

Analog Engineer's Circuit

隔离式过零检测电路



Data Converters

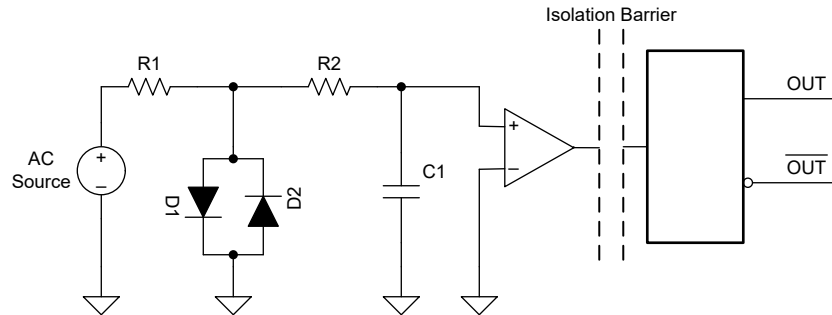
Scott Cummins

设计目标

高侧电源	输入电压	工作电压	低侧电源	输出电压
12V	$\pm 170V_{pk}$ 正弦波	$\geq 400V_{RMS}$	3.3V 至 5.0V $\pm 10\%$	\leq 低侧电源

设计说明

当交流输入超过过零基准电压时，过零检测器电路会改变输出状态。此设计采用单芯片解决方案，通过反相和同相数字输出对交流正弦波进行过零检测。该电路是通过将比较器反相输入接地并将钳位正弦波施加到同相输入来创建的。输入电压由 R1 和一对反并联二极管进行钳制。在这种情况下会使用二极管代替衰减器来尽可能提高过零附近的输入压摆率，从而降低输出延迟。该电路用于控制电路中的交流线路过零检测以降低待机模式和关闭模式下的功耗。



隔离式过零检测电路原理图

设计说明

1. 该电路必须能够处理隔离栅上的 750V 工作电压
2. IN+ 端的最大输入电压必须为 $\pm 1V$
3. 需要反相和同相输出
4. 流经 R1 的最大电流为 $100\mu A \pm 10\%$
5. 将成串的每个电阻的工作电压限制为最大 $100V \pm 10\%$
6. 输入交流电源电压为 $120V_{RMS}$ ，通过修改元件可轻松适应更高的交流电压。有关详细信息，请参阅[替代设计](#)一节
7. 确保交流过零处的迟滞电压不超过 $\pm 30mV$

设计步骤

1. 确定理想的 R1 电阻值。最大峰值输入电压为 $120V_{RMS} \times \sqrt{2} = 170V_{PK}$ 。请注意，二极管 D1 的正向电压接近于零，不包括在该计算中。

$$R1 = \frac{170 V_{PK}}{100 \mu A} = 1.70 M\Omega$$

2. 将 R1 分为 3 个相等的电阻，确保符合每个电阻 $\leq 100V$ 的设计限制：

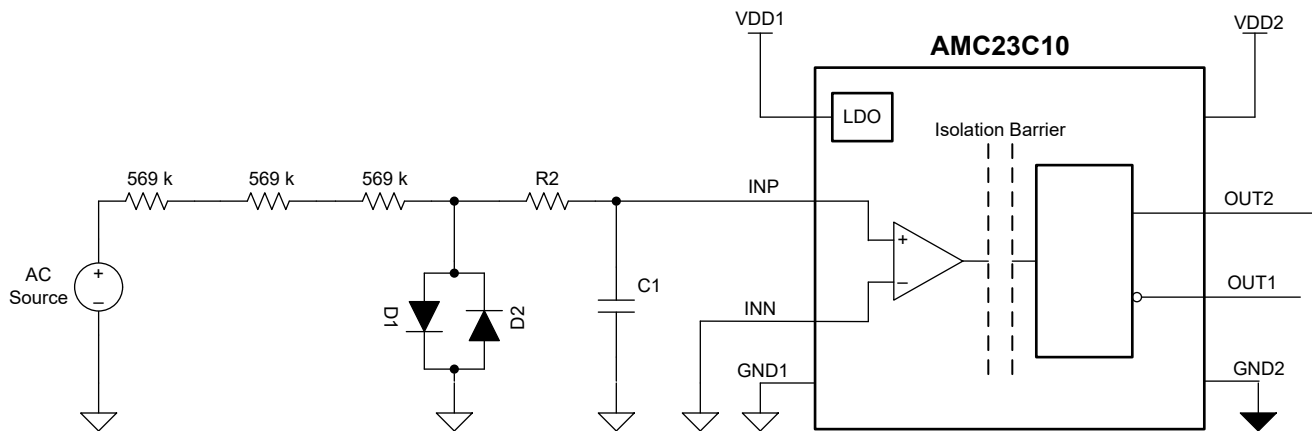
$$R1 = \frac{1.70 M\Omega}{3} = 566.66 k\Omega$$

3. 使用 [模拟工程师计算器](#) 查找 R1 的标准 E96 1% 电阻值。最接近的电阻值为 569kΩ。
4. 选择反并联二极管。选择可提供至少 $\pm 350mV$ 正向电压且通过 R1 提供 $100\mu A$ 电流的二极管。
5. 可选 - 在 VINP 引脚上设计由 R2 和 C1 定义的低通滤波器。频率响应定义为：

$$F_C = \frac{1}{2\pi \times R2 \times C1}$$

修改的设计

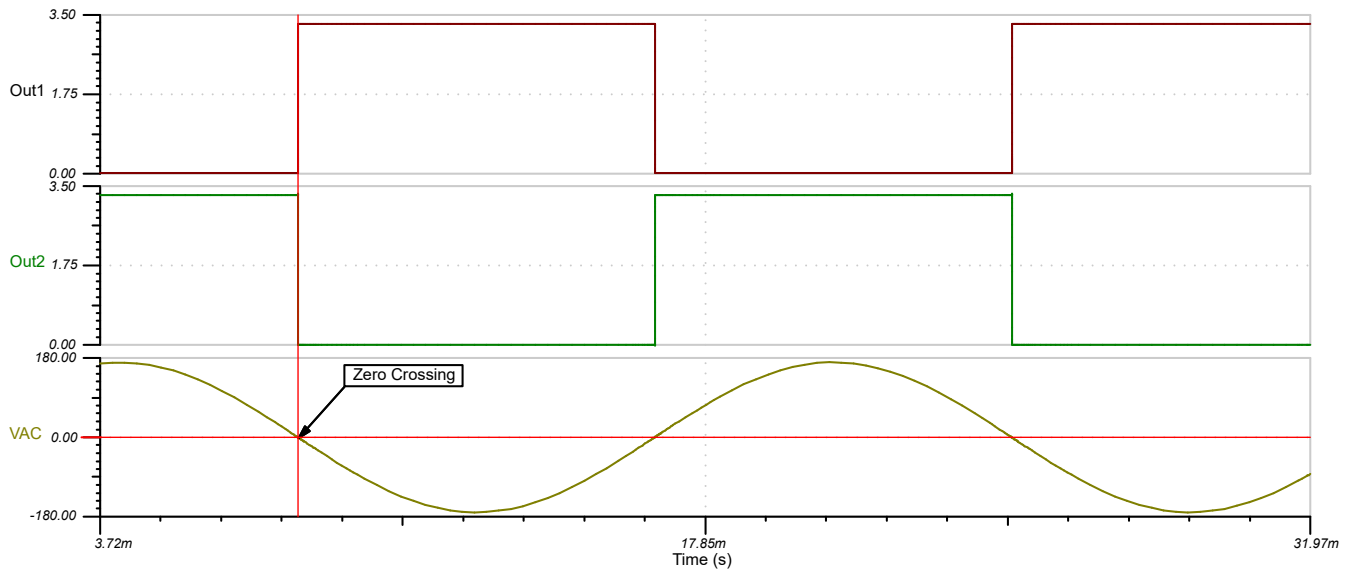
以下原理图显示了使用 AMC23C10 实现的修改设计。



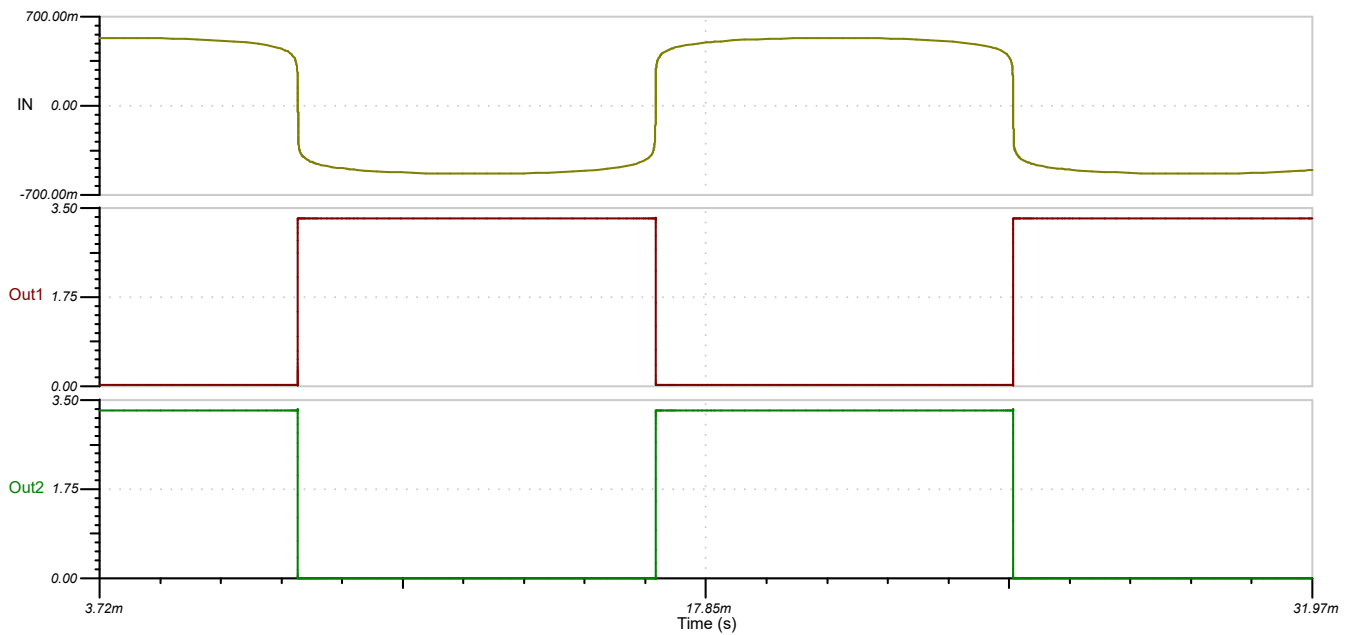
采用 AMC23C10 隔离式比较器的修改设计

AMC23C10 使用电容隔离技术提供 1000V 的工作电压。VDD1 的电压源额定电压范围为 3V 至 27V，通过 LDO 在内部进行控制。VDD2 的额定电压范围为 2.7V 至 5.5V。正常运行时的输入电压范围为 $\pm 1V$ 。OUT1 上的逻辑输出为漏极开路，可与连接到 VDD1 的上拉电阻配合使用。OUT2 为推挽式输出，无需外部上拉电阻。

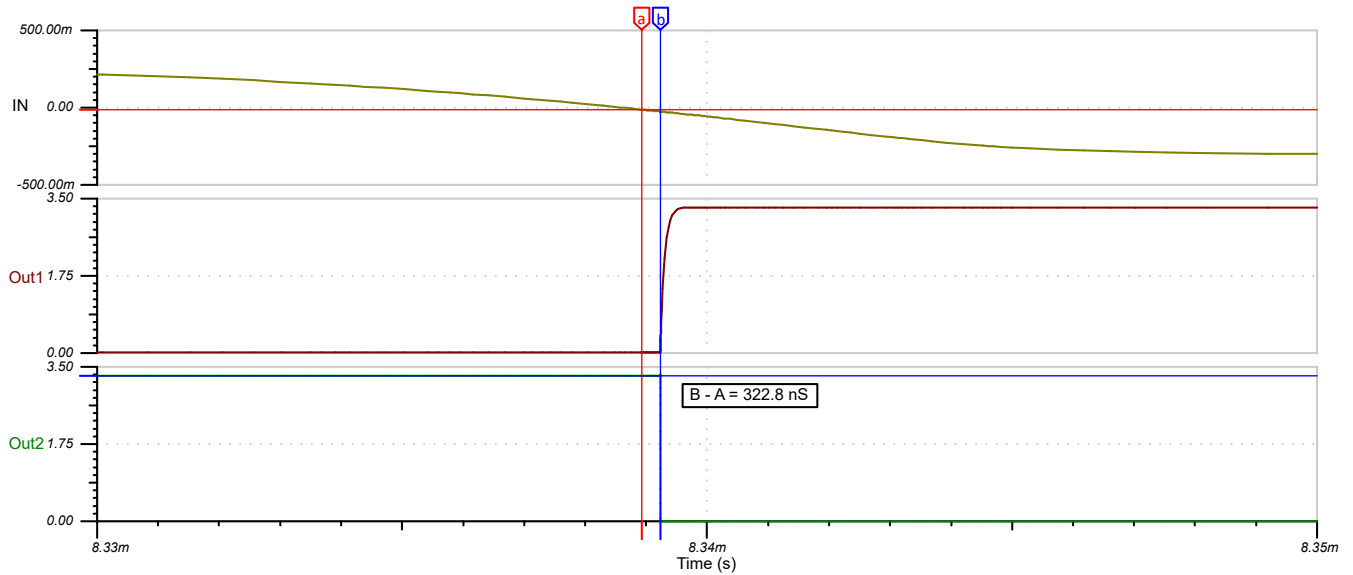
设计仿真



使用正弦波输入的过零检测仿真



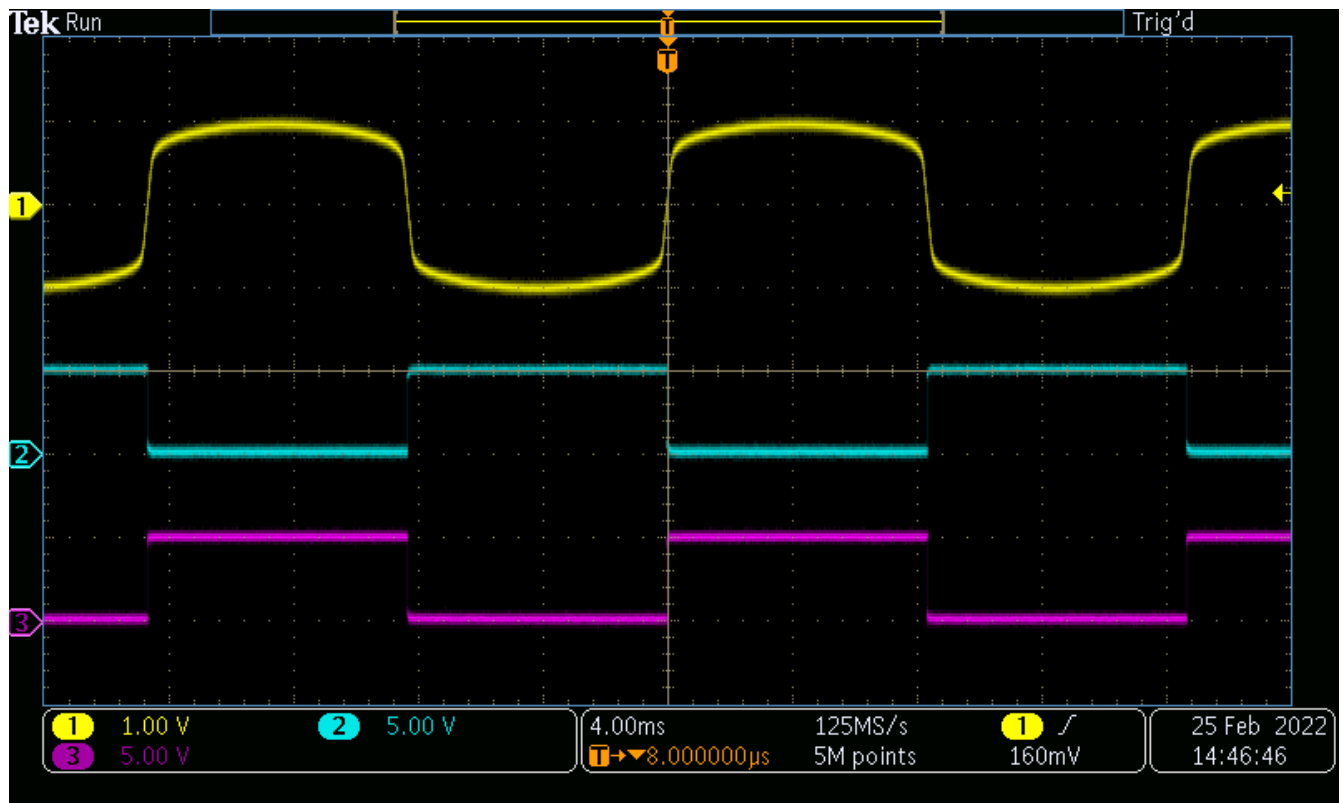
使用整流输入的过零检测仿真



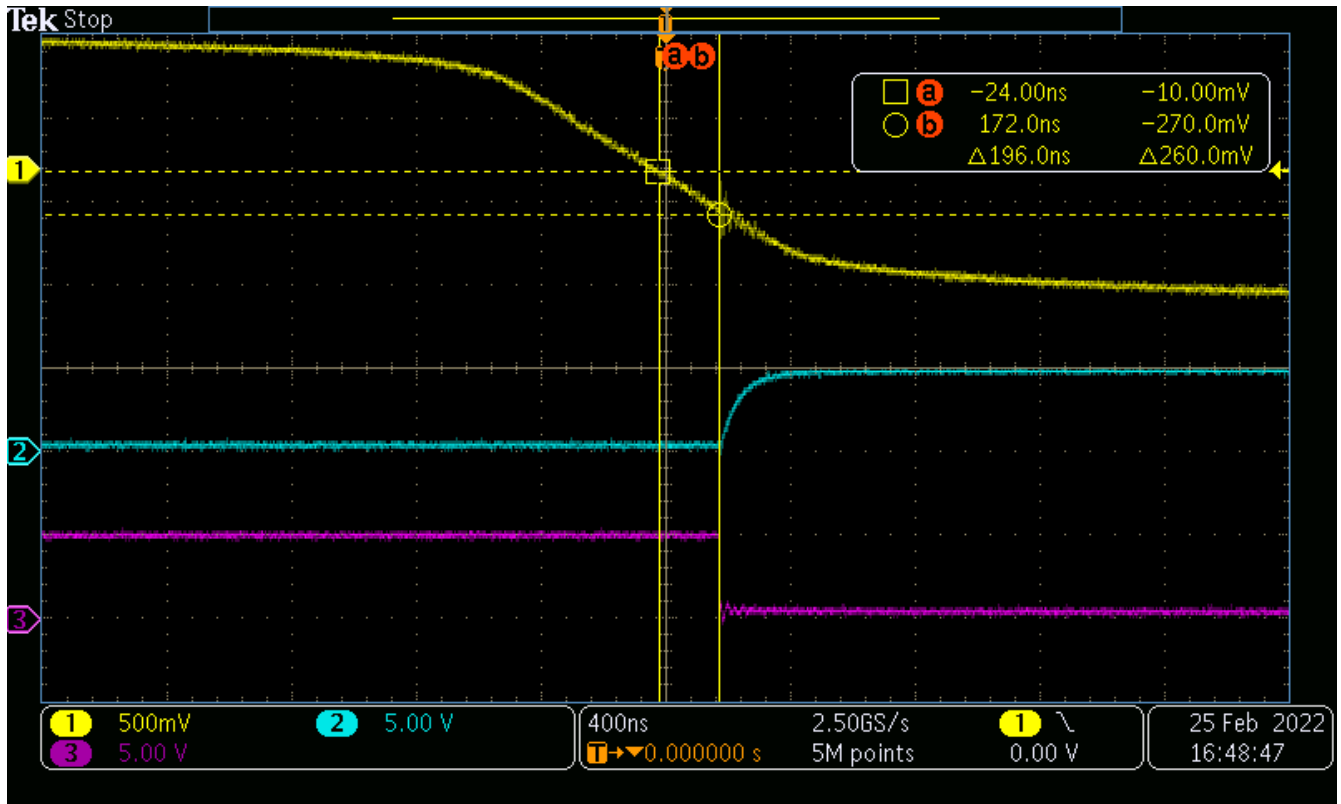
过零检测的响应时间仿真

测得的响应

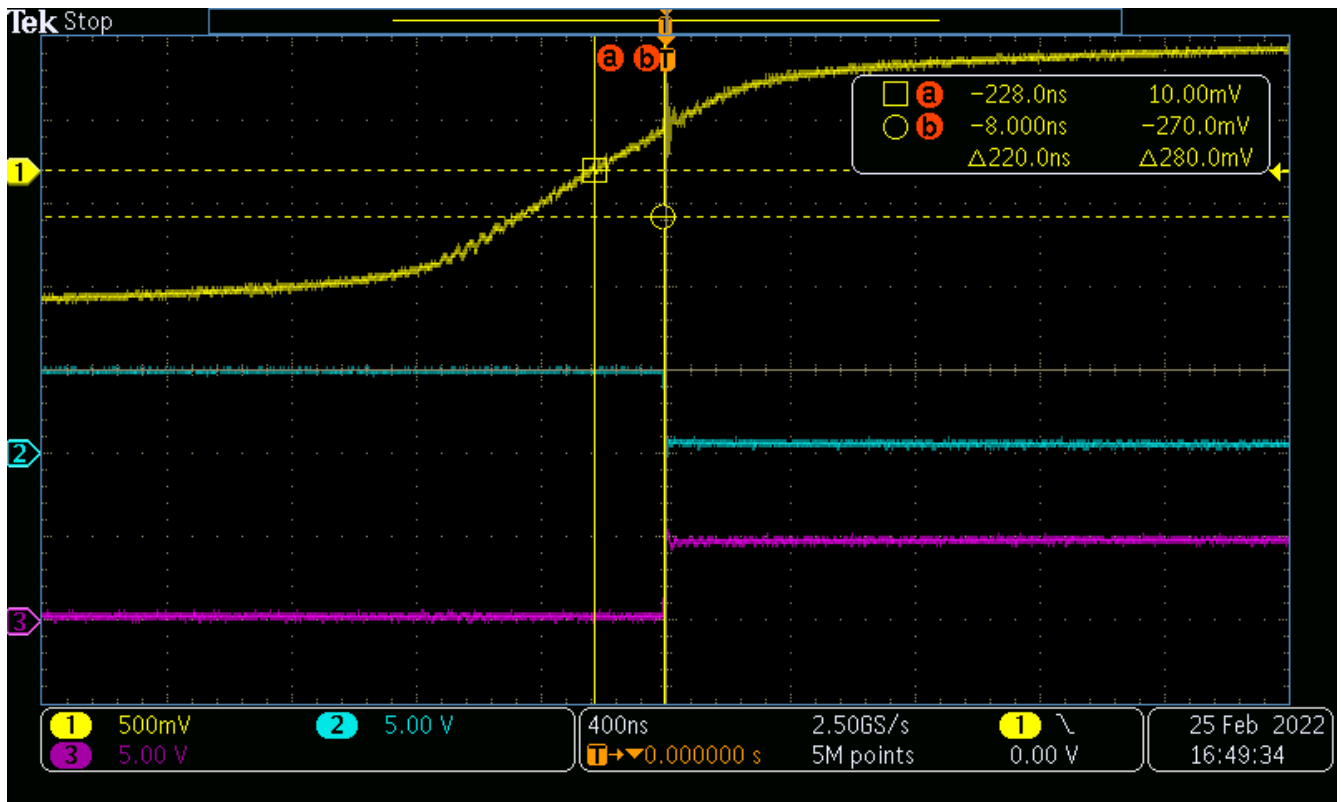
以下各图显示了使用 AMC23C10 隔离式比较器测得的过零检测电路响应。曲线 1 是捕获的输入，而曲线 2 和 3 显示的分别是 OUT1 和 OUT2。在输入的上升沿和下降沿测量时，输入过零和输出转换之间的延迟不超过 220ns。



整流输入的过零检测



过零检测输出延迟 - 下降沿



过零检测输出延迟 - 上升沿

设计参考资料

有关 TI 综合电路库的信息，请参阅 [模拟工程师电路手册](#)。

德州仪器 (TI)，[AMC23C10](#) 具有双路输出的快速响应、增强型隔离式比较器 数据表

设计中采用的隔离式比较器

AMC23C10	
工作电压	1000 V _{RMS}
VDD1	3.0V 至 27V
VDD2	2.7 V 至 5.5V
输入电压范围	±1000 mV
输出选项	OUT1 - 开漏
	OUT2 - 推挽
AMC23C10	

230VAC 输入的替代设计

AMC23C10	
工作电压	1000 V _{RMS}
交流输入	325V _{pk}
R1 理想值	3.25MΩ
R1 E96 标准值	三个，每个 1.09MΩ

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