

# 保护ADC输入

Alan Walsh  
ADI公司

在设计ADC电路时，一个常见的问题是如何在过压条件下保护ADC输入。ADC输入的保护具有许多情况和潜在解决方案。所有供应商的ADC都在此方面具有相似需求。本文将深入分析过压情形中可能出现的问题、发生频率及潜在的补救措施。

ADC输入的过驱一般发生于驱动放大器电轨远远大于ADC最大输入范围时，例如，放大器采用 $\pm 15\text{ V}$ 供电，而ADC输入为0至5V。高压电轨用于接受 $\pm 10\text{ V}$ 输入，同时给ADC前端信号调理/驱动级供电，这在工业设计中很常见，PLC模块就是这种情况。。如果在驱动放大器电轨上发生故障状况，则可能因超过最大额定值而损坏ADC，或在多ADC系统中干扰同步/后续转换。本文将重点讨论如何保护精密SAR ADC，如AD798x系列，但也适用于其他ADC类型。

试考虑图1中的情形。

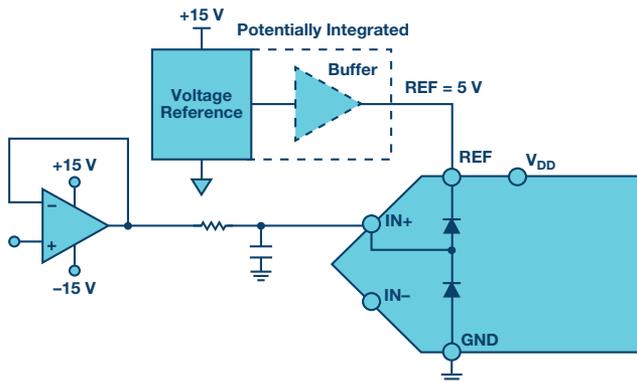


图1 精密ADC设计的典型电路图。

本电路代表AD798X（例如AD7980）系列PulSAR® ADC中的情形。输入端、基准电压源和接地之间存在保护二极管。这些二极管能够处理最高130mA的大电流，但仅能持续数毫秒，不适用于较长时间或重复过压。在一些产品上，例如AD768X/AD769x（如AD7685、AD7691）系列器件，保护二极管连接至 $V_{DD}$ 引脚而不是REF。在这些器件上， $V_{DD}$ 电压始终大于或等于REF。一般而言，此配置更有效，因为 $V_{DD}$ 是更稳定的箝位电轨，对干扰不敏感。

请访问：[analog.com/cn](http://analog.com/cn)

图1中，如果放大器趋向+15 V电轨，则连接至REF的保护二极管将开启，放大器将尝试上拉REF节点。如果REF节点未通过强驱动器电路驱动，则REF节点（及输入）的电压将升至绝对最大额定电压以上，一旦电压在该过程中超过器件的击穿电压，ADC可能受损。图3举例说明了ADC驱动器趋向8 V而使基准电压（5 V）过驱的情况。许多精密基准电压源无灌电流能力，这在此情形中会造成问题。或者，基准驱动电路非常强劲，足以将基准电压保持在标称值附近，但仍将偏离精确值。

在共用一个基准电压源的同步采样多ADC系统中，其他ADC上的转换不精确，因为该系统依赖于高度精确的基准电压。如果故障状况恢复时间较长，后续转换也可能不精确。

缓解此问题有几种不同方法。最常见的是使用肖特基二极管（BAT54系列），将放大器输出钳位在ADC范围。相关说明详见图2和图3。如果适合应用需求，也可使用二极管将输入箝位在放大器。

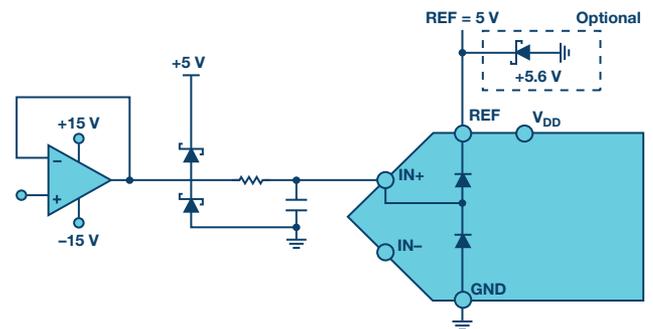


图2 精密ADC设计的典型电路图（添加了肖特基二极管和齐纳二极管保护）。

在此情况中，之所以选择肖特基二极管，是因为其具有低正向导通压降，可在ADC内的内部保护二极管之前开启。如果内部二极管部分开启，肖特基二极管后的串联电阻也有助于将电流限制在ADC内。对于额外保护，如果基准电压源没有/几乎没有灌电流能力，则可在基准节点上采用齐纳二极管或箝位电路，以保证基准电压不被过度拉高。在图2中，为5V基准电压源使用了5.6V齐纳二极管。

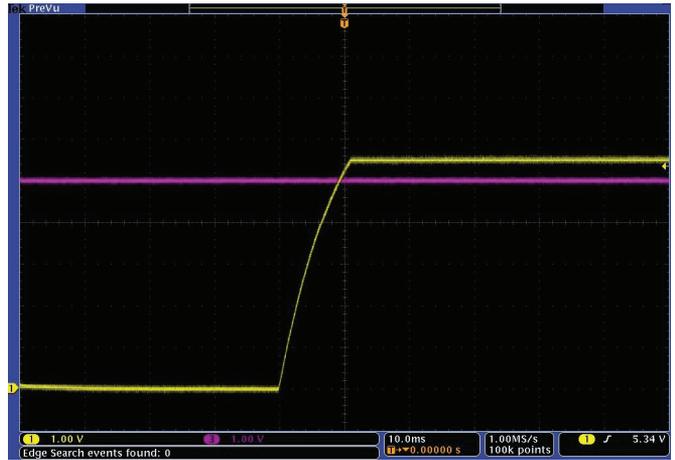
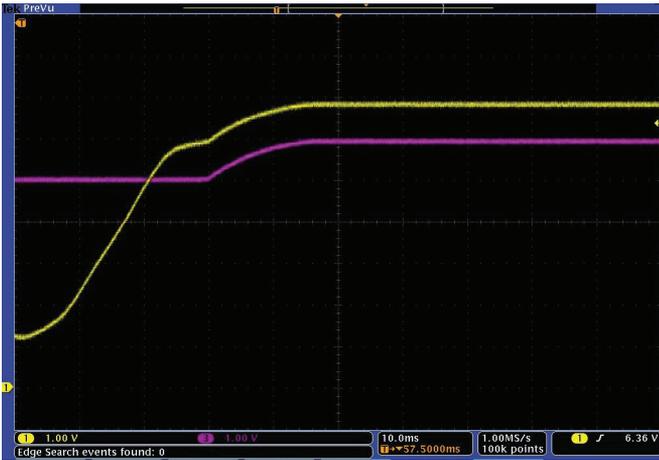


图3. 黄色 = ADC输入, 紫色 = 基准电压源。左侧图像未添加肖特基二极管, 右侧图像添加了肖特基二极管。

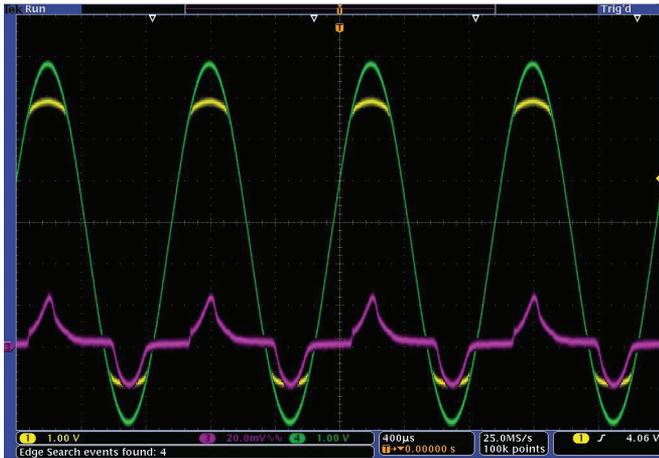


图4. 黄色 = ADC输入, 绿色 = ADC驱动器输入, 紫色 = 基准电压源 (交流耦合)。左侧图像未添加肖特基二极管。右侧图像添加了肖特基二极管(BAT54S)。

图4中的示例显示了以正弦波使ADC输入过驱时, 给ADC输入添加肖特基二极管后对基准输入(5 V)的影响。肖特基二极管接地, 5 V系统电轨能够吸电流。如果没有肖特基二极管, 当输入超过基准电压和地电压一个压降时, 就会出现基准电压源干扰。从图中可看到, 肖特基二极管完全消除了基准电压源干扰。

需要注意肖特基二极管的反向漏电流, 此电流在正常运行期间可引入失真和非线性。该反向漏电流受温度影响很大, 一般在二极管数据手册中指定。BAT54系列肖特基二极管是不错的选择(25°C时最大值为2 $\mu$ A, 125°C时约100 $\mu$ A)。

完全消除过压问题的一种方式是为放大器使用单电源电轨。这意味着, 只要为基准电压(最大输入电压)使用相同电源电平(本例中为5V), 驱动放大器就绝不会摆动至地电压以下或最大输入电压以上。如果基准电路具有足够的输出电流和驱动强度, 则可直接用来为放大器供电。图5中显示了另一种可能性, 也就是使用略低的基准电压值(例如, 使用5 V电轨时为4.096 V), 从而显著降低电压过驱能力。

这些方法可解决输入过驱的问题, 但代价是ADC的输入摆幅和范围受限, 因为放大器存在上裕量和下裕量要求。通常, 轨到轨输出放大器可在电轨十几mV内, 但也必须考虑输入裕量要求, 可能为1 V或更高, 这会将摆幅进一步限制在缓冲器和单位增益配置内。该方法提供了最简单的解决方案, 因为不需要额外保护元件, 但依赖正确的电源电压, 可能还需要轨到轨输入/输出(RRIO)放大器。

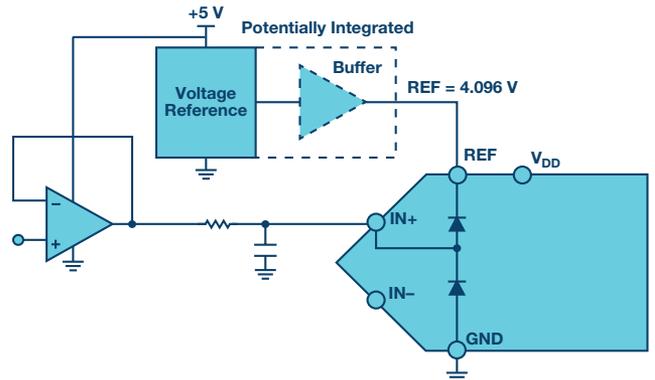


图5. 单电源精密ADV设计的典型电路图。

放大器与ADC输入之间的RC滤波器中的串联R也可用于在过压状况期间限制ADC输入处的电流。不过,使用此方法时需要在限流能力与ADC性能做出取舍。较大的串联R提供较佳的输入保护,但会导致ADC性能出现较大失真。如果输入信号带宽较低,或者ADC不在满吞吐速率下运行,这种取舍可行,因为此情况下串联R可以接受。应用可接受的R大小可通过实验方式确定。

如上文所述,保护ADC输入没有成法,但根据应用要求,可采用不同的单独或组合方法,以相应的性能取舍提供所需的保护水平。

## 作者简介

Alan Walsh [[alan.walsh@analog.com](mailto:alan.walsh@analog.com)] 是ADI公司的应用工程师。他于1999年加入ADI公司,就职于美国马萨诸塞州威明顿市的精密转换器应用部。他拥有都柏林大学电子工程学士学位。

## 在线支持社区

访问ADI在线支持社区,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 [ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)

**全球总部**

One Technology Way  
P.O. Box 9106, Norwood, MA  
02062-9106 U.S.A.  
Tel: (1 781) 329 4700  
Fax: (1 781) 461 3113

**大中华区总部**

上海市浦东新区张江高科技园区  
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼  
邮编: 201203  
电话: (86 21) 2320 8000  
传真: (86 21) 2320 8222

**深圳分公司**

深圳市福田中心区  
益田路与福华三路交汇处  
深圳国际商会中心  
4205-4210 室  
邮编: 518048  
电话: (86 755) 8202 3200  
传真: (86 755) 8202 3222

**北京分公司**

北京市海淀区西小口路 66 号  
中关村东升科技园  
B-6 号楼 A 座一层  
邮编: 100191  
电话: (86 10) 5987 1000  
传真: (86 10) 6298 3574

**武汉分公司**

湖北省武汉市东湖高新区  
珞瑜路 889 号光谷国际广场  
写字楼 B 座 2403-2405 室  
邮编: 430073  
电话: (86 27) 8715 9968  
传真: (86 27) 8715 9931

©2017 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA15638sc-0-4/17(A)

[analog.com/cn](http://analog.com/cn)

