

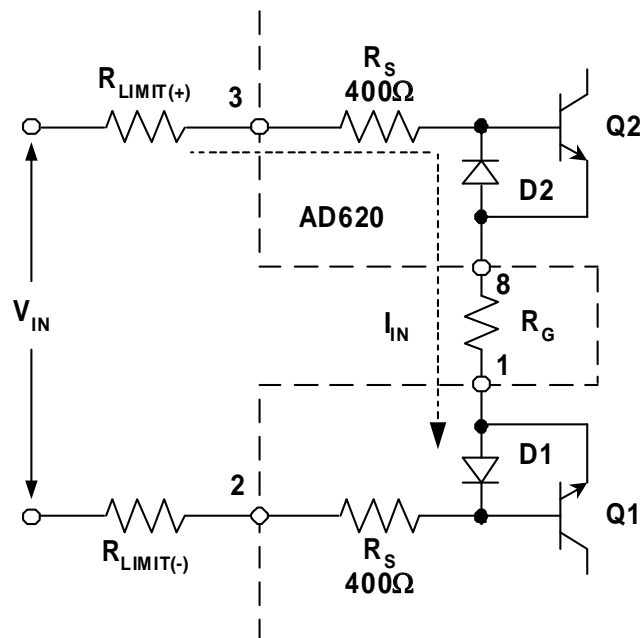
仪表放大器输入过压保护

保护仪表放大器不受过压影响

当仪表放大器的输入来自远程传感器时，则可能会受到过压影响。如果在电源开启时将连接线断开并重新连接，可能会产生较大的瞬态电压。感性耦合是导致电缆上产生无用电压的另一种因素，结果可能损害仪表放大器的输入级。

从保护角度来看，仪表放大器在许多方面与运算放大器相似。像运算放大器一样，共模(CM)和差模(DM)输入电压必须遵循其绝对最大额定值。本指南重点讨论与仪表放大器相关的问题，而[指南MT-036](#)更适用于运算放大器。

一些仪表放大器内置有串联电阻形式的过载保护电路。图1所示为[AD620](#)仪表放大器输入端的原理示意图，图中显示了输入差分晶体管及其相关保护器件。



**图1: [AD620](#)仪表放大器内部采用D1-D2和串联电阻 R_S 来提供保护
(可通过外部方式增加额外保护功能)**

由于400 Ω 内部 R_S 保护电阻为薄膜型电阻，因此它们不会表现出类似于二极管的IC基板导通现象(如果是扩散电阻则会如此)。这意味着，这些电阻的输入端(引脚3和2)可能高于或低于电源电压。差分故障电流将通过内部电阻 R_S 的两倍加上外部增益电阻 R_G 之和进行限制。施加过量共模电压时，其对应电流会受到 R_S 的限制。

输入晶体管Q1和Q2在其基极-发射极结点处有保护二极管D1和D2，以防止出现反向击穿电压。对于差分电压，分析显示，故障电流 I_{IN} 流过外部 R_{LIMIT} 电阻(若有)、内部 R_S 电阻、增益设置电阻 R_G 和两个二极管压降(Q2、D1)。对于AD620拓扑结构， R_G 与增益成反比；在1000最大增益下，当 R_G 为49.9 Ω 时，将出现最差情况(最低电阻)。因而，最低内部路径总串联电阻约为850 Ω 。

对于AD620，共模和差分输入电压的任意组合都应限制在一定的水平之内，以使输入故障电流限制在20 mA(最大值)之内。对于最低电阻情况，17 V的纯差分电压将产生这一电流水平。对于可能超过任一供电轨的共模电压，则应通过一个内部ESD保护二极管(图1中未显示)来导电，实际上相当于将被驱输入箝位于 $+V_S$ 或 $-V_S$ 。对于这种过压共模条件， R_S 的值(400 Ω)以及超过供电轨的过量电压决定着电流水平。例如，如果 V_{IN} 为23 V， $+V_S$ 为15 V，则 R_S 上将出现8 V的电压，结果达到20 mA的额定电流。对于更高的故障电压，可以通过添加外部 R_{LIMIT} 电阻来处理，以使故障电流维持在20 mA或以下。然而，如果 R_{LIMIT} 电阻产生的约翰逊噪声(对于1000 Ω 电阻，25°C时该噪声为4 nV/ \sqrt{Hz})过大，则可能限制系统的性能。

最大容许输入故障电流由仪表放大器数据手册规定，可能因器件而异。另外，数据手册一般会讨论输入电路和推荐的保护方法。

如果需要额外保护(不仅仅是像上文所述那样添加 R_{LIMIT} 电阻)，图2给出了AD620一类仪表放大器的通用外部电压保护电路。

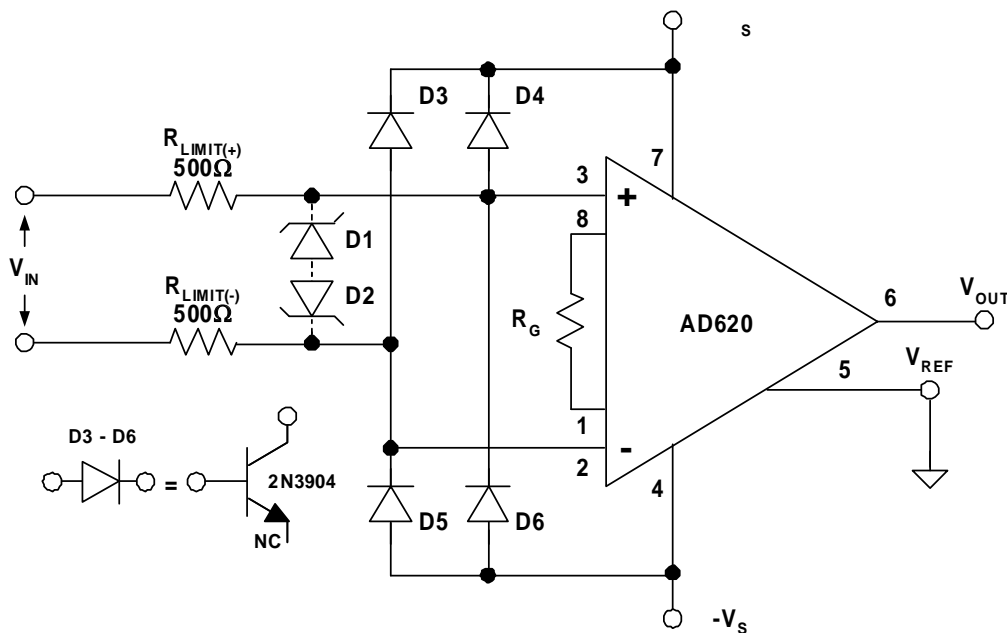


图2: **AD620**以及其它仪表放大器的通用二极管保护电路
采用D3-D6来实现共模箝位，并采用串联电阻 R_{LIMIT} 来提供保护

在该电路中，低泄漏二极管D3-D6用作共模箝位。由于仪表放大器偏置电流可能只有1 nA左右(对于AD620)，因此必须使用低泄漏二极管，尤其是高源阻抗的情况。一种很好的方法是检查二极管的规格，以确保二极管在仪表放大器内部ESD保护二极管开始吸电流之前就导通。尽管标准肖特基二极管具有出色的输入保护能力，但其漏电流可能高达数mA。然而，快速肖特基二极管(如International Rectifier的SD101系列)的最大漏电流为200 nA，典型功耗为400 mW。

需要注意的是，二极管不仅基本上必须具有低泄露，而且还必须在最高预期温度下保持低泄漏。这表明需要使用FET型二极管或所示的晶体管集电极-基极型二极管。选择 R_{LIMIT} 电阻是为了限制故障条件下的最大二极管电流。如果使用额外的差分保护，则可使用背对背齐纳或Transzorb箝位，以D1-D2表示。如果这样做，则应仔细考虑这些二极管的泄漏情况。

许多单电源仪表放大器的拓扑结构与图3虚线框中的双放大器仪表放大器电路类似。

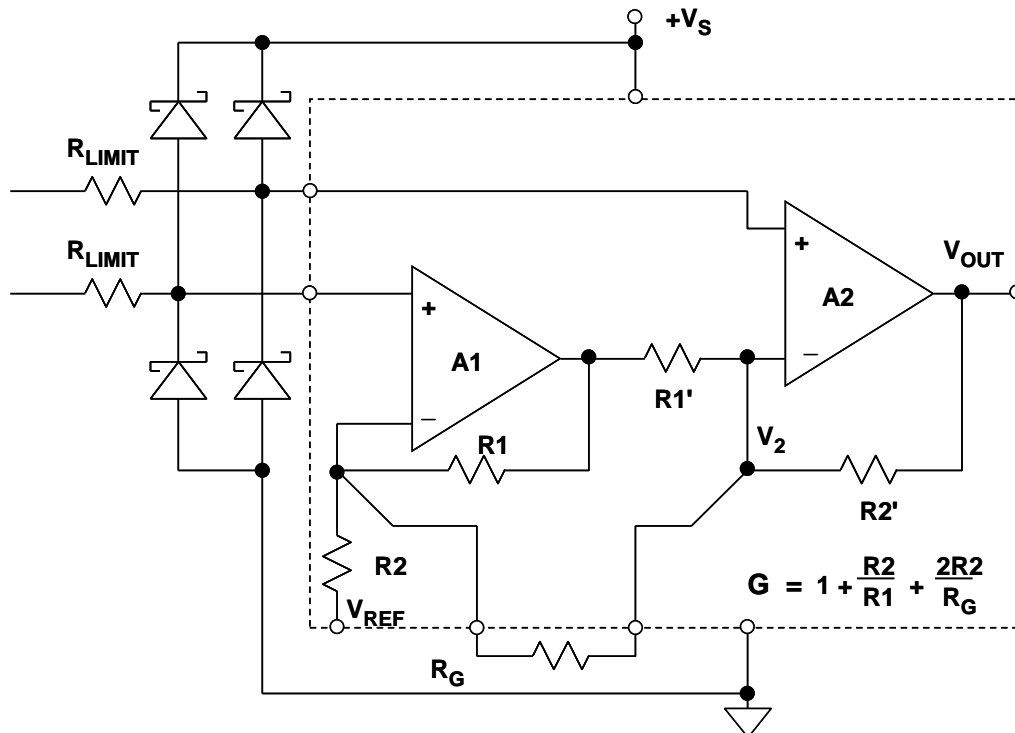


图3：单电源仪表放大器可能要求、也可能不要求具有电阻和箝位二极管形式的外部保护

就外部保护元件的必要性而言，给定仪表放大器可能需要、也可能不需要使用它们。每种情况都需要单独考虑。例如，一些仪表放大器采用了图中所示的箝位二极管，不过是内置的而已。[AD623](#)就是这样一种器件，但它缺少串联电阻，必要时可以在外部添加。请注意，这种方法允许优化 R_{LIMIT} 值以提供保护，对于不需要保护的应用，其对噪声的影响可以忽略不计。

另外，一些仪表放大器同时具有内部保护电阻和箝位二极管，[AD627](#)即是这样一个例子。在该器件中，内部保护足以耐受最高超过电源40 V的瞬态电压(内部电阻中存在20 mA故障电流)。对于高于该值的过压水平，可以增加外部 R_{LIMIT} 电阻。

按图中所示在两个输入端放置肖特基二极管就是一种仪表放大器保护选项，不过前提是源阻抗很小，以致二极管漏电流产生的误差处于可接受水平。如果内部未专门提供箝位，则可使用肖特基二极管。请注意，在许多情况下，由于现代仪表放大器内置保护网络，因而不需要这些二极管。但同样，对此并无硬性规定，因而始终都应该查阅数据手册，然后再敲定应用设计。

总而言之，图4总结了本节讨论的仪表放大器的主要在线过压问题。

- ◆ **INPUT VOLTAGES MUST NOT EXCEED ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Usually Specified With Respect to Supply Voltages)**
- ◆ **Requires $V_{IN(CM)}$ Stay Within a Range Extending to $\leq 0.3V$ Beyond Rails ($-V_S - 0.3V \geq V_{IN} \leq +V_S + 0.3V$)**
- ◆ **IC Input Stage Fault Currents *Must* Be Limited ($\leq 5mA$ Unless Otherwise Specified)**
- ◆ **Avoid Reverse-Bias Breakdown in Input Stage Junctions!**
- ◆ **Differential and Common Mode Ratings Often Differ**
- ◆ **Some ICs Contain *Internal* Input Protection**
 - Diode Voltage Clamps, Current Limiting Resistors (or both)
 - Absolute Maximum Ratings Must Still Be Observed
- ◆ **No Two Amplifiers are Exactly the Same**
- ◆ **Always consult the in-amp data sheet for overvoltage protection recommendations**

图4：仪表放大器过压问题小结

这些针对运算放大器和仪表放大器的过压防范措施看起来非常复杂吧，确实很复杂！只要运算放大器(或仪表放大器)输入(和输出)超出设备边界条件，就可能发生危险情况或器件损毁。显然，为了实现最高可靠性，必须防患于未然。

幸运的是，许多应用都是完全内置于设备中，通常看到的是采用同一电源系统的其它IC的输入和输出。因此，这种情况下一般不需要箝位和保护方案。

参考文献：

1. Hank Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: 0-915550-28-1. Also available as [*Linear Circuit Design Handbook*](#), Elsevier-Newnes, 2008, ISBN-10: 0750687037, ISBN-13: 978-0750687034. Chapter 2.
2. Walter G. Jung, [*Op Amp Applications*](#), Analog Devices, 2002, ISBN 0-916550-26-5, Also available as [*Op Amp Applications Handbook*](#), Elsevier/Newnes, 2005, ISBN 0-7506-7844-5. Chapter 2.
3. Charles Kitchin and Lew Counts, [*A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers, 3rd Edition*](#), Analog Devices, 2006.

Copyright 2009, Analog Devices, Inc. All rights reserved. Analog Devices assumes no responsibility for customer product design or the use or application of customers' products or for any infringements of patents or rights of others which may result from Analog Devices assistance. All trademarks and logos are property of their respective holders. Information furnished by Analog Devices applications and development tools engineers is believed to be accurate and reliable, however no responsibility is assumed by Analog Devices regarding technical accuracy and topicality of the content provided in Analog Devices Tutorials.