	用户字节	R/W	0000 0000b									
0Fh	用户字节	R/W	0000 0000b									
风扇故障寄存器				位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	
存储器页 2												
10h	风扇故障状态 2	R	0000 0000b	RESERVE D	RESERVE D	风扇 12 故障 1 = 故障	风扇 11 故障 1 = 故障	风扇 10 故障 1 = 故障	风扇 9 故障 1 = 故障	风扇 8 故障 1 = 故障	风扇 7 故障 1 = 故障	
11h	风扇故障状态 1	R	0000 0000b	RESERVE D	RESERVE D	风扇 6 故障 1 = 故障	风扇 5 故障 1 = 故障	风扇 4 故障 1 = 故障	风扇 3 故障 1 = 故障	风扇 2 故障 1 = 故障	风扇 1 故障 1 = 故障	
12h	风扇故障屏蔽 2	R/W	0011 1111b	RESERVE D	RESERVE D	风扇 12 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 11 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 10 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 9 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 8 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 7 屏蔽 1 = 已屏蔽	
13h	风扇故障屏蔽 1	R/W	0011 1111b	RESERVE D	RESERVE D	风扇 6 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 5 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 4 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 3 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 2 屏蔽 1 = 已屏蔽	风扇 1 屏蔽 1 = 已屏蔽	
14h	故障风扇选项/顺序启动	R/W	0100 0101b	顺序启动延迟 000b = 0s 001b = 250ms 010b = 500ms 011b = 1s 100b = 2s 101b, 110b, 111b = 4s			RESERVE D	故障风扇选项 00b = 发生故障时占空比 = 0% 01b = 发生故障时继续以 PWM 或 RPM 模式运行。10b = 发生故障时占空比 = 100% 11b = 发生任何未屏蔽的风扇故障时, 所有风扇均设为 100%。			风扇故障队列 00b = 1 个故障 01b = 2 个故障 10b = 4 个故障 11b = 6 个故障	
15h	用户字节	R/W	0000 0000b									
16h	用户字节	R/W	0000 0000b									
17h	用户字节	R/W	0000 0000b									

表 7-2. 寄存器映射 (续)

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
TACH 和 PWM 状态寄存器											
存储器页 3											
18h	TACH 1 计数	MSB	R	1111 1111b	DATA						
19h		LSB	R	1110 0000b	DATA			R-0h			
1Ah	TACH 2 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
1Bh		LSB	R	1110 0000b							
1Ch	TACH 3 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
1Dh		LSB	R	1110 0000b							
1Eh	TACH 4 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
1Fh		LSB	R	1110 0000b							

表 7-2. 寄存器映射 (续) (续)

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
存储器页 4											
20h	TACH 5 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
21h		LSB	R	1110 0000b							
22h	TACH 6 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
23h		LSB	R	1110 0000b							
24h	TACH 7 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
25h		LSB	R	1110 0000b							
26h	TACH 8 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
27h		LSB	R	1110 0000b							
存储器页 5											
28h	TACH 9 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
29h		LSB	R	1110 0000b							
2Ah	TACH 10 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
2Bh		LSB	R	1110 0000b							
2Ch	TACH 11 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
2Dh		LSB	R	1110 0000b							
2Eh	TACH 12 计数	MSB	R	1111 1111b	与 TACH 1 计数相同						
2Fh		LSB	R	1110 0000b							
存储器页 6											
30h	PWMOUT 1 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	DATA						
31h		LSB	R	0000 0000b	DATA	R-0h					
32h	PWMOUT 2 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	与 PWMOUT 1 占空比相同						
33h		LSB	R	0000 0000b							
34h	PWMOUT 3 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	与 PWMOUT 1 占空比相同						
35h		LSB	R	0000 0000b							
36h	PWMOUT 4 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	与 PWMOUT 1 占空比相同						
37h		LSB	R	0000 0000b							
存储器页 7											
38h	PWMOUT 5 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	与 PWMOUT 1 占空比相同						
39h		LSB	R	0000 0000b							
3Ah	PWMOUT 6 占空比状态	MSB	R	0000 0000b	与 PWMOUT 1 占空比相同						
3Bh		LSB	R	0000 0000b							
3Ch	RESERVED		R	0000 0000b	R-0h						
3Dh	RESERVED		R	0000 0000b	R-0h						
3Eh	RESERVED		R	0000 0000b	R-0h						
3Fh	RESERVED		R	0000 0000b	R-0h						
PWM 占空比控制寄存器				位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
存储器页 8											
40h	PWMOUT1 目标占空比	MSB	R/W	PWM_START	DATA						
41h		LSB	R/W	PWM_START	DATA	RESERVED					
42h	PWMOUT2 目标占空比	MSB	R/W	PWM_START	与 PWMOUT 1 目标占空比相同						
43h		LSB	R/W	PWM_START							
44h	PWMOUT3 目标占空比	MSB	R/W	PWM_START	与 PWMOUT 1 目标占空比相同						
45h		LSB	R/W	PWM_START							

表 7-2. 寄存器映射 (续) (续)

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
46h	PWMOUT4 目标 占空比	MSB	R/W	PWM_START	与 PWMOUT 1 目标占空比相同						
47h		LSB	R/W	PWM_START							
存储器页 9											
48h	PWMOUT5 目标 占空比	MSB	R/W	PWM_START	与 PWMOUT 1 目标占空比相同						
49h		LSB	R/W	PWM_START							
4Ah	PWMOUT6 目标 占空比	MSB	R/W	PWM_START	与 PWMOUT 1 目标占空比相同						
4Bh		LSB	R/W	PWM_START							
4Ch	用户字节		R/W	0000 0000b							
4Dh	用户字节		R/W	0000 0000b							
4Eh	用户字节		R/W	0000 0000b							
4Fh	用户字节		R/W	0000 0000b							
TACH 目标计数寄存器				位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
存储器页 10											
50h	TACH 1 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	DATA						
51h		LSB	R/W	0000 0000b	DATA	RESERVED					
52h	TACH 2 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	与 TACH 1 目标计数相同						
53h		LSB	R/W	0000 0000b							
54h	TACH 3 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	与 TACH 1 目标计数相同						
55h		LSB	R/W	0000 0000b							
56h	TACH 4 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	与 TACH 1 目标计数相同						
57h		LSB	R/W	0000 0000b							
存储器页 11											
58h	TACH 5 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	与 TACH 1 目标计数相同						
59h		LSB	R/W	0000 0000b							
5Ah	TACH 6 目标计 数	MSB	R/W	0011 1100b	与 TACH 1 目标计数相同						
5Bh		LSB	R/W	0000 0000b							
5Ch	用户字节		R/W	0000 0000b							
5Dh	用户字节		R/W	0000 0000b							
5Eh	用户字节		R/W	0000 0000b							
5Fh	用户字节		R/W	0000 0000b							
窗口寄存器				位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
存储器页 12											
60h	窗口 1		R/W	0000 0000b	DATA						
61h	窗口 2		R/W	0000 0000b	与窗口 1 相同						
62h	窗口 3		R/W	0000 0000b	与窗口 1 相同						
63h	窗口 4		R/W	0000 0000b	与窗口 1 相同						
64h	窗口 5		R/W	0000 0000b	与窗口 1 相同						
65h	窗口 6		R/W	0000 0000b	与窗口 1 相同						
66h	用户字节		R/W	0000 0000b							
67h	用户字节		R/W	0000 0000b							
器件修订版本寄存器				位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
存储器页 13											
68h	器件主要修订版本		R	0000 0001b	初始主要修订版本 = 0x01						
69h	器件次要修订版本		R	0000 0000b	初始次要修订版本 = 0x00						

表 7-2. 寄存器映射 (续) (续)

ADDR	名称	R/W	复位	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
6Ah	器件 ID	R	0000 0000b	器件标识符。0x00 = FAN31790							

8 寄存器说明

寄存器映射列出了 FAN31790 的存储器映射寄存器。

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-1 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-1. 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

8.1 全局配置寄存器

8.1.1 全局配置寄存器 (地址 = 00h) [复位 = 0010 0xx0b]

图 8-1 中显示了全局配置寄存器，表 8-2 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

控制寄存器操作的寄存器

图 8-1. 全局配置寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
运行/待机	复位	Bus Timeout	RESERVED	OSC	I2C 看门狗		I2C 看门狗状态
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h

表 8-2. 全局配置寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	运行/待机	R/W	0b	将器件置于待机模式。进入待机模式会将所有 PWM 占空比设置为 0 并停止风扇故障检测。但是，无论运行位的状态如何，将 FULL_SPEED 输入驱动为低电平会强制所有使能的 PWMOUT 输出为高电平 (100% 占空比)。0h = 运行 1h = 待机
6	复位	R/W	0b	重置风扇控制器。该位会自动复位，读取时始终返回 0。0h = 正常运行 1h = 将所有寄存器复位为 POR 值
5	Bus Timeout	R/W	0b	I2C 总线超时。如果 SDA 为低电平的时间超过 35ms，则 I2C 接口会复位 0h = 已使能 1h = 已禁用
4	RESERVED	R/W	0b	
3	OSC	R/W	0b	在内置振荡器或外部 32.768kHz 晶体/陶瓷谐振器之间选择振荡器源。用于 TACH 计数并为 CLKOUT 引脚供电。如果需要更高的精度，请使用晶体或陶瓷谐振器。从内部振荡器切换到外部晶体时，该器件通过内部振荡器运行，直到晶体振荡器启动。如果晶体损坏或振荡器无法启动，器件将继续通过内部振荡器运行。0h = 内部振荡器 (上电时的默认值) 1h = 外部 32.768kHz 晶体

表 8-2. 全局配置寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
2-1	I2C 看门狗	R/W	WD_START 引脚	看门狗配置。使能后，WDT 会通过有效的 I2C 事务重新启动。如果在看门狗周期内主机和风扇控制器之间没有发生有效的事务，则所有风扇 PWM 输出都将达到 100%。如果在 WDT 超时后发生有效的 I2C 事务，则风扇控制器将恢复其之前的配置。确保主机定期与风扇控制器通信，以避免 WDT 干预。上电时的看门狗行为由 WD_START 引脚控制。00h = 禁用 (如果 WD_START = GND, 则为默认值) 01h = 5s 超时周期 10h = 10s 超时周期 11h = 30s 超时周期 (如果 WD_START = VCC, 则为默认值)
0	I2C 看门狗状态	R/W	0b	看门狗计时器的当前状态。通过向此位写入 0 来清除此位。0h = 看门狗未激活/I2C 事务在看门狗周期内已发生。1h = 已触发看门狗。已超过两次 I2C 事务之间的时间。

8.1.2 PWM 频率寄存器 (地址 = 01h) [复位 = 08h]

图 8-2 中显示了 PWM 频率寄存器，表 8-3 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

控制桥接的寄存器

图 8-2. PWM 频率寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PWM4-PWM6 频率				PWM1-PWM3 频率			
R/W - xxxx b				R/W - xxxx b			

表 8-3. PWM 频率寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	PWM4-PWM6 频率	R/W	FREQ_START	PWM4-PWM6 频率： 0000b = 25Hz 0001b = 30Hz (FREQ_START = GND) 0010b = 35Hz 0011b = 100Hz 0100b = 125Hz 0101b = 149.7Hz 0110b = 1.25kHz 0111b = 1.47kHz (FREQ_START = 悬空) 1000b = 3.57kHz 1001b = 5kHz 1010b = 12.5kHz 1011b = 25kHz (FREQ_START = VCC)

表 8-3. PWM 频率寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
3-0	PWM1-PWM3 频率	R/W	FREQ_START	PWM1-PWM3 频率： 0000b = 25Hz 0001b = 30Hz (FREQ_START = GND) 0010b = 35Hz 0011b = 100Hz 0100b = 125Hz 0101b = 149.7Hz 0110b = 1.25kHz 0111b = 1.47kHz (FREQ_START = 悬空) 1000b = 3.57kHz 1001b = 5kHz 1010b = 12.5kHz 1011b = 25kHz (FREQ_START = VCC)

8.1.3 风扇 X 配置寄存器 (地址 = 02h-07h) [复位 = 0xx0 0000b]

图 8-3 中显示了风扇 X 配置寄存器，表 8-4 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

重复设置的寄存器，分别用于配置风扇 1-6

图 8-3. 风扇 X 配置寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
模式	旋转		控制/监测	TACH 输入使能	TACH/锁定转子极性	锁定转子极性	PWM/TACH
R/W-0b	R/W-xxb		R/W-0b	R/W-0b	R/W-0b	R/W-0b	R/W-0b

表 8-4. 配置寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	模式	R/W	0b	选择 PWM 或 RPM 模式。PWM 占空比由相关 PWMOUT 目标占空比寄存器中的值设置。在 RPM 模式下，会调整 PWM 占空比以在相关的 TACH 目标计数寄存器中生成 TACH 计数值。从 PWM 模式更改为 RPM 模式时，如果当前 RPM 值与 TACH 目标计数寄存器中选择的值不同，则 PWM 占空比从当前值开始，以所选占空比变化率递增/递减至所需的值。0 = PWM 模式 1 = RPM 模式
6-5	旋转	R/W	SPIN_START 引脚	旋转是指风扇首次启动后，其 PWM 占空比变为 100%，持续可选的周期或时间，或直至检测到 2 个 TACH 脉冲。这是为了帮助风扇完成其初始启动阶段。旋转后，占空比变为 PWMOUT 目标占空比寄存器中的值。旋转的复位状态在上电时根据 SPIN_START 引脚的状态进行设置。00b = 无旋转 (SPIN_START = GND) 01b = 2 个 TACH 计数或 0.5s (SPIN_START = 未连接) 10b = 2 个 TACH 计数或 1s (SPIN_START = VCC) 11b = 2 个 TACH 计数或 2s
4	控制/监测	R/W	0b	0 = 控制风扇转速 1 = 仅监测。无论其他设置如何，相关占空比 = 0%；如果由位 3 使能，则监测相关的 TACH 或锁定转子。
3	TACH 输入使能	R/W	0b	使能相关 TACH 输入功能和风扇故障检测 (在 RPM 模式下自动使能)。禁用且不使用 TACH 输入时，将忽略位 1 和位 2。0 = 已禁用 1 = 已使能
2	TACH/锁定转子极性	R/W	0b	选择 TACH 输入功能作为 TACH 计数或锁定转子。在锁定转子模式下，相关 TACH 输入的置位表示风扇已停止。0 = TACH 1 = 锁定转子

表 8-4. 配置寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
1	锁定转子极性	R/W	0b	在锁定转子模式下, 相关的 TACH 输入为低电平或高电平, 表示风扇停止。0 = 低电平 1 = 高电平
0	PWM/TACH 模式	R/W	0b	在 PWM 模式与 TACH 模式之间进行选择。在 PWM 模式下, 相关 PWMOUT 会产生一个用于控制风扇转速的 PWM 波形。在 TACH 模式下, 相关 PWMOUT 会变成 TACH 输入, 其通道编号等于 PWMOUT 通道的编号加六。0 = PWM 1 = TACH

8.1.4 风扇 X 动态寄存器 (地址 = 08h - 0Dh) [复位 = 0100 1100b]

图 8-4 中显示了扇 X 动态寄存器, 表 8-5 中对此进行了介绍。

返回到[寄存器映射](#)。

用于配置风扇转速控制的寄存器, 例如 PWM 变化率和 TACH 测量的时段。以下各表详细介绍了表 8-6 和表 8-7 中各个位的功能:

图 8-4. 风扇 X 动态寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
转速范围			PWM 变化率			非对称变化率	保留
R-010b			R/W-011b			R/W-0b	R/W-0b

表 8-5. 风扇 X 动态寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	转速范围	R/W	010b	<p>该器件通过在一个或多个风扇转速计周期内计算内部 8192Hz (fTOSC/4) 时钟周期数 (使用 11 位计数器) 来确定风扇转速。三位用于设置风扇的标称 RPM 范围, 如下表所示。例如, 设置 010b 会使器件计算在四个完整转速计周期内发生的 8192Hz (fTOSC/4) 时钟周期数。如果风扇的标称转速为 2000 RPM, 且每圈两个转速计脉冲, 则一个转速计周期的标称值为 15ms, 四个转速计周期为 60ms。因此, 使用 8192Hz (fTOSC/4) 时钟时, TACH 计数等于 491。风扇转速为标称值的 1/3 时, 该计数为 1474。如果风扇的标称转速为 1000 RPM, 则全速 TACH 计数为 983。当转速为标称转速的 1/3 时, 四个转速计周期中有 2948 个时钟周期。该值大于 11 位计数的最大值 2047, 因此四个转速计周期对于该风扇来说过多; 建议改为设置 001 (两个时钟周期)。</p> <p>下表显示了标称风扇转速和位 7:5 设置多种组合的全速转速计计数。阴影部分的组合可提供最佳结果。通常应避免使用非阴影部分的组合。当设置位 7:5 时, 目标是在风扇处于最低关注转速时, 在不超过最大计数 2047 的情况下获得最高转速计计数。例如, 如果最低关注转速是全速的 1/3, 则最大转速计计数是表中所示值的三倍。</p>

表 8-5. 风扇 X 动态寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
4-2	PWM 变化率	R/W	011b	<p>设置 PWM 占空比变化率。相关 PWMOUT 输出时的 PWM 占空比在 0 到满量程之间变化，以 512 为增量。变化率位决定占空比输出递增/递减之间的时间间隔。无论这些设置如何，在以下几种情况下，变化率始终为 0：</p> <p>在 RPM 模式下，当选择 TACH 目标计数 2047 (7FFh) 时，占空比立即变为 0%。满量程目标计数被视为意图关闭风扇，并会直接进入 0% 以避免在高 TACH 计数时可能失去控制环路反馈。如果希望缓慢降速至 0%，请选择风扇处于实际最慢值时的 TACH 目标计数。达到该计数后，选择 2047 (7FF) 的计数，则立即将驱动器降至 0%。</p> <p>在 PWM 模式下，当选择 0% 的目标占空比后，该占空比将变为 0%。同样，假设其目的是关闭风扇。如果希望缓慢降速至 0%，应选择相关风扇目标占空比的最慢实际值。达到该占空比后，选择 0% 的目标值，则立即将驱动器降至 0%。</p> <p>在 PWM 模式下，当前占空比为 0% 时，选择新的目标占空比会使占空比立即变为该值。如果已使能旋转，则风扇首先旋转。在 RPM 模式下，当前占空比为 0% 时，选择小于 2047 (7FFh) 的新 TACH 目标计数会使占空比立即变为 PWMOUT 目标占空比寄存器中的值。占空比会从该值开始根据需要递增，以实现所需的 TACH 目标计数。如果已使能旋转，则风扇首先旋转。</p>
1	非对称变化率	R/W	0h	0 = 无论占空比增加还是减少，变化率均相同。1 = 占空比降低时的变化率是增加时变化率的一半。
0	保留	R/W	0h	RESERVED

表 8-6. 转速范围

位 7:5	计数的 TACH 周期数	RPM					
		500	1000	2000	4000	8000	16000
000b	1	491 (60 ms)	245 (30 ms)	122 (15 ms)	61 (7.5 ms)	30 (3.75 ms)	15 (1.87 ms)
001b	2	983 (120 ms)	491 (60 ms)	245 (30 ms)	122 (15 ms)	61 (7.5 ms)	30 (3.75 ms)
010b (默认值)	4	1966 (240 ms)	983 (120 ms)	491 (60 ms)	245 (30 ms)	122 (15 ms)	61 (7.5 ms)
011b	8	2047 (480 ms)	1966 (240 ms)	983 (120 ms)	491 (60 ms)	245 (30 ms)	122 (15 ms)
100b	16	2047 (960 ms)	2047 (480 ms)	1966 (240 ms)	983 (120 ms)	491 (60 ms)	245 (30 ms)
101b、110b、111b	32	2047 (1920 ms)	2047 (960 ms)	2047 (480 ms)	1966 (240 ms)	983 (120 ms)	491 (60 ms)

表 8-7. PWM 变化率设置

位 4:2	占空比递增之间的时间 (ms) RPM		从 33% 到 100% 的时间 (秒)	
	PWM	RPM	PWM	RPM
000b	0	0.9765	0	0.33
001b	1.95		0.67	
010b	3.91		1.34	
011b (默认值)	7.81		2.7	
100b	15.63		5.3	
101b	31.25		10.7	
110b	62.50		21.4	

表 8-7. PWM 变化率设置 (续)

位 4:2	占空比递增之间的时间 (ms) RPM		从 33% 到 100% 的时间 (秒)	
	PWM	RPM	PWM	RPM
111b	125.00		42.8	

8.1.5 用户字节寄存器 (地址 = 0Eh - 0Fh、15h - 17h、4Ch - 4Fh、5Ch - 5Fh、66h - 67h) [复位 = 0000 0000b]

图 8-5 中显示了用户字节寄存器，表 8-8 中对此进行了介绍。

返回到[寄存器映射](#)。

用户可将此寄存器用于自己的用途。

图 8-5. 用户字节寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
通用位							
R/W-0000 0000b							

表 8-8. 用户字节寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	通用位	R/W	00000000b	易失性。这些位对器件运行没有任何影响

8.2 风扇故障寄存器

8.2.1 风扇故障状态 2 寄存器 (地址 = 10h) [复位 = 0000 0000b]

图 8-6 中显示了风扇故障状态 2 寄存器，表 8-9 中对此进行了介绍。

返回到[寄存器映射](#)。

此寄存器仅适用于用作 TACH 输入的 PWMOUT。相关风扇出现故障，如“风扇故障”部分中所述。

图 8-6. 风扇故障状态 2 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED		风扇 [12-7] 故障					
R/W-00b		R/W-000000b					

表 8-9. 风扇故障状态 2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	保留	R/W	00b	RESERVED
5-0	风扇 [12-7] 故障	R/W	000000b	相关风扇出现故障，如“风扇故障”部分中所述。检测到风扇故障时，相关故障位设置为 1。故障位会锁存，直到通过将 PWM 目标占空比或 TACH 目标计数写入相关风扇控制寄存器来清除这些位，从而能够识别短期故障。

8.2.2 风扇故障状态 1 寄存器 (地址 = 11h) [复位 = 0000 0000b]

图 8-7 中显示了风扇故障状态 1 寄存器，表 8-10 中对此进行了介绍。

返回到[寄存器映射](#)。

此寄存器仅适用于用作 TACH 输入的 PWMOUT。相关风扇出现故障，如“风扇故障”部分中所述。

图 8-7. 风扇故障状态 1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED			风扇 [6-1] 故障				
R/W-00b			R/W-000000b				

表 8-10. 风扇故障状态 1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	保留	R/W	00b	RESERVED
5-0	风扇 [6-1] 故障	R/W	000000b	相关风扇出现故障，如“风扇故障”部分中所述。检测到风扇故障时，相关故障位设置为 1。故障位会锁存，直到通过将 PWM 目标占空比或 TACH 目标计数写入风扇的控制寄存器来清除这些位，从而能够识别短期故障。

风扇故障屏蔽 2 寄存器 (地址 = 12h) [复位 = 0011 1111b]

图 8-8 中显示了风扇故障屏蔽 2 寄存器，表 8-11 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

此寄存器仅适用于用作 TACH 输入的 PWMOUT。

图 8-8. 风扇故障屏蔽 2 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED			风扇 [12-7] 屏蔽				
R/W-00b			R/W-111111b				

表 8-11. 风扇故障屏蔽 2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	保留	R/W	00b	RESERVED
5-0	风扇 [12-7] 屏蔽	R/W	111111b	这些位屏蔽所选风扇的故障，使其不会将 FAN_FAIL 输出置为有效。故障仍由故障状态位指示。 0：未屏蔽。 1：已屏蔽。(默认) 当风扇发生故障时，PWM 行为由故障风扇选项寄存器控制。

风扇故障屏蔽 1 寄存器 (地址 = 13h) [复位 = 0011 1111b]

图 8-9 中显示了风扇故障屏蔽 1 寄存器，表 8-12 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

图 8-9. 风扇故障屏蔽 1 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED			风扇 [6-1] 屏蔽				
R/W-00b			R/W-111111b				

表 8-12. 风扇故障屏蔽 1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	保留	R/W	00b	RESERVED

表 8-12. 风扇故障屏蔽 1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
5-0	风扇 [6-1] 故障		111111b	这些位屏蔽所选风扇的故障，使其不会将 <code>FAN_FAIL</code> 输出置为有效。故障仍由故障状态位指示。 0：未屏蔽。 1：已屏蔽。(默认) 当风扇发生故障时，PWM 行为由故障风扇选项寄存器控制。

故障风扇选项/顺序启动寄存器 (地址 = 14h) [复位 = 0100 0101b]

图 8-10 中显示了故障风扇选项/顺序启动寄存器，表 8-13 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

图 8-10. 故障风扇选项/顺序启动寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
顺序启动延迟		保留		故障风扇选项		风扇故障队列	
R/W-010b		R/W-0b		R/W-01b		R/W-01b	

表 8-13. 故障风扇选项/顺序启动寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	顺序启动延迟	R/W	010h	请注意，在通道经过相关的启动延迟后激活之前，不会监测故障。这些位选择顺序风扇启动之间的延时时间。 000h : 0s 001h : 250ms 010h : 500ms 011h : 1s 100h : 2s 101b : 4s 110b : 4s 111b : 4s
4	RESERVED		0h	
3-2	故障风扇选项	R/W	01h	这些位选择风扇故障后的占空比行为。 00h : 风扇发生故障时为 0% 01h : 继续当前 PWM 或 RPM 模式运行。 10h : 风扇发生故障时为 100%。 11h : 发生任何未屏蔽的风扇故障时，所有风扇均设为 100%
1-0	风扇故障队列	R/W	01h	这些位选择判定风扇发生故障所需的连续故障检测次数。发生所选次数的故障检测后， <code>FAN_FAIL</code> 输出置为有效 (如果风扇的故障检测未被屏蔽)。注意：风扇故障队列位对锁定转子风扇故障检测没有影响。 00h : 1 01h : 2 10h : 4 11h : 6

8.3 TACH 和 PWM 状态寄存器

8.3.1 TACH X 计数寄存器 (地址 = 18h-2Fh) [复位 MSB = FFh 且 LSB= E0h]

TACH x 计数是一个 11 位计数值，一次跨越两个寄存器。图 8-11 和图 8-12 中显示了这些寄存器，表 8-14 中对各个位进行了介绍。

返回到寄存器映射。

TACH 1 计数寄存器 (18h-19h)	TACH 5 计数寄存器 (20h-21h)	TACH 9 计数寄存器 (28h-29h)
TACH 2 计数寄存器 (1Ah-1Bh)	TACH 6 计数寄存器 (22h-23h)	TACH 10 计数寄存器 (2Ah-2Bh)
TACH 3 计数寄存器 (1Ch-1Dh)	TACH 7 计数寄存器 (24h-25h)	TACH 11 计数寄存器 (2Ch-2Dh)
TACH 4 计数寄存器 (1Eh-1Fh)	TACH 8 计数寄存器 (26h-27h)	TACH 12 计数寄存器 (2Eh-2Fh)

TACH 计数寄存器由 11 位组成，左对齐，占用 2 个字节。指示在计数周期内计数相关 8192Hz 时钟脉冲数。

图 8-11. TACH X 计数 MSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TACH 计数位 10-3							
R-1111 1111b							

图 8-12. TACH X 计数 LSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TACH 计数位 2-0				保留			
R-111b				R-0 0000b			

表 8-14. TACH X 计数字段说明

位	字段	类型	复位	说明
MSB 寄存器：				指示在计数周期内计数相关 8192Hz (fTOSC/4) 时钟脉冲数。TACH 计数寄存器由 11 位组成，左对齐，占用 2 个字节。低 5 位始终返回零。为了最大限度地降低杂散转速计跳变引起的噪声，将忽略小于该 tTACHMIN 的脉冲。
7-0	TACH 计数位 10-3	R	11111111b	
LSB 寄存器：				TACH 7 计数到 TACH 12 计数寄存器仅适用于用作 TACH 输入的 PWMOUT。
7-5	TACH 计数位 2-0	R	111b	
4-0	保留	R	0b	RESERVED

8.3.2 PWMOUT X 占空比状态寄存器 (地址 = 30h-3Bh) [复位 MSB = 00h 且 LSB = 00h]

图 8-13 和图 8-14 中显示了 PWMOUT X 占空比状态寄存器，表 8-15 中对各个位进行了介绍。

返回到寄存器映射。

PWMOUT 1 占空比状态寄存器 (30h-31h)	PWMOUT 4 占空比状态寄存器 (36h-37h)
PWMOUT 2 占空比状态寄存器 (32h-33h)	PWMOUT 5 占空比状态寄存器 (38h-39h)
PWMOUT 3 占空比状态寄存器 (34h-35h)	PWMOUT 6 占空比状态寄存器 (3Ah-3Bh)

这是一个仅状态寄存器，用于显示相关 PWM 输出的实际电流 PWM 占空比。这是一个 9 位左对齐值，范围为 0 到 511，占用 2 个字节。

图 8-13. PWMOUT X 占空比状态 MSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PWMOUT 占空比位 8-1							
R-0000 0000b							

图 8-14. PWMOUT X 占空比状态 LSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PWMOUT 占空比位 0	0	0	0	0	0	0	0
R-0b				R- 000 0000b			

表 8-15. PWMOUT X 占空比状态寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
MSB 寄存器：				这是一个 9 位左对齐值，范围为 0 到 511，占用 2 个字节。此寄存器显示相关 PWM 输出的实际 PWM 占空比。当该值为 511 (十进制) 时，占空比为 100%。6:1 位始终返回零。当相关 PWMOUT 用作 TACH 输入时，寄存器不适用。寄存器值转换为风扇的占空比。
7-0	PWMOUT 占空比位 8-1	R	00000000b	
LSB 寄存器：				始终返回 0
7	PWMOUT 占空比位 0	R	0b	
6-0	RESERVED	R	0000 000b	

8.4 PWM 占空比控制寄存器

8.4.1 PWMOUT x 目标占空比 (寄存器地址 = 40h-4Bh) [复位 MSB = XXXX XXXXb 且 LSB= X000 0000b]

图 8-15 中显示了 PWMOUT X 目标占空比寄存器，表 8-16 中对此进行了介绍。

返回到寄存器映射。

PWMOUT 1 目标占空比寄存器 (40h-41h)	PWMOUT 4 目标占空比寄存器 (46h-47h)
PWMOUT 2 目标占空比寄存器 (42h-43h)	PWMOUT 5 目标占空比寄存器 (48h-49h)
PWMOUT 3 目标占空比寄存器 (44h-45h)	PWMOUT 6 目标占空比寄存器 (4Ah-4Bh)

这是一个 9 位左对齐值，范围为 0 到 511，占用 2 个字节。

图 8-15. PWMOUT x 目标占空比寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PWMOUT 目标占空比位 8-1							
R/W-xxxx xxxxb							

图 8-16. PWMOUT x 目标占空比寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
PWMOUT 目标占空比位 0	保留						
R/W-xb	R/W- 000 0000b						

表 8-16. PWMOUT x 目标占空比字段说明

位	字段	类型	复位	说明
MSB 寄存器：				这是一个 9 位左对齐值，范围为 0 到 511，占用 2 个字节。在 PWM 模式下，将所需的 PWM 占空比写入这两个寄存器。然后，该器件以由 PWM 占空比变化率位确定的速率将占空比递增到该值。在 RPM 模式下，此寄存器中包含的值是旋转后或 TACH 目标计数从 2047 (7FF) 更改为低于 2047 (7FF) 的任意值之后，立即在 PWMOUT 引脚出现的占空比。例如，如果当前风扇停止且禁用旋转，并且要选择对应于满量程风扇转速 60% 的新 TACH 目标计数，则可以编程使占空比在选择新 TACH 目标计数后立即变为 60%，然后从该占空比开始闭合 RPM 控制环路。寄存器值转换为风扇的占空比。
7-0	PWMOUT 目标占空比位 8-1	R/W	PWM_START1 和 PWM_START0	
LSB 寄存器：				
7	PWMOUT 目标占空比位 0	R/W	PWM_START1 和 PWM_START0	

表 8-16. PWMOUT x 目标占空比字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
6-0	RESERVED	R/W	0000000b	始终返回 0

POR 时的目标占空比取决于 PWM_START0 和 PWM_START1 输入的状态，如下所示：

表 8-17. PWMOUT 目标占空比 PWM_STARTx 引脚设置

POR 条件		PWM 占空比 (%)
PWM_START0	PWM_START1	
GND	GND	0
GND	未连接	30
GND	VCC	40
未连接	GND	50
未连接	VCC	60
VCC	GND	75
VCC	VCC	100

8.5 TACH 目标计数寄存器

8.5.1 TACH x 目标计数寄存器 (寄存器地址 = 50h-5Bh) [复位 MSB = 3Ch 且 LSB= 00h]

图 8-17 和图 8-18 中显示了 TACH X 目标计数寄存器，表 8-18 中对各个位进行了介绍。

返回到寄存器映射。

TACH 1 目标计数寄存器 (50h - 51h)	TACH 4 目标计数寄存器 (56h - 57h)
TACH 2 目标计数寄存器 (52h - 53h)	TACH 5 目标计数寄存器 (58h - 59h)
TACH 3 目标计数寄存器 (54h - 55h)	TACH 6 目标计数寄存器 (5Ah - 5Bh)

这是一个 11 位左对齐值，占用 2 个字节。其指示在计数周期内计数所需的 8192Hz 时钟脉冲数。

图 8-17. TACH x 目标计数 MSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TACH 目标计数位 10-3							
R/W-0011 1100b							

图 8-18. TACH x 目标计数 LSB 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
TACH 目标计数位 2-0				保留			
R/W-000b				R/W-00 0000b			

表 8-18. TACH x 目标计数字段说明

位	字段	类型	复位	说明
MSB 寄存器：				这是一个 11 位左对齐值，占用 2 个字节。其指示在计数周期内计数所需的 8192Hz 时钟脉冲数。在 RPM 模式下，将所需的转速计数写入此寄存器。然后，器件会调整相关的 PWM 占空比以实现该转速计数。在 PWM 模式下，此寄存器不作为风扇控制算法的一部分使用。在 PWM 和 RPM 模式下，此寄存器用于确定风扇故障。有关详细信息，请参阅风扇故障寄存器说明。从 PWM 模式更改为 RPM 模式时，通过在更改为 RPM 模式之前加载此寄存器的当前 TACH 计数，可以获得最佳结果。给定 RPM 的 TACH 目标计数通过以下公式获得： $TACH \text{ 计数} = (60 / NP \times RPM) \times SR \times 8192$ ，其中：NP = 每圈 TACH 脉冲数 SR = 1、2、4、8、16、32（请参阅相关风扇动态寄存器中的转速范围位信息）
7-0	TACH 目标计数位 10-3	R/W	00111100b	
LSB 寄存器：				
7-5	TACH 目标计数位 2-0	R/W	000b	
4-0	RESERVED	R/W	00000b	始终返回 0

8.6 窗口寄存器

8.6.1 窗口 X 寄存器 (地址 = 60h-65h) [复位 = 00h]

图 8-19 中显示了窗口 X 寄存器，表 8-19 中对此进行了介绍。

返回到[寄存器映射](#)。

窗口 1 寄存器地址 = 60h	窗口 4 寄存器地址 = 63h
窗口 2 寄存器地址 = 61h	窗口 5 寄存器地址 = 64h
窗口 3 寄存器地址 = 62h	窗口 6 寄存器地址 = 65h

仅在 RPM 模式下使用。当 PWM 变化率相对于当前步长减慢到 1 LSB 时，这些寄存器设置目标 TACH 计数值周围的窗口大小。

图 8-19. 窗口 X 寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
以 TACH 计数表示的窗口大小							
R/W-0000 0000b							

S

表 8-19. 窗口 X 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	以 TACH 计数表示的窗口大小	R/W	00000000b	在 RPM 模式下，当风扇转速接近目标转速时（即 TACH 计数接近相应的 TACH 目标计数时），通常可以通过减慢 PWM 占空比的变化率来改善控制环路动态。其运作方式如下：首先，为计数“窗口”设置一个值，然后将其存储在适当的窗口寄存器中。在 RPM 模式下，计算当前 TACH 计数与目标 TACH 计数之间的差值。如果该差值的绝对值小于窗口寄存器中的值，则 PWM 占空比的更新速率会减慢至每秒 1 LSB。当前 TACH 计数超出窗口范围时，占空比变化率恢复为所选值。注意：在 PWM 模式下运行时，窗口值通常设置为 0。

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

9.1 典型应用

9.1.1 原理图

TI 建议在 VDD/VSS 之间连接 C_{VDD} ，尽可能靠近器件引脚。应选择容差为 20% 或更优的低 ESR 电容器。只需要一个 0.1 μ F 电容器，但也可使用更大的电容器或更多的电容器。

$\overline{\text{FAN_FAIL}}$ 是一个开漏输出引脚，需要一个 3.3V 上拉电阻器，并可连接至其他开漏故障指示引脚。

32.768kHz 低频晶体并非必需，但可以用于提高 PWM 和 TACH 计数的精度。如果使用，则需要外部 12pF 负载电容。使用典型的晶体布局标准。CLKOUT 始终为 32.768kHz 输出时钟，如果已组装并已使能，将从低频晶体的内部振荡器输出。如果 CLKOUT 未使用，只需将其保持悬空。

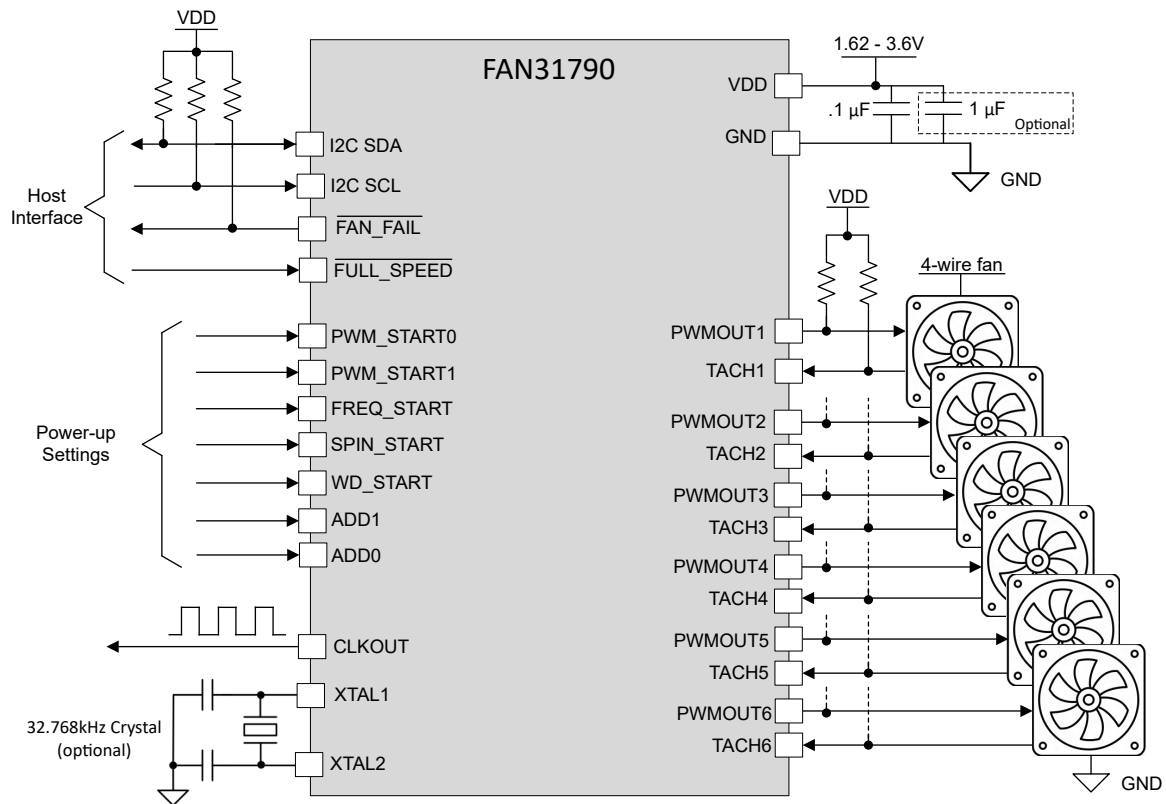
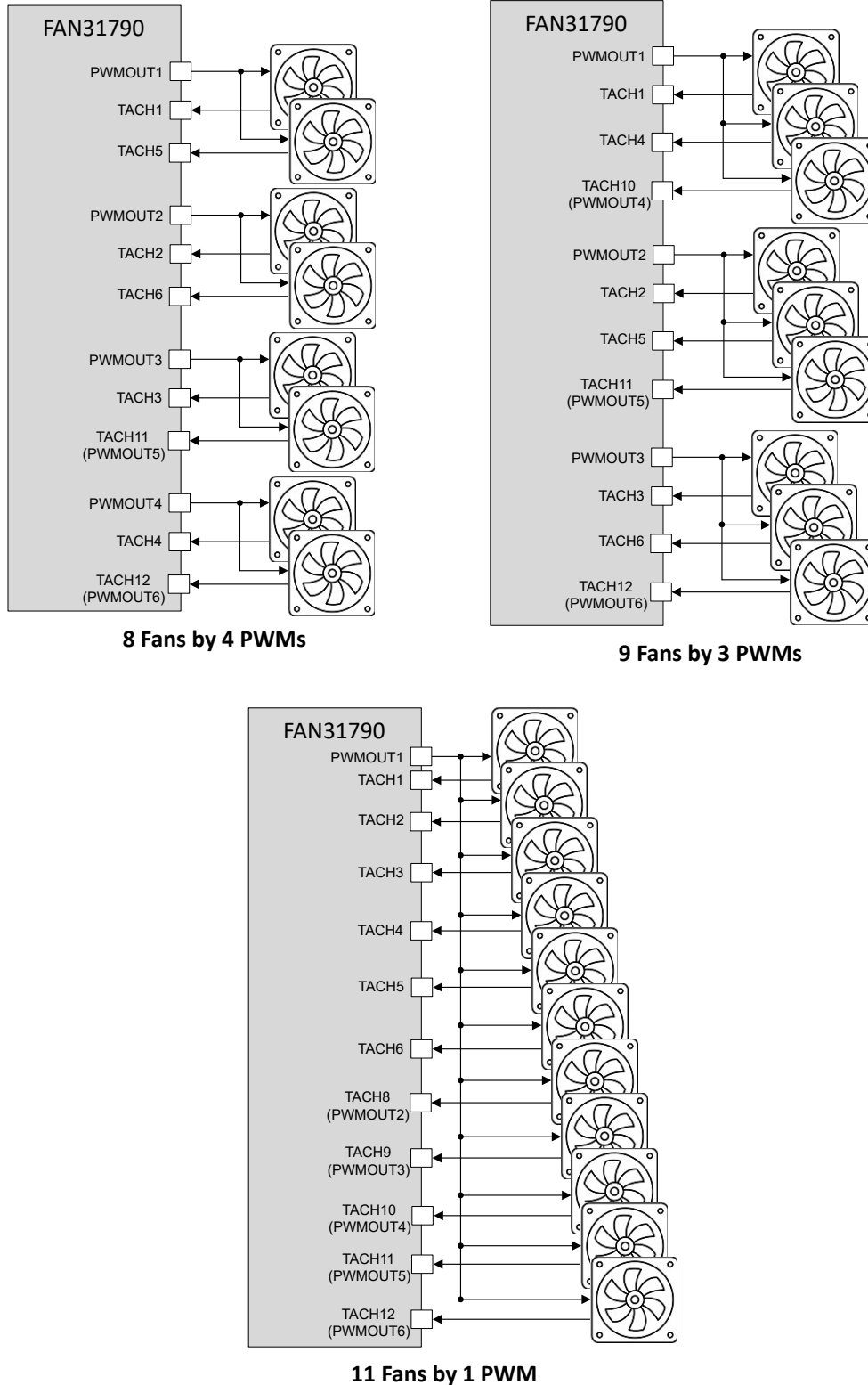


图 9-1. 应用原理图

9.1.2 配置示例

上面的典型示例独立控制和监测 6 个风扇，但 FAN31790 在其配置方面非常灵活。通过将 PWMOUTx 引脚切换为额外的 TACH 输入，可以监测更多的风扇，但整体控制能力会有所降低。在极端情况下，可以监测 12 个风扇，此时将不再保留 PWM 输出。以下是一些常见的配置示例。



10 器件和文档支持

10.1 接收文档更新通知

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

10.2 支持资源

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

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

10.3 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.4 静电放电警告



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

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

10.5 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

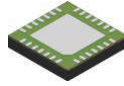
11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
April 2026	*	初始发行版

12 机械、封装和可订购信息

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

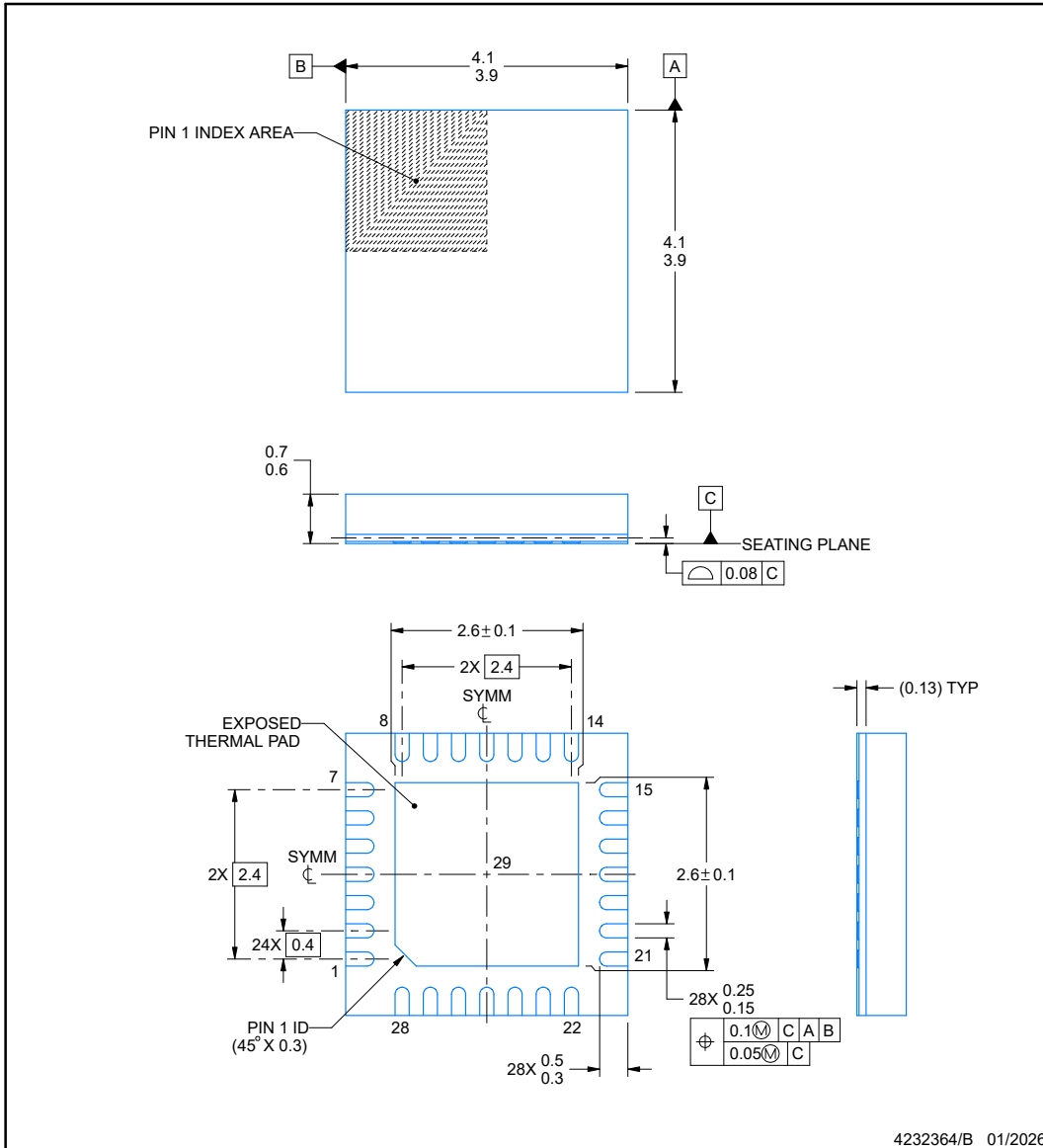


ZFP0028B

PACKAGE OUTLINE

LGA - 0.7 mm max height

LAND GRID ARRAY



NOTES:

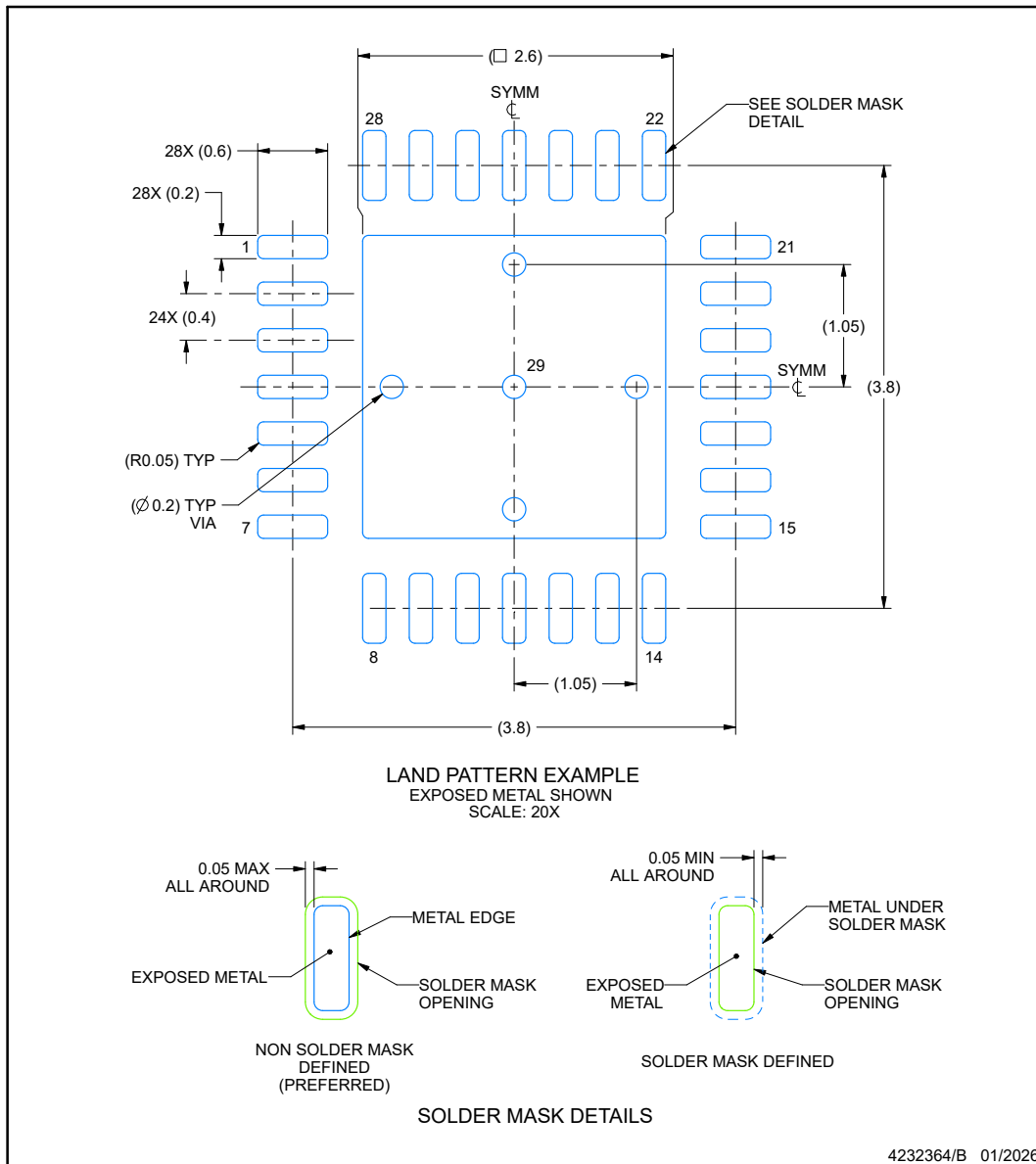
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

ZFP0028B

LGA - 0.7 mm max height

LAND GRID ARRAY



NOTES: (continued)

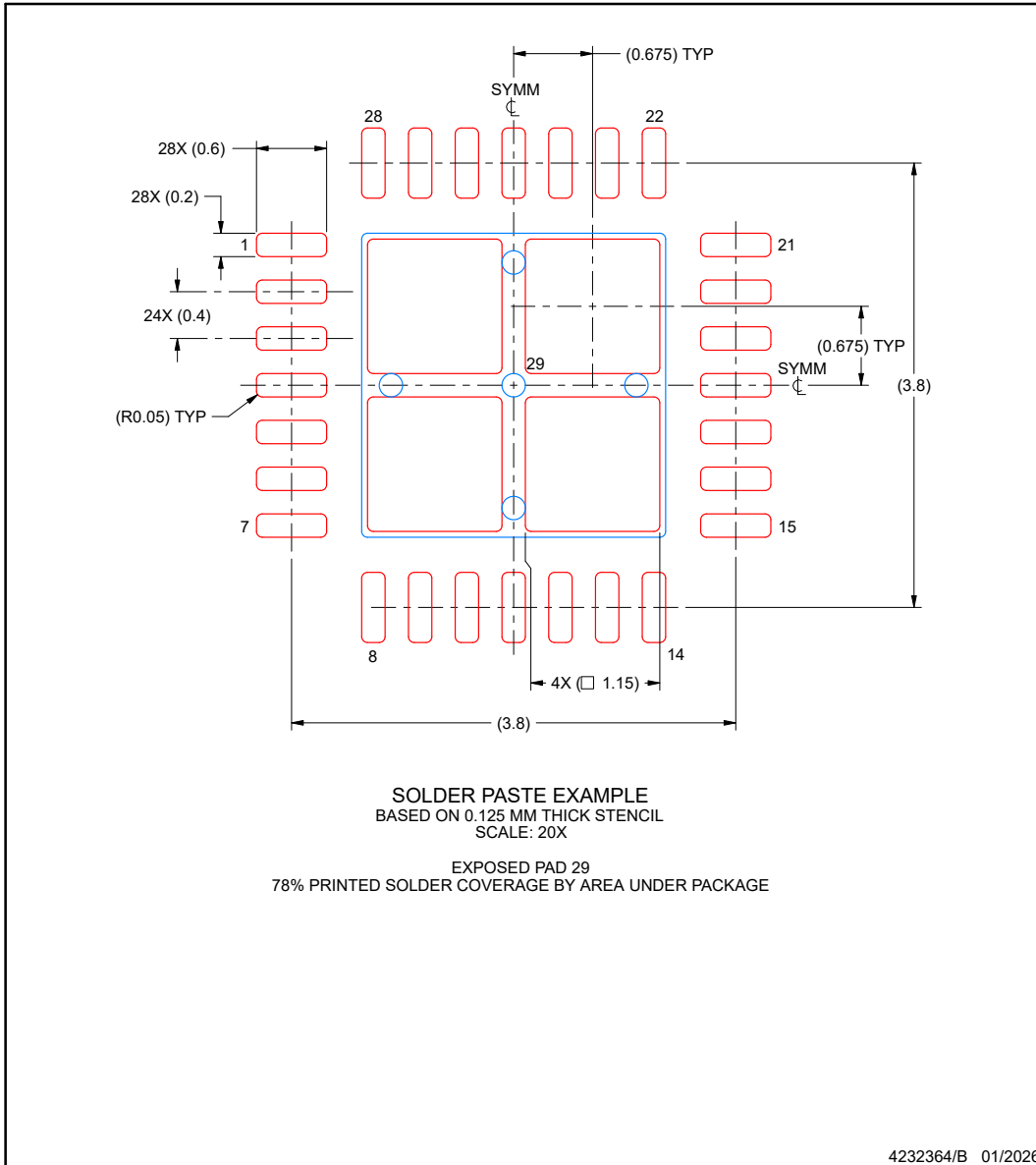
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

ZFP0028B

LGA - 0.7 mm max height

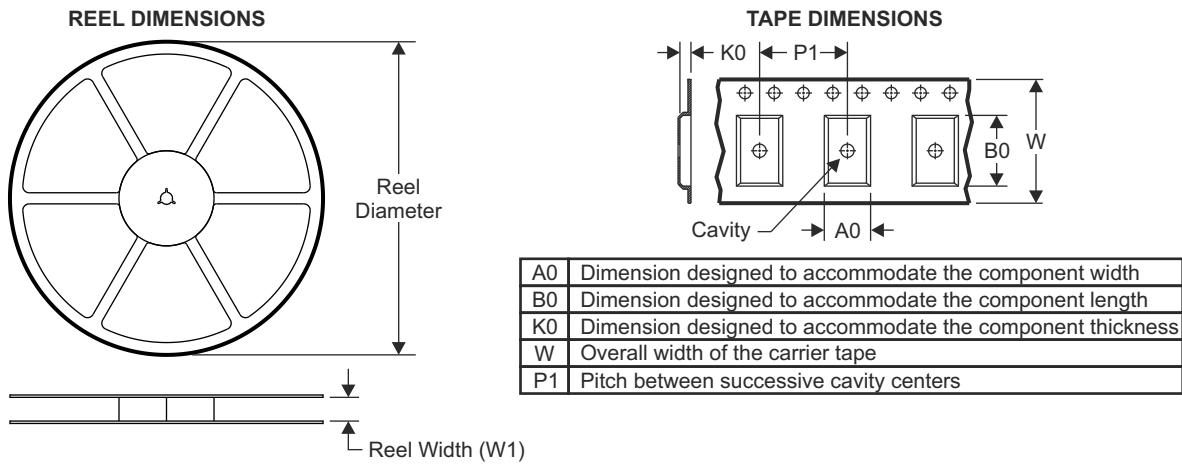
LAND GRID ARRAY



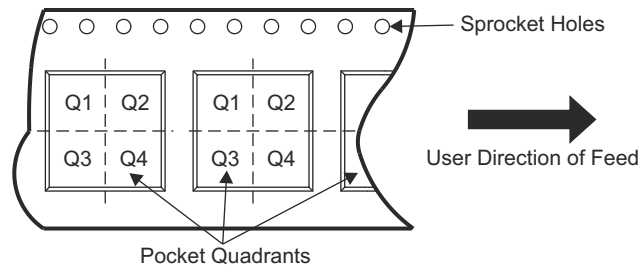
NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

12.1 卷带包装信息

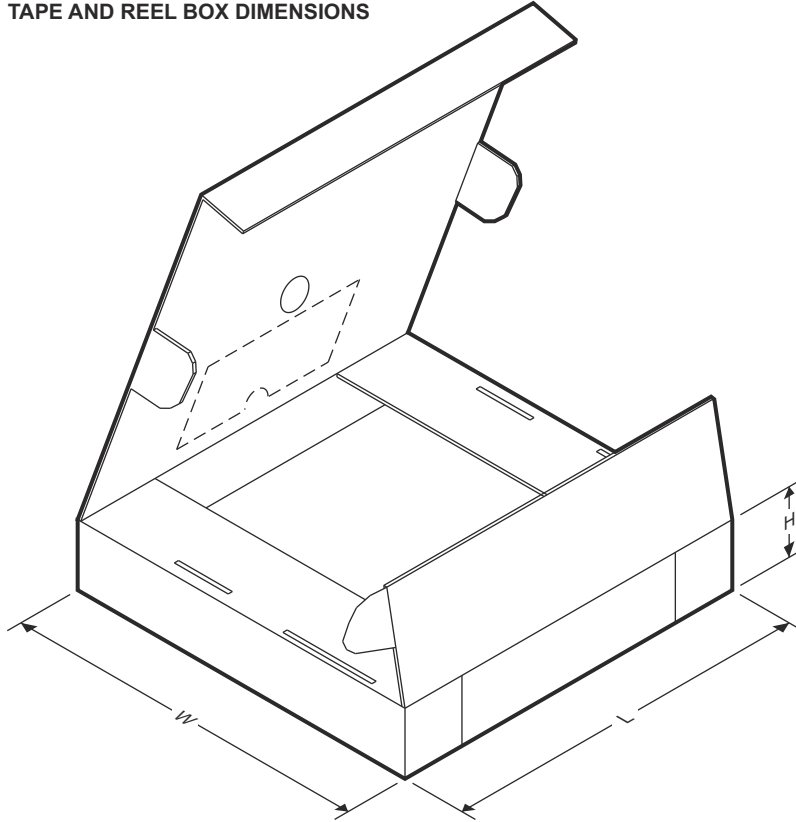


QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
FAN31790SZFPR	LGA	ZFP	28	2500	330.0	12.4	4.25	4.25	1.15	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
FAN31790SZFPR	LGA	ZFP	28	2500	336.6	336.6	31.8

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
FAN31790SZFPR	Active	Production	LGA (ZFP) 28	3000 LARGE T&R	Yes	NIAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	FAN31790

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

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

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

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

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

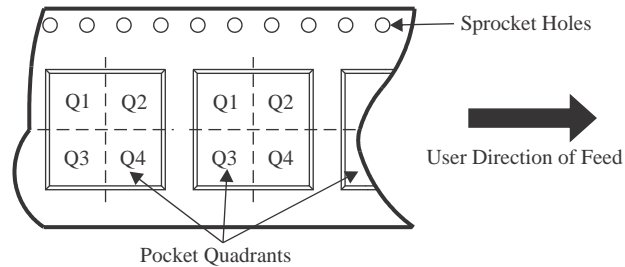
(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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

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

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

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


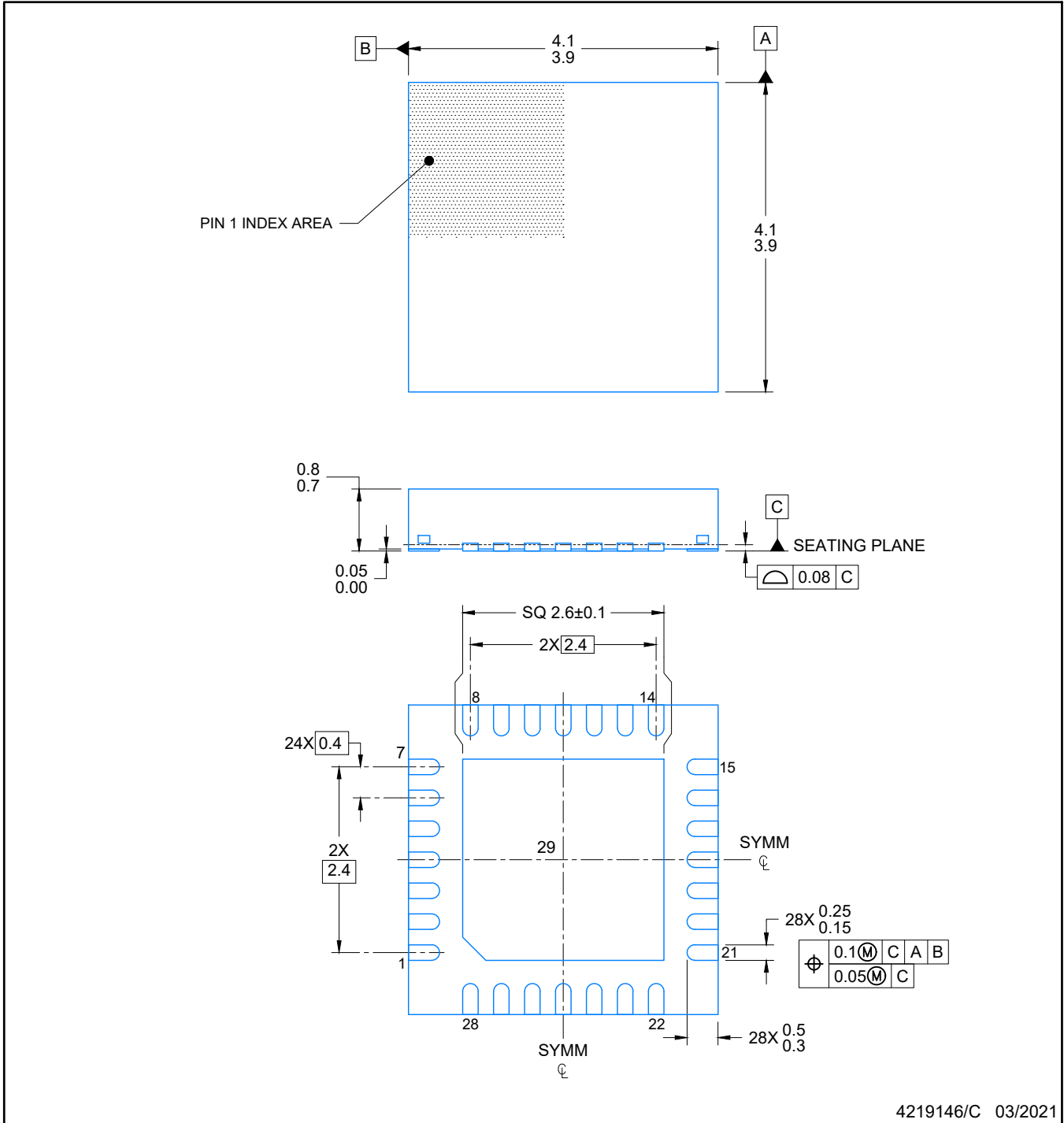
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
FAN31790SZFPR	LGA	ZFP	28	3000	330.0	12.4	4.25	4.25	1.15	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

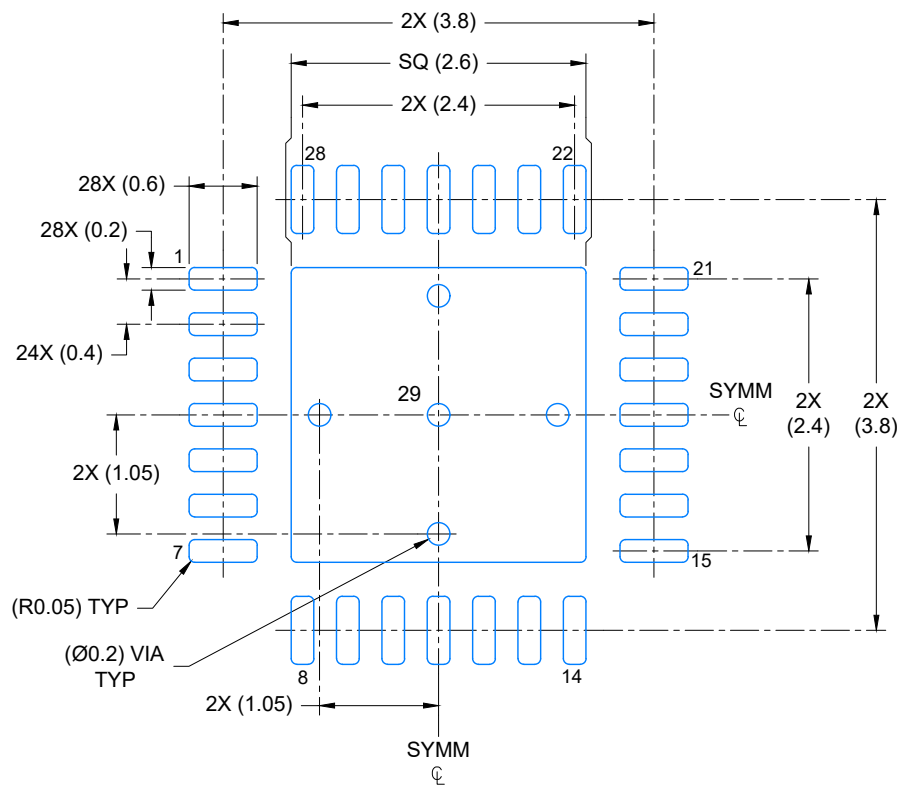
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
FAN31790SZFPR	LGA	ZFP	28	3000	336.6	336.6	31.8



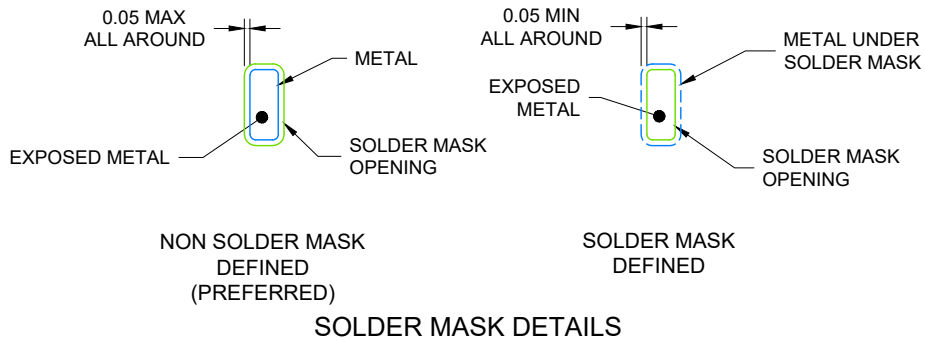
4219146/C 03/2021

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for optimal thermal and mechanical performance.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



4219146/C 03/2021

NOTES: (continued)

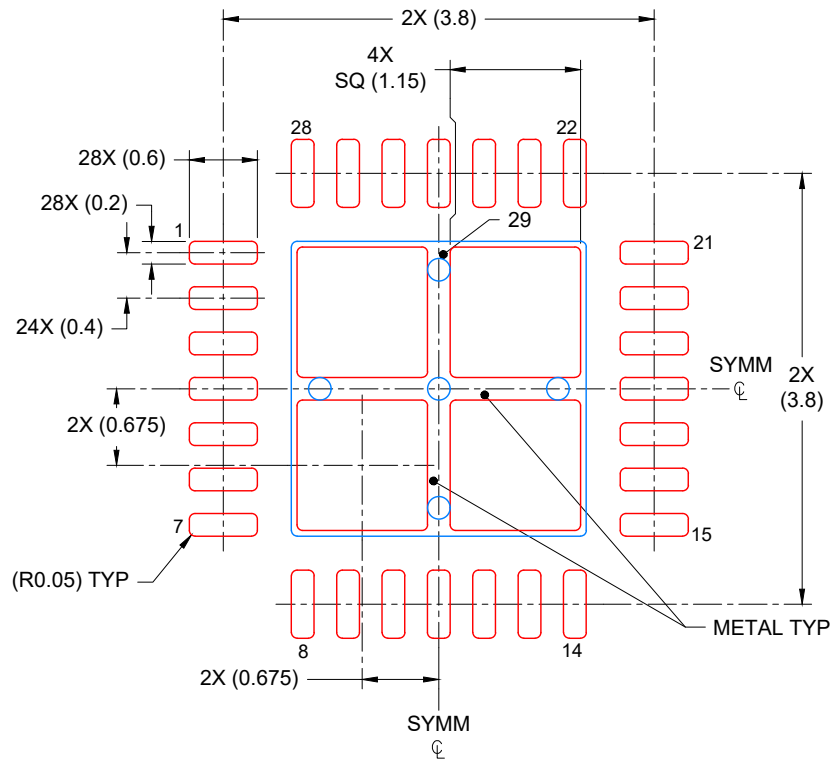
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RUY0028A

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK-NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD
78% PRINTED COVERAGE BY AREA
SCALE: 15X

4219146/C 03/2021

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月