

摘要

本文档是 TPS65988 评估模块 (TPS65988EVM) 的用户指南。作为独立测试套件的一部分，TPS65988EVM 可用于评估 TPS65988 IC，以及开发和测试 USB Type-C 和电力输送 (PD) 最终产品。TPS65988EVM 开箱即用，配置为对双端口笔记本电脑进行仿真。这两个端口可用于提供或接收电源，两者都是双角色端口 (DRP)，但只作为下行端口 (DFP) 主机来支持数据。当需要不同的配置来测试系统时，请使用 *TPS65988 应用程序配置* 软件工具创建配置或加载不同的配置模板 (请参阅图 1-1)。TPS65988EVM 使用控制 MUX (HD3SS3412) 路由 DisplayPort™ (DP)，并使用 USB HUB (TUSB8020) 将 USB 信号路由到适当的端口 A 或端口 B (端口 A/B)。此控制 MUX 和 USB HUB 连接到一个超高速 (SS) MUX (TUSB546)，后者根据电缆方向和交替模式选择来路由适当的 DP 信道和 USB 3.0 信号。图 1-2 突出显示了这些特性。

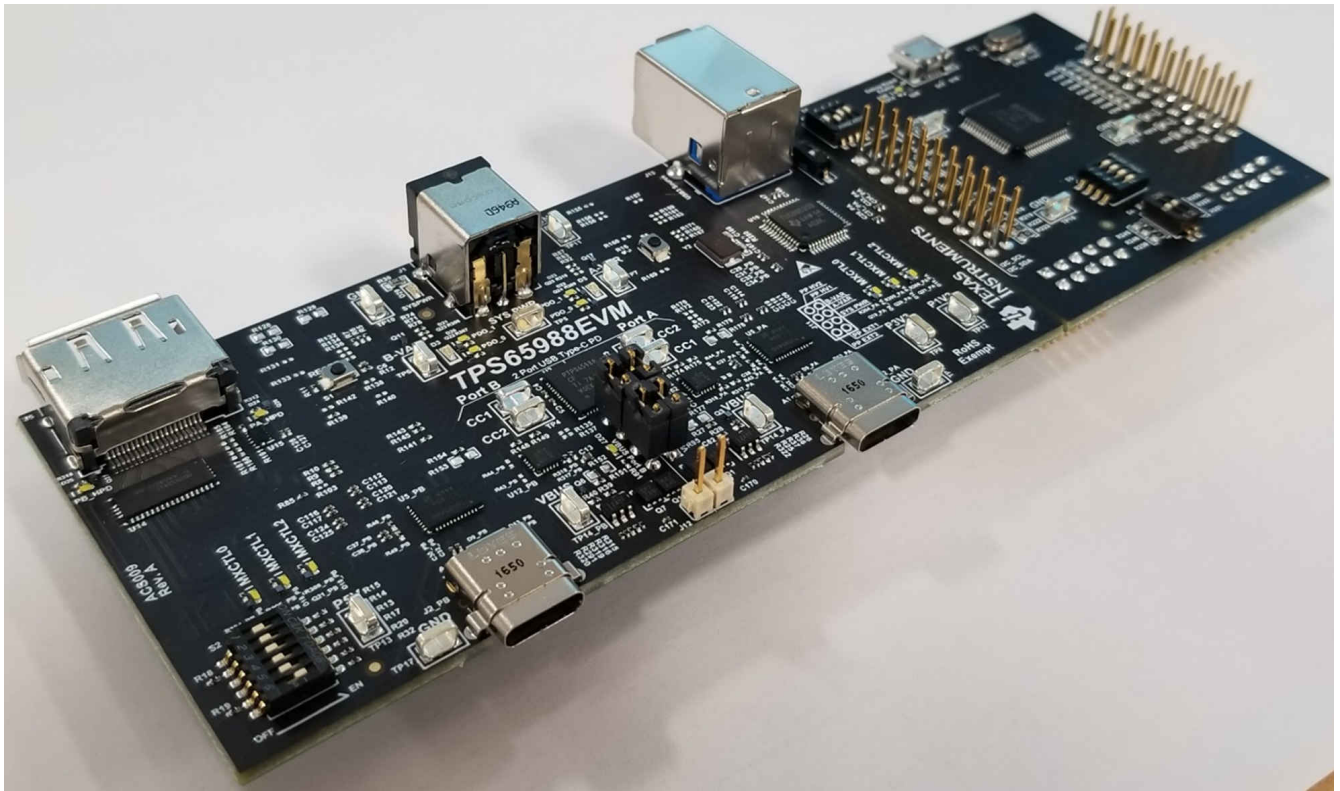
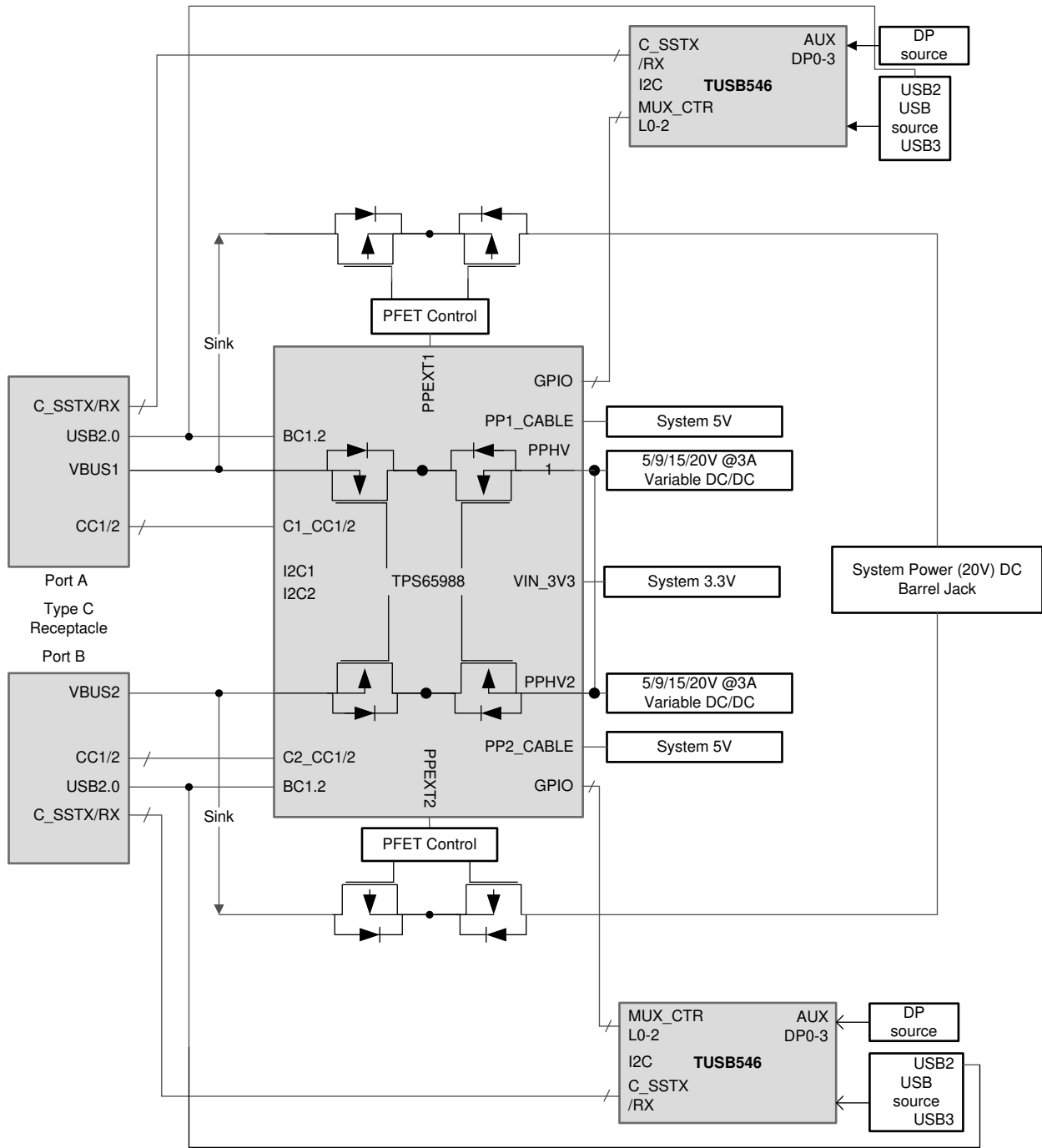


图 1-1. TPS65988EVM



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 1-2. TPS65988EVM 方框图

内容

1 关于本手册.....	5
2 注意事项和警告信息.....	5
3 运行所需的项目.....	5
4 引言.....	5
5 设置.....	6
5.1 开关、按钮、连接器和测试点说明.....	6

5.2 LED 指示灯说明.....	25
6 使用 TPS65988EVM	29
6.1 为 TPS65988EVM 供电.....	29
6.2 固件配置.....	29
7 连接 EVM	30
7.1 连接到各种设备.....	30
7.2 调试 EVM.....	35
8 REACH 合规性	37
9 TPS65988EVM 原理图	38
10 TPS65988EVM 电路板布局布线	51
11 TPS65988EVM 物料清单	54
12 修订历史记录	63

插图清单

图 1-1. TPS65988EVM.....	1
图 1-2. TPS65988EVM 方框图.....	2
图 5-1. TPS65988 跳线配置.....	7
图 5-2. TPS65988 跳线配置网名称.....	7
图 5-3. TPS65987D 跳线配置.....	8
图 5-4. TPS65987D 跳线配置网名称.....	8
图 5-5. TPS65987S 跳线配置.....	9
图 5-6. TPS65987S 跳线配置网名称.....	9
图 5-7. DisplayPort™ 源端原理方框图.....	10
图 5-8. DisplayPort™ 源端方框图.....	10
图 5-9. DisplayPort™ 源端插座.....	10
图 5-10. HRESET 按钮 (S1) 原理图.....	11
图 5-11. HRESET 按钮 (S1).....	11
图 5-12. SPI-MISO 下拉开关.....	12
图 5-13. FTDI® DIP 开关 (S3) 原理图.....	12
图 5-14. FTDI® DIP 开关 (S3).....	13
图 5-15. I ² C 和 BusPower DIP 开关 (S2).....	14
图 5-16. I ² C DIP 开关 (S2) 原理图.....	14
图 5-17. 桶形插孔 (J1) 原理图.....	15
图 5-18. 桶形插孔 (J1).....	15
图 5-19. 桶形插孔检测原理图.....	16
图 5-20. USB Type-B 插座 (J11) 原理图.....	16
图 5-21. USB (J11) 方框图.....	16
图 5-22. USB Type-B 插座 (J11).....	17
图 5-23. USB Type-C™ 插座 (J2) 原理图.....	18
图 5-24. USB Type-C™ 插座 (J2).....	18
图 5-25. USB Micro-B 插座 (J9) 原理图.....	19
图 5-26. USB Micro-B 插座 (J9).....	19
图 5-27. TP13 (5V)、TP8 (3.3V) 和 TP12 (1.2V).....	20
图 5-28. Aardvark™ 连接器 (J10) 原理图.....	21
图 5-29. Aardvark™ 连接器 (J10).....	21
图 5-30. TP10、TP11、TP15、TP16、TP17、TP18、TP9 : GND 测试点.....	21
图 5-31. TP1、TP2、TP3 和 TP4 - CC1 和 CC2 测试点.....	22
图 5-32. TPS65988 BMC 数据.....	22
图 5-33. VBUS 测试点 : TP14.....	23
图 5-34. TPS65988 VBUS 电压转换.....	23
图 5-35. A-Var、B-Var 和系统电源测试点 : TP7、TP6 和 TP5.....	24
图 5-36. BoosterPack™ 接头 (J3 和 J4)	25
图 5-37. MUX 控制 LED.....	26
图 5-38. HPD 端口 A/B LED.....	26
图 5-39. PDO 端口 A/B LED.....	27
图 7-1. 将 EVM 连接到 Type-A 设备.....	30
图 7-2. 将 EVM 连接到 USB Type-C™ 设备.....	31
图 7-3. DRP CC1 和 CC2 切换.....	35

图 7-4. USB Type-C™ 连接和 VBUS.....	35
图 7-5. USB Type-C™ 连接和 PD 协商.....	36
图 9-1. TPS65988EVM 方框图.....	38
图 9-2. TPS65988EVM 处理器模块.....	39
图 9-3. TPS65988EVM 电源路径模块.....	40
图 9-4. TPS65988EVM 电源模块.....	41
图 9-5. TPS65988EVM DisplayPort 多路复用器.....	42
图 9-6. TPS65988EVM SS MUX 模块端口 A.....	43
图 9-7. TPS65988EVM SS MUX 模块端口 B.....	44
图 9-8. TPS65988EVM USB HUB.....	45
图 9-9. TPS65988EVM USB Type-C™ 端口 A 模块.....	46
图 9-10. TPS65988EVM USB Type-C™ 端口 B 模块.....	47
图 9-11. TPS65988EVM FTDI® 连接器模块.....	48
图 9-12. TPS65988EVM 电流感测模块端口 A.....	49
图 9-13. TPS65988EVM 电流感测模块端口 B.....	49
图 9-14. TPS65988EVM BoosterPack 接头模块.....	50
图 10-1. TPS65988EVM 顶部覆盖层.....	51
图 10-2. TPS65988EVM 焊接.....	51
图 10-3. TPS65988EVM 顶层 SSTXR1.....	51
图 10-4. TPS65988EVM GND 平面 1.....	51
图 10-5. TPS65988EVM 高速.....	52
图 10-6. TPS65988EVM GND 平面 2.....	52
图 10-7. TPS65988EVM 电源 1.....	52
图 10-8. TPS65988EVM 电源 2.....	52
图 10-9. TPS65988EVM GND 平面 3.....	53
图 10-10. TPS65988EVM SSTXR2.....	53
图 10-11. TPS65988EVM 阻焊层.....	53
图 10-12. TPS65988EVM 底层组件视图.....	53

表格清单

表 5-1. 端口 A SS MUX 控制 LED 功能.....	26
表 5-2. 端口 B SS MUX 控制 LED 功能.....	27
表 5-3. 可变直流/直流控制端口 A/B 功能.....	27
表 5-4. PDO LED 0 和 PDO LED 1 真值表.....	28
表 5-5. I ² C 地址设置.....	28
表 5-6. ADCIN1 设置.....	28
表 7-1. DisplayPort™ 和 USB 测试设置.....	33
表 8-1. REACH 合规性.....	37
表 11-1. TPS65988EVM 物料清单.....	54

商标

DisplayPort™ is a trademark of Video Electronics Standards Association.

USB Type-C™ is a trademark of USB Implementers Forum.

Aardvark™ is a trademark of Total Phase, Incorporated.

BoosterPack™ is a trademark of Texas Instruments.

Future Technology Devices International®FTDI® are registered trademarks of Future Technology Devices International Limited.

Dell® is a registered trademark of Dell Incorporated.

Total Phase® is a registered trademark of Total Phase, Incorporated.

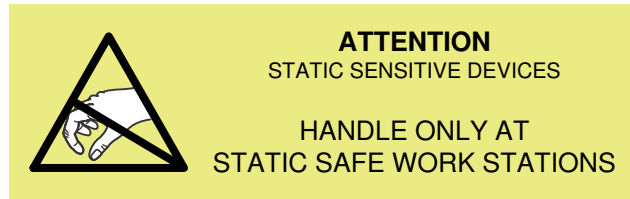
Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 关于本手册

本用户指南介绍了 TPS65988EVM，包含简介、设置说明、EVM 原理图、电路板布局布线、元件视图、内部电源 (PWR) 和接地 (GND) 平面布局以及物料清单 (BOM)。

2 注意事项和警告信息



CAUTION

此 EVM 包含可能因静电放电而受损的元件。不使用时，请务必将 EVM 置于随附的 ESD 袋中进行运输和贮存。使用防静电腕带处理。在防静电工作台上操作。更多有关正确处理的信息，请参阅[静电放电 \(ESD\)](#)。

3 运行所需的项目

使用 TPS65988EVM 时需具备以下各项：

- TPS65988 数据表
- TPS65988EVM
- *TPS65988 Application Customization Tool*
- 20V 桶形插孔适配器或直流电源 (型号 492-BBGP)
- USB Type-C™ 无源电缆
- USB Type-A 转 USB Micro-B 电缆
- USB Type-A 转 USB Type-B 电缆
- Mini-DisplayPort 转 DisplayPort 电缆
- 具有 USB 2.0、USB 3.0 和 DP 功能的笔记本电脑

4 引言

TPS65988 是一款独立式 USB Type-C 和电力输送 (PD) 控制器，可在 USB Type-C 连接器处提供电缆插拔和方向检测功能。进行电缆插拔和方向检测时，TPS65988 会在 CC 线上使用 USB PD 协议进行通信。完成电缆检测和 USB PD 协商后，TPS65988 会启用相应的电源路径，并配置外部多路复用器和交替模式设置。

本用户指南介绍了如何使用 TPS65988EVM 来测试 DisplayPort 交替模式以及 USB 数据。本指南还介绍了 DP 交替模式的测试程序以及各种 PD 电源配置。可通过 *TPS65988 配置工具* 来定制该 EVM。此外，该 EVM 还配备了 Future Technology Devices International® (FTDI®) 电路板和 Aardvark 连接器，以连接到 SPI 或 I²C 接口进行测试和开发。

5 设置

本节介绍了各种 EVM 特性以及如何测试这些特性。必要时会提供原理图屏幕截图、图片和方框图。

5.1 开关、按钮、连接器和测试点说明

本节以从左到右和从上到下的顺序列出了该 EVM 包含的元件，同时列出了相关元件。

5.1.1 电源路径跳线配置

借助 TPS65988EVM，可通过调整 J11 和 J12 上的跳线来分析 TPS65987D 和 TPS65987S 平台。

5.1.1.2 TPS65987D 跳线配置

若要将 TPS65988EVM 用作 TPS65987D，需要调整 J11 和 J12 上的跳线。在 J12 上放置一条跳线，以将两个 VBU 节点短接在一起。在此用例中，其中一条内部电源路径用作源端路径，另一条内部电源路径用作接收端路径。TPS65987D 支持一个 Type-C 端口并包含 2 条内部电源路径。通过使用 TPS6598x Application Customization Tool 中的 TPS65987D 配置模板，可将 TPS65988 配置为用作 TPS65987D。在此配置中，PPHV2 用作 Type-C 端口的源端路径，它连接到配置网中的 B-Var，B-Var 是 TPS65988 配置中用于端口 B 的可变直流/直流。PPHV1 用于 TPS65987D 上的接收端路径。在此配置中，PPHV1 连接到配置网中的 SYSPWR。有关 TPS65987D 跳线配置，请参阅图 5-3 和图 5-4。当将 TPS65988EVM 配置为 TPS65987D 时，只有端口 A 正常工作。

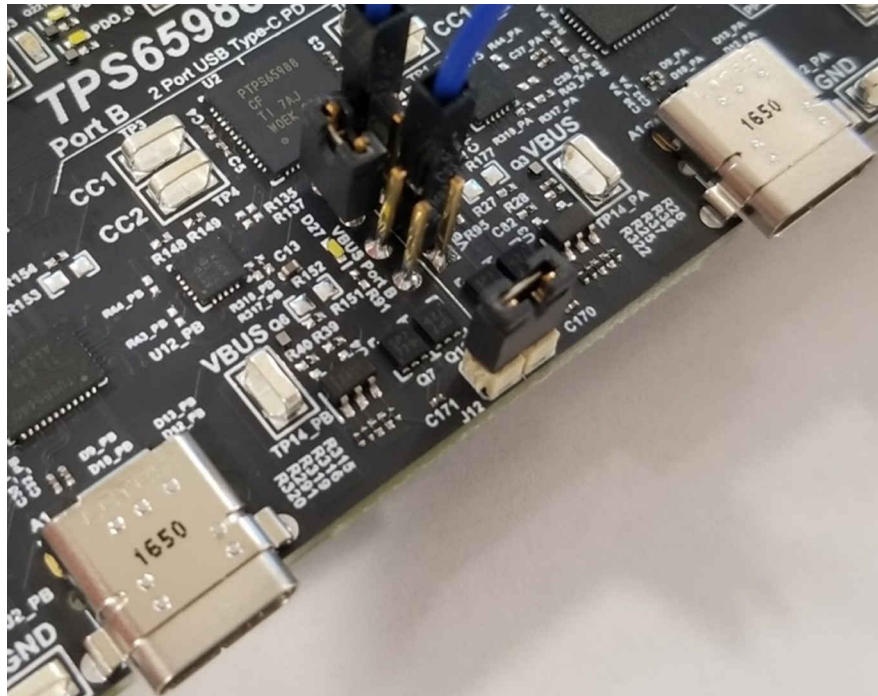


图 5-3. TPS65987D 跳线配置

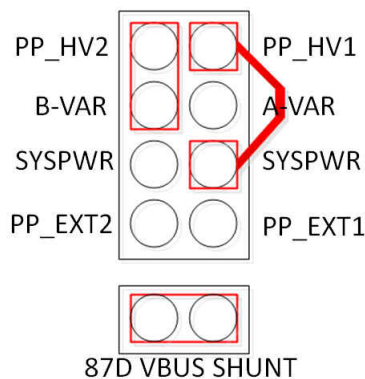


图 5-4. TPS65987D 跳线配置网名称

5.1.1.3 TPS65987S 跳线配置

若要使用 TPS65988EVM 对 TPS65987S 进行仿真，需要调整 J11 上的跳线。TPS65987S 支持一个 Type-C 端口并包含一条内部电源路径。当使用 TPS65988EVM 对 TPS65987S 进行仿真时，内部电源路径 (PPHV1) 用作源端路径，其中一个外部电源路径用作接收端路径。通过使用 TPS6598x Application Customization Tool 中的 TPS65987S 配置模板，可将 TPS65988 配置为用作 TPS65987S。有关 TPS65987D 跳线配置，请参阅图 5-5 和图 5-6。当将 TPS65988EVM 配置为用作 TPS65987S 时，只有端口 A 正常工作。

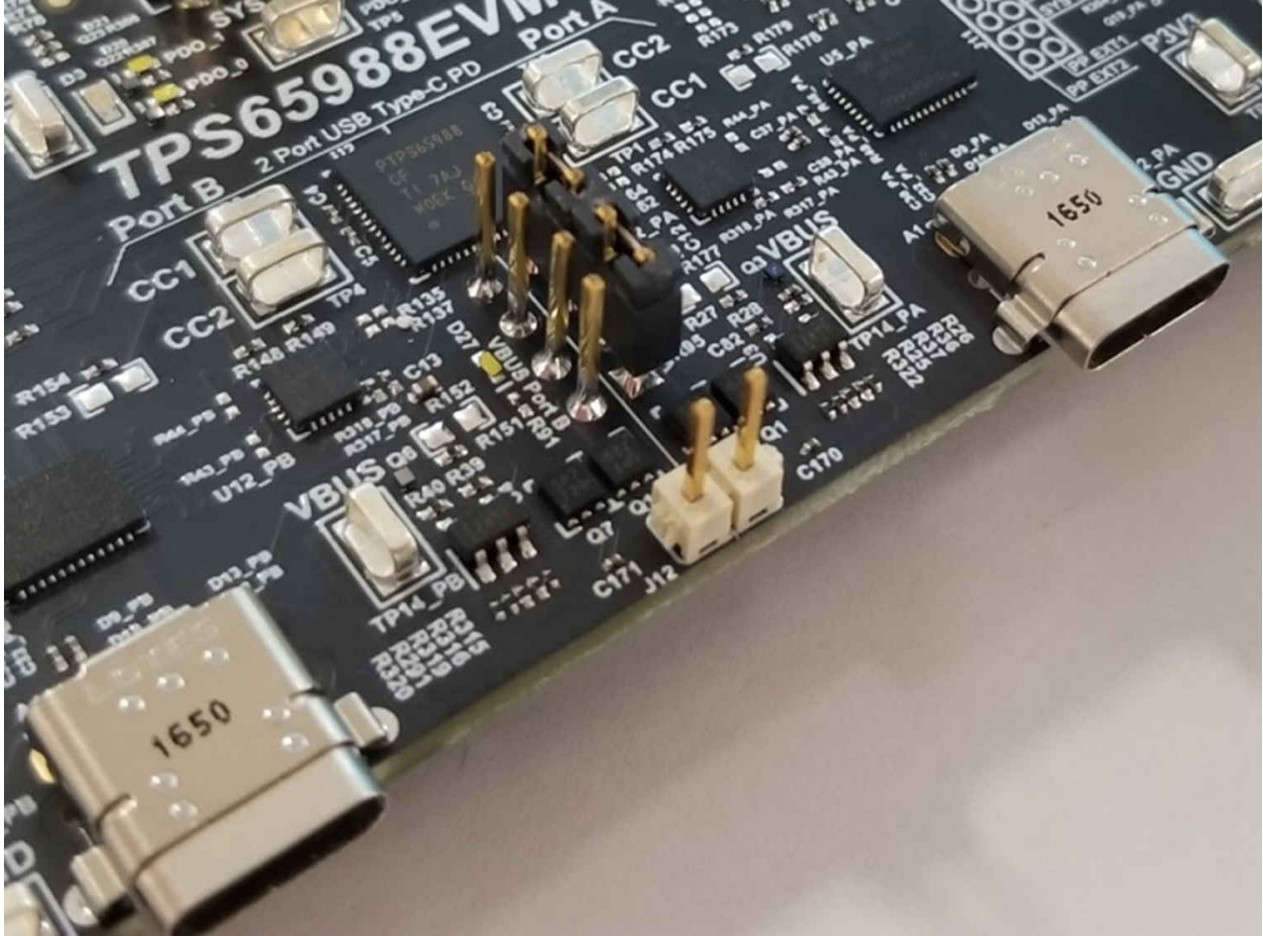


图 5-5. TPS65987S 跳线配置

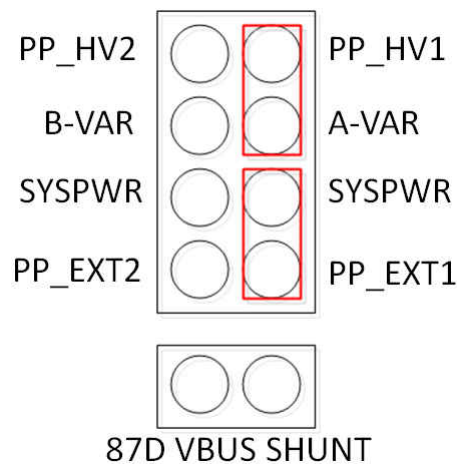


图 5-6. TPS65987S 跳线配置网名称

5.1.2 DP 源端插座

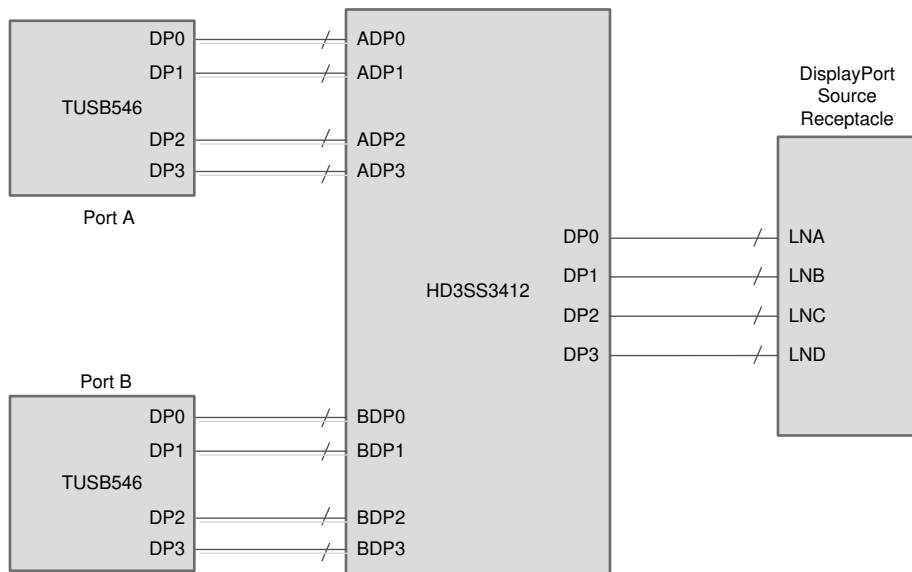
DP 源端插座对于端口 A/B 路由 DP 通道、对于端口 A/B 路由 AUX 通道、对于端口 A/B 以及路由 DP 端口 A/B 路由 HPD 通道。HD3SS3412 用于将 DP 源端从全尺寸 DP 插座多路复用到端口 A/B 的 USB Type-C 交替模式 MUX (TUSB546)。一次只能有一个端口支持 DP。DP 源端 MUX 由 GPIO0 控制，将 DP 源端信号分配至适当的端口。图 5-7 显示了 DP 源端 MUX 配置

备注

端口 A 或端口 B 上只能同时使用一个 DP 源端。



图 5-7. DisplayPort™ 源端原理方框图



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 5-8. DisplayPort™ 源端方框图

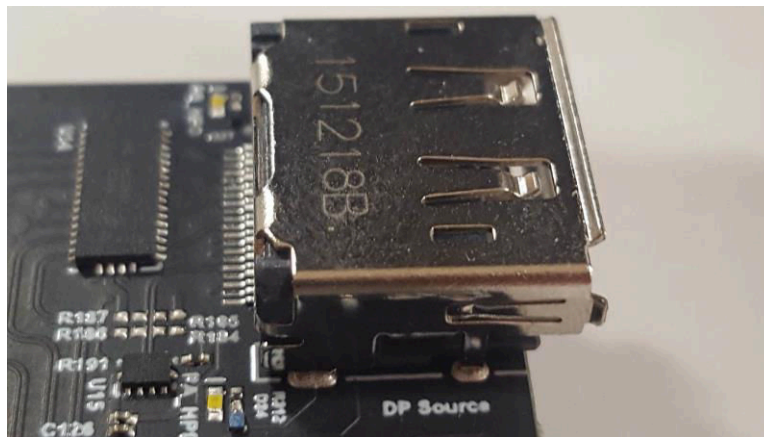


图 5-9. DisplayPort™ 源端插座

5.1.3 S1 HRESET 按钮

S1 位于 EVM 的左上角。此开关是一个按钮，按下时可将 TPS65988 的 HRESET 引脚 (39) 拉高。松开该按钮会再次将 HRESET 拉低，TPS65988 会进行软复位，包括从 RAM 重新加载固件 (FW)。如果 RAM 中存在有效配置，TPS65988 不会从外部闪存重新加载配置。图 5-10 突出显示了这些特性。

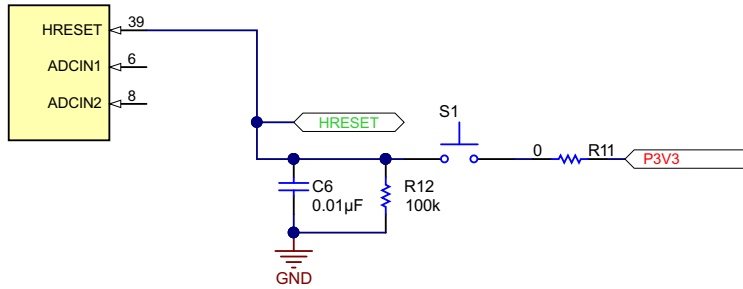


图 5-10. HRESET 按钮 (S1) 原理图

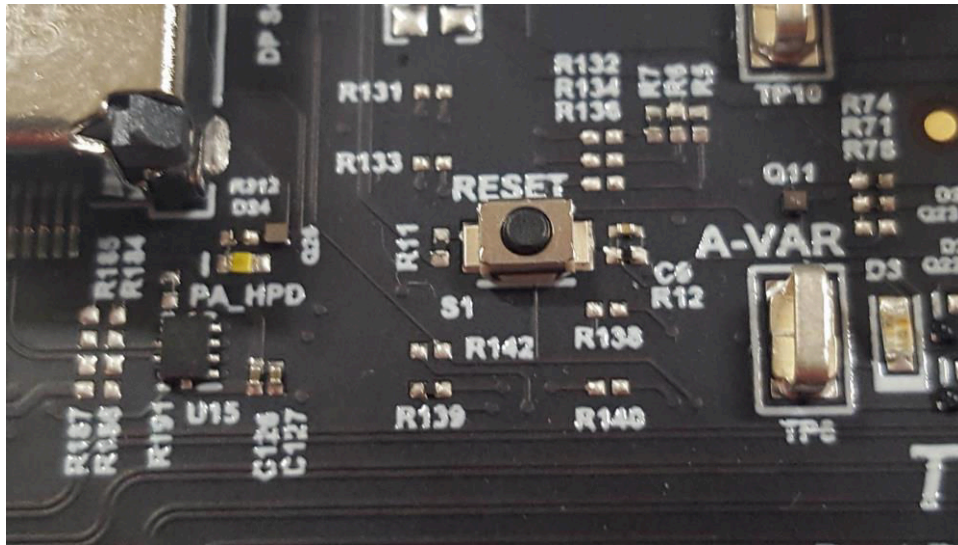


图 5-11. HRESET 按钮 (S1)

5.1.4 S6 SPI MISO 下拉按钮

S6 位于 EVM 的右上角。此按钮开关将 SPI Miso 线路固定至 GND。启动器件时使用此按钮。如果在器件正在启动时按下此按钮，TPS65988 不会从 SPI 闪存加载其配置，而是启动进入默认 ROM 配置。

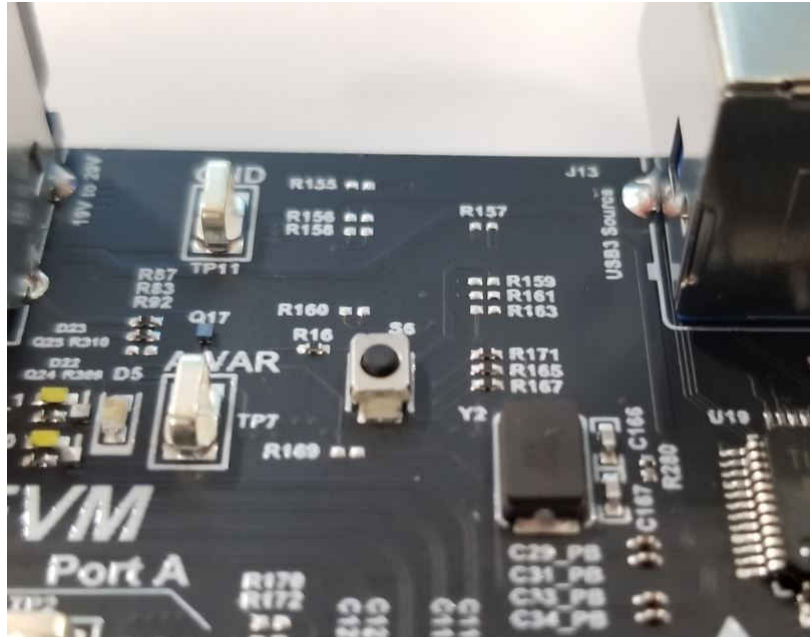


图 5-12. SPI-MISO 下拉开关

5.1.5 S3 : FTDI® 启用和禁用

DIP 开关 S3 具有 4 个开关。标有 3.3V (开关 3) 和 5V (开关 4) 的开关将电源从 FTDI 板 Micro-B 插座传递到 BoosterPack 接头 (J6)，反之亦然。强制启用 (开关 1 和开关 2) 开关控制 FTDI 器件上的复位。当开关 1 闭合时，FTDI 保持复位状态，直到 TPS65988 成功加载固件。当开关 2 闭合时，可通过 FTDI 板接头 J7 上的引脚 8 在外部复位 FTDI。默认情况下，所有开关均断开并处于向上位置。图 5-13 突出显示了这些特性。

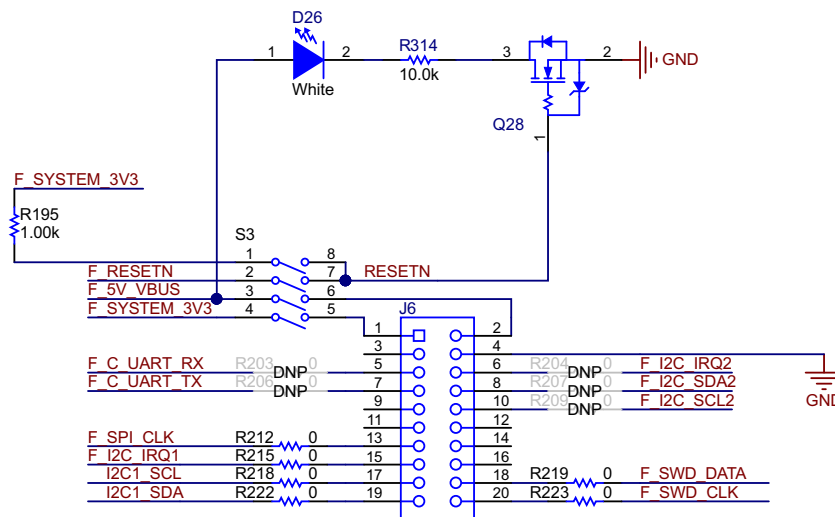


图 5-13. FTDI® DIP 开关 (S3) 原理图

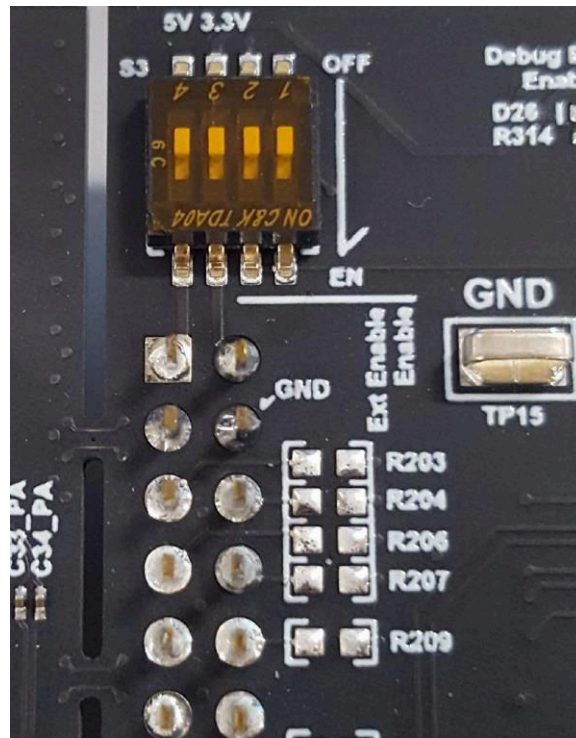


图 5-14. FTDI® DIP 开关 (S3)

5.1.6 S2 : SPI、I²C 和 BusPowerZ 配置

TPS65988EVM 具有一个 DIP 开关 (S2)，可用于配置器件的 I²C 地址和 BusPower 设置。开关 1 至开关 3 用于通过调整 ADCIN2 处的分压器来设置 TPS65988 的 I²C 地址。请参阅 TPS65988 数据表，了解不同的 I²C 地址配置。开关 1 至开关 3 的默认开关设置为断开，从而产生 0x38 I²C 地址。开关 4 至开关 6 通过调整 ADCIN1 上的分压器来调整 BusPowerZ 设置。请参阅 TPS65988 数据表，了解不同的 BusPowerZ 配置。图 5-15 突出显示了 S2 的默认开关设置。

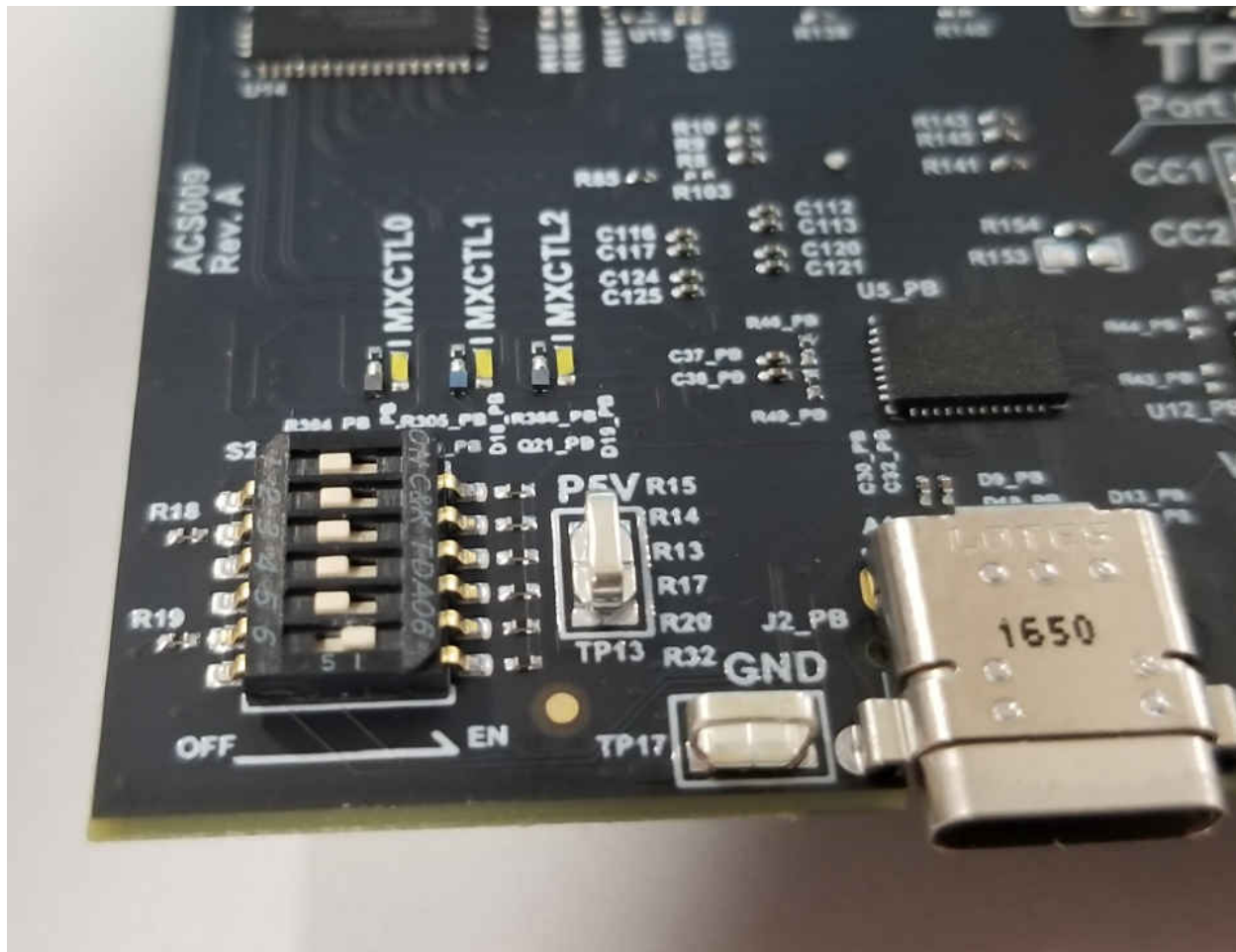


图 5-15. I²C 和 BusPower DIP 开关 (S2)

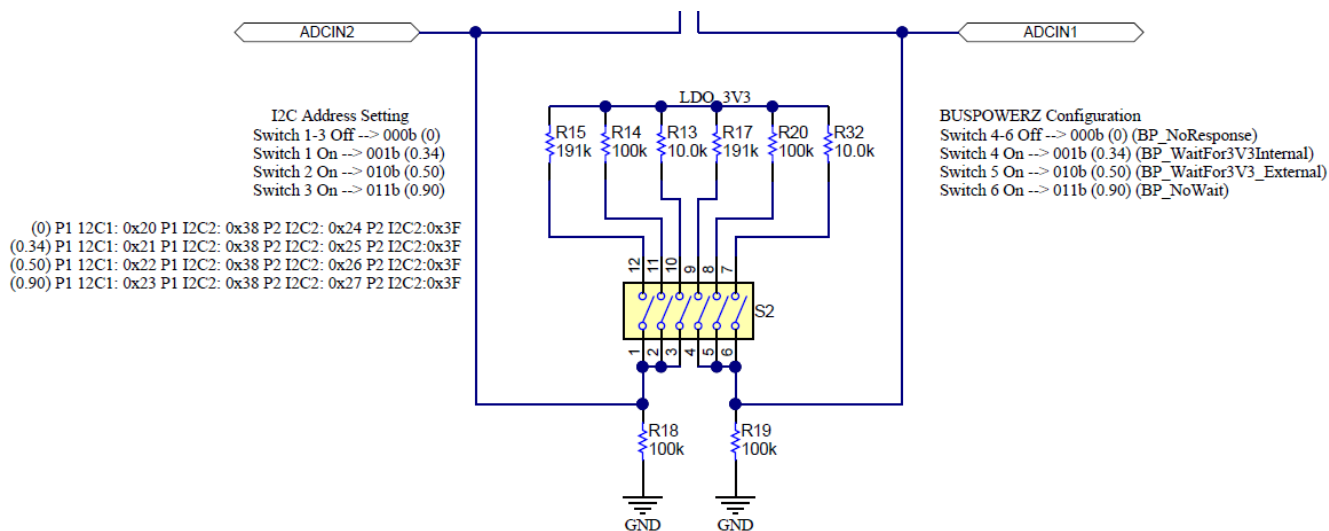


图 5-16. I²C DIP 开关 (S2) 原理图

5.1.7 J1 : 桶形插孔电源连接器

桶形插孔电源连接器接受 19V 至 20V 的直流电源。标准 Dell 或 HP 笔记本电脑适配器 (或类似适配器) 可提供所需的电源。该输入可为大功率 PD 协议提供 PP_HV 电源轨 19V 至 20V 电压，每个端口高达 60W 或总计

120W。对于大功率 PD，必须使用大于 120W 的适当电源适配器。例如，Dell® 130W 器件型号：492-BBGP。图 5-17 突出显示了这些特性。

WARNING

桶形插孔输入为高电压。

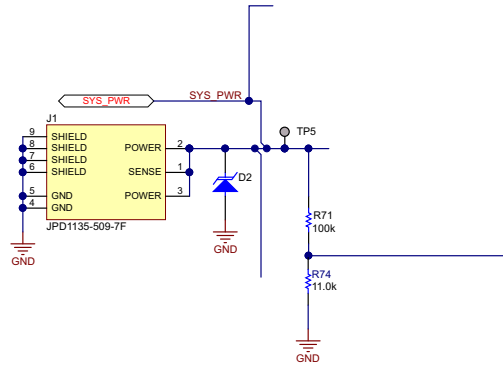


图 5-17. 桶形插孔 (J1) 原理图



图 5-18. 桶形插孔 (J1)

5.1.8 桶形插孔检测

当在当前由总线供电的 EVM 上连接桶形插孔时，TPS65988EVM 能够请求电源角色交换。采用比较器感测桶形插孔电压，此比较器驱动 TPS65988 上的 GPIO1 (BJ_DETECT)。默认情况下，桶形插孔检测处于未启用状态。若要启用桶形插孔检测，请放置 R109 并参考 TPS65988 实用工具用户指南和 TPS65988 固件用户指南。图 5-19 突出显示了这些特性。

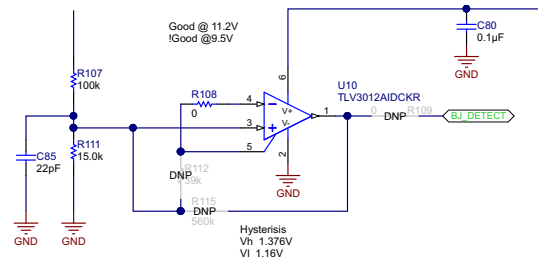


图 5-19. 桶形插孔检测原理图

5.1.9 USB Type B 连接器 (J11)

J11 是与 PC 连接的 Type-B 接头，用于测试 USB 2.0 或 USB 3.0 功能。Type-A 转 Type-B 电缆可用于将 EVM 连接到计算机上的 USB 端口。此连接器向 TPS65988EVM 上的 USB HUB 提供 USB 数据。图 5-20 至图 5-22 突出显示了这些特性。

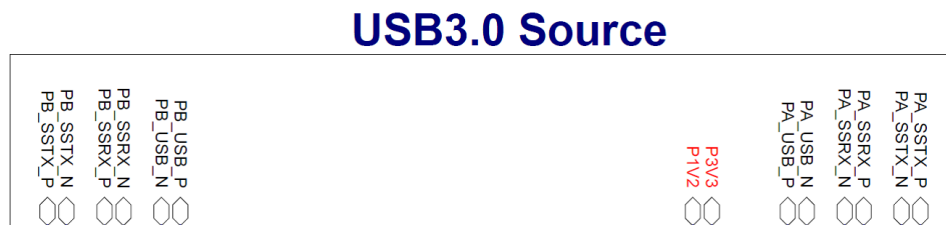
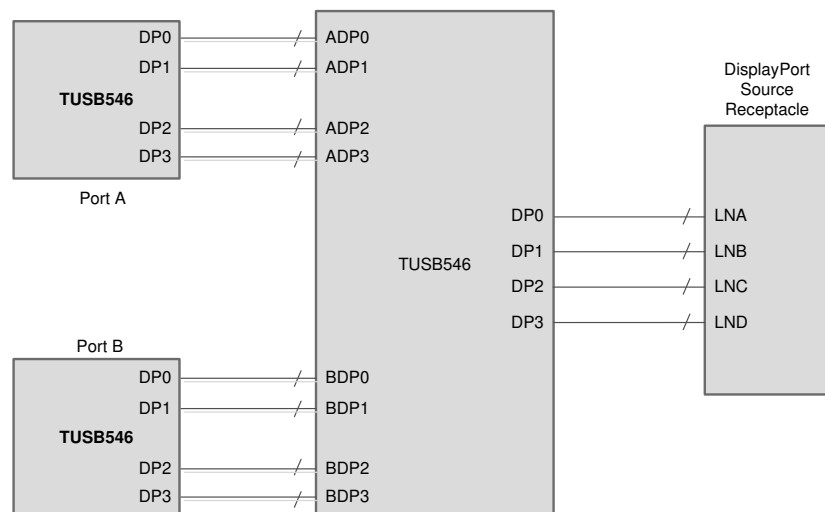


图 5-20. USB Type-B 插座 (J11) 原理图



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 5-21. USB (J11) 方框图

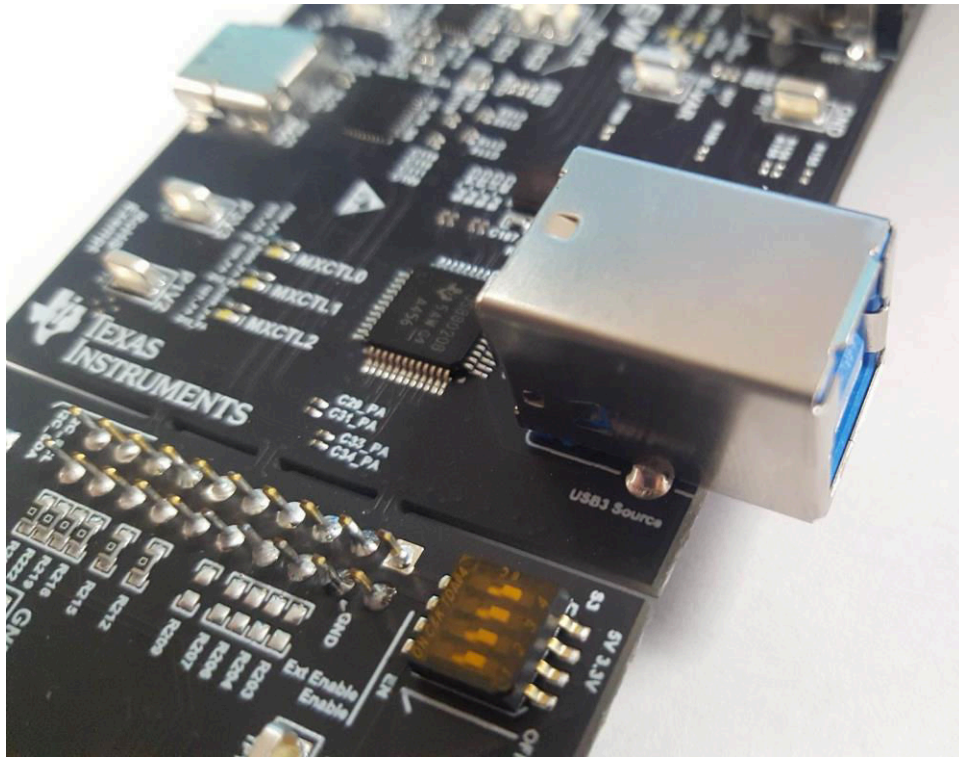


图 5-22. USB Type-B 插座 (J11)

5.1.10 USB Type-C™ 连接器 (J2)

TPS65988EVM 具有两个全功能 USB Type-C 插座 (端口 A/B)，可以路由 VBUS、SSTX 和 SSRX 对、SBU1 和 SBU2 对以及 D+ 和 D- 信号。TPS65988 器件可采用自供电和总线供电配置，以增加灵活性。采用自供电时，该 EVM 可以通过内部高压电源路径，为每个端口提供高达 60W (20V、3A) 的功率。该 EVM 还能够通过外部电源路径接收 100W (20V、5A) 的功率。内部电源路径用于提供电源，而外部电源路径用于接收电源。图 5-23 和图 5-24 突出显示了这些特性。

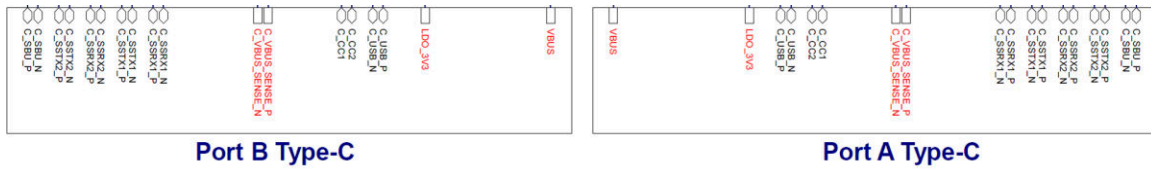


图 5-23. USB Type-C™ 插座 (J2) 原理图

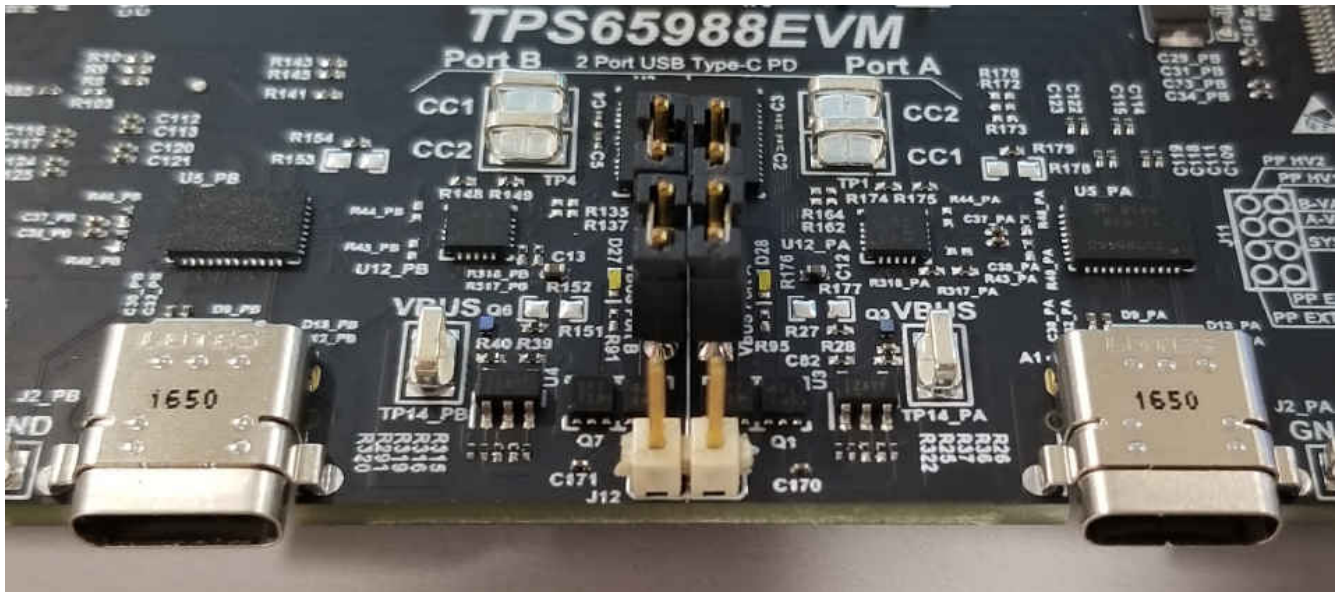


图 5-24. USB Type-C™ 插座 (J2)

5.1.11 USB Micro B 连接器 (J9)

Micro-B 插座 J9 将 FTDI 连接到 *TPS65988* 定制 GUI 的 PC。请使用标准的 USB Micro-B 转 Type-A 电缆进行此连接。当 FTDI 板上存在 VBUS 时，调试板启用 LED 亮起。图 5-25 和图 5-26 突出显示了这些特性。

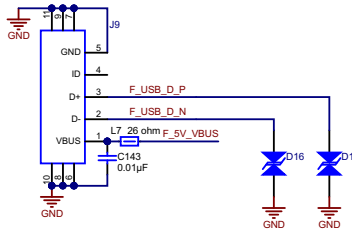


图 5-25. USB Micro-B 插座 (J9) 原理图

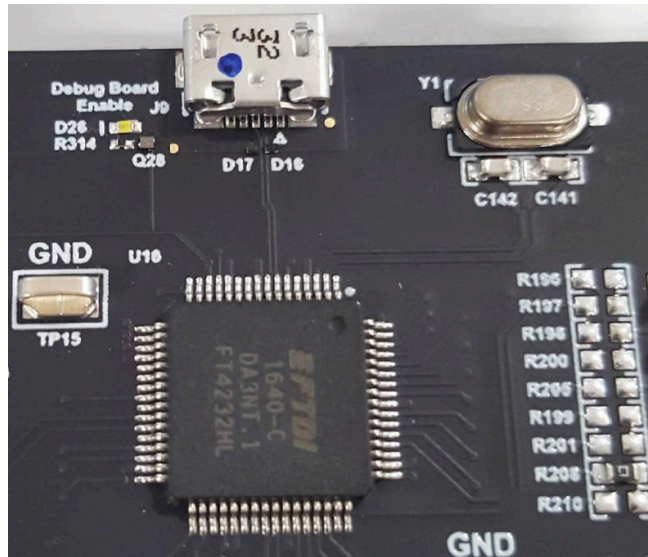


图 5-26. USB Micro-B 插座 (J9)

5.1.12 TP13 (5V)、TP8 (3.3V) 和 TP12 (1.2V)

TP13、TP8 和 TP12 测试点用于测量板载直流/直流转换器的输出电压。这些直流/直流转换器可产生所需的电压轨以支持 EVM 的全部功能（包括电力输送、为内部和外部电路供电等）。这些测试点允许用户验证 TPS65988EVM 上的系统电源。LDO_1V8 是在内部生成的，用于内部电路。使用 P3V3 先后为 VIN_3V3、LDO_3V3 供电。另外，LDO_3V3 可用作外部闪存的低功耗输出。在总线供电或自供电条件下，P3V3 和 LDO_3V3 处于运行状态。P3V3 能够在 4V 下工作，以补偿通过 USB Type-C 电缆的 IR 压降。P5V 电源可以在 100% 占空比下以 4.5V 的电压工作，但当桶形插孔或系统电源连接到 EVM 时，它旨在以 3A 的电流提供 5V 电压。P5V 为这两个端口的 PP_CABLE 以及这两个端口的 VBUS 电流检测 IC 供电。图 5-27 突出显示了这些测试点。

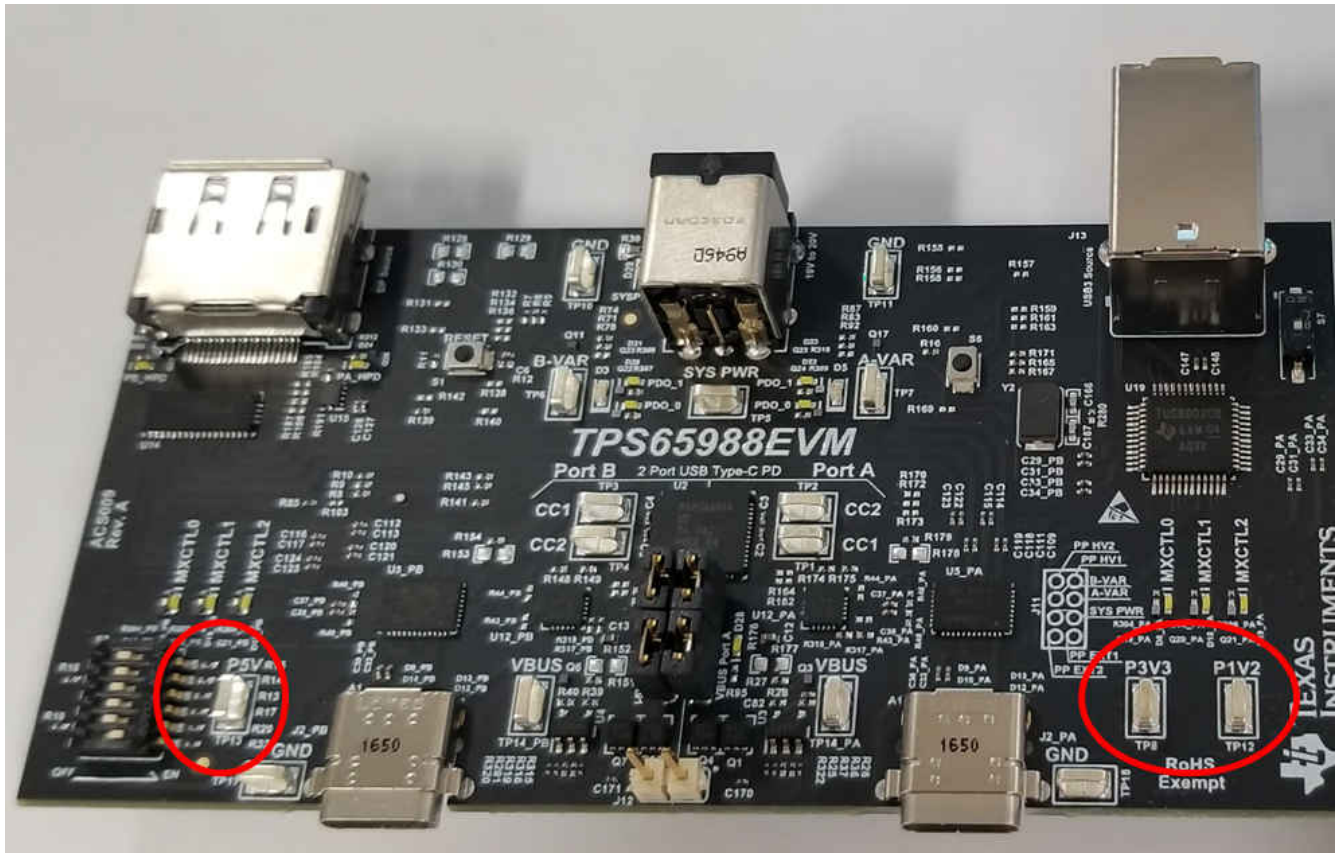


图 5-27. TP13 (5V)、TP8 (3.3V) 和 TP12 (1.2V)

5.1.13 Aardvark™ 连接器 (J10)

该连接器与 Total Phase® Aardvark 相匹配，支持用户使用 SPI 和/或 I²C 主接口访问 TPS65988EVM 上的 I²C 和 SPI 引脚。图 5-28 和图 5-29 突出显示了这些特性。

备注

通电时，FT4232 载入 I²C 或 SPI 引脚。TI 建议将强制启用开关（开关 1 和开关 2）置于禁用（向上）位置，使 FT4232 复位。

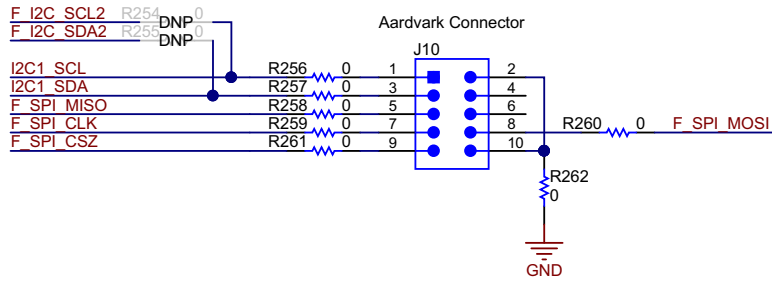


图 5-28. Aardvark™ 连接器 (J10) 原理图

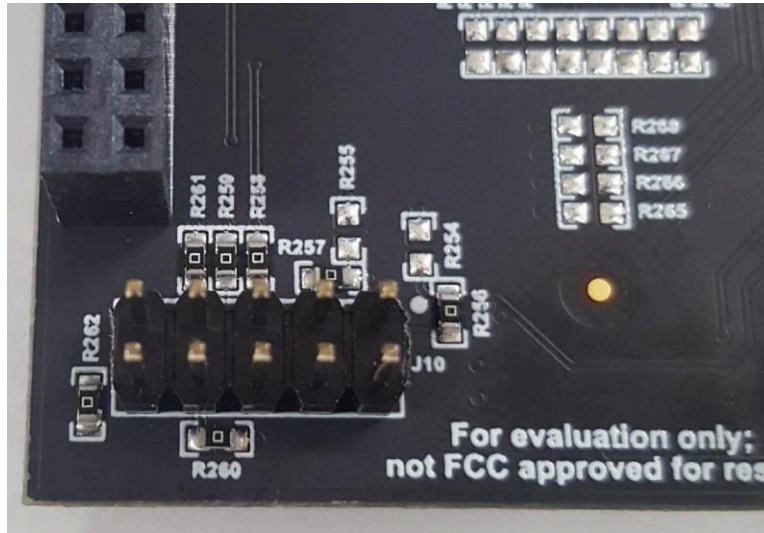


图 5-29. Aardvark™ 连接器 (J10)

5.1.14 TP10、TP11、TP15、TP16、TP17、TP18、TP9 : GND 测试点

TP15、TP16 和 TP9 GND 测试点用于连接示波器或万用表。测试点 TP10、TP11、TP17 和 TP18 (橙色圆圈内) 用于负载测试。这些测试点通过多个通孔连接到电路板的 GND 平面。图 5-30 突出显示了这些特性。

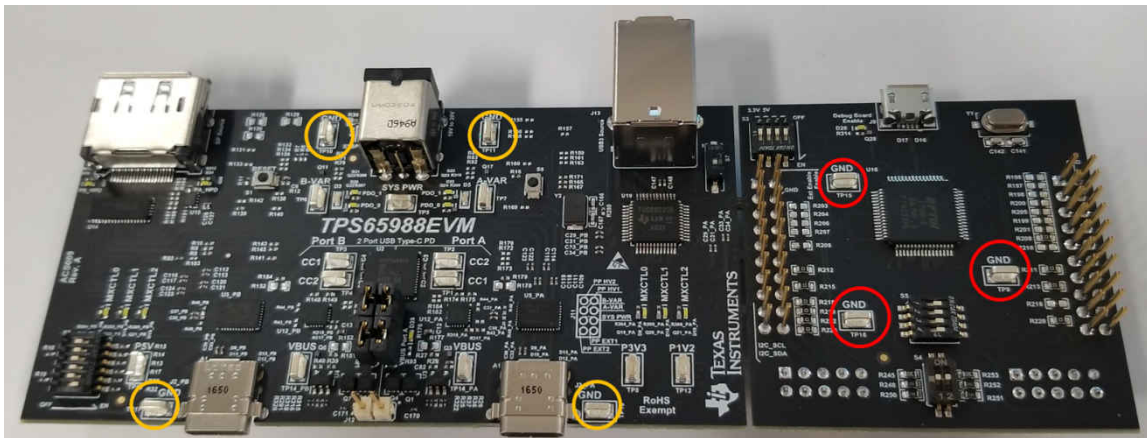


图 5-30. TP10、TP11、TP15、TP16、TP17、TP18、TP9 : GND 测试点

5.1.15 TP1、TP2、TP3 和 TP4 - CC1 和 CC2 测试点

测试点 CC1 和 CC2 用于将 PD 协议分析器与 PD BMC 数据绑定在一起，或通过示波器验证 BMC 信号完整性（取决于电缆方向）。连接带有电子标记的 USB Type-C 电缆时，请使用万用表或示波器测量 VCONN。使用这些测试点可以在 VCONN 上附加外部负载。图 5-31 和图 5-32 突出显示了这些特性。

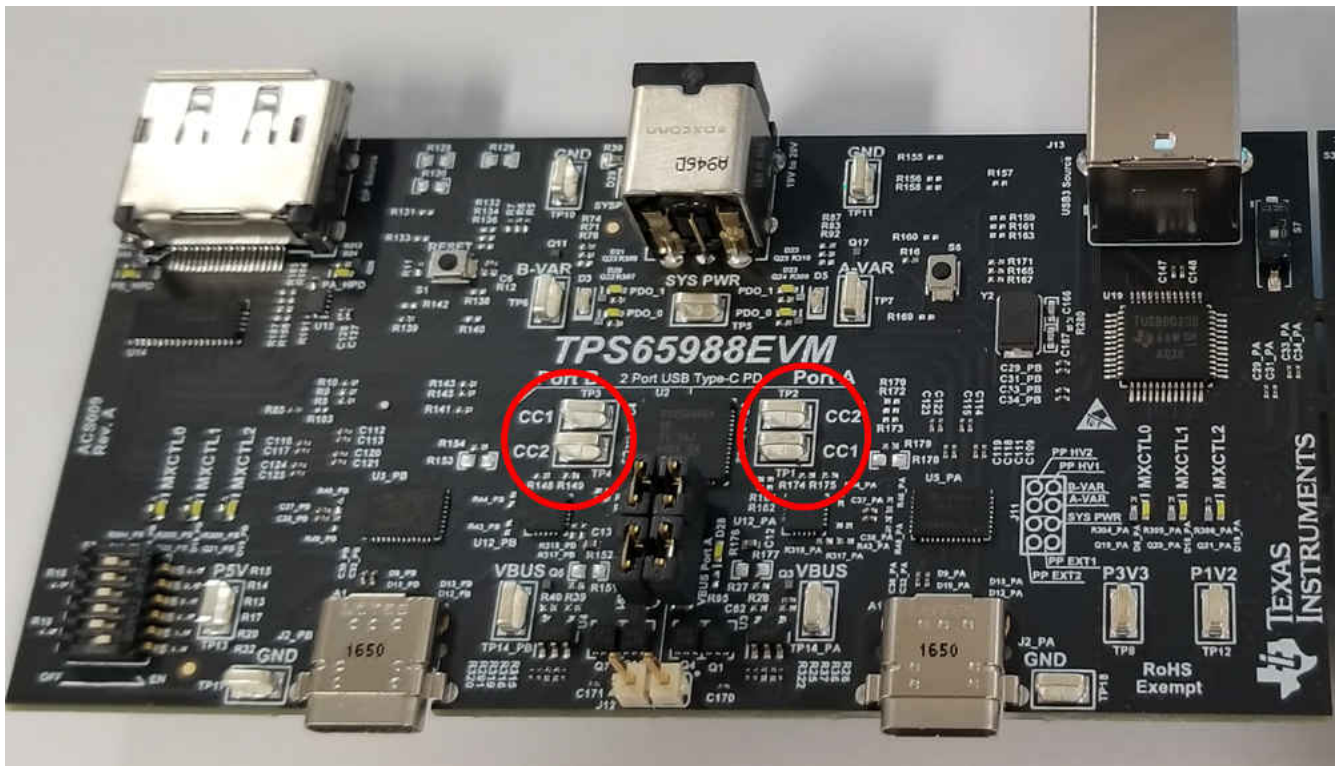


图 5-31. TP1、TP2、TP3 和 TP4 - CC1 和 CC2 测试点

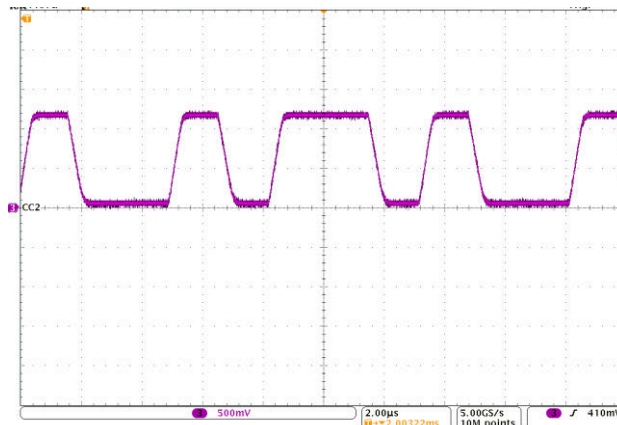


图 5-32. TPS65988 BMC 数据

5.1.16 TP14 (PA 和 PB) : VBUS 测试点

VBUS 测试点用于测量每个 USB Type-C 端口 A/B 连接器处的 VBUS。由于 PD 电源可能高达 20V，连接和断开 TPS65988EVM 上的探针时请务必小心。VBUS 测试点可为外部负载提供高达 3A 的电流。请注意，为了让 VBUS 测试点提供电流，必须协商具有必要功能的 PD 电源协议。有关配置说明，请参阅 *TPS65988 配置工具用户指南*。图 5-33 和图 5-34 突出显示了这些特性。

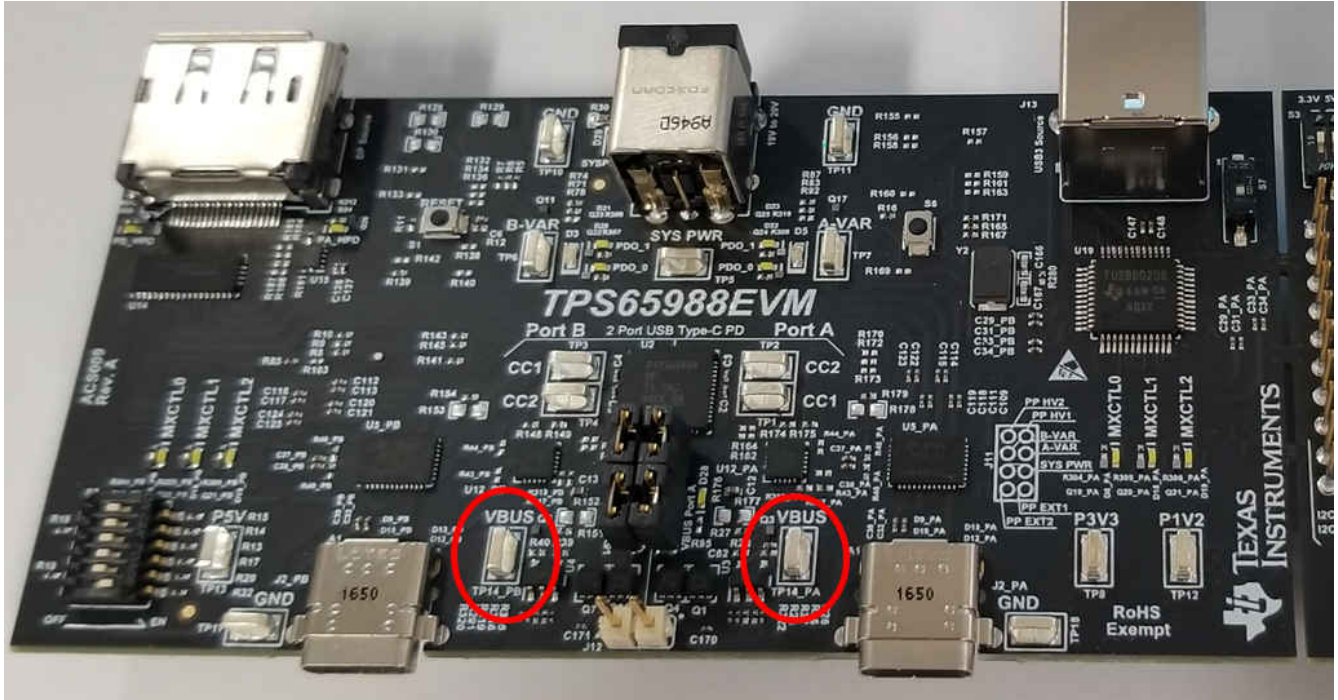


图 5-33. VBUS 测试点 : TP14

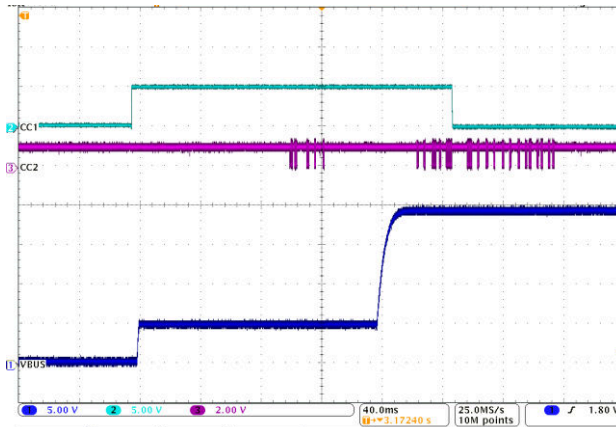


图 5-34. TPS65988 VBUS 电压转换

5.1.17 TP7、TP6 和 TP5 : 分别为 A-VAR、B-VAR 和系统电源测试点

测试点 A-VAR (TP7) 是端口 A 的可变直流/直流的输出。测试点 B-VAR (TP6) 是端口 B 的可变直流/直流的输出。提供的这些测试点用于连接示波器、万用表或外部电源。系统电源 (TP5) 可处于 5 - 20V 的工作范围内, 任何低于 20V 的电压都会降低提供电源的能力。图 5-35 突出显示了这些特性。

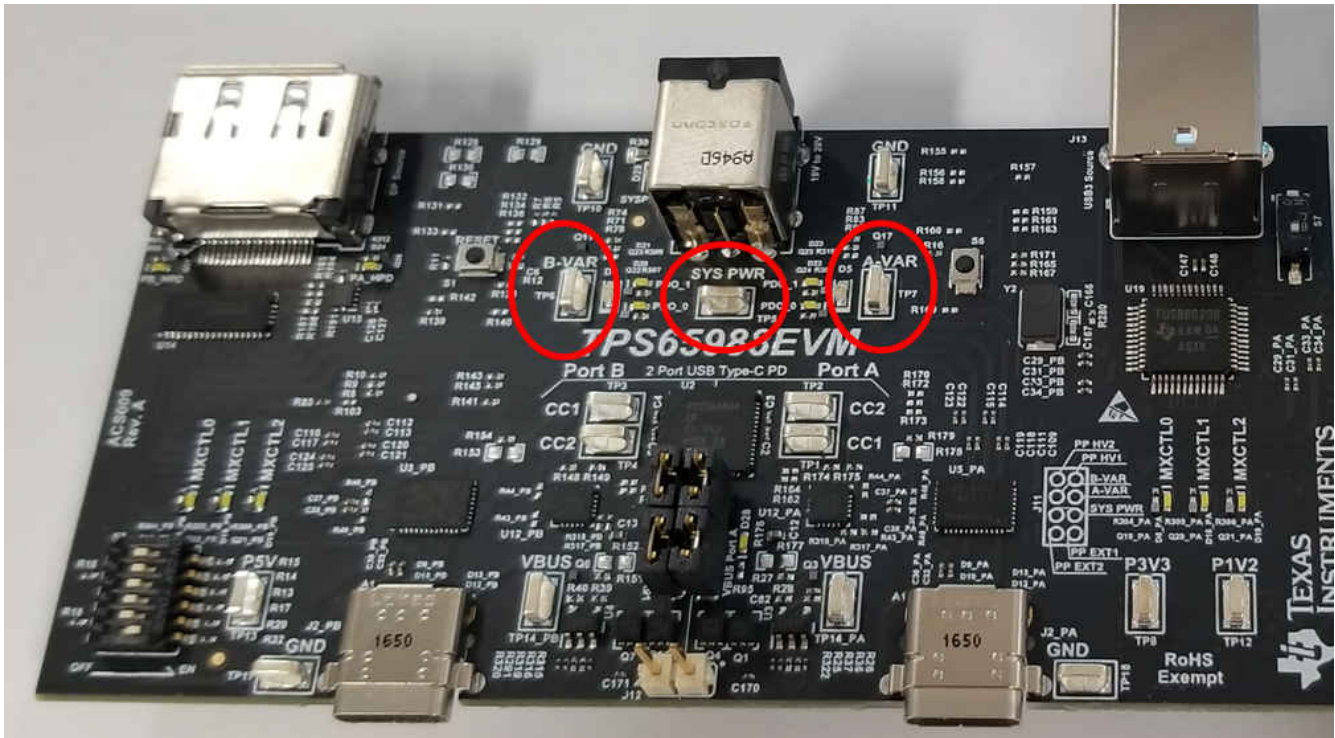
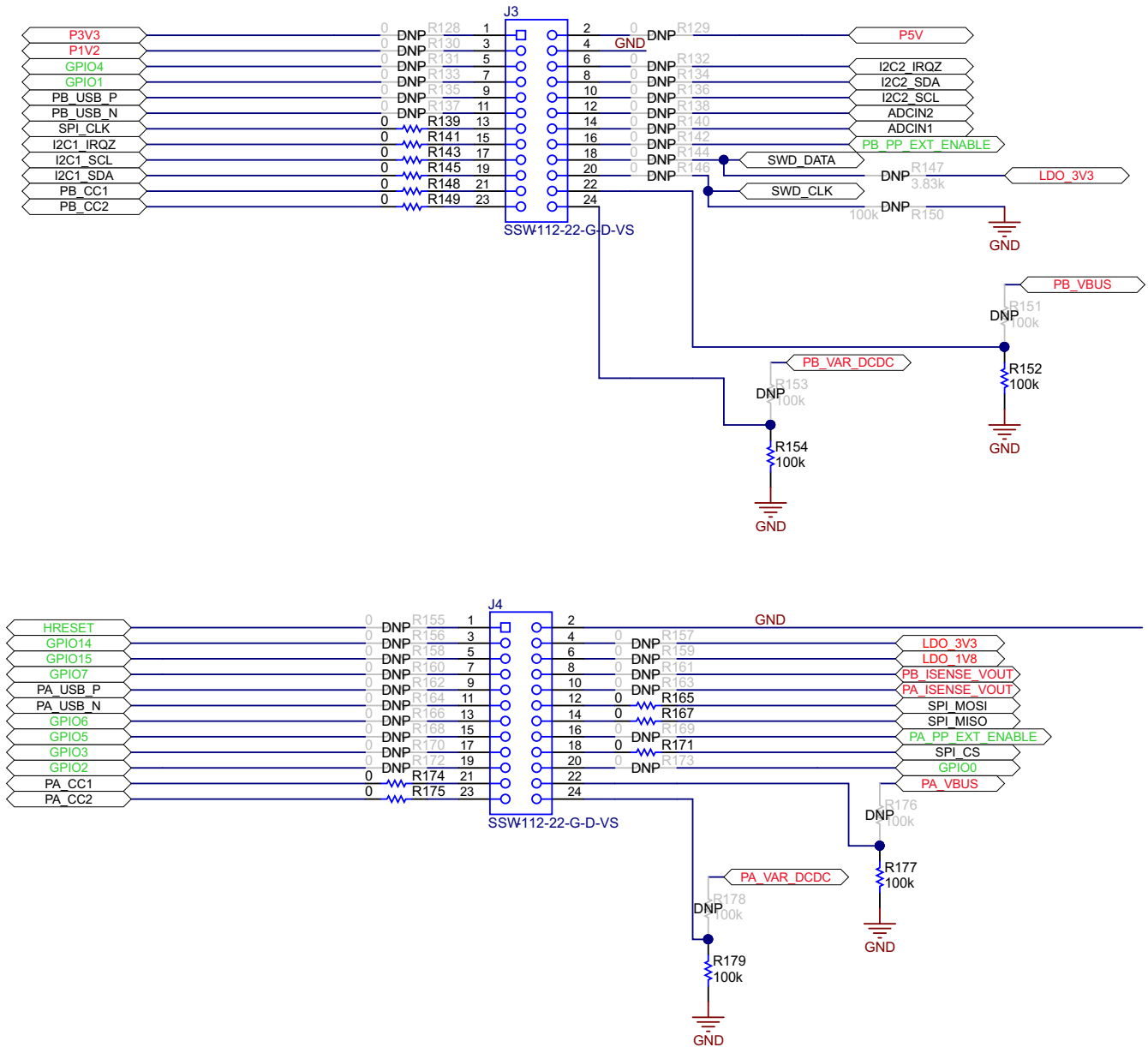


图 5-35. A-Var、B-Var 和系统电源测试点 : TP7、TP6 和 TP5

5.1.18 J3 和 J4 (EVM 底部) : 信号接头

用户可以使用这些接头来探测 TPS65988EVM 上的许多不同信号。请注意，部分插头引脚未连接，除非放置了 0Ω 电阻器。图 5-36 突出显示了这些特性。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 5-36. BoosterPack™ 接头 (J3 和 J4)

5.2 LED 指示灯说明

该 EVM 具有多个 LED，可用于通知用户存在哪种类型的连接。这些 LED 分为两组：MUX 控制 LED (MXCTL0 - 2) 和状态 LED。所有 LED 均通过通用 I/O (GPIO) 启用；因此，如果要配置自定义映像，则必须通过配置来分别启用每个 LED (请参阅 *TPS65988 配置工具用户指南*)。默认情况下，当连接的设备支持 USB3.0 时，MXCTL0 LED 亮起；当进入 DisplayPort 交替模式时，MXCTL1 LED 亮起。MXCTL2 突出显示了电缆的方向。当 MXCTL2 LED 亮起时，CC2 处于连接状态。当 MXCTL2 LED 熄灭时，CC1 处于连接状态。

表 5-2. 端口 B SS MUX 控制 LED 功能

LED 指示灯	GPIO	功能
D6 - MXCTL0	GPIO_1	USB 3.0 事件
D18 - MXCTL1	GPIO_0	DP 模式事件
D19 - MXCTL2	GPIO_2	电缆方向事件
D25 - PB_HPD	GPIO_4	HPD

5.2.2 状态 LED

LED D5 和 D3 分别用于端口 A 和端口 B 上的可变直流/直流。给 EVM 上电时，这些 LED 亮起蓝色。它们还提供 PD 协议（从高到低）的电压放电路径。对于更高电压的 PD 协议，D5 和 D3 更亮。图 5-39 突出显示了这些特性，表 5-3 总结了 LED 行为。

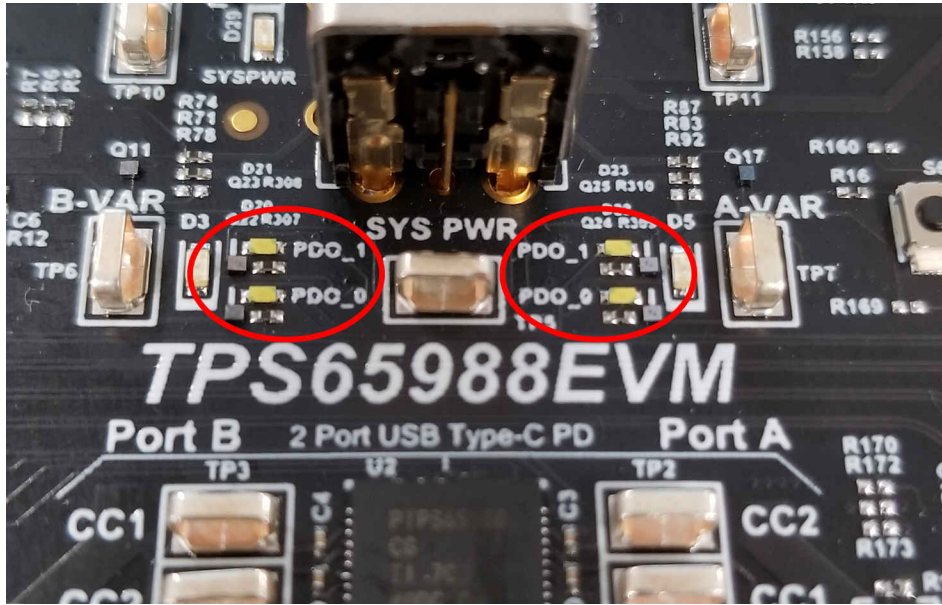


图 5-39. PDO 端口 A/B LED

表 5-3. 可变直流/直流控制端口 A/B 功能

LED 指示灯	GPIO	功能
D20 - PA_PDO0	GPIO_12	PDO TT 位 0
D21 - PA_PDO1	GPIO_13	PDO TT 位 1
D23 - PB_PDO1	GPIO_14	PDO TT 位 1
D22 - PB_PDO0	GPIO_15	PDO TT 位 0
D5 - PA_VAR_DCDC	GPIO_16	VAR-A 启用
D3 - PB_VAR_DCDC	GPIO_17	VAR-B 启用

表 5-4 中的 PDO LED 为高电平，具体取决于协商的 PDO。通过激活这些 LED，可以改变可变直流/直流的输出电压。表 5-4 总结了 PDO LED 的行为。

表 5-4. PDO LED 0 和 PDO LED 1 真值表

PDO	PDO LED 1	PDO LED 0	R1	R2	输出电压
PDO 1 (5V)	0	0	60.4k Ω	19.1k Ω	5.15V
PDO 2 (9V)	0	1	60.4k Ω	9.27k Ω	9.26V
PDO 3 (15V)	1	0	60.4k Ω	5.2k Ω	15.62V
PDO 4 (20V)	1	1	60.4k Ω	4.04k Ω	19.78V

5.2.3 S2 开关组功能

I²C 地址设置必须与 TPS65988 配置工具生成的配置一致。表 5-5 总结了 I²C 地址设置。若要调整电池电量耗尽启动行为，可以调整 ADCIN1 上的设置。表 5-6 总结了 ADCIN1 设置。TPS65988 数据表中讨论了每个分压比的具体设置。

表 5-5. I²C 地址设置

开关	闭合, 断开	位	分压比
1-3	断开	000b	0.00
1	闭合	001b	0.34
2	闭合	010b	0.50
3	闭合	011b	0.90

表 5-6. ADCIN1 设置

开关	闭合, 断开	位	分压比
4-6	断开	000b	0.00
4	闭合	001b	0.34
5	闭合	010b	0.50
6	闭合	011b	0.90

6 使用 TPS65988EVM

本节介绍了预加载或恢复固件、使用入门和调试 EVM。

6.1 为 TPS65988EVM 供电

该 EVM 的主电源来自桶形插孔 (J1)，可通过桶形插孔适配器接受 19V 至 20V 电压。还可以在 SYS_PWR (TP5) 上使用外部电源为该 EVM 供电。输入电压范围为 5V 至 20V，但应使用配置工具在固件中为 PP_HV 配置适当的功率分布。

该 EVM 还可以通过 USB Type-C 连接器由总线供电，并根据接收端配置的不同，接受 5V 至 20V 的 VBUS 电压。

6.2 固件配置

TPS65988EVM 开箱即用，配置为用于仿真双端口笔记本电脑。这两个端口用于提供或接收电源，并且它们都是数据 DFP。如果需要不同的配置来测试系统时，请使用 *TPS65988 Application Configuration GUI* 工具创建配置或加载不同的配置模板。

7 连接 EVM

7.1 连接到各种设备

可以使用各种 USB Type-C 电缆将 EVM 连接到传统 Type-A 设备、传统 Type-A 主机或者 USB Type-C 设备或主机。

7.1.1 连接到传统 Type-A 设备

使用 USB Type-C 转 Type-A 电缆可以连接到传统 USB 设备，例如闪存驱动器。通过使用 SS MUX 和 USB HUB，TPS65988 可以用作主机（通过 DP 或 USB 即可连接）。图 7-1 显示了笔记本电脑、DP 和 USB 插座、TPS65988EVM、电缆和闪存驱动器的连接方式。

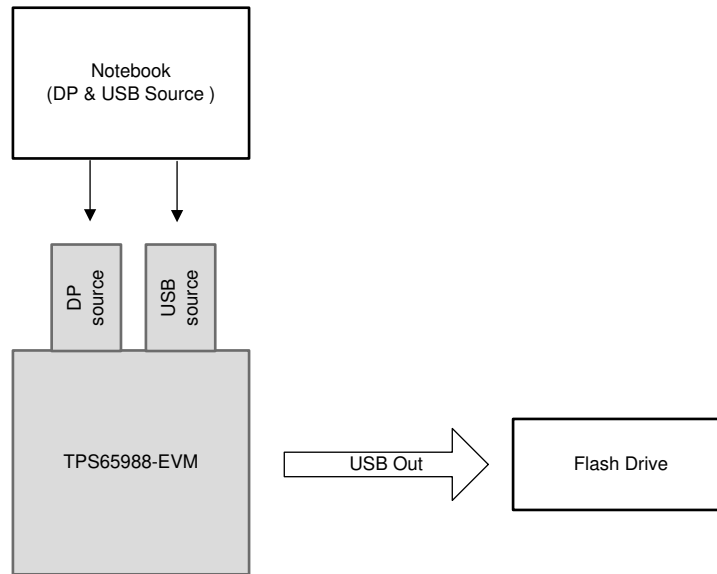


图 7-1. 将 EVM 连接到 Type-A 设备

7.1.2 连接到 USB Type-C™ 设备

使用 USB Type-C 电缆可以连接到 USB 和 DP 设备。图 7-2 显示了源装置如何连接到 DP 或支持 USB 数据的设备，例如 USB Type-C 或 Type-A 闪存驱动器、USB Type-C 转 DP 直接插入式端口 A/B、Type-A 闪存驱动器、USB Type-C 转 DP、HDMI 加密狗或 USB Type-C 对接系统。

备注

TPS65988 只能是 DP 和 USB 3.0 主机或源端。

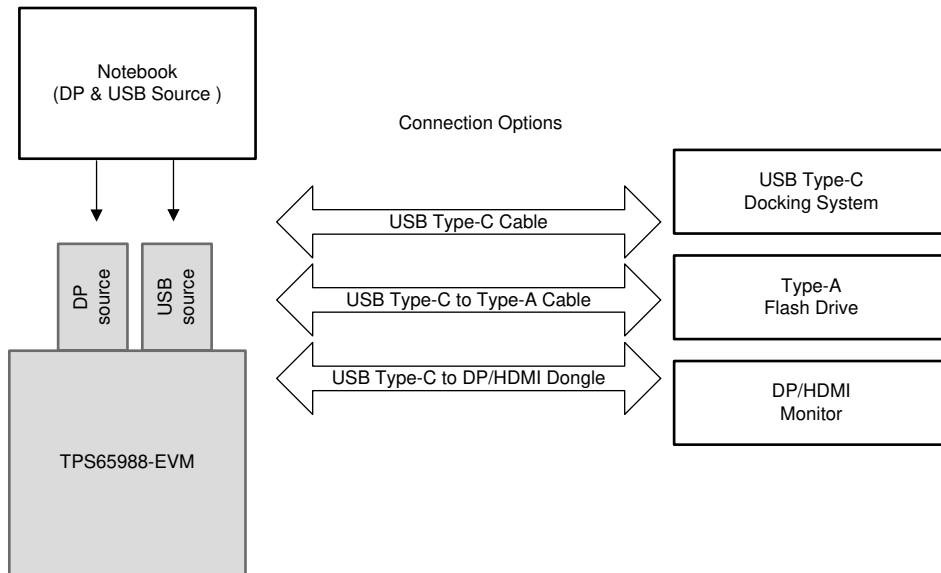


图 7-2. 将 EVM 连接到 USB Type-C™ 设备

7.1.3 测试 DisplayPort™ 交替模式以及 USB 2.0 和 USB 3.0

可使用非 USB Type-C 笔记本电脑来测试 DisplayPort 交替模式，从而允许用户模拟 DisplayPort DFP_D (视频发送器) 或 UFP_D (视频接收器)。

7.1.3.1 所需硬件

为了测试 DP 交替模式和 USB 3.0，需要以下硬件：

- 配备 USB Type-A 插座和 DisplayPort 视频输出端口的 Microsoft® Windows® PC
 - USB 2.0 或 USB 3.0 Type-A 转 Type-B 电缆
 - USB 2.0 或 USB 3.0 或 USB Type-C 闪存驱动器
 - USB 2.0 Type-A 转 Micro USB 电缆
- USB Type-C 电缆
- 配备 DisplayPort 输入端口的监视器
- Mini DisplayPort 转 DisplayPort 电缆或 USB Type-C 转 DisplayPort 电缆
- FTDI 板 (用于对 TPS695988EVM 进行编程并连接配置工具)
- Dell 笔记本电脑电源 (型号 492-BBGP)

使用 TPS65988EVM，通过默认固件测试 DP 交替模式以及 USB 数据。为此，通过 EVM 上的 DP 插座将笔记本电脑上的 DP 源端连接到 TPS65988EVM。接下来，将 USB Type-B 转 USB Type-A 电缆从 TPS65988EVM 连接到 Windows 计算机。若要测试 DP，请将 USB Type-C 转 DP 电缆从其中一个 USB Type-C 端口连接至 DP 监视器。若要测试 USB 功能，请将 USB Type-C 闪存驱动器连接到 TPS65988EVM 上的另一个 USB Type-C 端口。监视器会显示来自 DP 源端的信号。闪存驱动器会在 Windows PC 上进行枚举。[表 7-1](#) 解释了此测试设置。

表 7-1. DisplayPort™ 和 USB 测试设置

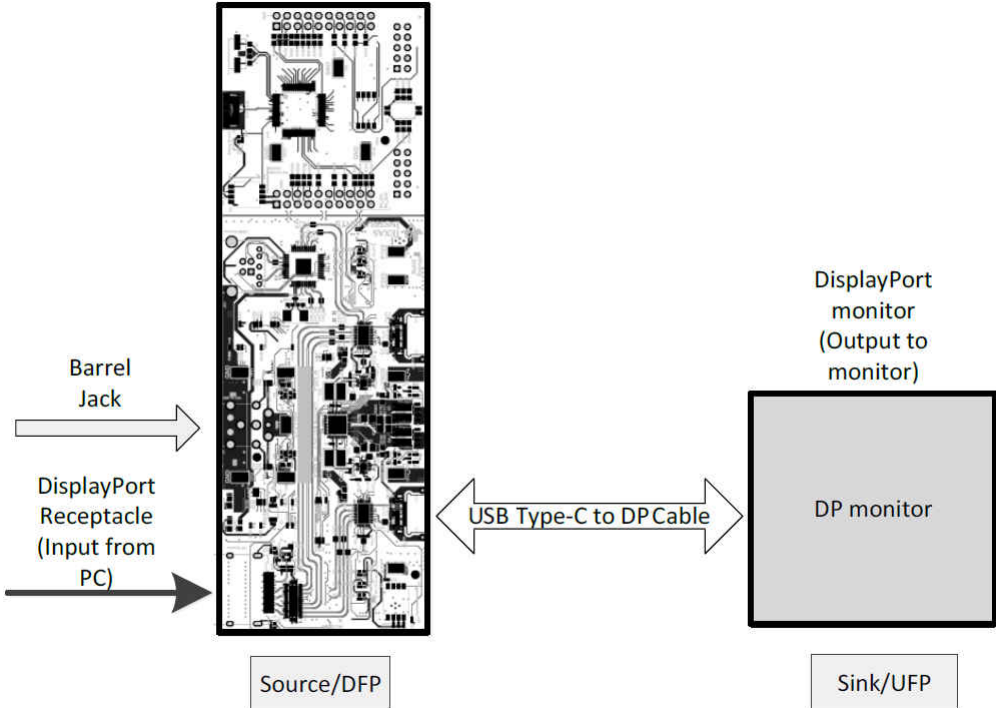
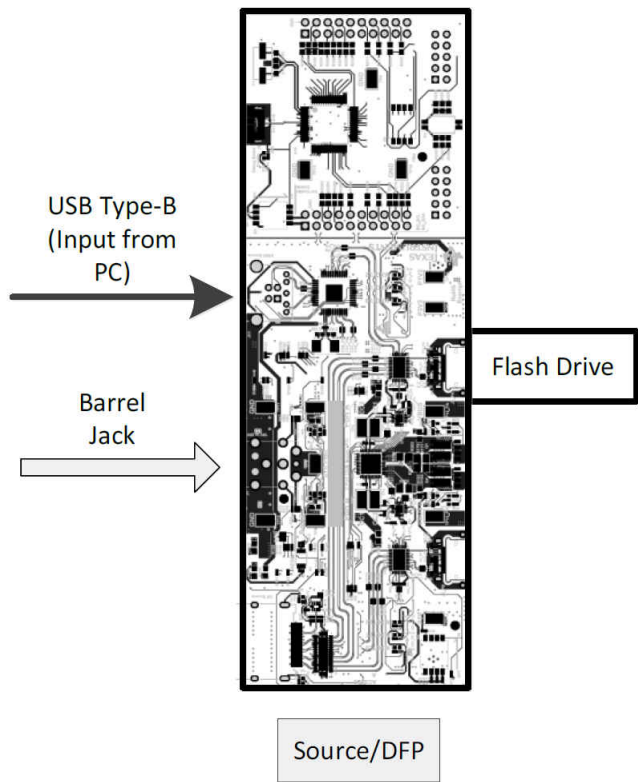
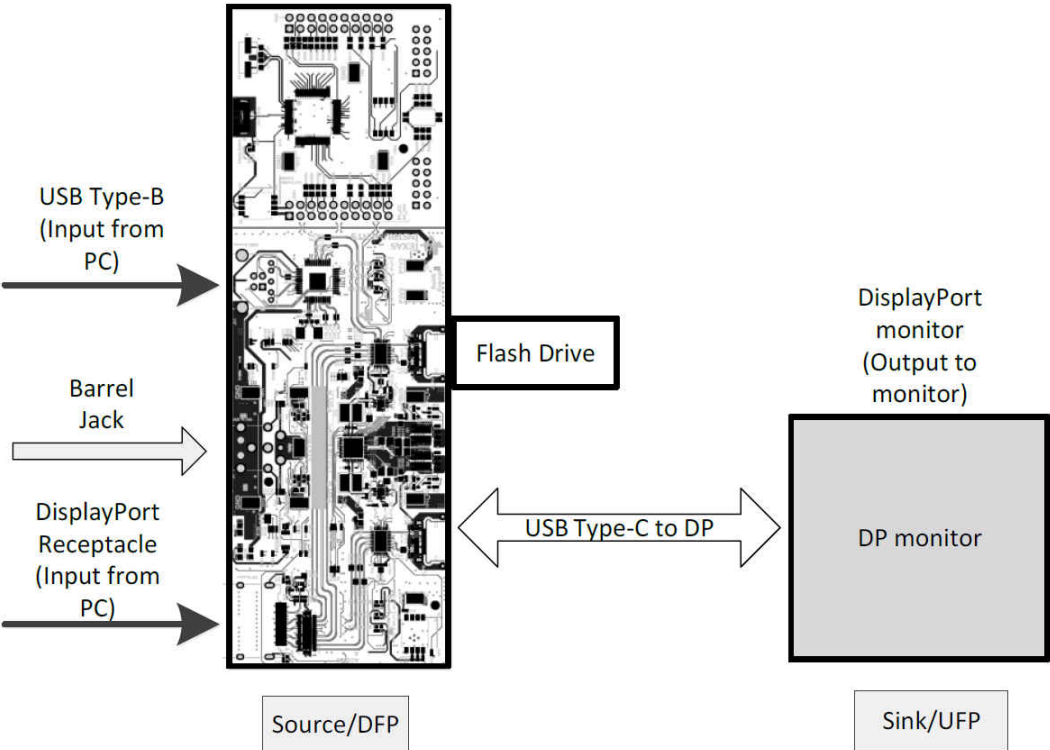
测试设置	通过标准
<p>可通过 USB Type-C 转 DP 电缆从端口 A/B 连接 DP。</p>	 <p>Barrel Jack</p> <p>DisplayPort Receptacle (Input from PC)</p> <p>USB Type-C to DP Cable</p> <p>DisplayPort monitor (Output to monitor)</p> <p>DP monitor</p> <p>Source/DFP</p> <p>Sink/UFP</p>
<p>可通过 Type-C 闪存驱动器将 USB 直接连接到端口 A/B</p>	 <p>USB Type-B (Input from PC)</p> <p>Barrel Jack</p> <p>Flash Drive</p> <p>Source/DFP</p>

表 7-1. DisplayPort™ 和 USB 测试设置 (continued)

测试设置	通过标准																				
<p>从 DP 连接一根 Type C 电缆，同时可使用右侧的 TPS65988EVM 设置测试 USB。</p>																					
<p>观察 TPS65988EVM LED。</p>	<table border="1" data-bbox="587 982 1170 1239"> <thead> <tr> <th>LED 名称</th> <th>事件映射</th> <th>源端 x988 LED 状态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MXCTL0</td> <td>USB3</td> <td>亮起</td> </tr> <tr> <td>MXCTL1</td> <td>DP</td> <td>亮起</td> </tr> <tr> <td>MXCTL2</td> <td>POL</td> <td>亮起/熄灭</td> </tr> <tr> <td>HPD</td> <td>X</td> <td>亮起</td> </tr> <tr> <td>可变直流/直流</td> <td>X</td> <td>A/B 亮起</td> </tr> </tbody> </table>			LED 名称	事件映射	源端 x988 LED 状态	MXCTL0	USB3	亮起	MXCTL1	DP	亮起	MXCTL2	POL	亮起/熄灭	HPD	X	亮起	可变直流/直流	X	A/B 亮起
LED 名称	事件映射	源端 x988 LED 状态																			
MXCTL0	USB3	亮起																			
MXCTL1	DP	亮起																			
MXCTL2	POL	亮起/熄灭																			
HPD	X	亮起																			
可变直流/直流	X	A/B 亮起																			
<p>检查 DP 监视器上的视频，并验证 USB 闪存驱动器会在 PC 上进行枚举。</p>	<p>成功地将文件复制和粘贴到 USB 闪存驱动器以及从 USB 闪存驱动器复制和粘贴文件。将 PC 扩展到 DP 监视器并播放视频以验证视频流。</p>																				
<p>验证 DP 源端电路板上的电压。</p>	<table border="1" data-bbox="587 1407 1170 1591"> <thead> <tr> <th>源端测试点</th> <th>测试点名称</th> <th>电压</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TP12</td> <td>P1V2</td> <td>1.2V</td> </tr> <tr> <td>TP8</td> <td>P3V3</td> <td>3.3V</td> </tr> <tr> <td>TP13</td> <td>P5V</td> <td>5V</td> </tr> <tr> <td>TP5</td> <td>SYS_PWR</td> <td>20V</td> </tr> </tbody> </table>			源端测试点	测试点名称	电压	TP12	P1V2	1.2V	TP8	P3V3	3.3V	TP13	P5V	5V	TP5	SYS_PWR	20V			
源端测试点	测试点名称	电压																			
TP12	P1V2	1.2V																			
TP8	P3V3	3.3V																			
TP13	P5V	5V																			
TP5	SYS_PWR	20V																			

如果监视器上显示视频，则确认进入 DP 交替模式。同样，如果连接的 PC 可以读取 USB 闪存驱动器，则确认 USB 数据功能正常。可以通过观察处于高电平状态的 LED MUX_CTRL0 来确认 USB 3.0 数据。

7.2 调试 EVM

本节讨论了各种调试示例。在 EVM 上使用的测试和调试方法可应用于实际系统，以帮助发现任何问题。

7.2.1 未建立连接

以下检查有助于解决将该 EVM 连接到另一个 EVM 或 USB Type-C 设备时状态 LED 不亮的问题：

- 使用 *TPS65988 配置工具* 确认已在 TPS65988 上加载固件映像
- 确认 CC 线路切换为双角色端口功能 (请参阅图 7-3)
- 验证以下系统电源：
 - System_3V3 和 VIN_3V3 : 3.3V
 - System_5V 和 PP_CABLE : 5V
 - 桶形插孔和 SYS_PWR : 20V
 - LDO_3V3 : 3.3V
 - LDO_1V8 : 1.8V
- 确认连接的设备兼容。以下是一些兼容的连接：
 - 双角色端口 → UFP
 - 双角色端口 → DFP
 - DFP → UFP
- 连接后确认 VBUS 达到 5V (请参阅图 7-4)

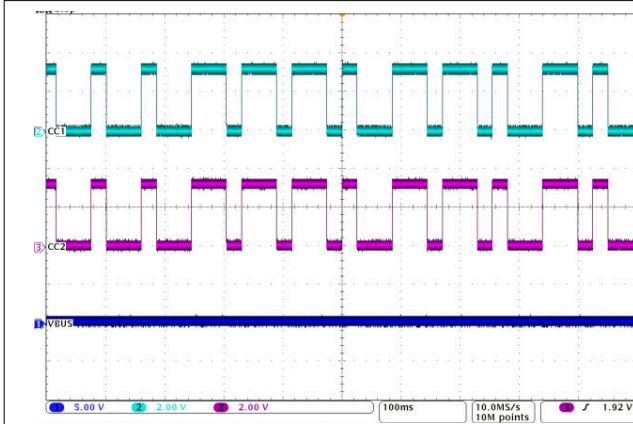


图 7-3. DRP CC1 和 CC2 切换

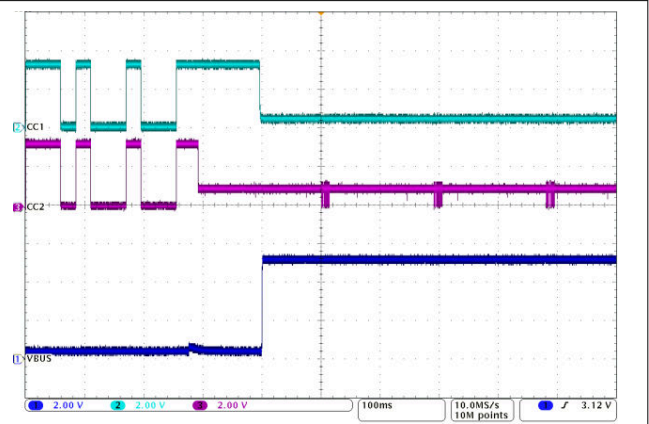


图 7-4. USB Type-C™ 连接和 VBUS

7.2.2 复位行为

错误配置和短路会导致 USB Type-C PD 系统不断复位。应通过以下检查来调试这些问题：

- 确认基本电源路径具有正确的电压：
 - System_3V3 和 System_5V
 - 系统电源：20V (或配置的适当电压)
- 检查 VBUS、CC1 和 CC2 是否有异常。图 7-5 所示为电源协议。
- VBUS 短路时，VBUS 上的初始 5V 电压不存在
- 插入时检查 VBUS 上是否有小幅电压尖峰，从而确认一旦检测到过流情况，PP_HV 或 PP_EXT 开关便会闭合并且随后会断开。

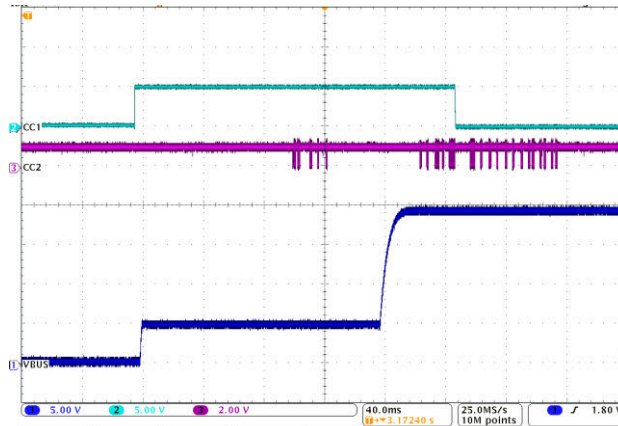


图 7-5. USB Type-C™ 连接和 PD 协商

8 REACH 合规性

按照 EU REACH 法规第 33 条的规定，特告知用户，此 EVM 的元件中至少含有一种含量高于 0.1% 的高度关注物质 (SVHC)。在德州仪器 (TI)，这种物质的年使用量不超过 1 吨。表 8-1 中显示了 SVHC。

表 8-1. REACH 合规性

元件制造商	元件器件型号	SVHC 物质	SVHC CAS (如果有)
Abracon	ABM3-24.000MHZ-D2Y-T	三氧化二硼	1303-86-2
Abracon	ABM3-24.000MHZ-D2Y-T	氧化铅	1317-36-8

9 TPS65988EVM 原理图

图 9-1 展示了 TPS65988EVM 主要元件的方框图。主要模块包含端口 A/B 控制 MUX 和 SS MUX、USB HUB、电源路径、电源、USB Type-C 插座、处理器、BoosterPack 接头和硬件。

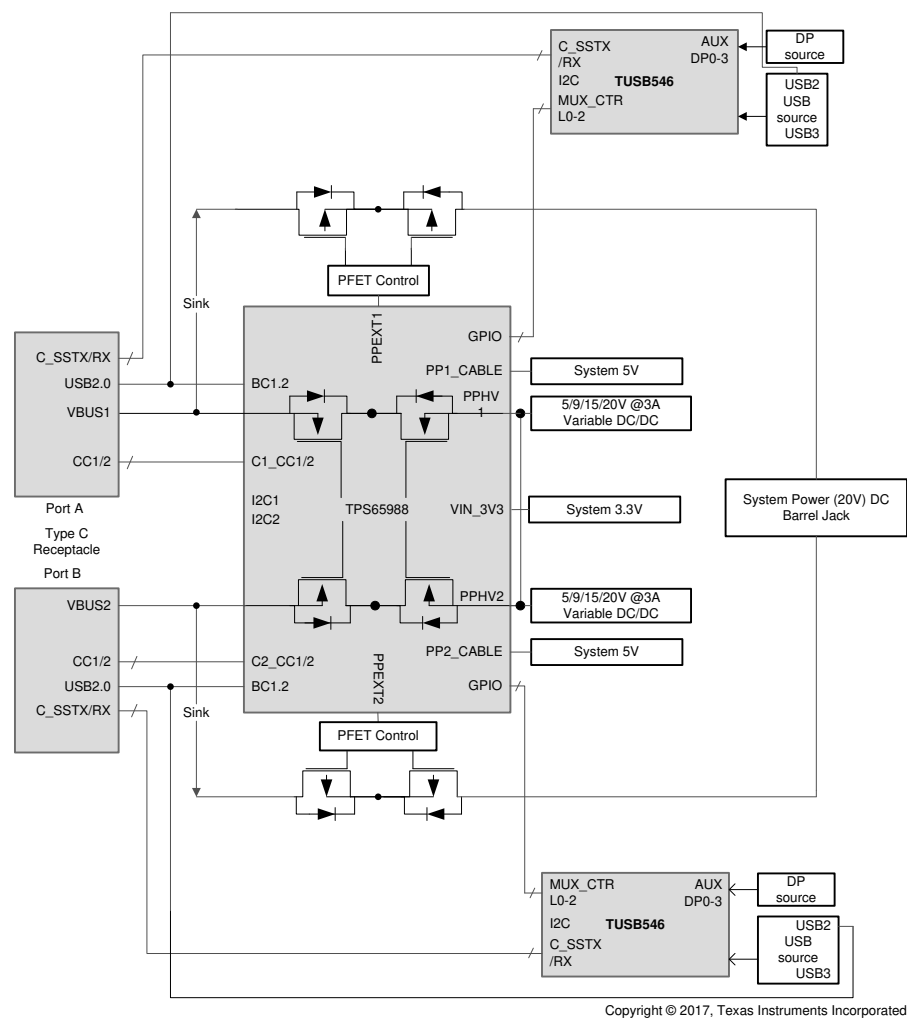


图 9-1. TPS65988EVM 方框图

图 9-2 展示了显示 USB Type-C PD 控制器的处理器模块，包含与 GPIO、D+ 和 D-、CC1 和 CC2、HRESET、I²C 线路、闪存 SPI 以及 ADC1 和 ADC2 的连接。

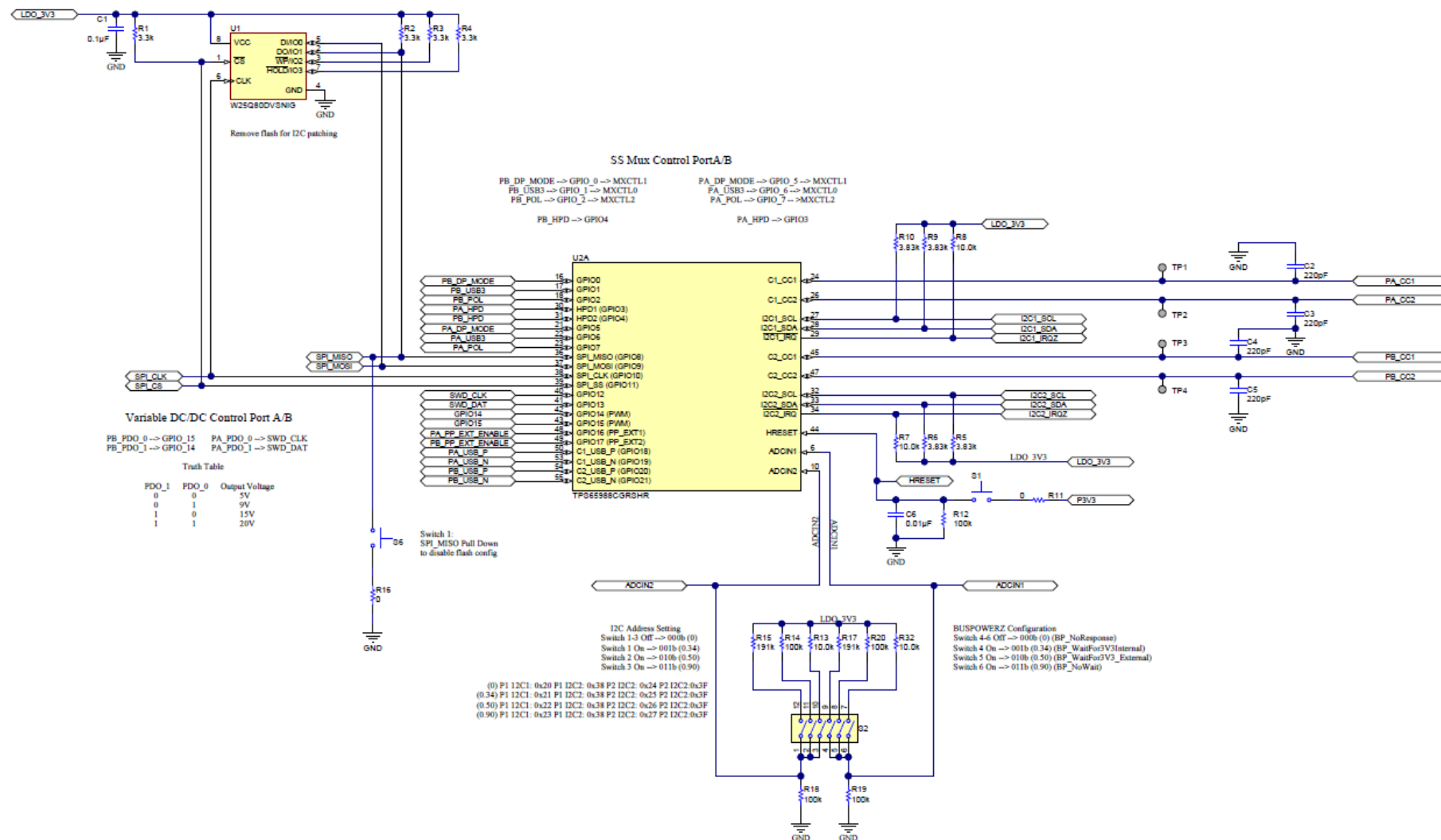


图 9-2. TPS65988EVM 处理器模块

图 9-3 展示了电源路径模块，其中包含 TPS65988 的电源部分和所需的无源器件。外部电源路径由背对背 PMO 以及 RCP 电路组成。内部电源路径用于提供电源，而外部电源路径用于接收电源。TPS65988 电源路径可向 VBUS 供电或使用来自 VBUS 的电源。

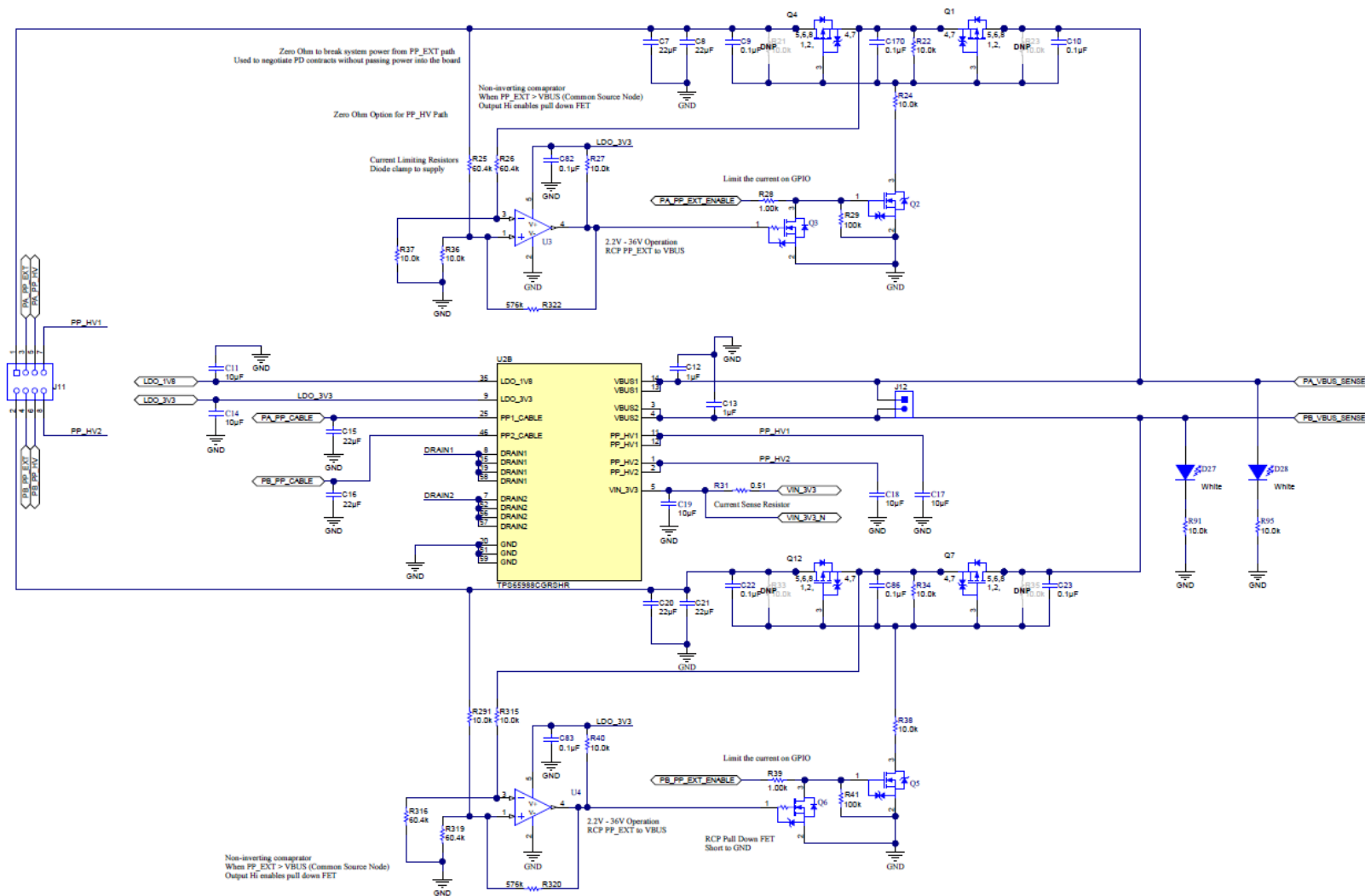


图 9-3. TPS65988EVM 电源路径模块

图 9-4 展示了电源模块，其中包含生成的所有板载电源和用于桶形插孔检测的比较器电路。有两个可生成 5V、9V、15V 和 20V 电压的可变电源。有三个可生成 1.2V、3.3V 和 5V 电压的直流/直流转换器。SYS_PWR 的最小电压为 5V；但是，这也会降低 VBUS 的最大功耗能力。当使用较低的电压时，可能必须调整比较器电路使其在较低的电压下跳闸，以便进行正确的桶形插孔检测。

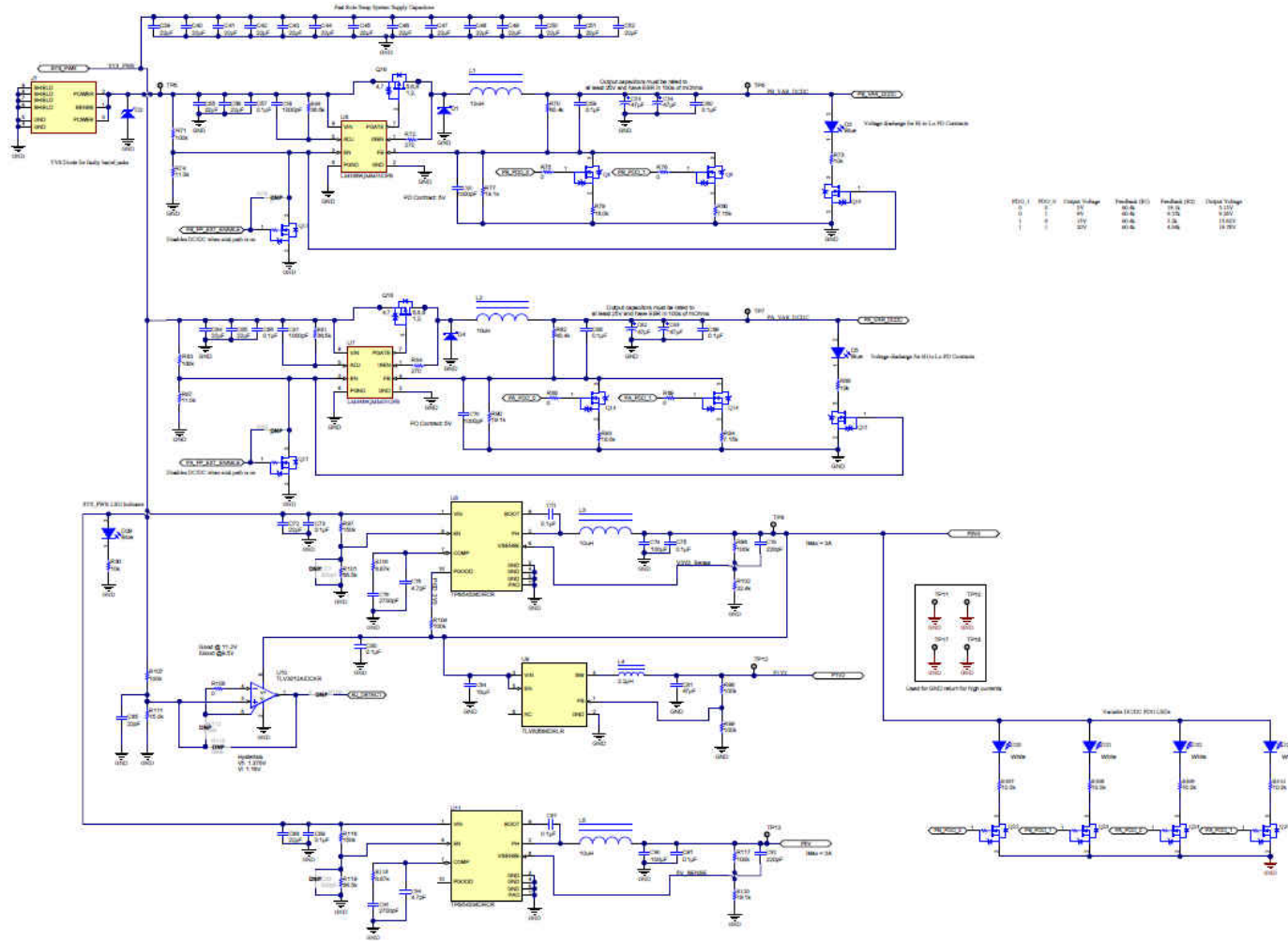


图 9-4. TPS65988EVM 电源模块

图 9-5 展示了用于将 DisplayPort 信号切换到任一 USB Type-C 端口的 DisplayPort 多路复用器。

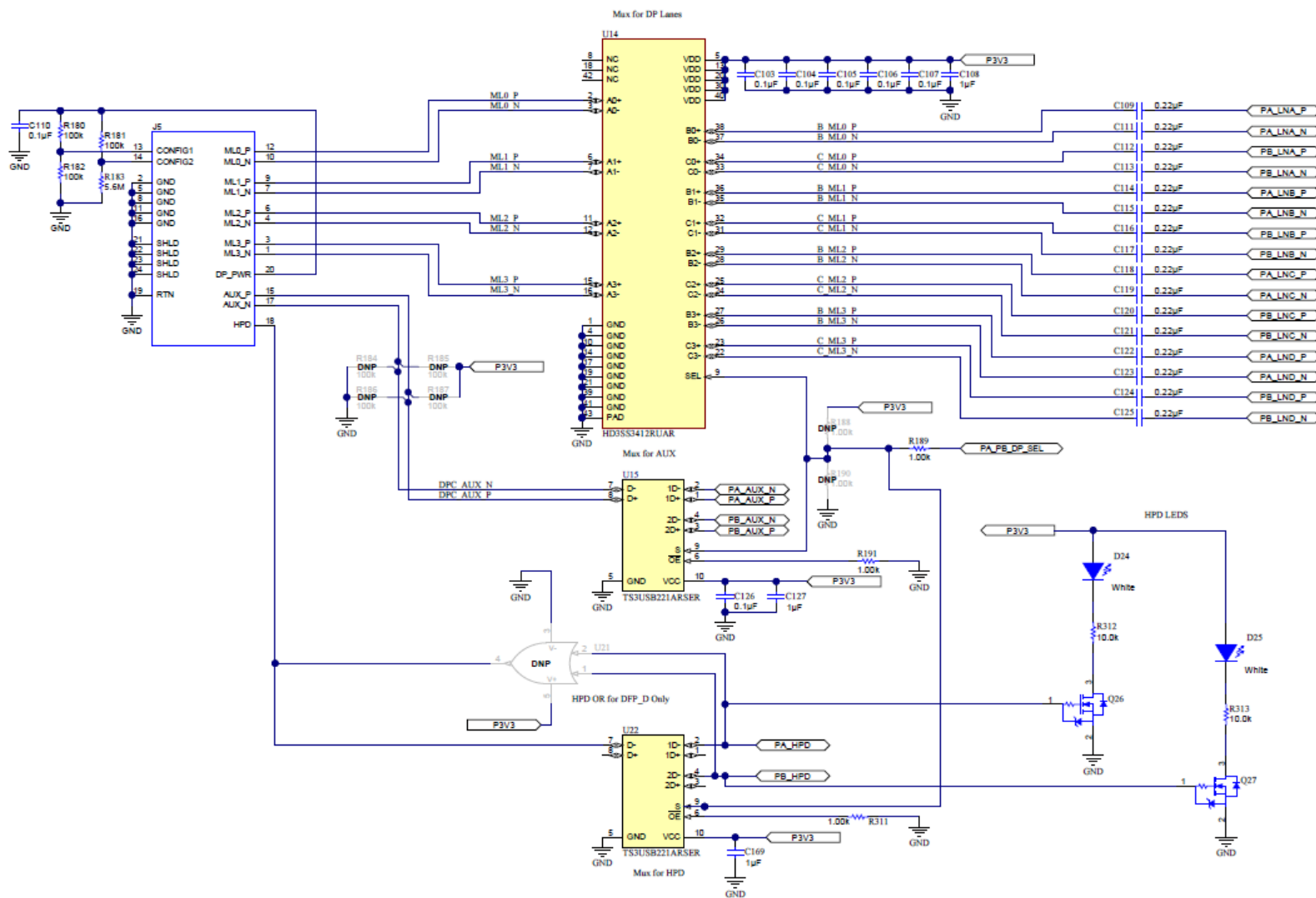


图 9-5. TPS65988EVM DisplayPort 多路复用器

图 9-6 展示了端口 A 的 SS MUX 模块，此端口用于连接 DP 和 USB 插座产生的 DP 和 USB 信号。SS MUX 由系统 3.3V 电源轨供电并实现 DisplayPort 的配置 C、D 和 E。可通过 GPIO 或 I²C 实现这些配置。作为主机，SS MUX 能够在 2 或 4 条 DP 信道中支持高达 5Gbps 的 USB 3.1 数据速率和高达 8.1Gbps 的 DP 1.4 数据速率。

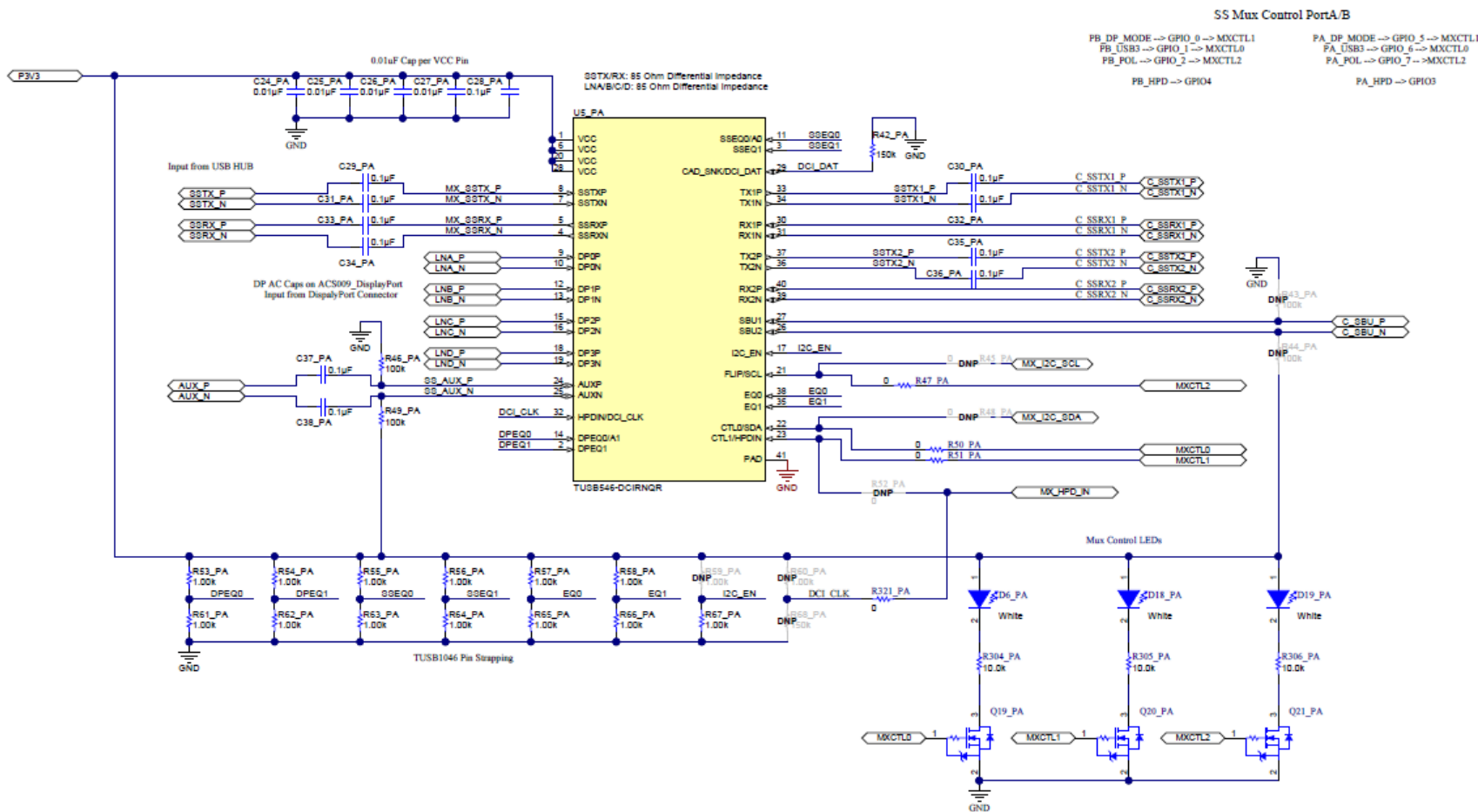


图 9-6. TPS65988EVM SS MUX 模块端口 A

图 9-7 展示了端口 B 的 SS MUX 模块，此端口用于连接 DP 和 USB 插座产生的 DP 和 USB 信号。SS MUX 由系统 3.3V 电源轨供电并实现 DisplayPort 的配置 C、D 和 E。可通过 GPIO 或 I²C 实现这些配置。作为主机，SS MUX 能够在 2 或 4 条 DP 信道中支持高达 5Gbps 的 USB 3.1 数据速率和高达 8.1Gbps 的 DP 1.4 数据速率。

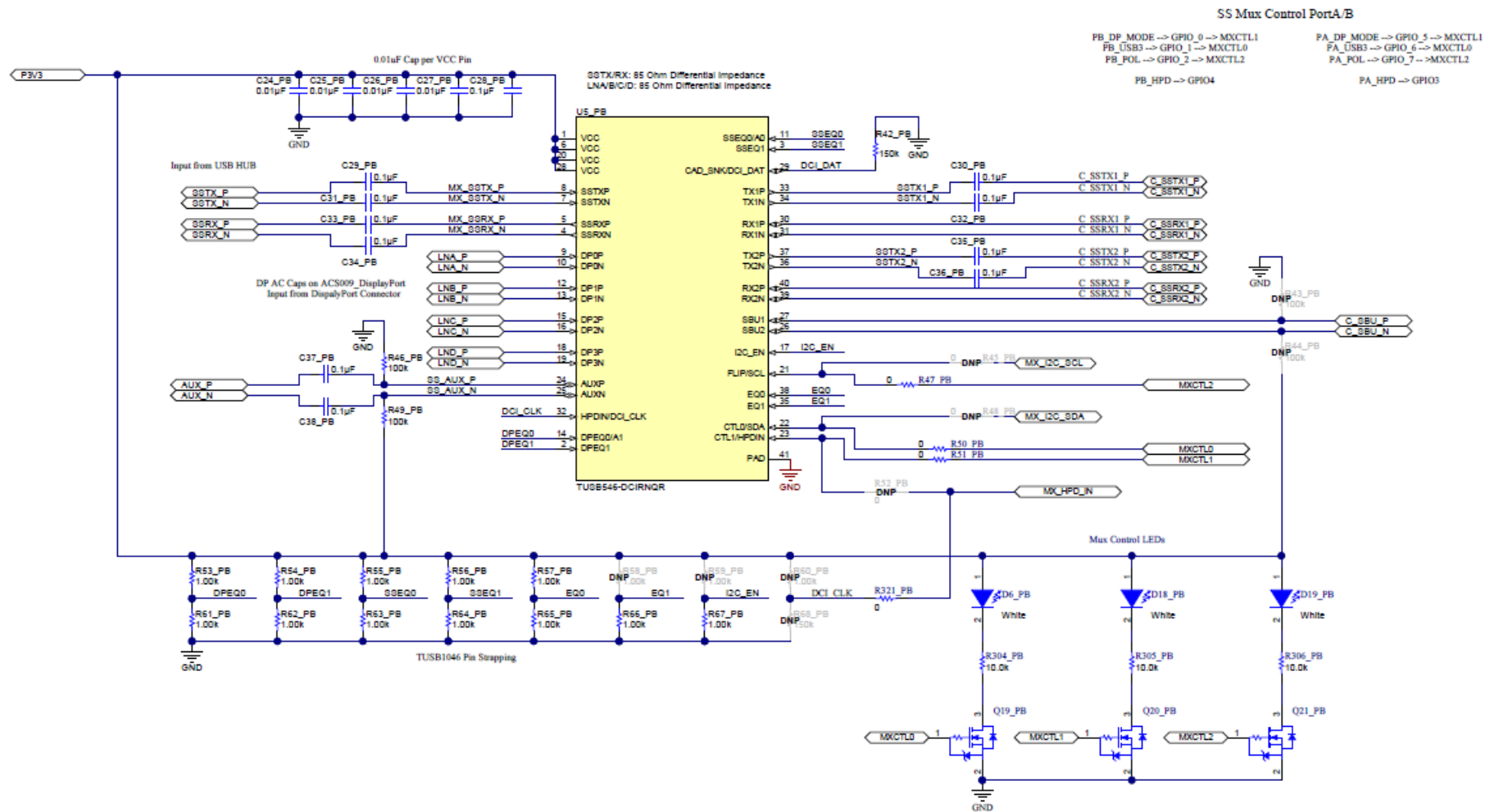


图 9-7. TPS65988EVM SS MUX 模块端口 B

图 9-9 展示了 USB Type-C 模块，其中包括 USB Type-C 端口 A 和 ESD 保护。

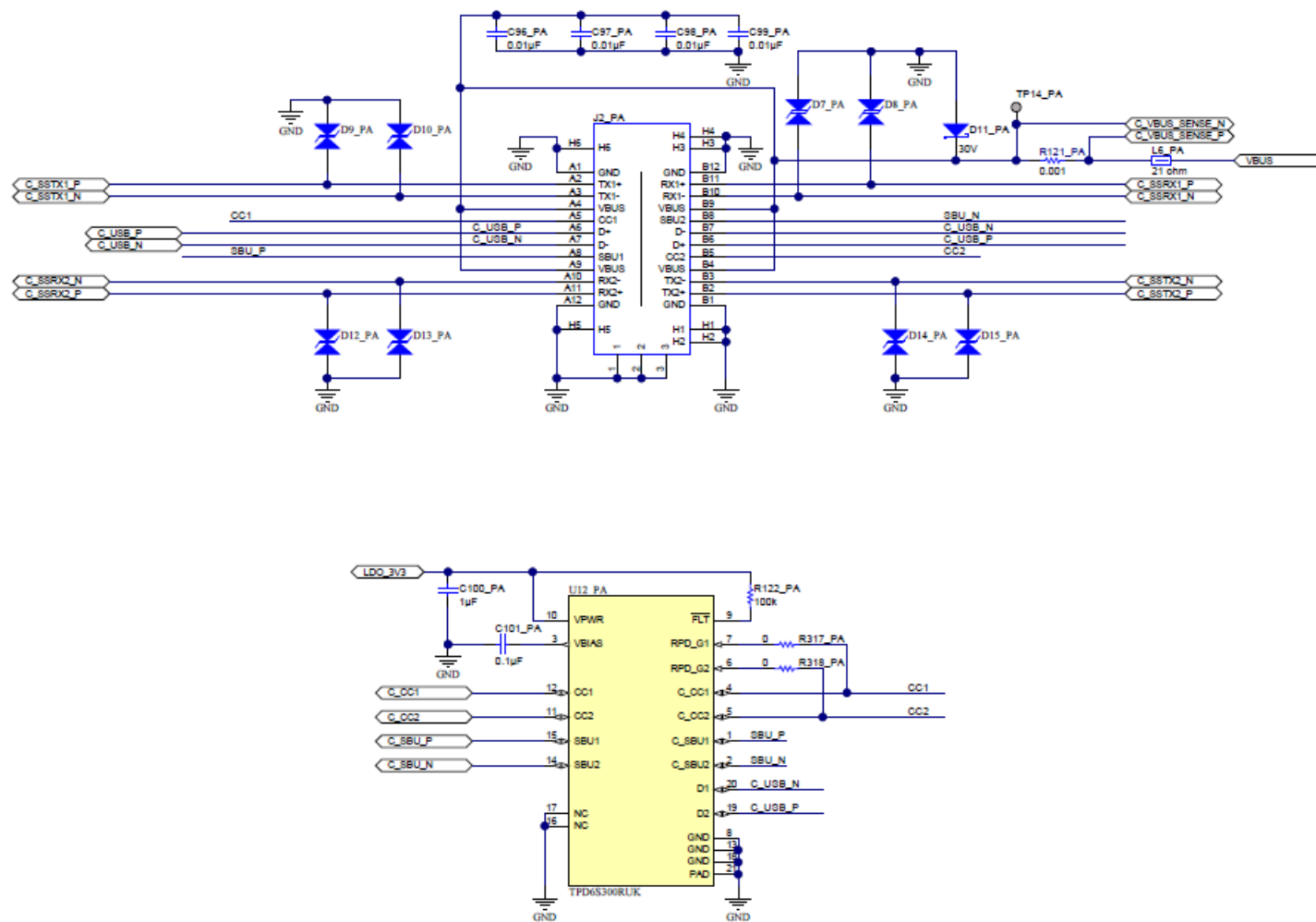


图 9-9. TPS65988EVM USB Type-C™ 端口 A 模块

图 9-10 展示了 USB Type-C 模块，其中包括 USB Type-C 端口 B 和 ESD 保护。

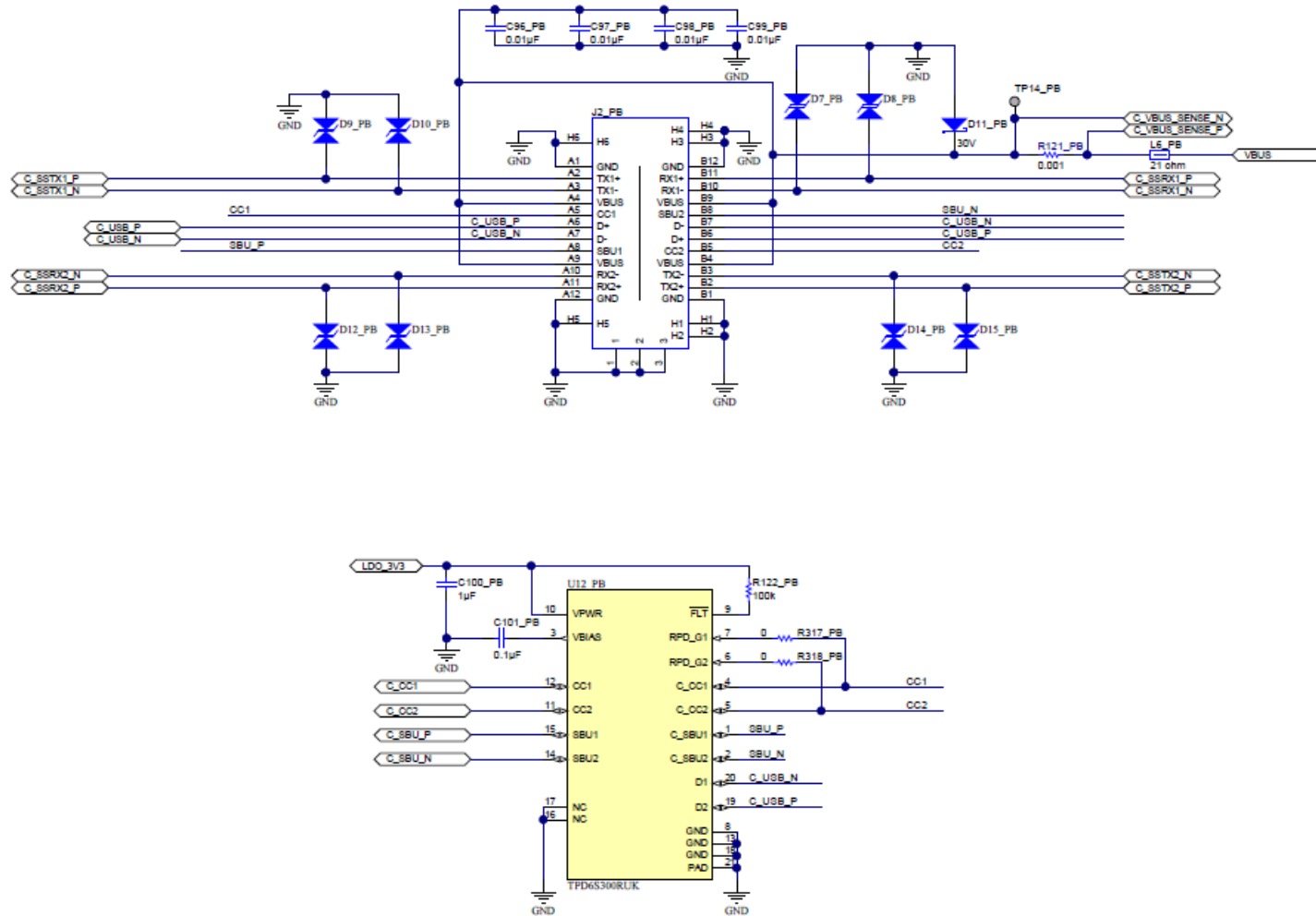


图 9-10. TPS65988EVM USB Type-C™ 端口 B 模块

图 9-11 展示了 FTDI 模块，其中包含来自 FTDI 板的连接。

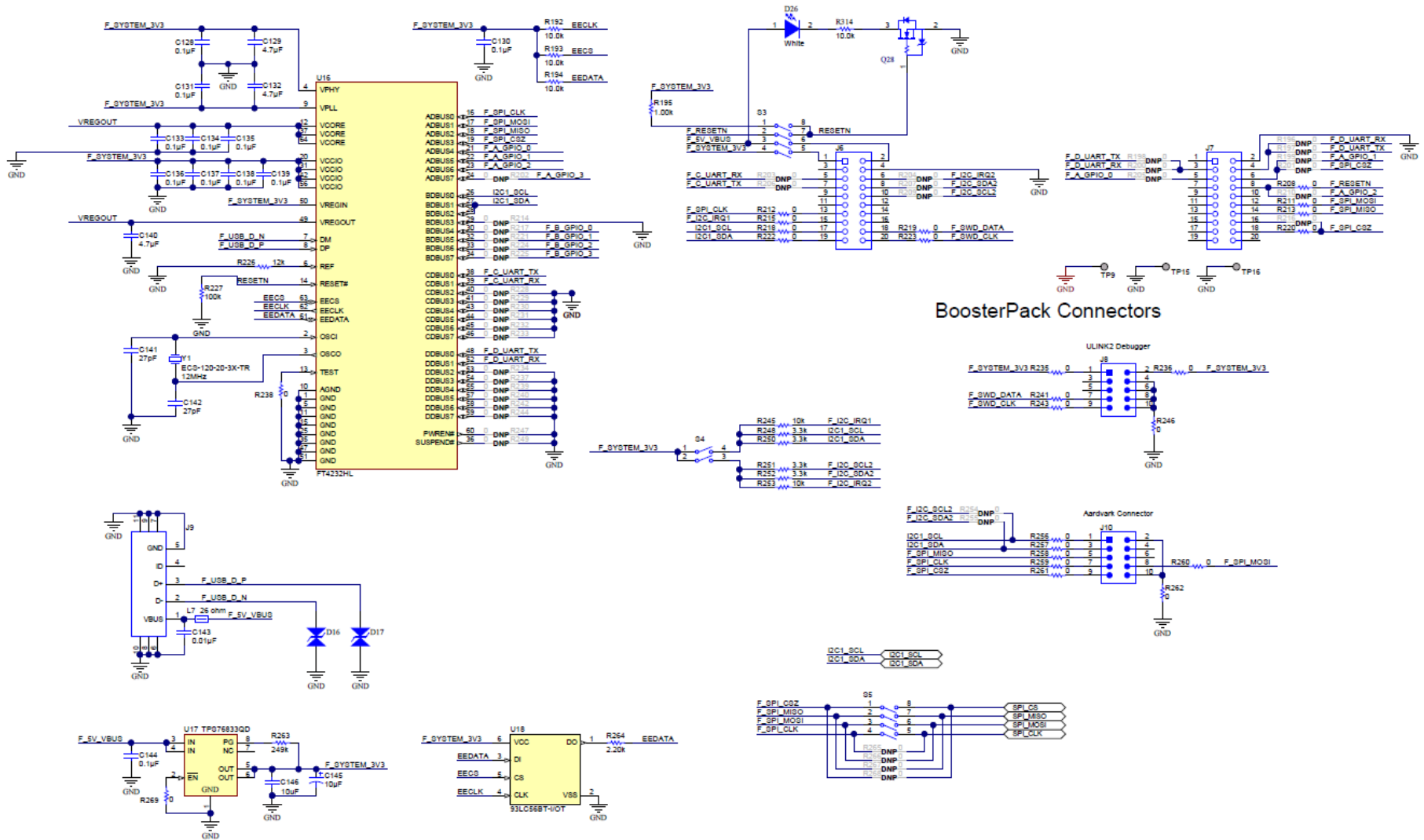


图 9-11. TPS65988EVM FTDI® 连接器模块

图 9-12 和图 9-13 显示了电流感测模块，其中包含端口 A 和端口 B 与 VBUS 和 VIN_3V3 的检测连接。

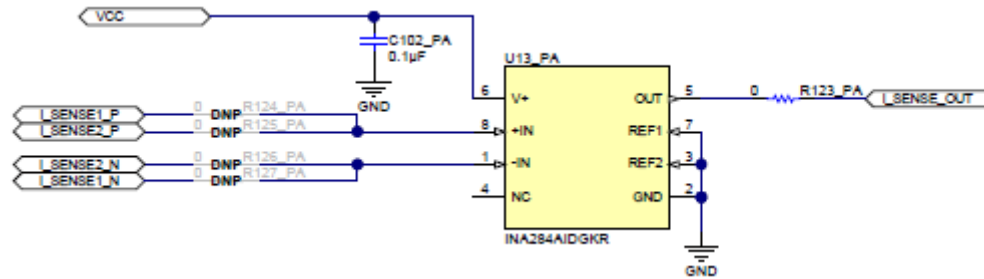


图 9-12. TPS65988EVM 电流感测模块端口 A

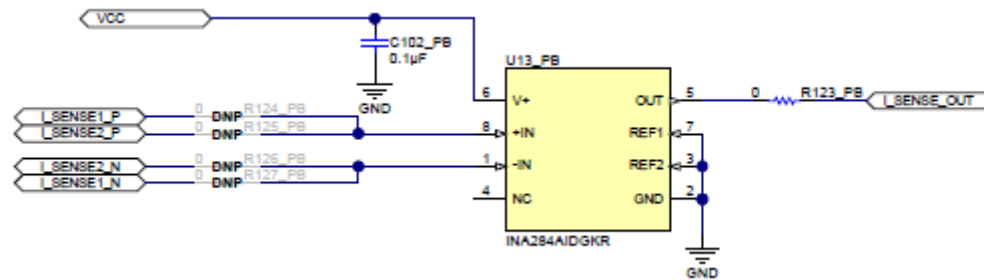


图 9-13. TPS65988EVM 电流感测模块端口 B

图 9-14 展示了 BoosterPack 接头模块，其中包含到 BoosterPack 接头的连接。

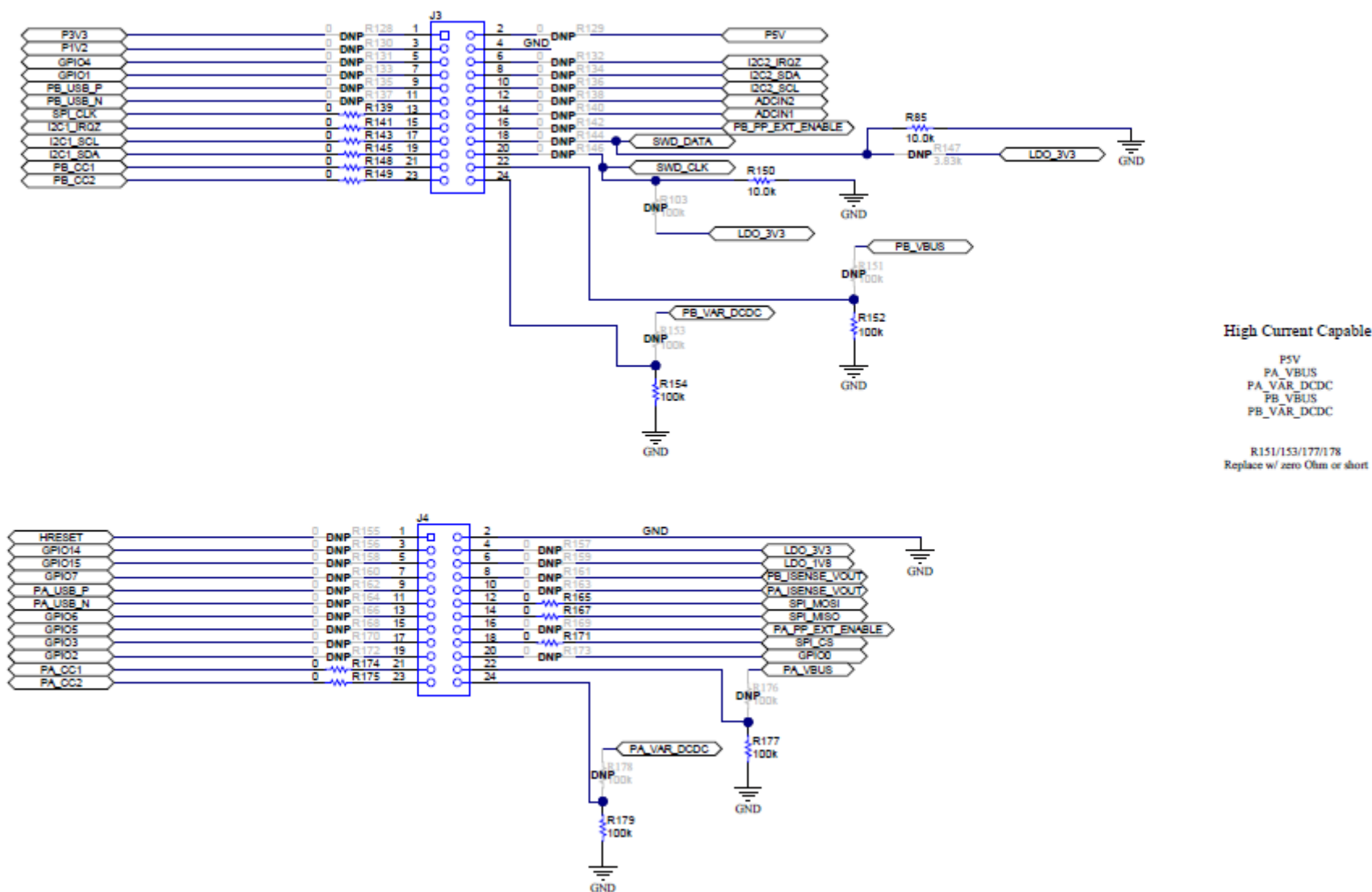


图 9-14. TPS65988EVM BoosterPack 接头模块

10 TPS65988EVM 电路板布局布线

图 9-1 至图 10-12 包含 TPS65988EVM 的 PCB 布局。

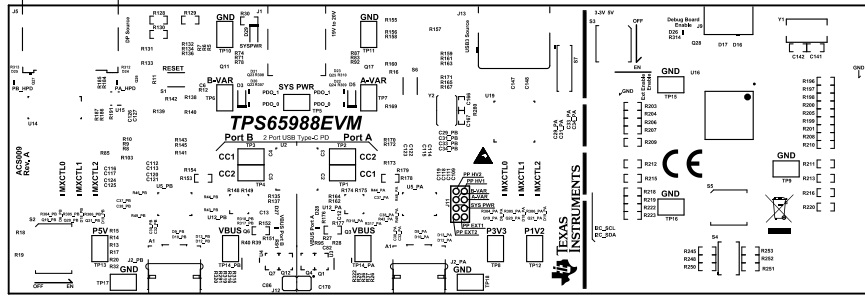


图 10-1. TPS65988EVM 顶部覆盖层

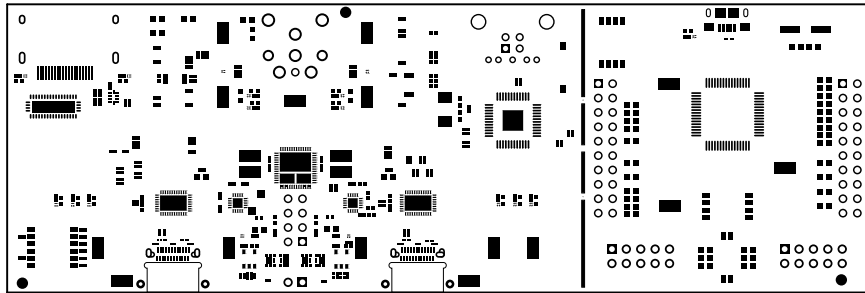


图 10-2. TPS65988EVM 焊接

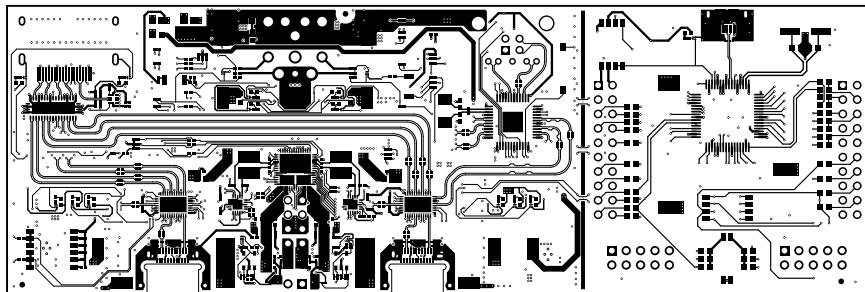


图 10-3. TPS65988EVM 顶层 SSTXR1

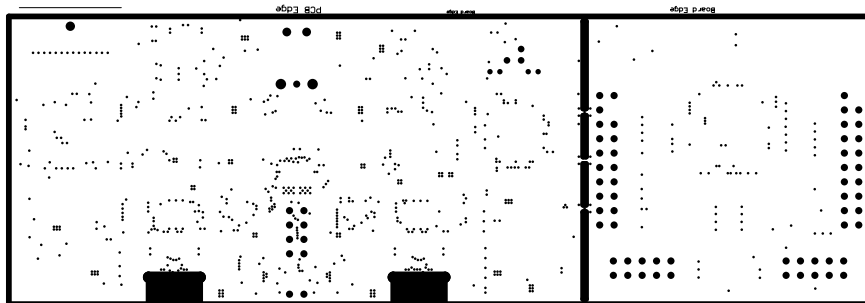


图 10-4. TPS65988EVM GND 平面 1

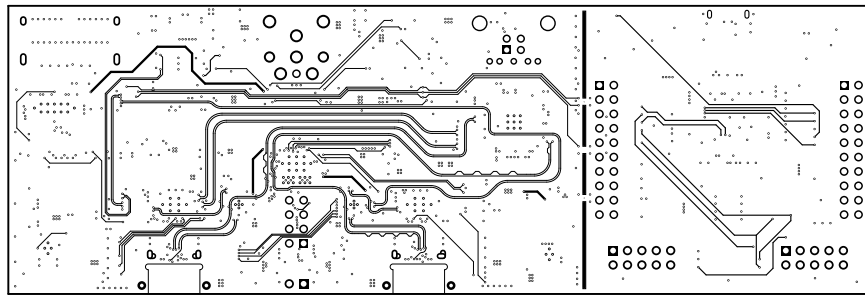


图 10-5. TPS65988EVM 高速

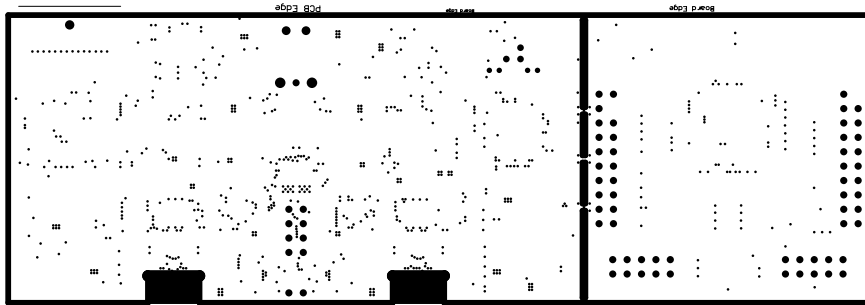


图 10-6. TPS65988EVM GND 平面 2

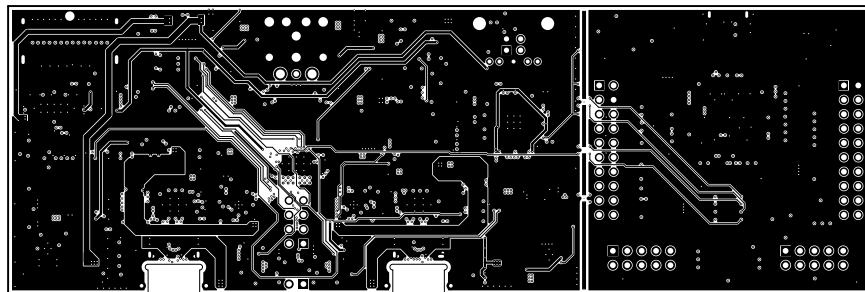


图 10-7. TPS65988EVM 电源 1

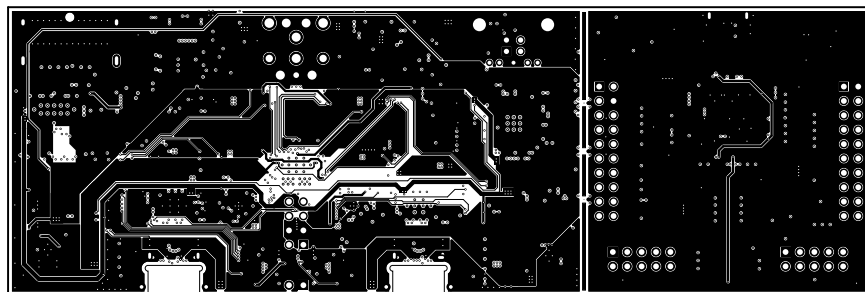


图 10-8. TPS65988EVM 电源 2

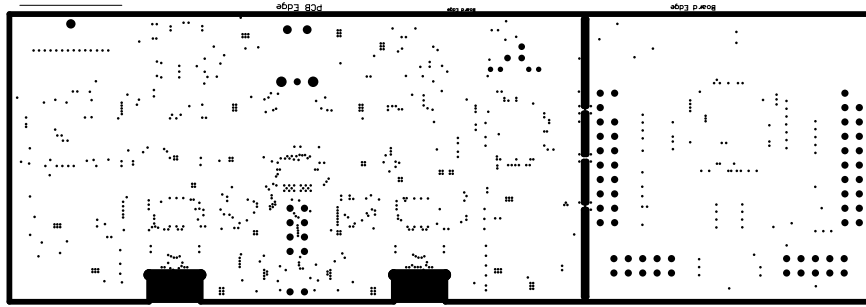


图 10-9. TPS65988EVM GND 平面 3

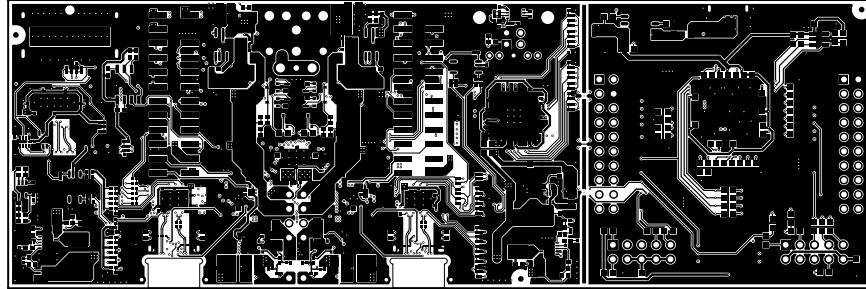


图 10-10. TPS65988EVM SSTXR2

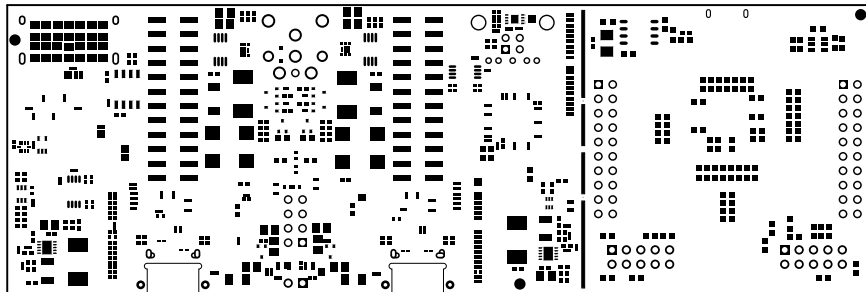


图 10-11. TPS65988EVM 阻焊层

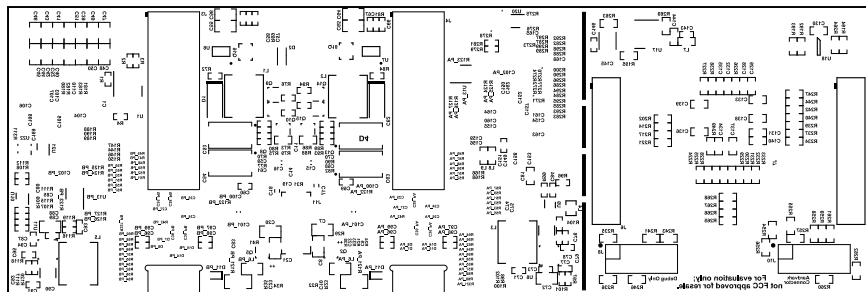


图 10-12. TPS65988EVM 底层组件视图

11 TPS65988EVM 物料清单

表 11-1 列出了 TPS65988EVM BOM。

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
!PCB1	1		印刷电路板		ACS009	不限	-	-
C1、C24_PA_SS、 C24_PB_SS、 C25_PA_SS、 C25_PB_SS、 C26_PA_SS、 C26_PB_SS、 C27_PA_SS、 C27_PB_SS、 C28_PA_SS、 C28_PB_SS、 C29_PA_SS、 C29_PB_SS、 C30_PA_SS、 C30_PB_SS、 C31_PA_SS、 C31_PB_SS、 C32_PA_SS、 C32_PB_SS、 C33_PA_SS、 C33_PB_SS、 C34_PA_SS、 C34_PB_SS、 C35_PA_SS、 C35_PB_SS、 C36_PA_SS、 C36_PB_SS、 C37_PA_SS、 C37_PB_SS、 C38_PA_SS、 C38_PB_SS、C110、 C147、C148	34	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 10V, +/-10%, X5R, 0201	0201	CL03A104KP3NNNC	Samsung Electro-Mechanics (三星电机)		
C2、C3、C4、C5	4	220pF	电容, 陶瓷, 220pF, 25V, +/-10%, X7R, 0201	0201	GRM033R71E221KA01D	Murata (村田)		
C6	1	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 10V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R61A103KA01D	Murata (村田)		
C7、C8、C20、C21、 C39、C40、C41、C42、 C43、C44、C45、C46、 C47、C48、C49、C50、 C51、C52、C55、C56、 C64、C65、C72、C88	24	22μF	电容, 陶瓷, 22μF, 35V, +/-20%, X5R, 0805	0805	C2012X5R1V226M125AC	TDK		
C9、C10、C22、C23、 C102_PA_CS、 C102_PB_CS、C103、 C104、C105、C106、 C107、C126、C150、 C151、C152、C153、 C154、C155、C157、 C158、C159、C160、 C161、C162、C163、 C164、C165、C170、 C171	29	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 25V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R61E104KE14J	Murata (村田)		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
C11、C14、C19、C149	4	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, +/-20%, X5R, 0402	0402	CL05A106MP5NUNC	Samsung Electro-Mechanics (三星电机)		
C12、C13	2	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 35V, +/-10%, JB, 0402	0402	C1005JB1V105K050BC	TDK		
C15、C16	2	22μF	电容, 陶瓷, 22μF, 10V, +/-20%, X5R, 0603	0603	C1608X5R1A226M080AC	TDK		
C17、C18	2	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRM188R61E106MA73D	Murata (村田)		
C53、C54、C62、C63	4	47μF	电容, 钽, 47μF, 35V, +/-10%, 0.3Ω, SMD	7343-43	T521X107M025ATE060	Kemet (基美)		
C57、C59、C60、C66、C68、C69、C73、C82、C84、C89	10	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	C1005X7R1H104K050BB	TDK		
C58、C61、C67、C70	4	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0402	0402	GRM1555C1H102FA01D	Murata (村田)		
C71、C87	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0402	0402	CGA2B3X7R1H104K050B B	TDK		
C74、C83、C90	3	100μF	电容, 陶瓷, 100μF, 10V, +/-20%, X5R, 1210	1210	C1210C107M8PACTU	Würth Elektronik (伍尔特电子)		
C75、C91	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 25V, +/-10%, X7R, 0402	0402	GRM155R71E104KE14D	Murata (村田)		
C76、C92	2	220pF	电容, 陶瓷, 220pF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0201	0201	CGA1A2X7R1H221K030B A	TDK		
C78、C94	2	4.7pF	电容, 陶瓷, 4.7pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0201	0201	GRM0335C1H4R7CA01D	Murata (村田)		
C79、C95	2	2700pF	电容, 陶瓷, 2700pF, 10V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R61A272KA01D	Murata (村田)		
C80	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 35V, +/-10%, X5R, 0402	0402	GMK105BJ104KV-F	Taiyo Yuden (太阳诱电)		
C81	1	47μF	电容, 陶瓷, 47μF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRM188R60J476ME15D	Murata (村田)		
C85	1	22pF	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	0402	C1005C0G1H220J050BA	TDK		
C86	1	0.047μF	电容, 陶瓷, 0.047μF, 16V, +/-10%, X5R, 0201	0201	GRM033R61C473KE84D	Murata (村田)		
C96_PA、C96_PB、C97_PA、C97_PB、C98_PA、C98_PB、C99_PA、C99_PB	8	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	GRM155R71H103KA88D	Murata (村田)		
C100_PA、C100_PB	2	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0201	0201	GRM033R60J105MEA2D	Murata (村田)		
C101_PA、C101_PB	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	0603	GRM188R72A104KA35D	Murata (村田)		
C108、C127、C156、C168、C169	5	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 10V, +/-20%, X5R, 0201	0201	CL03A105MP3NSNC	Samsung Electro-Mechanics (三星电机)		
C109、C111、C112、C113、C114、C115、C116、C117、C118、C119、C120、C121、C122、C123、C124、C125	16	0.22μF	电容, 陶瓷, 0.22μF, 10V, +/-20%, X5R, 0201	0201	LMK063BJ224MP-F	Taiyo Yuden (太阳诱电)		
C128、C130、C131、C133、C134、C135、C136、C137、C138、C139、C144	11	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	GRM188R71H104KA93D	Murata (村田)		
C129、C132、C140	3	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 25V, +/-10%, X5R, 0603	0603	GRM188R61E475KE11D	Murata (村田)		
C141、C142	2	27pF	电容, 陶瓷, 27pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0603	0603	CL10C270FB8NNNC	Samsung Electro-Mechanics (三星电机)		
C143	1	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 50V, +/-5%, X7R, 0402	0402	C0402C103J5RACTU	Kemet (基美)		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
C145	1	10uF	电容, 钽, 10μF, 10V, +/-10%, 2.5Ω, SMD	3528-21	293D106X9010B2TE3	Vishay-Sprague (威世斯普拉格)		
C146	1	10uF	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, +/-20%, X5R, 0402	0402	GRM155R61A106ME21D	Murata (村田)		
C166、C167	2	18pF	电容, 陶瓷, 18pF, 50V, +/-5%, COG/NPO, 0402	0402	GRM1555C1H180JA01D	Murata (村田)		
D1, D4	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 5A, SOD-128	SOD-128	PMEG3050EP, 115	NXP Semiconductor (恩智浦半导体)		
D2	1	24V	二极管, TVS, 双向, 24V, 200W, SOD323, 2 引线, 封装 1.9x1.45mm, 无极性标记	SOD323, 2 引线, 封装 1.9x1.45mm, 无极性标记	PESD24VL1BA, 115	NXP Semiconductor (恩智浦半导体)		
D3, D5	2	蓝色	LED, 蓝色, SMD	0.8x1.6mm	19-213/BHC-AN1P2/3T	Everlight		
D6_PA_SS、 D6_PB_SS、 D18_PA_SS、 D18_PB_SS、 D19_PA_SS、 D19_PB_SS、D20、 D21、D22、D23、D24、 D25、D26	13	白色	LED, 白色, SMD	0402, 白色	LW QH8G-Q2S2-3K5L-1	OSRAM		
D7_PA、D7_PB、 D8_PA、D8_PB、 D9_PA、D9_PB、 D10_PA、D10_PB、 D12_PA、D12_PB、 D13_PA、D13_PB、 D14_PA、D14_PB、 D15_PA、D15_PB、 D16、D17	18		单通道 ESD 保护二极管, 用于高达 20Gbps 的高速数据线, DPL0002A	DPL0002A	TPD1E01B04DPLR	德州仪器 (TI)	TPD1E01B04DPLT	德州仪器 (TI)
D11_PA、D11_PB	2	30V	二极管, 肖特基, 30V, 2A, 2-XFDFN	2-XFDFN	NSR20F30NXT5G	ON Semiconductor (安森美半导体)		
FID1、FID2、FID3、 FID4、FID5、FID6	6		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	基准	不适用	不适用		
J1	1		连接器, 直流电源插孔, R/A, 3 位, TH	电源连接器	JPD1135-509-7F	Foxconn (富士康)		
J2_PA、J2_PB	2		连接器, 插座, USB Type C, R/A, SMT	连接器, 插座, USB Type C, SMT	20-0000016-01	Lintes Technology		
J3、J4	2		插座, 12x2, 2.54mm, 金, SMT	插座, 12x2, 2.54mm, SMT	SSW-112-22-G-D-VS	Samtec (申泰)		
J5	1		插座, HDMI, 20Pos, R/A, SMT	插座, HDMI, 20Pos, R/A, SMT	47272-0001	Molex (莫仕)		
J6, J7	2		插座, 2.54mm, 10x2, 金, TH	插座, 2.54mm, 10x2, TH	CRD-081413-A-G	Major League Electronics		
J8、J10	2		接头, 100mil, 5x2, 锡, TH	接头, 5x2, 100mil, 锡	PEC05DAAN	Sullins Connector Solutions (赛凌思科技有限公司)		
J9	1		插座, Micro-USB Type B, 0.65mm, 5x1, R/A, 底部安装 SMT	插座, 0.65mm, 5x1, R/A, SMT	47346-1001	Molex (莫仕)		
J11	1		连接器, 插座, USB 3.1 Type B, R/A, TH	连接器, 插座, USB 3.1 Type B, R/A, TH	GSB4211311WEU	Amphenol Canada		
L1、L2、L3、L5	4	10μH		7.2mm x 6.65mm	ASPI-0630LR-100M-T15	ABRACON	-	-
L4	1	1uH	电感器, 屏蔽, 金属复合物, 1μH, 3.3A, 0.04Ω, SMD	2.5x1.2x2mm	DFE252012F-1R0M=P2	Murata Toko		
L6_PA、L6_PB	2	21Ω	铁氧体磁珠, 21Ω @ 100MHz, 6A, 0805	0805	FBMJ2125HM210NT	Taiyo Yuden (太阳诱电)		
L7	1	26Ω	铁氧体磁珠, 26Ω @ 100MHz, 6A, 0603	0603	BLM18SG260TN1D	Murata (村田)		
L8, L9	2	220Ω	铁氧体磁珠, 220Ω @ 100MHz, 2.5A, 0603	0603	BLM18SG221TN1D	Murata (村田)		
Q1、Q4、Q7、Q12	4	-30V	MOSFET, P 沟道, -30V, -60A, 610x604x515mm	610x604x515mm	SI7997DP-T1-GE3	Vishay-Siliconix		无

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
Q2、Q5、Q8、Q9、 Q10、Q13、Q14、Q15、 Q16、Q18	10	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 0.35A, AEC-Q101, SOT-323	SOT-323	NX3008NBKW, 115	NXP Semiconductor (恩智浦 半导体)		无
Q3、Q6、Q11、Q17、 Q19_PA_SS、 Q19_PB_SS、 Q20_PA_SS、 Q20_PB_SS、 Q21_PA_SS、 Q21_PB_SS、Q22、 Q23、Q24、Q25、Q26、 Q27、Q28	17	20V	MOSFET, N 沟道, 20V, 0.5A, YJM0003A (PICOSTAR-3)	YJM0003A	CSD15380F3	德州仪器 (TI)		无
R1、R2、R3、R4	4	3.3k	电阻, 3.3k, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04023K30JNED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R5、R6、R9、R10	4	3.83k	电阻, 3.83k, 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02013K83FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R7、R8	2	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.05W, 0201	0201	MCR006YRTF1002	Rohm (罗姆)		
R11、R16、 R47_PA_SS、 R47_PB_SS、 R50_PA_SS、 R50_PB_SS、 R51_PA_SS、 R51_PB_SS、R75、 R76、R88、R89、 R113、R123_PA_CS、 R123_PB_CS、 R124_PA_CS、 R124_PB_CS、 R127_PA_CS、 R127_PB_CS、R139、 R141、R143、R145、 R148、R149、R165、 R167、R171、R174、 R175、R317_PA、 R317_PB、R318_PA、 R318_PB、 R321_PA_SS、 R321_PB_SS	36	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	0201	ERJ-1GE0R00C	Panasonic (松下)		
R12、R14、R18、R19、 R29、R41、 R46_PA_SS、 R46_PB_SS、 R49_PA_SS、 R49_PB_SS、R71、 R83、R96、R104、 R106、R122_PA、 R122_PB、R152、 R154、R177、R179、 R180、R181、R182	24	100k	电阻, 100k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW0201100KFKED	Vishay-Dale (威世达勒)		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R13、R17、R22、R24、R25、R26、R27、R34、R36、R37、R38、R40、R85、R91、R99、R103、R304_PA_SS、R304_PB_SS、R305_PA_SS、R305_PB_SS、R306_PA_SS、R306_PB_SS、R307、R308、R309、R310、R312、R313、R314、R323、R324、R325、R326	33	10.0k	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW020110K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R15	1	191k	电阻, 191k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-07191KL	Yageo America (国巨)		
R28、R39、R53_PA_SS、R53_PB_SS、R54_PA_SS、R54_PB_SS、R55_PA_SS、R55_PB_SS、R56_PA_SS、R56_PB_SS、R57_PA_SS、R57_PB_SS、R58_PA_SS、R61_PA_SS、R61_PB_SS、R62_PA_SS、R62_PB_SS、R63_PA_SS、R63_PB_SS、R64_PA_SS、R64_PB_SS、R65_PA_SS、R65_PB_SS、R66_PA_SS、R66_PB_SS、R67_PA_SS、R67_PB_SS、R189、R191、R270、R274、R275、R276、R282、R287、R293、R294、R298、R299、R300、R311	41	1.00k	电阻, 1.00k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW020111K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R31	1	0.51	电阻, 0.51 Ω , 1%, 0.125W, 0402	0402	ERJ-2BQFR51X	Panasonic (松下)		
R42_PA_SS、R42_PB_SS、R97、R116	4	150k	电阻, 150k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402150KFKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R69、R81	2	36.5k	电阻, 36.5k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040236K5FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R70、R82	2	60.4k	电阻, 60.4k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040260K4FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R72、R84	2	270	电阻, 270 Ω , 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402270RJNED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R73、R86	2	1.00k	电阻, 1.00k Ω , 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRB071KL	Yageo America (国巨)		
R74、R87	2	11.0k	电阻, 11.0k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW020111K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R77、R90、R120	3	19.1k	电阻, 19.1kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040219K1FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R79、R93	2	18.0k	电阻, 18.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040218K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R80、R94	2	7.15k	电阻, 7.15kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04027K15FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R98、R107、R117	3	100k	电阻, 100kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402100KFKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R100、R118	2	8.87k	电阻, 8.87kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04028K87FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R101、R119	2	66.5k	电阻, 66.5kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040266K5FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R102	1	32.4k	电阻, 32.4kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040232K4FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R108	1	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R110	1	7.50k	电阻, 7.50kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04027K50FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R111、R114	2	15.0k	电阻, 15.0kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040215K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R121_PA、R121_PB	2	0.001	电阻, 0.001, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	CSNL1206FT1L00	Stackpole Electronics Inc (斯塔克波尔电子公司)		
R183	1	5.6Meg	电阻, 5.6M, 5%, 0.05W, 0201	0201	MCR006YRTJ565	Rohm (罗姆)		
R192、R193、R194	3	10.0k	电阻, 10.0kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0710KL	Yageo America (国巨)		
R195	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW06031K00FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R208、R211、R212、R213、R215、R218、R219、R220、R222、R223、R235、R236、R238、R241、R243、R246、R256、R257、R258、R259、R260、R261、R262、R269	24	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R226	1	12k	电阻, 12kΩ, 5%, 0.1W, 0603	0603	CRCW060312K0JNEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R227	1	100k	电阻, 100kΩ, 5%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603100KJNEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R245、R253	2	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC1608J103CS	Samsung Electro-Mechanics (三星电机)		
R248、R250、R251、R252	4	3.3k	电阻, 3.3kΩ, 5%, 0.1W, 0603	0603	CRCW06033K30JNEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R263	1	249k	电阻, 249k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603249KFKEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R264	1	2.20k	电阻, 2.20k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-072K2L	Yageo America (国巨)		
R271	1	9.09k	电阻, 9.09kΩ, 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02019K09FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R279	1	90.9k	电阻, 90.9kΩ, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040290K9FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R280	1	1.00Meg	电阻, 1.00M, 1%, 0.05W, AEC-Q200 0 级, 0201	0201	RK73H1HTTC1004F	KOA Speer (日本兴亚)		
R281	1	10k	电阻, 10k, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040210K0JNED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R302、R303、R315、R316	4	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0805	0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic (松下)		
R322、R327	2	576k	电阻, 576kΩ, 1%, 0.05W, 0201	0201	RC0201FR-07576KL	Yageo America (国巨)		
S1	1		触控式开关, 单刀单掷-常开 0.05A/12V	3mm x 1.6mm x 2.5mm	B3U-1000P	Omron Electronic Components (欧姆龙)		
S2、S3、S5	3		DIP 开关, SPST, 4 位, 滑动式, SMT	6.2x2.0x6.2mm	TDA04H0SB1	C&K Components (高铭开关)		
S4	1		SPST 开关, 2 芯, 25mA, 24VDC, SMD	3.71x5.8mm	218-2LPST	CTS Electrocomponents		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14_PA、TP14_PB、TP15、TP16	17		测试点, 微型, SMT	测试点, 微型, SMT	5019	Keystone		
U1	1		3V, 8Mbit, 具有双 SPI 和四 SPI 的串行闪存, SOIC-8	SOIC-8	W25Q80DVSNIG	Winbond		
U2	1		具有集成电源开关的双端口 USB Type-C 和 USB PD 控制器内部数据表, RSL0048D	RSL0048D	TPS65988RSL	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U3, U4	2		2.2V 至 36V、低功耗比较器, DBV0005A	DBV0005A	TLV1701AIDBVR	德州仪器 (TI)	TLV1701AIDBVT	德州仪器 (TI)
U5_PA_SS、U5_PB_SS	2		USB Type-C DP 交替模式线性转接驱动器交叉点开关, RNQ0040A	RNQ0040A	TUSB546-DCIRNQR	德州仪器 (TI)	TUSB546-DCIRNQT	德州仪器 (TI)
U6、U7	2		具有使能引脚的滞后 PFET 降压控制器, 8 引脚 MSOP, 不含铅	MUA08A	LM3489QMM/NOPB	德州仪器 (TI)		
U8、U11	2		4.2V 至 28V 输入、3A 输出、同步 SWIFT™ 降压转换器, DRC0010J	DRC0010J	TPS54334DRCR	德州仪器 (TI)	TPS54334DRCT	德州仪器 (TI)
U9	1		具有 iDCS-Control、强制 PWM 模式和可编程开关频率的 2A 高效降压转换器, RWK0011B	RWK0011B	TPS62097RWKR	德州仪器 (TI)	TPS62097RWKT	德州仪器 (TI)
U10	1		毫微功耗, 1.8V, 具有电压基准的比较器, DCK0006A	DCK0006A	TLV3012AIDCKR	德州仪器 (TI)	TLV3012AIDCKT	德州仪器 (TI)
U12_PA、U12_PB	2		USB Type C 接口保护器: VBUS 短路过压保护和 IEC 61000-4-2 ESD 保护, RUK0020B	RUK0020B	TPD6S300RUK	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U13_PA_CS、U13_PB_CS	2		高精度、宽共模范围、双向电流分流监控器, 零漂移系列, DGK0008A	DGK0008A	INA284AIDGKR	德州仪器 (TI)	INA284AIDGKT	德州仪器 (TI)
U14	1		4 通道高性能差分开关, RUA0042A	RUA0042A	HD3SS3412RUAR	德州仪器 (TI)	HD3SS3412RUAT	德州仪器 (TI)
U15、U22	2		受 ESD 保护的高速 USB 2.0 (480Mbps) 1:2 多路复用器/多路信号分离器开关, 1:2 多路复用器/多路信号分离器, 6 Ω RON, 2.5 至 3.3V, -40 至 85°C, 10 引脚 UQFN (RSE), 环保 (符合 RoHS 标准, 无锡/溴)	RSE0010A	TS3USB221ARSER	德州仪器 (TI)	等效	德州仪器 (TI)
U16	1		四路高速 USB 转通用 UART/MPSSE IC	LQFP_10x10mm	FT4232HL	FTDI		
U17	1		单输出快速瞬态响应 LDO, 1A, 固定 3.3V 输出, 2.7 至 10V 输入, 具有低 IQ, 8 引脚 SOIC (D), -40 至 125°C, 环保 (符合 RoHS 标准, 无锡/溴)	D0008A	TPS76833QD	德州仪器 (TI)	等效	无
U18	1		2K Microwire 兼容串行 EEPROM, SOT-23-6	SOT-23-6	93LC56B-I/OT	Microchip		
U19	1		双端口 USB 3.0 集线器, PHP0048E	PHP0048E	TUSB8020BPHPR	德州仪器 (TI)	TUSB8020BPHP	德州仪器 (TI)
U20	1		EEPROM 4KBIT 1MHZ, 8UDFN	UDFN-8	AT24C04D-MAHM-T	Atmel (爱特梅尔)		
Y1	1		晶体, 12MHz, 20pF, SMD	7x2.3x4.1mm	ECS-120-20-3X-TR	ECS Inc.		
Y2	1		晶体, 24MHz, 18pF, SMD	ABM3	ABM3-24.000MHZ-D2W-T	Abracon Corporation		
C77、C93	0	300pF	电容, 陶瓷, 300pF, 25V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	0402	GRM1555C1E301JA01D	Murata (村田)		
R20、R30、R32、R319、R320	0	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, 0805	0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic (松下)		
R21、R23、R33、R35	0	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW020110K0FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R43_PA_SS、R43_PB_SS、R44_PA_SS、R44_PB_SS、R150、R184、R185、R186、R187	0	100k	电阻, 100k Ω, 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW0201100KFKED	Vishay-Dale (威世达勒)		

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R45_PA_SS、 R45_PB_SS、 R48_PA_SS、 R48_PB_SS、 R52_PA_SS、 R52_PB_SS、 R78、 R92、 R95、 R105、 R109、 R125_PA_CS、 R125_PB_CS、 R126_PA_CS、 R126_PB_CS、 R131、 R132、 R133、 R134、 R135、 R136、 R137、 R138、 R140、 R142、 R144、 R146、 R155、 R156、 R157、 R158、 R159、 R160、 R161、 R162、 R163、 R164、 R166、 R168、 R169、 R170、 R172、 R173、 R291	0	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	0201	ERJ-1GE0R00C	Panasonic (松下)		
R58_PB_SS、 R59_PA_SS、 R59_PB_SS、 R60_PA_SS、 R60_PB_SS、 R188、 R190、 R272、 R273、 R277、 R278、 R283、 R284、 R285、 R286、 R288、 R289、 R290、 R292、 R295、 R296、 R297、 R301	0	1.00k	电阻, 1.00k Ω , 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02011K00FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R68_PA_SS、 R68_PB_SS	0	150k	电阻, 150k, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402150FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R112	0	39k	电阻, 39k, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW040239K0JNED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R115	0	560k	电阻, 560k, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402560KJNED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R128、 R129、 R130、 R196、 R197、 R198、 R199、 R200、 R201、 R202、 R203、 R204、 R205、 R206、 R207、 R209、 R210、 R214、 R216、 R217、 R221、 R224、 R225、 R228、 R229、 R230、 R231、 R232、 R233、 R234、 R237、 R239、 R240、 R242、 R244、 R247、 R249、 R254、 R255、 R265、 R266、 R267、 R268	0	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603000Z0EA	Vishay-Dale (威世达勒)		
R147	0	3.83k	电阻, 3.83k, 1%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02013K83FKED	Vishay-Dale (威世达勒)		
R151、 R153、 R176、 R178	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale (威世达勒)		
U21	0		单路 2 输入正或门, DCK0005A	DCK0005A	SN74AHC1G32TDCKRQ1	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)

表 11-1. TPS65988EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
说明：除非备选器件型号或备选制造商栏中另外注明，否则所有器件均可替换为等效产品。								

12 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (June 2018) to Revision B (November 2020)	Page
• 添加了 <i>REACH</i> 合规性 部分.....	37
• 更改了 <i>TPS65988EVM</i> 电路板布局布线 部分中的图像.....	51

Changes from Revision * (June 2017) to Revision A (June 2018)	Page
• 对修订版 A 用户指南的节 4 至节 9 进行了整体修改.....	5

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司