

Application Brief

采用 DRV7308 的布局设计指南，旨在改善热性能



Joshua Maize

在设计电机驱动器系统的 PCB 布局布线时，热性能是最重要的考虑因素之一。热设计不良会导致器件性能和系统性能显著降低，甚至会损坏 IC。DRV7308 是一款高压集成式 GaN-FET BLDC 电机驱动器，需要额外的设计考虑来更大限度地提升 250W-450V 系统中驱动器的热性能和效率。本文档旨在重点介绍使用采用 GaN IPM DRV7308 的 250W 电机逆变器参考设计来设计具有高效散热能力的 250W PCB 布局的主要方面。

针对热效率的 PCB 层选择注意事项

设计适用于大功率应用的 PCB 时的第一个重要考虑因素是决定电路板的基板层数量。选择适当数量的层会对电路板电机驱动器设计的总体热性能（与电路板材料上的散热有关）产生重大影响。

对于高压电机驱动器应用（例如使用 DRV7308 的应用），与两层或六层以上的电路板相比，四层 PCB 可以在热耗散、电气性能和安全注意事项之间实现更好的平衡。DRV7308 的运行功率为 250W，由于涉及高功率级别，因此支持电路需要出色的热管理，并且具有专用铜电源平面和接地平面的四层电路板可实现这种有效的散热。这些额外的层通过在整个内层中分配热量，来帮助消散设计功率级中的板载热点产生的热量，并防止这些热点影响驱动器的可靠性和安全性。这些额外的内部层还可以增加 2oz 的覆铜厚度，从而更高效地散热。

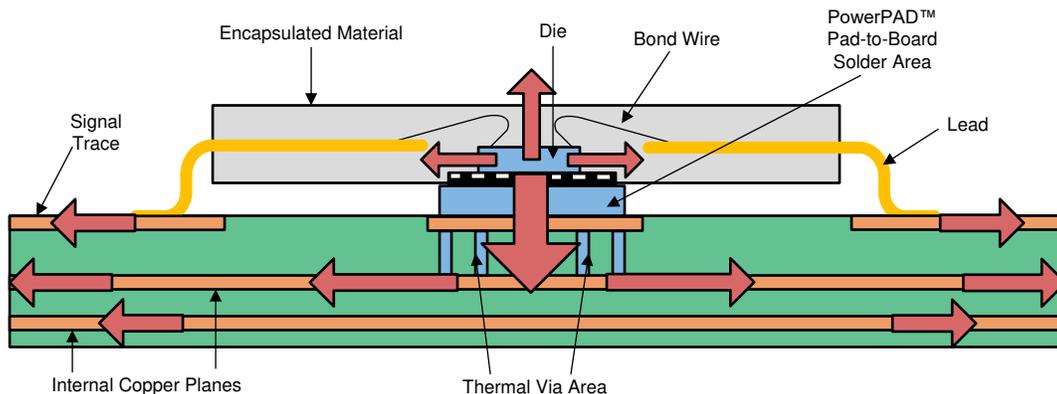
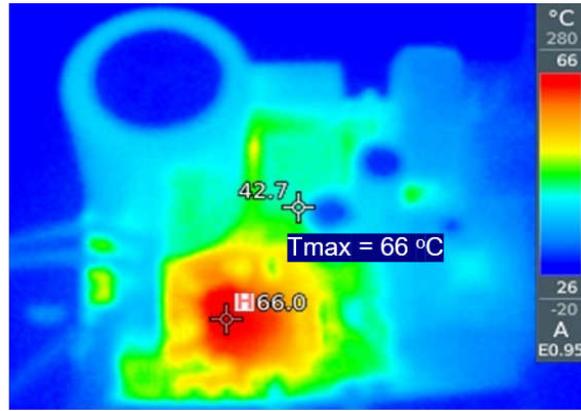


图 1. 安装在 PCB 上的 Thermal Pad™ 封装的横截面以及由此产生的热传递

DRV7308 VQFN 封装包含一个散热焊盘，更利于将热量从器件直接传递到 PCB 的通道上。

与四层电路板相比，6 层或 8 层电路板的额外厚度可充当结构内的热绝缘来吸收热量，尤其是当设计没有充分分布散热过孔来将热量散发到表面或远离关键元件时。对于高电压设计，为确保安全，简单性也很重要；利用四层结构可降低不必要的设计复杂性，从而实现更好的布线宽度、布线、必要的隔离标准，同时仍实现有效的散热。总体而言，四层 PCB 在热性能和设计灵活性之间实现了出色的平衡。



Tested at 300VDC, 250W, 0.85ARMS, TA = 25 °C,
Slew rate = 5V/ns

图 3. TIDA-010273 热点热效率测试

适当利用覆铜可以更轻松地实现较高的热性能。通过图 3 中设计的布线，TIDA-010273 DRV7308 PCB 可以在 250W 下实现 66°C 的峰值工作温度。

更大的覆铜量提供了一种既实用又具有成本效益的方法，可实现更好的热性能，而不会添加额外的层或复杂的热管理功能。在高压应用中，这些覆铜还可以充当可靠的接地平面，稳定电路板的电气特性，并确保高压布线周围有足够的间距，可防止电弧或电介质击穿。

散热过孔的放置和密度

热拼接过孔是另一个关键设计实现。散热缝合通孔是另一种关键的设计实现方法，对于更大限度地提高 TIDA-010273 250W 设计等更高功率应用的热性能十分必要。散热过孔是巧妙放置在发热器件（例如电容器、整流器和电机驱动器 IC）下方或周围的小型镀铜孔，用于将热量从表面层传导至 PCB 的内层或接地层。这种垂直热路径可以有效地将热量从敏感元件散发出去，并将热量散发到电路板上更广泛的区域，从而降低了局部热点的风险。在注重安全和热管理的高压 DRV7308 电机驱动器设计中，在适当位置放置散热过孔有助于确保温度稳定性，防止过热，并提高整体电路板可靠性和效率。

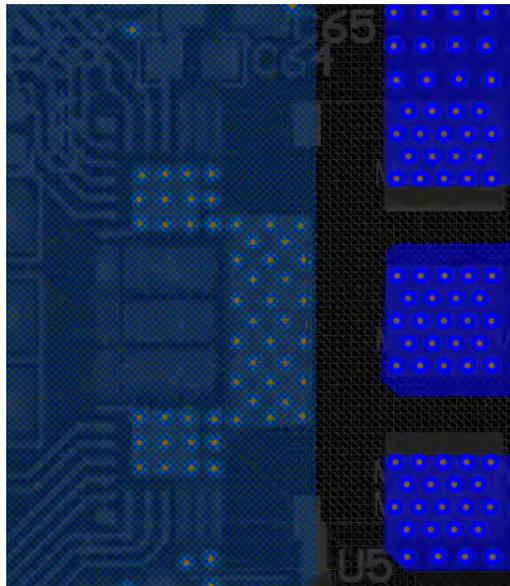


图 4. DRV7308 焊盘下的 TIDA-010273 散热过孔

过孔的尺寸和放置方式取决于应用的具体散热要求和电流负载。对于 250W 应用，直径为 0.3mm 至 0.5mm 的过孔非常有效。该尺寸提供了足够的横截面积，以便在不占用电路板空间或影响电气隔离要求的情况下进行热传递。并行使用多个过孔也非常适合在器件热点附近均匀散热。对于 TIDA-010273 参考设计，过孔密度约为每 110mil^2 12 个拼接过孔，可在驱动器散热焊盘和相位输出端子下实现有效的热传递，同时保持结构完整性并避免电气故障。如果元件需要一个扁平的安装表面（如 DRV7308 的 VQFN 封装），则必须填充或插入通孔，因为这有助于避免组装过程中的焊料渗锡，从而确保元件与板之间的可靠接触实现高效的热传递。对于电流较高的设计，散热过孔的镀铜厚度也很重要。较厚的铜镀层可提高导热性，从而降低通过过孔的热阻。具有较高覆铜重量（例如 2oz 覆铜）的 PCB 可从这些过孔中受益更多，因为 PDB 会将发热元件直接连接到牢固的接地平面或电源平面，从而更好地分配累积的热量。使用散热过孔与较大的覆铜和适当的布线宽度相结合，有助于使 PCB 保持冷却，从而提高 DRV7308 的热性能和电气性能。

工作电压、电流和功率输出

虽然 DRV7308 在不带散热器的情况下的额定功率为 250W，但使用 5A 峰值电流输出来实现这一功率可能会导致 IC 产生的内部热量增加。根据电压、电流和功率之间的关系 $P = I \times V$ ，这是更有效的使用较高的电压和较低的电流来达到所需的功率水平。例如，一项 250W 设计可通过 300V 电源电压和 0.85A RMS 电流实现，或通过消耗 0.55A RMS 的 450V 电源实现。如前文所述，DRV7308 控制器的 $R_{DS(ON)}$ 较低，只有 $205\text{m}\Omega$ ，因此将其计入产生的热量公式，其中的热量与电流的平方成正比： $\text{热量} = I^2 R_{DS(ON)}$ 。在 0.85A 和 0.55A 的电流消耗下，在 300V 电压下产生的热量与在 450V 电压下产生的热量之比为 [2.4 : 1]，这意味着热损耗显著降低。此信息证明了为何建议尽可能更接近最大额定电压的情况下运行，并确保布局设计和系统配备最大额定工作电压为 450V 的元件。

结语

要实现热效率较高的系统，需要做出许多重要决定，而为大功率、高电压电机驱动器设计 PCB 时，需要仔细考虑热管理技术，以确保更大限度地提高可靠性和效率。四层电路板通常是此类应用的理想选择，能够在成本、散热和电气稳定性之间实现平衡。覆铜面积越大，产生的热量就会更有效地分布到电路板上，从而减少局部热点，并允许过多的热量通过表面和内层散发。散热过孔通过创建从表面贴装元件到内部接地平面或电源平面的垂直路径，进一步增强热传递，有助于管理 DRV7308 的高热负载。使用散热过孔直径（0.3mm 至 0.5mm）和密度（12 / 110mil^2 ）可使热量均匀分布，同时保持电路板的结构完整性和高电压隔离。元件放置和电源注意事项支持采用额外的选项，以减少产生的热量和集中的热量。这些设计元素相结合，可创建稳健且高效散热的 PCB，能够满足 250W GaN 的需求。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司