



TI Designs

TI Designs提供您所需要的方法、测试与设计文件等基础，实现快速评估定制系统，加快您的产品进入市场的速度。

设计资源

[TIDA-00181](#)
[C2000 LaunchPAD™](#)
[LP2954A](#)
[TPS7A3001](#)
[LM5030](#)
[ISO5500EVM用户指南](#)
[电子工程专辑 \(EE|Times\)](#)

含有设计文件的工具文件夹
文具文件夹
产品文件夹
产品文件夹
产品文件夹
用户指南
优势#6: 精确测量电源波纹



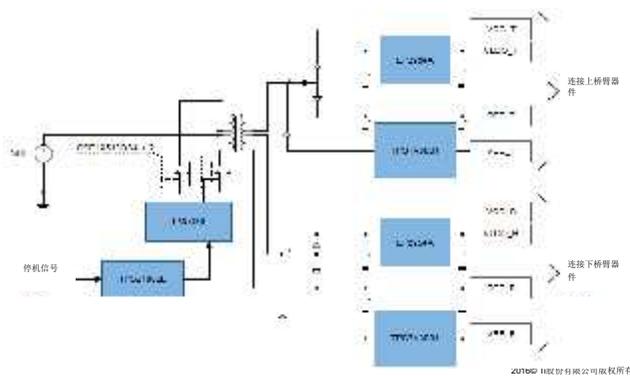
[咨询我们的模拟专家](#)
[WEBENCH® 计算器工具](#)

设计特点

- 用于IGBT栅极驱动的隔离式电源
- 为逆变器的3个桥臂提供6个IGBT栅极驱动器（在半桥配置的每个桥臂）
- 推挽式拓扑可通过单个控制器实现适用于三相电源的并行变压器级
- 可为每个IGBT提供两个隔离式输出：+16V (x2) 和 -8V (x2)
- 使用预调制的24V输入进行操作
- 输出功率：每个IGBT 2W
- 可扩展用于更高功率的IGBT驱动器
- 可以选择关闭电源以促进安全扭矩切断（STO）功能
- 输出波纹：< 200mV
- 输出电容器的额定值支持高达6A的峰值栅极驱动电流
- 设计旨在满足IEC61800-1-5标准要求
- 设计已用TI的ISO5500隔离型IGBT栅极驱动器进行验证

特色应用

- 变速交流/直流驱动器
- 工业逆变器和光伏逆变器
- 不间断电源（UPS）系统
- 伺服驱动器
- IGBT控制的HVDC系统



所有商标均为其各自所有者的财产。



本TI参考设计最后的重要通知说明了授权使用、知识产权事项和其他重要的免责声明与信息。

1 系统描述

此参考设计在单个24伏直流输入电源中提供绝缘栅极双极型晶体管 (IGBT) 栅极驱动器所需的隔离式正负电压轨。IGBT在变频驱动器的三相逆变器中用于控制交流电机的转速。此参考设计使用推挽式隔离型控制拓扑, 并提供符合 IEC61800-5 标准的隔离, 适用于通过预调制24V直流输入进行操作。使用调制型 (5% 范围内) 输入电源, 可以通过推挽式 PWM 控制器实现简单开环、可自由运行的振荡器。此拓扑实质上是一种具有两个主绕组用于创建双驱动绕组正向转换器。这与反激式或正向拓扑相比可以更高效地全面利用变压器内核的磁化电流。此配置优于反激式和正向配置的另一个优势是可以按比例增加电源输出以适合更高功率的驱动器。

此参考设计还利用推挽式拓扑的另一个优点, 即可以从单个控制器并行控制多个变压器, 从而生成三相 IGBT 逆变器所需的所有隔离式电压轨。最后, 用于更高功率驱动器的更大 IGBT 需要的栅极驱动电流有时大于典型 IGBT 栅极驱动器提供的电流, 为此, 设计人员往往使用附加晶体管来增强栅极电流。此参考设计在正极输出上提供+16V, 在负极输出上提供-8V, 以此来补偿这些晶体管中的额外电压降。

三相逆变器即可用于控制交流电机转速的变频驱动器, 也可用于像高压直流 (HVDC) 的高功率电力传输设备。使用6个隔离式栅极驱动器的三相逆变器的一个典型应用如图1所示。请注意, 三相中的每一相使用一个高压侧和低压侧IGBT开关, 以交替的方式将正负高电压直流脉冲施加到电动机线圈。

高功率IGBT需要借助隔离式栅极驱动器来控制它们的运行。单个、隔离式栅极驱动器驱动每个IGBT, 来对高压输出与低压控制输入进行电位隔离。IGBT顶浮动发射器需要使用一个隔离式栅极驱动器。为了将高压电路与低压控制电路隔离, 需使用隔离式栅极驱动器来控制底部IGBT。

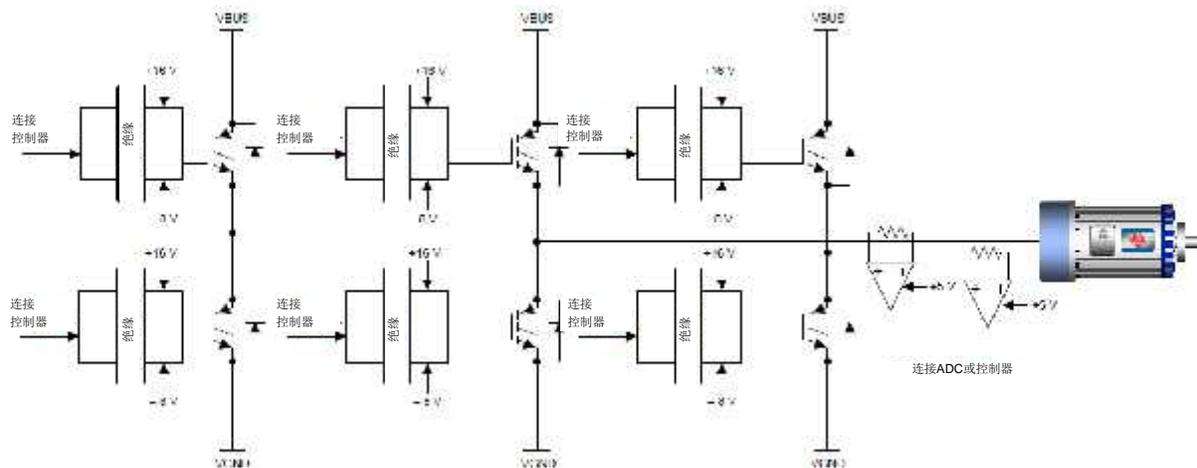


图1. 使用隔离式栅极驱动器的三相逆变器

1.1 栅极驱动电源要求

为了降低导电损耗，应向IGBT的栅极提供比实际阈值电压更高的电压。通常情况下，在栅极处使用15V到18V的电压来降低导通状态下集电极和发射极之间的电压(VCE(on))。IGBT是一个具有高输入阻抗的少数载流器件，也可以提供更大的双极载流能力。该器件的开关特性与功率场效应晶体管类似。假设在同等条件下，当接通时，IGBT与MOSFET表现完全相同，并且两者具有相似的电流上升和电压下降时间。然而，在关闭时，开关电流具有不同的波形。且在开关动作结束时，IGBT具有一个“尾电流”，而MOSFET没有。该尾电流是由位于IGBT双极输出区“底部”的少数载流子引起的，这可以使该器件维持接通状态。与双极晶体管不同，由于底部没有外部连接，所以它不可能通过取出这些在流体来加快开关。因此，该器件会维持接通状态，直到载流子复合。形成的尾电流增加了关断损耗，并延长了半桥电路中的两个器件导通之间的停滞时间。为了降低关断时间，它有助于在栅极处形成负电压（-5V到-10V）。当一个IGBT接通时，由于在栅极和发射极之间的高电压变化率(dv/dt)和寄生电容，在栅极端子上形成一些高压尖脉冲。飙升的电压会导致底部IGBT器件的错误接通。而栅极负电压有助于避免该种错误接通的发生。通常，在栅极处用于接通IGBT的电压为16V，用于关断IGBT的电压为-8V。决定驱动IGBT的功率要求很重要。公式1提供了用于计算不同额定功率变速驱动器的栅极驱动功率的方法。如前所述，一个隔离式栅极驱动器用于IGBT的接通和关断。在此过程中，功率被分摊到驱动器IC、IGBT栅极以及栅极驱动路径中的任何RC电路上。见图2。

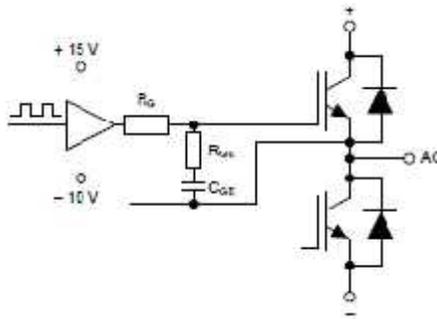


图2. 根据IGBT的栅极电路计算栅极功率

栅极总功率计算公式如下：

$$P_{gate} = P_{driver} + (Q_{gate} \times f_{sw} \times \Delta V_{gate}) + (C_{ge} \times f_{sw} \times \Delta V_{gate}^2)$$

其中

- Q_{gate} = 总栅极电荷
 - f_{sw} = 开关频率
 - V_{gate} = 栅极驱动器输出电压摆幅
- (1)

考虑以下示例：

- 一个IGBT模块具有1200V和200A的驱动能力(适用于功率小于100kW的驱动)，则 $Q_{gate} = 1.65 \mu C$ 。
- 开关频率为16kHz，用于高压侧（上臂）的典型高功率驱动器。
- 栅极电压从-15V到15V摆动。这一电压摆幅是最坏的情况，因为IGBT通常用15V和-5V或-8V驱动。
- 栅极-发射极电容 (C_{ge}) = 20 nF（通常该电容范围为：1nF-20nF）。
- 栅极驱动器总功耗 (P_{driver}) ≈ 600mW。该数值是通过隔离式IGBT栅极驱动器的典型数据表估算所得。

使用以上数据得出：

$$P_{gate} = 0.6W + 0.792W + 0.288W = 1.68W \quad (2)$$

根据功率降额，公式2得出IGBT驱动功率为2W。

栅极驱动器的电流输出可能或可能不够驱动IGBT，因此设计者使用晶体管来提升电流。该参考设计可在正极输出上提供 +16V，在负极输出上提供 -8V，这考虑到了晶体管大于1V的压降。

2 设计特点

该设计的主要目的是用以PWM控制器为基础的、栅极驱动电源的离散部件取代普通电源设计中使用的离散部件。替代这些部件有助于减少BOM，并增加系统电源可靠性与性能。

2.1 设计要求

该设计系统层面的要求包括：

- 一个PWM控制器和一个拓扑电路；该拓扑可以帮助按比例增加输出功率同时也可以驱动高功率IGBT。
- 隔离式电压轨的正负电压应为16V和-8V，分别向隔离栅极驱动器、IGBT的栅极以及功率相关的感测电路（隔离的、电流测量电路）提供功率输出。
- 2W的持续输出功率，用来驱动每个IGBT器件。
- 支持最大6A的峰值电流，输出电压波纹低于200mV。
- 能够关闭电源以支持安全扭矩切断（STO）功能。

2.2 拓扑选择：

该参考设计打算使用预调制的 24V 输入进行操作。因为是严格调制的（5% 范围内）输入电源，所以可以使用PWM 控制器的开环、可自由运行的振荡器。此推挽式拓扑基本上是一种具有两个主绕组用于创建双驱动绕组正向转换器。这与反激式或正向拓扑相比可以更高效地利用变压器内核的磁化电流。推挽式变流器优于反激式和正向变流器的优势是可以按比例增加电源输出功率。另外，两个场效应晶体管（MOSFET）均连接到低压侧（与半桥变流器不一样，该变流器有一个MOSFET连接到高压侧），并且推挽式变流器不要求MOSFET使用栅极驱动器。使用推挽式拓扑结构的另一个优势是可以并联多个变压器，以生成电压轨，来为逆变器中其他IGBT提供电压。要将以上要求转化到子系统，对PWM控制器、场效应晶体管（MOSFET）、变压器和低压差线性稳压器（LDO）具有以下要求：

PWM控制器

- 应支持推挽式拓扑
- 电流控制模式
- 可以关闭，以支持STO功能（符合IEC61800-5-1）
- 用24V电源操作
- 规定停滞时间，从而避免交叉导通

场效应晶体管（MOSFETs）

- 额定VDS应 100V，以支持24V电源输入电压
- 应支持1A(最小)漏极电流

变压器规格（根据IEC61800-5-1标准）

- 两个隔离式输出电压: $V_{out1} = 8.7\text{ V @ } 250\text{ mA}$ 和 $V_{out2} = 8.7\text{ V @ } 250\text{ mA}$
- 开关频率=100kHz
- 初级到次级隔离 = 每50微秒1.2次7.4kv 脉冲电压
- 类型测试电压:
 - 初级到次级=3.6kVrms
 - 次级1到次级2=1.8kVrms
- 间隙:
 - 初级到次级间隙=8mm
 - 次级1到次级2间隙=5.5mm
 - 爬电距离=9.2mm
- 初级到次级功能隔离: 1.5k-V DC
- 次级之间的直流隔离: 1.5-kV DC

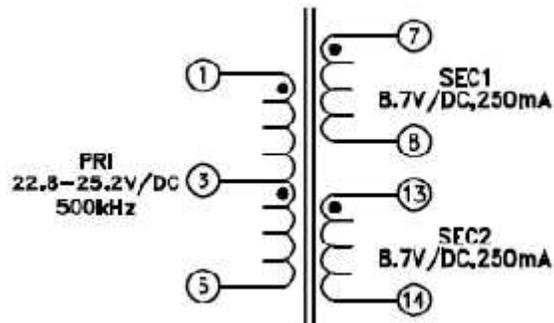


图3. 推挽式变压器符号

正输出LDO

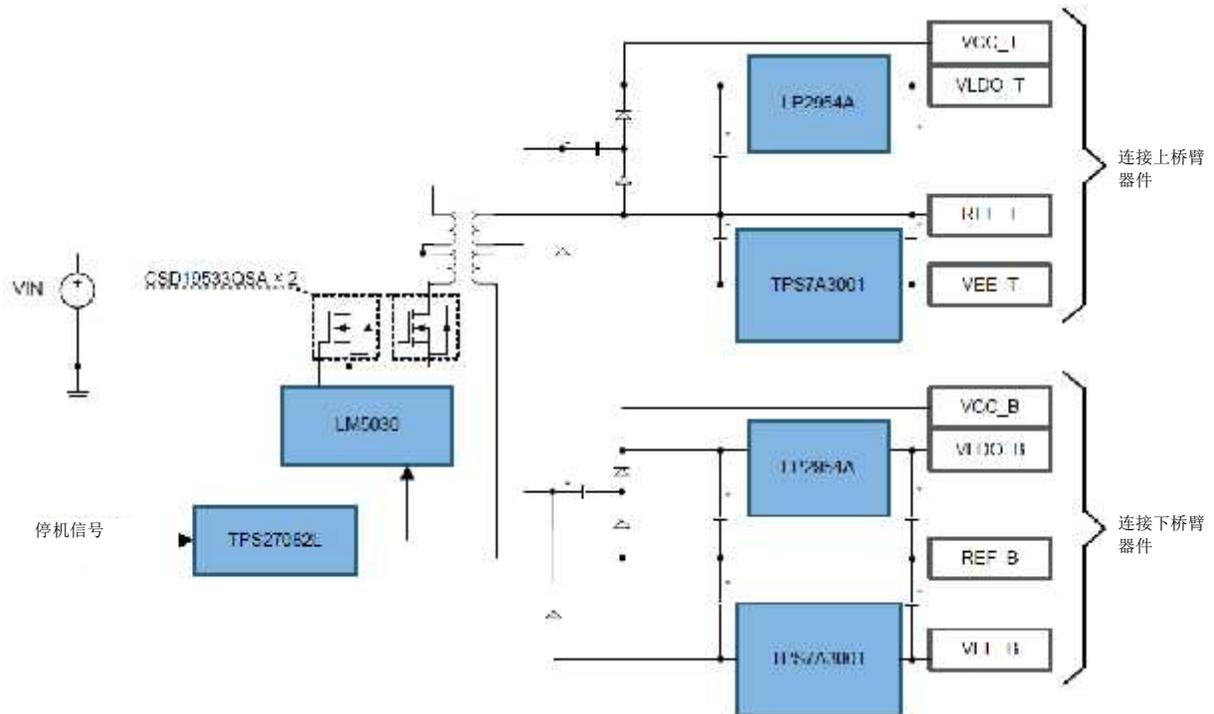
- 可调节输出电压
- 支持高达100mA的持续输出电流

负输出LDO

- 可调节输出电压
- 支持高达100mA的持续输出电流

3 方框图

该参考设计预期用于电机控制、工业逆变器以及其他许多应用。在这些应用中，IGBT 驱动器用于且应该有助于显著降低设计时间，同时满足所有设计需求。设计文档包括原理图、物料清单（BOM）、电路层图、Altium 文件、Gerber 文件和测试结果。



版权所有 © 2016, TI 股份有限公司

图 4. 系统方框图

4 重点介绍产品

该参考设计提供以下器件，可根据规格选择：

- LM5030 PWM控制器
- CSD19533 NexFET™ 功效晶体管（MOSFET）
- TPS27082 高压侧负载开关
- LP2954A 微功耗稳压器
- TPS7A3001 线型稳压器

欲了解这些器件的更多信息，请访问www.ti.com.cn查看各自产品文件夹或点击该参考设计页面上的产品文件夹链接。

4.1 器件选择

4.1.1 LM5030

LM5030 高压 PWM 控制器提供实现推挽式拓扑需要的所有特性，该拓扑是在一个小型 10 引脚封装内使用电流模式控制。该器件提供 2 个交流栅极驱动器输出。例外，LM5030 包含一个在 14V 到 100V 宽输入范围内运行的高电压启动稳压器。

特性包括：

- 误差放大器
- 精密电压基准
- 双模式限流
- 倾斜补偿
- 软启动
- 同步能力
- 热关断

该高速 IC 提供一个确定的 135ns 停滞时间与一个 1MHz 单阻可调振荡器。

4.1.2 CSD19533

该 100 V、7.8 mm²、SON 5 mm x 6 mm NexFET™ 功效晶体管设计用来在功率转换应用中最小化功耗。最大的漏极电流高于 1A 的设计要求。

4.1.3 TPS27082L

TPS27082L 是一个高压侧负载开关。该开关将一个功率场效应晶体管（PFET）与一个控制电路集成在一个小型 TSOT-23 封装内。ON/OFF 逻辑接口具有滞后功能，可以在非常嘈杂的操作情况下提供一个稳定的逻辑接口。该 ON/OFF 逻辑接口支持直接连接到低至 1V 的低压 GPIOs。TPS27082L 可不使用外部电平移位器将 ON/OFF 逻辑型号转化为输入电压电平。

4.1.4 LP2954A

LP2954A 是一个具有极低静态电流（通常在 1mA 负载时为 90μA）与极低电压差（通常轻载时为 60mV 和 250mA 载流时为 470mV）的微功耗稳压器。该可调节的稳压器安装在一个 8 脚表面贴装的小外廓晶体管封装内。此外，它也提供一个可有固定接脚的排列电阻，用来将输出电压设定为 5V。紧密的电流电压和负载调节（通常为 0.04%）以及极低的输出温度系数使得 LP2954A 非常适合用于低功耗基准电压源。

4.1.5 TPS7A3001

TPS7A3001是一个具有高负电压（-36V）和极低噪音（15.1 μ VRMS, 72 dB PSRR）的线性稳压器。它能够向200mA的最大负载提供电压源。该线性稳压器包含一个CMOS芯片的逻辑电平兼容使能引脚与可编程电容器软启动功能，允许自定义电源管理方案。

4.2 电路设计

4.2.1 输入区与接通机制：

如图5所示，输入是用于CONN1的预调24V（调节精度为 $\pm 5\%$ ）输入。二极管D1用于输入反接保护。可选LC滤波器（L1和C1）也可用于过滤掉任何来自背板的输入电压噪音。LM5030 PWM控制器包含一个内部高压启动稳压器。输入引脚（VIN）能够直接连接到高达100V的线电压。一经上电，该稳压器即开始工作，并向连接到VCC引脚的外部电容器提供电流源。在该参考设计中，一个12V齐纳二极管（稳压二极管）被用来向VCC引脚提供电压源。这样会保持VCC电压大于8V，从而可以有效关断内部启动稳压器并减少功耗，同时也可以降低控制器损耗。LM5030 数据表，[LM5030 100 V推挽式电流型PWM控制器 \(SNVS215\)](#)，为VCC 稳压器推荐一个位于0.1 μ F和 50 μ F之间的电容器。当VCC引脚的电压达到7.7V的调制点时，该控制器即开始输出。除非VCC引脚电压降到6.1V之下，SS/SHUTDOWN引脚接地或发生过温情况，否则控制器一直输出。也可以安装MOSFET Q1 A作为一种可能的接通选项，但不常用于该板上。

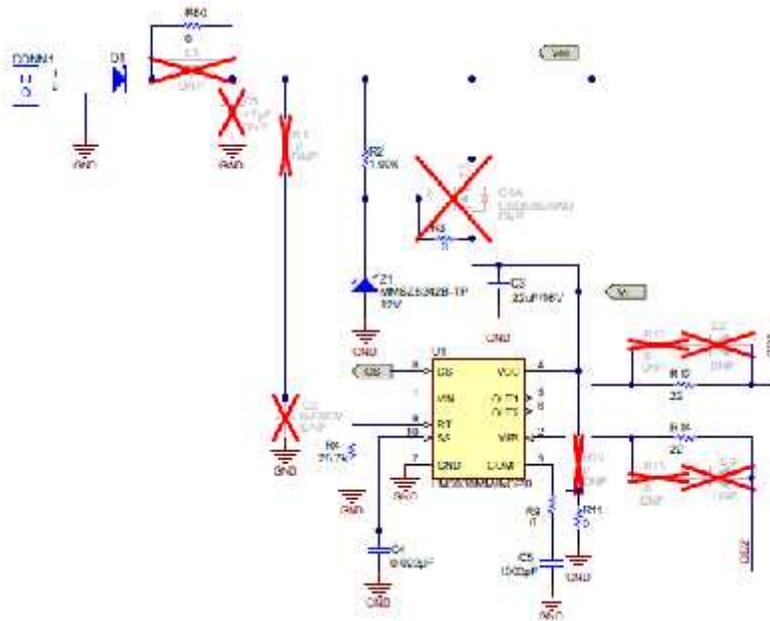


图 5. 输入区与接通机制

4.2.2 振荡器频率设定

在一个推挽式配置中，每个输出均在一半的振荡器频率时开启。假设 $f_{sw} = 100 \text{ kHz}$ ，则 $f_{osc} = 2 * f_{sw} = 2 * 100 \text{ kHz} = 200 \text{ kHz}$ 。

LM5030振荡器设定一个外部电阻器，连接在RT引脚和回路之间。要设定一个理想的振荡器频率，RT电阻器电阻值可用公式： $RT = (1/f) - 172 \times 10^9 / 182 \times 10^{12}$ 计算。

$$RT = \frac{(1/f) - 172 \times 10^9}{182 \times 10^{12}}$$

其中

- $f = 200 \text{ kHz}$
- $RT = 26.5 \text{ k}$ (3)

该电阻值也可以使用下面的函数图近似计算。该函数图取自LM5030数据表-LM5030 100 V 推挽式电流型PWM控制器 ([SNVS215](#))。

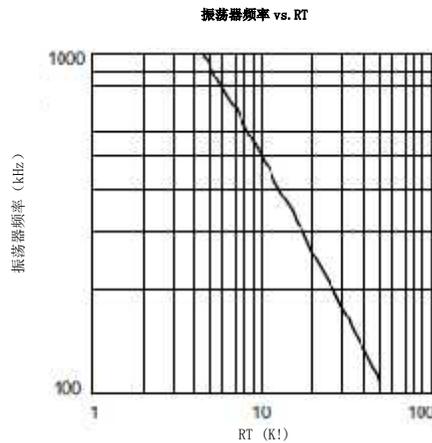


图6. 振荡器频率 vs. 振荡电阻RT

4.2.3 软启动和补偿

软启动功能使变流器可以逐步达到最初的稳态工作点，从而降低启动应力和浪涌。一个内部10-μA的电流源和一个外部电容器生成一个斜坡电压信号，在启动过程中限制误差放大器输出。合理的软启动时间为3ms到5ms。

电容器中电流的标准计算公式（公式4）：

$$I = C \times \frac{dV}{dt} \tag{4}$$

根据上面的公式，假设 $I = 10 \mu\text{A}$ ， $t = 3 \text{ ms}$ ， $dV = 1.4 \text{ V}$ ，则得出的结果是 $C_{ss} = 0.022 \mu\text{F}$ 。

图16（第5节）显示了LM5030的启动时间。

通过将FB引脚直接接地，可使LM5030开环运行。对于开环设计，COMP引脚可以通过一个1000-pF的电容器接地。

4.2.4 功率场效应晶体管（MOSFET）和变压器

功率场效应晶体管（CSD19533Q5A）因为具有100V的漏-源极额定电压和至少1A的漏极额定电流而被选择。两个MOSFETs的源极端子均被连接到一个电流感测电阻上，以限制峰值电流，然后传输到LM5030。对跨接在MOSFET两端的缓冲电路有一项规定，即在开关该晶体管时避免出现任何响声。

在变压器的输出端提供两个绕组，以实现隔离输出：VCC_T, VEE_T（用于向上部IGBTs供电）和VCC_B, VEE_B（用于向下部IGBTs供电）。该变压器设计是为了使两个次级电路均可提供8.7V的输出电压（8V的输出和0.7V的二极管压降）。

4.2.6 正负电压输出稳压器

4.2.6.1 正压稳压器 (LP2954A)

源自倍压器, LP2954A用作一个后级稳压器。该稳压器可以通过使用一对外部电阻器对1.23V基准电压和30V额定电压之间的任何电压进行稳压编程。

输出电压的完整计算公式为:

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) + (I_{FB} \times R1)$$

其中

- $V_{REF} = 1.23V$ 基准电压
- $I_{FB} =$ 反馈引脚偏置电流 (-20 nA typ.)

该稳压器也可以采用固定引脚用于将输出电压稳定在5V。这可以使用稳压器内部电阻分压器来实现。过程中该电阻分压器将OUT和SNS引脚捆绑在一起,然后将FB和5V TAP引脚捆绑在一起。此外,还可以通过填充0 电阻器(图9中的R21和R22)来生成5V输出电压该5V输出电压也可以在输出接口处(VLDO_T 和VLDO_B)提供给每一相。

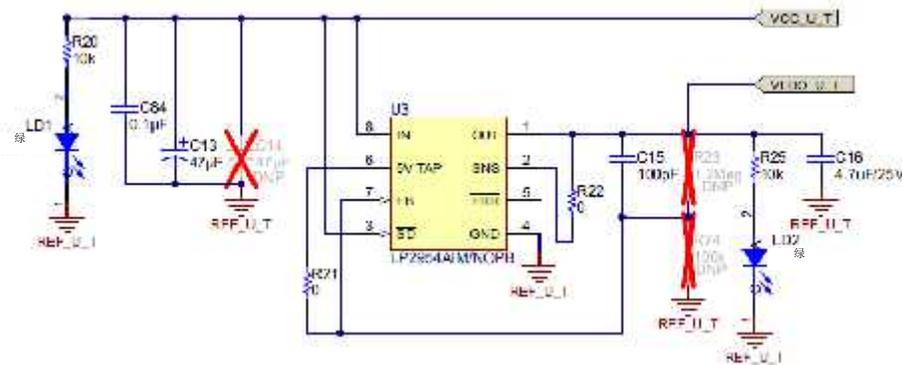


图9. 正电压稳压器

截至目前,每个LP2954A稳压器的输出电压都设定为5V,并使用绿色LED指示灯指示VCC和VLDO输出电压的存在。对于从16V到5V的电压转换,计算功率消耗并检查LP2954A电阻器是否适用于该转换很重要。

公式6是LP2954A电阻器的功率计算公式:

$$PD(max) = (V_{in} - V_{out}) * I_{out} = 12.4V * 25 \text{ mA} = 310 \text{ mW}$$

其中

- $V_{in} = 17.4 \text{ V}$ (最差情况)
- $V_{out} = 5 \text{ V}$
- $I_{out} = 25 \text{ mA (max)}$
- 并假定 $T_A = 60^\circ\text{C}$

参照LP2954A数据表, LP2954/LP2954A 5V可调式低功耗低压降稳压器(SNVS096), $T_{j(max)} = 125^\circ\text{C}$; 考虑 10°C 的降额后, $T_{j(max)} = 115^\circ\text{C}$ 。

$$\begin{aligned} \theta_{JA} &\leq [(T_{j(max)} - T_A) / PD(max)] \\ &\leq [(115 - 60) / 0.31] \\ &\leq 177.4^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$

参照LP2954A数据表, LP2954/LP2954A 5V可调式低功耗低压降稳压器, 第二页(SNVS096)。表中列出 $J_A = 160^\circ\text{C/W}$, 因此可以证明, LP2954A能够处理好此种情况处理下的功率问题。

4.2.6.2 负电压稳压器 (TPS7A3001)

二极管整流后，来自变压器的输出电压传输到TPS7A3001负电压稳压器。该稳压器的电压输出范围为-1.174V~-33V。标称输出电压通过两个外部电阻器来设定。为了保证空载情况下的输出稳定性，该电阻网络提供的电流必须大于或等于5μA。

R1和R2可以用来计算任何输出电压，公式如下（公式8）：

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{out}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

其中

- $\frac{V_{in}}{R1 + R2} > 5\mu A$
 - $V_{REF} = -1.179V$ 基准电压
- (8)

根据公式8，R2=102k，输出电压为-5V，则可计算出R1的值为330k。

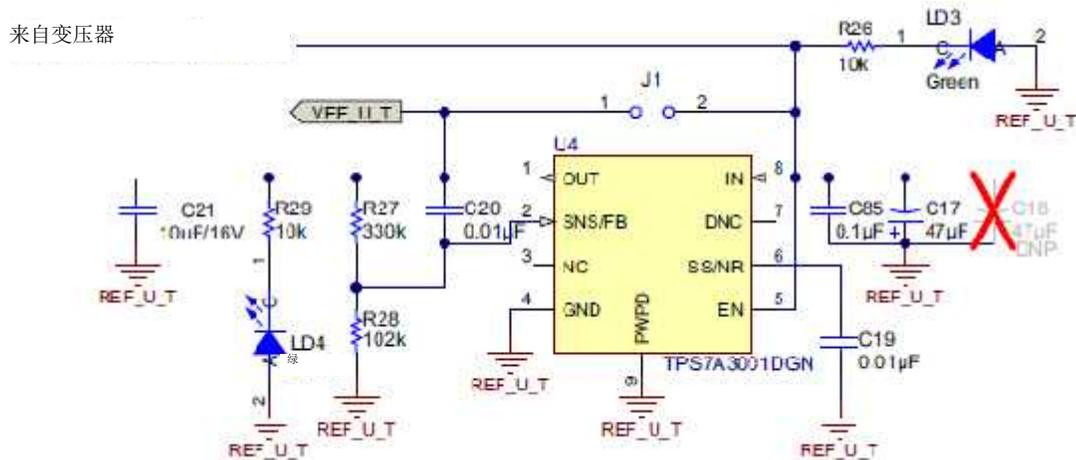


图10. 负电压稳压器（输出设为-5V）

截至目前，每个TPS7A3001电阻器的输出电压都设定为-5V，并使用绿色LED指示灯指示VEE输出电压的存在。若没有必要使用负电压稳压器，而且变压器的输出电压是直接要求的，则可以选择使用一个跳线器绕过该稳压器（见图10中的J1）。

对于从-8.7V到-5V的电压转换，计算功率消耗并检查TPS7A3001电阻器是否适用于该转换很重要。

公式9是TPS7A3001电阻器的功率计算公式：

$$PD(max) = (V_{in} - V_{out}) \times I_{out} = 3.7V \times 25mA = 92.5mW$$

其中

- $V_{out} = -8.7V$
 - $V_{out} = -5V$
 - $I_{out} = -25mA (max)$
 - 并假定 $TA = 60^\circ C$
- (9)

参照TPS7A3001数据表，TPS7A3001-36V/-200mA 极低噪声负电压线性稳压器(SBVS125)， $T_{j(max)} = 125^\circ C$ ；考虑 $10^\circ C$ 的降额后， $T_{j(max)} = 115^\circ C$ 。

$$J_A = \left[\frac{T_{j(max)} - TA}{PD(max)} \right] \\ = \left[\frac{115 - 60}{0.0925} \right] \\ = 594.59^\circ C/W$$

参照TPS7A3001数据表，TPS7A3001-36V/-200mA 极低噪声负电压线性稳压器(SBVS125)。表中列出 $J_A = 55.09^\circ C/W$ ，因此可以证明，该电阻器能够处理好此种情况处理下的功率问题。

4.2.7 三个变压器用于向三相逆变器的三个IGBT桥臂输出电量

推挽式拓扑桥接结构允许变压器并联连接，从而可以使用单个控制器就可以向三个IGBT桥臂（U、V和W）输出电量。

输出情况如表1所示：

表 1：向 IGBTs 上桥臂和下桥臂的输出 ⁽¹⁾

相	IGBT 上桥臂	IGBT 下桥臂
U	VCC_U_T	VCC_U_B
	VEE_U_T	VEE_U_B
	VLDO_U_T	VLDO_U_B
	REF_U_T	REF_U_B
V	VCC_V_T	VCC_V_B
	VEE_V_T	VEE_V_B
	VLDO_V_T	VLDO_V_B
	REF_V_T	REF_V_B
W	VCC_W_T	VCC_W_B
	VEE_W_T	VEE_W_B
	VLDO_W_T	VLDO_W_B
	REF_W_T	REF_W_B

(1) 该表显示了为所有三个桥臂提供的电量输出。

4.2.8 开扩展用于更高功率的工业驱动器

该设计预期使用额定电压电流为1200V/200A的IGBT模块。如果要向更高功率的IGBT驱动器模块提供电源输出，则该参考设计可以通过改变变压器设计按比例增加电源输出。现有的变压器有次级变压器，额定输出电流均为250mA。该额定电流可以增加，以满足更高功率的工业驱动器要求。

5 测试数据

5.1 第1部分LM5030功能测试结果

图11、图12和图13显示了MOSFET栅极驱动信号以及LM5050的2个输出引脚之间的停滞时间。从图12和图13可以看出，2个栅极驱动信号输出停滞时间分辨为130.8ns和134ns。在LM5030数据表中，典型停滞时间为135ns。

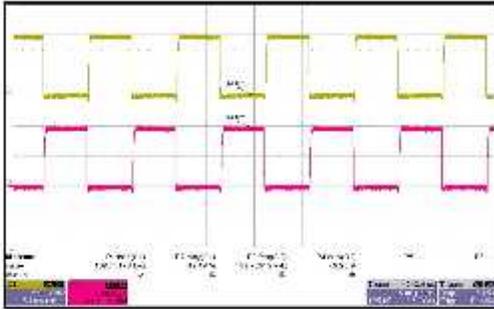


图11. 两个MOSFET的栅极驱动信号
(见图7中的Q2和Q3)

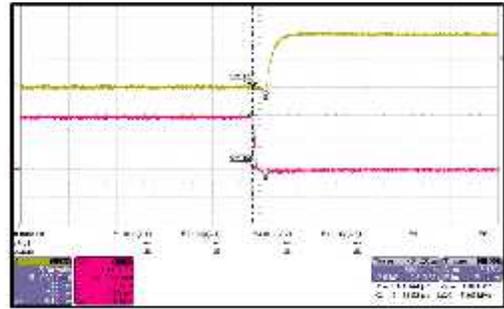


图12. 栅极驱动信号之间的停滞时间
(图中显示的GATE1信号的上升边)

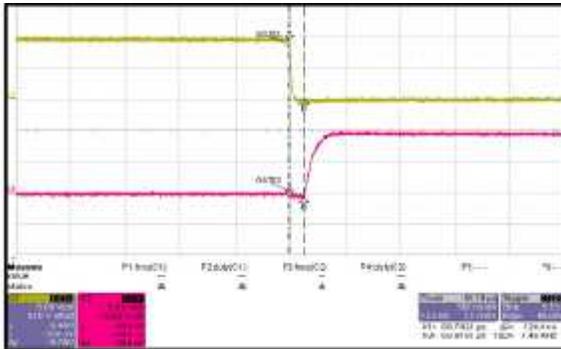


图13. 栅极驱动信号之间的停滞时间 (图中显示的GATE1的下降边)

图14和图15是MOSFET Q2和Q3（见图7）的栅极信号与漏极信号对比图。工作周期目前设定为最大值（实现方法：通过使用一个1000pF的电容器将COMP引脚接地（如4.2.1节所示））。

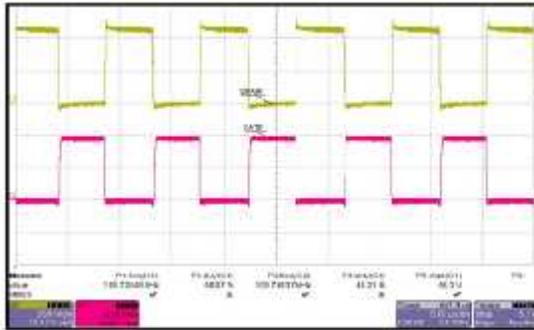


图14. MOSFET Q2栅极驱动电压与漏极电压对比

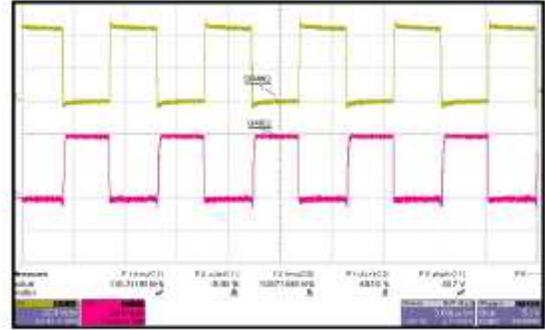


图15. MOSFET Q3栅极驱动电压与漏极电压对比

图16显示的是LM5030 PWM控制器的软启动（SS）运行情况根据计算，SS时间被设为3ms，并且测试波形也显示同样的软启动时间。

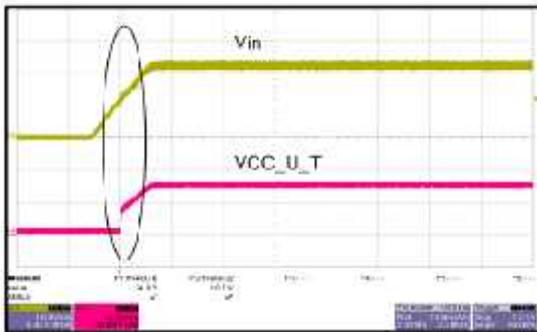


图16. LM5030控制器软启动

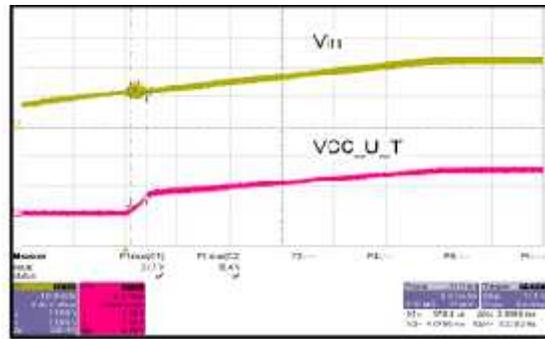


图17. 飙升的波形显示 $t_{SS} = 3\text{ms}$

TPS27082L用作一个开关，以便向工业级驱动器提供安全扭矩切断（STO）功能。LM5030 软启动引脚（SS-pin）具有双重功能。该引脚不仅用于软启动操作，同时也用于STO过程的输出关断。软启动与关断都已经过测试，图18中的波形显示了关断信号与输出信号一同变为0。

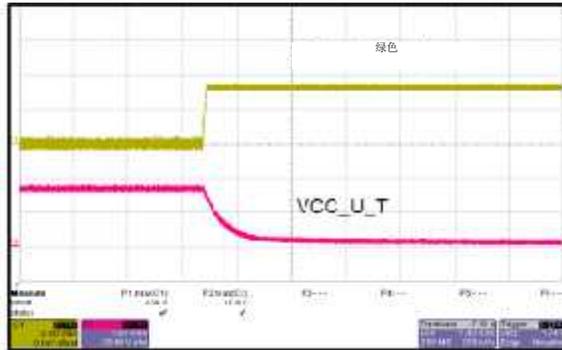


图18. 使用一个外部信号关断LM5030的输出

LM5030 是一个电流模式 PWM 控制器件。它包含两级过流保护设计。因此，如果电流检测比较器上的电压超过 0.5V，则控制器将终止当前工作周期（逐周期限制电流）。如果电流检测比较器上的电压超过 0.625V，则控制器将终止当前工作周期并给软启动电容器放电。

因为 LM5030 CS 和 PWM 比较器控制迅速，因此他们将会响应短期噪音脉冲。设置第二级过流保护的预期目的是：当发现异常高且快速上升的电流时，启动低功率周期打嗝模式对变流器进行过流保护。过度负荷时，将始终达到第一级过流保护的临界值。变流器的输出特点将会是电流源。然而，维持不变的电流电平会导致动力系统温度过高，尤其是输出整流器的温度。

如果达到第二级过流保护的临界值，则软启动电容器将被完全放电。放电检测后再进行一次放电操作。仅当在电流检测引脚中检测到高 dV/dt 时，才能达到第二级过流保护的临界值。信号必须足够快，以在第一级检测器关断驱动器之后达到第二级过流保护的临界值。该情况通常适用于一个饱和的功率电感，或一个短路负载。对 CS 引脚、一个极低值的电流感应电阻或一个未因过度符号而饱和的电感器的过分滤波可能导致永远达不到第二级过流保护的临界值。

图19显示LM5030控制器的电流检测（CS）引脚上的电压波形；所有输出端均有2W的负载。

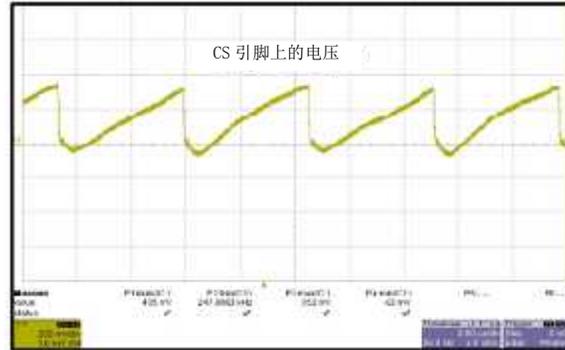


图 19. 在 LM5030 控制器的 CS 引脚上捕捉到的电压波形

图20和图21显示的是MOSFET在开始接通或关断时与在连接倍压器进一步整理电压输出（正负电压输出）之前的输出情况。

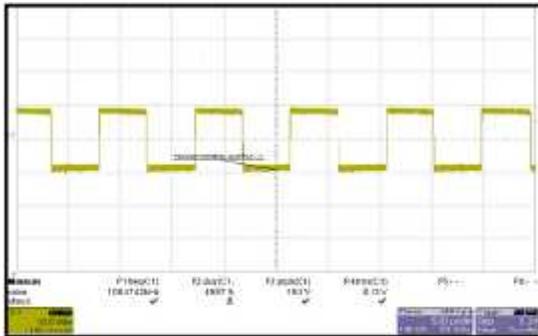


图20. 变压器次级输出#1

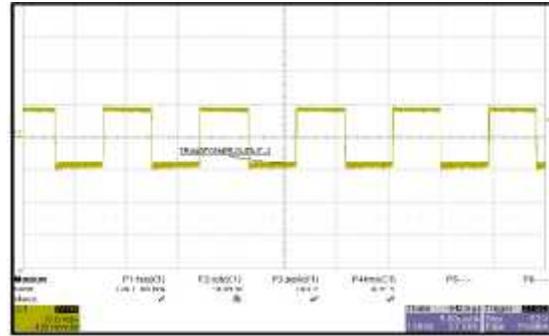


图21. 变压器次级输出#2

5.2 第2部分不同测试条件下的输出纹波

通过在所有的输出端负载2W的输出功率，捕捉到16V和-8V输出电压的纹波。在16V输出上，峰到峰纹波电压为59mV；在-8V输出上，峰到峰纹波电压为50mV。图22和图23显示是相同纹波的波形。

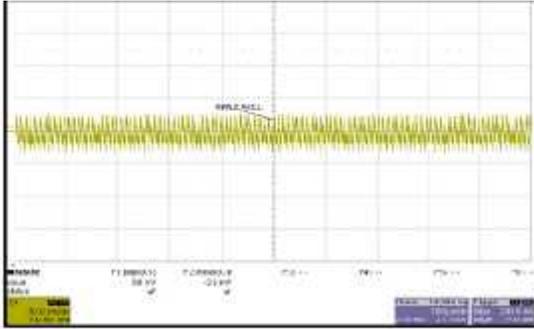


图22. 16V输出的纹波电压

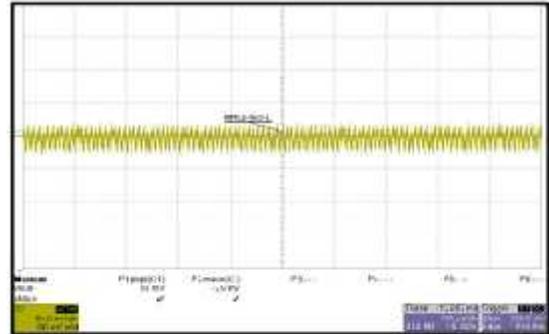


图23. -8V输出的纹波电压

两个线性稳压器（LP2954A和TPS7A3001）均测试了在负载25mA时的输出电压纹波。图24和图25显示同一输出上的纹波波形。

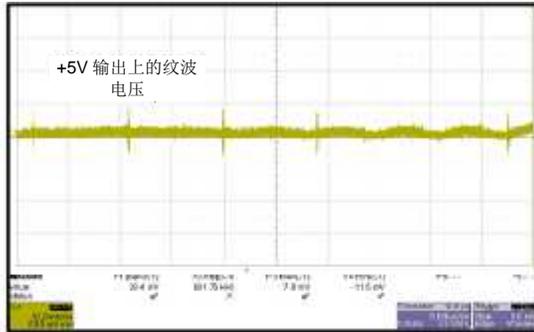


图24. 5V输出上的纹波

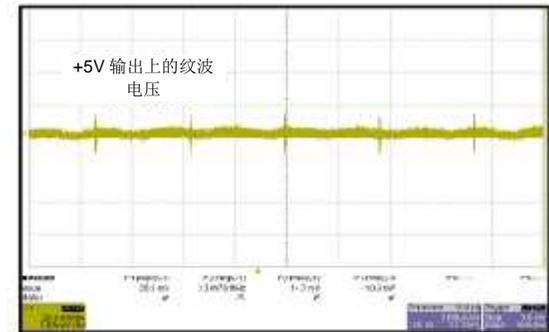


图25. -5V输出上的纹波

5.3 第3部分：电压调整率及效率

电压调整效率通过负荷相同负载的6个输出计算而得。当所有输出端均有2W的负载时，电压调整效率大约为78%，如图26所示。

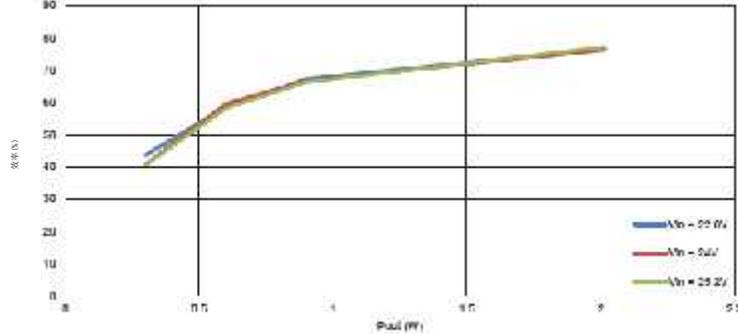


图26. 以不同的输入电压 (V_{in}) 值测得的效率

以不同的 V_{in} 值捕捉到的电压调整率和交叉调整率的数据如图27、图28和图29所示。在测量电压调整率与交叉调整率时，5个（共6个）输出端均具有2W的负载而且剩下的一个输出从0%到100%变化。包括交叉调整率是为显示在IGBT上桥臂接通而下桥臂没有接通时（或者IGBT上桥臂没有接通而下桥臂接通时），不存在大的干扰。

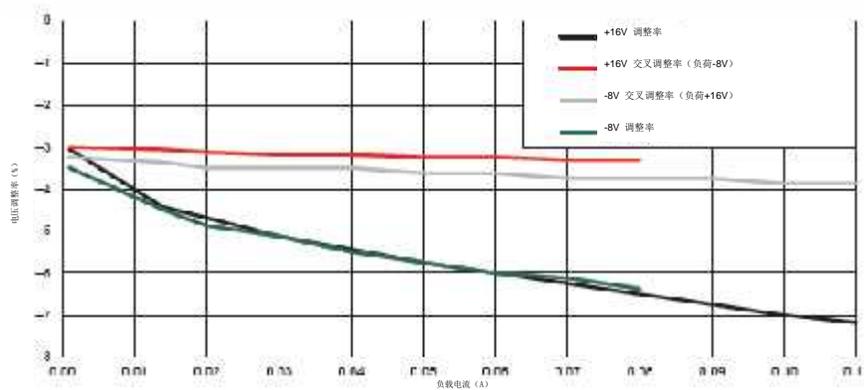


图 27. 电压调整率和交叉调整率 ($V_{in} = 22.8 \text{ V}$)

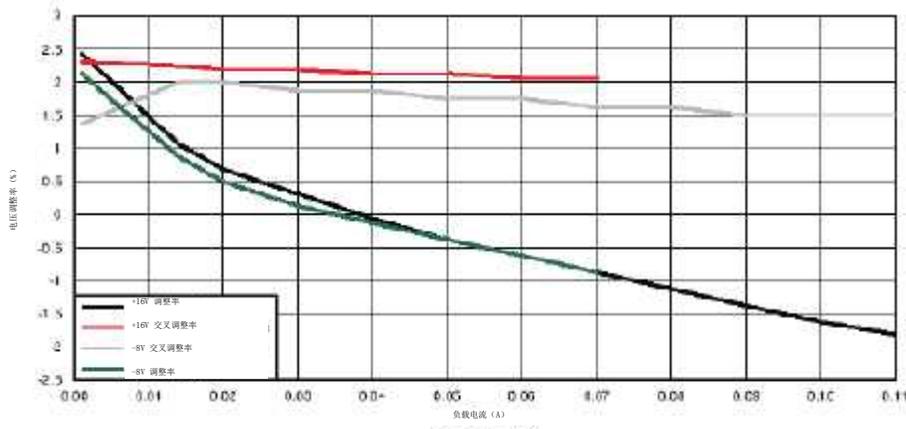


图 28. 电压调整率和交叉调整率 ($V_{in} = 24 \text{ V}$)

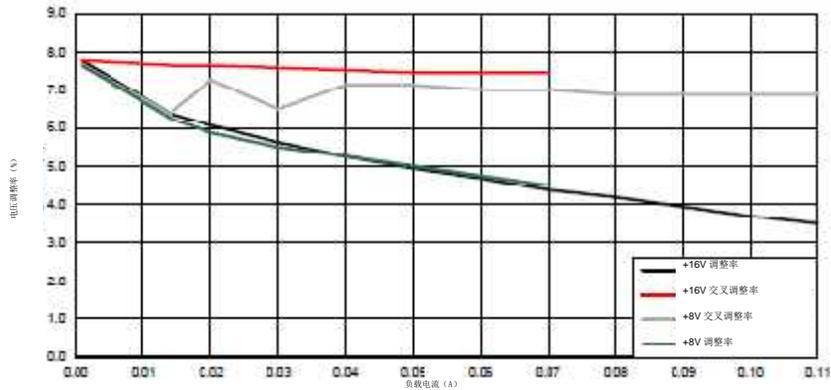


图29. 电压调整率和交叉调整率 (V_{in} = 25.2 V)

5.4 第4部分: 隔离测试结果

该设计被测试来检验抵御脉冲冲击的能力, 并已成功通过了一个7kV的脉冲测试 (1.2/50μs脉冲)。另外, 它还通过了根据设计规格进行的典型试验式隔离电压测试。

5.5 第5部分: 用ISO5500和IGBTs测试

为了复制真实的驱动测试, 使用TI的ISO5500评估模块 (EVMs) 与1200V的IGBTs对该参考设计进行测试。使用TI的Piccolo LaunchPAD™评估平台生成了实现IGBT栅极驱动的两个16kHz补偿PWM信号。将两个信号分别输入两个ISO5500评估模块 (每个模块连接一个1200V的IGBT)。IGBT以半桥形式连接, 如图30所示 (输出管连接一个1k 的负载)。测试电路涉及的板子装配图片如图31所示。

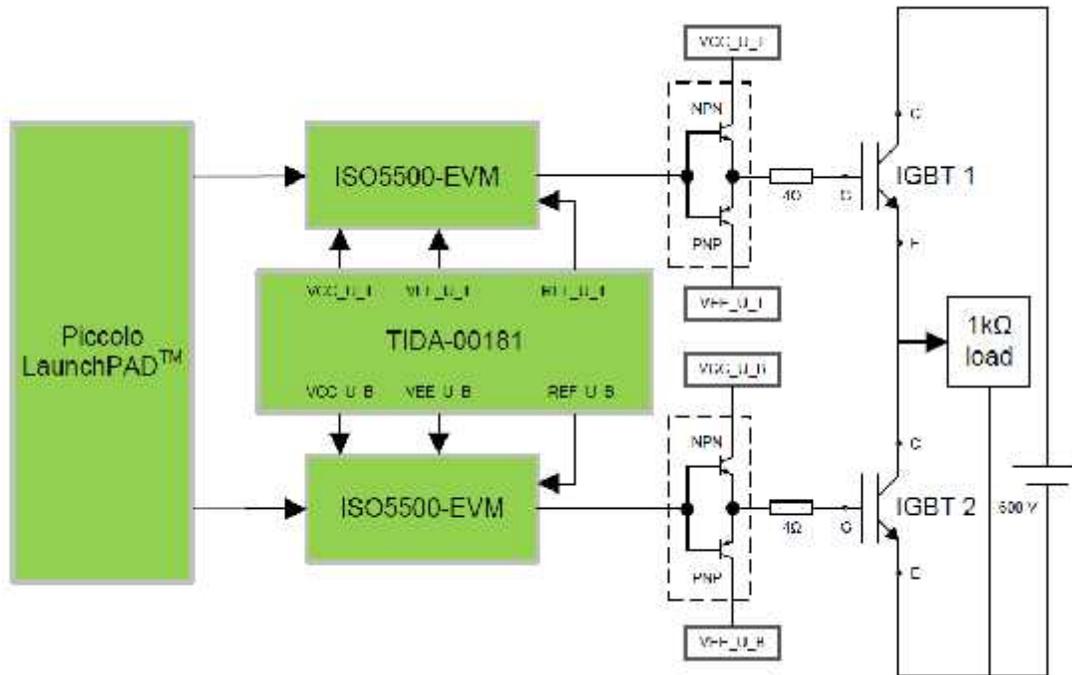


图 30. 用 ISO5500 和 IGBTs 测试 TIDA-00181 的电路图

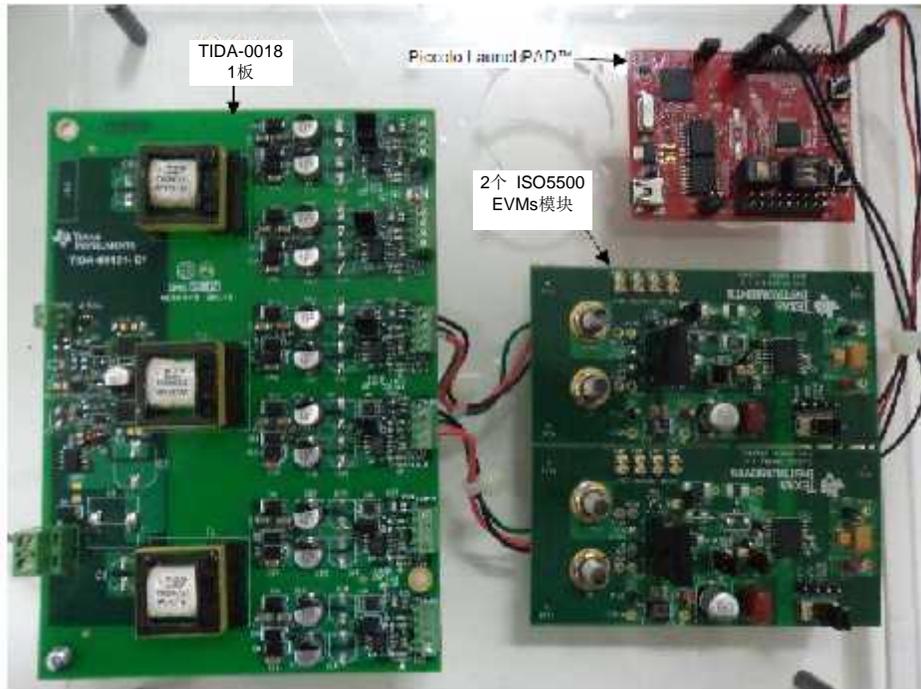


图31. 电路板分布连接图

为了测量纹波，两个ISO5500板均使用TIDA-00181电源，IGBT桥臂使用600V电源。图32和图33显示的是满足该参考设计规格的200mV的电压纹波。

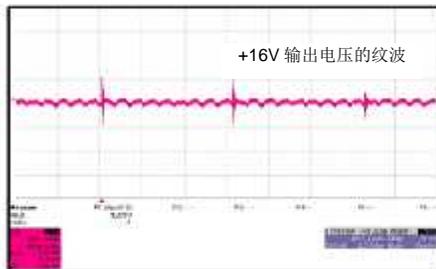


图32. 16V输出电压的纹波
(输出负载上的 $dv/dt = 11.9 \cdot E9$)

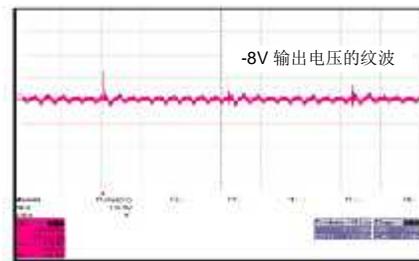


图33. -8V输出电压的纹波
(输出负载上的 $dv/dt = 11.9 \cdot E9$)

使用电流放大三极管（NPN和PNP）来放大ISO5500的输出电流，以此来驱动IGBTs。给IGBTs内部电容充电达到6A峰值电流时，也可以测量电源VCC和VEE输出电压的纹波。图34和图35显示了IGBT栅极电容器充电电流达到峰值时的纹波电压。

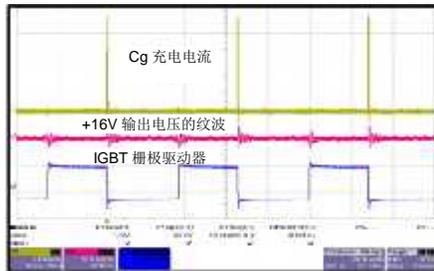


图34. 16V输出电压的纹波
(IGBTs达到6A峰值负载电流)

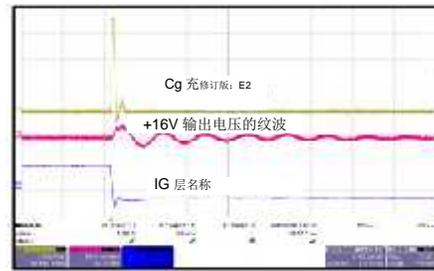


图35. 缩放波形

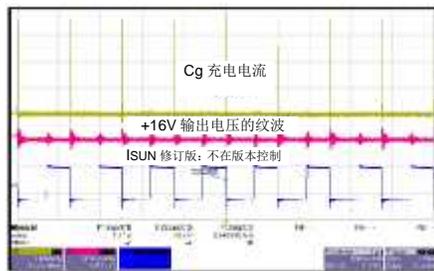


图36. -8V输出电压的纹波
(IGBTs达到6A峰值负载电流)

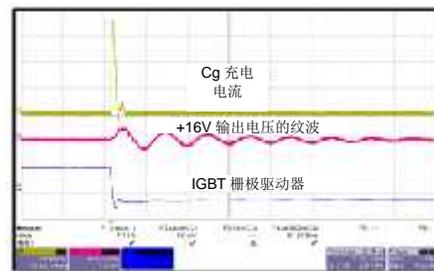


图37. 缩放波形

6 LM5030布局指南

LM5030 控制器具有两级过流保护功能。因此，如果电流检测比较器上的电压超过 0.5V，则控制器将终止当前工作周期（逐周期限制电流）。如果电流检测比较器上的电压超过 0.625V，则控制器将终止当前工作周期并给软启动电容器放电。

一个置于控制附近的小型 RC 滤波器建议用于 CS 引脚滤波。在每个工作周期完结时，使用内部 MOSFET 给电流检测滤波电容器放电，以提升动态性能。因为 LM5030 CS 和 PWM 比较器控制迅速，因此他们将会响应短期噪音脉冲。布局考量对于电流检测滤波器和电流检测电阻器来说至关重要。与 CS 滤波器相关联的电容器必须布置于与该器件非常近的地方并直接连接到芯片（CS 和 RTN 芯片）的引脚上。如果使用置于驱动晶体管源极内的电流检测电阻器，针对电流检测而言，应选择低电感电阻器。在这种情况下，所有对噪音敏感的低功率接地器件应集中在 IC 周围。然后，应进行单个电源接地连接（检测电阻接地点）。RT 电阻器也应该布置于与该器件非常接近的地方并直接连接到芯片（RT 和 GND 芯片）的引脚上。

7 设计文件
7.1 原理图

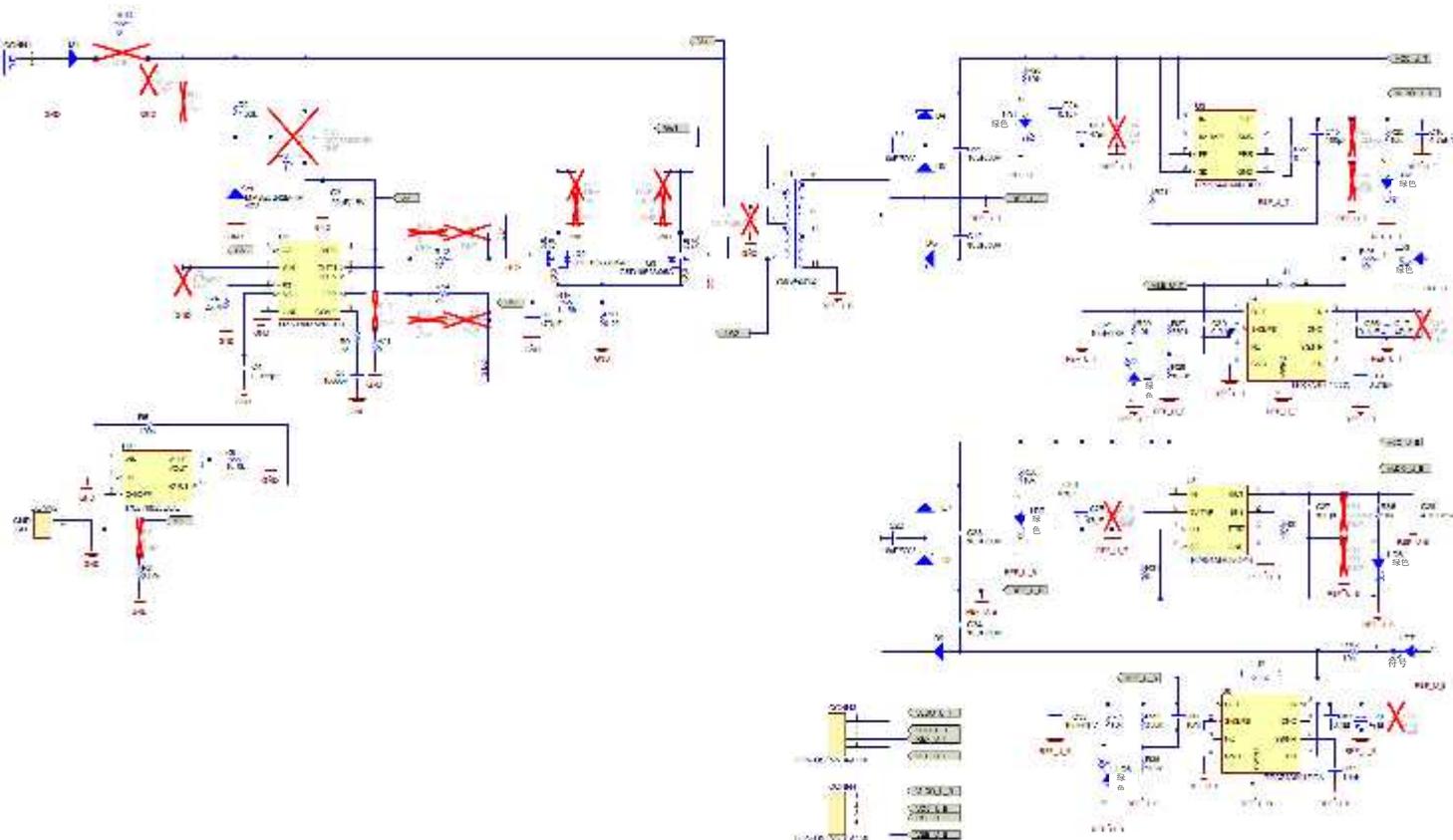


图 38. 原理图第 1 页

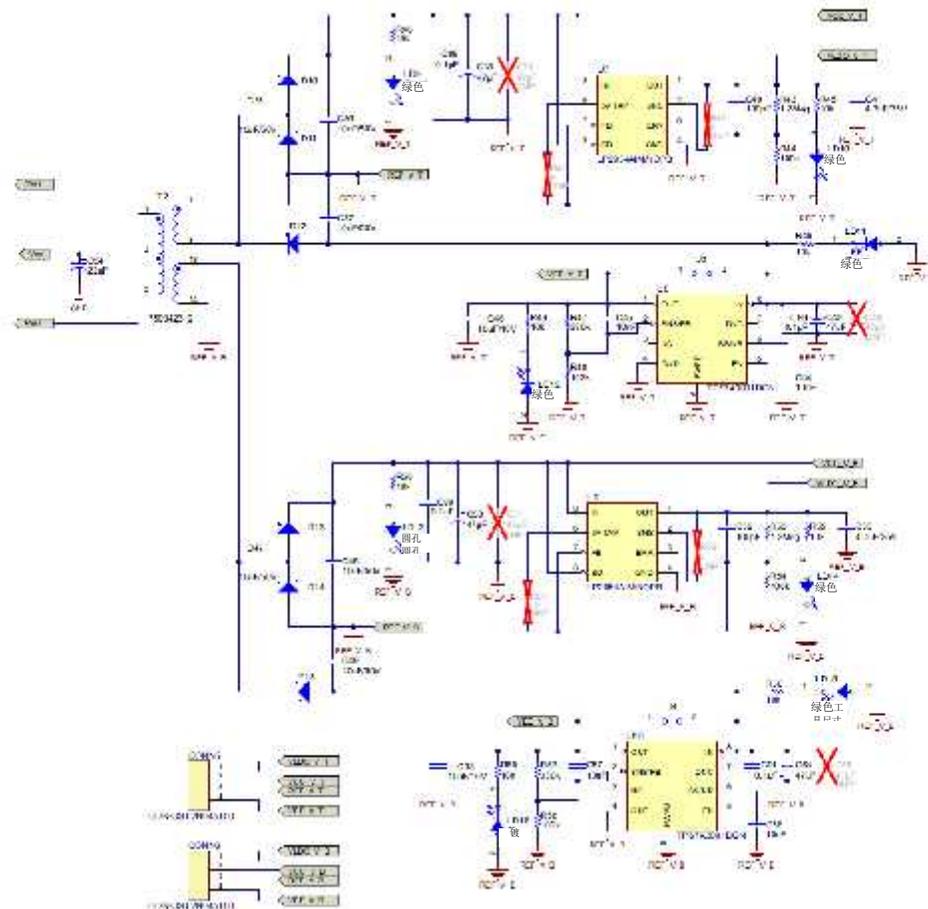


图 39. 原理图第 2 页

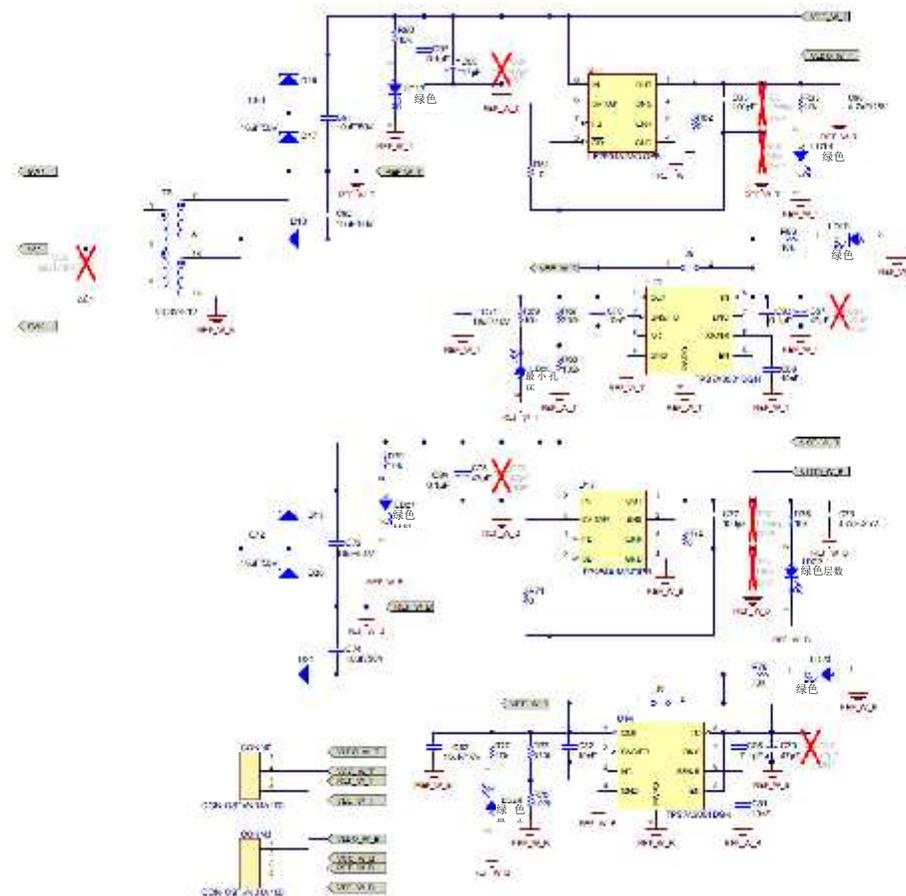


图 40. 原理图第 3 页

7.2 物料清单(BOM)

要下载物料清单, 请见TIDA00181的设计文件。表2是该参考设计的物料清单 (BOM)

表 2: BOM

SL 编号	配备情况	数量	元件标号	描述	零件编号	制造商	ROHS	包装参考
1	配备	1	IPCB	PCB印刷电路板	TIDA-00181	任何	O	
2	未配备	0	C1	CAP, AL, 47uF, 80V, +/-20%, 0.7 ohm, SMD	EEE-FK1K470P	松下	Y	SMT Radial G
3	未配备	0	C2	CAP, AL, 1uF, 63V, +/-20%, ohm, SMD	EMVE630ADA1R0MD55G	日本贵弥功	Y	D55
4	配备	1	C3	CAP, CERM, 22uF, 16V, +/-20%, X5R, 1206	1206YD226MAT2A	AVX	Y	1206
5	配备	1	C4	CAP, CERM, 0.022uF, 25V, +/-5%, COG/NP0, 0805	C2012C0G1E223J	TDK	Y	0805
6	配备	1	C5	CAP, CERM, 1000pF, 25V, +/-10%, X7R, 0805	GRM216R71E102KA01D	村田制作所 (MuRata)	Y	0805
7	配备	1	C6	CAP, CERM, 470pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB471	美国国巨电子	Y	0805
8	未配备	0	C7, C8	CAP, CERM, 1000pF, 25V, +/-10%, X7R, 0805	GRM216R71E102KA01D	村田制作所 (MuRata)	Y	0805
9	未配备	0	C9, C59	CAP, AL, 22uF, 35V, +/-20%, 1 ohm, SMD	EEE-FC1V220P	松下	Y	SMT Radial D
10	配备	18	C10, C11, C12, C22, C23, C24, C35, C36, C37, C47, C48, C49, C60, C61, C62, C72, C73, C74	CAP, CERM, 10uF, 50V, +/-10%, X5R, 1206_190	CGA5L3X5R1H106K160AB	TDK	Y	1206_190
11	配备	12	C13, C17, C25, C29, C38, C42, C50, C54, C63, C67, C75, C79	CAP, AL, 47uF, 35V, +/-20%, 0.36 ohm, SMD	EEE-FK1V470P	松下	Y	SMT Radial D
12	未配备	0	C14, C18, C26, C30, C39, C43, C51, C55, C64, C68, C76, C80	CAP, AL, 47uF, 35V, +/-20%, 0.36 ohm, SMD	EEE-FK1V470P	松下	Y	SMT Radial D
13	配备	6	C15, C27, C40, C52, C65, C77	CAP, CERM, 100pF, 50V, +/-10%, COG/NP0, 0805	C0805C101K5GACTU	基美公司	Y	0805
14	配备	6	C16, C28, C41, C53, C66, C78	CAP, CERM, 4.7uF, 25V, +/-10%, X5R, 0805	C2012X5R1E475K125AB	TDK	Y	0805
15	配备	12	C19, C20, C31, C32, C44, C45, C56, C57, C69, C70, C81, C82	CAP, CERM, 0.01uF, 16V, +/-5%, COG/NP0, 0805	B37947K9103J62	爱普科斯	Y	0805
16	配备	6	C21, C33, C46, C58, C71, C83	CAP, CERM, 10uF, 16V, +/-20%, X5R, 0805	0805YD106MAT2A	AVX	Y	0805
17	配备	1	C34	CAP, AL, 22uF, 35V, +/-20%, 1 ohm, SMD	EEE-FC1V220P	松下	Y	SMT Radial D
18	配备	12	C84, C85, C86, C87, C88, C89, C90, C91, C92, C93, C94, C95	CAP, CERM, 0.1uF, 50V, +/-5%, X7R, 0805	08055C104JAT2A	AVX	Y	0805
19	配备	1	CONN1	端子板, 2x1, 5.08mm, TH	282841-2	泰科电子	Y	10.16x15.2x9mm
20	配备	1	CONN2	端子板, 4x1, 2.54mm, TH	OSTVN02A150	On Shore Technology	Y	TERM_BLK, 2pos, 2.54mm
21	配备	6	CONN3, CONN4, CONN5, CONN6, CONN7, CONN8	CONN TERM BLOCK 2.54MM 4POS PCB	STVN04A150	On Shore Technology	Y	TERM_BLK, 4pos, 2.54mm
22	配备	1	D1	肖特基二极管, 60V, 2A, SMA	B260A-13-F	Diodes公司	Y	SMA
23	未配备	0	D2, D3	单二极管, 300-mA, 75-V, 350-mW	1N4148W-7-F	Diodes公司		SOD-123
24	配备	18	D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21	肖特基二极管, 90V, 1A, SMA	B190-13-F	Diodes公司	Y	SMA
25	未配备	0	FID1, FID2, FID3, FID4, FID5, FID6	基准标记无可买或安装	N/A	N/A		基准
26	配备	4	H1, H2, H3, H4	圆头机用螺钉、#4-40 x 1/4、尼龙、飞利浦平头	NY PMS 440 0025 PH	BandF Fastener Supply	Y	螺丝
27	配备	4	H5, H6, H7, H8	有支架、六角, 0.5" L #4-40 尼龙	1902C	凯斯通	Y	有支架的

表 2: BOM (接上表)

SL 编号	配备情况	数量	元件标号	描述	零件编号	制造商	ROHS	包装参考
28	配备	6	J1, J2, J3, J4, J5, J6	接头, 公2针引脚, 间隔100mil	PEC02SAAN	苏林斯		0.100 inch x 2
29	未配备	0	L1	屏蔽式铁氧体磁芯电感器、2.2mH/0.65A/1.94 ohm、表面贴装	MSS1210-225KE	线艺公司	Y	电感器、12.3x10x12.3mm
30	配备	1	LBL1	热转印标签、0.650" W x 0.200" H -每卷10,000个	THT-14-423-10	贝迪	Y	PCB 标签、0.650"H x 0.200"W
31	配备	24	LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, LD7, LD8, LD9, LD10, LD11, LD12, LD13, LD14, LD15, LD16, LD17, LD18, LD19, LD20, LD21, LD22, LD23, LD24	智能LED、绿色、570NM	LG L29K-G2J1-24-Z	欧司朗		0603
32	未配备	0	Q1	MOSFET, N-CH, 60V, 6.3A, SO-8	CSD88539ND	TI	Y	SO-8
33	配备	2	Q2, Q3	MOSFET, N-CH, 100V, 13A, SON 5x6mm	CSD19533Q5A	TI	Y	SON 5x6mm
34	未配备	0	R1, R7, R10, R13, R15, R18, R19, R41, R42, R51, R52	RES, 0 ohm, 5%, 0.125W, 0805	CRCW08050000Z0EA	威世达勒	Y	0805
35	配备	1	R2	RES, 1.00k ohm, 1%, 0.125W, 0805	CRCW08051K00FKEA	威世达勒	Y	0805
36	配备	11	R3, R9, R11, R21, R22, R31, R32, R61, R62, R71, R72	RES, 0 ohm, 5%, 0.125W, 0805	CRCW08050000Z0EA	威世达勒	Y	0805
37	配备	1	R4	RES 26.7K OHM 1/8W 1% 0805 SMD	RC0805FR-0726K7L	国巨电子	Y	0805
38	配备	3	R5, R44, R54	RES, 100k ohm, 1%, 0.125W, 0805	ERJ-6ENF1003V	松下	Y	0805
39	配备	1	R6	RES, 10.0k ohm, 1%, 0.125W, 0805	CRCW080510K0FKEA	威世达勒	Y	0805
40	配备	1	R8	RES, 24.9k ohm, 1%, 0.125W, 0805	ERJ-6ENF2492V	松下	Y	0805
41	配备	2	R12, R14	RES, 22 ohm, 5%, 0.125W, 0805	CRCW080522R0JNEA	威世达勒	Y	0805
42	配备	1	R16	RES, 1.15k ohm, 1%, 0.125W, 0805	CRCW08051K15FKEA	威世达勒	Y	0805
43	配备	1	R17	RES, 0.22 ohm, 1%, 0.25W, 1206	ERJ-8RQFR22V	松下	Y	1206
44	配备	24	R20, R25, R26, R29, R30, R35, R36, R39, R40, R45, R46, R49, R50, R55, R56, R59, R60, R65, R66, R69, R70, R75, R76, R79	RES, 10k ohm, 5%, 0.125W, 0805	CRCW080510K0JNEA	威世达勒	Y	0805
45	未配备	0	R23, R33, R63, R73	RES, 1.2Meg ohm, 5%, 0.125W, 0805	ERJ-6GEYJ125V	松下	Y	0805
46	未配备	0	R24, R34, R64, R74	RES, 100k ohm, 1%, 0.125W, 0805	ERJ-6ENF1003V	松下	Y	0805
47	配备	6	R27, R37, R47, R57, R67, R77	RES, 330k ohm, 0.5%, 0.1W, 0805	RR1220P-334-D	Susumu公司	Y	0805
48	配备	6	R28, R38, R48, R58, R68, R78	RES, 102k ohm, 1%, 0.125W, 0805	CRCW0805102KFKEA	威世达勒	Y	0805
49	配备	2	R43, R53	RES, 1.2Meg ohm, 5%, 0.125W, 0805	ERJ-6GEYJ125V	松下	Y	0805
50	配备	1	R80	RES, 0 ohm, 5%, 0.25W, 1206	ERJ-8GEY0R00V	松下	Y	1206
51	配备	3	T1, T2, T3	推挽式变压器, 12.8uH, TH	750342312	Würth Elektronik eiSos	Y	变压器, 25x16x22.2mm
52	配备	1	U1	100V推挽电流模式PWM控制器, 10脚MSOP,无铅	LM5030MM/NOPB	TI (与美国国家半导体公司)	Y	MUB10A
53	配备	1	U2	DDC0006A 1.2V -8V/3A具有可配置转化率的PFET负载开关, 提供快速瞬变隔离与磁滞控制	TPS27082LDDC	TI	Y	DDC0006A
54	配备	6	U3, U5, U7, U9, U11, U13	无铅的5V微功率低压降稳压器, 提供8脚窄片小外形集成电路封装 (SOIC)	LP2954AIM/NOPB	TI (与美国国家半导体公司)	Y	M08A

表 2: BOM (接上表)

SL 编号	配备情况	数量	元件标号	描述	零件编号	制造商	ROHS	包装参考
55	配备	6	U4, U6, U8, U10, U12, U14	IC, -3V 至 -36V, -200mA, 极低噪音、高电源电压抑制比、低压差负电压线性稳压器	TPS7A30xxDGN	TI		MSOP-8
56	配备	1	1	SOD-123封装齐纳二极管, 12V, 500mW	MMSZ5242B-TP	美中吉电子有限公司	Y	SOD-123

7.3 PCB 布局

注意PCB板的总尺寸（包括逆变器三个桥臂的三个电源）为120 mm x 100 mm。

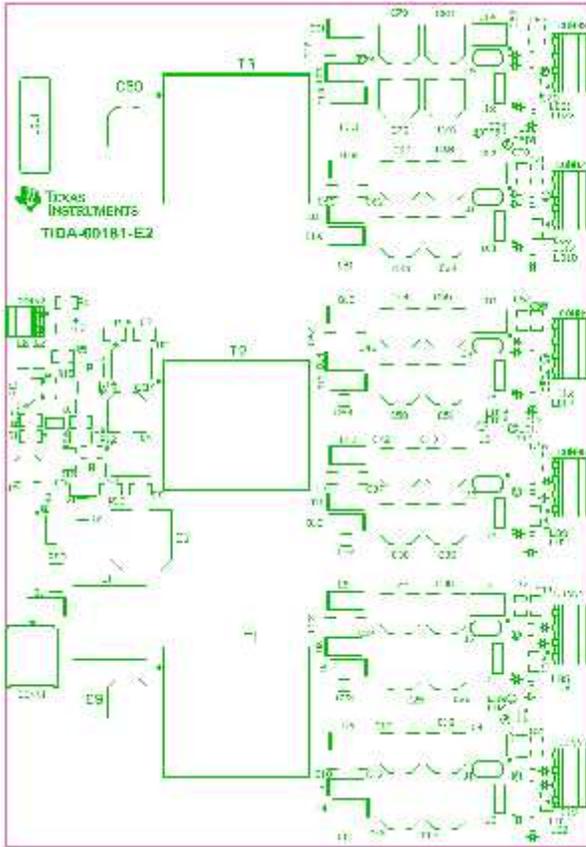


图 41. 顶层丝印层

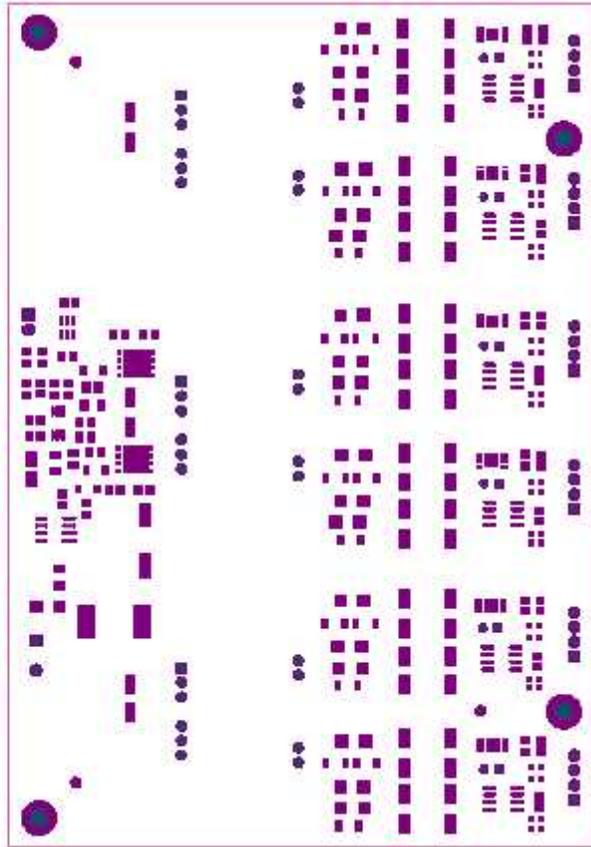


图 42. 顶层阻焊层

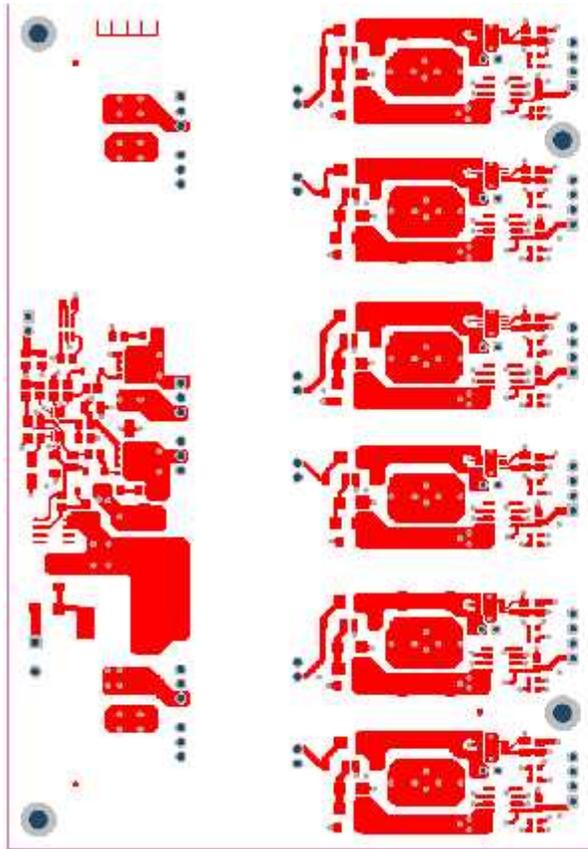


图 43. 顶层

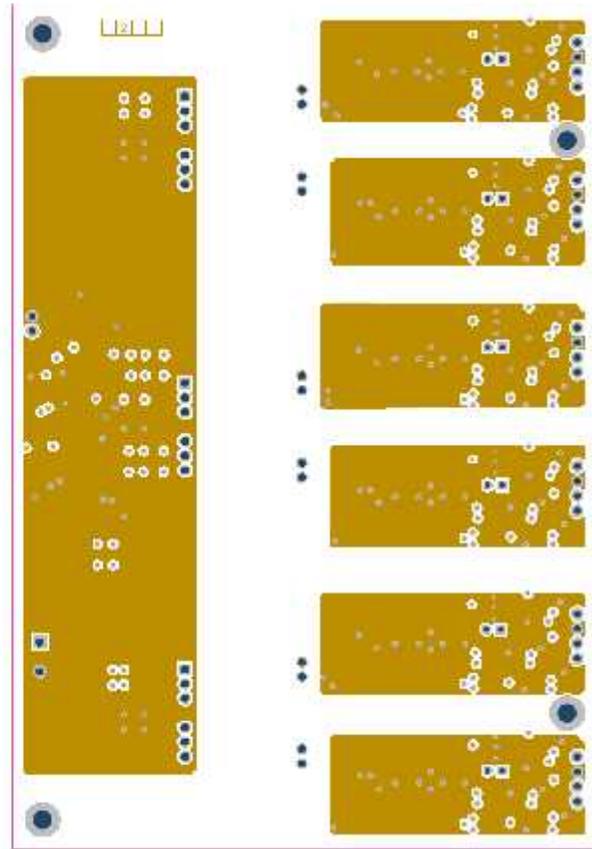


图 44. 中间层 1

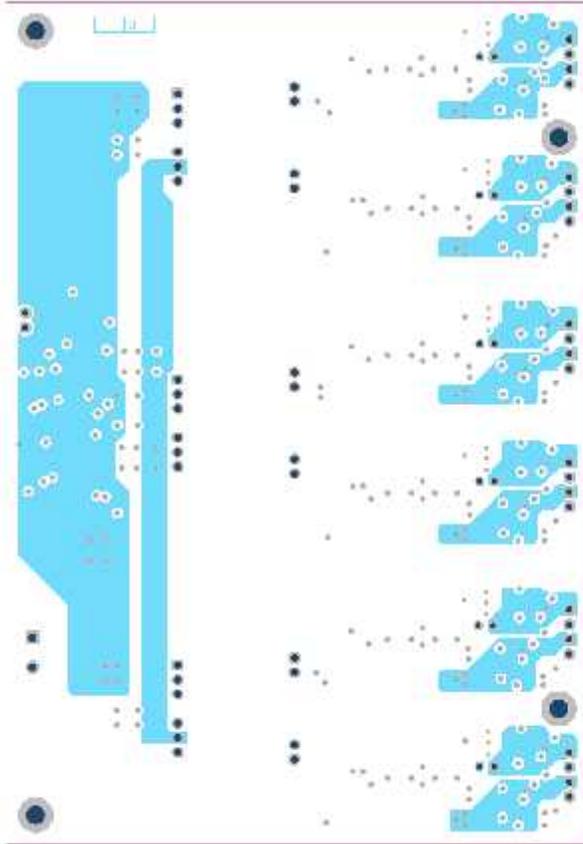


图 45. 中间层 2

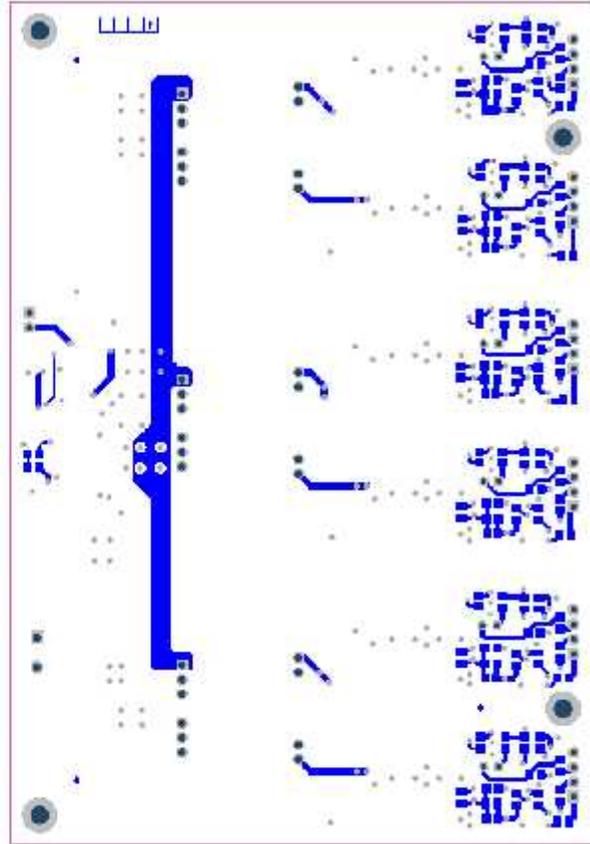


图 46. 底层

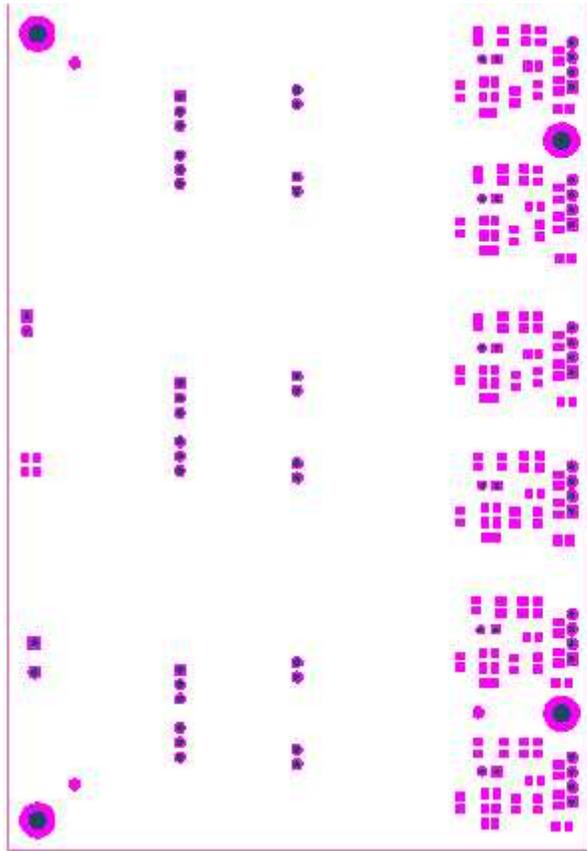


图 47. 底层阻焊层



图 48. 底层丝印层

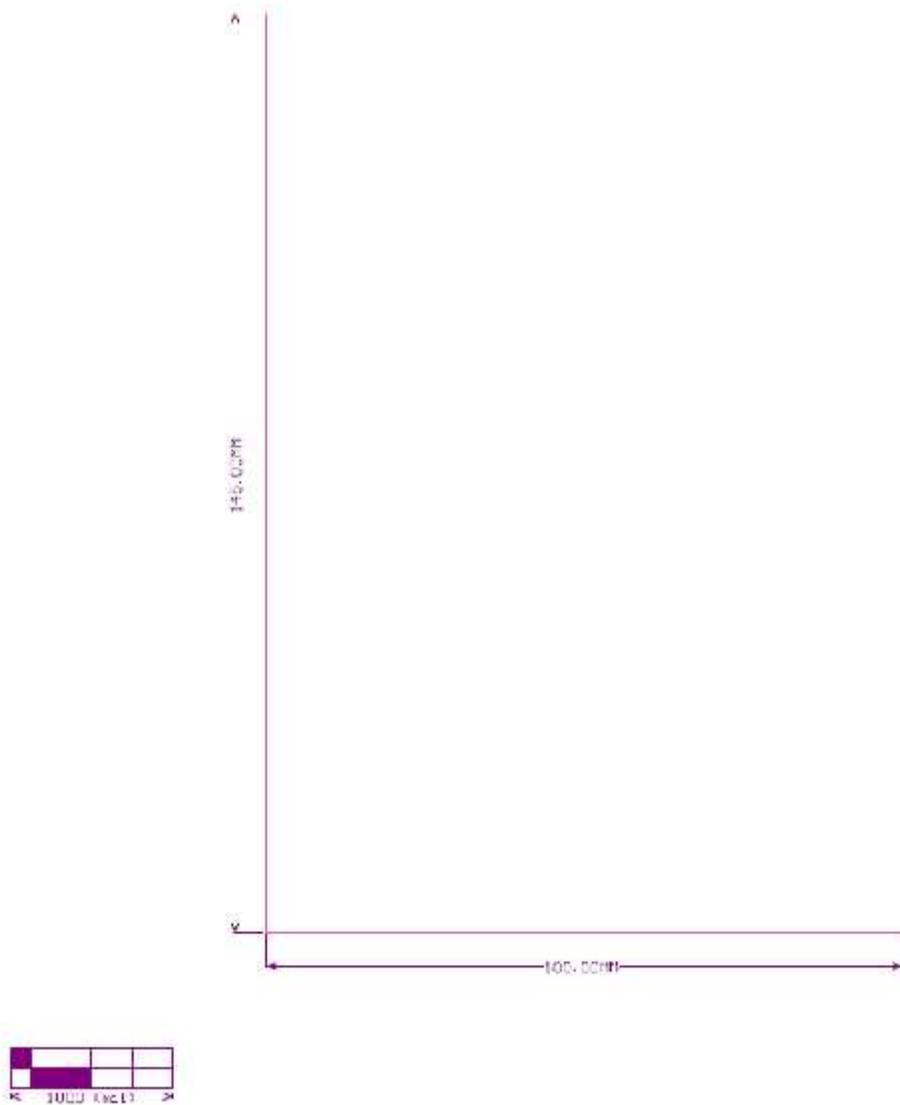


图 49. 板子尺寸图

7.4 奥腾设计软件项目

要下载 Altium 格式文件，请见 TIDA00181 的设计文件

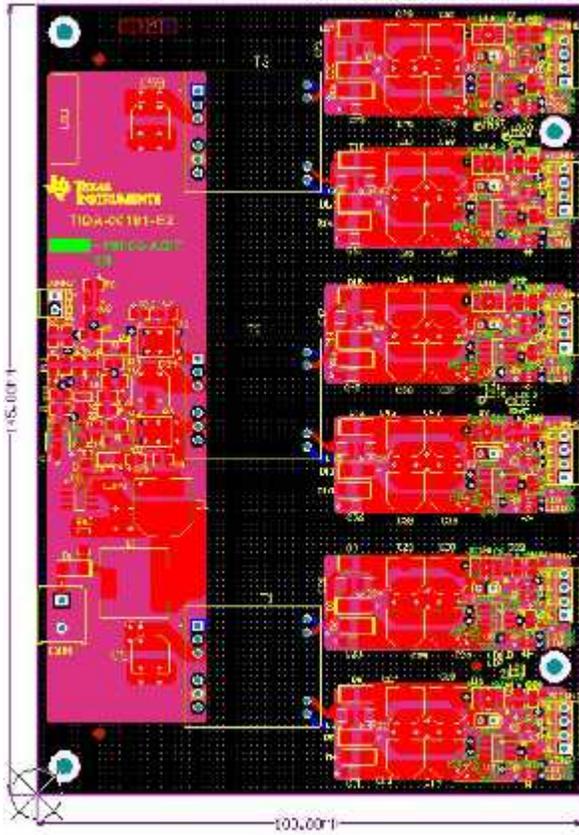


图 50. Altium 软件上的所有 PCB 板层

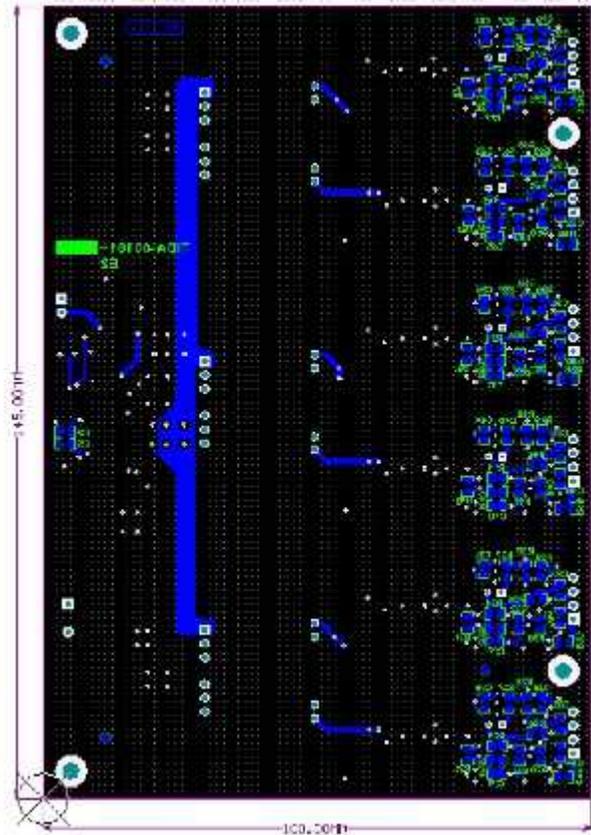


图 51. Altium 软件上的 PCB 板底层

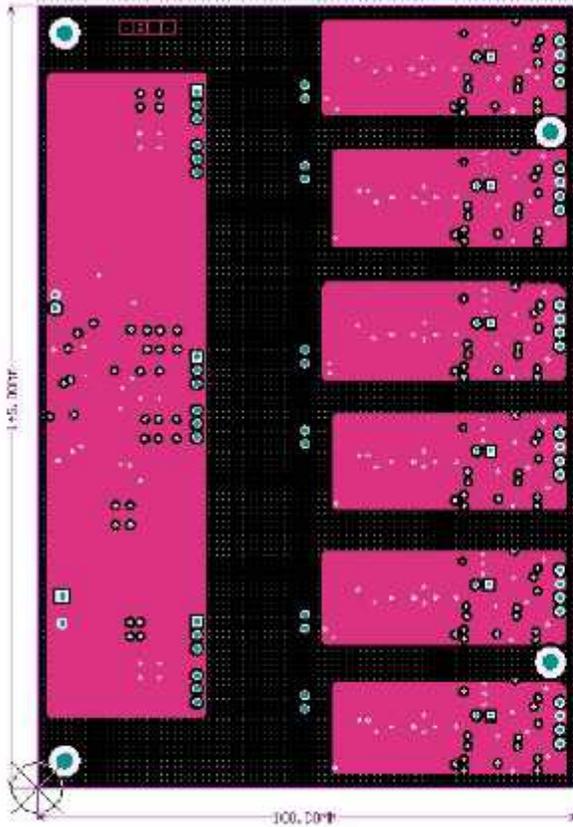


图 52. Altium 软件上的 PCB 板中间层 1

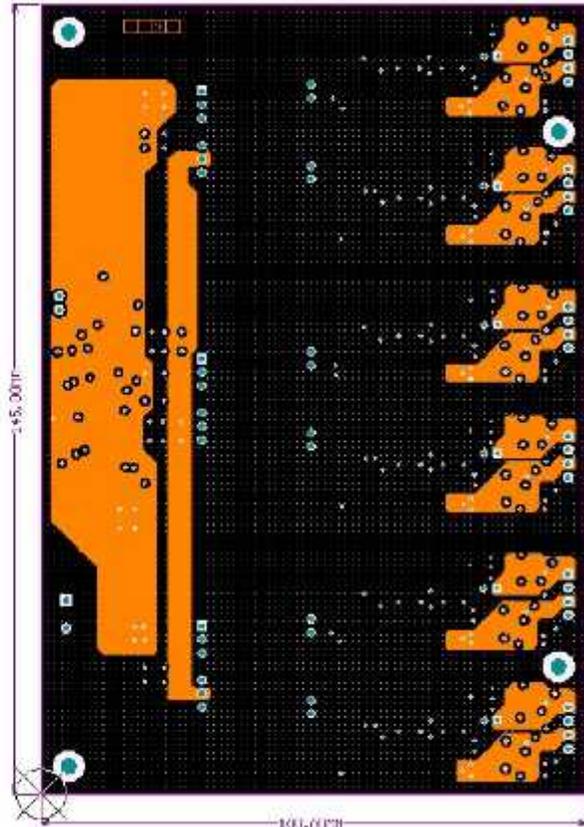


图 53. Altium 软件上的 PCB 板中间层 2

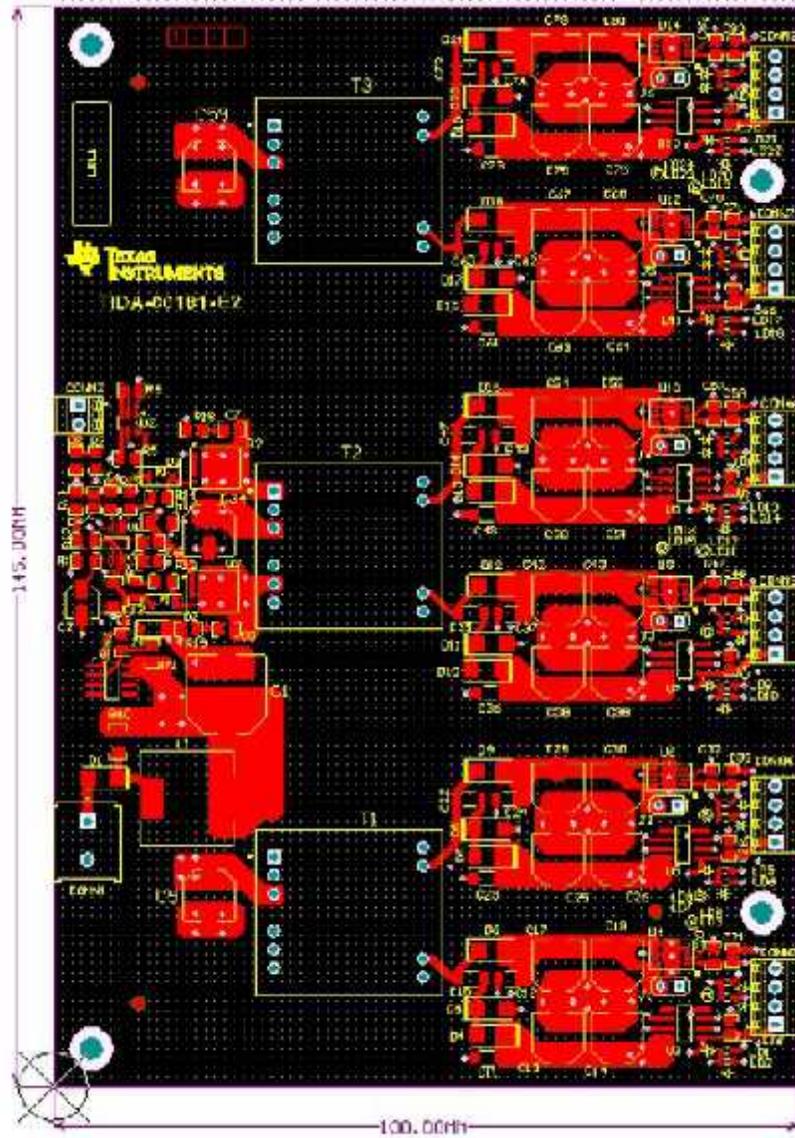


图 54. Altium 软件上的 PCB 板顶层

7.5 格柏 (Gerber) 文件

要下载 Gerber 格式文件, 请见 TIDA00181 的设计文件

符号	点击次数	工具尺寸	钻	孔类型
1	1	0.300	0.050	微孔
2	1	0.300	0.050	微孔
3	1	0.300	0.050	微孔
4	1	0.300	0.050	微孔
5	1	0.300	0.050	微孔
6	1	0.300	0.050	微孔
7	1	0.300	0.050	微孔
8	1	0.300	0.050	微孔
9	1	0.300	0.050	微孔
10	1	0.300	0.050	微孔
11	1	0.300	0.050	微孔
12	1	0.300	0.050	微孔
13	1	0.300	0.050	微孔
14	1	0.300	0.050	微孔
15	1	0.300	0.050	微孔
16	1	0.300	0.050	微孔
17	1	0.300	0.050	微孔
18	1	0.300	0.050	微孔
19	1	0.300	0.050	微孔
20	1	0.300	0.050	微孔
21	1	0.300	0.050	微孔
22	1	0.300	0.050	微孔
23	1	0.300	0.050	微孔
24	1	0.300	0.050	微孔
25	1	0.300	0.050	微孔
26	1	0.300	0.050	微孔
27	1	0.300	0.050	微孔
28	1	0.300	0.050	微孔
29	1	0.300	0.050	微孔
30	1	0.300	0.050	微孔
31	1	0.300	0.050	微孔
32	1	0.300	0.050	微孔
33	1	0.300	0.050	微孔
34	1	0.300	0.050	微孔
35	1	0.300	0.050	微孔
36	1	0.300	0.050	微孔
37	1	0.300	0.050	微孔
38	1	0.300	0.050	微孔
39	1	0.300	0.050	微孔
40	1	0.300	0.050	微孔
41	1	0.300	0.050	微孔
42	1	0.300	0.050	微孔
43	1	0.300	0.050	微孔
44	1	0.300	0.050	微孔
45	1	0.300	0.050	微孔
46	1	0.300	0.050	微孔
47	1	0.300	0.050	微孔
48	1	0.300	0.050	微孔
49	1	0.300	0.050	微孔
50	1	0.300	0.050	微孔
51	1	0.300	0.050	微孔
52	1	0.300	0.050	微孔
53	1	0.300	0.050	微孔
54	1	0.300	0.050	微孔
55	1	0.300	0.050	微孔
56	1	0.300	0.050	微孔
57	1	0.300	0.050	微孔
58	1	0.300	0.050	微孔
59	1	0.300	0.050	微孔
60	1	0.300	0.050	微孔
61	1	0.300	0.050	微孔
62	1	0.300	0.050	微孔
63	1	0.300	0.050	微孔
64	1	0.300	0.050	微孔
65	1	0.300	0.050	微孔
66	1	0.300	0.050	微孔
67	1	0.300	0.050	微孔
68	1	0.300	0.050	微孔
69	1	0.300	0.050	微孔
70	1	0.300	0.050	微孔
71	1	0.300	0.050	微孔
72	1	0.300	0.050	微孔
73	1	0.300	0.050	微孔
74	1	0.300	0.050	微孔
75	1	0.300	0.050	微孔
76	1	0.300	0.050	微孔
77	1	0.300	0.050	微孔
78	1	0.300	0.050	微孔
79	1	0.300	0.050	微孔
80	1	0.300	0.050	微孔
81	1	0.300	0.050	微孔
82	1	0.300	0.050	微孔
83	1	0.300	0.050	微孔
84	1	0.300	0.050	微孔
85	1	0.300	0.050	微孔
86	1	0.300	0.050	微孔
87	1	0.300	0.050	微孔
88	1	0.300	0.050	微孔
89	1	0.300	0.050	微孔
90	1	0.300	0.050	微孔
91	1	0.300	0.050	微孔
92	1	0.300	0.050	微孔
93	1	0.300	0.050	微孔
94	1	0.300	0.050	微孔
95	1	0.300	0.050	微孔
96	1	0.300	0.050	微孔
97	1	0.300	0.050	微孔
98	1	0.300	0.050	微孔
99	1	0.300	0.050	微孔
100	1	0.300	0.050	微孔

图 55. 制作图

7.6 装配图

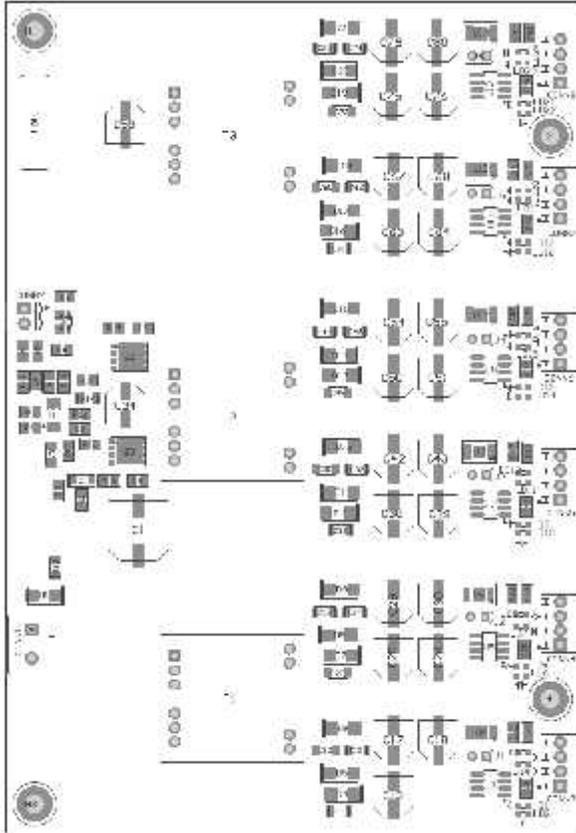


图 56. 顶层转配图

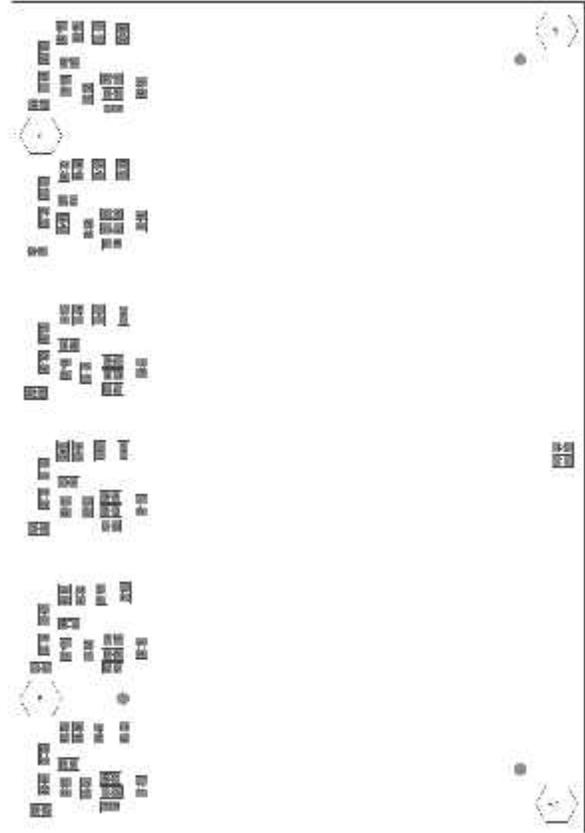


图 57. 底层转配图

8 参考文献

1. LM5030 数据表, *LM5030 100 V推挽式电流模式PWM控制器* (SNVS215)。
2. LP2954/LP2954A 数据表, *LP2954/LP2954A 5 V可调式微功耗低压降稳压器* (SNVS096)。
3. TPS7A3001 数据表, *TPS7A3001 -36 V, -200 mA, 极低噪音负电压线性稳压器* (SBVS125)。

9 关于作者

SANJAY PITHADIA 是 TI 的系统工程师。他在 TI 负责为工业电机驱动行业开发次系统设计解决方案。SANJAY 自从 2008 年开始任职与 TI 以来, 一直参与设计与能源和智能电网相关的产品。他贡献给该岗位的是在模拟设计、复合信号设计、工业界面与电源方面的经验。SANJAY 在印度孟买的 VJTI 大学获得电子工程技术学士学位。**N. NAVANEETH KUMAR** 是 TI 的系统工程师。他在 TI 负责为工业系统内的电机控制开发次系统解决方案。N. NAVANEETH 贡献给该岗位的是他在动力电子设备、EMC、模拟和复合信号设计方面丰富的经验。另外, 他有子在驱动器、光伏逆变器、UPS 和保护继电器等系统层面产品的设计经验。**N. NAVANEETH** 在印度芭莎瑞尔大学获得了电子与通信工程学士学位, 并在英国波尔顿大学获得了电子产品开发科学硕士学位。

修订版 A 历史

注意：之前版本的页码在现在的版本中可能有所变化。

从原始版本（2014 年 6 月）变为现在的修订版 A	页码
• 修改了变压器次级测的底部绕组.....	1
• 修改了变压器次级测的底部绕组.....	6

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

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