

Application Note

TPS257xx-Q1 系统遥测



摘要

TPS257xx-Q1 是一款车规级 USB Type-C® 电力输送 (PD) 控制器，旨在在现代车辆架构中实现稳健且符合标准的功率协商和系统监测。随着 USB-C 端口不断发展以支持更高的功率级别和扩展的功能，系统设计人员需要可靠的电源控制、故障保护和实时遥测功能，以确保安全高效运行。TPS257xx-Q1 通过将 USB PD 策略管理、电源路径控制、保护功能以及可通过 I2C 访问的遥测信息集成于单一设计中，解决了这些挑战。该器件提供运行状态和故障报告，使主机 MCU 或 HUB 能够监测、诊断并动态管理充电端口。这既降低了系统复杂性，又提升了安全性与可靠性。

内容

1 简介.....	2
2 PD 控制器主机接口说明.....	2
2.1 TPS257xx-Q1 I2C 目标地址.....	2
2.2 主机接口协议.....	2
3 TPS257xx-Q1 遥测寄存器.....	3
3.1 STATUS 寄存器 (地址 = 1Ah)	3
3.2 POWER PATH STATUS 寄存器 (地址 = 26h)	4
3.3 THERMAL ENG PWR STATUS 寄存器 (地址 = 96h)	4
3.4 DEVICE INFO 寄存器 (地址 = 2Fh)	5
3.5 CUSTOM ID (版本控制) 寄存器 (地址 = 06h)	5
4 总结.....	6
5 参考资料.....	6
6 修订历史记录.....	7

商标

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

遥测是指通过 I2C 等数字接口测量和报告器件运行参数。许多系统需要实时监测电压、电流、温度、功率和故障状态，还可以根据此信息动态调整运行条件。TPS257xx-Q1 USB Type-C® 电力输送 (PD) 控制器通过其 I2C 接口提供系统遥测功能。与主机 MCU 或 HUB 结合使用时，该器件允许主机读取每个充电端口的运行状态和故障信息。

2 PD 控制器主机接口说明

2.1 TPS257xx-Q1 I2C 目标地址

TPS257xx-Q1 内部寄存器通过 I2C 接口访问。该器件提供两个 I2C 目标地址，每个端口一个。要读取或写入内部寄存器，I2C 控制器必须对与所需端口相对应的目标地址进行寻址。分配的目标地址取决于加电时检测到的引导模式。引导模式的选择取决于 TVSP 引脚和 PGND 之间的 R_{TVSP} 电阻。每个端口都会根据检测到的引导配置分配一个唯一的 I2C 目标地址。有关详细的引导模式说明和相应的目标地址映射，请参阅器件数据表（请参阅表 2-1）。

表 2-1. 不同 TVSP 配置的 I2C 目标地址 (TPS2576xxQRQLRQ1 和 TPS25772xQRQLRQ1)

TVSP 索引	端口 A 目标地址	端口 B 目标地址
0、2、5、7 和 8	0x22	0x26
1、3、4 和 6	0x23	0x27

2.2 主机接口协议

主机接口允许 I2C 控制器和 PD 控制器之间进行复杂的交互。I2C 目标唯一地址用于接收或响应主机接口协议命令。图 2-1 和图 2-2 分别展示了写入和读取协议。

当写入定义的 N 个字节长的寄存器时，如果 I2C 事务仅包含 n 个字节，则寄存器的最终 (N - n) 个字节保持不变。

当读取定义的 N 个字节长的寄存器时，I2C 控制器可以在前 n 个字节之后终止 I2C 读取事务 (n < N)。

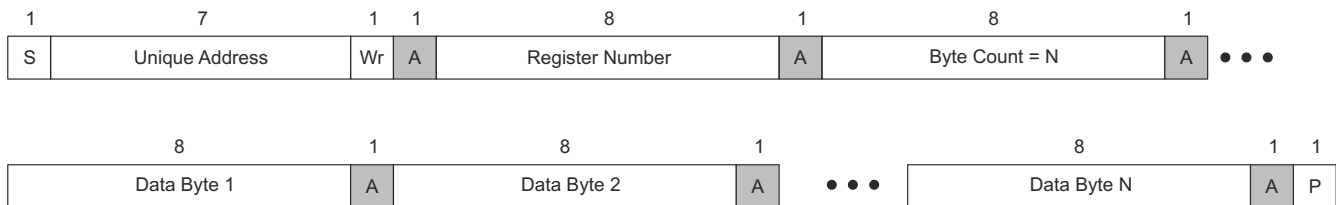


图 2-1. I2C 主机接口写入寄存器协议

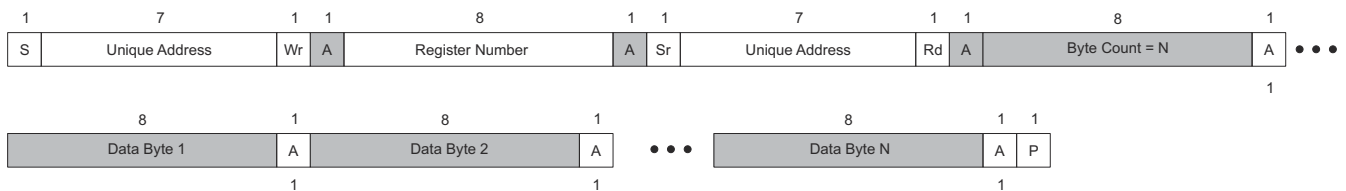


图 2-2. I2C 主机接口读取寄存器协议

3 TPS257xx-Q1 遥测寄存器

3.1 STATUS 寄存器 (地址 = 1Ah)

该只读 (RO) 寄存器返回端口状态参数。当主机从端口 A 目标地址 (0x22 或 0x23) 读取时, 该寄存器返回与端口 A 关联的状态。当主机从端口 B 目标地址 (0x26 或 0x27) 读取时, 该寄存器返回与端口 B 关联的状态。

表 3-1. STATUS 寄存器位字段说明

位	名称	说明
字节 6-12 : 遥测		
55:48	Vntc 电压	VNTC 电压 ADC 读数 (14mV/LSB)
47:40	Vbus 电流	VBUS 电流 ADC 读数 (23mA/LSB)
39:32	Vbus 电压	VBUS 电压 ADC 读数 (98mV/LSB)
31:24	Vin 电压	VIN 电压 ADC 读数 (80mV/LSB)
23:16	DCDC1CurrCode	DCDC1 电流代码读数 (25mA/LSB)。仅在端口 A 读取时有效。
15:0	DCDC1VCode	DCDC1 电压代码读数 (10mV/LSB)。低 12 位 + 4 个填充位。仅在端口 A 读取时有效。
字节 2-5 : 保留		
31:0	保留	保留
字节 1 : 端口状态		
7	保留	保留
6	数据角色	PD 控制器数据角色。该位仅在建立连接后有效。
		0b 上行端口 (UFP)
		1b 下行端口 (DFP)
5	端口角色	PD 控制器 CCx 终端的当前状态。该位也指示连接后的 PD 控制器电源角色。
		0b PD 控制器充当受电方角色。这意味着 CCx 下拉有效或端口被禁用/断开。
		1b PD 控制器为供电方 (CCx 上拉有效)。
4	插头方向	0b 顶面朝上 (将 CC 插入 CC1)
		1b 顶面朝下 (将 CC 插入 CC2)
3:1	连接状态	已连接插头的详细信息。
		000b 无连接。
		001b 已禁用端口。
		010b 保留
		011b 保留
		100b 无连接, 检测到 Ra (有 Ra 但没有 Rd)。
		101b 保留
		110b 存在连接, 未检测到 Ra。
111b 存在连接。检测到 Ra。		
0	插头存在	插头状态。
		0b 未连接插头。
		1b 已连接插头。

3.2 POWER PATH STATUS 寄存器 (地址 = 26h)

该 RO 寄存器返回电源路径状态和故障状态参数。当主机从端口 A 目标地址 (0x22 或 0x23) 读取时, 该寄存器返回与端口 A 关联的状态。当主机从端口 B 目标地址 (0x26 或 0x27) 读取时, 该寄存器返回与端口 B 关联的状态。

表 3-2. POWER PATH STATUS 寄存器位字段说明

位	名称	说明
字节 5 : 电源路径常见状态		
7:4	保留	保留
3	VIN 正常 FE	VIN 正常下降沿。在 VIN 上检测到 UVLO 条件 (下降沿低于 VIN 正常阈值) 时生效。
2	VIN Ovp	VIN OVP。VIN 上存在 OVP 条件时生效。
1:0	保留	保留
字节 4 : VBUS、VCONN、DPDM 故障状态		
7:6	保留	保留
5	DPDM Ovp	DPDM OVP。DP DM 上存在 OVP 条件时生效。
4	Vconn Ovp	VCONN OVP。VCONN 上存在 OVP 条件时生效。
3	Vconn Ocp	VCONN OCP。VCONN 上存在 OCP 条件时生效。
2	Vconn Tsd	VCONN TSD。VCONN 上存在 TSD 条件时生效。
1	VBUS Uvp	VBUS UVP。VBUS 上存在 UVP 条件时生效。
0	VBUS Ovp	VBUS OVP。VBUS 上存在 OVP 条件时生效。
字节 1-3 : 保留		
23:0	保留	保留

3.3 THERMAL ENG PWR STATUS 寄存器 (地址 = 96h)

该 RO 寄存器返回热折返和 VIN 引擎折返状态参数。有关如何使用 GUI 配置热折返和 VIN 引擎折返参数的指南, 请参阅 [TPS257XX-Q1-GUI 配置指南](#) 第 4.3 节和第 4.4 节。该寄存器是全局寄存器, 不针对任何特定端口。

表 3-3. THERMAL ENGPWR STAT 寄存器位字段说明

位	名称	说明
15:11	保留	保留
10:8	引擎电源阶段状态	000b 范围 1 - 无 VBUS 电源。
		001b 范围 2 - 用户定义的 VBUS 电源。宽限期开始。
		010b 范围 3 - 用户定义的 VBUS 电源。宽限期计时器到期后
		011b 范围 4 - 完整 VBUS 电源
		1xxb 保留
7:3	保留	保留
2:0	热阶段状态	000b 正常运行
		001b 热折返阶段 1
		010b 热折返阶段 2
		011b 热折返阶段 3
		100b 热折返阶段 4
		101b 热折返阶段 5
		110b 热折返阶段 6

3.4 DEVICE INFO 寄存器 (地址 = 2Fh)

该 RO 寄存器返回 TPS257xx-Q1 器件的标识和版本信息，可用于器件标识、固件验证和诊断目的。该寄存器是全局寄存器，不针对任何特定端口。

表 3-4. DEVICE INFO 寄存器位字段说明

位	名称	说明
271:224	FW 构建版本	示例：“_0005”
223:128	FW 版本	示例：“FWF411.04.01”
127:72	HW 版本	示例：“HW00D0”
71:0	器件名称	示例：“TPS25772”

3.5 CUSTOM ID (版本控制) 寄存器 (地址 = 06h)

该 RO 寄存器允许系统设计人员存储与特定固件补丁相关联的用户定义标识符。通过存储自定义补丁 ID，可在生产单元、服务更新和验证内部版本之间实现清晰的版本跟踪。有关如何在固件补丁中对 CUSTOM ID 进行编程的详细说明，请参阅 [TPS257XX-Q1-GUI 配置指南](#) 中的附录 A。当主机从端口 A 目标地址 (0x22 或 0x23) 读取时，该寄存器返回 CUSTOM ID A。当主机从端口 B 目标地址 (0x26 或 0x27) 读取时，该寄存器返回 CUSTOM ID B。

表 3-5. CUSTOM ID 寄存器位字段说明

位	名称	说明
63:0	CUSTOM ID	用户定义的版本控制

4 总结

通过将系统遥测与 PD 策略管理和电源路径控制组合到单一器件中，TPS257xx-Q1 降低了设计复杂性，同时提升了系统可靠性、诊断功能和对 USB 标准的合规性。正确使用本文档中所述的遥测寄存器，可帮助设计人员增强安全性，优化性能和简化系统级验证。

5 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[TPS25772-Q1 具有降压/升压稳压器的汽车双端口 USB Type-C® 电力输送控制器](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[TPS25763-Q1 具有降压/升压稳压器和 DisplayPort 交替模式的汽车双端口 USB Type-C® 电力输送控制器](#) 数据表。
3. 德州仪器 (TI)，[TPS25762-Q1 具有降压/升压稳压器的汽车 USB Type-C® 电力输送控制器](#) 数据表。
4. 德州仪器 (TI)，[TPS257XX-Q1-GUI 配置指南](#) 用户指南。

6 修订历史记录

Changes from Revision * (March 2026) to Revision A (June 2026)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	2
• 将 UFP、DFP 的术语分别修订为“上行端口”和“下行端口”。.....	3
• 更新了 ENG 电源阶段状态的术语。.....	4
• 添加了 GUI 配置指南的引用链接。.....	6

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月