

# TI 参考设计 适用于继电保护的 30W 超宽输入范围电源



## TI 参考设计

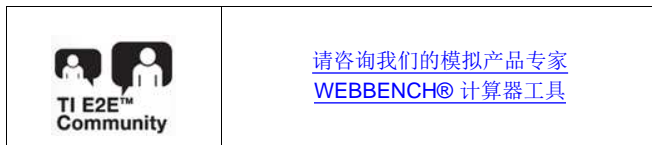
TI 参考设计为您提供所需的基本方法、测试和设计文件，以便您快速评估和定制系统。TI 参考设计可帮助您缩短产品上市时间。

## 设计资源

<a href="#">TIDA-00127</a>	包含设计文件的工具文件夹
<a href="#">TPS40210</a>	产品文件夹
<a href="#">UCC28600</a>	产品文件夹
<a href="#">LMS33460</a>	产品文件夹
<a href="#">LM337</a>	产品文件夹
<a href="#">TL431A</a>	产品文件夹

## 特色应用

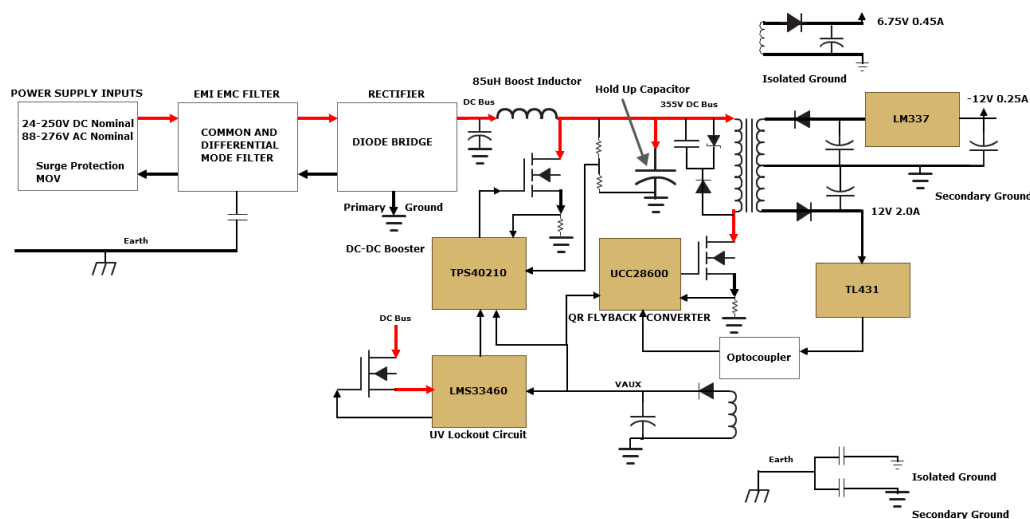
- 用于数字保护装置的电源
- 用于变电站智能电子设备 (IED) 和自动化产品的电源



## 设计特性

30W 超宽范围电源是数字继电保护的参考设计。该设计是单电路板电源解决方案，可处理超宽范围的交流和直流输入。

- 标称输入电源电压 ( $U_n$ )
  - 24 到 250V DC 和 88 到 276V AC
- 标称电源电压下的输出电源轨
  - 12V 输出电流 2A，-12V 输出电流 0.25A
  - 隔离输出 6.75V，输出电流 0.45A
  - 总输出功率 30W
  - 线性调整率  $< \pm 3\%$ 
    - 20 到 250V DC 和 80 到 276V AC
  - 负载调整率 (10 到 100%)  $< \pm 3\%$
  - PCB 尺寸: 200 × 100 mm
- 符合以下认证测试要求:
  - IEC61000-4 对于 EFT 和浪涌的要求
  - 对于传导辐射，符合 CISPR 11 /EN 55011 A 级的要求
  - IEC61000-4-11 (AC) 和 IEC61000-4-29 (DC) 关于大容量电容值降低引起的压降和中断的要求



该 TI 参考设计末尾的重要声明表述了授权使用、知识产权问题和其他重要的免责声明和信息。

All trademarks are the property of their respective owners.

## 1 系统描述

继电保护装置在输电网络、变电站和配电系统中发挥着非常关键的作用。这些继电器保护着电力系统，以防发生各种电气故障。这种保护机制的核心是可持续监控电压、电流和频率等电气参数的智能控制单元。智能控制单元还会在故障发生期间向相应的断路器发送跳闸命令。根据所用等级的不同，继电器分为各种不同类型，例如发电机保护、距离保护、过压保护、过流保护和差分继电保护等。

继电保护可自行供电，也可以辅助供电。

本设计指南详细介绍了为继电保护设计辅助电源的相关信息。

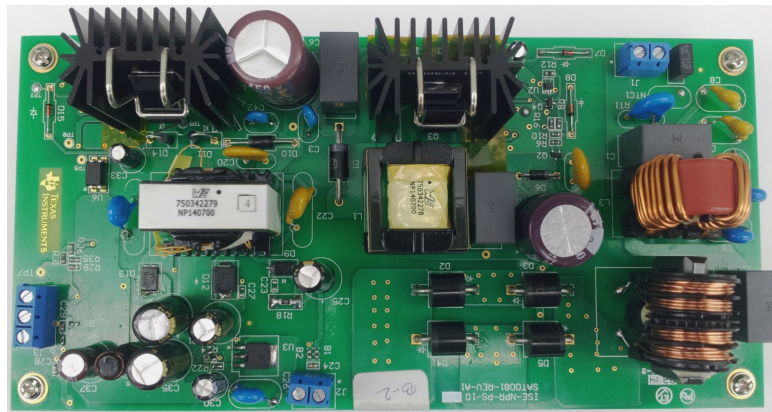


图 1. 适用于继电保护的 30W 超宽范围电源

### 1.1 电源输入电压类型

继电保护的辅助输入电压通常分为以下类型：

#### 1 型

如果变电站配有电池电源，则继电保护的标称电源为：

- 低压直流：24V DC、48V DC 或 60V DC
- 高压直流：110V DC、220V DC 或 250V DC

#### 2 型

对于未配有电池的变电站，可使用交流电源作为辅助电源。交流电源取决于继电器所在的区域和位置。常用的典型电压为 110V、220V、230V 和 240V。

继电保护设备的输出负载范围从  $\leq 10W$  到 30W 左右，具体取决于继电器类型。仅具有过流保护功能的继电保护的负载可  $\leq 10W$ 。具有多种保护功能和通信选项的继电保护的负载可达到 30W 左右。

### 1.2 严格要求

继电保护必须满足 IEC61000-4-11 (AC) 和 IEC61000-4-29 (DC) 所规定的标称输入电压条件下的压降和中断测试要求。这些要求对于功耗较高的继电器至关重要。随着负载增大，直流总线上的大容量电容会增大。大容量电容增大会导致以下问题：

- 如果大容量电容的值较大，浪涌电流会显著增大，如果不多加留意，会降低电源的可靠性。

本次提出的设计会减小大容量电容，以符合 IEC61000-4-11 (AC) 和 IEC61000-4-29 (DC) 对电压变化和中断测试的要求。

## 2 设计要求

符合典型电源规范。

功能要求	输出功率	30W
	直流输入电压	24 到 250V DC
	交流输入电压	88 到 276V AC
	输出电压和负载	12V, 负载电流 2A -12V, 负载电流 0.25A 隔离 6.75V, 负载电流 0.45A
	负载调整率	< $\pm 3\%$
	线性调整率	< $\pm 3\%$
	输出纹波	$\pm 12V$ 时峰峰值 < 200mV
认证要求	传导辐射	CISPR 11/EN55011 A 级
	EFT	IEC 61000-4-4
	浪涌	IEC 61000-4-5
性能要求	辅助直流电压中的最大中断时间 持续 50ms	辅助输入电压降为零后 > 75ms

### 3 框图

30W 电源设计可处理超宽范围的交流和直流输入，适合作为多种继电器保护的平台。电源设计为输出继电器保护所要求的行业标准电压。电源还具备极佳的线性和负载调整功能。该解决方案专为效率良好的 30W 电源而设计。此设计已按照 IEC61000-4 (EFT 和浪涌) 和 CISPR 11/EN55011 A 类 (干扰) 进行了认证前测试。

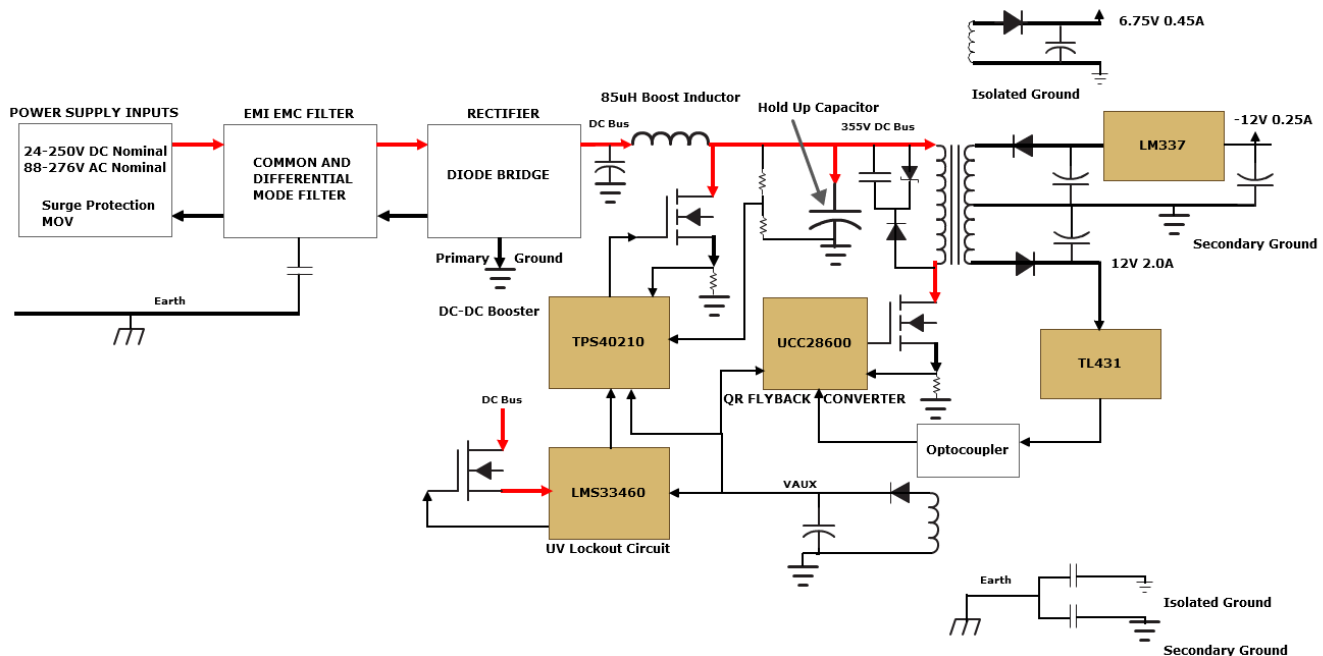


图 2. 模块级设计

设计采用双级转换拓扑。设计包含 DC-DC 升压转换器，可将输入电压 (24 到 250V DC 输入或整流器 88 到 276V AC 输入) 升压至 355V DC 输出。直流电压是准谐振反激转换器的输入。反激转换器的输出为  $\pm 12V$  和隔离 6.75V。

电源设计包含以下模块。

#### 电源输入和滤波器

电路板具有用于直流和交流电压的单个输入连接器。电路板具有前端电磁兼容 (EMC) 滤波器。电路板具有浪涌保护电路，其中的金属氧化物压敏电阻 (MOV) 可用于差模浪涌、共模浪涌和共模扼流器。电路板具有的 Y 电容器可实现共模滤波。电路板使用 X 电容和共模扼流器的漏电感实现差模滤波。

#### 输入整流器

由于直流输入的范围超宽，较低输入轨处电源消耗的电流约为 2 到 3A。为了达到效率，设计采用离散式二极管桥实现最佳功耗，并降低桥式整流器的效率损失。

#### 升压器

桥式整流器的直流输出施加到使用 TPS40210 电流模式控制器的 DC-DC 升压器上。TPS40210 控制器以断续导通模式工作。对于 24 到 250V DC 输入或 88 到 276V AC 输入，升压器的输出为 355V DC。选择断续模式是为了避免连续导通模式 (CCM) 造成损坏。

## 反激转换器

第二级是采用 TI UCC28600 绿色模式控制器的反激转换器。第二级具有 355V DC 输入。反激转换器的输出如下。

- 12V, 2A
- -12V, 0.25A
- 隔离 6.75V, 0.45A
- 总输出功率 30W

在所有输入电压范围下，反激转换器的工作输入范围都是 100 到 355V DC。转换器减小满足电压中断测试所需的大容量电容，以符合 IEC 61000-4-11 的要求。

设计采用缓冲电路来最大程度地减小跨 DC-DC 升压器金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET)、反激转换器 MOSFET 和输出二极管的瞬态响应。这些电路也会降低电磁干扰 (EMI)。

## 4 电路设计和组件选择

### 4.1 前端 EMC 滤波器

有关 EMC 滤波器计算和其它 EMC 考量因素，请参见 TI 网站上提供的下列应用手册：

- 《设计能在低成本交流/直流转换器应用中实现最佳性能的磁性组件》，[SLUP265](#)
- 《AN-2162 轻松抑制 DC-DC 转换器中的传导性 EMI》，[SNVA489C](#)
- 《了解和优化开关模式电源的电磁兼容性》，[SLUP202](#)

## 4.2 DC-DC 升压器设计

DC-DC 升压器采用 TPS40210 控制器进行配置。TPS40210 器件是一种具有宽输入电压范围（4.5 到 52V）、非同步升压控制器。

TPS40210 器件适用于需要接地源 N 通道场效应晶体管 (FET) 的拓扑，包括升压、反激、SEPIC 和各种 LED 驱动器应用。电流模式控制可改善瞬态响应并可简化环路补偿。

DC-DC 升压器具有以下特性。

- 可调振荡器频率
- 固定频率电流模式控制
- 内部斜率补偿
- 集成式低侧驱动器
- 可编程闭环软启动
- 过流保护
- 外部同步功能
- 参考电压 700mV (TPS40210)
- 低电流禁用功能

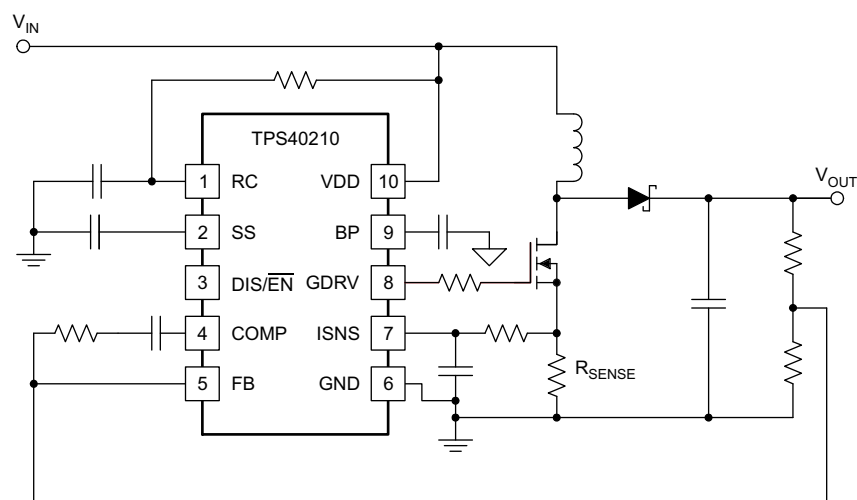


图 3. 使用 TPS40210DGQ 的 DC-DC 升压器设计

### 4.2.1 电源设计参数

1. 直流输入电压：24 到 250V DC（标称值）
2. 交流输入电压：88 到 276V AC（标称值）
3. 输出轨
  - 12V, 2A
  - -12V, 0.25A
  - 隔离 6.75V, 0.45A

## 4.2.2 DC-DC 升压器设计计算

本节中列出的计算基于 TI 应用说明 [SLUP127](#)，适用于升压器电感。

### 1. 升压器设计参数

- 最低直流输入电压 (V):  
 $V_{\text{INDCMIN}} = 18\text{V}$  (1)

- 最高直流输入电压 (V):  
 $V_{\text{INDCMAX}} = 250\text{V}$  (2)

- 最低交流输入电压 (V):  
 $V_{\text{INACMIN}} = 80\text{V}$  (3)

- 最高交流输入电压 (V):  
 $V_{\text{INACMAX}} = 276\text{V}$  (4)

- 桥式整流器压降 (V):  
 $V_{\text{BR}} = 0.7\text{V}$  (5)

- 总线电压 (V):  
 $V_{\text{BUS}} = V_{\text{INAC}} \times 1.4142 - 2 \times V_{\text{BR}}$  (6)

$$V_{\text{BUS}} = V_{\text{INDC}} - 2 \times V_{\text{BR}} \quad (7)$$

$$V_{\text{BUS}} = 16.6\text{V} - 389\text{V DC} \quad (8)$$

- 第二级输出功率:  
 $P_{\text{FLYBACKOUT}} = 30\text{W}$  (9)

- 升压器效率:  
 $\tau_2 = 0.8$  (10)

- 升压器输入功率:  
 $P_{\text{BOOSTERIN}} = 47\text{W}$  (11)

- 升压器输出电压:  
 $V_{\text{BOOSTOUT}} = 355\text{V}$  (12)

- 升压器平均电流:  
 $I_{\text{BOOSTOUT}} = \frac{P_{\text{BOOSTEROUT}}}{V_{\text{BOOSTOUT}}} = \frac{38}{355} = 0.106\text{ A}$  (13)

- 升压器输出负载:  
 $R_{\text{BOOSTOUT}} = \frac{V_{\text{BOOSTOUT}}}{I_{\text{BOOSTOUT}}} = 3361\ \Omega$  (14)

### 2. 一次侧计算

- 升压器电压增益:  
 $M_{\text{MAX}} = \frac{V_{\text{BOOSTOUT}}}{V_{\text{BUSMIN}}} = \frac{355}{16.6} = 21.39$  (15)

$$M_{\text{MIN}} = \frac{V_{\text{BOOSTOUT}}}{V_{\text{BUSMAX}}} = \frac{355}{389} = 0.91 \quad (16)$$

- 占空比:  
 $D_{\text{MAX}} = 1 - \frac{1}{M_{\text{MAX}}} = 0.95$  (17)

- 开关频率 (Hz):  
 $F_{\text{SW}} = 35000$  (18)

- 周期:  
 $T_{\text{SW}} = 28.57\ \mu\text{s}$  (19)

- 保持断续模式的电感临界值:

$$L_{\text{CRITICAL}} \leq 0.5 \times R_{\text{BOOSTOUT}} \times T_{\text{SW}} \times D_{\text{MAX}} \times (1 - D_{\text{MAX}}) \times (1 - D_{\text{MAX}}) \leq 100\mu\text{H} \quad (20)$$



- 选择升压器电感值:

$$L_{\text{BOOSTER}} = 85\mu\text{H} \quad (21)$$

- 电感峰值电流 (A):

$$I_{\text{LPEAK}} = \frac{V_{\text{BUSMIN}}}{L_{\text{BOOSTER}}} \times T_{\text{SW}} \times D_{\text{MAX}} = 5.34 \text{ A} \quad (22)$$

- 电感最低电流 (A):

$$I_{\text{MIN}} = 0\text{A} \quad (23)$$

- 梯形波形平均值 (A):

$$I_{\text{PA}} = 0.5 \times (I_{\text{LPEAK}} + I_{\text{MIN}}) = 2.66\text{A} \quad (24)$$

- 梯形波形直流值 (A):

$$I_{\text{DC}} = D_{\text{MAX}} \times I_{\text{PA}} = 2.54\text{A} \quad (25)$$

- 梯形波形 RMS 值 (A):

$$I_{\text{RMS}} = \sqrt{D_{\text{MAX}} \times \{(I_{\text{LPEAK}} \times I_{\text{MIN}}) + (I_{\text{LPEAK}} - I_{\text{MIN}}) \times (I_{\text{LPEAK}} - I_{\text{MIN}})\}} = 2.98\text{A} \quad (26)$$

- 梯形波形交流值 (A):

$$I_{\text{AC}} = \sqrt{I_{\text{RMS}}^2 - I_{\text{DC}}^2} = 1.57\text{A} \quad (27)$$

- 最高峰值短路电流:

$$I_{\text{SCPK}} = I_{\text{LPEAK}} \times 1.2 = 6.41\text{A} \quad (28)$$

### 3. 选择磁芯材料 3C92

### 4. 确定最大磁通密度和最大磁通振幅

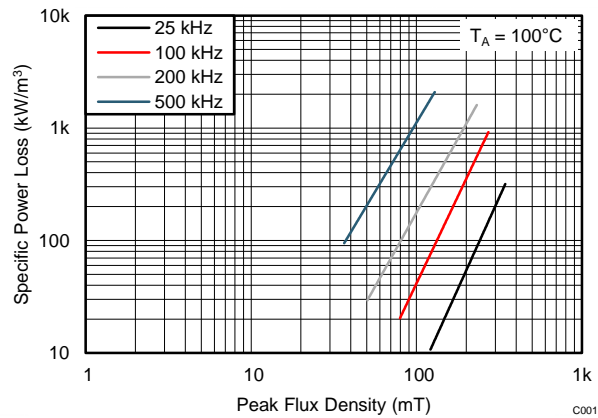


图 4. 特定功率损耗随峰值磁通密度变化，并以频率为参数

- 假定损耗限值为:

$$300 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^3} = 300 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \quad (29)$$

- 图中损耗限值处的峰值磁通密度出现在:

$$25\text{KHz} = 0.3\text{T} \quad (30)$$

- 磁通密度振幅峰峰值:

$$\Delta B_{\text{MAX}} = 0.6\text{T} \text{ (断续传导模式 (DCM) 模式)} \quad \Delta B_{\text{MAX}} = B_{\text{MAX}} \quad (31)$$

- $B_{\text{MAX}} = 0.28\text{T}$

- 常量  $K_1 = 0.03$

其中

- $K_1 = J_{MAX} \times K_{PRI} \times 10^{-4}$
- $J_{MAX}$  = 最大电流密度
- $K_{PRI}$  代表包含绕组的窗口的利用率。对于单绕组电感,  $K_{PRI}$  是铜线总面积与窗口面积  $A_w$  之比。对于反激转换器,  $K_{PRI}$  是一次侧绕组铜线横截面积与总面积之比。 (33)

- 磁芯面积乘积计算 ( $A_p$ ):

$$A_p = A_w \times A_e = \left[ \frac{L_{BOOSTER}}{B_{MAX}} \times \frac{I_{SCPK}}{K_1} \times I_{FL} \right]^{4/3} \text{ cm}^4 = 0.155754144 \text{ cm}^4 \quad (34)$$

其中

- $L_{BOOSTER}$  = 升压器电感
- $I_{SCPK} = I_{LPEAK}$  的 20%, 单位为 A
- $I_{FL}$  = RMS 电流, 满载, 单位为 A
- $B_{MAX}$  = 饱和磁通密度限值, 单位为 T (35)

- 选择的磁芯: EF25

– 有效体积:

$$V_e = 2.99 \text{ cm}^3 \quad (36)$$

– 有效长度:

$$L_e = 5.8 \text{ cm} \quad (37)$$

– 有效面积:

$$A_e = 0.52 \text{ cm}^2 \quad (38)$$

- 绕线管详细信息

– 绕组最小宽度:

$$W_w = 1.545 \text{ cm} \quad (39)$$

– 绕组最小高度:

$$W_h = 0.432 \text{ cm} \quad (40)$$

– 平均匝长度:

$$L_T = 5.28 \text{ cm} \quad (41)$$

– 绕组面积:

$$A_w = W_w \times W_h = 0.677 \text{ cm}^2 \quad (42)$$

– 面积乘积:

$$A_p = A_w \times A_e = 0.347 \text{ cm}^4 \quad (43)$$

## 5. 定义 $R_T$ 和损耗限值

- 磁芯热阻

$$R_T = 28^\circ\text{C/W} \quad (44)$$

- 最大温升:

$$\Delta T = 50^\circ\text{C} \quad (45)$$

- 基于最大温升的功率损耗限值:

$$P_{LIM} = R_T \times \Delta T = 1.79 \text{ W} \quad (46)$$

- 磁芯损耗限值:

$$P_C = 0.3 \text{ W} \quad (47)$$

- 绕组损耗限值:

$$P_W = P_{LIM} - P_C = 1.49 \text{ W} \quad (48)$$

- 一次侧磁芯损耗计算:

$$P_c = \text{假定损耗限值} \times \text{有效体积} = 897\text{mW}$$

(49)

- 最大磁通密度 (T):

$$\Delta B_{MAX} = B_{MAX} \times \frac{I_{LPEAK}}{I_{SCPK}} = 0.2333 \quad (50)$$

- 峰值磁通振幅:

$$\frac{\Delta B_{MAX}}{2} = 0.1166 T \quad (51)$$

- 峰值磁通振幅时的磁芯损耗:

$$< 50\text{mW/cm}^3 \quad (52)$$

- 校正后的 PC 磁芯损耗:

$$\text{峰值磁通振幅时的磁芯损耗} \times \text{有效体积} < 200\text{mW} \quad (53)$$

## 6. 计算最大匝数

$$N = \frac{(L_{BOOSTER} \times I_{LPEAK} \times 10^{-2})}{\Delta B_{MAX} \times A_E} = 37.42 \quad (54)$$

- 实际匝数:

$$N_A = 30 \quad (55)$$

- 因实际匝数导致的磁通密度变化:

$$\Delta B_{MAX} \times \frac{N}{N_A} = 0.2910 T \quad (56)$$

- 峰值磁通密度振幅:

$$0.14554T \quad (57)$$

- 峰值磁通密度时的磁芯损耗:

$$< 100\text{mW/cm}_3 \quad (58)$$

- PC 实际磁芯损耗:

$$\text{峰值磁通密度时的磁芯损耗} \times V_E < 299\text{mW} \quad (59)$$

## 7. 气隙计算

$$lg = \frac{(0.4 \times 3.14 \times L_{BOOSTER} \times I_{LPEAK}^2) \times 10^8}{A_E \times B_{MAX}^2 \times 10^8} = 0.10769 \text{ cm} = 1.1 \text{ mm} \quad (60)$$

## 8. 计算导线尺寸

- 绕组最小宽度:

$$B_W = 1.545\text{cm} \quad (61)$$

- 高度:

$$H_W = 0.432\text{cm} \quad (62)$$

- 允许的爬电距离:

$$C_{ma_A} = 0.3\text{cm} \quad (63)$$

- 实际可行的绕组宽度:

$$B_{WA} = B_W - 2 \times C_A = 0.945\text{cm} \quad (64)$$

- 电流密度:

$$J_{MAX} = 450\text{A/cm}^2 \quad (65)$$

- 所需的线规:

$$\text{Conductor Area} = \frac{\text{RMS Current}}{\text{Current Density}} = 0.006673138 \text{ cm}^2 \quad (66)$$

---

注: 有关 DC-DC 升压器电感 L1 的更多详细信息, 请参见 [物料清单 \(BOM\)](#) 中列出来自 Wurth Electronics 的部件号 750342278。

---

## 9. 开关频率

为了在较高的线电压下获得足够长的导通时间，DC-DC 转换器的开关频率为 35KHz。RT 和 CT 值为 1.33M 和 470pF。

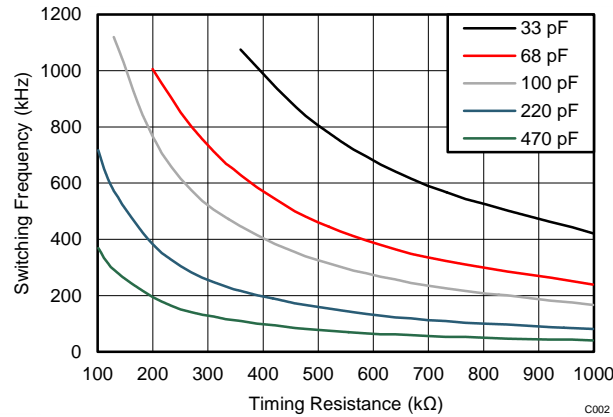


图 5. 频率与定时电阻关系曲线

## 10. 输出二极管选择

- 将  $V_{OUT}$  降额 80%，以便在开关节点上振铃。整流器二极管最低反向击穿电压计算公式如下：

$$V_{PIV\ DIODE} \geq 1.25 \times V_{BOOSTOUT} \geq 488V \quad (67)$$

- 二极管的反向击穿电压必须大于 500V。整流器二极管峰值电流和平均电流的估算方法为：

$$IBD_{(avg)} = I_{BOOSTOUT} = 0.096A \quad (68)$$

$$I_{BD(PEAK)} = I_{LPEAK} = 5.34A \quad (69)$$

- 二极管的功耗估算方法为：

$$P_{BDiode} = IBD_{(avg)} \times V_F = 0.067W \quad (70)$$

表 1. 输出二极管选择

部件号	MUR460
二极管类型	超快速
PIV	600V
IF	4A
浪涌电流额定值	150A

## 11. 输出电容器选择

$$C_{OUT} = \frac{(8 \times I_{BOOSTOUT} \times D_{MAX})}{(V_{BOOSTOUT\ RIPPLE} \times F_{SW})} \quad (71)$$

$$V_{BOOSTOUT\ RIPPLE} = 0.5V \quad (72)$$

$$C_{OUT} \text{ (容差 20\%)} = 50\mu F \quad (73)$$

$$ESR C_{OUT} = \frac{(7 \times V_{BOOSTOUT\ RIPPLE})}{(8 \times (I_{LPEAK} - I_{BOOSTOUT}))} = 0.083 \Omega \quad (74)$$

表 2. 输出电容器选择

所选的 $C_{OUT}$	68	$\mu F$	450	V
部件号	EKXG451ELL680MMN3S	United Chemicon		

## 12. 电流检测和电流限制

- 原有的负载电流是通过正确选择  $R_{ISNS}$  来设定的。如果转换器以断续模式运行，则电流检测电阻的计算公式为：

$$R_{ISNS} = \frac{F_{SW} \times L_{BOOSTER} \times V_{ISNS(OC)}}{\sqrt{(2 \times L_{BOOSTER} \times F_{SW} \times I_{OUT(OC)}) \times (V_{OUT} + V_D - V_{IN})}} \quad (75)$$

$$V_{ISNS(OC)} = 0.15V \quad (76)$$

$$R_{ISNS} \text{ 近似等于 } 30m\Omega \quad (77)$$

- 电流检测电阻的功耗为：

$$P_{ISNS} = I_{RMS}^2 \times R_{ISNS} \times D_{MAX} \quad (78)$$

选择阻值约为 1W 的电阻

## 13. 软启动电容

SS 引脚上的电容  $C_{SS}$  在过流保护中也发挥着作用。设计使用电容作为各次重启尝试之间的定时器。软启动时间必须足够长，以便转换器能够在不进入过流状态的前提下启动。由于过流状态通过检测 ISNS 引脚上的峰值电压进行触发，因此峰值电压必须保持低于过流阈值电压。ISNS 引脚上的电压取决于转换器负载电流、输出电压和输出电容上升速率以及电流检测电阻。转换器必须支持的总输出电流是启动期间输出电容需要的充电电流与必须为其供电的任何外部负载的充电电流的总和。

软启动电容根据以下等式进行选择：

$$C_{SS} = \left[ \frac{t_{SS}}{R_{SS} \times In \left( \frac{V_{BP} - V_{SS(OFSST)}}{V_{BP} - (V_{SS(OFSST)} + V_{FB})} \right)} \right] \quad (79)$$

$$t_{SS} > C_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{(I_{OUT(OC)} - I_{EXT})}$$

其中

- $I_{C(chg)}$  是输出电容充电电流，单位为 A
- $C_{OUT}$  是总输出电容，单位为 F
- $V_{OUT}$  是输出电压，单位为 V
- $t_{SS}$  是软启动时间
- $I_{OUT(OC)}$  是设定的过流跳变点，单位为 A
- $I_{EXT}$  是任何外部负载电流，单位为 A
- $R_{SS(chg)}$  是 SS 充电电阻，单位为  $\Omega$ ，典型值为 500k $\Omega$
- $C_{SS}$  是 SS 引脚上的电容值，单位为 F
- $V_{BP}$  是 BP 引脚上的电压值，单位为 V
- $V_{SS(ofst)}$  是从 SS 引脚到误差放大器的近似电平转换（约为 700 mV）
- $V_{FB}$  是误差放大器基准电压，典型值为 700mV
- 假设  $I_{EXT} = 0.10A$ ， $I_{OUT(OC)} = 0.12A$ ，则  $t_{SS}$  为 1.37 秒， $C_{SS} = 22\mu F$

(80)

## 4.3 使用 UCC28600 的反激转换器设计

### 4.3.1 下一级转换器

下一级转换器设计为在准谐振反激模式下工作，电源流端的规范如下：

1. 工作输入电压范围：100 到 400V DC
2. 输出电压
  - 12V, 2A
  - -12V, 0.25A
  - 隔离电源 6.75V, 0.45A
  - 总输出功率 30W

此设计采用准谐振拓扑，与传统的开关频率固定的硬开关转换器相比，其 EMI 有所降低，开关损耗较低，因此功率转换效率更高。

此设计采用 TI 控制器 UCC28600 作为准谐振反激控制器。UCC28600 器件是一款具有高级节能特性的脉宽调制 (PWM) 控制器。UCC28600 设计符合最严格的全球能效要求，并具有较高保护等级。UCC28600 器件结合了频率折返和绿色模式运行，可降低轻负载和无负载运行时的运行频率。

### 4.3.2 UCC28600 特性

- 具有高级节能特性的绿色模式控制器
- 准谐振模式运行，可降低 EMI 和开关损耗（低电压开关）
- 待机电流低，可降低系统无负载时的功耗
- 可编程过压保护，出色的线性和负载调整性能
- 内部过热保护
- 限流保护
  - 逐周期电源限制
  - 一次侧过流断续重启模式
- 1A 吸入 TrueDrive, -0.75A 源栅极驱动输出
- 可编程软启动
- 绿色模式状态引脚（PFC 禁用功能）

设计计算器提供的用户交互式迭代过程可用于选择建议的组件值，从而可实现设计优化（请参见 [SLVC104](#)）。



元器件参数计算基于以下原理图，如图 6 所示。

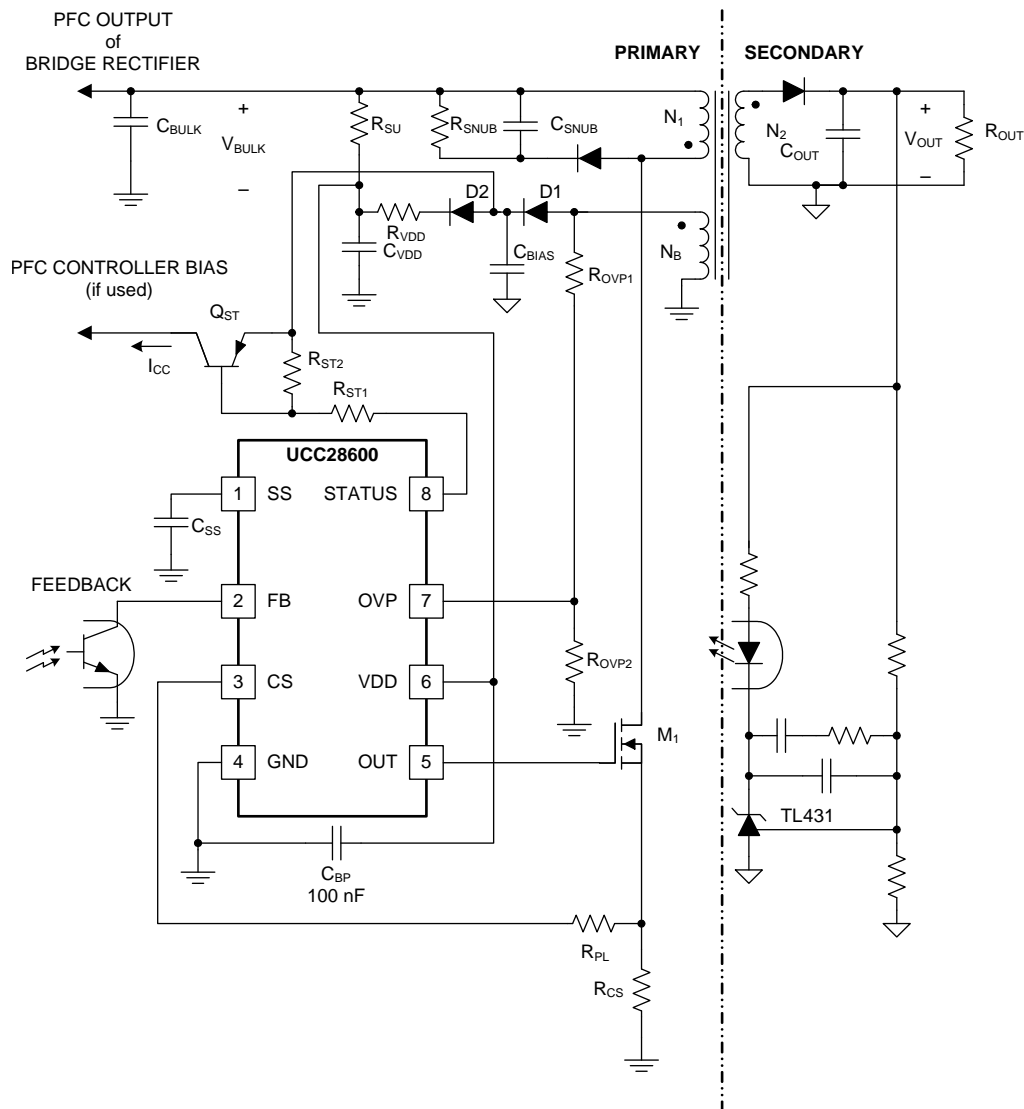


图 6. UCC28600 引脚原理图

### 4.3.3 升压器电感电磁参数计算

下列计算基于应用手册 [SLUP127](#)，用于升压器电感的电磁特性计算：

#### 1. 升压器设计参数

- 直流输入电压 (V):  

$$V_{INDCMIN} = 90 \tag{81}$$
- 直流输入电压 (V):  

$$V_{INDCMAX} = 355 \tag{82}$$
- 输出电压 01 (V):  

$$V_{01} = 12 \tag{83}$$
- 输出负载 01 (A):  

$$I_{01} = 2.0A \tag{84}$$

- 输出电压 02 (V):  

$$V_{02} = -12 \quad (85)$$
- 输出负载 02 (A):  

$$I_{02} = 0.250A \quad (86)$$
- 输出电压 03 (V):  

$$V_{03} = 6.75V \quad (87)$$
- 输出负载 03 (A):  

$$I_{03} = 0.450A \quad (88)$$
- 总输出负载 (W):  

$$P_{LOAD} = V_{01} \times I_{01} + V_{02} \times I_{02} + V_{03} \times I_{03} = \sim 30W \quad (89)$$

## 2. 一次侧计算

- 反激转换器效率:  

$$\tau_2 = 0.8 \quad (90)$$
- 一次侧输入功率 (W):  

$$P_{INP} = \frac{P_{LOAD}}{\tau_2} = 39.23W \quad (91)$$
- 一次侧占空比:  

$$D_p = 0.49 \quad (92)$$
- 二次侧占空比:  

$$D_s = 0.51 \quad (93)$$
- 二次绕组匝数比  $V_{01}$ ,  $V_{02}$ :  

$$N = \frac{V_{INDCMIN}}{V_{01} + V_D} \times \frac{D_p}{1 - D_p} = 6.86 \quad (94)$$
- 实际匝数比:  

$$N_A = 7 \quad (95)$$
- 隔离绕组匝数比:  

$$V_{03} = 11.6 \rightarrow 12 \quad (96)$$
- 实际占空比:  

$$D_{PA} = \frac{(V_{01} + V_D) \times N_A}{V_{INDCMIN} + (V_{01} + V_D) \times N_A} = 0.495 \quad (97)$$
- $D_{SA}$ :  

$$1 - D_{PA} = 0.51 \quad (98)$$
- 电流计算 (二次侧峰值电流):  

$$I_{SCPk} = 2 \times \frac{I_{SDC}}{D_{SA}}$$

其中

  - $I_{SDC}$  = 输出电流  $I_o$ 
    - 二次侧 01 峰值电流  $I_{01PK} = 7.92A$
    - 二次侧 02 峰值电流  $I_{02PK} = 0.99A$
    - 二次侧 03 峰值电流  $I_{03PK} = 2.48A$  (99)
- 二次侧 RMS 电流:

$$I_{SRMS} = \sqrt{D_{SA} \times \frac{I_{SCP}^2}{3}}$$

其中

- $I_{SPK}$  是各二次侧峰值电流  $I_{OPK}$
- 二次侧 01 RMS 电流:  $I_{01RMS} = 3.25A$
- 二次侧 02 RMS 电流:  $I_{02RMS} = 0.41A$
- 二次侧 03 RMS 电流:  $I_{03RMS} = 1.02A$

(100)

- 二次侧交流电流:

$$I_{AC} = \sqrt{(I_{RMS}^2 - I_{DC}^2)}$$

其中

- $I_{RMS}$  和  $I_{DC}$  是二次侧的 RMS 和直流输出电流
- 二次侧 01 交流电流:  $I_{01AC} = 2.56A$
- 二次侧 02 交流电流:  $I_{02AC} = 0.41A$
- 二次侧 03 交流电流:  $I_{03AC} = 0.94A$

(101)

- 一次侧平均电流:

$$I_{PAVG} = \frac{P_{INP}}{V_{INDCMIN}} = 0.44 A$$

(102)

- 一次侧峰值电流:

$$I_{PPEAK} = 2 \times \frac{I_{PAVG}}{D_{PA}} = 1.85 A$$

(103)

- 需要的一次侧电感:

$$L_p = V_{INDCMIN} \times \frac{\Delta t}{\Delta I} = V_{INDCMIN} \times T_{SW} \times \frac{D_{PA}}{I_{PPEAK}} = 480 \mu H$$

(104)

- 电感最低电流 (A)

$$I_{MIN} = 0A$$

(105)

- 梯形波形平均值 (A):

$$I_{PA} = 0.5 \times (I_{PPEAK} + I_{MIN}) = 0.93 A$$

(106)

- 梯形波形直流值 (A):

$$I_{DC} = D_{MAX} \times I_{PA} = 0.464A$$

(107)

- 梯形波形 RMS 值 (A):

$$I_{RMS} = \sqrt{D_{MAX} \times \{(I_{PPEAK} \times I_{MIN}) + (I_{PPEAK} - I_{MIN}) \times (I_{PPEAK} - I_{MIN})\}} = 0.75A$$

(108)

- 梯形波形交流值 (A):

$$I_{AC} = \sqrt{I_{RMS}^2 - I_{DC}^2} = 0.60A$$

(109)

- 一次侧短路电流最大峰值:

$$I_{PSCP} = I_{PPEAK} \times 1.1 = 2.0 A$$

(110)

### 3. 选择磁芯材料 TP4A

#### 4. 确定最大磁通密度和最大磁通振幅

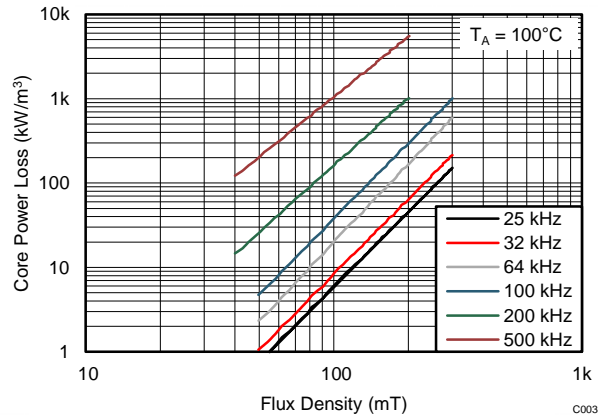


图 7. 磁通密度 (mT) 与磁芯功耗 (kW/m<sup>3</sup>) 关系曲线

- 假定损耗限值为:

$$300 \frac{mW}{cm^3} = 300 \frac{kW}{m^3} \quad (111)$$

- 图中损耗限值处的峰值磁通密度出现在:

$$100kHz = 0.11T \text{ (假定)} \quad (112)$$

- 磁通密度振幅峰值:

$$\Delta B_{MAX} = 0.22T \text{ (DCM 模式)} \Delta B_{MAX} = B_{MAX} \quad (113)$$

- $B_{MAX} = 0.22T$

$$(114)$$

- 常量  $K_1 = 0.085$

其中

- $K_1 = J_{MAX} \times K_{PRI} \times 10^{-4}$
- $J_{MAX}$  = 最大电流密度
- $K_{PRI}$  代表包含绕组的窗口的利用率。对于单绕组电感,  $K_{PRI}$  是铜线总面积与窗口面积  $A_w$  之比。对于反激转换器,  $K_{PRI}$  是一次侧绕组铜线横截面积与总面积之比。

$$(115)$$

- 磁芯面积乘积计算 ( $A_p$ ):

$$A_p = A_w \times A_E = \left[ \frac{L_p}{B_{MAX}} \times \frac{I_{SCPK}}{K_1} \times I_{FL} \right]^{\frac{4}{3}} cm^4 = 0.288952 cm^4 \quad (116)$$

其中

- $L_{PA}$  = 一次侧电感
- $I_{SCPK} = I_{LPEAK}$  的 10%, 单位为 A
- $I_{FL}$  = RMS 电流, 满载, 单位为 A
- $B_{MAX}$  = 饱和磁通密度限值, 单位为 T

$$(117)$$

- 选择的磁芯: ER28/14

- 有效体积:

$$V_e = 5.2544 cm^3 \quad (118)$$

- 有效长度:

$$L_e = 6.4 cm \quad (119)$$

- 有效面积:

$$A_e = 0.821 cm^2 \quad (120)$$

- 绕线管详细信息
  - 绕组最小宽度:  

$$W_W = 1.661\text{cm} \quad (121)$$
  - 绕组最小高度:  

$$W_H = 0.439\text{cm} \quad (122)$$
  - 平均匝长度:  

$$L_T = 5.28\text{cm} \quad (123)$$
  - 绕组面积:  

$$A_W = B_W \times H_W = 0.729179\text{cm}^2 \quad (124)$$
  - 面积乘积:  

$$A_P = A_W \times A_E = 0.598656\text{cm}^4 \quad (125)$$
- 每匝的平均长度:  

$$\text{MLT} = 3.83\text{cm} \quad (126)$$

### 5. 定义 $R_T$ 和损耗限值

- 磁芯热阻  

$$R_T = 28.75^\circ\text{C/W} \quad (127)$$
- 最大温升:  

$$\Delta T = 50^\circ\text{C} \quad (128)$$
- $P_{\text{limit}}$ :  

$$^\circ\text{CRise}/R_T = 1.73913\text{W} \quad (129)$$
- 一次侧磁芯损耗计算:  

$$P_C = \text{假定损耗限值} \times \text{有效体积} = 525.44\text{mW} \quad (130)$$

### 6. 计算匝数

$$N = \frac{(L_P \times I_{\text{PPEAK}} \times 10^{-2})}{\Delta B_{\text{MAX}} \times A_E} = 49.32 \quad (131)$$

- 选择的一次侧匝数:  

$$N_{\text{PA}} = 49$$
- 计算出的二次侧匝数:  

$$N_{\text{SO1}} = 7$$
- 计算出的二次侧匝数:  

$$N_{\text{SO2}} = 7$$
- 选择的二次侧匝数:  

$$N_{\text{SO2}} = 8$$
- 计算出的隔离二次侧匝数:  

$$N_{\text{SO3}} = 4.3 \rightarrow 4$$
- 因以下值四舍五入导致的  $\Delta B_{\text{MAX}}$  变化:  

$$N_P = \Delta B_{\text{MAX}} \times \frac{N}{N_A} = 0.22\text{T} \quad (132)$$
- 峰值磁通密度: 0.11T
- 实际磁芯损耗将小于 525.44mW, 因为磁通密度没有明显变化

## 7. 气隙计算

$$lg = \frac{(0.4 \times 3.14 \times L_p \times I_{PPEAK}^2) \times 10^8}{A_E \times B_{MAX}^2 \times 10^8} = 0.0521968 \text{ cm} = 0.52197 \text{ mm} \quad (133)$$

## 8. 计算导线尺寸和绕组电阻

- 绕组最小宽度:  
 $B_W = 1.661 \text{ cm}$
- 高度:  
 $H_W = 0.439 \text{ cm}$
- 允许的爬电距离:  
 $C_A = 0.3 \text{ cm}$
- 实际可行的绕组宽度:  
 $B_{WA} = B_W - 2 \times C_A = 1.061 \text{ cm}$
- 电流密度:  
 $J_{MAX} = 450 \text{ A/cm}^2$
- 所需的线规:

$$\text{Conductor Area} = \frac{\text{RMS Current}}{\text{Current Density}} \quad (134)$$

- 输出 01 的线规:  
 $W_{01} = 0.72 \text{ mm}^2$
- 输出 02 的线规:  
 $W_{02} = 0.09 \text{ mm}^2$
- 输出 03 的线规:  
 $W_{03} = 0.14 \text{ mm}^2$
- 一次侧  $W_P$  的线规:  
 $W_P = 0.16 \text{ mm}$

	W1	W2	W3	W4	W5
要求的匝数	49	8	7	8	4
匝数比	—	6.1	7	6.1	12.3

需要的总引脚数为 12。但是，由于所需的 12 引脚绕线管未提供，因此设计使用的是 10 引脚绕线管。两个绕组点在 Wurth 变压器中浮动。更多详细信息，请参见 [物料清单 \(BOM\)](#) 中提供的 Wurth 部件号。

## 9. 二次侧绕组二极管的 PIV 额定值

$$PIV_{\text{SECONDARY DIODE}} = \frac{V_{\text{INDCMAX}}}{\text{TURN RATIO}_S} + V_0 \quad (135)$$

以下是为二次侧绕组二极管等式使用 PIV 额定值得出的 PIV 值:

- PIV  $V_{01} = 68.31428571 \text{ V}$
- PIV  $V_{02} = 68.31428571 \text{ V}$
- PIV  $V_{03} = 41.05 \text{ V}$
- 二次侧峰值电流  $I_{01PK} = 7.92 \text{ A}$
- 二次侧峰值电流  $I_{02PK} = 0.99 \text{ A}$
- 二次侧峰值电流  $I_{03PK} = 2.48 \text{ A}$
- 二次侧 RMS 电流:  $I_{01RMS} = 3.25 \text{ A}$

- 二次侧 RMS 电流:  $I_{02RMS} = 0.41A$
- 二次侧 RMS 电流:  $I_{03RMS} = 1.02A$

根据二次侧峰值电流和 RMS 电流, 设计采用以下二次侧整流器。

表 3. 二次侧整流器

整流器二极管	V <sub>01</sub>	V <sub>02</sub>	V <sub>03</sub>	符号	单位
二极管	SS8PH10	ES3D	CDBB280-G		
最大重复峰值反向电压	100	200	80	V	V <sub>RRM</sub>
最大平均正向整流电流	8	3	2	A	I <sub>F(AV)</sub>
峰值正向浪涌电流 10ms 单半正弦波叠加在额定负载上	150	100	50	A	I <sub>FSM</sub>

## 10. 一次侧 MOSFET 选择

- 反射电压对 MOSFET 造成的应力:

$$V_{MOSFETREF} = V_{DCINMAX} + V_{OUT} \times TurnRatio_s \approx 477V \quad (136)$$

- 漏电感造成的应力

$$V_{MOSFETLKG} = Leakage\ Inductance_{Primary} \times \frac{I_{PPEAK}}{DUTYCYCLE_{MAX} \times T_{SW}} \quad (137)$$

- 假设漏电感是一次侧电感值的 2%:

$$V_{MOSFETLKG} = 91.8V$$

$$V_{MOSFETSTRESS} = V_{MOSFETREF} + V_{MOSFETLKG}$$

$$V_{MOSFETSTRSS} = 568.3$$

- 峰值电流:

$$I_{PEAKMOSFET} = I_{PPEAK} = 2A$$

- RMS 电流:

$$I_{RMSMOSFET} = I_{PRMS} = 0.7A$$

表 4. MOSFET 额定值 (AOTF4S60)

参数	额定值	单位	符号
漏源电压	600	V	V <sub>DS</sub>
25C 条件下的持续漏极电流	4	A	I <sub>D</sub>
100C 条件下的持续漏极电流	3.7	A	I <sub>D</sub>
脉冲漏极电流	16	A	I <sub>DM</sub>
RDS(On) 最大值	0.9	Ω	

## 5 测试设置

输入条件:

- 直流输入: 电流能力至少为 4A 的 15 到 250V DC 电源。
- 交流输入: 能够提供 70 到 280V AC、电流能力为 2A 的交流电源。

输出条件:

- 恒电流 (CC) 模式下的电子负载或功率电阻。

使用的设备:

1. 0 到 250V、5A 可编程直流电压源
2. 0 到 275V、5A 可编程交流电压源

3. 单相交流功率分析器
4. 数字示波器
5. 万用表
6. 电子负载和功率电阻

过程:

1. 将适当的电压源连接至电源装置 (PSU) 的输入引脚。
2. 将输出端连接至电子负载。
3. 在所有输出端不连接负载的情况下接通电压源。
4. 将主输出端 (12V) 上的负载增大到 2A 左右。
5. 将辅助输出端上的负载增大到其满载状态。

## 6 测试结果

### 6.1 功能 - 不同标称电压下的输出电压

表 5. 直流输入

$V_{IN}$ (V DC)	$P_{IN}$ (W)	$V_{01 + 12V}$ (V)	$I_{01}$ (A)	$V_{02 - 12V}$ (V)	$I_{02}$ (A)	$V_{03 + 6.75V}$ (V)	$I_{03}$ (A)	$P_O$ (W)	效率
20	46.8	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	63.75
24.0	46.2	12.03	2	-11.98	0.25	6.88	0.450	30	64.48
110	39.8	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	74.92
220	38.5	12	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	77.28

表 6. 交流输入

$V_{IN}$ (V AC)	$P_{IN}$ (W)	$V_{01 + 12V}$ (V)	$I_{01}$ (A)	$V_{02 - 12V}$ (V)	$I_{02}$ (A)	$V_{03 + 6.75V}$ (V)	$I_{03}$ (A)	$P_O$ (W)	效率
80	42.33	12.04	2	-11.96	0.25	6.88	0.450	30	70.45
220	39.22	12.04	2	-11.99	0.25	6.88	0.450	30	76.06
250	38.37	12.04	2	-11.98	0.25	6.89	0.450	30	77.75

### 6.2 线性调整率

表 7. 线性调整率直流电源

$V_{IN}$ (V DC)	$I_{IN}$ (A)	$P_{IN}$ (W)	$V_{01 + 12V}$ (V)	$I_{01}$ (A)	$V_{02 - 12V}$ (V)	$I_{02}$ (A)	$V_{03 + 6.75V}$ (V)	$I_{03}$ (A)	$P_O$ (W)	效率
20	2.34	46.8	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	63.75
20.2	2.34	47.3	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	63.12
22.0	2.115	46.5	12.04	2	-11.98	0.25	6.89	0.450	30	64.11
24.0	1.926	46.2	12.03	2	-11.98	0.25	6.88	0.450	30	64.48
48	0.882	42.3	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	70.47
72	0.567	40.8	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	73.08
110	0.362	39.8	12.04	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	74.92
150	0.261	39.2	12.04	2	-12	0.25	6.89	0.450	30	76.21
220	0.175	38.5	12	2	-11.99	0.25	6.89	0.450	30	77.28
250	0.154	38.5	12.04	2	-11.98	0.25	6.89	0.450	30	77.48



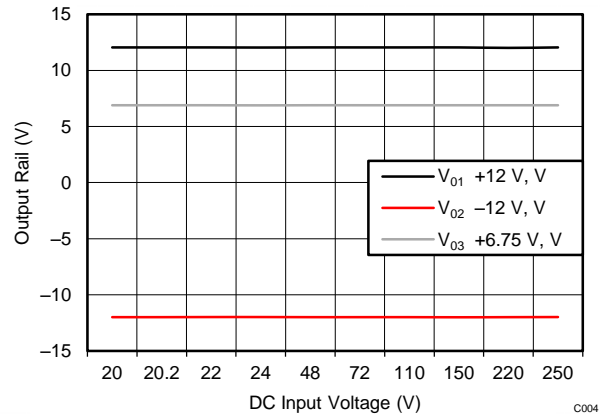


图 8. 输出轨 (V) 与直流输入电压 (V) 关系曲线

表 8. 交流电源线性调整

$V_{IN}$ (V AC)	$P_{IN}$ (W)	$V_{01} + 12\text{V}$ (V)	$I_{01}$ (A)	$V_{02} - 12\text{V}$ (V)	$I_{02}$ (A)	$V_{03} + 6.75\text{V}$ (V)	$I_{03}$ (A)	$P_o$ (W)	效率
80	42.33	12.04	2	-11.96	0.25	6.88	0.45	30	70.45
110	40.91	12.04	2	-11.98	0.25	6.88	0.45	30	72.91
220	39.22	12.04	2	-11.99	0.25	6.88	0.45	30	76.06
250	38.37	12.04	2	-11.98	0.25	6.89	0.45	30	77.75
276	38	12.04	2	-11.98	0.25	6.89	0.45	30	78.5

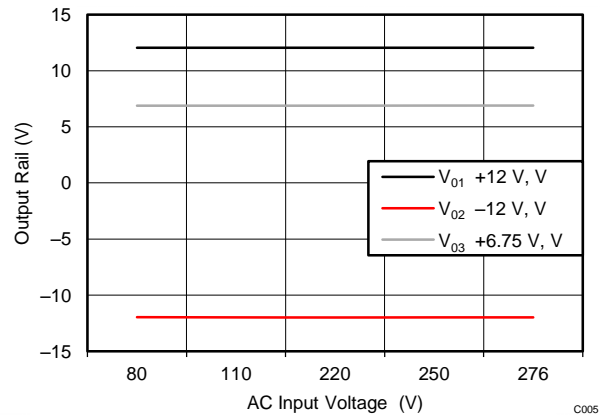


图 9. 输出轨 (V) 与交流输入电压 (V) 关系曲线

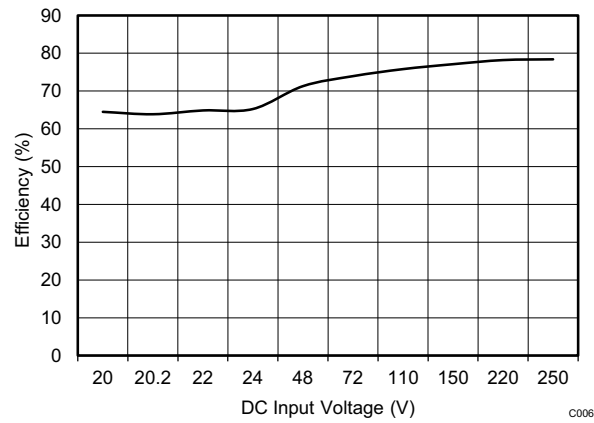


图 10. 效率 (%) 与直流输入电压 (V) 关系曲线

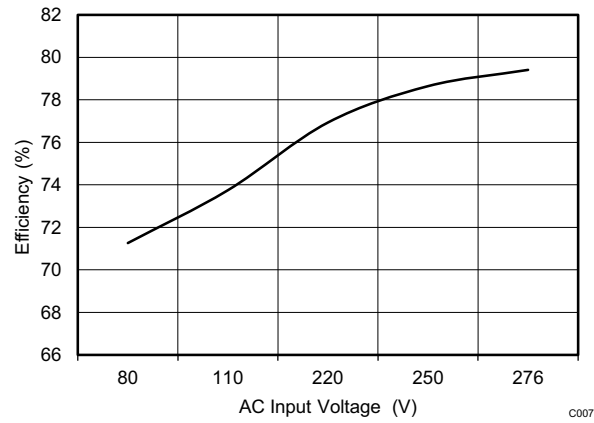


图 11. 效率 (%) 与交流输入电压 (V) 关系曲线

### 6.3 负载调整率

负载在所有负载总值的 100% 到 10% 范围内变化。

表 9. 负载调整率

负载百分比	$I_{O1}$ (A) 额定值	$I_{O1}$ (A) 实际值	$V_{O1 + 12V}$ (V)	$I_{O2}$ (A) 额定值	$I_{O2}$ (A) 实际值	$V_{O2 - 12V}$ (V)	$I_{O3}$ (A) 额定值	$I_{O3}$ (A) 实际值	$V_{O3 + 6.75V}$ (V)
100%	2	2	12.03	0.25	0.25	-11.97	0.45	0.45	6.88
80%	2	1.6	12.05	0.25	0.2	-11.96	0.45	0.36	6.89
60%	2	1.2	12.06	0.25	0.15	-11.95	0.45	0.27	6.91
40%	2	0.8	12.08	0.25	0.1	-11.94	0.45	0.18	6.93
20%	2	0.4	12.09	0.25	0.05	-11.93	0.45	0.09	6.87
10%	2	0.2	12.1	0.25	0.025	-11.92	0.45	0.045	6.87

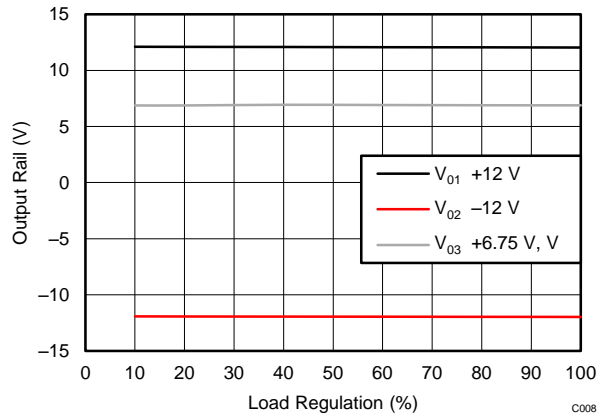


图 12. 输出轨 (V) 与负载调整率 (%) 关系曲线

下表列出了当一个绕组负载发生变化、其它绕组负载在满载状态下保持不变时的电源性能。

表 10. 24V DC 条件下  $V_{01}$  和  $V_{02}$  的变化

	$I_{01}$ (A)	$V_{01} + 12V$ (V)	调整率百分比	$V_{02} - 12V$ (V)	调整率百分比	$V_{03} + 6.75V$ (V)	调整率百分比
24V DC 条件下 $V_{01}$ 的变化	2	12.03	< 1%	-11.98	< 1%	6.88	< 4%
	1.75	12.04		-11.94		6.85	
	1.5	12.05		-11.93		6.82	
	1.25	12.06		-11.94		6.79	
	1	12.07		-11.98		6.77	
	0.75	12.08		-11.93		6.72	
	0.5	12.09		-11.92		6.64	
24V DC 条件下 $V_{02}$ 的变化	$I_{02}$ (A)	$V_{01} + 12V$ (V)	调整率百分比	$V_{02} - 12V$ (V)	调整率百分比	$V_{03} + 6.75V$ (V)	调整率百分比
	0.25	12.03	< 1%	-11.99	< 2%	6.89	< 1%
	0.225	12.04		-11.88		6.88	
	0.2	12.04		-11.86		6.89	
	0.175	12.04		-11.95		6.89	
	0.15	12.04		-12.06		6.89	
	0.125	12.04		-12.18		6.89	
	0.1	12.04		-12.18		6.9	
	0.075	12.04		-12.18		6.9	
0.05	12.04	-12.19		6.9			

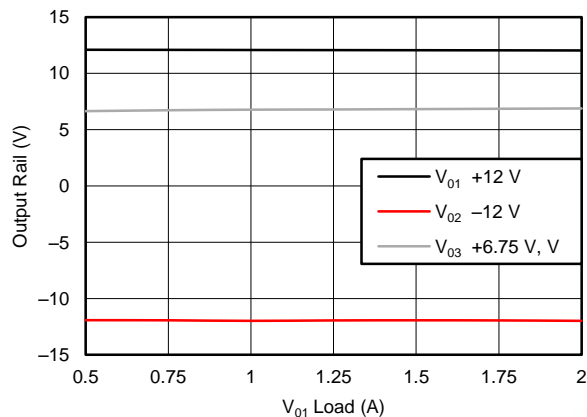


图 13. 输出轨 (V) 与  $V_{01}$  负载 (A) 关系曲线

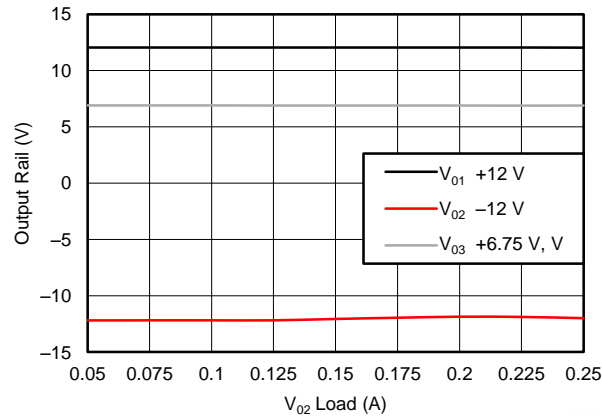


图 14. 输出轨 (V) 与  $V_{02}$  负载 (A) 关系曲线

### 6.4 各测试点处的波形图

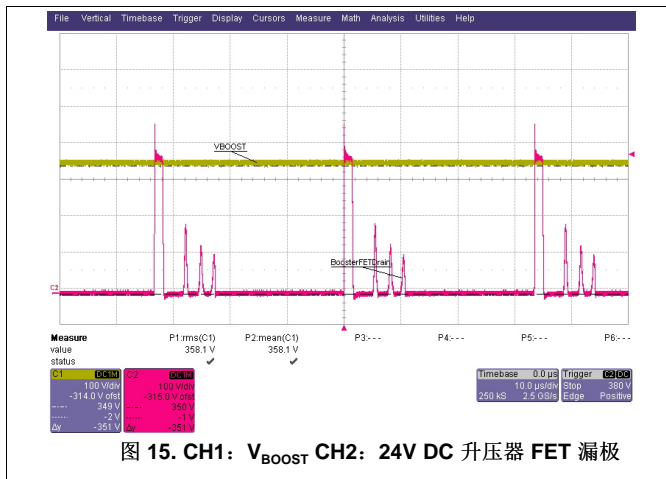


图 15. CH1:  $V_{BOOST}$  CH2: 24V DC 升压器 FET 漏极

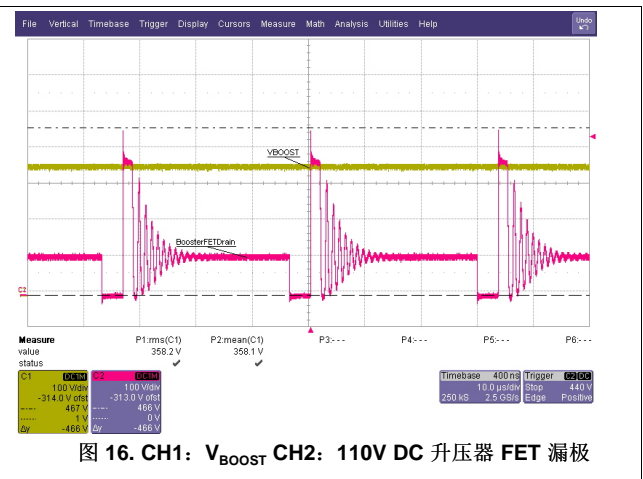


图 16. CH1:  $V_{BOOST}$  CH2: 110V DC 升压器 FET 漏极

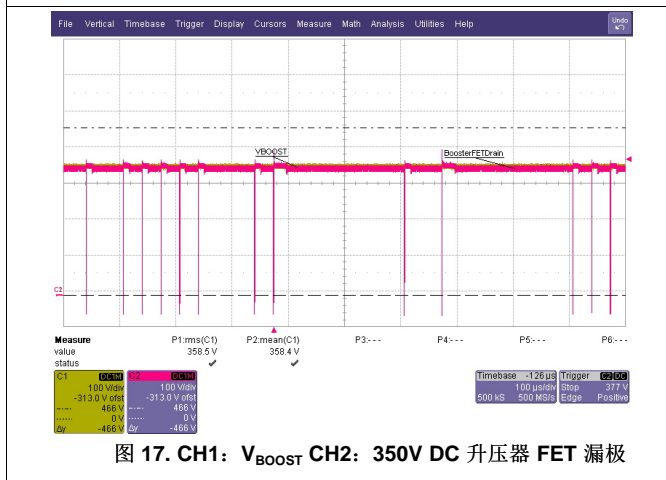


图 17. CH1:  $V_{BOOST}$  CH2: 350V DC 升压器 FET 漏极

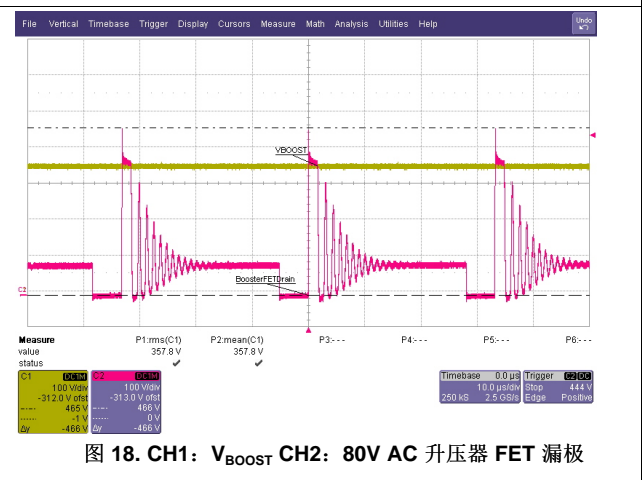


图 18. CH1:  $V_{BOOST}$  CH2: 80V AC 升压器 FET 漏极

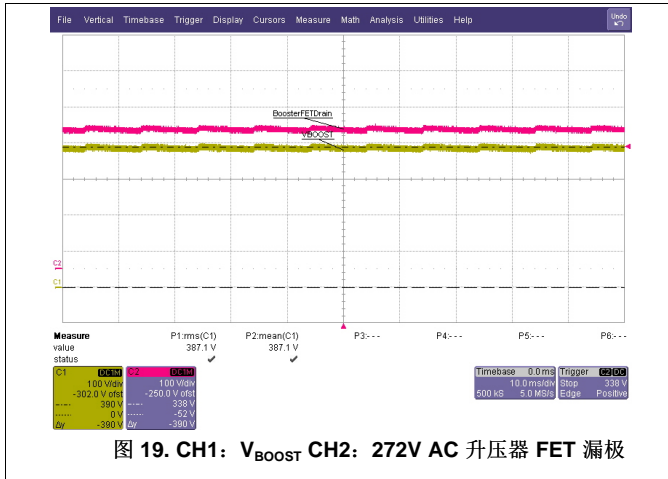


图 19. CH1: V<sub>BOOST</sub> CH2: 272V AC 升压器 FET 漏极

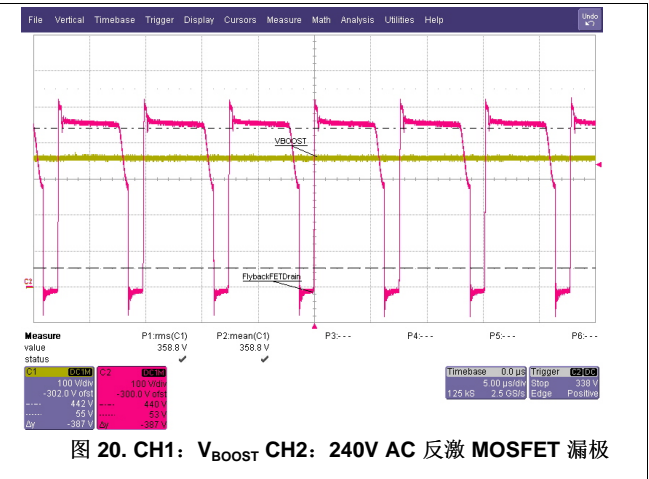


图 20. CH1: V<sub>BOOST</sub> CH2: 240V AC 反激 MOSFET 漏极

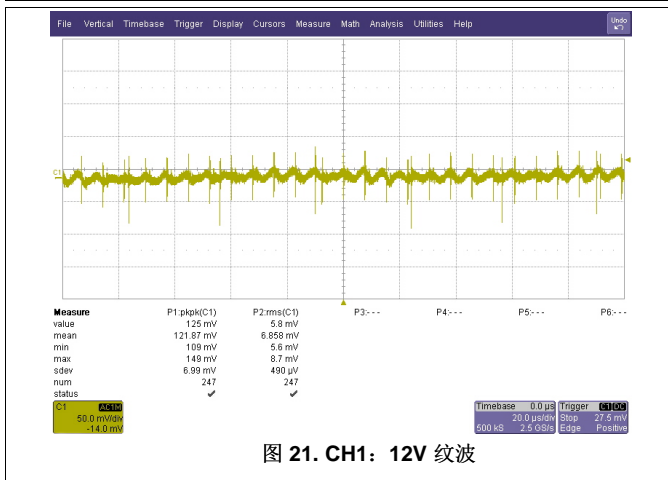


图 21. CH1: 12V 纹波

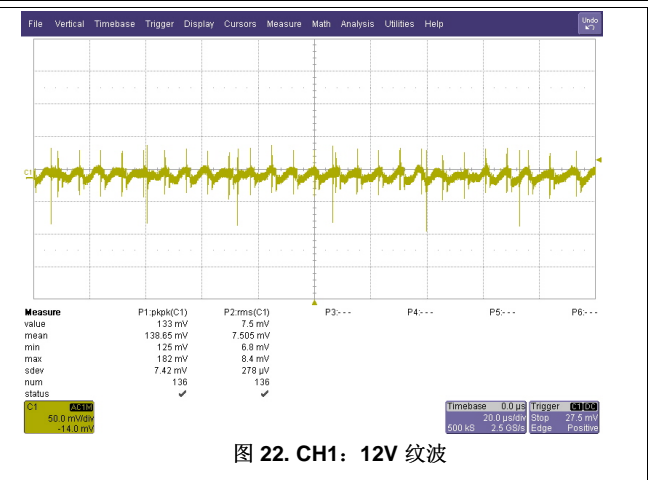


图 22. CH1: 12V 纹波

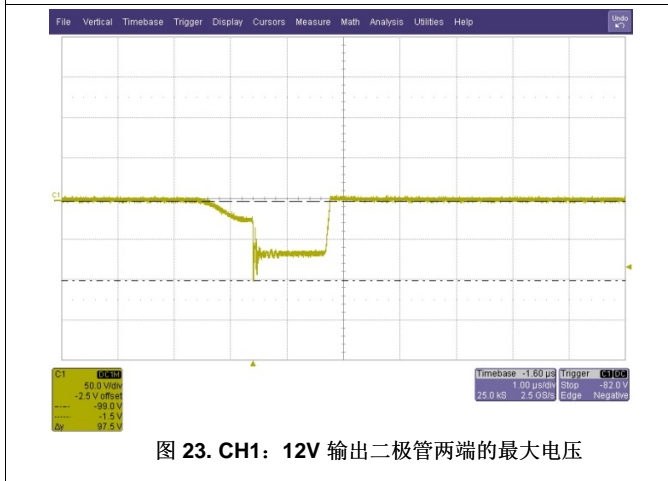


图 23. CH1: 12V 输出二极管两端的最大电压

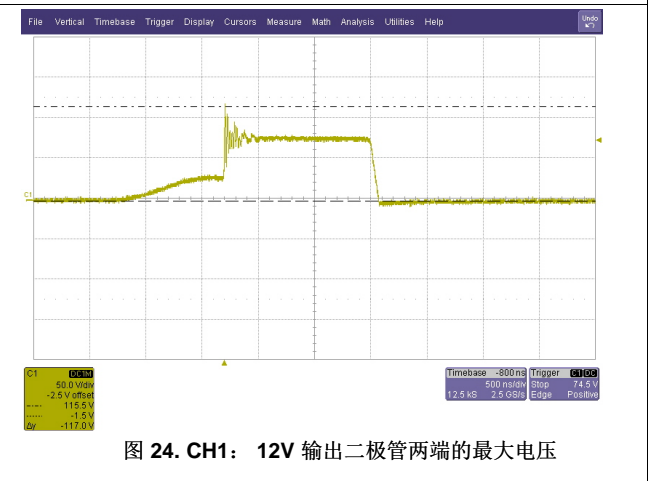
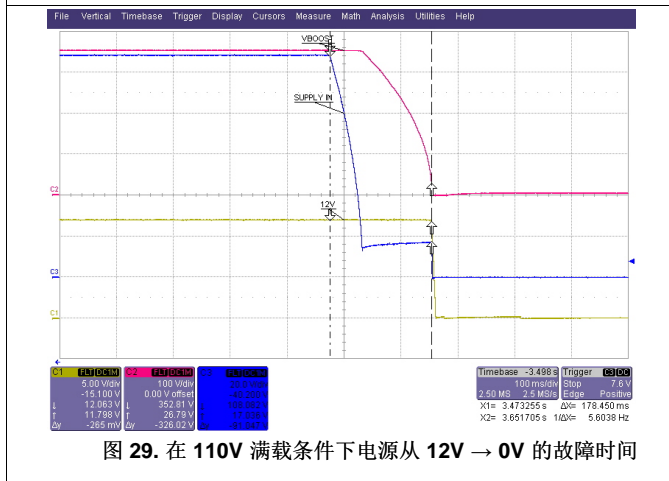
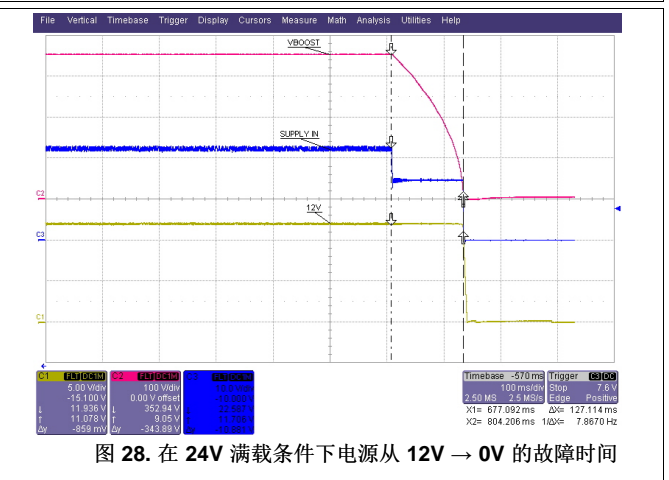
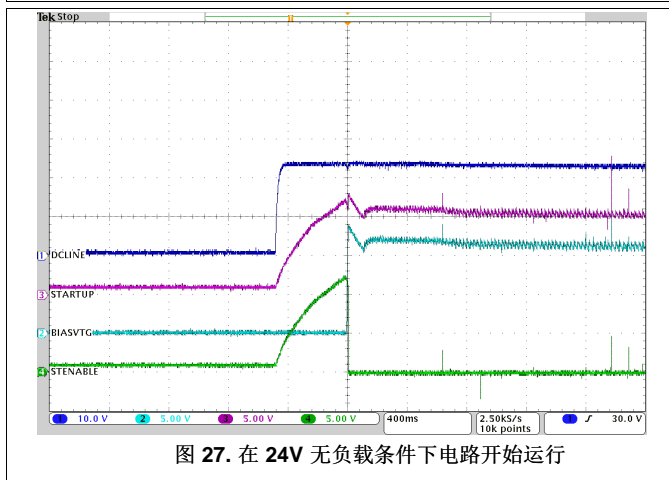
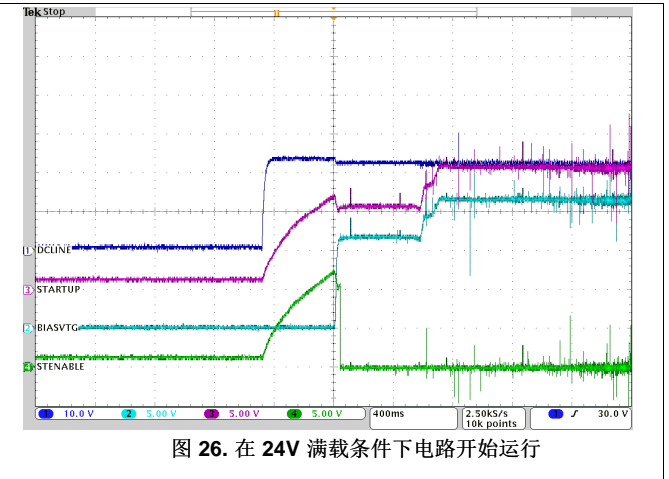
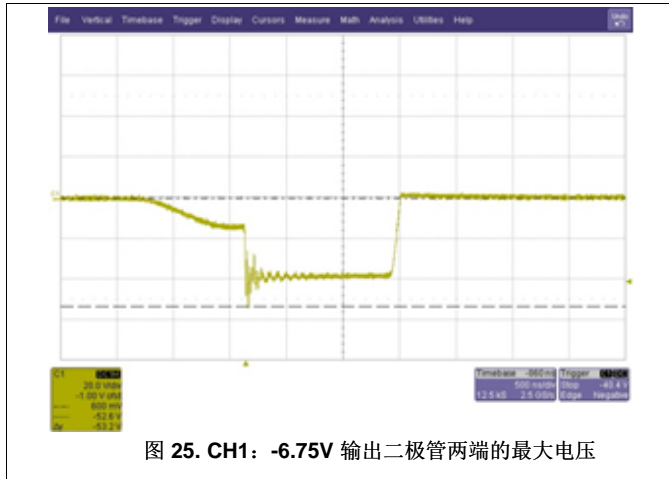


图 24. CH1: 12V 输出二极管两端的最大电压



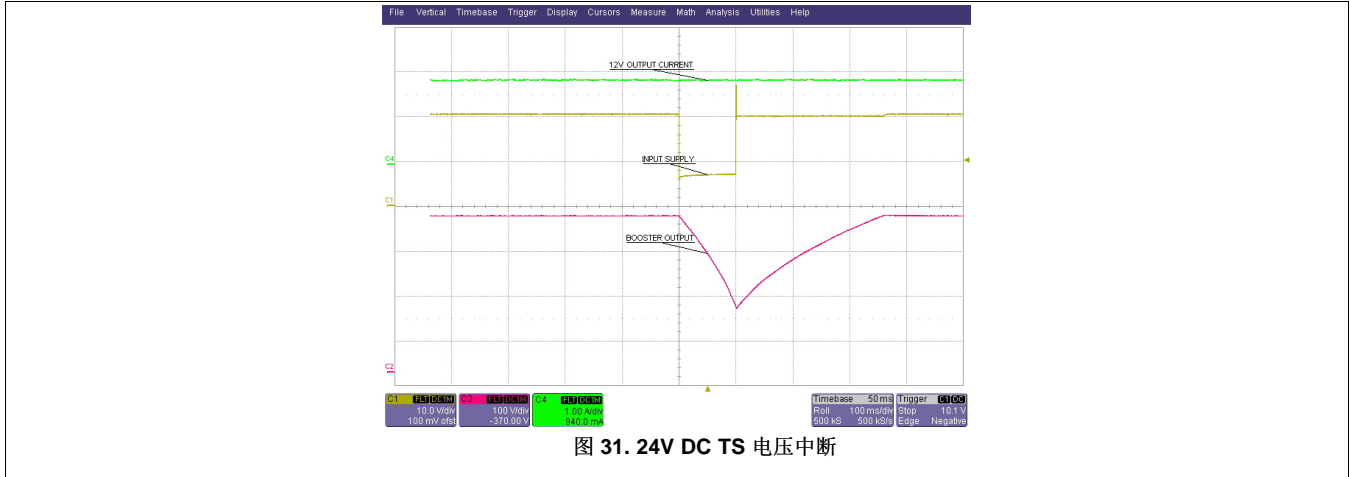


图 31. 24V DC TS 电压中断

### 6.5 EMI

德州仪器 (TI) 已通过以下测试对该电路板进行合规测试:

按照 EN 55011 CISPR 11, 1 组, A 类的要求进行传导辐射测试。

测试结果: 平均通过。

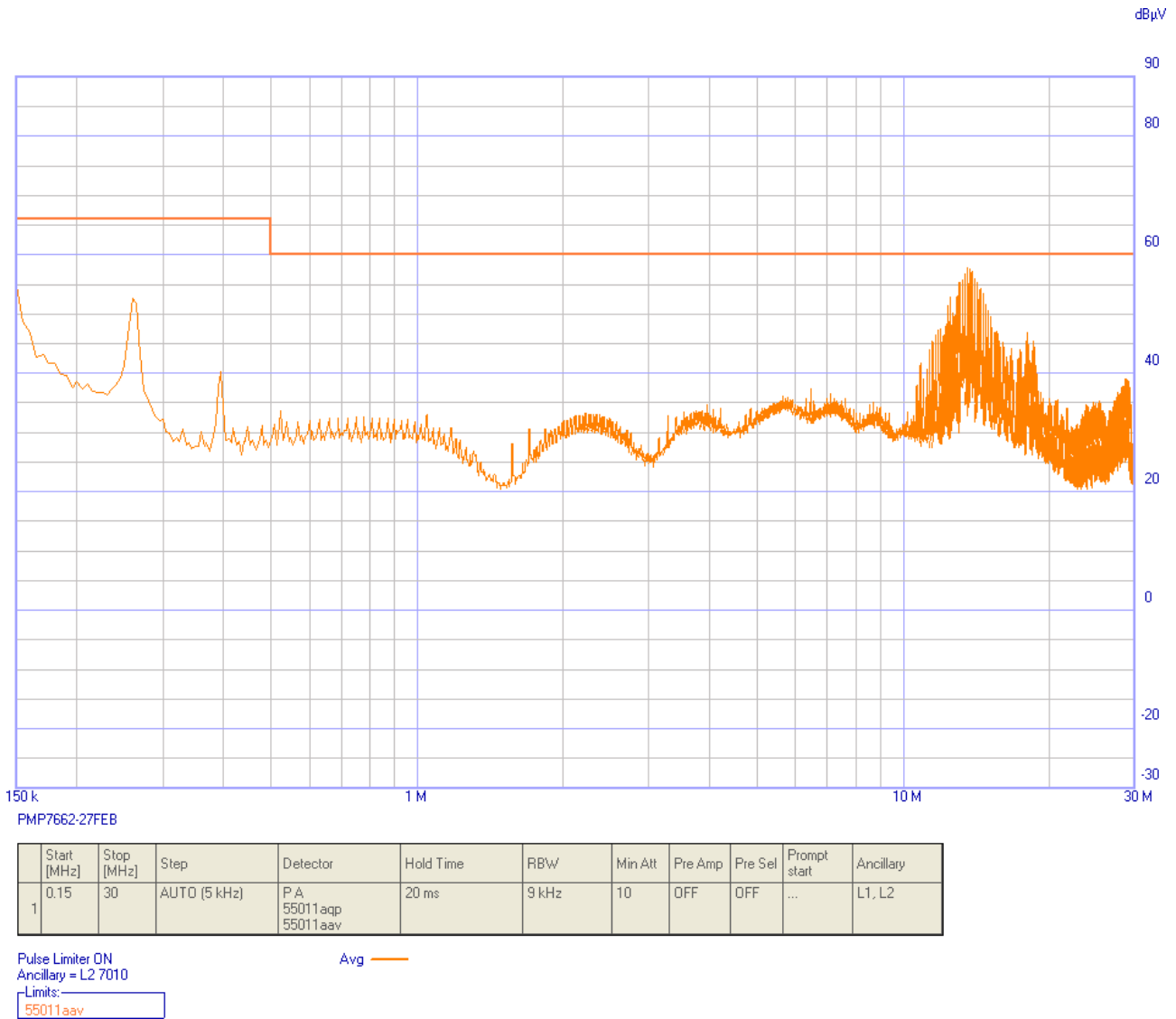


图 32. 230V AC 条件下的平均测试结果



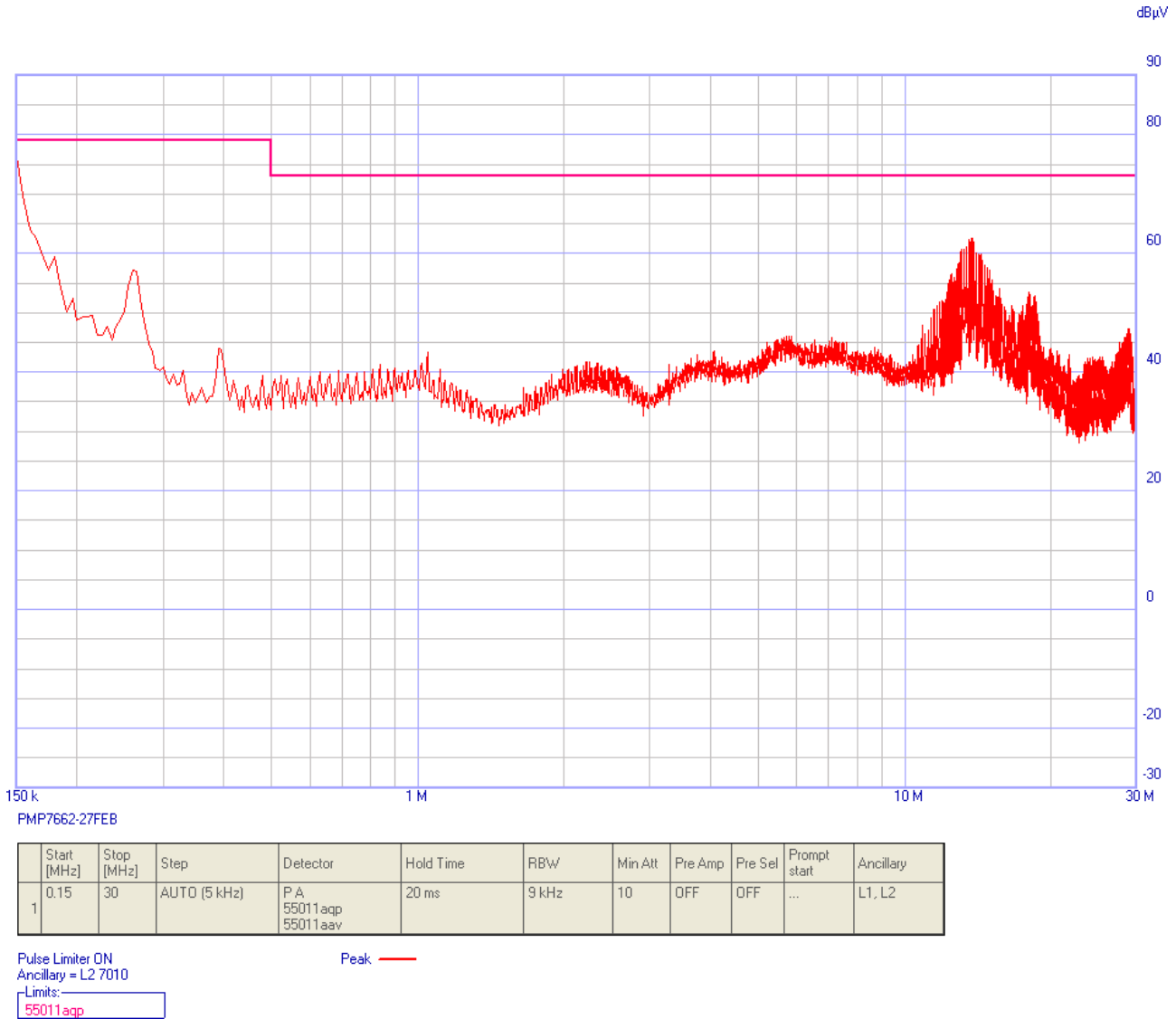


图 33. 230V AC 条件下的峰值测试结果

## 6.6 EMC

德州仪器 (TI) 已通过以下测试对该电路板进行合规测试:

表 11. EFC 和浪涌测试

测试	适用标准	测试等级	观察结果
EFT 测试	IEC 61000-4-4	a. 电源端口上 4kV 电平 b. 采用所有组合的共模和差模 c. 在 230V AC 条件下测试	结果: 通过, A 类性能
浪涌测试	IEC 61000-4-5	a. 2kV 差模 b. 4kV 共模 c. 在 230V AC 条件下测试	结果: 通过, A 类性能

## 6.7 测试结果汇总

表 12. 测试结果汇总

测试	参数	测试结果 (观察结果)
线性调整率	20 到 250V DC	< 1%
	80 到 276V AC	< 1%
效率	20 到 250V DC	满载时最高 63 到 77%
	80 到 276V AC	满载时最高 70 到 78%
负载调整率	负载在 10 到 100% 范围变化	< 1%
	对 V01 进行的交叉负载调整	±12V < 1% 6.75V < 4%
	对 V02 进行的交叉负载调整	±12V < 1% 6.75V < 4%
纹波		±12V 时峰峰值 < 200mV
掉电跨越性能	辅助输入端电压降为零后, 输出轨压降 < 5% 的持续时间 >75 ms	> 100ms

## 7 物料清单

要下载每块电路板的完整物料清单 (BOM), 请参见 [TIDA-00127](#) 的设计文件。

表 13. BOM

标识符	数量	说明	封装参考	部件号	制造商
!PCB1	1	印刷电路板		TIDA-00127	任何一家制造商
B1, B2, B3, B4, B5, B6	6	铁氧体芯片, 70Ω, 4000mA, 0603		CIS10P700AC	三星 (Samsung)
C1, C2, C5, C21	4	电容, 薄膜, 0.47UF, 560VDC, 径向		R46KI347050P1M	基美 (Kemet)
C3, C42	2	电容, 陶瓷, 100PF, 1KV, 10%, 径向		DEBB33A101KP2A	Murata
C4	1	电容, 铝, 33UF, 450V, 20%, 径向		UCS2W330MHD6	尼吉康 (Nichicon)
C6	1	电容, 铝, 68UF, 450V, 20%, 径向		EKXG451ELL680MMN3S	United Chemicon
C7, C8	2	电容, 陶瓷, 330PF, 300VAC, 10%, 径向		VY2331K29Y5SS63V7	威世 (Vishay)
C9, C10, C19, C26	4	电容, 陶瓷, 2200PF, 300VAC, 20%, 径向		VY2222M35Y5US63V7	威世 (Vishay)
C11, C20	2	电容, 陶瓷, 1000PF, 1KV, 20%, 径向		S103M47Z5UN63J7R	威世 (Vishay)
C12	1	电容, 铝, 33UF, 35V, 20%, 径向		35YXJ33M5X11	红宝石 (Rubycon)
C13	1	电容, 陶瓷, 470PF, 50V, 5%, NP0, 0603		06035A471JAT2A	AVX Corporation
C14	1	电容, 陶瓷, 22uF, 16V, +/- 10%, X5R, 0805	0805	C2012X5R1C226K125AC	TDK
C16, C24, C29, C32	4	电容, 陶瓷, 0.1UF, 50V, 10%, X7R, 0603		C0603C104K5RACTU	基美 (Kemet)
C17	1	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/- 10%, X7R, 0603		C0603C222K5RAC	基美 (Kemet)
C18, C45	2	电容, 陶瓷, 1UF, 25V, 10%, X7R, 0603		C0603C105K3RACTU	基美 (Kemet)
C22	1	电容, 陶瓷, 1000PF, 500VAC, 20%, 径向		VY1102M35Y5UQ63V0	威世 (Vishay)
C25, C31	2	电容, 铝, 220UF, 35V, 20%, 径向		EEU-FM1V221L	松下 (Panasonic)
C28	1	电容, 陶瓷, 4700pF, 2000V, +/- 10%, X7R, 1812	1812	1812GC472KAT1A	AVX
C30	1	电容, 铝, 56UF, 35V, 20%, 径向		UHE1V560MED	尼吉康 (Nichicon)
C33	1	电容, 铝, 33UF, 35V, 20%, 径向		35YXJ33M5X11	红宝石 (Rubycon)
C35, C36	2	电容, 铝, 470UF, 35V, 20%, 径向		EEU-FM1V471	松下 (Panasonic)
C37	1	电容, 铝, 220UF, 25V, 20%, 径向		EKY-250ELL221MHB5D	United Chemicon
C39	1	电容, 陶瓷, 0.33UF, 25V, 10%, X7R, 0603		C1608X7R1E334K080AC	TDK
C40	1	电容, 陶瓷, 0.022UF, 50V, 10%, X7R, 0603		C0603C223K5RACTU	Kemet (基美)
C41	1	电容, 陶瓷, 0.033UF, 50V, 10%, X7R, 0603		06035C333KAT2A	AVX Corporation

表 13. BOM (continued)

标识符	数量	说明	封装参考	部件号	制造商
C43	1	电容, 陶瓷, 330PF, 50V, 5%, NP0, 0603		06035A331JAT2A	AVX Corporation
C44	1	电容, 陶瓷, 100PF, 50V, 10%, NP0, 0603		06035A101KAT2A	AVX Corporation
C46	1	电容, 陶瓷, 0.01uF, 1000V, +/-10%, X7R, 1210	1210	GRM32QR73A103KW01L	村田 (Murata)
C47	1	电容, 陶瓷, 0.068uF, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603	GRM188R71C683KA01D	村田 (Murata)
D1	1	二极管, 超快速, 电源整流器, 600V, 4A		MUR460RLG	安森美 (OnSemi)
D2, D3, D4, D5	4	二极管, 整流器, 600V, 6A		6A6-T	二极管
D6	1	二极管, 整流器, 800V, 1A		1N4006-T	二极管
D7	1	二极管, 齐纳, 18V, 5W, 5%		1N5248B	飞兆半导体 (Fairchild)
D8	1	二极管, 齐纳, 15V, 5W, 5%		1N5245BTR	飞兆半导体 (Fairchild)
D9	1	二极管, 肖特基, 2A, 80V		CDBB280-G	MCC
D10	1	二极管, 瞬态电压抑制器, 120V, 600W		P6KE120A	力特公司 (Littelfuse)
D11, D14	2	二极管, 快速, 600V, 1A		1N4937	飞兆半导体 (Fairchild)
D12	1	二极管, 整流器, Trr 20 ns, Vrrm 200V, 3A		ES3D-E3/57T	飞兆半导体 (Fairchild)
D13	1	二极管, 肖特基, 8A, 100V		SS8PH10-M3/86A	威世 (Vishay)
D15	1	二极管, 信号, 200mA, 100V, 350mW		1N4148TA	飞兆半导体 (Fairchild)
D16	1	二极管, 肖特基, 40V, 1A, SOD-123	SOD-123	1N5819HW-7-F	Diodes Inc.
D17	1	二极管, 信号, 300mA, 75V, 350mW	SOD-123	1N4148W-7-F	二极管
F1	1	熔丝, 慢断, 250V AC, 5A, 径向		RST 5	BEL
FID1, FID2, FID3, FID4, FID5, FID6	6	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	基准	不可用	不可用
H1, H2, H3, H4	4	安装孔, M3, 3.5mm	螺钉	STD	STD
HT1, HT2	2	散热器, TO-220	1.181 x 2.402 英寸	R2A-CT2-38E	Ohmite
J1, J2	2	引脚块, 2x1, 5.08mm, TH		OSTTC022162	岸上科技 (On-Shore Technology)
J3	1	引脚块, 3x1, 5.08mm, TH		OSTTC032162	岸上科技 (On-Shore Technology)
L1	1	电感, 82uH		750342278	WE
L2	1	电感, 电源, 扼流器, SS30V	1.220 x 0.886 英寸	SS30V-R350047	Kemet (基美)
L3	1	扼流器, 环形线圈, 1.0mH, 10A, VERT	0.728 x 1083 英寸	744824101	WE
L5	1	电感, 2.2UH, 4.1A, 径向		LHL08TB2R2M	太阳诱电 (Taiyo Yuden)
LBL1	1	热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签 0.650" (高) x 0.200" (宽)	THT-14-423-10	布雷迪 (Brady)
Q1	1	MOSFET, N 通道, 600V, 120MA, SOT-223		BSP135 L6327	Infineon
Q2	1	MOSFET, N 通道, 600V, 21MA, SOT23		BSS126 H6327	英飞凌 (Infineon)
Q3	1	MOSFET, N 通道, 600V, 20A, 0.199Ω		AOTF20S60L	Alpha&Omega
Q4, Q5	2	MOSFET, N 通道, 60V, 260MA, SOT-23		2N7002ET1G	安森美 (OnSemi)
Q6	1	MOSFET, N 通道, 600V, 4A, 0.9Ω		AOTF4S60	Alpha&Omega
R1	1	电阻, 330Ω, 1W, 5%, 2512		RC6432J331CS	三星 (Samsung)
R2	1	电阻, 220Ω, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07220RL	Yageo America
R3, R30	2	电阻, 44.2kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-0744K2L	国巨 (Yageo)
R4	1	电阻, 1.33MΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		CRCW06031M33FKEA	威世达勒 (Vishay Dale)
R5, R7, R11	3	电阻, 649kΩ, 1/4W, 1%, 1206, SMD		RC1206FR-07649KL	国巨 (Yageo)
R6, R25	2	电阻, 30.1kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-0730K1L	国巨 (Yageo)
R8	1	电阻, 1.00MΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-071ML	国巨 (Yageo)
R9	1	电阻, 15.0Ω, 1/8W, 1%, 0805, SMD		RC0805FR-0715RL	国巨 (Yageo)
R10	1	电阻, 402kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603402KFKEA	威世达勒 (Vishay-Dale)

表 13. BOM (continued)

标识符	数量	说明	封装参考	部件号	制造商
R12	1	电阻, 1.00MΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW06031M00FKEA	威世达勒 (Vishay-Dale)
R13	1	电阻, 226Ω, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-07226RL	国巨 (Yageo)
R14	1	电阻, 348kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-07348KL	国巨 (Yageo)
R15	1	电阻, 0.02Ω, 1W, 1%, 2512, SMD		LRMAM2512-R02FT4	TT/韦林 (Welwyn)
R16	1	电阻, 127kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603127KFKEA	威世达勒 (Vishay-Dale)
R17	1	电阻, 3.83kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-073K83L	国巨 (Yageo)
R20	1	电阻, 301kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-07301KL	国巨 (Yageo)
R21	1	电阻, 71.5kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-0771K5L	国巨 (Yageo)
R22	1	电阻, 1.21kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-071K21L	国巨 (Yageo)
R23	1	电阻, 8.20Ω, 1/4W, 1%, 1206, SMD		RC1206FR-078R2L	国巨 (Yageo)
R24	1	电阻, 10.5kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-0710K5L	国巨 (Yageo)
R26	1	电阻, 162kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-07162KL	国巨 (Yageo)
R28	1	电阻, 3.01kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-073K01L	国巨 (Yageo)
R29	1	电阻, 3.65kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-073K65L	国巨 (Yageo)
R31	1	电阻, 49.9Ω, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-0749R9L	国巨 (Yageo)
R32	1	电阻, 162Ω, 1.5W, 1%, 2512, SMD	2512	CRCW2512162RFKEGHP	威世达勒 (Vishay-Dale)
R33	1	电阻, 1.00kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-071KL	国巨 (Yageo)
R34	1	电阻, 10.0Ω, 1/8W, 1%, 0805, SMD		RC0805FR-0710RL	国巨 (Yageo)
R35	1	电阻, 100kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-07100KL	国巨 (Yageo)
R36	1	电阻, 9.53kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-079K53L	国巨 (Yageo)
R37	1	电阻, 1.62kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-071K62L	国巨 (Yageo)
R38	1	电阻, 0.33Ω, 1W, 1%, 2010		CSRN2010FKR330	斯塔克波尔 (Stackpole)
R39	1	电阻, 2.49kΩ, 1/10W, 1%, 0603, SMD		RC0603FR-072K49L	国巨 (Yageo)
R40	1	电阻, 68Ω, 2W, 1%, 2512	2512	RHC2512FT68R0	斯塔克波尔电子公司 (Stackpole Electronics Inc)
R41	1	电阻, 27.0kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0727KL	Yageo America
R42	1	电阻, 4.30kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-074K3L	国巨 (Yageo America)
RT1, RT2, RT3	3	MOV, 300V		MOV-10D471KTR	伯恩斯 (Bourns)
T1	1	变压器, EI-30, 垂直		750342279	富士公司 (Wurth)
U1	1	IC 寄存器控制器, 升压器, 反激 CM, 10MSOP		TPS40210DGQ	TI
U2, U4	2	IC 检测器, 欠压, 3V, SC70-5		LMS33460MG/NOPB	TI
U3	1	IC 寄存器, LDO, 负极, 可调, 1.5A, TO252		LM337KVURG3	TI
U5	1	IC 控制器, PWM, 绿色, CM, OVP, 8SOIC		UCC28600DR	TI
U6	1	光耦合器, 变压器, 5KVRMS, 4DIP		LTV-817A	建兴电子 (Lite-On)
U7	1	IC, 电压基准, 分流, 精度可调, SOT23-3		TL431AIDBZT	TI
C15	0	电容, 陶瓷, 470PF, 50V, 5%, NP0, 0603		06035A471JAT2A	AVX Corporation
C23, C27	0	电容, 陶瓷, 330PF, 250V, 5%, NP0, 0603		C1608C0G2E331J080AA	TDK
C34	0	电容, 陶瓷, 10000PF, 250V, 5%, NP0, 0603		C1608C0G2E102J080AA	TDK
C38	0	电容, 陶瓷, 25V, C0G, 10%		STD	STD

**表 13. BOM (continued)**

标识符	数量	说明	封装参考	部件号	制造商
C48, C49	0	电容, 陶瓷, 0.068uF, 16V, +/- 10%, X7R, 0603	0603	GRM188R71C683KA01D	村田 (Murata)
R18, R19	0	电阻, 33Ω, 1W, 5%, 2512		RC6432J330CS	三星 (Samsung)
R27	0	电阻, 8.20Ω, 1W, 5%, 2512		6-1622820-6	TE 互联 (TE Connectivity)

8 电路原理图

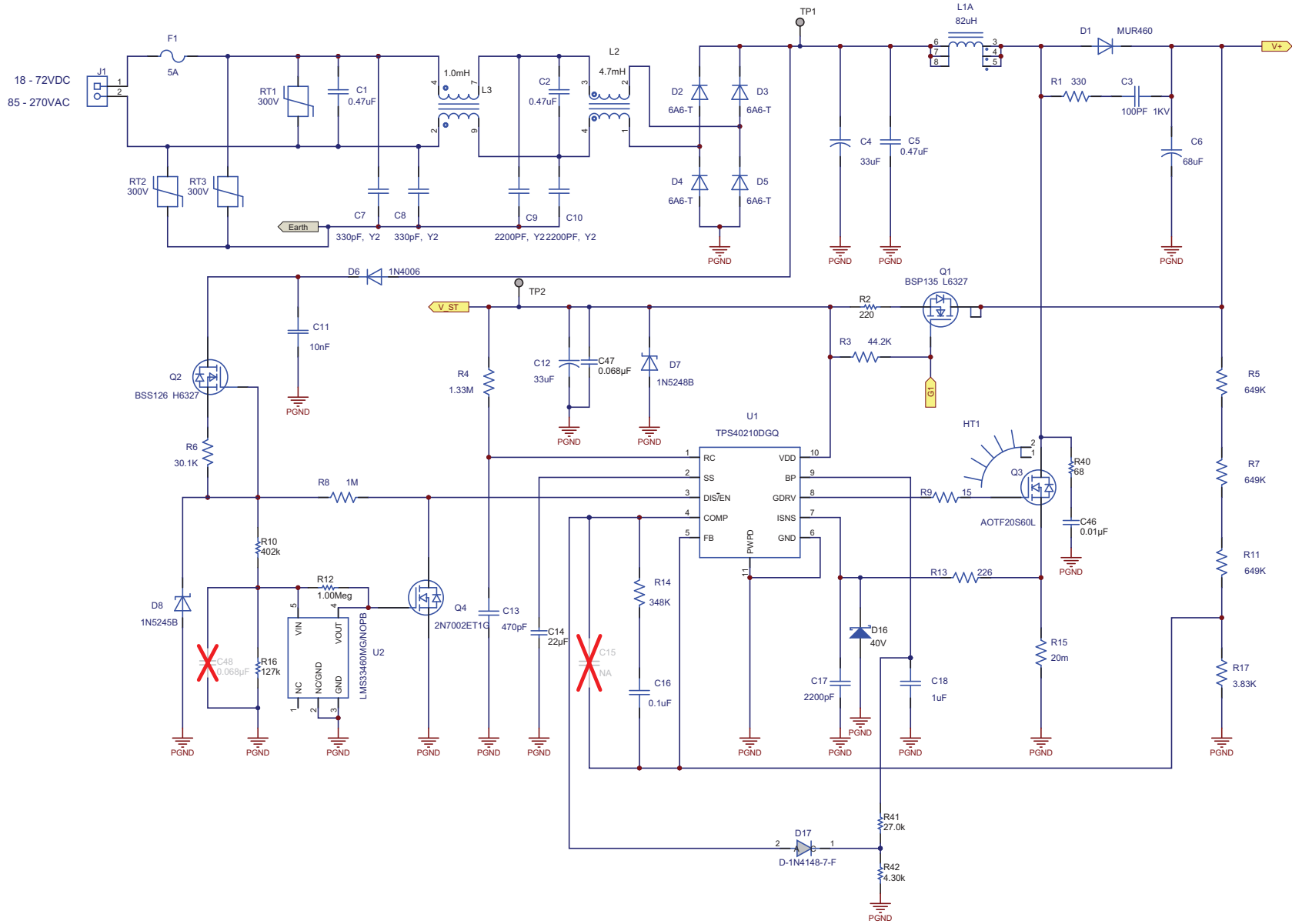


图 34. 电路原理图 (第 1 页, 共 2 页)

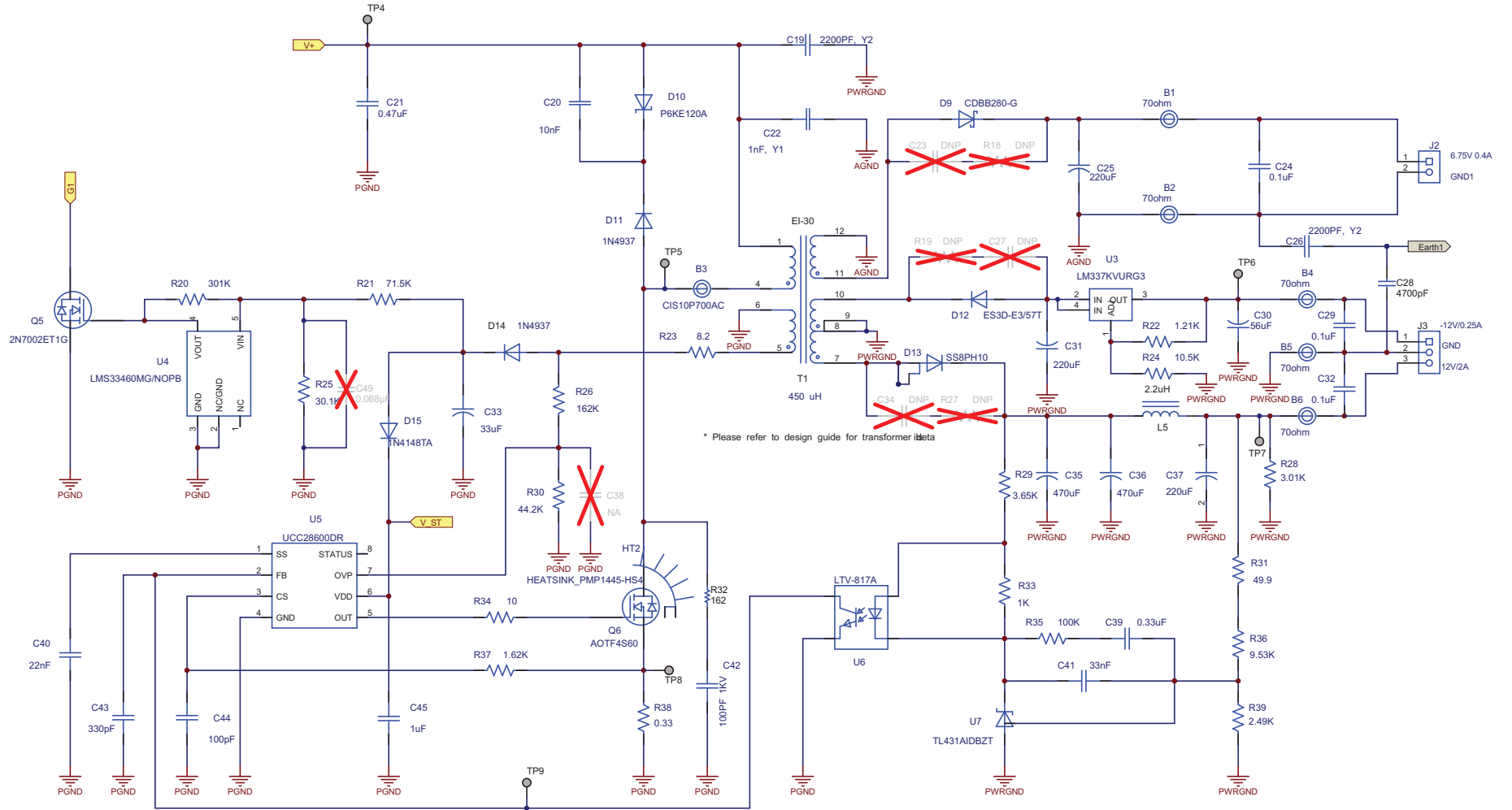


图 35. 电路原理图 (第 2 页, 共 2 页)





## 9 板层图

要下载每块电路板的板层图，请参见 [TIDA-00127](#) 的设计文件。图 36 到 图 44 显示了板层图。

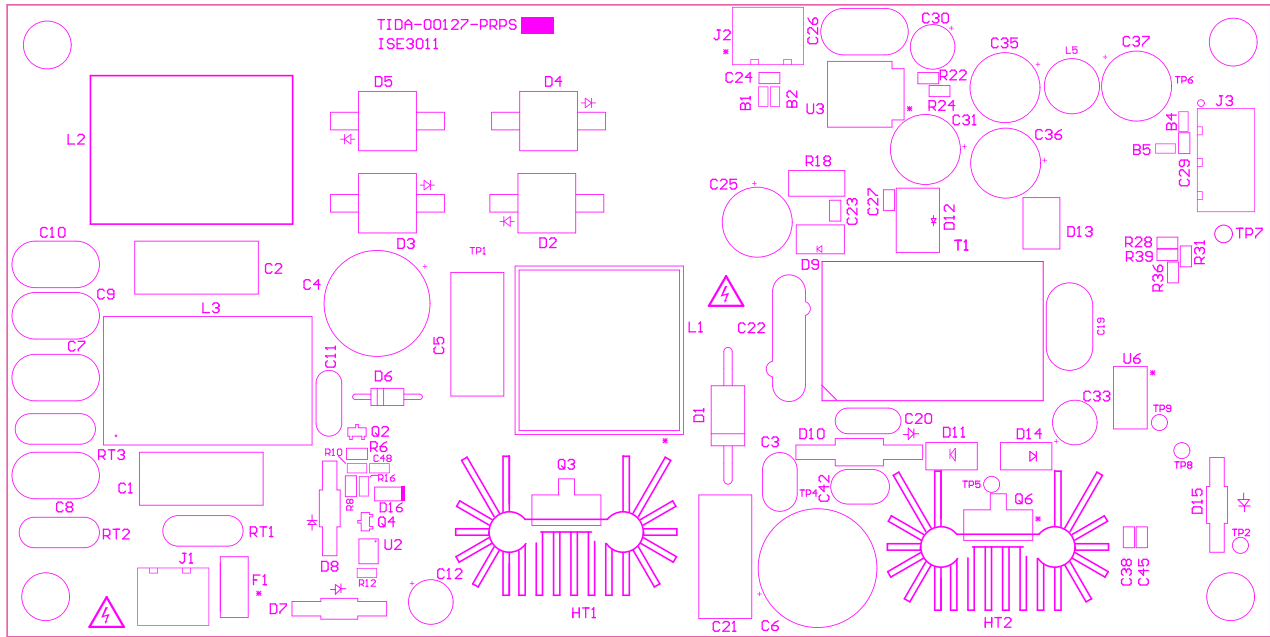


图 36. 顶部覆盖层



图 37. 顶部焊接掩模

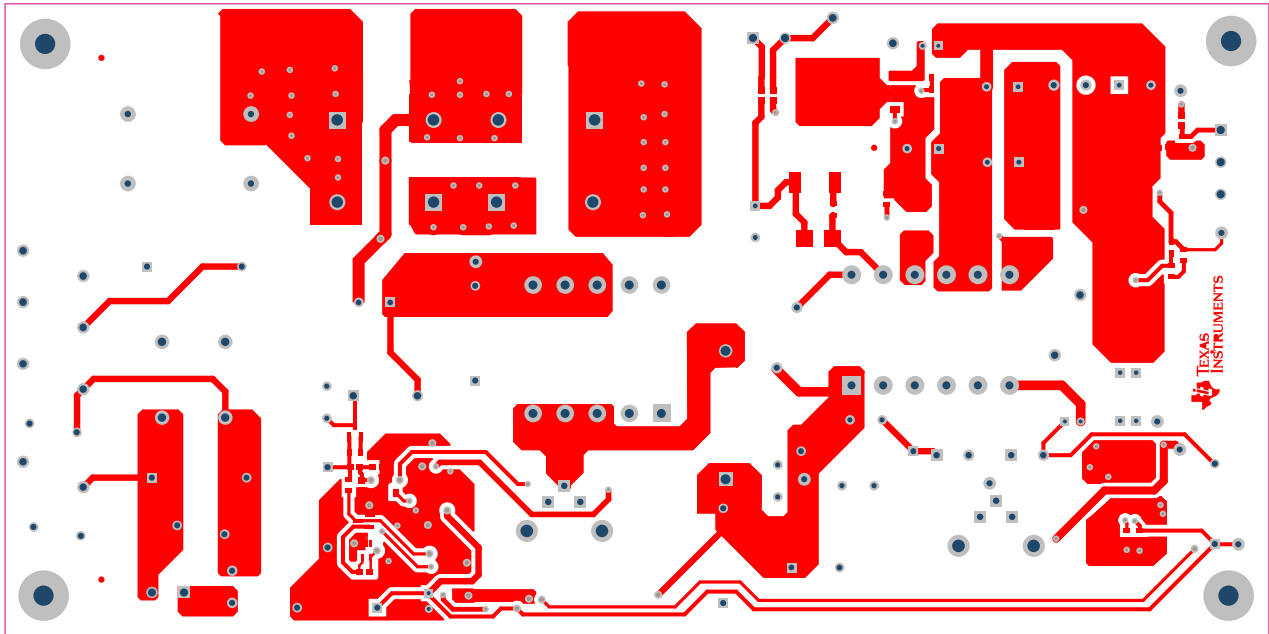


图 38. 顶层

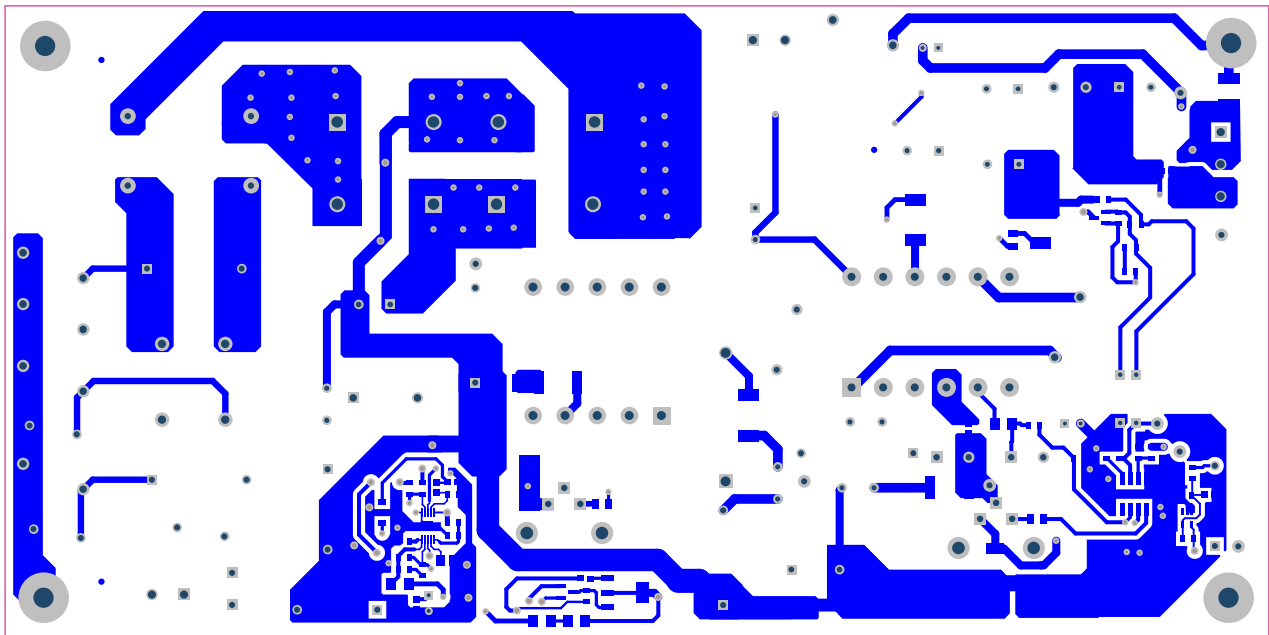


图 39. 底层



图 40. 底部焊接掩模

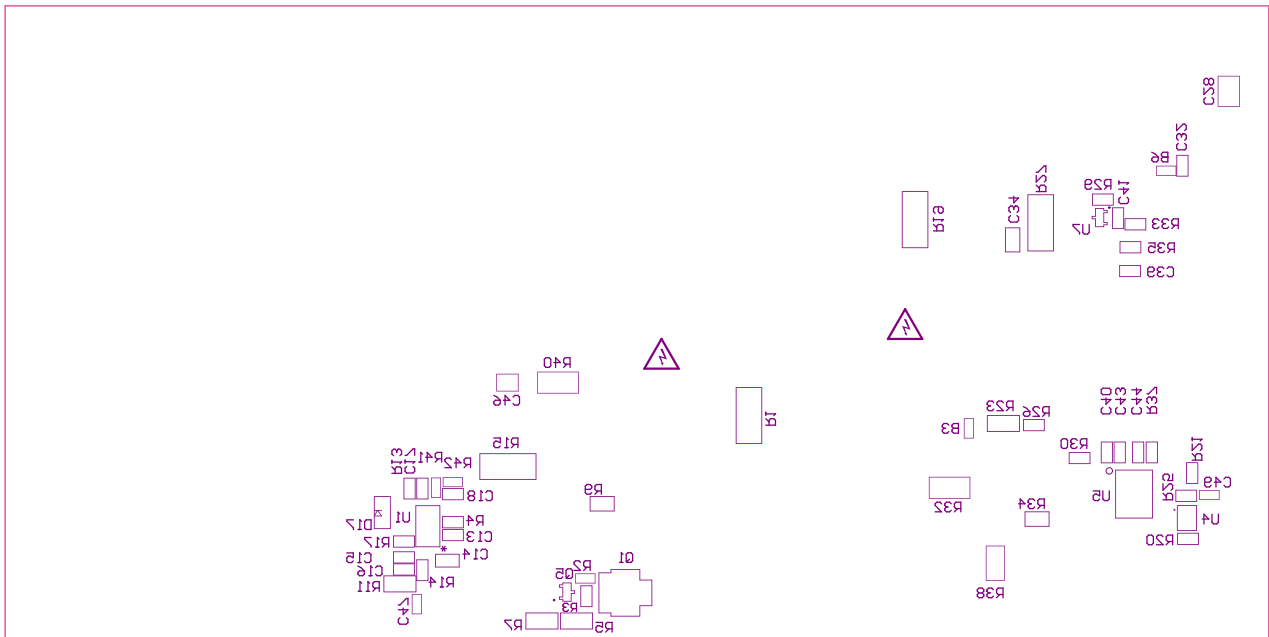


图 41. 底部覆盖层

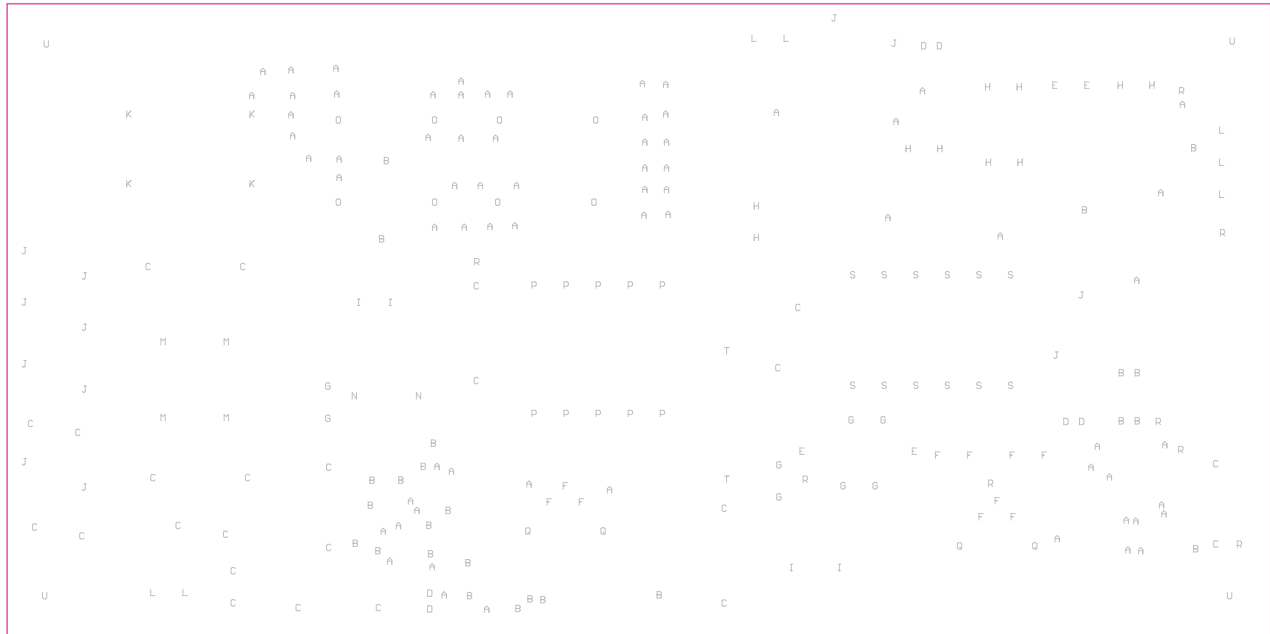


图 42. 钻孔图

Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
A	69	20mil (0.508mm)	PTH	Round
D	6	25mil (0.635mm)	PTH	Round
B	25	28mil (0.711mm)	PTH	Round
H	10	31mil (0.787mm)	PTH	Round
G	8	32mil (0.813mm)	PTH	Round
I	4	35mil (0.889mm)	PTH	Round
E	4	37mil (0.94mm)	PTH	Round
R	8	37.992mil (0.965mm)	PTH	Round
C	24	38mil (0.965mm)	PTH	Round
K	4	39.37mil (1mm)	PTH	Round
F	10	40mil (1.016mm)	PTH	Round
N	2	45.276mil (1.15mm)	PTH	Round
J	12	47mil (1.194mm)	PTH	Round
S	12	50mil (1.27mm)	PTH	Round
L	7	51.191mil (1.3mm)	PTH	Round
M	4	52mil (1.321mm)	PTH	Round
P	10	55mil (1.397mm)	PTH	Round
T	2	62.992mil (1.6mm)	PTH	Round
O	8	71mil (1.803mm)	PTH	Round
Q	4	78.74mil (2mm)	PTH	Round
U	4	125.984mil (3.2mm)	PTH	Round
<b>237 Total</b>				

Drill Table

图 43. 钻孔图表

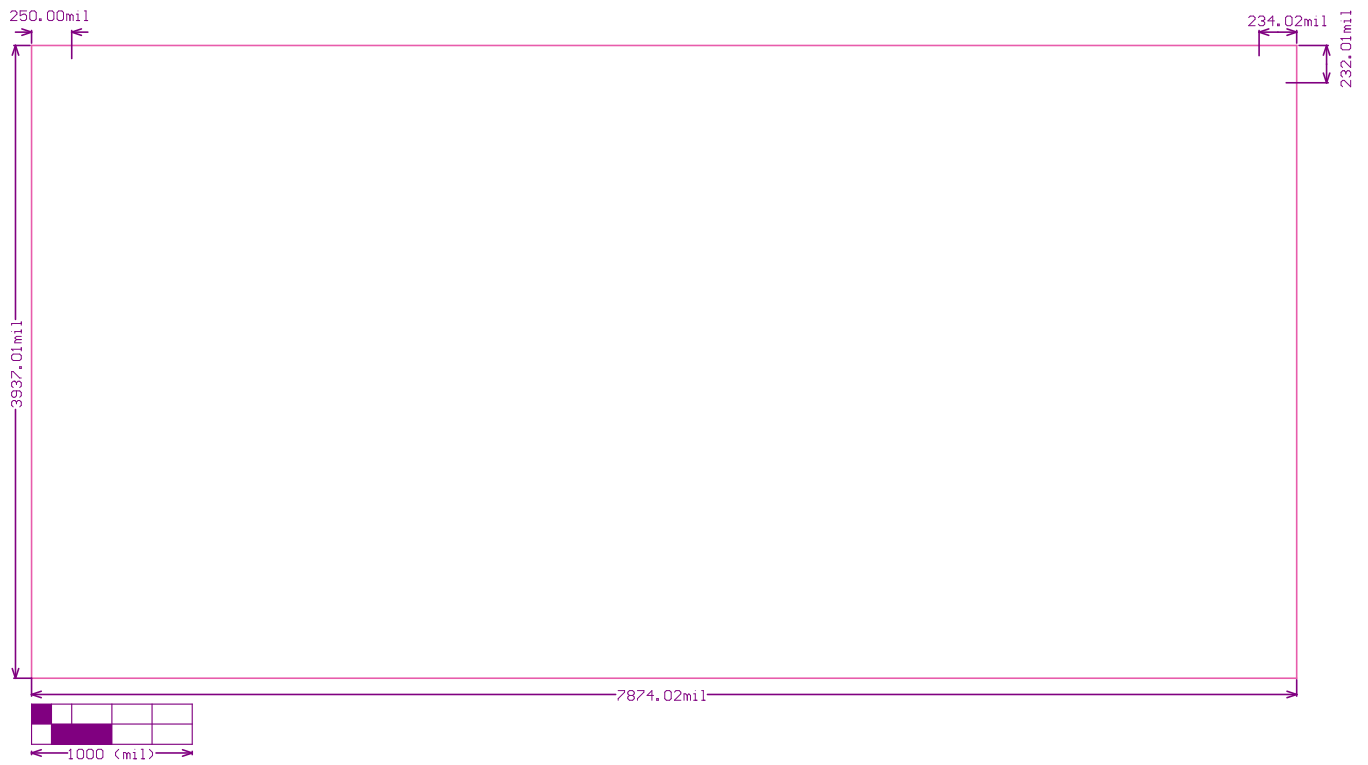


图 44. 电路板尺寸

## 10 Altium 项目

要下载每块电路板的 Altium 项目文件，请参见 [TIDA-00127](#) 的设计文件。

## 11 光绘文件

要下载每块电路板的光绘文件，请参见 [TIDA-00127](#) 的设计文件。

## 12 软件文件

要下载参考设计的软件文件，请参见 [TIDA-00127](#) 的设计文件。

## 13 关于作者

**N. NAVANEETH KUMAR** 是德州仪器 (TI) 的系统架构师，负责开发适用于工业系统电机控制的子系统解决方案。N. Navaneeth 在电力电子设备、EMC、模拟和混合信号设计领域拥有丰富经验。他拥有驱动器、太阳能逆变器、UPS 和继电保护领域的系统级产品设计经验。N. Navaneeth 拥有印度巴拉蒂尔大学的电子与通信工程学士学位以及英国博尔顿大学的电子产品开发理学硕士学位。

**SUNIL DWIVEDI**。

## 针对 TI 参考设计的重要声明

德州仪器公司 ("TI") 参考设计只用于帮助设计人员 ("客户") 开发包含 TI 半导体产品的系统 (在这里也指"组件")。客户理解并同意他们对设计客户系统和产品中的独立分析、评估和判断负责。

TI 参考设计已经使用标准实验室条件和工程实践创建。TI 未采取任何测试, 除非那些在已发布文档中针对一个特定参考设计所专门描述的测试。TI 也许会对它的参考设计进行修正、提高、改进和其它改变。

客户被授权使用具有每个特定参考设计中确认的 TI 组件的 TI 参考设计, 并且在他们的终端产品开发中修改参考设计。然而, 在这里不授予任何其它 TI 知识产权的直接或隐含, 默许或其它方式的许可, 和任何第三方技术或知识产权的许可, 其中包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权、或者与采用了 TI 产品或服务的任何集成、机器或工艺相关的知识产权。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息不能构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

TI 参考设计按"原样"提供。对于参考设计或者包括精度和完整性在内的直接、隐含或者法律规定的参考设计的使用, TI 不作出任何保证或声明。TI 不对任何隐含的适销性、针对特定用途的适用性、平静受益权、无干扰享有权, 以及与 TI 参考设计或其使用相关的任何第三方知识产权的非侵权作出任何保证。TI 不对任何与 TI 参考设计中提供的产品组合相关的或基于这些产品组合的第三方侵权声明负责, 并且不应为客户提供辩护或赔偿。不论是何原因造成任何实际的、特殊的、意外的、相应发生的或间接的损坏, 并且不论 TI 是否已经告知了 TI 参考设计的任何使用或 TI 参考设计的客户使用所造成的此类损坏的可能性, TI 都不应对此负责。

TI 保留根据 JESD46 最新标准, 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改的权限, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

对于 TI 数据手册、数据表或参考设计中的 TI 信息, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在客户的安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。借助于这样的组件, TI 的目标是帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或"增强型塑料"的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的组件。客户认可并同意, 对还未指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的组件, 这些组件主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 将不承担任何责任。

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼, 邮政编码: 200122  
Copyright © 2015 德州仪器半导体技术 (上海) 有限公司

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated