TPS2388 IEEE 802.3at 8 通道以太网供电 PSE 控制器

1 特性

- 完全符合 IEEE 802.3at 标准
- 端口重映射
- 1 位和 3 位快速端口关闭输入
- “永不误判”的 4 点检测
- 1 类和 2 类 PD 分级
- 通过折返实现可编程电流限制
- 直流断开检测
- 灵活的处理器控制运行模式
  - 半自动
  - 手动
- 14 位端口电流和电压监测
  - 100ms 滚动端口电流平均
  - 2% 电流检测精度
  - 使用开尔文检测的 0.255Ω 检测电阻器
- I^2C 通信
  - 用于失效防护运行的 I^2C 看门狗
  - 可选择 8 位和 16 位访问模式
- –40°C 至 125°C 工作温度
- 56 引脚 VQFN 封装

2 应用

- 企业交换机和路由器
- SoHo 交换机和路由器
- PoE 直通电源模块
- 网络录像机 (NVR)

3 说明

TPS2388 是一款 8 通道电源设备 (PSE) 控制器，旨在按照 IEEE 802.3at-2012 标准（或 802.3at）向以太网电缆提供电力。PSE 控制器可检测具有有效特征的受电器件 (PD)，根据分级确定功率需求，并通过单事件（1 类）或双事件（2 类）物理分级供电。TPS2388 还可灵活地支持 UPoE 和其他非标准负载。

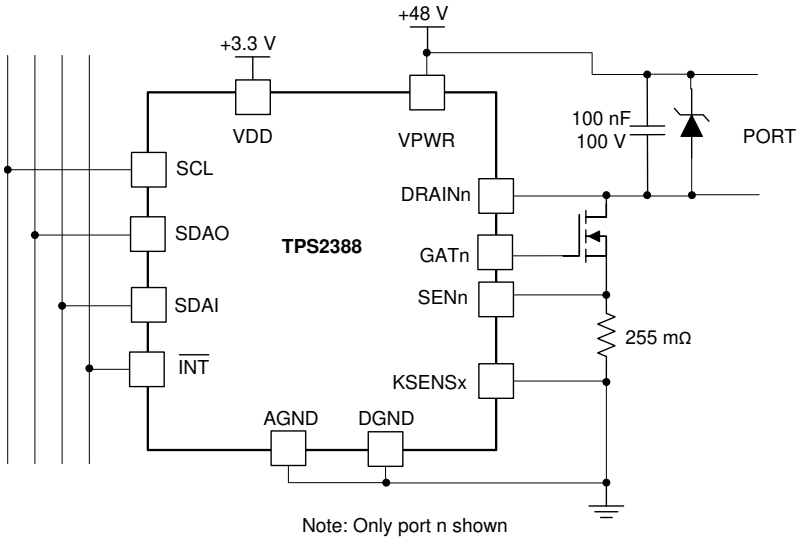
端口重映射和器件引脚排列使设计人员能够实现 2 层 PCB 设计，并简化从上一代 PSE 器件的软件迁移。外部 FET 架构使设计人员能够进一步平衡尺寸、效率、散热和解决方案成本要求。电流折返可降低启动和过载条件下外部 MOSFET 上的热应力，从而允许使用成本更低的 FET。

快速关闭 (OSS) 输入为需要立即禁用多个端口的应用提供多达八个每端口关闭优先级。

器件信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸（标称值）
TPS2388	VQFN (56)	8.00mm × 8.00mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



Note: Only port n shown

简化版原理图

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
4.1 详细引脚说明 4
5 规格 6
5.1 绝对最大额定值 6
5.2 ESD 等级 6
5.3 建议运行条件 6
5.4 热性能信息 7
5.5 电气特性 7
5.6 时序要求 11
5.7 开关特性 12
5.8 典型特性 13
6 参数测量信息 15
6.1 计时示意图 15
7 详细说明 17
7.1 概述 17
7.2 功能方框图 18
7.3 特性说明 19
7.4 器件功能模式 21
7.5 编程 22
7.6 寄存器映射 25
8 应用和实施 66
8.1 应用信息 66
8.2 典型应用 68
8.3 电源相关建议 74
8.4 布局 74
9 器件和文档支持 76
9.1 接收文档更新通知 76
9.2 支持资源 76
9.3 商标 76
9.4 静电放电警告 76
9.5 术语表 76
10 修订历史记录 76
11 机械、封装和可订购信息 77

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

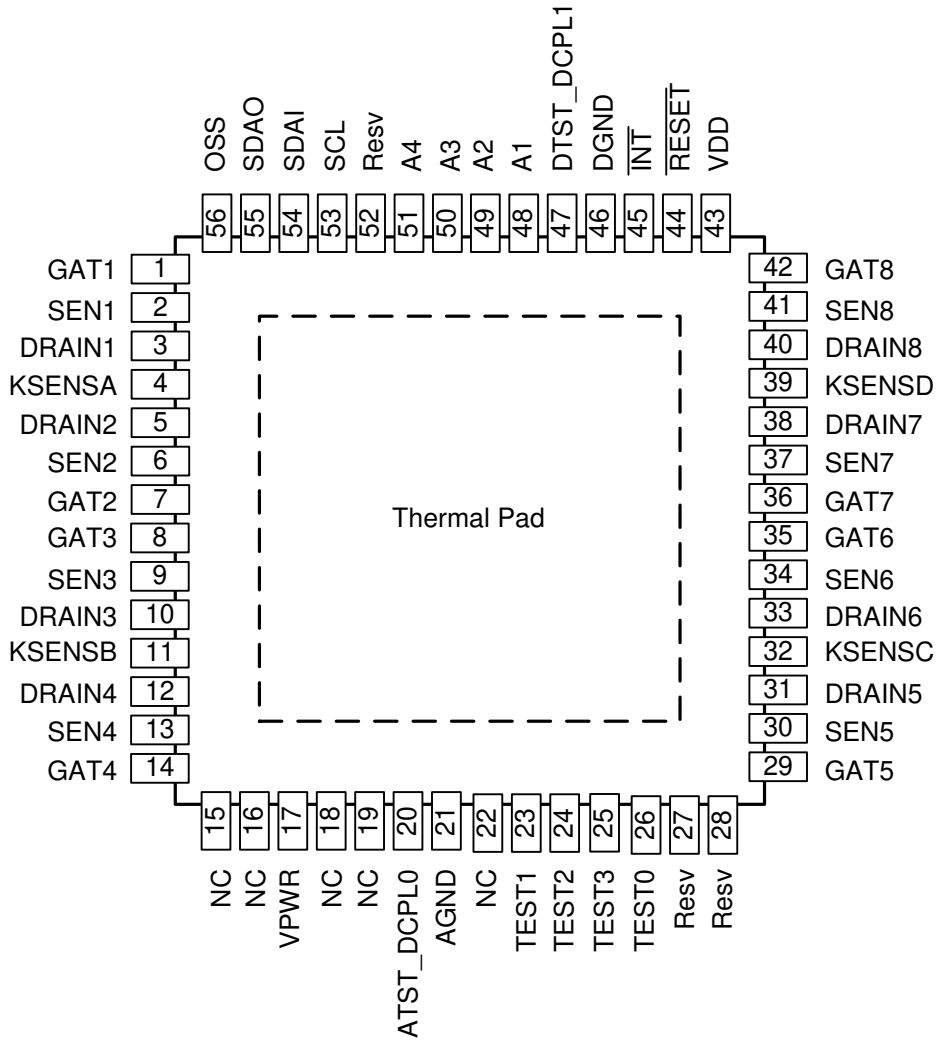


图 4-1. RTQ 封装，VQFN 56 引脚（顶视图）

表 4-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
A1-4	48-51	I	I^2C A1A4 地址线。这些引脚在内部上拉至 VDD。
AGND	21	—	模拟地。连接到 GND 平面和外露散热焊盘。
ATST_DCPL0	20	O	用于内部测试目的，不需要旁路电容器。
DGND	46	—	数字地。连接到 GND 平面和外露散热焊盘。
DRAIN1-8	3、5、10、12、31、33、38、40	I	端口 1-8 输出电压监测器。
DTST_DCPL1	47	O	用于内部测试目的，不需要旁路电容器。
GAT1-8	1、7、8、14、29、35、36、42	O	端口 1-8 栅极驱动输出。
$\overline{INT}$	45	O	中断输出。当中断寄存器中的某一位被置位时，该引脚置为低电平。此输出为漏极开路。
KSENSA/B	4、11	I	SEN1-4 的开尔文点连接
KSENSC/D	32、39	I	SEN5-8 的开尔文点连接

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 4-1. 引脚功能（续）

引脚		I/O	说明
名称	编号		
NC	15、16、18、19	O	无连接引脚。这些引脚在内部偏置为 VPWR 的 1/3 和 2/3，以便控制 VPWR 的电压梯度。保持断开。
	22	—	无连接引脚。保持断开。
OSS	56	I	端口 1-8 快速关闭。此引脚在内部下拉至 DGND。
散热焊盘	—	—	DGND 和 AGND 端子必须连接到外露散热焊盘才能确保正确运行。
$\overline{\text{RESET}}$	44	I	复位输入。被拉低时，TPS2388 复位。此引脚在内部上拉至 VDD。
保留	27、28、52	—	保留。无连接引脚。保持断开。
SCL	53	I	I^2C 总线的串行时钟输入。
SDAI	54	I	I^2C 总线的串行数据输入。此引脚可连接到非隔离式系统或具有双向 I2C 隔离器的系统的 SDAO。
SDAO	55	O	I^2C 总线的串行数据输出。此引脚可连接到非隔离式系统或具有双向 I2C 隔离器的系统的 SDAI。此输出为漏极开路。
SEN1-8	2、6、9、13、30、34、37、41	I	端口 1-8 电流检测输入。
TEST0-3	23、24、25、26	I/O	内部使用，仅用于测试目的。保持断开。
VDD	43	—	数字电源。通过 0.1μF 电容器旁路至 DGND 引脚。
VPWR	17	—	模拟 48V 正电源。通过 0.1μF 电容器旁路至 AGND 引脚。

4.1 详细引脚说明

以下说明涉及引脚布局和功能框图。

DRAIN1-DRAIN8：端口 1-8 输出电压监测和检测感应。用于测量端口输出电压，实现端口电压监测、端口电源正常检测和折返动作。检测探针电流也流入该引脚。

TPS2388 使用创新的 4 点技术来提供可靠的 PD 检测。此器件通过 DRAINn 引脚灌入两个不同的电流电平来执行发现，同时测量从 VPWR 到 DRAINn 的 PD 电压。4 点测量能够避免为电容负载或传统负载供电。另外，在半自动模式下，如果在开始新检测周期之前的端口电压 > 2.5V，则将一个内部 100kΩ 电阻器与端口并联连接，并应用 400ms 的检测退避周期以使端口电容器在检测周期开始之前放电。

除了在检测期间或端口导通时，在任何工作模式下，每个 DRAINn 引脚和 VPWR 之间都有一个内部电阻器。如果未使用端口 n，则可以将 DRAINn 悬空或连接到 AGND。

GAT1-GAT8：端口 1-8 栅极驱动输出用于外部 N 沟道 MOSFET 栅极控制。在端口开启时，由低电流源驱动为正，从而开启 MOSFET。只要任何输入电源为低电平或发生过电流超时，GATn 就会被拉低。如果通过使用手动关闭输入将其端口关闭，也会将 GATn 拉低。如果未使用，则保持悬空。

为实现稳健设计，电流折返功能可在低电阻负载或短路事件期间限制 MOSFET 的功率耗散。在浪涌期间，折返机制测量 VPWR 和 DRAINn 两端的端口电压，以降低电流限制阈值，如图 7-2 所示。

当端口开启期间超过 I_{CUT} 阈值时，计时器启动。在此期间，线性电流限制将确保电流不超过 I_{LIM} 并执行电流折返动作。当计时器到达其 t_{OVLD}（在端口开启的情况下为 t_{START}）限制时，器件将关闭。当端口电流低于 I_{CUT} 时，计数器以递增速率的 1/16 递减计数，并且必须达到计数 0 才能再次开启端口。

快速过载保护适用于直接短路等主要故障。这会强制 MOSFET 在不到一微秒的时间内达到电流限制。

必须最小化 GATn 引脚与任何附近 DRAINn 引脚、GND 或开尔文点连接之间的电路泄漏路径 (< 250nA)，从而确保正确的 MOSFET 控制。

$\overline{\text{INT}}$：当中断寄存器中的某一位被置位时，该中断输出引脚置为低电平。此输出为漏极开路。

KSENSA、KSENSB、KSENSC、KSENSD：开尔文点连接用于在相关的电流检测电阻器上执行差动电压测量。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

每个 KSENS 在两个相邻的 SEN 引脚之间共享：KSENSA 在 SEN1 和 SEN2 之间共享，KSENSB 在 SEN3 和 SEN4 之间共享，KSENSC 在 SEN5 和 SEN6 之间共享，KSENSD 在 SEN7 和 SEN8 之间共享。为了优化测量精度，请仔细进行 PCB 布局，确保尽可能减少 PCB 走线电阻的影响。

OSS：快速关闭，高电平有效。该引脚在内部通过内部 1 µ s 至 5 µ s 抗尖峰脉冲滤波器下拉至 DGND。

端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器用于确定应关闭哪个端口来响应在外部将 OSS 快速关闭信号有效状态的情况。关闭过程类似于使用复位命令进行的端口复位（1Ah 寄存器）。

$\overline{\text{RESET}}$：复位输入，低电平有效。置位后，TPS2388 将复位，关闭所有端口并强制寄存器进入加电状态。该引脚在内部通过内部 1 µ s 至 5 µ s 抗尖峰脉冲滤波器上拉至 VDD。设计人员可以使用外部 RC 网络来延迟开启。此外还有一个与 $\overline{\text{RESET}}$ 输入无关的内部上电复位引脚。

备注

在 $\overline{\text{RESET}}$ 置为有效后的前 5ms 内，如果使用电源使能命令 (0x19) 开启端口，TI 建议在发送任何后续的检测/分级重启或检测/分级使能命令之前等待该 5ms 初始周期到期。

SCL：I^2C 总线的串行时钟输入。

SDAI：I^2C 总线的串行数据输入。需要一个连接到 VDD 的外部上拉电阻器。此引脚可连接到非隔离式系统或具有双向 I2C 隔离器的系统的 SDAO。

SDAO：漏极开路 I^2C 总线输出数据线。需要外部上拉电阻器。TPS2388 使用单独的 SDAO 和 SDAI 线来实现光隔离式 I^2C 接口。SDAO 可连接到非隔离式系统或具有双向 I2C 隔离器的系统的 SDAI。

A4A1：I^2C 总线地址输入。这些引脚在内部上拉至 VDD。有关更多详细信息，请参阅 *节 7.6.14*。

SEN1-8：相对于 KSENSn 的端口电流检测输入（请参阅 KSENSn 说明）。使用 KSENSA-D 开尔文点连接执行差分测量。使用连接到 DGND 的 0.255Ω 电流检测电阻器来监测外部 MOSFET 电流。由电流折返引擎使用，也可在分级期间使用。可用于通过模数转换来执行负载电流监测。

请注意，在使用外部 MOSFET 时进行了分级，以便在 TPS2388 中可以同时在多个端口上进行分级，而不会产生过大的功耗。对于具有折返功能的电流限制，SEN1-8 引脚上有一个内部 2µs 模拟滤波器可以提供干扰滤波功能。对于通过模数转换器进行的测量，SEN1-8 引脚上存在抗混叠滤波器。这包括端口供电电流监测、端口监管和直流断开。

如果未使用该端口，请将 SENn 连接到 AGND。

VDD：3.3V 逻辑电源输入。

VPWR：高压电源输入。标称值为 48V。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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
输入电压	VPWR	-0.3	70	V
	VDD	-0.3	4	V
	OSS、$\overline{\text{RESET}}$、A1A4	-0.3	4	V
	SEN1-8、(6) KSENSA、KSENSB、KSENSC、KSENSD	-0.3	3	V
输出电压	GATE1-8(2) (4)	-0.3	12	V
电压	SDAI、SDAO (3)、SCL、$\overline{\text{INT}}$	-0.3	4	V
	DRAIN1-8 (3) (5)	-0.3	70	V
	TEST0-3、ATST_DCPL0、DTST_DCPL1(3)	-0.3	4	V
	AGND	-0.3	0.3	V
灌电流	$\overline{\text{INT}}$、SDAO		20	mA
从距离外壳 1.6mm（1/16 英寸）处并且测量时间超过 10 秒的焊接温度			260	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*运行可能会对器件造成永久损坏。*绝对最大额定值*并不表示器件在这些条件下或在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出*建议运行条件*但在*绝对最大额定值*范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 这并不表示需要施加电压；这些是内部驱动引脚。
(3) 请勿直接施加外部电压源
(4) 如果外部 MOSFET 的漏极与栅极之间发生短路失效，GATE 引脚可能在内部永久断开，以防止级联损坏。其他三个端口继续工作。
(5) 允许高达 80V 的短时瞬变（μs 级）
(6) SEN1-8 可耐受 15V 瞬变，避免在 MOSFET 短路失效时发生故障扩散

5.2 ESD 等级

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

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 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
V_{VDD}		3	3.3	3.6	V
V_{VPWR}		44	48	57	V
	VPWR 上的电压压摆率			1	V/μs
T_J	工作结温	-40		125	°C
T_A	自然通风条件下的工作温度	-40		85	°C

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.4 热性能信息

热指标(1)		TPS2388 VQFN（56 引脚）	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	25.3	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	9.7	
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	3.7	
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.2	
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	3.7	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	0.5	

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 *IC 封装热指标* 应用报告 SPRA953。

5.5 电气特性

–40°C ≤ T_J ≤ 125°C，除非另有说明。V_{VDD} = 3.3V，V_{VPWR} = 48V，V_{DGND} = V_{AGND}，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，除非另有说明。PoEPn = 0。正电流进入引脚。R_S = 0.255Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。典型值为 25°C 下的值。所有电压均以 AGND 为基准，除非另有说明。操作寄存器加载默认值，除非另有说明。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源 VPWR						
I_{VPWR}	VPWR 电流消耗	V_{VPWR} = 50V		10	12.5	mA
		V_{VPWR} < 8V			100	µA
V_{UVLOPW_F}	VPWR UVLO 下降阈值		14.5		17.5	V
V_{UVLOPW_R}	VPWR UVLO 上升阈值		15.5		18.5	V
V_{PUV_F}	VPWR 欠压下降阈值	VPUV 阈值	25	26.5	28	V
总器件功率耗散						
P_T	VPWR 和 VDD 消耗	V_{VPWR} = 50V			0.67	W
输入电源 VDD						
I_{VDD}	VDD 电流消耗			6	12	mA
V_{UVDD_F}	VDD UVLO 下降阈值	针对端口置为无效	2.1	2.25	2.4	V
V_{UVDD_R}	VDD UVLO 上升阈值		2.45	2.6	2.75	V
V_{UVDD_HYS}	迟滞 VDD UVLO			0.35		V
V_{UVW_F}	VDD UVLO 警告阈值		2.6	2.8	3.0	V
检测						
I_{DISC}	检测电流	第一个检测点，V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 0V	145	160	190	µA
		第二个检测点，V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 0V	235	270	300	
		高电流检测点，V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 0V	490	540	585	
V_{detect}	开路检测电压	V_{VPWR} – V_{DRAINn}	23.5	26	29	V
R_{REJ_LOW}	拒绝电阻低范围		0.86		15	kΩ
R_{REJ_HI}	拒绝电阻高范围		33		100	kΩ
R_{ACCEPT}	接受电阻范围		19	25	26.5	kΩ
R_{SHORT}	短路端口阈值				360	Ω
R_{OPEN}	开路端口阈值		400			kΩ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

–40°C ≤ T_J ≤ 125°C，除非另有说明。V_{VDD} = 3.3V，V_{VPWR} = 48V，V_{DGND} = V_{AGND}，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，除非另有说明。PoEPn = 0。正电流进入引脚。R_S = 0.255Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。典型值为 25°C 下的值。所有电压均以 AGND 为基准，除非另有说明。操作寄存器加载默认值，除非另有说明。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
分级						
V_{CLASS}	分级电压	V_{VPWR} – V_{DRAINn}，V_{SENn} ≥ 0mV，I_{port} ≥ 180μA	15.5	18.5	20.5	V
I_{CLASS_Lim}	分级电流限制	VVPWR – VDRAINn = 0V	65	75	90	mA
I_{CLASS_TH}	分级阈值电流	0-1 级	5		8	mA
		1-2 级	13		16	mA
		2-3 级	21		25	mA
		3-4 级	31		35	mA
		4 级过流	45		51	mA
V_{MARK}	标记电压	4mA ≥ Iport ≥ 180μA，VVPWR – VDRAINn	7		10	V
I_{MARK_Lim}	标记灌电流限制	V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 0V	10	70	90	mA
GATE						
V_{GOH}	栅极驱动电压	V_{GATEn}，I_{GATE} = -1μA	10		12.5	V
I_{GO-}	上电复位、检测到 OSS 或端口关闭命令时的栅极灌电流	V_{GATEn} = 5V	60	100	190	mA
$I_{GO\ short-}$	端口短路时的栅极灌电流	V_{GATEn} = 5V，V_{SENn} ≥ V_{short}（如果是 2X 模式，则为 Vshort2X）	60	100	190	mA
I_{GO+}	栅极拉电流	V_{GATEn} = 0V	39	50	63	μA
漏极输入						
V_{PGT}	电源正常阈值	在 V_{DRAINn} 测得	1.0	2.13	3	V
V_{SHT}	短接 FET 阈值	在 V_{DRAINn} 测得	4	6	8	V
R_{DRAIN}	从 DRAINn 到 VPWR 的电阻	除检测期间或端口开启时的任何工作模式，包括器件 RESET 状态	80	100	190	kΩ
I_{DRAIN}	DRAINn 引脚偏置电流	V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 30V，端口开启		75	120	μA
模数转换器						
t_{CONV}	转换时间，电流测量	所有范围，每个端口	0.64	0.8	0.96	ms
t_{CONV_V}	转换时间，电压测量	所有范围，每个端口	0.82	1.03	1.2	ms
t_{GAP}	相邻电流测量积分之间的差异				5% × t_{CONV}	ms
	相邻当前平均结果之间的差异				5% × t_{INT_CUR}	ms
ADC_{BW}	ADC 积分带宽（–3db）	电流测量		320		Hz
t_{INT_CUR}	积分（平均）时间，电流	每个端口，端口开启电流	82	102	122	ms
t_{INT_DET}	积分（平均）时间，检测		13.1	16.6	20	ms
t_{INT_portV}	积分（平均）时间，端口电压	端口受电	3.25	4.12	4.9	ms
t_{INT_inV}	积分（平均）时间，输入电压		3.25	4.12	4.9	ms
	受电端口电压转换比例因子和精度	在 V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 57V 时	15097	15565	16032	计数
		在 V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 44V 时	11654	12015	12375	计数
	受电端口电流转换比例因子和精度	在端口电流 = 770mA 时	12363	12616	12868	计数
		在端口电流 = 7.5mA 时	100	123	150	计数
	输入电压转换比例因子和精度	在 V_{VPWR} = 57V 时	15175	15565	15955	计数
		在 V_{VPWR} = 44V 时	11713	12015	12316	计数
δ_V/V_{port}	电压读数精度	在 44 至 57V 时	-3%		3%	
σ_V	电压读数可重复性	满标度读数	-18		18	mV

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

–40°C ≤ T_J ≤ 125°C，除非另有说明。V_{VDD} = 3.3V，V_{VPWR} = 48V，V_{DGND} = V_{AGND}，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，除非另有说明。PoEPn = 0。正电流进入引脚。R_S = 0.255Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。典型值为 25°C 下的值。所有电压均以 AGND 为基准，除非另有说明。操作寄存器加载默认值，除非另有说明。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
δ_I/I_{port}	电流读数精度	在 50 mA 时	-3%		3%	
		在 770 mA 时	-2%		2%	
σ_I	电流读数可重复性	满标度读数	-7.5		7.5	mA
δ_R/R_{port}	电阻读数精度	15kΩ ≤ R_{port} ≤ 33kΩ，C_{port} ≤ 0.25μF，在 44 至 57V 时	-7%		7%	
端口电流检测						
V_{CUT}	I_{CUT} 限制	V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 0001b	9.6	10.2	10.8	mV
		V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 0010b	14.53	15.3	16.06	
		V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 0111b	38.76	40.8	42.84	
		V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 1111b	77.5	81.6	85.6	
		V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 0000b，PoEPn = 1	77.5	81.6	85.6	
		V_{DRAINn} = 0V，POL(3:0) = 1111b，PoEPn = 1	222.8	234.6	246.3	
δ_V/V_{police}	Police 设置分辨率		-6.3%		6.3%	
δ_{icut}/I_{CUT}	I_{CUT} 容差	当 PoEPn = 0 时，除 POL(3:0) = 0000b 和 0001b 之外的所有设置	-5%		5%	
V_{Inrush}	I_{Inrush} 限制，1x 或 2x 模式	V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 1V	10	23	31	mV
		V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 10V	20	33	46	
		V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 30V	102		114.7	
		V_{VPWR} – V_{DRAINn} = 55V	102		114.7	
V_{LIM}	1x 模式下的 I_{LIM} 限制	V_{DRAINn} = 1V	102		114.7	mV
		V_{DRAINn} = 13V	102		114.7	
		V_{DRAINn} = 30V	15	23	31	
		V_{DRAINn} = 48V	15	23	31	
V_{LIM2X}	2X 模式下的 I_{LIM} 限制 (PoEPn = 1)	V_{DRAINn} = 1V	260	270.3	285	mV
		V_{DRAINn} = 10V	127	140	153	
		V_{DRAINn} = 30V	15	23	31	
		V_{DRAINn} = 48V	15	23	31	
V_{short}	1X 模式下和浪涌期间的 I_{short} 阈值	在施加脉冲后 2μs 时，GATE 电压低于 1V 的阈值	234		306	mV
$V_{short2X}$	2X 模式下的 I_{short} 阈值		357		408	
I_{bias}	检测引脚偏置电流	端口开启或分级期间	-2.5		0	μA
V_{IMIN}	直流断开阈值		1.275		2.55	mV
V_{VDD} = 3.3V 时的数字接口						
V_{IH}	数字输入高电平		2.1			V
V_{IL}	数字输入低电平				0.9	V
V_{IT_HYS}	输入电压磁滞（SCL、SDAI、A1A4、$\overline{RESET}$、OSS）		0.17			V
V_{OL}	数字输出低电平，SDAO	在 9 mA 时			0.4	V
	数字输出低电平，$\overline{INT}$	在 3 mA 时			0.4	V
R_{pullup}	连接至 VDD 的上拉电阻器	$\overline{RESET}$、A1A4、TEST0	30	50	80	kΩ
$R_{pulldown}$	连接至 DGND 的下拉电阻器	OSS	30	50	80	kΩ
		TEST1、2	30	50	80	
热关断						

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.5 电气特性（续）

–40°C ≤ T_J ≤ 125°C，除非另有说明。V_{VDD} = 3.3V，V_{VPWR} = 48V，V_{DGND} = V_{AGND}，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，除非另有说明。PoEPn = 0。正电流进入引脚。R_S = 0.255Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。典型值为 25°C 下的值。所有电压均以 AGND 为基准，除非另有说明。操作寄存器加载默认值，除非另有说明。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_{SD}	关断温度	温度上升	135	146		°C
	磁滞			7		°C

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 时序要求

			最小值	典型值	最大值	单位
f_{SCL}	SCL 时钟频率		10		400	kHz
t_{LOW}	时钟的低电平周期		1.3			µs
t_{HIGH}	时钟的高电平周期		0.6			µs
t_{fo}	SDAO 输出下降时间	SDAO，2.3 → 0.8V，Cb = 10pF，10kΩ 上拉至 3.3V	21		250	ns
		SDAO，2.3 → 0.8V，Cb = 400pF，1.3kΩ 上拉至 3.3V	21		250	ns
C_{I2C}	SCL 电容				10	pF
C_{I2C_SDA}	SDAI、SDAO 电容（每个）				6	pF
$t_{SU,DATW}$	数据建立时间（写入操作）		100			ns
$t_{SU,DATR}$	数据建立时间（读取操作）	SDAO，Cb = 10pF，1.3kΩ 上拉至 3.3V	600			ns
$t_{HD,DATW}$	数据保持时间（写入操作）		0			ns
$t_{HD,DATR}$	数据保持时间（读取操作）		150		600	ns
t_{fSDA}	SDAI 的输入下降时间	2.3 → 0.8V	20		250	ns
t_{rSDA}	SDAI 的输入上升时间	0.8 → 2.3V	20		300	ns
t_r	SCL 的输入上升时间	0.8 → 2.3V	20		300	ns
t_f	SCL 的输入下降时间	2.3 → 0.8V	20		200	ns
t_{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间		1.3			µs
$t_{HD,STA}$	（重复）启动条件后的保持时间		0.6			µs
$t_{SU,STA}$	（重复）启动条件建立时间		0.6			µs
$t_{SU,STO}$	停止条件建立时间		0.6			µs
t_{FLT_INT}	故障至 $\overline{INT}$ 置为有效	在内部注册中断故障的时间，从端口关闭开始		50	500	µs
t_{DG}	抑制尖峰脉冲宽度、SDAI 和 SCL		50			ns
t_{RDG}	$\overline{RESET}$ 输入最小脉冲宽度（抗尖峰脉冲时间）				5	µs
t_{bit_OSS}	3 位 OSS 位周期	MbitPrty = 1	24	25	26	µs
t_{OSS_IDL}	3 位模式下连续关断代码传输之间的空闲时间	MbitPrty = 1	48	50		µs
t_{r_OSS}	3 位模式下 OSS 的输入上升时间	0.8 → 2.3V，MbitPrty = 1	1		300	ns
t_{f_OSS}	3 位模式下 OSS 的输入下降时间	2.3 → 0.8V，MbitPrty = 1	1		300	ns
t_{WDT_I2C}	I^2C 看门狗触发延迟		1.1	2.2	3.3	s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 开关特性

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	最小值	典型值	最大值	单位
δI_{fault}	发生电流故障时的 Iport 占空比		5.5%		6.7%	
t_{OVLD}	ICUT 时间限制 (DCUTn = 0)	TOVLD = 00	50		70	ms
		TOVLD = 01	25		35	
		TOVLD = 10	100		140	
		TOVLD = 11	200		280	
t_{ICUT_INT}	禁用 ICUT (DCUTn = 1) 时的 ICUT 中断时间限制(1)	超出 I_{CUT} 限制但未超出 I_{LIM}，TLIM = 01，PoEPn = 1		$t_{LIM/2}$	$t_{LIM/2}$ + 6	ms
t_{LIM}	ILIM 时间限制		50		70	ms
		TLIM = 00，PoEPn = 1	50		70	
		TLIM = 01，PoEPn = 1	14.5	15	15.75	
		TLIM = 10，PoEPn = 1	11.5	12	12.5	
		TLIM = 11，PoEPn = 1	9.5	10	10.5	
t_{START}	端口启动时的最大电流限制持续时间	TSTART = 00	50		70	ms
		TSTART = 01	25		35	
		TSTART = 10	100		140	
t_{DET}	检测持续时间，4 点发现	完成检测的时间	275	350	425	ms
t_{DET_BOFF}	检测发现尝试之间的退避暂停	V_{VPWR} – V_{DRAINn} > 2.5V	300	400	500	ms
		V_{VPWR} – V_{DRAINn} < 2.5V	15		100	
t_{DET_DLY}	检测延迟	从命令或 PD 连接到端口检测完成			590	ms
t_{CLE}	分级持续时间，第一和第二个分级事件	半自动模式。从检测完成	6.5		12	ms
t_{pdc}	分级持续时间，1 事件物理层分级计时	半自动模式。从检测完成	6.5		12	ms
		手动模式。从分级开始时起算	6.5		14	
t_{ME}	标记持续时间，第一和第二个标记事件	半自动模式。从 Class 4 完成时起算	6		12	ms
t_{pon}	端口上电延迟，半自动模式	从检测结束到使用 IEEE 电源使能信号开启端口			200	ms
	端口上电延迟，手动模式	从端口开启命令到端口开启完成，四个端口			4	ms
t_{RESET}	从 $\overline{RESET}$ 引脚开始的复位持续时间		1		5	µs
t_{ed}	错误延迟时间。由于错误情况导致断电后到下一次尝试为端口供电之前的延迟	ICUT、ILIM 或 IInrush 故障，半自动模式	0.8	1	1.2	s
t_{MPDO}	PD 维持功率特征压降时间限制	TMPDO = 00	300		400	ms
		TMPDO = 01	75		100	
		TMPDO = 10	150		200	
		TMPDO = 11	600		800	
t_{MPS}	PD 维持功率特征有效时间		13	15	17	ms
$t_{D_off_OSS}$	1 位 OSS 输入的栅极关闭时间	从 OSS 到 V_{GATEn} < 1V，V_{SENn} = 0V，MbitPrty = 0	1		5	µs
t_{OSS_OFF}	3 位 OSS 输入的栅极关闭时间	从开始位下降沿到 V_{GATEn} < 1V，V_{SENn} = 0V，MbitPrty = 1	72		104	µs
$t_{P_off_CMD}$	从端口关闭命令开始的栅极关闭时间	从端口关闭命令到 V_{GATEn}< 1V，V_{SENn} = 0V			300	µs
$t_{P_off_RST}$	使用 $\overline{RESET}$ 时的栅极关闭时间	从 $\overline{RESET}$ 低电平到 V_{GATEn} < 1V，V_{SENn} = 0V	1		5	µs
$t_{D_off_SEN}$	从 SENn 输入开始的栅极关闭时间	V_{DRAINn} = 1V，从 V_{SENn} 脉冲至 0.425V 开始			0.9	µs
	从 SENn 输入开始的栅极关闭时间 (PoEPn = 1)	V_{DRAINn} = 1V，从 V_{SENn} 脉冲至 0.62V 开始			0.9	
t_{POR}	器件上电复位延迟				20	ms

(1) 表中显示的 t_{ICUT_INT} 最大值仅适用于较低的发生百分比 (< 10%)。在其余时间变为 t_{LIM} /2 + 2ms。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.8 典型特性

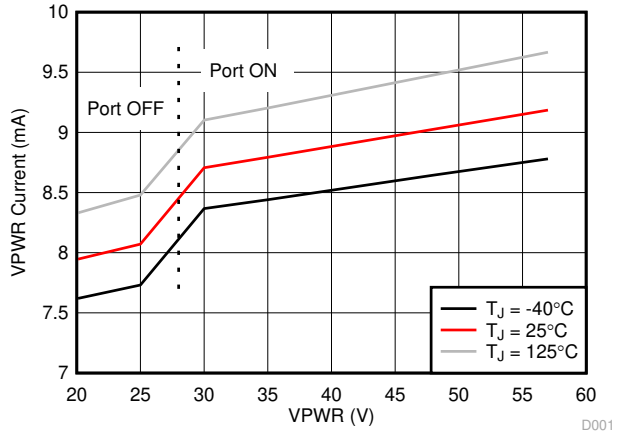


图 5-1. VPWR 电流消耗与 VPWR 间的关系

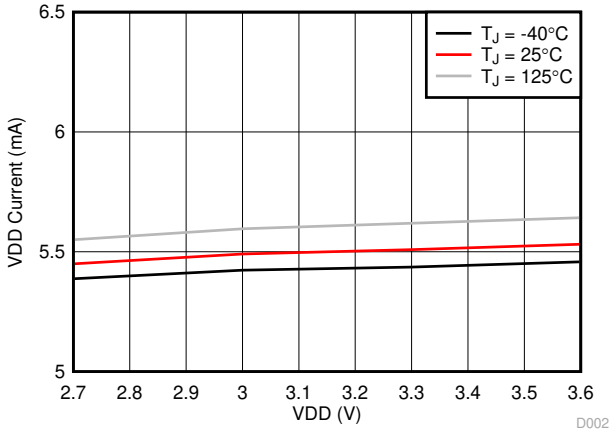


图 5-2. VDD 电流消耗与 VDD 间的关系

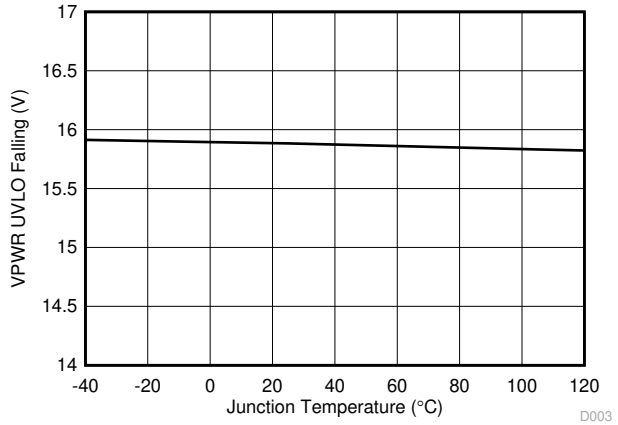


图 5-3. VPWR UVLO 下降阈值与结温间的关系

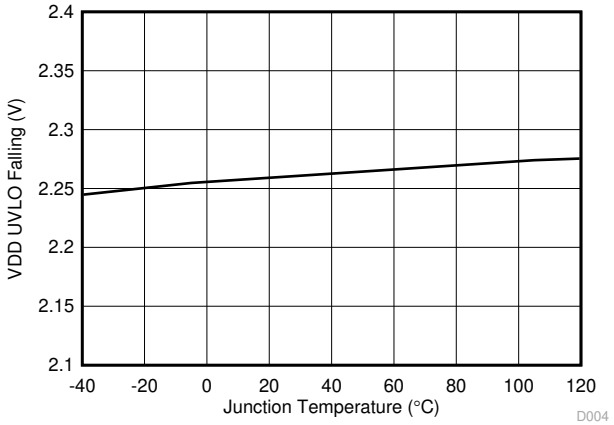


图 5-4. VDD UVLO 下降阈值与结温间的关系

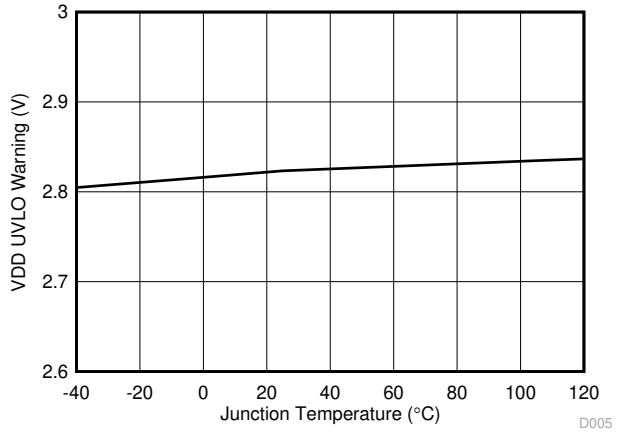


图 5-5. VDD UVLO 警告阈值与结温间的关系

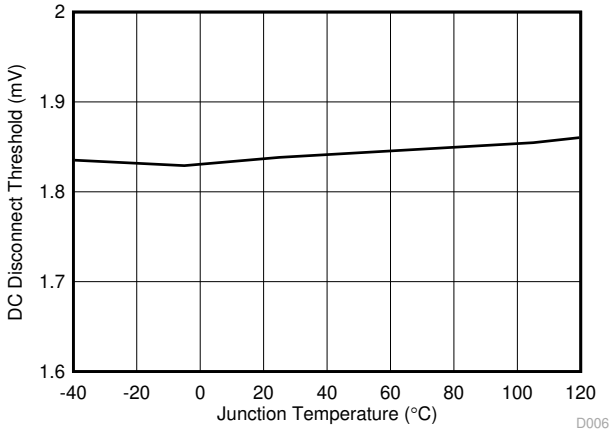


图 5-6. DC 断开阈值 (V_{IMIN}) 与结温间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.8 典型特性 (续)

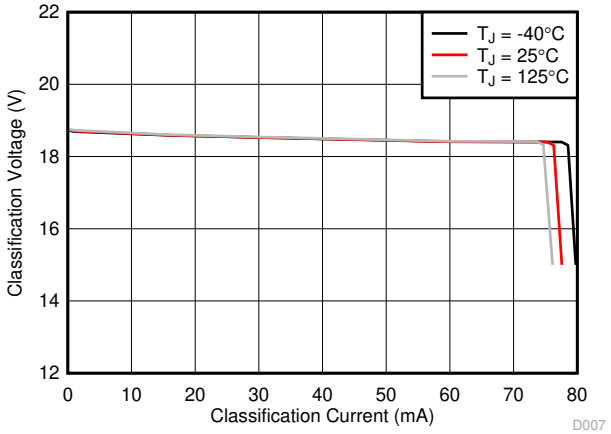


图 5-7. 分级电压 (V_{CLASS}) 与端口分级电流间的关系

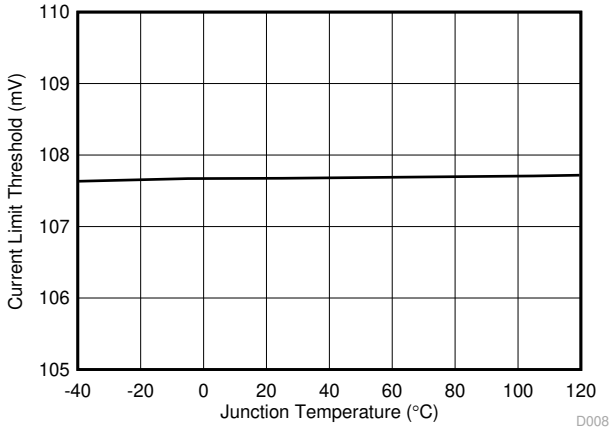


图 5-8. 电流限制 1 倍阈值 (V_{LIM}) 与结温间的关系

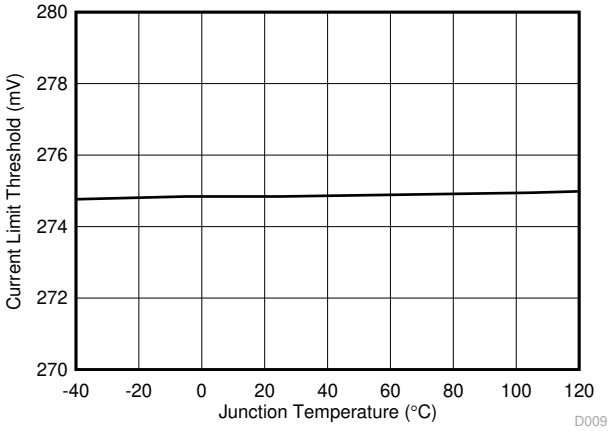


图 5-9. 电流限制 2 倍阈值 (V_{LIM2X}) 与结温间的关系

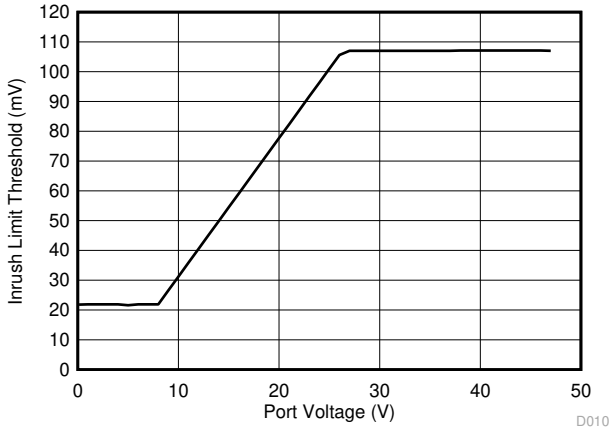


图 5-10. 浪涌电流限制阈值 (V_{Inrush}) 与端口电压间的关系

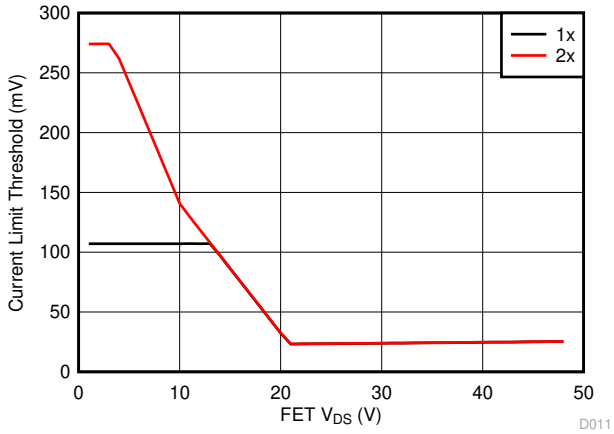


图 5-11. 折返电流限制阈值 (V_{LIM}、V_{LIM2X}) 与端口 MOSFET 电压间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 参数测量信息

6.1 计时示意图

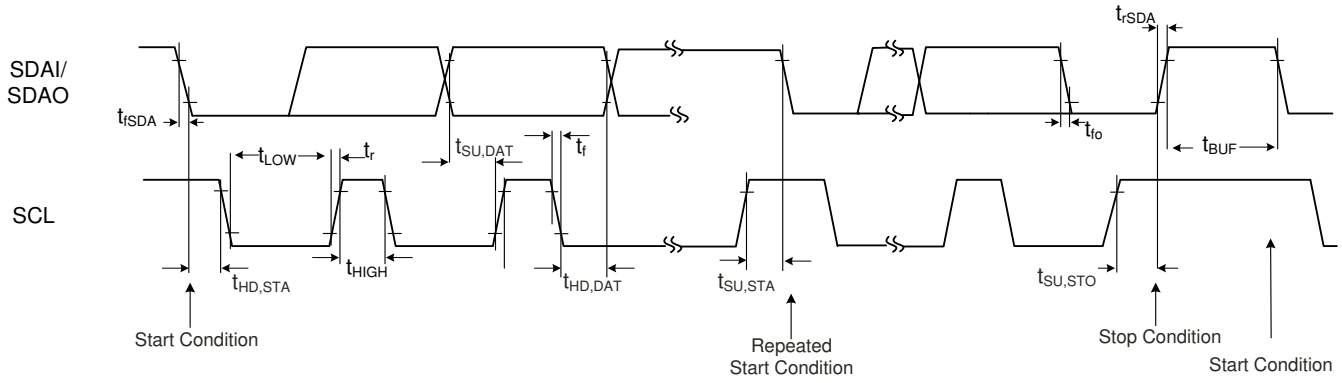


图 6-1. I²C 时序

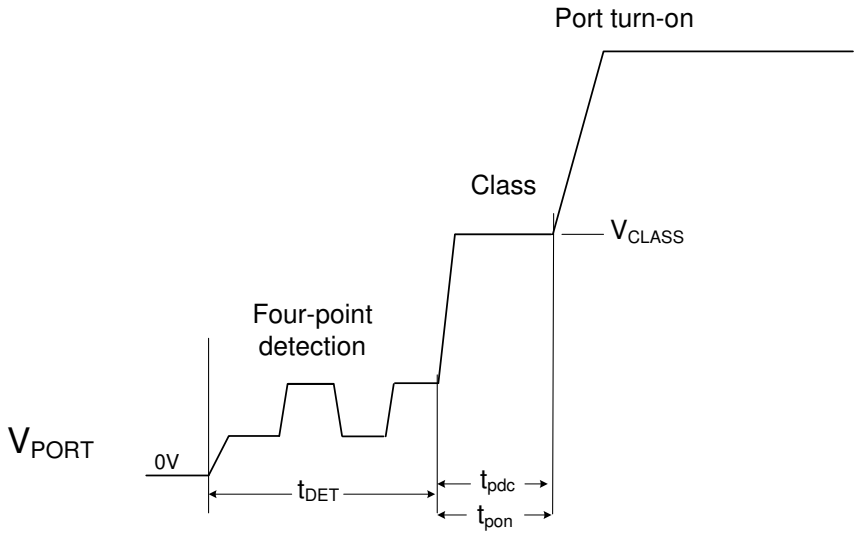


图 6-2. 检测、1 事件分级和开启

6.1 计时示意图 (续)

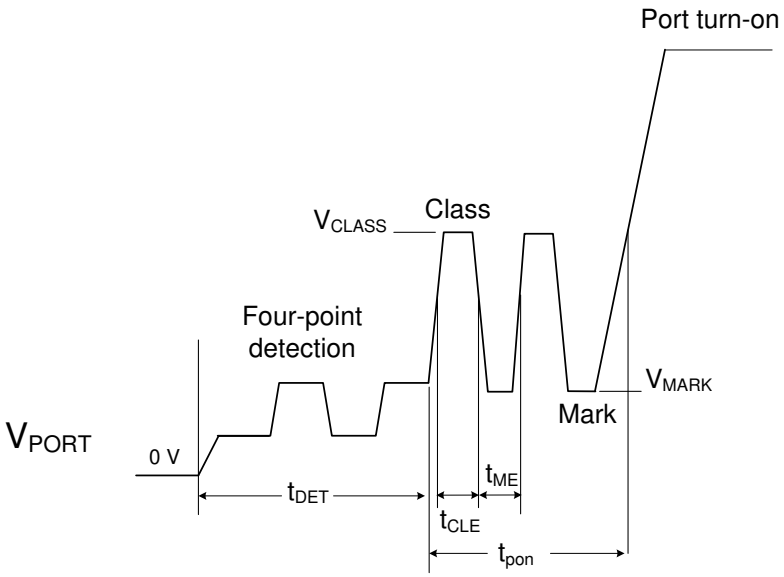


图 6-3. 检测、2 事件分级和开启

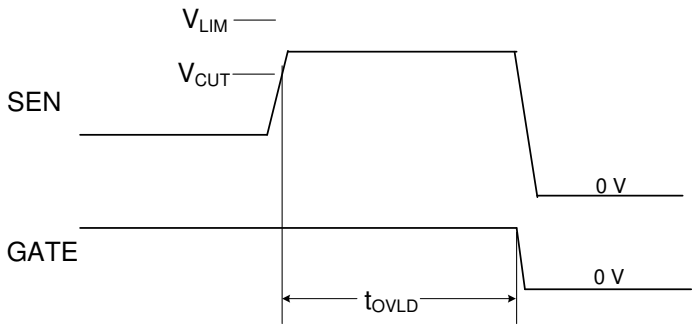


图 6-4. 过流故障时序

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

TPS2388 是一款八端口 PSE，适用于以太网供电应用。八个端口中的每一个都提供了符合 IEEE 802.3at 标准的检测、分级、保护和关断功能。

基本的 PoE 特性包括以下：

- 执行高可靠性 4 点负载检测
- 执行分级，包括最高 Class 4 负载的 2 类（两指）
- 为电源实现保护性折返式电流限制和可调节的 I_{CUT} 阈值
- 在发生负载故障和短路时关断
- 执行“维持功率特征”功能，确保在断开负载时断电
- 如果 VPWR 低于 VPUV_F（典型值为 26.5V），则会发生欠压锁定。

增强型特性包括以下：

- 端口重映射功能
- 可选择 8 位和 16 位访问模式
- 1 位和 3 位端口关断优先级
- 端口开启命令自动支持 IEEE TPON 规格（0x23 寄存器或 0x19 和 0x40 寄存器）

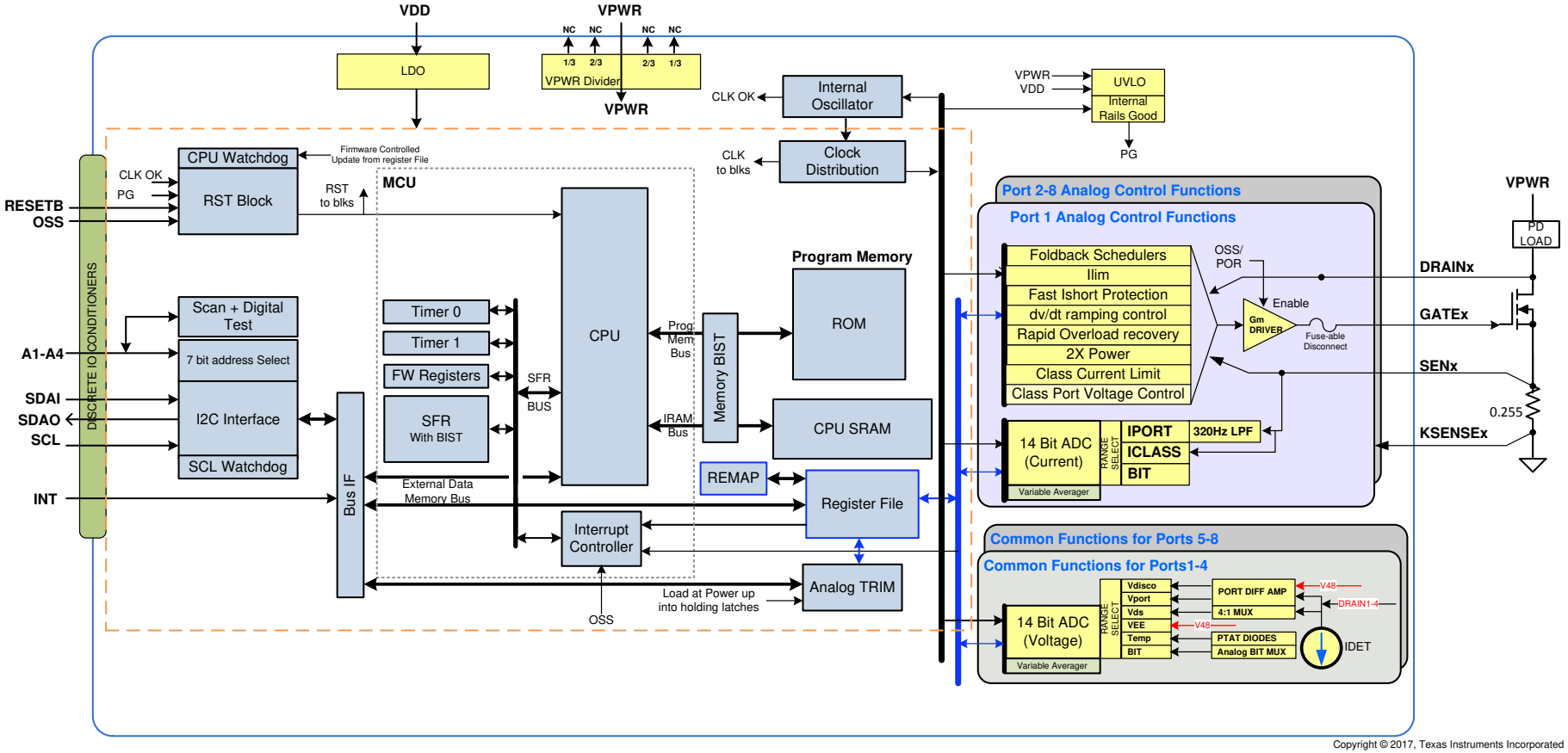
在执行断电命令、断开连接或由于启动故障、ICUT 故障或 ILIM 故障而导致关闭之后，端口将断电。在由于断电命令或断开连接而导致端口断电后，如果收到命令，TPS2388 会重新启动检测周期。如果关闭是由于启动、ICUT 或 ILIM 故障，TPS2388 首先进入冷却期；该时间段结束后，TPS2388 能够重新启动检测周期。

使用支持 TPON 的开启命令时，在以下情况下 TPS2388 不会自动向端口供电：

- 检测状态不是电阻有效。
- 分级状态为过流、分级不匹配或未知。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2 功能方框图



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

7.3 特性说明

7.3.1 端口重映射

TPS2388 提供从逻辑端口到物理端口/引脚的端口重映射功能。

重映射在 4 端口组的任何端口之间进行（1 到 4，5 到 8）。

以下示例适用于 0x26 寄存器 = 00111001、00111001b。

- 逻辑端口 1 (5) ↔ 物理端口 2 (6)
- 逻辑端口 2 (6) ↔ 物理端口 3 (7)
- 逻辑端口 3 (7) ↔ 物理端口 4 (8)
- 逻辑端口 4 (8) ↔ 物理端口 1 (5)

备注

除非所有四个端口都处于关闭模式，否则器件将忽略所有重映射命令。

如果 TPS2388 收到错误的配置，它会直接忽略该错误配置并保持配置不变。通信结束时也会照常发送 ACK。例如，如果针对多个端口接收到相同的代码，则重映射寄存器 (0x26) 的回读是最后一个有效配置。

另请注意，如果收到 IC 复位命令（1Ah 寄存器），端口重映射配置将保持不变。但是，如果存在上电复位，或激活 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚，则重映射寄存器将重新初始化为默认值。

7.3.2 端口功率优先级

TPS2388 支持 1 位和 3 位关闭优先级，可通过通用屏蔽寄存器 (0x17) 的 MbitPrty 位进行选择。

1 位关断优先级适用于端口功率优先级 (0x15) 寄存器。OSSn 位为 1 表示将相应端口视为低优先级，而值为 0 则对应高优先级。一旦 OSS 输入变高，低优先级端口就会关闭。

3 位关断优先级适用于多位功率优先级 (0x27/28) 寄存器；该寄存器可保存优先级设置。此寄存器中具有“000”代码的端口具有最高优先级。端口优先级随着 3 位值的增加而降低，最多可达 8 个优先级。请参阅图 7-1。

端口优先级定义如下：

- OSS 代码 ≤ 优先级设置（0x27/28 寄存器）：OSS 代码关闭端口
- OSS 代码 > 优先级设置（0x27/28 寄存器）：OSS 代码对端口没有影响

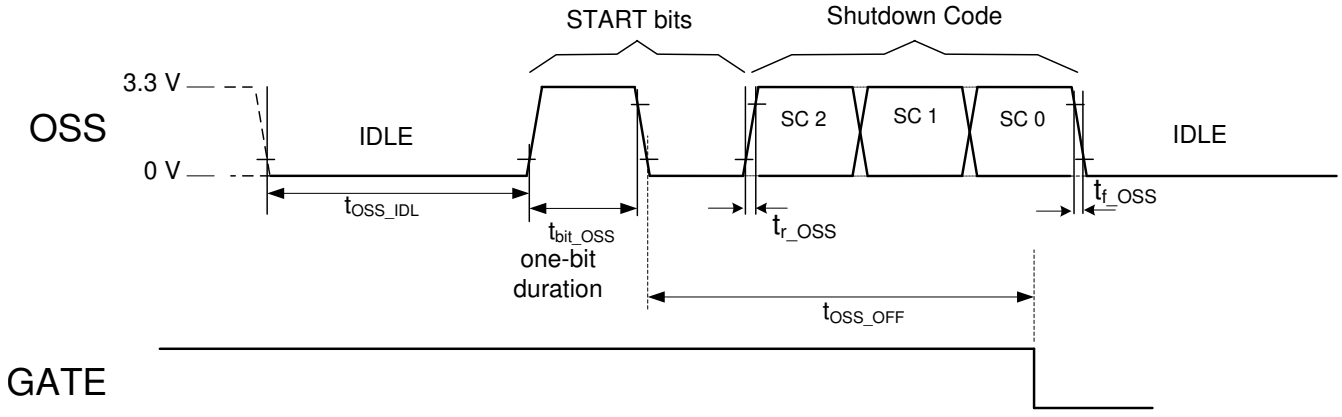


图 7-1. 如果是较低优先级端口，多位优先级端口将关闭

备注

在将 MbitPrty 位从 0 设置为 1 之前，请确保 OSS 输入处于空闲（低）状态至少 200 µs，以避免与 OSS 位流失去同步而导致的任何端口错误行为。

备注

OSS 输入具有内部 1 µs 至 5 µs 抗尖峰脉冲滤波器。从空闲状态开始，具有较长持续时间的脉冲将视为有效起始位。确保 OSS 信号无噪声。

7.3.3 模数转换器

TPS2388 具有 10 个多斜率积分转换器。前八个转换器分别专用于一个端口的电流测量，并独立运行以便在任何以下模式下执行测量：分级和端口受电。当端口受电时，转换器用于电流（平均为 100ms）监测、端口管制和直流断开。最后两个转换器分别在一个 4 端口组内共享，用于发现（平均为 16.6ms）、端口受电电压监测、电源正常状态和 FET 短路检测。它还用于通用测量，包括输入电压 (1ms) 和温度的测量。

TPS2388 中使用的模数转换器类型与其他类似转换器类型的不同之处在于，它在输入信号由积分器采样时进行转换，因而在转换周期内提供固有滤波功能。电流转换器的典型转换时间为 800 µs，而其他转换器的转换时间为 1ms。通过平均 16 个连续采样来执行受电器件检测，可以在 50Hz 或 60Hz 线路频率下显著抑制噪声。端口受电时，采用数字平均来提供在 100ms 时间段内积分得到的端口电流测量值。另请注意，对于端口受电电流监测，存在抗混叠滤波器。

备注

在端口受电模式下，将连续执行端口电流转换。此外，在端口受电模式下，必须在 t_{START} 计时器到期之后才能开始任何电流或电压模数转换。

7.3.4 I²C 看门狗

TPS2388 器件上提供了一个 I²C 看门狗计时器。该计时器监控 I²C、SCL 线的时钟边沿。使能看门狗后，看门狗超时将使 I²C 接口以及所有活动端口复位。在发生软件挂起事件或从器件挂起 I²C 总线时，此功能可提供保护。在后一种情况下，如果从器件在主器件停止发送时钟时尝试发送 0 数据位，则从器件可能持续将数据线无限期拉低。由于数据线被驱动为低电平，因此主器件无法发送 STOP 来清理总线。激活 TPS2388 的 I²C 看门狗功能会清除这种死锁情况。如果 2 秒的计时器到期，则端口将锁定并且 WD 状态位将置位。请注意，即使未使能看门狗，也会置位 WD 状态位。若要清除 WD 状态，只能将 WDS 状态位复位或向该位置写入 0。当加载 1011b 代码时，4 位看门狗禁用字段会关闭此功能。每次 TPS2388 最初受电时，该字段预设为 1011b。请参阅 *节 7.6.44* 了解更多详细信息。

7.3.5 折返保护

TPS2388 具有两种类型的折返保护机制，用于实现全面的 MOSFET 保护。在浪涌期间，当端口开启时，折返基于端口电压，如图 7-2 所示。请注意，无论 PoE Plus 寄存器中的 PoEPn 位的状态如何，浪涌电流曲线都保持不变。

在端口开启且电源正常信号有效后会使用双斜率折返，从而针对端口输出发生的部分和全部短路问题提供保护，同时仍能在 PSE 输入电压的正常瞬变期间维持 PD 受电。注意，置位 PoEPn 位将选择 2× 曲线，而清除此位将选择 1× 曲线。请参阅图 7-3。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

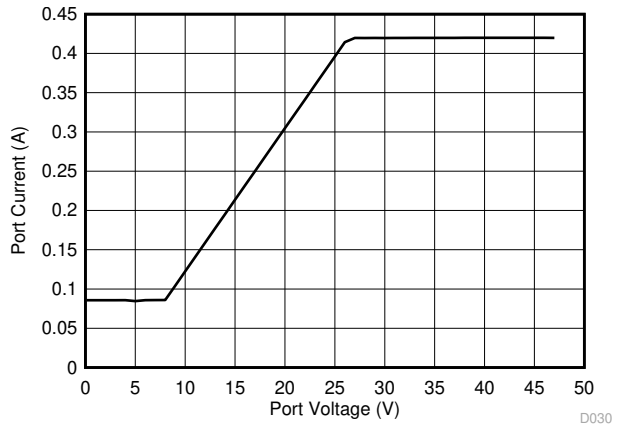


图 7-2. 浪涌期间折返（端口开启时）：I_{LIM} 与 V_{port} 间的关系

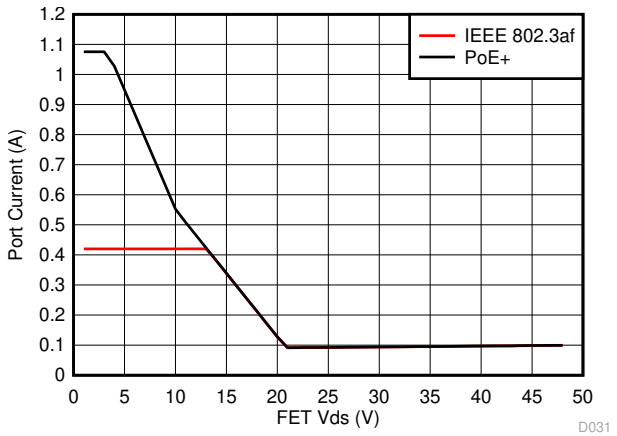


图 7-3. 端口已开启时折返：I_{LIM} 与 V_{drain} 间的关系

7.4 器件功能模式

7.4.1 端口工作模式

7.4.1.1 半自动

端口将连续执行检测和分级（如果发生有效检测）。每次发生检测或分级时都会更新寄存器。端口电源不会自动开启。开启端口需要使用电源使能或 IEEE 电源使能命令。

7.4.1.2 手动

端口在收到命令时执行其寄存器指示的功能一次。不会自动更改状态。

7.4.1.3 电源关闭

端口关闭，不自动执行检测、分级或开启。在此模式下，关联端口的状态位和使能位将被复位。

7.4.2 检测

为了消除误检测的可能性，TPS2388 使用 TI 专有的 4 点检测方法来确定 PD 器件的特征电阻。在噪声环境中或高电容负载条件下，使用 2 点检测类型 PSE 可能会误检测 25kΩ 特征电阻。

将检测 1 和检测 2 合并为重复执行的单个检测功能。检测 1 将 I1 (160 µA) 应用于某个端口，等待 60ms，然后使用积分 ADC 测量端口电压 V1。检测 2 将 I2 (270 µA) 应用于某个端口，等待 60ms，然后测量端口电压 V2。该过程会重复第二次。对所有四个测量点组合执行多重比较和计算，从而消除非线性或磁滞 PD 特征的影响。然后将得到的端口特征分级到适当的类别中。

备注

检测电阻测量结果也会存储在端口检测电阻寄存器中。

7.4.3 分级

通过提供电压并对产生的电流进行采样来执行硬件分级。为了避免分级事件在电源控制器芯片中产生高功耗，TPS2388 使用外部功率 FET 进行分级。

在分级期间，外部 MOSFET 的栅极节点上的电压是线性控制环路的一部分。控制环路施加适当的 MOSFET 驱动电压，以在 VPWR 与 DRAIN 之间维持 17.5V 的差动电压。在分级期间，会测量 MOSFET 源极中检测电阻器两端的电压，并将其转换为 TPS2388 内的分级等级。如果在分级期间发生负载短路，则 MOSFET 栅极电压将在分级事件的持续时间内快速减小到线性控制的短路值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

可通过 I²C 检测事件寄存器和端口 n 状态寄存器来读取分级结果。TPS2388 还使用 IEEE 电源使能寄存器支持 2 类 PD 的两事件分级。

7.4.4 直流断开

断开是关闭端口电源的自动化过程。当端口空载或至少低于最小负载时，有必要关闭端口电源并重新启动检测。在直流断开时，要测量检测电阻两端的电压。使能直流断开功能后，该功能会监测受电端口的检测电阻器电压，从而验证该端口是否至少消耗了保持活动状态所需的最小电流。只要端口电流低于 7.5mA 阈值，TDIS 计时器就会向上计数。如果发生超时，则会关闭端口并设置故障事件寄存器中的相应断开位。每当电流持续高于断开阈值的时间达到 15ms 标称值时，TDIS 计数器就会复位。

TDIS 持续时间由时序配置寄存器 (0x16) 的 TMPDO 位进行设置。

7.5 编程

7.5.1 I²C 串行接口

TPS2388 具有 3 线制 I²C 接口，使用 SDAI、SDAO 和 SCL。每次传输包括主器件发送的启动条件，然后是带有 R/W 位的器件地址（7 位），一个寄存器地址字节，再然后是一个或两个数据字节和一个停止条件。接收方在传输每个字节后还会发送一个确认位。另外，SCL 为高电平时 SDAI/SDAO 保持稳定，但在启动或停止条件下除外。

图 7-4 和图 7-5 展示了使用配置 A 或 B 通过 I²C 接口进行的读写操作（有关更多详细信息，请参阅*表 7-19*）。参数读取操作适用于模数转换结果。TPS2388 能够通过 I²C 总线快速访问最新寻址的寄存器。这意味着当接收到停止位时，寄存器指针不会自动复位。

还可以同时对许多 TPS2388 器件执行写操作。此广播访问期间的从器件地址为 0x7F，如*节 7.6.14* 中所示。根据选择的配置（A 或 B），全局写操作的处理方式如下：

- 配置 A：两个 4 端口器件（1 到 4 和 5 到 8）同时被寻址。
- 配置 B：整个器件被寻址。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

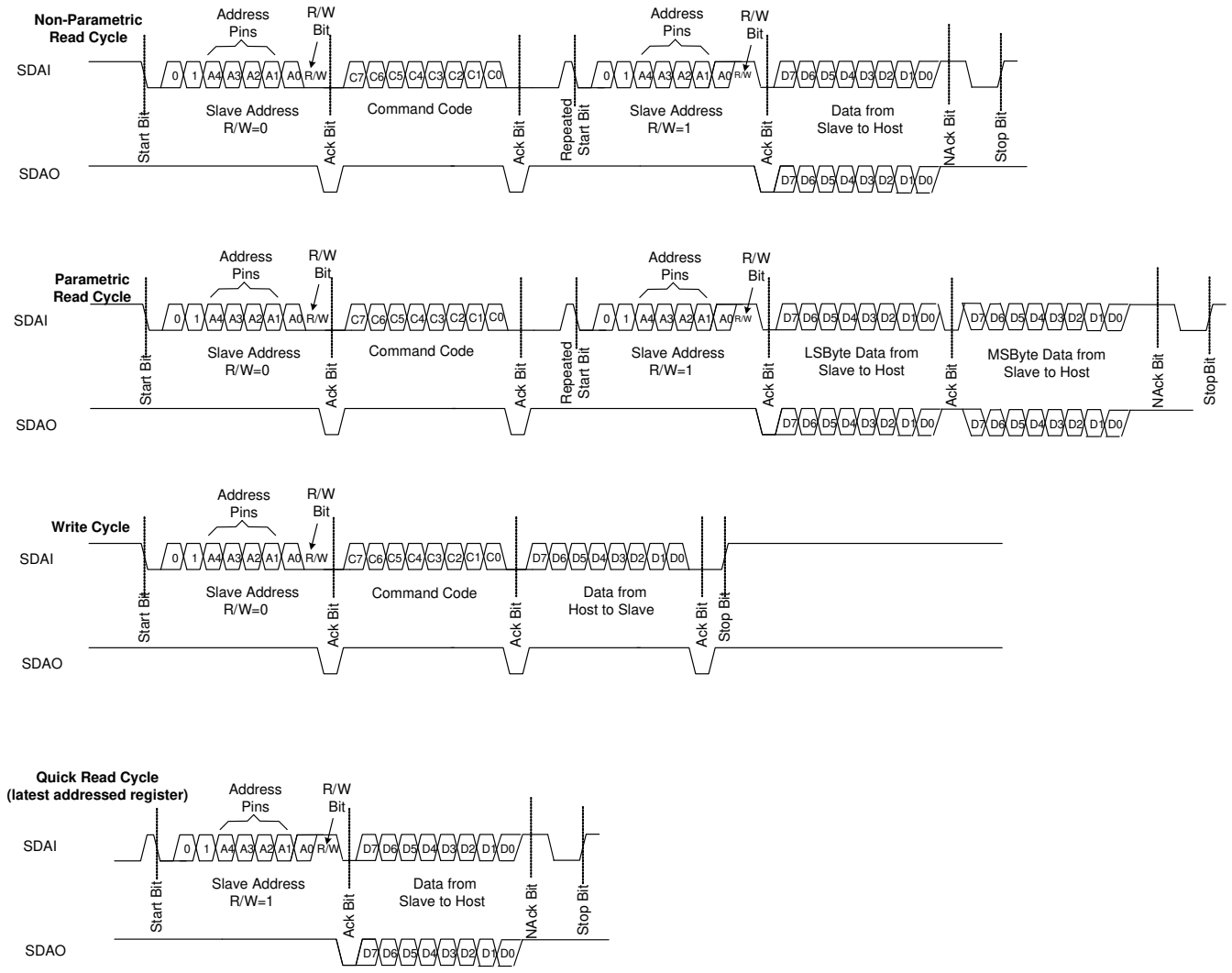


图 7-4. I²C 接口读写协议 – 配置 A

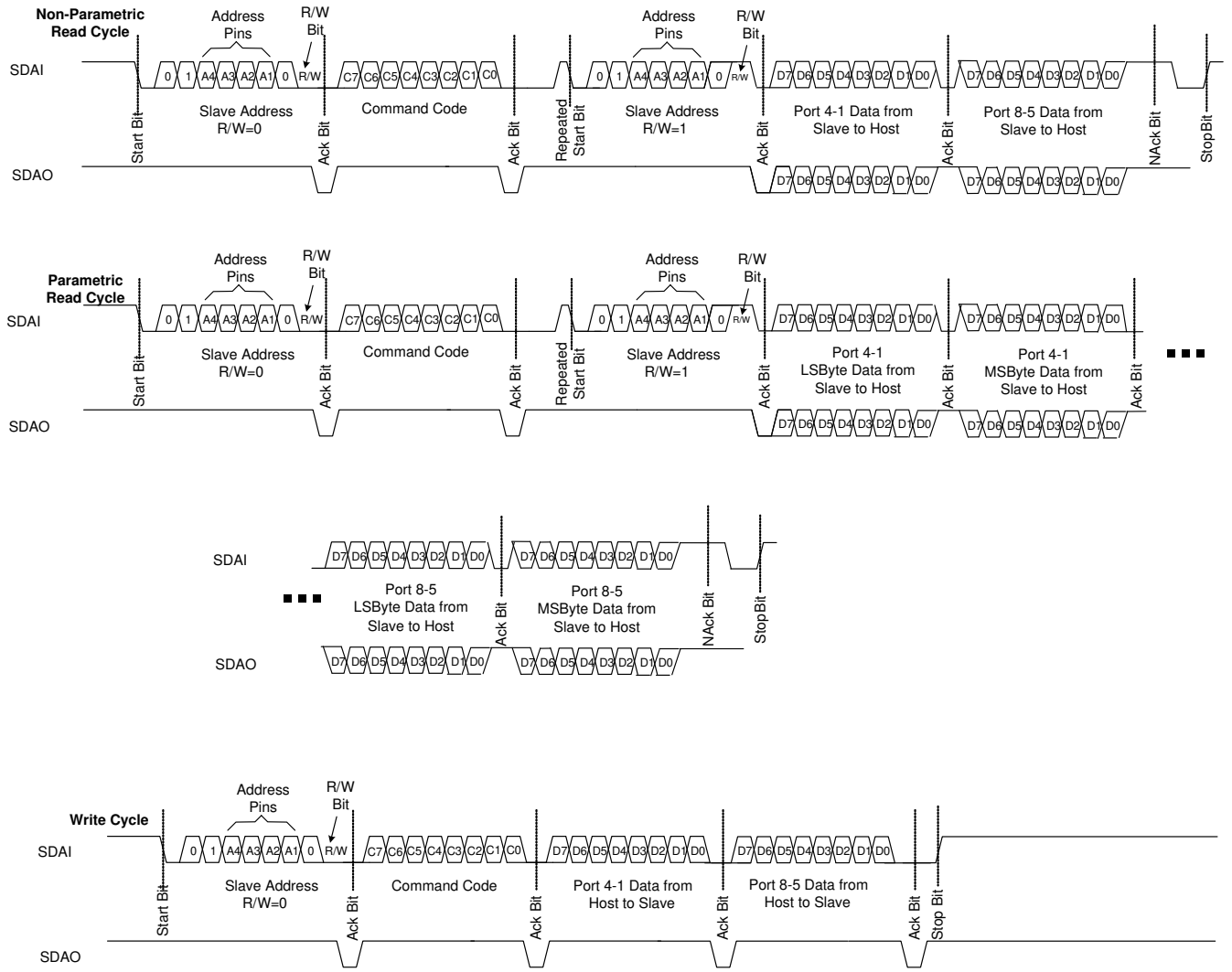


图 7-5. I²C 接口读写协议 – 配置 B

7.6 寄存器映射

7.6.1 完整寄存器组

表 7-1. 主寄存器

命令代码	寄存器或命令名称	I²C R/W	数据字节	RST 状态	位描述							
中断												
00h	中断	RO	1	1000,0000b (1)	SUPF	STRTF	IFAULT	CLASC	DETC	DISF	PGC	PEC
01h	中断屏蔽	R/W	1	1000,0000b	SUMSK	STMSK	IFMSK	CLMSK	DEMSK	DIMSK	PGMSK	PEMSK
事件												
02h	电源事件	RO	1	0000,0000b	电源正常状态变化				电源使能状态变化			
03h		CoR	1		PGC4	PGC3	PGC2	PGC1	PEC4	PEC3	PEC2	PEC1
04h	检测事件	RO	1	0000,0000b	分级				检测			
05h		CoR	1		CLSC4	CLSC3	CLSC2	CLSC1	DETC4	DETC3	DETC2	DETC1
06h	故障事件	RO	1	0000,0000b	发生断开				发生 ICUT 故障			
07h		CoR	1		DISF4	DISF3	DISF2	DISF1	ICUT4	ICUT3	ICUT2	ICUT1
08h	启动/ILIM 事件	RO	1	0000,0000b	发生 ILIM 故障				发生启动故障			
09h		CoR	1		ILIM4	ILIM3	ILIM2	ILIM1	STRT4	STRT3	STRT2	STRT1
0Ah	电源事件	RO	1	0111,0000b (2)	TSD	VDUV	VDWRN	VPUV	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
0Bh		CoR	1									
状态												
0Ch	端口 1 状态	RO	1	0000,0000b	Rsvd	CLASS 端口 1			检测端口 1			
0Dh	端口 2 状态	RO	1	0000,0000b	Rsvd	CLASS 端口 2			检测端口 2			
0Eh	端口 3 状态	RO	1	0000,0000b	Rsvd	CLASS 端口 3			检测端口 3			
0Fh	端口 4 状态	RO	1	0000,0000b	Rsvd	CLASS 端口 4			检测端口 4			
10h	电源状态	RO	1	0000,0000b	PG4	PG3	PG2	PG1	PE4	PE3	PE2	PE1
11h	引脚状态	RO	1	0,A[4:0],0,0	Rsvd	SLA4	SLA3	SLA2	SLA1	SLA0	Rsvd	Rsvd
配置												
12h	工作模式	R/W	1	0000,0000b	端口 4 模式		端口 3 模式		端口 2 模式		端口 1 模式	
13h	断开使能	R/W	1	0000,0000b	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	DCDE4	DCDE3	DCDE2	DCDE1
14h	检测/分级使能	R/W	1	0000,0000b	CLE4	CLE3	CLE2	CLE1	DETE4	DETE3	DETE2	DETE1
15h	PWRPR/ICUT 禁用	R/W	1	0000,0000b	OSS4	OSS3	OSS2	OSS1	DCUT4	DCUT3	DCUT2	DCUT1
16h	时序配置	R/W	1	0000,0000b	TLIM		TSTART		TOVLD		TMPDO	
17h	通用屏蔽	R/W	1	1000,0000b	INTEN	Rsvd	nbitACC	MbitPrty	CLCHE	DECHE	Rsvd	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-1. 主寄存器（续）

命令代码	寄存器或命令名称	I²C R/W	数据字节	RST 状态	位描述							
按钮												
18h	检测/分级重启	WO	1	0000,0000b	RCL4	RCL3	RCL2	RCL1	RDET4	RDET3	RDET2	RDET1
19h	电源使能	WO	1	0000,0000b	POFF4	POFF3	POFF2	POFF1	PWON4	PWON3	PWON2	PWON1
1Ah	RESET	WO	1	0000,0000b	CLRAIN	CLINP	Rsvd	RESAL	RESP4	RESP3	RESP2	RESP1
通用/专用												
1Bh	ID	RO	1	Mf[4:0]、IC[2:0]	MFR ID					IC 版本		
1Ch	保留	CoR	1	0000,0000b	保留					保留		
1Eh	POLICE 21 配置	R/W	1	1111,1111b	POLICE 端口 2				POLICE 端口 1			
1Fh	POLICE 43 配置	R/W	1	1111,1111b	POLICE 端口 4				POLICE 端口 3			
23h	IEEE 电源使能	WO	1	0000,0000b	T2PON4	T2PON3	T2PON2	T2PON1	T1PON4	T1PON3	T1PON2	T1PON1
24h	上电故障	RO	1	0000,0000b	PF 端口 4		PF 端口 3		PF 端口 2		PF 端口 1	
25h		CoR	1									
26h	重映射	R/W	1	1110,0100b	物理重映射逻辑端口 4		物理重映射逻辑端口 3		物理重映射逻辑端口 2		物理重映射逻辑端口 1	
27h	多位功率优先级 21	R/W	1	0000,0000b	Rsvd	端口 2			Rsvd	端口 1		
28h	多位功率优先级 43	R/W	1	0000,0000b	Rsvd	端口 4			Rsvd	端口 3		
29h-2Bh	保留	R/W	1	0000,0000b	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
2Ch	温度	RO	1	0000,0000b	温度（位 7 至 0）							
2Eh	输入电压	RO	2	0000,0000b	输入电压：LSByte							
2Fh		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	输入电压：MSByte（位 13 至 8）					
扩展寄存器组 – 端口参数测量												
30h	端口 1 电流	RO	2	0000,0000b	端口 1 电流：LSByte							
31h		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 1 电流：MSByte（位 13 至 8）					
32h	端口 1 电压	RO	2	0000,0000b	端口 1 电压：LSByte							
33h		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 1 电压：MSByte（位 13 至 8）					

(1) 显示的 SUPF 位复位状态仅在加电时
(2) 显示的仅是加电时的 VDUV、VPUV 和 VDWRN 位复位状态

表 7-2. 主寄存器

命令代码	寄存器或命令名称	I²C R/W	数据字节	RST 状态	位描述							
34h	端口 2 电流	RO	2	0000,0000b	端口 2 电流：LSByte							
35h		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 2 电流：MSByte（位 13 至 8）					
36h	端口 2 电压	RO	2	0000,0000b	端口 2 电压：LSByte							
37h		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 2 电压：MSByte（位 13 至 8）					
38h	端口 3 电流	RO	2	0000,0000b	端口 3 电流：LSByte							
39h		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 3 电流：MSByte（位 13 至 8）					
3Ah	端口 3 电压	RO	2	0000,0000b	端口 3 电压：LSByte							
3Bh		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 3 电压：MSByte（位 13 至 8）					
3Ch	端口 4 电流	RO	2	0000,0000b	端口 4 电流：LSByte							
3Dh		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 4 电流：MSByte（位 13 至 8）					
3Eh	端口 4 电压	RO	2	0000,0000b	端口 4 电压：LSByte							
3Fh		RO		0000,0000b	Rsvd	Rsvd	端口 4 电压：MSByte（位 13 至 8）					
配置/其他												
40h	PoE PLUS	R/W	1	0000,0000b	PoEP4	PoEP3	PoEP2	PoEP1	Rsvd	Rsvd	Rsvd	TPON
41h	固件版本	RO	1	RRRR,RRRRb	固件版本							

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-2. 主寄存器（续）

命令代码	寄存器或命令名称	I²C R/W	数据字节	RST 状态	位描述				
42h	I2C 看门狗	R/W	1	0001,0110b	Rsvd	Rsvd	Rsvd	看门狗禁用	WDS
43h	器件 ID	RO	1	110、sr[4:0]	器件 ID 号			器件版本号	
端口特征测量									
44h	P1 检测电阻	RO	1	0000,0000b	端口 1 电阻				
45h	P2 检测电阻	RO	1	0000,0000b	端口 2 电阻				
46h	P3 检测电阻	RO	1	0000,0000b	端口 3 电阻				
47h	P4 检测电阻	RO	1	0000,0000b	端口 4 电阻				
48h-6Fh	保留	R/W	1	0000,0000b	保留				

表 7-3. 寄存器配置 A 与 B

命令代码	寄存器或命令名称	位描述	配置 A	配置 B
00h	中断	INT 位 P1-4、P5-8	每个 4 端口组具有单独的屏蔽和中断结果。 电源事件位重复两次。	
01h	中断屏蔽	MSK 位 P1-4、P5-8		
02h	电源事件	PGC_PEC P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的事件字节。	
03h				
04h	检测事件	CLS_DET P4-1、P8-5		
05h				
06h	故障事件	DIS_ICUT P4-1、P8-5		
07h				
08h	启动/ILIM 事件	ILIM_STR P4-1、P8-5		
09h				
0Ah	电源事件	TSD、VDUV、VDUW、VPUV	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果。 清除至少一个 VPUV/VDUV 也会清除另一个。	
0Bh				
0Ch	端口 1 状态	CLS&DET1_CLS&DET5	每个端口具有单独的状态字节	
0Dh	端口 2 状态	CLS&DET2_CLS&DET6		
0Eh	端口 3 状态	CLS&DET3_CLS&DET7		
0Fh	端口 4 状态	CLS&DET4_CLS&DET8		
10h	电源状态	PG_PE P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的状态字节	
11h	引脚状态	A4A1、A0	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果，但 A0 = 0（端口 1 至 4）或 1（端口 5 至 8）除外。	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果，包括 A0 = 0。
12h	工作模式	模式 P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的模式字节。	
13h	断开使能	DCDE P4-1，P8-5	每个 4 端口组具有单独的直流断开使能字节。	
14h	检测/分级使能	CLE_DETE P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的检测/分级使能字节。	
15h	PWRPR/ICUT 禁用	OSS_DCUT P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的 OSS/DCUT 字节。	
16h	时序配置	TLIM_TSTRT_TOVLD_TMPDO P4-1， P8-5	每个 4 端口组具有单独的时序字节。	
17h	通用屏蔽	P4-1、P8-5，包括 n 位访问	每个 4 端口组具有单独的字节。 在至少一个虚拟四路寄存器空间中设置此项足以进入配置 B 模式。要恢复到配置 A，请清除两者。 MbitPrty：在至少一个虚拟四路寄存器空间中设置此项足以进入 3 位关断优先级。要恢复到 1 位关断，请清除两个 MbitPrty 位。	
18h	检测/分级重启	RCL_RDET P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的 DET/CL RST 字节	
19h	电源使能	POF_PWON P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的 POF/PWON 字节	
1Ah	RESET	P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的字节，用于清除 Int 引脚和清除全部中断。 但是，如果至少置位了一个 IC 复位位，则整个芯片都会发生 POR。	每个 4 端口组具有单独的字节。但是，如果为一个 4 端口组置位了以下任何位，则相应的操作同时适用于两个 4 端口组：复位 IC、清除 Int 引脚和清除全部中断。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. 寄存器配置 A 与 B（续）

命令代码	寄存器或命令名称	位描述	配置 A	配置 B
1Bh	ID		两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果，除非通过 I²C 进行修改。	
1Eh	POLICE 21 配置	POL2&1、POL6&5	每个 2 端口组具有单独的监管字节。	
1Fh	POLICE 43 配置	POL4&3、POL8&7		
23h	IEEE 电源使能	T2P_T1P P4-1、P8-5	每个 2 端口组具有单独的 IEEE 电源使能字节	
24h	上电故障	PF P4-1，P8-5	每个 4 端口组具有单独的上电故障字节	
25h				
26h	端口重映射	逻辑 P4-1、P8-5	每个 4 端口组具有单独的重映射字节。 仅当为 POR 或 RESET 引脚时重新初始化。如果 0x1A IC 复位或 CPU 看门狗复位，则保持不变。	
2Ch	温度	TEMP P1-4，P5-8	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果。	
2Eh	输入电压	VPWR P1-4，P5-8	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果。	
2Fh				
30h	端口 1 电流	I1、I5	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	每个 4 端口组具有单独的 2 字节。 在 0x30 读取的 2 字节将提供 I1 在 0x30 读取的 4 字节将提供 I1、I5。
31h			不适用	在 0x31 读取的 2 字节将提供 I5。
32h	端口 1 电压	V1、V5	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x32 读取的 2 字节将提供 V1 在 0x32 读取的 4 字节将提供 V1、V5。
33h			不适用	在 0x33 读取的 2 字节将提供 V5。
34h	端口 2 电流	I2、I6	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x34 读取的 2 字节将提供 I2 在 0x34 读取的 4 字节将提供 I2、I6。
35h			不适用	在 0x35 读取的 2 字节将提供 I6。
36h	端口 2 电压	V2、V6	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x36 读取的 2 字节将提供 V2 在 0x36 读取的 4 字节将提供 V2、V6。
37h			不适用	在 0x37 读取的 2 字节将提供 V6。
38h	端口 3 电流	I3、I7	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x38 读取的 2 字节将提供 I3 在 0x38 读取的 4 字节将提供 I3、I7。
39h			不适用	在 0x39 读取的 2 字节将提供 I7。
3Ah	端口 3 电压	V3、V7	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x3A 读取的 2 字节将提供 V3 在 0x3A 读取的 4 字节将提供 V3、V7。
3Bh			不适用	在 0x3B 读取的 2 字节将提供 V7。
3Ch	端口 4 电流	I4、I8	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x3C 读取的 2 字节将提供 I4 在 0x3C 读取的 4 字节将提供 I4、I8。
3Dh			不适用	在 0x3D 读取的 2 字节将提供 I8。
3Eh	端口 4 电压	V4、V8	每个 4 端口组具有单独的 2 字节	在 0x3E 读取的 2 字节将提供 V4 在 0x3E 读取的 4 字节将提供 V4、V8。
3Fh			不适用	在 0x3F 读取的 2 字节将提供 V8。
40h	PoE PLUS	PoEP_TPON、P4-1、P8-5	TPON 设置：每个 4 端口组单独设置。 每个 4 端口组具有单独的 PoEP 配置字节。	
41h	固件版本	FRV P1-4，P5-8	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果。	
42h	I2C 看门狗	P1-4、P5-8	IWD3-0：如果两个 4 端口设置中至少有一个设置不同于 1011b，则会为所有 8 个端口使能看门狗。 WDS：两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的** WDS 结果。每个 WDS 位需要通过 I²C 单独清除。	
43h	器件 ID	DID_SR P1-4、P5-8	两个 8 位寄存器（端口 1 至 4 和端口 5 至 8）必须显示**相同的**结果，除非通过 I²C 进行修改。	
44h	端口 1 电阻	RDET1、RDET5	每个端口具有单独的字节。 检测电阻始终更新，检测正常或错误。	
45h	端口 2 电阻	RDET2、RDET6		
46h	端口 3 电阻	RDET3、RDET7		
47h	端口 4 电阻	RDET4、RDET8		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.2 中断寄存器

命令 = 00h，带 1 个数据字节，只读

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。通过在相应的事件寄存器地址进行读取或通过对复位寄存器的第 7 位进行置位，可以单独复位每个位。

如果对中断屏蔽寄存器 (01h) 中相应的屏蔽位进行置位以及对通用屏蔽寄存器中的 INTEN 位进行置位，则中断寄存器的有效位将激活 $\overline{INT}$ 输出。

图 7-6. 中断寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
SUPF	STRTF	IFAULT	CLASC	DETC	DISF	PGC	PEC
R-1	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-4. 中断寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	SUPF	R	1	表示发生了电源事件故障 SUPF = TSD || VDUV || VPUV 1 = 至少发生了一个电源事件故障 0 = 未发生此类事件
6	STRTF	R	0	表示在至少一个端口上发生了 t_{START} 故障。 STRTF = STRT1 || STRT2 || STRT3 || STRT4 1 = 至少一个端口发生了 t_{START} 故障 0 = 未发生 t_{START} 故障
5	IFAULT	R	0	表示在至少一个端口上发生了 t_{OVLD} 或 t_{LIM} 故障。 IFAULT = ICUT1 || ICUT2 || ICUT3 || ICUT4 || ILIM1 || ILIM2 || ILIM3 || ILIM4 1 = 至少一个端口上发生了 t_{OVLD} 和/或 t_{LIM} 故障 0 = t_{OVLD} 和 t_{LIM} 故障均未发生
4	CLASC	R	0	表示在至少一个端口上发生了至少一个分级周期 CLASC = CLSC1 || CLSC2 || CLSC3 || CLSC4 1 = 至少一个端口上发生了至少一个分级周期 0 = 未发生分级周期
3	DETC	R	0	表示在至少一个端口上发生了至少一个检测周期 DETC = DETC1 || DETC2 || DETC3 || DETC4 1 = 至少一个端口上发生了至少一个检测周期 0 = 未发生检测周期
2	DISF	R	0	表示在至少一个端口上发生了断开事件。 DISF = DISF1 || DISF2 || DISF3 || DISF4 1 = 至少一个端口上发生了断开事件 0 = 未发生断开事件

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-4. 中断寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
1	PGC	R	0	表示在至少一个端口上发生了电源正常状态变化。 PGC = PGC1 || PGC2 || PGC3 || PGC4 1 = 至少一个端口上发生了电源正常状态变化 0 = 未发生电源正常状态变化
0	PEC	R	0	表示在至少一个端口上发生了电源使能状态变化 PEC = PEC1 || PEC2 || PEC3 || PEC4 1 = 至少一个端口上发生了电源使能状态变化 0 = 未发生电源使能状态变化

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.3 中断屏蔽寄存器

命令 = 01h，带 1 个数据字节，读取/写入

每个位对应于中断寄存器中定义的特定事件或故障。

向某个位写入 0 将使相应的事件/故障无法激活 $\overline{INT}$ 输出。

注意，无论中断屏蔽寄存器的状态如何，中断寄存器的位总是根据事件或故障改变状态。

注意，还必须设置通用屏蔽寄存器的 INTEN 位，让事件激活 $\overline{INT}$ 输出。

图 7-7. 中断屏蔽寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
SUMSK	STMSK	IFMSK	CLMSK	DEMSK	DIMSK	PGMSK	PEMSK
R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-5. 中断屏蔽寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	SUMSK	R/W	1	电源事件故障屏蔽位。 1 = 电源事件故障将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 电源事件故障将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
6	STMSK	R/W	0	t_{START} 故障屏蔽位。 1 = t_{START} 故障将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = t_{START} 故障将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
5	IFMSK	R/W	0	tOVLD 或 LIM 故障屏蔽位。 1 = 发生 t_{OVLD} 和/或 t_{LIM} 故障将激活 $\overline{INT}$ 输出 0 = 发生 t_{OVLD} 和/或 t_{LIM} 故障将对 $\overline{INT}$ 输出无影响
4	CLMSK	R/W	0	分级周期屏蔽位。 1 = 发生分级周期将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 发生分级周期将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
3	DEMSK	R/W	0	检测周期屏蔽位。 1 = 发生检测周期将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 发生检测周期将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
2	DIMSK	R/W	0	断开事件屏蔽位。 1 = 发生断开事件将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 发生断开事件将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
1	PGMSK	R/W	0	电源正常状态变化屏蔽位。 1 = 电源正常状态变化将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 电源正常状态变化将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。
0	PEMSK	R/W	0	电源使能状态变化屏蔽位。 1 = 电源使能状态变化将激活 $\overline{INT}$ 输出。 0 = 电源使能状态变化将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

如果 SUMSK = 0，则只要 VPWR 高于 VPWR UVLO 阈值，VPWR 欠压事件故障 (VPUV) 也**不会**关闭端口。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.4 电源事件寄存器

命令 = 02h，带 1 个数据字节，只读

命令 = 03h，带 1 个数据字节，读取时清除

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。

xxx1-4 中的每位表示一个单独的端口。

每个位置（02h 或 03h）的读取会返回相同的寄存器数据，但“读取时清除”命令会清除寄存器的所有位。

如果该寄存器导致 $\overline{\text{INT}}$ 引脚被激活，则此“读取时清除”将释放 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。

任何有效位都会对中断寄存器产生影响，如中断寄存器说明中所示。

图 7-8. 电源事件寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
PGC4	PGC3	PGC2	PGC1	PEC4	PEC3	PEC2	PEC1
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-6. 电源事件寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	PGC4 – PGC1	R 或 CR	0	表示发生了电源正常状态变化。 1 = 发生了电源正常状态变化 0 = 未发生电源正常状态变化
3-0	PEC4 – PEC1	R 或 CR	0	表示发生了电源使能状态变化。 1 = 发生了电源使能状态变化 0 = 未发生电源使能状态变化

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.5 检测事件寄存器

命令 = 04h，带 1 个数据字节，只读

命令 = 05h，带 1 个数据字节，读取时清除

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。

xxx1-4 中的每位表示一个单独的端口。

每个位置（04h 或 05h）的读取会返回相同的寄存器数据，但“读取时清除”命令会清除寄存器的所有位。当端口 n 关闭时，将清除这些位。

如果该寄存器导致 $\overline{\text{INT}}$ 引脚被激活，则此“读取时清除”将释放 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。

任何有效位都会对中断寄存器产生影响，如中断寄存器说明中所示。

图 7-9. 检测事件寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
CLSC4	CLSC3	CLSC2	CLSC1	DETC4	DETC3	DETC2	DETC1
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-7. 检测事件寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	CLSC4 – CLSC1	R 或 CR	0	如果通用屏蔽寄存器中的 CLCHE 位为低电平，表示至少发生了一个分级周期。相反，如果设置了 CLCHE 位，表示发生了分级变化。 1 = 至少发生了至少一个分级周期（如果 CLCHE = 0）或发生了分级变化 (CLCHE = 1) 0 = 未发生分级周期（如果 CLCHE = 0）或未发生分级变化 (CLCHE = 1)
3-0	DETC4 – DETC1	R 或 CR	0	如果通用屏蔽寄存器中的 DECHE 位为低电平，表示至少发生了一个检测周期。相反，如果设置了 DECHE 位，表示发生了检测变化。 1 = 至少发生了至少一个检测周期（如果 DECHE = 0）或发生了检测变化 (DECHE = 1) 0 = 未发生检测周期（如果 DECHE = 0）或未发生检测变化 (DECHE = 1)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.6 故障事件寄存器

命令 = 06h，带 1 个数据字节，只读

命令 = 07h，带 1 个数据字节，读取时清除

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。

xxx1-4 中的每位表示一个单独的端口。

每个位置（06h 或 07h）的读取会返回相同的寄存器数据，但“读取时清除”命令会清除寄存器的所有位。当端口 n 关闭时，将清除这些位。

如果该寄存器导致 $\overline{INT}$ 引脚被激活，则此“读取时清除”将释放 $\overline{INT}$ 引脚。

任何有效位都会对中断寄存器产生影响，如中断寄存器说明中所示。

图 7-10. 故障事件寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
DISF4	DISF3	DISF2	DISF1	ICUT4	ICUT3	ICUT2	ICUT1
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-8. 故障事件寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	DISF4 – DISF1	R 或 CR	0	表示发生了断开事件。 1 = 发生了断开事件 0 = 未发生断开事件
3-0	ICUT4 – ICUT1	R 或 CR	0	表示发生了 t_{OVLD} 故障。 1 = 发生了 t_{OVLD} 故障 0 = 未发生 t_{OVLD} 故障

请注意，如果为某个端口禁用了 ICUT，则在 ICUT 故障情况下该端口不会自动关闭。但是，ICUT 故障标志仍然正常运行，且故障超时等于 $t_{LIM}/2$。

此外，如果在故障事件寄存器中执行“读取时清除”，则不仅 ICUTn 位将复位，相关的端口 ICUT 计数器也将复位。

请注意，这对 TLIM 计数器完全没有影响。

在任何其他情况下，ICUT 故障照常与 TOVLD 故障计时器相关，并且在读取时清除操作期间不会发生计数器复位。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.7 启动/ILIM 事件寄存器

命令 = 08h，带 1 个数据字节，只读

命令 = 09h，带 1 个数据字节，读取时清除

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。

xxx1-4 中的每位表示一个单独的端口。

每个位置（08h 或 09h）的读取会返回相同的寄存器数据，但“读取时清除”命令会清除寄存器的所有位。当端口 n 关闭时，将清除这些位。

如果该寄存器导致 $\overline{\text{INT}}$ 引脚被激活，则此“读取时清除”将释放 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。

任何有效位都会对中断寄存器产生影响，如中断寄存器说明中所示。

注意：如果在使用 IEEE 电源使能命令后报告了启动故障，并且置位了电源事件寄存器中的 PECn 位，则表示存在浪涌故障。如果未置位 PECn 位，则上电故障寄存器会指示故障原因。

图 7-11. 启动/ILIM 事件寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
ILIM4	ILIM3	ILIM2	ILIM1	STRT4	STRT3	STRT2	STRT1
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-9. 启动/ILIM 事件寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	ILIM4 – ILIM1	R 或 CR	0	表示发生了 t_{LIM} 故障，这意味着该端口已将其输出电流限制为 I_{LIM} 或折返后的 I_{LIM} 且持续时间超过 t_{LIM}。 1 = 发生了 t_{LIM} 故障 0 = 未发生 t_{LIM} 故障
3-0	STRT4 – STRT1	R 或 CR	0	表示在端口开启期间发生了 t_{START} 故障。还指示在使用 IEEE 电源使能命令开启端口期间是否发生了分级或检测错误。 1 = 发生了 t_{START} 故障或分级/检测错误 0 = 未发生 t_{START} 故障或分级/检测错误

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.8 SUPPLY EVENT 寄存器

命令 = 0Ah，带 1 个数据字节，只读

命令 = 0Bh，带 1 个数据字节，读取时清除

高电平有效，每个位对应于发生的特定事件。

D3、D2、D1 和 D0 位均保留供将来使用。

每个位置（0Ah 或 0Bh）的读取会返回相同的寄存器数据，但“读取时清除”命令会清除寄存器的所有位。

如果该寄存器导致 $\overline{\text{INT}}$ 引脚被激活，则此“读取时清除”将释放 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。

任何有效位都会对中断寄存器产生影响，如中断寄存器说明中所示。

图 7-12. SUPPLY EVENT 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
TSD	VDUV	VDWRN	VPUV	-	-	-	-
R	R	R	R	R	R	R	R
CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-10. SUPPLY EVENT 寄存器字段说明

位	字段	类型	POR	说明
7	TSD	R 或 CR	0	表示发生了热关断。发生热关断时，所有端口都会关闭并进入关闭模式。不过，TPS2388 内部电路继续工作，包括模数转换器。注意，只要内部温度降低到低阈值以下，无论 TSD 位的状态如何，都可能重新开启端口。 1 = 发生了热关断 0 = 未发生热关断
6	VDUV	R 或 CR	1	表示发生了 VDD UVLO。 1 = 发生了 VDD UVLO 0 = 未发生 VDD UVLO
5	VDWRN	R 或 CR	1	表示 VDD 已降至 UVLO 警告阈值以下。 1 = 发生了 VDD UV 警告 0 = 未发生 VDD UV 警告
4	VPUV	R 或 CR	1	表示发生了 VPWR 欠压。 1 = 发生了 VPWR 欠压 0 = 未发生 VPWR 欠压

注意：将 $\overline{\text{RESET}}$ 输入拉至低电平不会清除 VDUV 或 VPUV。

当发生 VPWR 欠压时，如果 SUMSK = 1，所有端口都会关闭。如果发生 VPWR UVLO 或 VDD UVLO，则会发生上电复位。另请注意，当发生 VPWR 欠压时关闭端口，还会清除以下寄存器中的相应位：故障事件寄存器（DISFn、ICUTn）、启动事件寄存器 (STRTn)、端口 n 状态寄存器（CLASS Pn、DETECT Pn）、检测/分级使能寄存器（CLEn、DETEn）以及上电故障寄存器 (PFn)。如果有变化，还将设置电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位。电源状态寄存器的相应 PEn 和 PGn 位也相应更新。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

备注

只要保持 VPWR 欠压状态，“读取时清除”就无法有效清除 VDUV 位。

备注

如果 SUMSK = 0，则只要 VPWR 高于 VPWR UVLO 阈值，VPWR 欠压事件故障 (VPUV) 不会关闭端口。

备注

在 VPWR 欠压期间，不会清除检测事件寄存器（CLSCn、DETCn），除非 VPWR 也降至低于 VPWR UVLO 下降阈值。

备注

如果发生 VPWR UVLO 或 VDD UVLO，I^2C 接口将停止工作，SDAO 被强制为低电平。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.9 端口 1 状态寄存器

命令 = 0Ch，带 1 个数据字节，只读

图 7-13. 端口 1 状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	CLASS P1			DETECT P1			
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.10 端口 2 状态寄存器

命令 = 0Dh，带 1 个数据字节，只读

图 7-14. 端口 2 状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	CLASS P2			DETECT P2			
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.11 端口 3 状态寄存器

命令 = 0Eh，带 1 个数据字节，只读

图 7-15. 端口 3 状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	CLASS P3			DETECT P3			
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.12 端口 4 状态寄存器

命令 = 0Fh，带 1 个数据字节，只读

图 7-16. 端口 4 状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	CLASS P4			DETECT P4			
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

位说明：这些位表示端口 n 的最新分级和检测结果。当端口 n 关闭时，这些位将清除。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-11. PORT STATUS 寄存器字段说明

<table>
<tr><th>位</th><th>字段</th><th>类型</th><th>复位</th><th>说明</th></tr>
<tr><td>7</td><td>–</td><td>R</td><td>0</td><td>保留</td></tr>
<tr><td>6-4</td><td>分级 Pn</td><td>R</td><td>0</td><td>端口 n 上的最新分级结果。
选择如下：
<table><tr><th colspan="3">分级 Pn</th><th>分级状态</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>未知</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1 级</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2 级</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3 级</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4 级</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>保留 – 读为 0 级</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0 级</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>过流</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>3-0</td><td>检测 Pn</td><td>R</td><td>0</td><td>端口 n 上的最新检测结果。
选择如下：
<table><tr><th colspan="4">检测 Pn</th><th>分级状态</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>未知</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>短路</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>保留</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>太低</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>有效</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>太高</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>开路</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>保留</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>MOSFET 故障</td></tr></table></td></tr>
</table>

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.13 电源状态寄存器

命令 = 10h，带 1 个数据字节，只读

每个位表示一个端口的实际电源状态。

xx1-4 中的每位表示一个单独的端口。

当端口 n 关闭时（包括因故障情况而关闭），将清除这些位。

图 7-17. 电源状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
PG4	PG3	PG2	PG1	PE4	PE3	PE2	PE1
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-12. 电源状态寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	PG4 – PG1	R	0	每个位为 1 时表示端口开启，并且在端口开启期间 DRAINn 引脚上的电压已降至低于电源正常阈值。 一旦完成开启，这些位就会锁存到高电平，只能在端口关闭时或执行 RESET/POR 时清除。 1 = 电源正常 0 = 电源不正常
3-0	PE4 – PE1	R	0	每个位表示相应端口的开启/关闭状态。 1 = 端口开启 0 = 端口关闭

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.14 引脚状态寄存器

命令 = 11h，带 1 个数据字节，只读

图 7-18. 引脚状态寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
0	SLA4	SLA3	SLA2	SLA1	SLA0	0	0
0	A4 引脚	A3 引脚	A2 引脚	A1 引脚	0/1(1)	0	0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

(1) 如果使用配置 A，此位可以是 0 或 1。如果使用配置 B，此位为 0。

表 7-13. 引脚状态寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
6-2	SLA4-SLA0	R	请参阅上文	I^2C 器件地址（使用引脚 A4A1 时进行定义）。SLA0 在内部定义为 0 或 1。

说明	二进制器件地址							地址引脚			
	6	5	4	3	2	1	0	A4	A3	A2	A1
广播访问	1	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X
从器件 0	0	1	0	0	0	0	0/1	GND	GND	GND	GND
	0	1	0	0	0	1	0/1	GND	GND	GND	高电平
	0	1	0	0	1	0	0/1	GND	GND	高电平	GND
	0	1	0	0	1	1	0/1	GND	GND	高电平	高电平
	0	1	0	1	0	0	0/1	GND	高电平	GND	GND
	0	1	0	1	0	1	0/1	GND	高电平	GND	高电平
	0	1	0	1	1	0	0/1	GND	高电平	高电平	GND
	0	1	0	1	1	1	0/1	GND	高电平	高电平	高电平
	0	1	1	0	0	0	0/1	高电平	GND	GND	GND
	0	1	1	0	0	1	0/1	高电平	GND	GND	高电平
	0	1	1	0	1	0	0/1	高电平	GND	高电平	GND
	0	1	1	0	1	1	0/1	高电平	GND	高电平	高电平
	0	1	1	1	0	0	0/1	高电平	高电平	GND	GND
	0	1	1	1	0	1	0/1	高电平	高电平	GND	高电平
	0	1	1	1	1	0	0/1	高电平	高电平	高电平	GND
从器件 15	0	1	1	1	1	1	0/1	高电平	高电平	高电平	高电平

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.15 工作模式寄存器

命令 = 12h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-19. 工作模式寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
P4M1	P4M0	P3M1	P3M0	P2M1	P2M0	P1M1	P1M0
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-14. 工作模式寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
-	P4M1P4M0 P3M1P3M0 P2M1P2M0 P1M1P1M0	R/W	0	每对位配置每个端口的工作模式。 选择如下： M1 / M0 / 工作模式 0 / 0 / 关闭 0 / 1 / 手动 1 / 0 / 半自动 1 / 1 / 半自动 在关闭模式下，端口处于关闭状态，既不检测，也不分级。在手动模式下，不会自动更改状态。在半自动模式下，检测和分级自动进行，但不会开启端口电源。 请注意，在关闭模式下，会清除以下寄存器中的相应位：检测事件寄存器（CLSCn、DETCn）、故障事件寄存器（DISFn、ICUTn）、启动事件寄存器 (STRTn)、端口 n 状态寄存器（CLASS Pn、DETECT Pn）、检测/分级使能寄存器（CLEn、DETEn）和上电故障寄存器 (PFn)。电源状态寄存器的相应 PEn 和 PGn 位也相应更新。如果有变化，还将设置电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位。 此外，从半自动模式更改为手动模式或关闭模式将会取消任何进行中的冷却期。

7.6.16 断开使能寄存器

命令 = 13h，带 1 个数据字节，读取/写入

位说明：定义每个端口的断开检测机制。

图 7-20. 断开使能寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	DCDE4	DCDE3	DCDE2	DCDE1
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-15. 断开使能寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	—	R/W	0	
3-0	DCDE4 - DCDE1	R/W	0	直流断开使能。直流断开包括测量 SENn 的端口直流电流，在该电流低于阈值的情况下启动计时器 (TDIS)，而在发生超时的情况下关闭端口。此外，故障事件寄存器中的相应断开位 (DISFn) 将相应置位。每当电流持续高于断开阈值的时间达到 15ms 标称值时，TDIS 计数器就会复位。该计数器不会减小到零以下。 有关如何定义 TDIS 时间段的更多详细信息，请查看时序配置寄存器。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.17 检测/分级使能寄存器

命令 = 14h，带 1 个数据字节，读取/写入

位说明：

每个端口的检测和分级使能位。

在手动模式下，置位某个位意味着只对相应的端口执行一个周期（检测或分级）。此周期完成后将自动清除该位。

注意，通过向检测/分级重启寄存器执行写入可以获得类似的结果。

如果发出端口关闭（电源使能寄存器）命令，也会清除该位。

处于半自动模式时，只要端口保持关闭状态，就会连续执行检测和分级；只要分级和检测使能位保持置位，仅当检测有效时才会执行分级。如果处于半自动模式，还可以使用检测/分级重启 PB 命令来设置 CLEn 和 DETEn 位。

在 t_{OVLD}、t_{LIM} 或 t_{START} 冷却周期内，该端口的任何检测/分级使能命令都将延迟，直到冷却期结束为止。注意，如果设置了分级和/或检测使能位，则在冷却周期结束时会如前所述自动重启一个或多个检测/分级周期。

图 7-21. 检测/分级使能寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
CLE4	CLE3	CLE2	CLE1	DETE4	DETE3	DETE2	DETE1
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-16. 检测/分级使能寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	CLE4-CLE1	R/W	0	分级使能位。
3-0	DETE4-DETE1	R/W	0	检测使能位。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.18 端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器名称

命令 = 15h，带 1 个数据字节，R/W

图 7-22. 端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
OSS4	OSS3	OSS2	OSS1	DCUT4	DCUT3	DCUT2	DCUT1
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-17. 端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	OSS4-OSS1	R/W	0	端口功率优先级位，每个端口一位（如果选择了 1 位关闭优先级）。用于确定应关闭哪个端口来响应在外部将 OSS 快速关闭信号置为有效状态的情况。关闭过程（包括寄存器位清除）类似于使用复位命令（1Ah 寄存器）进行端口复位，但不会取消任何进行中的故障冷却时间计数。 1 = 当 OSS 信号置为有效状态时，相应端口关闭。 0 = OSS 信号对端口无影响。
3-0	DCUT4-DCUT1	R/W	0	为每个端口禁用 ICUT。用于防止由于 ICUT 故障而使相关端口掉电（无论时序配置寄存器的编程状态如何）。请注意，仍然存在对 ILIM 故障的监控。 1：禁用端口的 ICUT。这意味着单独的 ICUT 故障不会关闭此端口。 0：使能端口的 ICUT。如果存在 ICUT 故障，则会关闭端口。 请注意，如果为某个端口禁用了 ICUT，则在 ICUT 故障情况下该端口不会自动关闭。但是，ICUT 故障标志仍然正常运行，且故障超时等于 $t_{LIM}/2$。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.19 时序配置寄存器

命令 = 16h，带 1 个数据字节，读取/写入

位说明：这些位定义所有四个端口的时序配置。

注意：当满足 TLIM、TOVLD、TMPDO 或 TSTART 故障条件时，PGn 和 PEn 位（电源状态寄存器）将被清除。

图 7-23. 时序配置寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
TLIM		TSTART		TOVLD		TMPDO	
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-18. 时序配置寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7 -6	TLIM	R/W	0	ILIM 故障计时，即端口关闭前的输出电流限制持续时间。 在 TSTART 时间窗口到期后，并且当端口将其输出电流限制为 I_{LIM} 时，该计时器有效并递增到下面定义的设置。如果允许 ILIM 计数器达到下面指定的编程超时持续时间，则端口将断电。然后会启动 1 秒冷却计时器，在计数器完成之前，端口无法开启。 在其他情况下（尚未达到 ILIM 超时），当端口电流低于 I_{LIM} 时，同一计数器以递增速率的 1/16 递减。该计数器不会减小到零以下。如果由于电源使能或端口复位命令、直流断开事件或 OSS 输入而关闭端口，也会清除 ILIM 计数器。 请注意，如果在已经为某个端口激活此计时器后更改 TLIM 设置，则此计时器将自动复位，然后以新编程的超时持续时间重启计时。 请注意，在半自动模式下，如果设置了检测使能位，则在冷却周期结束时会自动重启检测周期。另外请注意，使用端口复位命令或者在选择关闭或手动模式时，可立即取消冷却时间计数。 当 PoE Plus 寄存器中的 PoEPn 位被置为无效时，用于相关端口的 t_{LIM} 始终为标称值（约 60ms）。 如果 PoEPn 位被置为有效，则可使用以下选项对相关端口的 t_{LIM} 进行编程：

TLIM		标称 t_{LIM} (ms)
0	0	60
0	1	15
1	0	12
1	1	10

5-4	TSTART（或 TINRUSH）	R/W	0	START 故障计时，这是浪涌期间允许的最长过流时间。如果在 TSTART 周期结束时电流仍被限制为 I_{Inrush}，则端口将关断。 此后将经过 1 秒的冷却期，在此期间无法开启端口 请注意，在半自动模式下，如果设置了分级和检测使能位，则在冷却周期结束时会自动重启检测周期。 请注意，如果在已经为某个端口激活此计时器后更改 TSTART 设置，则会忽略此新设置，并仅在下次开启该端口时应用此设置。 选择如下：

TSTART		标称 t_{START} (ms)
0	0	60
0	1	30
1	0	120
1	1	保留

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-18. 时序配置寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
3-2	TOVLD	R/W	0	ICUT 故障计时，即端口关闭前的过流持续时间。在 TSTART 时间窗口到期后，并且当端口电流达到或超过 I_{CUT} 时，或当电流受折返限制时，该计时器有效并递增到下面定义的设置。如果允许 ICUT 计数器达到下面指定的编程超时持续时间，则端口将断电。然后会启动 1 秒冷却计时器，在计数器完成之前，端口无法开启。 在其他情况下（尚未达到 ICUT 超时），当端口电流低于 I_{CUT} 时，同一计数器以递增速率的 1/16 递减。该计数器不会减小到零以下。如果由于电源使能或端口复位命令、直流断开事件或 OSS 输入而关闭端口，也会清除 ICUT 计数器 请注意，如果在已经为某个端口激活此计时器后更改 TOVLD 设置，则此计时器将自动复位，然后以新编程的超时持续时间重启计时。 请注意，在半自动模式下，如果设置了检测使能位，则在冷却周期结束时会自动重启检测周期。另外请注意，使用端口复位命令或者在选择关闭或手动模式时，可立即取消冷却时间计数。 请注意，如果端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器中的 DCUTn 位为高电平，则相关端口的 ICUT 故障计时将禁用。这意味着如果仅发生 ICUT 故障，该端口将不会关闭。 选择如下： **TOVLD** | **标称 t_{OVLD} (ms)** 0 0 | 60 0 1 | 30 1 0 | 120 1 1 | 240
1-0	TMPDO	R/W	0	断开延迟，即在已使能直流断开检测方法的情况下，出现断开条件后关闭端口所需的时间。 每当电流持续高于断开阈值的时间达到 15ms 标称值时，TDIS 计数器就会复位。 该计数器不会减小到零以下。 选择如下： **TMPDO** | **标称 t_{MPDO} (ms)** 0 0 | 360 0 1 | 90 1 0 | 180 1 1 | 720

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.20 通用屏蔽寄存器

命令 = 17h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-24. 通用屏蔽寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
INTEN	–	nbitACC	MbitPrty	CLCHE	DECHE	–	–
R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-19. 通用屏蔽寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	INTEN	R/W	1	$\overline{INT}$ 引脚屏蔽位。无论中断屏蔽寄存器的状态如何，写 0 都会使中断寄存器的任何位无法激活 $\overline{INT}$ 输出。请注意，激活 INTEN 线对事件寄存器无影响。 1 = 任何未屏蔽的中断寄存器位都可以激活 $\overline{INT}$ 输出 0 = 无法激活 $\overline{INT}$ 输出
6	–	R/W	0	
5	nbitACC	R/W	0	寄存器访问配置位。用于选择配置 A 或 B。 1 = 配置 B。这表示使用单个器件地址进行 16 位访问。 0 = 配置 A。这表示 8 位访问，而 8 端口器件将视为具有 2 个连续从器件地址的 2 个独立 4 端口器件。
4	MbitPrty	R/W	0	多位优先级位：用于在 1 位关断优先级和 3 位关断优先级之间进行选择。 1 = 3 位关断优先级。端口优先级和 OSS 操作需要遵循寄存器 0x27 和 0x28。 0 = 1 位关断优先级。端口优先级和 OSS 操作需要遵循寄存器 0x15 注意：如果需要将 MbitPrty 位从 0 更改为 1，请在设置 MbitPrty 位之前确保 OSS 输入端处于空闲（低）状态至少 200 µs，以避免与 OSS 位流失去同步而导致的任何端口错误行为。
3	CLCHE	R/W	0	分级更改使能位。置位后，检测事件寄存器中的 CLSCn 位仅指示最新分级操作的结果与前一个分级操作的结果不相同的情况。 1 = 仅当相关端口发生分级更改时，才会置位 CLSCn 位。 0 = 相关端口每次发生分级周期时都会置位 CLSCn 位。
2	DECHE	R/W	0	检测更改使能位。置位后，检测事件寄存器中的 DETCn 位仅指示最新检测操作的结果与前一个检测操作的结果不相同的情况。 1 = 仅当相关端口发生检测更改时，才会置位 DETCn 位。 0 = 相关端口每次发生检测周期时都会置位 DETCn 位。
1	–	R/W	0	
0	–	R/W	0	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.21 检测/分级重启寄存器

命令 = 18h，带 1 个数据字节，只写

按钮寄存器。

每位对应于每个端口的特定周期（检测或分级重启）。通过在该位的位置写入 1 可以单独触发每个周期，而写入 0 不会对该事件有任何改变。

在手动模式下，将触发单个周期（检测或分级重启），而在半自动模式下将置位检测/分级使能寄存器中的相应位。

读取操作将返回 00h。

在 t_{OVLD}、t_{LIM} 或 t_{START} 冷却周期内，该端口的任何检测/分级重启命令都将被接受，但相应的操作将延迟，直到冷却期结束为止。

图 7-25. 检测/分级重启寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
RCL4	RCL3	RCL2	RCL1	RDET4	RDET3	RDET2	RDET1
W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；-n = 复位后的值

表 7-20. 检测/分级重启寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RCL4 – RCL1	W	0	重启分级位
3-0	RDET4 – RDET1	W	0	重启检测位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.22 电源使能寄存器

命令 = 19h，带 1 个数据字节，只写

按钮寄存器。

用于在除关闭模式之外的任何模式下强制端口开启或关闭。如果 PoE Plus 寄存器中的 TPON 位为低电平，或者 PSE 控制器配置为手动模式，则在该 PWONn 位位置写入 1 将立即开启相关端口，无论分级和检测状态如何，也无论 IEEE802.3 TPON 计时技术规格如何。在半自动模式下，如果 TPON 置位且 DETn 位为 0，情况也是如此。

如果 PoE Plus 寄存器中的 TPON 位置位，且 DETn 位（检测/分级使能寄存器）置位，并且处于半自动模式，则在 PWONn 位写入 1 将开启相关端口，但前提是能够满足 IEEE802.3 TPON 计时技术规格，并且检测有效（如果使能分级，则分级也有效）。TPON 规格是从完成有效检测周期到端口开启的时间。

如果无法满足 TPON 规格，则会重启新的检测周期，然后启动分级周期（如果已使能），此周期结束时将开启端口，但前提是返回了有效检测信号且可以满足 IEEE802.3 TPON 规格。对于这种情况，在将此按钮再次置位之前，不会再尝试开启端口。如果最后一次检测结果无效，则不会开启端口。

请注意，在半自动模式下，只要端口保持关闭，且置位了相应的分级和检测使能位，就可以连续执行检测和分级。

在 POFFn 位置写入 1 会关闭相关的端口。

请注意，在同一写操作期间向同一端口上的 POFFn 和 PWONn 写入 1 会关闭该端口。

另请注意，t_{OVLD}、t_{LIM}、t_{START} 和断开事件优先于上电命令。在 t_{OVLD}、t_{LIM} 或 t_{START} 冷却周期内，使用电源使能命令开启的任何端口都将被忽略，该端口将保持关闭状态。

使用此命令关闭一个端口，还会清除以下寄存器中的相应位：检测事件寄存器（CLSCn、DETCn）、故障事件寄存器（DISFn、ICUTn）、启动事件寄存器（STRTn、ILIMn）、端口 n 状态寄存器（CLASS Pn、DETECT Pn）和检测/分级使能寄存器（CLEn、DETEn）和上电故障寄存器 (PFn)。如果有变化，还将设置电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位。电源状态寄存器的相应 PEn 和 PGn 位也相应更新。

图 7-26. 电源使能寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
POFF4	POFF3	POFF2	POFF1	PWON4	PWON3	PWON2	PWON1
W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；-n = 复位后的值

表 7-21. 电源使能寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	POFF4 – POFF1	W	0	端口断电位
3-0	PWON4 – PWON1	W	0	端口上电位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.23 RESET 寄存器

命令 = 1Ah，带 1 个数据字节，只写

按钮寄存器。

在某个位的位置写入 1 会触发事件，而写入 0 则不会产生影响。自行清除位。

图 7-27. 复位寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
CLRAIN	CLINP	-	RESAL	RESP4	RESP3	RESP2	RESP1
W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；-n = 复位后的值

表 7-22. RESET 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	CLRAIN	W	0	清除所有中断位。向 CLRAIN 写入 1 会清除所有事件寄存器以及中断寄存器中的所有位。还会释放 $\overline{INT}$ 引脚
6	CLINP	W	0	置位后会释放 $\overline{INT}$ 引脚，而不会影响事件寄存器和中断寄存器。
5	-	W	0	
4	RESAL	W	0	RESAL 置位时复位所有位。产生等效于上电复位的状态。请注意，VDUV 和 VPUV 位（电源事件寄存器）遵循 VDD 和 VPWR 电源轨的状态。
3-0	RESP4 - RESP1	W	0	复位端口位。用于在任何模式下强制立即关闭端口，方法是在相应 RESPn 位的位置写入 1。使用此命令关闭一个端口，还会清除以下寄存器中的相应位：检测事件寄存器（CLSCn、DETCn）、故障事件寄存器（DISFn、ICUTn）、启动事件寄存器（STRTn、ILIMn）、端口 n 状态寄存器（CLASS Pn、DETECT Pn）和检测/分级使能寄存器（CLEn、DETEn）和上电故障寄存器 (PFn)。请注意，端口复位后可以立即重新开启端口；这意味着一旦收到端口复位命令，任何正在进行的冷却周期都会立即终止。 如果有变化，还将设置电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位。电源状态寄存器的相应 PEn 和 PGn 位也相应更新。

7.6.24 ID 寄存器

命令 = 1Bh，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-28. ID 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
MFR ID					ICV		
R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-23. ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-3	MFR ID	R/W	01010 b	制造标识号 (0101,0)
2-0	ICV	R/W	011b	IC 版本号 (011)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.25 Police 21 配置寄存器

命令 = 1Eh，带 1 个数据字节，读取/写入

取代 ICUT 机制。该阈值由 Police 位和 PoE Plus 寄存器定义。

图 7-29. Police 21 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
POL2_3	POL2_2	POL2_1	POL2_0	POL1_3	POL1_2	POL1_1	POL1_0
R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W1

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.26 Police 43 配置寄存器

命令 = 1Fh，带 1 个数据字节，读取/写入

取代 ICUT 机制。该阈值由 Police 位和 PoE Plus 寄存器定义。

图 7-30. Police 43 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
POL4_3	POL4_2	POL4_1	POL4_0	POL3_3	POL3_2	POL3_1	POL3_0
R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W1

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-24. Police 43 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	POLn_3 - POLn_0	R/W	1	定义 I_{CUT} 阈值的 4 位半字节。结果因 PoE Plus 端口位而异。 定义 I_{CUT} 阈值的公式为： $I_{CUT} = (N \times IC_{STEP}) + IC_{OFFS}$ 其中，假设使用 0.255Ω Rsense 电阻器时： 当相关端口的 PoE Plus 位为 0 时，IC_{STEP} = 20mA（如果电压为 50V，则分辨率为 1W） 当相关端口的 PoE Plus 位为 1 时，IC_{STEP} = 40mA（如果电压为 50V，则分辨率为 2W） 和： 当相关端口的 PoE Plus 位为 0 时，IC_{OFFS} = 20mA 当相关端口的 PoE Plus 位为 1 时，IC_{OFFS} = 320mA（如果电压为 50V，则为 16W） 注意： 当置位 PoE Plus 寄存器中的 PoEPn 位时，相应的 POLn 位最初会更改为 0x0。 当复位 PoE Plus 寄存器中的 PoEPn 位时，相应的 POLn 位最初会更改为 0xF。 在这两种情况下，端口监管电流阈值相同。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.27 IEEE 电源使能寄存器

命令 = 23h，带 1 个数据字节，只写

用于在半自动模式下开启端口。在手动模式下将忽略此命令。注意，如果寻址的端口在该命令完成时未开启，则会设置检测/分级使能寄存器（寄存器 14h）中的相应位，这意味着只要保持分级和检测使能位的设置，就会持续执行检测和分级。

向 TmPONn 位写入 1 将开启相关端口，但前提是能满足 IEEE802.3 TPON 计时规格。TPON 规格是从完成有效检测周期到端口开启的时间。

如果无法满足 TPON 规格，则会重启新的检测周期，然后启动分级周期，此周期结束时将开启端口，但前提是返回了有效检测和分级。对于这种情况，在将此按钮再次置位之前，不会再尝试开启端口。

请注意，只有在当前检测和分级周期完成后才会开启端口

请注意，在同一写操作期间向同一端口的 T1PONn 和 T2PONn 写入 1 将视为向 T1PONn 写入。

电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位也将根据结果进行置位，而检测事件寄存器的 CLSCn 和 DETCn 位将根据结果以及通用屏蔽寄存器中的 CLCHE 和 DECHE 位进行置位。

另外，请注意，t_{OVLD}、t_{LIM}、t_{START} 和断开事件优先于上电命令。在 t_{OVLD}、t_{LIM} 或 t_{START} 冷却周期内，使用 IEEE 电源使能命令开启的任何端口都将被忽略，该端口将保持关闭状态。

图 7-31. IEEE 电源使能寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
2 类 IEEE 电源使能按钮				1 类 IEEE 电源使能按钮			
T2PON4	T2PON3	T2PON2	T2PON1	T1PON4	T1PON3	T1PON2	T1PON1
W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0	W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；-n = 复位后的值

表 7-25. IEEE 电源使能寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	T2PON4T2PON1	W	0	如果在第一次事件分级期间检测到 4 级，则执行第二次事件分级。如果最后一次检测结果无效，或最后一次分级结果产生“过流”或与第一次分级事件结果不同，则不会开启端口，并会设置启动/Ilim 事件寄存器中的 STRTn 位，同时写入上电故障寄存器中的相应故障代码。 上电完成并检测到 4 级时，PoE Plus 寄存器中相应的 PoEPn 位将置位，且相应的 Police 配置寄存器的值将设置为 640mA（08h 代码）。这是在浪涌完成后的 5ms 内完成的。
3-0	T1PON4T1PON1	W	0	表示即使检测到 4 级 PD 也仅执行单事件分级。 如果最后一次检测结果无效，或最后一次分级结果产生“过流”，则不会开启端口，并会设置启动/Ilim 事件寄存器中的 STRTn 位，同时写入上电故障寄存器中的相应故障代码。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.28 上电故障寄存器

命令 = 24h，带 1 个数据字节，只读

命令 = 25h，带 1 个数据字节，读取时清除

图 7-32. 上电故障寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
PF4		PF3		PF2		PF1	
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0	CR-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-26. 上电故障寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	PF4 – PF1	R 或 CR	0	表示使用 IEEE 电源使能命令后端口 n 的分级和检测故障状态。当端口 n 关闭时，将清除这些位。 PFn：选择如下： 故障代码 / 上电故障说明 0 0 无故障 0 1 无效检测 1 0 分级过流 1 1 分级不匹配

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.29 端口重映射寄存器

命令 = 26h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-33. 端口重映射寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
逻辑端口 4 的物理端口编号		逻辑端口 3 的物理端口编号		逻辑端口 2 的物理端口编号		逻辑端口 1 的物理端口编号	
R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；W = 只写；CR = 读取时清除；-n = 复位后的值

表 7-27. 端口重映射寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	逻辑端口 n 的物理端口编号	R/W	1/0	用于因物理板面限制而对端口进行逻辑重映射。重映射在 4 端口组的任何端口之间进行（1-4，5-8）。在接收端口重映射命令之前，一组中的所有四个端口必须处于关闭模式，否则将忽略该命令。默认情况下没有重映射。 每一对位对应于分配的逻辑端口。 每个端口的选择如下： **重映射代码** | **物理端口** | **封装引脚** 0 0 | 1 | Drain1、Gat1、Sen1 0 1 | 2 | Drain2、Gat2、Sen2 1 0 | 3 | Drain3、Gat3、Sen3 1 1 | 4 | Drain4、Gat4、Sen4 没有重映射时，此寄存器的默认值为 1110,0100。值为 11 的 2 个 MSbit 表明逻辑端口 4 映射到物理端口 4，接着值为 10 的 2 个位表明逻辑端口 3 映射到物理端口 3，依此类推。 注意：不允许进行代码复制（也就是说，不能将相同的代码写入多个端口的重映射位），如果收到这样的值，会将其忽略，芯片将保留现有配置。 注意：如果收到 0x1A IC 复位命令，端口重映射配置将保持不变。 **备注** 端口重映射后，TI 建议在开启下一个端口前至少执行一个检测/分级周期。

7.6.30 端口 21 多位优先级寄存器

命令 = 27h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-34. 端口 21 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	MBP2_2	MBP2_1	MBP2_0	–	MBP1_2	MBP1_1	MBP1_0
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W – 0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.31 端口 43 多位优先级寄存器

命令 = 28h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-35. 端口 43 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	MBP4_2	MBP4_1	MBP4_0	–	MBP3_2	MBP3_1	MBP3_0
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W – 0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-28. 端口 43 寄存器字段说明

<table>
<tr><th>位</th><th>字段</th><th>类型</th><th>复位</th><th>说明</th></tr>
<tr><td>7-0</td><td>MBPn_2-0</td><td>R/W</td><td>0</td><td>MBPn_2-0：多位端口功率优先级位，每个端口对应三位 - 如果选择了 3 位关闭优先级（通用屏蔽寄存器中的 MbitPrty 为高电平）。它用于确定要关闭哪个（哪些）端口来响应在 OSS 关闭输入端接收的串行关闭代码。具有 000 代码的端口具有最高优先级。端口优先级随着 3 位值的增加而降低。
关闭过程（包括寄存器位清除）类似于使用复位命令（1Ah 寄存器）进行端口复位，但不会取消任何进行中的故障冷却时间计数。
端口优先级定义如下：

OSS 代码 ≤ MBPn_2-0：当收到 OSS 代码时，相应端口关闭。

OSS 代码 > MBPn_2-0：OSS 代码对端口没有影响

<table>
<tr><th colspan="3">MBPn_2-0 0x27/28 寄存器</th><th>多位优先级</th><th>端口关闭条件</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>最高</td><td>OSS = “000”</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>OSS = “000” 或 “001”</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>OSS ≤ “010”</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>OSS ≤ “011”</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>OSS ≤ “100”</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>6</td><td>OSS = 除 “111” 之外的任何代码</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>最低</td><td>OSS = 任何代码</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.32 温度寄存器

命令 = 2Ch，带 1 个数据字节，只读

图 7-36. 温度寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
TEMP7	TEMP6	TEMP5	TEMP4	TEMP3	TEMP2	TEMP1	TEMP0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-29. 温度寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	TEMP7 – TEMP0	R	0	位说明：数据转换结果。I²C 数据传输是 1 字节传输。 – 20°C 到 125°C 温度范围内的 8 位数据转换结果。更新速率大约为每秒一次。 定义测量温度的公式为： $T = -20 + N \times T_{STEP}$ 其中，T_{STEP} 的定义以及满标度值如下： **模式** / **满标度值** / **T_{STEP}** 不限 / 146.2°C / 0.652°C

7.6.33 输入电压寄存器

命令 = 2Eh，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-37. 输入电压寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
VPWR7	VPWR6	VPWR5	VPWR4	VPWR3	VPWR2	VPWR1	VPWR0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	VPWR13	VPWR12	VPWR11	VPWR10	VPWR9	VPWR8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-30. 输入电压寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
13-0	VPWR13 - VPWR0	R	0	位说明：数据转换结果。I²C 数据传输是 2 字节传输。 输入电压的 14 位数据转换结果。 定义测量电压的公式为： $V = N \times V_{STEP}$ 其中，V_{STEP} 的定义以及满标度值如下： **模式** / **满标度值** / **V_{STEP}** 不限 / 60V / 3.662mV 请注意，测量是在 VPWR 和 AGND 之间进行的。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.34 端口 1 电流寄存器

命令 = 30h，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-38. 端口 1 电流寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
I1_7	I1_6	I1_5	I1_4	I1_3	I1_2	I1_1	I1_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
-	-	I1_13	I1_12	I1_11	I1_10	I1_9	I1_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.35 端口 2 电流寄存器

命令 = 34h，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-39. 端口 2 电流寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
I2_7	I2_6	I2_5	I2_4	I2_3	I2_2	I2_1	I2_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
-	-	I2_13	I2_12	I2_11	I2_10	I2_9	I2_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.36 端口 3 电流寄存器

命令 = 38h，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-40. 端口 3 电流寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
I3_7	I3_6	I3_5	I3_4	I3_3	I3_2	I3_1	I3_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
-	-	I3_13	I3_12	I3_11	I3_10	I3_9	I3_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.37 端口 4 电流寄存器

命令 = 3Ch，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-41. 端口 4 电流寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
I4_7	I4_6	I4_5	I4_4	I4_3	I4_2	I4_1	I4_0

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-41. 端口 4 电流寄存器格式（续）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	I4_13	I4_12	I4_11	I4_10	I4_9	I4_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-31. 端口 4 电流寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
13-0	In_13 - In_0	R	0	位说明：数据转换结果。I²C 数据传输是 2 字节传输。 请注意，转换是使用 TI 专有的多斜率积分转换器完成的。 端口 n 电流的 14 位数据转换结果。在端口受电状态下，更新速率约为每 100ms 一次。 定义测量电流的公式为： $I = N \times I_{STEP}$ 其中，I_{STEP} 的定义以及满标度值如下（根据工作模式）： **模式** | **满标度值** | **I_{STEP}** 端口受电和分级 | 1A（具有 0.255Ω Rsense） | 61.035µA 注意：在以下任何一种情况下，通过 I²C 接口获得的结果自动为 0000 端口处于关闭模式 端口在半自动模式下处于关闭状态，并且未使能检测/分级 端口在半自动模式下处于关闭状态，并且检测结果不正确 在手动模式下，如果检测/分级至少使能了一次，则寄存器会保留最后一次测量的结果

7.6.38 端口 1 电压寄存器

命令 = 32h，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-42. 端口 1 电压寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
V1_7	V1_6	V1_5	V1_4	V1_3	V1_2	V1_1	V1_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	V1_13	V1_12	V1_11	V1_10	V1_9	V1_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.39 端口 2 电压寄存器

命令 = 36h，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-43. 端口 2 电压寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
V2_7	V2_6	V2_5	V2_4	V2_3	V2_2	V2_1	V2_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	V2_13	V2_12	V2_11	V2_10	V2_9	V2_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.40 端口 3 电压寄存器

命令 = 3Ah，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-44. 端口 3 电压寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
V3_7	V3_6	V3_5	V3_4	V3_3	V3_2	V3_1	V3_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	V3_13	V3_12	V3_11	V3_10	V3_9	V3_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.41 端口 4 电压寄存器

命令 = 3Eh，带 2 个数据字节（第一个是 LSByte，第二个是 MSByte），只读

图 7-45. 端口 4 电压寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
LSB：							
V4_7	V4_6	V4_5	V4_4	V4_3	V4_2	V4_1	V4_0

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-45. 端口 4 电压寄存器格式（续）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
MSB：							
–	–	V4_13	V4_12	V4_11	V4_10	V4_9	V4_8
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-32. 端口 4 电压寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
13-0	Vn_13 - Vn_0	R	0	位说明：数据转换结果。I²C 数据传输是 2 字节传输。 定义测量电压的公式为： $V = N \times V_{STEP}$ 其中，V_{STEP} 的定义以及满标度值如下： **模式** / **满标度值** / **V_{STEP}** 端口受电 / 60V / 3.662mV 请注意，受电端口测量是在 VPWR 和 DRAINn 之间进行的。 如果端口为关闭状态，通过 I²C 接口获得的结果自动为 0000。

7.6.42 PoE Plus 寄存器

命令 = 40h，带 1 个数据字节，读取/写入

图 7-46. PoE Plus 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
PoEP4	PoEP3	PoEP2	PoEP1	–	–	–	TPON
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	–	–	–	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-33. PoE Plus 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	PoEP4 - PoEP1	R/W	0	置位后用于激活端口的 PoE Plus 模式，从而将其 I_{LIM} 和 I_{SHORT} 电平增加至正常设置的大约 2.5 倍，如图 7-3 所示。此外，PoE Plus 位与 Police 配置寄存器一起用于定义 I_{CUT} 阈值。有关该主题的更多详细信息，请参阅“Police 配置寄存器”。请注意，当超过 I_{LIM} 或 I_{CUT}（如果使能 ICUT）阈值时，故障计时器将启动。另请参阅“端口功率优先级/ICUT 禁用寄存器”。 注意： 1) 端口开启时，无论 PoEPn 位的状态如何，浪涌电流曲线都保持不变，如图 7-2 所示。 2) 当置位 PoEPn 位时，Police 配置寄存器中相应的 POLn 位最初会更改为 0x0。当复位 PoEPn 位时，Police 配置寄存器中相应的 POLn 位最初会更改为 0xF。在这两种情况下，端口监管电流阈值相同。 3) 当 PoEPn 位置为无效时，用于相关端口的 t_{LIM} 始终为标称值（约为 60ms）。如果 PoEPn 位置为有效，则可根据时序配置寄存器中的定义对相关端口的 t_{LIM} 进行编程。 4) 如果使用 2 类 IEEE 电源使能按钮开启某个端口，PSE 将执行以下操作。上电完成并检测到 4 级时，相应的 PoEPn 位将置位，且相应管制配置寄存器的值将设置为 640mA（08h 代码）。这是在浪涌完成后的 5ms 内完成的。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-33. PoE Plus 寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
0	TPON	R/W	0	置位时，如果 DETn 位（检测/分级使能寄存器）已置位，并且处于半自动模式，则在电源使能寄存器的 PWONn 位写入 1 将在当前检测（如果使能分级，则分级也有效）周期完成后开启端口，但前提是能够满足 IEEE802.3 TPON 计时技术规格。TPON 规格是从完成有效检测周期到端口开启的时间。 如果无法满足 TPON 规格，则会重启新的检测周期，然后启动分级周期，此周期结束时将开启端口，但前提是返回了有效检测。对于这种情况，在将此按钮再次置位之前，不会再尝试开启端口。 如果 TPON 位为低电平，则在电源使能寄存器的 PWONn 位写入 1 将立即开启相关端口，而无论 IEEE802.3 TPON 计时技术规格如何，也无论检测结果如何。

7.6.43 固件版本

命令 = 41h，带 1 个数据字节，只读

图 7-47. 固件版本寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
FRV							

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-34. 固件版本寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	FRV	R		固件版本号

7.6.44 I2C 看门狗寄存器

命令 = 42h，带 1 个数据字节，读取/写入

I^2C 看门狗计时器可监控 I^2C 时钟线，从而防止可能使端口处于危险状态的软件挂起情况。该计时器可以通过 SCL 输入的任一边沿复位。如果看门狗计时器到期，所有端口都将关闭，并将置位 WDS 位。标称看门狗超时周期为 2 秒。

图 7-48. I2C 看门狗寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
–	–	–	IWDD3	IWDD2	IWDD1	IWDD0	WDS
–	–	–	R/W-1	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R/W-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-35. I2C 看门狗寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
4-1	IWDD3 – IWDD0	R/W	1011b	禁用 I^2C 看门狗。等于 1011b 时，屏蔽看门狗。否则，将取消对看门狗的屏蔽，看门狗可以运行。
0	WDS	R/W	0	I^2C 看门狗计时器状态，即使屏蔽了看门狗也有效。设置后表示看门狗计时器已到期，在 I^2C 时钟线上没有任何活动。在 WDS 位置写入 0 会将其清除。请注意，当看门狗计时器到期并且未屏蔽看门狗的情况下，也会关闭所有端口。

当端口由于 I^2C 看门狗而被关闭时，还会清除以下寄存器中的相应位：检测事件寄存器（CLSCn、DETCn）、故障事件寄存器（DISFn、ICUTn）、启动事件寄存器（STRTn、ILIMn）、端口 n 状态寄存器（CLASS Pn、DETECT Pn）和检测/分级使能寄存器（CLEn、DETEn）和上电故障寄存器 (PFn)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

如果有变化，还将设置电源事件寄存器的相应 PGCn 和 PECn 位。电源状态寄存器的相应 PEn 和 PGn 位也相应更新。

备注

如果 I^2C 看门狗计时器到期，温度和输入电压寄存器将停止更新，直到清除 WDS 位为止。然后，必须清除 WDS 位才能让这些寄存器正常工作。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.6.45 器件 ID 寄存器

命令 = 43h，带 1 个数据字节，只读

图 7-49. 器件 ID 寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
DID			SR				

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-36. 器件 ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	DID	R	110b	器件 ID 编号 (110)
4-0	SR	R		器件版本号

7.6.46 端口 1 检测电阻寄存器

命令 = 44h，带 1 个数据字节，只读

图 7-50. 端口 1 检测电阻寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
R1_7	R1_6	R1_5	R1_4	R1_3	R1_2	R1_1	R1_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.47 端口 2 检测电阻寄存器

命令 = 45h，带 1 个数据字节，只读

图 7-51. 端口 2 检测电阻寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
R2_7	R2_6	R2_5	R2_4	R2_3	R2_2	R2_1	R2_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.48 端口 3 检测电阻寄存器

命令 = 46h，带 1 个数据字节，只读

图 7-52. 端口 3 检测电阻寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
R3_7	R3_6	R3_5	R3_4	R3_3	R3_2	R3_1	R3_0
R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

7.6.49 端口 4 检测电阻寄存器

命令 = 47h，带 1 个数据字节，只读

图 7-53. 端口 4 检测电阻寄存器格式

7	6	5	4	3	2	1	0
R4_7	R4_6	R4_5	R4_4	R4_3	R4_2	R4_1	R4_0

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

图 7-53. 端口 4 检测电阻寄存器格式（续）

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0

图例：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

表 7-37. 端口 4 检测电阻寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Rn_7 - Rn_0	R	0	端口 n 检测电阻的 8 位数据转换结果。 最新的 2 点检测电阻测量结果。I^2C 数据传输是 1 字节传输。 请注意，寄存器内容不会在关闭端口时清除。 定义测量电阻的公式为： $R = N \times R_{STEP}$ 其中，R_{STEP} 的定义以及满标量程值如下： **可用电阻范围** / **R_{STEP}** 2kΩ 至 50kΩ / 195.3125Ω

8 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。

8.1 应用信息

8.1.1 PoE 简介

以太网供电 (PoE) 是一种使用数据或备用线对通过以太网电缆向以太网设备供电的方法。PoE 消除了以太网设备对电源的需求。PoE 的常见应用包括安全监控摄像头、IP 电话和 PDA 充电器。用于供电的主机或中跨设备是电源设备 (PSE)。连接到以太网连接器的负载是供电设备 (PD)。PSE 和 PD 之间控制负载功率的 PoE 协议由 IEEE Std 802.3at-2009 定义。在以太网主机端口、中跨和集线器位置需要使用变压器将数据接入电缆。此外，可以在不影响数据信号的情况下将直流电压施加到变压器的中心抽头。与任何电力传输线一样，此技术使用相对较高的 48V 来保持较低的电流，最小化线路中 IR 压降的影响，并维持负载端的功率。标准 PoE 为 1 类 PD 提供大约 13W，为 2 类 PD 提供 25.5W。

8.1.2 TPS2388 应用

TPS2388 是一款 8 端口 IEEE 802.3at PoE PSE 控制器，可用于高端口数半自动应用或全微控制器管理型应用（建议将 MSP430G2553 微控制器用于大多数应用）。后续各节介绍了具有不同要求（包括主机控制）的应用的详细设计过程。

图 8-3 的原理图说明了 TPS2388 的半自动工作模式，能够为 PoE 负载供电。在 图 8-3 中，TPS2388 可以执行以下操作：

1. 执行负载检测。
2. 执行分级，包括最高 4 级负载的 2 类（两指）。
3. 通过保护性折返电流限制和 POLICE (I_{CUT}) 值使能电源。
4. 在发生负载故障和短路时关断。
5. 执行“维持功率特征”功能，确保在断开负载时断电。
6. 如果 VPWR 低于 VPUV_F（典型值为 26.5V），则会发生欠压锁定。

在执行断电命令、断开连接或由于启动故障、ICUT 故障或 ILIM 故障而导致关闭之后，端口将断电。在由于断电命令或断开连接而导致端口断电后，如果通过 I^2C 总线发出命令，TPS2388 将重新启动检测周期。如果关闭是由于启动、ICUT 或 ILIM 故障，则 TPS2388 进入冷却期，在此期间该端口的任何检测/分级使能命令都会延迟。如果置位了分级和/或检测使能位，则在冷却周期结束时会自动重启一个或多个检测/分级周期。

8.1.3 开尔文电流检测电阻器

每个 PSE 端口中的负载电流是作为值为 255mΩ 的低端电流检测电阻器上的电压进行检测的。为了获得更精确的电流检测，通过端口 1 和 2 的引脚 KSENSA、端口 3 和 4 的引脚 KSENSB、端口 5 和 6 的引脚 KSENSC 以及端口 7 和 8 的引脚 KSENSD 对电流检测电阻器的低端进行开尔文检测。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

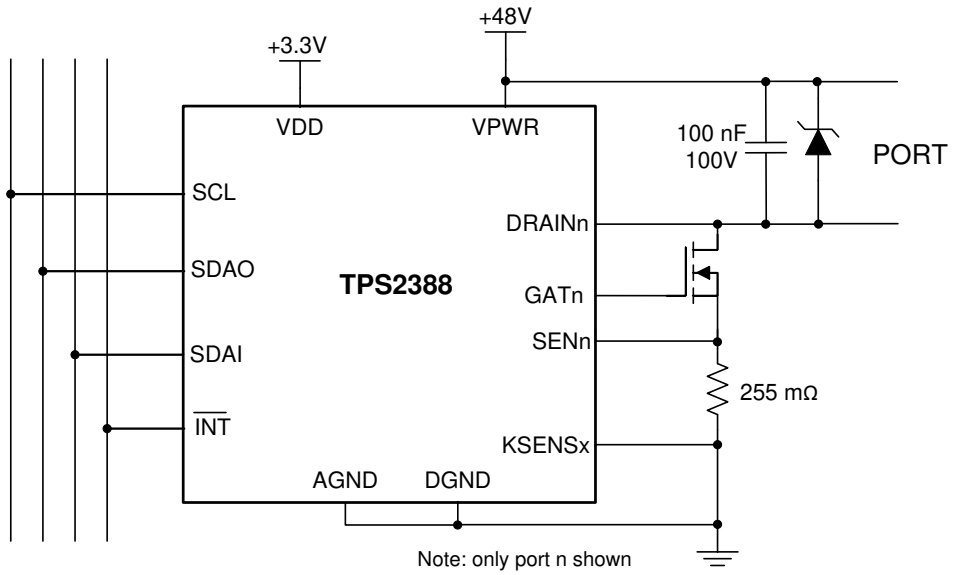


图 8-1. 开尔文电流检测连接

8.1.4 未用端口上的连接

在未使用的端口上，建议将 SENx 引脚接地并使 GATx 引脚保持断开。DRAINx 引脚可以接地或保持断开（保持断开可能会略微降低功耗）。图 8-2 显示了一个未使用的 PORT4 的示例。

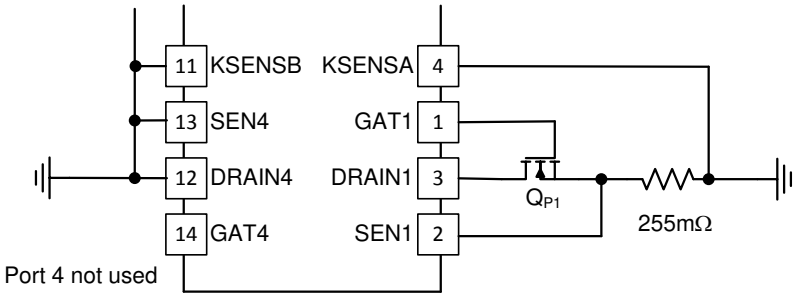


图 8-2. 未使用的 PORT4 的连接

8.2 典型应用

此典型应用展示了一个使用 MSP430 微控制器的八端口半自动模式应用。在任何模式下运行都需要 I²C 主机支持。TPS2388 在多端口应用中提供了实用的遥测功能，有助于实现端口功率管理。

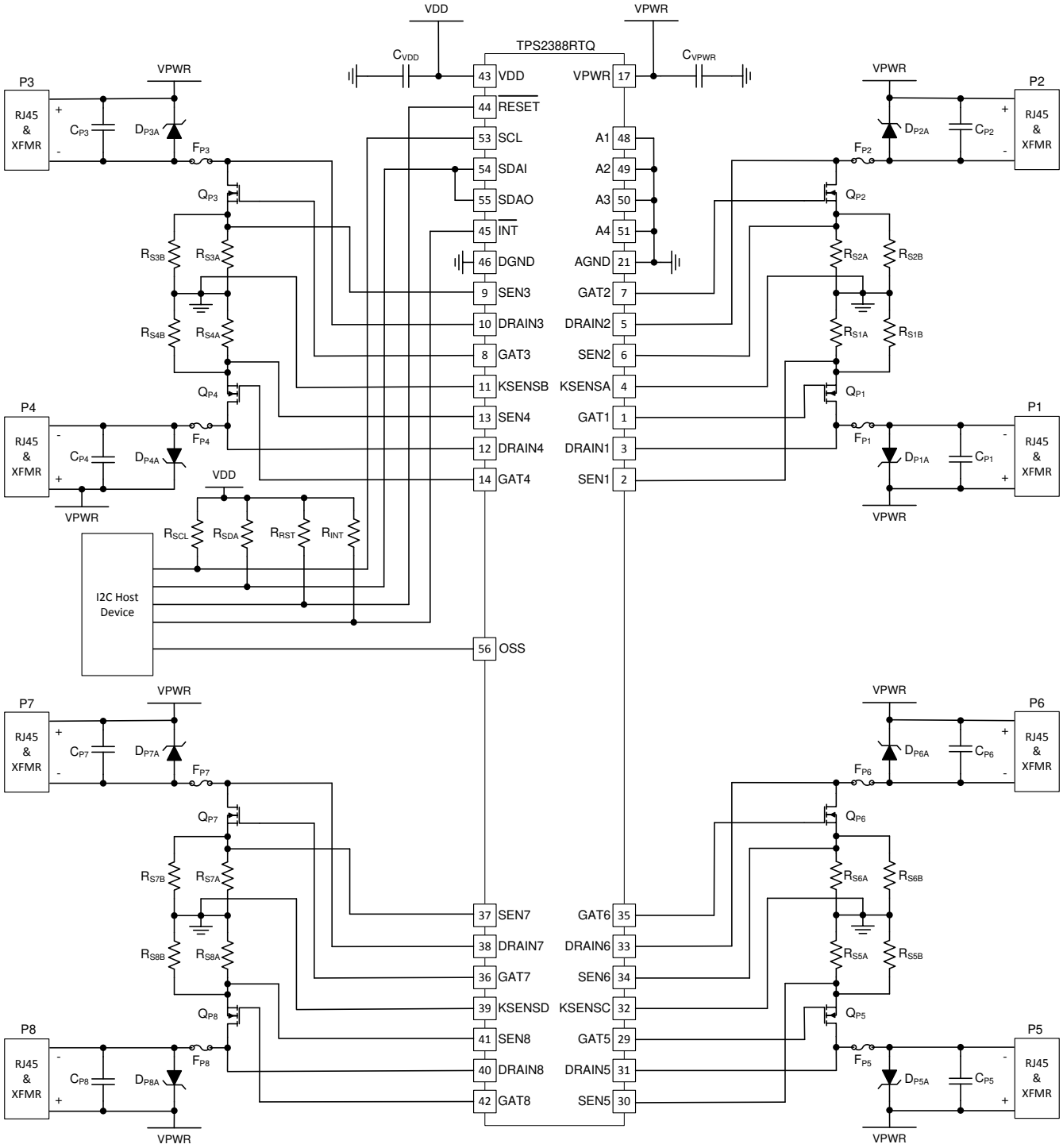


图 8-3. 八端口半自动模式应用

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.1 设计要求

如果需要外部 RESET，可以将 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚连接到微控制器；也可以直接连接到 VDD。TPS2388 器件用于八端口配置，并由 I²C 主机器件进行管理。TPS2388 的 I²C 地址通过 A4.至.A1 引脚进行编程。

备注

$\overline{\text{RESET}}$ 引脚必须保持低电平，直到 VPWR 和 VDD 都高于自己的 UVLO 阈值为止。

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 电源引脚旁路电容器

- **C_{VPWR}：**引脚 17 (VPWR) 上的 0.1 µF、100V、X7R 陶瓷电容器
- **C_{VDD}：**引脚 43 (VDD) 上的 0.1 µF、50V、X7R 陶瓷电容器

8.2.2.2 各端口的元件

- **C_{Pn}**：0.1 µF，100V，X7R 陶瓷电容器，位于 VPWR 和 Pn- 之间
- **R_{SnA}/R_{SnB}**：端口电流检测电阻器是两个 0.51 Ω、1% 并联电阻器的组合 (0.255 Ω)。建议采用具有 0805 SMT 封装的一对 0.51 Ω、1%、0.25W 电阻器。如果选择了标称 640mA 监管 (I_{CUT}) 阈值，则电阻器对的最大功率耗散变为约 115mW（每个约为 57mW）。
- **Q_{Pn}**：端口 MOSFET 可以是具有平均性能特征的小型低成本器件。BV_{DSS} 应至少为 100V。MOSFET 的 $R_{DS(on)}$ 在 V_{GS} = 10V 时的目标大小应为 50mΩ 和 150mΩ 之间。MOSFET 栅极电荷 (Q_G) 和输入电容 (C_{ISS}) 应分别小于 50nC 和 2,000pF。Q_{Pn} 在 RDS(on) = 100mΩ 且标称监管 (I_{CUT}) 阈值为 640mA 时的最大功耗约为 45mW。
- **F_{Pn}**：端口保险丝应为慢熔型，额定电压至少为 60VDC 且高于约 2 x I_{CUT}（最大值）。为减少直流损耗，冷电阻应低于 200mΩ。FPn 的功耗在冷电阻为 180mΩ 且最大 I_{CUT} 条件下的功率耗散约为 81mW。
- **D_{PnA}**：端口 TVS 应符合预期端口浪涌环境的要求。在预期的峰值浪涌电流下，D_{PnA} 应具有 58V 的最小反向关断电压、额定 600W 的峰值脉冲功率和小于 95V 的最大钳位电压

8.2.2.3 系统级元件（未在原理图中显示）

系统 TVS 和大容量 VPWR 电容共同作用，保护 PSE 系统免受可能导致 VPWR 浪涌超过 70V 的浪涌事件影响。TVS 和大容量电容器应放置在 PCB 上，以便所有 TPS2388 端口都受到充分保护。

- **TVS：**系统 TVS 应具有至少 58V 的反向关断电压，以及额定 600W 或 1,500W 的峰值脉冲功率，具体取决于系统端口总数和所使用的大容量 VPWR 电容大小。TVS 必须与 VPWR 大容量电容共同作用，防止 VPWR 电源轨超过 70V。
- **大容量电容器：**系统大容量电容器的额定电压应为 100V，可以是铝电解型电容器。每个板载 TPS2388 可以使用两个 47 µF 电容器。
- **分布式电容：**在较高端口数的系统中，可能需要在 48V 电源总线上分散放置 1 µF、100V、X7R 陶瓷电容器。建议每个 TPS2388 对使用一个电容器。
- **数字 I/O 上拉电阻器：**$\overline{\text{RESET}}$ 和 A1A4 在内部上拉至 VDD，而 OSS 在内部下拉，每个都具有 50kΩ（典型值）的电阻器。此外，可以在外部添加更强的上拉/下拉电阻器，例如采用 SMT 封装的 10kΩ、1%、0.063W 类电阻器。SCL、SDAI、SDAO 和 INT 需要 1kΩ 至 10kΩ 范围内的外部上拉电阻器，具体取决于总线上的器件总数。
- **以太网数据变压器（每端口）：**在存在直流端口电流情况时，以太网数据变压器的运行必须满足 IEEE802.3at 标准。选择的变压器还需要与以太网 PHY 兼容。变压器也可以集成到 RJ45 连接器和电缆终端中。
- **RJ45 连接器（每端口）：**RJ45 连接器的大多数要求都是机械方面的要求，包括凸片方向、外壳类型（屏蔽还是非屏蔽）或高度集成。集成的 RJ45 至少包括以太网数据变压器和电缆终端。集成类型还可以包含端口 TVS 和共模 EMI 滤波功能。
- **电缆终端（每端口）：**电缆终端通常由串联电阻器（通常为 75Ω）和电容器（通常为 10nF）电路组成，这些电路从每个数据变压器中心抽头连接到一个公共节点，然后通过一个高压电容器（通常在 2kV 时为 1,000pF 至 4,700pF）旁路至机箱接地端（或系统接地端）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线

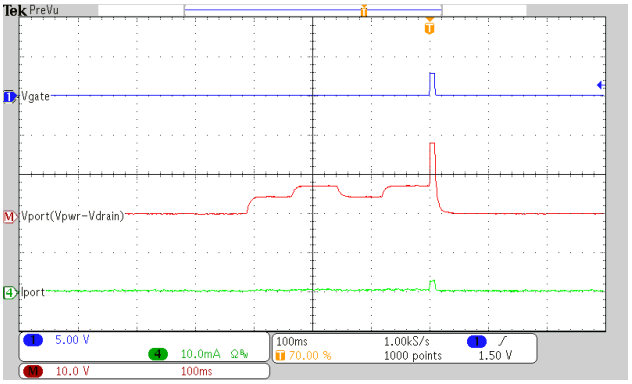


图 8-4. 在有效 PD（25kΩ 和 0.1μF）下启动，0 级

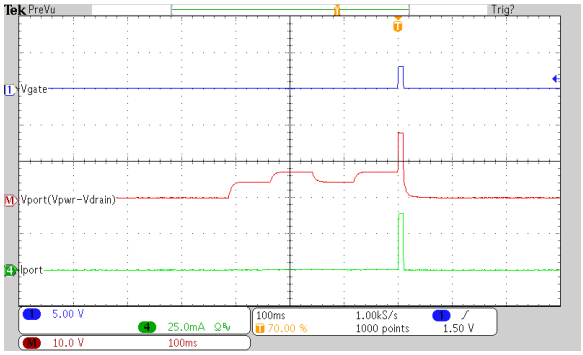


图 8-5. 在有效 PD（25kΩ 和 0.1μF）下启动，3 级

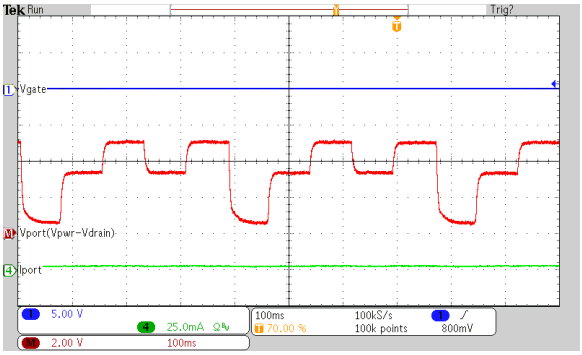


图 8-6. 在无效 PD（15kΩ 和 0.1μF）下检测

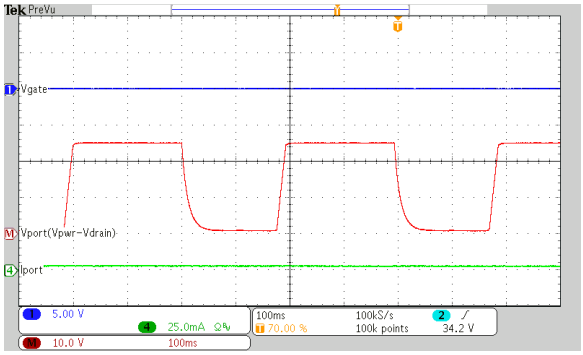


图 8-7. 在无效 PD（开路）下检测

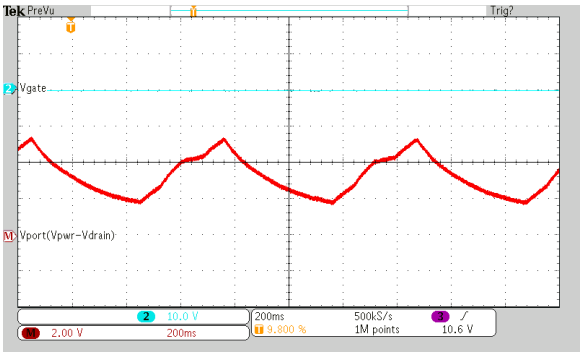


图 8-8. 在无效 PD（25kΩ 和 10μF）下检测

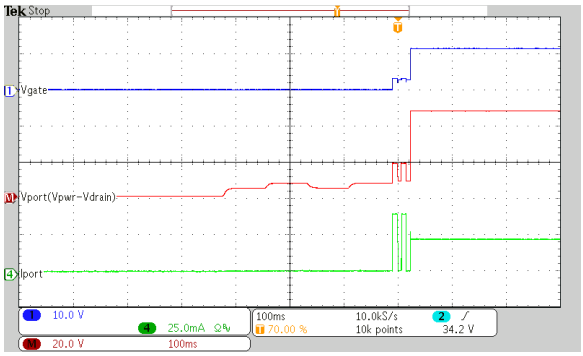


图 8-9. 在有效 PD 下的 2 事件分级和启动

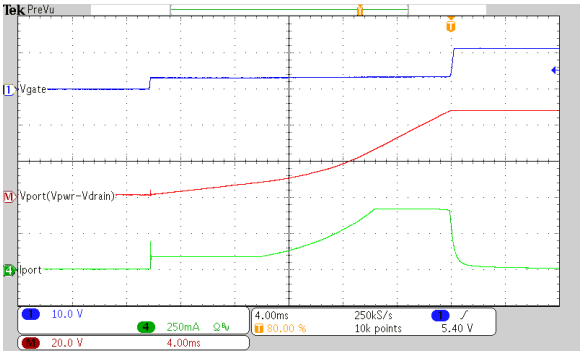


图 8-10. 向 100μF 负载加电

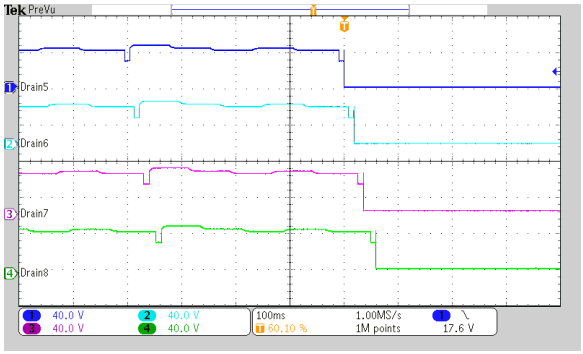


图 8-11. 在置位 TPON 位时对所有端口上电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线 (续)

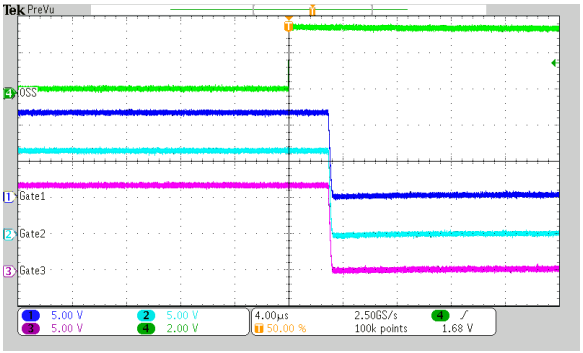


图 8-12. 根据 OSS 输入快速关闭所有端口

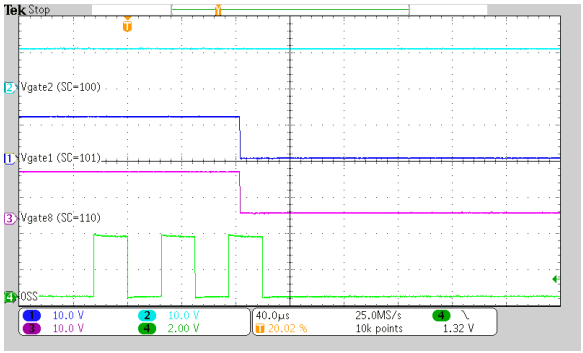


图 8-13. 根据 3 位 OSS 输入快速关闭端口

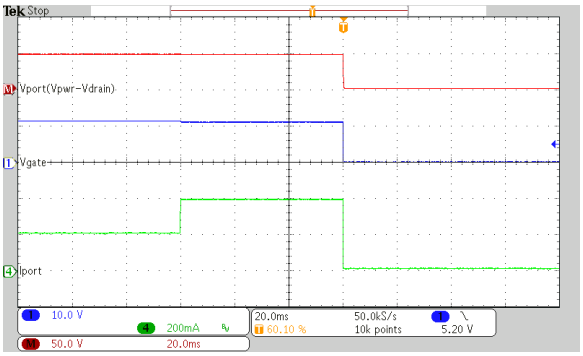


图 8-14. 过流 (ICUT) 超时

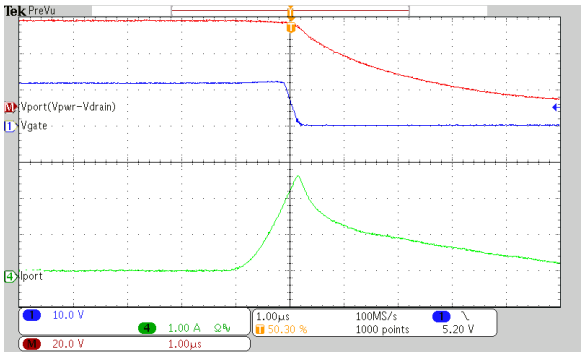


图 8-15. 对 1Ω 短路的快速响应 - 802.3af 模式

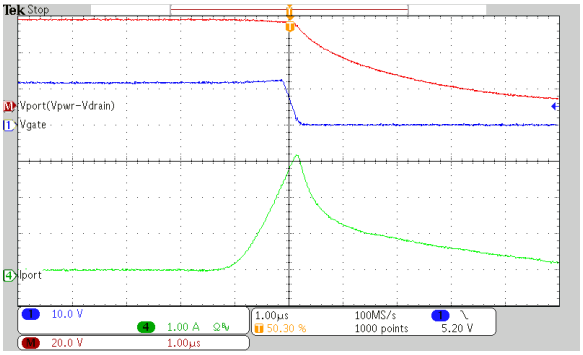


图 8-16. 对 1Ω 短路的快速响应 - PoE+ 模式

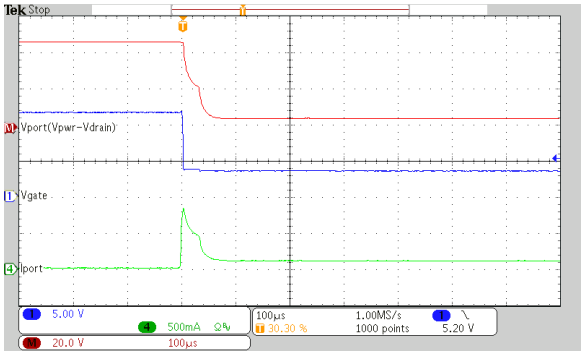


图 8-17. 对 50Ω 负载的响应 - 802.3af 模式

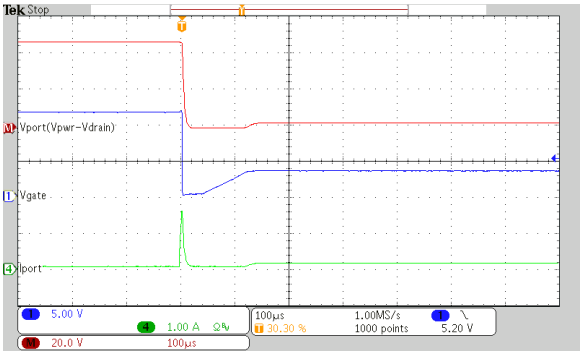


图 8-18. 对 25Ω 负载的响应 - PoE+ 模式

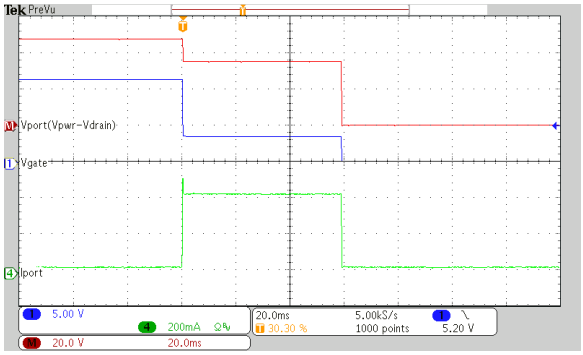


图 8-19. 电流限制超时 - 802.3af 模式、85Ω 负载

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线 (续)

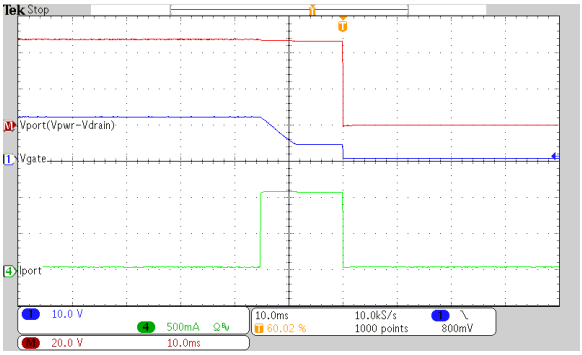


图 8-20. 电流限制 15ms 超时 - PoE+ 模式、45Ω 负载

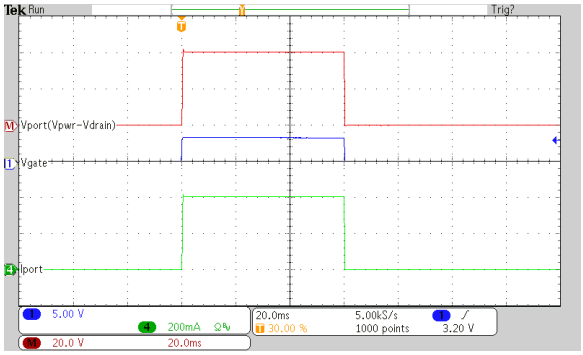


图 8-21. 浪涌故障超时 - 100Ω 负载

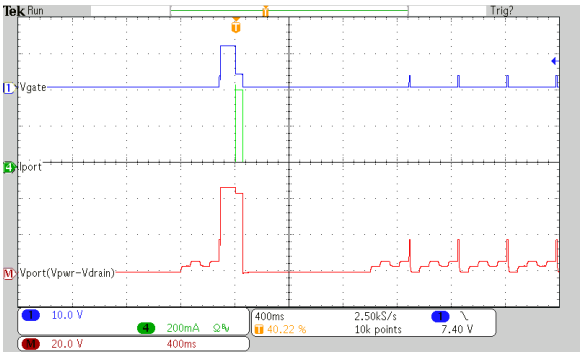


图 8-22. 电流限制超时重启延迟

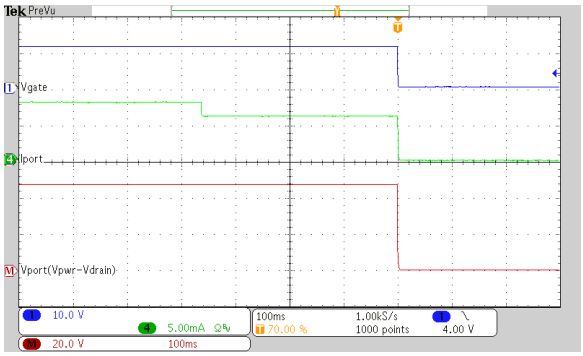


图 8-23. 对 8mA 到 6mA 负载的响应，使能直流断开

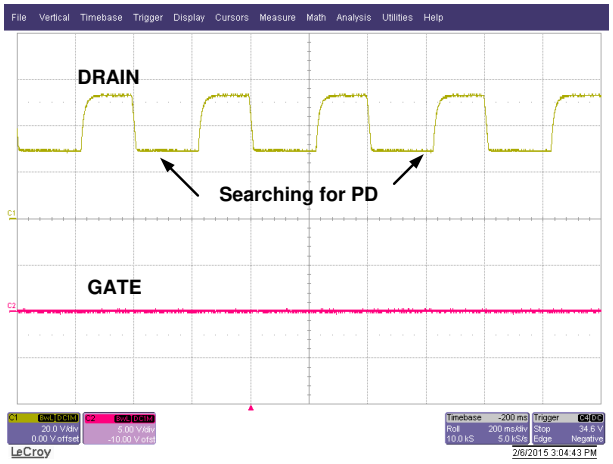


图 8-24. 在开路情况下检测

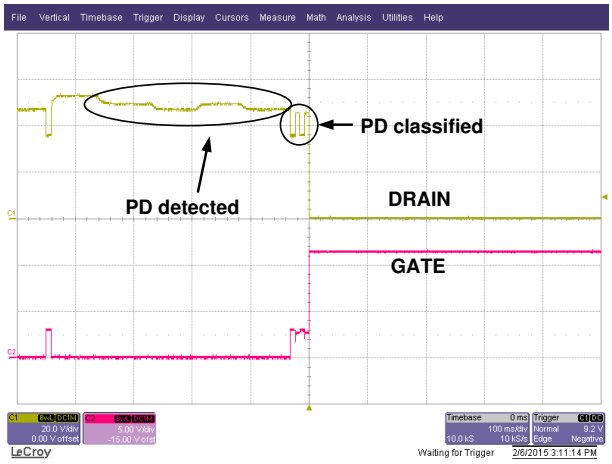


图 8-25. 检测、2 事件分级和端口开启

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.3 应用曲线 (续)

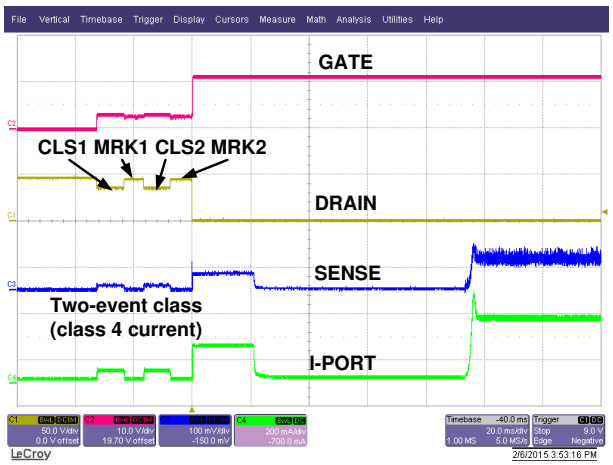


图 8-26. 2 事件分级和端口开启

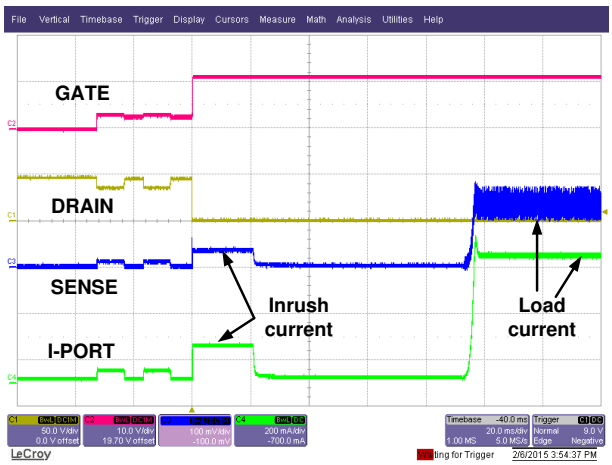


图 8-27. 2 事件分级和端口开启

8.3 电源相关建议

8.3.1 VDD

建议的 VDD 电源电压要求为 3.3V ± 0.3V。TPS2388 要求 VDD 电源提供大约 6mA 典型值和 12mA 最大值。对于采用多个在半自动模式下运行的 TPS2388 器件的较高端口数 PSE，可以通过降压型稳压器 (基于 LM5007 或 LM5019) 从 VPWR 生成 VDD 电源。电源设计必须确保 VDD 轨在 VDD UVLO 阈值范围内单调上升，而且在负载开启时不会下降到 UVLO_fall 阈值下方。为此需要在 VDD 轨道上使用适当的大容量电容，在最坏设计情况的基础上实现预期的负载电流步长。此外，去耦电容和大容量存储电容的组合必须能够在加电后的任何预期瞬态断电期间将 VDD 轨保持在 UVLO_fall 阈值上方。

8.3.2 VPWR

建议的 VPWR 电源电压要求为 44V 至 57V。标称输出为 48V 或 54V 的电源可同时满足 1 类和 2 类 PD 要求。VPWR 电源所需的输出电流取决于系统中所需端口的数量和类型。TPS2388 可针对 1 类和 2 类端口进行配置，电流限制按比例设置。I_{CUT} 可编程，例如对于 1 类端口可为 380mA ± 5%，对于 2 类端口可为 640mA ± 5%。应根据需支持的端口数量和类型相应选择 VPWR 电源规格。例如，假设端口电流和待机电流均达到最大值，则 VPWR 电源额定值对于八个 1 类端口应大于 3.2A，对于八个 2 类端口应大于 5.5A。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

8.4.1.1 端口电流开尔文检测

KSENSA 在 SEN1 和 SEN2 之间共享，KSENSB 在 SEN3 和 SEN4 之间共享，KSENSC 在 SEN5 和 SEN6 之间共享，而 KSENSD 在 SEN7 和 SEN8 之间共享。为了优化测量精度，必须仔细进行 PCB 布局，确保尽可能减少 PCB 走线电阻的影响。示例请参考。

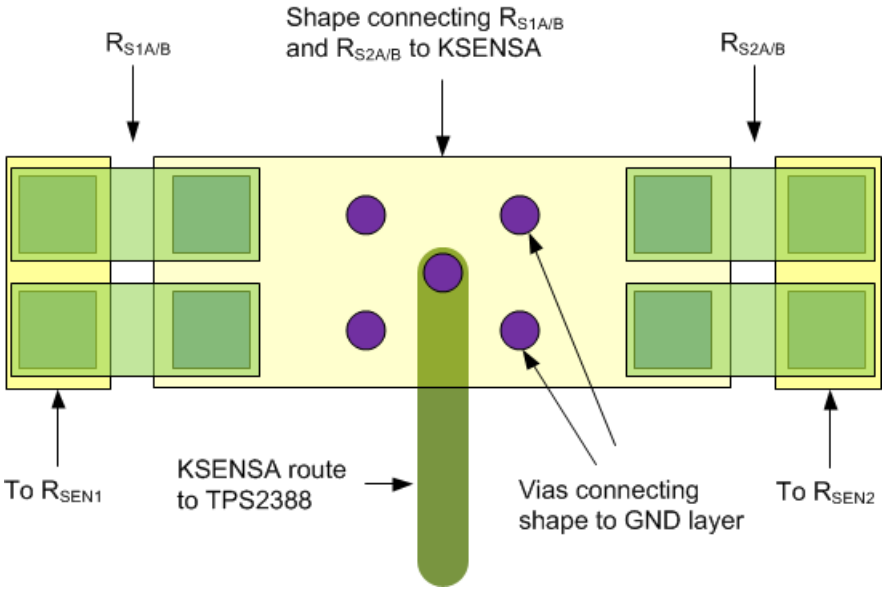


图 8-28. 开尔文检测布局示例

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.4.2 布局示例

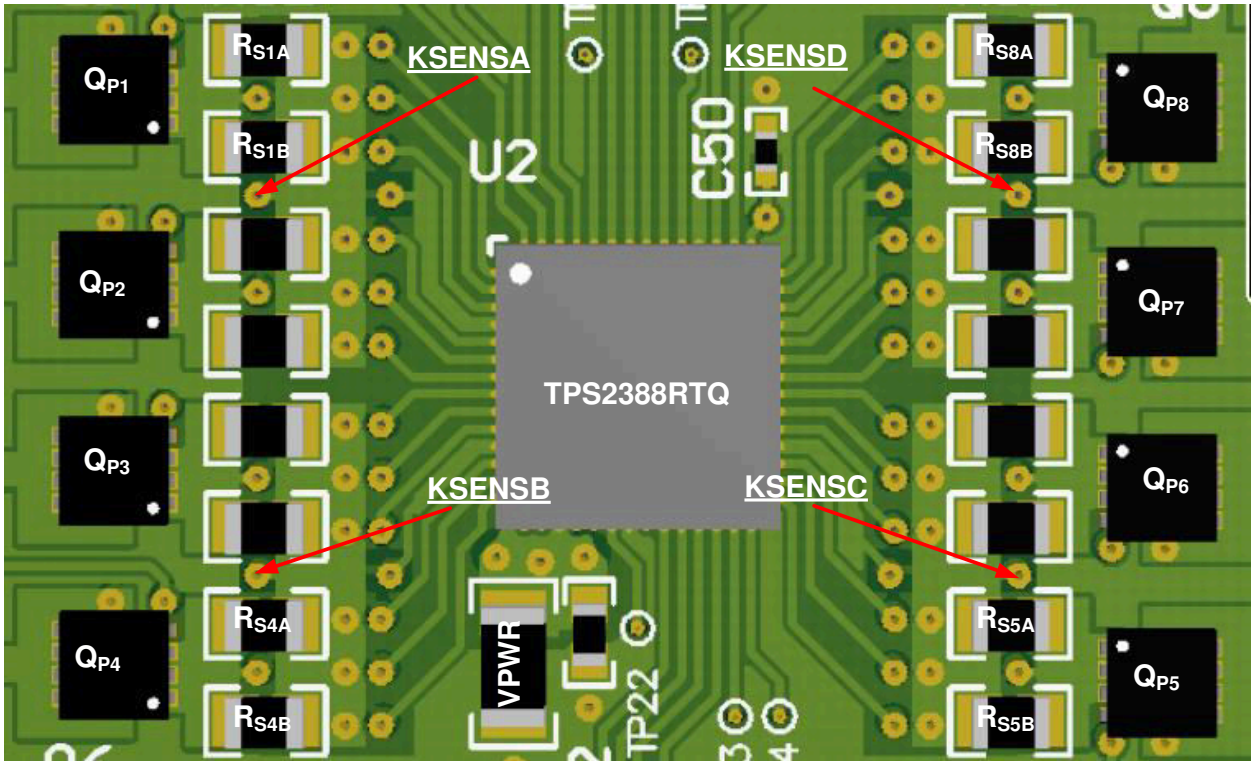


图 8-29. 八端口布局示例（顶部）

8.4.2.1 元件放置和布线准则

8.4.2.1.1 电源引脚旁路电容器

- **C_{VPWR}**：靠近引脚 17 (VPWR) 放置，并根据图 8-29 与低电感走线和通孔相连接。
- **C_{VDD}**：靠近引脚 43 (VDD) 放置，并根据图 8-29 与低电感走线和通孔相连接

8.4.2.1.2 各端口的元件

- **R_{SnA}/R_{SnB}**：按照 的方式放置，确保与 KSENSEA/B/C/D 保持干净的开尔文连接。
- **Q_{Pn}**：将 Q_{Pn} 围绕 TPS2388 放置，如图 8-29 所示。从 Q_{Pn} 漏极到 F_{Pn} 之间提供足够的覆铜。
- **F_{Pn}、C_{Pn}、D_{PnA}、D_{PnB}**：将此电路组放置在 RJ45 端口连接器附近（如果使用子板类型的接口，则为端口电源接口附近，如图 8-29 所示）。使用低电感走线将此电路组连接到 Q_{Pn} 漏极或 GND (TPS2388-AGND)。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 器件和文档支持

9.1 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。

9.2 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。

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (August 2017) to Revision B (October 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式	1
• 向 SDAI/SDAO 添加了 I²C 双向功能	3
• 向 SDAI/SDAO 添加了 I²C 双向功能	4
• 新增了上电序列要求注释	69

Changes from Revision * (February 2015) to Revision A (August 2017)	Page
• 首次公开发布数据表	1

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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)
TPS2388RTQR	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU | NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ
TPS2388RTQR.A	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ
TPS2388RTQRG4	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ
TPS2388RTQRG4.A	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	2000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ
TPS2388RTQT	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ
TPS2388RTQT.A	Active	Production	QFN (RTQ) | 56	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	TPS2388RTQ

(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.

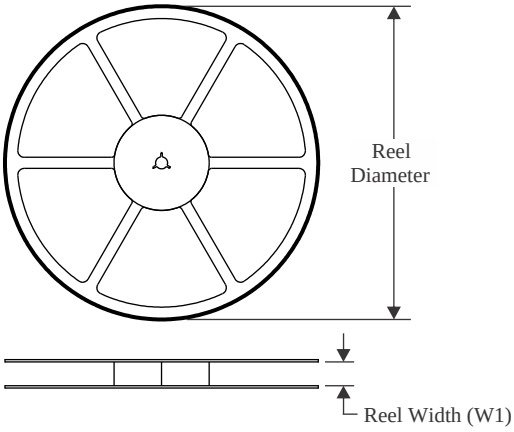
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

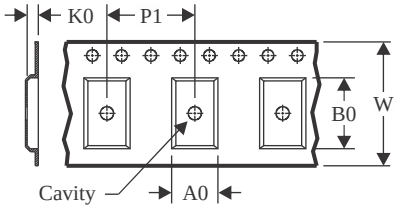
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

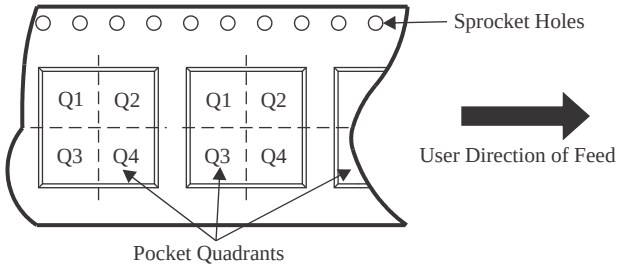


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

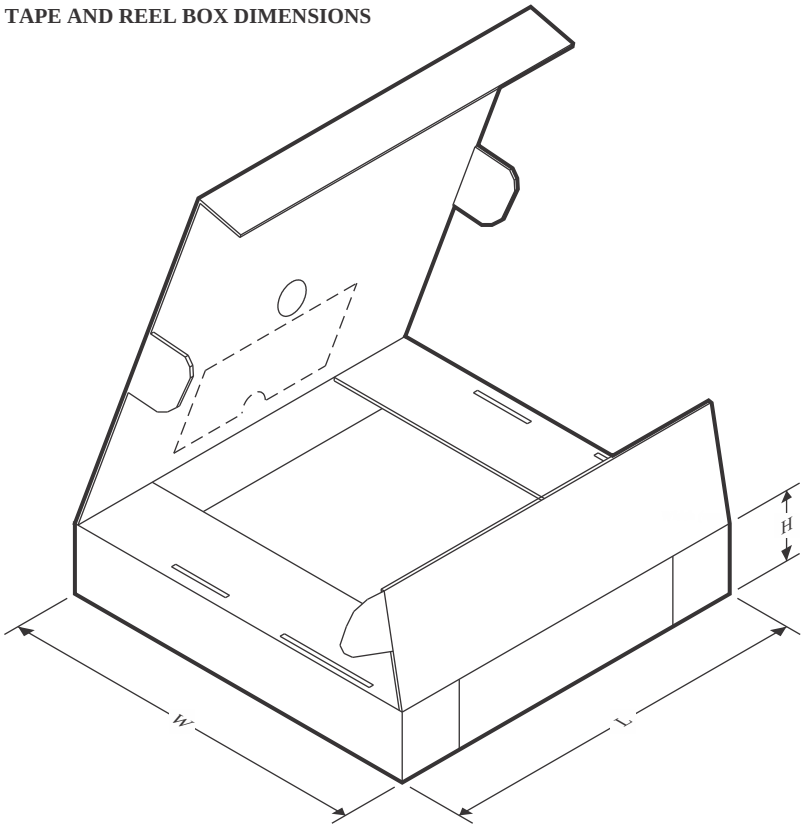
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*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
TPS2388RTQR	QFN	RTQ	56	2000	330.0	16.4	8.3	8.3	1.1	12.0	16.0	Q2
TPS2388RTQRG4	QFN	RTQ	56	2000	330.0	16.4	8.3	8.3	1.1	12.0	16.0	Q2
TPS2388RTQT	QFN	RTQ	56	250	180.0	16.4	8.3	8.3	1.1	12.0	16.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS2388RTQR	QFN	RTQ	56	2000	367.0	367.0	38.0
TPS2388RTQRG4	QFN	RTQ	56	2000	367.0	367.0	38.0
TPS2388RTQT	QFN	RTQ	56	250	210.0	185.0	35.0

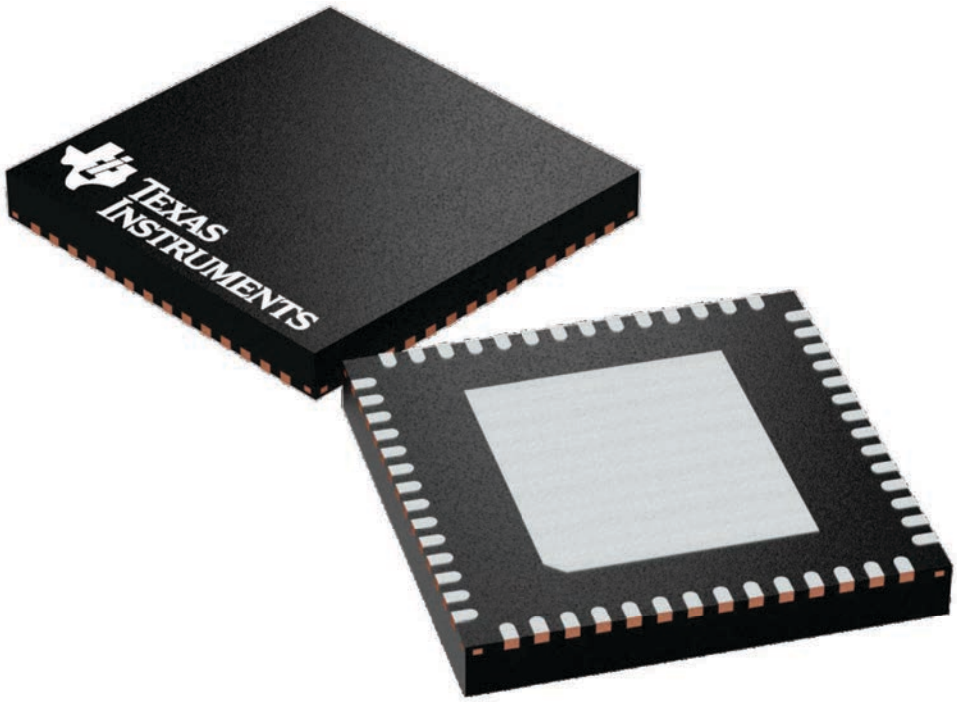
GENERIC PACKAGE VIEW

RTQ 56

VQFN - 1 mm max height

8 x 8, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

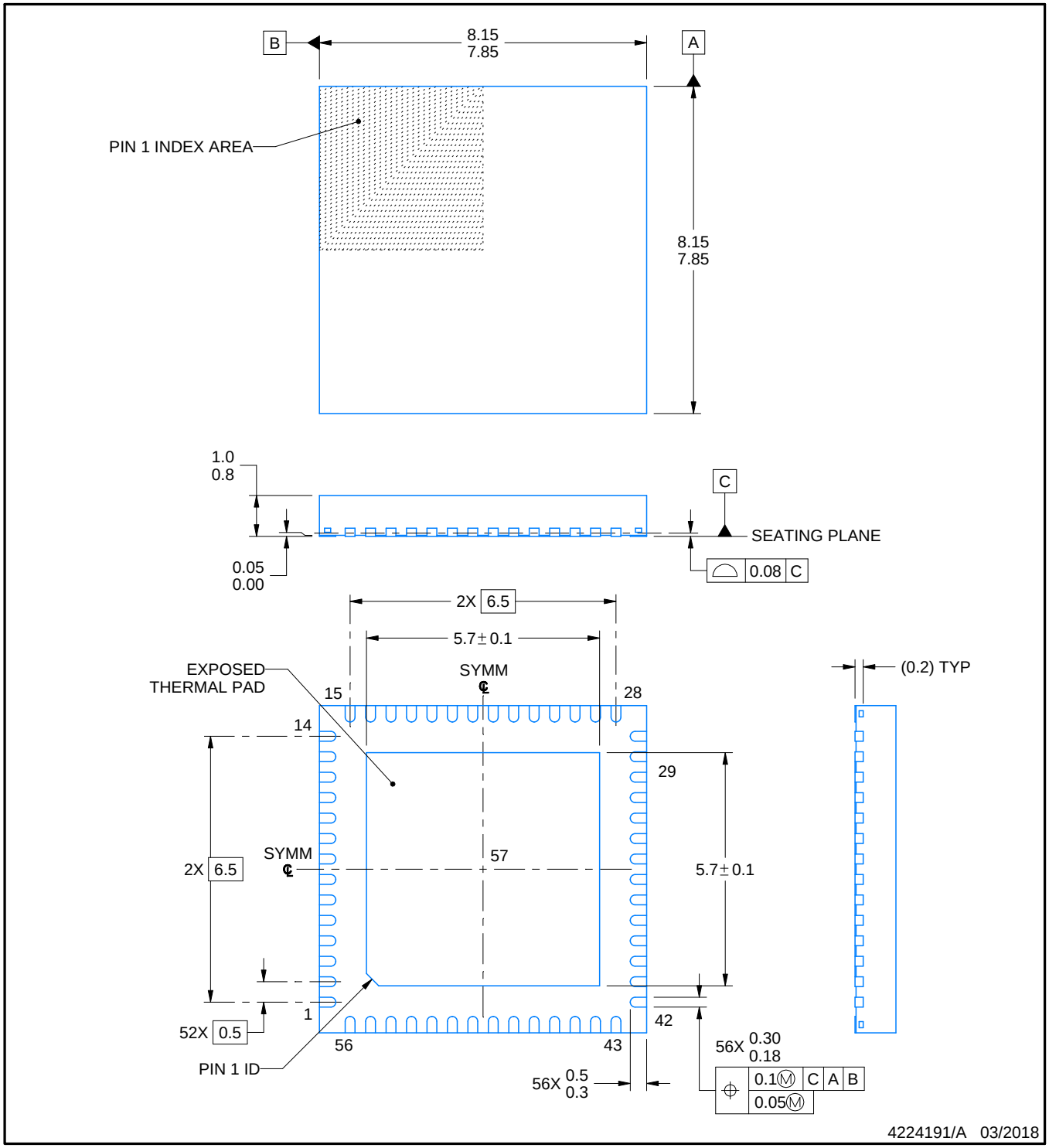
4224653/A

RTQ0056E

PACKAGE OUTLINE

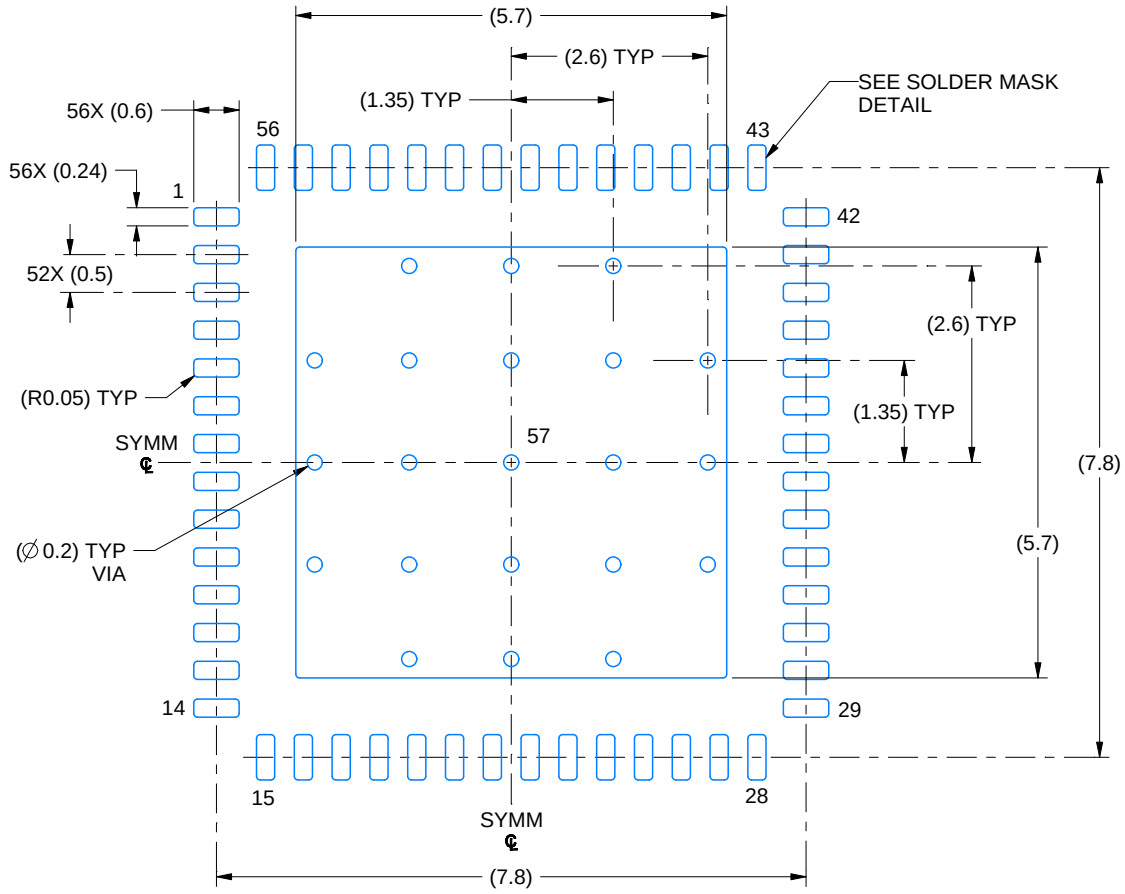
VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

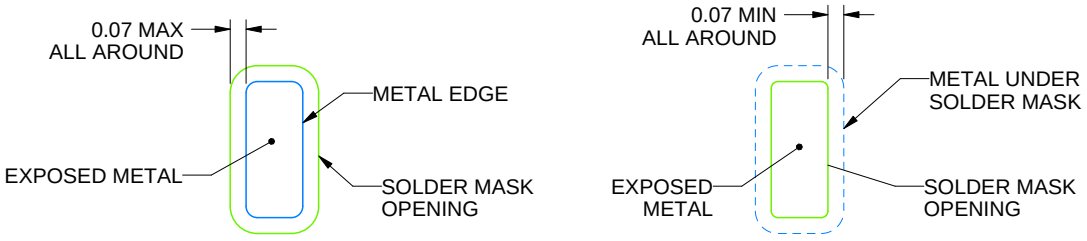


NOTES:

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.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 10X

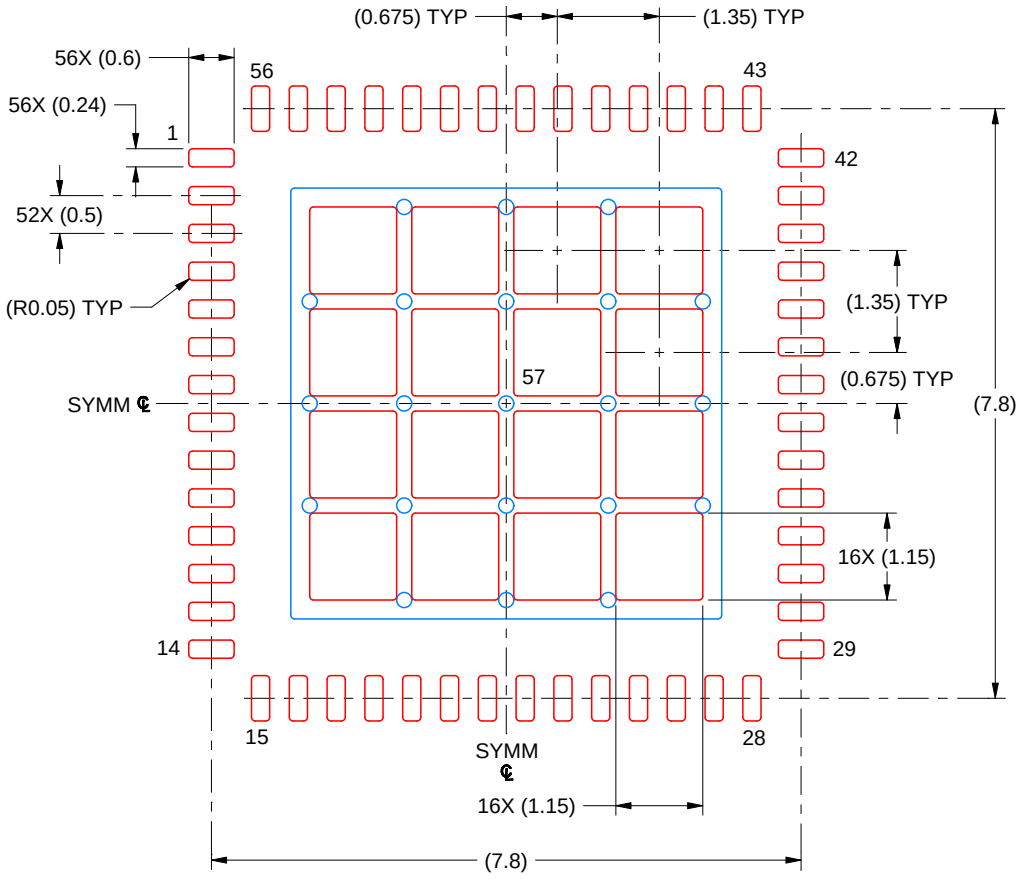


SOLDER MASK DETAILS

4224191/A 03/2018

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.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 10X

EXPOSED PAD 57
65% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4224191/A 03/2018

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出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