

EVM User's Guide: TPSI31PXQ1EVM

TPSI31Px-Q1 评估模块



说明

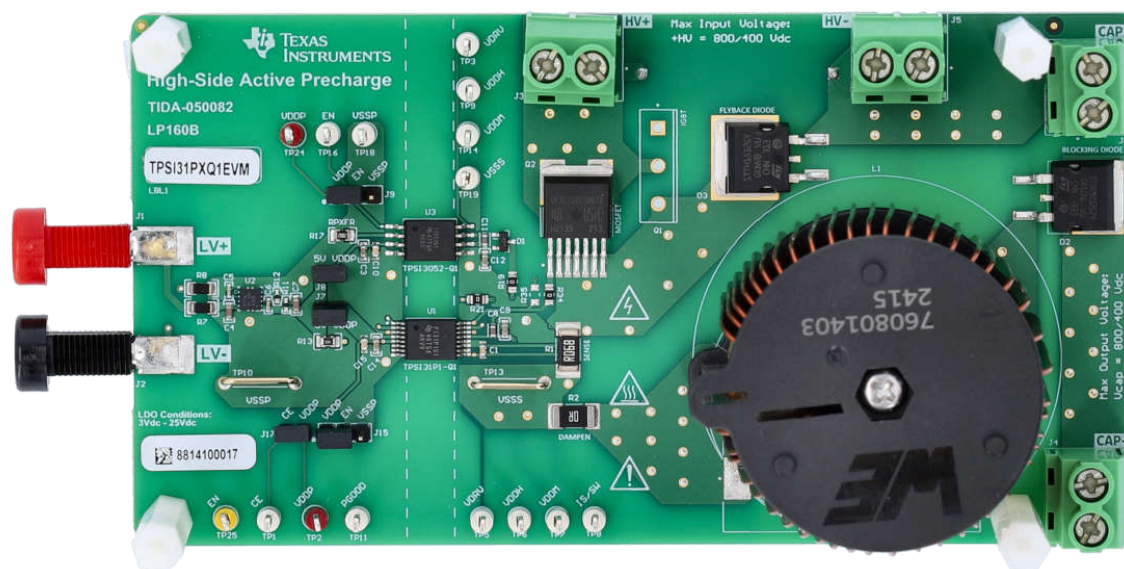
TPSI31Px-Q1 评估模块 (EVM) 可帮助设计人员评估 TPSI31Px-Q1 器件系列在电动汽车 (EV) 或混合动力电动汽车 (HEV) 高侧有源预充电应用中 (用于为直流链路电容器充电) 的运行情况和性能。该电路板采用 TPSI31P1-Q1, 这是一款具有集成式 15.8V 栅极电源和比较器的隔离式开关驱动器, 可监控充电电流并以迟滞方式驱动栅极, 完全位于次级侧, 无需额外的逻辑。该 EVM 还包含 TPSI3052-Q1, 这是一款具有集成式 15V 栅极电源的隔离式开关驱动器, 可作为隔离式电源, 在需要时帮助为 TPSI31P1-Q1 提供额外的开关电源。该 EVM 采用基于高压电感器的降压拓扑。该 EVM 还包含一个采用 TO-263-7L 封装的 N 沟道碳化硅 (SiC) MOSFET。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 来支持电池供电。

特性

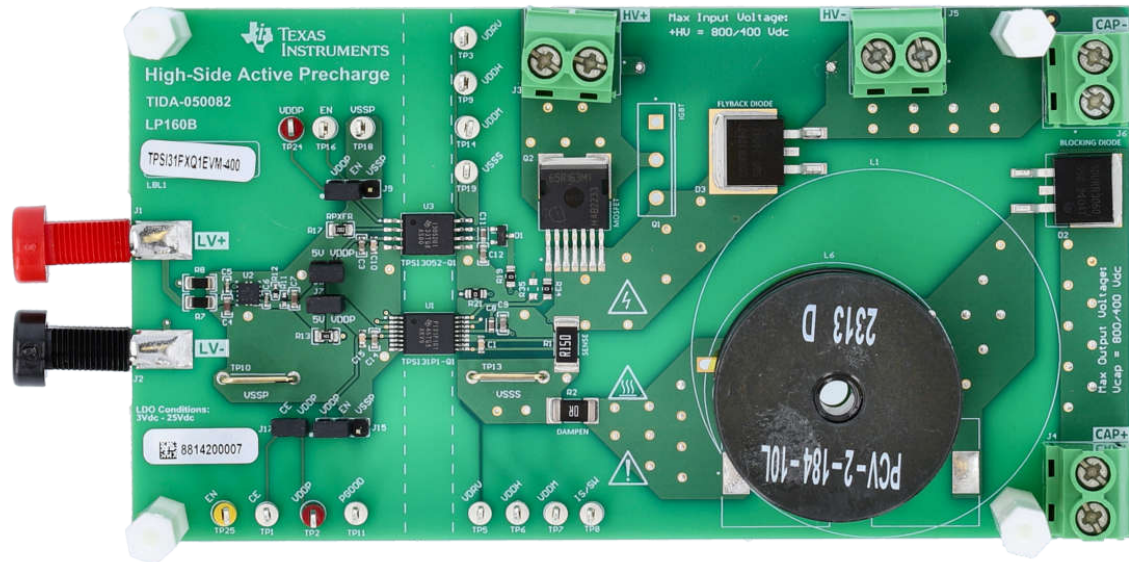
- TPSI31PXQ1EVM 能够在 160ms ($10A_{AVG}$) 内将 2mF 电容器充电至 800V
- TPSI31PXQ1EVM-400 能够在 180ms ($4.5A_{AVG}$) 内将 2mF 电容器充电至 400V
- 集成迟滞充电电流控制, 无需额外逻辑
- 超低噪声 LDO (5V 至 20V 输入), 用于在可调电源不可用时为电路供电
- 无需隔离式次级电源
- 5kVRMS 增强型隔离
- 15.8V 栅极驱动电压, 1.5A 峰值拉电流和 3A 峰值灌电流
- 具有集成电压基准 $\pm 1.5\%$ 的双通道隔离式高速比较器

应用

- 混合动力、电动和动力总成系统



PCB 顶视图 : TPSI31PXQ1EVM



PCB 顶视图 : TPSI31PXQ1EVM-400

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

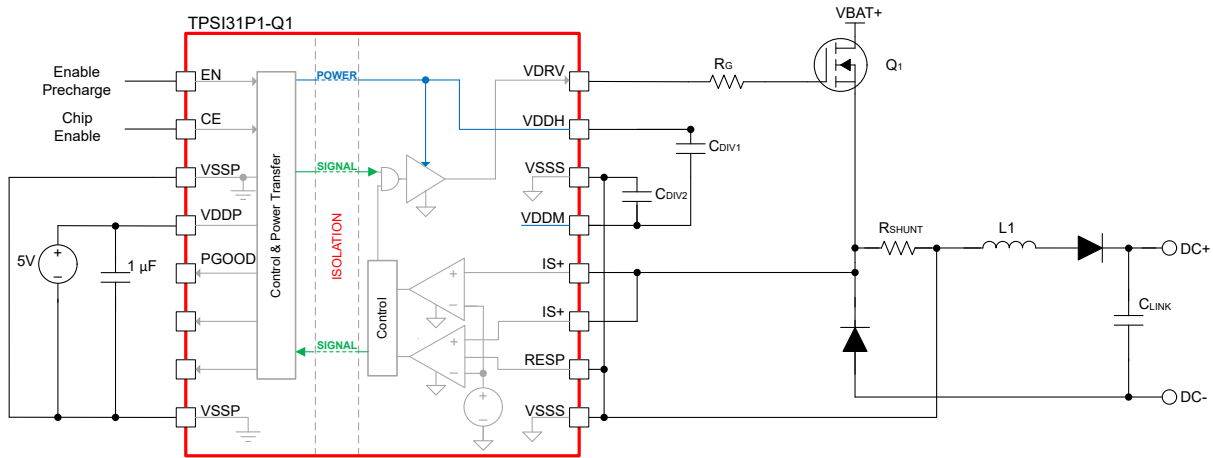


图 1-1. TPSI31P1-Q1 简化原理图

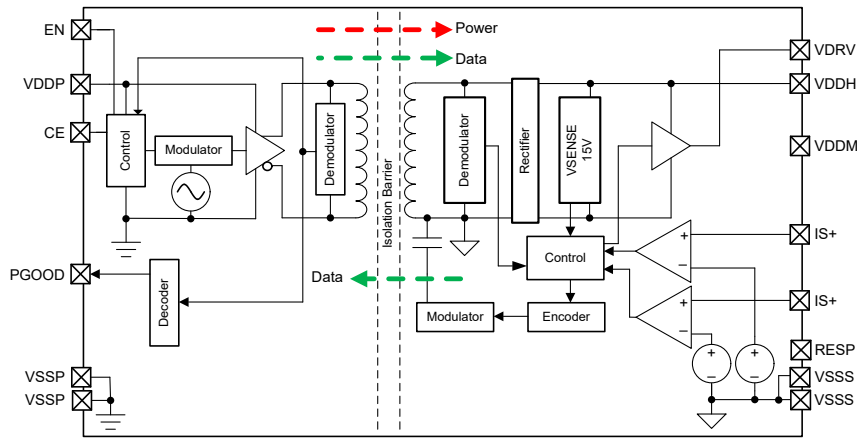


图 1-2. TPSI31P1-Q1 功能方框图

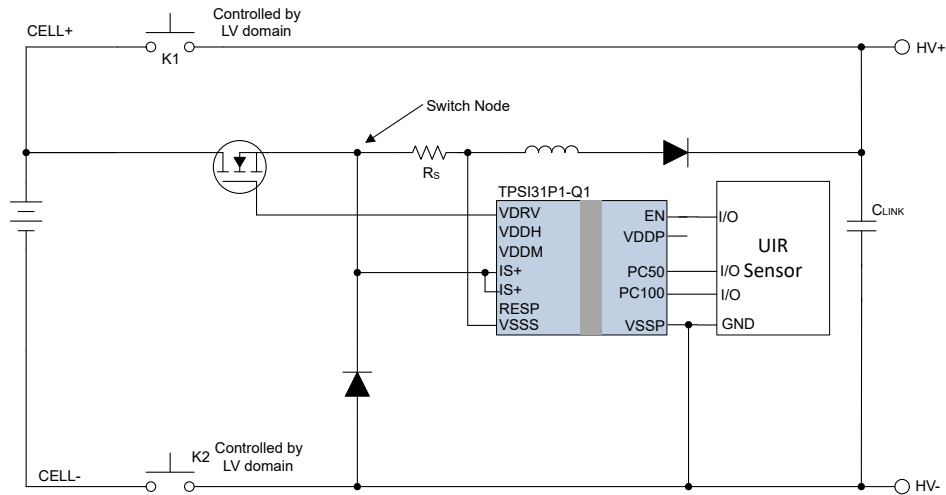


图 1-3. TPSI31P1-Q1 应用原理图

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。

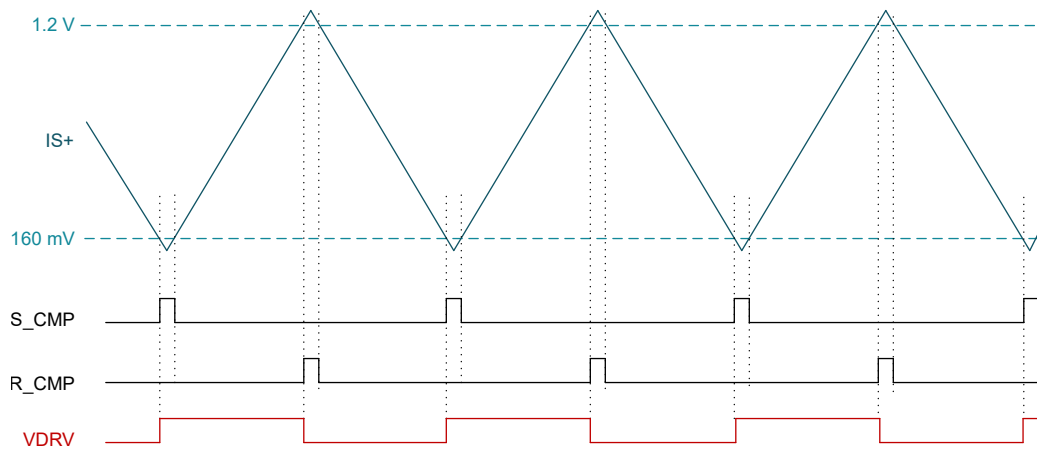


图 1-4. TPSI31P1-Q1 行为图

2 硬件

2.1 其他图像

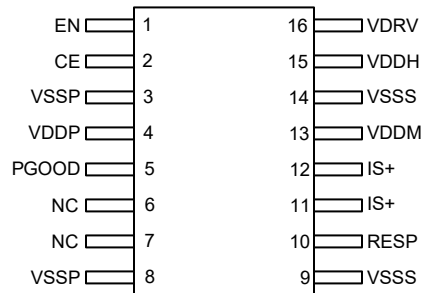


图 2-1. TPSI31P1-Q1 DVX 封装 16 引脚 SSOP (顶视图)

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 实现结果

3.1 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 $68\text{m}\Omega$ 分流电阻器可得到 10A_{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 3-1 所示。

$$\begin{aligned} I_{\text{PEAK}} &= \frac{1.2 \text{ V}}{R_{\text{SHUNT}}} \\ I_{\text{MIN}} &= \frac{0.160 \text{ V}}{R_{\text{SHUNT}}} \\ I_{\text{AVG}} &= \frac{I_{\text{PEAK}} + I_{\text{MIN}}}{2} \end{aligned} \quad (1)$$

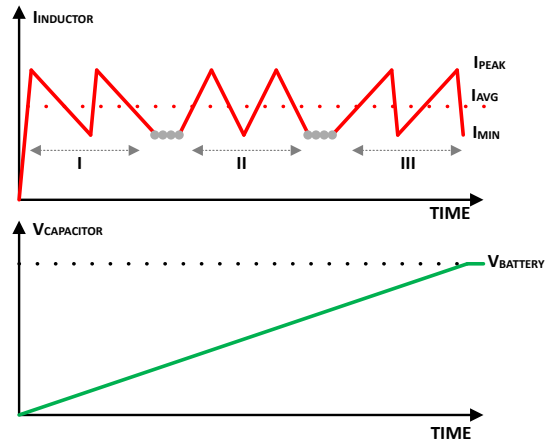


图 3-1. 有源预充电曲线

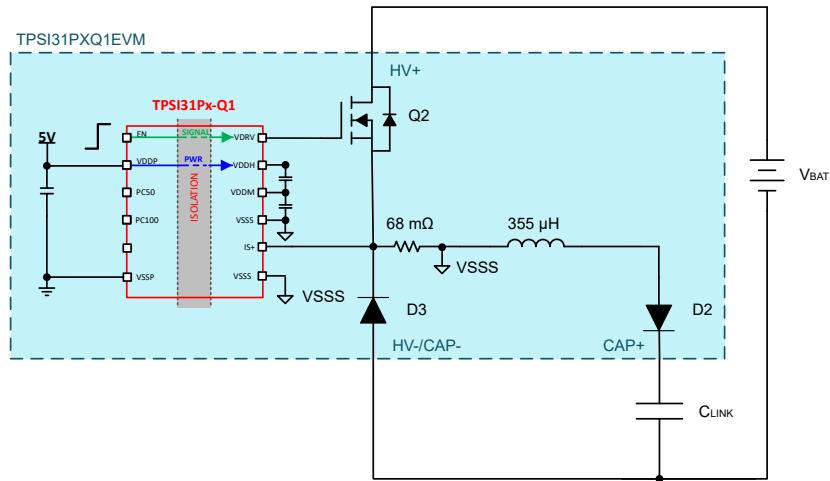


图 3-2. TPSI31PXQ1EVM 设置图

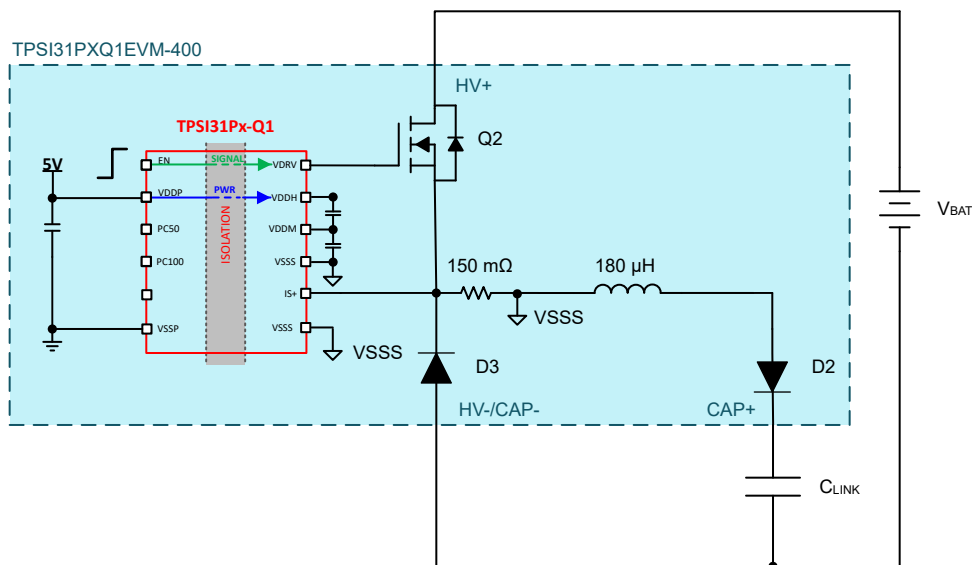


图 3-3. TPSI31PXQ1EVM-400 设置图

3.2 性能数据和结果

以下波形展示了 TPSI31PXQ1EVM 和 TPSI31PXQ1EVM-400 分别在 170ms 和 180ms 内将 2mF 电容器充电至 800V 与 400V。

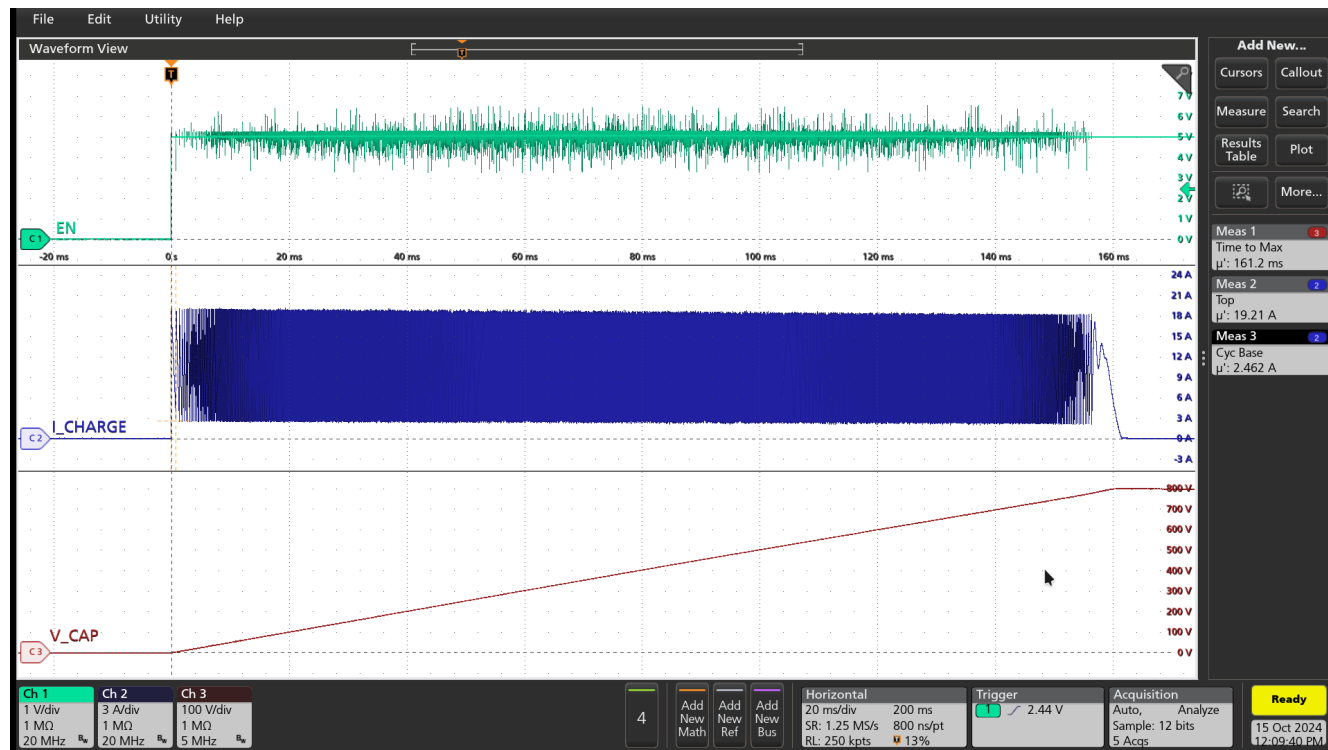


图 3-4. 在 170ms 内将 2mF 电容器充电至 800V (TPSI31PXQ1EVM)

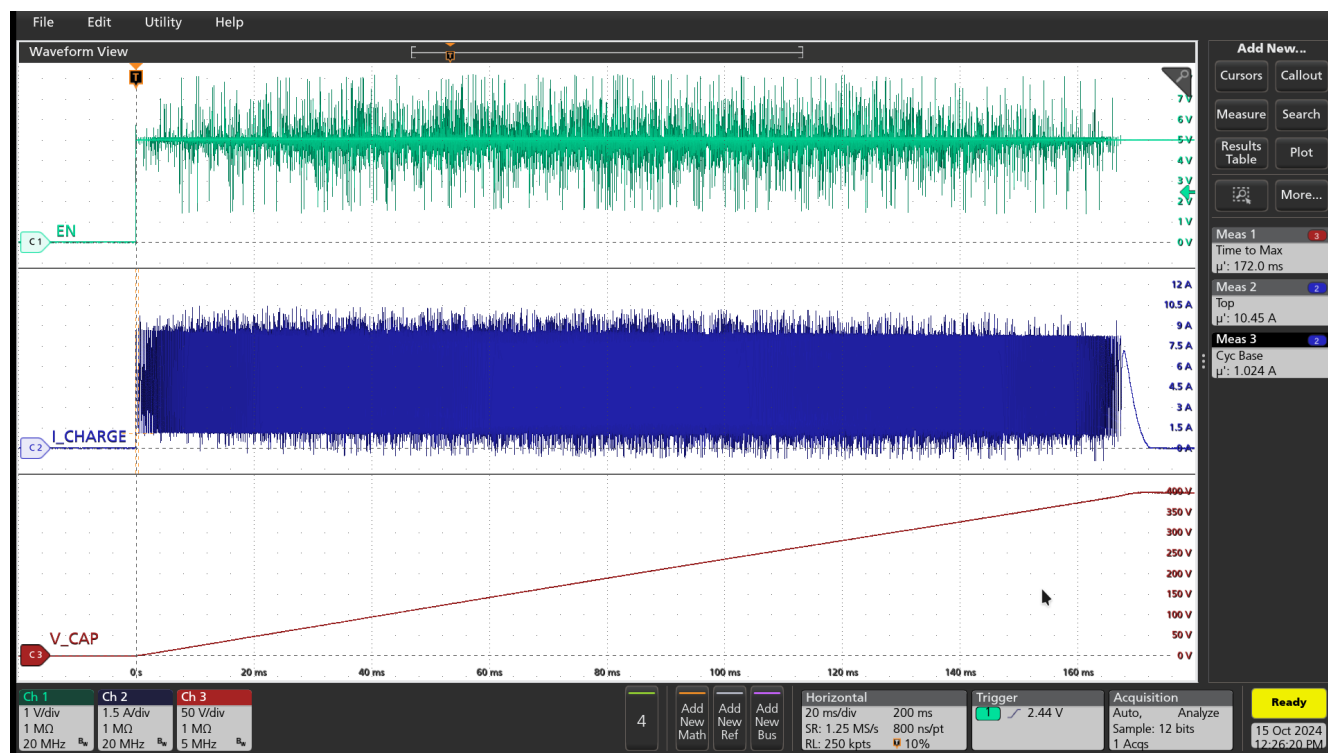


图 3-5. 在 180ms 内将 2mF 电容器充电至 400V (TPSI31PXQ1EVM-400)

4 硬件设计文件

4.1 原理图

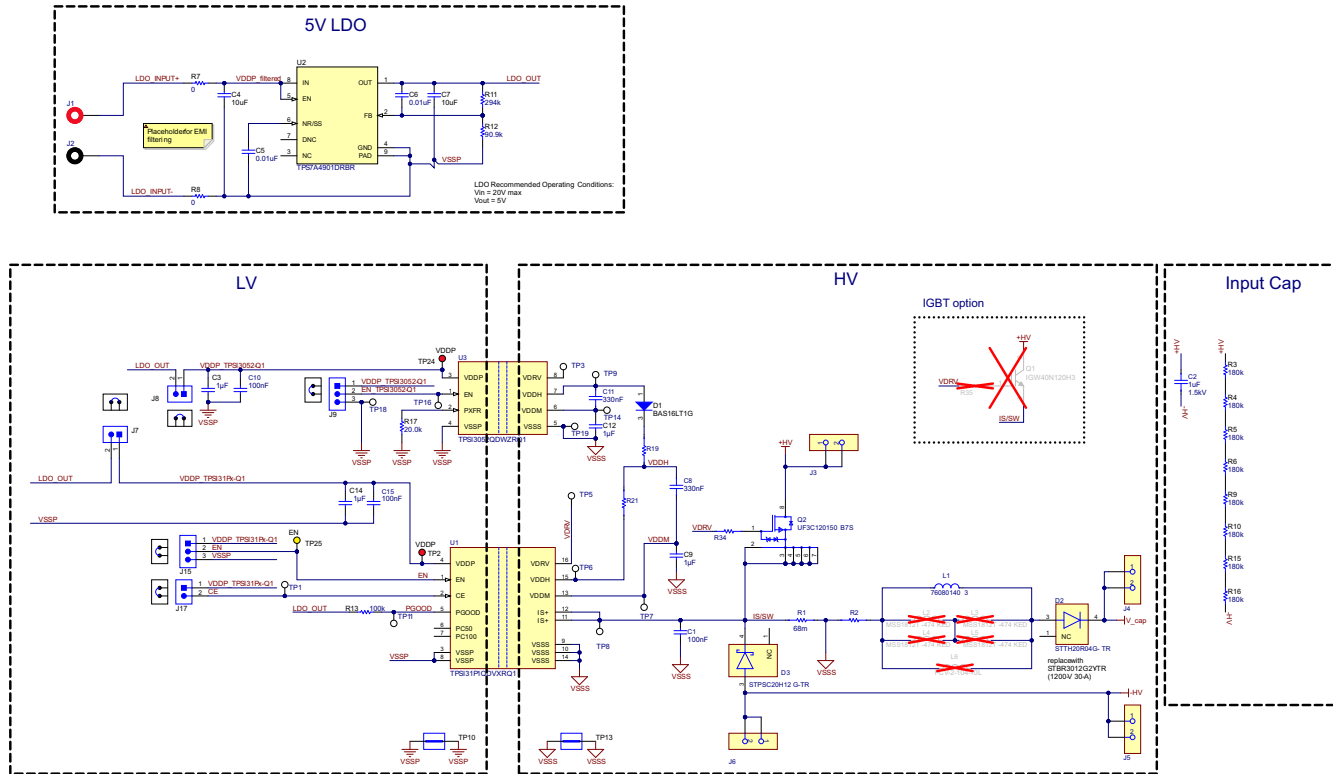


图 4-1. TPSI31PXQ1EVM 原理图

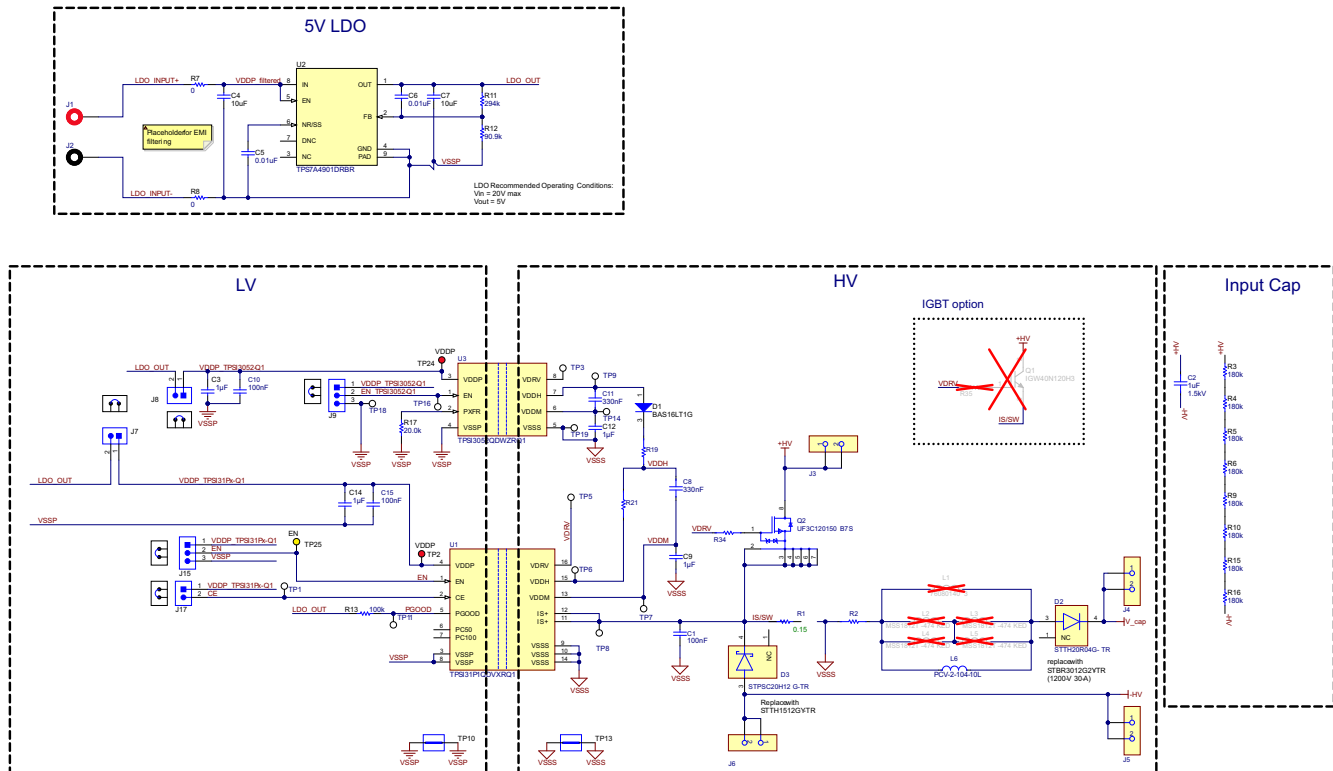


图 4-2. TPSI31PXQ1EVM-400 原理图

4.2 PCB 布局

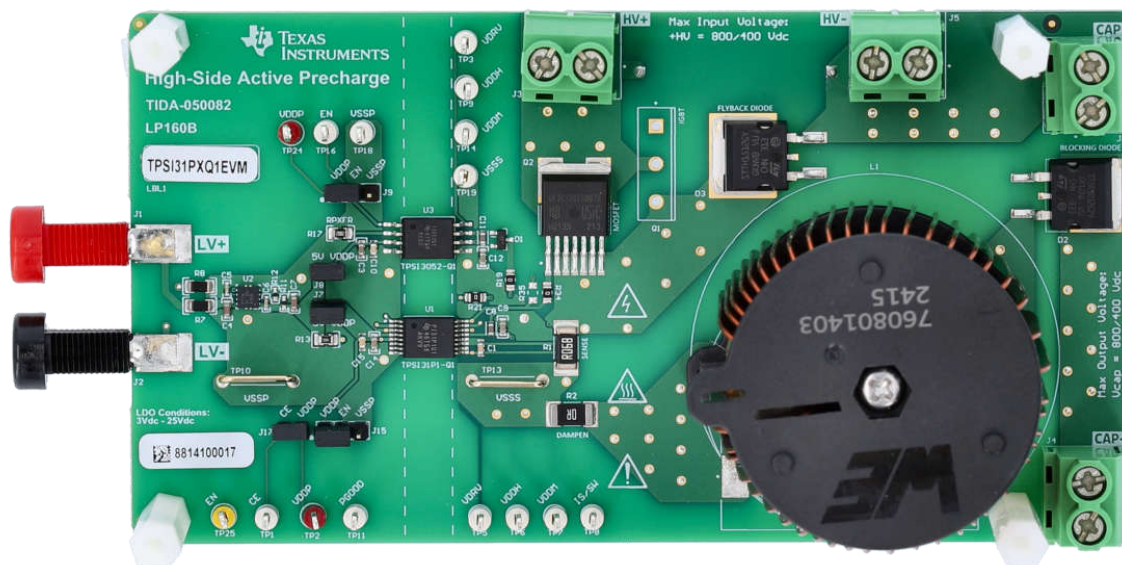


图 4-3. 3D (顶视图)

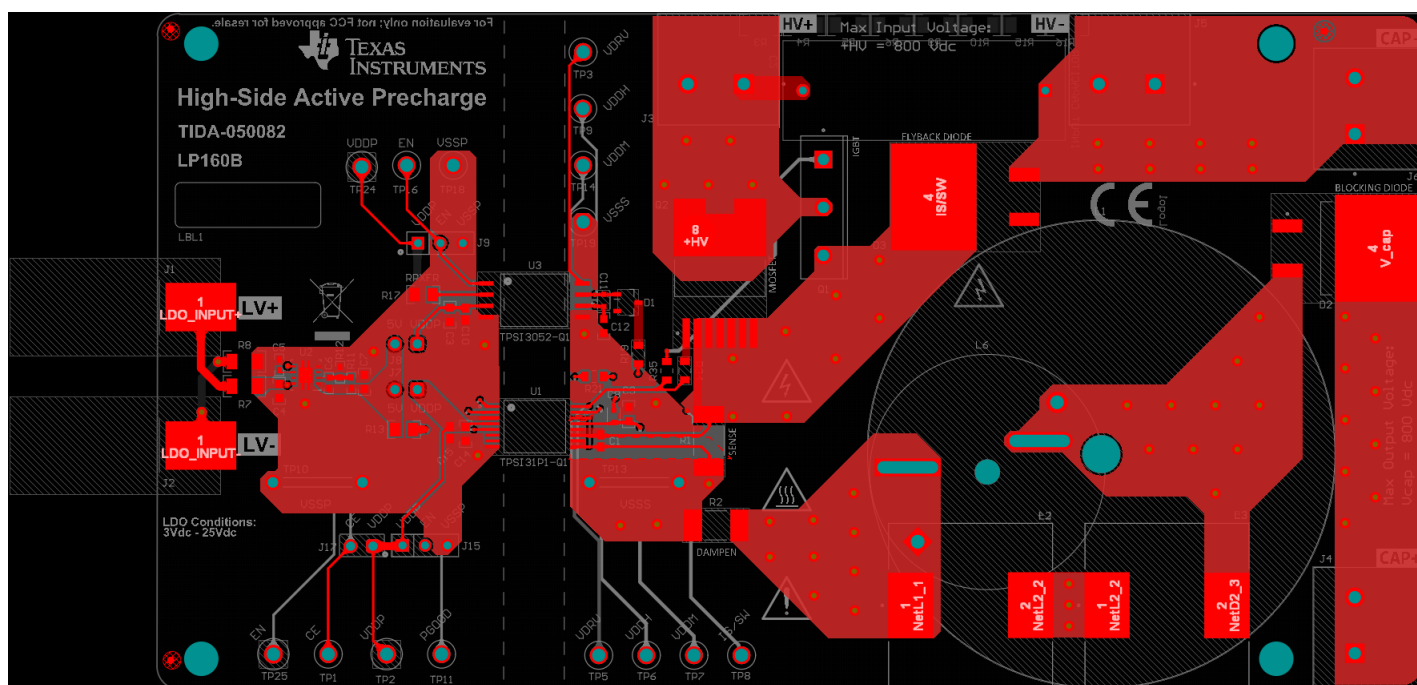


图 4-4. PCB 顶层

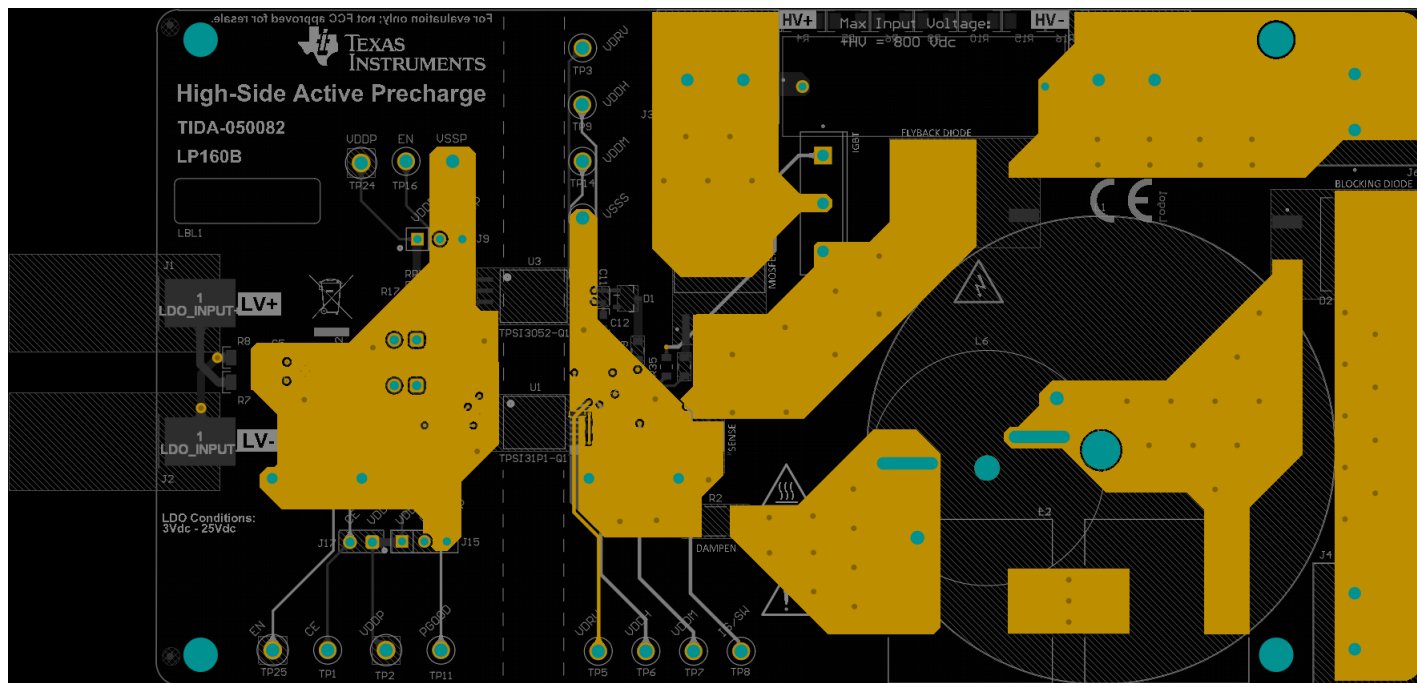


图 4-5. PCB 内层 1

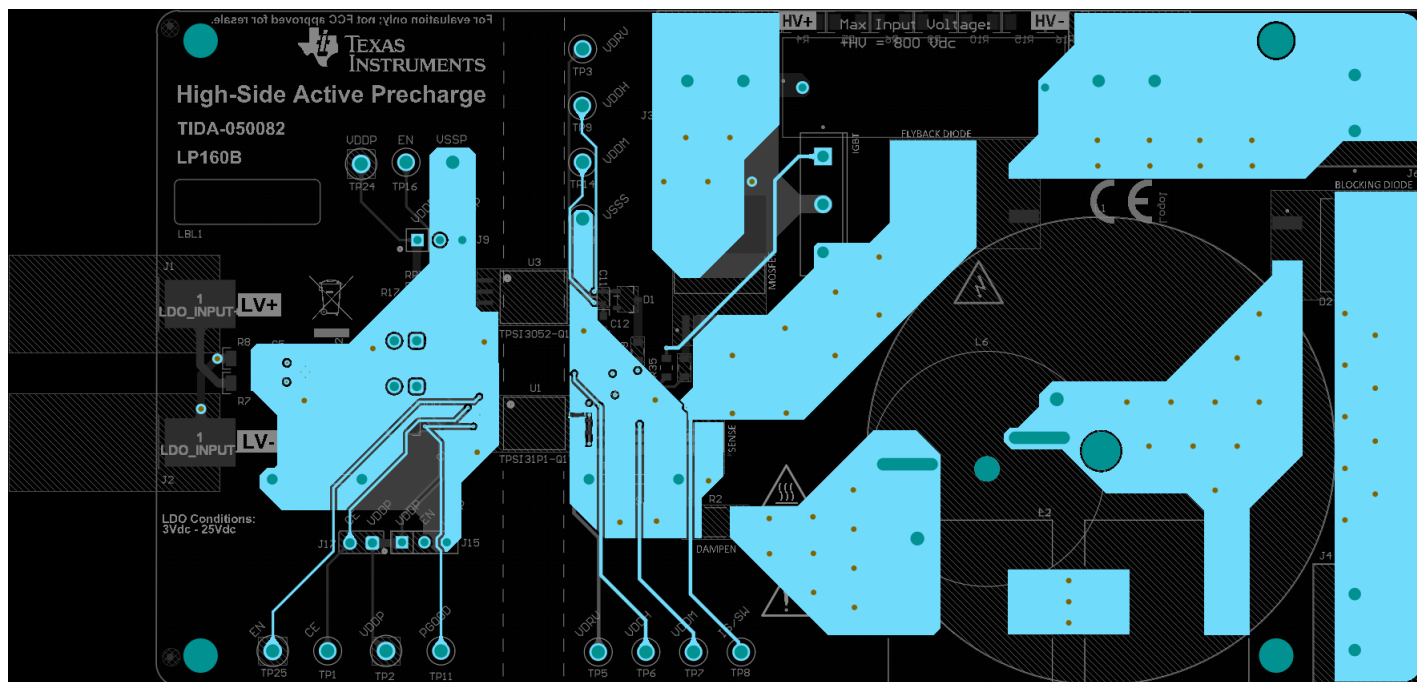


图 4-6. PCB 内层 2



4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1. 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	1μF 薄膜电容器, 1500V (1.5kV), 聚丙烯 (PP), 金属化径向	径向	C4AQSBU4100A1WJ	KEMET
C3、C9、C12、C14	4	1uF	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
D2	1		二极管, 1200V, 30A, 表面贴装, D2PAK HV	D2PAK	STBR3012G2Y-TR	STMicroelectronics
D3	1		通用型二极管, 1.2KV, 15A, D2PAK	D2PAK	STTH1512GY-TR	STMicroelectronics
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_BLOCK2	6.91251E+11	Würth Electronics

表 4-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM) (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
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
L1	1	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
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 1200V 17A (Tc) 136W (Tc) 表面贴装 D2PAK-7	D2PAK7	UF3C120150B7S	UnitedSiC
R1	1	68m	68mΩ, ±1%, 3W, 片上电阻 2512 (公制 6432), 抗硫化, 汽车级认证 AEC-Q200, 电流检测, 金属元件	2512	TLRP3A30DR068FTE	TE Connectivity
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 4-1. 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, 0 Ω , 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	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 4-1. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM) (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
FID1、FID2、FID3	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
L2、L3、L4、L5	0	470uH	屏蔽式功率电感器 470μH ±10% 2.1A 0.23 Ω	SMD2	MSS1812T-474KED	Coilcraft
L6	0	100uH	功率电感器 - 引线式， 100uH，非屏蔽，10%， 10.1A，32m Ω	径向	PCV-2-104-10L	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，0 Ω，跳 线，1/8W，0805	0805	RC0805FR-070RL	Yageo

表 4-2. 物料清单 (TPSI31PXQ1EVM-400)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!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	1uF	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

表 4-2. 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
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
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

表 4-2. 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
R1	1	0.12	150m Ω , $\pm 1\%$, 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	200 μ	0 Ω 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
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 , 0 Ω , 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

表 4-2. 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
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)
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

5 其他信息

5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 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 * (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