

EVM User's Guide: TPSI31PXQ1EVM

TPSI31Px-Q1 评估模块



说明

TPSI31Px-Q1 评估模块 (EVM) 可帮助设计人员评估 TPSI31Px-Q1 器件系列的运行情况 and 性能。该电路板采用 TPSI31P1-Q1，这是一款具有集成式 17V 栅极电源和比较器的隔离式开关驱动器，可监控充电电流并以迟滞方式驱动栅极，完全位于次级侧，无需额外的逻辑。借助该功能，TPSI31P1 可以作为高侧有源预充电解决方案，在包括电动汽车 (EV) 或混合动力汽车 (HEV) 在内的任何应用中为直流链路电容器充电。

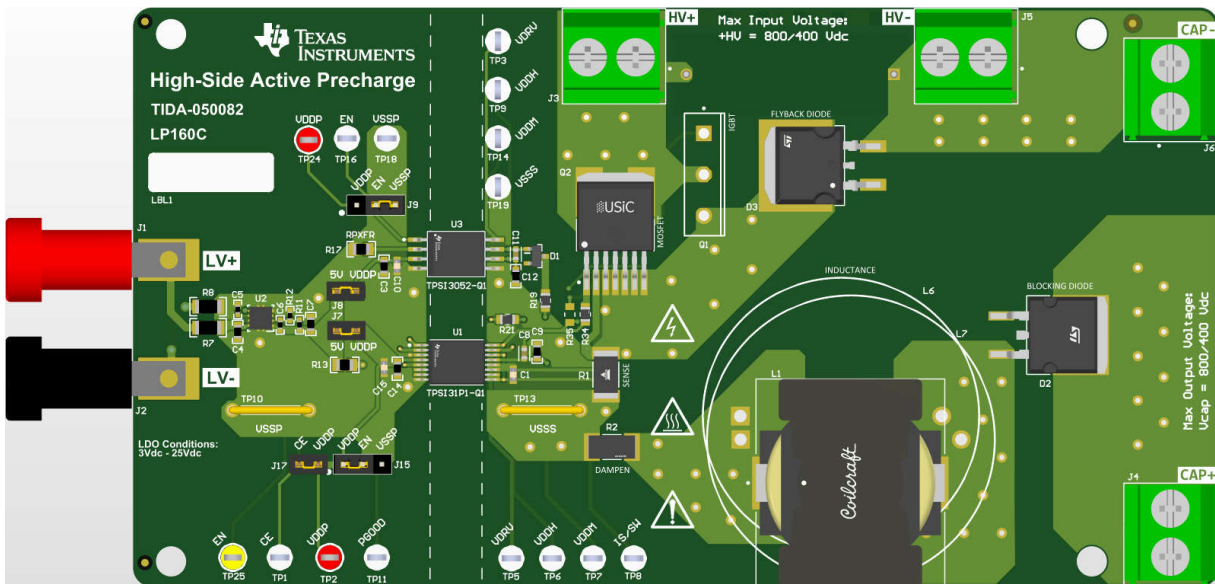
EVM 设计中包含了 TPSI3052，但并非必需器件，这是额外的开关电源。TPSI3052 是一款具有集成式 17V 栅极电源的隔离式开关驱动器，可用作辅助隔离式电源。该 EVM 采用基于高压电感器的降压拓扑。该 EVM 还包括一个具有 14nC 小栅极电荷的 N 通道碳化硅 (SiC) MOSFET，有助于我们更大限度地降低所需的总体开关功率。该电路板包含多个测试点来监测 TPSI31P1-Q1 功能。此外，该 EVM 还包含一个可调节 5V LDO 来实现灵活的电输入。

特性

- TPSI31PXQ1EVM 能够在 300ms ($5.5A_{AVG}$) 内将 2mF 电容器充电至 800V
- TPSI31PXQ1EVM-400 能够在 180ms ($4.5A_{AVG}$) 内将 2mF 电容器充电至 400V
- TPSI31P1-Q1 中集成了迟滞充电电流控制，无需额外逻辑
- 超低噪声 LDO (5V 至 20V 输入)，用于在可调电源不可用时为电路供电
- 无需隔离式次级电源
- 5kVRMS 增强型隔离
- 17V 栅极驱动电压，1.5A 峰值拉电流和 3A 峰值灌电流
- 具有集成电压基准 $\pm 1.5\%$ 的双通道隔离式高速比较器

应用

- 混合动力、电动和动力总成系统



PCB 顶视图：TPSI31PXQ1EVM

1 评估模块概述

1.1 引言

TPSI31PxQ1EVM 是一款评估模块 (EVM)，旨在演示 TPSI31P1-Q1 器件在高侧有源预充电应用中 (用于为直流链路电容器充电) 的性能和功能。有源预充电中的拓扑与降压转换器的拓扑类似，使用一个串联的电感器来限制充电电流上升速率 (di/dt) 并通过迟滞控制来控制充电电流。TPSI31P1-Q1 集成了迟滞控制功能，无需外部逻辑即可完全控制预充电。

本用户指南介绍了该 EVM 的连接器、测试点描述、原理图、物料清单和电路板布局布线。

1.2 套件内容

- TPSI31Px-Q1 评估模块电路

1.3 规格

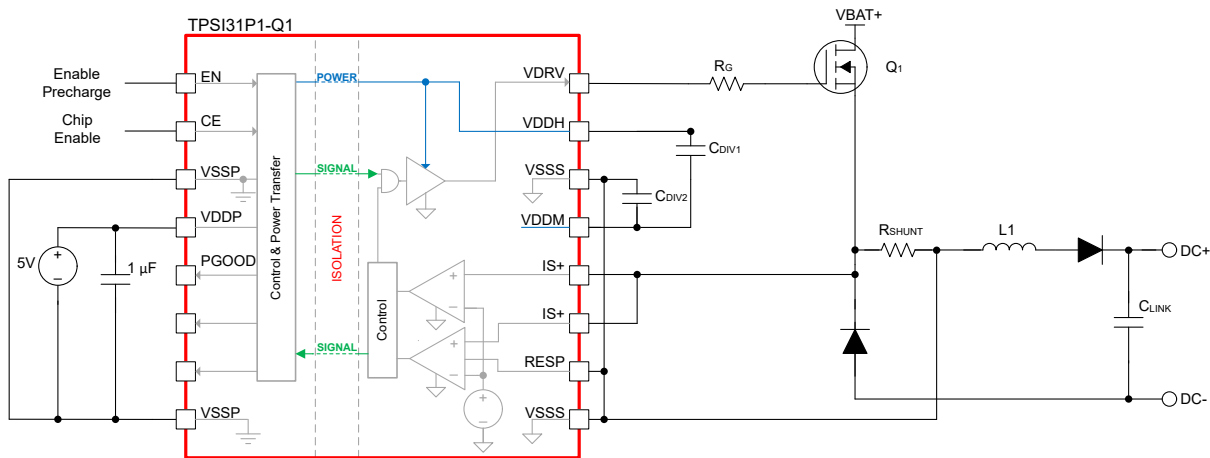


图 1-1. TPSI31P1-Q1 简化原理图

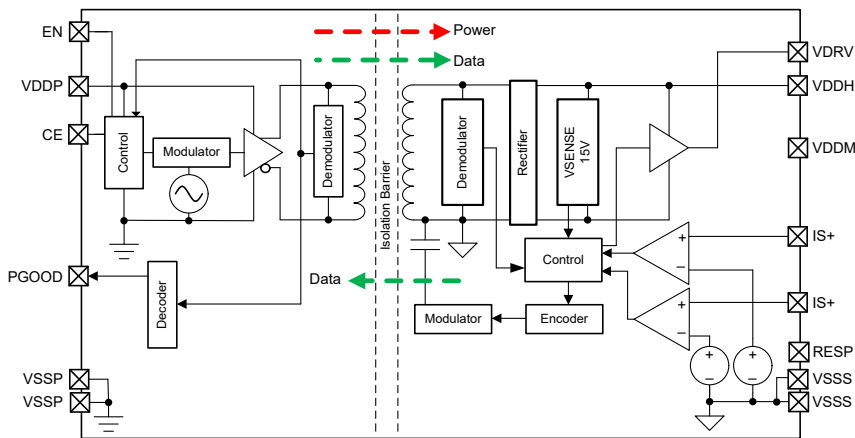


图 1-2. TPSI31P1-Q1 功能方框图

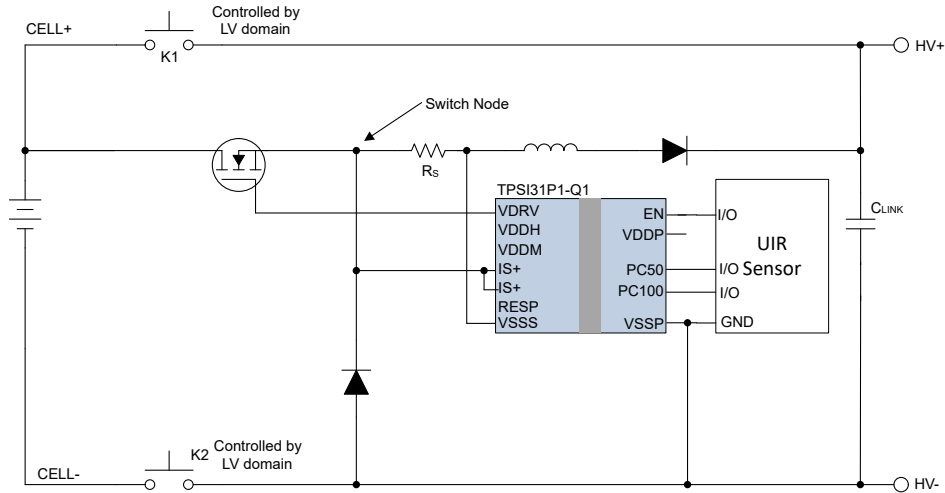


图 1-3. TPSI31P1-Q1 应用原理图

1.4 器件信息

TPSI31P1-Q1 器件是一款具有集成比较器的隔离式栅极驱动器，用于在为直流链路电容器充电中实现迟滞电流控制。当使能 (EN) 引脚变为高电平时，驱动器 (VDRV) 导通，直到比较器上的电压 (IS+) 超过 1.2V。一旦 IS+ 超过 1.2V，VDRV 会关断，直到 IS+ 降至 160mV 以下。IS+ 降至 160mV 以下后，VDRV 会导通，并且此循环会重复，直到直流链路电容器充满电为止。

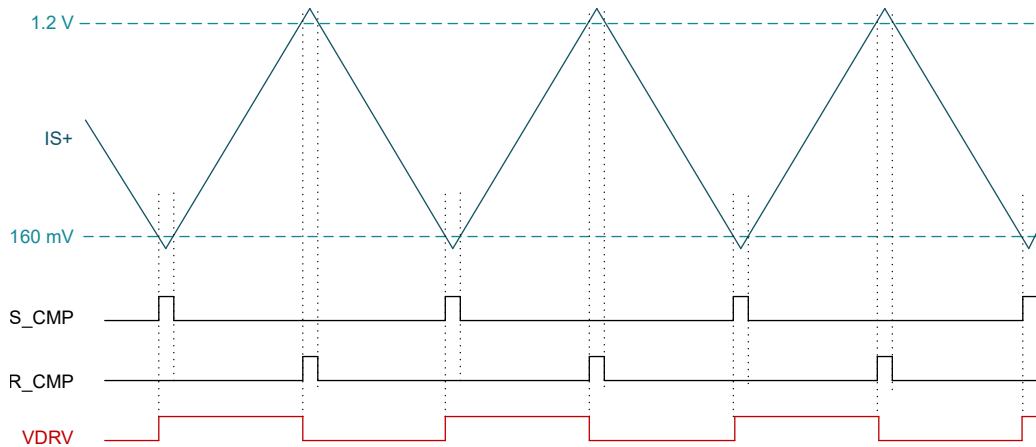


图 1-4. TPSI31P1-Q1 行为图

2 硬件

2.1 其他图像

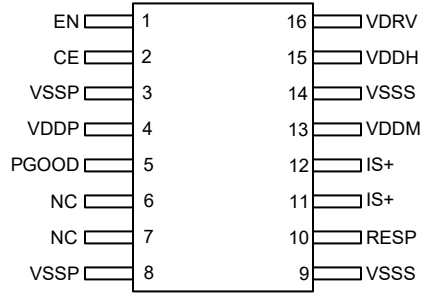


图 2-1. TPSI31P1-Q1 DVX 封装 16 引脚 SSOP (顶视图)

2.2 接头信息

名称	说明
J1	初级侧的正电源输入，香蕉插孔
J2	初级侧的负电源输入，香蕉插孔
J3	HV+ 电源输入，螺纹接线端子
J4	电容器- 输出，螺纹接线端子
J5	HV- 电源输入，螺纹接线端子
J6	电容器+ 输出，螺纹接线端子

2.3 跳线信息

名称	说明
J7	TPSI31Px-Q1 VDDP 断开连接
J8	TPSI3052-Q1 VDDP 断开连接
J9	TPSI3052-Q1 EN 选择
J15	TPSI31Px-Q1 EN 选择
J17	TPSI31Px-Q1 CE 断开连接

2.4 测试点

名称	说明
TP1	TPSI31P1-Q1 CE 信号测试点
TP2	TPSI31P1-Q1 VDDP 信号测试点
TP3	TPSI3052-Q1 VDRV 信号测试点
TP5	TPSI31P1-Q1 VDRV 信号测试点
TP6	TPSI31P1-Q1 VDDH 信号测试点
TP7	TPSI31P1-Q1 VDDM 信号测试点
TP8	TPSI31P1-Q1 IS/SW 信号测试点
TP9	TPSI3052-Q1 VDDH 信号测试点
TP11	TPSI31P1-Q1 PGOOD 信号测试点
TP14	TPSI3052-Q1 VDDM 信号测试点
TP16	TPSI3052-Q1 EN 信号测试点
TP18	TPSI3052-Q1 VSSP 信号测试点
TP19	TPSI3052-Q1 VSSS 信号测试点
TP24	TPSI3052-Q1 VDDP 信号测试点
TP25	TPSI31P1-Q1 EN 信号测试点

3 软件

TPSI31P1-CALC 是一款有助于估算预充电电路行为的计算器工具，可在器件产品文件夹中找到。借助该工具，用户可以输入常见的预充电要求，例如电压、电容、电感等，从而生成链路电压和电感器电流的输出波形。该软件还考虑了超过 **TPSI31P1-Q1** 电源传输能力的用户输入，并相应地估算了 **VDDH** 需要从 **UVLO** 恢复时产生的延迟。为了尽可能缩短或消除此延迟，用户可以选择添加 **TPSI3052-Q1**，通过连接 **J8** 来提供额外的 **79mW** 开关功率。

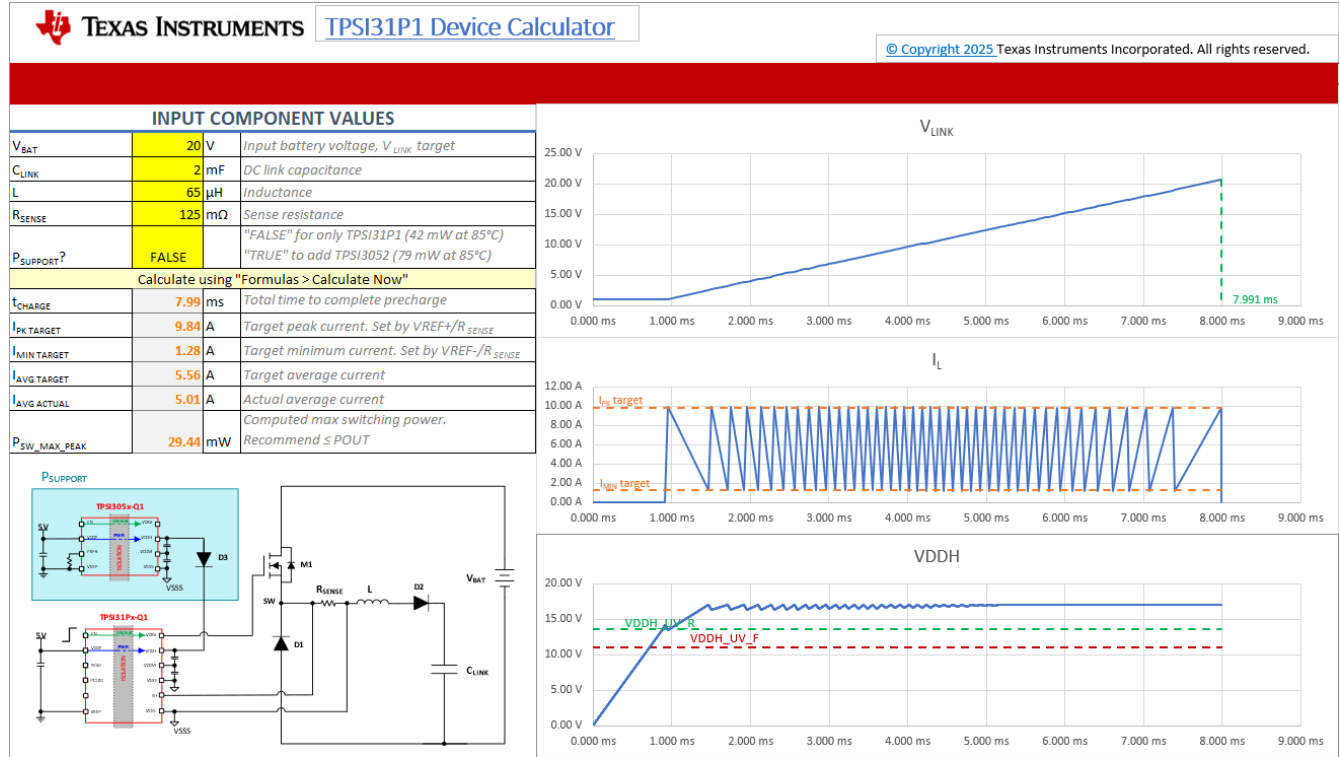


图 3-1. TPSI31P1 器件计算器示例 1，VDDH 未命中 UVLO

- 为了帮助清楚地说明蓝色波形中的电流充电行为，示例 1 描述了 20V 输入。请注意，输入不限于 20V。
- 为了帮助清楚地说明蓝色波形中的电流充电行为，示例 2 描述了 20V 输入。请注意，输入不限于 20V。

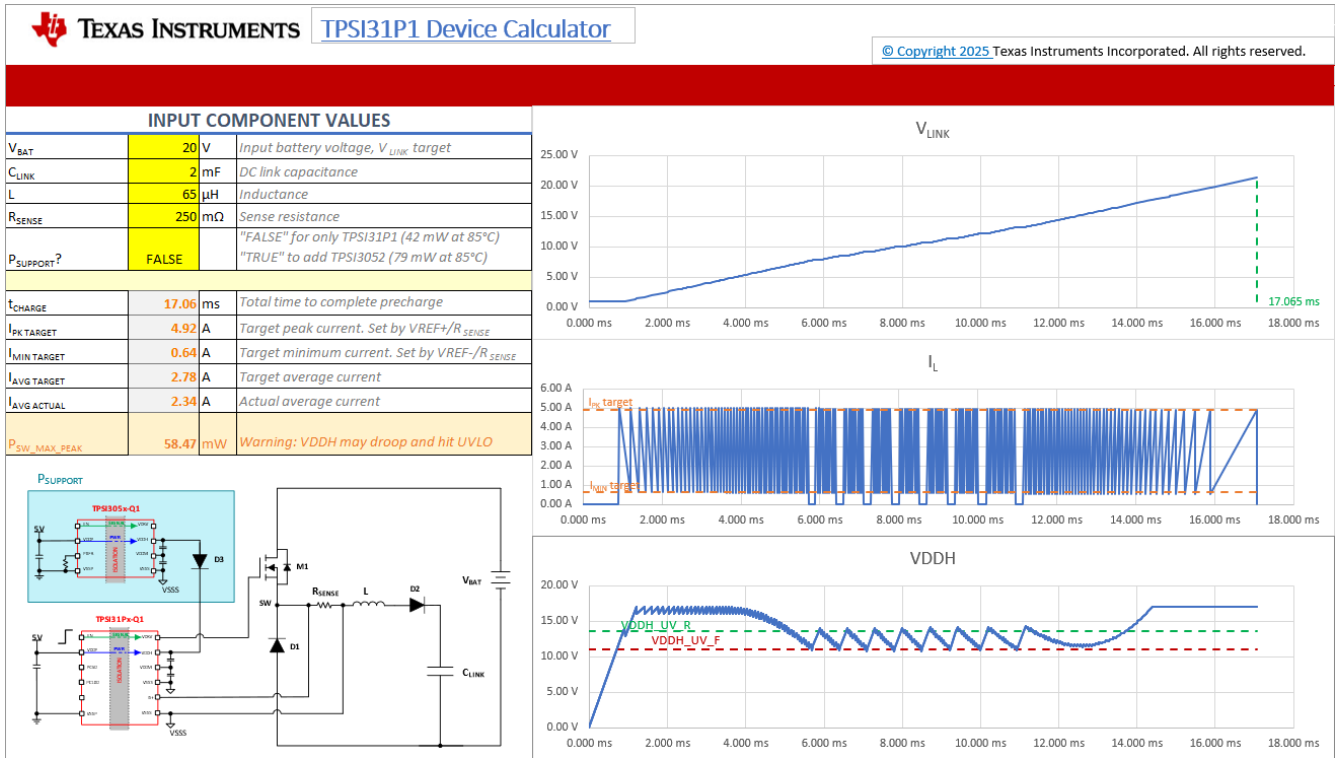


图 3-2. TPSI31P1 器件计算器示例 2 , VDDH 命中 UVLO

4 实现结果

4.1 评估设置

公式 1 展示了如何根据所需的充电电流选择分流电阻器。使用 $125\text{m}\Omega$ 分流电阻器可得到 5.5A_{AVG} 充电电流。使用 $150\text{m}\Omega$ 分流电阻器可得到 4.5A_{AVG} 充电电流。充电电流特性如 图 4-1 所示。

$$I_{\text{PEAK}} = \frac{1.2 \text{ V}}{R_{\text{SHUNT}}} \quad (1)$$

$$I_{\text{MIN}} = \frac{0.160 \text{ V}}{R_{\text{SHUNT}}}$$

$$I_{\text{AVG}} = \frac{I_{\text{PEAK}} + I_{\text{MIN}}}{2}$$

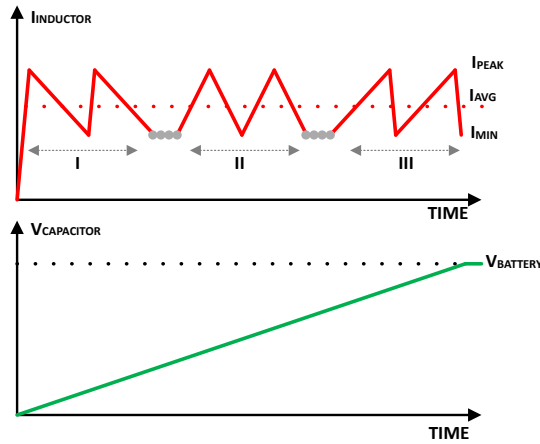


图 4-1. 有源预充电曲线

4.2 性能数据和结果

以下波形展示了 TPSI31PXQ1EVM 和 TPSI31PXQ1EVM-400 分别在 290ms 和 180ms 内将 2mF 电容器充电至 800V 与 400V。

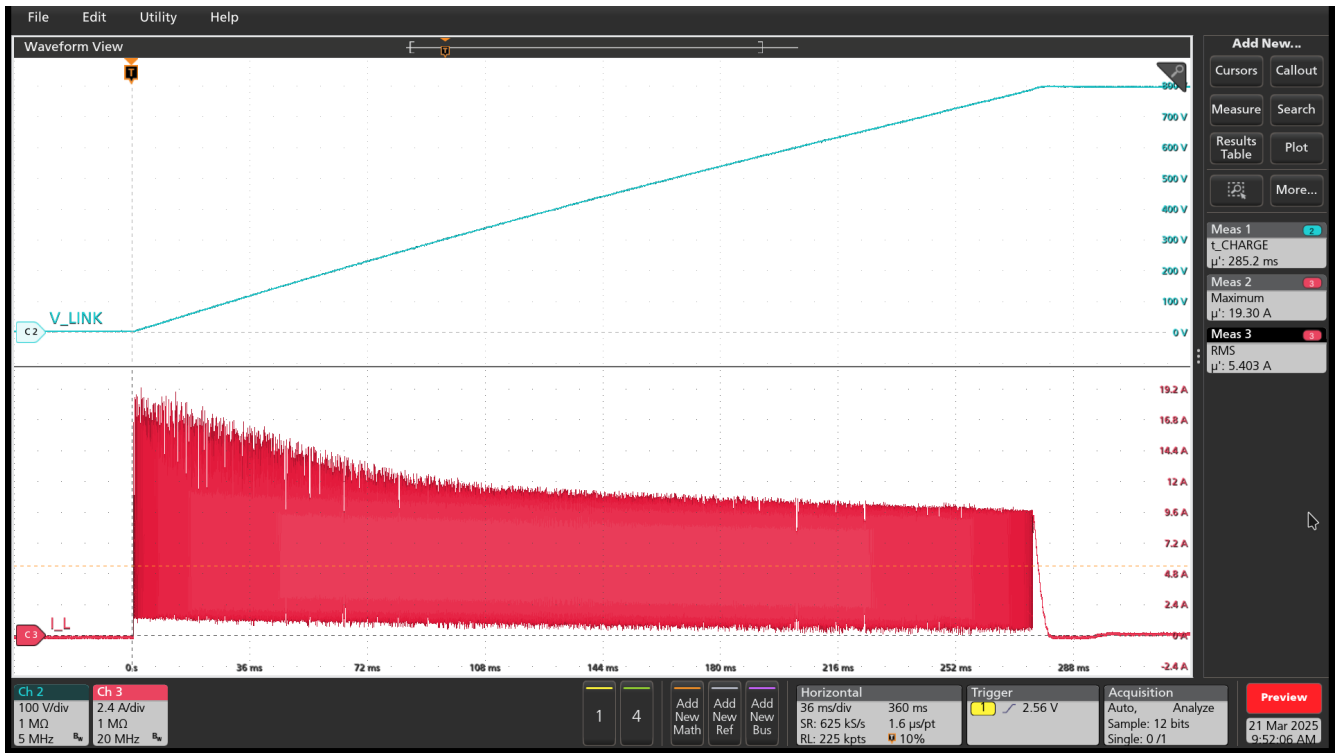


图 4-2. 在 290ms 内将 2mF 电容器充电至 800V (TPSI31PXQ1EVM)

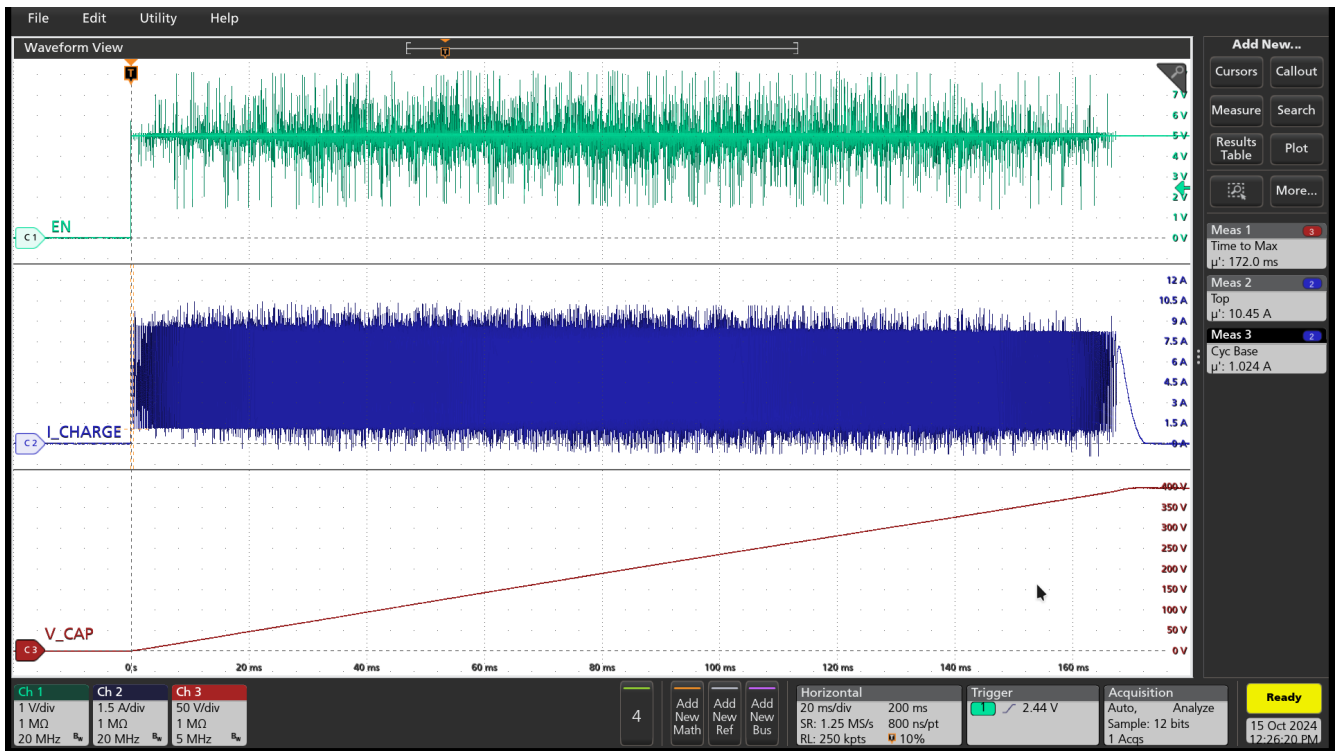


图 4-3. 在 180ms 内将 2mF 电容器充电至 400V (TPSI31PXQ1EVM-400)

5 硬件设计文件

5.1 原理图

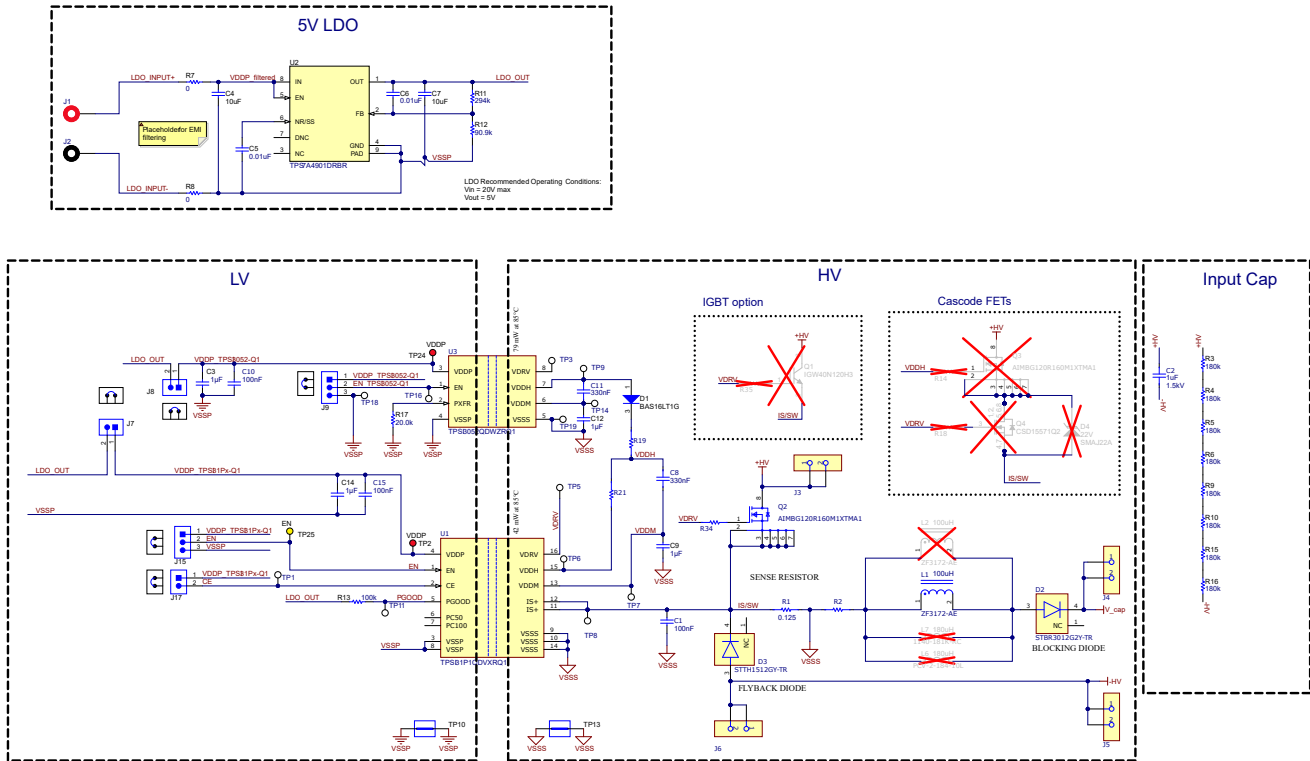


图 5-1. TPSI31PXQ1EVM 原理图

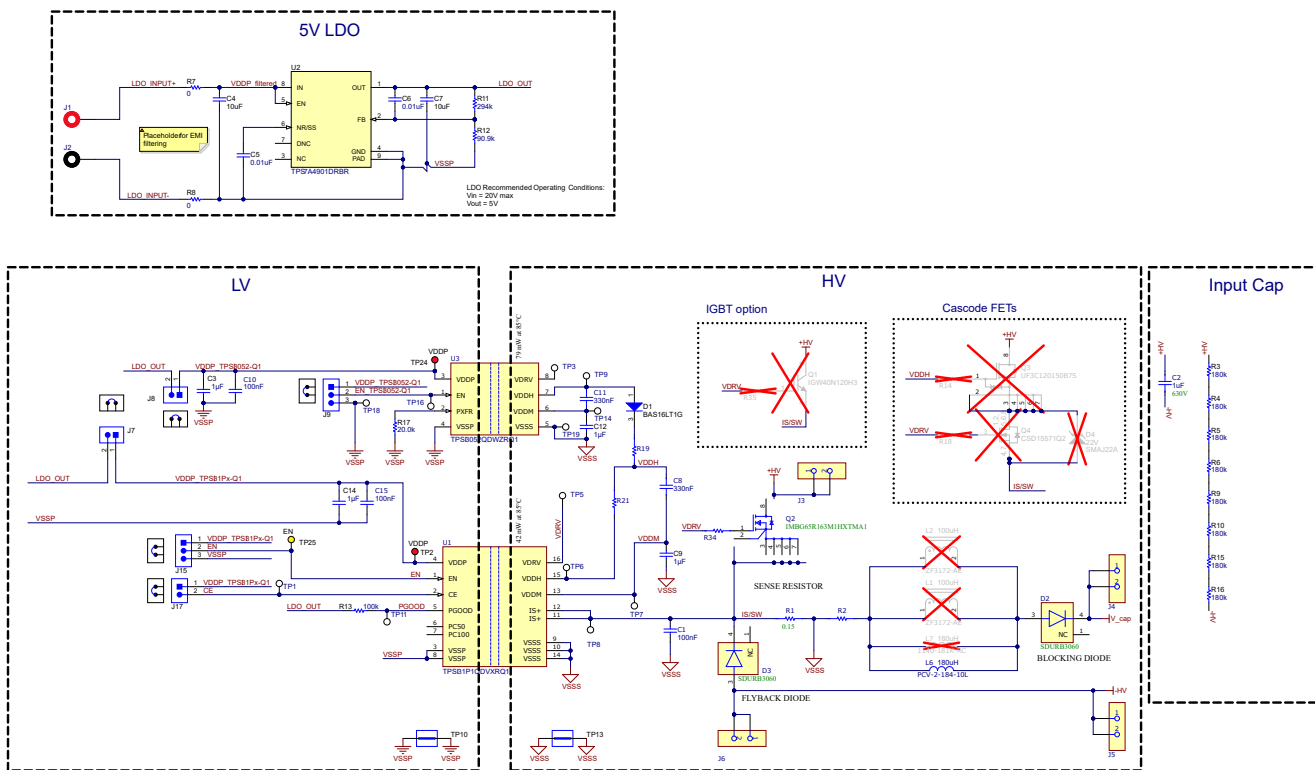


图 5-2. TPSI31PXQ1EVM-400 原理图

5.2 PCB 布局

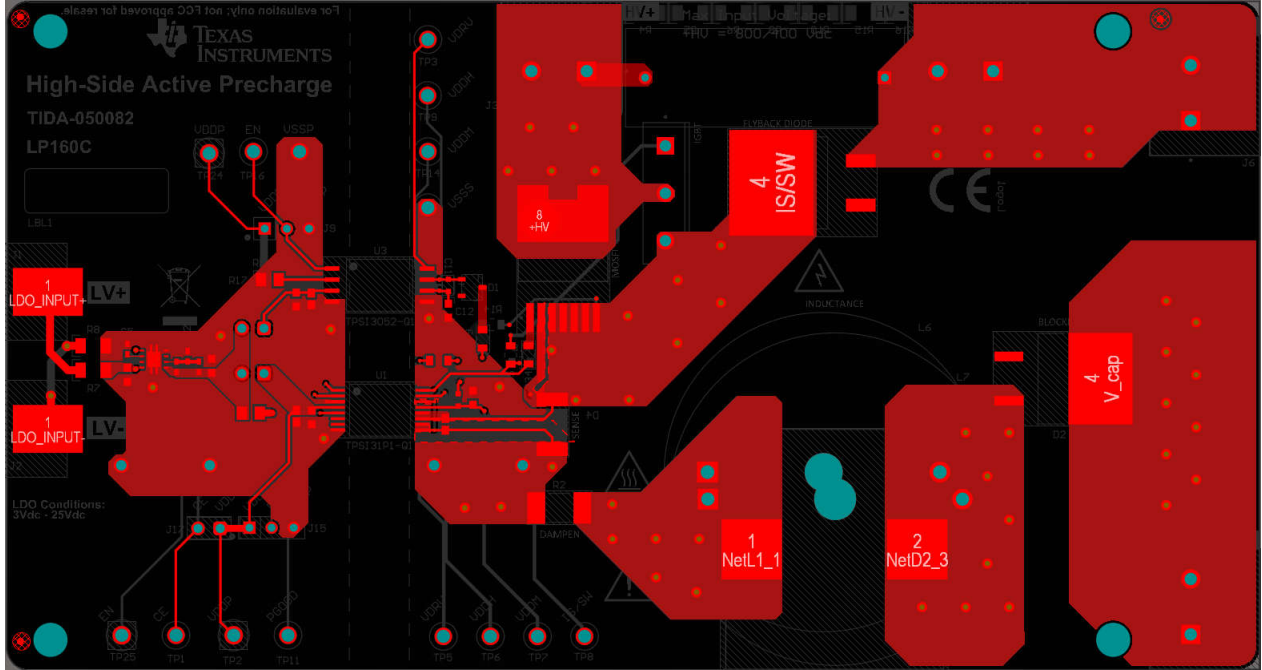


图 5-3. PCB 顶层

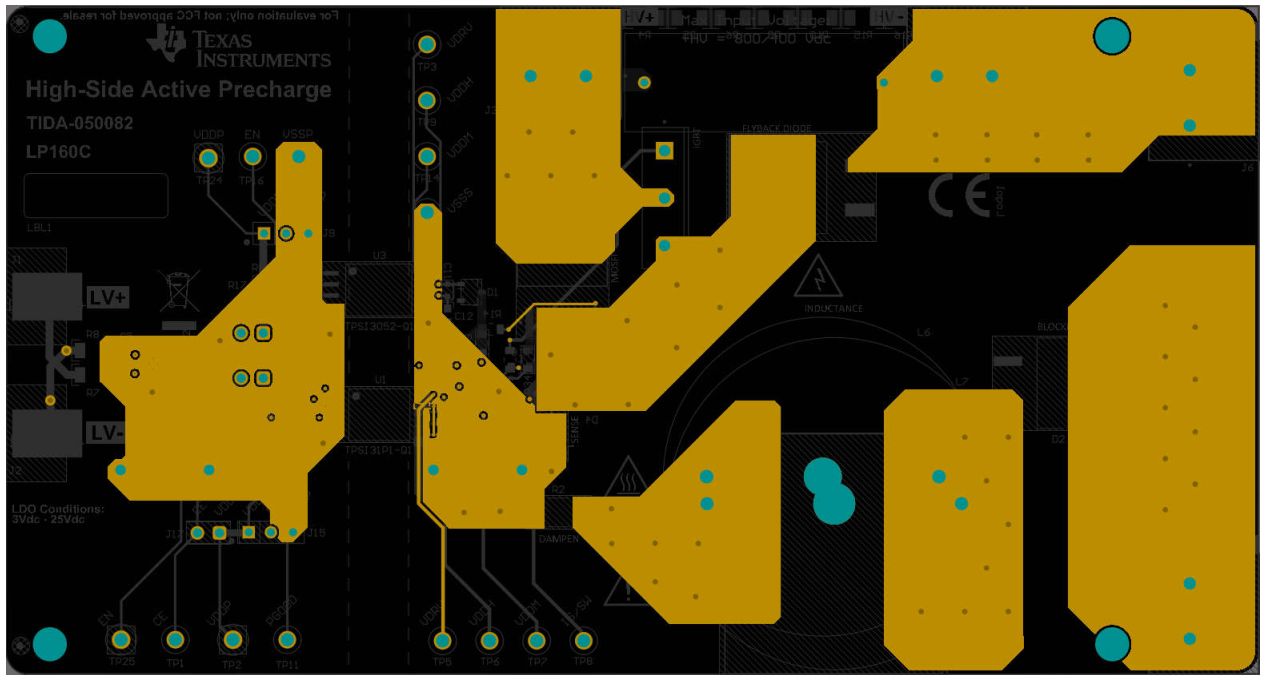


图 5-4. PCB 内层 1

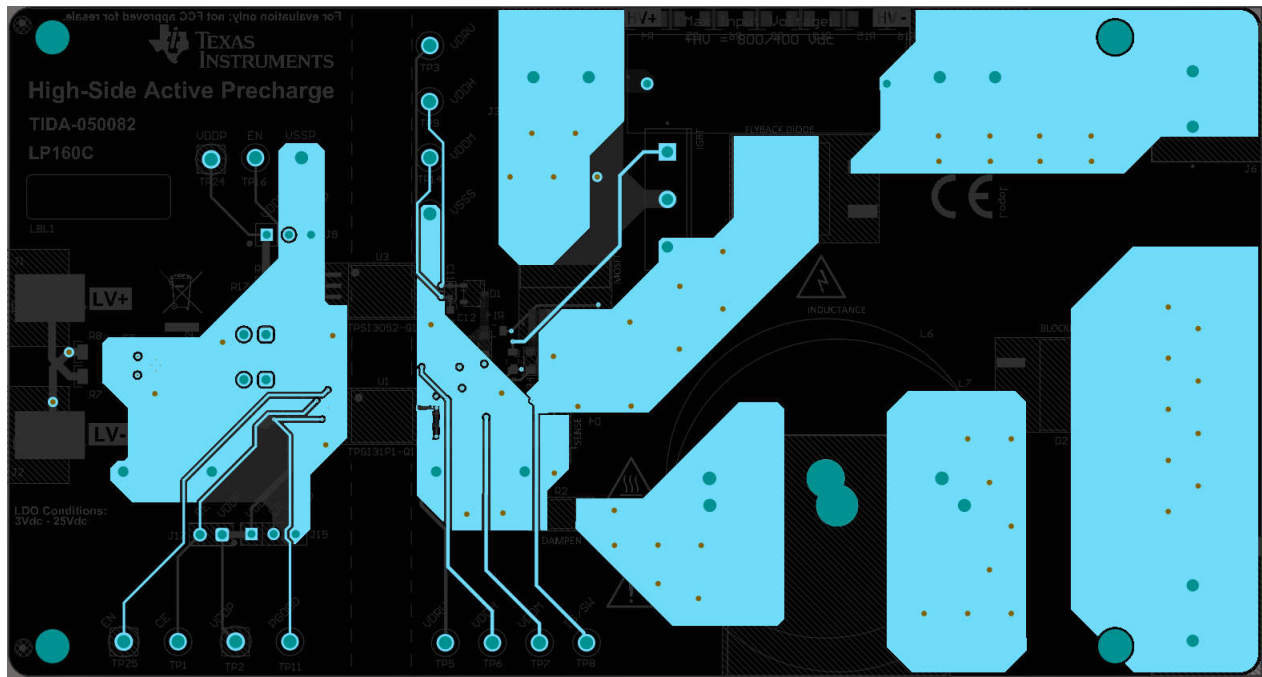


图 5-5. PCB 内层 2

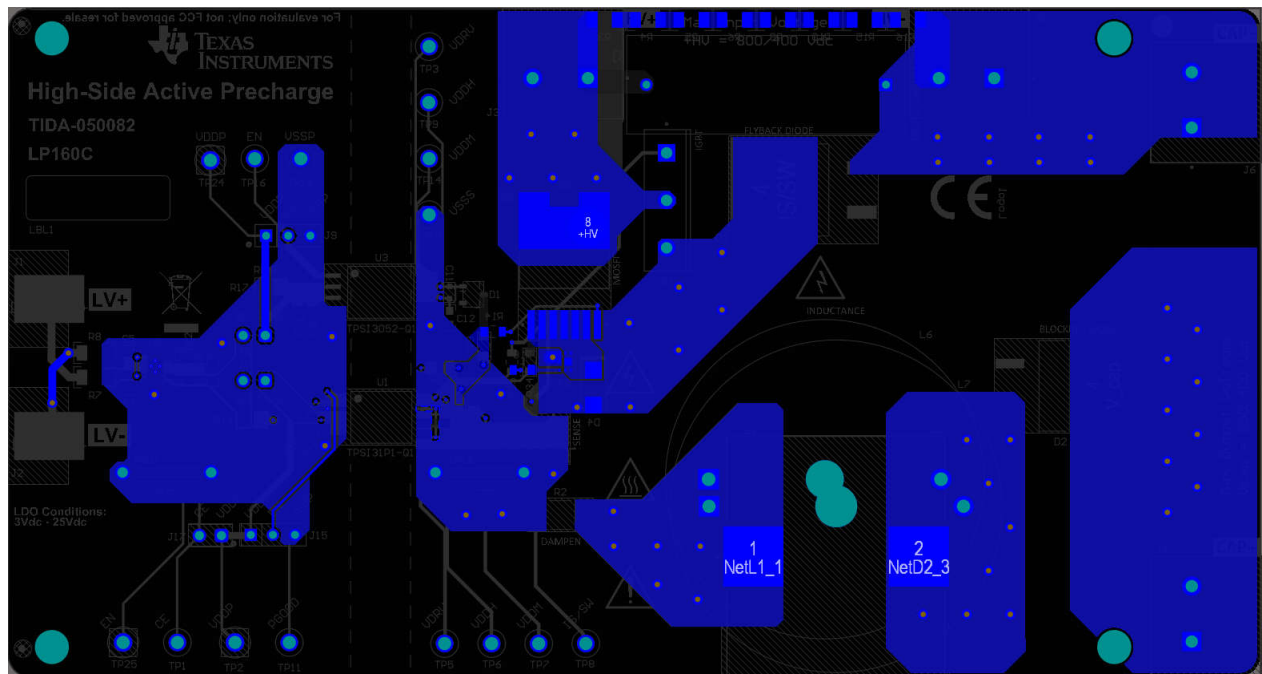


图 5-6. PCB 底层

5.3 物料清单 (BOM)

表 5-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		LP160	不限
C1、C10、C15	3		电容, 陶瓷, 0.1UF, 50V, X7R, 0603	0603	C0603R104K5RAC	Kemet
C2	1	1μF	薄膜电容器, 1UF, 5%, 630VDC, 径向	径向	ECW-FG2J105J	Panasonic
C3、C9、C12、C14	4	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	GCM188R71E105KA64D	MuRata
C4、C7	2	10uF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRT188R61E106ME13D	MuRata
C5、C6	2	0.01uF	电容、陶瓷、0.01μF、25V、+/- 10%、X7R、0402	0402	GRM155R71E103KA01D	MuRata
C8、C11	2	330nF	电容, 陶瓷, 330nF, 25V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0603, +125°C, 汽车 T/R	0603	CGA3E3X7R1E334K080 AB	TDK
D1	1	100V	二极管, 开关, 100V, 0.2A, SOT-23	SOT-23	BAS16LT1G	ON Semiconductor
D2	1		600V, 30A, D2PAK, 超快整流	D2PAK	SDURB3060	SMC 二极管解决方案
D3	1		600V, 30A, D2PAK, 超快整流	D2PAK	SDURB3060	SMC 二极管解决方案
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			250x1500mil	4810	Keystone
J1	1		香蕉插头, 红色绝缘尼龙, TH	香蕉插头, 红色绝缘尼龙, TH	108-0902-001	Cinch Connectivity
J2	1		香蕉插头, 黑色绝缘尼龙, TH	香蕉插头, 黑色绝缘尼龙, TH	108-0903-001	Cinch Connectivity

表 5-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM) (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
J3、J4、J5、J6	4			CONN_TERM_BLOCK2	6.91251E+11	Würth Electronics
J7、J8、J17	3		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	61300211121	Würth Elektronik
J9、J15	2		接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	接头, 3 引脚, 100mil, 锡	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions
L6	1	100uH	功率电感器 - 引线式, 180uH, 非屏蔽, 10%, 8A, 48mΩ	径向	PCV-2-184-10L	Coilcraft
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
MP1、MP2、MP3、MP4	4			STANDOFF_HEX_THRD_4-40	14HTSP019	Essentra Components
Q2	1		N 沟道 650V 17A (Tc) 85W (Tc) 表面贴装 PG-TO263-7-12	D2PAK7	IMBG65R163M1HXTMA1	Infineon
R1	1	0.12	150mΩ, ±1%, 2W, 片上电阻 2512 (公制 6432), 汽车级认证 AEC-Q200, 电流传感, 厚膜	2512	CSRN2512FKR150	Stackpole Electronics Inc
R2	1	200μ	0Ω 跳线 100A 2W 片式电阻器 2512 (公制 6432) 金属元件	2512	JR2512X100E	Ohmite
R3、R4、R5、R6、R9、R10、R15、R16	8	180k	电阻, 180k, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	CRCW1206180KJNEA	Vishay-Dale
R7、R8	2	0	电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
R11	1	294k	电阻, 294k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF2943X	Panasonic

表 5-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM) (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R12	1	90.9k	电阻, 90.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF9092X	Panasonic
R13	1	100k	电阻, 100k, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
R17	1	20.0k	电阻, 20.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
R19、R21、R34	3	0	电阻, SMD, 0Ω, 跳 线, 1/8W, 0805	0805	RC0805FR-070RL	Yageo
SH-J1、SH-J2、SH-J3、 SH-J4、SH-J5	5	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP3、TP5、TP6、 TP7、TP8、TP9、 TP11、TP14、TP16、 TP18、TP19	12		测试点, 白色, 穿孔, RoHS, 大容量	5012		Keystone
TP2、TP24	2		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone Electronics
TP10、TP13	2		1mm 非绝缘短路插头, 10.16mm 间距, TH	短路插头, 10.16mm 间 距, TH	D3082-05	Harwin
TP25	1		测试点, 通用, 黄色, TH	黄色通用测试点	5014	Keystone Electronics
U1	1		具有集成栅极驱动器和辅 助电源的隔离式汽车级有 源预充电控制器	SSOP16	TPSI31P1QDVXRQ1	德州仪器 (TI)
U2	1		3V 至 36V 输入电压、 150mA、超低噪声、高 PSRR、低压降 (LDO) 线 性稳压器 DRB0008A (VSON-8)	DRB0008A	TPS7A4901DRBR	德州仪器 (TI)
U3	1		具有集成式 15V 栅极电源 的汽车级增强型隔离式开 关驱动器	SOIC8	TPSI3052QDWZRQ1	德州仪器 (TI)

表 5-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM) (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
L1	0	355uH	355μH 非屏蔽环形电感器, 12.3A, 35mΩ (最大值), 非标准扁平线	PTH2	760801403	Würth Electronics
L2、L3、L4、L5	0	470uH	屏蔽式功率电感器 470μH ±10% 2.1A 0.23Ω	SMD2	MSS1812T-474KED	Coilcraft
Q1	0		1200V 高速开关系列第三代, PG-TO247-3-44, 管式, 绿色环保	PG-TO247-3-44_A	IGW40N120H3	Infineon
R35	0	0	电阻, SMD, 0Ω, 跳线, 1/8W, 0805	0805	RC0805FR-070RL	Yageo

表 5-2. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM-400)

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		LP160	不限		
C1、C10、C15	3		电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, X7R, 0603	0603	C0603R104K5RAC	Kemet		
C2	1	1μF	薄膜电容器 1uF 630V PP 5% (31.5mm X 9.5mm X 18mm) 径向 27.5mm 110C 汽车大容量	径向	ECW-FG2J105J	Panasonic		
C3、C9、C12、C14	4	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0603	0603	GCM188R71E105KA64D	MuRata		
C4、C7	2	10uF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, +/-20%, X5R, 0603	0603	GRT188R61E106ME13D	MuRata		
C5、C6	2	0.01uF	电容、陶瓷、0.01μF、25V、+/- 10%、X7R、0402	0402	GRM155R71E103KA01D	MuRata		
C8、C11	2	330nF	电容, 陶瓷, 330nF, 25V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0603, +125°C, 汽车 T/R	0603	CGA3E3X7R1E334K080AB	TDK		
D1	1	100V	二极管, 开关, 100V, 0.2A, SOT-23	SOT-23	BAS16LT1G	ON Semiconductor		

表 5-2. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM-400) (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
D2、D3	2		二极管 600V 30A 表面贴装 D2PAK	D2PAK	SDURB3060	SMC 二极管解决方案		
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			250x1500mil	4810	Keystone		
J1	1		香蕉插头, 红色绝缘尼龙, TH	香蕉插头, 红色绝缘尼 龙, TH	108-0902-001	Cinch Connectivity		
J2	1		香蕉插头, 黑色绝缘尼龙, TH	香蕉插头, 黑色绝缘尼 龙, TH	108-0903-001	Cinch Connectivity		
J3、J4、J5、J6	4			CONN_TERM_BLOC K2	6.91251E+11	Würth Electronics		
J7、J8、J17	3		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	61300211121	Würth Elektronik		
J9、J15	2		接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	接头, 3 引脚, 100mil, 锡	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions		
L6	1	180uH	电源扼流圈 180uH 10% 8A 0.048 欧姆	径向	PCV-2-184-10L	Coilcraft		
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady		
MP1、MP2、MP3、 MP4	4			STANDOFF_HEX_TH RD_4-40	14HTSP019	Essentra Components		
Q2	1		MOSFET N 沟道 650V 17A (Tc) 85W (Tc) 表面贴装 PG- TO263-7-12	D2PAK-7	IMBG65R163M1HXT MA1	Infineon		
R1	1	0.15	电阻厚膜 2512 0.15Ω 1% 2W ±200ppm/°C 模制 SMD 塑料 T/R	2512	CSRN2512FKR150	Stackpole Electronics		
R2	1	200μ	0Ω 跳线 100A 2W 片式电阻器 2512 (公制 6432) 金属元件	2512	JR2512X100E	Ohmite		
R3、R4、R5、R6、 R9、R10、R15、R16	8	180k	电阻, 180k, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	CRCW1206180KJNE A	Vishay-Dale		

表 5-2. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM-400) (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
R7、R8	2	0	电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic		
R11	1	294k	电阻, 294k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF2943X	Panasonic		
R12	1	90.9k	电阻, 90.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF9092X	Panasonic		
R13	1	100k	电阻, 100k, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic		
R17	1	20.0k	电阻, 20.0k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic		
R19、R21、R34	3	0	电阻, SMD, 0Ω, 跳线, 1/8W, 0805	0805	RC0805FR-070RL	Yageo		
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5	5	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec	969102-0000-DA	3M
TP1、TP3、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP11、TP14、TP16、TP18、TP19	12		测试点, 白色, 穿孔, RoHS, 大容量	5012		Keystone		
TP2、TP24	2		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone Electronics		
TP10、TP13	2		1mm 非绝缘短路插头, 10.16mm 间距, TH	短路插头, 10.16mm 间距, TH	D3082-05	Harwin		
TP25	1		测试点, 通用, 黄色, TH	黄色通用测试点	5014	Keystone Electronics		
U1	1		具有集成栅极驱动器和辅助电源的隔离式汽车级有源预充电控制器	SSOP16	TPSI31P1QDVXRQ1	德州仪器 (TI)		
U2	1		3V 至 36V 输入电压、150mA、超低噪声、高 PSRR、低压降 (LDO) 线性稳压器 DRB0008A (VSON-8)	DRB0008A	TPS7A4901DRBR	德州仪器 (TI)	TPS7A4901DRBT	德州仪器 (TI)
U3	1		具有集成式 15V 栅极电源的汽车级增强型隔离式开关驱动器	SOIC8	TPSI3052QDWZRQ1	德州仪器 (TI)		

表 5-2. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM-400) (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
D4	0	22V	二极管, TVS, 单向, 22V, 35.5Vc, 400W, 11.3A, SMA	SMA	SMAJ22A	Littelfuse		
L1、L2	0	100uH	功率电感器, PQ26, SMD	SMD2	ZF3172-AE	Coilcraft		
L7	0	180uH	IND 高电流射频扼流圈线圈轴磁芯 180uH 10% 1KHz 铁氧体 11.4A RDL	径向	1140-181K-RC	Bourns		
Q1	0		1200V 高速开关系列第三代, PG-TO247-3-44, 管式, 绿色环保	PG-TO247-3-44_A	IGW40N120H3	Infineon		
Q3	0		N 沟道 1200V 17A (Tc) 136W (Tc) 表面贴装 D2PAK-7	D2PAK7	UF3C120150B7S	UnitedSiC		
Q4	0	20V	MOSFET, N 沟道, 20V, 10A, DQK0006C (WSON-6)	DQK0006C	CSD15571Q2	德州仪器 (TI)		无
R14、R18、R35	0	0	电阻, SMD, 0Ω, 跳线, 1/8W, 0805	0805	RC0805FR-070RL	Yageo		

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 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 (January 2025) to Revision B (April 2025)	Page
--	-------------

- 更新了内容，以在整个文档中反映修订版 C 电路板的更改..... 1
 - 添加了介绍 TPSI31P1-CALC 计算器工具的 *软件* 部分..... 6
-

Changes from Revision * (August 2024) to Revision A (January 2025)	Page
---	-------------

- 通篇更新了新型号 TPSI31PXQ1EVM 的内容..... 1
-

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司