# 具有 SRAM 和 200mΩ $R_{SENSE}$ 的 TPS23881 4 型 4 线对 8 通道 PoE PSE 控制器

## 1 特性

- 适用于 3 型或 4 型以太网供电 应用的 IEEE 802.3bt PSE 解决方案
- 八个独立的 PSE 通道
- 可选电阻器自主运行
  - 无需外部 MCU
- 与 TI 的 *FirmPSE* 系统固件兼容
- *SRAM 可编程存储器*
- 可编程功率限制精度 ±2.5%
- 200mΩ 电流感应电阻器
- 传统 PD 电容测量
- 可选的 2 线对或 4 线对端口功率分配
  - 15.4W、30W、45W、60W、75W 或 90W
- 单一特征和双特征 PD 兼容性
- 各端口专用的 14 位积分电流 ADC
  - 用于直流断开的抗噪 MPS
  - 2% 电流感应精度
- 1 位或 3 位快速端口关断输入
- Auto-class 发现和功率测量
- 浪涌和操作折返保护
- 灵活的处理器控制运行模式
  - 自动、半自动和手动/诊断
- 各端口电压监控和遥测
- –40°C 至 +125°C 工作温度
- 超低阿尔法 (ULA) 封装 (TPS23881A)

## 2 应用

- 录像机（NVR、DVR 等）
- 小型企业交换机
- 校园网交换机和分支交换机

## 3 说明

TPS23881 是一款 8 通道电源设备 (PSE) 控制器，旨在按照 IEEE 802.3bt 标准向以太网电缆提供电力。这八个单独的电源通道可以按 2 线对（单通道）或 4 线对（双通道）PoE 端口的任意组合进行配置。 PSE 控制器可以检测具有有效特征的供电设备 (PD)，根据其分级确定设备的电源要求并进行供电。

TPS23881 在 TPS23880 的基础上进行了改进，减小了电流感应电阻，提供了更精确的可编程功率限制、电容测量以及通过 ROM 运行的功能（请参阅*器件比较表*）。TPS23881 还与 TI 的 *FirmPSE* 系统固件兼容，该固件提供了一种完全可配置的解决方案，用于控制系统中可提供多达 48 个 4 线对 PoE 电源端口的多个 TPS23881 器件。

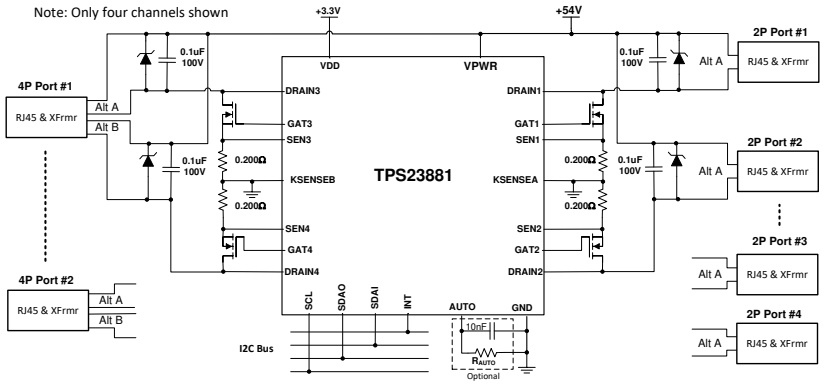
各端口专用 ADC 可提供持续的端口电流监控和执行并行分级测量的功能，以实现更短的端口开启时间。± 2.5% 精度的可编程端口电源限制提供了将最大功率从 90W 扩展到 125W 以上。 200mΩ 电流感应电阻器和外部 FET 架构使设计能够平衡尺寸、效率、散热和解决方案成本要求。

器件信息(1)

| 器件型号 | 封装 | 封装尺寸（标称值） |
|---|---|---|
| TPS23881 | VQFN (56) | 8.00mm x 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。

简化原理图




本文档旨在为方便起见，提供有关 TI 产品中文版本的信息，以确认产品的概要。 有关适用的官方英文版本的最新信息，请访问 www.ti.com，其内容始终优先。 TI 不保证翻译的准确性和有效性。 在实际设计之前，请务必参考最新版本的英文版本。

# 目录

1 特性 ... 1
2 应用 ... 1
3 说明 ... 1
4 修订历史记录 ... 2
5 器件比较表 ... 3
6 引脚配置和功能 ... 4
6.1 详细引脚 说明 ... 5
7 规格 ... 6
7.1 绝对最大额定值 ... 6
7.2 ESD 额定值 ... 7
7.3 建议运行条件 ... 7
7.4 热性能信息 ... 7
7.5 电气特性 ... 7
7.6 典型特性 ... 14
8 参数测量信息 ... 19
8.1 时序图 ... 19
9 详细 说明 ... 23
9.1 概述 ... 23
9.2 功能方框图 ... 27
9.3 功能 说明 ... 28
9.4 器件功能模式 ... 30
9.5 I²C 编程 ... 32
9.6 寄存器映射 ... 35
10 应用和实现 ... 111
10.1 应用信息 ... 111
10.2 典型应用 ... 113
11 电源建议 ... 121
11.1 VDD ... 121
11.2 VPWR ... 121
12 布局 ... 122
12.1 布局指南 ... 122
12.2 布局示例 ... 123
13 器件和文档支持 ... 124
13.1 文档支持 ... 124
13.2 接收文档更新通知 ... 124
13.3 支持资源 ... 124
13.4 商标 ... 124
13.5 静电放电警告 ... 124
13.6 Glossary ... 124
14 机械、封装和可订购信息 ... 124

## 4 修订历史记录

**Changes from Revision B (August 2019) to Revision C** **Page**

- 在器件比较表中添加了 TPS23882 ... 3

**Changes from Revision A (May 2019) to Revision B** **Page**

- 将“预告信息”更改为“生产数据” ... 1

**Changes from Original (March 2019) to Revision A** **Page**

- 首次公开发布的预告信息数据表 ... 1

**Changes from Revision C (July 2019) to Revision D** **Page**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

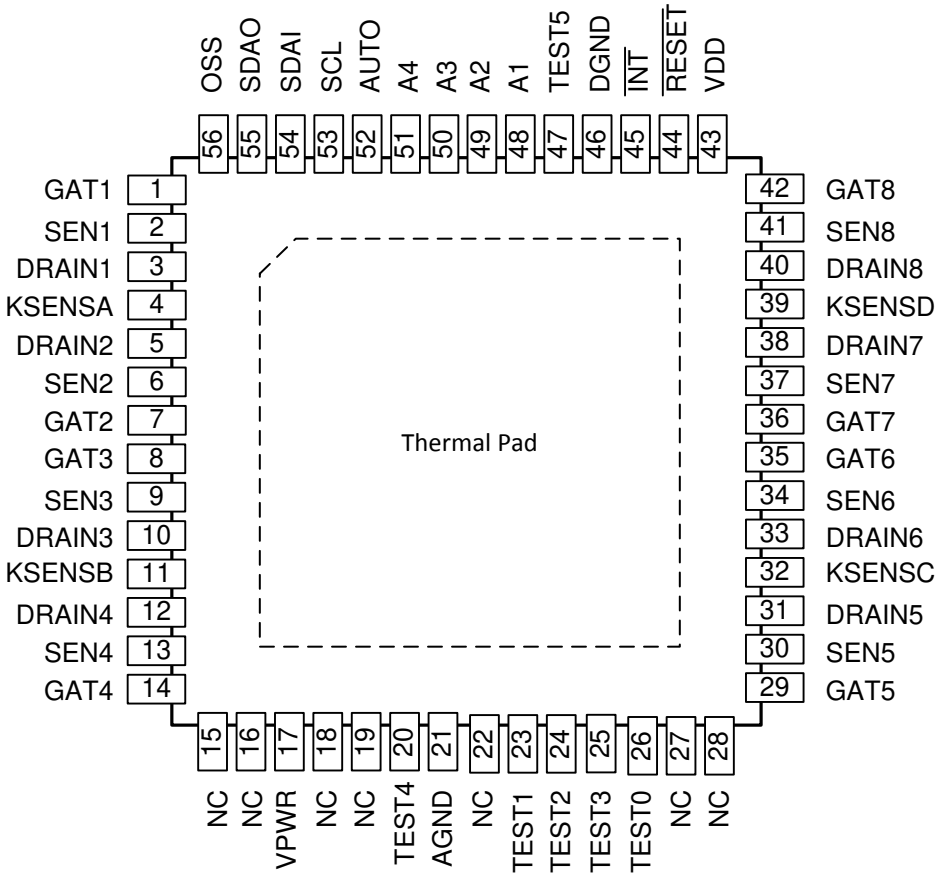
# 5 器件比较表

| 主要 特性 | TPS23880 | TPS23881 | TPS23882 |
|---|---|---|---|
| 与 TI 的 *FirmPSE* 系统固件兼容 | 不适用 | 是 | 是 |
| 引脚对引脚兼容 | 是 | 是 | 是 |
| PSE 通道数量 | 8 | 8 | 8 |
| 支持的 IEEE 802.3 PSE 类型 | 802.3bt 3 或 4 类（2 或 4 线对） | 802.3bt 3 或 4 类（2 或 4 线对） | 802.3bt 3 类（2 线对） |
| $R_{SENSE}$ | 0.255Ω | 0.200Ω | 0.200Ω |
| 自主运行<br>可选的电阻器 | 不适用 | 是<br>2 线对：15.5W 或 30W<br>4 线对：30W 至 90W | 是<br>2 线对：15.5W 或 30W |
| 2 线对 $P_{CUT}$ 可编程范围 | 0.5W 至 54W | 2W 至 65W | 2W 至 65W |
| 4 线对 $P_{CUT}$ 可编程范围 | 0.5W 至 108W | 4W 至 127W | 不适用 |
| 90+W 4 线对 $P_{CUT}$ 精度 | ±3.0% | ±2.5% | 不适用 |
| 通道电容测量范围 | 不适用 | 1µF 至 12µF | 1µF 至 12µF |
| ULA 封装 | 否 | 是 (TPS23881A) | 不适用 |
| $I^2C$ 可编程 SRAM 存储器 | 16kB | 16kB | 16kB |

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

# 6 引脚配置和功能

**带外露散热焊盘的 RTQ 封装**
**56 引脚 VQFN**
**俯视图**





Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

**引脚功能**

| 引脚 | | I/O | 说明 |
|---|---|---|---|
| 名称 | NO. | | |
| A1-4 | 48–51 | I | $I^2C$ A1-A4 地址线。这些引脚在内部上拉至 VDD。 |
| AGND | 21 | — | 模拟接地。连接到 GND 平面和外露散热焊盘。 |
| DGND | 46 | — | 数字接地。连接到 GND 平面和外露散热焊盘。 |
| DRAIN1-8 | 3、5、10、12、31、33、38、40 | I | 通道 1-8 输出电压监测。 |
| GAT1-8 | 1、7、8、14、29、35、36、42 | O | 通道 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 |
| 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、27、28、52 | — | 无连接引脚。保持断开。 |
| OSS | 56 | I | 通道 1-8 快速关断。此引脚在内部下拉至 DGND。 |
| $\overline{RESET}$ | 44 | I | 复位输入。置位为低电平时，TPS23881 复位。此引脚在内部上拉至 VDD。 |
| 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的 SDAI。此输出为漏极开路。 |
| AUTO | 52 | I/O | 自主模式使能和选择引脚。 |
| SEN1-8 | 2、6、9、13、30、34、37、41 | I | 通道 1-8 电流检测输入。 |
| TEST0-5 | 20、23、24、25、26、47 | I/O | 内部使用，仅用于测试目的。保持断开。 |
| 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。 |
| VDD | 43 | — | 数字电源。通过 0.1μF 电容旁路至 DGND 引脚。 |
| VPWR | 17 | — | 模拟 54V 正电源。通过 0.1μF 电容旁路至 AGND 引脚。 |

## 6.1 详细引脚 说明

以下说明涉及引脚布局和功能框图。

**DRAIN1-DRAIN8**：通道 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。

TPS23881 采用创新的 4 点技术，提供可靠的 PD 检测并避免为无效的负载供电。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。如果在开始新检测周期之前的端口电压大于 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 GND。

**GAT1-GAT8**：通道 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断输入将端口关闭，也会将 GATn 拉低。如果未使用，则保持悬空。

为了提高设计的稳健性，电流折返功能可在低电阻负载或短路事件以及端口开启时的浪涌期间限制 MOSFET 的功率耗散。还有一个用于主要故障（如直接短路）的快速过载保护比较器，可强制 MOSFET 在不到一微秒的时间内关断。

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。

**$\overline{INT}$**：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分电压测量。

每个 KSENS 在两个相邻的 SEN 引脚之间按如下方式共享：KSENSA 与 SEN1 和 SEN2，KSENSB 与 SEN3 和 SEN4，KSENSC 与 SEN5 和 SEN6，KSENSD 与 SEN7 和 SEN8。为了优化测量精度，请务必遵循正确的 PCB 布局惯例。

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

### 详细引脚 说明 (continued)

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

关闭程序类似于使用复位命令进行的端口复位（1Ah 寄存器）。使用 3 位 OSS 功能可以让 OSS 引脚上的一系列脉冲以多达 8 个优先级关闭单个或多个端口。

**$\overline{\text{RESET}}$**：复位输入，低电平有效。该引脚置位后，TPS23881 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 1µs 至 5µs 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。

**SCL**：$I^2C$ 总线的串行时钟输入。

**SDAI**：$I^2C$ 总线的串行数据输入。此引脚可连接到非隔离式系统的 SDAO。

**SDAO**：开漏 $I^2C$ 总线输出数据线。需要外部上拉电阻。TPS23881 使用单独的 SDAO 和 SDAI 线来实现光隔离型 $I^2C$ 接口。SDAO 可连接到非隔离式系统的 SDAI。

**AUTO**：*自主*模式选择引脚：悬空此引脚将禁用自主工作模式。通过电阻器 ($R_{AUTO}$) 将此引脚连接到 GND 将支持可选端口功率分配级别的自主运行。如果连接了 $R_{AUTO}$，则需要在 AUTO 引脚和 GND 之间连接一个 10nF 的电容器。

**A4-A1**：$I^2C$ 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 *引脚状态寄存器*。

**SEN1-8**：相对于 KSENSn 的通道电流检测输入（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 GND 的 0.200Ω 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 ADC 转换来执行负载电流监测。

当 TPS23881 执行分级测量时，电流将流过外部 MOSFET。这样可以避免器件中发生热量聚集，并使 TPS23881 能够同时在多个端口上执行分级测量。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 ADC 进行的测量，SEN1-8 引脚上存在抗混叠滤波器。这包括端口受电电流监测、端口管制和直流断开。

如果未使用该端口，请将 SENn 连接到 GND。

**VDD**：3.3V 逻辑电源输入。

**VPWR**：高压电源输入。标称值为 54V。

**AGND 和 DGND**：分别是内部模拟电路和数字电路的接地参考。内部没有连接在一起。两个引脚都需要一条通向系统 GND 平面的低电阻路径。如果使用可靠的 GND 平面从器件的散热焊盘取热，则可以通过 PCB 上的散热焊盘连接将这些引脚连接在一起。

## 7 规格

### 7.1 绝对最大额定值

在自然通风温度范围内测得（除非另有说明）(1)

| | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| 电压 | VPWR | –0.3 | 70 | V |
| | VDD | -0.3 | 4 | V |
| | OSS、RESET、A1-A4、AUTO、SDAI、SDAO、SCL、INT | –0.3 | 4 | V |
| | SEN1-8、KSENSA、KSENSB、KSENSC、KSENSD | -0.3 | 3 | V |
| | GATE1-8 | –0.3 | 12 | V |
| | DRAIN1-8 | –0.3 | 70 | V |
| | TEST0-3、ATST_DCPL0、DTST_DCPL1 | –0.3 | 4 | V |
| | AGND - DGND | -0.3 | 0.3 | V |
| 灌电流 | INT、SDA | | 20 | mA |
| 10 秒内距离外壳 1/6mm 的引线温度 | | | 260 | °C |
| $T_{stg}$ | 贮存温度 | –65 | 150 | °C |

(1) 应力超出*绝对最大额定值* 下所列的值有可能会对器件造成永久损坏。这些值仅是应力额定值，并不意味着器件在这些条件下以及在*建议运行条件* 以外的任何其他条件下能够正常运行。在绝对最大额定值条件下长时间运行可能会影响器件可靠性。


Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 7.2 ESD 额定值

| | | | 值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| $V_{(ESD)}$ | 静电放电 | 人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001，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。

## 7.3 建议运行条件

在自然通风温度范围内测得（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 | 54 | 57 | V |
| | VPWR 上的电压压摆率 | | | 1 | V/µs |
| $f_{SCL}$ | $I^2C$ 时钟频率 | | | 400 | kHz |
| $T_J$ | 结温 | -40 | | 125 | °C |

## 7.4 热性能信息

| 热指标(1) | | TPS23881 RTQ 封装 (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 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 结至电路板热阻 | 3.7 | °C/W |
| $\Psi_{JT}$ | 结至顶部特征参数 | 0.2 | °C/W |
| $\Psi_{JB}$ | 结至电路板特征参数 | 3.7 | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 结至外壳（底部）热阻 | 0.5 | °C/W |

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅《半导体和 IC 封装热指标》应用报告。

## 7.5 电气特性

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 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 | VVPWR = 54V | | 10 | 12.5 | mA |
| $V_{UVLOPW_F}$ | VPWR UVLO 下降阈值 | 检查内部振荡器停止运行 | 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 |
| **输入电源 VDD** | | | | | | |
| $I_{VDD}$ | VDD 电流消耗 | | | 6 | 12 | mA |
| $V_{UVDD_F}$ | VDD UVLO 下降阈值 | 针对通道失效 | 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 | VDD 下降 | 2.6 | 2.8 | 3 | V |
| **模数转换器** | | | | | | |
| $T_{CONV_I}$ | 转换时间 | 所有范围，每个通道 | 0.64 | 0.8 | 0.96 | ms |
| $T_{CONV_V}$ | 转换时间 | 所有范围，每个通道 | 0.82 | 1.03 | 1.2 | ms |
| $T_{INT_CUR}$ | 积分时间，电流 | 每个通道，通道导通电流 | 82 | 102 | 122 | ms |

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{INT_DET}$ | 积分时间，检测 | | 13.1 | 16.6 | 20 | ms |
| $T_{INT_channelV}$ | 积分时间，通道电压 | 通道受电 | 3.25 | 4.12 | 4.9 | ms |
| $T_{INT_inV}$ | 积分时间，输入电压 | | 3.25 | 4.12 | 4.9 | ms |
| | 输入电压转换比例因子和精度 | VVPWR = 57V | 15175 | 15565 | 15955 | 计数 |
| | | | 55.57 | 57 | 58.43 | V |
| | | VVPWR = 44V | 11713 | 12015 | 12316 | 计数 |
| | | | 42.89 | 44 | 45.10 | V |
| | 受电通道电压转换比例因子和精度 | VVPWR - VDRAINn = 57V | 15175 | 15565 | 15955 | 计数 |
| | | | 55.57 | 57 | 58.43 | V |
| | | VVPWR - VDRAINn = 44V | 11713 | 12015 | 12316 | 计数 |
| | | | 42.89 | 44 | 45.10 | V |
| $\delta V/V_{Channel}$ | 电压读数精度 | | -2.5 | | 2.5 | % |
| | 受电通道电流转换比例因子和精度 | 通道电流 = 770mA | 8431 | 8604 | 8776 | 计数 |
| | | | 754.5 | 770 | 785.4 | mA |
| | | 通道电流 = 100mA | 1084 | 1118 | 1152 | 计数 |
| | | | 97 | 100 | 103 | mA |
| $\delta I/I_{Channel}$ | 电流读数精度 | 通道电流 = 100mA | -3 | | 3 | % |
| | | 通道电流 = 770mA | -2 | | 2 | |
| | 受电通道电流满标度输出 | 通道电流 = 1.5A，2xFBn = 1 | 14959 | 15671 | | 计数 |
| | | | 1.34 | 1.400 | | A |
| σI | 电流读数可重复性 | 满标度读数 | –7.5 | | 7.5 | mA |
| $\delta R/R_{Channel}$ | 电阻读数精度 | 15kΩ ≤ $R_{Channel}$ ≤ 33kΩ，$C_{Channel}$ ≤ 0.25µF | –7 | | 7 | % |
| $I_{bias}$ | 检测引脚偏置电流 | 通道导通或在分类期间 | -2.5 | | 0 | µA |


Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **栅极 1-8** | | | | | | |
| $V_{GOH}$ | 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 或通道关断命令时的栅极灌电流 | $V_{GATEn}$ = 5V | 60 | 100 | 190 | mA |
| $I_{GO\ short-}$ | 通道短路时的栅极灌电流 | $V_{GATEn}$ = 5V，<br>$V_{SENn}$ ≥ $V_{short}$（如果是 2X 模式，则为 $V_{short2X}$） | 60 | 100 | 190 | mA |
| $I_{GO+}$ | 栅极拉电流 | $V_{GATEn}$ = 0V，默认选择 | 39 | 50 | 63 | μA |
| $t_{D_off_OSS}$ | 1 位 OSS 输入的栅极关断时间 | 从 OSS 到 VGATEn < 1V，<br>VSENn = 0V，MbitPrty = 0 | 1 | | 5 | μs |
| $t_{OSS_OFF}$ | 3 位 OSS 输入的栅极关断时间 | 从起始位下降沿到 VGATEn < 1V，<br>VSENn = 0V，MbitPrty = 1 | 72 | | 104 | μs |
| $t_{P_off_CMD}$ | 通道关断命令的栅极关断时间 | 从通道关断命令 (POFFn = 1) 到 $V_{GATEn}$ < 1V，$V_{SENn}$ = 0V | | | 300 | μs |
| $t_{P_off_RST}$ | 使用 /RESET 时的栅极关断时间 | 从 /RESET 低电平到 $V_{GATEn}$ < 1V，$V_{SENn}$ = 0V | 1 | | 5 | μs |
| **漏极 1-8** | | | | | | |
| $V_{PGT}$ | 电源正常阈值 | 在 $V_{DRAINn}$ 测得 | 1 | 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 | 除检测期间或通道导通时的任何工作模式，包括器件 RESET 状态 | 80 | 100 | 190 | kΩ |
| **AUTOCLASS** | | | | | | |
| $t_{Class_ACS}$ | 开始 Autoclass 检测 | 从分类开始时测量 | 90 | | 100 | ms |
| $t_{AUTO_PSE1}$ | 开始 Autoclass 功率测量 | 从浪涌结束时测量 | 1.4 | | 1.6 | s |
| | | 在通道已受电时通过设置 MACx 位测得 | | | 10 | ms |
| $t_{AUTO}$ | Autoclass 功率测量持续时间 | | 1.7 | 1.8 | 1.9 | s |
| $t_{AUTO_window}$ | Autoclass 功率测量滑动窗口期 | | 0.15 | | 0.3 | s |
| $P_{AC}$ | Autoclass 通道功率转换比例因子和精度 | VPWR = 52V，VDRAINn = 0V，<br>通道电流 = 770mA | 76 | 80 | 84 | 计数 |
| | | VPWR = 50V，VDRAINn = 0V，<br>通道电流 = 100mA | 9 | 10 | 11 | |

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **检测** | | | | | | |
| $I_{DISC}$ | 检测电流 | 第 1 和第 3 检测点，VVPWR - VDRAINn = 0V | 145 | 160 | 190 | μA |
| | | 第 2 和第 4 检测点，VVPWR - VDRAINn = 0V | 235 | 270 | 300 | |
| $\Delta I_{DISC}$ | 第 2 次 – 第 1 次检测电流 | VVPWR - VDRAINn = 0V | 98 | 110 | 118 | μA |
| $V_{det_open}$ | 开路检测电压 | 通过 VVPWR - VDRAINn 测得 | 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 |
| $R_{SHORT}$ | 短接通道阈值 | | | | 360 | Ω |
| $R_{OPEN}$ | 开路通道阈值 | | 400 | | | kΩ |
| $t_{DET}$ | 检测持续时间 | 完成检测的时间，4Pxx = 0 | 275 | 350 | 425 | ms |
| $t_{CC}$ | 连接检查持续时间 | 有效检测后完成连接检查的时间，4Pxx = 1 | | 150 | 400 | ms |
| $t_{DET_BOFF}$ | 检测发现尝试之间的退避暂停 | VVPWR - VDRAINn > 2.5V | 300 | 400 | 500 | ms |
| | | VVPWR - VDRAINn < 2.5V | 20 | | 100 | ms |
| $t_{DET_DLY}$ | 检测延迟 | 从命令或 PD 连接到通道检测完成，4Pxx = 0 | | | 590 | ms |
| | 电容测量 | Cport = 10uF | 8.5 | 10 | 11.5 | uF |
| **分级** | | | | | | |
| $V_{CLASS}$ | 分级电压 | VVPWR - VDRAINn，VSENn ≥ 0mV<br>$I_{channel}$ ≥ 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 |
| $t_{LCE}$ | 分级持续时间（第 1 指） | 从检测完成 | 95 | | 105 | ms |
| $t_{CLE2-5}$ | 分级持续时间（第 2 指至第 5 指） | 从标记完成 | 6.5 | | 12 | ms |
| **标记** | | | | | | |
| $V_{MARK}$ | 标记电压 | 4mA ≥ IChannel ≥ 180μA<br>VVPWR - VDRAINn | 7 | | 10 | V |
| $I_{MARK_Lim}$ | 标记灌电流限制 | VVPWR - VDRAINn = 0V | 60 | 75 | 90 | mA |
| $t_{ME}$ | 标记持续时间 | | 6 | | 12 | ms |


Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **直流断开** | | | | | | |
| $V_{IMIN}$ | 直流断开阈值 | DCDTxx = 0 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | mV |
| | | DCDTxx = 1 | 0.4 | 0.9 | 1.4 | mV |
| $t_{MPDO}$ | PD 维持功率特征压降时间限制 | TMPDO = 00 | 320 | | 400 | ms |
| | | TMPDO = 01 | 75 | | 100 | ms |
| | | TMPDO = 10 | 150 | | 200 | ms |
| | | TMPDO = 11 | 600 | | 800 | ms |
| $t_{MPS}$ | PD 维持功率特征有效时间 | | | 2.5 | 3 | ms |
| **端口功率管制** | | | | | | |
| $\delta P_{CUT}/P_{CUT}$ | PCUT 容差 | POL ≤ 15W | 0 | 5 | 10 | % |
| $\delta P_{CUT}/P_{CUT}$ | PCUT 容差 | 15W < POL < 90W | 0 | 3 | 6 | % |
| $\delta P_{CUT}/P_{CUT}$ | PCUT 容差 | POL ≥ 90W | 0 | 2.5 | 5 | % |
| $t_{OVLD}$ | PCUT 时间限制 | TOVLD = 00 | 50 | | 70 | ms |
| | | TOVLD = 01 | 25 | | 35 | |
| | | TOVLD = 10 | 100 | | 140 | |
| | | TOVLD = 11 | 200 | | 280 | |
| **端口电流浪涌** | | | | | | |
| $V_{Inrush}$ | 浪涌电流限制，ALTIRNn = 0 | VVPWR - VDRAINn = 1V | 19 | 30 | 41 | mV |
| | | VVPWR - VDRAINn = 10V | 19 | 30 | 41 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 15V | 33 | 44 | 55 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 30V | 80 | | 90 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 55V | 80 | | 90 | |
| | 浪涌电流限制，ALTIRNn = 1 | VVPWR - VDRAINn = 1V | 19 | 30 | 41 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 10V | 36 | 47 | 58 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 15V | 53 | 64 | 75 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 30V | 80 | | 90 | |
| | | VVPWR - VDRAINn = 55V | 80 | | 90 | |
| $t_{START}$ | 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 | |

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **端口电流折返** | | | | | | |
| $V_{LIM}$ | ILIM 1X 限制，2xFB = 0，ALTFBn = 0 | VDRAINn = 1V | 80 | | 90 | mV |
| | | VDRAINn = 15V | 80 | | 90 | |
| | | VDRAINn = 30V | 51 | 58 | 65 | |
| | | VDRAINn = 50V | 23 | 30 | 37 | |
| | ILIM 1X 限制，2xFB = 0，ALTFBn = 1 | VDRAINn = 1V | 80 | | 90 | |
| | | VDRAINn = 25V | 80 | | 90 | |
| | | VDRAINn = 40V | 45 | 51 | 57 | |
| | | VDRAINn = 50V | 23 | 30 | 37 | |
| $V_{LIM2X}$ | ILIM 2X 限制，2xFB = 1，ALTFBn = 0 | VDRAINn = 1V | 245 | 250 | 262 | mV |
| | | VDRAINn = 10V | 164 | 180 | 196 | |
| | | VDRAINn = 30V | 51 | 58 | 64 | |
| | | VDRAINn = 50V | 23 | 30 | 37 | |
| | ILIM 2X 限制，2xFB = 1，ALTFBn = 1 | VDRAINn = 1V | 245 | 250 | 262 | |
| | | VDRAINn = 20V | 139 | 147 | 155 | |
| | | VDRAINn = 40V | 45 | 51 | 57 | |
| | | VDRAINn = 50V | 23 | 30 | 37 | |
| $t_{LIM}$ | ILIM 时间限制 | 2xFBn = 0 | 55 | 60 | 65 | ms |
| | 2xFBn = 1 | TLIM = 00 | 55 | 60 | 65 | |
| | | TLIM = 01 | 15 | 16 | 17 | |
| | | TLIM = 10 | 10 | 11 | 12 | |
| | | TLIM = 11 | 6 | 6.5 | 7 | |
| **短路保护** | | | | | | |
| $V_{short}$ | 1X 模式下和浪涌期间的 $I_{SHORT}$ 阈值 | | 205 | | 245 | mV |
| $V_{short2X}$ | 2X 模式下的 $I_{SHORT}$ 阈值 | | 280 | | 320 | |
| $t_{D_off_SEN}$ | SENn 输入的栅极关断时间 | 2xFBn = 0，VDRAINn = 1V<br>从 VSENn 脉冲到 0.425V。 | | | 0.9 | µs |
| | | 2xFBn = 1，VDRAINn = 1V<br>从 VSENn 脉冲到 0.62V。 | | | 0.9 | |
| **电流故障恢复（退避）时间** | | | | | | |
| $t_{ed}$ | 错误延迟时间。由于错误情况导致在断电后下一次尝试为通道供电之前的延迟 | $P_{CUT}$、$I_{LIM}$ 或 $I_{Inrush}$ 故障半自动模式 | 0.8 | 1 | 1.2 | s |
| $\delta I_{fault}$ | 发生电流故障时的 $I_{channel}$ 占空比 | | 5.5 | | 6.7 | % |
| **热关断** | | | | | | |
| | 关断温度 | 温度上升 | 135 | 146 | | °C |
| | 迟滞 | | | 7 | | °C |


Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 电气特性 (continued)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_{SENSE}$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **数字 I/O（SCL、SDAI、A1-A4、/RESET、OSS，除非另有说明）** | | | | | | |
| $V_{IH}$ | 数字输入高电平 | | 2.1 | | | V |
| $V_{IL}$ | 数字输入低电平 | | | | 0.9 | V |
| $V_{IT_HYS}$ | 输入电压迟滞 | | 0.17 | | | V |
| $V_{OL}$ | 数字输出电平 | SDAO 处于 9mA | | | 0.4 | V |
| | 数字输出电平 | /INT 处于 3mA | | | 0.4 | V |
| $R_{pullup}$ | 连接至 VDD 的上拉电阻器 | /RESET，A1-A4，TEST0 | 30 | 50 | 80 | kΩ |
| $R_{pulldown}$ | 连接至 DGND 的下拉电阻器 | OSS，TEST1，TEST2 | 30 | 50 | 80 | kΩ |
| $t_{FLT_INT}$ | 故障至 /INT 置位 | 在内部注册中断故障的时间，从通道关断开始 | | 50 | 500 | µs |
| $T_{RESETmin}$ | /RESET 输入最小脉冲宽度 | | | | 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 | 0.8V → 2.3V，MbitPrty = 1 | 1 | | 300 | ns |
| $t_{f_OSS}$ | 3 位模式下 OSS 的输入下降时间 | 2.3V → 0.8V，MbitPrty = 1 | 1 | | 300 | ns |
| **I2C 时序要求** | | | | | | |
| $t_{POR}$ | 器件上电复位延迟 | | | | 20 | ms |
| $f_{SCL}$ | SCL 时钟频率 | | 10 | | 400 | kHz |
| $t_{LOW}$ | 时钟的低电平周期 | | 0.5 | | | µs |
| $t_{HIGH}$ | 时钟的高电平周期 | | 0.26 | | | µs |
| $t_{fo}$ | SDAO 输出下降时间 | SDAO，2.3V → 0.8V，Cb = 10pF，10kΩ 上拉至 3.3V | 10 | | 50 | ns |
| | | SDAO，2.3V → 0.8V，Cb = 400pF，1.3kΩ 上拉至 3.3V | 10 | | 50 | ns |
| $C_{I2C}$ | SCL 电容 | | | | 10 | pF |
| $C_{I2C_SDA}$ | SDAI、SDAO 电容 | | | | 6 | pF |
| $t_{SU,DATW}$ | 数据设置时间（写入操作） | | 50 | | | 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 | | 400 | ns |
| $t_{fSDA}$ | SDAI 的输入下降时间 | 2.3V → 0.8V | 20 | | 120 | ns |
| $t_{rSDA}$ | SDAI 的输入上升时间 | 0.8V → 2.3V | 20 | | 120 | ns |
| $t_r$ | SCL 的输入上升时间 | 0.8V → 2.3V | 20 | | 120 | ns |
| $t_f$ | SCL 的输入下降时间 | 2.3V → 0.8V | 20 | | 120 | ns |
| $t_{BUF}$ | STOP 与 START 状态之间的总线空闲时间 | | 0.5 | | | µs |
| $t_{HD,STA}$ | （重复）启动条件后的保持时间 | | 0.26 | | | µs |
| $t_{SU,STA}$ | 重复启动条件设置时间 | | 0.26 | | | µs |
| $t_{SU,STO}$ | 停止条件设置时间 | | 0.26 | | | µs |
| $t_{DG}$ | 抑制尖峰脉冲宽度、SDAI 和 SCL | | 50 | | | ns |
| $t_{WDT_I2C}$ | I2C 看门狗跳闸延迟 | | 1.1 | 2.2 | 3.3 | 秒 |

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 7.6 典型特性

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

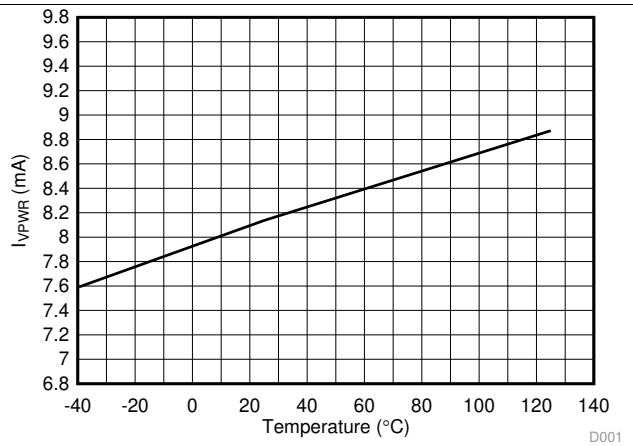



图 1. VPWR 电流消耗与温度间的关系

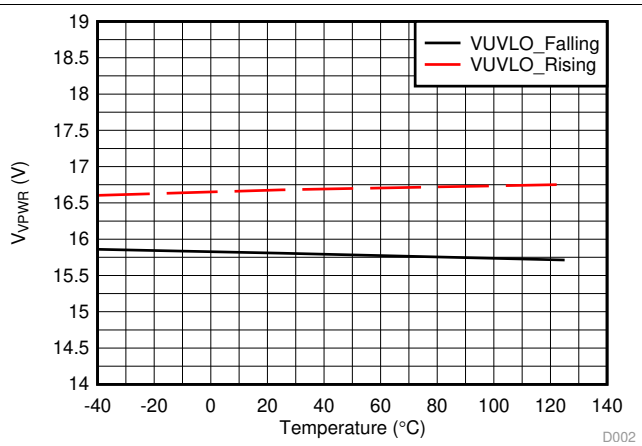



图 2. VPWR UVLO 阈值与温度间的关系

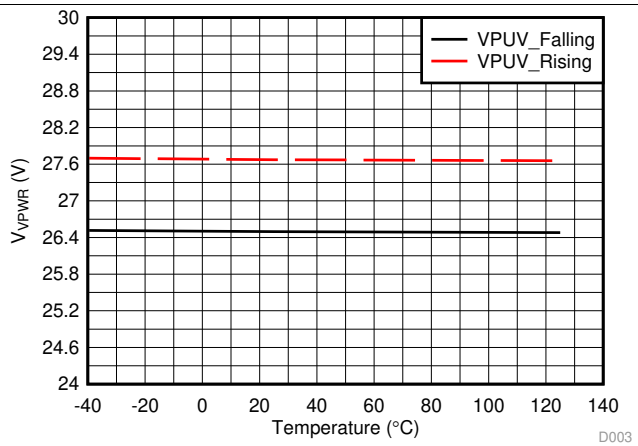



图 3. VPUV 阈值与温度间的关系

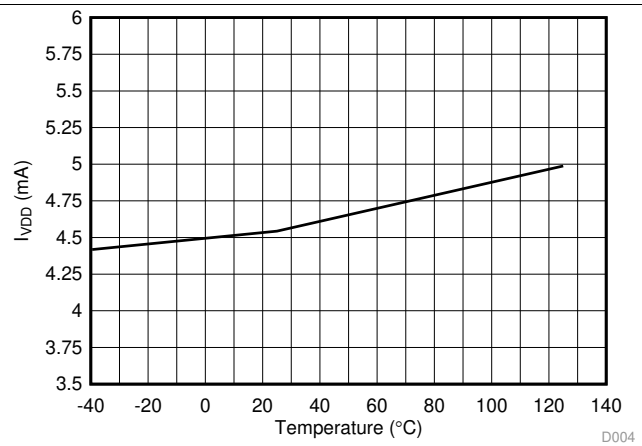



图 4. VDD 电流消耗与温度间的关系

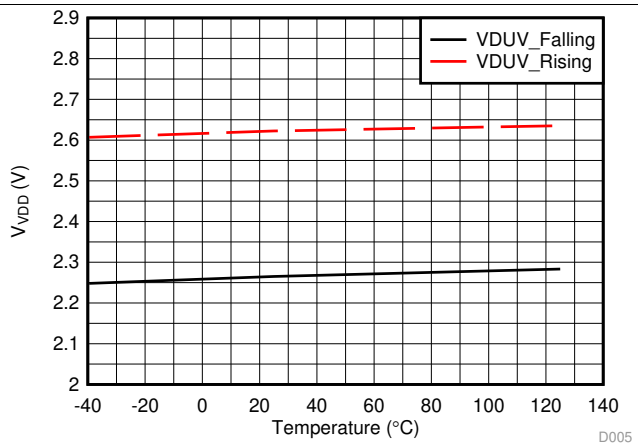



图 5. VDUV 阈值与温度间的关系

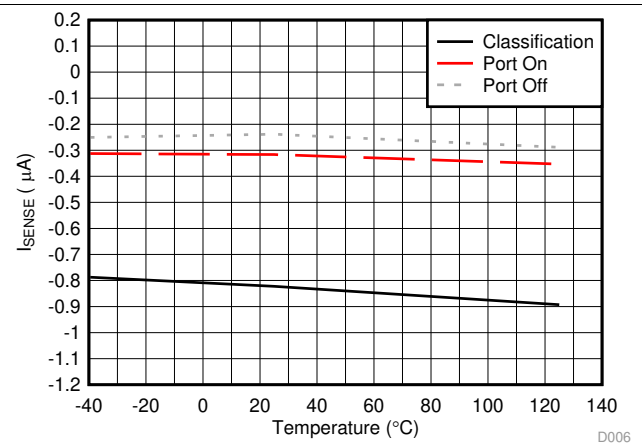



图 6. SENSE 引脚偏置电流与温度间的关系


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型特性 (接下页)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

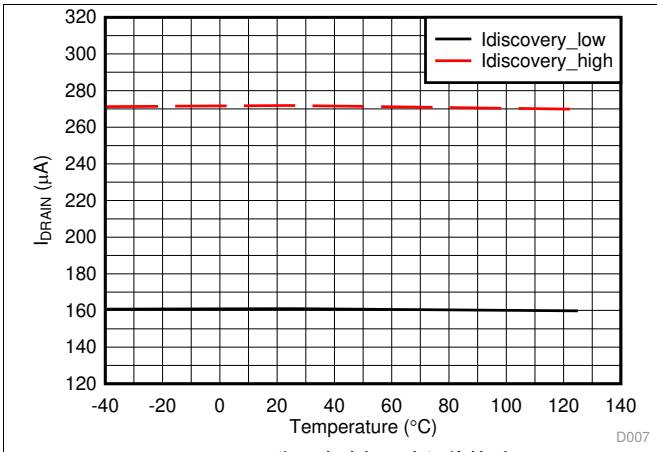



图 7. 发现电流与温度间的关系

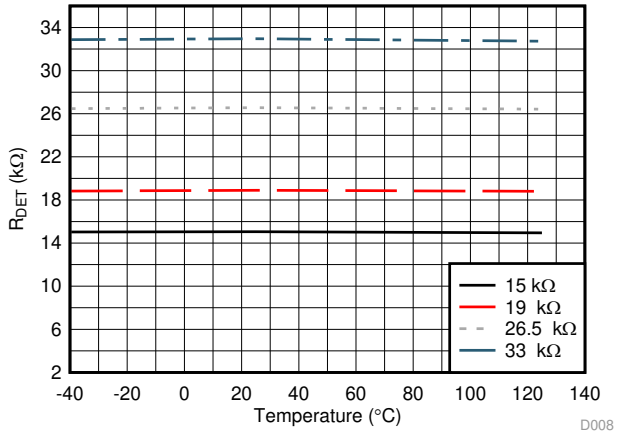



图 8. 发现电阻测量值与温度间的关系

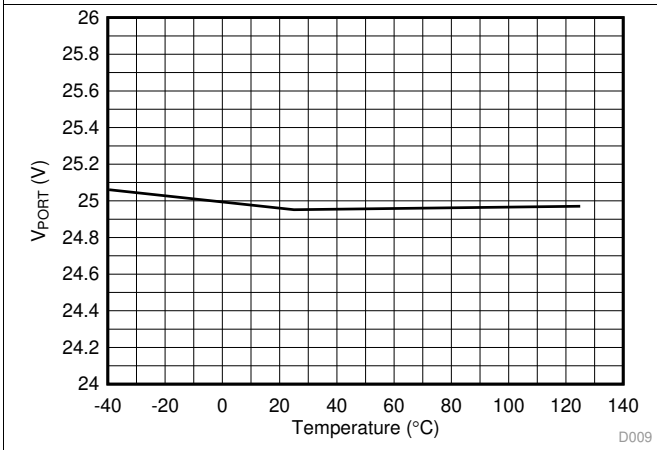



图 9. 发现开路电压与温度间的关系

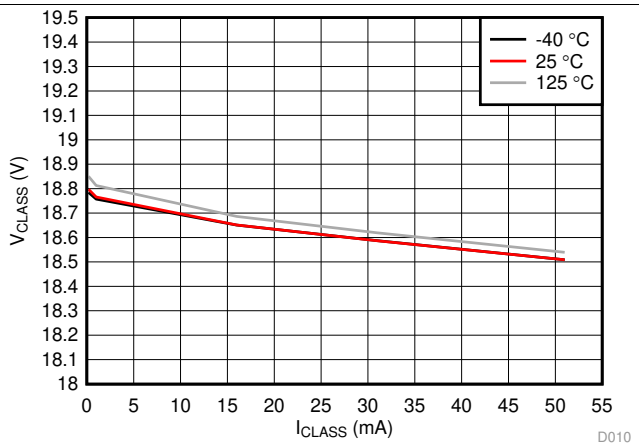



图 10. 分级电压与 $I_{CLASS}$ 和温度间的关系

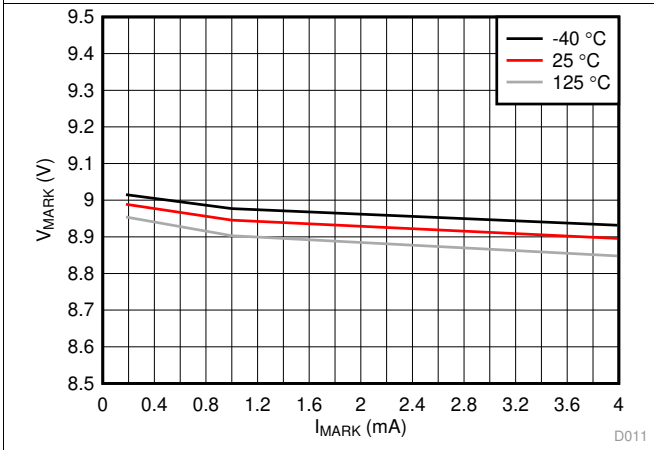



图 11. 标记电压与 $I_{MARK}$ 和温度间的关系

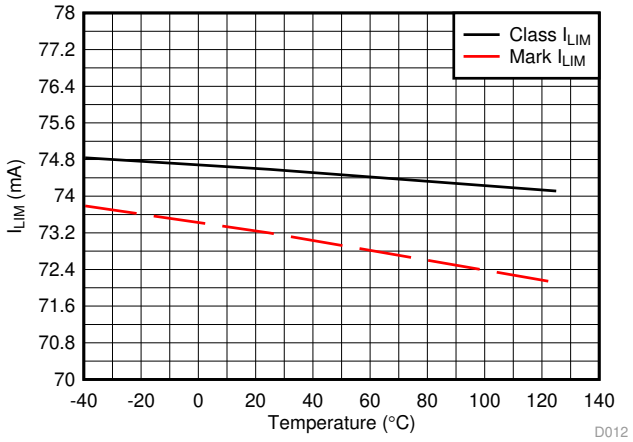



图 12. 分级和标记电流限制与温度间的关系

## 典型特性 (接下页)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

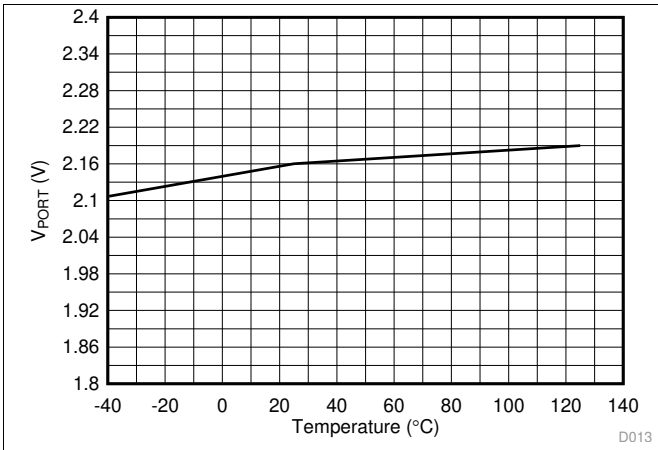



图 13. 电源正常阈值与温度间的关系

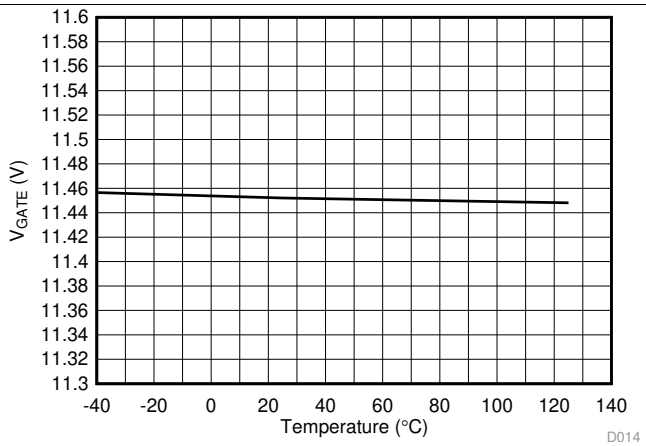



图 14. 栅极电压（端口开启）与温度间的关系

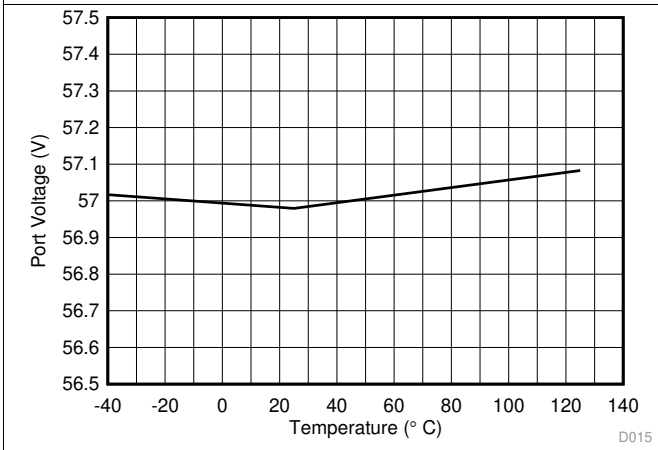



图 15. 端口电压 ADC 测量值与温度间的关系

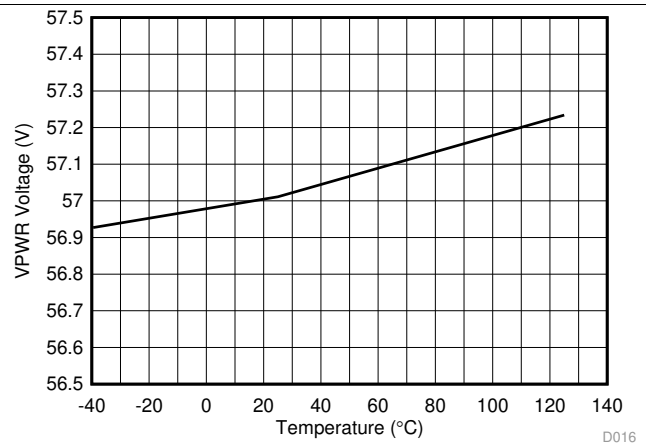



图 16. VPWR 电压 ADC 测量值与温度间的关系

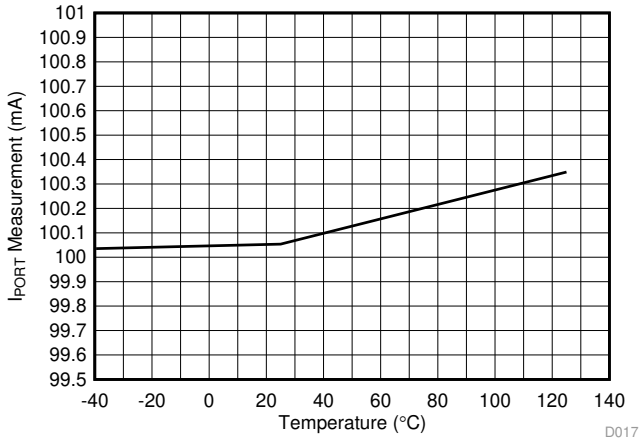



图 17. 端口电流 ADC 测量值 (100mA) 与温度间的关系

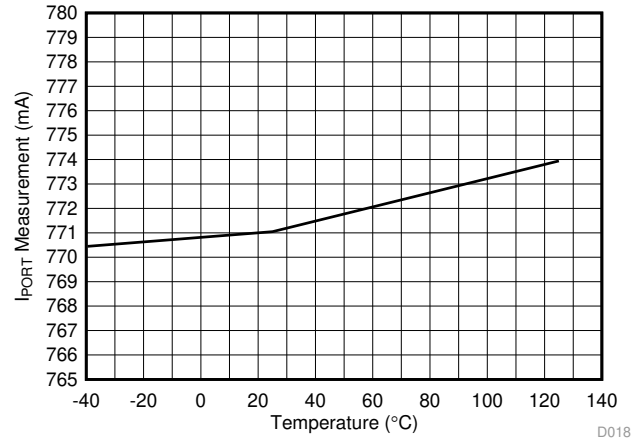



图 18. 端口电流 ADC 测量值 (770mA) 与温度间的关系


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型特性 (接下页)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

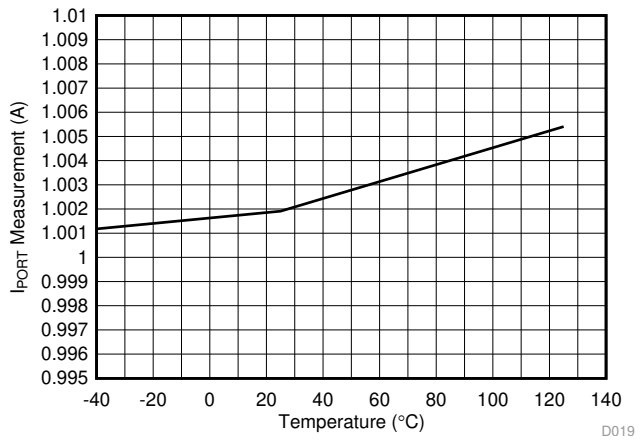



图 19. 端口电流 ADC 测量值 (1A) 与温度间的关系

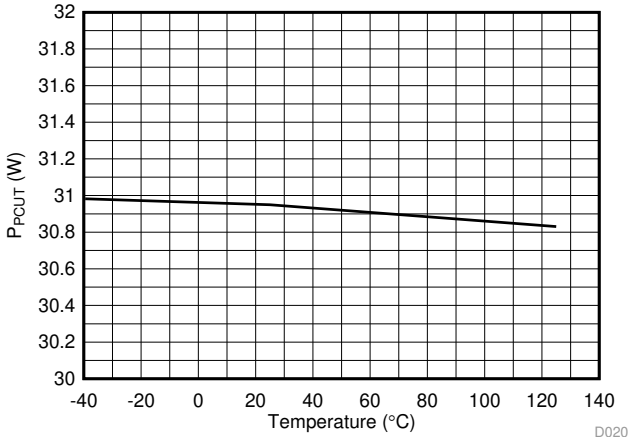



图 20. 2 线对 PCut 阈值 (30W) 与温度间的关系

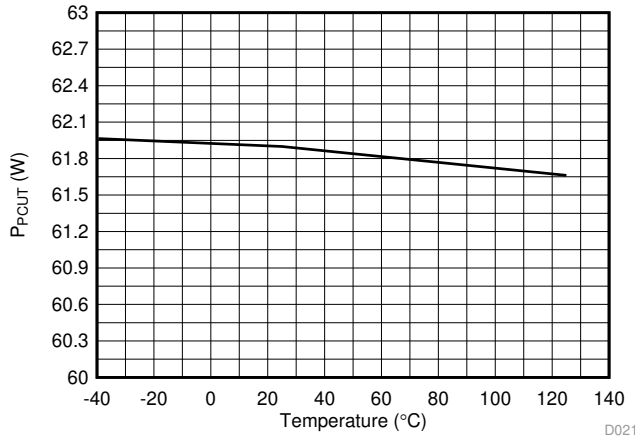



图 21. 4 线对 PCut 阈值 (60W) 与温度间的关系

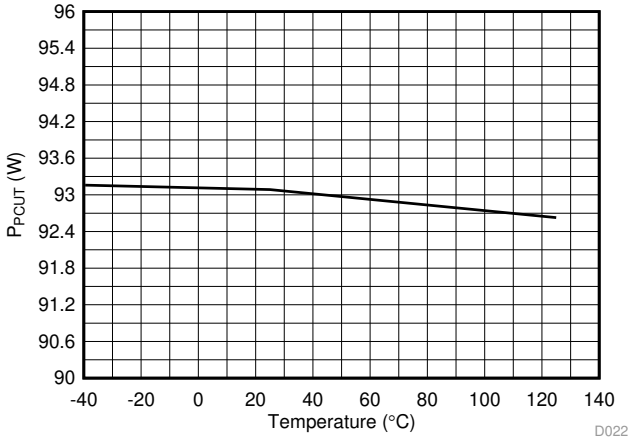



图 22. 4 线对 PCut 阈值 (90W) 与温度间的关系

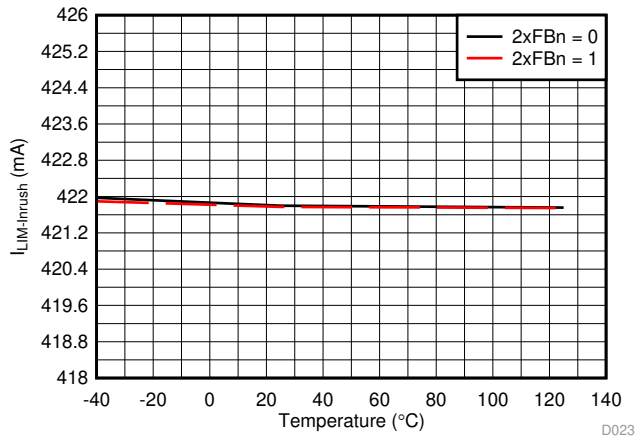



图 23. 浪涌电流限制与温度间的关系

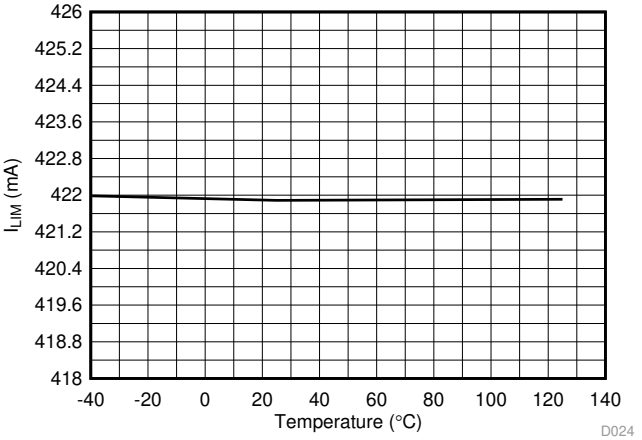



图 24. 1x 模式 (2xFBn = 0) 电流限制与温度间的关系

## 典型特性 (接下页)

条件为 –40°C < $T_J$ < 125°C（除非另有说明）。$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，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。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

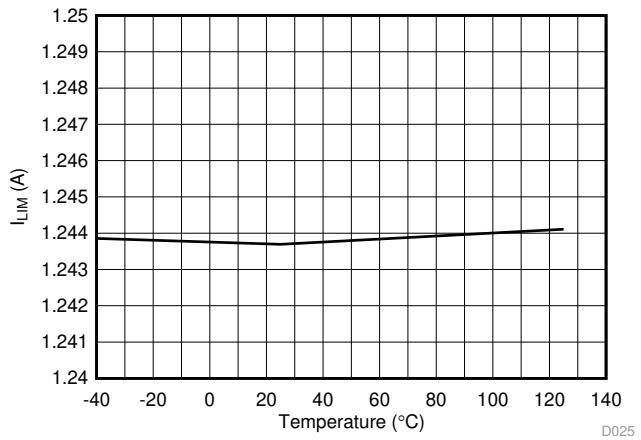



图 25. 2x 模式 (2xFBn = 1) 电流限制与温度间的关系

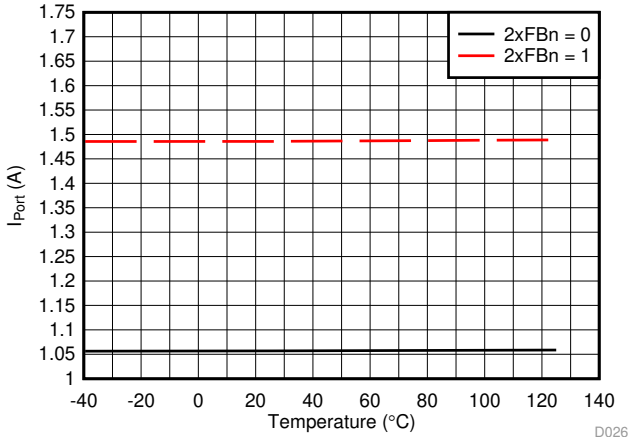



图 26. $I_{SHORT}$ 阈值与温度间的关系

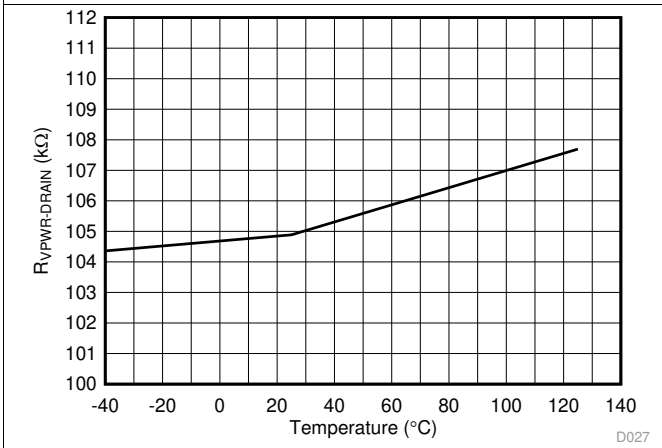



图 27. $R_{OFF}$（VPWR 至 DRAIN）与温度间的关系

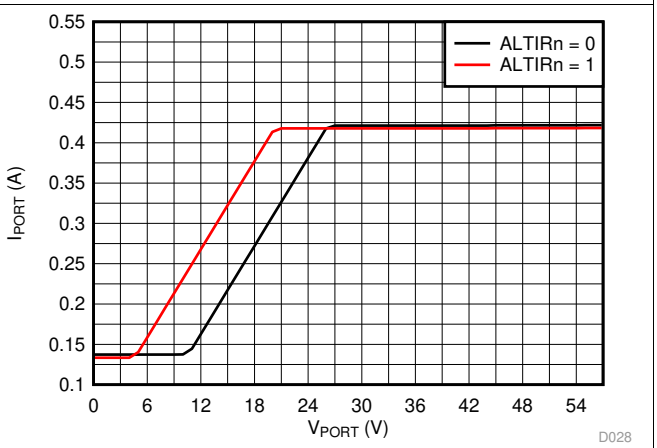



图 28. 浪涌电流折返与端口电压间的关系

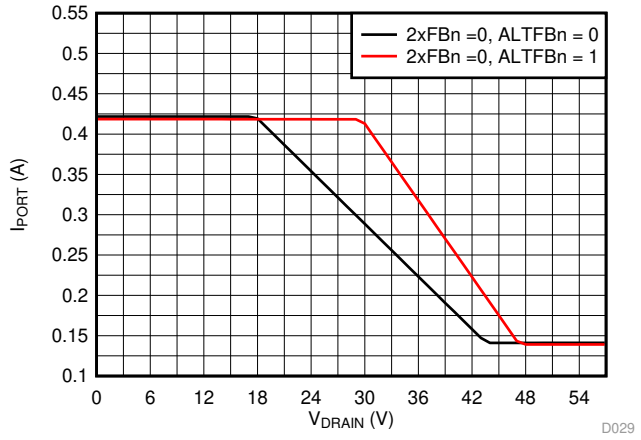



图 29. 1x 模式 (2xFBn = 0) 电流折返与漏极电压间的关系

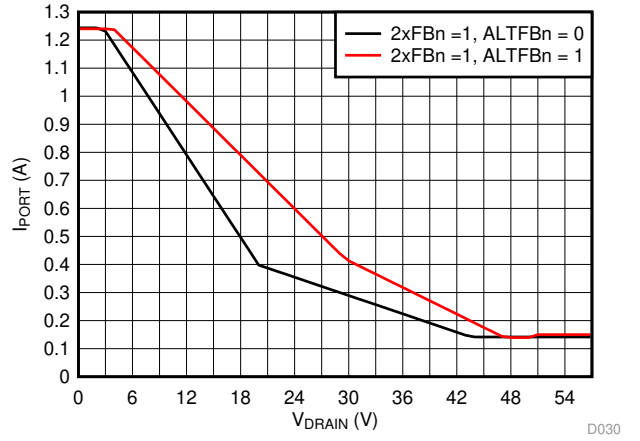



图 30. 2x 模式 (2xFBn = 1) 电流折返与漏极电压间的关系


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

# 8 参数测量信息

## 8.1 时序图

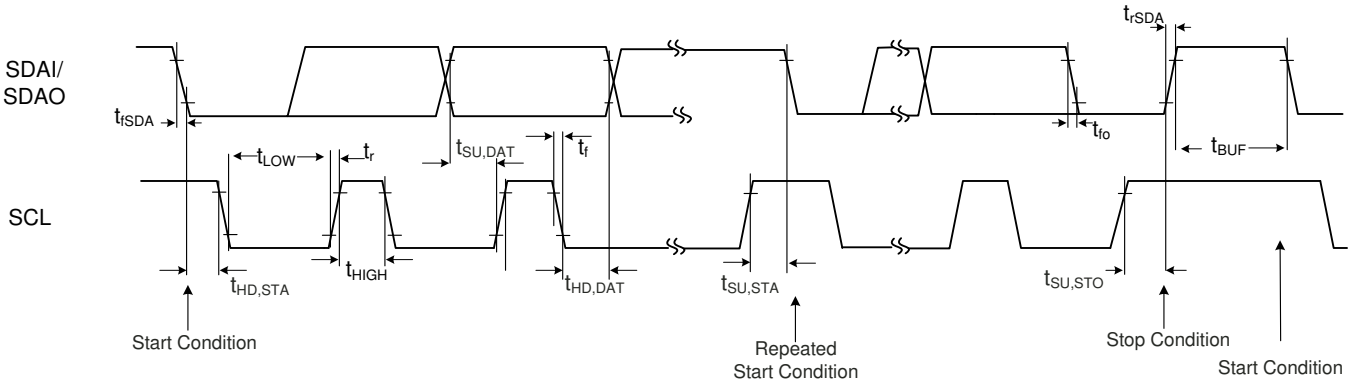



图 31. I²C 时序

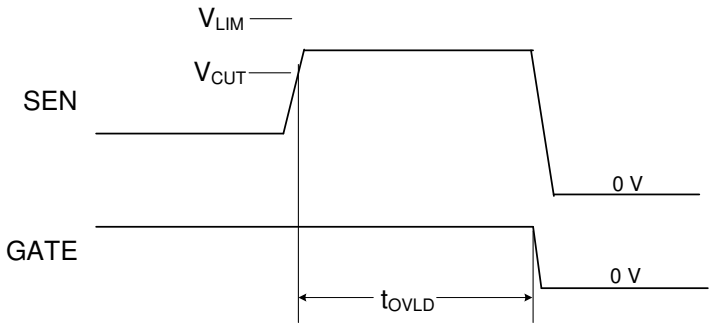



图 32. 过流故障时序

**时序图 (接下页)**

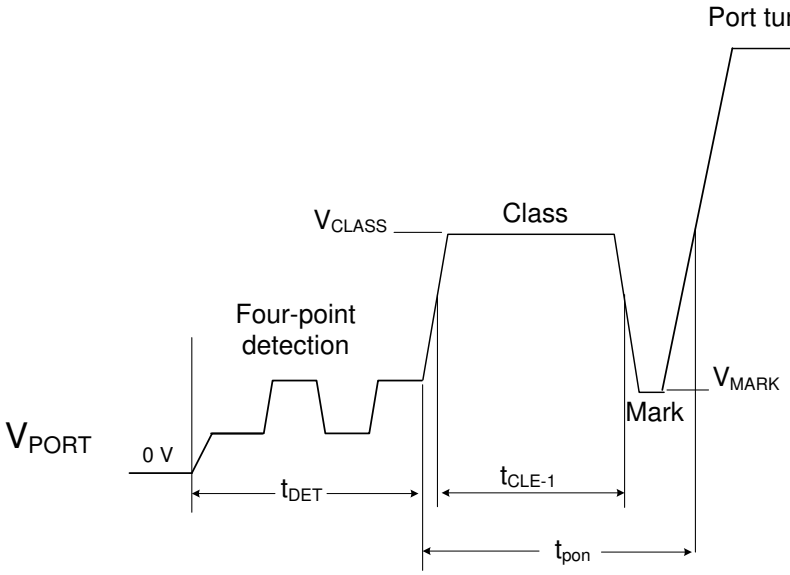



**图 33. 2 线对检测、1 事件分级和开启**

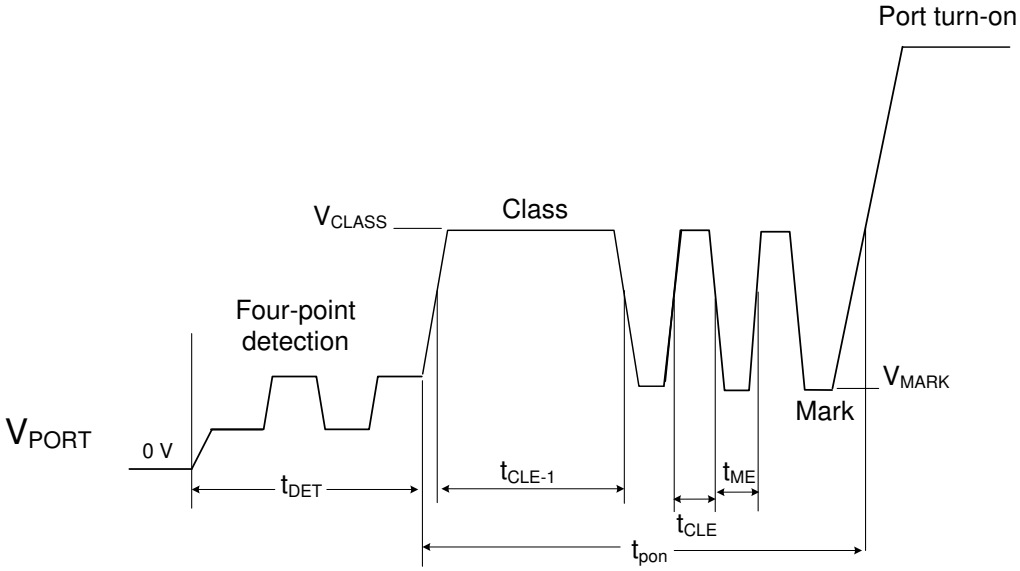



**图 34. 2 线对检测、3 事件分级和开启**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 时序图 (接下页)

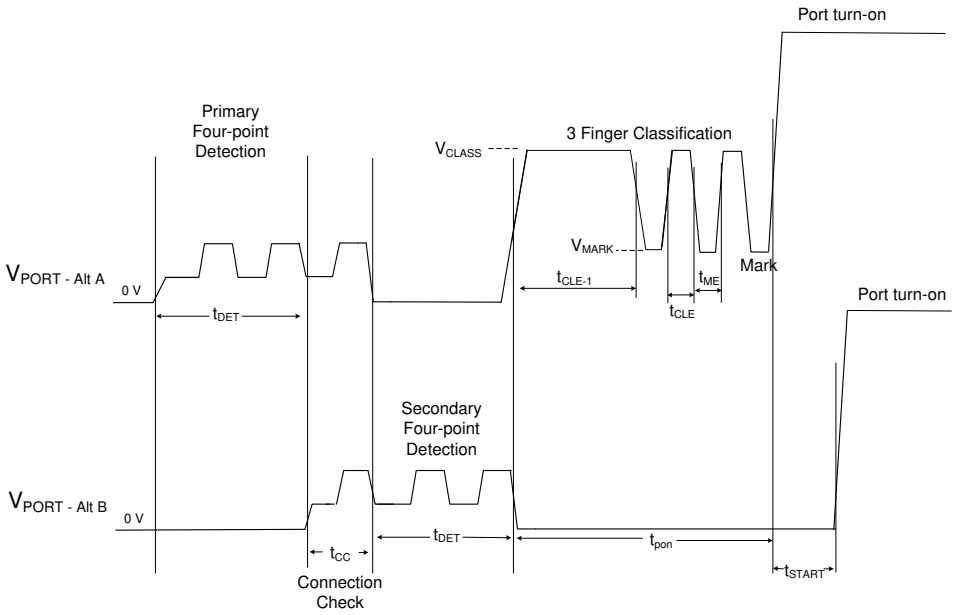



**图 35. 4 线对单一特征检测、3 事件分级和开启**

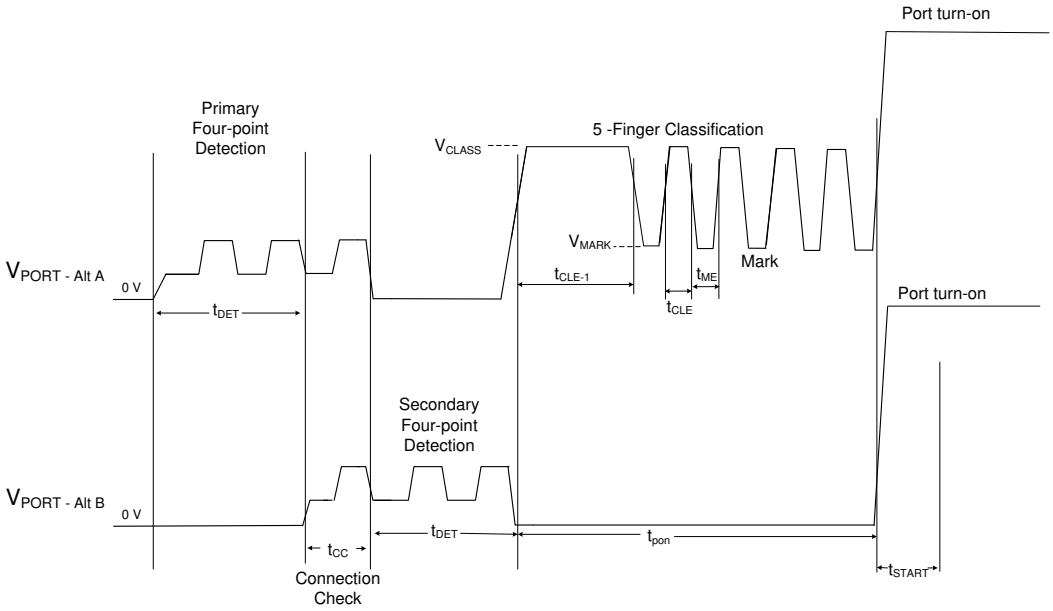



**图 36. 4 线对单一特征检测、5 事件分级和开启**

## 时序图 (接下页)

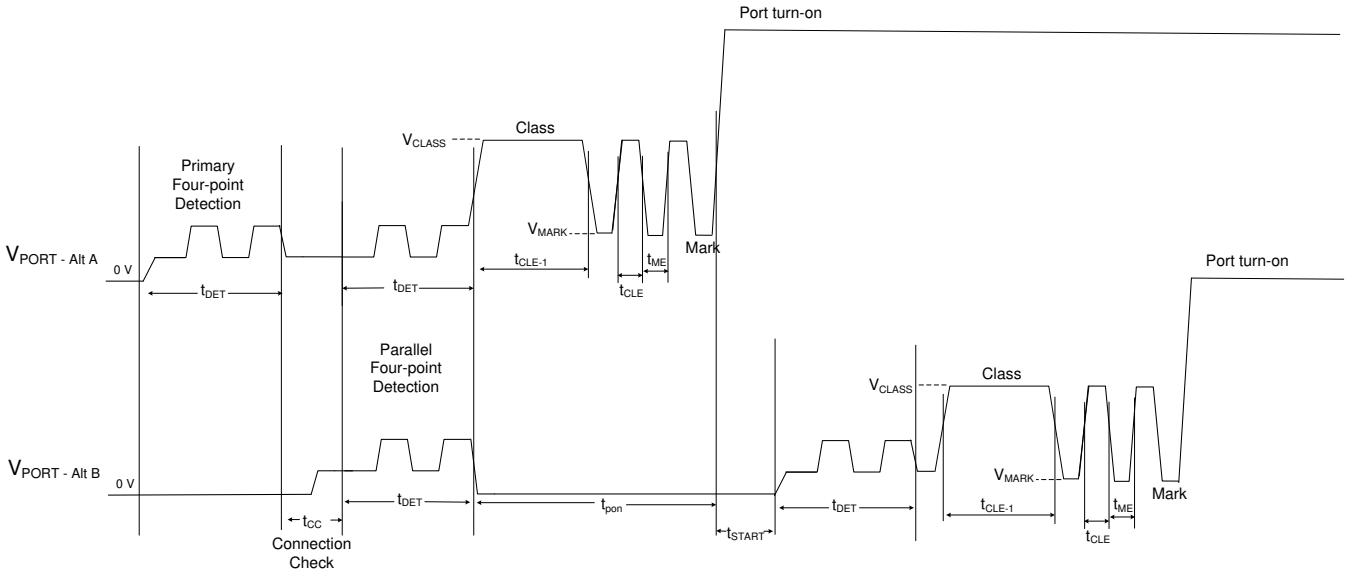



**图 37. 4 线对双特征检测、3 事件分级和开启**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

# 9 详细 说明

## 9.1 概述

TPS23881 是一款八通道 PSE，适用于以太网供电 应用。八个通道中的每一个通道都提供符合 IEEE 802.3bt 标准的检测、分级、保护和关断功能。

基本的 PoE 特性 包括：

- 执行高可靠性 4 点负载检测
- 执行分级，包括 3/4 类（三指、四指或五指），最多可达 8 级负载
- 识别单一特征和双特征 PD
- 使电源实现保护性折返式电流限制和可调节的 $P_{CUT}$ 阈值
- 在过流或输出短路等故障期间关断
- 执行维持功率特征功能以确保在断开负载时断电
- 如果 VPWR 低于 $V_{PUV_F}$（典型值为 26.5V），则会发生欠压锁定。

增强型 特性 包括：

- 可编程 SRAM 存储器
- 各端口专用的 14 位积分电流 ADC
- 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

### 9.1.1 工作模式

#### *9.1.1.1 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。如果测量到有效分级，则会根据寄存器 0x29 中的功率分配设置自动开启端口电源。

#### *9.1.1.2 自主*

与自动模式（自动模式仍需要主机通过一系列 $I^2C$ 命令来初始化 TPS23881 操作）不同，在将器件配置为自主模式时，不需要主机或 $I^2C$ 通信。

在上电期间，测量 AUTO 引脚 ($R_{AUTO}$) 上的电阻，并根据表 15 对器件进行预先配置。在所有端口上自动连续执行检测和分级（如果发生有效检测）。如果测量到有效分级，则会根据寄存器 0x29 中的功率分配设置自动开启端口电源。

对于 仍需要 端口遥测的应用，在自主模式下仍支持 $I^2C$ 功能。

**注**

需要将一个 10nF 的电容器与 $R_{AUTO}$ 进行并联，以确保自主模式选择的稳定性。

器件复位后（寄存器 0x1A 中的 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚或 RESAL 位被置位），将不会测量 AUTO 引脚电阻 ($R_{AUTO}$)。在加电期间（$V_{VPWR}$ 和 $V_{VDD}$ 上升到各自的 UVLO 阈值以上），器件仅会测量 ($R_{AUTO}$) 和预先配置内部寄存器。

**注**

需要对器件 SRAM 进行编程，以支持 希望 在最初以自主模式加电后使器件退出自主模式的应用。

在 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚、I2C 寄存器 0x1A RESAL 或 RESPn 位置位或发出模式关闭命令后，从内部 ROM（SRAM 未编程）以自主模式运行的器件将关闭，然后自动恢复发现并为任何有效负载加电。而在自主模式下运行（SRAM 已编程）的器件将关闭并保持不活动状态，直到主机通过 $I^2C$ 总线重新启用端口。

## 概述 (接下页)

### *9.1.1.3 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”命令。

### *9.1.1.4 手动/诊断*

***仅当无法根据 IEEE 802.3bt 标准通过半自动或自动模式为端口供电时，才使用该模式进行系统诊断。***

端口将执行寄存器中配置的功能。不会自动更改状态。端口将根据命令执行奇异检测和分级测量。在执行电源使能命令之后，无需进行任何检测或分级测量，便会立即开启端口。虽然可提供多个分级事件，但端口电压会在最后一个手指之后立即复位，从而使 PD 复位。

### *9.1.1.5 关闭*

将端口关闭，不执行检测、分级和开启。在此模式下，关联端口的状态位和使能位将被复位。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 概述 (接下页)

### 9.1.2 *通道* 与*端口* 技术

本文档大量使用术语*端口* 和*通道*，但这两个术语**不可互换**。相反，术语*端口* 将用于指代 PSE PI（电源接口），通常与 RJ45 连接器相关联，而术语*通道* 将用于指代与每个*端口* 相关联的各个电源路径。

以前的 PSE 设备通常将受控输出的数量等同为*端口*，因为每个输出专用于在 RJ45 插孔/以太网端口的 ALT-A **或** Alt-B 配对上提供电源。然而，随着采用 4 线对电力输送向 ALT-A **和** ALT-B 两个配对输送电力，现在需要区分 2 线对与 4 线对功能的 PoE *端口*。更重要的是，由于要求每个配对提供单独的电流限制，因此任何 4 线对*端口* 现在将为每个 4 线对*端口* 使用两个*通道*，以确保安全可靠地向每个配对输送电力。

由于 TPS23881 是一款 8 *通道* PSE 控制器，因此它可以配置为支持最多八个 2 线对 PoE *端口* 或四个 4 线对 PoE *端口*，或者是其任意组合，这种情况下每个 2 线对*端口* 占一个*通道*，每个 4 线对*端口* 占两个*通道*。

### 9.1.3 *请求的* 分级与*分配的* 分级

*请求的* 分级是 PSE 在开启之前相互识别期间测量的分级，而*分配的* 分级是基于寄存器 0x29h 中的功率分配设置为通道加电的分级级别。在功率分配等于或超过*请求的* 分级的大多数情况下，*请求的* 和*分配的* 分级将是相同的。但是，在功率降级的情况下，这些值会有所不同。

例如：如果 8 级 PD 连接到 60W（6 级）有限 PSE 端口，则*请求的* 分级将报告“8 级”，而*分配的* 分级将报告“6 级”。

**请求的** 分级结果存储在寄存器 0x0C-0F 中

**分配的** 分级结果存储在寄存器 0x4C-4F 中

**注**

对于非手动/诊断模式下受电的端口/通道，不会为其指定分配的分级。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 概述 (接下页)

### 9.1.4 功率分配和功率降级

寄存器 0x29 中的功率分配设置可设定端口加电的最大功率水平。为了最大限度提高系统设计灵活性，器件提供了从 2 线对 4W（1 级）到最高 4 线对 90W（8 级）的每个分级级别的设置。

**注**

寄存器 0x29 中的功率分配设置不会设置给定端口的功率限制。端口和通道功率限制是用 2P（寄存器 0x1E- x 21）和 4P (0x2A - x2B) 管制寄存器进行配置的

在尝试开启期间，如果 PD 呈现的分级级别大于端口的功率分配设置，则 TPS23881 会根据寄存器 0x29 中的功率分配设置来限制在开启之前呈现给 PD 的分级手指数量。此行为称为*功率降级*，因为向 PD 呈现的手指数量将设置让 PSE 禁用 PD 之前允许 PD 消耗的最大功率级别。

**注**

端口上的功率降级仅限于类型边界，因为从 PSE 到 PD 的唯一通信方式是开启之前分级手指的数量。

1 个手指 = 15.4W，3 个手指 = 30W，4 个手指 = 60W，5 个手指 = 90W

**表 1. 单一特征 PD 功率降级表**

| 功率分配寄存器 0x29 | 分配的分级值（基于在端口上连接的 PD） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 级 PD | 4 级 PD | 5 级 PD | 6 级 PD | 7 级 PD | 8 级 PD |
| 4 线对 15W | 3 级 | 3 级 | 3 级 | 3 级 | 3 级 | 3 级 |
| 4 线对 30W | 3 级 | 4 级 | 4 级 | 4 级 | 4 级 | 4 级 |
| 4 线对 45W | 3 级 | 4 级 | 5 级 | **4 级** | 5 级 | 5 级 |
| 4 线对 60W | 3 级 | 4 级 | 5 级 | 6 级 | 6 级 | 6 级 |
| 4 线对 75W | 3 级 | 4 级 | 5 级 | 6 级 | 7 级 | **6 级** |
| 4 线对 90W | 3 级 | 4 级 | 5 级 | 6 级 | 7 级 | 8 级 |

**表 2. 双特征 PD 功率降级表**

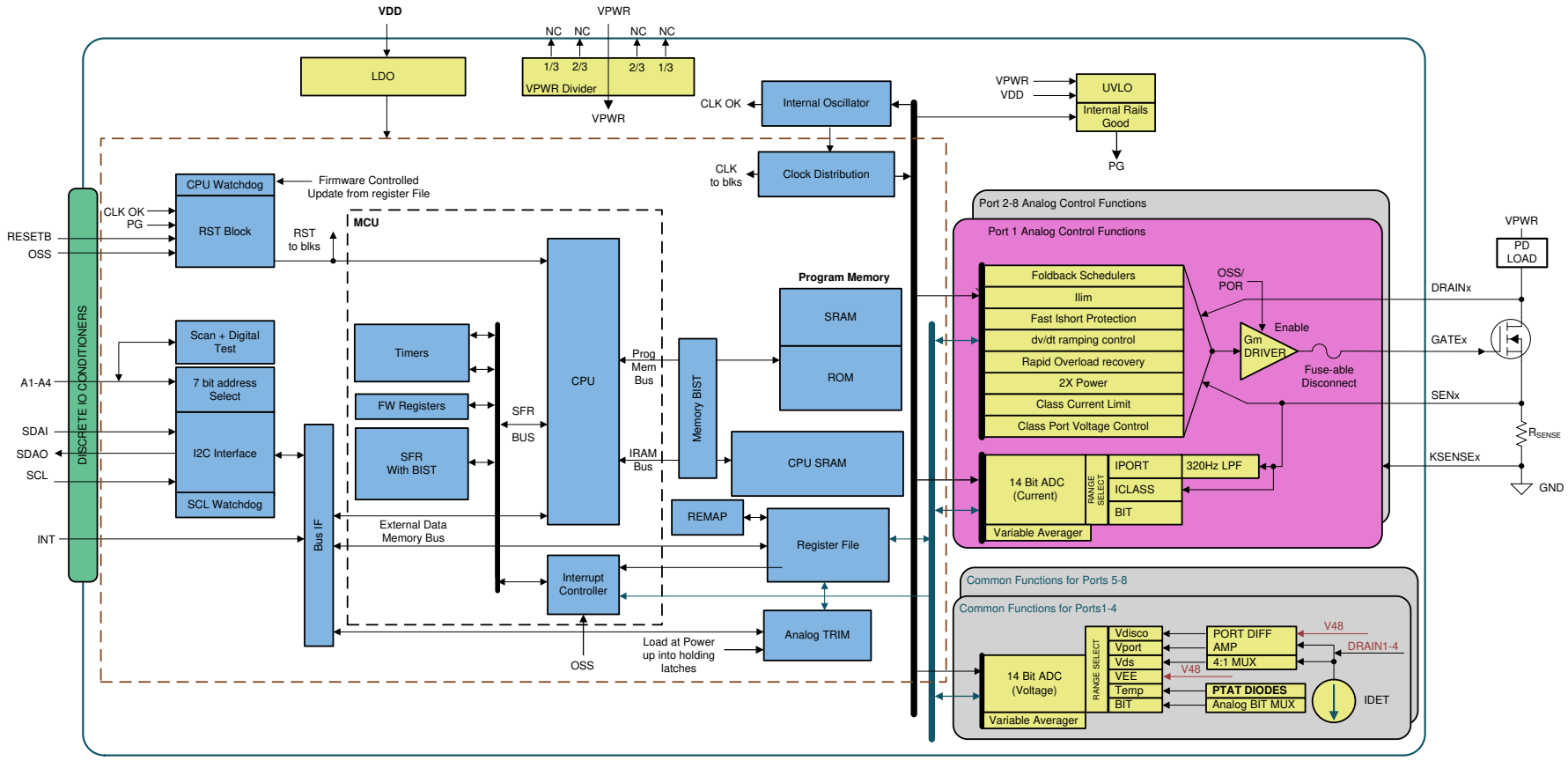
| 功率分配寄存器 0x29 | 分配的分级值（基于在端口上连接的 PD） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3D 级 PD | | 4D 级 PD | | 5D 级 PD | |
| | 奇数通道（主） | 偶数通道（辅助） | 奇数通道（主） | 偶数通道（辅助） | 奇数通道（主） | 偶数通道（辅助） |
| 4 线对 15W | 3 级 | 功率不足 | 3 级 | 功率不足 | 3 级 | 功率不足 |
| 4 线对 30W | 3 级 | 3 级 | 4 级 | 功率不足 | 4 级 | 功率不足 |
| 4 线对 45W | 3 级 | 3 级 | 4 级 | 3 级 | 5D 级 | 功率不足 |
| 4 线对 60W | 3 级 | 3 级 | 4 级 | 4 级 | 5D 级 | 3 级 |
| 4 线对 75W | 3 级 | 3 级 | 4 级 | 4 级 | 5D 级 | 4 级 |
| 4 线对 90W | 3 级 | 3 级 | 4 级 | 4 级 | 5D 级 | 5D 级 |

**注**

“X-D”类双特征 PD 在每个备选配对上显示为“X”类。例如：“4D 级”PD 将在备选方案 A 和备选方案 B 配对上显示为“4 级”。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 9.2 功能方框图


VDD
VPWR
NC NC NC NC
1/3 2/3 2/3 1/3
VPWR Divider
LDO
CLK OK
Internal Oscillator
VPWR
VDD
UVLO
Internal Rails Good
PG
CLK to blks
Clock Distribution
CPU Watchdog
Firmware Controlled Update from register File
CLK OK
PG
RESETB
OSS
RST Block
RST to blks
MCU
Port 2-8 Analog Control Functions
Port 1 Analog Control Functions
Foldback Schedulers
Ilim
Fast Ishort Protection
dv/dt ramping control
Rapid Overload recovery
2X Power
Class Current Limit
Class Port Voltage Control
OSS/ POR
Enable
Gm DRIVER
Fuse-able Disconnect
VPWR
PD LOAD
DRAINx
GATEx
SENx
RSENSE
KSENSEx
GND
DISCRETE IO CONDITIONERS
Scan + Digital Test
A1-A4
7 bit address Select
SDAI
SDAO
SCL
I2C Interface
SCL Watchdog
INT
Bus I/F
Timers
FW Registers
SFR With BIST
SFR BUS
CPU
Prog Mem Bus
IRAM Bus
Memory BIST
Program Memory
SRAM
ROM
CPU SRAM
REMAP
Register File
External Data Memory Bus
Interrupt Controller
Analog TRIM
OSS
Load at Power up into holding latches
14 Bit ADC (Current)
RANGE SELECT
IPORT
ICLASS
BIT
320Hz LPF
Variable Averager
Common Functions for Ports 5-8
Common Functions for Ports1-4
14 Bit ADC (Voltage)
RANGE SELECT
Vdisco
Vport
Vds
VEE
Temp
BIT
PORT DIFF AMP
4:1 MUX
V48
DRAIN1-4
PTAT DIODES
Analog BIT MUX
IDET
Variable Averager

## 9.3 功能 说明

### 9.3.1 端口重映射

TPS23881 提供从逻辑端口到物理通道和引脚的端口重映射功能。

重映射在 4 端口组的任何通道之间（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) ↔ 物理通道 2 (6)
- 逻辑端口 2 (6) ↔ 物理通道 3 (7)
- 逻辑端口 3 (7) ↔ 物理通道 4 (8)
- 逻辑端口 4 (8) ↔ 物理通道 1 (5)

**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 TPS23881 收到错误的配置，它将忽略该错误配置并保留以前的配置。通信结束时会照常发送 ACK。例如，如果针对多个端口接收到相同的重映射代码，则重映射寄存器 (0x26) 的回读将是最后一个有效配置。

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 RESET 引脚，则重映射寄存器将重新初始化为默认值。

### 9.3.2 端口功率优先级

TPS23881 支持 1 位和 3 位关断优先级，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。值为 1 的 OSSn 位表示将相应端口视为低优先级，而值为 0 则对应于高优先级。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 38。

多位端口优先级的实现定义如下：

- OSS代码 ≤ 优先级设置（0x27/28 寄存器）：端口被禁用
- OSS代码 > 优先级设置（0x27/28 寄存器）：端口保持活动状态

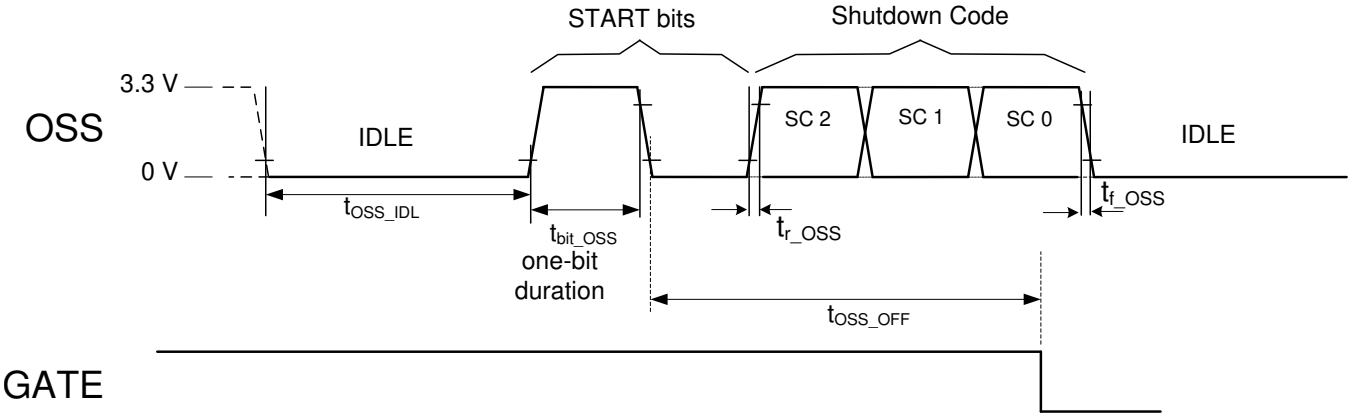



**图 38. 如果是较低优先级端口，多位优先级端口将关断**

**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 200µs，以避免与 OSS 位流失去同步而导致的任何端口错误行为。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

功能 说明 (接下页)

**注**

OSS 输入具有内部 1µs 至 5µs 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。

**注**

要确保在 OSS 事件期间禁用 4 线对端口的两个通道，请确保这两个通道在 0x15 或 0x27/28 寄存器中具有相同的配置。

### 9.3.3 模数转换器 (ADC)

TPS23881 具有 10 个多斜率积分转换器。前八个转换器中的每一个转换器专用于一个通道的电流测量，并独立运行以便在分级期间和通道加电时执行测量。当通道受电时，转换器用于电流（平均为 100ms）监测、电源管制和直流断开。最后两个转换器中的每一个转换器在一组（四个）通道内共享，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。这些转换器还用于通用测量，包括输入电压 (1ms) 和裸片温度的测量。

TPS23881 中使用的 ADC 类型与其他类似转换器类型的不同之处在于，这些 ADC 在输入信号由积分器采样时持续进行转换，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 800µs，而其他转换器的转换时间为 1ms。由于通过平均 16 个连续采样来执行受电器件检测，因此可以在 50Hz 或 60Hz 线路频率下显著抑制噪声。端口受电时，数字平均功能可在 100ms 的时间段内整合通道电流测量。请注意，对于受电电流监测，存在抗混叠滤波器。

**注**

在受电模式下将连续执行电流转换。此外，在受电模式下，$t_{START}$ 计时器必须到期之后才能开始任何电流或电压 ADC 转换。

### 9.3.4 $I^2C$ 看门狗

TPS23881 器件上提供一个 $I^2C$ 看门狗计时器。该计时器监控 $I^2C$、SCL 线的时钟边沿。启用看门狗后，看门狗超时将使 $I^2C$ 接口以及所有活动端口复位。此功能可在发生软件挂起事件或由从器件挂起 $I^2C$ 总线时提供保护。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，则从器件可能将数据线无限期拉低。由于数据线被拉低，因此主器件无法发送 STOP 来清理总线。激活 TPS23881 的 $I^2C$ 看门狗功能可以清除这种死锁情况。如果两秒钟的计时器到期，则端口将锁定并且 WD 状态位将置位。请注意，即使未启用看门狗，也会设置 WD 状态。若要清除 WD 状态位，只能使器件复位或向 WDS 状态位位置写入 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 TPS23881 最初受电时，该字段预设为 1011b。有关更多详细信息，请参阅 *I2C 看门狗寄存器* 。

## 功能 说明 (接下页)

### 9.3.5 电流折返保护

TPS23881 通过 两种类型的折返机制实现全面的 MOSFET 保护。

在浪涌期间，当通道开启时，折返基于通道电压，如图 39 所示。请注意，无论寄存器 0x40 中的 2xFBn 位的状态如何，浪涌电流曲线都保持不变。

在通道受电且电源正常信号有效后会使用双斜率操作折返，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，设置 2xFBn 位将选择 2× 曲线，而并清除此位将选择 1× 曲线。请参阅图 40。

除了默认的折返曲线外，TPS23881 还为浪涌和受电操作提供了单独启用的*备用* 折返曲线。根据设计，这些曲线可以适应某些不完全符合 IEEE 标准的负载，并且需要额外的电源才能开启或保持受电。请参阅图 39 和图 40。

**注**

如果使用备用折返曲线（ALTIRn 或 ALTFBn = 1），设计人员需要在这些条件下考虑 FET 中可能出现的额外功耗。

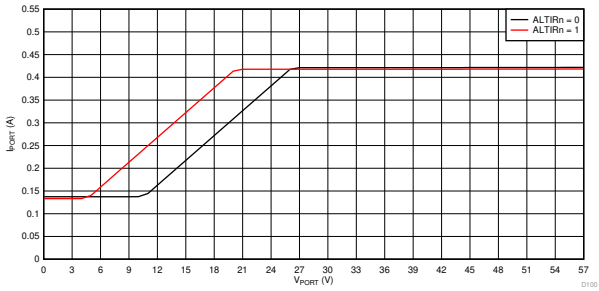



**图 39. 浪涌期间折返（端口开启时）：$I_{LIM}$ 与 $V_{port}$ 间的关系**

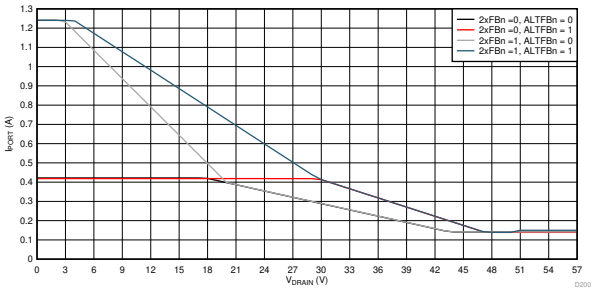



**图 40. 端口已开启时折返：$I_{LIM}$ 与 $V_{drain}$ 间的关系**

## 9.4 器件功能模式

### 9.4.1 检测

为了消除误检测的可能性，TPS23881 使用 TI 专有的 4 点检测方法来确定 PD 器件的特征电阻。在噪声环境中或高容性负载条件下，使用 2 点检测类型 PSE 可能会误检测有效的 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 (160μA) 应用于某个通道，等待大约 60ms，然后使用积分 ADC 测量通道电压 (V1)。随后，检测 2 将 I2 (270μA) 应用于该通道，再次等待大约 60ms，然后再次测量通道电压 (V2)。然后，第二次重复该过程以捕获第三 (V3) 和第四 (V4) 通道电压测量值。对所有四个测量点组合执行多重比较和计算，从而消除非线性或迟滞 PD 特征的影响。然后将得到的通道特性分级到适当的类别中。

**注**

检测电阻测量结果也会存储在通道检测电阻寄存器 (0x44 - 0x47) 中。

### 9.4.2 连接检查

对于 4 线对配置的端口，TPS23881 在测量任一通道上的有效检测后立即执行连接检查。在连接检查期间将会探测两个通道以确定端口上存在单一特征负载还是双特征负载，并且该测量的结果在寄存器 0x1C 的下半字节（4 位）中提供。准确确定单一特征还是双特征对于端口的 PSE 管理至关重要。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

器件功能模式 (接下页)

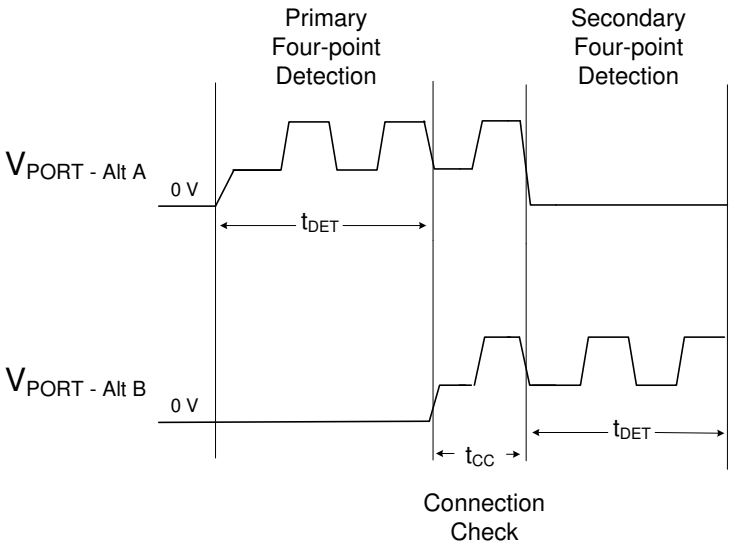



图 41. 在单一特征负载条件下 4 线对端口的检测和连接检查波形

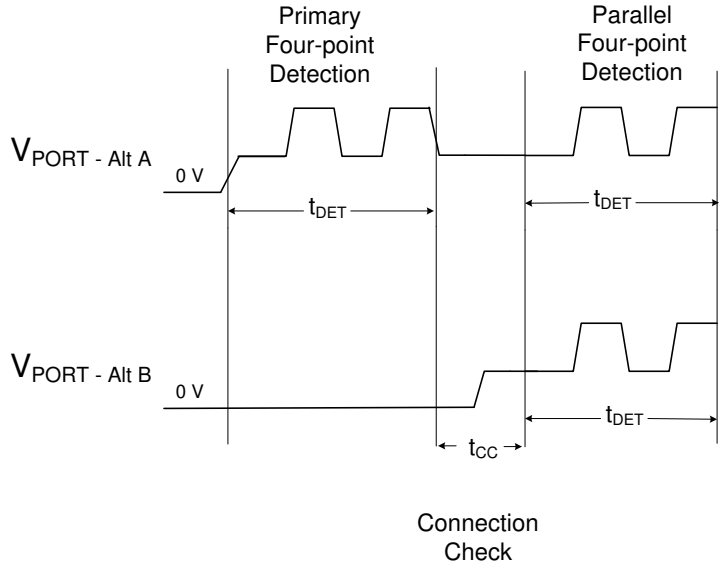



图 42. 在双特征负载条件下 4 线对端口的检测和连接检查波形

### 9.4.3 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（级）。为了避免分级事件在电源控制器芯片中产生高功耗，TPS23881 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。控制环路采用适当的 MOSFET 驱动器来保持 VPWR 和 DRAIN 之间的差分电压为 18.5V。在分级期间会测量 MOSFET 源极中的检测电阻两端的电压，并将其转换为 TPS23881 内的一个分级级别。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减小到线性控制的短路值。

通过 $I^2C$ 检测事件寄存器和通道 n 发现寄存器来读取分级结果。TPS23881 还支持 1、3、4 或 5 手指分级，适用于从 0 级到 8 级的 PD，并使用电源使能寄存器和端口功率分配寄存器。

## 器件功能模式 (接下页)

### 9.4.4 直流断开

断开是关闭端口电源的自动化过程。当端口为空载或至少低于最小负载时，需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。启用直流断开功能后，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。只要端口电流低于断开阈值（6.5mA 或 4.5mA，具体取决于端口配置），$T_{DIS}$ 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。在 PD 实现 MPS（维持功率特征）电流脉冲的情况下，每当电流持续高于断开阈值至少 3ms 时，$T_{DIS}$ 计数器就会复位。

$T_{DIS}$ 持续时间由计时配置寄存器 (0x16) 的 $T_{MPDO}$ 位进行置位。

**注**

如果连接了 4 级或更低的 4 线对单一特征 PD，TPS23881 将在电流低于断开阈值后立即关闭一个通道（没有 $T_{MPDO}$ 超时），同时保持第二个通道受电。该通道将在剩余通道上的电流超过 75mA 时重新受电。或者，如果剩余通道上的电流低于断开阈值的时间超过 $T_{MPDO}$ 超时值，则将关断端口并设置故障事件寄存器中的相应断开位。

**注**

如果 4 线对双特征 PD 的两个通道都受电，则寄存器 0x2D 中的 DCDTx 位会在开启后自动置位，从而确保使用符合 IEEE 标准的 4.5mA 阈值。

**注**

如果 4 线对单一特征 5-8 级 PD 受电，则寄存器 0x2D 中的 DCDTx 位会在开启后自动置位，从而确保使用符合 IEEE 标准的 4.5mA 阈值。

## 9.5 $I^2C$ 编程

### 9.5.1 $I^2C$ 串行接口

TPS23881 具有 3 线制 $I^2C$ 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发送一个确认位。SDAI/SDAO 保持稳定，而 SCL 为高电平，但在启动或停止条件下除外。

图 43 和图 44 显示了使用配置 A 或 B 通过 $I^2C$ 接口进行的读写操作（有关更多详细信息，请参阅表 25）。参数读取操作适用于 ADC 转换结果。TPS23881 可 通过 $I^2C$ 总线快速访问最新寻址的寄存器。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 TPS23881 器件执行写操作。此广播访问期间的从器件地址为 0x7F，如 *引脚状态寄存器* 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。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## I²C 编程 (接下页)

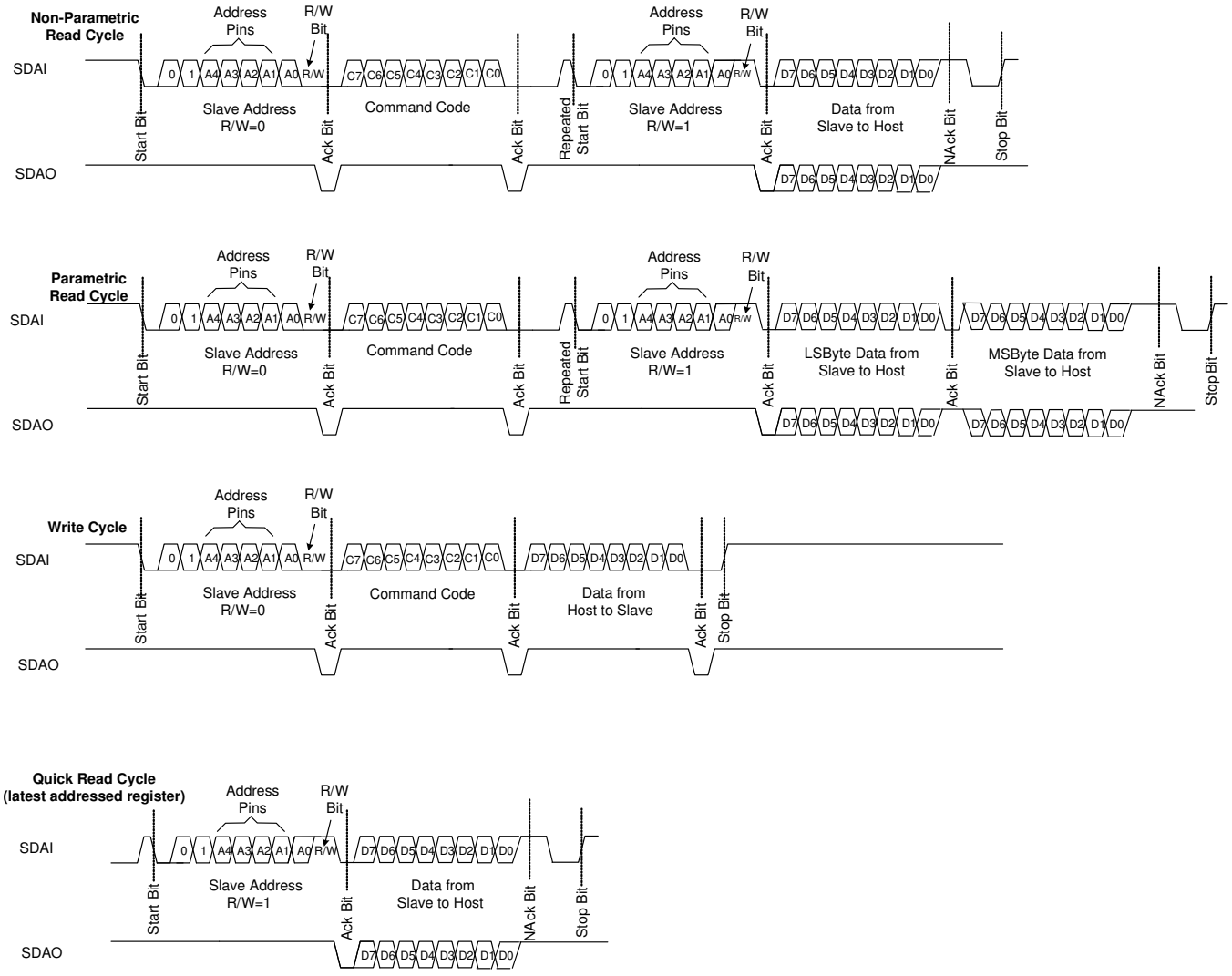



图 43. I²C 接口读写协议 – 配置 A

## I²C 编程 (接下页)

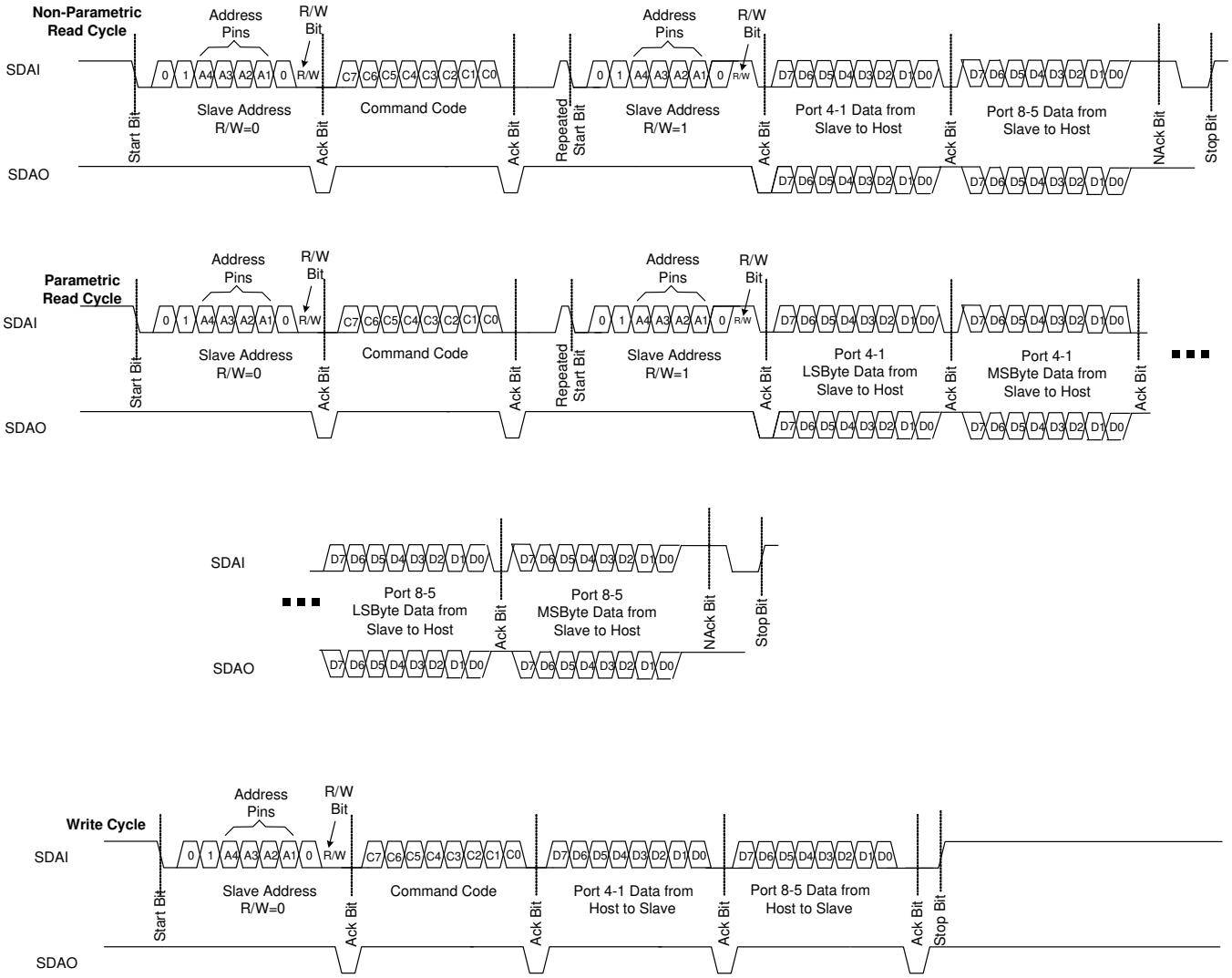



**图 44. I²C 接口读写协议 – 配置 B**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 9.6 寄存器映射

### 9.6.1 完整寄存器组

**表 3. 主寄存器**

| 命令代码 | 寄存器或<br>命令名称 | I²C<br>R/W | 数据<br>字节 | RST 状态 | 位 说明 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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<br>*1110,0100b*(2) | 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 PCUT 故障 | | | |
| 07h | | CoR | 1 | | DISF4 | DISF3 | DISF2 | DISF1 | PCUT4 | PCUT3 | PCUT2 | PCUT1 |
| 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/故障事件 | RO | 1 | 0111,0000b(3) | TSD | VDUV | VDWRN | VPUV | PCUT34 | PCUT12 | OSSE | RAMFLT |
| 0Bh | | CoR | 1 | | | | | | | | | |
| **状态** | | | | | | | | | | | | |
| 0Ch | 通道 1 发现 | RO | 1 | 0000,0000b | 请求的分级通道 1 | | | | 检测通道 1 | | | |
| 0Dh | 通道 2 发现 | RO | 1 | 0000,0000b | 请求的分级通道 2 | | | | 检测通道 2 | | | |
| 0Eh | 通道 3 发现 | RO | 1 | 0000,0000b | 请求的分级通道 3 | | | | 检测通道 3 | | | |
| 0Fh | 通道 4 发现 | RO | 1 | 0000,0000b | 请求的分级通道 4 | | | | 检测通道 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 | AUTO,A[4:0],0,0 | AUTO | SLA4 | SLA3 | SLA2 | SLA1 | SLA0 | 保留 | 保留 |
| **配置** | | | | | | | | | | | | |
| 12h | 工作模式 | R/W | 1 | 0000,0000b | 通道 4 模式 | | 通道 3 模式 | | 通道 2 模式 | | 通道 1 模式 | |
| 13h | 断开使能 | R/W | 1 | 0000,1111b | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 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/PCUT 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 | 保留 | nbitACC | MbitPrty | CLCHE | DECHE | 保留 | |

(1) 显示的 SUPF 位复位状态仅在加电时
(2) 如果器件在自主模式下加电，则寄存器 0x01 初始化为 0xE4h
(3) 显示的仅是加电时的 VDUV、VPUV 和 VDWRN 位复位状态

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 寄存器映射 (接下页)

**表 3. 主寄存器 (接下页)**

| 命令代码 | 寄存器或命令名称 | I²C R/W | 数据字节 | RST 状态 | 位 说明 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 复位 | WO | 1 | 0000,0000b | CLRAIN | CLINP | 保留 | RESAL | RESP4 | RESP3 | RESP2 | RESP1 |
| **通用/专用** | | | | | | | | | | | | |
| 1Bh | ID | RO | 1 | 0101,0101b | MFR ID | | | | | IC 版本 | | |
| 1Ch | AUTOCLASS 和连接检查 | RO | 1 | 0000,0000b | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | CC34_2 | CC34_1 | CC12_2 | CC12_1 |
| 1Dh | 保留 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | | | | | | | |
| 1Eh | 2P 管制 1 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 2 线对管制通道 1 | | | | | | | |
| 1Fh | 2P 管制 2 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 2 线对管制通道 2 | | | | | | | |
| 20h | 2P 管制 3 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 2 线对管制通道 3 | | | | | | | |
| 21h | 2P 管制 4 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 2 线对管制通道 4 | | | | | | | |
| 22h | CAP 测量(4) | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | CDET4 | 保留 | CDET3 | 保留 | CDET2 | 保留 | CDET1 |
| 23h | 保留 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 |
| 24h | 加电故障 | RO | 1 | 0000,0000b | PF 通道 4 | | PF 通道 3 | | PF 通道 2 | | PF 通道 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 | 多位优先级 21 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 2 | | | 保留 | 通道 1 | | |
| 28h | 多位优先级 43 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 4 | | | 保留 | 通道 3 | | |
| 29h | 端口功率分配 | R/W | 1 | 0000,0000b | 4P34 | MC34 | | | 4P12 | MC12 | | |
| 2Ah | 4P 管制 12 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 4 线对管制通道 1 和 2 | | | | | | | |
| 2Bh | 4P 管制 34 配置 | R/W | 1 | 1111,1111b | 4 线对管制通道 3 和 4 | | | | | | | |
| 2Ch | 温度 | RO | 1 | 0000,0000b | 温度 ( 位 7 至 0 ) | | | | | | | |
| 2Dh | 4P 故障配置 | R/W | 1 | 0000,0000b | NLM34 | NLM12 | NCT34 | NCT12 | 4PPCT34 | 4PPCT12 | DCDT34 | DCDT12 |
| 2Eh | 输入电压 | RO | 2 | 0000,0000b | 输入电压：LSByte | | | | | | | |
| 2Fh | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 输入电压：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| **扩展寄存器组 – 参数测量** | | | | | | | | | | | | |
| 30h | 通道 1 电流 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 1 电流：LSByte | | | | | | | |
| 31h | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 1 电流：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 32h | 通道 1 电压 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 1 电压：LSByte | | | | | | | |
| 33h | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 1 电压：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |

(4) 仅当对 SRAM 代码进行编程后才支持电容测量


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**表 4. 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 说明 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34h | 通道 2 电流 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 2 电流：LSByte | | | | | | | |
| 35h | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 2 电流：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 36h | 通道 2 电压 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 2 电压：LSByte | | | | | | | |
| 37h | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 2 电压：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 38h | 通道 3 电流 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 3 电流：LSByte | | | | | | | |
| 39h | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 3 电流：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 3Ah | 通道 3 电压 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 3 电压：LSByte | | | | | | | |
| 3Bh | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 3 电压：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 3Ch | 通道 4 电流 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 4 电流：LSByte | | | | | | | |
| 3Dh | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 4 电流：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| 3Eh | 通道 4 电压 | RO | 2 | 0000,0000b | 通道 4 电压：LSByte | | | | | | | |
| 3Fh | | RO | | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 通道 4 电压：MSByte ( 位 13 至 8 ) | | | | | |
| **配置/其他** | | | | | | | | | | | | |
| 40h | 通道折返 | R/W | 1 | 0000,0000b | 2xFB4 | 2xFB3 | 2xFB2 | 2xFB1 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 |
| 41h | 固件版本 | RO | 1 | RRRR,RRRRb | 固件版本 | | | | | | | |
| 42h | I2C 看门狗 | R/W | 1 | 0001,0110b | 保留 | 保留 | 保留 | 看门狗禁用 | | | | WDS |
| 43h | 器件 ID | RO | 1 | 0010,0010b | 器件 ID 号 | | | | 器件版本号 | | | |
| **特征测量** | | | | | | | | | | | | |
| 44h | 通道 1 检测电阻 | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 1 电阻 | | | | | | | |
| 45h | 通道 2 检测电阻 | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 2 电阻 | | | | | | | |
| 46h | 通道 3 检测电阻 | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 3 电阻 | | | | | | | |
| 47h | 通道 4 检测电阻 | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 4 电阻 | | | | | | | |
| 48h | Ch1 CAP 测量(1) | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 1 电容 | | | | | | | |
| 49h | Ch2 CAP 测量(1) | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 2 电容 | | | | | | | |
| 4Ah | Ch3 CAP 测量(1) | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 3 电容 | | | | | | | |
| 4Bh | Ch4 CAP 测量(1) | RO | 1 | 0000,0000b | 通道 4 电容 | | | | | | | |

(1) 仅当对 SRAM 代码进行编程后才支持电容测量

**表 4. 主寄存器 (接下页)**

| 命令代码 | 寄存器或命令名称 | I²C R/W | 数据字节 | RST 状态 | 位 说明 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **分配的通道状态** | | | | | | | | | | | | |
| 4Ch | 分配的分级通道 1 | RO | 1 | 0000,0000b | 分配的分级通道 1 | | | | 先前的分级通道 1 | | | |
| 4Dh | 分配的分级通道 2 | RO | 1 | 0000,0000b | 分配的分级通道 2 | | | | 先前的分级通道 2 | | | |
| 4Eh | 分配的分级通道 3 | RO | 1 | 0000,0000b | 分配的分级通道 3 | | | | 先前的分级通道 3 | | | |
| 4Fh | 分配的分级通道 4 | RO | 1 | 0000,0000b | 分配的分级通道 4 | | | | 先前的分级通道 4 | | | |
| **AUTOCLASS 配置/测量** | | | | | | | | | | | | |
| 50h | AUTOCLASS 控制 | R/W | 1 | 0000,0000b | MAC4 | MAC3 | MAC2 | MAC1 | AAC4 | AAC3 | AAC2 | AAC1 |
| 51h | 通道 1 AUTOCLASS 功率 | RO | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 1 AutoClass 功率 | | | | | | |
| 52h | 通道 2 AUTOCLASS 功率 | RO | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 2 AutoClass 功率 | | | | | | |
| 53h | 通道 3 AUTOCLASS 功率 | RO | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 3 AutoClass 功率 | | | | | | |
| 54h | 通道 4 AUTOCLASS 功率 | RO | 1 | 0000,0000b | 保留 | 通道 4 AutoClass 功率 | | | | | | |
| **其他** | | | | | | | | | | | | |
| 55h | 备用折返 | R/W | 1 | 0000,0000b | ALTFB4 | ALTFB3 | ALTFB2 | ALTFB1 | ALTIR4 | ALTIR3 | ALTIR2 | ALTIR1 |
| 56h - 5Fh | 保留 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 |
| **SRAM** | | | | | | | | | | | | |
| 60h | SRAM 控制 | R/W | 1 | 0000,0000b | PROG_SEL | CPU_RST | 保留 | PAR_EN | RAM_EN | PAR_SEL | RZ/W | CLR_PTR |
| 61h | SRAM 数据 | R/W | - | - | SRAM 数据 - 读取和写入（连续） | | | | | | | |
| 62h | 起始地址 | R/W | 1 | 0000,0000b | 编程起始地址 (LSB) | | | | | | | |
| 63h | | R/W | 1 | 0000,0000b | 编程起始地址 (MSB) | | | | | | | |
| 64h - 6Fh | 保留 | R/W | 1 | 0000,0000b | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

### 9.6.2 详细的寄存器说明

#### *9.6.2.1 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 INT 输出。

**图 45. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 5. 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或 SRAM 存储器故障<br>SUPF = TSD \|\| VDUV \|\| VDWRN \|\| VPUV \|\| RAMFLT<br>1 = 至少发生了一个电源事件故障或 SRAM 存储器故障<br>0 = 未发生此类事件 |
| 6 | STRTF | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了 $t_{START}$ 故障。<br>STRTF = STRT1 \|\| STRT2 \|\| STRT3 \|\| STRT4<br>1 = 至少一个通道发生了 $t_{START}$ 故障<br>0 = 未发生 $t_{START}$ 故障 |
| 5 | IFAULT | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了 $t_{OVLD}$ 或 $t_{LIM}$ 故障。<br>IFAULT = PCUT1 \|\| PCUT2 \|\| PCUT3 \|\| PCUT4 \|\| PCUT34 \|\| PCUT12 \|\| ILIM1 \|\| ILIM2 \|\| ILIM3 \|\| ILIM4<br>1 = 至少一个通道发生了 $t_{OVLD}$ 和/或 $t_{LIM}$ 故障<br>0 = $t_{OVLD}$ 和 $t_{LIM}$ 故障均未发生 |
| 4 | CLASC | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了至少一个分级周期<br>CLASC = CLSC1 \|\| CLSC2 \|\| CLSC3 \|\| CLSC4<br>1 = 至少一个通道上发生了至少一个分级周期<br>0 = 未发生分级周期 |
| 3 | DETC | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了至少一个检测周期<br>DETC = DETC1 \|\| DETC2 \|\| DETC3 \|\| DETC4<br>1 = 至少一个通道上发生了至少一个检测周期<br>0 = 未发生检测周期 |
| 2 | DISF | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了断开事件。<br>DISF = DISF1 \|\| DISF2 \|\| DISF3 \|\| DISF4<br>1 = 至少一个通道发生了断开事件<br>0 = 未发生断开事件 |
| 1 | PGC | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了电源正常状态变化。<br>PGC = PGC1 \|\| PGC2 \|\| PGC3 \|\| PGC4<br>1 = 在至少一个通道上发生了电源正常状态变化<br>0 = 未发生电源正常状态变化 |
| 0 | PEC | R | 0 | 表示在至少一个通道上发生了电源使能状态变化<br>PEC = PEC1 \|\| PEC2 \|\| PEC3 \|\| PEC4<br>1 = 在至少一个通道上发生了电源使能状态变化<br>0 = 未发生电源使能状态变化 |

#### 9.6.2.2 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 46. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 6. 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。<br>1 = 电源事件故障将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>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。<br>1 = $t_{START}$ 故障将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>0 = $t_{START}$ 故障将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。 |
| 5 | IFMSK | R/W | 0 | $t_{OVLD}$ 或 $t_{LIM}$ 故障屏蔽位。<br>1 = 发生 $t_{OVLD}$ 和/或 $t_{LIM}$ 故障将激活 $\overline{INT}$ 输出<br>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。<br>1 = 发生分级周期将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>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。<br>1 = 发生检测周期将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>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。<br>1 = 发生断开事件将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>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。<br>1 = 电源正常状态变化将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>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。<br>1 = 电源使能状态变化将激活 $\overline{INT}$ 输出。<br>0 = 电源使能状态变化将对 $\overline{INT}$ 输出无影响。 |

**注**

如果通过将一个有效的 $R_{AUTO}$ 电阻器连接到 AUTO 引脚将器件配置为自主模式，则该寄存器的内容在加电时初始化为 0xE4。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.3 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。

每个位 xxx1-4 表示一个单独的通道。

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 说明中所述。

**图 47. 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 |

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

**表 7. 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。<br>1 = 发生了电源正常状态变化<br>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。<br>1 = 发生了电源使能状态变化<br>0 = 未发生电源使能状态变化 |

**注**

对于 4 线对有线端口，PECn 位将随每个通道的状态变化而单独更新。

对于 4 线对单一特征器件，只有在两个通道上的状态都发生变化后，才会设置 PGCn 位。这样做是为了防止可能发生双中断的情况，因为第二个通道在第一个通道之后很快就会完成处理。

对于 4 线对双特征器件，在每个通道上的状态发生变化时会设置 PECn 和 PGCn 位。

#### 9.6.2.4 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。

每个位 xxx1-4 表示一个单独的通道。

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。当通道 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 说明中所述。

**图 48. 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 |

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

**表 8. 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。<br>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)<br>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。<br>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)<br>0 = 未发生检测周期（如果 DECHE = 0）或未发生检测变化 (DECHE = 1) |

**注**

对于不包含待处理 PWON 命令的 4 线对模式端口，只有在两个通道的状态均为就绪后，才会设置这些位。这样做是为了防止可能发生双中断的情况，因为第二个通道在第一个通道之后完成处理。

DETCn 位仅在完成两个通道的检测和连接检查后的 5ms 内同时置位

对于 4 线对单一特征器件，只有已完成分级的配对才会设置 CLSCn 位，即使会为寄存器 0x0C-0F 中的两个通道提供请求的类也是如此。

对于仅在半自动模式下执行发现的 4 线对双特征器件，CLSCn 位将在两个通道上完成分级后的 5ms 内同时设置。在手动模式下，CLSCn 位将在每个通道上完成分级后的 5ms 内单独设置。

对于包含待处理 PWON 命令或处于自动模式的 4 线对双特征器件，由于每个通道在双特征交错开启过程中完成其发现部分，因此将独立设置 DETCn 和 CLSCn 位。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.5 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。

每个位 xxx1-4 表示一个单独的通道。

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。当通道 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 说明中所述。

**图 49. 故障事件寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DISF4 | DISF3 | DISF2 | DISF1 | PCUT4 | PCUT3 | PCUT2 | PCUT1 |
| 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 |

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

**表 9. 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。<br>1 = 发生了断开事件<br>0 = 未发生断开事件 |
| 3–0 | PCUT4–PCUT1 | R 或 CR | 0 | 表示发生了 $t_{OVLD}$ 故障。<br>1 = 发生了 $t_{OVLD}$ 故障<br>0 = 未发生 $t_{OVLD}$ 故障 |

**注**

对于 4 线对有线端口，DISFn 和 PCUTn 位将随每个通道的状态变化而单独更新。

4 线对单一特征器件的断开事件将设置两个相应的位，而 4 线对双特征器件将在每个通道上具有独立的断开事件。

如果由于断开连接或 2 线对 PCut 故障导致 4 线对双特征器件的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。

如果为某个通道禁用了 PCUT，则在 PCUT 故障情况下该通道不会自动关闭。但是，PCUT 故障标志仍然正常运行，且故障超时等于 $t_{OVLD}$。

清除 PCUT 事件对 TLIM 或 TOVLD 计数器没有影响。

#### 9.6.2.6 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。

每个位 xxx1-4 表示一个单独的通道。

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。当通道 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 说明中所述。

**图 50. 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 |

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

**表 10. 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，这意味着该通道已将其输出电流限制为 $I_{LIM}$ 或折返后 $I_{LIM}$ 的时间超过 $t_{LIM}$。<br>1 = 发生了 $t_{LIM}$ 故障<br>0 = 未发生 $t_{LIM}$ 故障 |
| 3–0 | STRT4–STRT1 | R 或 CR | 0 | 表示在开启期间发生了 $t_{START}$ 故障。<br>1 = 发生了 $t_{START}$ 故障或分级/检测错误<br>0 = 未发生 $t_{START}$ 故障或分级/检测错误 |

**注**

对于 4 线对有线端口：

ILIMn 位将随每个通道的状态变化而单独更新。

STRTn 位将随每个通道的状态变化而单独更新

如果报告了启动故障并且设置了电源事件寄存器中的 PECn 位，则表示存在浪涌故障。

如果报告了启动故障并且未设置 PECn 位，则加电故障寄存器 (0x24h) 将指示故障原因。

在自动模式下，由于发现结果无效，因此不会报告 STRTn 故障，并且不会更新寄存器 0x24h。

如果由于 ILIM 故障或 STRT 故障导致 4 线对双特征 PD 的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**4 线对有线端口的浪涌故障 (STRTn) 处理**：

对于连接了单一特征 PD 的 4 线对有线端口，浪涌行为将根据开启期间分配的分级而变化：

对于分配的分级为 6 级或更低的 4P SS PD：

一个通道将经历浪涌，而第二个通道保持空闲

如果在浪涌结束时未检测到 STRT 故障，则第二个通道将立即开启，并将设置 PGn 位

如果在浪涌结束时检测到 STRT 故障，则辅助通道将保持关闭状态，主通道将被禁用，并且将在两个通道上启动 1 秒的冷却期。两个 STRTn 位都将被置位。

对于分配的分级为 7 级或 8 级的 4P SS PD：

两个通道将同时经历浪涌

如果在任一通道的浪涌结束时未检测到 STRT 故障，则将设置 PGn 位并且端口将保持受电状态。

如果在浪涌结束时在任一通道上检测到 STRT 故障，则两个通道都将被禁用，并且将在两个通道上启动 1 秒的冷却期。两个 STRTn 位都将被置位。

对于连接了双特征 PD 的 4 线对有线端口，两个通道都将彼此独立运行。每个通道都将在启动期间执行浪涌控制，如果任一通道发生故障，剩余的通道将不受影响。

#### 9.6.2.7 电源和故障事件寄存器

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。

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 说明中所述。

**图 51. 电源和故障事件寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TSD | VDUV | VDWRN | VPUV | PCUT34 | PCUT12 | OSSE | RAMFLT |
| R | R | R | R | R | R | R | R |
| CR | CR | CR | CR | CR | CR | CR | CR |

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

**表 11. 电源和故障事件寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | POR/RST | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | TSD | R 或 CR | 0/P | 表示发生了热关断。发生热关断时，所有通道都会关闭并进入关闭模式。不过，TPS23881 内部电路继续工作，包括 ADC。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，都可能重新开启通道。<br>1 = 发生了热关断<br>0 = 未发生热关断 |
| 6 | VDUV | R 或 CR | 1 / P | 表示发生了 VDD UVLO。<br>1 = 发生了 VDD UVLO<br>0 = 未发生 VDD UVLO |
| 5 | VDWRN | R 或 CR | 1 / P | 表示 VDD 已降至 UVLO 警告阈值以下。<br>1 = 发生了 VDD UV 警告<br>0 = 未发生 VDD UV 警告 |
| 4 | VPUV | R 或 CR | 1 / P | 表示发生了 VPWR 欠压。<br>1 = 发生了 VPWR 欠压<br>0 = 未发生 VPWR 欠压 |
| 3 | PCUT34 | R 或 CR | 0 / 0 | 表示在通道 3 和 4 上发生了 4 线对总和 PCUT 故障。<br>1 = 在通道 3 和 4 上发生了 4 线对总和 PCUT 故障<br>0 = 未发生总和 PCUT 故障 |
| 2 | PCUT12 | R 或 CR | 0 / 0 | 表示在通道 1 和 2 上发生了 4 线对总和 PCUT 故障。<br>1 = 在通道 1 和 2 上发生了 4 线对总和 PCUT 故障<br>0 = 未发生总和 PCUT 故障 |
| 1 | OSSE | R 或 CR | 0 / 0 | 表示发生了 OSS 事件<br>1 = 由于 OSS 引脚置位或提供了 3 位 OSS 代码，因此一组（4 个）通道的一个或多个通道被禁用<br>0 = 未发生 OSS 事件 |
| 0 | RAMFLT | R 或 CR | 0 / 0 | 表示发生了 SRAM 故障<br>1 = 发生了 SRAM 故障<br>0 = 未发生 SRAM 故障 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**注**

RST 条件“P”表示在使用 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚复位器件后将保留这些位的先前状态。因此，将 $\overline{\text{RESET}}$ 输入拉低不会清除 TSD、VDUV、VDWRN 或 VPUV 位。

**注**

当设置了 VPUV 位时，所有 PWONn 命令都将被忽略，直到 $V_{VPWR}$ 超过 30V 为止。

在 VPUV 欠压状态期间，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（大约 18V）。

只要保持 VPWR 欠压状态，“读取时清除”就无法有效清除 VDUV 位。

**注**

在 1 位模式下（寄存器 0x17 中的 MbitPrty = 0），只要一组（4 个）通道中的某个通道启用 OSS 并且 OSS 引脚置位，就会设置 OSSE 位。

在 3 位模式下（寄存器 0x17 中的 MbitPrty = 1），只要发送 3 位优先级代码并且该优先级代码大于或等于一组通道（4 个）的寄存器 0x27 和 0x28 中的 MBPn 设置，就会设置 OSSE 位。

对于 4 线对有线端口，如果禁用了 4P PCUT（0x2D 中的 4PPCTxx = 0），则在 4P-PCUT 故障情况下该端口不会自动关闭。但是，PCUTnn 故障位仍然正常运行，且故障超时等于 $t_{OVLD}$。此外，如果在故障事件寄存器中执行“读取时清除”，则 PCUTnn 位将复位，且相关的总和 PCUT 计数器将复位。只有报告此类中断的通道才会由 CoR 操作清除其计数器。此外，清除 PCUT 故障对 TLIM 计数器没有影响。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.7.1 检测到 SRAM 故障和“安全模式”

TPS23881 配有内部 SRAM 存储器故障监控功能，如果检测到 SRAM 存储器错误，该器件将进入“安全模式”。在“安全模式”下，寄存器 0x41 中的“固件修订版”值将设置为 0xFFh。

当前受电的所有通道都将保持受电状态，但大部分操作将被禁用，直到可以重新加载 SRAM 为止。除了受电 通道的断开和电流折返功能之外，在“安全模式”下还将保留器件 UVLO 和热关断特性。

在 SRAM 故障检测之前未受电的任何通道都将设置为关闭模式（有关因更改为关闭模式而发生的其他更改，请参阅寄存器 0x12h 说明 ）。端口重映射 (0x26h) 和所有其他通道配置设置（即功率分配 0x29h）将保留。

检测到 SRAM 故障后，将清除 0x60 中的“RAM_EN”位，并设置寄存器 0x0A 中的 RAMFLT 位。内部固件将继续以“安全模式”运行，直到重新加载 SRAM 或发生 POR（上电复位）事件后主机再次设置该位为止。为了确保平滑过渡到“安全模式”或退出此模式，除了重新编程 SRAM 之外的任何 I2C 命令都需要延迟，直到重新加载 SRAM 并确定为“有效”为止（请参阅寄存器 0x60 SRAM 编程说明）。

**注**

设置后，即使将器件从安全模式中退出，RAMFLT 位也将保持设置状态。建议在 SRAM 重新加载之后设置寄存器 0x60 中的 RAM_EN 位之前清除该位。

**注**

必须设置寄存器 0x60 中的 PAR_EN 位，并且必须将相应的 SRAM_Parity 代码（可从 *TI mySecure 软件*网页下载）加载到器件中，以启用 SRAM 故障监视功能。

有关建议的 SRAM 编程过程的更多信息，请参阅*《如何加载 TPS2388x SRAM 代码》*文档。

##### *9.6.2.7.1.1 ULA（超低阿尔法）封装选项：TPS23881A*

随着时间的流逝，可能会由于大气或半导体封装本身中自然发生的阿尔法粒子导致的阿尔法诱导“软错误”而发生 SRAM 故障。如果在器件的存储器结构中收集足够多的这些阿尔法粒子，则这些粒子的累积电荷会使一个或多个逻辑门的状态发生翻转。

为了最大程度地降低发生这些阿尔法诱导 SRAM 故障的可能性，用户可以选择使用 TPS23881A 封装选项，该选项具有专门的 ULA（超低阿尔法）封装模压混合物，大约可将器件与阿尔法粒子的接触降低至原来的 1/10。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.8 通道 1 发现寄存器

命令 = 0Ch，带 1 个数据字节，只读

**图 52. 通道 1 发现寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 请求的分级通道 1 | | | | 检测通道 1 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.9 通道 2 发现寄存器

命令 = 0Dh，带 1 个数据字节，只读

**图 53. 通道 2 发现寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 请求的分级通道 2 | | | | 检测通道 2 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.10 通道 3 发现寄存器

命令 = 0Eh，带 1 个数据字节，只读

**图 54. 通道 3 发现寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 请求的分级通道 3 | | | | 检测通道 3 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.11 通道 4 发现寄存器

命令 = 0Fh，带 1 个数据字节，只读

**图 55. 通道 4 发现寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 请求的分级通道 4 | | | | 检测通道 4 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**位说明**：这些位表示通道 n 的最新**“请求的”**分级和检测结果。当通道 n 关闭时，将清除这些位。

**表 12. 通道 n 发现寄存器字段说明**

<table>
<tr><th>位</th><th>字段</th><th>类型</th><th>复位</th><th>说明</th></tr>
<tr><td>7–4</td><td>RCLASS Ch-n</td><td>R</td><td>0</td><td>通道 n 上的最新分级结果。<br>选择如下：
<table>
<tr><th colspan="4">RCLASS Ch-n</th><th>请求的分级</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>1 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>3 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>保留 – 读为 0 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0 级</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>分级过流</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>5 级 - 4 线对单一特征</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>6 级 - 4 线对单一特征</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>7 级 - 4 线对单一特征</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>8 级 - 4 线对单一特征</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>4+ 级 - 1 类受限</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>5 级 - 4 线对双重特征</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>保留</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>分级不匹配</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>3–0</td><td>DETECT Ch-n</td><td>R</td><td>0</td><td>通道 n 上的最新检测结果。<br>选择如下：
<table>
<tr><th colspan="4">DETECT Ch-n</th><th>检测状态</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>

“请求的”与“分配的”分级：“请求的”是 PSE 在开启之前相互识别期间测量的分级，而“分配的”分级是基于寄存器 0x29h 中的功率分配设置为通道加电的分级级别。“分配的”分级值存储在寄存器 0x4C-4F 中

**注**

由于需要在 1 级手指之后加电，因此，只要在将寄存器 0x29 配置为 15.5W 的情况下为 4 级或更高级类别的 PD 供电，就会报告“4+ 级 - 1 类受限”请求的类。

对于 4 线对单一特征器件，两个通道都将在分级完成后的 5ms 内报告请求的 PD 分级。但是，只有测量分级所在的通道才会在寄存器 0x04h 中设置 CLSCn 位

对于 4 线对双特征器件，每个通道将在每个通道上完成分级后的 5ms 内报告自己单独请求的 PD 分级

受电时在发现期间呈现 0 级特征的器件将被赋予分配的“3 级”分级

在手动/诊断模式下，如果仅在一个通道上启用分级，则将 8 级 4 线对单一特征负载报告为“5DS 级”。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.12 电源状态寄存器*

命令 = 10h，带 1 个数据字节，只读

每个位表示一个通道的实际电源状态。

每个位 xx1-4 表示一个单独的通道。

当通道 n 关闭时（包括故障情况引起关闭时），将清除这些位。

**图 56. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 13. 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 时表示通道已开启，并且在开启期间 DRAINn 引脚上的电压已降至低于电源正常阈值。<br>一旦完成开启，这些位就会锁存到高电平，只能在通道关闭时或执行 RESET/POR 时清除。<br>1 = 电源正常<br>0 = 电源不正常 |
| 3–0 | PE4–PE1 | R | 0 | 每个位表示相应通道的开/关状态。<br>1 = 通道为开启<br>0 = 通道为关闭 |

对于 4 线对有线端口，这些位将随每个通道的状态变化而单独更新

对于 4 线对单一特征器件，只有在两个通道上的状态都发生变化后，才会设置 PGn 位。这样做是为了防止可能发生双中断的情况，因为第二个通道在第一个通道之后完成处理。

对于 4 线对双特征器件，在每个通道上的状态发生变化时会设置 PECn 和 PGCn 位。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

### 9.6.2.13 引脚状态寄存器

命令 = 11h，带 1 个数据字节，只读

**图 57. 引脚状态寄存器格式**

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

说明：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 14. 引脚状态寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | AUTO | R | AUTO | 自主模式启用位。<br>0 = 自主模式禁用（AUTO 引脚悬空）<br>1 = 自主模式启用（在 AUTO 引脚和 GND 之间配置了有效电阻）<br>注意：仅在较低的 I2C 寄存器集（通道 1-4）中设置该位。 |
| 6-3 | SLA4-SLA1 | R | 请参阅上文 | $I^2C$ 器件地址（使用引脚 A4-A1 时进行定义）。 |
| 2 | SLA0 | R | | SLA0 位在内部定义为 0 或 1<br>0 = 通道 1-4<br>1 = 通道 5-8 |

| 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 | HIGH |
| | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0/1 | GND | GND | HIGH | GND |
| | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0/1 | GND | GND | HIGH | HIGH |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0/1 | GND | HIGH | GND | GND |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0/1 | GND | HIGH | GND | HIGH |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0/1 | GND | HIGH | HIGH | GND |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0/1 | GND | HIGH | HIGH | HIGH |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0/1 | HIGH | GND | GND | GND |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0/1 | HIGH | GND | GND | HIGH |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0/1 | HIGH | GND | HIGH | GND |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0/1 | HIGH | GND | HIGH | HIGH |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0/1 | HIGH | HIGH | GND | GND |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0/1 | HIGH | HIGH | GND | HIGH |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0/1 | HIGH | HIGH | HIGH | GND |
| 从器件 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0/1 | HIGH | HIGH | HIGH | HIGH |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.13.1 自主模式

在自主模式下，TPS23881 无需任何 $I^2C$ 通信或主机控制即可运行。与在自动模式下一样，当期间在自主模式下运行时，端口将在发现过程中持续循环，并且每当连接有效（检测和分级）PD 时，端口就会自动加电。

如果根据下表在 AUTO 引脚和 GND 之间连接一个电阻器，则会启用自主模式并将所有端口配置为相同的功率分配设置。如果以比自主模式配置更高的请求的分级连接 PD，那么端口会将 PD 降级至所选的自主模式配置功率水平。

**表 15. AUTO 引脚编程**

| AUTO 引脚 | 自主模式配置 | 产生的配置寄存器 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0x12h | 0x14h | 0x29h |
| 断开/悬空 | 禁用 | 0000, 0000b | 0000, 0000b | 0000, 0000b |
| 124kΩ | 2 线对 15W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 0000, 0000b |
| 62kΩ | 2 线对 30W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 0011 0011b |
| 35.7kΩ | 4 线对 30W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 1011 1011b |
| 22.6kΩ | 4 线对 45W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 1100, 1100b |
| 15.8kΩ | 4 线对 60W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 1101, 1101b |
| 11kΩ | 4 线对 75W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 1110, 1110b |
| 7.7kΩ | 4 线对 90W | 1111, 1111b | 1111, 1111b | 1111, 1111b |

**注**

需要将一个 10nF 的电容器与 $R_{AUTO}$ 进行并联，以确保自主模式选择的稳定性。

I2C 接口在自主模式下仍可完全正常运行，并且仍支持所有端口遥测和可配置性

器件复位后（寄存器 0x1A 中的 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚或 RESAL 位被置位），将不会测量 AUTO 引脚电阻 ($R_{AUTO}$)。在加电期间（$V_{VPWR}$ 和 $V_{VDD}$ 上升到各自的 UVLO 阈值以上），器件仅会测量 ($R_{AUTO}$) 和预先配置内部寄存器。

**注**

需要对器件 SRAM 进行编程，以支持 希望 在最初以自主模式加电后使器件退出自主模式的应用。

在 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚、I2C 寄存器 0x1A RESAL 或 RESPn 位置位或发出模式关闭命令后，从内部 ROM（SRAM 未编程）以自主模式运行的器件将关闭，然后自动恢复发现并为任何有效负载加电。而在自主模式下运行（SRAM 已编程）的器件将关闭并保持不活动状态，直到主机通过 $I^2C$ 总线重新启用端口。

#### *9.6.2.14 工作模式寄存器*

命令 = 12h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 58. 工作模式寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C4M1 | C4M0 | C3M1 | C3M0 | C2M1 | C2M0 | C1M1 | C1M0 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 16. 工作模式寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | CnM1–CnM0 | R/W | 0 | 每对位将配置每个通道的工作模式。<br>选择如下：<br>**M1** / **M0** / **工作模式**<br>0 / 0 / 关闭<br>0 / 1 / 诊断/手动<br>1 / 0 / 半自动<br>1 / 1 / 自动<br>对于 4 线对有线端口，两个通道必须设置为相同的工作模式。否则，端口将不会执行发现，并且将忽略所有开启命令。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**关闭模式：**

在关闭模式下，通道将关闭，既不执行检测也不执行分级，与 DETE、CLSE 或 PWON 位无关。

下表描述了当通道从任何其他工作模式切换到关闭模式时将清除的位：

**表 17. 转换到关闭模式**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

**注**

更改为关闭模式后，可能需要 5ms 以上的时间才能清除所有寄存器。

只会清除与设为关闭模式的通道/端口（“n”）相关的位。与仍然保持工作状态的通道/端口相关的位将不会改变。

如果 PGn 或 PEn 位从 1 更改为 0，则将在电源事件寄存器 0x02h 中设置相应的 PGCn 和 PECn 位。

此外，从半自动模式更改为手动/诊断模式或关闭模式将会取消任何进行中的冷却期。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**诊断/手动模式**：

在手动/诊断模式下，不会自动更改状态。在提供 DETE、CLSE（0x14h 或 0x18h）或 PWON 命令之前，通道将保持空闲状态。在设置 DETE 和/或 CLSE 位时，通道将在相应的通道上执行奇异检测和/或分级周期。

**注**

设置寄存器 0x19 中的 PWONn 位会使该通道立即开启。

对于非手动/诊断模式下受电的端口/通道，不会为其指定分配的分级。通常根据分配的分级结果配置的任何设置（如端口功率管制和 1x/2x 折返选择）都需要由用户手动配置。

对于 4 线对有线端口（0x29 中的 4PWnn 位 = 1）：

仅在一个通道上设置 DETE 或 CLSE 位将导致仅在该通道上进行检测和/或分级，并且不会执行连接检查。

在同一 $I^2C$ 运行期间设置**两个**通道的 DETE 位将导致在两个通道上完成检测周期，如果检测结果有效，还将完成连接检查。

在同一 $I^2C$ 运行期间设置**两个**通道的 CLSE 位将导致在两个通道上进行交错分级测量

**注**

设置寄存器 0x19 中的 PWONn 位会使该通道立即开启。

**注**

在手动/诊断模式下加电的 4 线对端口的直流断开将在独立通道中发生。因此，如果任一通道电流降至 $V_{IMIN}$ 以下的时间长于 $t_{MPDO}$，则该通道将被禁用，并且将生成断开故障（寄存器 0x06/7 中的 DISFn 位）。

**表 18. 诊断/手动模式下的通道行为**

| CLEn | DETn | PWONn | 通道工作模式 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 空闲 |
| 0 | 1 | 0 | 单次检测测量（对于 4P 有线端口，如果两个通道都设置了 DETE 位，则完成连接检查） |
| 1 | 0 | 0 | 单次分级测量 |
| 1 | 1 | 0 | 单次检测和分级测量完成。（对于 4P 有线端口，如果两个通道都设置了 DETE 和 CLE 位，则完成连接检查） |
| - | - | 1 | 通道立即开启，不执行任何检测和分级 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**半自动模式**：

在半自动模式下，只要通道未受电，就可以根据是否设置了相应的分级和检测使能位（寄存器 0x14h）来连续执行检测和分级。

**表 19. 半自动模式下的通道行为**

| CLEn | DETn | 通道工作模式 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 空闲 |
| 0 | 1 | 仅循环检测测量 |
| 1 | 0 | 空闲 |
| 1 | 1 | 循环检测和分级测量 |

**注**

如果两个通道配置为 4 线对有线端口，一旦在其中一个通道上看到有效的检测结果，便会执行连接检查测量

对于仅有一个通道受电的 4 线对双特征 PD，如果在 0x14h 内为未受电的通道设置了 DETE 和 CLE 位，则该通道将执行继续检测和分级。

**自动模式**：

在**自动模式**下，通道将根据 0x29 中的端口功率分配设置来自动启动任何有效的检测和分级特征。在设置 DETE 和 CLSE（0x14 或 0x18）或发出 PWON 命令之前，通道将保持空闲状态。

在自动模式下设置 DETE 和 CLE 或发送 PWON 命令之前，需要根据系统要求和配置来配置以下寄存器：

| 寄存器 | 位 |
|---|---|
| 0x26 | 端口重映射 |
| 0x29 | 4 线对有线和端口功率分配 |
| 0x50 | 自动交流使能 |
| 0x55 | 备用浪涌和受电折返使能 |

**注**

在自动模式下设置 DETE 和 CLE 位后对这些寄存器进行的更改可能会导致意外或不符合 IEEE 标准的行为。

如果需要更改默认行为（因为这些值是在加电期间根据端口配置和分配的 PD 分级结果在内部设置的），则可以在开启后配置或更改以下寄存器：

| 寄存器 | 位 |
|---|---|
| 0x1E-21 | 2 线对管制 |
| 0x2A-2B | 4 线对管制 |
| 0x2D | 4P Pcut 使能和直流断开阈值位 |
| 0x40 | 2x 折返使能 |

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.15 断开使能寄存器*

命令 = 13h，带 1 个数据字节，读取/写入

**位说明**：定义每个通道的断开检测机制。

**图 59. 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-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 20. 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 | 1 | 直流断开使能<br>1 = 启用直流断开<br>0 = 禁用直流断开<br>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。 |

直流断开包括测量 SENn 的通道直流电流，在该电流低于阈值的情况下启动计时器 ($T_{DIS}$)，而在发生超时的情况下关闭通道。此外，故障事件寄存器中的相应断开位 (DISFn) 将相应置位。每当电流超过断开阈值至少 3 毫秒时，$T_{DIS}$ 计数器就会复位。该计数器不会减小到零以下。

**注**

对于 4P 单一特征器件，如果设置了任一 DCDEx 位，则当断开计时器到期时，两个通道都将关闭。

如果由于断开故障或其他原因导致 4 线对双特征 PD 的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。

**注**

0x2D 中的 DCDTnn 位用于设置断开阈值。

根据 0x29 中的 4PWnn 位和基于 IEEE 合规性要求的“分配的分级”结果 (0x4C-4F)，在开启期间将自动配置 DCDTnn 位。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.16 检测/分级使能寄存器*

命令 = 14h，带 1 个数据字节，读取/写入

在 $t_{OVLD}$、$t_{LIM}$ 或 $t_{START}$ 冷却周期内，该通道的任何检测/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 60. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 21. 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。 |

**位说明：**

每个通道的检测和分级使能位。

在手动模式下，设置某个位意味着只对相应的通道执行一个周期（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 0x18 执行写入可以获得类似的结果。

如果发出关闭（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。

**注**

对于半自动或自动模式下的 4 线对有线端口，需要在两个通道上同时设置 DETEn 和 CLEn 两个位才能启用检测或分级

**注**

在手动/诊断模式下，建议在启用发现（DETEn 或 CLEn）之前完成端口复位命令（请参阅 0x1A 复位寄存器）。

### *9.6.2.17 功率优先级/2 线对 PCUT 禁用寄存器名称*

命令 = 15h，带 1 个数据字节，R/W

**图 61. 功率优先级/2P-PCUT 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 22. 功率优先级/2P-PCUT 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 | 功率优先级位：<br>当 0x17 中的 MBitPrty 位 =0 时：<br>1 = 当 OSS 信号置为有效状态时，相应通道关闭。<br>0 = OSS 信号对通道无影响。<br>对于 4 线对有线端口，这些位可控制各个通道响应。为了禁用 4 线对有线端口的两个通道，需要将两个通道都设置为 1。 |
| 3–0 | DCUT4-DCUT1 | R/W | 0 | 每个通道禁用 2 线对 PCUT。用于防止由于 2 线对 PCUT 故障而使相关通道掉电（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。<br>1：禁用通道的 PCUT。这意味着单独的 PCUT 故障不会关闭此通道。<br>0：启用通道的 PCUT。如果存在 PCUT 故障，则会关闭通道。 |

**注**

如果 MbitPrty 位 = 1 (0x17h)：必须清除 OSSn 位才能确保正常工作。有关多位优先级关断特性的更多信息，请参阅寄存器 0x27/28h。

**注**

如果某个通道的 DCUT = 1，则在 PCUT 故障情况下该通道不会自动关闭。但是，PCUT 故障标志仍然正常运行，且故障超时等于 $t_{OVLD}$。

DCUTn 位的任何状态变化都将导致该通道的 $T_{OVLD}$ 计时器复位。

**注**

对于 4 线对有线端口：

这些位控制各个通道对 2 线对 PCUT 故障的响应。

如果 0x2D 中的 NCTnn 位 = 1 且启用了 2 线对 PCut，则两个通道都将在过载状态超过 $t_{OVLD}$ 超时值的条件下关闭。

对总和 4 线对 PCUT 故障的响应在寄存器 0x2Dh 中予以配置。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

OSSn 位用于确定应关闭哪些通道来响应 OSS 快速关闭信号在外部置为有效状态的情况。

由于 OSS 导致的关闭过程类似于通道复位或更改为关闭模式，但 OSS 不会取消任何进行中的故障冷却计时器。下表列出了由于 OSS 而禁用通道时将会清除的位：

**表 23. 由于 OSS 而导致通道关闭**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

**注**

在发生 OSS 事件后，可能需要 5ms 以上的时间才能清除所有寄存器。

只会清除与启用了 OSS 的通道/端口（“n”）相关的位。与仍然保持工作状态的通道/端口相关的位将不会改变。

如果由于 OSS 或 PCUT 故障导致 4 线对双特征 PD 的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.18 时序配置寄存器

命令 = 16h，带 1 个数据字节，读取/写入

**位说明**：这些位定义了所有四个通道的时序配置。

**图 62. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 24. 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，即通道关闭前的输出电流限制持续时间。<br>当寄存器 0x40 中的 2xFBn 位 = 0 时，用于相关通道的 $t_{LIM}$ 始终为标称值（约 60ms）。<br>在 TSTART 时间窗口到期后以及当通道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，则通道将关闭。然后会启动 1 秒冷却计时器，直到计数器完成后才能开启通道。<br>在其他情况下（尚未达到 ILIM 超时），当通道电流低于 $I_{LIM}$ 时，该同一计数器以递增速率的 1/16 速率递减。该计数器不会减小到零以下。如果由于电源使能或复位命令、直流断开事件或 OSS 输入而关闭通道，也会清除 ILIM 计数器。<br>请注意，如果在已经为某个通道激活此计时器后更改 TLIM 设置，则此计时器将自动复位，然后以新的编程超时持续时间重启计时。<br>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。<br>如果将寄存器 0x40 中的 2xFBn 位置位，则可使用以下选项对相关通道的 $t_{LIM}$ 进行编程： |

| TLIM | | 最小 $t_{LIM}$ (ms) |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 58 |
| 0 | 1 | 15 |
| 1 | 0 | 10 |
| 1 | 1 | 6 |

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 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 周期结束时电流仍限于 $I_{Inrush}$，则通道将关闭。<br>此后将经过 1 秒的冷却期，在此期间无法开启通道<br>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。<br>请注意，如果在已经为某个通道激活此计时器后更改 TSTART 设置，则会忽略此新设置，并仅在下次开启该通道时才会应用此设置。<br>选择如下： |

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


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**表 24. 时序配置寄存器字段说明 (接下页)**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 3–2 | TOVLD | R/W | 0 | PCUT 故障计时，即通道关闭前的过流持续时间。在 TSTART 时间窗口到期后以及当电流达到或超过 $P_{CUT}$时，或受制于电流折返时，该计时器有效并递增到下面定义的设置。如果允许 PCUT 计数器达到下面指定的编程超时持续时间，则通道将关闭。然后会启动 1 秒冷却计时器，直到计数器完成后才能开启通道。<br>在其他情况下（尚未达到 PCUT 超时），当电流低于 $P_{CUT}$ 时，该同一计数器以递增速率的 1/16 速率递减。该计数器不会减小到零以下。如果由于电源使能或复位命令、直流断开事件或 OSS 输入而关闭通道，也会清除 PCUT 计数器<br>请注意，如果在已经为某个通道激活此计时器后更改 TOVLD 设置，则此计时器将自动复位，然后以新的编程超时持续时间重启计时。<br>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。<br>请注意，如果功率优先级/PCUT 禁用寄存器中的 DCUTn 位为高电平，则相关通道的 PCUT 故障计时仍然有效。但是，即使在 tOVLD 时间到期时不会关闭通道，仍然会设置 PCUT 故障位。<br>选择如下：<br>**TOVLD** \| **标称 $t_{OVLD}$ (ms)**<br>0 0 \| 60<br>0 1 \| 30<br>1 0 \| 120<br>1 1 \| 240 |
| 1–0 | TMPDO | R/W | 0 | 断开延迟，即达到断开条件后并且已启用直流断开检测方法的情况下关闭通道的时间。<br>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。<br>该计数器不会减小到零以下。<br>选择如下：<br>**TMPDO** \| **标称 $t_{MPDO}$ (ms)**<br>0 0 \| 360<br>0 1 \| 90<br>1 0 \| 180<br>1 1 \| 720 |

**注**

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。

**注**

$t_{LIM}$ 的设置根据 IEEE 合规性要求设定最小超时值。

**注**

4 线对 Pcut 故障的 $t_{OVLD}$ 时间将等于 $t_{OVLD}$ 设置 + 大约 6ms

### 9.6.2.19 通用屏蔽寄存器

命令 = 17h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 63. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 25. 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。<br>1 = 任何未屏蔽的中断寄存器位都可以激活 $\overline{INT}$ 输出<br>0 = 无法激活 $\overline{INT}$ 输出 |
| 6 | – | R/W | 0 | |
| 5 | nbitACC | R/W | 0 | $I^2C$ 寄存器访问配置位。<br>1 = 配置 B。这表示使用单个器件地址 (A0 = 0) 进行 16 位访问。<br>0 = 配置 A。这表示 8 位访问，而 8 通道器件将视为具有 2 个连续从器件地址的 2 个独立 4 通道器件。<br>有关 I2C 地址编程的更多信息，请参阅寄存器 0x11 |
| 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。<br>1 = 3 位关断优先级。优先级和 OSS 操作需要遵循寄存器 0x27 和 0x28。<br>0 = 1 位关断优先级。优先级和 OSS 操作需要遵循寄存器 0x15 |
| 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。<br>1 = 仅当相关通道发生分级更改时，才会设置 CLSCn 位。<br>0 = 相关通道每次发生分级周期时都会设置 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。<br>1 = 仅当相关通道发生检测更改时，才会设置 DETCn 位。<br>0 = 相关通道每次发生检测周期时都会设置 DETCn 位。 |
| 1 | - | R/W | 0 | |
| 0 | - | R/W | 0 | |

**注**

如果需要将 MbitPrty 位从 0 更改为 1，请在设置 MbitPrty 位之前确保 OSS 输入引脚处于空闲（低）状态至少 200 微秒，以避免与 OSS 位流失去同步而导致的任何错误行为。

**注**

只需设置通道 1-4 的 nbitACC 位来启用 16 位 $I^2C$ 工作模式。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**表 26. nbitACC = 1：8 位（配置 A）和 16 位（配置 B）I²C 模式下的寄存器运行情况**

| 命令代码 | 寄存器或命令名称 | 位 说明 | 配置 A（8 位） | 配置 B（16 位） |
|---|---|---|---|---|
| 00h | 中断 | INT 位 P1-4、P5-8 | 每组（4 个）通道具有单独的屏蔽和中断结果。<br>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 | 每组（4 个）通道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_PCUT P4-1、P8-5 | | |
| 07h | | | | |
| 08h | 启动/ILIM 事件 | ILIM_STR P4-1、P8-5 | | |
| 09h | | | | |
| 0Ah | 电源/故障事件 | TSD、VDUV、VDUW、VPUV、RAMFLT、PCUT34、PCUT12、PCUT78、PCUT56、OSSE4-1、OSSE8-5 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）将显示**相同**的 TSD、VDUV、VPUV 和 RAMFLT 结果。每组（4 个）通道的 PCUTxx 和 OSSEx 位将具有单独的状态。<br>清除至少一个 VPUV/VDUV 也会清除另一个。 | |
| 0Bh | | | | |
| 0Ch | 通道 1 发现 | CLS&DET1_CLS&DET5 | 每个通道具有单独的状态字节 | |
| 0Dh | 通道 2 发现 | CLS&DET2_CLS&DET6 | | |
| 0Eh | 通道 3 发现 | CLS&DET3_CLS&DET7 | | |
| 0Fh | 通道 4 发现 | CLS&DET4_CLS&DET8 | | |
| 10h | 电源状态 | PG_PE P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的状态字节 | |
| 11h | 引脚状态 | AUTO、A4-A1、A0 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）将显示**相同**的结果，但 A0 = 0（通道 1 至 4）或 1（通道 5 至 8）除外。 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）将显示**相同**的结果，包括 A0 = 0。 |
| 12h | 工作模式 | 模式 P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的模式字节。 | |
| 13h | 断开使能 | DCDE P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道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 | 每组（4 个）通道具有单独的检测/分级使能字节。 | |
| 15h | PWRPR/2P-PCUT 禁用 | OSS_DCUT P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的 OSS/DCUT 字节。 | |
| 16h | 时序配置 | TLIM_TSTRT_TOVLD_TMPDO P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的时序字节。 | |
| 17h | 通用屏蔽 | P4-1、P8-5，包括 n 位访问 | 每组（4 个）通道具有单独的字节。<br>n 位访问：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。<br>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 | 每组（4 个）通道具有单独的 DET/CL RST 字节 | |
| 19h | 电源使能 | POF_PWON P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的 POF/PWON 字节 | |
| 1Ah | 复位 | P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的字节（清除中断引脚和清除全部中断引脚）。 | 每组（4 个）通道具有单独的字节。 |
| 1Bh | ID | | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）将显示**相同**的结果，除非通过 I²C 进行修改。 | |
| 1Ch | Autoclass 和连接检查 | AC4-1、CC34 - 12、AC8-5、CC78-56 | 每组（4 个）通道具有单独的字节。 | |

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**表 26. nbitACC = 1：8 位（配置 A）和 16 位（配置 B）I²C 模式下的寄存器运行情况 (接下页)**

| 命令代码 | 寄存器或命令名称 | 位 说明 | 配置 A（8 位） | 配置 B（16 位） |
|---|---|---|---|---|
| 1Eh | 2P 管制 1/5 配置 | POL1、POL5 | 每个通道具有单独的管制字节。 | |
| 1Fh | 2P 管制 2/6 配置 | POL2、POL6 | | |
| 20h | 2P 管制 3/7 配置 | POL3、POL7 | | |
| 21h | 2P 管制 4/8 配置 | POL4、POL8 | | |
| 22h | CAP 测量 | CDET4-1、CDET8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的电容测量使能字节。 | |
| 24h | 加电故障 | PF P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的加电故障字节 | |
| 25h | | | | |
| 26h | 端口重映射 | 逻辑 P4-1、P8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的重映射字节。<br>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。 | |
| 27h | 多位优先级 21/65 | MBP2-1、MBP6-5 | 每组（2 个）通道具有单独的 MBP 字节 | |
| 28h | 多位优先级 43/87 | MBP4-3、MBP8-7 | 每组（2 个）通道具有单独的 MBP 字节 | |
| 29h | 端口功率分配 | 4PW34-12、MC34-12、4PW78-56、MC78-56 | 每组（4 个）通道具有单独的 4Pnn、MCnn 字节 | |
| 2Ah | 4P 管制 12/56 配置 | POL12、POL56 | 每个通道具有单独的 4P 管制字节 | |
| 2Bh | 4P 管制 34/78 配置 | POL34、POL78 | 每个通道具有单独的 4P 管制字节 | |
| 2Ch | 温度 | TEMP P1-4、P5-8 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）必须显示**相同**的结果。 | |
| 2Dh | 4P 故障配置 | NLM4-1、NCT4-1、4PPCT4-1、DCDT4-1、NLM8-5、NCT8-5、4PPCT8-5、DCDT8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的故障处理字节 | |
| 2Eh | 输入电压 | VPWR P1-4、P5-8 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）必须显示**相同**的结果。 | |
| 2Fh | | | | |
| 30h | 通道 1 电流 | I1、I5 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节。<br>在 0x30 读取的 2 字节将提供 I1<br>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 | 通道 1 电压 | V1、V5 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x32 读取的 2 字节将提供 V1<br>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 | 通道 2 电流 | I2、I6 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x34 读取的 2 字节将提供 I2<br>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 | 通道 2 电压 | V2、V6 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x36 读取的 2 字节将提供 V2<br>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 | 通道 3 电流 | I3、I7 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x38 读取的 2 字节将提供 I3<br>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 | 通道 3 电压 | V3、V7 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x3A 读取的 2 字节将提供 V3<br>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。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**表 26. nbitACC = 1：8 位（配置 A）和 16 位（配置 B）I²C 模式下的寄存器运行情况 (接下页)**

| 命令代码 | 寄存器或命令名称 | 位 说明 | 配置 A（8 位） | 配置 B（16 位） |
|---|---|---|---|---|
| 3Ch | 通道 4 电流 | I4、I8 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x3C 读取的 2 字节将提供 I4<br>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 | 通道 4 电压 | V4、V8 | 每组（4 个）通道具有单独的 2 字节 | 在 0x3E 读取的 2 字节将提供 V4<br>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 | 操作折返 | 2xFB4-1、2xFB8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的 2xFBn 配置字节。 | |
| 41h | 固件版本 | FRV P1-4、P5-8 | 两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 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 个通道启用看门狗。<br>WDS：两个 8 位寄存器（通道 1 至 4 和通道 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（通道 1 至 4 和通道 5 至 8）将显示**相同**的结果。 | |
| 44h | 通道 1 电阻 | RDET1、RDET5 | 每个通道具有单独的字节。<br>检测电阻始终更新，检测正常或错误。 | |
| 45h | 通道 2 电阻 | RDET2、RDET6 | | |
| 46h | 通道 3 电阻 | RDET3、RDET7 | | |
| 47h | 通道 4 电阻 | RDET4、RDET8 | | |
| 4Ch | 通道 1 分配的分级 | ACLS&PCLS1_ACLS&PCLS5 | 每个通道具有单独的状态字节 | |
| 4Dh | 通道 2 分配的分级 | ACLS&PCLS2_ACLS&PCLS6 | | |
| 4Eh | 通道 3 分配的分级 | ACLS&PCLS3_ACLS&PCLS7 | | |
| 4Fh | 通道 4 分配的分级 | ACLS&PCLS4_ACLS&PCLS8 | | |
| 50h | AUTOCLASS 控制 | MAC4-1、AAC4-1、MAC8-5、AAC8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的 Auto Class 控制字节 | |
| 51h | AUTOCLASS 功率 1/5 | PAC1、PAC5 | 每个通道具有单独的 Auto Class 功率测量字节 | |
| 52h | AUTOCLASS 功率 2/6 | PAC2、PAC6 | | |
| 53h | AUTOCLASS 功率 3/7 | PAC3、PAC7 | | |
| 54h | AUTOCLASS 功率 4/8 | PAC4、PAC8 | | |
| 55h | 备用折返 | ALTFB4-1、ALTIR4-1、ALTFN8-5、ALTIR8-5 | 每组（4 个）通道具有单独的备用折返字节 | |
| 60h | SRAM 控制 | SRAM 控制位 | 必须为较低的虚拟四路（A0=0，通道 1-4）配置这些位。这些位对于较高的虚拟四路（A0=1，通道 5-8）器件没有任何作用 | |
| 61h | SRAM 数据 | | 流数据输入独立于 I²C 配置 | |
| 62h | 起始地址 (LSB) | | 必须为较低的虚拟四路（A0=0，通道 1-4）配置这些位。这些位对于较高的虚拟四路（A0=1，通道 5-8）器件没有任何作用 | |
| 63h | 起始地址 (MSB) | | 必须为较低的虚拟四路（A0=0，通道 1-4）配置这些位。这些位对于较高的虚拟四路（A0=1，通道 5-8）器件没有任何作用 | |

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.20 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。

每个位对应于每个通道的特定周期（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。

在诊断/手动模式下，设置这些位时将触发单个周期（检测或分级重启），而在半自动模式下将设置检测/分级使能寄存器 0x14 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，该通道的任何检测/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 64. 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 |

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

**表 27. 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 |

这些位可用于替代完成寄存器 0x14 中的“读-修改-写”序列，以便能够按照每个通道进行检测和分类。

对于半自动或自动模式下的 4 线对有线端口，需要同时设置两个位才能启用检测或分类


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.21 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启动通道的开关操作。

**图 65. 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 |

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

**表 28. 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 | 通道关闭位 |
| 3–0 | PWON4–PWON1 | W | 0 | 通道开启位 |

**注**

在同一写操作期间向同一通道上的 POFFn 和 PWONn 写入“1”会关闭该通道。

**注**

$t_{OVLD}$、$t_{LIM}$、$t_{START}$ 和断开事件优先于 PWON 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通道都将被忽略，该通道将保持关闭状态。

**注**

对于 4 线对有线端口：

这些位控制各个通道的响应。因此，对于 4 线对有线端口，建议同时设置两个通道的位。

在半自动模式下且两个通道上均设置 DETE = CLE = 1 时，允许仅设置一个 PWON 位来尝试仅开启该奇异通道。

对于分级为 5-8 级的 4P 单一特性器件，执行奇异 PWON 命令将失败，还会生成 STRT 故障，并将“功率不足”代码写入 0x24。

如果 PD 将自身表示为 4 级或更低类别，那么只会向该配对进行供电。

在单一特征器件的主通道已受电后，为辅助通道设置备用 PWON 位将导致立即开启该通道而不必完成 DET 或 CLS。

对于仅有一个通道受电的 4 线对双特征器件，设置未受电通道的 PWON 位将会根据发出新 PWON 命令时另一通道分配的分级和 0x29h 中的功率分配设置来尝试开启未受电通道。

**诊断/手动模式下的 PWONn**：

如果 PSE 控制器配置为诊断模式，则在该 PWONn 位的位置写入“1”将立即开启相关通道。

**半自动模式下的 PWONn**：

在半自动模式下，向 PWONn 位写入“1”将尝试开启相关通道。如果检测或分级结果无效，则通道不会开启，并且在将此按钮再次置位（通道将恢复其配置的半自动工作模式）之前不会再尝试开启通道。

**注**

在半自动模式下，需要在发出 PWON 命令之前设置功率分配 (0x29h) 值。发出 PWON 命令后对功率分配值进行的任何更改均可能被忽略。

**表 29. 通道在半自动模式下对 PWONn 命令的响应**

| CLEn | DETEn | 通道工作模式 | PWONn 命令的结果 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 空闲 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 0 | 1 | 仅循环检测测量 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 1 | 0 | 空闲 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 1 | 1 | 循环检测和分级测量 | 在下一个（或当前）DET 和 CLS 周期之后尝试奇异开启 |

在设置了 DETE 和 CLE 的半自动模式下，只要在分级开始之前接收到 PWONx 命令，在分级完成后，如果分级结果有效且功率分配设置（请参阅寄存器 0x29h）足以启用电源，通道就会立即受电。

**自动模式下的 PWONn**：

在 DETE 或 CLE 设置为 0 的自动模式下，PWONx 命令将启动奇异检测和分级周期，而在分级完成后，如果分级结果有效且功率分配设置（请参阅寄存器 0x29h）足以启用电源，端口/通道就会立即受电。

在 DETE 和 CLE = 1 的自动模式下，不需要 PWON 命令。在每个检测和分级周期后，端口/通道将自动尝试开启。

**注**

在自动模式下，需要在发出 PWON 命令之前设置功率分配 (0x29h) 值。发出 PWON 命令后对功率分配值进行的任何更改均可能被忽略。

在自动模式下，4 线对有线端口将忽略奇异 PWONn 命令。

**表 30. 通道在自动模式下对 PWONn 命令的响应**

| CLEn | DETEn | 通道工作模式 | PWONn 命令的结果 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 空闲 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 0 | 1 | 仅循环检测测量 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 1 | 0 | 空闲 | 以完整 DET 和 CLS 周期尝试奇异开启 |
| 1 | 1 | 循环检测和分级测量 | NA - 在有效检测和分级后，通道将自动加电 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**任何模式下的 PWOFFn**：

立即禁用通道并清除以下寄存器：

**表 31. 使用 PWOFFn 命令关闭通道**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

**注**

在发出 PWOFFn 命令之后，可能需要 5ms 以上的时间才能更新所有寄存器值。

只会清除与设置了 PWOFFn 的通道/端口（“n”）相关的位。与仍然保持工作状态的通道/端口相关的位将不会改变。

这些位分别控制每个通道的响应。因此，对于 4 线对有线端口，建议同时设置两个通道的位。

**注**

如果仅为具有 5 级或更高级类别分配的分级的 4 线对单一特征负载的一个通道提供 PWOFFn 命令，则会禁用两个通道。

如果由于 PWOFFn 命令导致 4 线对双特征 PD 的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。

#### *9.6.2.22 复位寄存器*

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 66. 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 |

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

**表 32. 复位寄存器字段说明**

| 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 $\overline{\text{INT}}$ 引脚 |
| 6 | CLINP | W | 0 | 置位后会释放 $\overline{\text{INT}}$ 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。产生类似于上电复位的状态。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 | 复位通道位。用于在任何模式下强制立即关闭通道，方法是在相应 RESPn 位的位置写入 1。<br>注意：对于 4 线对有线端口，为任一通道设置 RESPn 位都将导致两个通道复位。 |

设置 RESAL 位将导致所有 I2C 寄存器恢复到 RST 状态，但下表中的除外：

| 寄存器 | 位 | RESAL 结果 |
|---|---|---|
| 0x00 | 全部 | 先前的 RESAL 值将保留 |
| 0x0A/B | TSD、VPUV、VDWRN 和 VPUV | |
| 0x26 | 全部 | |
| 0x2C 和 0x2E | 全部 | |
| 0x41 | 全部 | |

**注**

仅设置一组（四个）通道（1-4 或 5-8）的 RESAL 位将导致仅复位这四个通道。

**注**

使用 CLINP 命令后，在清除所有现有中断之前，不会因为任何中断将 $\overline{\text{INT}}$ 引脚重新置位。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

设置 RESPn 位将立即关闭相关通道并根据下表清除寄存器：

**表 33. 使用 RESPn 命令关闭通道**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

**注**

只会清除与设置了 RESPn 的通道/端口（“n”）相关的位。与仍然保持工作状态的通道/端口相关的位将不会改变。

在发出 RESPn 命令之后，可能需要 5ms 以上的时间才能清除所有寄存器。

RESPn 命令将取消任何正在进行的冷却周期。

在发出 RESPn 命令之后，用户需要等待至少 3ms 才能尝试重新启用发现或打开端口电源。

### 9.6.2.23 ID 寄存器

命令 = 1Bh，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 67. 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-1 | R/W-0 | R/W-1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 34. ID 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–3 | MFR ID | R/W | 01010b | 制造标识号 (0101,0) |
| 2–0 | ICV | R/W | 101b | IC 版本号 (011) |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.24 连接检查和 Auto Class 状态寄存器*

命令 = 1Ch，带 1 个数据字节，只读

**图 68. 连接检查和 Auto Class 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | CC34_2 | CC34_1 | CC12_2 | CC12_1 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 35. 连接检查和 Auto Class 字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–4 | ACn | R | 0000b | Auto Class 检测状态<br>1 = PD 支持 Auto Class<br>0 = PD 不支持 Auto Class |
| 3–2 | CC34_2/1 | R | 00b | 4 线对端口（通道 3 和 4）的连接检查结果 |
| 1-0 | CC12_2/1 | R | 00b | 4 线对端口（通道 1 和 2）的连接检查结果 |

**Auto Class**：

Auto Class 检测测量在长分级手指的末尾完成，并且如果确定 PD 支持 Auto Class，则会在根据 IEEE Auto Class 计时要求开启之后自动完成 Auto Class 功率测量。

**注**

无论端口是 2 线对还是 4 线对有线工作模式，Auto Class 功能都可以运行。

对于 4 线对单一特征器件，即使仅在一个通道上完成了分级测量，两个 ACn 位也将报告相同的结果。

在加电后很快就会为分级期间支持 Auto Class 的所有通道完成 Auto Class 功率测量。

这些测量结果存储在寄存器 (0x51h – 0x54h) 中，并会为每个通道提供 Auto Class 功率测量。

**连接检查**：

仅会在发现至少一个通道具有有效检测结果后对 4 线对有线端口执行连接检查测量。

连接检查的结果

| CCnn_2 | CCnn_1 | CC 结果 |
|---|---|---|
| 0 | 0 | “未知”或不完整 |
| 0 | 1 | 单一特征 |
| 1 | 0 | 双特征 |
| 1 | 1 | 保留 |

在完成连接检查之后以及在检测事件寄存器 (0x04h) 中设置检测事件位之前将设置这些位。

#### 9.6.2.25 2 线对管制通道 1 配置寄存器

命令 = 1Eh，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 69. 2 线对管制通道 1 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL1_7 | POL1_6 | POL1_5 | POL1_5 | 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.26 2 线对管制通道 2 配置寄存器

命令 = 1Fh，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 70. 2 线对管制通道 2 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL2_7 | POL2_6 | POL2_5 | POL2_4 | POL2_3 | POL2_2 | POL2_1 | POL2_0 |
| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.27 2 线对管制通道 3 配置寄存器

命令 = 20h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 71. 2 线对管制通道 3 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL3_7 | POL3_6 | POL3_5 | POL3_5 | 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.28 2 线对管制通道 4 配置寄存器

命令 = 21h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 72. 2 线对管制通道 4 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL4_7 | POL4_6 | POL4_5 | POL4_4 | POL4_3 | POL4_2 | POL4_1 | POL4_0 |
| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 36. 2 线对管制寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–0 | POLn_7-POLn_0 | R/W | 1 | 1 个字节定义 2 线对 $P_{CUT}$ 最小阈值。<br>定义 $P_{CUT}$ 的公式为：<br>$P_{CUT} = (N \times PC_{STEP})$<br>其中，假设使用 0.200Ω Rsense 电阻器时：<br>$PC_{STEP} = 0.5W$ |

**注**

这些位用于设置整个设计的最小阈值。在内部，典型的 PCUT 阈值设置为略高于此值，从而确保器件不会因器件差异或温度变化而使 Pcut 故障达到或低于该寄存器中的设定值。

对于 4 线对有线端口，2P 管制值仍适用于各个通道。请参阅 有关 寄存器 0x2Ah 和 0x2Bh 的说明以了解有关 4 线对管制的更多信息。

只要由于故障情况或用户命令而关闭或禁用端口，该寄存器的内容就会复位为 0xFFh


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**注**

不支持小于 2W 的编程值。如果将小于 2W 的值编程到这些寄存器中，则器件将使用 2W 作为 2 线对管制值。

**功率管制：**

TPS23881　实现了真正的功率管制限制，因此器件将根据电压和电流变化调整管制限制，从而确保可靠的功率限制。

在半自动和自动模式下，这些位在加电期间根据分配的分级自动置位（请参阅以下各表）。如果需要替代值，则需要在 0x10h 中设置 PEn 位后设置该值，或者也可以在端口打开之前结合使用寄存器 0x40 中的 MPOLn 位进行配置（请参阅 *2x 折返选择寄存器*）。

**表 37. 2 线对有线端口和 4 线对双特征器件 2 线对管制设置**

| 分配的分级 | POLn7-0 设置 | 最小功率 |
|---|---|---|
| 1 级 | 0000 1000 | 4W |
| 2 级 | 0000 1110 | 7W |
| 3 级 | 0001 1111 | 15.5W |
| 4 级 | 0011 1100 | 30W |
| 5 级双特征 | 0101 1010 | 45W |

**表 38. 带有单一特征器件的 4 线对有线端口的 2 线对管制设置**

| 分配的分级 | POLn7-0 设置 | 最小功率 |
|---|---|---|
| 1 级 | 0000 1000 | 4W(1) |
| 2 级 | 0000 1110 | 7W(1) |
| 3 级 | 0001 1111 | 15.5W(1) |
| 4 级 | 0011 1100 | 30W(1) |
| 5 级 | 0100 0000 | 32W(2) |
| 6 级 | 0100 1110 | 39W(2) |
| 7 级 | 0101 1001 | 44.5W(2) |
| 8 级 | 0110 1011 | 53.5W(2) |

(1)　带有单一特征器件并分配了 1-4 级的 4 线对端口的两个通道都需要支持每个配对的完整分级电流。
(2)　带有单一特征器件并分配了 5-8 级的 4 线对端口需要满足 4 线对受电器件的 IEEE 负载不平衡要求。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.29 电容（传统 PD）检测*

命令 = 22h，带 1 个数据字节，只写

用于从手动模式启用电容测量

**图 73. 电容检测寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | CDET4 | - | CDET3 | - | CDET2 | - | CDET1 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

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

**表 39. 电容检测寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7、5、3、1 | 保留 | R/W | 0 | |
| 6、4、2、0 | CDETn | R/W | 0 | 启用通道“n”的电容检测<br>0 = 禁用电容检测<br>1 = 启用电容检测 |

要完成某个通道上的电容测量，必须首先将该通道置于诊断模式。设置寄存器 0x22h 中的位，以启用所需通道上的电容检测。然后设置寄存器 0x14h 中的 DETE 位，以开始检测和处理。

**注**

需要对 TPS23881 SRAM 进行编程，以使电容测量正常运行。

仅在手动/诊断模式下支持电容测量。

如果返回的电阻检测结果为“有效”，则不会进行电容测量。

对于 4P 有线端口，需要分别在每个通道上完成电容测量。

电容测量完成后，将在寄存器 0x04h 中设置 DETCn 位，并且在寄存器 0x44h - 0x4Bh 中更新电阻和电容值。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.30 加电故障寄存器*

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 74. 加电故障寄存器格式**

| 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 |

说明：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 40. 加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 PWONn 命令尝试开启失败之后通道 n 的分级和检测故障状态。当通道 n 关闭时，将清除这些位。<br>PFn：选择如下：<br>故障代码 0 0 — 加电故障 说明：无故障<br>故障代码 0 1 — 加电故障 说明：无效检测<br>故障代码 1 0 — 加电故障 说明：分级错误<br>故障代码 1 1 — 加电故障 说明：功率不足 |

**注**

如果发生启动故障并且未设置 PECn 位，则此寄存器将指示故障原因。

每当寄存器 0x29 配置不允许为通道加电时，就会报告功率不足故障。请参阅介绍 *功率分配和功率降级* 的部分。

对于 4 线对有线端口：

对于双特征连接器件，将**单独**更新这些位

对于单一特征连接器件，将**同时**更新这些位

#### *9.6.2.31 端口重映射寄存器*

命令 = 26h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 75. 端口重映射寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 逻辑通道 4 的物理通道编号 | | 逻辑通道 3 的物理通道编号 | | 逻辑通道 2 的物理通道编号 | | 逻辑通道 1 的物理通道编号 | |
| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-1 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：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 41. 端口重映射寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | POR/ RST | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–0 | 逻辑通道 n 的物理通道编号 | R/W | 1110 0100b/ P | 用于因物理板面限制而对通道进行逻辑重映射。重映射是在 4 通道组（1-4 或 5-8）内的任何通道之间进行的。在接收端口重映射命令之前，一组（四个）通道中的所有通道必须处于关闭模式，否则将忽略该命令。默认情况下没有重映射。<br>每一对位对应于分配的逻辑端口。<br>每个端口的选择如下： |

| 重映射代码 | | 物理通道 | 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 表明逻辑通道 4 映射到物理通道 4，接着值为 10 的 2 个位表明逻辑通道 3 映射到物理通道 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，则会将其忽略，芯片将保留现有配置。

注意：如果收到 0x1A IC 复位命令，则端口重映射配置将保持不变。

**注**

RST 条件“P”表示在使用 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚复位器件后将保留这些位的先前状态。因此，将 $\overline{\text{RESET}}$ 输入拉低将不会覆盖用户对此寄存器进行的任何更改。

**注**

**只有逻辑通道 3 和 4 以及 1 和 2 可以连接为 4 线对端口。如果逻辑通道的任何其他组合连接为 4 线对配置，则会发生不可预测的行为。**

**注**

端口重映射后，TI 建议在开启通道前至少执行一个检测/分级周期。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.32 通道 1 和 2 多位优先级寄存器*

命令 = 27h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 76. 通道 1 和 2 MBP 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### *9.6.2.33 通道 3 和 4 多位优先级寄存器*

命令 = 28h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 77. 通道 3 和 4 MBP 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 42. 通道 n MBP 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：多位优先级位，每个通道对应三个位 - 如果选择了 3 位关断优先级（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）通道来响应在 OSS 关断输入端接收的串行关断代码。<br>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）进行通道复位，但不会取消任何进行中的故障冷却时间计数。<br>优先级定义如下：<br>OSS 代码 ≤ MBPn_2-0：当收到 OSS 代码时，相应通道关闭。<br>OSS 代码 > MBPn_2-0：OSS 代码对通道无影响
<table>
<tr><th colspan="3">MBPn_2-0 0x27/28 寄存器</th><th>多位优先级</th><th>关闭通道时的 OSS 代码</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>

优先级随着 3 位值的增加而降低。因此，具有“000”设置的通道具有最高优先级，而具有“111”设置的通道具有最低优先级。

允许将相同的设置应用于多个通道。这样做会导致在显示相应的 OSS 代码时禁用所有具有相同设置的通道。

对于 4 线对有线端口，这些位可控制各个通道响应。为了同时禁用 4 线对有线端口的两个配对，两个通道需要具有相同的 MBP 设置，否则只能禁用一个配对。

如果由于 OSS 或其他原因导致 4 线对双特征 PD 的奇异通道关闭，则可以通过设置 0x19h 中的 PWON 位来重新为该通道供电，但前提是检测和分级仍然有效，并且根据受电通道分配的分级，0x29 中的功率分配设置足以满足要求。

由于 OSS 导致的关闭过程类似于通道复位或更改为关闭模式，但 OSS 不会取消任何进行中的故障冷却计时器。下表列出了由于 OSS 而禁用通道时将会清除的位：

**表 43. 由于 MBP OSS 而导致通道关闭**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

**注**

不会存储任何先前的 3 位 OSS 命令。根据每个通道的 MBPn 设置立即处理每个 3 位 OSS 命令（在最后一个 OSS MBP 脉冲结束之前）。此后任何关闭其他通道的尝试都需要额外的 3 位 OSS 命令。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.34 4 线对有线和端口功率分配寄存器*

命令 = 29h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 78. 4 线对有线和功率分配寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4PW34 | MC34_2 | MC34_1 | MC34_0 | 4PW12 | MC12_2 | MC12_1 | MC12_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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 44. 4 线对有线和功率分配寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7，3 | 4PWnn | R/W | 0 | 4 线对有线配置位<br>4PWnn = 1：通道 3/4 或 1/2 采用 4 线对配置连接方式<br>4PWnn = 0：通道 3/4 或 1/2 采用 2 线对配置连接方式 |
| 6 - 4，2 - 0 | MCnn_2-0 | R/W | 0 | MCnn_2-0：端口功率分配位。这些位设置允许给定端口（2 线对或 4 线对）加电的最大功率分级级别<br>在半自动模式下需要在发出 PWONn 命令之前设置这些位，而在自动模式下需要在设置 0x14 中的 DETE 和 CLE 位之前设置这些位。 |

**表 45. 4 线对有线和功率分配设置**

| 4PWnn | MCnn_2 | MCnn_1 | MCnn_0 | 功率分配 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 线对 15.4W |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 保留 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 保留 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 2 线对 30W |
| 0 | 1 | x | x | 保留 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 4 线对 15.4W |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 保留 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 保留 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 4 线对 30W（4 级） |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 4 线对 45W（5 级） |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 4 线对 60W（6 级） |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 4 线对 75W（7 级） |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 4 线对 90W（8 级） |

如需详细了解功率降级的应用以及功率分配设置与分配的分级结果之间的关系，请参阅表 1 和表 2。

**注**

为了防止出现任何意外行为，仅当端口仍处于关闭模式时，才应在上电复位 (POR) 事件后立即执行 4PWnn 位设置。

**注**

在半自动或自动模式下发出 PWON 命令之前以及在自动模式下设置 DETE 和 CLE 位之前，需要设置功率分配 (0x29h) 值。发出 PWON 命令后对功率分配值进行的任何更改均可能被忽略。

注

对于 4 线对双特征 PD，奇数通道优先于偶数通道。因此，偶数通道将基于所分配的总功率与奇数通道的分级之间的差异受电。

例如，如果双特征 PD 包含两个 45W PD 并且 PSE 功率分配设置为 60W，则奇数通道受电将是 45W，而偶数通道将限制为 15W。

注

对于 2 线对有线端口，MCnn_2-0 位同时设置通道 1 和 2 以及 3 和 4 的功率分配设置。

允许将通道 3 和 4 设置为 15.4W，而将通道 1 和 2 设置为 30W，但不允许通道 1 和 2 之间或 3 和 4 之间具有不同的功率分配设置


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.35 4 线对管制通道 1 和 2 配置寄存器

命令 = 2Ah，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 79. 4 线对管制通道 1 和 2 配置寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL12_7 | POL12_6 | POL12_5 | POL12_5 | POL12_3 | POL12_2 | POL12_1 | POL12_0 |
| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.36 4 线对管制通道 3 和 4 配置寄存器

命令 = 2Bh，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 80. 4 线对管制通道 3 和 4 配置寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POL34_7 | POL34_6 | POL34_5 | POL34_4 | POL34_3 | POL34_2 | POL34_1 | POL34_0 |
| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W1 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 46. 4 线对管制寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–0 | POLnn_7-POLnn_0 | R/W | 1 | 1 个字节定义总和 4 线对 $P_{CUT}$ 最小阈值。<br>定义 $P_{CUT}$ 的公式为：<br>$P_{CUT} = (N \times PC_{STEP})$<br>其中，假设使用 0.200Ω Rsense 电阻器时：<br>$PC_{STEP} = 0.5W$ |

**注**

这些位用于设置整个设计的最小阈值。在内部，典型的 PCUT 阈值设置为略高于此值，从而确保器件不会因器件差异或温度变化而使 Pcut 故障达到或低于该寄存器中的设定值。

对于 4 线对有线端口，2P 管制值仍适用于各个通道。请参阅 有关 寄存器 0x1Eh 到 0x21h 的说明以了解有关 2 线对管制的更多信息。

只要由于故障情况或用户命令而关闭或禁用端口，该寄存器的内容就会复位为 0xFFh

**注**

不支持小于 4W 的编程值。如果将小于 4W 的值编程到这些寄存器中，则器件将使用 4W 作为 4 线对管制值。

**4 线对功率管制：**

TPS23881 实现了真正的功率管制限制，因此器件将根据电压和电流变化总和来调整管制限制，从而确保可靠的功率限制。

在半自动和自动模式下，这些位在加电期间根据分配的分级自动设置（请参阅表 47）。如果需要替代值，则需要在寄存器 0x10h 中设置 PEn 位后设置该值，或者也可以在端口打开之前结合使用寄存器 0x40 中的 MPOLn 位进行配置（请参阅 2x 折返选择寄存器）。

**表 47. 带有单一特征器件的 4 线对有线端口的 4 线对管制设置**

| 分配的分级 | POLnn7-0 设置 | 最小功率 |
|---|---|---|
| 1 级 | 0000 1000 | 4W |
| 2 级 | 0000 1110 | 7W |
| 3 级 | 0001 1111 | 15.5W |
| 4 级 | 0011 1100 | 30W |
| 5 级 | 0101 1010 | 45W |
| 6 级 | 0111 1000 | 60W |
| 7 级 | 1001 0110 | 75W |
| 8 级 | 1011 0100 | 90W |

对于 4 线对双特征器件，将根据两个通道分配的分级的总和设置这些值，但默认情况下将禁用 4P PCut（0x2D 中的 4PPCTnn 位 = 0），因为双特征器件的主要管制方法是寄存器 0x1Eh - 0x21h 中定义的 2 线对值。

如果需要，可通过设置 0x2D 中的 4PPCTnn 位来启用 4P 管制。

**注**

4 线对 Pcut 故障的 $t_{OVLD}$ 时间将等于 $t_{OVLD}$ 设置 + 大约 6ms


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.37 温度寄存器*

命令 = 2Ch，带 1 个数据字节，只读

**图 81. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 48. 温度寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–0 | TEMP7–TEMP0 | R | 0 | 位描述：数据转换结果。$I^2C$ 数据传输是 1 字节传输。<br>–20°C 至 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。<br>定义测量温度的公式为：<br>$T = –20 + N \times T_{STEP}$<br>其中，$T_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下： |

| 模式 | 满标度值 | $T_{STEP}$ |
|---|---|---|
| 任意 | 146.2°C | 0.652°C |

#### *9.6.2.38 4 线对故障配置寄存器*

命令 = 2Dh，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 82. 4 线对故障配置寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NLM34 | NLM12 | NCT34 | NCT12 | 4PPCT34 | 4PPCT12 | DCDT34 | DCDT12 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 49. 4 线对故障寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7，6 | NLMnn | R/W | 0 | 4 线对 ILIM 故障管理位<br>1 = 如果 4 线对有线端口上的任一通道发生 ILIM 故障，则将禁用该端口上的两个通道<br>0 = 仅会禁用发生 ILIM 故障的通道。备用通道将继续受电。<br>在自动模式下，如果 4 线对单一特征器件受电，这些位将在开启后自动置位 |
| 5，4 | NCTnn | R/W | 0 | 4 线对 PCUT 故障管理位<br>1 = 如果 4 线对有线端口上的任一通道发生 2 线对 $P_{CUT}$ 故障，则将禁用该端口上的两个通道<br>0 = 仅会禁用发生 2 线对 $P_{CUT}$ 故障的通道。备用通道将继续受电。<br>在自动模式下，如果 4 线对单一特征器件受电，这些位将在开启后自动置位 |
| 3，2 | 4PPCTnn | R/W | 0 | 4 线对总和 PCUT 使能位<br>1 = 启用总和 4 线对 PCut<br>0 = 禁用总和 4 线对 PCut<br>无论这些位如何设置，硬件都会继续监控 ILIM 故障<br>在自动和半自动模式下，如果 4 线对单一特征器件受电，这些位将在开启后自动设置为“1” |
| 1，0 | DCDTnn | R/W | 0 | 直流断开阈值位<br>1 = 直流断开阈值设置为 4.5mA 典型值<br>0 = 直流断开阈值设置为 6.5mA 典型值<br>对于 4 线对双特征 PD，在开启期间将把 DCDTxx 位设置为“1”，并且每个通道将独立应用断开阈值。因此，如果任一通道低于 4.5mA 阈值的时间达到 TMPDO + TMPS 持续时间，只会禁用该通道，而备用通道只要满足要求就保持受电状态。<br>对于 4 线对单一特征 PD（请参阅寄存器 0x1Ch），这些位将在加电期间根据分配的分级 (0x4C-4F) 在内部置位：<br>分配的分级 1-4：DCDTxx = 0<br>分配的分级 5-8：DCDTxx = 1 |

**注**

**部分断开**：对于 DCDTxx = 0 且分配的分级 = 0-4 的 4 线对单一特征 PD，当任一通道低于直流断开阈值时，便会立即禁用一个配对/通道，从而提高低电流测量精度。只要负载消耗的电流满足 MPS 计时和电流要求，第二个通道就会保持受电状态。当单通道电流增加到 75mA 以上时，将重新启用禁用的通道。

**注**

每当 4 线对端口处于部分断开状态或一个或两个通道电流低于 30mA（典型值）时，就禁用 4 线对 Pcut。

**注**

对于 DCDTxx = 1 且分配的分级 = 5-8 的 4 线对单一特征 PD，两个通道将保持受电状态，直到两个通道上的电流降至 4.5mA 阈值以下的时间达到 TMPDO + TMPS 持续时间为止。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**注**

对于分配的分级 = 5-8 的 4P 双特征 PD 或 4P 单一特征 PD，在开启后设置 DCDTxx =“0”将使每个通道使用 6.5mA 阈值，而这**不符合** 802.3bt 标准。

**注**

对于 4 线对双特征 PD，每个通道将独立应用断开阈值。因此，如果任一通道低于断开阈值的时间达到 TMPDO + TMPS 持续时间，只会禁用该通道，而备用通道只要继续满足 MPS 计时和电流要求就保持受电状态。

**注**

在手动/诊断模式下加电的 4 线对端口的直流断开将在独立通道中发生。因此，如果任一通道电流降至 $V_{IMIN}$ 以下的时间长于 $t_{MPDO}$，则该通道将被禁用，并且将生成断开故障（寄存器 0x06/7 中的 DISFn 位）。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

### *9.6.2.39 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 83. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 50. 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 | 位描述：数据转换结果。$I^2C$ 数据传输是 2 字节传输。<br>输入电压的 14 位数据转换结果。<br>定义测量电压的公式为：<br>$V = N \times V_{STEP}$<br>其中，$V_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下：<br>**模式** / **满标度值** / **$V_{STEP}$**<br>任意 / 60V / 3.662mV<br>请注意，测量是在 VPWR 和 AGND 之间进行的。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.40 通道 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 84. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.41 通道 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 85. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.42 通道 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 86. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.43 通道 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 87. 通道 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 |
| 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 51. 通道 n 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 | 位描述：数据转换结果。$I^2C$ 数据传输是 2 字节传输。<br>请注意，转换是使用 TI 专有的多斜率积分转换器完成的。<br>通道 n 电流的 14 位数据转换结果。在受电状态下的更新速率大约为 100ms 一次。<br>定义测量电流的公式为：<br>$I = N \times I_{STEP}$<br>其中，$I_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下（根据工作模式）：<br>**模式** \| **满标度值** \| **$I_{STEP}$**<br>受电和分级 \| 1.46A（使用 0.200Ω Rsense） \| 89.5µA<br>注意：在以下任何一种情况下，通过 $I^2C$ 接口获得的结果自动为 0000<br>通道处于关闭模式<br>通道在半自动模式下处于关闭状态，并且未启用检测/分级<br>通道在半自动模式下处于关闭状态，并且检测结果不正确<br>在诊断/手动模式下，如果检测/分级至少启用了一次，则寄存器会保留最后一次测量的结果 |

**注**

1.46A 是基于 14 位 * Istep 的 ADC 理论满标度范围。不过，由于 1.25A 通道电流限制，当通道电流超过 ILIM-2X 阈值 ($V_{LIM2X}$) 时，该电流将折返并被禁用。

**注**

对于 4 线对有线端口，这些寄存器仍然只提供每个通道的单独电流测量值。为了获得总计的 4 线对端口电流读数，需要将两个通道的值相加。

### 分级电流读数

在通道上完成任何分级测量之后，将在这些寄存器中报告测量的分级电流，直到端口打开后端口电流读数完成或端口被禁用。

**注**

仅报告最后一个分级手指的电流测量值。因此，对于单一特征 5、6、7 和 8 级 PD，报告的分级电流将分别报告 0、1、2 和 3 级电流水平。

**注**

分级电流读数的比例因子减小 10x，达到 8.95uA/位。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.44 通道 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 88. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.45 通道 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 89. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.46 通道 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 90. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.47 通道 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 91. 通道 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 |
| 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 52. 通道 n 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 | 位描述：数据转换结果。$I^2C$ 数据传输是 2 字节传输。<br>定义测量电压的公式为：<br>$V = N \times V_{STEP}$<br>其中，$V_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下：<br>**模式** \| **满标度值** \| **$V_{STEP}$**<br>受电 \| 60V \| 3.662mV<br>请注意，受电电压测量是在 VPWR 和 DRAINn 之间进行的。<br>注意：如果通道为关闭状态，通过 $I^2C$ 接口获得的结果自动为 0000。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

### *9.6.2.48 2x 折返选择寄存器*

命令 = 40h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 92. 2x 折返选择寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2xFB4 | 2xFB3 | 2xFB2 | 2xFB1 | MPOL4 | MPOL3 | MPOL2 | MPOL1 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W -0 | R/W -0 | R/W -0 | R/W -0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 53. 2x 折返选择寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–4 | 2xFB4- 2xFB1 | R/W | 0 | 设置后用于激活通道的 2x 折返模式，从而增加其 $I_{LIM}$ 和 $I_{SHORT}$ 电平的正常设置，如图 40 所示。请注意，超出 $I_{LIM}$ 阈值时，故障计时器将启动。<br>注：<br>1) 在开启时，浪涌电流曲线不受这些位的影响，如图 39 所示。<br>2) 当 2xFBn 位为无效状态时，用于相关通道的 $t_{LIM}$ 设置始终为标称值（大约 60ms）。如果 2xFBn 位为有效状态，则可根据时序配置寄存器 (0x16) 中的定义对相关通道的 $t_{LIM}$ 进行编程。<br>3) 如果为通道分配的分级为 4 级或更高类别，则在开启期间将自动设置 2xFB 位。<br>对于单一特征 4 线对受电 PD，将会设置两个位<br>对于双特征 4 线对受电 PD，将会根据单独分配的 PD 分级设置每个通道 |
| 3-0 | MPOL4 - MPOL1 | R/W | 0 | 手动管制和折返配置位<br>0 = 内部器件固件会在端口打开期间根据分配的类别自动调整管制 ($P_{CUT}$) 和 2xFBn 设置。<br>1 = 在端口打开期间，管制 ($P_{CUT}$) 和 2xFBn 设置不会更改。<br>注意：“管制”($P_{CUT}$) 和 2xFBn 设置会在端口关闭时恢复为默认值，与这些设置无关。<br>注意：如果为 4P 配置的端口设置任一位，则会在两个通道上禁用自动配置。<br>端口关闭时，MPOLn 位将被清除。 |

**注**

对于 4 线对有线端口，2xFBn 位分别控制每个通道的运行。

请参阅寄存器 0x55h 的 说明 ，了解有关其他折返和浪涌配置选项的更多信息

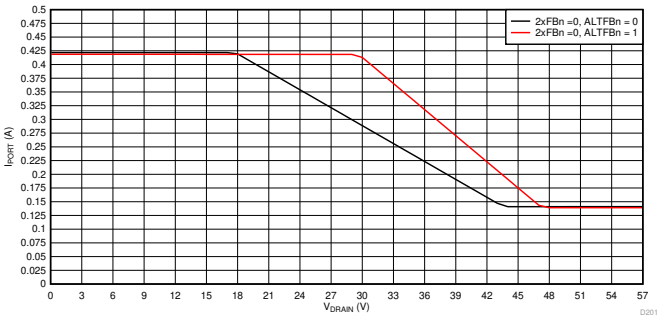



**图 93. 1x 模式 (2xFBn = 0) 折返曲线，$I_{PORT}$ 与 $V_{DRAIN}$ 间的关系**

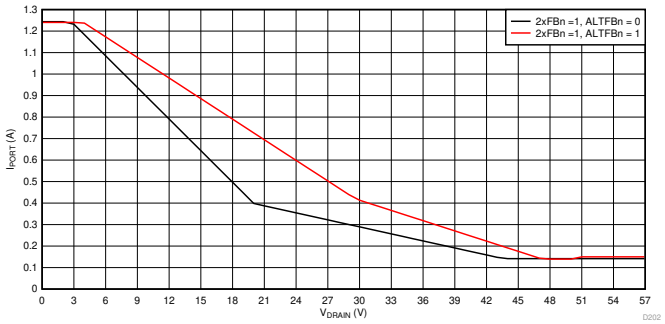



**图 94. 2x 模式 (2xFBn = 1) 折返曲线，$I_{PORT}$ 与 $V_{DRAIN}$ 间的关系**

#### *9.6.2.49 固件版本寄存器*

命令 = 41h，带 1 个数据字节，只读

**图 95. 固件版本寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FRV | | | | | | | |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 54. 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 |

在复位或 POR 故障之后，该值将默认为 0000,0000b，但在进行“有效”的 SRAM 加载时，该值将反映相应的 SRAM 固件版本 (0x01h – 0xFEh)。

**注**

如果该寄存器的值 = 0xFFh，则器件将以“安全模式”运行，并且需要对 SRAM 进行重新编程以恢复正常运行。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.50 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，所有通道都将关闭，并将设置 WDS 位。标称看门狗超时周期为 2 秒。

**图 96. 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 55. 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。<br>请注意，当看门狗计时器到期并且未屏蔽看门狗的情况下，也会关闭所有通道。 |

如果由于 $I^2C$ 看门狗而关闭通道，还会清除相应的位：

**表 56. I2C 看门狗复位**

| 寄存器 | 要复位的位 |
|---|---|
| 0x04 | CLSCn 和 DETCn |
| 0x06 | DISFn 和 PCUTn |
| 0x08 | STRTn 和 ILIMn |
| 0x0A/B | PCUTnn |
| 0x0C-0F | 请求的分级和检测 |
| 0x10 | PGn 和 PEn |
| 0x14 | CLEn 和 DETEn |
| 0x1C | ACn 和 CCnn |
| 0x1E-21 | 2P 管制设置为 0xFFh |
| 0x24 | PFn |
| 0x2A-2B | 4P 管制设置为 0xFFh |
| 0x2D | NLMnn、NCTnn、4PPCTnn 和 DCDTnn |
| 0x30-3F | 通道电压和电流测量 |
| 0x40 | 2xFBn |
| 0x44 - 47 | 检测电阻测量 |
| 0x4C-4F | 分配的分级和先前的分级 |
| 0x51-54 | Autoclass 测量 |

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。

**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。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.51 器件 ID 寄存器*

命令 = 43h，带 1 个数据字节，只读

**图 97. 器件 ID 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DID | | | | SR | | | |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 57. 器件 ID 寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–5 | DID | R | 0010b | 器件 ID 号 |
| 4–0 | SR | R | 0010b | 器件版本号 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### 9.6.2.52 通道 1 检测电阻寄存器

命令 = 44h，带 1 个数据字节，只读

**图 98. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.53 通道 2 检测电阻寄存器

命令 = 45h，带 1 个数据字节，只读

**图 99. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.54 通道 3 检测电阻寄存器

命令 = 46h，带 1 个数据字节，只读

**图 100. 通道 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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.55 通道 4 检测电阻寄存器

命令 = 47h，带 1 个数据字节，只读

**图 101. 通道 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 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 58. 检测电阻寄存器字段说明**

<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>Rn_7- Rn_0</td><td>R</td><td>0</td><td>通道 n 检测电阻的 8 位数据转换结果。<br>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。<br>请注意，寄存器内容不会在关闭时清除。<br>定义测量电阻的公式为：<br>$R = N \times R_{STEP}$<br>其中，$R_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下：
<table>
<tr><th>可用电阻范围</th><th>$R_{STEP}$</th></tr>
<tr><td>2kΩ 至 50kΩ</td><td>195.3125Ω</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

#### 9.6.2.56 通道 1 检测电容寄存器

命令 = 48h，带 1 个数据字节，只读

**图 102. 通道 1 检测电容寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1_7 | C1_6 | C1_5 | C1_4 | C1_3 | C1_2 | C1_1 | C1_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.57 通道 2 检测电容寄存器

命令 = 49h，带 1 个数据字节，只读

**图 103. 通道 2 检测电容寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2_7 | C2_6 | C2_5 | C2_4 | C2_3 | C2_2 | C2_1 | C2_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.58 通道 3 检测电容寄存器

命令 = 4Ah，带 1 个数据字节，只读

**图 104. 通道 3 检测电容寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C3_7 | C3_6 | C3_5 | C3_4 | C3_3 | C3_2 | C3_1 | C3_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.59 通道 4 检测电容寄存器

命令 = 4Bh，带 1 个数据字节，只读

**图 105. 通道 4 检测电容寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C4_7 | C4_6 | C4_5 | C4_4 | C4_3 | R4_2C | C4_1 | C4_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 59. 检测电容寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-0 | Cn_7- Cn_0 | R | 0 | 通道 n 电容测量的 8 位数据转换结果。<br>最新的电容测量结果。$I^2C$ 数据传输是 1 字节传输。<br>定义测量电阻的公式为：<br>$C = N \times C_{STEP}$<br>其中，$C_{STEP}$ 的定义以及满标度值如下：<br>**可用电阻范围** / **$C_{STEP}$**<br>1μF 至 12μF / 0.05μF<br>请注意，寄存器内容不会在关闭时清除。<br>注意：仅在手动/诊断模式下支持电容测量。<br>注意：如果返回的电阻检测结果为“有效”，则不会进行电容测量。<br>注意：需要对 TPS23881 SRAM 进行编程，以使电容测量正常运行。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

#### *9.6.2.60 通道 1 分配的分级寄存器*

命令 = 4Ch，带 1 个数据字节，只读

**图 106. 通道 1 分配的分级寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACLASS Ch1 | | | | PCLASS Ch1 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### *9.6.2.61 通道 2 分配的分级寄存器*

命令 = 4Dh，带 1 个数据字节，只读

**图 107. 通道 2 分配的分级寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACLASS Ch2 | | | | PCLASS Ch2 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### *9.6.2.62 通道 3 分配的分级寄存器*

命令 = 4Eh，带 1 个数据字节，只读

**图 108. 通道 3 分配的分级寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACLASS Ch3 | | | | PCLASS Ch3 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### *9.6.2.63 通道 4 分配的分级寄存器*

命令 = 4Fh，带 1 个数据字节，只读

**图 109. 通道 4 分配的分级寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACLASS Ch4 | | | | PCLASS Ch4 | | | |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**位说明**：这些位表示通道 n 的**“分配的”**分级和先前的分级结果。当通道 n 关闭时，将清除这些位。

**表 60. 通道 n 分配的分级寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7–4 | ACLASS Ch-n | R | 0 | 通道 n 上分配的分级。<br>请参阅下面的表 61 |
| 3–0 | PCLASS Ch-n | R | 0 | 通道 n 上先前的分级结果。<br>请参阅下面的表 62 |

**表 61. 分配的分级指定**

| ACLASS-Chn | | | | 分配的分级 |
|---|---|---|---|---|
| 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 未知 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 级 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 级 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 级 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 级 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 保留 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 保留 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 保留 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 6 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 7 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 8 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 保留 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 5 级 - 4 线对双特征 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 保留 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 保留 |

**表 62. 先前的分级指定**

| PCLASS-Chn | | | | 先前的分级 |
|---|---|---|---|---|
| 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 未知 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 级 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 级 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 级 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 级 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 保留 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 级 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 保留 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 6 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 7 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 8 级 - 4 线对单一特征 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 保留 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 5 级 - 4 线对双特征 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 保留 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 保留 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**“请求的”与“分配”的分级：**

“请求的”分级是 PSE 在开启之前相互识别期间测量的分级，而“分配的”分级是基于寄存器 0x29h 中的功率分配设置为通道加电的分级级别。“请求的”分级值存储在寄存器 0x0C-0F 中

对于 4 线对单一特征器件，两个通道都将在分级完成后的 5ms 内报告相同的分配的 PD 分级。但是，只有测量分级所在的通道才会在寄存器 0x04h 中设置 CLSCn 位

对于 4 线对双特征器件，每个通道将在开启后的 5ms 内报告自己单独分配的 PD 分级。

**注**

受电时在发现期间呈现 0 级特征的器件将被赋予分配的“3 级”分级

**注**

对于非手动/诊断模式下受电的端口/通道，不会为其指定分配的分级。通常根据分配的分级结果配置的任何设置（如端口功率管制和 1x/2x 折返选择）都需要由用户手动配置。

**先前的分级**

在某些情况下，0x0C-0F 中请求的分级结果不能正确反映连接到端口/通道的 PD 的实际分级。当端口的功率分配限制为 15.4W 且 PSE 在开启期间只能提供 1 个分级手指时，就会发生这种情况。发生这种情况时，如果器件配置为在启用了 det 和 cls 的半自动模式下运行，则会在此处存储开启检测和分级周期之前的 3 手指分级测量结果。在必须降级端口以便在开启时保持低于系统功率限制但稍后有更多可用功率预算的情况下，此信息非常有用。

**注**

“先前的分级”结果仅对正在进行发现的半自动模式（DETE 和 CLE = 1）中使用的通道有效。

#### *9.6.2.64 AUTO CLASS 控制寄存器*

命令 = 50h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 110. AUTO CLASS 控制寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MAC4 | MAC3 | MAC2 | MAC1 | AAC4 | AAC3 | AAC2 | AAC1 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 63. AUTO CLASS 控制寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7-4 | MACn | R/W | 0 | 手动 Auto Class 测量位<br>1 = 启用手动 Auto Class 测量位<br>0 = 手动 Auto Class 测量完成<br>Auto Class 测量将在设置该位后的 10ms 内开始。<br>该位将在 0x51-54h 内更新 Autoclass 测量结果后的 1ms 内由内部固件清除。 |
| 3-0 | AACn | R/W | 0 | Auto Class 自动调整使能位<br>1 = 启用 Autoclass 自动调整，并根据测量的 Autoclass 功率自动调整相应的 PCUT 设置<br>0 = 禁用 Autoclass 自动调整，用户可根据需要调整 PCUT 的值。 |

**注**

在开启之前设置的任何 MACn 位都将被忽略并在开启期间被清除。

**Auto Class Pcut 调整**：

如果在寄存器 0x50h 中设置了 ACx 位，TPS23881 将根据 Auto Class 功率测量（寄存器 0x51-54 中的 $P_{AC}$）自动调整其 PCUT 值，任何便于进行自动 Auto Class (AACn = 1) 的 PCut 调整将在 Auto Class 测量周期结束后的 5ms 内进行。

如果未设置 AACn 位，则应使用下面的表格和公式，根据 Auto Class 功率测量 ($P_{AC}$) 进行任何 PCUT 调整。

**表 64. 按测量的功率列出的典型 Auto Class 裕量**

| Auto Class 测量的功率 ($P_{AC}$) | $P_{AC_MARGIN}$ |
|---|---|
| $P_{AC}$ < 18.5W | 0.5W |
| 19W < $P_{AC}$ < 25.5W | 1W |
| 26W < $P_{AC}$ < 36.5W | 2W |
| 36.5W < $P_{AC}$ < 45W | 3W |
| 45W < $P_{AC}$ < 51.5W | 4W |
| 51.5W < $P_{AC}$ < 58W | 5W |
| 58W < $P_{AC}$ < 63W | 6W |
| 63W < $P_{AC}$ < 68W | 7W |
| 68W < $P_{AC}$ < 73W | 8W |
| $P_{AC}$ > 73W | 9W |

**注**

对于支持 Auto Class 的 PSE，$P_{AC_MARGIN}$ 是 IEEE 基于 Auto Class 期间测量的功率而要求的功率余量，允许组件随时间降级。

对于 2 线对或双特征 4 线对 PD，只会使用下面的公式根据每个配对测量的 PAC 来更新 2P-PCut 值。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

2P-PCut = $P_{AC}$ + $P_{AC_MARGIN}$

对于单一特征 4 线对 PD，每个配对的 Autoclass 测量值之和将用于根据下面的公式确定 4P-PCut 设置：

4P-PCut = $P_{AC_ALTA}$ + $P_{AC_ALTB}$ + $P_{AC_MARGIN}$

对于单一特征 4 线对 PD，Auto Class 测量将对 2P-PCut 设置没有影响。在 Auto Class 测量开始之前，这些值将保持为 2P-Pcut 设置值不变。

**注**

对于带有单一特征连接器件的 4 线对有线端口：

如果只设置了一个 AACn 位并且完成了 Autoclass 功率测量（手动或开启期间），则 4-PCut 值仍将根据功率测量值进行更新

如果只设置了一个 MACn 位，则不会完成 Autoclass 测量。

**注**

如果 $P_{AC}$ + $P_{AC_MARGIN}$ 的结果高于通道分配的分级范围，则不会对 2P 或 4P Pcut 设置进行任何更改。

#### 9.6.2.65 通道 1 AUTO CLASS 功率寄存器

命令 = 51h，带 1 个数据字节，只读

**图 111. 通道 1 AUTO CLASS 功率寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | PAC1_6 | PAC1_5 | PAC1_4 | PAC1_3 | PAC1_2 | PAC1_1 | PAC1_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.66 通道 2 AUTO CLASS 功率寄存器

命令 = 52h，带 1 个数据字节，只读

**图 112. 通道 2 AUTO CLASS 功率寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | PAC2_6 | PAC2_5 | PAC2_4 | PAC2_3 | PAC2_2 | PAC2_1 | PAC2_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.67 通道 3 AUTO CLASS 功率寄存器

命令 = 53h，带 1 个数据字节，只读

**图 113. 通道 3 AUTO CLASS 功率寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | PAC3_6 | PAC3_5 | PAC3_4 | PAC3_3 | PAC3_2 | PAC3_1 | PAC3_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### 9.6.2.68 通道 4 AUTO CLASS 功率寄存器

命令 = 54h，带 1 个数据字节，只读

**图 114. 通道 4 AUTO CLASS 功率寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | PAC4_6 | PAC4_5 | PAC4_4 | PAC4_3 | PAC4_2 | PAC4_1 | PAC4_0 |
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 65. AUTO CLASS 功率寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 6-0 | PACn_6-PACn_0 | R | 0 | 通道 n Auto Class 功率测量的 8 位数据转换结果。<br>峰值平均功率计算结果来自 Auto Class 功率测量窗口期间进行的通道电压和电流数据转换测量值。<br>定义测量 Auto Class 功率的公式为：<br>$P_{AC} = N \times P_{AC_STEP}$<br>其中，假设使用 0.200Ω Rsense 电阻器时：<br>$PC_{STEP} = 0.5W$ |

**注**

IEEE 要求在测量的 Auto Class 功率基础上提供功率余量（定义为 $P_{AC_MARGIN}$），从而支持组件随时间降级。请参阅表 64 以了解 $P_{AC}$ 和 $P_{AC_MARGIN}$ 之间的关系


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

### *9.6.2.69 备用折返寄存器*

命令 = 55h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 115. 备用折返寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALTFB4 | ALTFB3 | ALTFB2 | ALTFB1 | ALTIR4 | ALTIR3 | ALTIR2 | ALTIR1 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 66. 备用折返寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| 7-4 | ALTFBn | R | 0 | 备用折返使能位：用于在受电时启用运行备用折返曲线。<br>1 = 启用备用折返<br>0 = 禁用备用折返<br>应在发出 PWONn 命令之前设置 ALTFBn 位才能确保使用所需的折返曲线。 |
| 3-0 | ALTIRn | R | 0 | 备用浪涌使能位：用于在通道 n 上发生浪涌期间启用备用折返曲线<br>1 = 启用备用浪涌<br>0 = 禁用备用浪涌<br>注意：需要在发送 PWONn 命令之前设置 ALTIRn 位才能确保遵循所需的浪涌行为 |

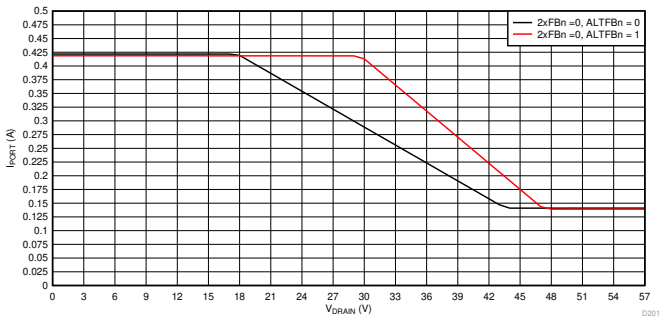



**图 116. 1x 模式 (2xFBn = 0) 折返曲线，$I_{PORT}$ 与 $V_{DRAIN}$ 间的关系**

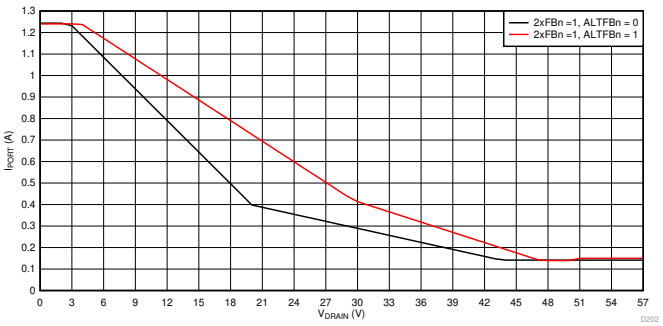



**图 117. 2x 模式 (2xFBn = 1) 折返曲线，$I_{PORT}$ 与 $V_{DRAIN}$ 间的关系**

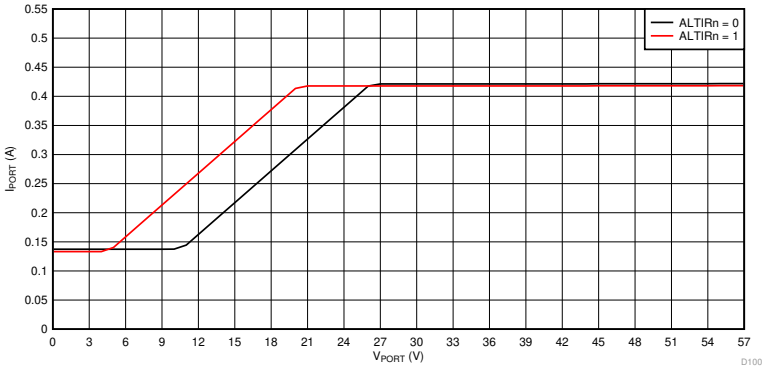



**图 118. 浪涌折返曲线，$I_{PORT}$ 与 $V_{PORT}$ 间的关系**

### 9.6.2.70 SRAM 控制寄存器

命令 = 60h，带 1 个数据字节，读取/写入

**图 119. SRAM 控制寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROG_SEL | CPU_RST | - | PAR_EN | RAM_EN | PAR_SEL | R/WZ | CLR_PTR |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 67. SRAM 控制寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | PROG_SEL | R/W | 0 | I2C 编程选择位。<br>1 = 启用 SRAM I2C 读取/写入<br>0 = 禁用 SRAM I2C 读取/写入。 |
| 6 | CPU_RST | R/W | 0 | CPU 复位位<br>1 = 内部 CPU 保持在复位状态<br>0 = 内部 CPU 处于活动状态<br>严格来说，这是 CPU 复位。切换此位仅复位 CPU，不会更改 $I^2C$ 寄存器的任何内容 |
| 5 | 保留 | R/W | 0 | 保留 |
| 4 | PAR_EN | R/W | 0 | SRAM 奇偶校验使能位：<br>1 = 将会启用 SRAM 奇偶校验<br>0 = 将会禁用 SRAM 奇偶校验<br>建议使用 SRAM 时务必启用奇偶校验功能 |
| 3 | RAM_EN | R/W | 0 | SRAM 使能位<br>1 = 将会启用 SRAM，内部 CPU 将从 SRAM 和内部 ROM 运行<br>0 = 内部 CPU 仅从内部 ROM 运行<br>在 SRAM 编程之后，为了能够使用 SRAM 代码，该位需要设置为 1 |
| 2 | PAR_SEL | R/W | 0 | SRAM 奇偶校验选择位：将此位设置为 1 并与 RZ/W 位结合使用可支持访问 SRAM 奇偶校验位。<br>1 = 启用奇偶校验位读取/写入<br>0 = 禁用奇偶校验位读取/写入 |
| 1 | R/WZ | R/W | 0 | SRAM 读取/写入选择位：<br>0 = SRAM 写入 – 将 SRAM 数据写入 0x61h<br>1 = SRAM 读取 – 从 0x61h 读取 SRAM 数据<br>可通过 I2C 连续读取/写入 SRAM 数据，直到发送停止位为止。 |
| 0 | CLR_PTR | R/W | 0 | 清除地址指针位：<br>1 = 复位存储器地址指针<br>0 = 释放指针以供使用<br>为了确保正确编程，应将该位切换 (0-1-0) 为写入或读取 SRAM 或奇偶校验存储器。 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

**SRAM 编程**：

加电时，建议将 TPS23881 的 SRAM 编程为最新版本的代码（可通过 *TI mySecure 软件* 网页进行下载）。除了下列用于 SRAM 编程的命令之外的所有 $I^2C$ 流量都应推迟到以下 SRAM 编程序列完成之后。

**注**

对于选择不加载 SRAM、仅从内部 ROM 运行的 TPS23881 应用，请参阅 SRAM 发行说明和 ROM 咨询文档（可通过 *TI mySecure 软件* 网页获取）。

**注**

必须在较低的 I2C 地址（通道 1-4）完成 SRAM 编程控制。对较高的 I2C 器件地址（通道 5-8）配置该寄存器不会对 SRAM 进行编程

**注**

SRAM 编程需要从器件的初次加电（VPWR 和 VDD 高于 UVLO）后延迟至少 50ms，让器件完成其内部硬件初始化过程

**用于 SRAM 编程的 0x60h 设置**：在编程/写入 SRAM 之前，需要在寄存器 0x60h 中完成以下位序列：

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROG_SEL | CPU_RST | - | PAR_EN | RAM_EN | PAR_SEL | R/WZ | CLR_PTR |
| 0 → 1 | 0 → 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 → 0 | 0 → 1 → 0 |

读取 SRAM 需要相同的序列，但 R/WZ 位需要设置为“1”。

如果设备处于“安全模式”，则可以使用与上述相同的序列重新编程 SRAM。

在此序列之后通过 $I^2C$ 向 0x61h 写入内容会从寄存器 0x62h 和 63h 中设置的地址开始主动对 SRAM 程序存储器进行编程。

**用于 SRAM 奇偶校验编程的 0x60h 设置**：在对 SRAM 程序存储器进行编程之后，为了配置器件以便对奇偶校验存储器进行编程，需要在寄存器 0x60h 中完成以下位序列：

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROG_SEL | CPU_RST | - | PAR_EN | RAM_EN | PAR_SEL | R/WZ | CLR_PTR |
| 0 → 1 | 0 → 1 | 0 | 0 | 0 | 0→1 | 1 → 0 | 0 → 1 → 0 |

读取奇偶校验需要相同的序列，但 R/WZ 位需要设置为“1”。

在此序列之后通过 $I^2C$ 向 0x61h 写入内容会从寄存器 0x62h 和 63h 中设置的地址开始主动对奇偶校验存储器进行编程。

**从 SRAM 程序存储器运行的 0x60h 设置**：完成编程后，为了让器件能够正常耗尽 SRAM，需要在寄存器 0x60h 中完成以下位序列：

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROG_SEL | CPU_RST | - | PAR_EN | RAM_EN | PAR_SEL | R/WZ | CLR_PTR |
| 1 → 0 | 1 → 0 | 0 | 0 → 1 | 0 → 1 | 1 → 0 | 0 | 0 |

在完成上述序列后的 1ms 内，器件将完成对 SRAM 的兼容性检查

如果确定 SRAM 加载“有效”：寄存器 0x41h 将具有 0x01h 和 0xFEh 之间的值，并且器件将恢复正常运行。

如果确定 SRAM 加载“无效”：

- 0x41h 将设置为 0xFFh
- 在内部将清除 RAM_EN 位
- 器件将以“安全模式”运行，直到完成另一次编程尝试

#### *9.6.2.71 SRAM 起始地址 (LSB) 寄存器*

命令 = 62h，带 1 个字节，读取/写入

**图 120. SRAM 起始地址 (LSB) 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SA_7 | SA_6 | SA_5 | SA_4 | SA_3 | SA_2 | SA_1 | SA_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 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

#### *9.6.2.72 SRAM 起始地址 (MSB) 寄存器*

命令 = 63h，带 1 个字节，读取/写入

**图 121. SRAM 起始地址 (MSB) 寄存器格式**

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SA_15 | SA_14 | SA_13 | SA_12 | SA_11 | SA_10 | SA_9 | SA_8 |
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读；-n = 复位后的值

**表 68. SRAM 起始地址寄存器字段说明**

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15-0 | SA_15- SA_0 | R/W | 0 | SRAM 和奇偶校验编程起始地址位：<br>在这些寄存器中输入的值用于设置 SRAM 或奇偶校验编程的起始地址位置 |


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

# 10 应用和实现

**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。

## 10.1 应用信息

TPS23881 是一款支持 IEEE 802.3bt 的 8 通道 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 （建议在大多数应用中使用 MSP430FR5969 微控制器）。后续部分将介绍具有不同要求（包括主机控制）的 应用 的详细设计过程。

图 122 的原理图说明了 TPS23881 的半自动工作模式，能够为 PoE 负载供电。TPS23881 具有以下功能：

1. 执行负载检测。
2. 执行 1 类（一指）到 4 类（五指）负载的分级。
3. 通过保护性折返电流限制和端口功率管制 ($P_{CUT}$) 值启用电源。
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 $V_{PUV_F}$（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、$P_{CUT}$ 故障或 $I_{LIM}$ 故障而导致关断之后，端口将断电。由于断开连接而使端口断电后，如果寄存器 0x14 中设置了 DETE 和 CLE 位，那么 TPS23881 将立即重启检测和分级周期。如果关断是由于启动故障、$P_{CUT}$ 故障或 $I_{LIM}$ 故障导致的，则 TPS23881 将进入冷却期，在此期间将延迟该端口的任何检测/分级使能命令。如果设置了分级和/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。如果是使用断电命令禁用了端口，则会清除 DETE 和 CLE 位，并需要通过 $I^2C$ 复位这些位以便恢复检测和分级。

### 10.1.1 自主操作

与自动模式（自动模式仍需要主机通过一系列 $I^2C$ 命令来初始化 TPS23881 操作）不同，在将 TPS23881 配置为自主模式时，不需要主机或 $I^2C$ 通信。

如果根据下表在 AUTO 引脚和 GND 之间连接一个电阻器，则会启用自主模式并将所有端口配置为相同的功率分配设置。如果以比自主模式配置更高的请求的分级连接 PD，那么端口会将 PD 降级至所选的自主模式配置功率水平。在所有端口上自动连续执行检测和分级（如果发生有效检测）。如果测量到有效分级，则会根据寄存器 0x29 中的功率分配设置自动开启端口电源。

**表 69. AUTO 引脚编程**

| AUTO 引脚 | 自主模式配置 |
|---|---|
| 断开/悬空 | 禁用 |
| 124kΩ | 2 线对 15W |
| 62kΩ | 2 线对 30W |
| 35.7kΩ | 4 线对 30W |
| 22.6kΩ | 4 线对 45W |
| 15.8kΩ | 4 线对 60W |
| 11kΩ | 4 线对 75W |
| 7.7kΩ | 4 线对 90W |

**注**

需要将一个 10nF 的电容器与 $R_{AUTO}$ 进行并联，以确保自主模式选择的稳定性。

### 10.1.2 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 电话和无线接入点 (WAP)。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 802.3bt 标准定义。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电压（约 50V）来保持较低的电流并最小化线路中 IR 压降的影响，从而保持向负载的电力输送。标准 2 线对 PoE 向 1 类 PD 提供大约 13W 功率，向 2 类 PD 提供大约 25.5W 功率，而标准 4 线对 PoE 将能够向 3 类 PD 提供大约 51W 功率，向 4 类 PD 提供大约 71W 功率。

#### *10.1.2.1 2 线对与 4 线对功率比较以及新的 IEEE802.3bt 标准*

以前的 IEEE 802.3at-2009 标准把通过 2 线对以太网线（通常称为 Alt-A 或 Alt-B 配对）从 PSE（电源设备）提供电力的 PoE 电力输送能力从 15.4W（通常称为 .af 或 1 类 PoE）扩展到 30W（.at 或 2 类 PoE）。IEEE 802.3bt 标准通过支持在 ALT-A 和 ALT-B 配对上并行提供电力，进一步将从 PSE 输送电力的能力扩展到高达 90W。新标准中还创建了两个新的 PoE 设备“类型”。3 类 PSE 设备能够通过 4 线对电缆提供高达 60W 的电力，或通过 2 线对电缆提供 30W 的电力，同时支持新的 MPS 要求。4 类 PSE 设备能够通过 4 线对电缆提供高达 90W 的电力。为了支持所有这些配置，TPS23881 采用完全可配置的设计。

新标准还更新了维持功率特征（即 MPS）要求。在该标准的前一版本中，仅当 PD（供电设备）电流在每 300ms 至 400ms 有至少 60ms 的时间超过 10mA 时，才要求 PSE 维持端口上的功率。新版本将这些要求减小为每 320ms 至 400ms 有 6ms，从而将维持 PoE 功率的最小功率要求降低了近 9/10。

### 10.1.3 SRAM 编程

加电时，TPS23881 器件可以从其内部 ROM 存储器运行，或者用户可以选择通过 $I^2C$ 线对 SRAM 进行编程。

**注**

可以通过 *TI mySecure 软件* 网页获取最新版本的 TPS23881 固件。

除了下列用于 SRAM 编程的命令之外的所有 $I^2C$ 流量都应推迟到以下 SRAM 编程序列完成之后。

对于包含多个 TPS23881 器件的系统，可以使用 0x7F“全局”广播 I2C 地址同时对所有器件进行编程。

请参阅 TI.com 上的 *《如何加载 TPS2388x SRAM 代码》*，了解有关 SRAM 编程过程的更详细说明。


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 10.2 典型应用

此典型应用展示了一个使用 MSP430 或类似微控制器的八（2 线对）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。TPS23881 在多端口 应用 中提供有用的遥测，有助于实现端口功率管理。

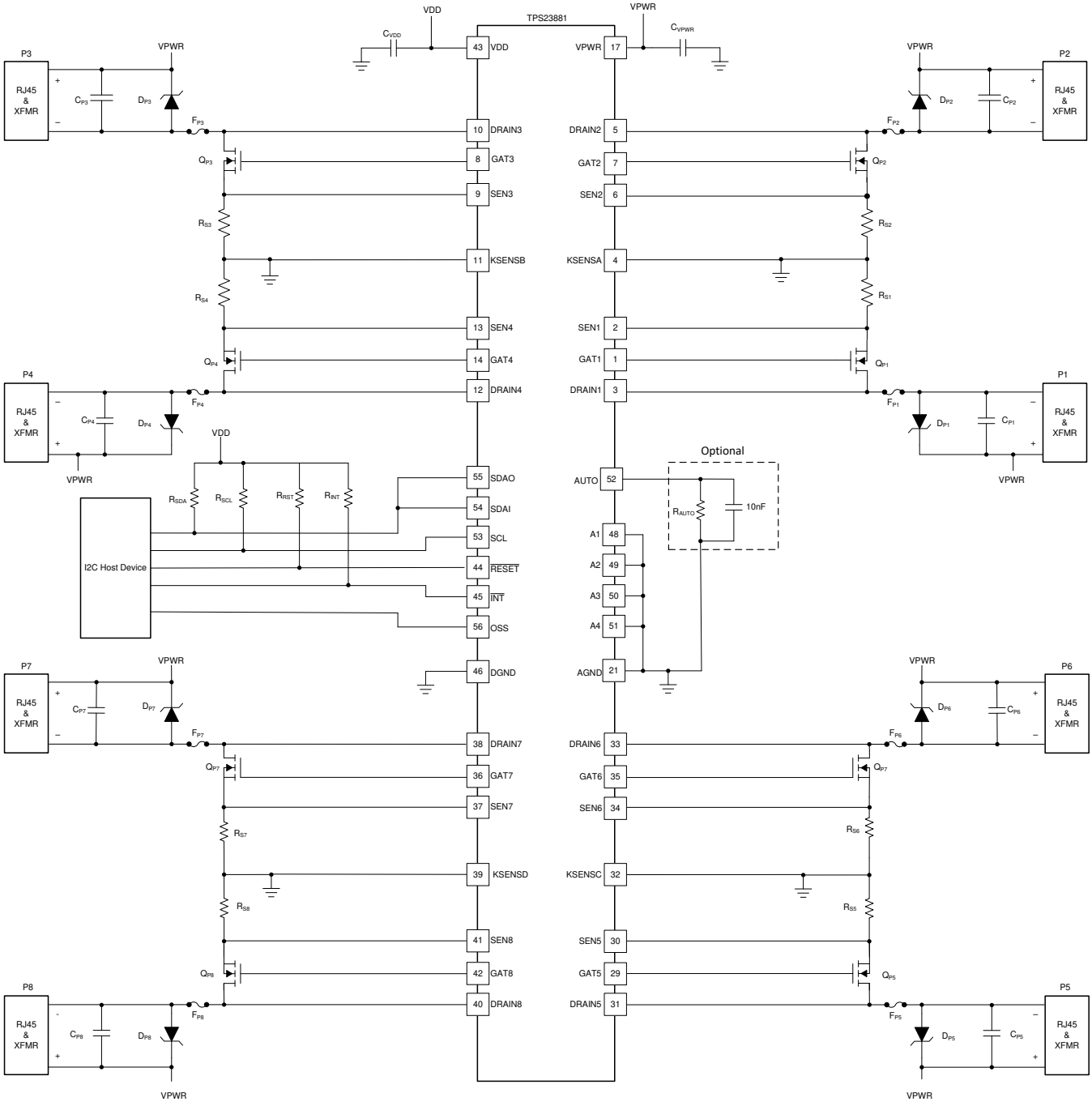



**图 122. 八（2 线对）端口应用**

## 典型应用 (接下页)

此典型应用展示了一个使用 MSP430 或类似微控制器的四（4 线对）端口半自动模式应用。

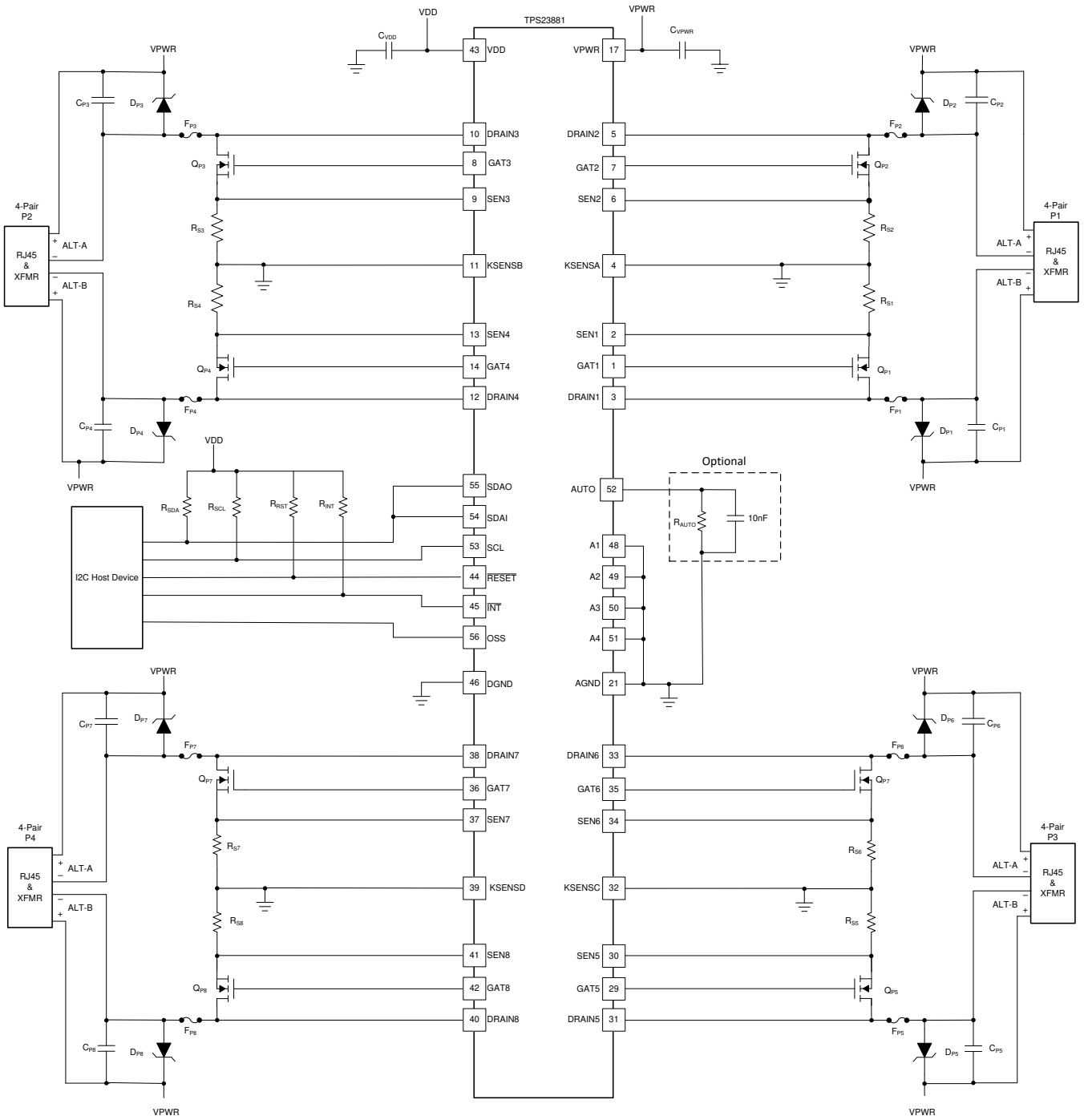



**图 123. 四（4 线对）端口应用**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型应用 (接下页)

### 10.2.1 设计要求

TPS23881 器件用于八端口配置，并由 $I^2C$ 主机器件进行管理。TPS23881 的 $I^2C$ 地址由 A4..A1 引脚进行编程。在系统中使用多个 TPS23881 器件时，每个器件都需要一个唯一的 $I^2C$ 地址。有关如何对 TPS23881 $I^2C$ 地址进行编程的更多信息，请参阅*引脚状态寄存器*。

图 122 和图 123 显示了所有 2 线对或 4 线对端口的典型应用，但 TPS23881 也可配置为支持 2 线对或 4 线对 PSE 端口的任意组合。4 线对端口要求在 RJ45 端子上使用备用 A 和备用 B 线配对，而 2 线对端口仅要求使用备用 A 配对。

不需要使用 MCU 来操作 TPS23881 器件，但需要使用某种类型的 $I^2C$ 主器件/主机控制器器件对 TPS23881 的内部 SRAM 进行编程以及初始化其基本 $I^2C$ 寄存器配置。

建议将 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚连接到微控制器或其他外部电路。

**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。

有关更多详细信息，请参阅*《TPS23881EVM 用户指南》*。

### 10.2.2 详细设计过程

有关组件选择和布局建议的更多详细信息，请参阅*《TPS23881EVM 用户指南》*。

#### *10.2.2.1 未用通道上的连接*

在未使用的通道上，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 124 显示了一个未使用的 PORT2 的示例。

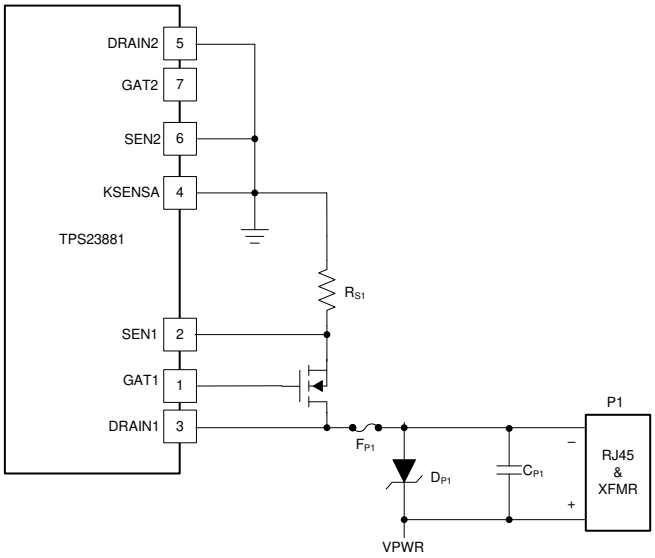



**图 124. 未使用的 PORT2 的连接**

## 典型应用 (接下页)

### *10.2.2.2 电源引脚旁路电容器*

- **$C_{VPWR}$**：0.1µF，100V，X7R 陶瓷电容，位于引脚 17 (VPWR)
- **$C_{VDD}$**：0.1µF，5V，X7R 陶瓷电容，位于引脚 43 (VDD)
- **$C_{AUTO}$(1)**：10nF，5V，X7R 陶瓷，位于引脚 52 (AUTO) (1)

### *10.2.2.3 每端口的组件*

- **$C_{Pn}$**：0.1µF，100V，X7R 陶瓷电容，位于 VPWR 和 Pn- 之间
- **$R_{Sn}$**：每个通道的电流感应电阻器为 0.2Ω。建议使用采用 0805 SMT 封装的 1%、0.25W 电阻器。如果选择 90W 管制 ($P_{CUT}$) 阈值，则电阻器的最大功率耗散约为 140mW。

> **注**
> 对于需要更精确的系统功率监控或精密端口功率管制精度的系统，建议使用 0.1% $R_{SENSE}$ 电阻器。

- **$Q_{Pn}$**：端口 MOSFET 可以是具有平均性能特征的小型低成本器件。$BV_{DSS}$ 的最小值应为 100V。MOSFET 的 $R_{DS(on)}$ 在 $V_{GS}$ = 10V 时的目标大小应为 50mΩ 和 150 mΩ 之间。MOSFET 栅极电荷 ($Q_G$) 和输入电容 ($C_{ISS}$) 应分别小于 50nC 和 2000pF。$Q_{Pn}$ 在 RDS(on) = 100mΩ 且标称管制 ($I_{CUT}$) 阈值为 640mA 时的最大功耗约为 45mW。

> **注**
> 在选择系统设计所需的这些组件时，除了 MOSFET $R_{DS(on)}$ 和 $BV_{DSS}$ 特性外，还需要考虑功率 MOSFET SOA 额定值。建议选择一个 SOA 额定值超过浪涌和操作折返特性曲线（如图 39 和图 40 所示）的 MOSFET。使用标准电流折返（ALTIRn 或 ALTFBn = 0）选项时，建议使用 CSD19538Q3A 100V N 沟道 MOSFET。

- **$F_{Pn}$**：端口保险丝应为慢熔型，额定电压至少为 60VDC 且高于约 2 x $P_{CUT}$(max)。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 $P_{CUT}$ 条件下的功耗约为 150mW。
- **$D_{PnA}$**：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和小于 95V 的最大钳位电压

(1) 仅当 $R_{AUTO}$ 也连接到 AUTO 引脚时需要


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型应用 (接下页)

### *10.2.2.4 系统级组件（未在原理图中显示）*

系统 TVS 和大容量 VPWR 电容共同作用，旨在保护 PSE 系统免受可能导致 VPWR 超过 70V 的浪涌事件的影响。TVS 和大容量电容器应放置在 PCB 上，以便所有 TPS23881 端口均得到充分保护。

- **TVS**：系统 TVS 应符合系统的预期峰值浪涌功率要求，并具有 58V 的最小反向关断电压。TVS 必须与 VPWR 大容量电容结合使用以防止 VPWR 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 TPS23881 可以使用两个 47μF 电容器。
- **分布式电容**：在较高端口数的系统中，可能需要在 54V 电源总线上分散放置 1uF、100V、X7R 陶瓷电容器。建议每个 TPS23881 线对使用一个电容器。
- **数字 I/O 上拉电阻器**：$\overline{\text{RESET}}$ 和 A1-A4 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 级型电阻器。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 IEEE802.3bt 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 1000pF 至 4700pF）旁路至机箱接地端（或系统接地端）。

## 典型应用 (接下页)

### 10.2.3 应用曲线

除非另有说明，否则测量均是使用 PSA3202 测试卡在 TPS23881 EVM 和 Sifos PSA-3000 PowerSync 分析仪上进行的。测试条件为 $T_J$ = 25°C，$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

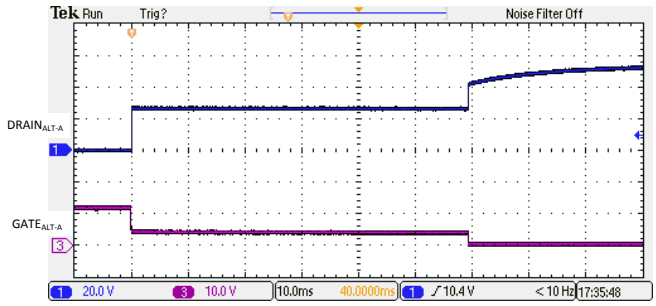



图 125. 2 线对 $I_{LIM}$ 折返和关闭

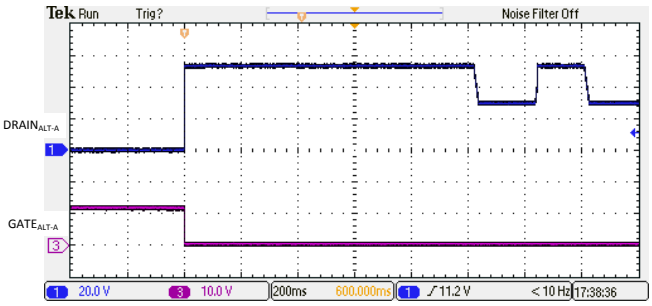



图 126. 由于 PCut 故障导致的 2 线对退避

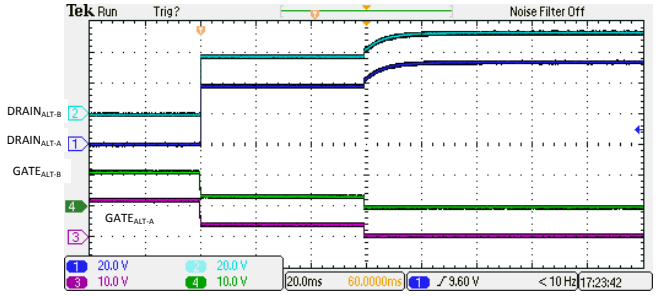



图 127. 4 线对 $I_{LIM}$ 折返和关闭

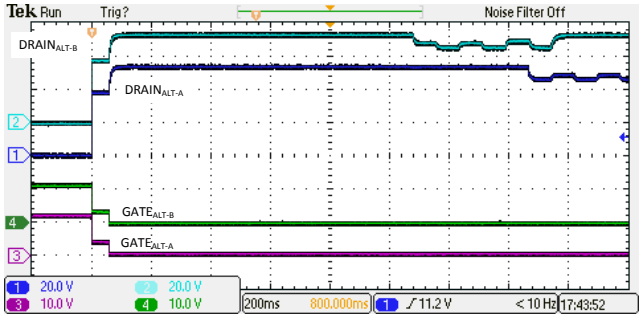



图 128. 由于 $I_{LIM}$ 故障导致的 4 线对退避

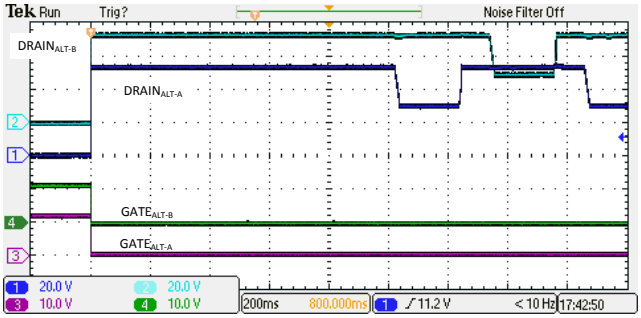



图 129. 由于 4PPCut 故障导致的 4 线对退避

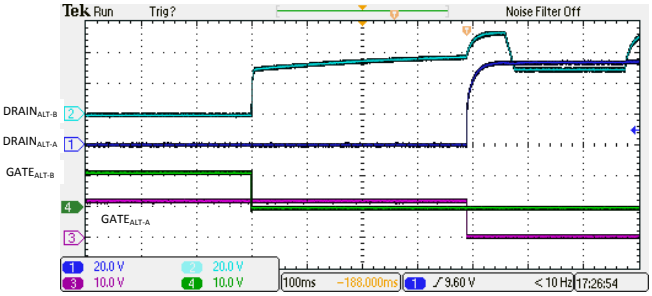



图 130. 4 线对单一特征 0-4 级断开

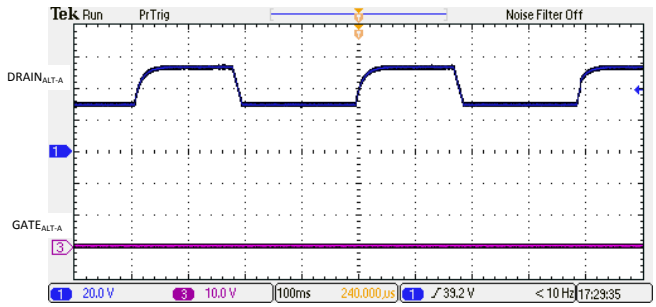



图 131. 2 线对开路检测特征

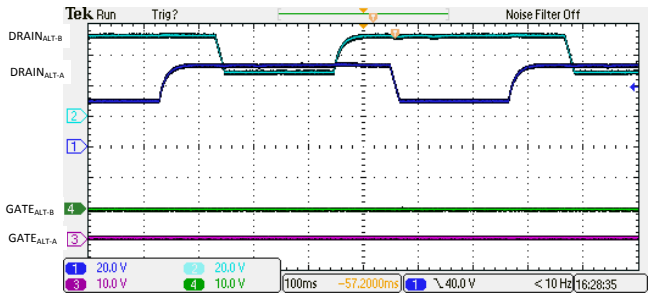



图 132. 4 线对开路检测特征


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型应用 (接下页)

除非另有说明，否则测量均是使用 PSA3202 测试卡在 TPS23881 EVM 和 Sifos PSA-3000 PowerSync 分析仪上进行的。测试条件为 $T_J$ = 25°C，$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

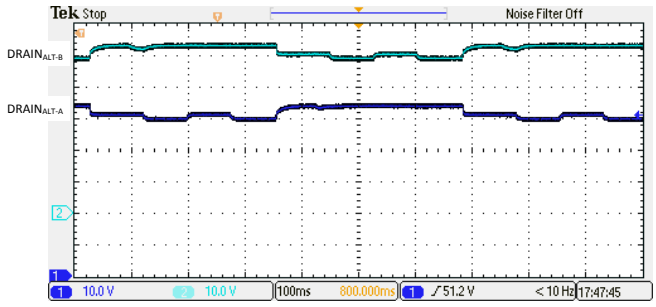



图 133. 4 线对低电阻 (11kΩ) 检测特征

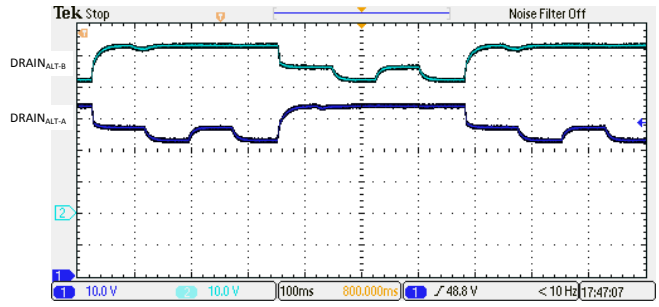



图 134. 4 线对高电阻 (36kΩ) 检测特征

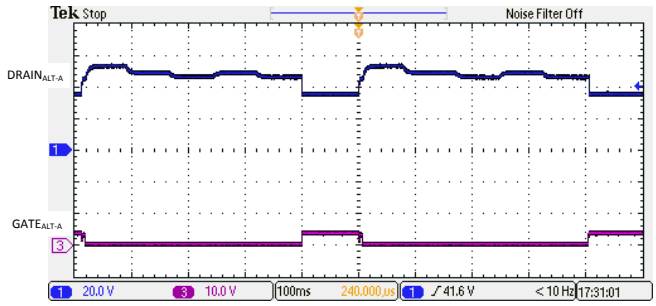



图 135. 具有有效 0-3 级负载的 2 线对半自动模式发现

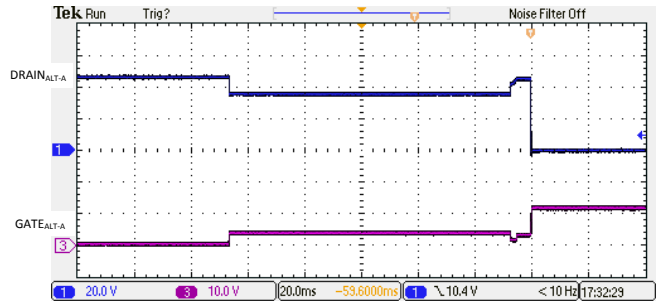



图 136. 2 线对 1 指分级和开启

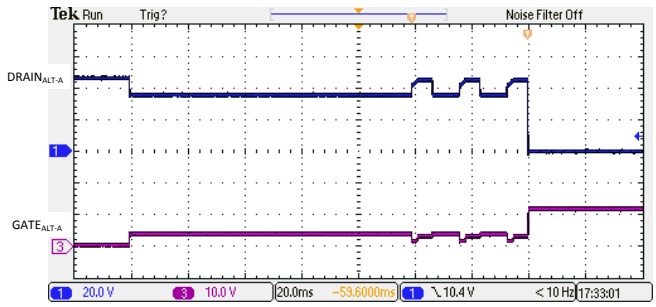



图 137. 2 线对 3 指分级和开启

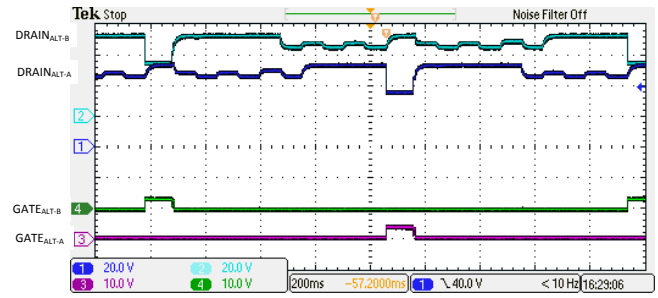



图 138. 具有有效单一特征 0-3 级负载的 4 线对半自动模式发现

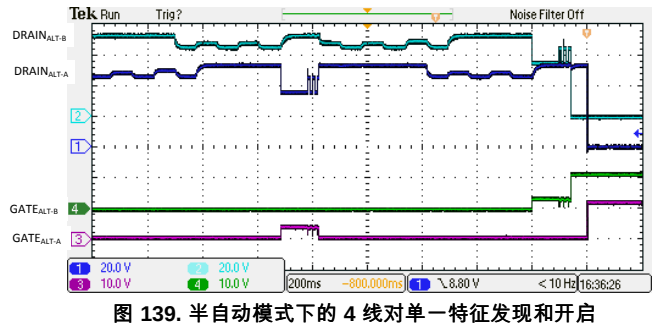



图 139. 半自动模式下的 4 线对单一特征发现和开启

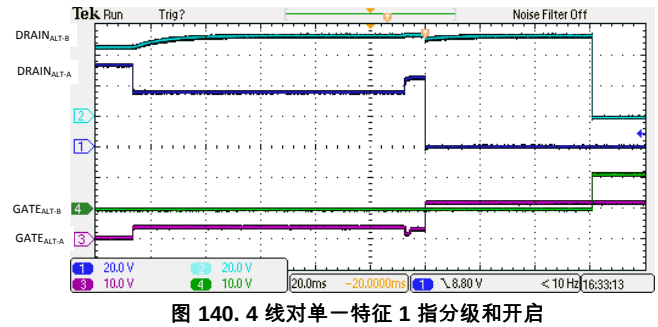



图 140. 4 线对单一特征 1 指分级和开启

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 典型应用 (接下页)

除非另有说明，否则测量均是使用 PSA3202 测试卡在 TPS23881 EVM 和 Sifos PSA-3000 PowerSync 分析仪上进行的。测试条件为 $T_J$ = 25°C，$V_{VDD}$ = 3.3V，$V_{VPWR}$ = 54V，$V_{DGND}$ = $V_{AGND}$，DGND、KSENSA、KSENSB、KSENSC 和 KSENSD 连接至 AGND，且所有输出均为空载，2xFBn = 0。正电流进入引脚。$R_S$ = 0.200Ω，连接至 KSENSA（SEN1 或 SEN2）、KSENSB（SEN3 或 SEN4）、KSENSC（SEN5 或 SEN6）或 KSENSD（SEN7 或 SEN8）。除非另有说明，否则所有电压均以 AGND 为基准。除非另有说明，否则操作寄存器加载默认值。

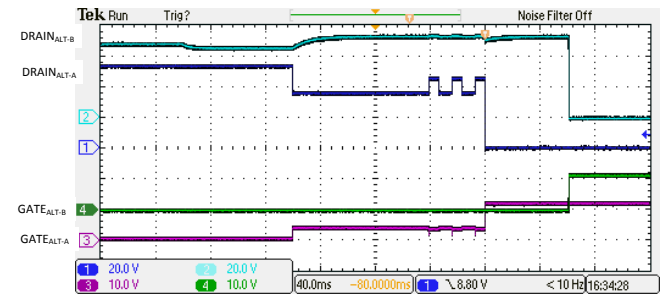



图 141. 4 线对单一特征 3 指分级和开启

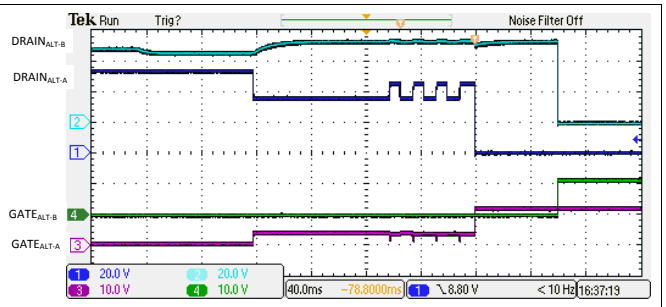



图 142. 4 线对单一特征 4 指分级和开启

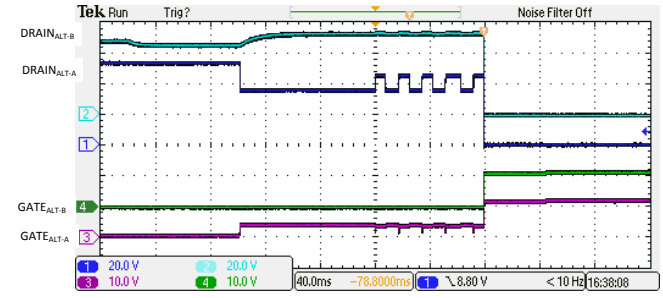



图 143. 4 线对单一特征 5 指分级和开启

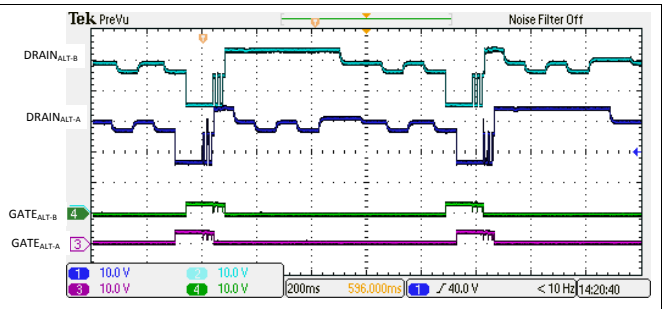



图 144. 具有有效双特征 4D 级负载的 4 线对半自动模式发现

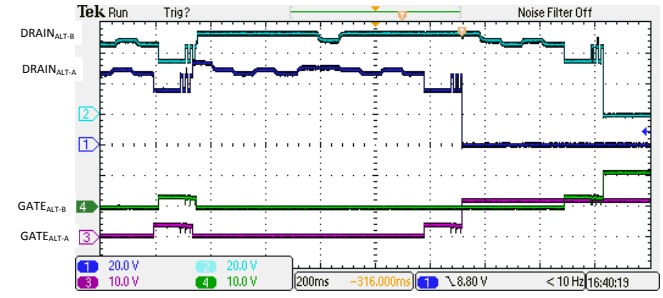



图 145. 半自动模式下的 4 线对双特征发现和开启

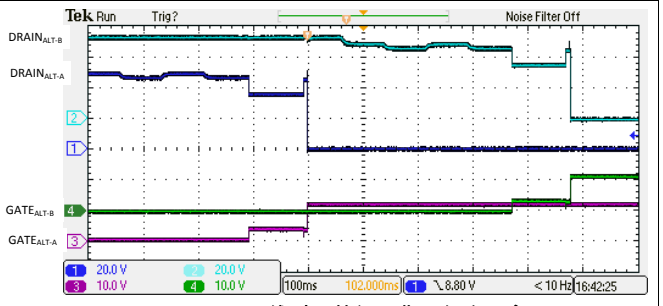



图 146. 4 线对双特征 1 指分级和开启

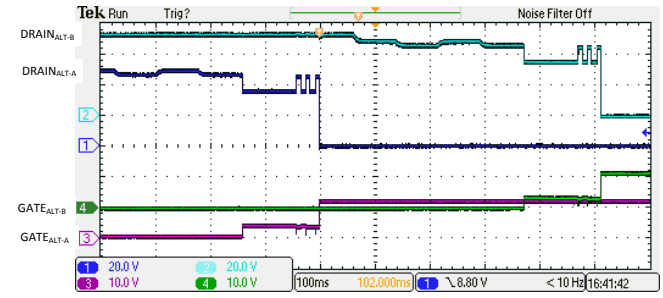



图 147. 4 线对双特征 3 指分级和开启

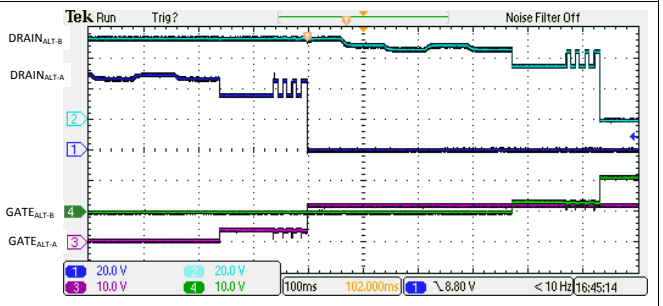



图 148. 4 线对双特征 4 指分级和开启


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

# 11 电源建议

## 11.1 VDD

建议的 VDD 电源电压要求为 3.3V ±0.3V。TPS23881 要求 VDD 电源电压提供的电流典型值约为 6mA，最大值约为 12mA。对于采用多个在半自动模式下运行的 TPS23881 器件的较高端口数 PSE，可以通过降压型稳压器（建议使用基于 LM5017 的器件）从 VPWR 生成 VDD 电源电压。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。

## 11.2 VPWR

尽管支持的 VPWR 电源电压范围为 44V 至 57V，但需要使用最小输出为 50V 的电源，以在 2 线对和 4 线对上提供 30W 至 60W 的 PoE 功率水平，并且需要 52V 的最小电源以满足 4 级（高达 90W）IEEE 要求。 TPS23881 要求 VPWR 电源电压提供的电流典型值约为 10mA，最大值约为 12mA，但 VPWR 电源电压需要提供的总输出电流取决于系统所需的端口数量和类型。TPS23881 可配置为支持每端口 15.5W、30W、45W、60W、75W 或 90W，并在开启时按比例设置功率限制。为了提供更高的系统设计灵活性，也可对端口功率限制 $P_{CUT}$ 进行编程。但是，通常建议根据要支持的 PoE 级型选择 VPWR 电源的功率大小。例如，对于八个 1 类端口（每个为 15.5W），建议使用 130W 或更大功率的电源，而对于八个 4 线对 3 类 (60W) 端口，建议使用 500W 或更高功率的电源（假设采用最大的端口电流和待机电流）。

**注**

在符合 IEEE 标准的 应用中，只有 4 线对配置的端口才能够支持大于 30W 的功率水平。

# 12 布局

## 12.1 布局指南

### 12.1.1 开尔文电流检测电阻器

每个 PSE 通道中的负载电流是作为值为 200mΩ 的低端电流感应电阻器上的电压进行感应的。为了获得更精确的电流检测，通过通道 1 和 2 的引脚 KSENSA、通道 3 和 4 的引脚 KSENSB、通道 5 和 6 的引脚 KSENSC 以及通道 7 和 8 的引脚 KSENSD 线对电流检测电阻的低端进行开尔文检测。

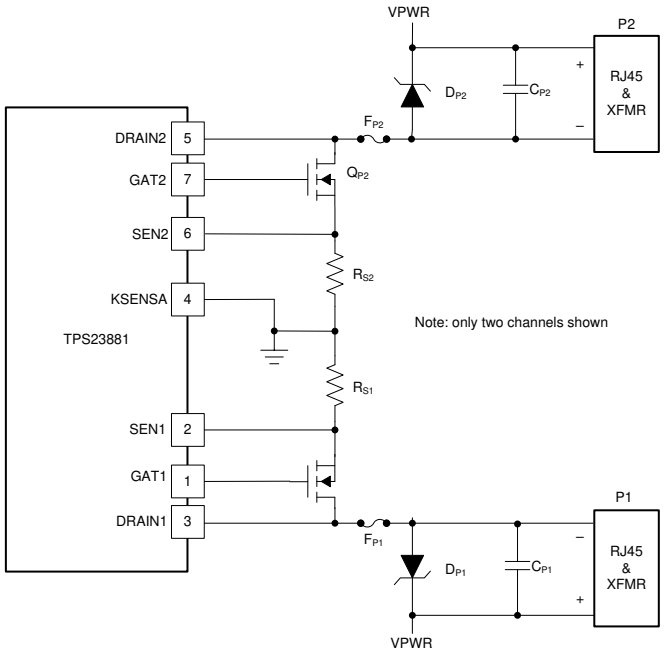



**图 149. 开尔文电流检测连接**

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，确保最大限度减少 PCB 走线电阻的影响。请参阅 示例。

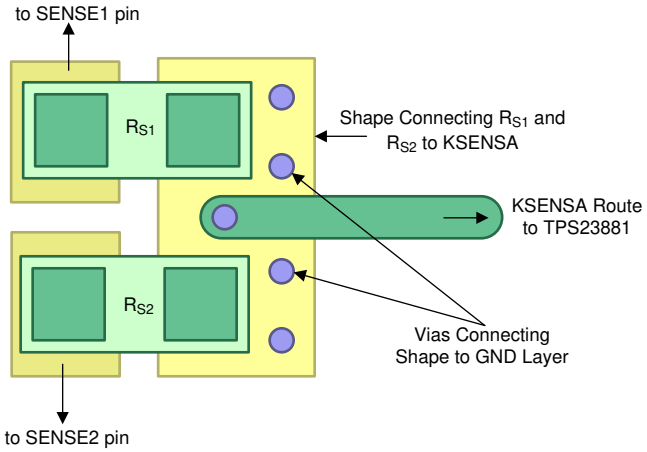
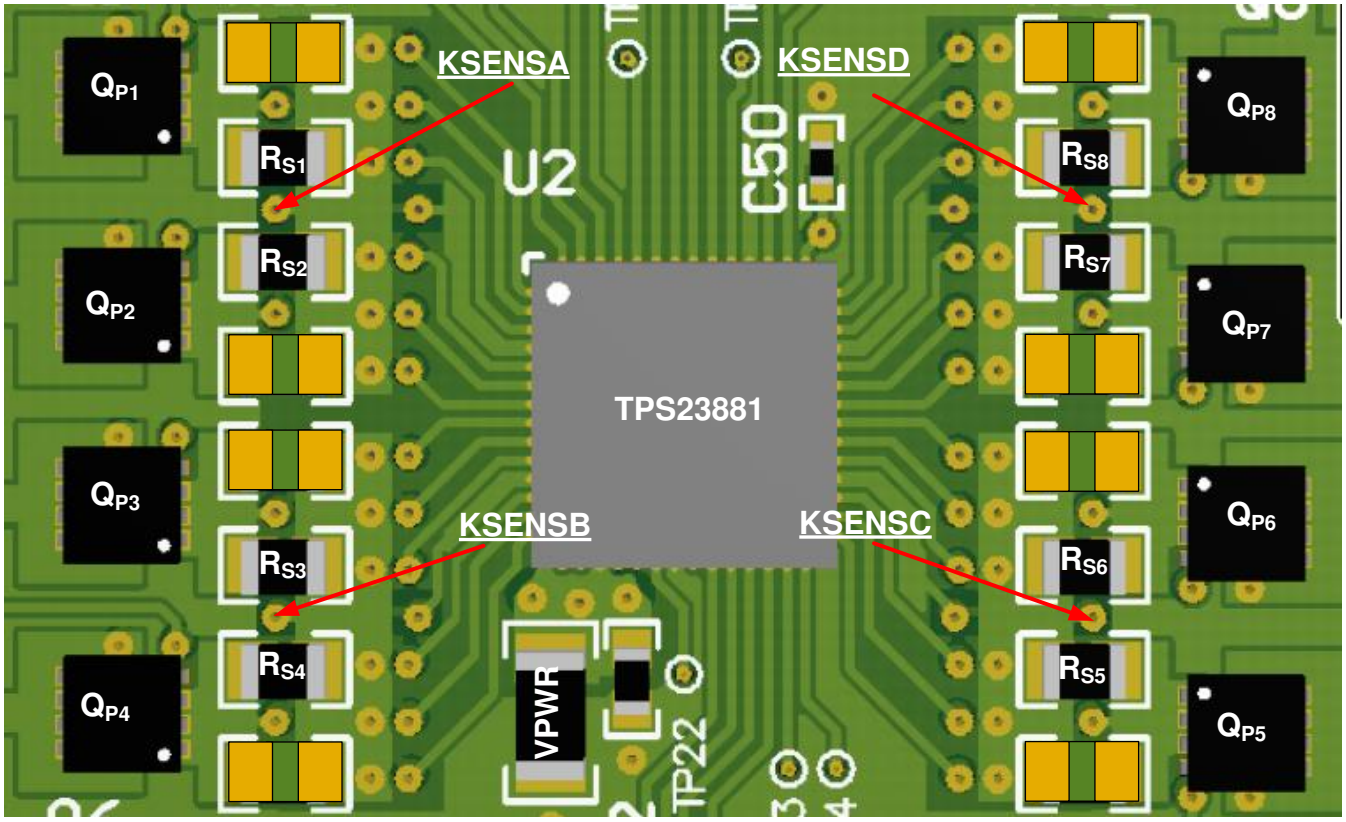



**图 150. 开尔文检测布局示例**


版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

## 12.2 布局示例




Note: PCB layout includes footprints for optional parallel $R_{SENSE}$ resistors

**图 151. 八端口布局示例（顶部）**

### 12.2.1 组件安置和布线准则

#### *12.2.1.1 电源引脚旁路电容器*

- **$C_{VPWR}$**：靠近引脚 17 (VPWR) 放置，并根据图 151 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 151 与低电感走线和通孔相连接
- **$C_{AUTO}$**(2)：靠近引脚 52 (AUTO) 放置，并与低电感引线和通孔相连接。 (2)

#### *12.2.1.2 每端口的组件*

- **$R_{SnA}$/$R_{SnB}$**：按照 的方式放置，确保与 KSENSEA/B/C/D 保持整洁的开尔文连接。
- **$Q_{Pn}$**：将 $Q_{Pn}$ 放置在 TPS23881 周围（如图 151 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 151 所示）。使用低电感引线将此电路组连接到 $Q_{Pn}$ 漏极或 GND (TPS23881 - AGND)。

(2) 仅当 $R_{AUTO}$ 也连接到 AUTO 引脚时需要

# 13 器件和文档支持

## 13.1 文档支持

### 13.1.1 相关文档

请参阅如下相关文档：

德州仪器 (TI)，*《TPS23881EVM 用户指南》*

## 13.2 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。单击右上角的*通知我*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。

## 13.3 支持资源

TI E2E™ support forums are an engineer's go-to source for fast, verified answers and design help — straight from the experts. Search existing answers or ask your own question to get the quick design help you need.

Linked content is provided "AS IS" by the respective contributors. They do not constitute TI specifications and do not necessarily reflect TI's views; see TI's Terms of Use.

## 13.4 商标

E2E is a trademark of Texas Instruments.
All other trademarks are the property of their respective owners.

## 13.5 静电放电警告



ESD 可能会损坏该集成电路。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措施和安装程序，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。

## 13.6 Glossary

SLYZ022 — *TI Glossary*.

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

# 14 机械、封装和可订购信息

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


版权 © 2019, 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TPS23881ARTQR | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 2000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881A |
| TPS23881ARTQR.A | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 2000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881A |
| TPS23881ARTQT | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 250 \| SMALL T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881A |
| TPS23881ARTQT.A | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 250 \| SMALL T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881A |
| TPS23881RTQR | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 2000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881 |
| TPS23881RTQR.A | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 2000 \| LARGE T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881 |
| TPS23881RTQT | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 250 \| SMALL T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881 |
| TPS23881RTQT.A | Active | Production | QFN (RTQ) \| 56 | 250 \| SMALL T&R | Yes | NIPDAUAG | Level-3-260C-168 HR | -40 to 125 | TPS23881 |

(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.

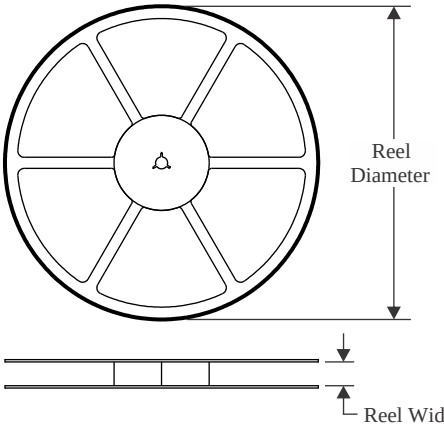
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**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.

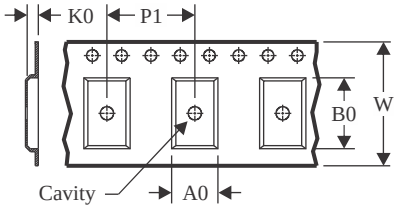
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

## TAPE AND REEL INFORMATION

**REEL DIMENSIONS**

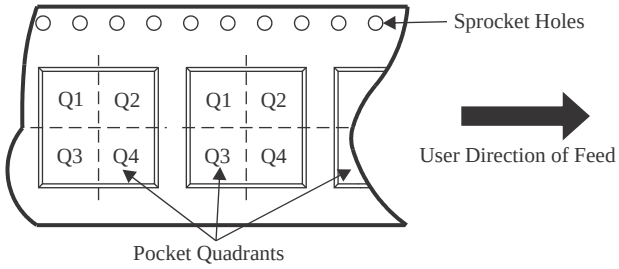



**TAPE DIMENSIONS**




| | |
|---|---|
| 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 |

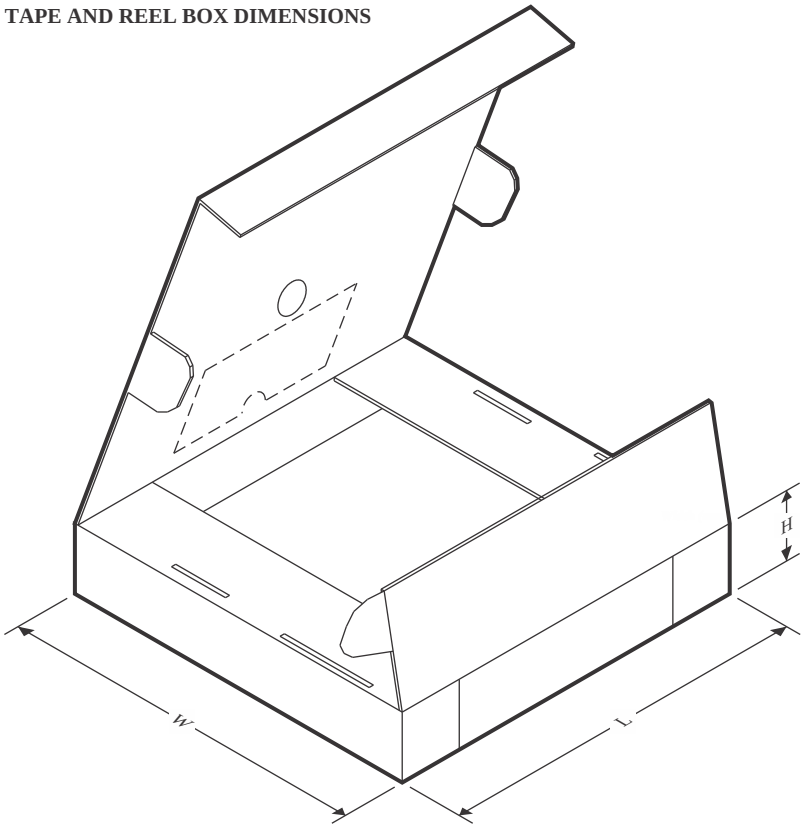
**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**




*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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TPS23881ARTQR | QFN | RTQ | 56 | 2000 | 330.0 | 16.4 | 8.3 | 8.3 | 1.1 | 12.0 | 16.0 | Q2 |
| TPS23881ARTQT | QFN | RTQ | 56 | 250 | 180.0 | 16.4 | 8.3 | 8.3 | 1.1 | 12.0 | 16.0 | Q2 |
| TPS23881RTQR | QFN | RTQ | 56 | 2000 | 330.0 | 16.4 | 8.3 | 8.3 | 1.1 | 12.0 | 16.0 | Q2 |
| TPS23881RTQT | 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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TPS23881ARTQR | QFN | RTQ | 56 | 2000 | 367.0 | 367.0 | 38.0 |
| TPS23881ARTQT | QFN | RTQ | 56 | 250 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |
| TPS23881RTQR | QFN | RTQ | 56 | 2000 | 367.0 | 367.0 | 38.0 |
| TPS23881RTQT | QFN | RTQ | 56 | 250 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |

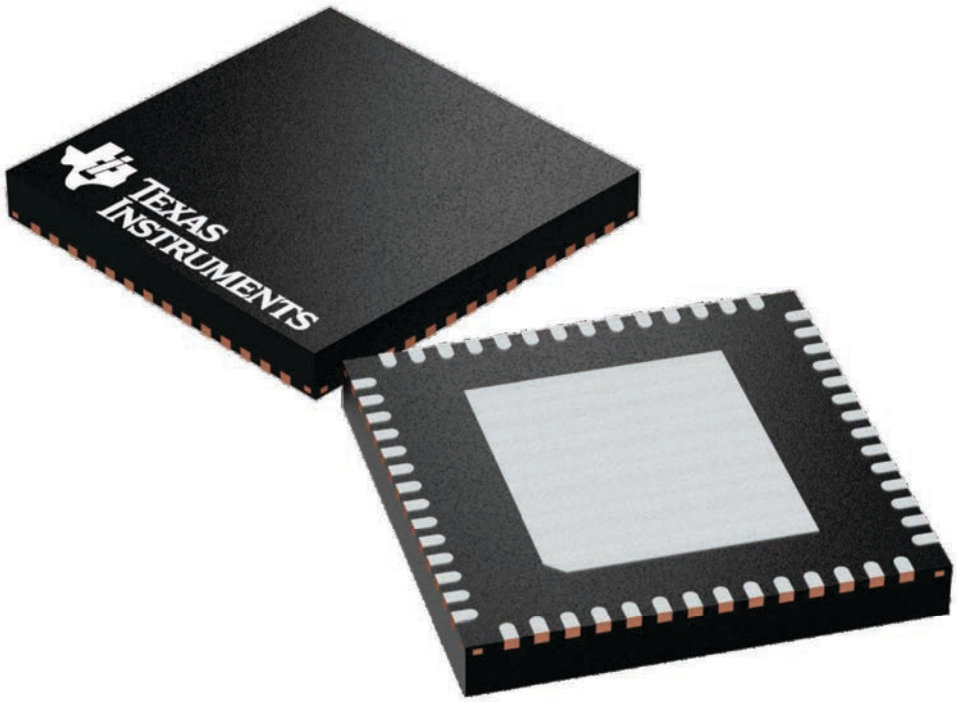
# GENERIC PACKAGE VIEW

## 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.

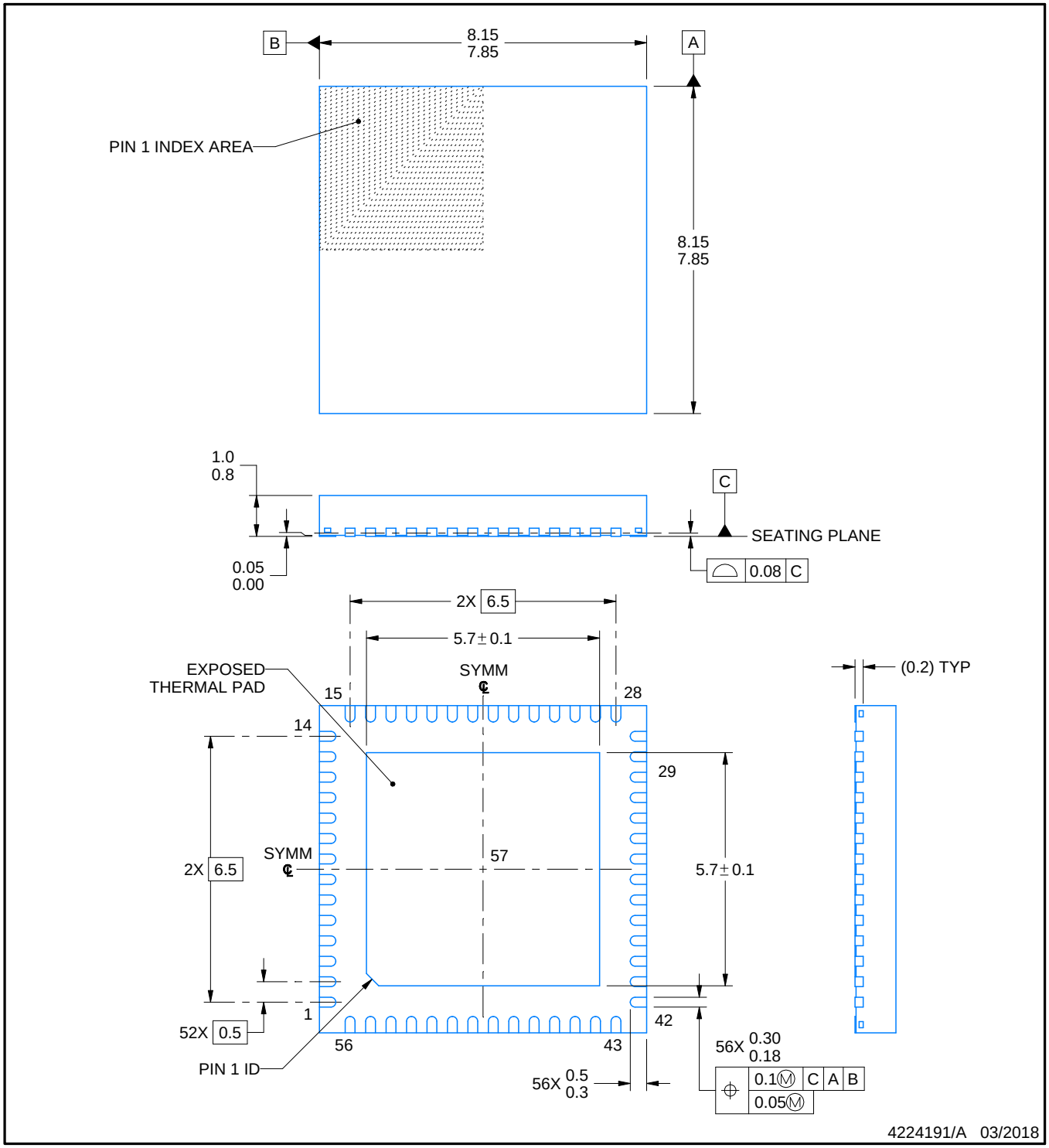
4224653/A

# RTQ0056E

# PACKAGE OUTLINE

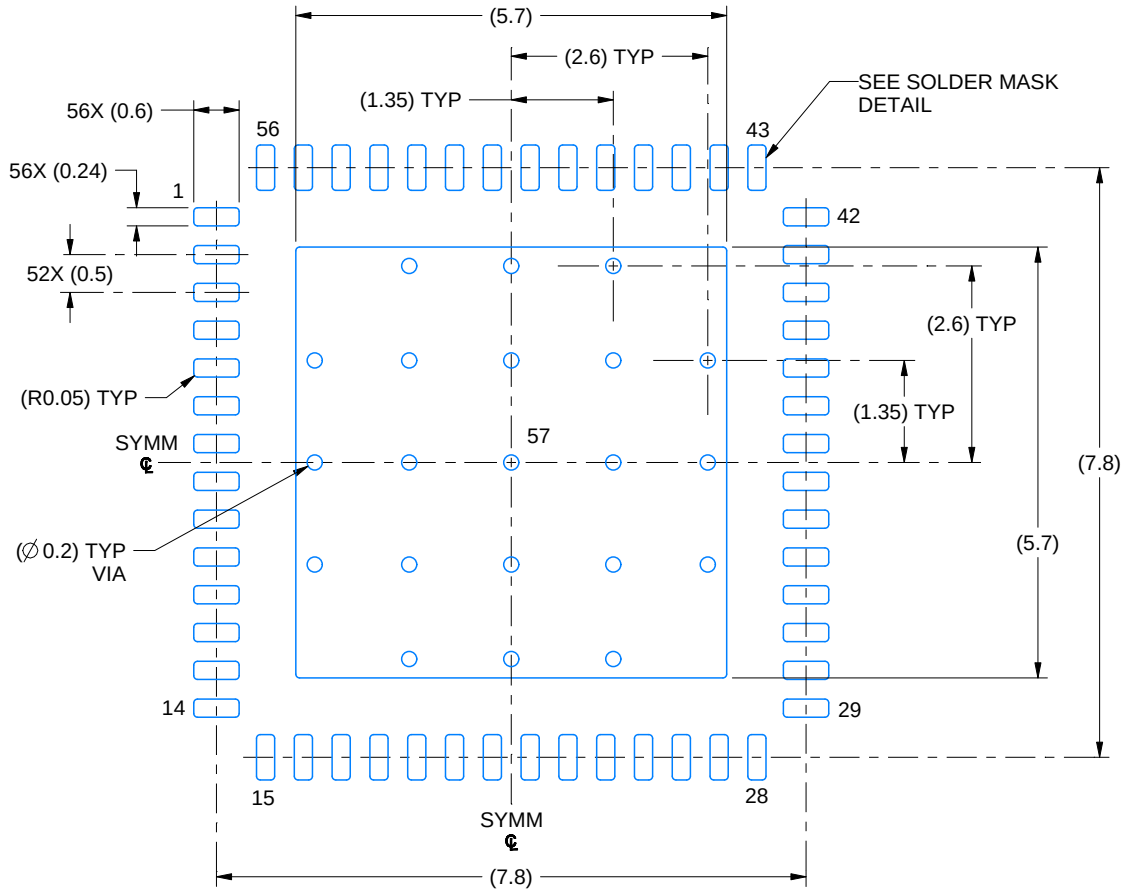
## VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

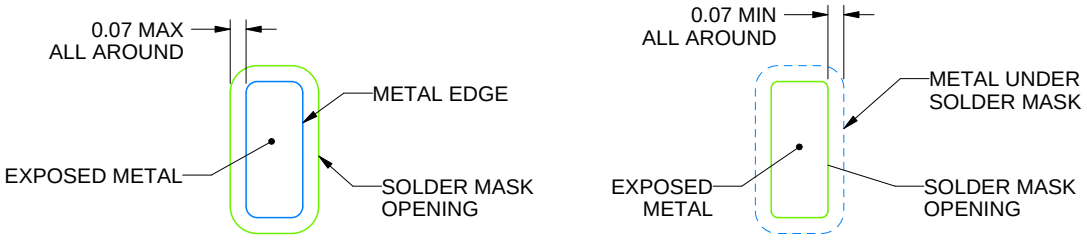



NOTES:

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

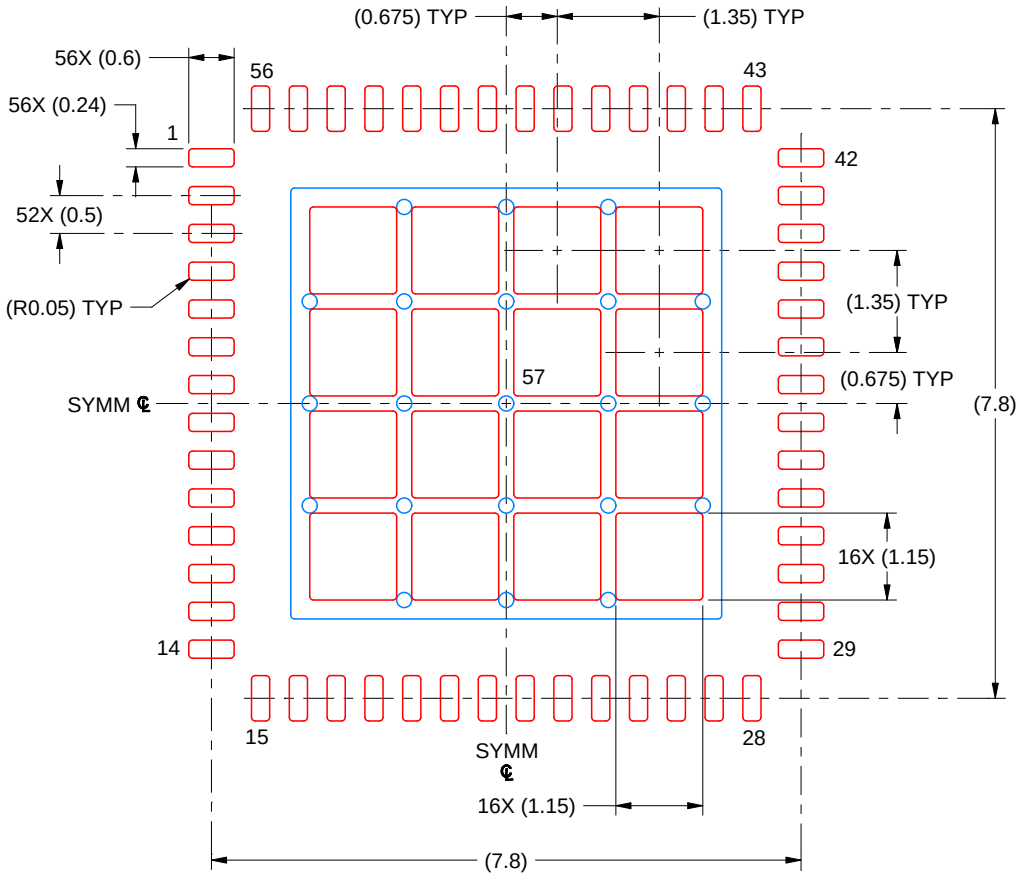



SOLDER MASK DETAILS

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月