

Design Guide: INA300 INA301 INA302 INA303

监测电流以识别多种超限情况



Dennis Hudgins, Current Sensing Products

在确定 PCB 设计的工作情况时，工程师首先会考虑的其中一个参数是工作电流。通过检查工作电流，工程师可以立即判断电路板上的元件是否短路，是否有器件损坏，并在某些情况下检测软件是否按预期运行。传统方法是使用电流检测放大器 + ADC 监测是否存在电流超限条件，但该方法无法提供所需报警响应时间。此外，使用 ADC 来监测过流警报阈值需要 ADC 和主机处理器之间持续通信，这可能会给系统带来不必要的负担。

如果能够快速获知电流值超限的情况，便可提高安全性、改善系统智能/诊断功能并减少停机时间。

为了满足超限电流条件下所需的响应时间，需要使用模拟比较器来检测电流超过给定基准阈值的时间。但是，在许多情况下，只有一个警报级别不足以确定系统状态，也无法针对超限电流做出适当的系统响应。为了满足此要求，可使用图 1-1 中所示的电路来监测多种电流超限的情况。

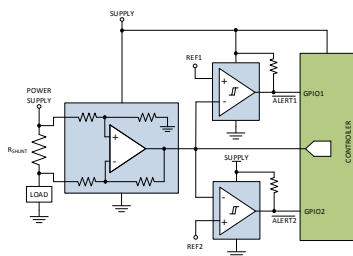


图 1-1. 用于检测多种过流事件的分立实现方案

该电路由 5 个器件组成：1 个电流检测放大器、2 个比较器以及 2 个基准。图 1-1 所示的分立实现方案需要仔细选择比较器，以获得所需的警报响应时间。响应时间过长可能无法为系统留出足够的时间采取应对措施，而响应时间过短则可能触发误报，甚至导致系统关闭。

图 1-2 显示了一个更简单的电路，该电路解决了分立实现方案中存在的设计问题。

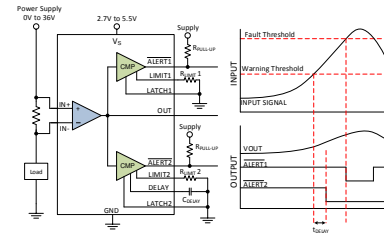


图 1-2. INA302 多警报过流比较器

INA302 具有检测两种超限情况的功能。较低的超限条件称为过流警报阈值，而较高的超限条件称为过流故障阈值。过流警报阈值允许在电流开始偏高但尚未达到可能触发系统关闭的故障阈值时进行检测。当电流超过警报阈值时，系统可以选择通过禁用子电路、控制电源电压或降低时钟频率，来降低系统总电流，从而防止出现故障情况，进而降低系统功耗。如果发生过流故障情况，则必须快速响应，以防止进一步的系统损坏或出现故障行为。

为了更大幅度地减少元件数量并方便使用，可通过单个外部电阻器来设置 INA302 的警报阈值。故障阈值应设置高于系统在最坏情况下可能出现的最大电流值。当电流超过此阈值时，INA302 的 ALERT 引脚将在 $1\mu\text{s}$ 内做出响应。警报阈值的值取决于应用，但通常高于标称工作电流。警报阈值的响应时间可通过外部电容器进行调节，范围为 $3\mu\text{s}$ 至 10s 。

通过适当设置警报阈值的延迟时间，可以将过流警报阈值设定得更接近最大直流工作电流，同时仍能避免因短暂电流尖峰或噪声而产生误触发。将故障阈值与警报阈值差值设定得更大一些，有助于为系统提供更多时间，在超出故障阈值之前采取预防性措施。

某些系统允许在超过警报阈值后继续运行一段时间，再触发警报。其中一个此类应用是监测处理器的电源电流。为了在关键操作期间尽可能提高计算吞吐量，可允许处理器在短时间内在超出正常最大电流值的情况下运行。如果在设定的延迟到期时电流高于警报阈值，警报输出将拉至低电平以通知主机处理器，从而在发生过热情况之前降低电压或时钟频率。

在某些系统中，检测电流过低的情况是有益的。对于这些应用，图 1-3 所示的 INA303 可提供过流和欠流检测。

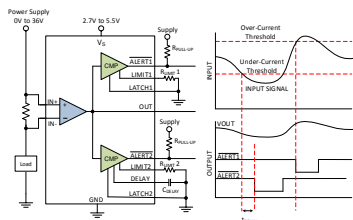


图 1-3. INA303 过流和欠流检测

当电流超过过流故障阈值时，**ALERT1** 输出将在 $1\mu\text{s}$ 内做出响应。但是，如果电流低于欠流阈值，**ALERT2** 响应时间将由延迟电容器设置。在正常运行过程中可能会短暂发生欠流情况；但是，如果这种情况持续存在，可能是由于损坏且即将发生故障的器件或系统导致的。

在这种情况下，警报输出可告知系统此情况，并且可以在系统发生故障之前实施故障处理程序。

欠流检测的另一个用途是确认系统状态正常。某些系统会进入低功耗模式，在这种模式下电流低于正常工作范围。在这种情况下，欠流警报输出可用于通知主机系统确实已进入关断状态。

有些设计可能只需要在电流超出预期工作范围时收到通知。对于这些情况，可以通过将两个警报输出连接在一起，将 **INA303** 配置为在窗口模式下运行，如 **图 1-4** 所示。在此模式下，只要电流处于正常工作范围内，单一警报输出将保持高电平。

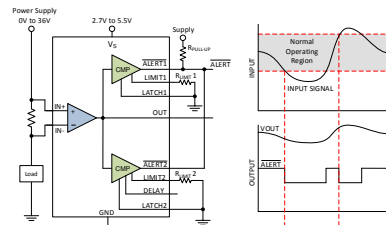


图 1-4. INA303 窗口模式操作

备选器件建议

INA226 可用于需要数字电流监测的应用。如果只需要单一数字警报输出，**INA300** 可提供采用超小型 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ QFN 封装的出色解决方案。对于仅需要在模拟电流信号之外提供单一警报输出的应用，**INA301** 可提供出色的电流监测精度，且警报响应时间少于 $1\mu\text{s}$ 。对于成本敏感型应用及需要更高灵活性的情况，**INA381** 提供了带有内部比较器且输入端可访问的电流检测放大器。

表 1-1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA301	MSOP-8 封装，单一警报输出，带模拟监测功能。	单一警报输出
INA300	$2\text{mm} \times 2\text{mm}$ QFN 封装	仅警报输出
INA381	具有成本效益且可访问比较器输入	单一警报输出
INA226	数字电流监测	不适用

表 1-2. 相关的 TI 应用简报

器件	测量电流以检测超出范围的情况
SBOA162	用于过流保护的高侧电机电流监测
SBOA163	集成电流检测信号路径
SBOA167	PLC 系统中分立式数字输出的安全与保护
SBOA193	

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