

# EVM User's Guide: TPS26750EVM

## TPS26750 评估模块



### 说明

TPS26750EVM 设计用于测试仅受电、仅供电或 DRP 应用中的 USB-PD，适用于 USB-PD SPR 和 EPR 范围。TPS26750EVM 可以在未提供电源的情况下仅用作受电方，也可以具有 15V 电源的情况下用作供电方、受电方或 DRP。TPS26750EVM 支持根据 USB-EVM PD 规范以 5A 提供和接收高达 48V 的电压，并与 BQ25756EVM 结合支持电池充电应用。

### 开始使用

1. 订购 [TPS26750EVM](#)
2. 使用 [应用程序自定义工具](#) 开始开发
3. 如有疑问或寻求支持，请参阅 [数据表](#)、[技术参考手册](#) 或 [E2E](#)

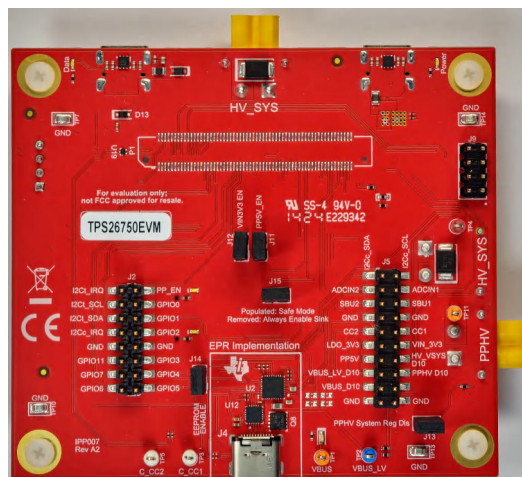
### 特性

- PD 控制器由 USB-IF 进行了 PD3.1 认证
- 高达 240W (28V/5A) 的供电和受电应用
  - 15W (5V/3A) 供电方和 240W (48V/5A) 受电方作为独立 EVM
  - 采用 BQ25756EVM 的 240W (48V/5A) 供电方和 240W (48V/5A) 受电方

- 易于使用的 GUI，附带预配置的固件，可用于配置：
  - 5V 至 21V 电压范围的可编程电源 (PPS)
  - 液体检测和腐蚀缓解
  - BC1.2 充电方案 (需要组装板载电阻器)
  - 集成对 BQ25756 电池充电器的 I2C 控制
  - 用于连接 BQ25756EVM 的连接器
- 多个测试点和接头，可实现快速轻松的调试
  - 用以监控 PD 流量的外露 VBUS 和 CCx 测试点
  - 提供 VBUS、VBUS\_LV、PPHV 和 VSYS 测试点
  - 100mil 接头上提供 GPIO、I2C 和电源
  - 100mil 接头引脚扩展至 5V，以支持 5V 或 10V 数字转换器，从而更轻松地进行调试

### 应用

- [无绳电动工具电池包](#)、[移动电源](#)、[零售自动化和支付](#)
- [电动自行车](#)、[无线扬声器](#)、[无线真空吸尘器](#)
- [个人和便携式电子产品](#)、[工业应用](#)
- [医疗应用](#)、[个人护理和健身](#)



## 内容

说明.....	1
开始使用.....	1
特性.....	1
应用.....	1
<b>1 评估模块概述.....</b>	<b>3</b>
1.1 简介.....	3
1.2 套件内容.....	3
1.3 规格.....	3
1.4 器件信息.....	4
<b>2 硬件.....</b>	<b>6</b>
2.1 其他图像.....	6
2.2 电源要求.....	6
2.3 设置.....	7
2.4 接头信息.....	14
2.5 跳线信息.....	16
2.6 按钮.....	17
2.7 接口.....	17
2.8 调试信息.....	18
2.9 测试点和 LED.....	19
<b>3 软件.....</b>	<b>21</b>
3.1 软件说明.....	21
3.2 软件安装.....	21
3.3 软件开发.....	22
3.4 使用应用程序自定义工具.....	22
<b>4 特定应用用例.....</b>	<b>36</b>
4.1 液体检测和腐蚀缓解概述.....	36
4.2 与 BQ25756EVM 配合使用.....	41
<b>5 硬件设计文件.....</b>	<b>43</b>
5.1 原理图.....	43
5.2 PCB 布局.....	50
5.3 物料清单 (BOM).....	54
<b>6 其他信息.....</b>	<b>60</b>
6.1 商标.....	60
6.2 静电放电警告.....	60
6.3 术语.....	60
6.4 器件支持.....	60
6.5 文档支持.....	60
6.6 接收文档更新通知.....	60
6.7 支持资源.....	61

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

TPS26750 是一款高度集成的独立式 USB Type-C® 和电力输送 (PD) 控制器，针对支持 USB-C PD 电源 (包括扩展功率范围) 的应用进行了优化。TPS26750 还集成了对电池充电器 BQ25756 的控制功能，可提高易用性并缩短产品上市时间。基于网络的直观 GUI 使用清晰的方框图和简单的选择题，通过一些简单的问题来了解用户的应用需求。GUI 会为用户的应用创建配置映像，从而不像同类 USB PD 设计那么复杂。

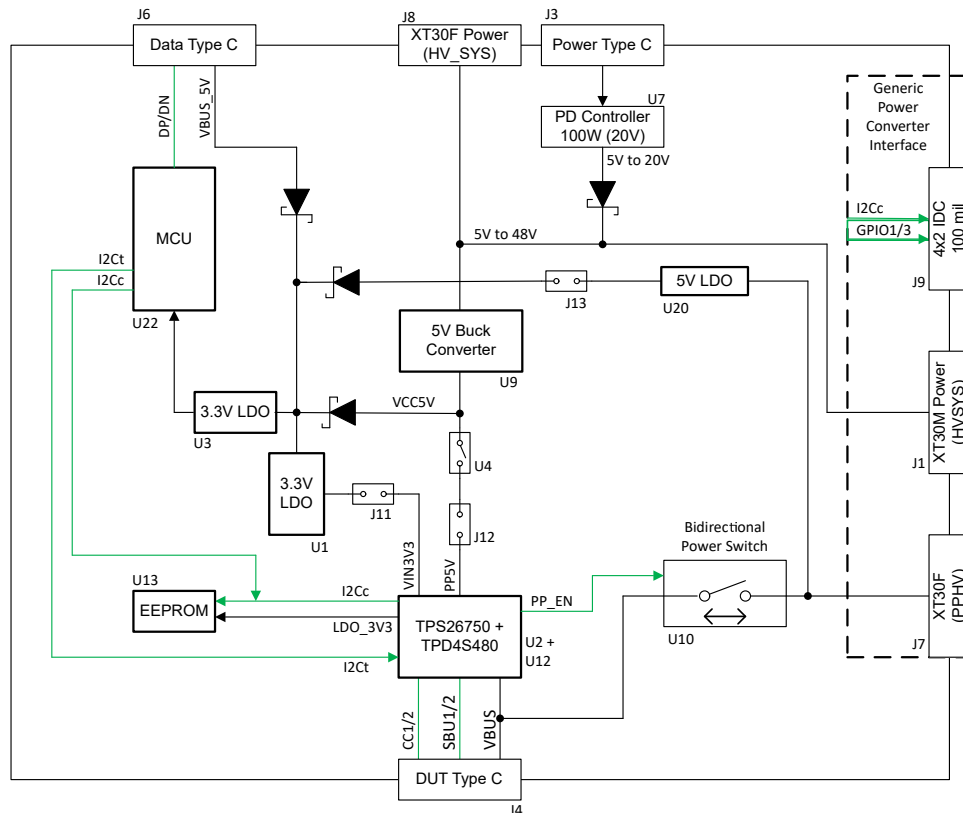
本文档是 TPS26750 评估模块 (TPS26750EVM) 用户指南。本用户指南介绍了该 EVM 的原理图、物料清单和电路板布局布线。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等所有术语均指 TPS26750EVM。

### 1.2 套件内容

- TPS26750 EVM
- 4x2 IDC 带状电缆
- TPS26750EVM 至 BQ25756EVM 连接器 (插入器) 电路板
- EVM 免责声明自述文件

### 1.3 规格

图 1-1 展示了 TPS26750EVM 的功能方框图。该器件可以作为独立的评估模块来测试 5V 供电和 5V 至 48V 受电。此外，该 EVM 可以与 BQ25756EVM 结合使用来实现 5V 至 48V 的供电和受电能力。TPS26750EVM 可以测试 USB-SPR (标准功率范围) 和 USB-EPR PD 功率范围，并且可以使用应用程序自定义工具将其配置为仅供电器件、仅受电器件或双角色电源 (PD) 器件。



#### 备注

跳线 J11、J12 和 J13 控制各自 LDO 或开关的 ENABLE 信号，而不连接到相应 LDO 或开关的输出。这些跳线在方框图中位于相应 LDO 或开关的输出位置，以简化和阐明跳线移除时器件的整体行为。

图 1-1. TPS26750EVM 方框图

TPS26750EVM 可与 BQ25756 结合使用，并且只需很少的设置即可进行电池充电测试，如图 1-2 所示：

- TPS26750 和 BQ25756 I2C 功能
- 通过仅从调查问卷中选择几个参数，应用程序自定义 GUI 便能够配置 TPS26750，以与 BQ25756 配合使用
- 提供的 4x2 IDC 电缆
- BQ25756 连接器板

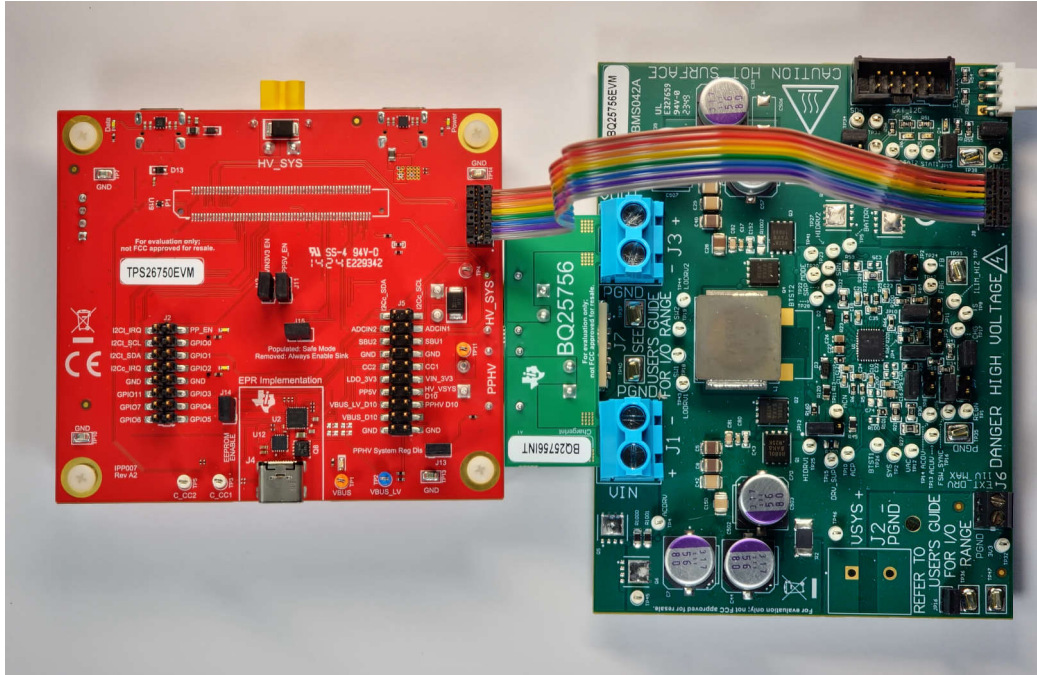


图 1-2. TPS26750EVM 和 BQ25756EVM 硬件设置

## 1.4 器件信息

TPS26750 是一款单端口 USB Type-C PD 控制器，具有集成的 5V 拉电流电源路径，并能够控制支持 EPR 的外部电源路径，适用于仅电源应用。TPS26750 PD 控制器非常适合在 USB-PD EPR 下运行的单端口电源应用，适用于高达 240W (48V/5A) 的双角色电源 (DRP) 应用。

TPS26750 PD 控制器可通过基于网络的 GUI 进行配置，以满足应用特定要求、架构、电源角色和数据角色。GUI 工具提供额外的可选固件配置，以集成对 BQ25756 电池充电器 IC 的控制。有关 BQ25756 配置的更多信息，请参阅节 4.2。

表 1-1. TPS26750EVM 上的器件

位号	器件名称	说明
U2	TPS26750RSMR	具有集成拉电流电源开关的 USB Type-C 和 USB PD 控制器
U1、U3	TLV75733PDRVR	1A 低静态电流低压降 (LDO) 稳压器
U4	TPS259814ARPWR	具有瞬态过流消隐计时器的 2.7V 至 16V、10A、7mΩ 电子保险丝
U6	LM2765M6X/NOPB	开关电容器电压转换器
U7	TPS25750DRJK	针对电源应用进行了优化且具有集成电源开关的 USB Type-C 和 USB PD 控制器
U8	TVS2200DRVR	22V 精密浪涌保护钳位
U9	LM76005RNPR	0.5V 至 60V、5A 同步降压稳压器
U10	LTC7004IMSE#TRPBF	快速高侧 N 沟道 MOSFET 栅极驱动器
U12	TPD4S480RUKR	USB Type-C 48V EPR 端口保护器：VBUS 短路过压和 IEC ESD 保护功能
U13	CAT24C512WI-GT3	支持 I2C 的 EEPROM 串行 512Kb
U14	TUSB2036VFR	具有可选串行 EEPROM 接口且适用于 USB 的 2/3 端口集线器
U15	TPD2EUSB30DRTR	适用于超高速 (6Gbps) USB 3.0 接口的 ESD 设计
U17	TVS0500DRVR	5V 精密浪涌保护钳位
U18、U19	TPD2EUSB30DRTR	适用于 USB 3.0 且具有 5A 浪涌额定值的双通道 0.7pF、5.5V ±8kV ESD 保护二极管
U20	TPS7A1650DRBR	具有电源正常指示和使能功能的 100mA、60V 超低 IQ 低压降 (LDO) 稳压器
U22	TM4C123GH6PMTR	具有 80MHz 频率、256KB 闪存、32KB RAM、2 个 CAN、RTC 和 USB、64 引脚、基于 Arm Cortex-M4F 的 32 位 MCU

表 1-2. 连接器和接口描述

位号	连接器或接口	用途
J6	数据 Type C	连接 GUI 以进行配置，以及连接 USB 转 I2C
J3	电源 Type C	从 Type-C 供电方提供 20V/5A 电路板电源接口
J8	XT30F (电源)	连接到通用电源转换器的 EVM 和电路板的 5V 至 48V 电源输入。您可以使用 XT30 转香蕉插孔电缆来连接电池模型或供电方
J1、J7 和 J9	通用电源转换器	由三个连接器组成的组合，可实现与外部 EVM 的超低寄生连接
J4	DUT Type C	USB-C 连接器，用于测试 TPS26750 和 TPD4S480 的配置和功能
TP[编号]	探测点	支持将实验室设备连接到 EVM

## 2 硬件

### 2.1 其他图像

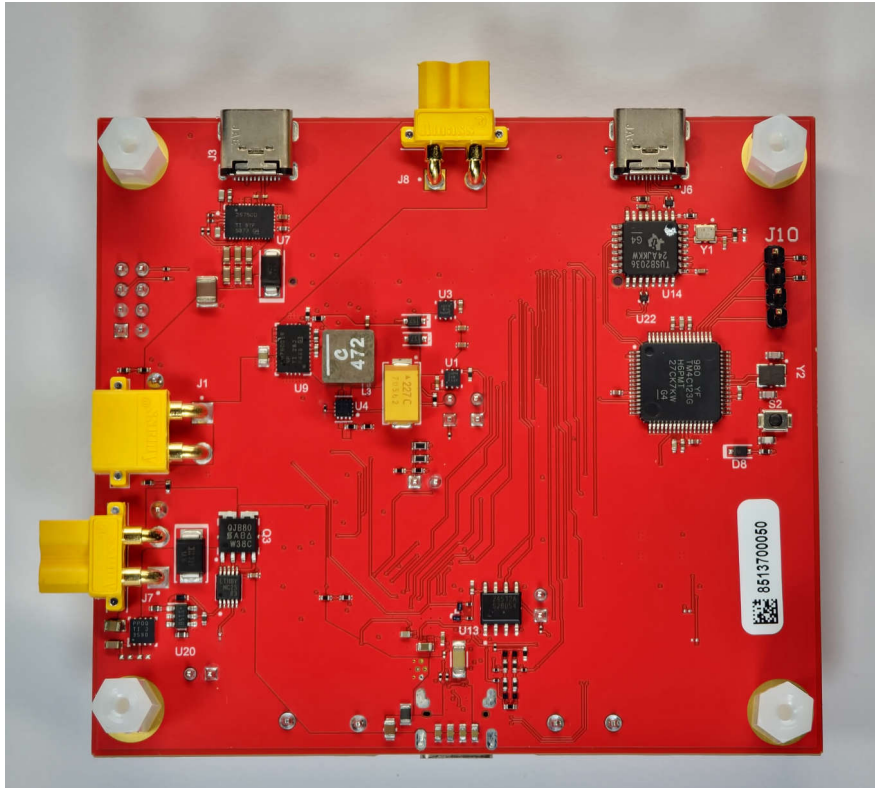


图 2-1. EVM (底视图)

### 2.2 电源要求

对于独立 PD 评估，TPS26750EVM 的主电源通过 Type-C 仅受电电源端口 (J3) (可接受高达 100W 的 Type-C PD 源 (5V 至 20V)) 或电路板顶部的 XT30 连接器 (J8) 提供。EVM 可以使用连接到 HV\_SYS (J1) 的外部台式电源来供电，台式电源提供 5V 至 48V 的电源。连接器 J1 在 10A 时支持高达 48V 的电压。

此外，TPS26750EVM 还可以直接通过 DUT (待测器件) Type-C 连接器 (J4) 来供电，从而模拟在电池电量耗尽的情况下为 TPS26750 供电。当 TPS26750EVM 仅通过端口 J4 供电时，EVM 仅充当受电方。

对于电池充电应用，BQ25756EVM 可用于为 TPS26750EVM 供电。TPS26750EVM 附带一个接口板 (将 TPS26750EVM 连接到 BQ25756EVM 连接器板)，用于连接到 TPS26750EVM 上的 J1 和 J7 连接器。如果连接了 BQ25756EVM，则 BQ25756EVM 的 VAC 网络连接到 TPS26750EVM 的高压双向电源路径 (PPHV)。有关为电池充电器应用设置和编程 TPS26750 的详细信息，请参阅节 4.2。

## 2.3 设置

### 备注

必须注意的是，TPS26750EVM 的 A2 版本上存在以下丝印错误：

1. J11 的丝印标签存在部分错误。跳线 J11 位于丝印文本 *VIN3V3 EN* 下方，靠近电路板中心。该跳线用于禁用为 TPS26750 的 VIN\_3V3 引脚提供 3.3V 电压的 LDO。但是，跳线 J11 左侧被错误地印刷为 *J12*，应该印刷 *J11*。
2. J12 的丝印标签存在部分错误。跳线 J12 位于丝印文本 *PP5V\_EN* 下方，靠近电路板中心。跳线 J12 用于禁用为 TPS26750 的引脚 PP5V 提供 5V 电压的开关。但是，跳线 J12 右侧被错误地印刷为 *J11*，应该印刷 *J12*。
3. 接头 J5 上的 VBUS\_D10 在丝印上错误地标记为 *VBUS\_LV\_D10*。
4. 接头 J5 上的 VBUS\_LV\_D10 在丝印上错误地标记为 *VBUS\_D10*。

本文中提及的所有跳线和上述信号均参考实际位置，而不是错误丝印所推断的位置。

TPS26750EVM 默认配置为 15W (5V/3A) 供电和 240W (48V/5A) 受电，并通过 DUT Type C 连接器 (J4) 进行操作。如果需要不同的配置，请使用应用程序自定义工具来创建配置和/或加载不同的配置。有关如何使用应用程序自定义工具 (也可与本文档中的术语 *GUI* 互换使用) 的详细说明，请参阅节 3。

### 将固件配置刷写到 TPS26750EVM

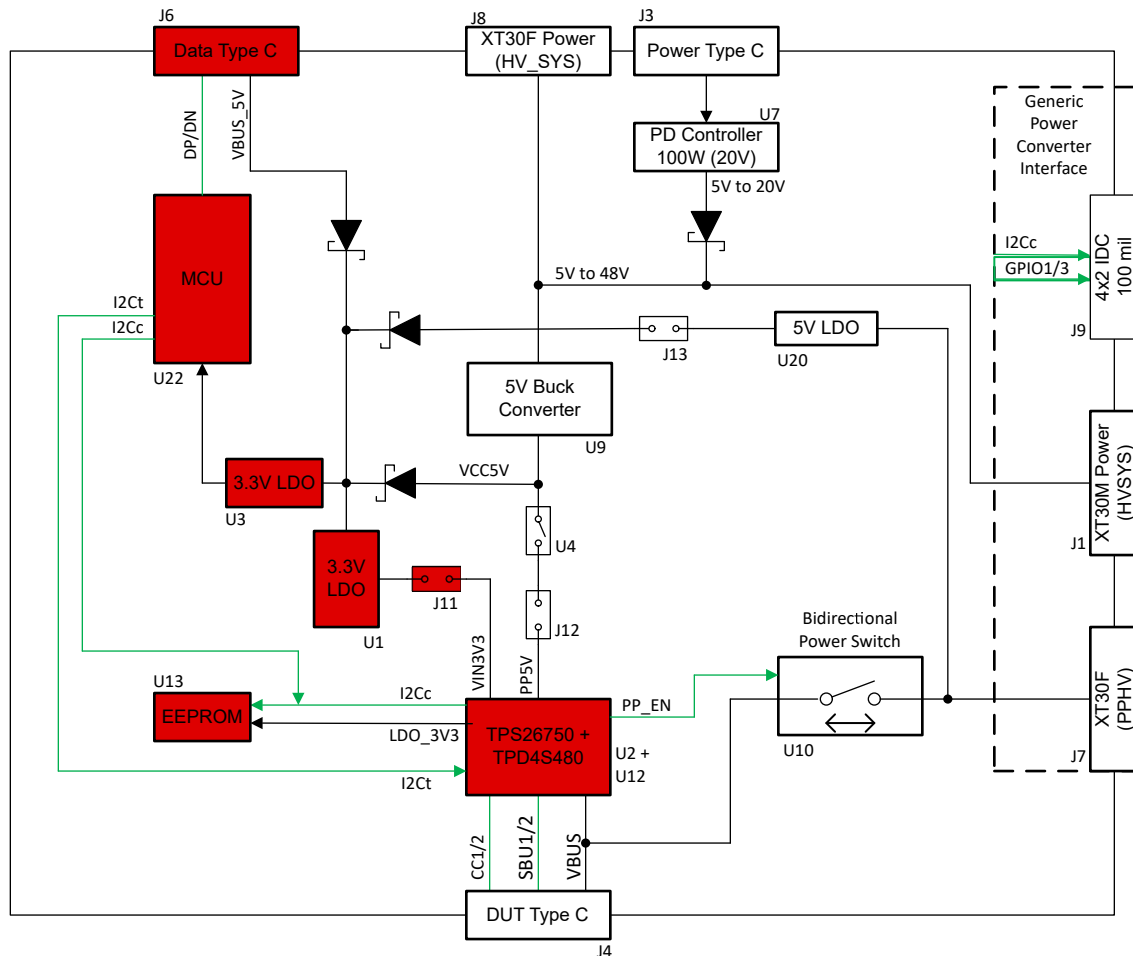


图 2-2. EVM 刷写方框图

备注

图 2-2 及后续方框图的红色高亮部分显示了特定设置下 EVM 的有源或通电部分。

所需的硬件设置：

1. 确保跳线 J11 ( 在 EVM 上错误地标记为 J12 ) 已连接。
2. 将 USB-C 转 USB-C 电缆或 USB-A 转 USB-C 电缆的 USB-C 端连接到数据 Type C 端口 (J6)。
3. 将电缆的另一端连接到计算机。

在将新配置刷写到 TPS26750EVM 时，二进制配置文件会被写入 U13 EEPROM。节 3.4.6.3 中提供了更多详细信息。

独立测试

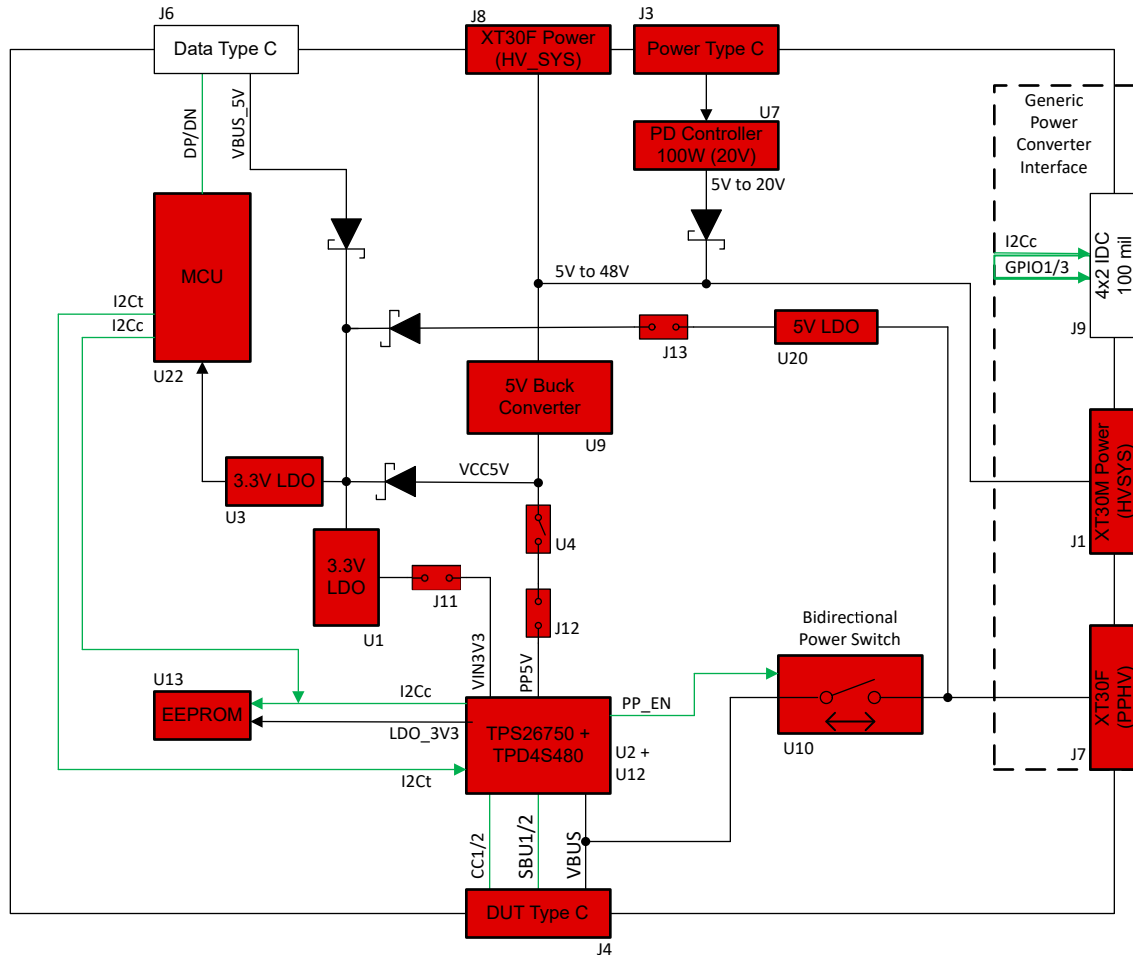


图 2-3. 独立测试方框图

作为独立器件支持的功能：

1. 5V 供电 (DFP)
2. 5V 至 48V 受电，支持 SPR 和 EPR (UFP)
3. 5V 供电、5V 至 48V 受电 (DRP)

要将 TPS26750EVM 作为独立器件进行测试，用户需要将供电方连接到电源 Type C 连接器 (J3) 或 XT30 电源连接器之一 (J1 或 J8)。

如果用户希望支持 5V 供电，则由于以下电路板要求，电源需要提供至少 18W 的功率：

- 5V/3A (用于 PP5V 电源路径)
- 5V/120mA (用于 VCONN)



- 5V/100mA (用于电路板 MCU (U22))

如果用户仅希望支持供电受电设置，则只需为电源 Type C 端口 (J3) 提供 5W 的功率即可。受电时，可通过 XT30F (PPHV) 连接器 (J7) 访问受电电源路径的输出。在独立模式下测试器件时，EVM 中以红色突出显示的部分会通电，如图 2-3 所示。

图 2-4 中的示例设置展示了支持 PD3.1 的 Aergiatech 140W 3 端口的壁式适配器，其 USB-C2 端口能够提供 100W (20V/5A) 的功率，并连接到支持 100W 的 USB-C 转 USB-C 电缆，而该电缆又连接到 TPS26750EVM 的电源 Type C 端口 (J3)。此示例设置能够向 DUT Type C 端口 (J4) 提供 5V 电源，同时也能由连接到 DUT Type C 端口 (J4) 的 5V 至 48V 电源 (支持 SPR 和 EPR) 供电。



图 2-4. 独立测试示例硬件设置

#### 备注

请注意，本档中示例设置中提到的所有产品均不是德州仪器 (TI) 正式认可或推荐的。由于 USB-PD 的复杂性，提供这些产品的目的是为了帮助读者更好地理解并强调 EPR 功能。这些产品并不表示 TPS26750EVM 正常工作所需的特定元件。

## 电池无电安全模式

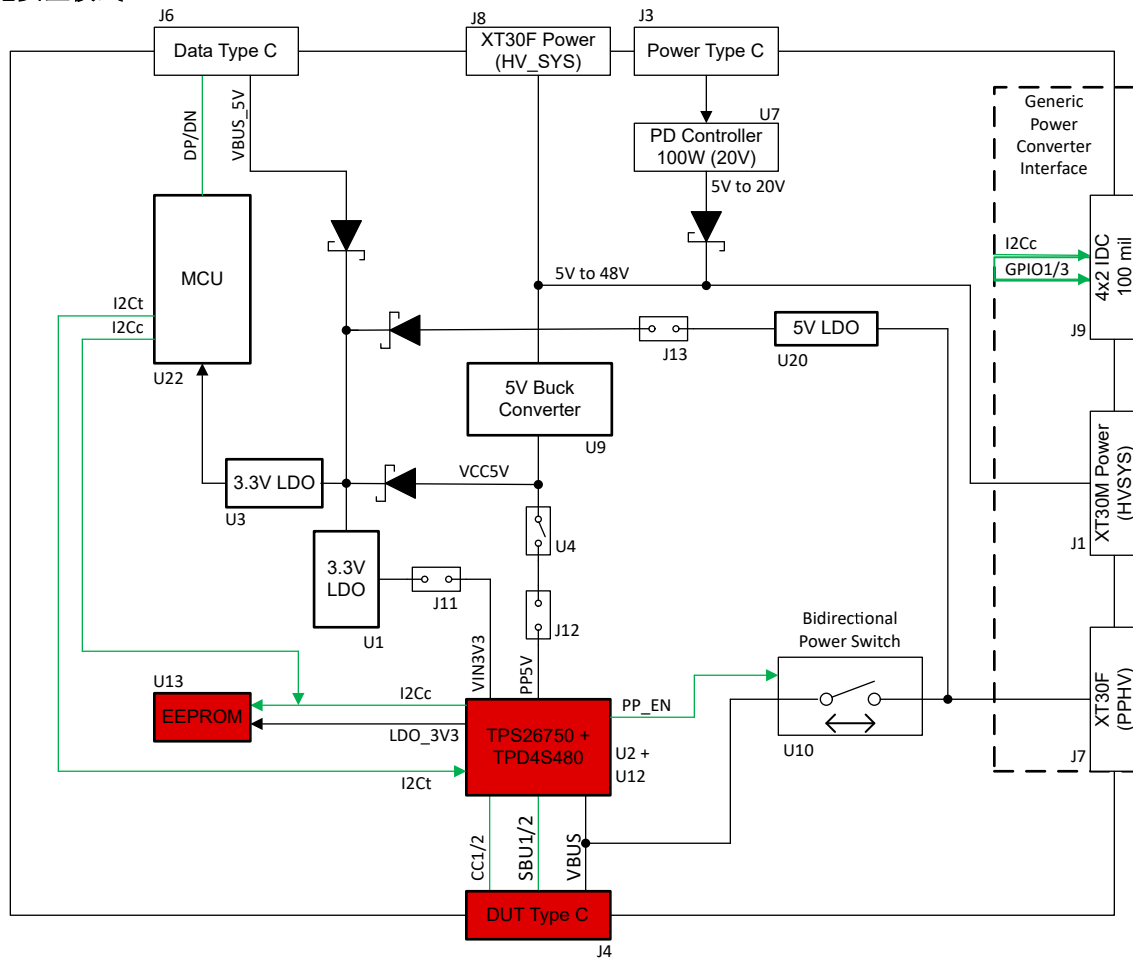


图 2-5. 电池无电安全模式

在电池无电安全模式下测试器件时，EVM 以红色突出显示的部分会在 TPS26750 启动时通电，如图 2-5 所示。组装跳线 J15 后，当 TPS26750 的 VIN\_3V3 引脚未通电，并且支持 USB-PD 的电源连接到 DUT Type C (J4) 连接器时，就会进入此模式。在电池无电安全模式下，双向电源开关 (U10) 会在 TPS26750 启动并加载配置期间保持断开。在此模式下，TPS26750 只能作为受电方，并可以由 5V 至 48V 之间（支持 SPR 和 EPR）的电源供电。在配置加载完成且器件完成引导后，双向电源开关会根据所加载的配置和所连接电源的能力来闭合（或保持断开）。

要使用 TPS26750EVM 成功测试 USB-EPR 扩展功率范围 (EPR) 并成功协商 PD 合约 (PD 电压大于 20V 的 USB-EPR 合约)，必须使用符合 USB-IF 标准且额定功率为 240W 的 USB-C 转 USB-C 电缆。

图 2-6 中的示例设置展示了支持 PD3.1 的 Aergiatech 140W 3 端口的壁式适配器，其 USB-C1 端口能够提供 140W (28V/5A) 的功率，并连接到支持 240W 的 USB-C 转 USB-C 电缆，而该电缆又连接到 TPS26750EVM 的电源 Type C 端口 (J3)。此示例设置能够由连接到 PD Type C 端口 (J4) 的 28V 电源（因为壁式适配器最多可以提供 28V；TPS26750EVM 不限于 28V）供电，该电压处于 USB-PD 扩展功率范围。

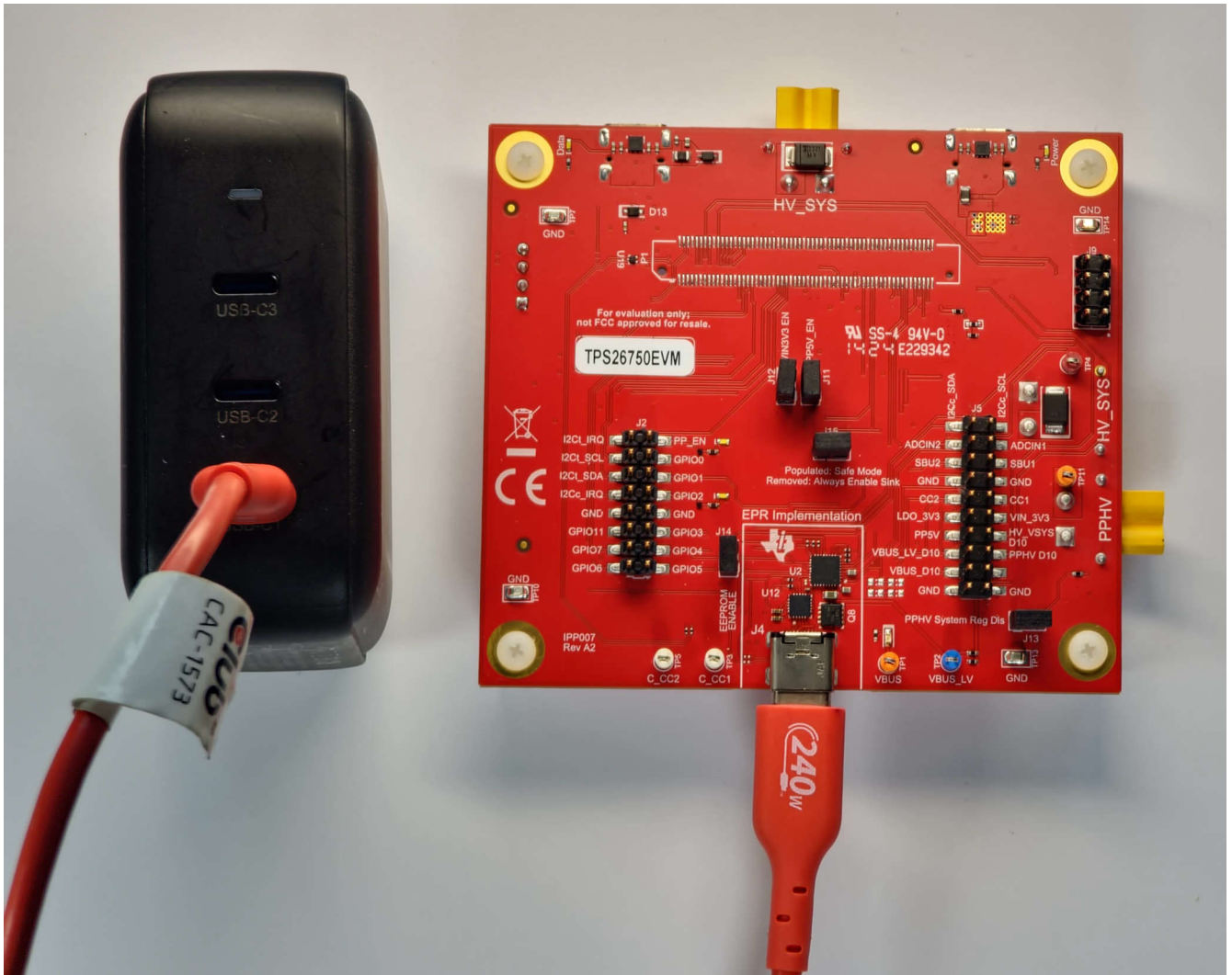


图 2-6. 电池无电安全模式示例硬件设置

### 电池无电始终启用受电

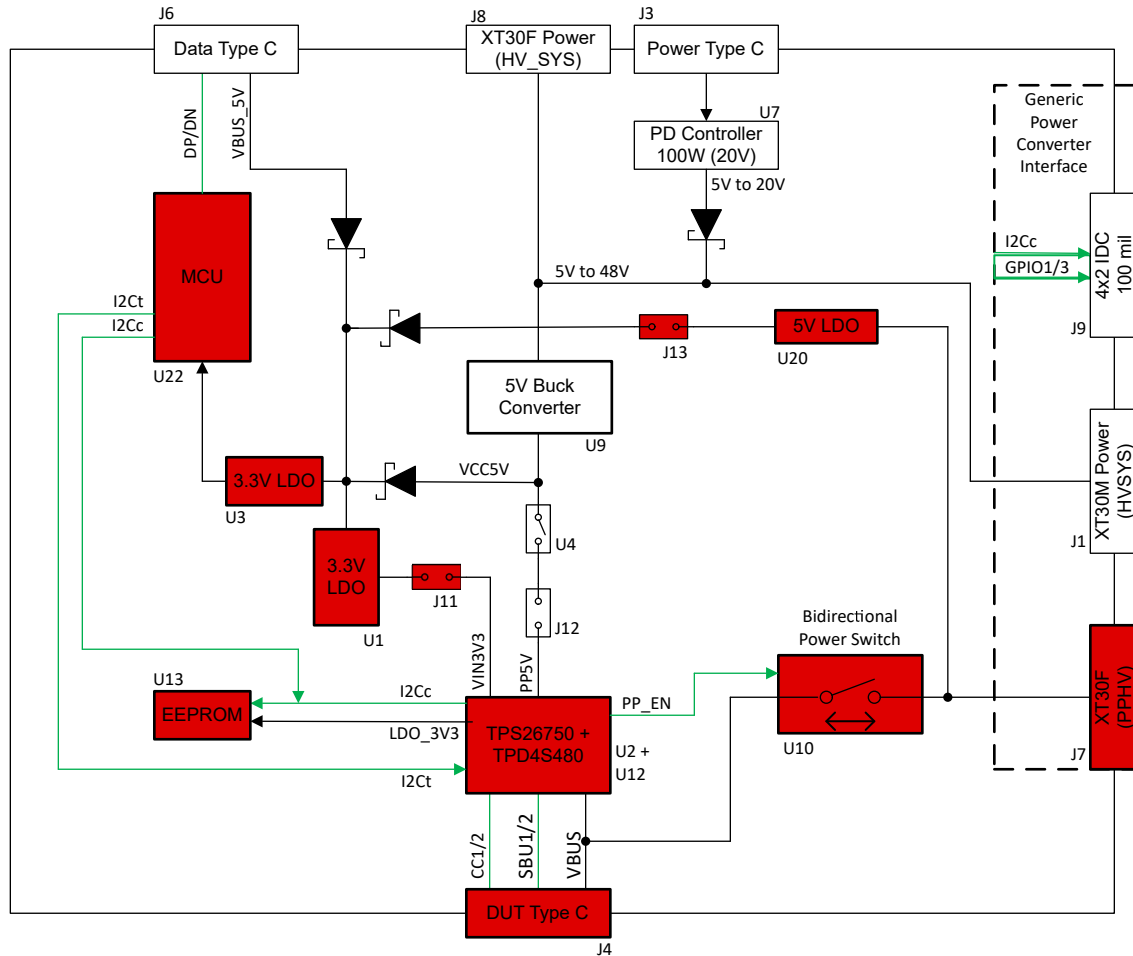


图 2-7. 电池无电始终启用受电方框图

在电池无电始终启用受电模式下测试器件时，EVM 中以红色突出显示的部分会在 TPS26750 启动时通电，如图 2-7 所示。在未组装跳线 J15 时，如果 TPS26750 的 VIN\_3V3 引脚未上电（在建立 USB-C 连接之前），并且支持 USB-PD 的电源连接到 DUT Type C (J4) 连接器，就会进入此模式。在电池无电始终启用受电模式下，双向电源开关 (U20) 会在 TPS26750 启动并加载配置期间闭合。在此模式下，TPS26750 只能作为受电方，并可以由 5V 至 48V 之间（支持 SPR 和 EPR）的电源供电。在配置加载完成且器件完成引导后，双向电源开关会根据所加载的配置和所连接电源的能力来保持闭合（或保持断开）。

示例设置与图 2-6 中的设置相同，只是未组装 J15。此示例设置能够由连接到 PD Type C 端口 (J4) 的 28V 电源供电，该电压处于 USB-PD 扩展功率范围。

## TPS26750 和 BQ25756

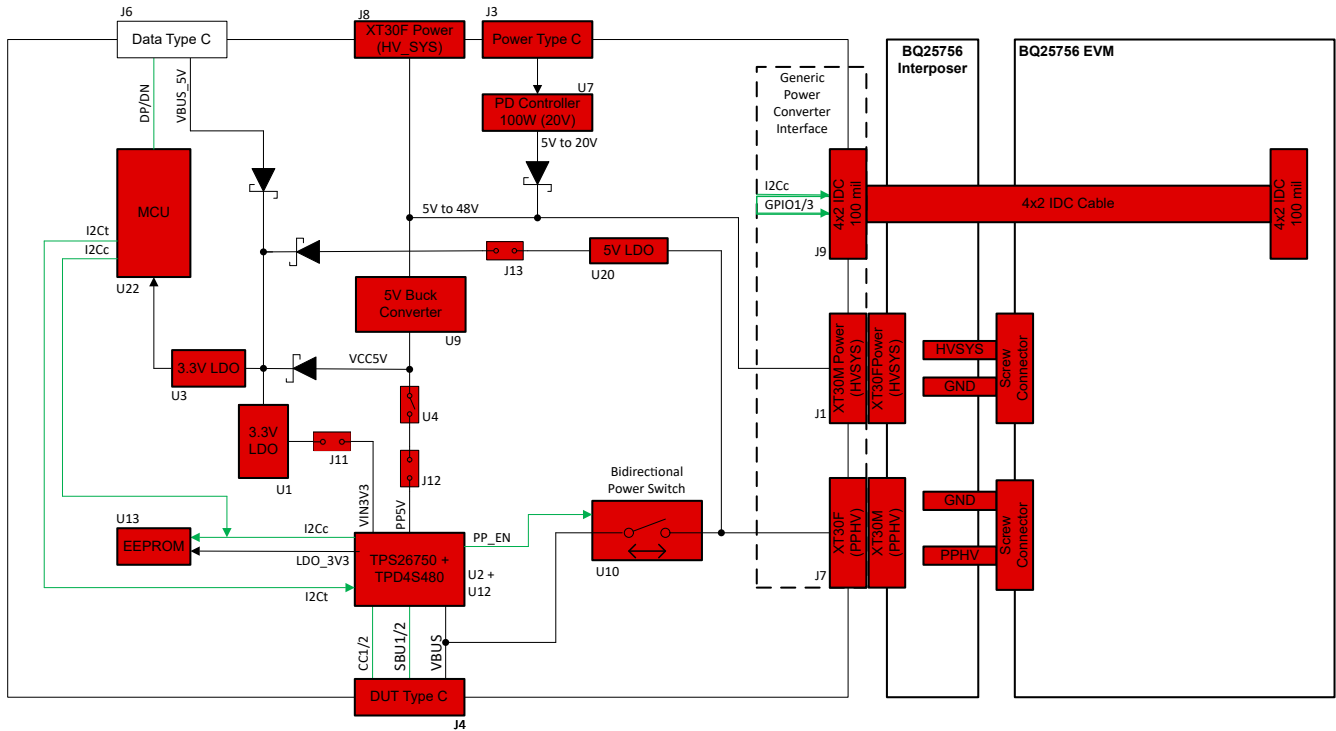


图 2-8. TPS26750 和 BQ25756 方框图

如果用户希望支持 5V 供电，则由于以下电路板要求，电源需要提供至少 18W 的功率：

1. 5V 3A (用于 PP5V 电源路径)
2. 120mA (用于 VCONN)
3. 100mA (用于电路板 MCU (U22))

如果用户希望支持 EPR 供电 (5V 至 48V)，则电源需要至少为 HV\_SYS 网络提供 15V 电压 (使用 J3 或 J8。也可以将电池连接到 J8 进行测试)。但是，用户需提供确切功率具体取决于受电方消耗的预期负载和用户希望提供的最高电压 EPR 合约。

图 2-9 中的示例设置展示了支持 PD3.1 的 Aergiatech 140W 3 端口的壁式适配器，其 USB-C2 端口能够提供 100W (20V/5A) 的功率，并连接到支持 100W 的 USB-C 转 USB-C 电缆，而该电缆又连接到 TPS26750EVM 的电源 Type C 端口 (J3)。此示例设置能够向 PD Type C 端口 (J4) 提供 48V 电源，该电压处于 USB-PD 扩展功率范围。

若要在 EPR 范围内使用 TPS26750EVM 拉取和灌入功率，用户需要将仿真电池连接到 HV\_SYS 接头 (J8)，而不是通过 J3 为电路板供电。

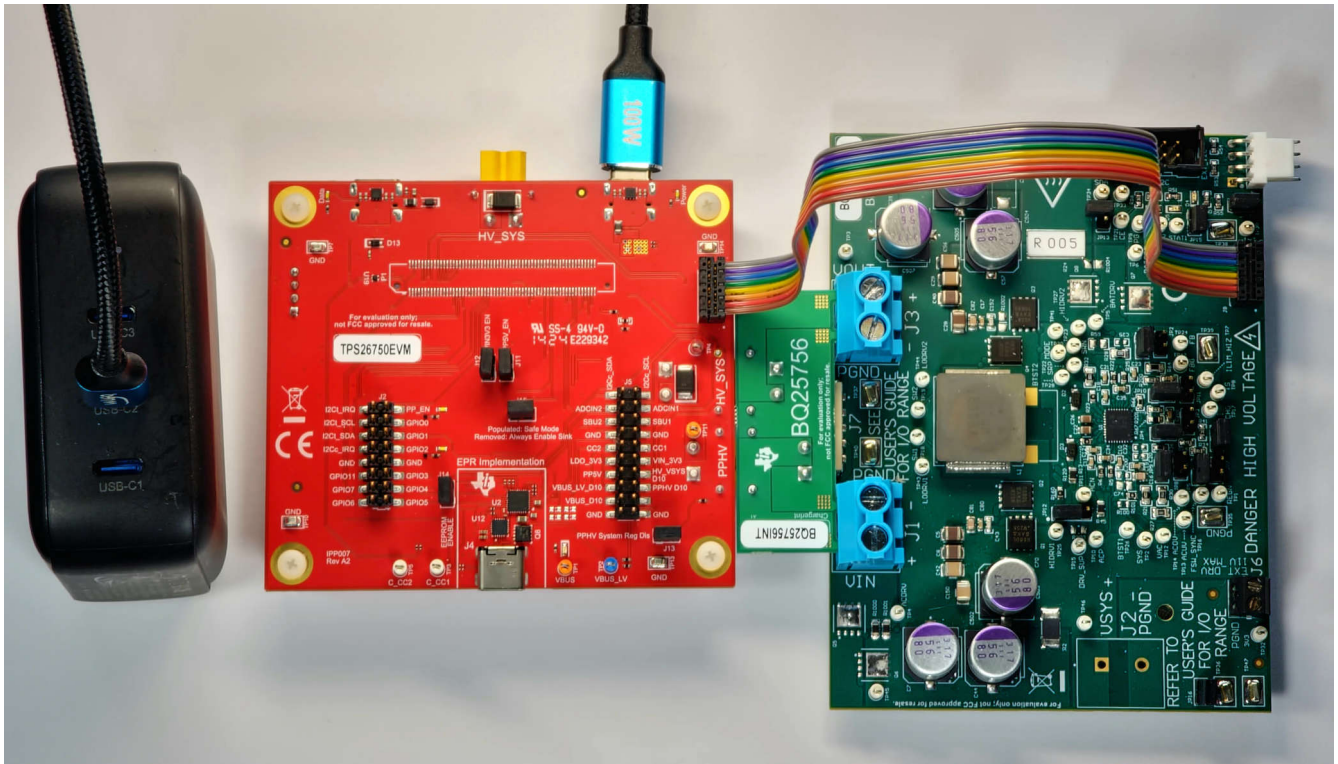


图 2-9. TPS26750EVM 和 BQ25756EVM 示例硬件设置

## 2.4 接头信息

J2 和 J5 接头设置为便于与 5V 和 10V 电平逻辑分析仪的配合使用。测试 TPS26750 所需的最相关信号和电源轨已引出到这些接头。如果使用液体检测功能，请注意接头 J5 上的引脚 SBU1 和 SBU2 不是直接施加于 DUT Type-C 连接器 (J4) 的 SBU 信号，而是从液体检测电路到 TPD4S480 的 SBUx 引脚的 SBU 信号，如图 5-2 所示。

表 2-1. J2 ( TPS26750 数字 )

引脚	名称
1	GPIO5 ( 如果能够在丝印上看到 J2，则为最右下角的引脚 )
2	GPIO6
3	GPIO4
4	GPIO7
5	GPIO3
6	GPIO11
7	GND
8	GND
9	EPR_EN (GPIO2)
10	I2Cc_IRQ
11	GPIO1
12	I2Ct_SDA
13	GPIO0
14	I2Ct_SCL
15	PP_EN ( 缓冲的 POWER_PATH_EN 输出 )
16	I2Ct_IRQ

表 2-2. J5 ( 数字转换器 )

引脚	说明
1	I2Cc_SDA ( 如果能够在丝印上看到 J5 , 则为最左上角的引脚 )
2	I2Cc_SCL
3	ADCIN2
4	ADCIN1
5	SBU2
6	SBU1
7	GND
8	GND
9	CC2
10	CC1
11	LDO_3V3
12	VIN_3V3
13	PP5V
14	HV_SYS_D10 ( HV_SYS 除以 11 )
15	VBUS_D10 ( VBUS 除以 11 ) ( 丝印上标记为 VBUS_LV_D10 )
16	PPHV_D10 ( PPHV 除以 11 )
17	VBUS_LV_D10 ( VBUS_LV 除以 11 ) ( 丝印上标记为 VBUS_D10 )
18	无连接
19	GND
20	GND

**备注**

标签后缀 **\_D10** 表示信号已经除以 10。但是，原始信被除以的实际值为 11；也就是说，如果 **VBUS** 测量值为 48V，则 **VBUS\_D10** 测量值约为 4.36V。

## 2.5 跳线信息

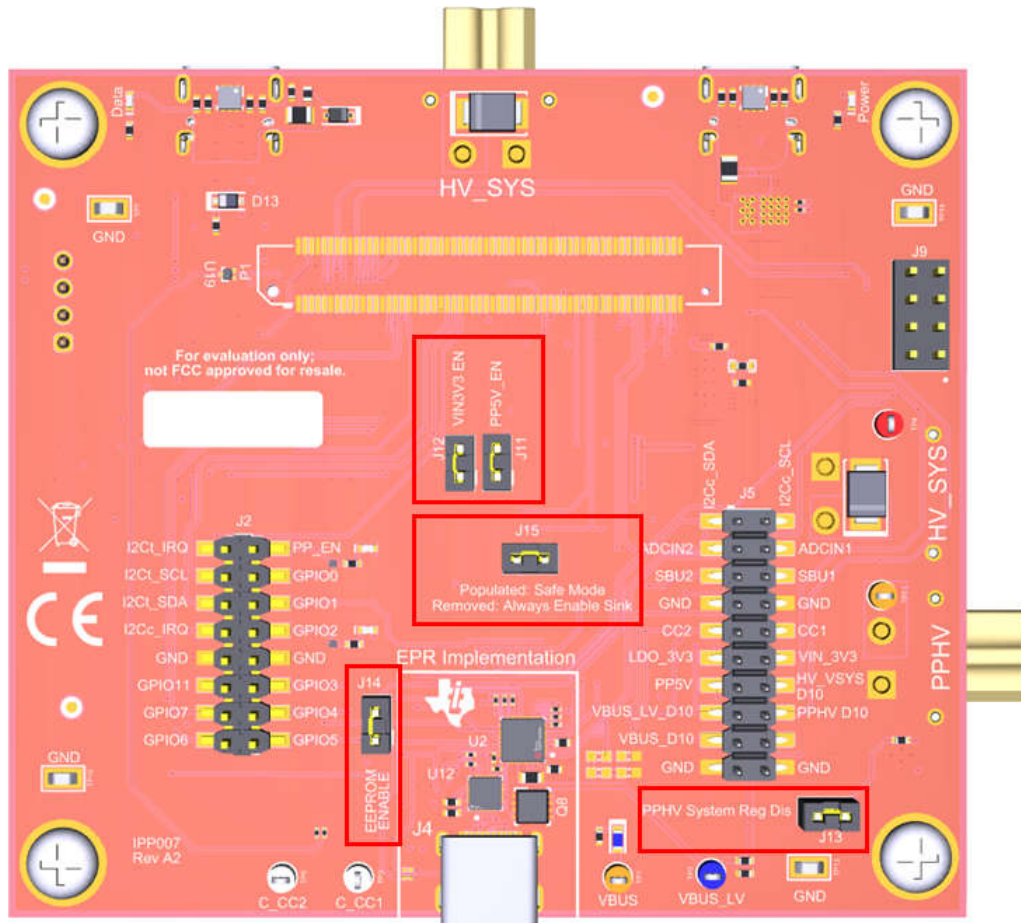


图 2-10. 跳线位置

表 2-3. 跳线 (2)

跳线	名称	行为	
J11 <sup>(1)</sup>	VIN_3V3 EN	已组装	启用 3.3V LDO (U1)，从而为 TPS26750 的 VIN_3V3 引脚提供 3.3V 电压
		已移除	禁用 3.3V LDO (U1)，从而为 TPS26750 的 VIN_3V3 引脚提供 0V 电压
J12 <sup>(1)</sup>	PP5V_EN	已组装	启用开关 U4，从而将 5V 降压转换器 (U9) 连接到 TPS26750 的 PP5V 引脚
		已移除	禁用开关 U4，从而将 5V 降压转换器 (U9) 与 TPS26750 的 PP5V 引脚断开连接
J13	PPHV System Reg Dis	已组装	启用 5V LDO (U20)
		已移除	禁用 5V LDO (U20)
J14	EEPROM ENABLE	已组装	EEPROM 连接到 TPS26750 和系统 MCU (U22)
		已移除	EEPROM 与 TPS26750 和系统 MCU (U22) 断开连接
J15	电池无电配置	已组装	启用安全模式
		已移除	启用始终启用受电方

(1) 请参阅以下关于丝印错误的**注意事项**，以避免混淆



- (2) 有关电池无电配置的更多详细信息，请参阅 [TPS26750 支持扩展功率范围的 USB Type-C® 和 USB PD 控制器](#) 数据表中的 [通过搭接引脚配置默认行为](#)。

## 2.6 按钮

表 2-4. 按钮和 DIP 开关

实例名称	类型	功能
S2	瞬时按钮	用于将系统 MCU 置于编程模式。不用于用户功能，如果使用，可能导致 MCU 无法正常工作

### 小心

使用 S2 可能会导致 MCU 停止工作，从而阻止配置加载到 TPS26750EVM。请勿使用。

## 2.7 接口

### Type-C 数据连接

J6 是一个 USB Type-C 端口，配置为 5V/3A 传统受电方，可提供与 EVM 的全速 USB 连接。J6 用于与 GUI 连接，以进行器件配置和调试。有关如何使用 GUI 的说明，请参阅 [节 3.3](#)。

### 通用电源转换器接口

这三个连接器用于让各种电源转换器板能够与 TPS26750EVM 连接。

下面列出了这三个连接器

1. J7 XT30 连接器：电源路径 (PPHV) 连接器 ( 电源引脚和接地 )
2. J1：XT30 系统电源 (HV\_SYS) ( 电源引脚和接地 )
3. J9：4x2 100mil 90 度 IDC 连接器

连接器放在每个连接器的引脚 1 之间 600mil 间距处。通用电源转换器接口位于电路板的右侧，如 [图 1-1](#) 所示。J9 的连接器从上到下的排列顺序如下 ( 有关引脚排列，请参阅原理图 [图 5-9](#)、[DC2DC 接口](#) )：

表 2-5. IDC 连接器引脚排列

引脚编号	信号
1 ( 由引脚右下方的白点表示 )	PP5V
2	GND
3	GND
4	I2Cc_SCL
5	GPIO1
6	I2Cc_SDA
7	GPIO3
8	LDO_3V3

## 2.8 调试信息

在调试支持 USB-PD 的系统以加快上市速度时，用户可以使用的最重要工具之一是 USB-PD 协议分析仪。USB-PD 规范详细说明了端口伙伴之间如何通过配置通道 (CC) 线路发送信息，而上面提到的分析仪可以将这些数据解码为易于查看的事件日志。这些工具还会显示 DUT CC 引脚上的电压，以检查 Type-C 隐式协议的行为。结合使用此工具与 5V 或 10V 逻辑分析仪来查看接头 J2 和 J5 上的信号，是调试 TPS26750EVM 的不错起点。

在决定要使用的 USB-PD 分析仪时，请确保分析仪设计为与支持 EPR 的设备配合使用。在本文档初始发布时，市场上唯一价格低于 200 美元的器件是 Power-Z KM003C。要使用 Power-Z KM003C 记录端口伙伴之间的 USB-PD 流量，请将该器件在直通模式下与计算机结合使用。有关如何在直通模式下使用 Power-Z KM003C 的信息，请参阅文档制造商。

当充当与端口伙伴 TPS26750 (供电方) 相关的受电方时，此器件还可以逐步执行 USB-PDO 合约 (电源数据对象 (PDO))，以测试 TPS26750EVM 为每个 PDO 供电的能力。该器件所示的设置让用户可以通过 BQ25756EVM 的集成控制来测试 TPS26750EVM 的已配置 USB-PD 合约 (PD)；请参阅图 2-11。

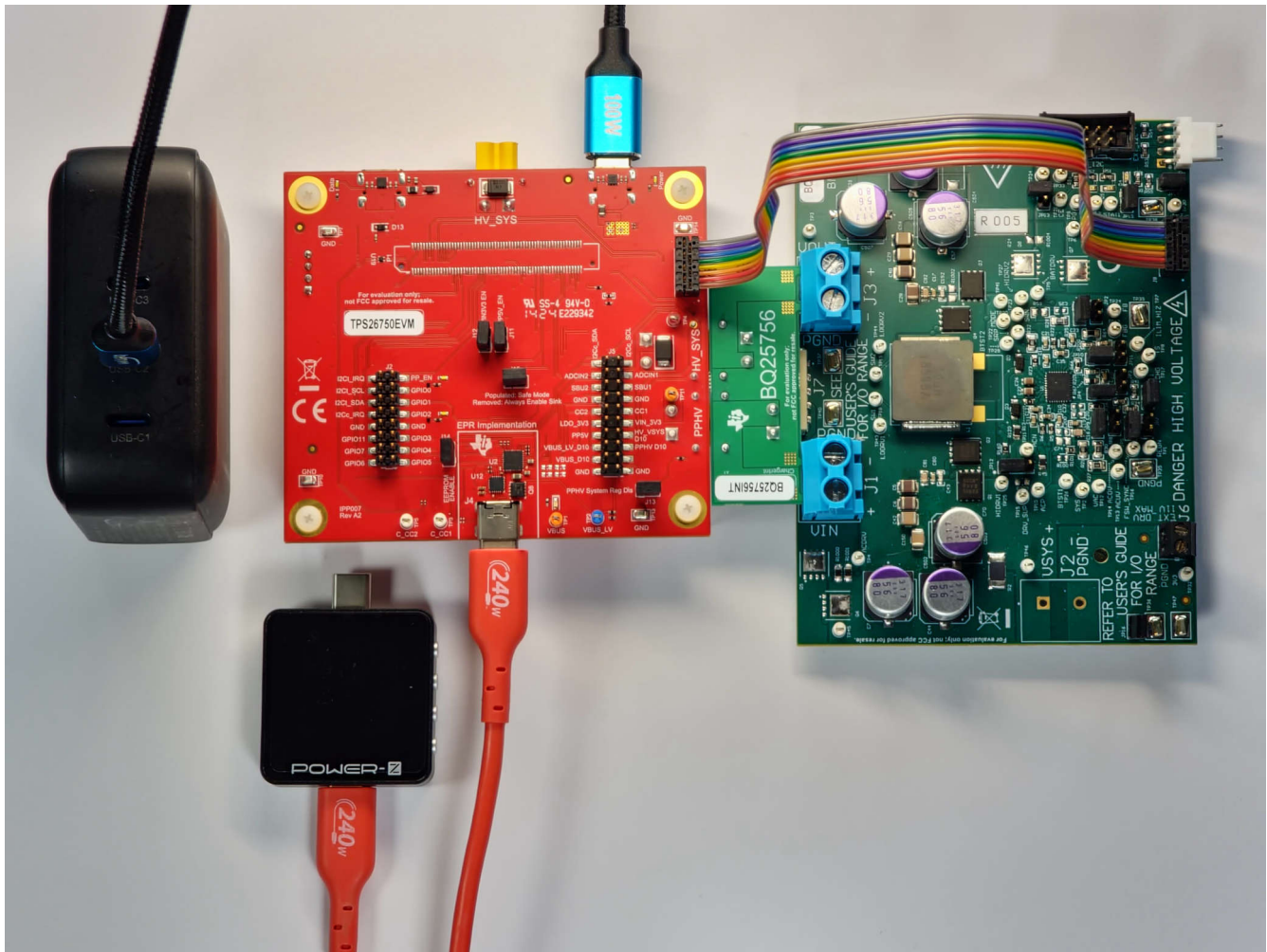


图 2-11. 使用 Power-Z 测试 TPS26750EVM 的供电 PDO 的测试设置

## 针对性调试

如果用户在使用应用程序自定义工具配置 TPS26750 后未看到预期行为，则首先要做的是在 TPS26750EVM 首次上电时监控 I2C 线路，以检查 EEPROM 是否成功将器件配置写入 TPS26750。必须存在 I2C 数据流（从 EEPROM 到 TPS26750），其内容应与从 GUI 中的 *Export Full Flash Binary* 工具导出的二进制内容相匹配。

要使用 TPS26750EVM 成功测试 USB-EPR 扩展功率范围 (EPR)，并成功协商 EPR 合约（电压大于 20V 的 USB-PD 合约），必须使用符合 USB-IF 标准且额定功率为 240W 的 USB-C 转 USB-C 电缆。如果用户能够协商 SPR 合约，但无法协商 EPR 合约，请确保 USB-C 转 USB-C 电缆的额定功率为 240W。

在为 BQ25756EVM 供电并使用该 EVM 期间，如果在协商 USB-EPR 合约后 VBUS 下降（达到 UVLO），请检查连接到 HV\_SYS 网（通过 J8 或 J3）的供电方是否能够为协商的合约提供足够的电流。有关将 BQ25756EVM 与 TPS26750EVM 结合使用的详细信息，请参阅节 4.2。

## 2.9 测试点和 LED

### LED 信息

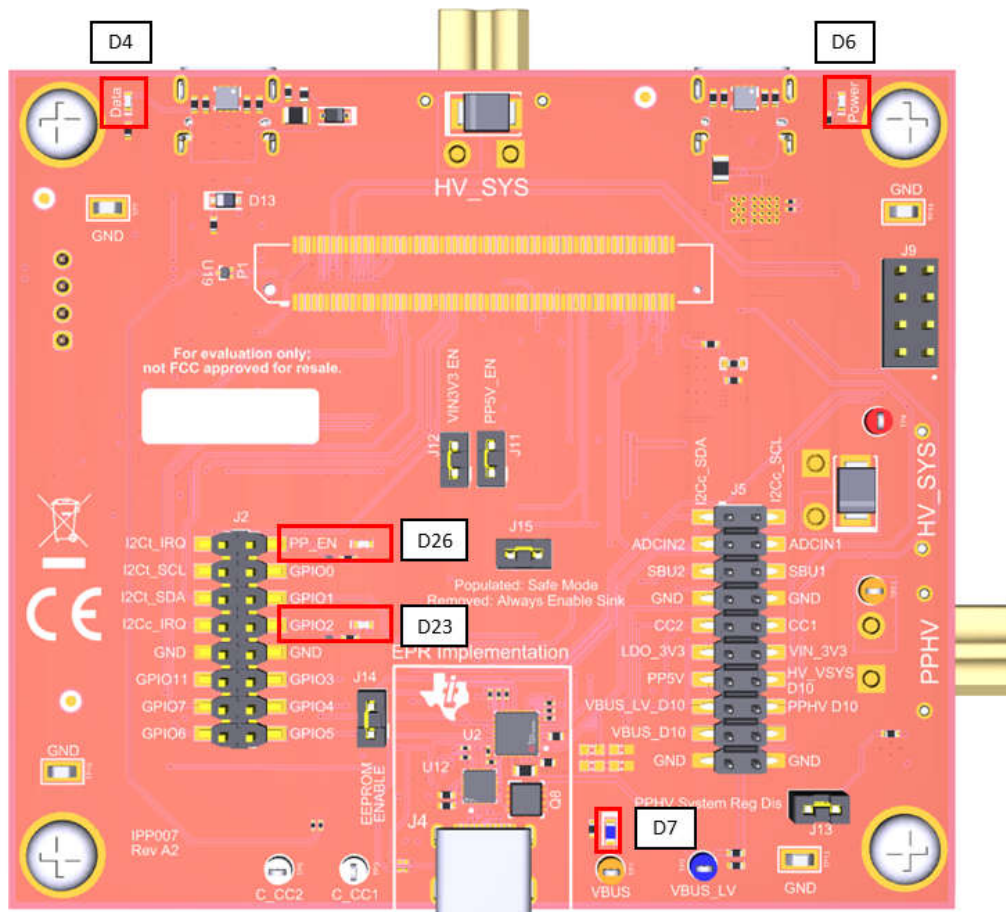


图 2-12. LED 的位置

表 2-6. LED

位号	网标签	说明
D4	RP_VBUS	蓝色 LED，在 USB Type-C 连接到数据 Type-C 端口 (J6) 时亮起。
D6	TC_VBUS_C	蓝色 LED，在 USB Type-C 连接到数据 Type-C 端口 (J3) 时亮起。
D26	NetD26_2	蓝色 LED，指示 POWER_PATH_EN 被驱动为高电平以启用双向电源路径 (PPHV)。
D23	NetD23_2	蓝色 LED，指示 GPIO2 (EPR_EN) 被驱动为高电平以显示 TPS26750 处于 EPR 模式。
D7	NetD7_2	蓝色 LED，在 VBUS 被驱动至 5V 或更高电压时亮起。

表 2-7. 测试点

名称	测试点	说明
VBUS	TP1	VBUS ( 5V 至 48V )
VBUS_LV	TP2	VBUS_LV。SPR 模式中的 VBUS 或者 EPR 模式中的 (VBUS x 42.1875%)
PPHV	TP11	高压电源路径
HV_VSYS	TP4	高压系统电源
C_CC1	TP3	连接器侧 (J4) CC1
C_CC2	TP5	连接器侧 (J4) CC2
GND	TP7、TP10、TP13、TP13	接地

## 3 软件

### 3.1 软件说明

所需软件可从 [TI Gallery](#) 获取并可在浏览器中运行，也可以安装到计算机并在本地运行。浏览器要求：

1. Google Chrome®、Firefox® 或 Safari®。
2. 将 TI Cloud Agent 作为浏览器扩展安装在 PC 上。
  - a. 该应用程序首次启动时，将显示安装 TI Cloud Agent 的说明。

PC 要求：

1. 安装 GUI Composer Runtime。
  - a. 若要安装 GUI Composer Runtime，请点击 [Gallery](#) 中所列应用之一内的向下箭头，然后查看显示的底部链接集。在选择本机操作系统后，打开安装程序并按照提示安装程序。

### 3.2 软件安装

#### 3.2.1 网络浏览器

1. 导航到 [Developer Gallery](#)。
2. 在 [Gallery](#) 的搜索栏中输入 `USBCPD_Application_Customization_Tool`。
3. 找到后，点击标题为 `USBCPD_Application_Customization_Tool` 的卡片。
4. 此时将打开一个新选项卡，并自动启动应用程序。如果尚未安装 TI Cloud Agent，则会显示安装所需软件的说明。

#### 3.2.2 本机应用

1. 导航到 [Developer Gallery](#)。
2. 在 [Gallery](#) 中搜索 `USBCPD` 应用程序自定义工具。
3. 找到之后，点击卡片左下方的向下箭头，然后查看显示的顶部链接集。选择本机操作系统，然后打开安装程序。下载按钮见下图。

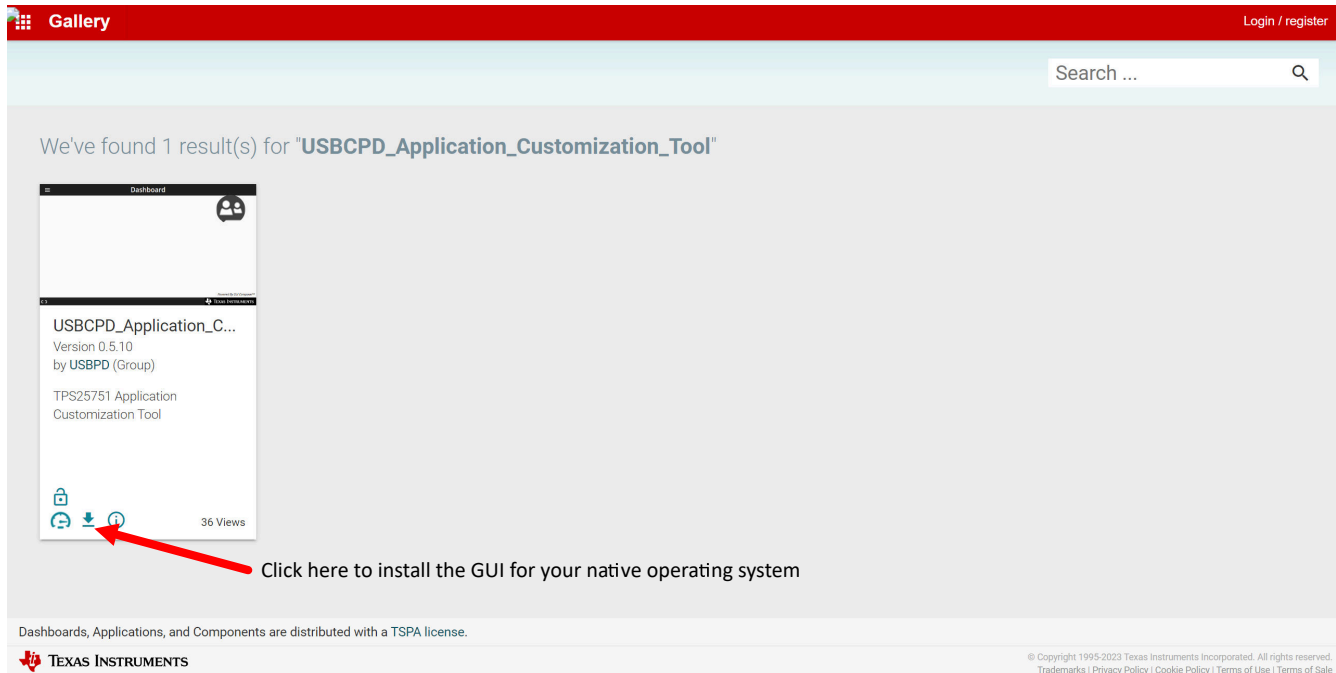


图 3-1. 应用程序自定义工具下载

4. 安装程序打开后，按照说明安装应用。

### 3.3 软件开发

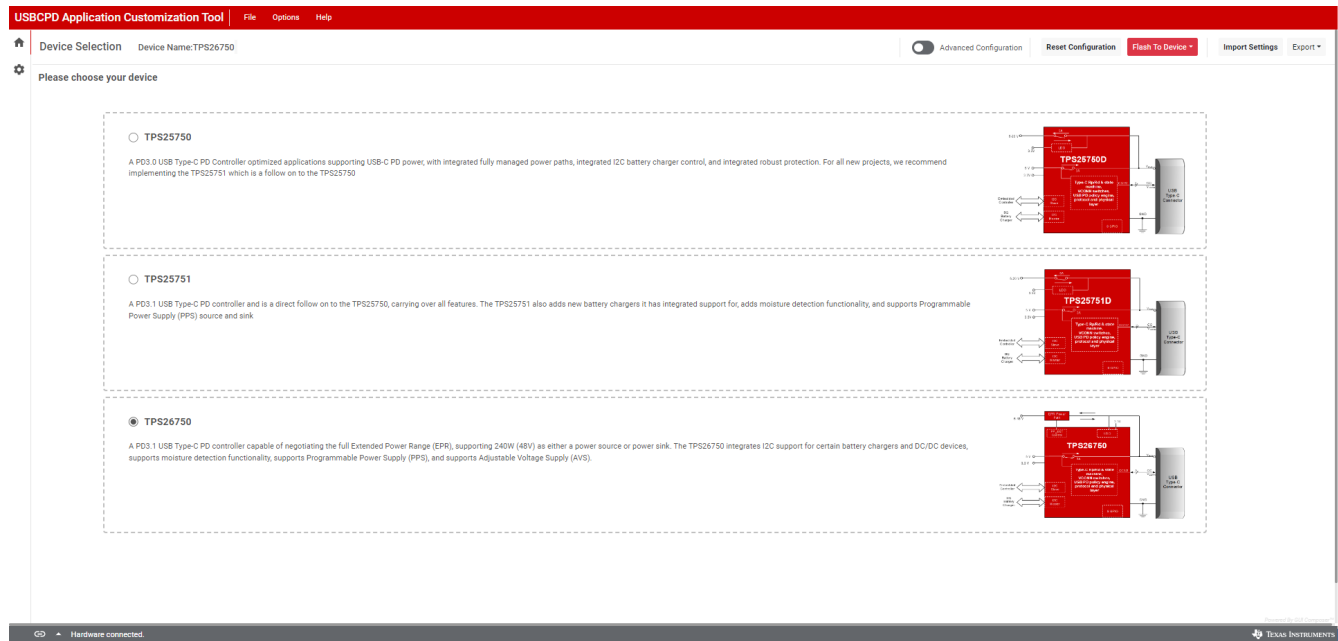
应用程序自定义工具为用户提供以下功能：

- 生成新的配置设置。
- 将配置设置加载到器件。
- 以 JSON 格式保存配置信息。
- 以二进制和 C 格式导出配置设置。
- 进入调试模式。有关更多信息，请参阅节 2.8

### 3.4 使用应用程序自定义工具

#### 3.4.1 默认视图

启动应用程序自定义工具后，将显示一个页面，其中包含 TPS25750、TPS25751 和 TPS26750 的器件选择。选择 TPS26750 以开始配置。



#### 3.4.2 选择配置

GUI 的第一个问题要求选择 TPS26750 用于的配置。5 种配置根据电源角色分为三大类：

1. 供电方（提供方）和受电方（消费方），也称为双角色电源 (DRP)
2. 仅受电方（消费方）
3. 仅供电方（提供方）

根据所选的配置，某些问题将被禁用。有关每种配置的详细信息，请参阅下图和下表。

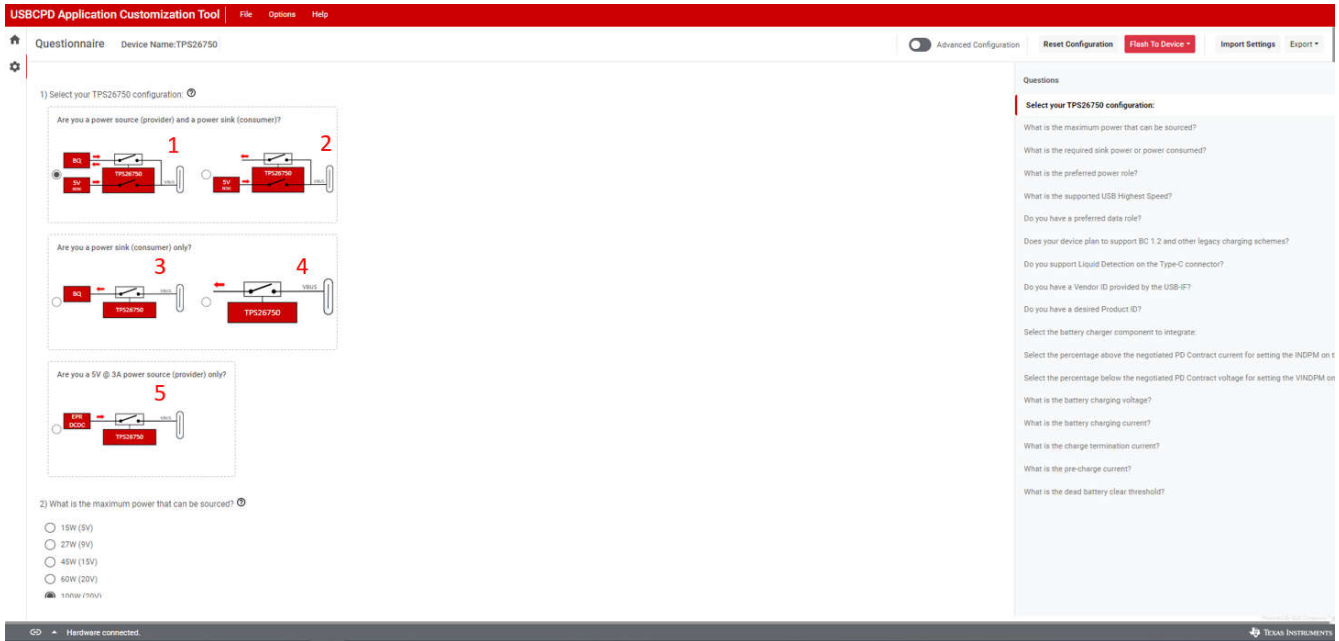


图 3-2. 应用程序自定义工具配置

表 3-1. TPS26750 配置

配置索引	电源角色	BQ 支持
1	供电和受电 (DRP)	是
2	供电和受电 (DRP)	否
3	仅受电	是
4	仅受电	否
5	仅供电	否

### 3.4.3 填写调查问卷

完成问题 1 的选择后，继续回答其余问题，以实现从 TPS26750EVM 的刷写或生成并保存完整配置。根据问题 1 的选择，剩余的一些问题可能无法选择。

#### 调查问卷说明

问题 1：节 3.4.2

问题 2：您希望通过 DUT Type C 端口 (J4) 从 TPS26750EVM 提供的最大功率是多少瓦？如果选择了仅受电配置，则此问题不可供选择。

选择可输出的最大功率时，TPS26750 的“发送供电方能力”寄存器 (0x32) 通过添加默认的供电 PD (每个 PDO 也称为 USB-PD 合约) 进行配置，如图 3-6 中所示。

#### 备注

通过进入高级配置模式，可以手动访问和修改本节中提及的所有寄存器。节 3.4.4 详述了此操作。

问题 3：您希望通过 DUT Type C 端口 (J4) 向 TPS26750EVM 输入的最大功率是多少瓦？如果选择了仅供电配置，则此问题不可选择。

选择可输入的最大功率时，TPS26750 的“发送受电方能力”寄存器 (0x33) 通过添加默认的受电 PD (每个 PDO 也称为 USB-PD 合约) 进行配置。

表 3-2. 与问题 2 和问题 3 中选定功率相关联的 PDO

选定功率选项	默认 SPR PDO
15W (5V)	5V/3A

**表 3-2. 与问题 2 和问题 3 中选定功率相关联的 PDO (续)**

选定功率选项	默认 SPR PDO
27W (9V)	5V/3A、9V/3A
45W (15V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A
60W (20V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A、20V/3A
100W (20V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A、20V/5A

寄存器 0x32 和 0x33 中包含的 PDO 与表 3-2 中选定的功率选项相关。

如果所需功率大于 100W，并且选择了大于 100W 的选项，则大于 100W 的 PDO 为 EPR PDO，默认生成的 PDO 如表 3-3 所示。PDO 会按顺序列出。单个固定 PDO 会按 “[PDO 电压值]V/[PDO 电流]A” 格式列出：

**表 3-3. EPR 功率范围**

选定功率选项	默认 SPR PDO	默认 EPR PDO
140W (28V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A、20V/5A	28V/5A、AVS PDO
180W (36V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A、20V/5A	28V/5A、36V/5A、AVS PDO
240W (48V)	5V/3A、9V/3A、15V/3A、20V/5A	28V/5A、36V/5A、48V/5A、AVS PDO

**问题 4：**如果在问题 1 中选择了 DRP 配置 (配置索引 1 或 2)，则问题 4 确定 TPS26750EVM 优先选择哪个电源角色 (供电方或受电方)。如果选择了配置索引 3、4 或 5，则此问题不可选择。在这种情况下，优先选择的含义如下：

- 如果 TPS26750EVM 优先选择为供电方，并在连接到端口伙伴后充当受电方，则 TPS26750 会请求端口伙伴交换角色 (电源角色交换)，以尝试成为供电方。
- 如果 TPS26750EVM 优先选择为受电方，并在连接到端口伙伴后充当供电方，则 TPS26750 会请求端口伙伴交换角色 (电源角色交换)，以尝试成为受电方。

**问题 5：**DUT 支持的 USB 速度是多少？根据选择，这决定了 PD 协商期间枚举的 USB 速度。如果不需要 USB 数据，则选择 *No USB data is being used*。

**问题 6：**DUT 的首选数据角色 (UFP、DFP 或双角色端口 (不同于双角色电源，电源角色)) 是什么？在隐式 Type-C 合约 (发生在显式 USB-PD 合约之前) 建立时，电源角色和数据角色为供电方和 DFP 或受电方和 PD。如果此组合不满足应用的 USB 数据角色需求，则选择首选的数据角色将允许 TPS26750 在合适的情况下请求数据角色交换。如果没有偏好，则选择 *No*。此信息存储在端口控制寄存器 (0x29) 中。

#### 备注

有关 TPS26750 中寄存器的更多详细信息，请参阅 TPS26750 技术参考手册。

**问题 7：**应用是否支持 USB 电池充电 1.2 (BC1.2) 和传统充电？根据选择，TPS26750 可以枚举不同的 BC1.2 充电方案。有关 BC1.2 实现的更多详细信息，请参阅 [TPS26750 针对电源应用进行了优化且具有集成电源开关的 USB Type-C® 和 USB PD 控制器数据表](#)。

#### 备注

TPS26750EVM 出厂时不支持 BC1.2。要将 TPS26750EVM 与 BC1.2 结合使用，请使用 0Ω 电阻器组装电阻器 R77 和 R78 (位于电路板顶部 TP3 右侧和 J4 左侧，如图 3-3 所示)，并移除电阻器 R25 和 R26 (位于电路板底部 U13 下方，如图 3-4 所示)。



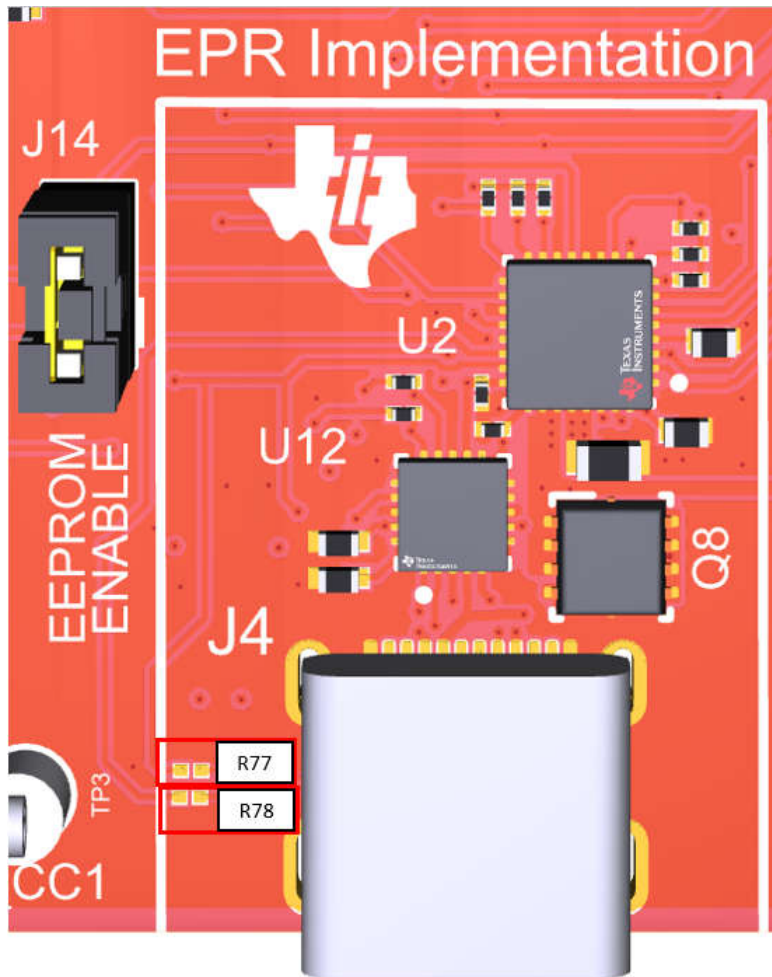


图 3-3. 电阻器 77 和 78 位置

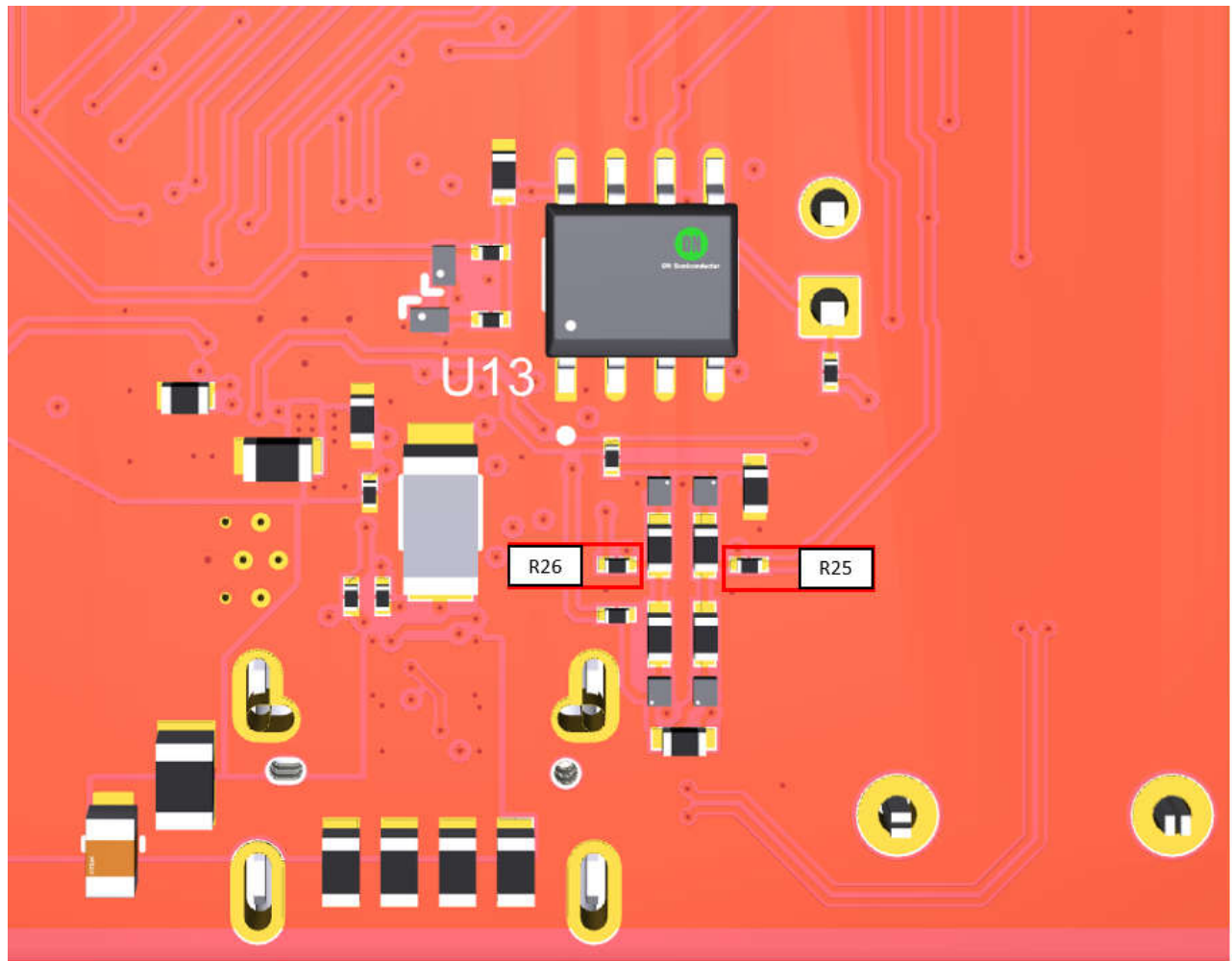


图 3-4. 电阻器 25 和 26 位置

**问题 8：** 启用或禁用液体检测支持。这是 TPS26750 的一项新功能，符合用于液体检测和腐蚀缓解的 Type-C 规范。有关更多详细信息，请参阅节 4.1。

#### 备注

TPS26750 无法同时支持 BC1.2 和液体检测，因为这两个功能使用相同的 GPIO 引脚（GPIO4 和 GPIO5）。

**问题 9：** 允许输入供应商 ID。供应商 ID 由 USB-IF 提供，是一个 4 位十六进制值。选择 **Yes** 选项以输入所需的供应商 ID，否则选择 **No**。

**问题 10：** 在选择 **Yes** 后允许输入产品 ID（4 位十六进制配置标识符）。如果未使用，请选择 **No**。

问题 11 到 18 对应于配置所选 BQ（电池充电器）器件（如果适用）。仅当在第一个问题中选择了包含 BQ 块的配置时，这些问题才可填写。对于所有其他配置（不带 BQ 块的 TPS26750），这些问题均被禁用。有关每个问题的更多详细信息，请参阅节 4.2.2。

TPS26750 支持与 BQ25756 IC 进行集成。如果将 BQ25756EVM 与 TPS26750EVM 结合使用，则可以使用问题 1 中带有 BQ 块的任何配置。

### 3.4.4 高级配置模式

要配置其他字段和寄存器，例如 I2C 中断屏蔽、GPIO 事件或对供电/受电 PDO 进行自定义更改，请点击工具顶部的 *Advanced Configuration* 滑块。点击该滑块后，会出现一条消息，要求在启用 *Advanced Configuration* 之前进行确认。

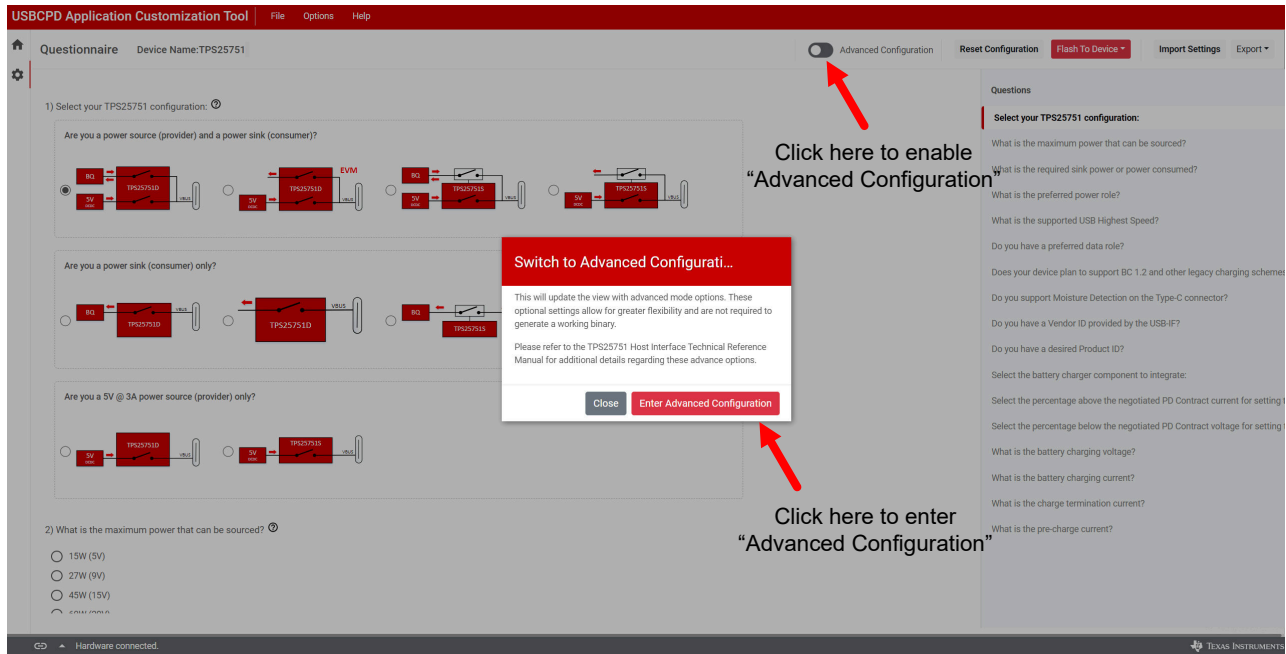


图 3-5. 启用高级配置

启用“Advanced Configuration”后，齿轮图标下方的左侧将出现一个“Advanced”图标，用于返回到调查问卷。在“Advanced Configuration”中，用户能够对 TPS26750 上的特定寄存器进行配置。有关寄存器字段及其说明的详细信息，请参阅 TPS26750 技术参考手册。请参阅以下有关在 Transmit Source Capabilities (0x32) 下配置 Source\_PDO\_4 的示例。

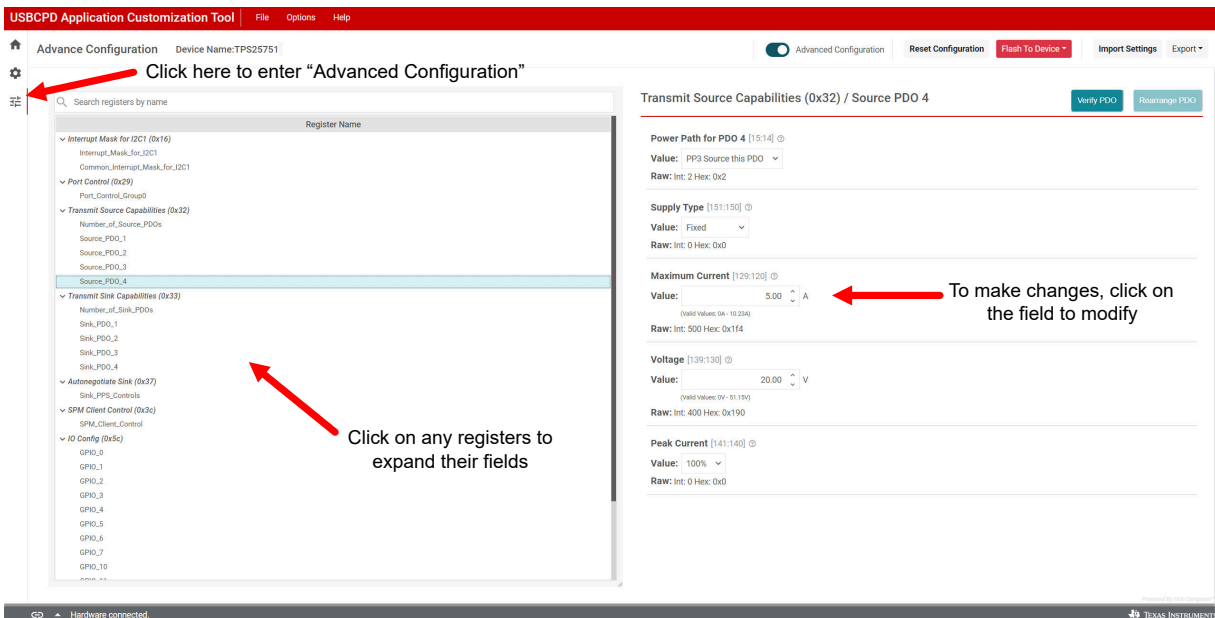


图 3-6. 使用高级配置

### 3.4.5 将配置刷写到 TPS26750

应用程序自定义工具用于直接将配置加载到 TPS26750 中。要刷写配置，请执行以下步骤：

1. 打开应用程序自定义工具
2. 将 USB-A 转 USB-C 电缆或 USB-C 转 USB-C 电缆的 USB-C 端连接到数据 Type-C 端口 (J6)。
3. 将电缆的另一端连接到已打开应用程序自定义工具的笔记本电脑或计算机。
4. 确保填充 TPS26750EVM 上的 J11 跳线。

#### 备注

要使用 BQ25756EVM 评估电池充电应用，请在成功加载配置并分别从端口 J8 和 J6 移除电源 Type-C 和数据 Type-C 连接后，将 BQ25756EVM 连接到 TPS26750EVM。此外，确保没有任何器件连接到 J4。如果需要将新配置加载到 TPS26750EVM 中，则**必须**断开与 BQ25756EVM 的所有连接，直到加载新配置并断开端口 J4、J8 和 J6 为止。

打开应用程序自定义工具并完成调查问卷，有关每个问题的详细信息，请参阅节 3.4.3。完成调查问卷且正确连接 TPS26750EVM 后，点击“Options”→“Serial Port Configuration”，确保选择正确的 COM 端口（需要在 COM 端口旁边列出德州仪器 (TI)）。有关参考，请参阅图 3-7。

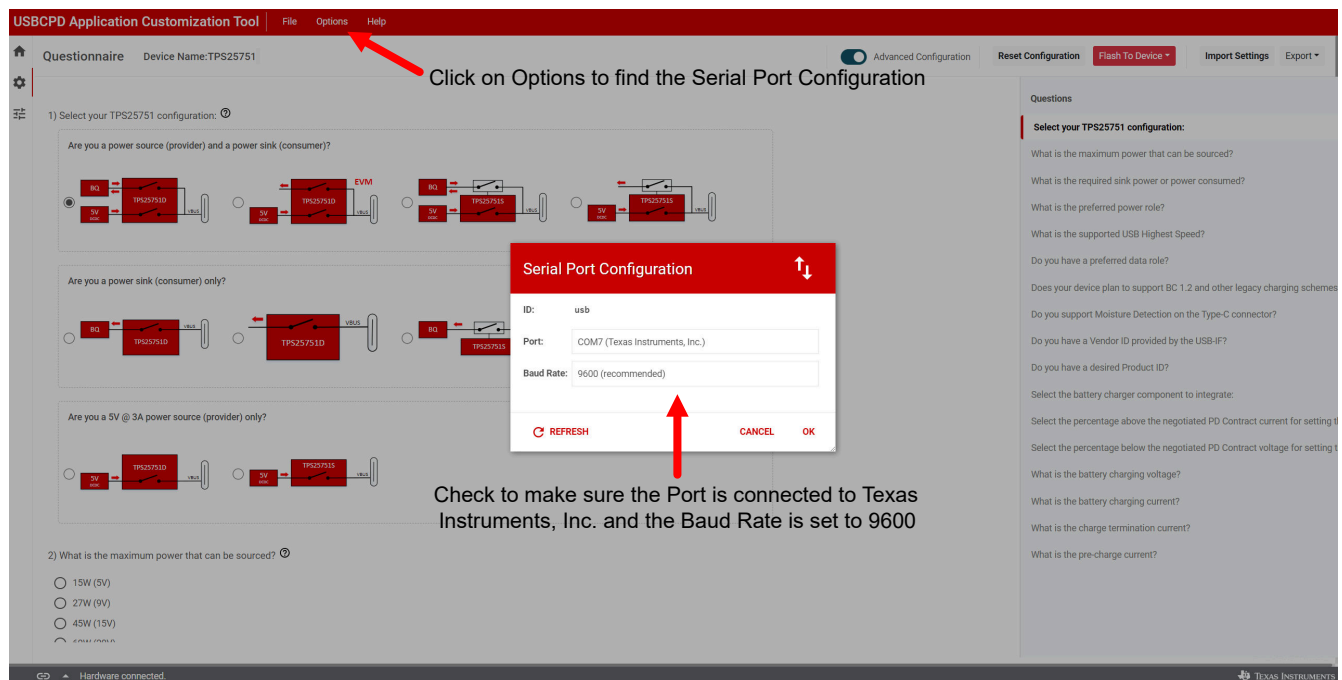


图 3-7. 串行端口配置设置

如果 TPS26750EVM 无法连接到应用程序自定义工具，则执行以下调试建议：

1. 确保计算机与 TPS26750EVM 之间的连接线支持数据传输。
2. 确保在任何给定时间仅运行应用程序自定义工具的一个选项卡（或者如果使用本地运行应用程序，则为一个实例）。同时运行的多个工具可能会导致通信问题。

填写调查问卷并将 TPS26750EVM 连接到应用程序自定义工具后，点击“Flash To Device → Flash to device from current configuration”。

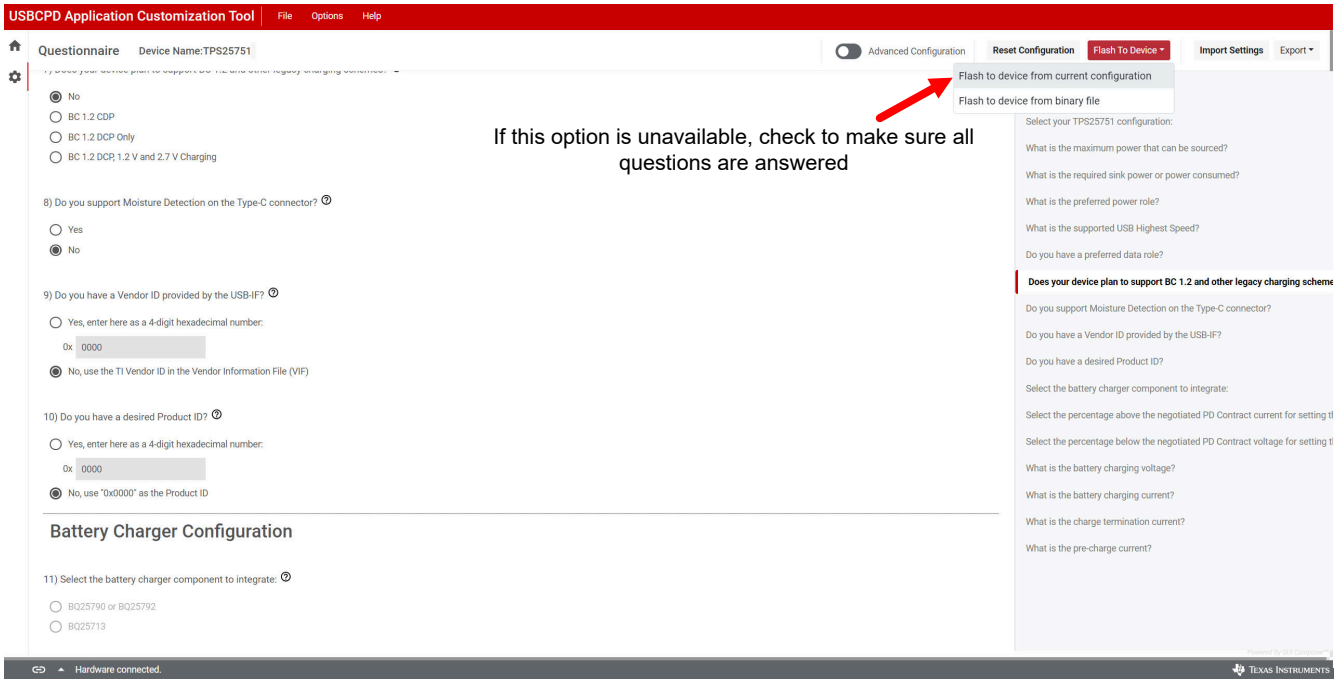


图 3-8. Flash to Device from Current Configuration

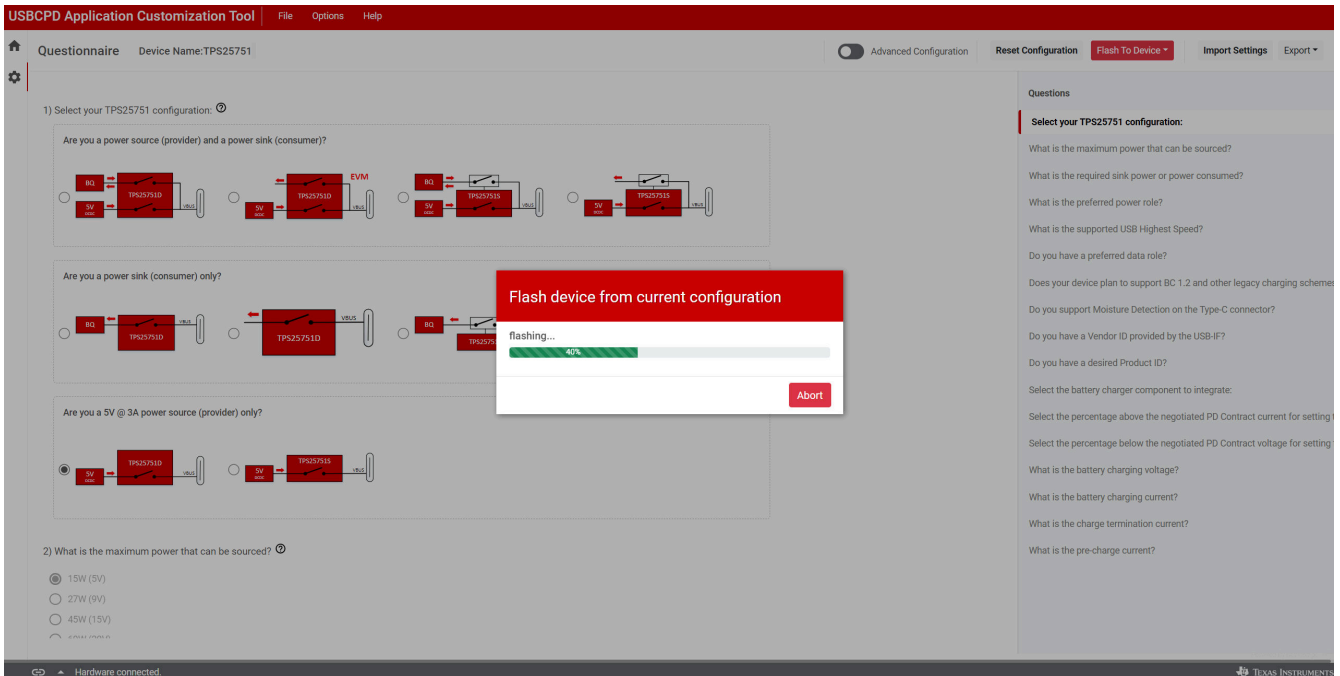


图 3-9. Flash to Device from Current Configuration

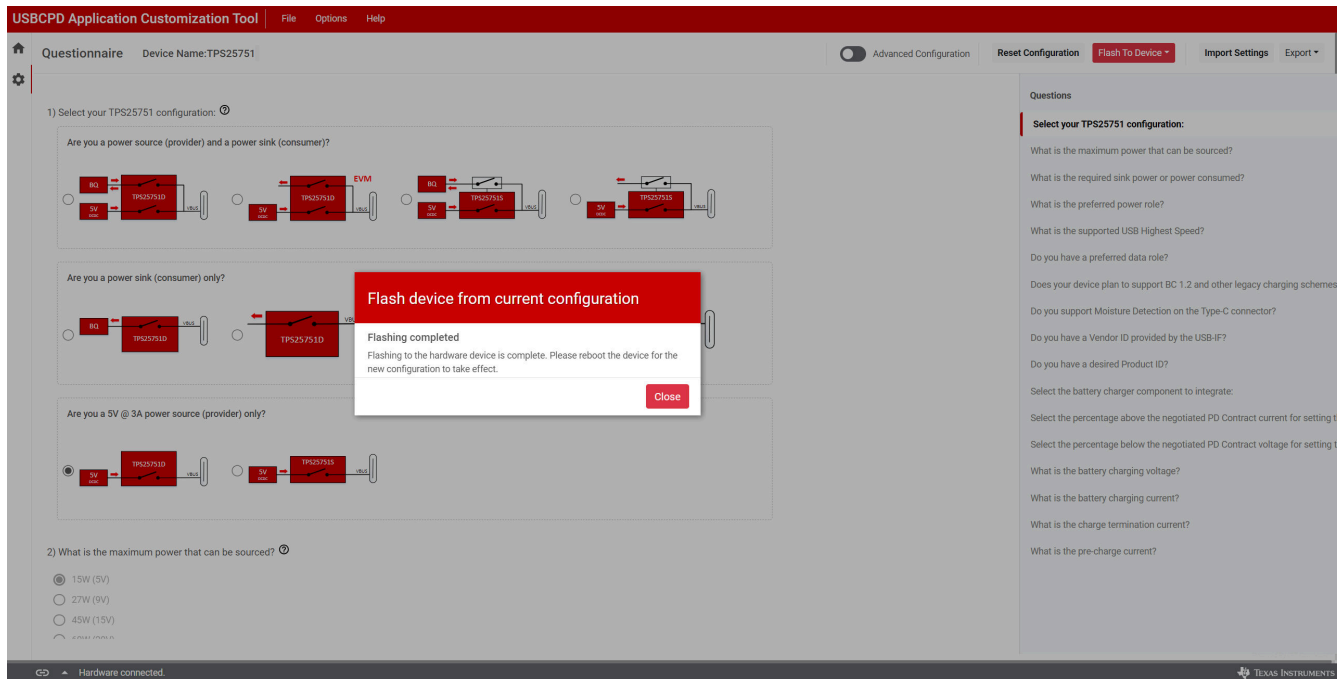


图 3-10. Flash to Device from Current Configuration

**备注**

工具刷写配置时，请勿连接或断开 TPS26750EVM 上的任何电缆。在刷写时连接或断开任何电缆可能会导致错误。

**从现有二进制文件刷写到器件**

如果之前生成了二进制文件，则可以将二进制文件直接加载到 TPS26750EVM 中，而无需再次填写调查问卷。确保按照上述步骤操作后 TPS26750EVM 已被检测到并已连接到应用程序自定义工具，并在 **Flash to Device** 标题下选择 **Flash to Device From Binary File**，而不是 **Flash to Device from Current Configuration**。从目录中选择所需的 .bin 文件，然后点击“OK”。

**备注**

从现有二进制文件刷写到 TPS26750EVM 时，请确保二进制文件是全闪存二进制文件，而不是低区二进制文件。更多细节，请见节 3.4.6.3。

### 3.4.6 其他设置

#### 3.4.6.1 生成新配置

要为 TPS26750EVM 生成新的配置，请点击工具右上角的 **Reset Configuration** 按钮（该按钮位于 **Flash to Device** 下拉菜单旁边）。该按钮会擦除现有配置并将表单重置回默认设置。TI 建议在重置前先导出现有表单，以免现有配置丢失。有关如何保存配置的详细信息，请参阅节 3.4.6.2。

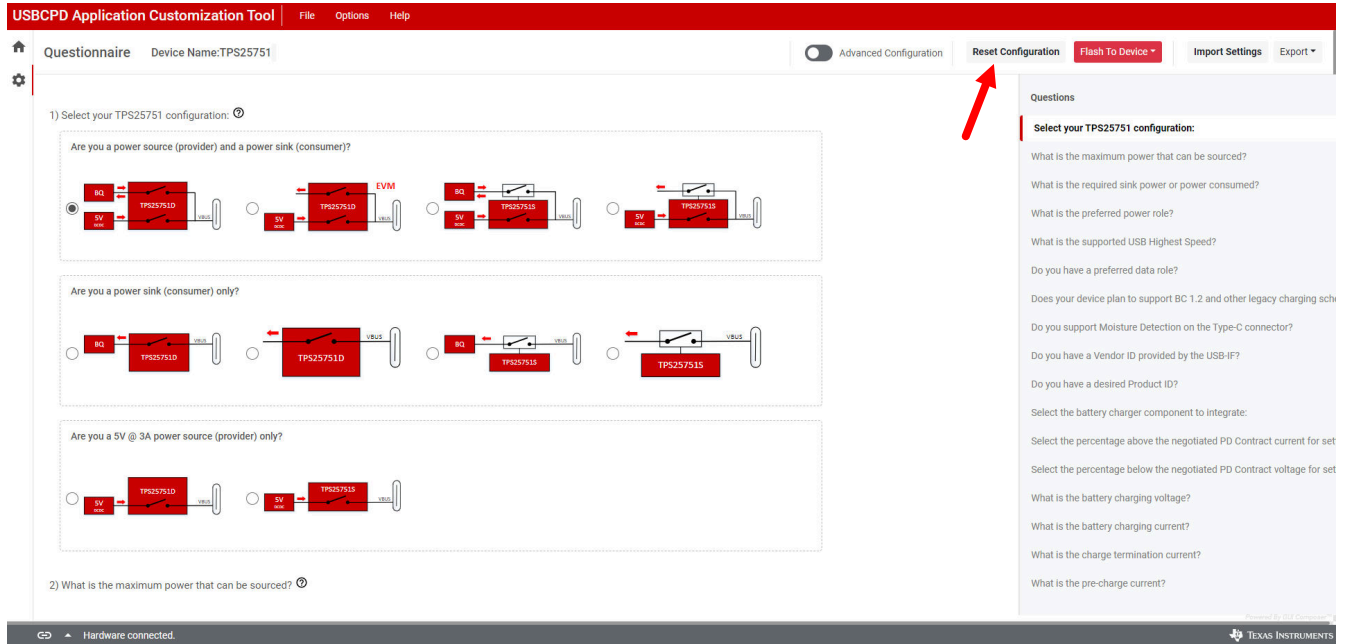


图 3-11. 复位配置

### 3.4.6.2 导出和导入设置

要保存当前工具设置，包括表单所示的器件当前配置，请点击工具右上角的 **Export** 下拉按钮，然后点击 **Export settings**。这将打开一个窗口，用户可以在其中更改设置的文件名。输入文件名，然后点击 **Export** 以导出 JSON 文件。

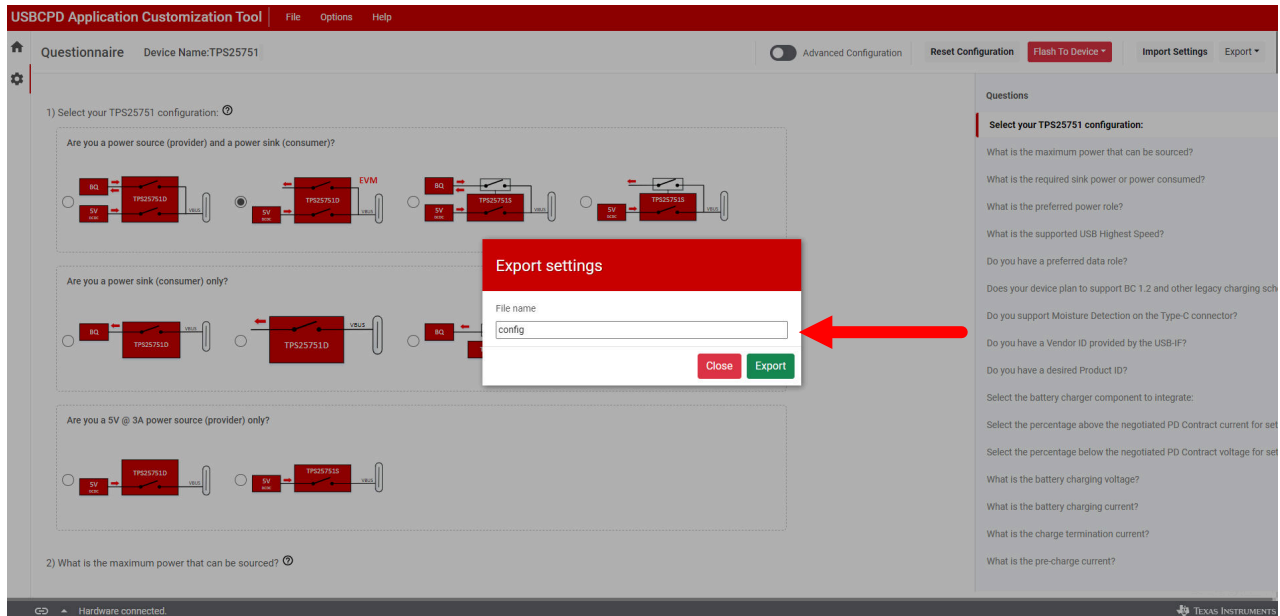
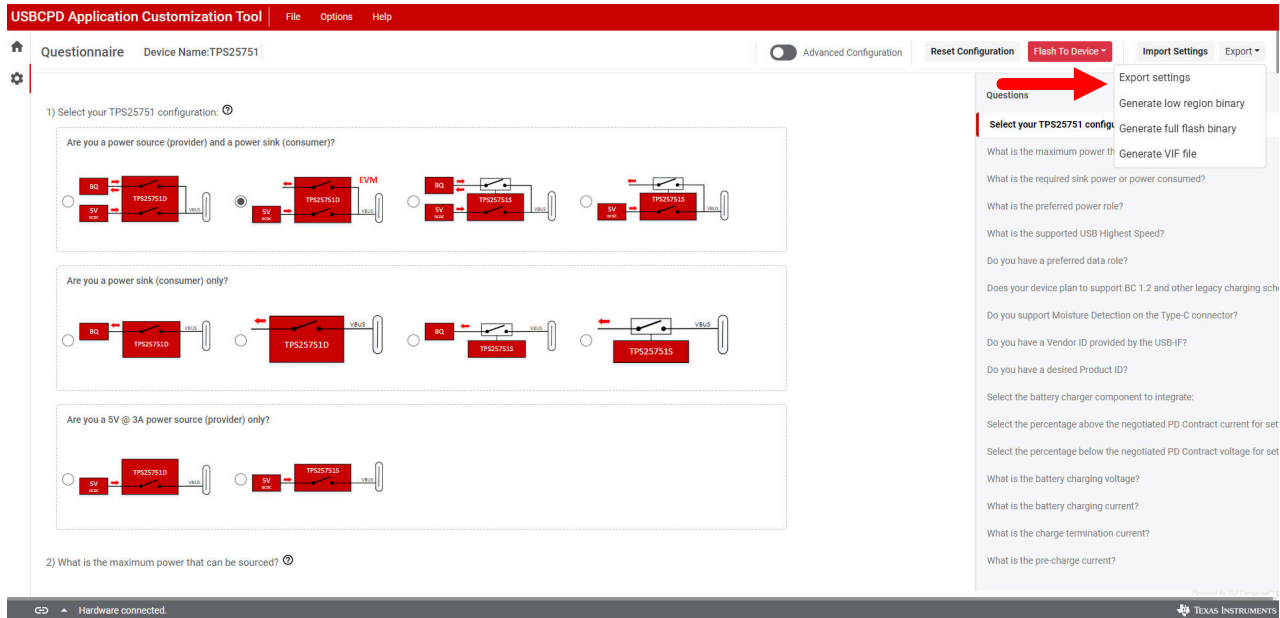


图 3-12. 应用程序自定义工具中的“Export Settings”

若要导入当前工具设置（包括表单所示的器件当前配置），请点击工具右上角的 **Import Settings** 按钮。从 JSON 设置文件所在的目录中选择，然后点击 **Import File** 按钮。相关设置将在应用程序自定义工具中恢复。



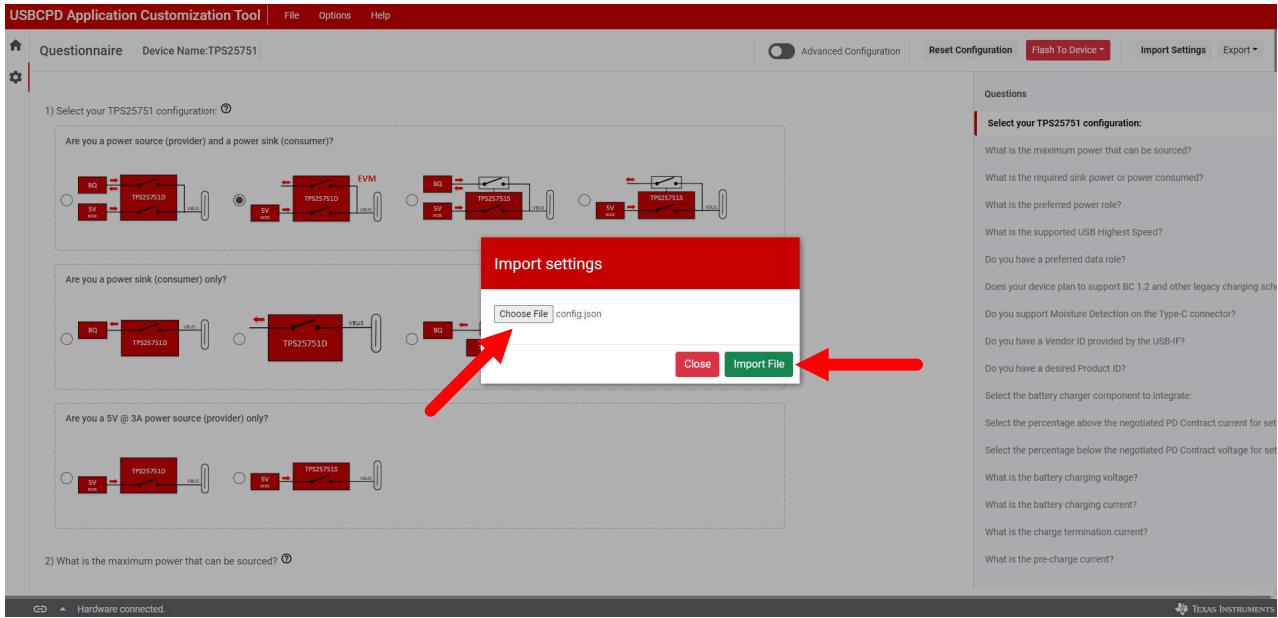
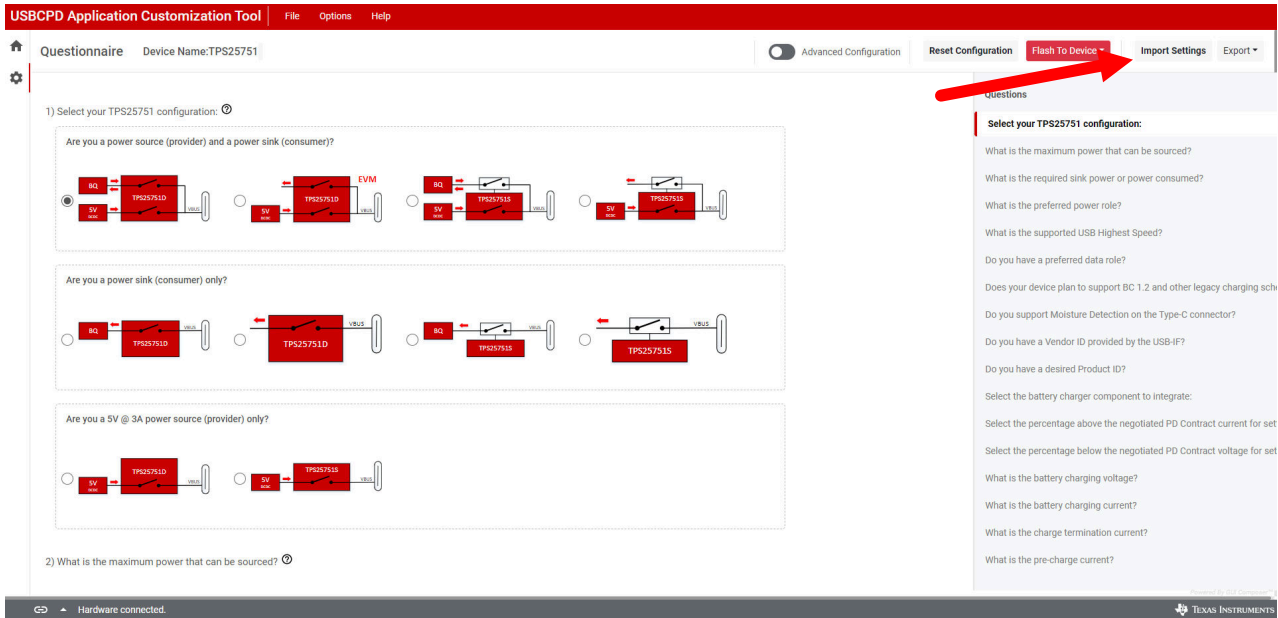


图 3-13. 应用程序自定义工具中的“Import Settings”

表 3-4. 导出选项

<i>Export</i> 标题下的选项	输出格式	输出扩展名	说明
导出设置	JSON	.json	此格式的设置可加载到 GUI 中。
生成低区二进制文件	二进制	.bin	此格式用于从外部控制器 (EC) 启动 TPS26750。有关更多详细信息, 请参阅 <a href="#">TPS26750 技术参考手册</a> 的“PBMx”部分。
生成低区二进制文件	C 源文件	.c	此格式用于从外部控制器 (EC) 启动 TPS26750。有关更多详细信息, 请参阅 <a href="#">TPS26750 技术参考手册</a> 的“PBMx”部分。
生成全闪存二进制文件	二进制	.bin	这种格式用于通过 GUI 写入 TPS26750EVM 上的 EEPROM。TPS26750 会在启动时从此 EEPROM 读取配置。
生成全闪存二进制文件	C 源文件	.c	此格式用于使用自定义代码将固件写入 EEPROM。
生成 VIF 文件	XML	.xml	有关此文件的信息, 请参阅 <a href="#">USB 供应商信息文件生成器</a> 中包含的 pdf。

### 3.4.6.3 生成二进制文件

要生成当前工具设置的二进制文件, 包括表单所示的器件当前配置, 请点击工具右上角的 *Export* 下拉按钮, 然后点击 *Generate low region binary* 或 *Generate full flash binary*。

#### 备注

低区二进制文件包含固件基本映像和 AppConfig, 用于加载 EC 补丁。全闪存二进制文件包含低区和高区, 用于加载 EEPROM 配置。有关更多信息, 请参阅技术参考手册。

用户可以选择生成 .bin 或 .C 文件。选择一种文件格式, 输入文件名, 然后点击 *Download* 按钮下载二进制文件。

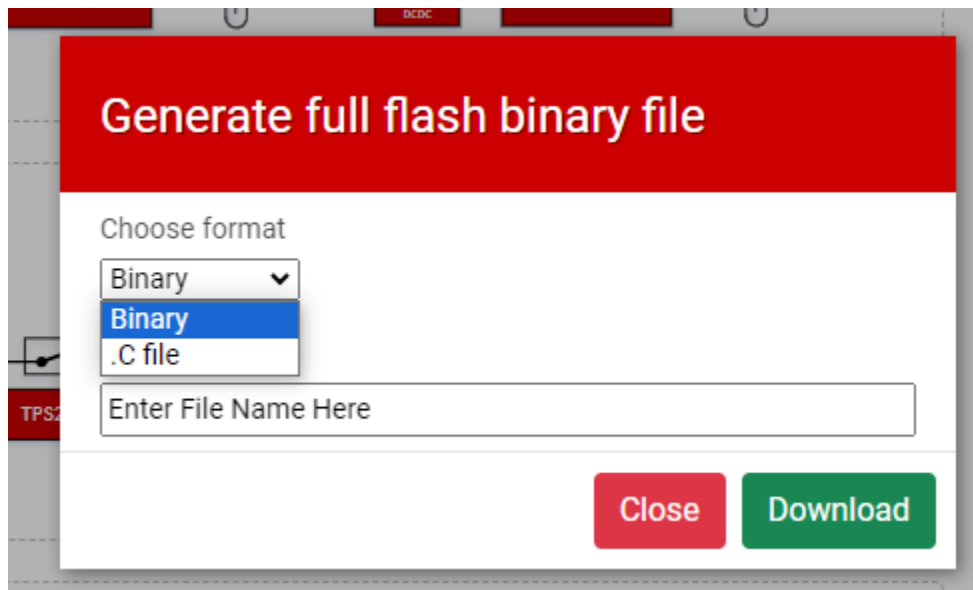
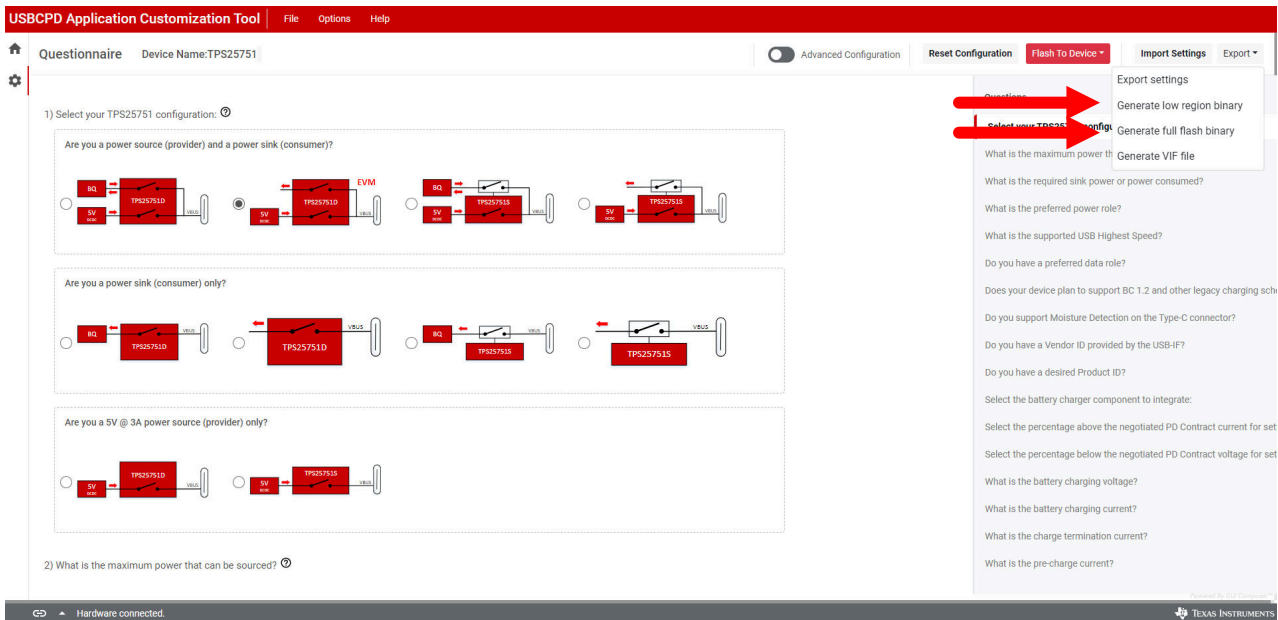


图 3-14. 使用应用程序自定义工具生成二进制配置

#### 3.4.6.4 生成 VIF 文件

要生成当前工具设置的 VIF 文件，包括表单所示的器件当前配置，请点击工具右上角的 **Export** 下拉按钮，然后点击 **Generate VIF file**。这会 自动将 VIF 文件生成到用户计算机上的默认保存目录中。**USB 电力输送认证** 流程规定的合规性测试需要该 VIF 文件。有关合规性测试的详细信息，请参阅 [USB 电力输送 - 合规性测试应用手册](#)。

#### 备注

生成的 VIF 文件仅用作起点，需要进行其他更改/修改，以便匹配用户的 PD 配置和应用设计。TI 建议使用 [USB-IF 的 VIF 生成器工具](#) 来创建或修改 VIF 文件。

## 4 特定应用用例

本节将更详细地介绍如何设置以下特定应用用例：

1. 采用 BQ25756 的电池充电应用
2. 液体检测和腐蚀缓解。

### 4.1 液体检测和腐蚀缓解概述

TPS26750 支持液体检测和腐蚀缓解，如 *USB Type-C® 电缆和连接器规范 2.3 版* 的 A.3.1 小节所述，以保护系统免受 USB Type-C 端口意外短路（液体、潮湿、碎屑）的影响。TPS26750 使用连接器上的 SBU1 和 SBU2 引脚作为测量引脚，并在采集测量样本时在接地 (0V) 和 3.3V 之间切换已知偏置电平。当 SBU 线路偏置到 3.3V（拉至高电平）时，TPS26750 会检查是否存在任何未知的接地 (0V) 引脚短路。当 SBU 线路偏置到地（下拉至 0V）时，TPS26750 会检查是否存在未知的正电压引脚（即 VBUS、CC、Vconn）短路。在任何时候，如果预期电压读数未达到已知的偏置电平（阈值可通过 GUI 配置），TPS26750 会确定检测到短路。

TPS26750EVM 提供开箱即用的液体检测和腐蚀缓解支持。要同时启用液体检测和腐蚀缓解，请在设置器件配置时在调查问卷中的 *Question 8* 下选择 **Yes**。将配置刷写到 TPS26750EVM 中后，无需执行进一步的步骤即可启用该功能。

如果启用了腐蚀缓解功能，则 TPS26750 会通过移除 VBUS 和 CC 线路上的电压来自动禁用 USB Type-C 连接器（可以关闭腐蚀缓解功能，同时使液体检测保持开启状态；请参阅节 4.1.3.1）。在此期间，TPS26750 会继续对 SBU 线路的电压读数进行采样。当电压读数超过 *Dry* 阈值时，TPS26750 会恢复正常运行并将电压重新施加到 VBUS 和 CC 线路（如有必要，基于 USB-C 和 USB-VBUS PD 状态机）。

有关硬件实现，请参阅下方的方框图。请注意，对于 TPS26750EVM，GPIO6 配置为 GPIOx，GPIO7 配置为 GPIOy。对于采用 TPS26750 的独立设计，GPIOx 和 GPIOy 可以移至其他可用的 GPIO，因此采用了变量命名约定。

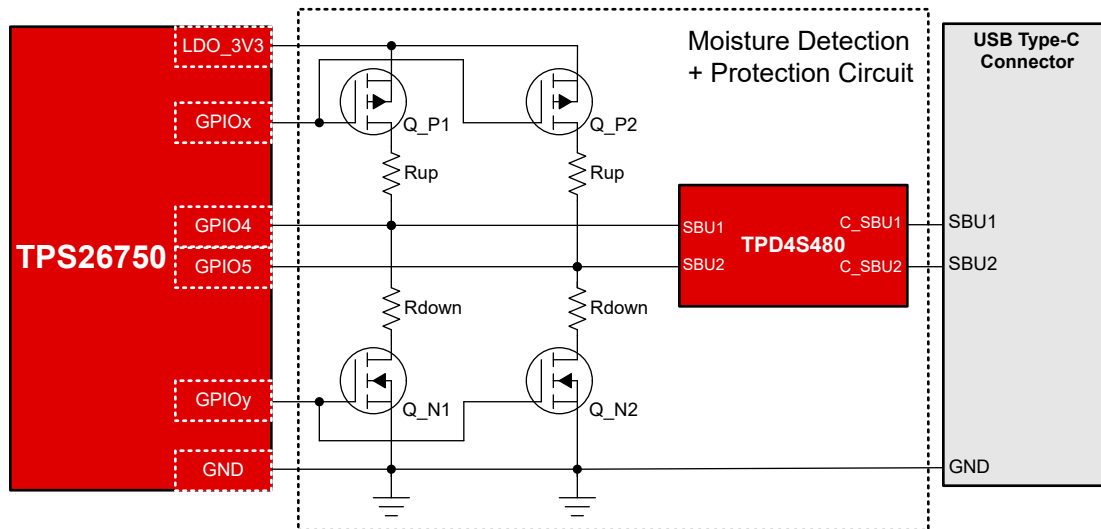


图 4-1. 液体检测/腐蚀缓解设置

#### 备注

液体检测、腐蚀缓解和 BC1.2 无法在同一系统中配置。这两种应用都利用 TPS26750 的 GPIO4 和 GPIO5 来实现不同的功能。

#### 4.1.1 液体检测和腐蚀缓解硬件设置

TPS26750EVM 上的硬件默认设置为启用液体检测和腐蚀缓解。组装 R27 和 R28，用于将 J4 Type-C SBU 引脚连接到 TPS26750 GPIO4 和 GPIO5 以进行液体检测。未组装用于 BC1.2 的 R77 和 R78。TPD4S480 (U12) 位于 TPS26750 和 J4 Type-C 端口之间，以提供短路保护。

电阻 R27 和 R28 位于 U2 左侧，并在 *EPR Implementation* 框中。电阻器 R77 和 R78 的焊盘位于 J4 的左侧，并在 *EPR Implementation* 框中。有关相关位置的详细信息，请参阅图 4-2。

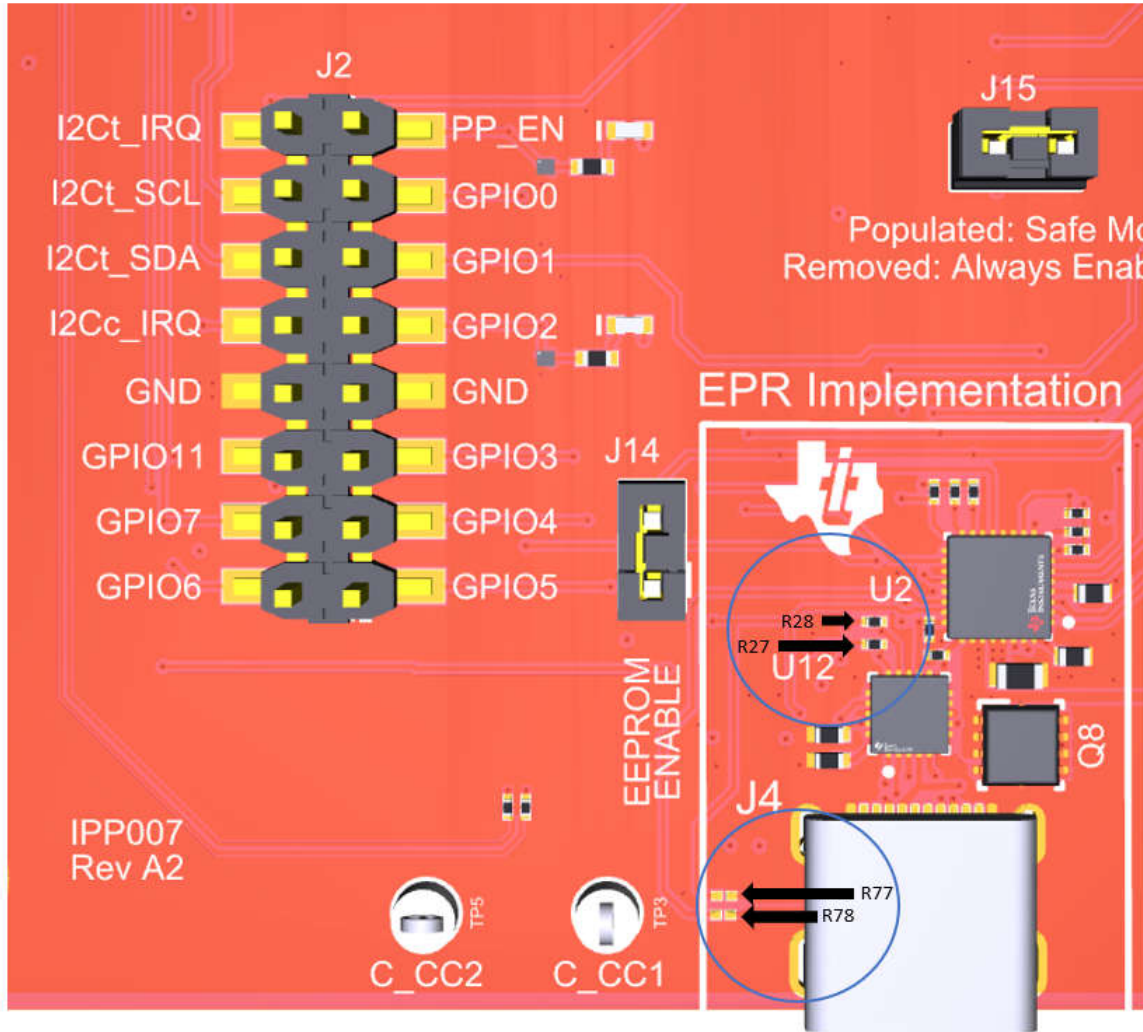


图 4-2. 液体检测电阻器位置

备注

液体检测或腐蚀缓解和 BC1.2 无法在同一系统中配置。确保 R77、R78 和 R27、R28 没有同时组装。

在 TPS26750EVM 上，硬件设置为使用特定的 GPIO 进行 MOSFET 控制和液体检测功能。在用户应用中，一些 GPIO 可以进行不同的配置，而有些 GPIO 是所有设计都需要的。有关特定测试点和定制设计可配置性的详细信息，请参阅表 4-1。要在 TPS26750EVM 上设置液体检测评估，请参阅节 4.1.2。

表 4-1. 液体检测测试点

EVM 上的测试点	说明	可配置性
GPIO4	连接至 SBU1 以进行液体检测 1 (LD1)	不可针对定制设计进行配置
GPIO5	连接至 SBU2 以进行液体检测 2 (LD2)	不可针对定制设计进行配置
SBU1	连接至 GPIO4 以进行液体检测 1 (LD1)	不可针对定制设计进行配置
SBU2	连接至 GPIO5 以进行液体检测 2 (LD2)	不可针对定制设计进行配置
GPIO6	连接至 PFET (QP1 和 QP2) 以启用上拉，启用时，PD 会检测对 GND 的短路	可针对定制设计进行配置

**表 4-1. 液体检测测试点 (续)**

EVM 上的测试点	说明	可配置性
GPIO7	连接至 NFET (QN1 和 QN2) 以启用下拉, 当启用时, PD 会检测对 VBUS/CC 的短路	可针对定制设计进行配置
GPIO1	当在调查问卷中启用液体检测支持时, 此 GPIO 是液体检测 GPIO 事件的默认输出。有关详细信息, 请参阅 TPS26750 技术参考手册。	可针对定制设计进行配置

#### 4.1.2 液体检测和腐蚀缓解软件设置

要设置液体检测和腐蚀缓解软件, 请按照以下说明操作:

1. 打开 [应用程序自定义工具](#) 并填写调查问卷。有关每个问题配置的更多详细信息, 请参阅 [节 3.4.3](#)。
2. 对于问题 8, 选择 **Yes**。选择 **Yes** 可启用“Advanced Configuration”中的主要寄存器和字段。默认的液体检测配置如下所示:

**表 4-2. 液体检测和腐蚀缓解默认配置**

寄存器	字段	说明
I2C1 的中断屏蔽 (0x16)	液体检测 [60]	为 <a href="#">液体检测 [60]</a> 启用中断事件。
IO 配置 (0x5c)	GPIO_1	设置为 <a href="#">LIQUID_DETECTED (157)</a> 。当在 J4 Type-C 端口上检测到液体时, GPIO1 会切换为高电平, 直到不再存在液体。
IO 配置 (0x5c)	GPIO_4	设置为 <a href="#">Pin multiplexed to ADC</a> , 以便检测 SBU1 上的液体。
IO 配置 (0x5c)	GPIO_5	设置为 <a href="#">Pin multiplexed to ADC</a> , 以便检测 SBU2 上的液体。
IO 配置 (0x5c)	GPIO_6	设置为 <a href="#">LIQUID_PMOS_CONTROL (155)</a> 。GPIO6 用于切换 PFET 以启用上拉, 从而检测对 GND 的短路。
IO 配置 (0x5c)	GPIO_7	设置为 <a href="#">LIQUID_NMOS_CONTROL (156)</a> 。GPIO7 用于切换 NFET 以启用下拉, 从而检测对 VBUS/CC 的短路。
液体检测配置 (0x98)	启用腐蚀缓解 [81]	启用该功能, 以在检测到液体时自动禁用 J4 Type-C 端口。
液体检测配置 (0x98)	启用液体检测 [82]	启用该功能以检测 J4 Type-C 端口处的液体。

3. 请参阅 [节 3.4.4](#), 以通过启用“Advanced Configuration”来更改其他配置。
4. 有关每个寄存器及其各自字段的详细信息, 请参阅 [TPS26750 针对电源应用进行了优化且具有集成电源开关的 USB Type-C® 和 USB PD 控制器数据表和 TPS26750 技术参考手册](#)。

#### 4.1.3 液体检测详细实现

USBCPD 应用程序自定义工具有户能够根据系统要求配置液体检测的样本数量、时序和迟滞电压范围。增加样本数量和时序可以提高读数的准确性, 但可能需要更长的时间才能完成检测周期。相反, 减少样本数量和时序可以让 PD 更快地检测到液体, 但可能会导致更高的误报率。本节将逐一介绍 TPS26750 上与液体检测相关的每个寄存器和字段, 提供示例配置及示波器捕获, 并提出针对精度、功耗和带有外部微控制器的系统的优化建议。有关寄存器映射的更多详细信息, 请参阅 [TPS26750 技术参考手册](#)。

#### I2C1 的中断事件/屏蔽/清除 (寄存器 0x14/0x16/0x18)

中断事件、中断屏蔽和中断清除寄存器适用于外部微控制器作为 I2C 控制器而 TPS26750 作为 I2C 目标的系统。中断屏蔽通过 USBCPD 应用程序自定义工具进行初始化和配置。当 PD 控制器通过 GPIO/SBU 测量引脚检测到未知短路时, 液体检测中断事件 [60] 置为有效。如果此事件置为有效, 则 GPIO 或 SBU 线路上的电压读数已超出 *Dry* 阈值, 并且 PD 假定 USB Type-C 连接器上存在液体。当 I2C 中断事件置为有效时, 微控制器会读取中断事件 (0x14) 寄存器以确定触发了哪些事件。在读取事件并执行任何必要的操作后, 微控制器可以通过向中断清除 (0x18) 寄存器中的有效事件写入“1”来清除中断事件。TI 强烈建议通过 USBCPD 应用程序自定义工具设置中断屏蔽, 并将其包含在 GUI 生成的配置文件 (二进制或 C 数组) 中。虽然可以在 PD 运行时动态修改屏蔽, 但不建议这样做。

## GPIO 配置 ( 寄存器 0x5C )

GPIO 配置寄存器使用户能够配置 TPS26750 的 GPIO 引脚。液体检测功能正常工作需要四个必需的 GPIO，另外还有一个可选的 GPIO 事件，用于指示是否检测到液体（类似于中断事件）。GPIO 配置需要通过 USBCPD 应用程序自定义工具进行配置，并包含在 GUI 生成的配置文件（二进制或 C 数组）。一旦 PD 开始运行（在引导时加载配置后），就无法动态修改 GPIO。当对调查问卷中的 *Question 8* 选择 **Yes** 时，这些 GPIO 会自动配置，但下面提供了更多详细信息，以帮助进行调试和设计。

GPIO4 和 GPIO5 连接到 USB Type-C 连接器的 SBU 引脚（TPD4S480 位于上述 GPIO 引脚和 Type-C 连接器的 SBU 引脚之间）。这些 GPIO 多路复用为 ADC 功能，以测量 SBU 测量引脚上的电压。GPIO4 和 GPIO5 都必须将 *GPIO 4/5 引脚的多路复用 [1:0]* 字段设置为 *引脚多路复用到 ADC (0x1)*，并且 *GPIO 4/5 模拟输入控制 [228/9]* 需要设置为 *引脚到 ADC (0x1)*。GPIO4 和 GPIO5 不能针对定制设计进行配置。为了使液体检测功能正常运行，这些需要设置为连接到 USB Type-C 连接器上 SBU 引脚的 ADC 引脚。

GPIO6 和 GPIO7 分别连接到 PMOS 和 NMOS FET 的栅极引脚。GPIO6（连接到 PMOS 栅极）需要将 *GPIO 映射事件 [343:336]* 设置为 *LIQUID\_PMOS\_CONTROL (155)*，而 GPIO7（连接到 NMOS 栅极）需要将 *GPIO 映射事件 [351:344]* 设置为 *LIQUID\_NMOS\_CONTROL (156)*。

可选的 GPIO 事件 *LIQUID\_DETECTED (157)* 可以连接到任何可用的 GPIO 引脚。如果配置，特定 GPIO 会在 PD 进入“检测到液体”状态时输出高电平，并在 PD 退出“检测到液体”状态时变为低电平（与中断事件液体检测类似）。当在调查问卷中的 *Question 8* 中选择 **Yes** 时，TPS26750EVM 会默认将 GPIO1 设置为 *LIQUID\_DETECTED (157)* 事件。

### 4.1.3.1 液体检测配置寄存器 (0x98)

液体检测配置寄存器包含用于液体检测的所有可配置设置，包括样本数、采样间隔时间、进入和退出“检测到液体”状态的迟滞范围，以及用于液体检测和腐蚀缓解的使能位。本节根据 [TPS26750 技术参考手册](#) 更详细地介绍了寄存器字段。

## 睡眠和延迟

睡眠时间字段允许用户自定义每个采样周期之间的延迟。睡眠时间越长，功耗就越低，但根据短路发生的时间和采样发生的时间，可能需要更多的时间才能进入或退出“检测到液体”状态。同样，睡眠时间越短，TPS26750 就能更快地检测到液体，但功耗会增加。

*无液体状态下的睡眠时间 (以秒为单位) [15:0]* - 当 USB Type-C 连接器上未检测到液体或短路时，睡眠计时器或每个采样间隔之间的延迟 (以秒为单位)。在此计时器或延迟期间，VBUS 和 CC 处于活动状态，而 PD 处于正常运行状态。

*有液体状态下的睡眠时间 (以秒为单位) [31:16]* - 当 USB Type-C 连接器上检测到液体/短路时，睡眠计时器或每个采样间隔之间的延迟 (以秒为单位)。在此计时器或延迟期间，VBUS 和 CC 被禁用 (如果启用了腐蚀缓解)，并且 TPS26750 处于“检测到液体”状态。

*样本数 [39:32]* - 进行高电平测量和低电平测量时所需的样本数。该字段的值需要以  $2^n$  个样本的形式表示。例如，如果该字段配置为 0x3，则 TPS26750 会将其计算为  $2^3 = 8$  个样本并在采样间隔期间获取 8 个高电平样本 (当 SBU 线路被拉高时) 和 8 个低电平样本 (当 SBU 线路被拉低时)。

## 高电平和低电平阈值测量

在收集了  $2^n$  个高电平和低电平样本后，TPS26750 会计算两个平均值 (一个是高电平测量值，一个是低电平测量值)，并与设定的高电平阈值和低电平阈值进行比较。TPS26750 允许用户配置高电平阈值和低电平阈值，以便进入和退出“检测到液体”状态。高电平测量平均值会与高电平阈值进行比较，以确认是否存在任何接地短路。低电平测量平均值会与低电平阈值进行比较，以确认是否存在任何对正电压的短路。寄存器字段的高电平和低电平阈值范围为 0V 至 3.3V。

应用程序自定义 GUI 已包含使用 TPS26750EVM 测试过的液体检测阈值，这些阈值会在启用液体检测功能时自动设置。但是，在为定制设计设置高电平阈值和低电平阈值时，需要考虑硬件实现 (电阻值、电路板阻抗和布局) 以及该实现如何与可配置阈值保持一致。定制设计完成后，将固件电压阈值与实际模拟读数进行比较非常重要。如果设置不正确，TPS26750 可能会卡在无限循环中，从而错误地检测到液体。例如，如果高电平阈值电压设置为 3.0V，但 SBU 线路上的模拟电压 (无液体状态) 实际上为 2.7V，则会导致 TPS26750 错误地检测到液体检测事件。

*无液体状态的低电平阈值 ADC [47:40]* - 用于退出“检测到液体”状态的低电压阈值。TPS26750 使用该值与低电平样本值进行比较，以确定是否存在对正偏置电压引脚的短路情况。该字段需要小于或等于 *有液体状态的低电平阈值 ADC* 字段，否则 TPS26750 无法退出“检测到液体”状态。

*无液体状态的高电平阈值 ADC [55:48]* - 用于退出“检测到液体”状态的高电压阈值。TPS26750 使用该值与高电平样本值进行比较，以确定是否存在对地电平引脚 (0V) 的短路情况。该字段需要大于或等于 *有液体状态的高电平阈值 ADC* 字段，否则 TPS26750 无法退出“检测到液体”状态。

*有液体状态的低电平阈值 ADC [63:56]* - 用于退出“检测到液体”状态的低电压阈值。TPS26750 使用该值与低电平样本值进行比较，以确定是否存在对正偏置电压引脚的短路情况。该字段需要大于或等于 *无液体状态的低电平阈值 ADC* 字段，否则 TPS26750 无法进入“检测到液体”状态。

*有液体状态的高电平阈值 ADC [71:64]* - 用于进入“检测到液体”状态的高电压阈值。TPS26750 使用该值与高电平样本值进行比较，以确定是否存在对地电平引脚 (0V) 的短路情况。该字段需要小于或等于 *无液体状态的高电平阈值 ADC* 字段，否则 TPS26750 无法进入“检测到液体”状态。



## 采样时序

采样时间字段允许用户自定义 TPS26750 在从高电平到低电平以及从低电平到高电平进行电压测量之前的延迟时间。增加采样时间有助于电压读数稳定，从而可以得到更精确的测量结果，但采样间隔需要更长时间才能完成。同样，较短的采样时间可以加快采样间隔，但如果电压尚未完全稳定，则可能得到不太准确的测量值。采样时序需要与样本数量一并考虑。例如，如果采样时间设置为 10ms，样本数量为 2<sup>3</sup> 个（8 个高电平样本和 8 个低电平样本），则可以使用以下公式计算每个采样间隔的总时间：

$$(8 \text{ high samples} * 10\text{ms}) + (8 \text{ low samples} * 10\text{ms}) = 160\text{ms total sampling interval} \quad (1)$$

*无液体状态的采样时间 (以 10ms 为步长) [75:72]* - 在 USB Type-C 连接器上未检测到液体或短路时，在 TPS26750 采样之前每个脉冲稳定所需的时间 (以 10ms 为步长进行配置)。该值同时适用于高电平脉冲和低电平脉冲采样持续时间。

*有液体状态的采样时间 (以 10ms 为步长) [79:76]* - 在 USB Type-C 连接器上检测到液体或短路时，在 TPS26750 采样之前每个脉冲稳定所需的时间 (以 10ms 为步长进行配置)。这适用于高电平脉冲和低电平脉冲采样持续时间。

## 其他字段

*液体检测状态 [80]* - 用于指示 TPS26750 是否处于“检测到液体”状态的只读位。“1”表示存在液体，“0”表示不存在液体。该位的作用与 GPIO 事件 LIQUID\_DETECTED [157] 和 I2C 中断液体检测 [60] 相同。

*启用腐蚀缓解 [81]* - 如果启用，TPS26750 会自动处理腐蚀缓解。检测到液体后，TPS26750 会通过移除 VBUS 并下拉 CC 引脚来断开并禁用该端口。如果禁用此位，TPS26750 会在 USB Type-C 连接器上检测到液体时继续正常运行。外部微控制器可以在 TPS26750 运行时动态启用或禁用此功能。对该字段的任何修改仅在下次在 Type-C 策略引擎中调用相应的策略时生效。

*启用液体检测 [82]* - 用于启用液体检测功能的主控制位。外部微控制器可以在 TPS26750 运行时动态启用或禁用此功能。对该字段的任何修改仅在下次在 Type-C 策略引擎中调用相应的策略时生效。

## 4.2 与 BQ25756EVM 配合使用

要使用 TPS26750EVM 和 BQ25756EVM，需要以下各项：

1. TPS26750EVM
2. 带状电缆 (包含在 TPS26750EVM 中)
3. BQ25756 内插板 (TPS26750EVM 随附)
4. 应用程序自定义工具
5. BQ25756EVM
6. BQ25756EVM 用户指南和数据表
7. BQStudio 与 EV2400 [可选]
8. 直流电源或电池模拟器

### 4.2.1 与 BQ25756EVM 配合使用时的硬件设置

要设置硬件，请按照以下说明操作：

1. 将 TPS26750EVM 的 J1 和 J7 对接连接器连接到提供的 BQ25756 内插板上的对应连接器。BQ25756 内插板上的丝印 BQ25756 必须与 TPS26750EVM 的顶部位于同一平面上。请参阅图 1-2
2. 拧松 BQ25756EVM 接头 J1 和 J3 上的螺钉，使 BQ25756 内插板插脚能够插入上述接头中。
3. 将 BQ25756 内插板的另一侧插入 BQ25756EVM 上的接头 J1 和 J3。确保插脚完全插入到接头中。

#### 备注

如果反复插拔 BQ25756 内插板的 TPS26750EVM 对接连接器 (取决于如何握持和拉动电路板)，可能会导致连接到 BQ25756EVM 的内插板的侧面插脚从 J1 和 J3 接头中脱出，从而导致 BQ25756EVM 和 TPS26750EVM 之间的电气连接不良。在将 TPS26750EVM 与 BQ25756EVM 断开和重新连接时，请重新检查内插板连接。

4. 拧紧 BQ25756EVM 的接头 J1 和 J3 上的螺钉。

5. 将带状电缆连接到 TPS26750EVM 上的接头 J9，如图 1-2 所示。将带状电缆的另一端连接至 BQ25756EVM 的 J8 接头。
6. 将带状电缆的另一端连接至 BQ25756(E)EVM 的 J8 接头。
7. 要使用模拟电池为电路板供电，请按照丝印所示的方向（J3 旁边的 + 和 - 符号）将模拟电池连接到接头 J3。
8. 有关如何为电池充电应用设置正确的跳线，请参阅 [BQ25756 评估模块用户指南](#)。跳线设置不正确或输入功率不足可能会导致评估出现错误。

#### 4.2.2 与 BQ25756EVM 配合使用时的软件设置

要设置软件配置，请按照以下说明操作。

1. 打开 [应用程序自定义工具](#) 并为“Question 1”选择“Configuration Index 1”或“Configuration Index 3”（包含 BQ 块的图）。
2. 填写调查问卷中的问题 2 到问题 10。有关每个问题配置的更多详细信息，请参阅 [节 3.4.3](#)。必须填写所有问题才能刷写或导出。
3. 问题 11 至 18 与电池充电器 (BQ) 设置有关。
4. 对于问题 11，选择 BQ25756。
5. 对于问题 12，选择 BQ25756 的 INDPM 配置。
  - a. 例如，如果用户选择 *5% - INDPM is set to 5% above the negotiated PD Contract Current* 并且 TPS26750 协商 PD 合约电流为 3A，则 INDPM 设置为 3.15A。
  - b. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x06 - IAC\_DPM。
6. 对于问题 13，选择 BQ25756 的 VINDPM 配置。
  - a. 例如，如果用户选择 *5% - VINDPM is set to 5% below the negotiated PD Contract Voltage*，并且 TPS26750 协商 PD 合约电压为 5V，则 VINDPM 设置为 4.75V。
  - b. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x08 - VAC\_DPM。
7. 对于问题 14，以电压为单位输入 FB 电压调限值（1.504V 至 1.566V，2mV/位）。
  - a. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x00 - VFB\_REG。
8. 对于问题 15，以安培为单位输入充电电流限制（0.4A 至 20A，50mA/位）
  - a. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x02 - ICHG\_REG。
9. 对于问题 16，以安培为单位输入充电终止电流限制（0.25A 至 10A，50mA/位）。
  - a. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x12 - ITERM。
10. 对于问题 17，以安培为单位输入预充电电流限制（0.25A 至 10A，50mA/位）。
  - a. 本调查问卷配置 BQ25756 的寄存器 0x10 - IPRECHG。
11. 对于问题 18，以电压为单位输入电池无电清除阈值（2.88V 至 19.2V，64mV/位）。
  - a. 本调查问卷配置 TPS26750 的寄存器 0x27 - 全局系统配置，并将 *启用电池无电清除 [111]* 字段设置为“1”。
  - b. 从电池无电模式启动时（TPS26750 首先从 VBUS 供电，而不是 VIN\_3V3），TPS26750 会读取 BQ25756 的寄存器 0x33 - VBAT\_ADC。
  - c. 如果 VBAT 电压大于或高于 Q18 中设置的阈值，则 TPS26750 会自动清除电池无电标志，否则电池无电标志会保持不变。有关详细信息，请参阅 [TPS26750 技术参考手册](#)。
12. 有关将配置刷写到 TPS26750EVM 或导出二进制文件的信息，请参阅 [节 3.4.6](#)。

## 5 硬件设计文件

### 5.1 原理图

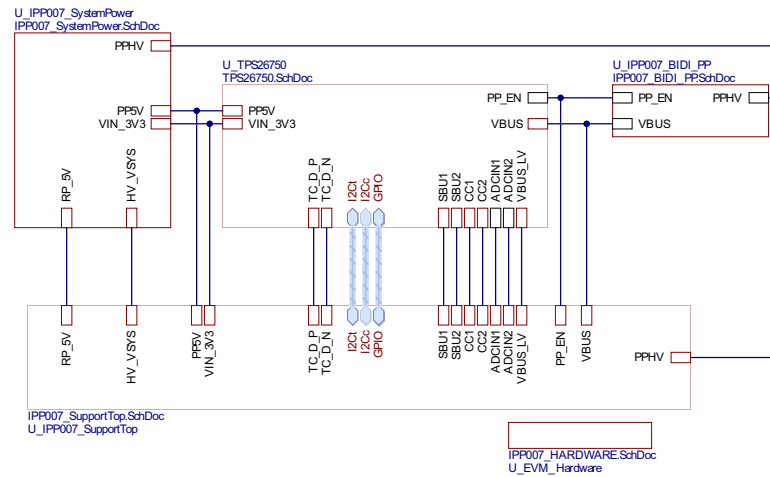


图 5-1. 方框图 (顶层)

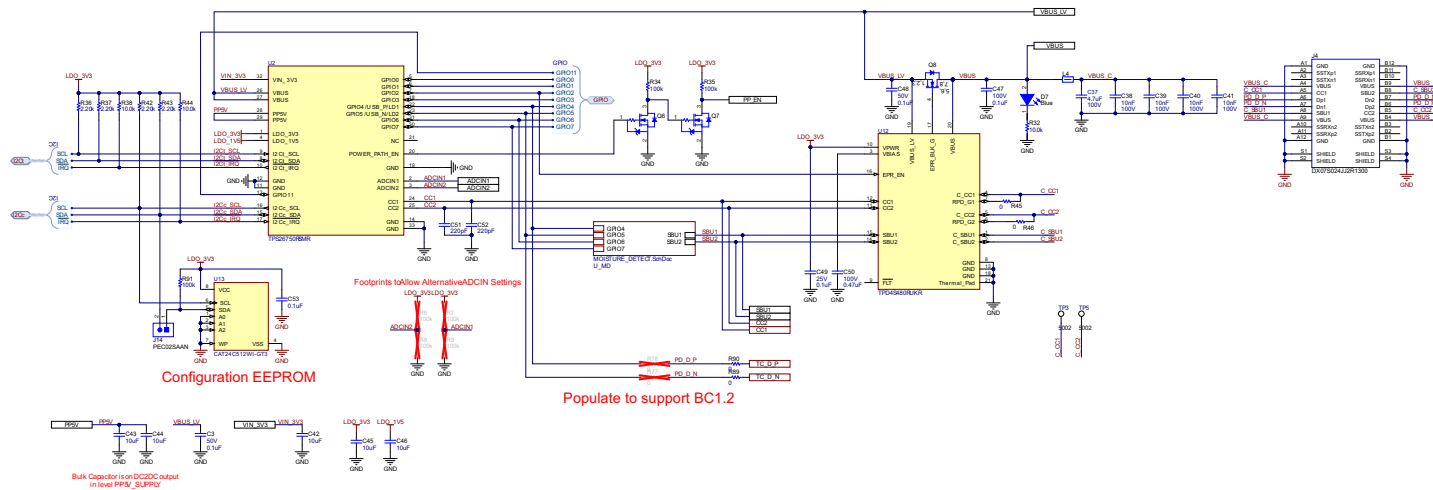


图 5-2. TPS26750

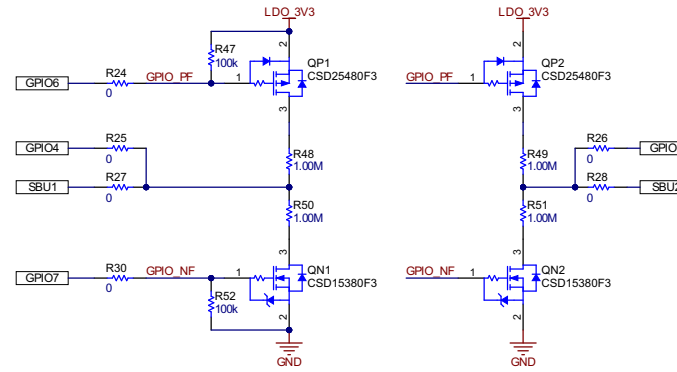


图 5-3. 液体检测

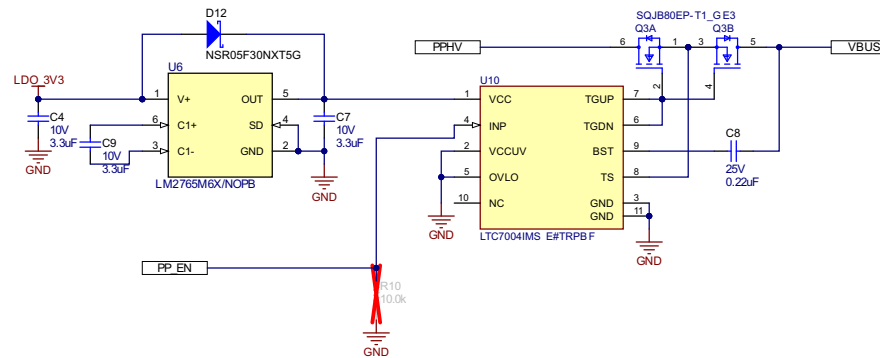


图 5-4. 双向电源路径

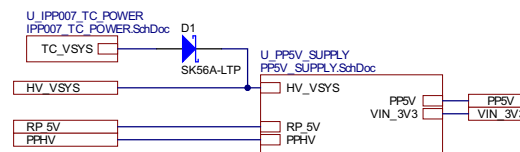


图 5-5. 系统功耗

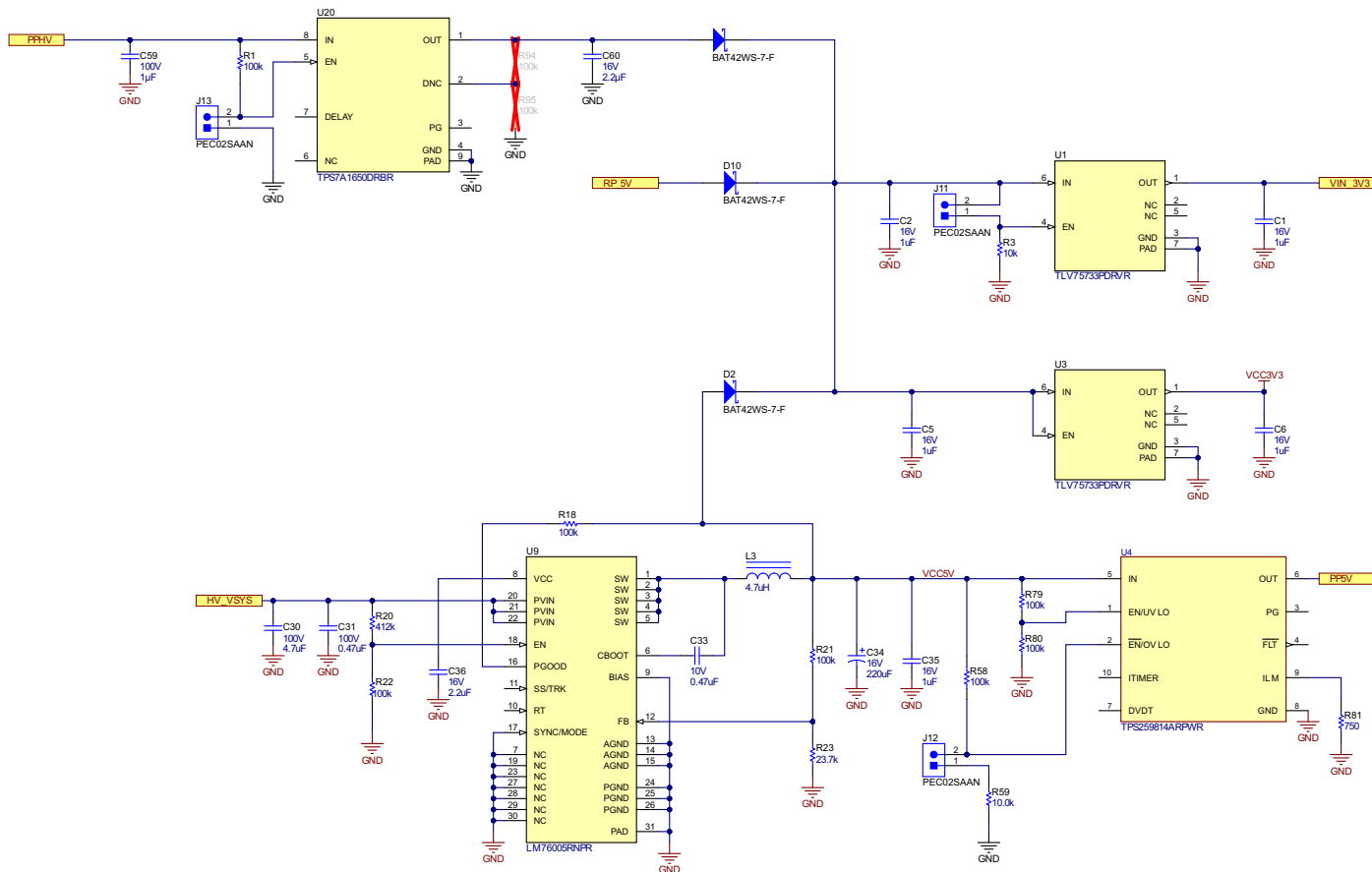
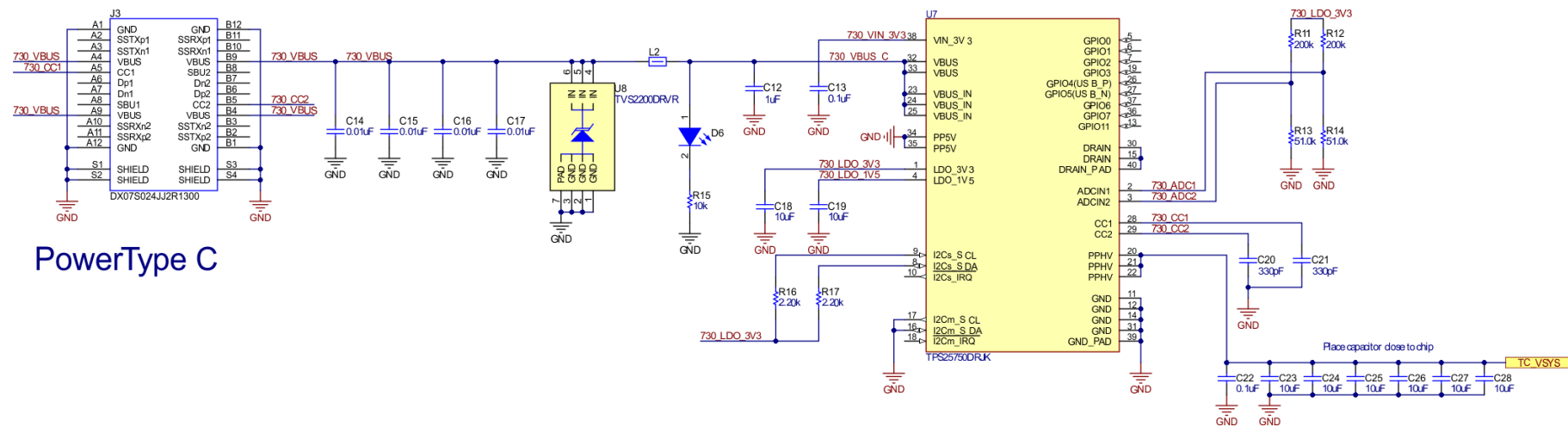


图 5-6. 系统电源



PowerType C

图 5-7. Type-C 电源输入

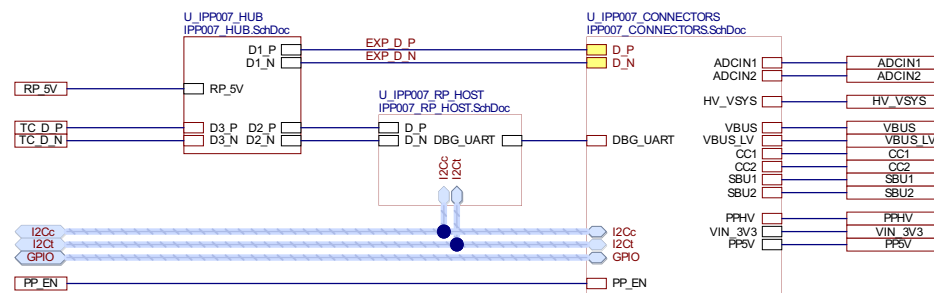


图 5-8. 支持电路 (顶层)

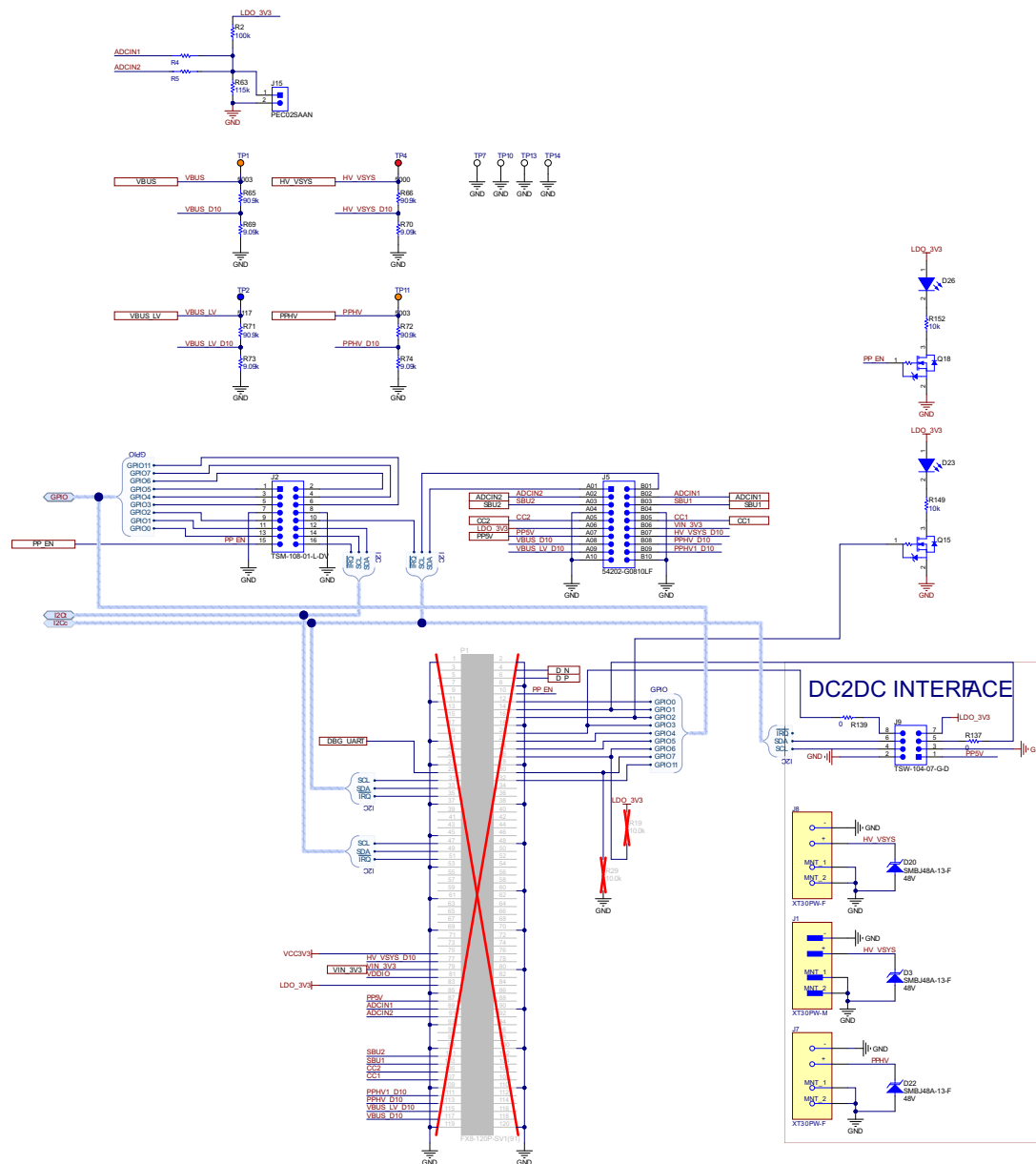


图 5-9. 连接器

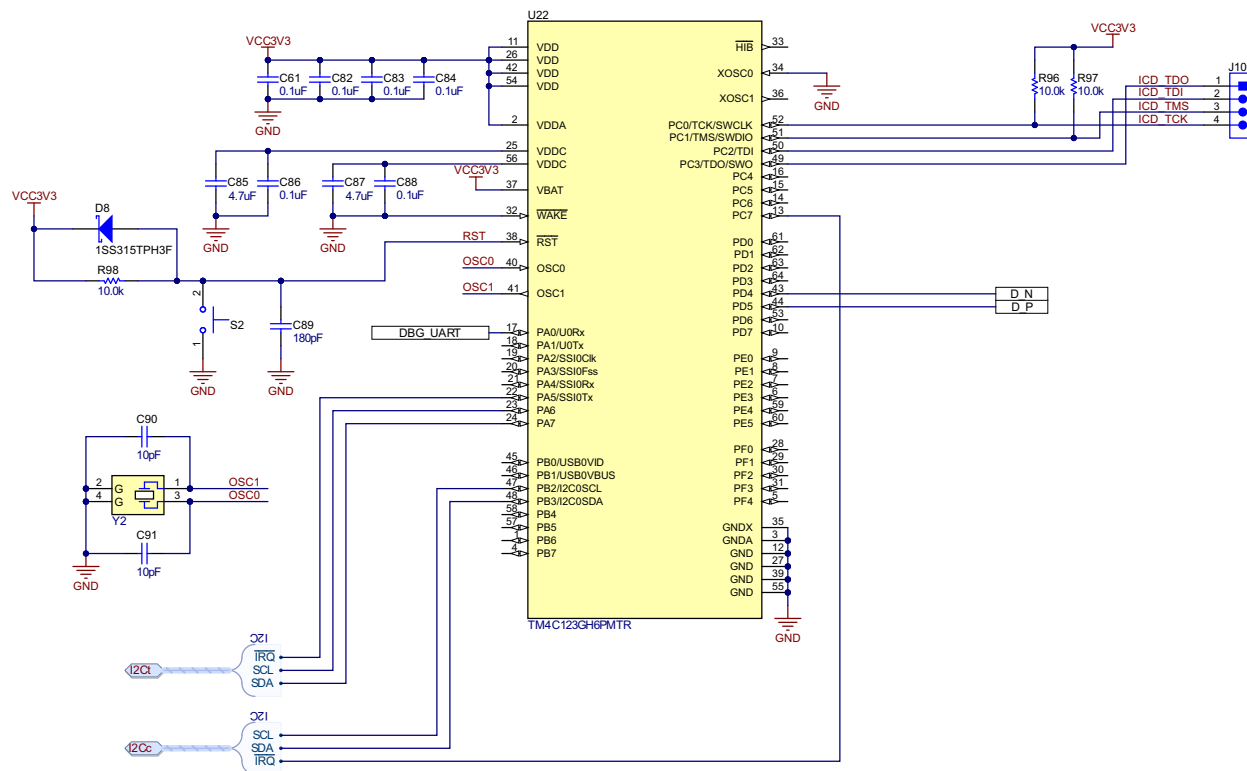


图 5-10. TIVA MCU



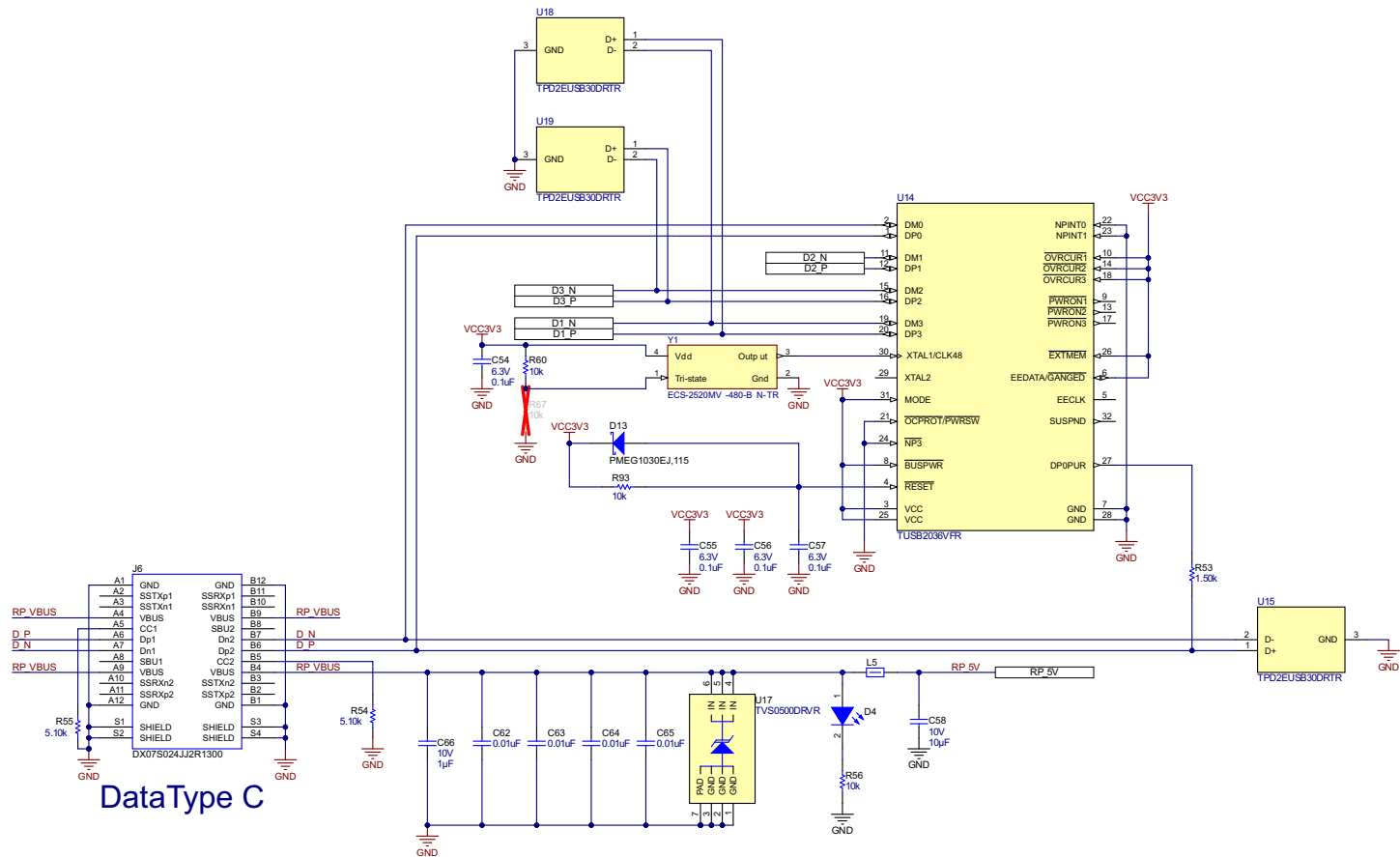


图 5-11. 集线器

### 5.2 PCB 布局

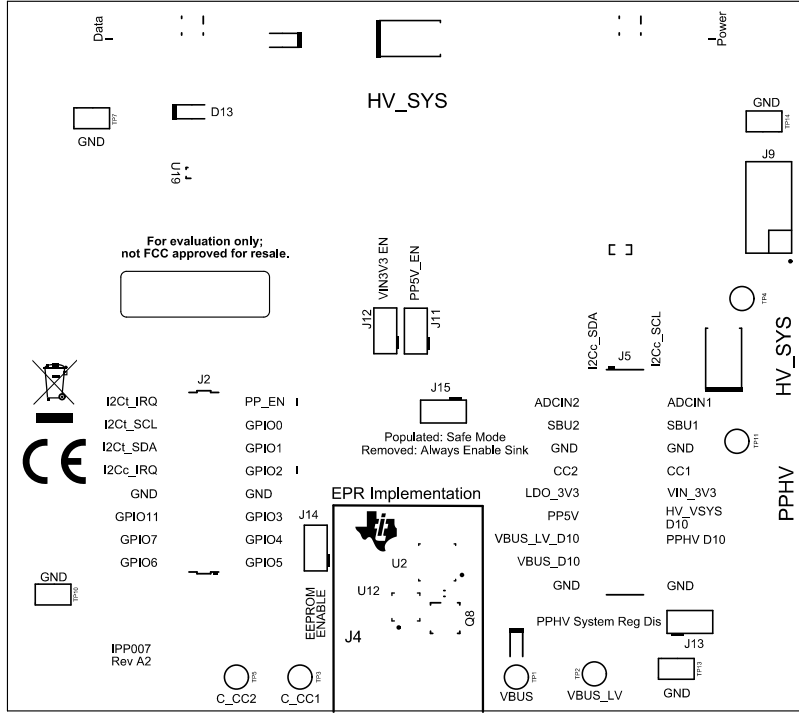


图 5-12. TPS26750EVM 顶层 ( 复合视图 )

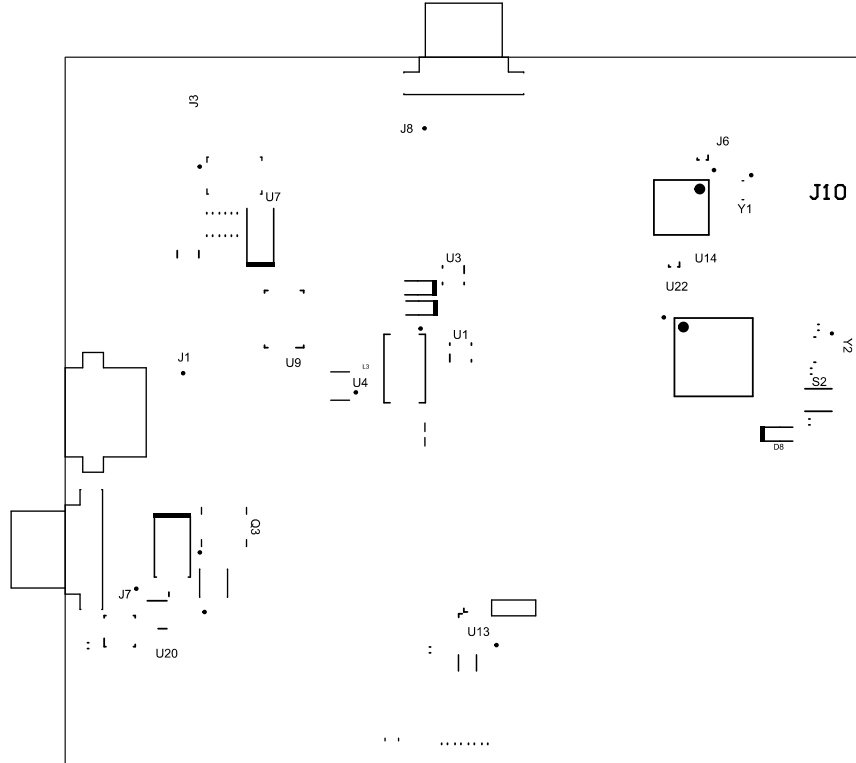


图 5-13. TPS26750EVM 底层 ( 复合视图 )

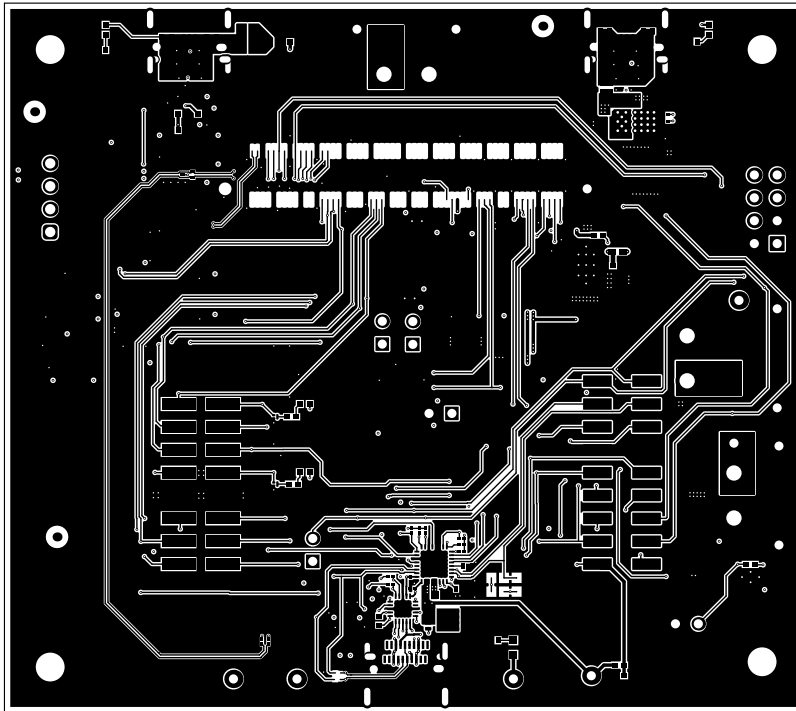


图 5-14. TPS26750EVM 顶层

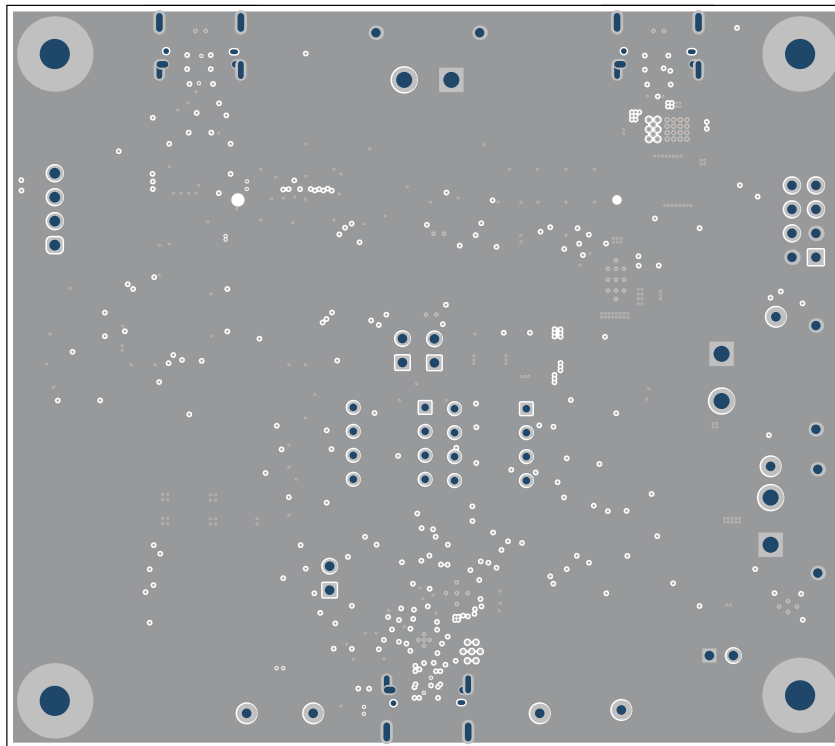


图 5-15. TPS26750EVM GND 层

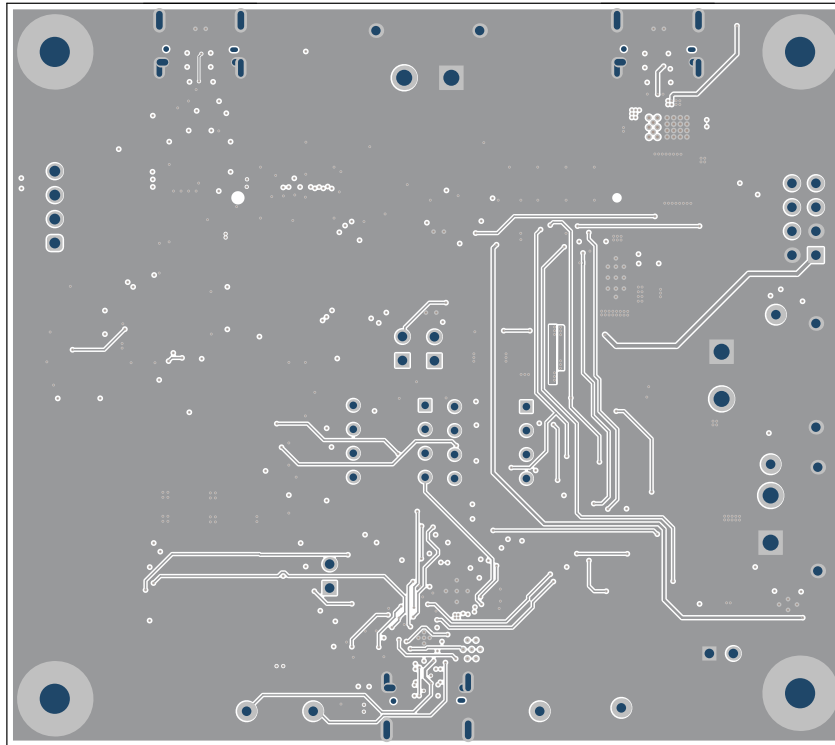


图 5-16. TPS26750EVM 内层 1

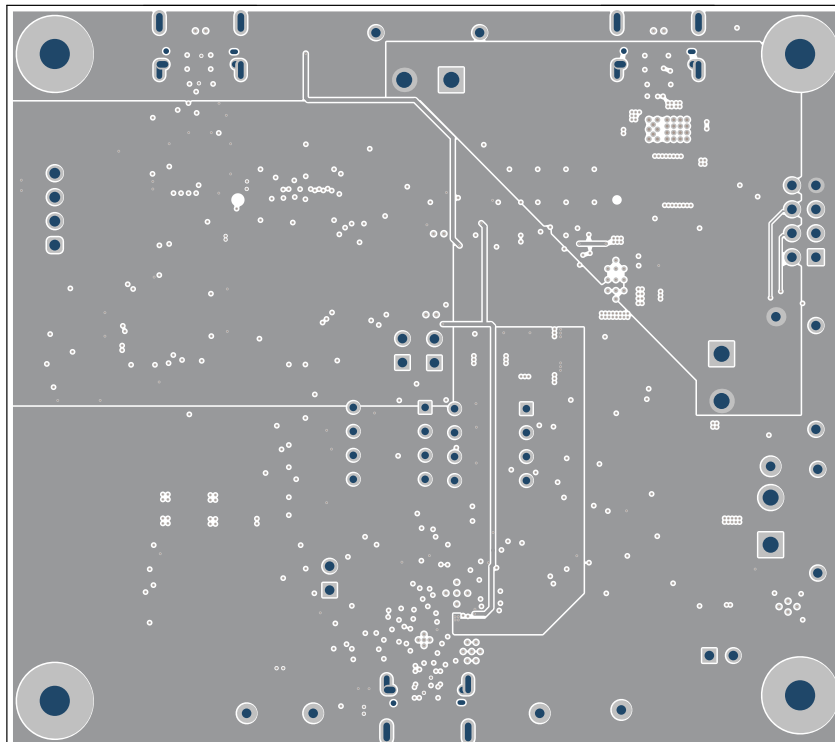


图 5-17. TPS26750EVM 内层 2

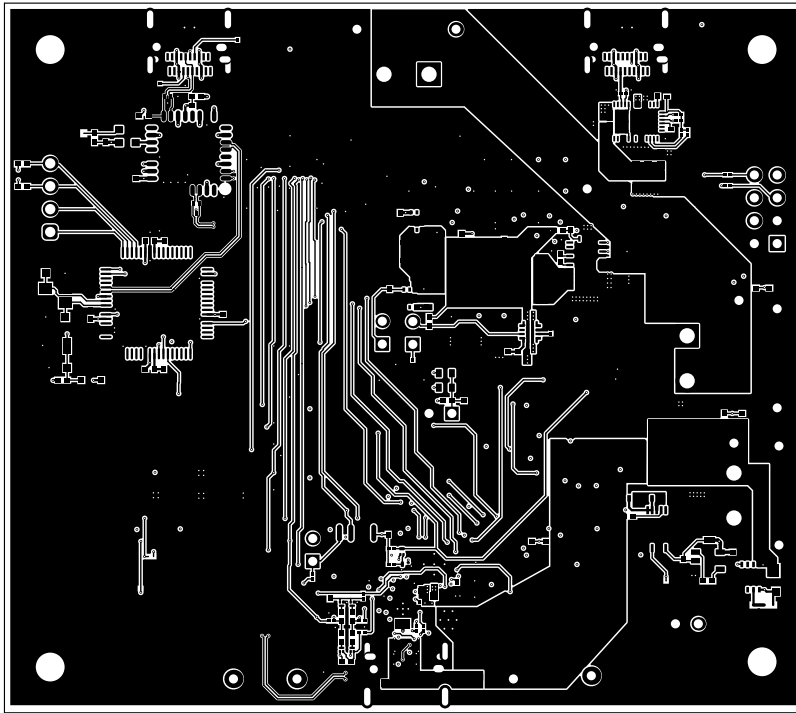


图 5-18. TPS26750EVM 底层

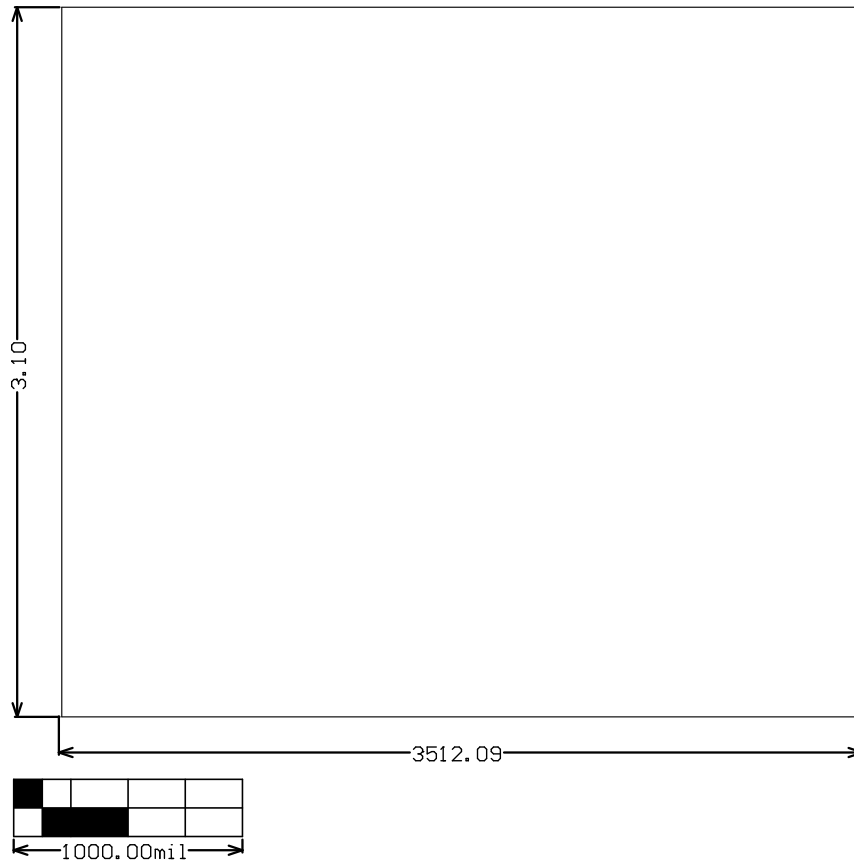


图 5-19. TPS26750EVM PCB 尺寸

### 5.3 物料清单 (BOM)

表 5-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
!PCB1	1		印刷电路板	IPP007	不限	
C1、C2、C5、C6、C35	5	1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X6S, 0402	C1005X6S1C105K050BC	TDK	0402
C3、C48	2	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X5R, 0402	C1005X5R1H104K050BB	TDK	0402
C4、C7、C9	3	3.3 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 3.3 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X5R, 0402	C1005X5R1A335K050BC	TDK	0402
C8	1	0.22 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.22 $\mu$ F, 25V, +/-20%, X5R, 0402	C1005X5R1E224M050BC	TDK	0402
C12	1	1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 35V, +/-10%, X5R, 0402	GRM155R6YA105KE11D	MuRata	0402
C13、C22	2	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 35V, +/-10%, X5R, 0402	GMK105BJ104KV-F	Taiyo Yuden	0402
C14、C15、C16、C17、C62、C63、C64、C65	8	0.01 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 0402	C0402C103J5RACTU	Kemet	0402
C18、C19、C42、C45、C46	5	10 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0402	CL05A106MP5NUNC	Samsung Electro-Mechanics	0402
C20、C21	2	330pF	电容器, 陶瓷, 330pF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0201	CGA1A2X7R1H331K030BA	TDK	0201
C23、C24、C25、C26、C27、C28	6	10 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 35V, +/-20%, X5R, 0603	GRM188R6YA106MA73D	Murata	0603
C30	1	4.7 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7S, 1210	C3225X7S2A475K200AE	TDK	1210
C31	1	0.47 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7S, 0805	C2012X7S2A474K125AB	TDK	0805
C33	1	0.47 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X5R, 0402	GRM155R61A474KE15D	MuRata	0402
C34	1	220 $\mu$ F	电容器, 钽, 220 $\mu$ F, 16V, +/-20%, 0.1 $\Omega$ , SMD	TPSE227M016R0100	AVX	7343-43
C36	1	2.2 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X6S, 0402	C1005X6S1C225K050BC	TDK	0402
C37	1	4.7 $\mu$ F	4.7 $\mu$ F $\pm$ 10% 100V 陶瓷电容器 X5R 0805 (公制 2012)	C2012X5R2A475K125AC	TDK	0805
C38、C39、C40、C41	4	0.01 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7R, 0603	C0603X103K1RACTU	Kemet	0603

表 5-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
C43、C44	2	10 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-20%, X5R, 0603	GRM188R61E106MA73D	MuRata	0603
C47	1	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X5R, 0402	GRM155R62A104KE14D	MuRata	0402
C49	1	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X5R, 0201	GRM033R61E104KE14J	MuRata	0201
C50	1	0.47 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7R, 1206	C3216X7R2A474K160AA	TDK	1206
C51、C52	2	220pF	电容器, 陶瓷, 220pF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0201	CGA1A2X7R1H221K030BA	TDK	0201
C53、C61、C82、C83、C84、C86、C88	7	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK	0402
C54、C55、C56、C57	4	0.1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0402	GRM155R60J104KA01D	MuRata	0402
C58	1	10 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0402	0402ZD106MAT2A	AVX	0402
C59	1	1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7S, 0805	C2012X7S2A105K125AE	TDK	0805
C60	1	2.2 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, 0603	GRM188Z71C225KE43	MuRata	0603
C66	1	1 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0402	CC0402MRX5R6BB105	Yageo America	0402
C85、C87	2	4.7 $\mu$ F	电容器, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 10V, +/-20%, X5R, 0402	C1005X5R1A475M050BC	TDK	0402
C89	1	180pF	电容器, 陶瓷, 180pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	06035A181JAT2A	AVX	0603
C90、C91	2	10pF	电容器, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	06035A100JAT2A	AVX	0603
D1	1	60V	二极管, 肖特基, 60V, 5A, SMA	SK56A-LTP	Micro Commercial Components	SMA
D2、D5、D10	3	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-323	BAT42WS-7-F	Diodes Inc.	SOD-323
D3、D20、D22	3	48V	二极管, TVS, 单向, 48V, 77.4Vc, SMB	SMBJ48A-13-F	Diodes Inc.	SMB
D4、D6、D23、D26	4	白色	LED, 白色, SMD	LW QH8G-Q200-3K5L-1	OSRAM	0402, 白色
D7	1	蓝色	LED, 蓝色, SMD	150060BS75000	Wurth Elektronik	LED_0603
D8	1	5V	二极管, 肖特基, 5V, 0.03A, SOD-323	1SS315TPH3F	Toshiba	SOD-323
D12	1	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.5A, 0402 二极管	NSR05F30NXT5G	ON Semiconductor	0402 二极管

表 5-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
D13	1	10V	二极管, 肖特基, 10V, 3A, SOD-323F	PMEG1030EJ,115	Nexperia	SOD-323F
FID1、FID2、FID3	3		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
H1、H2、H3、H4	4		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply	螺钉
H5、H6、H7、H8	4		螺柱, 六角, 0.5	1902C	Keystone	螺柱
J1	1		插座, 直流电源, XT30, 公头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A, 500V	XT30PW-M	Amass	CONN_PLUG2
J2	1		接头, 2.54mm, 8x2, 金, SMT	TSM-108-01-L-DV	Samtec	接头, 2.54mm, 8x2, SMT
J3、J4、J6	3		插座, USB 3.1 Type C, R/A, 金, SMT	DX07S024JJ2R1300	JAE Electronics	插座, USB 3.1 Type C, R/A, SMT
J5	1		接头, 2.54mm, 10x2, 锡, SMT	54202-G0810LF	FCI	接头, 2.54mm, 10x2, SMT
J7、J8	2		插座, 直流电源, XT30, 母头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A	XT30PW-F	Amass	CONN_SOCKET_DC2
J9	1		接头, 100mil, 4x2, 镀金, TH	TSW-104-07-G-D	Samtec	4x2 接头
J10	1		接头, 2.54mm, 4x1, 金, TH	61300411121	Würth Elektronik	接头, 2.54mm, 4x1, TH
J11、J12、J13、J14、J15	5		接头, 100mil 2x1, 锡, TH	PEC02SAAN	Sullins Connector Solutions	接头, 2 引脚, 100mil, 锡
L2、L4、L5	3	22 $\Omega$	铁氧体磁珠, 22 $\Omega$ (100MHz 时), 6A, 0805	742792021	Würth Elektronik	0805
L3	1	4.7uH	电感器, 屏蔽, 复合, 4.7 $\mu$ H, 10.5A, 0.0144 $\Omega$ , AEC-Q200 1 级, SMD	XAL6060-472MEC	Coilcraft	IND_6.4x6.1x6.6
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650	THT-14-423-10	Brady	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸
Q3	1		MOSFET 阵列 80V 30A (Tc) 48W 表面贴装 Mount PowerPAK <sup>®</sup> SO-8 双路	SQJB80EP-T1_GE3	Vishay	SO-8L-DUAL
Q6、Q7	2	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 3A, YJJ0003A (PICOSTAR-3)	CSD17484F4T	德州仪器 (TI)	YJJ0003A
Q8	1	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 60A, DNH0008A (VSONP-8)	CSD17581Q3A	德州仪器 (TI)	DNH0008A
Q15、Q18、QN1、QN2	4	20V	MOSFET, N 沟道, 20V, 0.5A, YJM0003A (PICOSTAR-3)	CSD15380F3	德州仪器 (TI)	YJM0003A
QP1、QP2	2	-20V	MOSFET, P 沟道, -20V, -1.7A, YJM0003A (PICOSTAR-3)	CSD25480F3	德州仪器 (TI)	YJM0003A
R1、R18、R21、R22、R58、R79、R80	7	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW0402100KFKED	Vishay-Dale	0402



表 5-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
R2	1	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0402	ERJ-2RKF1003X	Panasonic	0402
R3、R15、R56、 R60、R93、R149、 R152	7	10k	电阻, 10k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040210K0JNED	Vishay-Dale	0402
R4、R5	2	0	0Ω 跳线 0.125W, 1/8W 片式电阻器 0603 ( 公制 1608 ) 汽车类 AEC-Q200 厚膜	ERJ-H3G0R00V	Panasonic	0603
R11、R12	2	200k	电阻, 200k, 1%, 0.05W, 0201	CRCW0201200KFKED	Vishay-Dale	0201
R13、R14	2	51.0k	电阻, 51.0k, 1%, 0.05W, 0201	RC0201FR-0751KL	Yageo America	0201
R16、R17、R36、 R37、R42、R43	6	2.20k	电阻, 2.20k, 1%, 0.05W, 0201	CRCW02012K20FKED	Vishay-Dale	0201
R20	1	412k	电阻, 412k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW0402412KFKED	Vishay-Dale	0402
R23	1	23.7k	电阻, 23.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2RKF2372X	Panasonic	0402
R24、R25、R26、 R27、R28、R30、 R45、R46、R89、 R90、R137、R139	12	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	CRCW02010000Z0ED	Vishay-Dale	0201
R32、R96、R97、 R98	4	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040210K0FKED	Vishay-Dale	0402
R34、R35	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.05W, 0201	RC0201FR-07100KL	Yageo America	0201
R38、R44、R59	3	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.05W, 0201	CRCW020110K0FKED	Vishay-Dale	0201
R47、R52	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, 0402	RC1005F104CS	Samsung Electro-Mechanics	0402
R48、R49、R50、 R51	4	1.00Meg	电阻, 1.00M, 1%, 0.1W, 0402	ERJ-2RKF1004X	Panasonic	0402
R53	1	1.50k	电阻, 1.50k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT1K50	Stackpole Electronics Inc	0402
R54、R55	2	5.10k	电阻, 5.10k, 1%, 0.05W, 0201	RC0201FR-075K1L	Yageo America	0201
R63	1	115k	电阻, 115k, 1%, 0.063W, 0402	RC0402FR-07115KL	Yageo America	0402
R65、R66、R71、 R72	4	90.9k	电阻, 90.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040290K9FKED	Vishay-Dale	0402
R69、R70、R73、 R74	4	9.09k	电阻, 9.09k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04029K09FKED	Vishay-Dale	0402
R81	1	750	电阻, 750, 1%, 0.05W, 0201	RC0201FR-07750RL	Yageo America	0201
R91	1	100k	电阻, 100k, 1%, 0.05W, 0201	RC0201FS-7D100KL	Yageo America	0201

表 5-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
S2	1		触控式开关, 单刀单掷-常开 0.05A/12V	B3U-1000P	Omron Electronic Components	3x1.6x2.5mm
SH-J11、SH-J12、SH-J13、SH-J14、SH-J15	5	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	SNT-100-BK-G	Samtec	分流器
TP1、TP11	2		测试点, 微型, 橙色, TH	5003	Keystone Electronics	橙色微型测试点
TP2	1		测试点, 微型, 蓝色, TH	5117	Keystone	蓝色微型测试点
TP3、TP5	2		测试点, 微型, 白色, TH	5002	Keystone Electronics	白色微型测试点
TP4	1		测试点, 微型, 红色, TH	5000	Keystone Electronics	红色微型测试点
TP7、TP10、TP13、TP14	4		测试点, 微型, SMT	5015	Keystone Electronics	Test point_Keystone_Miniature
U1、U3	2		1A 低静态电流低压降 (LDO) 稳压器, DRV0006A (WSON-6)	TLV75733PDRVR	德州仪器 (TI)	DRV0006A
U2	1		针对电源应用进行了优化且具有集成电源开关的 USB Type-C® 和 USB PD 控制器	TPS26750RSMR	德州仪器 (TI)	VQFN32
U4	1		具有瞬态过流消隐计时器的 2.7V 至 16V、10A、7mΩ 电子保险丝	TPS259814ARPWR	德州仪器 (TI)	QFN10
U6	1		开关电容器电压转换器, 6 引脚 SOT-23, 无铅		德州仪器 (TI)	DBV0006A
U7	1		针对电源应用进行了优化且具有集成电源开关的 USB Type-C 和 USB PD 控制器	TPS25750DRJK	德州仪器 (TI)	VQFN32
U8	1		22V 精密浪涌保护钳位器, DRV0006A (WSON-6)	TVS2200DRVR	德州仪器 (TI)	DRV0006A
U9	1		3.5V 至 60V 5A 同步降压稳压器, RNP0030A (WQFN-30)	LM76005RNPR	德州仪器 (TI)	RNP0030A
U10	1		高侧栅极驱动器 IC 同相 10-MSOP-EP	LTC7004IMSE#TRPBF	Analog Devices	MSOP10
U12	1		USB Type-C® 48V EPR 端口保护器: VBUS 短路过压和 IEC ESD 保护	TPD4S480RUKR	德州仪器 (TI)	WQFN20
U13	1		EEPROM 存储器 IC, 512Kb, (64K x 8), I <sup>2</sup> C, 1MHz, 900ns, 8-SOIC	CAT24C512WI-GT3	ON Semi	SOIC8
U14	1		具有可选串行 EEPROM 接口的 2/3 端口 USB 集线器, 3.3V, 0°C 至 70°C, 32 引脚 LQFP (VF), 绿色 (RoHS, 无镉/溴)	TUSB2036VFR	德州仪器 (TI)	VF0032A
U15、U18、U19	3		用于超高速 (6Gbps) USB 3.0 接口的 ESD 解决方案, 2 通道, -40°C 至 85°C, 3 引脚 SOT (DRT), 环保 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴)	TPD2EUSB30DRTR	德州仪器 (TI)	DRT0003A
U17	1		5V 精密浪涌保护钳位器, DRV0006A (WSON-6)	TVS0500DRVR	德州仪器 (TI)	DRV0006A

表 5-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商	封装参考
U20	1		具有使能端和电源正常状态指示的 60V、5uA Iq、100mA 低压降 (LDO) 稳压器, DRB0008B (VSON-8)	TPS7A1650DRBR	德州仪器 (TI)	DRB0008B
U22	1		Tiva C 系列微控制器, 256KB 闪存, 32KB SRAM, 12 位, 12 通道, -40°C 至 105°C, 64 引脚 LQFP (PM), 环保 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴), 卷带封装	TM4C123GH6PMTR	德州仪器 (TI)	PM0064A
Y1	1		振荡器 XO 48MHz ±50ppm 15pF HCMOS 55% 1.8V/2.5V/3.3V 4 引脚 Mini-CSMD T/R	ECS-2520MV-480-BN-TR	ECS International	SMT_OSC_2MM5_2MM0
Y2	1		晶振, 16MHz, 8pF, SMD	NX3225GA-16.000M-STD-CRG-1	NDK	3.2mm x 0.75mm x 2.5mm

## 6 其他信息

### 6.1 商标

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

Google Chrome® is a registered trademark of Google LLC.

Firefox® is a registered trademark of Mozilla Foundation.

Safari® is a registered trademark of Apple Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 6.2 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与发布的规格不相符。

### 6.3 术语

[TI 术语表](#)列出并解释了通用术语、首字母缩略词和定义。

[USB Type-C® 和 USB 电力输送应用和要求入门](#)列出并解释了 USB Type-C 和 USB 电力输送术语、首字母缩略词和定义。

### 6.4 器件支持

#### 6.4.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

#### 6.4.2 补充内容

为了使器件按照相关规格正常运行，用户需要下载器件的最新版本固件（请参阅有关接收文档和固件更新通知的部分）。如果您未下载并为器件安装最新版固件，则器件“按原样”提供，对于此类器件，TI 不提供任何保证或声明，并拒绝作出与此类器件相关的任何及所有保证或声明。此外，如果您未下载并为器件安装最新版固件，则对于由各类原因（包括合同、侵权、过失以及与器件相关的其他责任理论）引发的损害赔偿（包括直接损害赔偿），TI 均不负责偿付，且明确不予承认。

### 6.5 文档支持

- [USB 电力输送规格](#)
- [USB-PD 规格](#)
- [USB Type-C 线缆和连接器规格](#)
- [USB 文档库](#)
- [USB 电力传输 - 合规性报告](#)
- [设计用于实现应用多样化的电池充电系统](#)，应用手册
- [USB Type-C PD3.1 扩展功率范围和 Type-C + BQ 解决方案的优势](#)，研讨会
- [设计支持宽输入电压和电池电压范围的应用](#)，技术文章

### 6.6 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [订阅更新信息](#) 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，请查阅已修订文档中包含的修订历史记录。

## 6.7 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#)是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提问，获得所需的快速设计帮助。链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。该内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的[使用条款](#)。

## 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