

# EVM User's Guide: TPS65987DDKEVM

## TPS65987DDK 评估模块



### 说明

作为独立测试套件的一部分，TPS65987DDKEVM 可用于评估 TPS65987DDK IC，以便开发和测试 USB Type-C® 和电力输送 (PD) 最终产品。

TPS65987DDKEVM 包括多个用于对电压保护、电源拓扑和刷写进行完整评估的器件。TPS65987DDK 集成了全面管理的电源路径与强大的保护功能，可提供完整的 USB-C® PD 设计。

### 开始使用

1. 在 [ti.com](https://ti.com) 上订购 [TPS65987DDKEVM](#)。
2. 阅读 TPS65987DDKEVM 用户指南。
3. 使用 [TPS6598x 应用程序自定义工具](#) 开始开发。
4. 如有疑问或如需获得支持，请参阅 [TPS6598x 应用程序自定义工具用户指南](#)、[数据表](#)、[技术参考手册](#) 或 [E2E](#)。

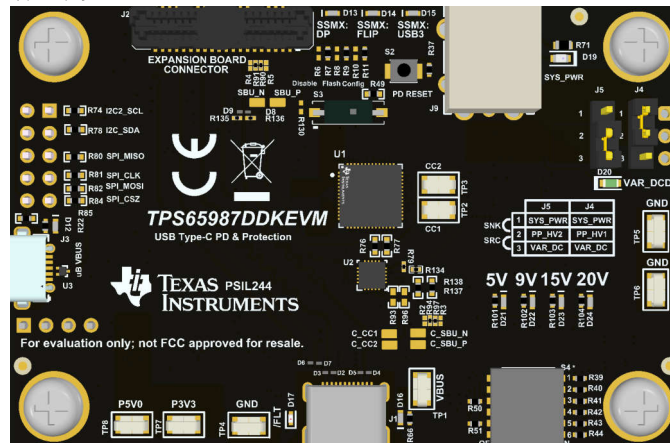
### 特性

- TPS65987DDK 是一款可完全配置的 USB PD 器件控制器：
  - 源端口和接收端口能力可高达 20V/5A
  - 交替模式支持
    - DisplayPort™
  - 通过 GPIO 或 I2C 控制外部直流/直流电源、高速数据多路复用器及其他外设

- 用于为各种应用轻松配置 TPS65987DDK 的 GUI 工具：[TPS6598X-CONFIG](#)
- 电源管理
  - 通过 3.3V 或 VBUS 源供电
  - 3.3V LDO 输出，在电池电量耗尽时提供支持
- 完全管理的集成电源路径
- 集成强大的电源路径保护
- USB Type-C 功率传输 (PD) 控制器
  - 13 个可配置 GPIO
  - 符合 USB PD 3.0 标准
  - 符合 USB Type-C 规范
  - 线缆连接和方向检测
  - 集成式 VCONN 开关物理层和策略引擎
  - 3.3V LDO 输出，在电池电量耗尽时提供支持
  - 通过 3.3V 或 VBUS 源供电
  - 一个 I2C 主要或次级端口
  - 只有一个 I2C 主要端口
  - 只有一个 I2C 次级端口

### 应用

- 单板计算机
- 其他个人电子产品和工业应用
- 集线站
- 平板监视器



TPS65987DDKEVM 电路板

## 1 评估模块概述

### 1.1 引言

TPS65987DDK 是一款高度集成的独立式 USB Type-C 和电力输送 (PD) 控制器，可提供电缆插拔和方向检测功能。TPS65987DDK 还可以通过 GPIO 或 I2C 控制连接的超高速多路复用器，从而同时支持 USB3.0/3.1 数据速率和 DisplayPort 视频。本文档是 TPS65987DDK 评估模块 (TPS65987DDKEVM) 用户指南。

### 1.2 套件内容

此 EVM 套件包括：

- TPS65987DDK EVM
- EVM 免责声明自述文件

### 1.3 规格

图 1-1 展示了方框图。

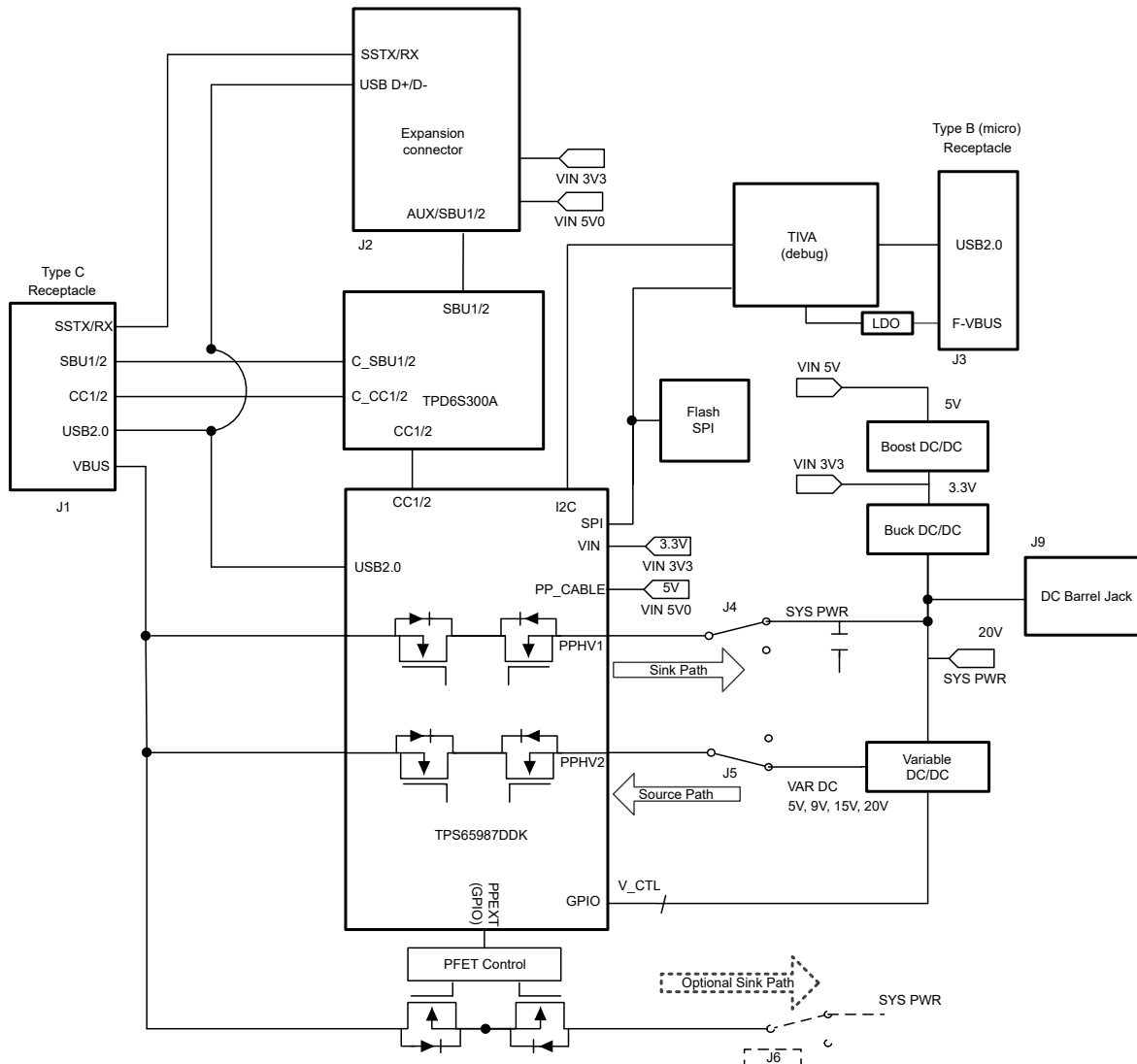


图 1-1. TPS65987DDKEVM 方框图

## 1.4 器件信息

TPS65987DDK 是一款单端口 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。在电缆检测过程中，TPS65987DDK 会在 CC 线上使用 USB PD 协议进行通信。在线缆检测和 USB PD 协商完成后，TPS65987DDK 器件会启用合适的电源路径并为外部多路复用器配置交替模式设置。TPS65987DDK 器件具有两条内部电源路径，可以是额定电流高达 5A 的拉电流或灌电流。

有关 TPS65987DDKEVM 上每个器件的更多详细信息，请参阅表 1-1。

此外，该 EVM 还配备了 TIVA 芯片，用于通过 SPI 或 I2C 刷写新工程以进行调试和开发。可通过 TPS65987DDK 应用程序自定义工具来自定义该 EVM。有关如何配置 EVM 的信息，请参阅 ( [TPS6598x 应用程序自定义工具用户指南](#) )。

**表 1-1. TPS65987DDKEVM 上的器件**

位号	器件名称	说明
U1	TPS65987DDK	USB Type-C PD 控制器
U2	TPD6S300	USB Type-C 端口保护器
U3	TPD2E009	具有 5A 浪涌额定值的双通道 ESD 保护二极管
U4	TM4C123GH6PM	TIVA MCU，与 GUI 结合使用来刷写 EVM
U5	W25Q80DVS	8Mb 串行闪存存储器
U6	TLV1701	用于外部电源路径的比较器
U7、U9	TVS2200	22V 精密浪涌保护钳位
U8	LM3489	5V、9V、15V、20V 可变直流/直流转换器
U10	TPS54334	3.3V 降压转换器
U11	TLV3012AI	适用于桶形插孔检测的低功耗比较器
U12	TPS2500	5V 升压转换器
U13	TPS76833	3.3V 低压降稳压器

## 2 硬件

### 2.1 运行所需的项目

运行 EVM 需要以下项目：

- TPS65987DDKEVM
- 20V 桶形插孔适配器或直流电源
- 有源或电子标记的 USB Type-C 电缆
- USB Type-A 转 USB Micro-B 电缆 (用于配置定制、调试和更新固件闪存)
- [TPS65987DDK 具有集成式电源开关的 USB Type-C 和 USB PD 控制器](#) 数据表
- [TPS6598x 配置工具](#)
- [TPS6598x 应用程序自定义工具](#) 用户指南
- [如何评估和配置 TI 的 USB Type-C PD 控制器](#) 培训视频

### 2.2 为 TPS65987DDKEVM 供电

该 EVM 的主电源来自桶形插孔 (J9)，可通过桶形插孔适配器接受 19V 至 20V 电压。也可以在 SYS\_PWR 上使用外部电源为该 EVM 供电 (例如：J4 或 J5 的引脚 1)。输入电压范围为 5V 至 20V，但要通过外部电源为 EVM 供电，必须对固件进行适当配置。使用配置工具在固件中更改和输入 PP\_HV 的电源功能。还可以通过来自源适配器、EVM 或器件的 USB Type-C 电缆将该 EVM 作为接收器供电。

### 2.3 跳线配置

TPS65987DDKEVM 开箱即用，配置为将 PPHV1 用作接收端路径 (J4)，将 PPHV2 用作源端路径 (J5)，这与器件中已编程的配置相匹配。

恢复固件是应用程序自定义工具随附的完整闪存映像，并配置 EVM 以匹配下面所述的跳线配置。在 GUI 中选择了工程后，打开“Device”菜单并选择“Re-Flash EVM Firmware (Recovery)”。

请注意，硬件中的跳线配置必须与软件 *Application Customization Tool (GUI)* 中的源端路径和接收端路径匹配。有关跳线配置，请参阅图 2-1 和表 2-1。

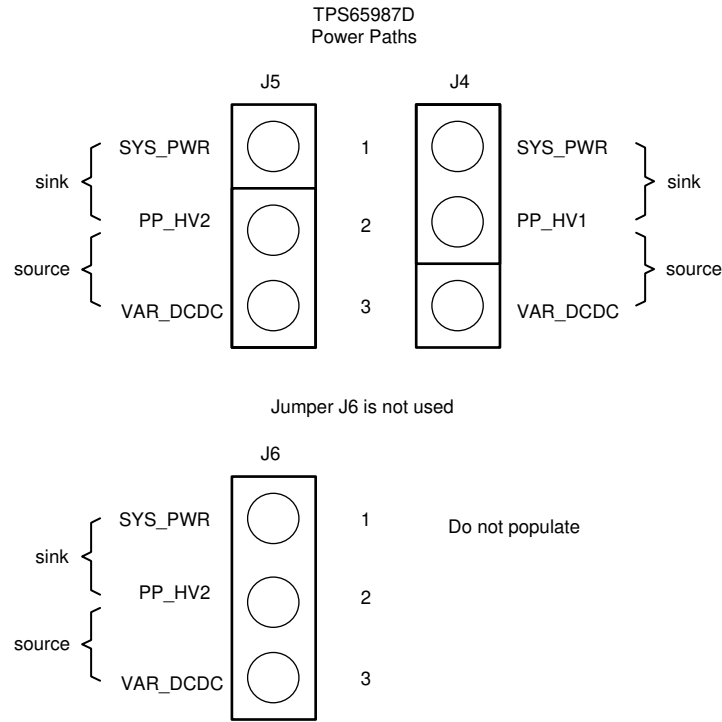


图 2-1. 用于拉电流或灌电流的电源路径跳线配置

表 2-1. 跳线配置

跳线	说明
J4	TPS65987DDK 电源路径：将引脚 1-2 跳接至 PP_HV1 上的接收端（默认）
J5	TPS65987DDK 电源路径：将引脚 2-3 跳接至 PP_HV2 上的源端（默认）

## 2.4 连接器功能

表 2-2 列出了 TPS65987DDKEVM 连接器和功能。

表 2-2. 连接器功能

位号	说明
J1	USB Type-C 连接器；TI 建议使用有源或电子标记的 USB Type-C 电缆。
J2	扩展板连接器：连接至外部模块的选项。
J3	Micro-B 连接器：连接到 PC 以在 PD 控制器上刷写工程。用户必须下载 <a href="#">TPS6598x 配置工具 (GUI)</a> 才能正确刷写工程。
J9	桶形插孔连接器：使用 19V 到 20V 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。

## 2.5 测试点

表 2-3 列出了 TPS65987DDKEVM 测试点。

表 2-3. 测试点

测试点	标签	说明
TP1	VBUS	USB Type-C 连接器上的 $V_{BUS}$ 电压。拉电流和灌电流始终以 $V_{BUS}$ 为基准（向 $V_{BUS}$ 拉电流或从 $V_{BUS}$ 灌电流）。
TP2	CC1	系统端 CC1。这可以是 VCONN 或 CC，具体取决于 USB Type-C 电缆的极性翻转。
TP3	CC2	系统端 CC2。这可以是 VCONN 或 CC，具体取决于 USB Type-C 电缆的极性翻转。
TP4、TP5、TP6	GND	整个板的接地基准。
TP7	P3V3	3.3V 直流/直流转换器的输出，为 EVM 上的所有 IC 供电。
TP8	P5V0	用于 PP_CABLE (VCONN) 的 5V 直流/直流转换器的输出。

## 2.6 LED

表 2-4 列出了 TPS65987DDKEVM LED。

表 2-4. LED

位号	标签	说明
D12	$\mu$ B VBUS	连接 $\mu$ B 端口时显示的白色 LED（用于 GUI 的 TIVA）。
D13	SSMX : DP	白色 LED，指示 TPS65987DDK 器件何时为超高速多路复用器（取决于 EVM 的版本）启用了此信号，丝印可能会显示此信号与 SSMX 进行交换：USB3。
D14	SSMX : FLIP	白色 LED，指示 TPS65987DDK 器件何时为超高速多路复用器启用了翻转电缆方向信号。
D15	SSMX : USB3	白色 LED，指示 TPS65987DDK 器件何时为超高速多路复用器启用了此信号。
D16	VBUS	白色 LED，指示 $V_{BUS}$ 何时具有 5V、9V、15V 或 20V 的电压。
D19	SYS_PWR	蓝色 LED，指示何时连接桶形插孔。
D20	VAR_DCDC	绿色 LED，指示可变直流/直流控制器 (U9) 上存在电压。当该 EVM 用作供电方时，D20 亮起。
D21	PDO_0	白色 LED，指示何时存在 5V PD 协议（仅在供电时显示）。
D22	PDO_1	白色 LED，指示何时存在 9V PD 协议（仅在供电时显示）。
D23	PDO_2	白色 LED，指示何时存在 15V PD 协议（仅在供电时显示）。
D24	PDO_3	白色 LED，指示何时存在 20V PD 协议（仅在供电时显示）。
D17	/FLT	红色 LED，指示 TPD6S300A 器件何时发生故障。

## 2.7 开关

表 2-5 和表 2-6 列出了 TPS65987DDKEVM 开关。对于 S1，所有六个开关都必须设置到 ON 位置（右侧），以便刷写项目和进行调试。对于 S4 开关，开箱即用 EVM 的 S4->4 (BP\_WaitFor3V3\_Internal) 必须设为开启（右侧）。这可以验证 PD 控制器是否在电池无电模式下启用内部电源路径。如果 EVM 配置为仅供电方，则可以关闭（左侧）S4。请注意，对于 S4[1, 2, 3] 和 S4[4, 5, 6]，每组只有一个开关必须处于 ON 位置。

表 2-5. S4 开关组

开关 (S4)	说明
1、2、3 OFF	I2C 地址选择：000b
仅 1 ON	I2C 地址选择：001b
仅 2 ON	I2C 地址选择：010b
仅 3 ON	I2C 地址选择：011b
4、5、6 OFF	电池无电模式：BP_NoResponse
仅 4 ON	电池无电模式：BP_WaitFor3V3_Internal
仅 5 ON	电池无电模式：BP_WaitFor3V3_External
仅 6 ON	电池无电模式：BP_NoWait

表 2-6. 按钮

位号	标签	说明
S2	PD 复位	此开关是一个按钮，按下时可将 TPS65987DDK 器件的 HRESET 引脚 (44) 拉高。松开该按钮会再次将 HRESET 拉低，TPS65987DDK 器件会进行软复位，包括从 RAM 重新加载固件。如果 RAM 中存在有效配置，TPS65987DDK 器件不会从外部闪存重新加载配置。
S3	禁用闪存配置	此按钮开关将 SPI POCI 线路固定至 GND。引导器件时使用此按钮。如果在器件正在启动时按下此按钮，TPS65987DDK 器件不会从 SPI 闪存加载配置，而是启动进入默认 ROM 配置。

## 3 软件

### 3.1 软件说明

所需的软件是 [TPS6598x 配置工具](#)，可从 [TPS65987DDK 产品页面](#) 安装该工具。TPS6598x 配置工具提供一个 GUI 界面来配置固件以用于特定终端用途，从而在设计阶段提供帮助。

GUI 为用户提供以下功能：

- 生成新的配置设置
- 将配置加载到器件
- 以 PJT 格式保存配置信息
- 以二进制和 C 格式导出配置设置
- 在运行期间以调试模式读取和编辑寄存器

### 3.2 调试 EVM

以下检查有助于解决将 TPS65987DDKEVM 连接到另一个 EVM 或 USB Type-C 设备时状态 LED 不亮的问题：

- 使用 [TPS6598x 配置工具](#) (GUI) 确认已在 TPS65987DDKEVM 上加载固件映像。
- 确保 CC 线路切换为双角色端口功能。
- 确保以下系统电源：
  - P3V3 = 3.3V
  - P5V0 = 5V
  - 桶形插孔 / SYS\_PWR = 20V (插入时)。
  - VAR\_DCDC = 5V (当插入桶形插孔时，没有连接 USB Type-C 电缆或器件)。
  - V<sub>BUS</sub> = 5V、9V、15V 或 20V (当 USB Type-C 端口连接到另一个 EVM 或器件时)。



## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

图 4-1 至图 4-6 展示了 TPS65987DDKEVM 原理图。

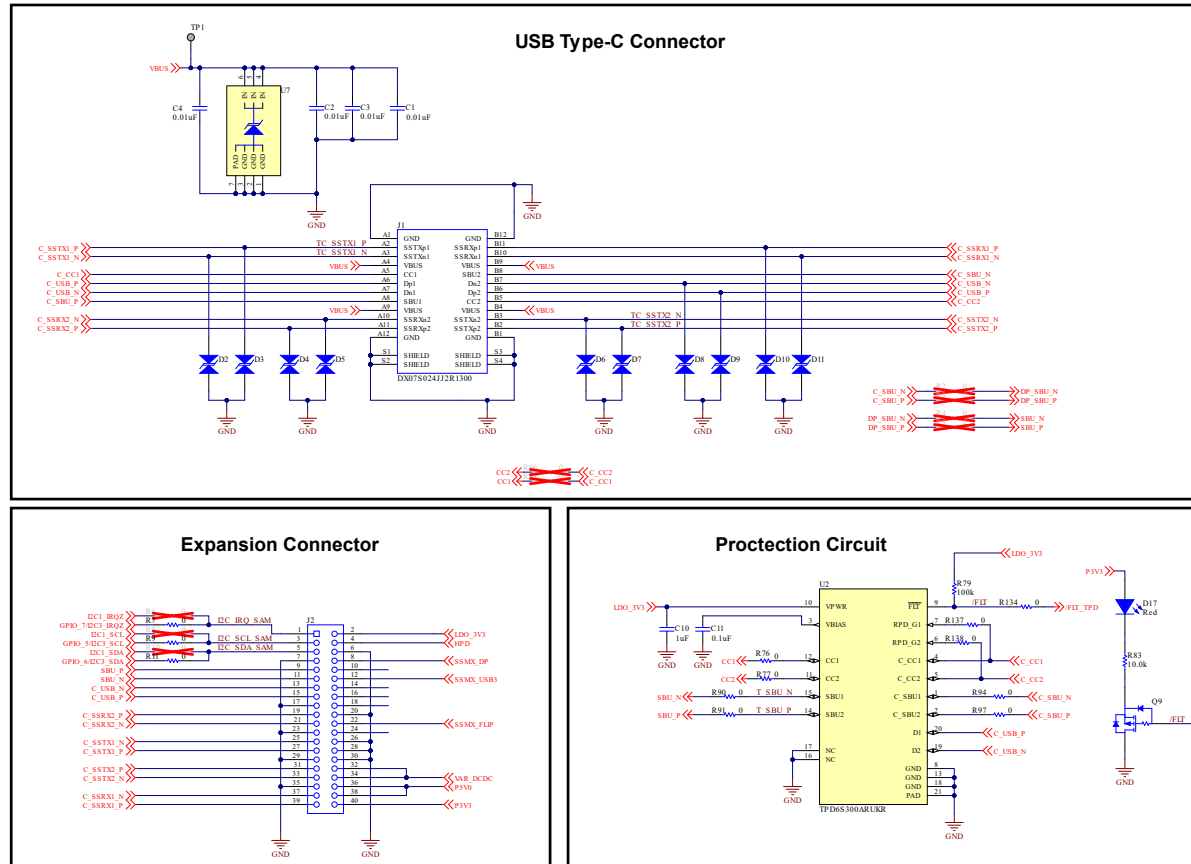


图 4-1. USB Type-C 和外部模块连接器

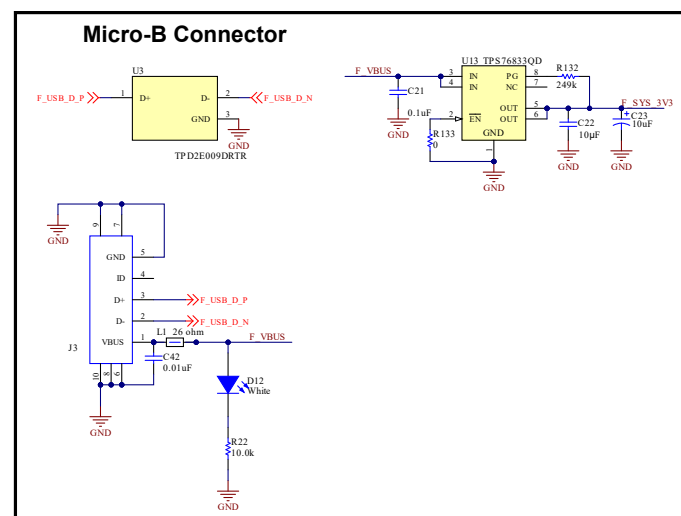
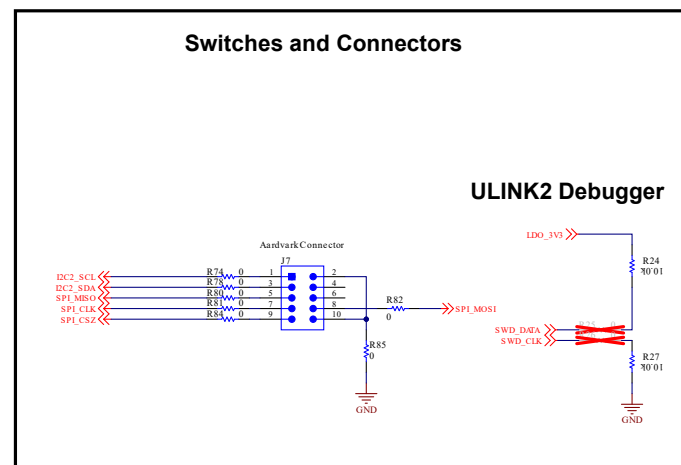
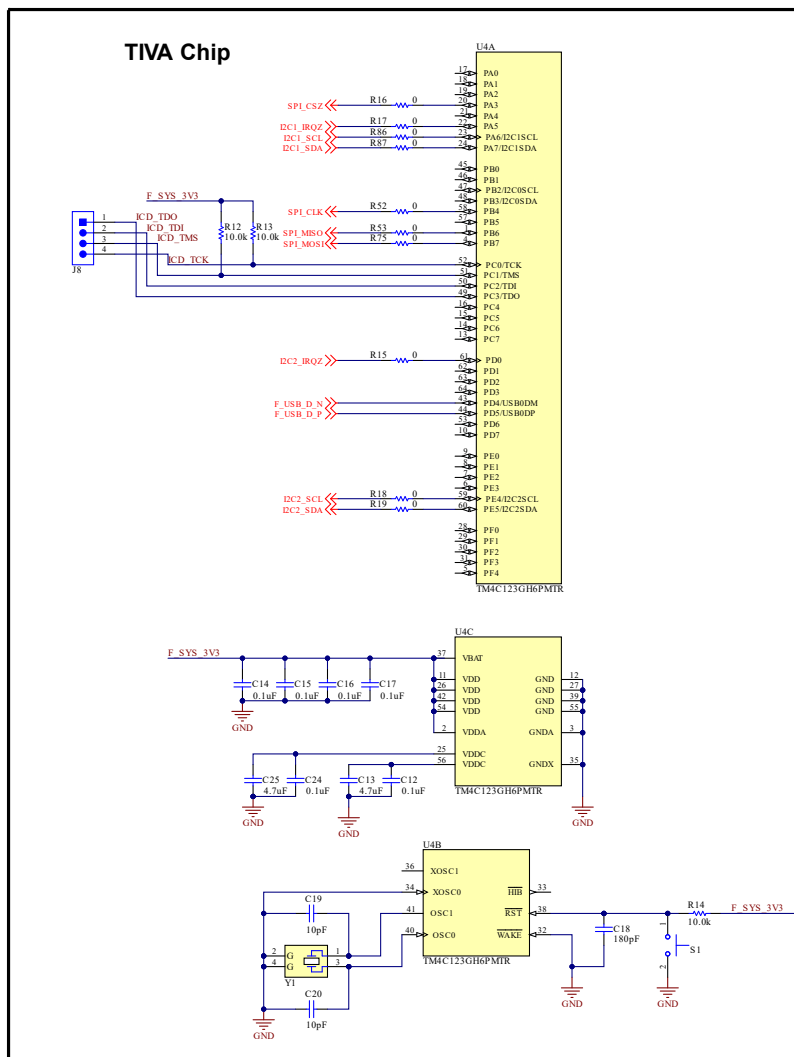


图 4-2. TIVA 器件和连接器

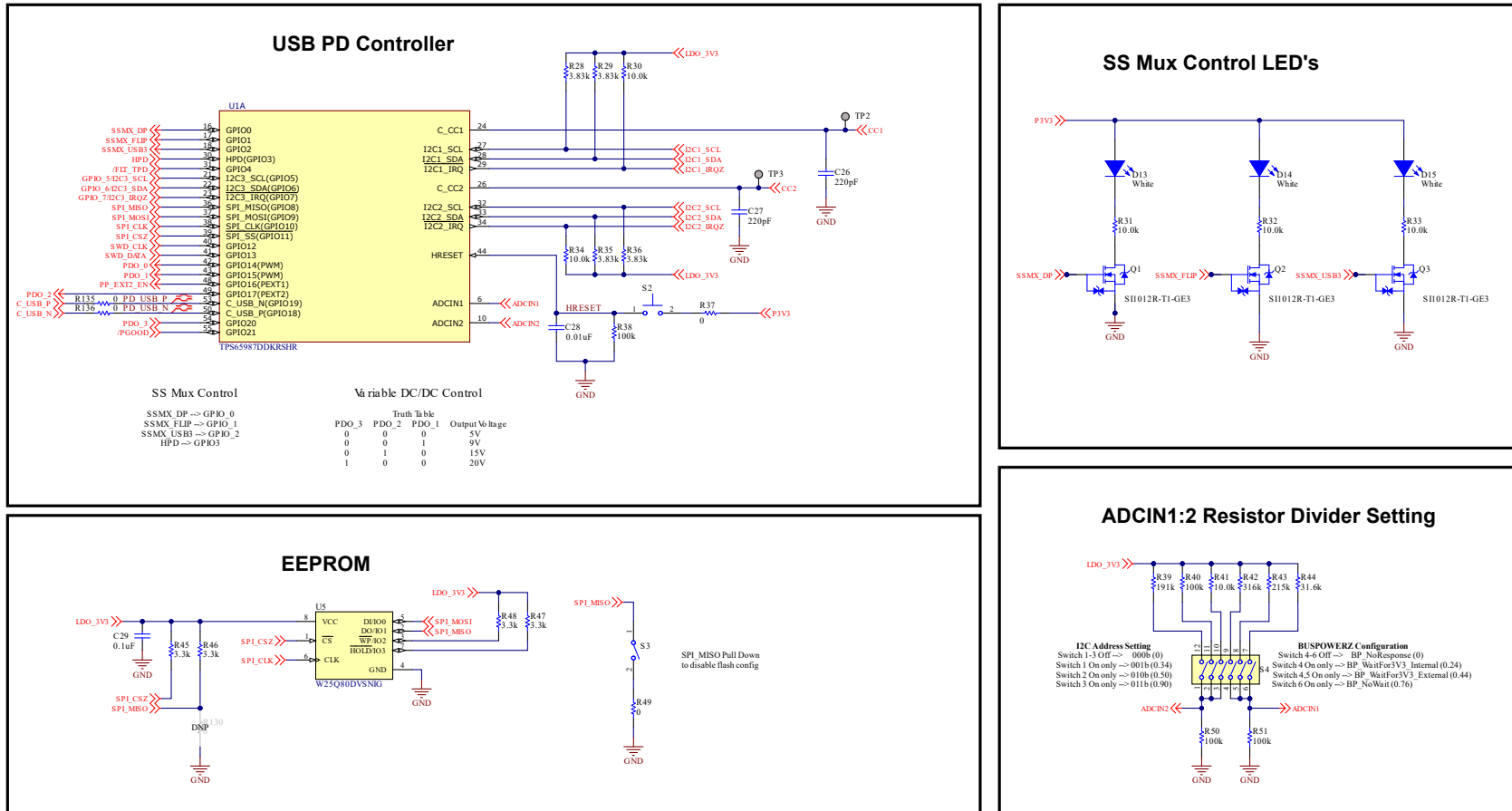


图 4-3. USB PD 控制器和存储器

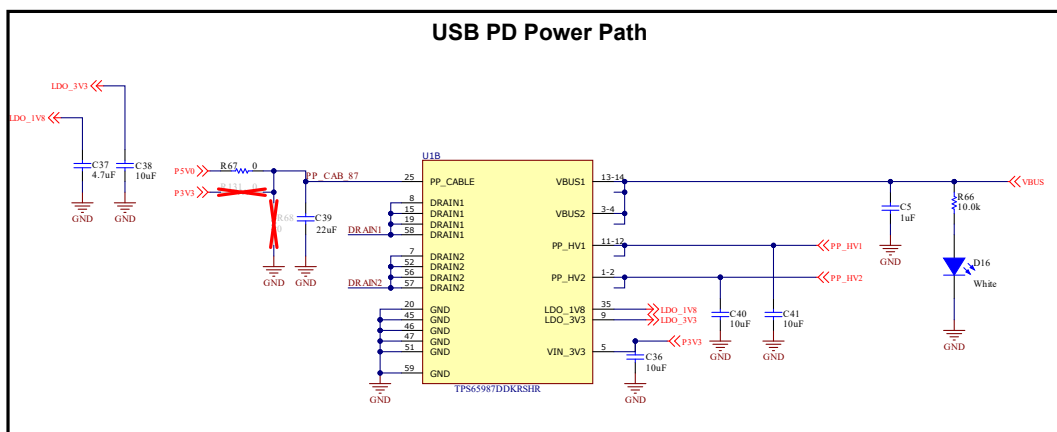
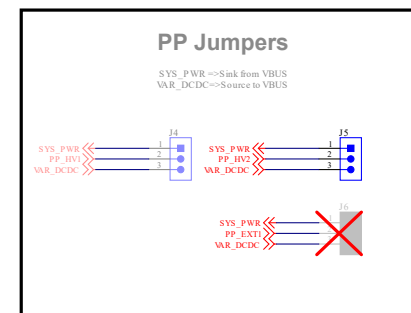
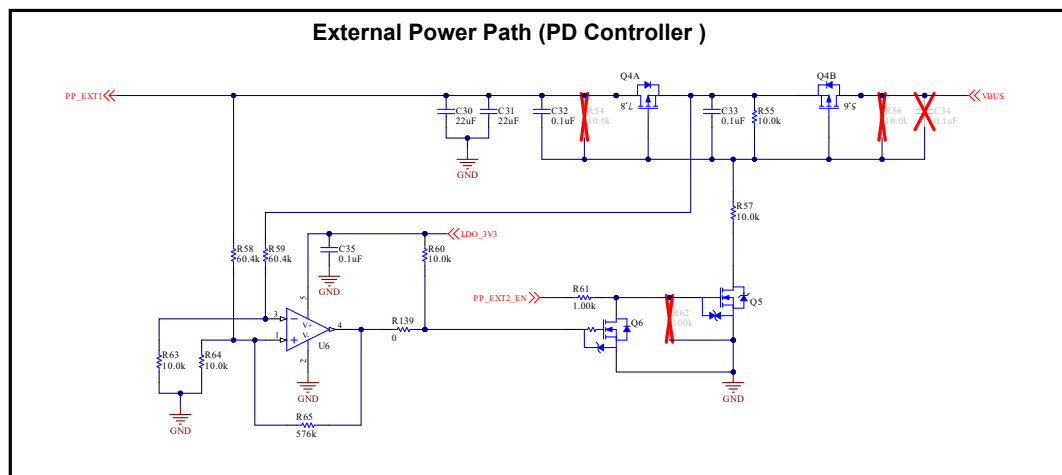


图 4-4. USB PD 电源路径

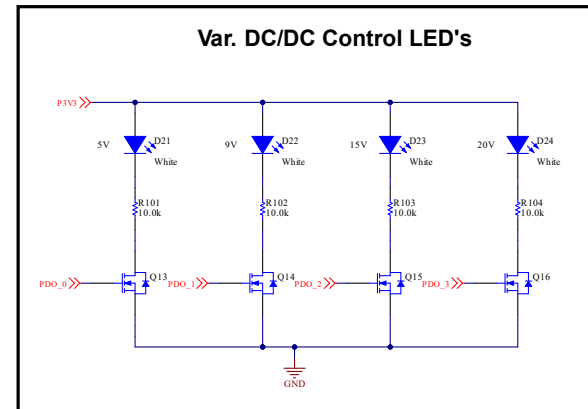
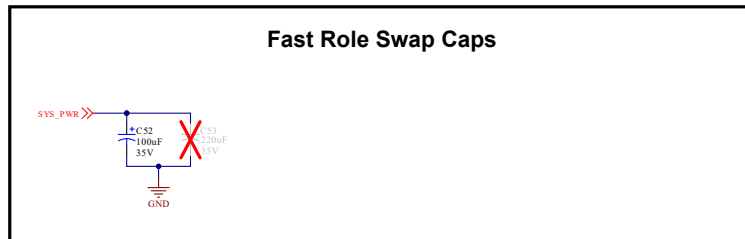
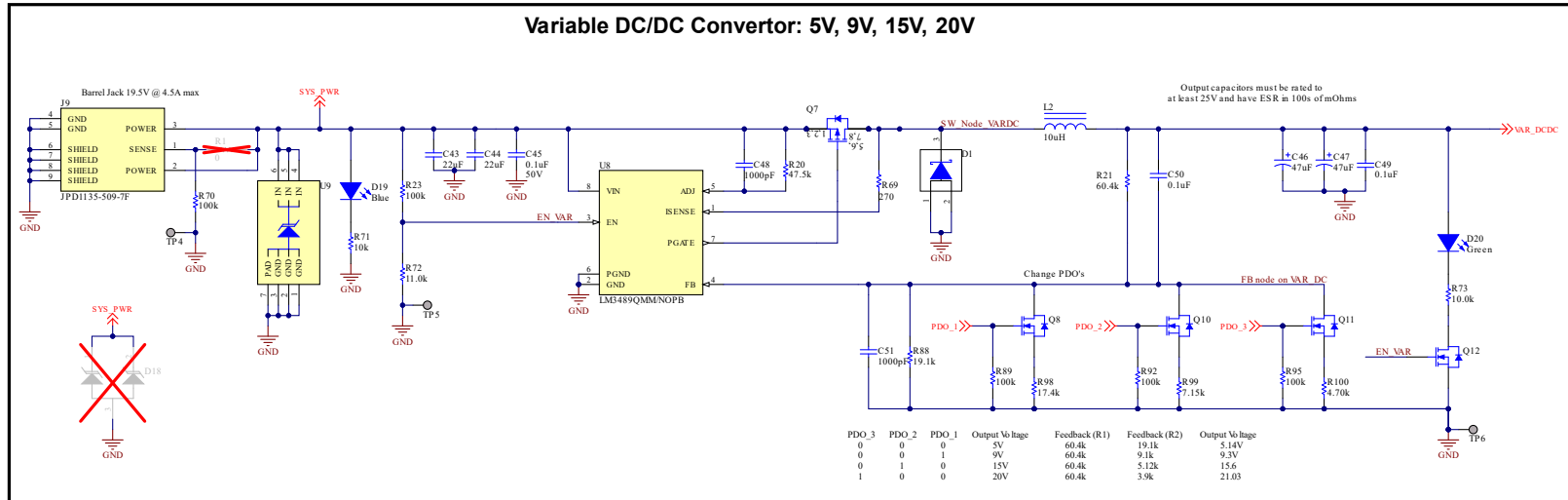


图 4-5. 可变直流/直流控制器

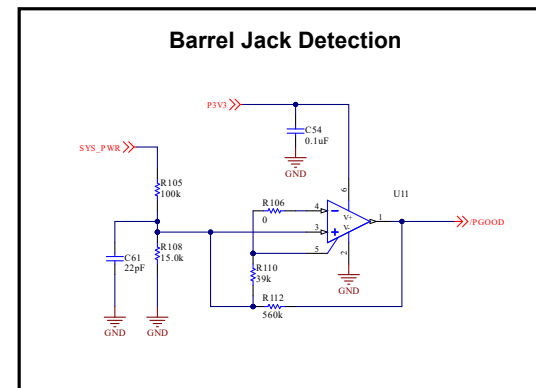
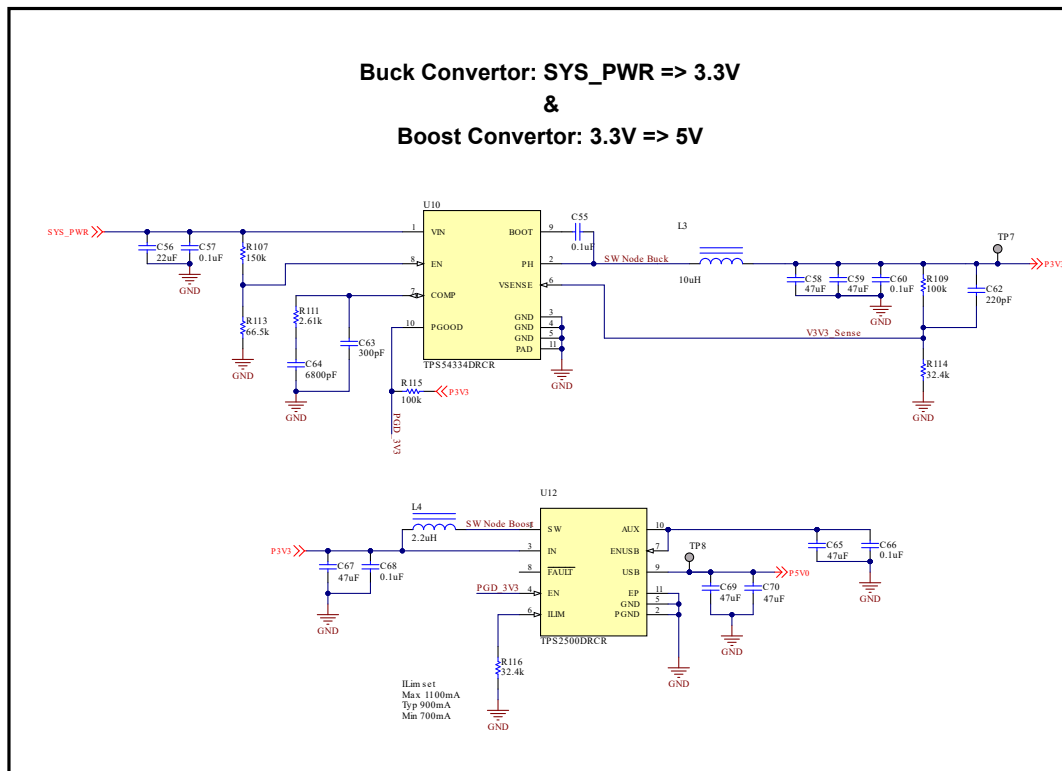


图 4-6. 降压和升压直流/直流转换器

## 4.2 PCB 布局

图 4-7 至图 4-18 展示了 TPS65987DDKEVM PCB 层。

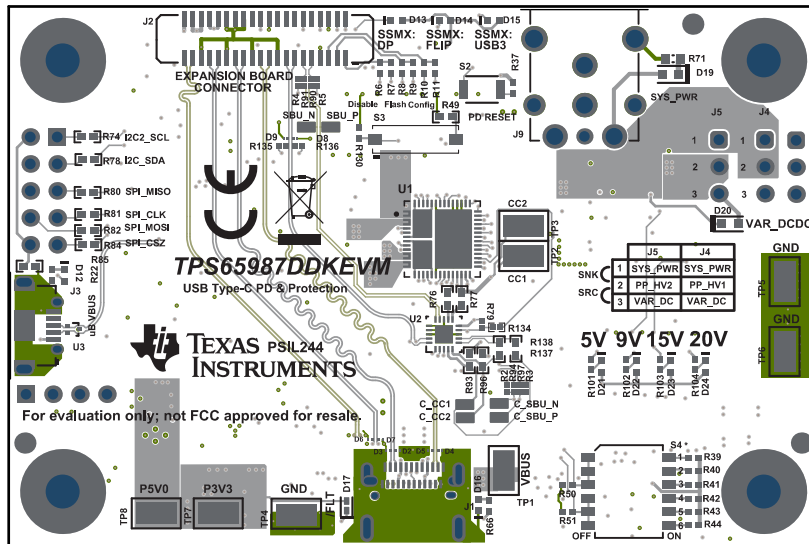


图 4-7. 顶层

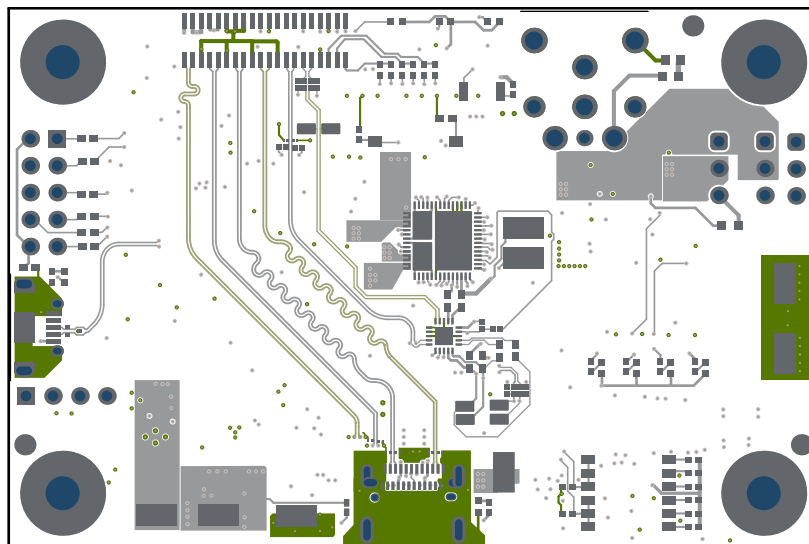


图 4-8. 顶层掩模

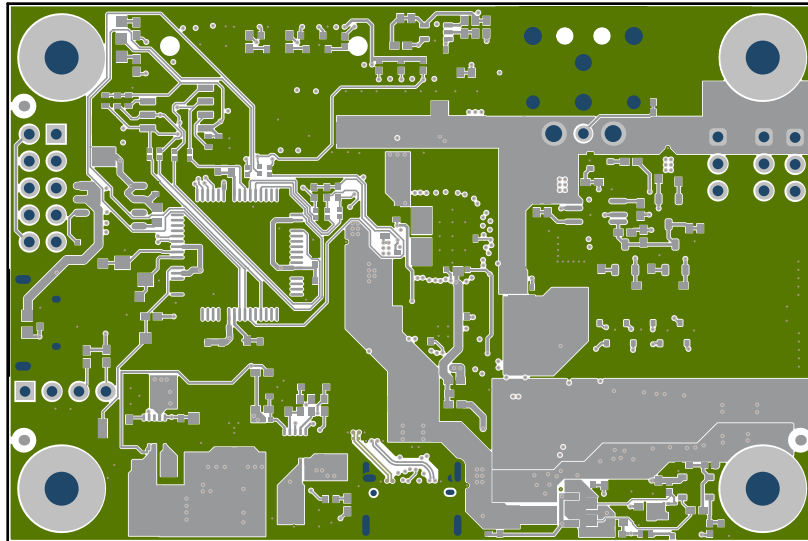


图 4-9. 超高速第 2 层

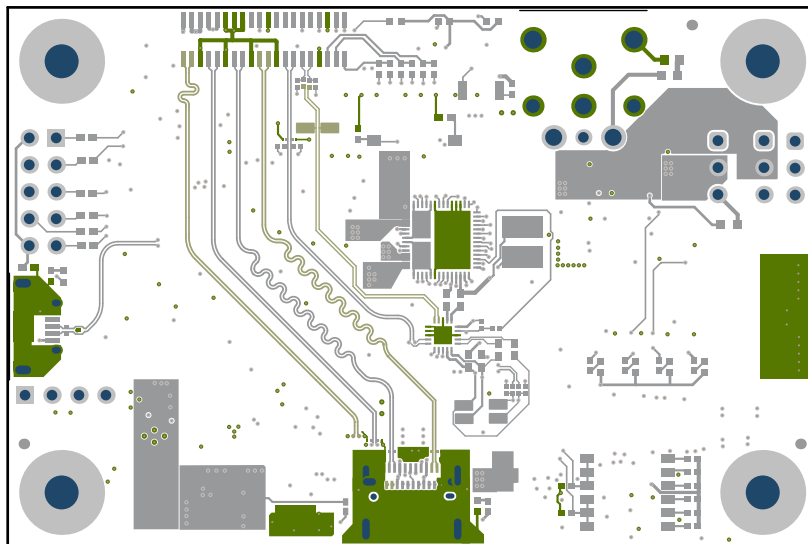


图 4-10. 超高速第 1 层



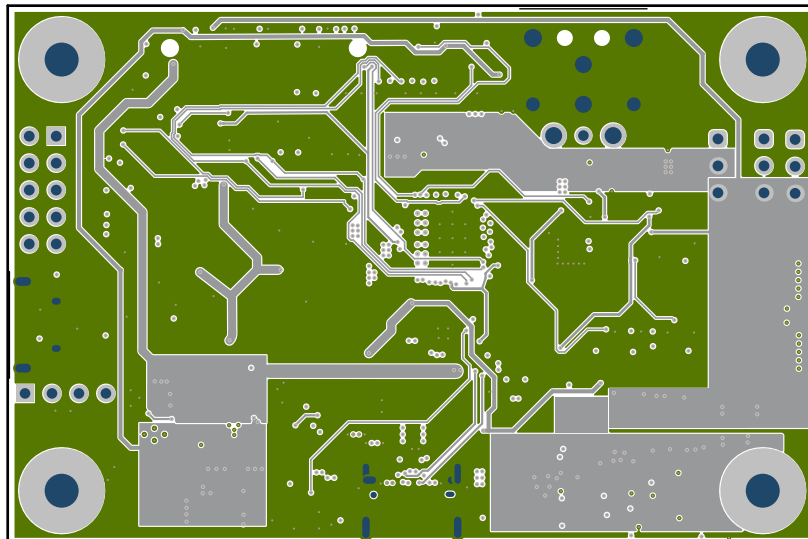


图 4-11. 电源信号层 2

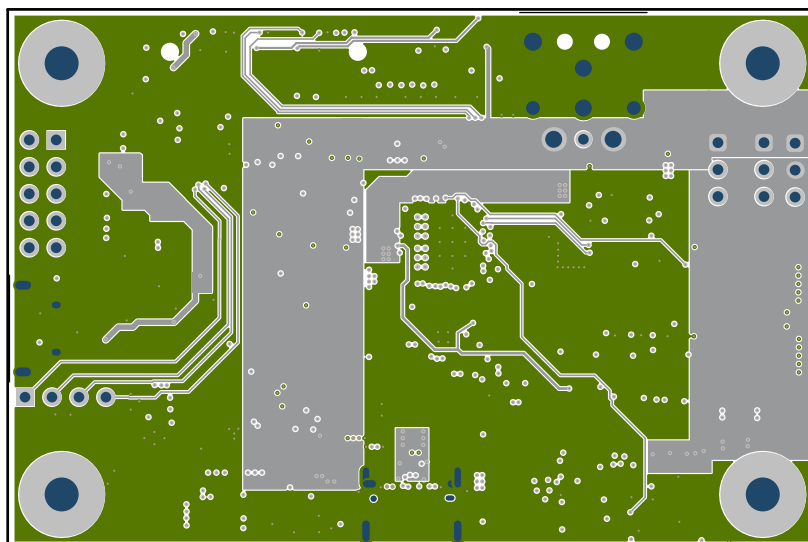


图 4-12. 电源信号层 1

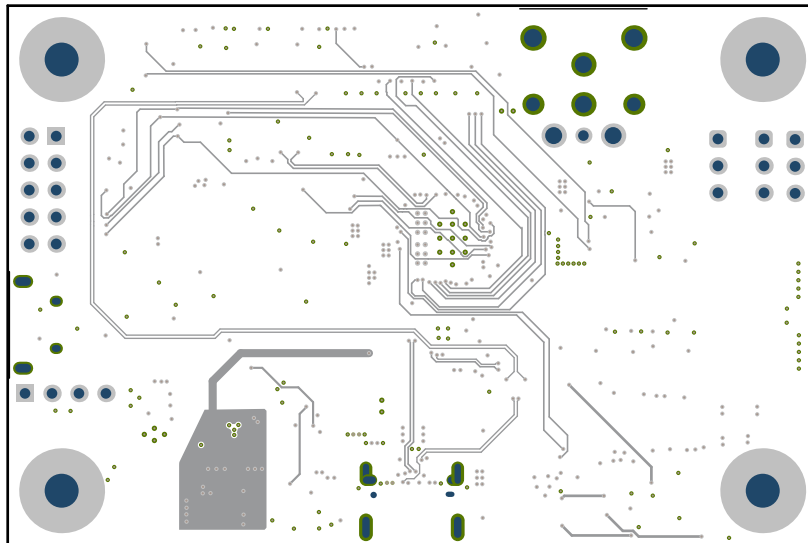


图 4-13. 高速层

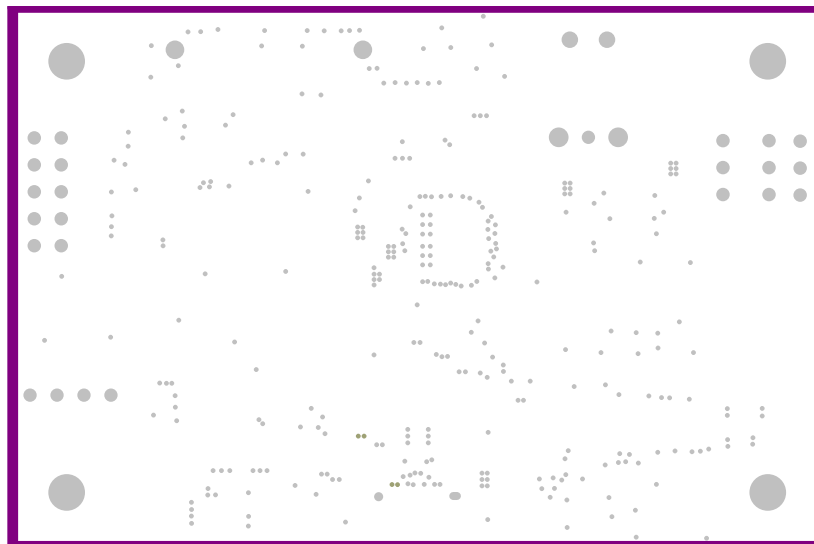


图 4-14. 接地平面 3

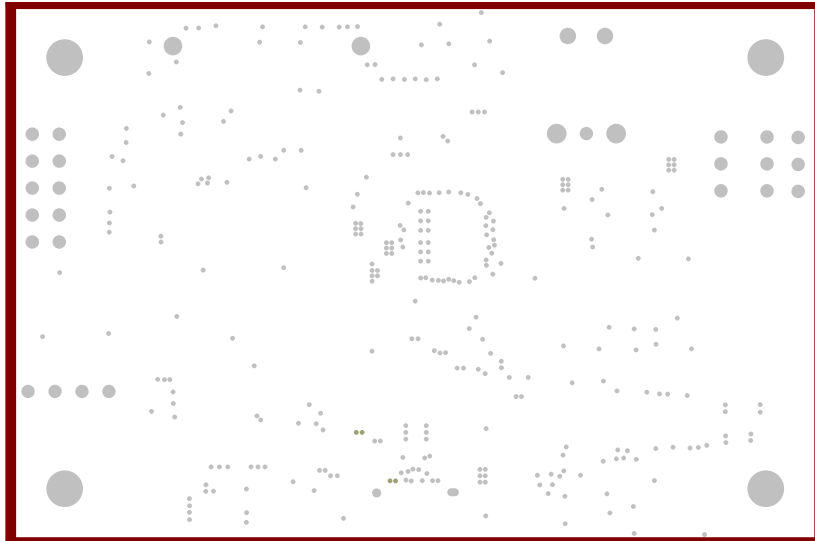


图 4-15. 接地平面 2

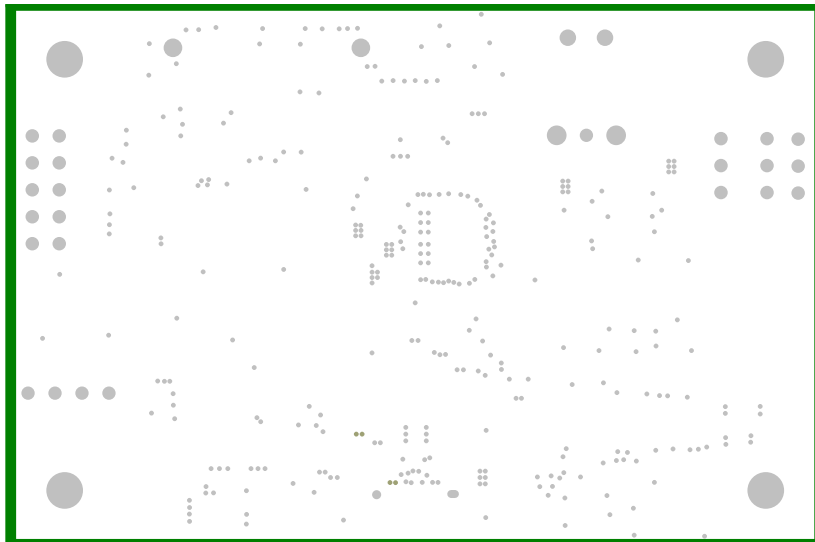


图 4-16. 接地平面 1

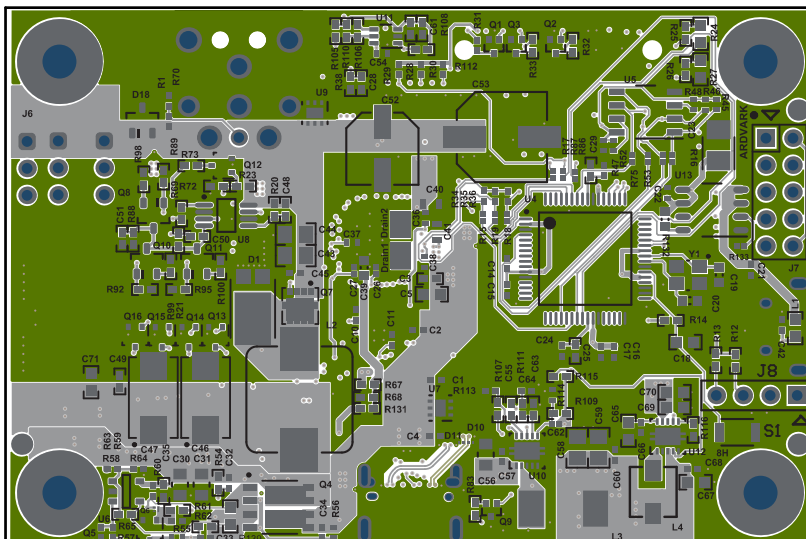


图 4-17. 底层

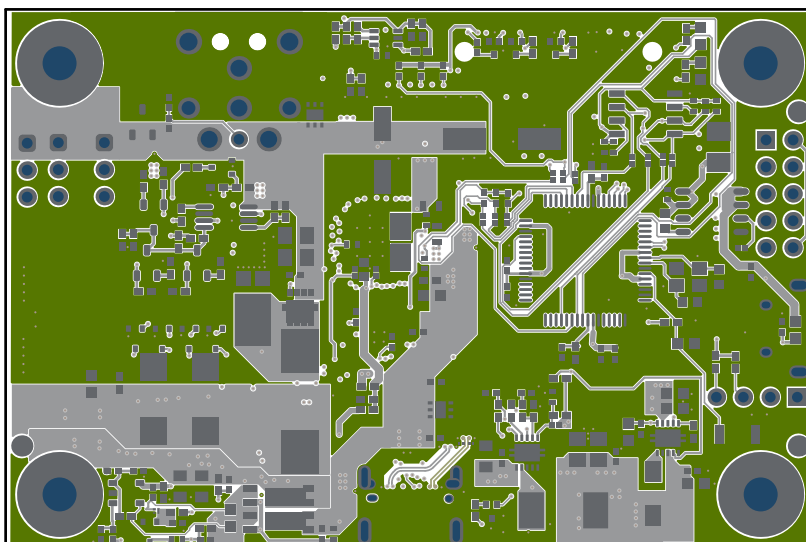


图 4-18. 底层掩模

### 4.3 物料清单

表 4-1 列出了 TPS65987DDKEVM BOM

表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1)

位号	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		PSIL244	不限		
C1、C2、C3、C4、C28	5	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 50V, +/-10%, C0G/NP0, 0402	0402	GCM155R71H103KA55D	MuRata		
C5、C71	2	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 35V, +/-10%, X5R, 0603	0603	GRM188R6YA475KE15D	MuRata		
C10	1	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 16V, +/-10%, X6S, 0402	0402	C1005X6S1C105K050BC	TDK		
C11、C12、C14、C15、C16、C17、C21、C24、C32、C33、C35、C45、C50、C54、C55、C57、C60、C66、C68	19	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata		
C13、C25	2	4μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 10V, +/-10%, X5R, 0402	0402	C1005X5R1A475K050BC	TDK		
C18	1	180μF	电容, 陶瓷, 180pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A181JAT2A	AVX	KGM15ACG1H181JT	KYOCERA AVX
C19、C20	2	10pF	电容, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CGA3E2C0G1H100D080AA	TDK		
C22	1	10μF	电容, 陶瓷, 10 μF, 10V, +/- 20%, X5R, 0402	0402	0402ZD106MAT2A	AVX	KGM05CR51A106MH	KYOCERA AVX
C23	1	10μF	电容, 钽, 10uF, 10V, +/-10%, 2.5Ω, SMD	3528-21	293D106X9010B2TE3	Vishay-Sprague		
C26、C27	2	220μF	电容, 陶瓷, 220pF, 25V, +/-10%, X7R, 0201	0201	GRM033R71E221KA01D	MuRata		
C29	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, +/-10%, X7R, 0402	0402	885012205037	Würth Elektronik		
C30、C31、C43、C44、C56	5	22μF	电容, 陶瓷, 22uF, 25V, +/-20%, X5R, 0805	0805	GRM21BR61E226ME44L	MuRata		
C36、C38	2	10μF	电容, 陶瓷, 10 μF, 10V, +/- 20%, X5R, 0402	0402	CL05A106MP8NUB8	Samsung Electro-Mechanics		
C37	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7uF, 10V, +/-20%, X5R, 0402	0402	CL05A475MP5NRNC	Samsung Electro-Mechanics		
C39	1	22μF	电容, 陶瓷, 22uF, 10V, +/-20%, X5R, 0603	0603	C1608X5R1A226M080AC	TDK		
C40、C41	2	10μF	电容, 陶瓷, 10uF, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRM188R61E106MA73D	MuRata		
C42	1	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-5%, X7R, 0402	0402	C0402C103J5RACTU	Kemet		
C46、C47	2	47μF	电容, 铝制, 47uF, 35V, +/-20%, 0.9Ω, AEC-Q200 1 级, SMD	7343-43	TAJE476M035RNJ	AVX		
C48、C51	2	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	C0402C102K5RACTU	Kemet		
C49	1	100nF	电容, 陶瓷, 100nF, 35V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0402, +125°C, 汽车, T/R	0402	CGA2B3X7R1V104K050BB	TDK Corporation		
C52	1	100uF	电容, 铝制, 100uF, 35V, +/-20%, 0.26Ω, AEC-Q200 2 级, SMD	D6.3xL5.8mm	EEE-FT1V101AP	Panasonic		
C58、C59	2	47μF	电容, 陶瓷, 47uF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0805	0805	GRM219R60J476ME44D	MuRata		
C61	1	22μF	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	GCM1555C1H220JA16D	MuRata		

**表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1) (续)**

位号	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
C62	1	220pF	电容, 陶瓷, 220pF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0201	0201	CGA1A2X7R1H221K030BA	TDK		
C63	1	300μF	电容, 陶瓷, 300pF, 25V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	0402	C0402C301J3GAC7867	Kemet		
C64	1	6800uF	电容, 陶瓷, 6800pF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402	GCM155R71H682KA55D	MuRata		
C65、C67、C69、C70	4	47μF	电容, 陶瓷, 47uF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRM188R60J476ME15D	MuRata		
D1	1	40V	二极管, 肖特基, 40V, 10A, PowerDI5	PowerDI5	PDS1040L-13	Diodes Inc.		
D2、D3、D4、D5、D6、D7、D8、D9、D10、D11	10		适用于 USB Type-C 和 Thunderbolt 3 的单通道 ESD 保护二极管, DPL0002A (X2SON-2)	DPL0002A	TPD1E01B04DPLR	德州仪器 (TI)	TPD1E01B04DPLT	德州仪器 (TI)
D12、D13、D14、D15、D16、D21、D22、D23、D24	9	白色	LED, 白色, SMD	0402, 白色	LW QH8G-Q2S2-3K5L-1	OSRAM	LW QH8G-Q2OO-3K5L-1	
D17	1	红色	LED, 红色, SMD	0402	APHHS1005SURCK	KINGBRIGHT		
D19	1	蓝色	LED, 蓝色, SMD	1.6mm x 0.8mm	LTST-C193TBKT-5A	Lite-On		
D20	1	绿色	LED, 绿色, SMD	LED_0603	150060GS75000	Würth Elektronik		
H1、H2、H3、H4	4		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	螺钉	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply		
H5、H6、H7、H8	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40 尼龙	螺柱	1902C	Keystone		
J1	1		插座, USB 3.1 Type C, R/A, 金, SMT	插座, USB 3.1 Type C, R/A, SMT	DX07S024JJ2R1300	JAE Electronics		
J2	1		插座, 0.8mm, 20x2, 金, SMT	插座, 0.8mm, 20x2, 金, SMT	LSEM-120-03.0-F-DV-A-N-K-TR	Samtec		
J3	1		连接器, 插座, Micro-USB Type AB, R/A, 底部安装 SMT	连接器, 插座, Micro-USB Type AB, R/A, 底部安装 SMT	ZX62RD-AB-5P8(30)	Hirose Electric Co. Ltd.		
J4、J5	2		接头, 100mil, 3x1, 镀金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec		
J7	1		接头, 100mil 5x2, 锡, TH	接头, 5x2, 100mil, 锡	PEC05DAAN	Sullins Connector Solutions		
J8	1		接头, 100mil 4x1, 锡, TH	接头, 4x1, 100mil, TH	PEC04SAAN	Sullins Connector Solutions		
J9	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)		
L1	1	26 Ω	铁氧体磁珠, 26 Ω (100MHz 时), 6A, 0603	0603	BLM18SG260TN1D	MuRata		
L2	1	10μH	电感器, 屏蔽, 铁粉, 10uH, 7.5A, 0.03 Ω, AEC-Q200 1 级, SMD	11mm x 10mm	SRP1038A-100M	Bourns		
L3	1	10μH	电感器, 屏蔽, 10μH, 4A, 0.068 Ω, SMD	7.2mm x 6.65mm	ASPI-0630LR-100M-T15	Abracon Corporation		
L4	1	2.2μH	电感器, 屏蔽, 铁粉, 2.2uH, 4.7A, 0.035 Ω, AEC-Q200 1 级, SMD	4.1mm x 4.1mm	78438356022	Würth Elektronik		
Q1、Q2、Q3	3	20V	MOSFET, N 沟道, 20V, 0.6A, SOT-416	SOT-416	SI1012R-T1-GE3	Vishay-Siliconix		无
Q4	1	-30V	MOSFET, 2 通道, P 沟道, -30V, -60A, 610mm x 604mm x 515mm	610mm x 604mm x 515mm	SI7997DP-T1-GE3	Vishay-Siliconix		无
Q5	1	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 0.35A, AEC-Q101, SOT-323	SOT-323	NX3008NBKW,115	Nexperia		无

表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1) (续)

位号	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
Q6	1	20V	MOSFET, N 沟道, 20V, 0.5A, YJM0003A (PICOSTAR-3)	YJM0003A	CSD15380F3	德州仪器 (TI)		无
Q7	1	-30V	MOSFET, P 沟道, -30V, -11A, FET, 3mm x 0.8mm x 3mm	3mm x 0.8mm x 3mm	AONR21321	AOS	AON7403	无
Q8、Q10、Q11	3	60V	MOSFET, N 沟道, 60V, 0.3A, SOT-23	SOT-23	2N7002K-T1-E3	Vishay-Siliconix		无
Q9	1	-20V	MOSFET, P 沟道, -20V, -0.76A, SOT-416	SOT-416	NTA4151PT1G	ON Semiconductor		无
Q12、Q13、Q14、Q15、Q16	5	30V	MOSFET, N 沟道, 30V, 0.18A, SOT-323	SOT-323	NX3020NAKW,115	Nexperia		无
R7、R9、R11	3	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2GE0R00X	Panasonic		
R12、R13、R14	3	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040210K0FKED	Vishay-Dale		
R15、R16、R17、R18、R19、R52、R53、R75、R86、R87、R90、R91、R94、R97、R134、R135、R136	17	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02010000Z0ED	Vishay-Dale		
R20	1	47.5k	电阻, 47.5k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040247K5FKED	Vishay-Dale		
R21、R58、R59	3	40.4k	电阻, 60.4k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040260K4FKED	Vishay-Dale		
R22、R30、R32、R33、R34、R41、R55、R57、R60、R63、R64、R66、R73、R101、R102、R103、R104	17	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0402	0402	ERJ-2RK1002X	Panasonic		
R23、R38、R40、R50、R51、R70、R89、R92、R95、R105、R109、R115	12	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402100KFKED	Vishay-Dale		
R24、R27	2	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0710KL	Yageo		
R28、R29、R35、R36	4	3.83k	电阻, 3.83k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04023K83FKED	Vishay-Dale		
R31	1	10.0k	电阻, 10.0k, 0.5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040210K0DHEDP	Vishay-Dale		
R37、R49、R67、R74、R76、R77、R78、R80、R81、R82、R84、R85、R137、R138	14	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	RC0402JR-070RL	Yageo America		
R39	1	191k	电阻, 191k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402191KFKED	Vishay-Dale		
R42	1	316k	电阻, 316k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402316KFKED	Vishay-Dale		
R43	1	215k	电阻, 215k, 1%, 0.063W, 0402	0402	CRCW0402215KFKED	Vishay-Dale		
R44	1	31.6k	电阻, 31.6k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040231K6FKED	Vishay-Dale		

**表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1) (续)**

位号	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、R46、R47、R48	4	3.3k	电阻, 3.3k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04023K30JNED	Vishay-Dale		
R61	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0402	0402	ERJ-2RKF1001X	Panasonic		
R65	1	576k	电阻, 576k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402576KFKED	Vishay-Dale		
R69	1	270	电阻, 270, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402270RJNED	Vishay-Dale		
R71	1	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-0710KL	Yageo		
R72	1	11.0k	电阻, 11.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040211K0FKED	Vishay-Dale		
R79	1	100k	电阻, 100k, 5%, 0.05W, 0201	0201	RC0201JR-7D100KL	Yageo America		
R83	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-0710KL	Yageo America		
R88	1	19.1k	电阻, 19.1k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040219K1FKED	Vishay-Dale		
R98	1	17.4k	电阻, 17.4k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040217K4FKED	Vishay-Dale		
R99	1	7.15k	电阻, 7.15k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04027K15FKED	Vishay-Dale		
R100	1	4.70k	电阻, 4.70k, 1%, 0.0625W, 0402	0402	RC0402FR-074K7L	Yageo America		
R106	1	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale		
R107	1	150k	电阻, 150k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402150KFKED	Vishay-Dale		
R108	1	15.0k	电阻, 15.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040215K0FKED	Vishay-Dale		
R110	1	39k	电阻, 39k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040239K0JNED	Vishay-Dale		
R111	1	2.61k	电阻, 2.61k $\Omega$ , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K61FKED	Vishay-Dale		
R112	1	560k	电阻, 560k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402560KJNED	Vishay-Dale		
R113	1	66.5k	电阻, 66.5k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040266K5FKED	Vishay-Dale		
R114、R116	2	32.4k	电阻, 32.4k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040232K4FKED	Vishay-Dale		
R132	1	249k	电阻, 249k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603249KFKEA	Vishay-Dale		
R133	1	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, AEC-Q200 0 级, 0201	0201	ERJ-1GN0R00C	Panasonic		
R139	1	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-070RL	Yageo		
S1、S2	2		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		
S3	1		开关, 滑动式, SPST, 顶部滑动, SMT	开关, 单个顶部滑动, 2.5mm x 8mm x 2.5mm	CHS-01TB	Copal Electronics		
S4	1		DIP 开关, SPST, 6 位, 滑动式, SMT	8.75mm x 6.2mm	TDA06H0SB1	C&K Components		
SH-J1、SH-J2	2	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec	969102-0000-DA	3M
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8	8		测试点, 微型, SMT	测试点, 微型, SMT	5019	Keystone		



表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1) (续)

位号	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
U1	1		适用于 USB4 器件 56-VQFN -10 至 75 且具有集成电源开关的 USB Type-C 和 USB PD 控制器	RSH0056E	TPS65987DDKRSHR	德州仪器 (TI)		
U2	1		USB Type-C 端口保护器:VBUS 短路过压保护和 IEC ESD 保护, RUK0020B (WQFN-20)	RUK0020B	TPD6S300ARUKR	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U3	1		用于高速数据接口的 ESD 保护阵列, 2 通道, -40°C 至 +85°C, 3 引脚 SOT (DRT), 绿色环保 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴)	DRT0003A	TPD2E009DRTR	德州仪器 (TI)		
U4	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	PM0064A	TM4C123GH6PMTR	德州仪器 (TI)	TM4C123GH6PMI7	
U5	1		3V, 8Mbit, 具有双 SPI 和四 SPI 的串行闪存, SOIC-8	SOIC-8	W25Q80DVSNIQ	Winbond		
U6	1		2.2V 至 36V、低功耗比较器, DBV0005A (SOT-23-5)	DBV0005A	TLV1701AIDBVR	德州仪器 (TI)	TLV1701AIDBVT	德州仪器 (TI)
U7、U9	2		22V 精密浪涌保护钳位器, DRV0006A (WSON-6)	DRV0006A	TVS2200DRVR	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U8	1		具有使能引脚的汽车级 4.5V 至 35V、滞环非同步 PFET 降压控制器, DGK0008A (VSSOP-8)	DGK0008A	LM3489QMMNOPB	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U10	1		具有 570kHz 固定频率的 4.2V 至 28V 输入电压、3A 输出电流同步降压转换器, DRC0010J (VSON-10)	DRC0010J	TPS54334DRCR	德州仪器 (TI)	TPS54334DRCT	德州仪器 (TI)
U11	1		DCK0006A (SOT-SC70-6) 1.8V SOT23 具有电压基准的微功耗推挽式比较器	DCK0006A	TLV3012AIDCKR	德州仪器 (TI)	TLV3012AIDCKT	德州仪器 (TI)
U12	1		具有升压转换器的集成式 USB 电源开关, DRC0010J (VSON-10)	DRC0010J	TPS2500DRCR	德州仪器 (TI)		
U13	1		单输出快速瞬态响应 LDO, 1A, 固定 3.3V 输出, 2.7V 至 10V 输入, 具有低 IQ, 8 引脚 SOIC (D), -40°C 至 125°C, 绿色环保 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴)	D0008A	TPS76833QD	德州仪器 (TI)		
Y1	1		晶振, 16MHz, 8pF, SMD	3.2mm x 0.75mm x 2.5mm	NX3225GA-16.000M-STD-CRG-1	NDK		
C34	0	0.1µF	电容, 陶瓷, 0.1µF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata		
C53	0	220µF	电容, 铝制, 220µF, 35V, +/-20%, AEC-Q200 3 级, SMD	SMD	EEE-1VA221UP	Panasonic		
D18	0	24V	二极管, TVS, 单向, 24V, 70Vc, SOT-23	SOT-23	PESD24VS2UT,215	Nexperia		
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	0		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		
J6	0		接头, 100mil, 3x1, 镀金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec		
R1、R6、R8、R10	0	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2GE0R00X	Panasonic		
R2、R3、R4、R5	0	0	电阻, 0, 5%, 0.05W, 0201	0201	CRCW02010000Z0ED	Vishay-Dale		
R25、R26、R68、R93、R96、R130、R131	0	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	RC0402JR-070RL	Yageo America		
R54、R56	0	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0402	0402	ERJ-2RKF1002X	Panasonic		

**表 4-1. TPS65987DDKEVM 物料清单 (1) (续)**

位号	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
R62	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402100KFKED	Vishay-Dale		

(1) 除非“备选器件型号”和/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。

## 5 其他信息

### 5.1 商标

DisplayPort™ is a trademark of Video Electronics Standards Association.

USB Type-C® and USB-C® are registered trademarks of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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