

Alex Smith

## 引言

一个低欧姆值的精密直列式电阻称为分流电阻。在混合动力、电动和动力总成系统、电动汽车充电基础设施、电机驱动器等高压汽车和工业应用中，分流电阻通常与隔离式数据转换器配对用于测量通过幅度驱动控制环路反馈算法的电流，同时保护数字电路免受执行功能的高压电路的影响。德州仪器 (TI) 拥有品类齐全的隔离式放大器、隔离式 ADC 和隔离式比较器产品系列，这些产品具有电容隔离层，能够帮助客户满足其隔离式数据转换需求。德州仪器 (TI) 的电容隔离栅通常可运行 100 年以上。有关 TI 电容隔离栅的更多信息，请参阅[隔离链接](#)。

如“[隔离式分流器和闭环电流检测的精度比较](#)”应用简报所示，基于分流器的电流检测功能可实现出色的精度、抗磁干扰能力、长期稳定性、高线性度、低温漂、扩展至多个项目的能力以及更低的价格。分流器可以安装在底盘上、采用表面贴装方式或使用引线通过穿孔连接到印刷电路板 (PCB)。有许多分流电阻可供选择，为给定应用选择正确的分流电阻并非总是轻而易举。本应用简报讨论了通常用于隔离式电流检测的分流电阻及其利弊权衡。

## 计算电阻和功率耗散要求

要选择分流电阻，第一步是根据隔离式数据转换器的连续和最大电流幅度以及线性满量程输入电压范围来计算所需的电阻和功率耗散额定值，如[隔离式电流检测的设计注意事项](#)一文中所述。但是，必须注意保持分流电阻的最高温度不会因自发热而超过数据表中列出的额定值。在正常条件下，即使该设计可以充分散热，分流电阻也无法在超过其额定电流的三分之二的情况下持续运行。散热技术因应用而异，可以通过多种方式实现：增加载流 PCB 布线或初级导体的重量或尺寸，增加散热器，或使用风扇进行强制风冷。如果应用无法进行充分散热，则分流电阻可能在超出极低电流（低至四分之一额定电流）的情况下便无法运行。超出此电流时，可能需要进一步降低电阻或增加所选分流电阻的功率耗散额定值。

对于表面贴装电阻，大约 90% 的自生热量都会通过传导到 PCB 布线的方式消散。[图 1](#) 表明增大载流 PCB 布线的尺寸是一种有效的散热方法。图中展示了表面贴装金属元件 1mΩ 2512 (5W) 和 3920 (8W) 封装分流电阻在采用自然和强制空气冷却时的仿真热性能。结果

显示为分流额定电流 (%) 与 PCB 尺寸 (mm<sup>2</sup>) 间的关系；其中达到了所选分流电阻的最高温度 (170°C)。

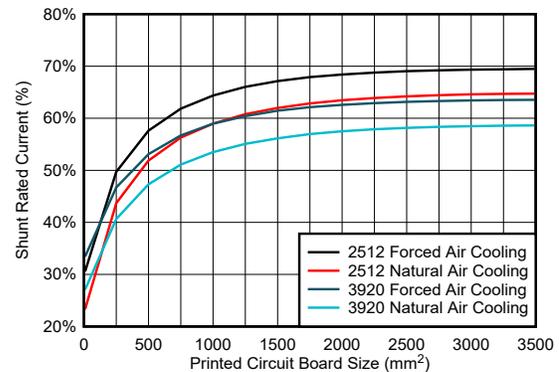


图 1. 分流额定电流与 PCB 尺寸间的关系

要验证分流电阻在应用中的性能，请测量分流电阻在最大标称运行期间的端子温度，并查阅分流电阻数据表中的功率降额曲线以验证是否在指定范围内运行。这种做法不仅能保持电阻材料不超过额定最高温度，还可确保额定温漂系数有效。

在计算预期的输出电压和功率耗散时，应考虑瞬态和短路电流幅度。不得违反数据表中指定的分流电阻短期过载功率耗散规格，否则存在永久改变分流电阻物理属性或产生开路的风险。此外，确认在数据表“绝对最大额定值”表中所示的任一条件下不违反隔离式数据转换器的绝对最大输入电压规格。德州仪器 (TI) 隔离式数据转换器输入引脚的额定电压范围通常为 -6V 至高侧电源电压 +500mV (相对于高侧接地端)，在此范围内没有损坏风险。

## 安装、结构和材料类型

计算出近似的电阻和功率耗散要求后，必须考虑[表 1](#) 中汇总的其他选型标准。

表 1. 分流器选型汇总

技术	金属元件	金属箔	金属元件	绕线
安装方法	表面贴装	表面贴装	底盘安装	底盘安装或引线式
电阻范围 (Ω)	0.1m - 1	0.5m - 0.7	25μ - 0.1	R > 5m
功率范围 (W)	1/16 - 20	1/80 - 10	¼ - 100	½ - 1k
容差范围 (%)	0.1 - 5	0.01 - 10	0.1 - 1	0.1 - 10
漂移范围 (ppm/°C)	15 - 750	0.2 - 1k	20 - 100	20 - 400

表 1. 分流器选型汇总 (continued)

技术	金属元件	金属箔	金属元件	绕线
脉冲能力 (C°)	高达 275	高达 225	高达 175	275+
成本	+	++	+++	+++/+

表面贴装金属元件分流电阻提供低阻值、高功率能力、良好初始精度和低成本，因此是隔离式电流检测的常见选择。Bourns® 的 CSS2H 和 Vishay® 的 WSLP 等分流电阻系列均适合用于隔离式电流检测。如果应用需要比金属元件更高的初始精度或更低的温漂，可以考虑使用金属箔（例如 Ohmite® 的 FC4L）；但是，与金属元件相比，金属箔的功率耗散额定值通常更低且成本更高。表面贴装电阻的布局注意事项包括：靠近隔离式数据转换器放置，并使输入端的检测连接较短且均匀匹配，如 TI 高精度实验室的这段[电流检测放大器分流电阻布局](#)视频中所述。此外，在为低阻值 (<500kΩ) 的表面贴装电阻设计 PCB 焊盘时要小心，如这篇 [TI E2E™ 博客](#) 中所述。最后，与 PCB 制造商合作时，请验证是否确定了正确的回流焊工艺，因为错误安装可能会由于焊盘上的焊接接触电阻、运行期间的散热不均或开路而导致较高的初始误差。

底盘安装电阻通常用于需要大电流的应用，因为这些电阻支持直列式导体安装，并且不会将自生热散发到 PCB。金属元件底盘安装电阻允许低至 25μΩ 的阻值和高达 100W 的功率，而底盘安装绕线电阻具有出色的脉冲功率能力。安装时，请特别注意不要对初级连接处的螺栓、铆钉或压接接头施加过大或过小的扭矩，因为初级导体线路上可能会增加额外的电阻，从而导致不必要或不平衡的功率耗散和模拟误差。请咨询底盘安装电阻制造商，获得更多指导。

对于需要超高精度的应用，请考虑采用与初级载流引线的差分检测连接（开尔文连接）无关的四端子分流电阻。与双端子分流器相比，开尔文连接具有更高的精度，这是因为检测元件引线中的温漂更小；但是，成本通常更高，并且存在额外风险，因为安装不当会使初级电流流过检测连接，从而可能损坏隔离式数据转换器。还可以在分流电阻本地进行温度测量以定期更新校准表，因为大多数分流电阻提供相对可预测的电阻随温度变化的趋势，即使环境温度发生变化或因功率耗散而自发热，也能实现出色的精度。

## 结论

将正确的分流电阻与 TI 的[隔离式放大器](#)、[隔离式 ADC](#) 或[隔离式比较器](#)配对配合使用可确保测量具有出色的精度、抗磁干扰能力、长期稳定性、高线性度、低漂移、可扩展至多个项目的能力以及低价格等优点。

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司