

如何利用Over-The-Top 放大器防止模拟前端过压

Hakan Uenlue, 高级现场应用工程师

简介

在工业应用中，可能出现高压的情况一直是个令人担心的问题。寻找防护之道一直并将继续是开发人员的一项重要任务。本文所述的设计技巧说明，开发人员可以利用Over-The-Top® (OTT) 放大器来实现这一目标。

即使是工业应用，有时也会遇到高于系统电源的电压。其电位尽管不如汽车电子等应用那么高，但常常高于通常的系统电压。对于许多运算放大器来说，某些系统电压甚至可能过高。这给模拟前端(AFE)带来了巨大挑战。例如，较高的电压会使典型放大器的内部输入二极管导通。这种状态存在的时间越长，发生故障甚至失效的可能性就越大。开发人员可以采取相应的预防措施，例如，使用额外的二极管或电阻的外部保护电路。然而，这些额外的元件会占用电路板上的空间，并且存在漏电流、增加输入电容和噪声等缺点。因此，采用Over-The-Top技术的集成IC解决方案是非常好的选择。

Over-The-Top的工作原理

为了简化说明，可以看看最新一代ADA4098-1或ADA4099-1的内部结构。这些OTT运算放大器各有两个输入级。第一级是共发射极差分放大级，由PNP晶体管组成，适用于负电源(-V_S)至比正电源(+V_S)低约1.25 V的输入信号。第二级是由更多PNP晶体管组成共基极输入级，适用于输入信号的共模电压从+V_S - 1.25 V开始或更高。内部电路的示例如图1所示。第一级使用晶体管Q1和Q2来设计，而第二级使用晶体管Q3至Q6来设计。

因此，这些输入级提供两个不同但互补的工作范围。两个输入级的失调电压经过严格调整，并已在数据手册中给出。

当输入的共模电压接近+V_S时，第二级被激活，运算放大器随即处于Over-The-Top模式。这可能是各种应用中的过压情况。例如，对于高端电流测量，由于寄生效应或负载相关效应，输入电压可能瞬时超过系统电源电位。典型放大器允许输入信号的电压最高达到电源电压轨。如果输入远超过此范围，内部二极管通常会导通，大量电流会流过其中。根据信号电压和电流，这些尖峰可能会瞬间中断放大器的运行，在最坏的情况下甚至会导致集成电路失效。

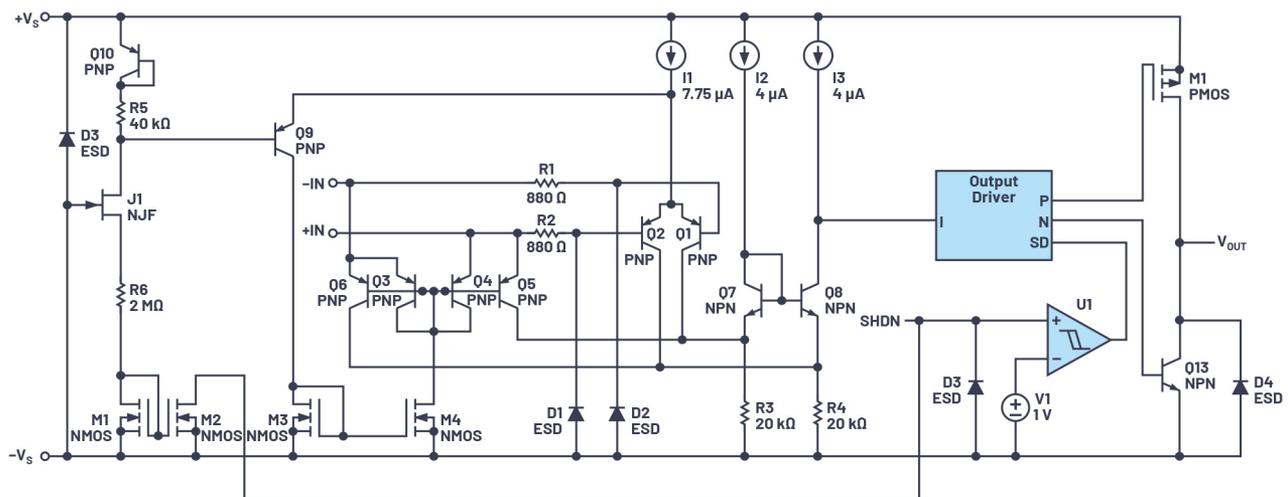


图1. 内部结构的简化表示 (取自最新一代的ADA4098-1)。

与典型运算放大器不同，当发生此类问题时，OTT放大器可以承受高达80 V的差动输入电压。在这种状态下，输出电平饱和至正电源电压(+V_S)。输出在此状态下仍有能力灌入或输出数据手册内标称的极限电流。一旦输入回到正常工作范围(-V_S至+V_S)，输出电平也会回到正常的线性范围，而不会损害或降低直流精度。对于高达70 V的共模电压，情况类似。

采用OTT技术的放大器的应用示例和技巧

图2提供了一些电流测量示例。ADA4098-1是低功耗版本，而ADA4099-1具有更高的带宽和更高的电压上升速率。

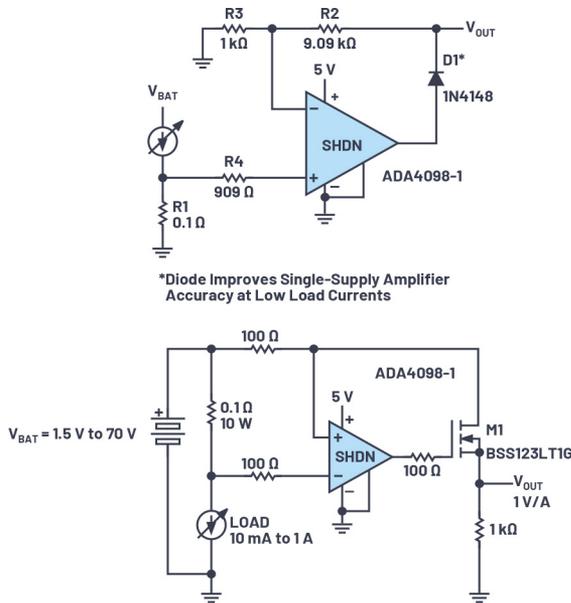


图2. 采用ADA4098-1的电流测量示例。

在低边测量中，增益来自电阻R2和R3。二极管D1可改善低负载电流下的单电源系统的测量精度。

在高边电流测量中，1 kΩ V_{out}端接地的电阻和100 Ω（顶部连接）运放同相端的电阻对增益起决定作用（0.1Ω与100Ω分流比例决定增益，1k电阻则将电流转换为电压）。放大器输入端的电阻提供滤波等功能。在这种情况下，1%精度电阻将是比较好的选择。运放的输入偏置电流可能会影响通过这些电阻的压降，而1%之类的小容差将有助于最大程度地减小此处的压降范围。

ADA4098-1的输出在空载情况下具有轨到轨摆幅（两个电源轨分别减去45 mV的范围内）。输出可以提供24 mA的源电流和35 mA的

阱电流。该放大器具有内部补偿机制，可以驱动200 pF（最小值）的负载电容。在输出端和较高容性负载之间可以插入一个50 Ω串联电阻，以扩展放大器的容性负载驱动能力。

如果输出V_{OUT}驱动一个电位较低的电路，并且该负载电路拥有自身电压轨的保护二极管，则在V_{OUT}处放置一个电阻是有意义的。这将限制可能流向负载电路的电流。

ADA4098-1有一个专用的SHDN引脚，当该引脚置为高电平时，放大器将被置于功耗非常低的关断状态。逻辑高电平定义为参考-V_S电位，施加到SHDN引脚的电压≥1.5 V加-V_S。V_{OUT}引脚随后处于高阻态。有一种替代方法，通过移除正电源可以将放大器置于低功耗状态。在这两种关断模式下，OTT仍处于活动状态，可以将比-V_S最高超过70 V的电压施加到输入引脚。

除了电流或功率测量之外，OTT放大器的其他用途有用于传感器前端或4 mA至20 mA电流环。详细信息、更多应用示例和计算可在数据手册中找到。

结论

本文说明了Over-The-Top放大器如何提供过压保护。凭借智能精密的内部电路，Over-The-Top放大器同时提供鲁棒性和准确性。

ADI公司的第五代OTT放大器让最新过压保护技术从实验室走向实际的电路设计。ADA4098-1和ADA4099-1等OTT运算放大器不仅能承受远高于电源轨的电压，而且实现了更低的失调误差和噪声电压。

作者简介

Hakan Uenlue是ADI公司高级现场应用工程师。他拥有斯图加特大学电气和电子工程硕士学位。他于2015年加入ADI公司，在此之前曾担任硬件开发人员和现场应用工程师。联系方式：hakan.uenlue@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

