

Application Brief

使用 TI 的二极管桥接控制器实现低损耗整流



Shiven Dhir

家庭安防传感器、可视门铃、景观照明、恒温器、以太网供电 (PoE) 安防摄像头等终端设备均使用低压交流电源 (通常为 24VAC) 作为输入, 但下游负载需要直流电源。对于这些类型的应用, 使用全波整流器将交流电转换为直流电。传统做法是通过肖特基二极管来实现这一目标, 但这种二极管在功耗和散热方面表现欠佳。本文重点介绍了 LM74680/1 理想二极管桥接控制器如何在空间受限的终端设备中实现更低的功耗, 从而实现更好的热管理。

低压交流整流

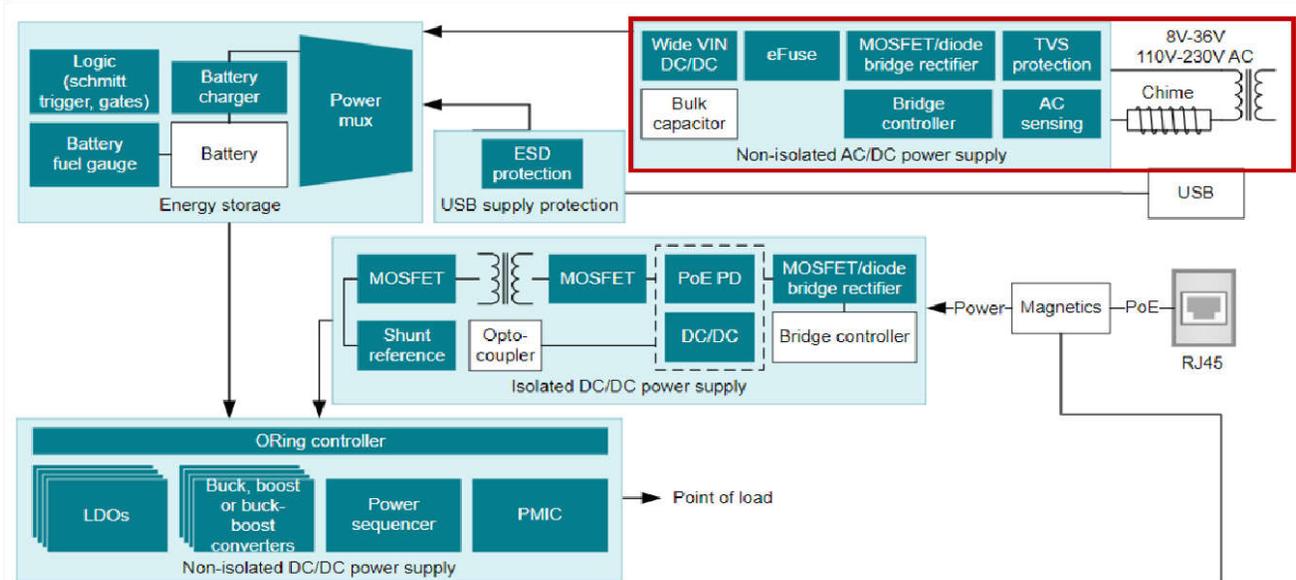


图 1. 可视门铃的典型方框图

许多现代门铃, 甚至包括低压交流供电门铃, 都包含需要直流电源的电路, 如微控制器、传感器或通信模块。传统上, 二极管桥用于将低压交流电转换为稳定的直流电压, 从而为这些元件供电。这些元件对电源波动、电磁干扰和温度变化等噪声源特别敏感。最重要的特征在于其宽输入电压范围, 支持 8V 至 36V 交流电压, 可根据不同变压器规格灵活适配。可视门铃前端设计必须包括电源管理产品, 可在宽输入范围和工作负载电流范围内支持高效率。

要设计出可安装在任何门框上并在任何温度下都能发挥最佳性能的可视门铃, 设计者必须考虑电源管理元件的散热问题。在传统设计中, 输入端会使用二极管桥接式整流器为下游负载供电, 但由于每个二极管在每个交流周期的压降较高, 因此性能欠佳。

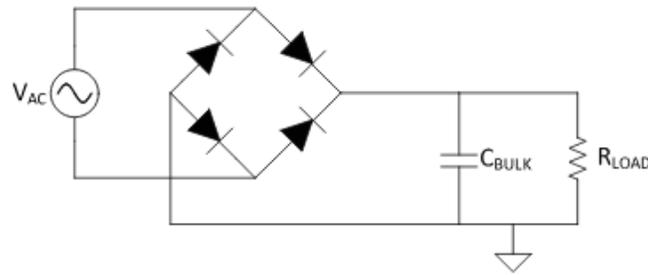


图 2. 传统二极管桥接式整流器

考虑到传统二极管桥中的肖特基电压为 $0.5V$ ，每个周期的压降约为 $1V$ ($0.5V \times 2$)。在 $1.5A$ 负载情况下，每个周期会耗散约 $1.5W$ 的功率。

以太网供电 (PoE)

以太网供电技术允许通过一根以太网电缆同时传输电力和数据。这样就省去了额外的电力布线，并简化了安装过程。以太网供电 (PoE) 主要由三个部分组成。

- 电源设备 (PSE)
- 供电设备 (PD)
- 以太网电缆

随着 2018 年 IEEE 802.3bt 标准的加入，以太网供电 (PoE) 的供电能力得到提升，从而实现了更广泛的应用，比如可以为高性能网络摄像机、无线接入点以及 LED 照明系统等设备供电。新标准通过使用全部四对线缆，引入了 3 类 (最高 $60W$) 和 4 类 (最高 $100W$) 的电力传输供电方式。

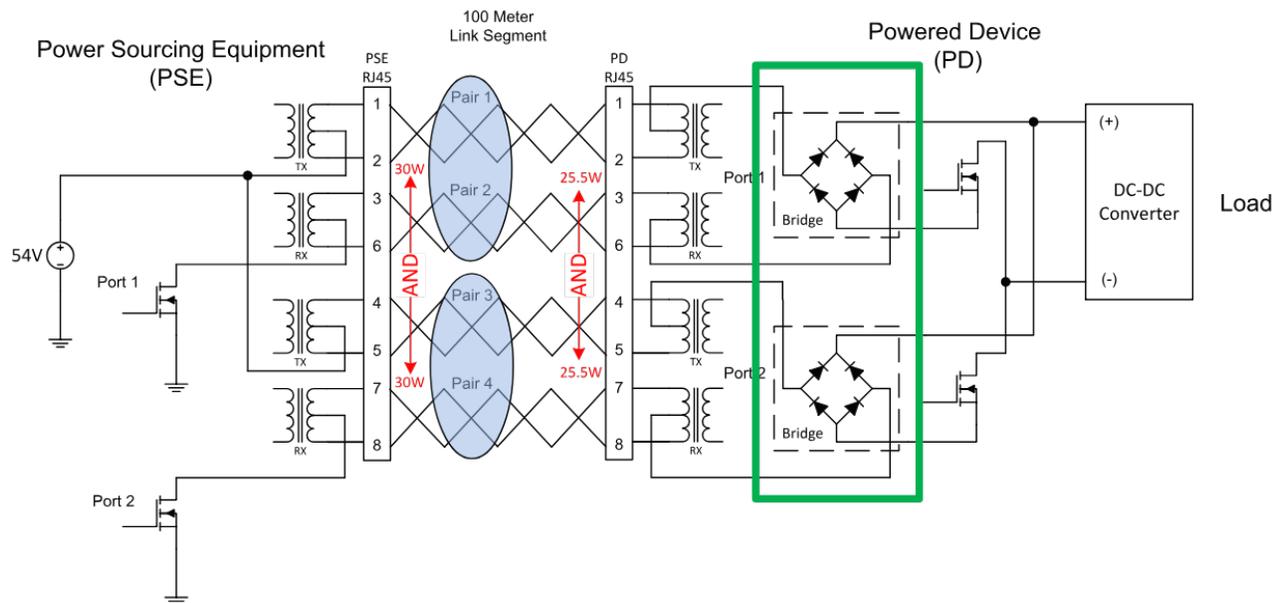


图 3. 以太网供电输入架构

传统设计采用两个二极管桥，会导致总压降为 $0.5V \times 4 = 2V$ (考虑到肖特基二极管的正向压降为 $500mV$)。要通过 $48V$ 的电源轨为下游负载提供 $90W$ 的功率，如果考虑均流分担，所需电流约为 $1.9A$ 。这将耗散总计 $1.9W$ 的功率。

采用 LM7468X 理想二极管桥接控制器进行设计

LM74680 是一款二极管桥接控制器，通过驱动四个 N 沟道 MOSFET 实现全桥配置。与传统二极管桥接整流器相比，LM74680 可实现更低的压降和更低的功耗。这种设计有助于简化电源设计、消除散热器需求，并减小 PCB 面积。内置电荷泵支持使用 N 沟道 MOSFET，比同等功率等级的 P 沟道 MOSFET 更小、更具成本效益。此外，该电荷泵还能对反向电流条件作出快速响应，从而防止发生输入短路事件。LM74680 具有一个使能引脚，可以通过外部信号启用或禁用栅极驱动器。LM74680 支持从 DC 到 1kHz 的电压整流。

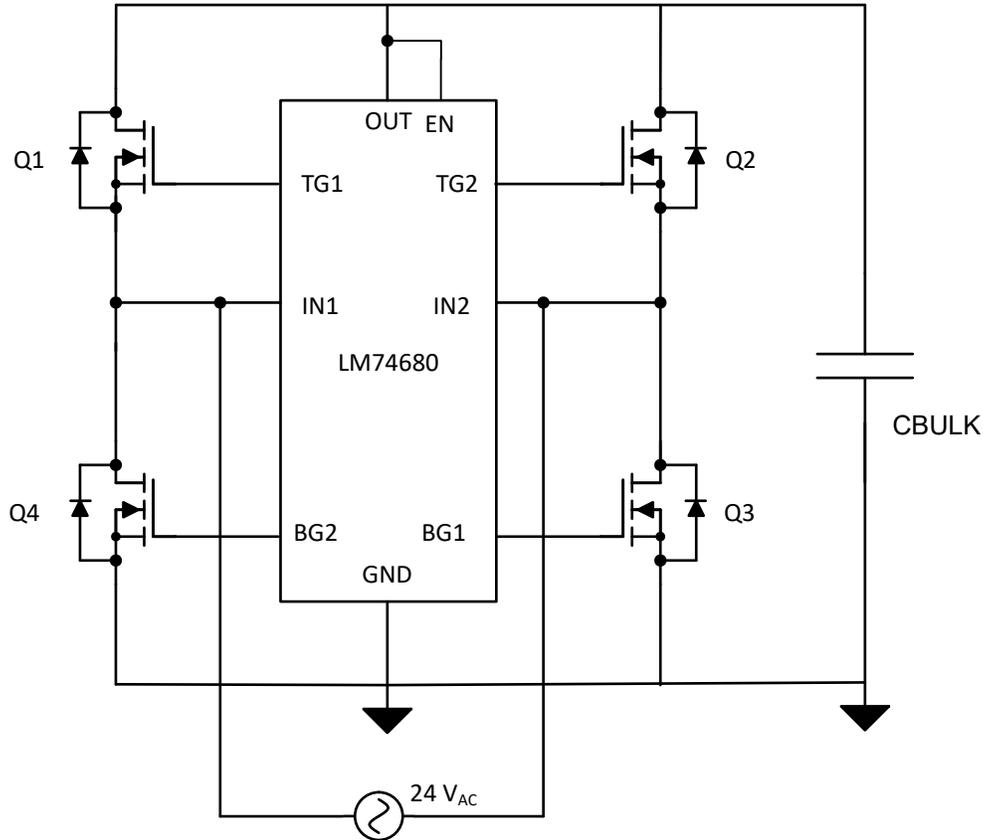


图 4. LM74680 理想二极管桥接控制器

与 LM74680 的性能相比，在全导通模式下运行时，每个周期的压降仅为 $2 (I_{LOAD} \times R_{DS_ON})$ 。对于 1.5A 负载，当使用我们 EVM 中的 CSD88537ND FET 时，LM74680 每个周期仅耗散 $2 \times (1.5A^2 \times 12m\Omega) = 54mW$ 的功率。传统电桥的耗散是智能控制器的 27 倍。

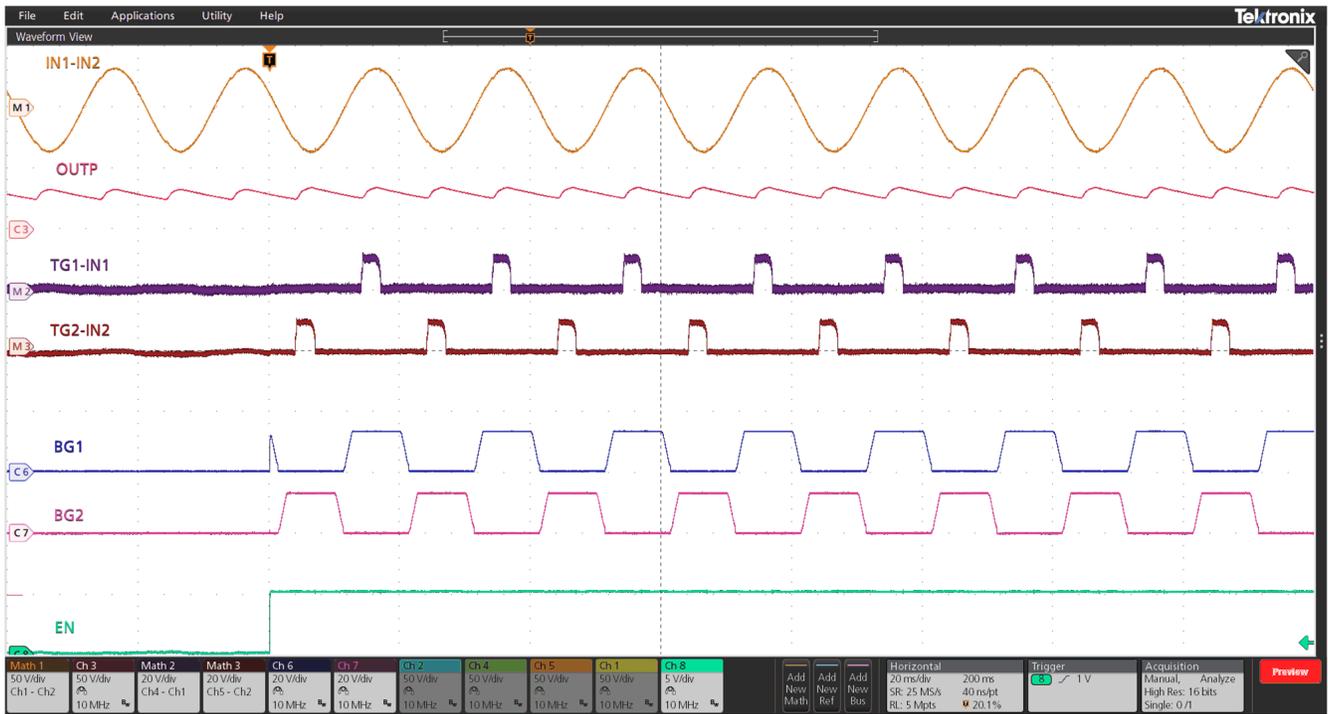


图 5. LM74680 对 24VAC 50Hz 电源进行有源整流

备注

如 图 5 所示，实现交流整流的元件选型可参见下面的 LM74680 数据表。

在设计可视门铃等更小的终端设备时，尺寸、功耗和热管理起到了重要作用。LM74680 二极管桥接控制器非常适合应对这些挑战，并且可用于设计能在所需温度范围内可靠工作的系统。

图 6 显示了 B360A 肖特基二极管和 CSD88537ND MOSFET 与 LM7468x 配对时的理论耗散比较。

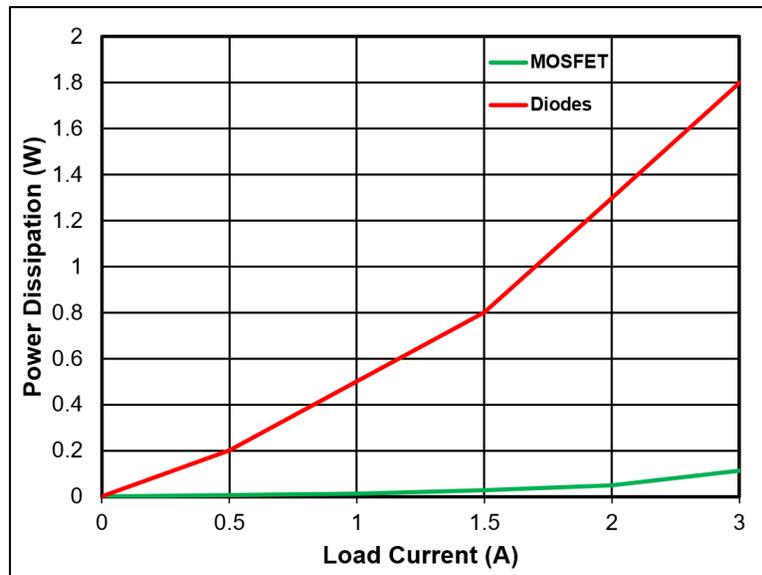


图 6. 肖特基二极管和 LM7468x 设计之间的功耗比较

图 7 和 图 8 显示了为每种设计方案在室温下承受 3A 直流负载时的温升差异。

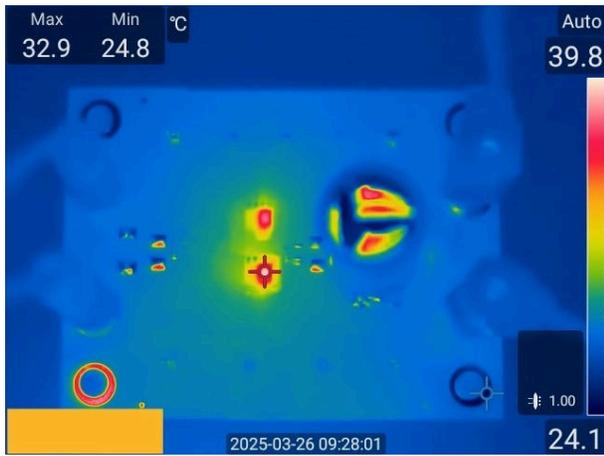


图 7. CSD88537ND FET 在 3A 直流负载下的热性能

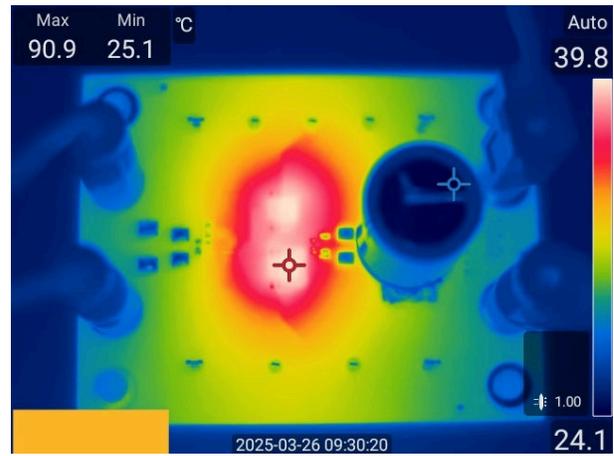


图 8. B360A 二极管在 3A 直流负载下的热性能

结语

无源二极管是一种设计电路的简便方法，但由于尺寸大、压降高且散热性能较差，因此使用效率非常低。随着新时代设计朝小型化发展，替换无源二极管对于提高性能至关重要。LM74680 和 LM74681 等有源桥接整流器控制器在散热和效率方面具有出色的性能。借助这些控制器，设计方案的可靠性和使用寿命能够得到提高。

参考资料

- [《PoE 照明即将到来》](#)
- [《启用新一代可视门铃》](#)
- [LM74681 适用于 PoE 供电应用的 100V 理想二极管桥接控制器](#)
- [LM74680 用于低损耗整流的理想二极管桥接控制器](#)

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