



Ziwei Zhang

摘要

所有 USB 电力输送 (PD) 最终产品都必须通过 USB-IF 发布的 USB 电力输送合规性测试规范 (CTS)。如果客户需要，可以根据电力输送源电源要求测试文档来验证可编程电源 (PPS) 功能。本应用手册展示了一些基于 TPS257xx-Q1 产品的合规性测试案例和 QuadraMAX 测试实践。此外，还介绍了 VIF 配置。

内容

1 引言	2
2 供应商信息文件 (VIF) 设置	3
2.1 自动生成 VIF.....	3
2.2 手动生成 VIF.....	3
3 电力输送合规性测试	8
3.1 用于合规性测试和结果分析的基本软件.....	8
4 电力输送源电源要求测试	11
4.1 SPT.1 负载测试和 SPT.2 功能测试.....	11
4.2 SPT.3 硬复位测试.....	12
4.3 SPT.5 过流测试.....	12
4.4 SPT.6 PPS 电压阶跃测试.....	13
4.5 SPT.7 PPS 电流限制测试.....	14
5 一些故障示例分析	17
6 总结	20
7 参考资料	21

商标

Type-C® is a registered trademark of usb.org.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TPS257xx-Q1 是一款高度集成的 USB Type-C® 电力输送控制器，适用于单端口和双端口 USB 应用，这些应用包括：仅充电；充电以及 USB 2.0 或 USB 3.0 数据传输；充电以及 USB 数据传输和 DisplayPort™ 交替模式。电力通信消息参考 USB-PD 协议在 CC 线上传输。USB-PD 协商完成后，将启用相应的电源路径并设置相应的电源模式。

2 供应商信息文件 (VIF) 设置

为加速支持 USB 的鉴定中产品的合规性测试过程，产品供应商需要提供一个或多个供应商信息文件 (VIF)，对要测试的产品进行详细说明。USB-IF 共享了用于生成 VIF 的工具。

VIF 定义了受测器件 (DUT) 的功能。合规性测试仪使用该信息来设计一些测试或结果，但有许多参数需要手动输入。VIF 和配置设置之间不匹配是导致不合规的常见原因。可以通过两种方法来生成 VIF。

2.1 自动生成 VIF

第一种方法是使用适用于 TPS257xx-Q1 的定制 GUI 工具自动生成 VIF。

该工具可以根据当前工程设置生成 .XML 格式 VIF 文件。填写所有配置，然后点击保存供应商信息文件。打开通过 USB 供应商生成工具生成的 VIF 文件来仔细检查配置的正确性是一个很好的做法。

2.2 手动生成 VIF

下面是 USB-IF 共享的 VIF 编辑器的总体视图。客户或工程师可以在 USB-IF 官方网站上下载该工具。利用该工具，工程师可以配置与等待测试的产品相匹配的所需参数。编辑器为 Type-C 合规性、PD 合规性、USB3.2 合规性和 USB4 合规性等测试生成 .xml VIF。以下各节根据 TPS2772-Q1 产品简要介绍了这些字段和功能。单端口 PD 器件具有类似的原理。打开 VifEditor (该软件可从 USBIF 官方网站下载)。首先，选择端口产品，然后创建新的 VIF。会显示以下选项卡。

The screenshot shows the VIF Editor interface with the following configuration details:

- Vendor Name:** Texas Instruments
- Model Part Number:** TPS25772-Q1
- Product Revision:** Vxx
- TID:** xxxxx
- Ports:** Port: 1, Port: 2
- Port Label:** 1
- Connector_Type:** 2 : Type-C®
- Captive_Cable:** NO
- USB4_Supported:** NO
- Captive_Cable_Is_eMarked:** <select>
- USB4_Router_Index:** (empty)
- USB_PD_Support:** YES
- PD_Port_Type:** 3 : Provider Only
- Type_C_State_Machine:** 0 : SRC
- Port_Battery_Powered:** NO
- BC_1_2_Support:** 2 : Charging Port

图 2-1. 手动生成 VIF

Captive_Cable :

指示该元件是否具有固定电缆。任何具有 Type-A 或 USB Type-C 插头的元件都被视为具有固定电缆，即使看不到任何像电缆的东西 (例如 USB 拇指驱动器) 也是如此。

PD_Port_Type :

3 - Provider Only (将 Rp 置为有效)

TPS257xx-Q1 仅用作电源。因此，必须选择项目 3 “Provider Only”。

填写上述信息后，会弹出其他选项卡。

Product	Component	General PD	PD Capabilities	USB Type-C®	Product Power	Battery Charging 1.2	PD Source	Optional Content
PD_Spec_Revision_Major	3							
PD_Spec_Revision_Minor	1							
PD_Spec_Version_Major	1							
PD_Spec_Version_Minor	6							
PD_Specification_Revision	2 : Revision 3							
Security_Msgs_Supported_SOP	NO							
Manufacturer_Info_Supported_Port	NO							
Manufacturer_Info_VID_Port								
Manufacturer_Info_PID_Port								
Num_Fixed_Batteries	0							
Num_Swappable_Battery_Slots	0							
SOP*								
SOP_Capable	YES							
SOP_P_Capable	NO							
SOP_PP_Capable	NO							
SOP_P_Debug_Capable	NO							
SOP_PP_Debug_Capable	NO							
ID_Header_Connector_Type_SOP	2 : USB Type-C® Receptacle							
Unconstrained_Power	YES							
Chunking_Implemented_SOP	YES							
Unchunked_Extended_Messages_Supported	NO							

图 2-2. 一般 PD 配置

对于 PD_Spec_Version_Minor，请查看 USBIF 官方网站以获取最新版本号。

请注意，PD CTS 修订版 1.2 是初始的合并规范。本文档指定了针对 USB PD3.1 器件的 USB-IF 合规性测试。本文档将 PD2.0 和 PD3.0 测试项合并到一个规范中。产品必须通过 PD2.0 和 PD3.0 项目测试。无论是 PD CTS 还是 PD 规范，客户都需要注意最新的规范版本。USBif 能够修改、添加、删除、放宽或限制某些项目。更新对测试结果非常重要。请及时查看 USB IF 官方网站以了解最新规范。

Product	Component	General PD	PD Capabilities	USB Type-C®	Product Power	Battery Charging 1.2	PD Source	SOP Discover ID	Optional Content
USB_Comms_Capable	NO								
DR_Swap_To_DFP_Supported	NO								
DR_Swap_To_UFP_Supported	NO								
VCONN_Swap_To_On_Supported	YES								
VCONN_Swap_To_Off_Supported	YES								
Responds_To_Discov_SOP_UFP	NO								
Responds_To_Discov_SOP_DFP	YES								
Attempts_Discov_SOP	NO								
Power_Interruption_Available	0 : No Interruption Possible								
Data_Reset_Supported	NO								
Enter_USB_Supported	NO								

图 2-3. PD 功能

USB_Comms_Capable :

该项表示鉴定中的产品是否能够枚举为 USB 主机或设备？

通常，这并不意味着产品不支持数据通信，仅充当电源。但有些客户可以绕过 IC 数据线，将 USB2.0 或 USB3.2 信号直接连接到集线器或 SOC 以支持数据通信。对于该情形，请为此项目选择“**Yes**”。原因是测试仪会检查数据线信号，以确认是否有任何信号通过。

Product	Component	General PD	PD Capabilities	USB Type-C®	Product Power	Battery Charging 1.2	PD Source	SOP Discover ID	Optional Content
				Type_C_Implements_Try_SRC			Type_C_Can_Act_As_Host		
				Type_C_Implements_Try_SNK			Type_C_Can_Act_As_Device		
				Rp_Value	2 : 3A		Type_C_Is_Alt_Mode_Controller		
				Type_C_Supports_VCONN_Powered_Accessory			Type_C_Is_Alt_Mode_Adapter		
				Type_C_Is_VCONN_Powered_Accessory			Type_C_Power_Source	0 : Externally Powered	
				Type_C_Is_Debug_Target_SRC	NO		Type_C_Port_On_Hub		
				Type_C_Is_Debug_Target_SNK			Type_C_Supports_Audio_Accessory		
							Type_C_Sources_VCONN	YES	

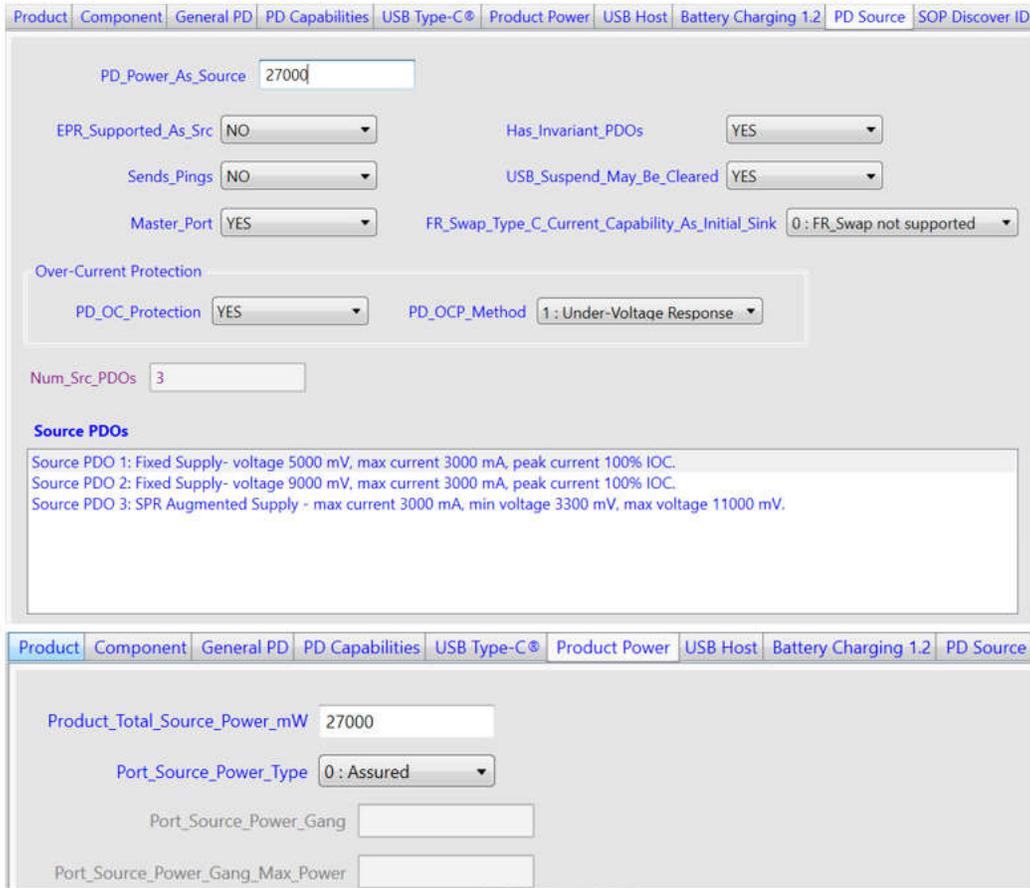
图 2-4. USB Type-C 配置

另外，根据供应商信息文件定义，如果“USB_Comms_Capable”为“No”，则“Type_C_Can_Act_As_Host”和“Type_C_Can_Act_As_Device”为“No”。如果“USB_Comms_Capable”设置为“YES”且“Type_C_Can_Act_As_Device”设置为“NO”，则“Type_C_Can_Act_As_Host”字段应设置为“YES”。

Product	Component	General PD	PD Capabilities	USB Type-C®	Product Power	USB Host
				Host_Supports_USB_Data		YES
				Host_Speed		0 : USB 2
				Host_Contains_Captive_Retimer		NO
				Host_Truncates_DP_For_tDHPResponse		<select>
				Host_Gen1x1_tLinkTurnaround		
				Host_Gen2x1_tLinkTurnaround		
				Host_Is_Embedded		YES
				Host_Suspend_Supported		NO
				Is_DFP_On_Hub		NO
				Hub_Port_Number		

图 2-5. USB 主机配置

如果“USB_Comms_Capable”设置为“YES”，则会弹出另一个面板“USB HOST”。请根据图 2-5 配置页面。



The screenshot displays the 'PD Source' configuration window. At the top, there are tabs for 'Product', 'Component', 'General PD', 'PD Capabilities', 'USB Type-C', 'Product Power', 'USB Host', 'Battery Charging 1.2', 'PD Source', and 'SOP Discover ID'. The 'PD Source' tab is active. Key settings include:

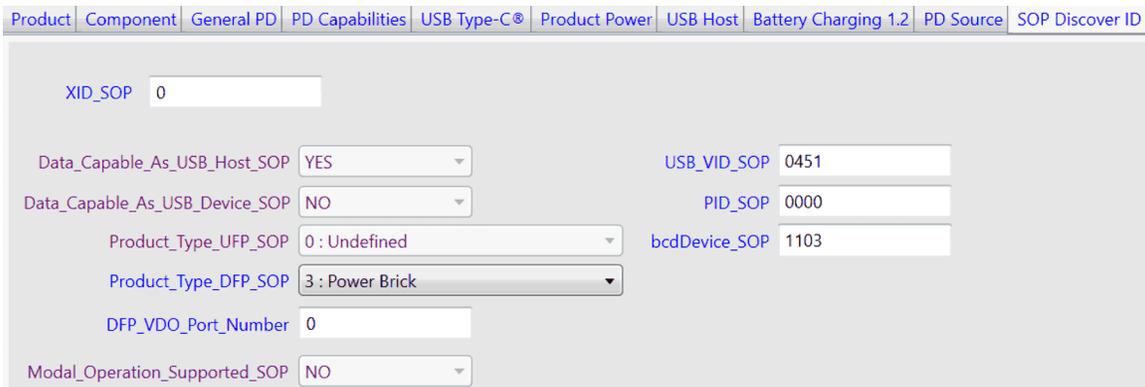
- PD_Power_As_Source:** 27000
- EPR_Supported_As_Src:** NO
- Has_Invariant_PDOS:** YES
- Sends_Pings:** NO
- USB_Suspend_May_Be_Cleared:** YES
- Master_Port:** YES
- FR_Swap_Type_C_Current_Capability_As_Initial_Sink:** 0: FR_Swap not supported
- Over-Current Protection:**
 - PD_OC_Protection:** YES
 - PD_OCP_Method:** 1: Under-Voltage Response
- Num_Src_PDOS:** 3
- Source PDOs:**
 - Source PDO 1: Fixed Supply- voltage 5000 mV, max current 3000 mA, peak current 100% IOC.
 - Source PDO 2: Fixed Supply- voltage 9000 mV, max current 3000 mA, peak current 100% IOC.
 - Source PDO 3: SPR Augmented Supply - max current 3000 mA, min voltage 3300 mV, max voltage 11000 mV.

Below this, there is another section for 'Product Total Source Power' with settings:

- Product_Total_Source_Power_mW:** 27000
- Port_Source_Power_Type:** 0: Assured
- Port_Source_Power_Gang:** (empty)
- Port_Source_Power_Gang_Max_Power:** (empty)

图 2-6. PD 源配置

图 2-6 设置 PD 源的参数。请注意，“PD_Power_As_Source”是固定电力输送对象 (PDO) (而不是增强电力输送对象 (APDO)) 最大功率。否则，在进行 PD 合规性测试时可能会不合格。因此，对于上述情况，请填写 27W (而不是 33W) 源功率。此外，“Product_Total_Source_Power_mW”也对应于 27W。“Port_Source_Power_Type”由客户的具体要求决定。



The screenshot displays the 'BC1.2 protocol and SOP discovery ID' configuration window. At the top, there are tabs for 'Product', 'Component', 'General PD', 'PD Capabilities', 'USB Type-C', 'Product Power', 'USB Host', 'Battery Charging 1.2', 'PD Source', and 'SOP Discover ID'. The 'SOP Discover ID' tab is active. Key settings include:

- XID_SOP:** 0
- Data_Capable_As_USB_Host_SOP:** YES
- USB_VID_SOP:** 0451
- Data_Capable_As_USB_Device_SOP:** NO
- PID_SOP:** 0000
- Product_Type_UFP_SOP:** 0: Undefined
- bcdDevice_SOP:** 1103
- Product_Type_DFP_SOP:** 3: Power Brick
- DFP_VDO_Port_Number:** 0
- Modal_Operation_Supported_SOP:** NO

图 2-7. BC1.2 协议和 SOP 发现 ID

对于“XID_SOP”，USB-IF 在认证之前会分配一个十进制数。对于“USB_VID_SOP”，该字段是一个 4 位十六进制数，有效值范围为 0h - FFFFh (0 - 65535)。该字段由 USB-IF 分配给供应商。在进行非正式合规性认证或测试之前，供应商必须向 USBIF 申请 XID 和 VID。

对于“BC_1_2_Charging_Port_Type”，应用通常为仅充电。可以选择项目 0 DCP 模式。一些客户可能需要支持数据通信。因此，对于 BC1.2 充电协议，可以选择项目 1 CDP 模式。

以上是 VIF 参数的一般配置。某些参数或面板将来可能会根据 USB IF 的规范修订版更新或修改而发生变化。请在 USB IF 官方网站上查看并下载最新的规范或配置工具。

3 电力输送合规性测试

通用串行总线 (USB) 规范在接口和机制级别定义了产品设计目标。合规计划是对规范的补充，支持对实际产品的合规性进行测量。合规计划提供合理的可接受性衡量标准。合规计划使用多个测试规范以及测试 ID (TID) 来跟踪和定义用于评估产品的测试标准。产品通过该可接受级别则视为通过 USB-IF 认证，并将添加到集成商列表中，有权获得 USB-IF 标识许可证。USB-IF WG 定义并更新基本规范、测试规范，举办合规性研讨会或会议等。目前 USB-C/PD 最终产品认证需要完全通过以下测试：

- Type-C 功能测试
- USB PD 合规性 - PD 合并 CTS 修订版 1.4
- 源功率测试 (Quadramax 测试)
- 与已知良好器件的互操作性测试。

本节详细说明了面向 USB PD3.1 器件的 USB-IF 合规性测试。本节将 PD2.0 和 PD3.0 测试项包含到一个规范中，即合并规范。产品必须通过 PD2.0 和 PD3.0 项目测试。目前 USB 电力输送规范是修订版 3.1 版本 1.8。所有 USB PD 产品都可通过下列经批准的设计进行测试。前提条件是由一个机构对所有测试项目 (物理、协议、电源) 进行扫描。如果没有进行相应的扫描，则必须针对下列 2 个经批准的设计 (共 4 个)，对所有 USB PD 产品进行测试。CTS 上的所有新测试都有一个宽限期。对于器件，该期限为 1 年，对于最终产品，该期限为 1.5 年 (自推出之日算起)。

- Granite River Labs - USB 电力输送和 USB Type-C 测试仪和分析仪 (GRL-USB-PD-C2)
- MQP PDT
- Teledyne LeCroy - Voyager M310e/M310p 协议分析仪/试验程序/合规性测试平台
- Ellisys USB Explorer® 350 协议分析仪、发生器和合规性测试系统

集成了确定性和通信引擎，包括通用启动过程、通用过程和通用检查。

- 有多达 13 项通用检查。在所有测试中都会执行这些检查。会检查物理层和协议层基本规则的正确性。通用检查故障被视为通用检查故障，而不是测试故障。但对于认证，没有任何通用检查故障。更多信息，请参阅 PD 规范的第 3.1 节。
- 通用启动程序用于以特定方式启动被测器件 (DUT) 以进行测试。有多达 12 个启动程序。每项测试使用一个或多个启动来执行测试。更多信息，请参阅 PD 规范的第 3.2 节。
- 通用程序决定测试仪如何响应来自 DUT 的消息。除非在特定测试中另有说明，否则测试仪将运行该程序。更多信息，请参阅 PD 规范的第 3.3 节。

3.1 用于合规性测试和结果分析的基本软件



图 3-1. GRL C2 PD 合规性测试工具

只需按一下按钮，GRL-USB-PD-C2-EPR (C2-EPR) 即可提供高达 240W 的 USB 电力输送合规性测试并自动运行。利用全面的 API 产品系列，用户能够运行示例脚本或使用 C#和 Python 对其进行编程。利用 Power Suite Pro 应用程序，用户不仅可以进行传统合规性测试，还可以进行其他测试。对于 PD3.1，基本测试项包括物理层测试、协议层测试和电源测试。

请在 GRL 官方网站上下载 GRL-C2 USB 电力输送和 USB Type-C 测试软件。该软件的一项基本功能是由于进行 PD 合规性测试结果分析。

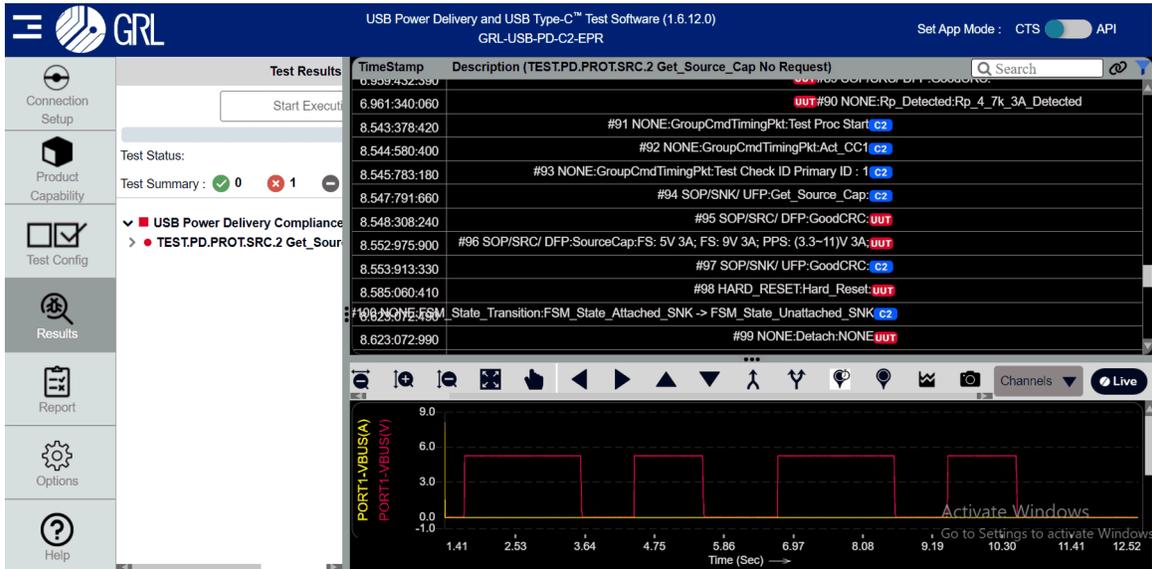


图 3-2. GRL-C2 结果分析仪

点击“Results”面板并选择要检查或进行故障分析的 .grltrace 文件。该文件包含 PD 消息数据通信日志和波形显示区域，非常便于进行结果检查。它还嵌入了有助于查看结果的工具栏。有关更多详细信息，请查找帮助文件。



图 3-3. LeCroy : M310

Voyager M310e 用于验证 USB 设计是否符合 USB-IF 合规性测试规范。Voyager M310e 完全支持 USB PD 3.1 功能。Voyager M310e 的试验程序端口还经过增强，可以为支持 USB4 或 DisplayPort 交替模式的 USB Type-C 设备捕获边带使用 (SBU) 和辅助 (AUX) 消息。该仪器可以完全验证 PD3.1 合规性规范，包括物理层、协议层和电源等。

请在 LeCroy 官方网站上下载 Teledyne LeCroy USB 协议套件。该套件能够分析 USB4、USB3.2、USB2.0 和 PD 结果。打开扩展名为 .usb 的数据日志文件。与 GRL-C2 类似，该日志也主要包含两个部分。数据日志跟踪视图用于协议数据分析。电源跟踪器部分包含 VBUS 电源跟踪器、CC 电源跟踪器和 VCONN 电源跟踪器。下面显示了波形详细信息。

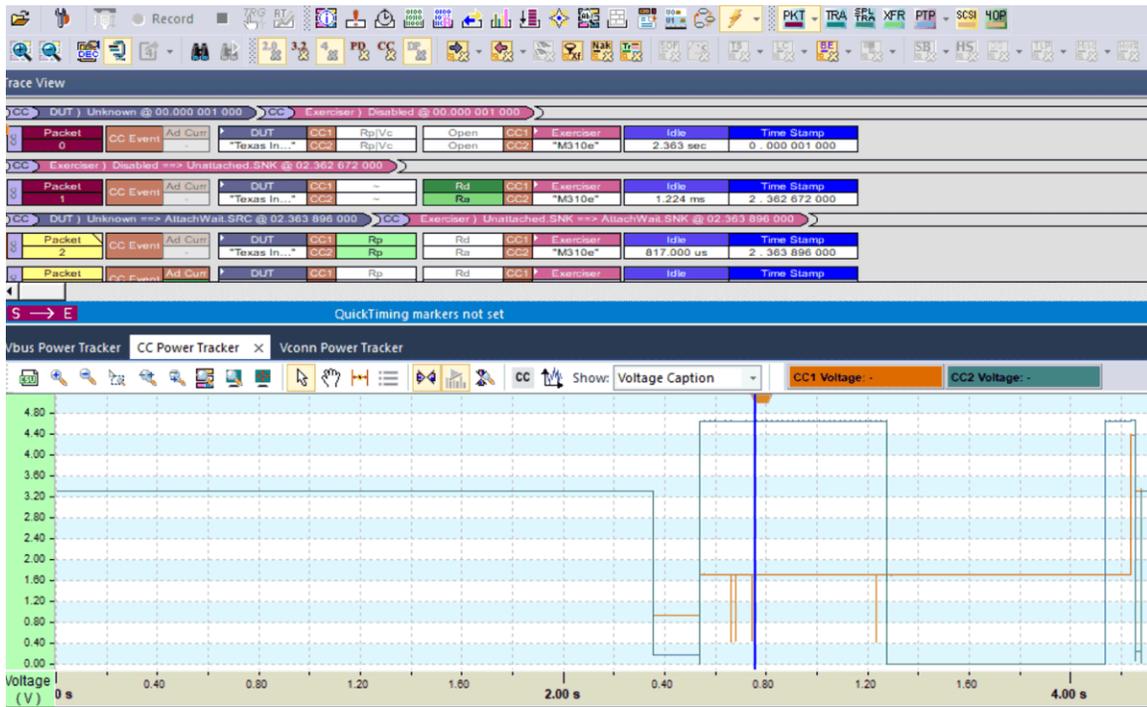


图 3-4. M310 数据日志分析仪

此外，还有其他两种 PD 合规性测试解决方案：MQP 和 Ellisys。有关更多信息，请搜索其官方网站。

4 电力输送源电源要求测试

通用串行总线 Type-C 和电力输送源电源要求测试规范 (SPT) 适用于支持 Vbus 源的 USB Type-C 连接器端口。测试定义涵盖压降、连接、断开和 USB PD 电压转换、电流转换和过流保护。合规性标准作为一个断言列表提供，这些断言描述了必须满足的具体特性或行为。每个断言都提供了对 USB 电力输送规范或该断言所源自的其他文档的引用。此外，每个断言还提供了对测试该断言的特定测试说明的引用。

对于单端口 PD 产品，需要测试 SPT1、SPT3、SPT5、SPT6 和 SPT7。对于多端口 PD 产品，SPT1、SPT2、SPT5、SPT6 和 SPT7 是必需的测试项目。请注意，应该仅对支持 PPS 功能的产品进行 SPT6 和 SPT7 测试。如果客户不需要 PPS 功能，则应仅对单端口进行 SPT1、SPT3、SPT5 测试，对双端口产品进行 SPT1、SPT2、SPT3、SPT5 测试。

4.1 SPT.1 负载测试和 SPT.2 功能测试

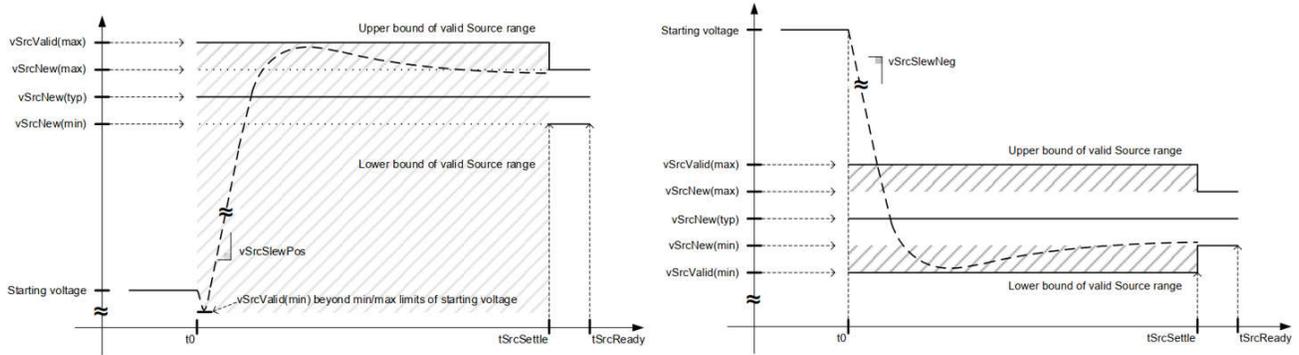


图 4-1. 固定电源电压转换

图 4-1 显示了 PD CTS 电源第 7.1.4.1 节中声明的固定电源电压转换测试。源应以受控方式将 VBUS 从起始电压转换至更高的新电压。协商的新电压（例如 5V、9V、15V...）定义了 vSrcNew 的标称值。在转换期间，电压阈值和时间规格应处于要求的范围之内。

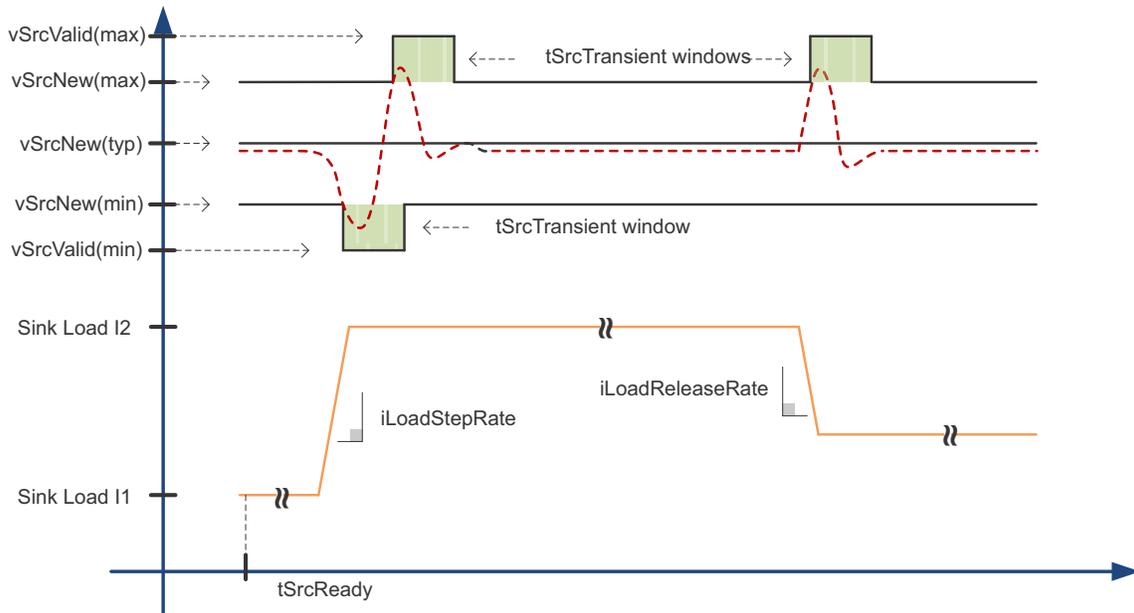


图 4-2. tSrcReady 后 vSrcNew 和 vSrcValid 限制的应用

图 4-2 说明了 PD CTS 电源第 7.1.8 节。该测试项定义了电压转换完成后以及静态负载条件或瞬态负载条件下的输出电压容差和范围。更多信息，请参阅 PD 规范。

SPT.2 功能测试验证每个端口是否可以同时提供不同的广播电压。对于具有至少一个支持多个源功能的 PD 端口的多端口产品，需要执行该测试。该测试还断言 PD3.0 7.1.4.1 和 7.1.8。

4.2 SPT.3 硬复位测试

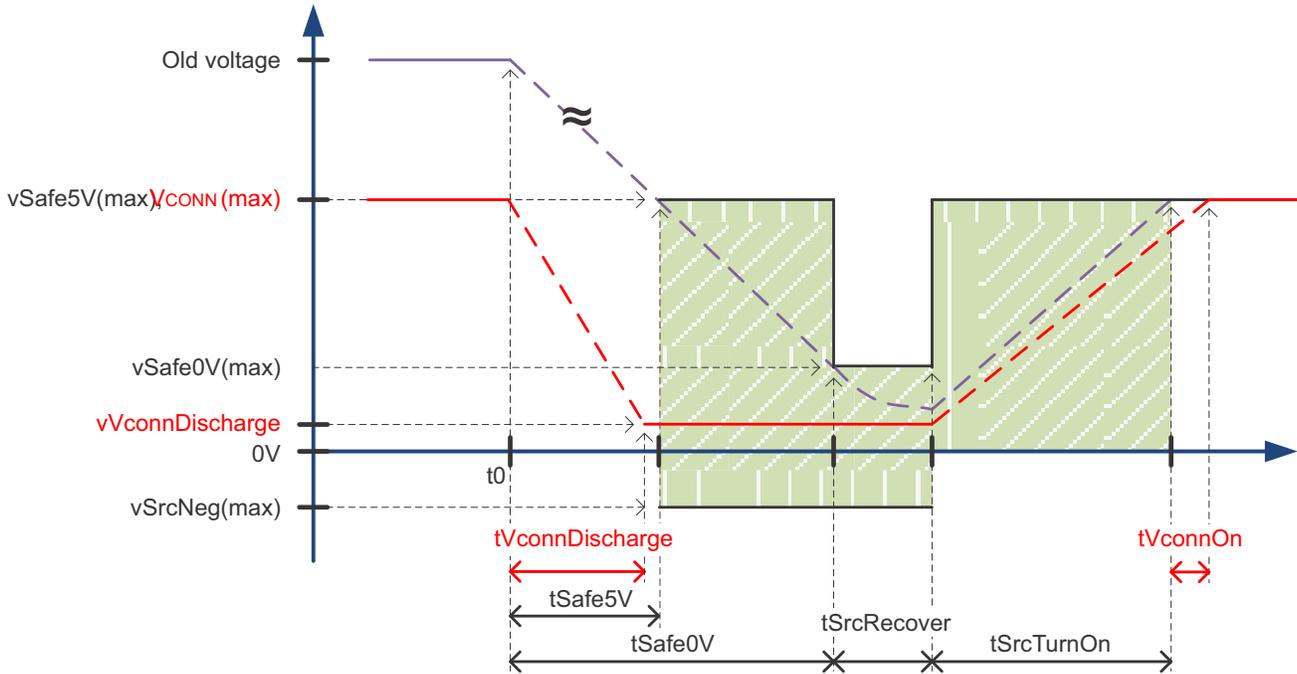


图 4-3. 源 VBUS 和 VCONN 对硬复位的响应

硬复位信号指示发生了通信故障，源停止驱动 VCONN，从 VCONN 引脚移除 R_p 并将 VBUS 驱动至 vSafe0V。由于 VBUS 电压低于 vSafe5V 的时间过长，因此 USB 连接会在硬复位期间复位。在 VBUS 上建立 vSafe0V 电压条件后，源应等待 tSrcRecover，然后重新施加 VCONN 并将 VBUS 恢复至 vSafe5V。该测试也属于涵盖 PD CTS 7.1.5 的电源部分。

4.3 SPT.5 过流测试

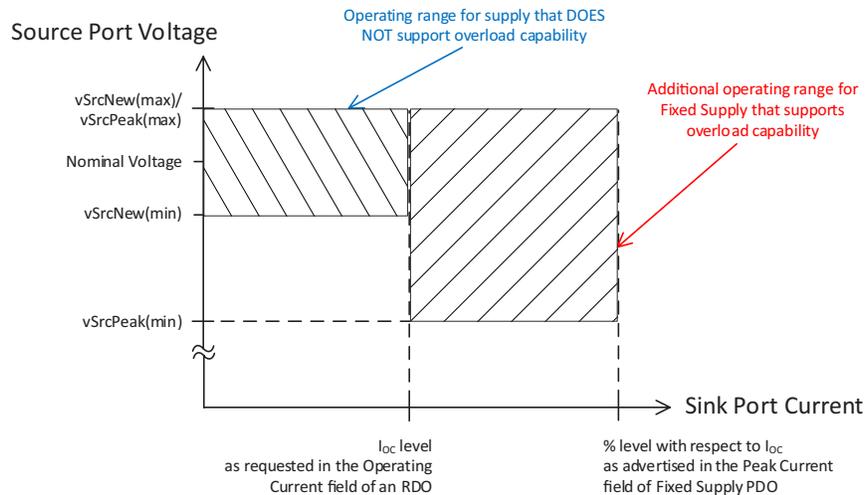


图 4-4. 源峰值电流过载

该测试项涵盖 PD3.0 CTS 7.1.7.1 和 CTS 7.1.11。在 SPR 模式下工作的源应实现过流保护，以防止超出源的电流处理能力的输出电流造成损坏。当过流保护启动时，源尝试发送一条硬复位消息，然后在建立显式合约后发送一条指示 OCP 事件的警报消息。

固定电源 PDO 或 EPR AVS APDO 峰值电流位设置为 01b、10b 和 11b 的源应设计为支持过载功能之一。不需要源支持连续过载运行。在发生过载情况时，允许源在相对于标称值的 $v_{SrcPeak}$ (而不是 v_{SrcNew}) 范围内运行。在超过过载能力时，源应采取任何必要的措施来防止遭受电气损坏或热损坏。

4.4 SPT.6 PPS 电压阶跃测试

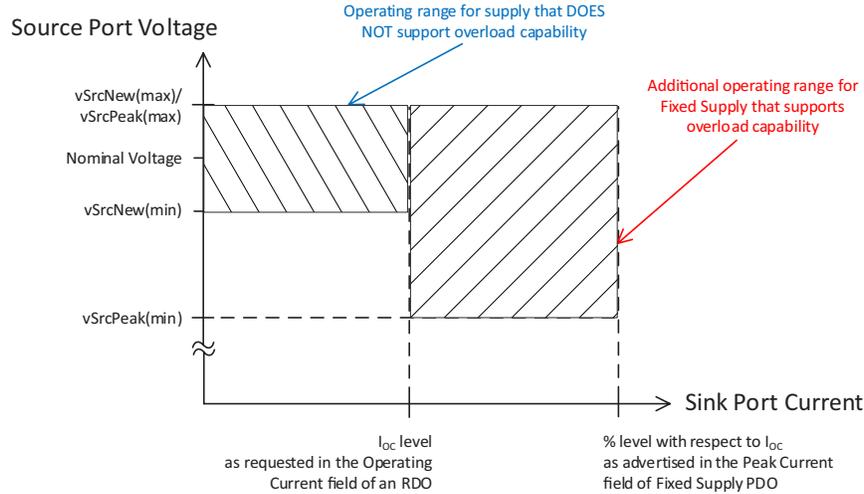


图 4-5. PPS 正电压转换

对于支持 PPS 功能或广播 APDO 功能的 PD 产品，应进行 SPT.6 测试。PPS 阶跃测试验证当源端口使用 APDO 签订合约时，输出是否符合 USB PD 规范第 7.1.4.3 节中的单调性和容差要求。无论是单端口还是多端口都需要通过该测试，通过 Quadramax 仪器进行验证。对于多端口测试，需要使用两台或更多 Quadramax 仪器。有关工作台设置的详细信息，请参阅“QuadraMAX PPS 测试指南”。

在测试期间，SPT 根据 PD 规范验证多项容差要求。实际上，通常会出现错误“在转换期间源电压保持在 $v_{PpsValid}$ 范围内”。打开日志文件夹并搜索“testLog.csv”文件即可。该文件记录每个步骤的所有测试数据信息。步骤 2.k.1.b.ii 显示故障。查看“通用串行总线 Type-C 和电力输送源电源要求测试规范”，该规范还描述了故障步骤详细信息。

为了更直观地显示日志，同时检查 Total Phase 数据日志和 QuadView 数据日志是一种很好的做法。分别从 Total Phase 官方网站和 USBIF 官方网站下载这两个工具。这两种方法都使用波形来描述日志。强烈建议获取 Total Phase 数据日志。客户可以要求测试机构通过 Total Phase 工具提取数据。数据日志有助于进一步进行数据分析。机构选择不使用这些工具。

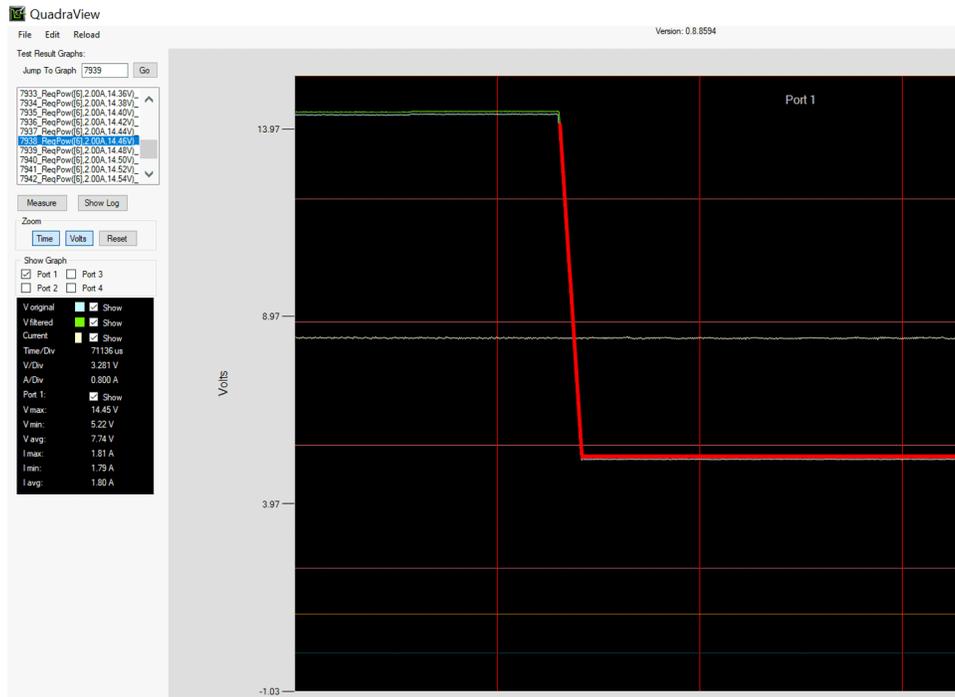


图 4-6. QuadView 数据日志检查

通过 QuadView 查看图片 7939，红线表示错误。数据日志显示，随着电压以 20mV 的阶跃从 14.46V 增加到 14.48V，VBUS 电压降至 5V。

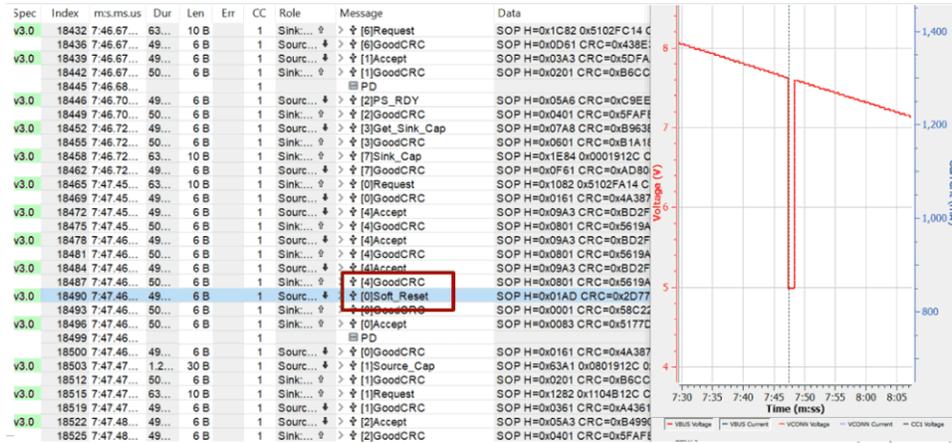


图 4-7. Total Phase 数据日志检查

要进一步找出根本原因，请检查 Total Phase 数据日志。日志显示发生了 Soft_Reset。通过实验室中的比较测试可知，错误是由测试仪问题引入的。更新至最新的测试仪软件版本，从而解决该问题。

4.5 SPT.7 PPS 电流限制测试

PPS 电流折返测试验证当源端口使用 APDO 签订合同并且电流达到工作电流电平时，输出是否符合 USB PD 规范 7.1.4.2 中的容差要求。请及时在 USBIF 官方网站上查看最新的 PD 规范和 PD CTS。USBIF 偶尔会更新规范，这些规范对认证测试参考而言至关重要。USBIF 最近放宽了电流限制测试范围。关键参数是 iPpsCLNew (-150mA, 150mA) 和电流阶跃的转换率 (iPpsCLLoadReleaseRate, iPpsCLLoadStepRate)。实际上，输出电容器会对该测试项产生很大的影响。TI 建议客户严格遵循 IC 提供商规定的电容值。该测试程序符合“通用串行总线 Type-C 和电力输送源电源要求测试规范”。在调试故障时请查阅测试手册、Total Phase 数据日志和 QuadView 数据日志。

图 4-8 是通过 Total Phase 分析仪提取的 SPT.7 测试日志。测试仪运行 3 个 APDO，即 3.3V~11V、3.3V~16V、3.3V~21V。客户的要求决定需要测试多少个 APDO。测试程序 C、D、E 规定要测试的 RDO 电流、电压和阶跃分辨率。

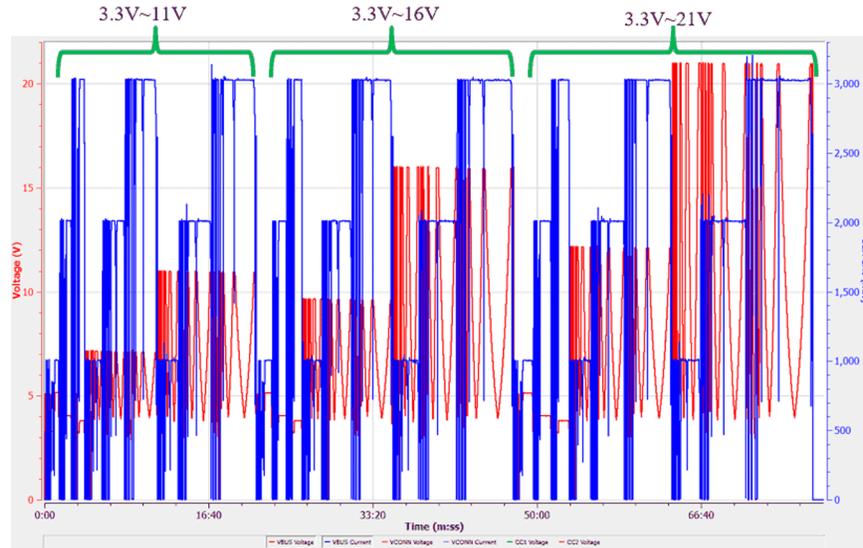


图 4-8. SPT.7 Total Phase 分析仪数据日志

6.b.6.b	23:19.2	1	1294	Current exceeded iPpsCLTransient.		
6.b.6.b	23:19.2	1	1294	Current did not settle to iPpsCLNew within tPpsCLSettle.		
	23:20.0			Result Graph # 1295:		
6.b.6.b	23:20.0	1	1295	Current exceeded iPpsCLTransient.		
6.b.6.b	23:20.0	1	1295	Current did not settle to iPpsCLNew within tPpsCLSettle.		
6.b.6.e	23:20.0	1	1295	Average Current has decreased in CL Mode when resistance has decreased.		
	23:28.1			Result Graph # 1303:		

图 4-9. SPT.7 故障数据日志

根据 .cvs 日志，使用 QuadView 搜索图像 1294 (如图 4-10 如所示)，其中清楚地显示了在以 500mA 阶跃增大电流时发生的振荡。有关更多信息，另请检查图 4-11 所示的 Total Phase 数据日志。会发生类似的振荡。但协议协商是正常的。因此，应尝试找出一些使电流稳定的方法，例如增大 BUS 引脚周围的电容或检查电流限制环路的滤波电路。对于大多数电流限制测试，只需增加总线电容即可解决多种故障。

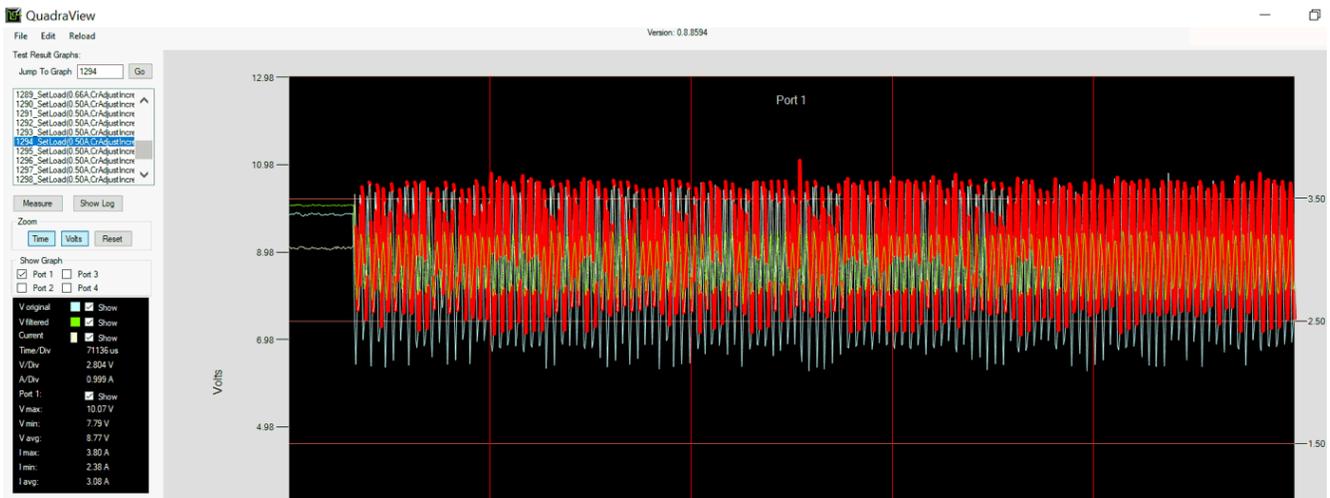


图 4-10. SPT.7 的 QuadView 数据日志

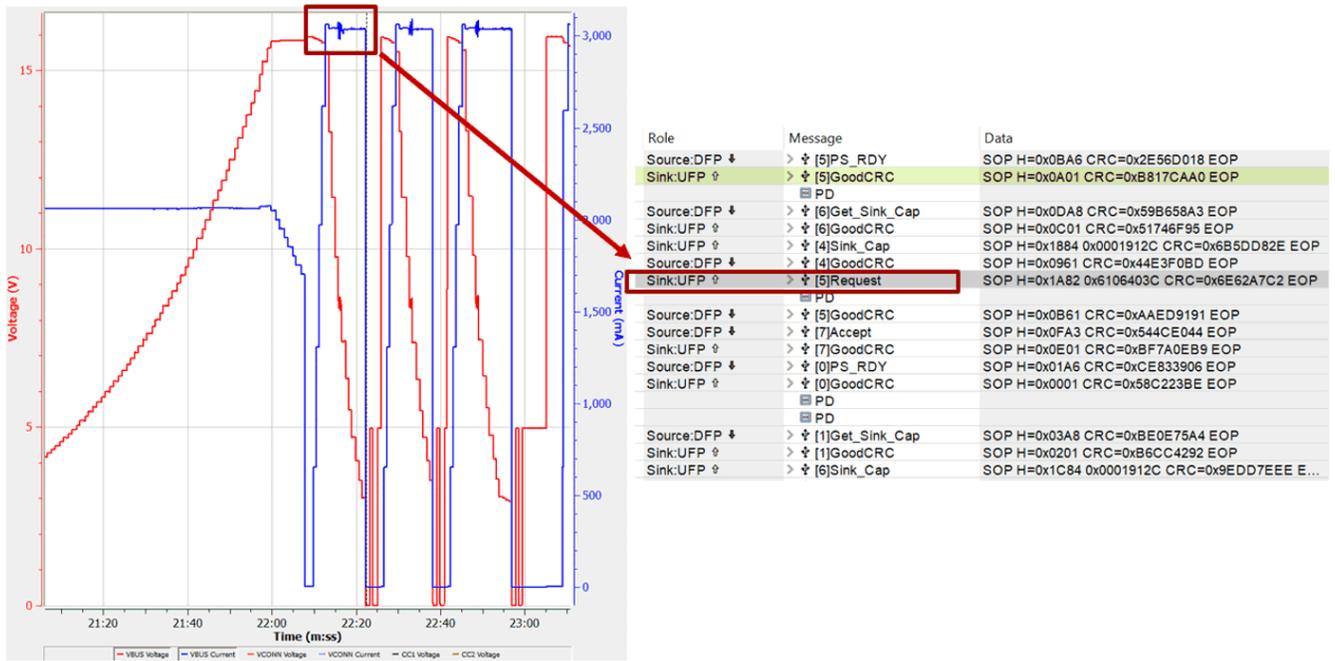


图 4-11. SPT.7 的 Total Phase 数据日志

5 一些故障示例分析

通用检查故障

打开 .XML 格式日志文件并找到故障项。日志显示 Common.Check.PD.7#7 故障，该故障在测试 TEST.PD.PS.SRC.1 时发生。

```

FAIL Check Power Rules - COMMON.CHECK.PD.7#7:
    TEST.PD.PROT.SRC.2:
    Power Rules: DUT failed to set 15V PDO.
    Power Rules: DUT failed to set 15V_Prog PDO.
    . Packet#18, 35, 48, 77, 96, 109,
    TEST.PD.PROT.SRC3.9:
    Power Rules: DUT failed to set 15V PDO.
    Power Rules: DUT failed to set 15V_Prog PDO.
    . Packet#18,
    TEST.PD.PS.SRC.1:
    Power Rules: DUT failed to set 15V PDO.
    Power Rules: DUT failed to set 15V_Prog PDO.
    . Packet#18, 266.
    
```

图 5-1. 通用检查数据日志

搜索 CTS 文件并找到 Common.Check.PD.7#7。“测试仪将所有 PDO 与 VIF 字段 PD_Power_as_Source 进行比较，检查它们是否满足电源规则的要求。”该行指示 PDO 设置与 VIF 中的 PD_Power_as_Source 相矛盾。

打开 .grltrace 故障文件，并根据图 5-2 在数据日志中找到数据包 18。VIF 设置包含 5V 3A、9V 3A 和 (3.3V~11V) 3A。此外，还检查字段 PD_Power_as_Source 是否等于 33W。该故障提示 DUT 未能设置 15V_Prog PDO。因此，该故障是由于 PD_Power_as_Source 设置不正确而导致的。填写 27W，这是由固定 PDO 功率（而不是 APO 功率）决定的。此外，Product_Total_Source_Power 也是 27W。

USB Power Delivery and USB Type-C™ Test Software (1.6.12.0) GRL-USB-PD-C2	
TimeStamp	Description (TEST.PD.PROT.SRC.2 Get_Source_Cap No Request)
1.836:258:320	UUT #14 SOP1/DFP_UFP:VendorDefined:Discover ID;Initiator;
1.836:934:730	C2 #15 SOP1/CablePlug:GoodCRC:
1.843:779:640	C2 #16 SOP1/CablePlug:VendorDefined:Discover ID;ACK;
1.844:942:460	UUT #17 SOP1/DFP_UFP:GoodCRC:
1.849:608:530	UUT #18 SOP/SRC/ DFP:SourceCap:FS: 5V 3A; FS: 9V 3A; PPS: (3.3~11)V 3A;
1.850:547:740	C2 #19 SOP/SNK/ UFP:GoodCRC:
1.852:781:380	C2 #20 SOP/SNK/ UFP:Request:PDO#1 Fixed; OpCurrent = 0.1A; MaxCurrent = 0.1A

图 5-2. GRL-C2 生成的 TEST.PD.PROT.SRC.2 数据日志

TEST.PD.PROT.SRC.2#2 Get_Source_Cap 无请求

打开 .XML 格式日志文件并找到故障项。该项属于协议层故障，在测试 DUT 源功能时发生。

```

FAIL Rev2Src:
PASS Source_Cap message check - TEST.PD.PROT.SRC.2#1:
    UUT successfully respond to Get_Source_Cap message.Protocol index #35
FAIL Hard_Reset message check - TEST.PD.PROT.SRC.2#2:
    UUT failed to respond Hard_Reset within 0.024~0.03s..Obtained interval is 0.0305s.Protocol index #37
    
```

图 5-3. XML 数据日志

查找 CTS 文件并搜索 `Get_Source_Cap` 无请求测试项。测试仪向 UUT 发送一条 `Get_Source_Cap` 消息。在接收到 `Source_Capabilities` 消息后，测试仪故意不发送请求消息，以强制源 UUT 上的 `SenderResponse` 计时器超时。测试仪验证该计时器的实现是否正确。

打开故障项 `.grltrace` 或 LeCroy `.usb` 日志文件，并根据图 5-4 找到索引 37。在进一步分析之前，请注意代码“`Rev3ChkdSrc`”意味着端口正在针对 PD 修订版 3 进行测试，测试仪设置为不支持未分块的扩展消息，并作为源。“`Rev2Src`”表明端口正在接受 PD 修订版 2 测试并作为源。因此检查 PD2.0 规范和 PD3.1 规范。下面列出了相关内容。日志非常清楚地显示通过了 PD3 模式，但未通过 PD2 模式。由于这是固件故障，因此应请求固件团队提供一个新修补程序并解决该问题。



图 5-4. TEST.PD.PRO.SRC.2 的 GRL-C2 数据日志

TEST.PD.PS.SRC.1 多条请求消息

打开 `.XML` 格式日志文件并找到故障项。该故障属于电源层，在测试 DUT 源功能时发生。

该测试的目的是检查 DUT 源是否正确响应各种灌电流负载请求消息。在请求转换期间，VBUS 电压应被限制在提供的范围内。打开故障日志文件 `.XML`。在电流从 2.25A 增加到 3A 时会发生该故障。测量的 VBUS 电压超出范围。协议日志显示该故障在索引 81 的位置发生。

```

FAIL Rev2Src:
PASS Transition involves a current decrease - TEST.PD.PS.SRC.1#1:
FAIL Transition involves a current increase - TEST.PD.PS.SRC.1#2:
    Load set to 0.75A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 5.16V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 45.
    Measurement after timestamp : 6.50319405S]
    Load set to 1.5A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 4.97V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 57.
    Measurement after timestamp : 9.52519945S]
    Load set to 2.25A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 4.83V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 69.
    Measurement after timestamp : 12.5472049S]
    [FAIL] PDO #1 : Measured VBUS voltage after increase current to new value 4.68V, Limit:[4.75V - 5.5V] at
    Protocol index : 81. Measurement after timestamp : 15.5692103S]
    Load set to 2.25A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 4.82V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 93.
    Measurement after timestamp : 18.5912156S]
    Load set to 1.5A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 4.98V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 105.
    Measurement after timestamp : 21.6132274S]
    Load set to 0.75A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 5.11V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 117.
    Measurement after timestamp : 24.6352297S]
    Load set to 0A: [PASS] Vbus voltage before load increase: 5.26V, Limit:[4.75V - 5.5V] at Protocol index : 129.
    Measurement after timestamp : 27.6572350S]
    
```

图 5-5. TEST.PD.PS.SRC.1 的 XML 数据日志

此外，检查数据日志 `.grltrace` 或 LeCroy `.usb` 文件。找到数据包 81。该数据包指示请求的工作电流为 3A。波形日志更清楚地显示了该过程。通过初步分析，可以发现该问题与电缆补偿不足有关。提高电缆补偿水平后，测试通过。



图 5-6. TEST.PD.PS.SRC.1 的 GRL-C2 日志

在合规性测试程序期间，应该会遇到各种问题。以上 3 个案例是一些一般性的分析过程。此外，一些故障是测试仪问题，而不是由产品或器件引入的。此外，由于 PD 规范或 PD 合规性测试规范会持续更新，因此可以免去一些测试。如有必要，请求 USB-IF 提供弃权声明。有关更多详细信息，请参阅参考资料。

6 总结

本应用手册通过 VIF 配置、合规性测试、QuadraMAX 测试这三个要素介绍了 PD 产品 TPS257xx-Q1 的认证测试。本文档介绍了进行数据日志分析所需的几个相关工具以及有关 VIF 配置的一些提示。请查看最新的 PD 合规性规范和测试仪器版本或软件版本，下载最新的 GUI 并获取用于测试或认证的最新修补程序，这些会对测试结果产生很大的影响。

7 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [USB 电力输送 - 合规性测试](#) 应用报告。
2. 德州仪器 (TI), [TPS257XX-Q1-GUI](#) 工具。
3. USB Compliance, [USB-IF 合规性更新](#) 文章。
4. Granite River Labs, [下载中心](#) 网页。
5. Teledyne Lecroy, [协议测试解决方案软件](#) 网页。
6. USB, [USB Type-C 和电力输送源电源要求测试规范](#) 网页。
7. USB, [QuadraMAX PPS 测试手册](#) 网页。
8. USB, [USB 供应商信息文件生成器](#) 网页。

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司