

# 支持多路复用器的精密运算放大器

Tamara Alani、Richard Barthel



## 简介

多路复用是一种在多通道系统中执行数据采集的常用技术，信号链要求非常低。在这种情况下，多路复用器 (MUX) 在采集系统中的作用是在通道之间进行切换，并尽可能快地将每个信号发送到单个数据转换器，从而最大程度地提高系统吞吐量，并将延迟降至最低。为了提供精确的处理，将精密放大器放置在多路复用器的下游，以便精确地驱动模数转换器 (ADC)。

## 传统的放大器架构

传统的 CMOS 输入放大器架构由差分晶体管对组成，其中 MOSFET 源连接在一起，然后通过工作电流源接地，如图 1 所示。现代晶体管制造技术尝试通过降低氧化层厚度 ( $t_{ox}$ ) 来最大限度地提高 MOSFET 的跨导 ( $g_m$ )；然而，这种折衷在从栅极到源极之间会产生大约 5V 的击穿电压。较高的栅极至源极电压通常来源于较大的输入差分信号，该信号常见于转换或开环操作期间。为了保护输入免受永久性损坏，放大器在放大器输入端之间拥有两个强大的反向二极管，其中钳位电压通常为  $\pm 0.5V$  到  $\pm 1.5V$ 。这些二极管将输入端的电压摆幅限制在一个或两个正向二极管压降，这远低于击穿电压。虽然这些输入提供了一定级别的保护，但其仍具有相当大的缺点。

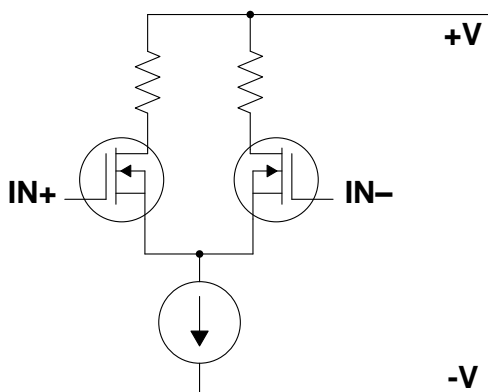


图 1. 晶体管差分输入对

采用传统运算放大器的大差分输入

图 2 显示了具有 A 和 B 两个通道的多路复用器。当多路复用器的输出连接到通道 A 时，运算放大器的同相输入会显示为 10V。该运算放大器以线性模式运行；因此，输入端的电势为 0V（忽略失调电压）。一旦多路复用器从通道 A 切换到通道 B，运算放大器的同相输入电势会立即变为 -10V。运算放大器的输出电压不会立即发生变化；因此，输入端会出现较大的差分电压，而反向并联二极管会开始传导电流。该操作导致输入偏置电流的急剧增加以及输入阻抗的降低。如果没有前面描述的输入反向并联二极管，这个大的差分电压将会超过击穿电压，从而对运算放大器造成永久损坏。借助输入反向并联二极管（如图 2 中蓝色框内所示），输入端将不会受到大的差分电压的影响；但是，会有大的浪涌电流通过二极管。如果出现无源滤波或高源阻抗，大的浪涌电流会对稳定时间造成影响，从而限制系统的吞吐量并降低信号链的精度。

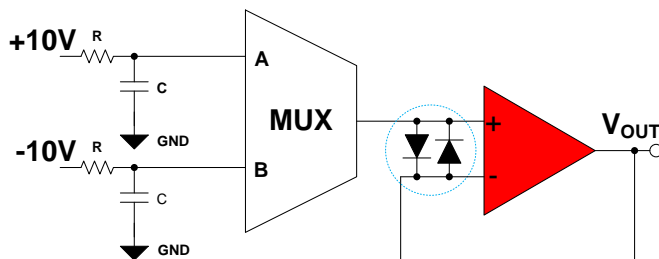


图 2. 具有缓冲器配置的计算放大器的多路复用器

运算放大器输出达到稳定状态所需的时间可能会对高速应用或高吞吐量应用不利。大多数多路复用器都以纳秒级的上升时间运行，远远快于最精确的运算放大器。如果运算放大器的压摆率无法与多路复用器的压摆率保持同步，便会产生差分电压，并且由于输入电流的影响，稳定时间会变长。当多路复用器在通道之间进行切换时，输出会用较长的时间来响应输入，此时系统的性能可能会受到影响。一些放大器尝试通过高压摆率来解决该问题，但这需要在功耗和稳定性方面进行折衷。TI 的精密放大器团队已开发出一项独特的专利技术，它将高压摆率与无二极管前端结合在一起，用于实现精确的信号处理，而不需要在高压摆率放大器方面进行折衷。开关多路复用器的器件性能如图 3 所示。请注意不支持多路复用器的放大器（黑色）和支持多路复用器的放大器

(红色)的源端负载影响。图 3 的上半部分展示了浪涌电流，它能够达到几十或几百毫安，具体取决于放大器输出电流的限制。图 3 的下半部分展示了稳定时间在转换时的影响。尽管传统放大器输出由于输入二极管而迅速移动，但 RC 网络的稳定性还会受到干扰，并且系统需要花费更长的时间才能稳定。

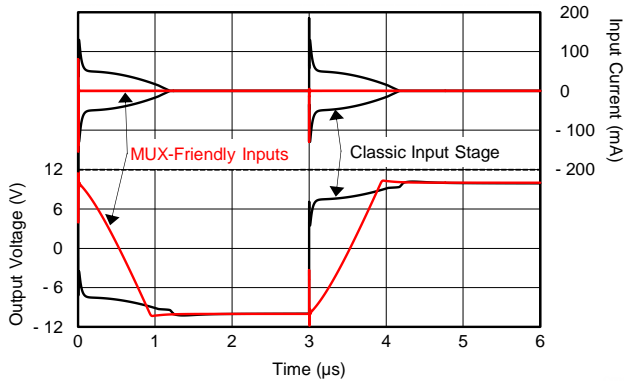


图 3. 开关时序图

### 支持多路复用器的运算放大器

除 JFET 输入放大器本来支持多路复用器外，TI 还开发了一种新的输入电路，它能够实现 36V CMOS 输入，而无需使用反向并联二极管来保护器件。这些支持多路复用器的放大器仍能够保持相同级别的保护和稳健性，同时也能够改善开关系统的稳定时间。这种获得专利的输入保护方案使用一组内部开关来打开和关闭开关，以便在采用大电压阶跃时保护运算放大器的输入。该保护方案的另一项优势就是没有浪涌电流。图 4 显示了静态下支持多路复用器的新保护方案。请注意，两个开关均已关闭，并且二极管处于非活动状态。

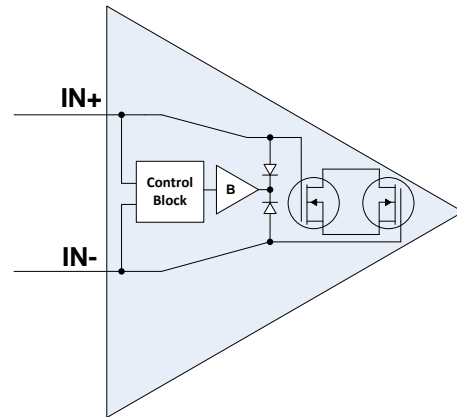


图 4. 支持多路复用器的方案

当正输入为低电平（从 +10V 变为 -10V）时，控制块会在反向终端 (IN-) 打开开关，并激活其中一个二极管，如图 5 所示。当正输入为高电平（从 -10V 变为 +10V）时，控制块会在非反向终端 (IN+) 打开开关，并激活另一个二极管。

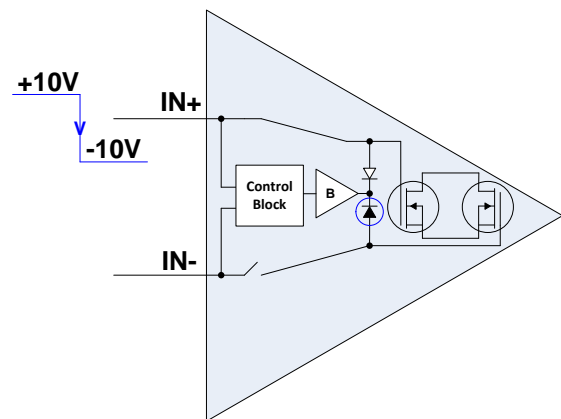


图 5. 由高到低的输入阶跃

标记为 B 的内部缓冲运算放大器会将二极管电流与输入信号隔离开来。该隔离通过运算放大器的输入引脚阻止电流流动。这种支持多路复用器的新架构能够避免产生任何额外的稳定时间。借助该配置，系统能够在多路复用器通道之间迅速切换，而不会影响精度。

### 其他资源

表 1. 支持多路复用器的 TI 放大器

器件	优化参数
OPA191	CMOS 输入, 25μV 失调电压 (最大值), 0.8μV/°C 漂移 (最大值), 2.5MHz, 200μA 电源电流 (最大值)
OPA192	CMOS 输入, 25μV 失调电压 (最大值), 0.5μV/°C 漂移 (最大值), 10MHz, 1.2mA 电源电流 (最大值)
OPA189	CMOS 输入, 2.5μV 失调电压 (最大值), 0.02μV/°C 漂移 (典型值), 14MHz, 1.7mA 电源电流 (最大值)

表 1. 支持多路复用器的 TI 放大器 (continued)

OPA145	JFET 输入, 150 $\mu$ V 失调电压 (最大值), 1 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C 漂移 (典型值), 5.5MHz, 475 $\mu$ A 电源电流 (最大值)
OPA828	JFET 输入, 300 $\mu$ V 失调电压 (最大值), 1.5 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C 漂移 (典型值), 45MHz, 5.5mA 电源电流 (最大值)

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司