

Application Brief

为何在大功率应用中使用 TI 齐纳二极管



McKenzie Eaker

简介

齐纳二极管广泛用于许多直流电压调节应用。在这些情况下，由于低效率容量会导致产生过多热量，最终损坏二极管和其他附近的元件，因此器件的电源能力可能变得至关重要。TI 采用市场上使用最广泛的封装 SOT-23 来制作大功率齐纳二极管，从而解决了这一难题。SOT-23 是一种带引线的 3 引脚封装，尺寸约为 2.9mm x 2.4mm。由于器件的材料组成和独特的引线框，热性能提升近 50%。具有更好的热性能会改善整体功率耗散。以下各节详细介绍了 TI 制作大功率 SOT-23 齐纳二极管的步骤、在此过程中进行的竞争分析以及一个应用示例的概要。

竞争分析

数十年来，SOT-23 封装一直在齐纳市场中占据主导地位。这种封装可灵活容纳多种不同类型的二极管和多通道型号。然而，封装面临的挑战是功率输出限制，这就是市场上的 SOT-23 齐纳二极管的主要上限为 300mW 的原因。功率耗散的主要影响因素是器件的热性能，具体而言就是 $R_{\theta JA}$ 。 $R_{\theta JA}$ 是结温至环境温度热阻，用于衡量安装在特定测试板（通常是具有单面铜的 FR-4 印刷电路板）上的封装的热性能。附连测试板在不同公司之间进行比较。

$R_{\theta JA}$ 值越低，表示封装在结温与环境温度之间传递热量越容易，意味着封装的热效率越高。这可以防止器件过热，并可能延长器件的使用寿命。如表 1 所示，TI 的 $R_{\theta JA}$ 与当今市场上的一些竞品之间存在显著差异。竞品 C 使用在功耗方面位居第二的不同封装。包括这句话是为了表明，TI 的 SOT-23 即使封装尺寸减小 20%，也可以在 SOD-123 齐纳领域中竞争。

表 1. 齐纳二极管的竞争分析

	TI	竞品 A	竞品 B	竞品 C
$R_{\theta JA}$	285.5°C/W	417°C/W	500°C/W	338°C/W
P_D	430mW	300mW	250mW	370mW
封装	SOT-23	SOT-23	SOT-23	SOD123
主体面积	3.8mm ²	3.8mm ²	3.8mm ²	4.8mm ²

表 1 还显示了功率耗散 (P_D)。为了计算器件的总功率耗散，使用以下公式，其中 T_J 为结温， T_A 为环境温度。使用 150°C 的最大结温限值和 25°C 的环境温度以及上面列出的 $R_{\theta JA}$ ，可以计算功率耗散。这适用于表 1 中的所有值。

$$T_J = T_A + (P_D \times R_{\theta JA}) \quad (1)$$

材料成分

为了克服功率耗散的挑战，尤其小型封装的挑战，材料成分变得至关重要。这包括引线框材料、安装涂料、模塑化合物等。在竞争格局中，采用了铁镍合金引线框，但其热导率较低。铁镍合金是一种使用了数十年的材料，众所周知，由于材料和结构的原因，这种材料会出现分层和焊点问题。作为替代方案，铜合金引线框材料的导热性要高得多。由于这种材料差异，TI 的 SOT-23 齐纳二极管在较长的时间内表现更好，如图 1 所示。图中比较了 TI SOT-23 封装和竞品 SOT-23 封装之间 $R_{\theta JA}$ 随时间的变化情况。在进行热分析时，一些参数（如裸片厚度、裸片

贴装、引线框材料和引线框设计) 保留为实际结构。为了在两个器件之间进行准确比较，裸片尺寸和 PCB 是常数。

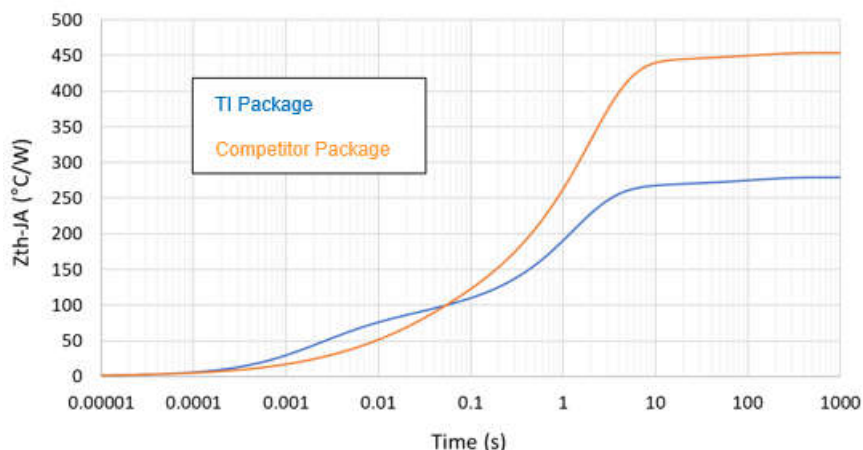


图 1. SOT-23 封装热比较

根据图 1，竞品器件在短时间内确实表现更好一点。原因在于裸片连接材料不同。裸片连接是用于将裸片连接到引线框的材料。竞品器件使用纯银和背面镀层，这可以保证短时间内更好的导热性，但可能是一种成本更高的布线。下图展示了竞品器件的裸片连接的材料成分，其中大多数构成是银 (Ag)。纯银芯片贴装的替代方案是改用银环氧树脂。银环氧树脂的热导率不同，但环氧树脂可以缩短制造时间并提高可靠性。设计器件时总是需要权衡取舍，但对于我们的情况，采用的布线在功率耗散方面发挥了巨大优势。

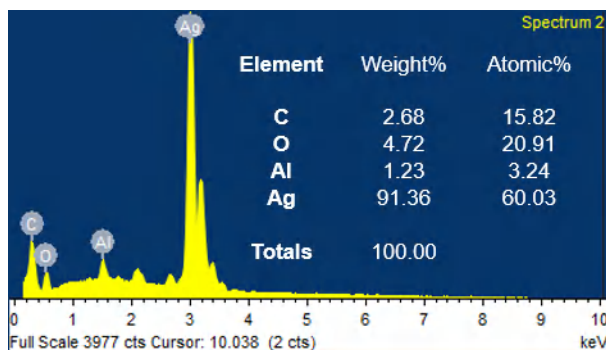


图 2. 裸片连接成分

引线框设计

影响热性能的另一个因素是引线框的设计。SOT-23 的两种常见引线框设计如下图所示。这些设计通常称为标准引线框或分离引线框。标准引线框具有一个较大的中间焊盘，裸片安装在该焊盘上并与外部焊盘绑定。由于尺寸限制，无法使用标准引线框设计将裸片放置在外部的焊盘上。分离引线框是指引线框不是连续结构，而是拆分或分开的结构。对于分离式 SOT-23 引线框，裸片可以位于中间焊盘或外部焊盘上，具体取决于器件配置。相比两种引线框样式，标准引线框显然具有更大的中间焊盘。这个更大的焊盘可以改善散热，从而实现更好的整体热性能。

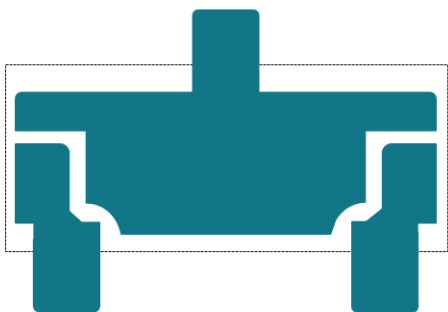


图 3. SOT-23 标准引线框

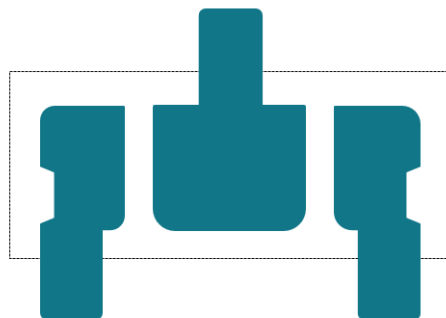


图 4. SOT-23 分离引线框

应用

更高功率的齐纳二极管在许多应用中都很实用，例如医疗设备、电动工具、智能仪表和高级驾驶辅助系统 (ADAS)。具体到 ADAS 系统中，通常使用 350mW 至 500mW 的更高功率齐纳二极管提供电池反向保护。在这些设计中，由于具有更高的功率容量，通常使用 SOD123 齐纳二极管，但 TI 可以在 SOT-23 封装中实现相同的功率容量。SOT-23 和 SOD123 在 PCB 上的空间大小几乎一样，但 SOT-23 具有更小的外形尺寸、更小的封装尺寸，并且更具成本效益。

查看 ADAS 的 TIDA-050008 参考设计的以下原理图，ADAS 使用了 15V、370mW SOD-123 齐纳二极管在过压事件期间钳制比较器的电压。钳制比较器电源电压的主要目的是使电压不超过 MOSFET 的最大栅源电压 ($V_{GS(MAX)}$)。在该应用中，TI 的 BZX84C15V-Q1 (也有商用版本) 是一款 15V、430mW SOT-23 齐纳二极管，可轻松取代电流齐纳二极管。

[illegible]

总结

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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