



Thomas Kuehl

Precision Amplifiers

在测试和测量应用中，一个主要问题是流经被测器件 (DUT) 的电流过大可能导致器件负载损坏。由于功率运算放大器的输出电流驱动能力可能会超过要施加到 DUT 的有意降低的特定电流电平，因此可能需要限制输出电流以防止 DUT 损坏。在现代系统中，必须添加电流限制电路以防止这种过流事件。但是，利用用户可设置的德州仪器 (TI) 电流限制 (ILIM) 技术，可以消除对外部电流限制电路的需求，因此将降低测试系统的复杂性和成本。

本文是由四部分组成的系列内容的最后一部分；该系列讨论如何使用基于 TI 专有互补金属氧化物半导体精密工艺技术构建的运算放大器来提高系统精度和效率。

大多数放大器依靠其短路输出晶体管功能或电子设计将输出电流限制在最高水平。但是，无论哪种情况，电流都是固有的最大值，不可设置。不过，能够提供数百毫安甚至数安电流的 TI 功率运算放大器提供用户可设置的电流限制配置。该配置包含在 OPA54x 和 OPA56x 设计中，可为运算放大器及其负载提供电流限制保护功能。在额定输出电流和额定外壳或结温条件下，这些器件的精度范围大约为  $\pm 10\%$  至  $\pm 15\%$ ，甚至具有更出色的精度。

新的 OPA593 电流限制精度在 50mA 至 250mA 电流限制范围内的额定值为  $\leq 5\%$ ，在 25mA 至 250mA 范围内为  $\leq 10\%$  ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )。当输出为灌电流或拉电流负载电流时，此电流限制精度适用。电流编程通过 ISET 引脚完成，该引脚上的电流设置确定了电流限制 (ILIM) 电平。一个器件的电流限制最初经过大致编程，然后修整为 ISET 引脚灌电流的 4000 倍。 $I_{\text{SET}}$  的偏置电流以大约 3.687V 的内部次稳压值为基准。这个偏置电流由该引脚和负电源轨之间连接的外部电阻确定。如果 ISET 引脚保持悬空，则默认电流限制约为 25mA。

OPA593 具有专门的电路来检测输出级电流，并使该电流钳制到由  $I_{\text{SET}}$  设置并确定的电流限制值。56.7k $\Omega$  的内部电阻经过精确激光修整以适应精密 3.687V 内部基准的任何微小偏差，从而使  $I_{\text{SET}}$  电流正确无误。对于稳定后的外部电流限制电阻 ( $R_{\text{CL}}$ ) 值，该电流是正确的。

图 1 和图 2 显示了在电流或电压模式下如何轻松确定电流限制  $ILIM$ 。请注意， $R_{CL}$  能够以  $V^-$  以外的电压电平为基准，但电压必须小于  $+3.687V$ ，以便可以确定  $I_{SET}$  电流并通过  $R_{CL}$  将电流灌入该电源。

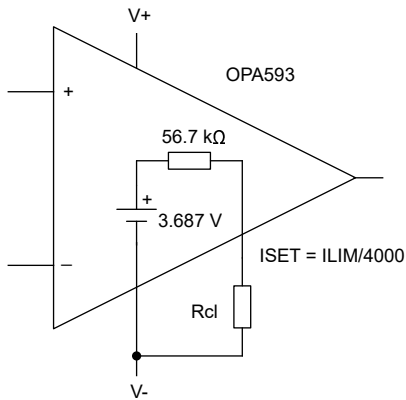


图 1. 电流限制  $ILIM$ ，电流模式

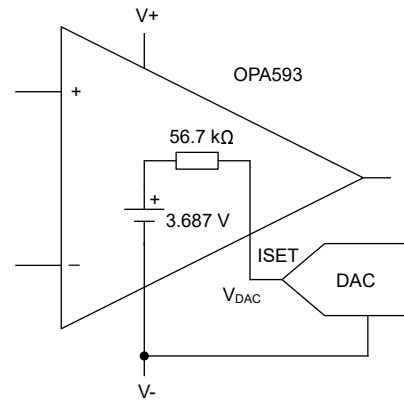


图 2. 电流限制  $ILIM$ ，电压模式

$$R_{CL} = \frac{(3.687 V \times 4000)}{ILIM} - 56.7 k\Omega \quad (1)$$

$$V_{DAC} = 3.687 V - \left( \frac{ILIM \times 56.7 k\Omega}{4000} \right) \quad (2)$$

通过方程式 1 和方程式 2 可以根据  $R_{CL}$  值 (图 1 方法) 或 DAC 输出电压 ( $V_{DAC}$ ) 值 (图 2 方法) 来确定电流限制  $ILIM$ 。DAC 电路允许根据需要动态更改电流限制。这些公式中的 4000 常量表示  $ILIM$  与  $I_{SET}$  引脚电流的比率为提到的 4000:1。

新开发的 OPA593EVM 上安装了随机选择的 OPA593。该 EVM 有 5 个  $R_{CL}$  电阻可供选择，可实现 50mA、100mA、150mA、200mA 和 250mA 的电流限制。该电平可通过包含 2 个导体的插入式分流器进行选择。OPA593 配置为增益为  $-10V/V$  的反相放大器。输入端施加了  $\pm 2V$  的直流电压，输出端与地连接了一个  $50\Omega$  的大电流负载。图 3 显示了测试电路。

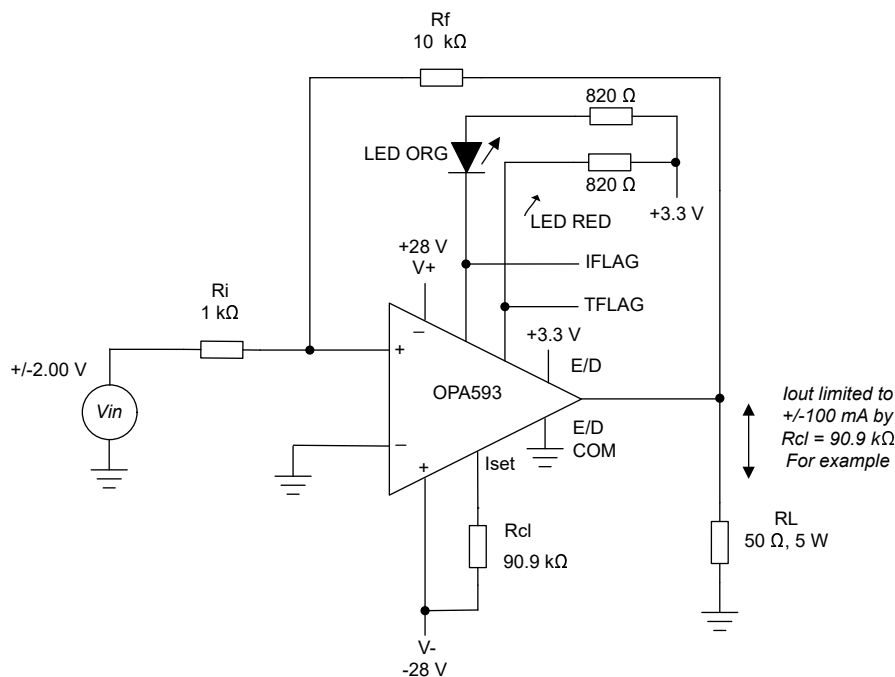


图 3. 使用 OPA593EVM 的电流限制精度测试电路

OPA593 电流限制精度测试结果如图 4 所示。通过选择  $I_{SET}$  电阻降低 50mA 增量 ( 从 250mA 开始降到 50mA ) , 即得到该图中的曲线。这些曲线所基于的表格化结果表明, 灌电流和拉电流的精度均在 +0.8% 至 +3.8% 之间, 因此完全在 5% 的规格范围内。

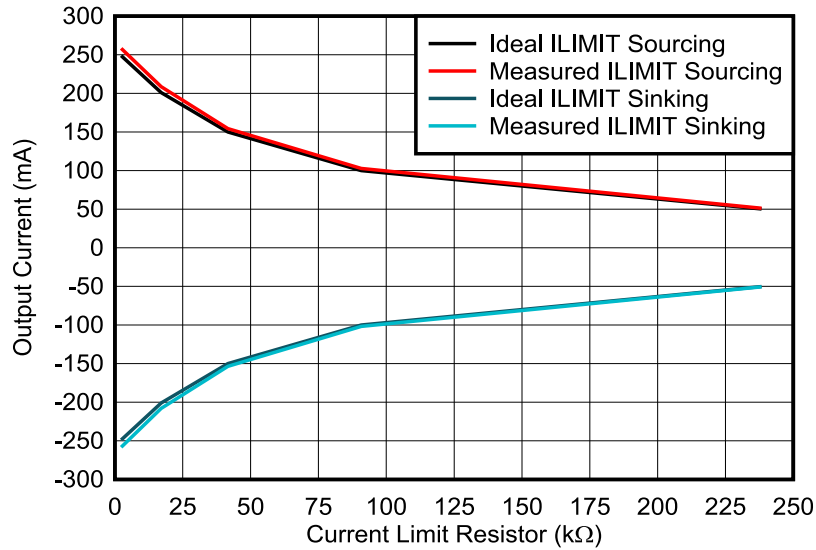


图 4. 理想和测量的 ILIM 电流与  $I_{SET}$  电阻 ( $R_{CL}$ ) 间的关系

哪些应用可以利用 OPA593 的高电压、大电流精确电流限制功能? 以下几个领域应该很适合使用此功能:

- 半导体测试, 其中需要使用 DAC 控制 (VDAC) 来控制 ILIM
- 存储器测试, 其中需要 +32V 和 100mA 或更大电流来检查存储器单元
- LCD 测试测量, 其中 LCD 驱动器芯片的输出可大于 80V 且需要电流限制
- 具有电流限制功能的线性电源

当然, 还有精确电流限制的额外优势!

$$I_{LIM} = \frac{3.687 V \times 4000}{56.7 k\Omega + R_{CL}} \quad (3)$$

## 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