

## Application Brief

## 用 OPA596 偏置 APD



Michael Hartshorne

## 简介

雪崩光电二极管 (APD) 是将光子 (光) 转换成电流的光学检测器。与传统光电二极管相比, APD 具有较快的响应速度和提供更高增益的能力, 因此常用于高速光学检测电路。APD 的一个挑战是需要高电压偏置电路, 其中一些电路需要高达 150V 的电压。对于许多解决方案, 传统开关转换器 (例如升压转换器) 可直接向 APD 提供此高电压。然而, 对于某些系统, 偏置需要是动态的, 其中偏置轨可能会为了校准目的或更改电路的增益而发生变化。对于这些情况, 除开关转换器外, 高压放大器还可以创建适用于动态光电二极管调整的高电压、高精度解决方案。OPA596 是动态 APD 偏置高达 80V 的理想选择, 因为其静态电流低 (420 $\mu$ A), 转换速率快 (100V/ $\mu$ s)。本应用简报提供了使用 OPA596 通过 DAC 实现精密控制的两个电路示例, 还提供了快速转换示例, 具备基本电阻分压器方案以及 MOSFET 开关。

## 将 DAC 与 OPA596 用于高电容驱动

为了以高精度动态控制 APD 偏置, 可以使用 DAC 创建低压偏置, 然后对其进行放大以提供偏置节点所需的高电压。图 1 中示出了如何配置此配置的基本示例。在此示例中, DAC63204W 的输出连接到 OPA596, 其中 OPA596 配置为反相放大器, 增益为 -15。由于 DAC63204W 是电压模式 DAC, 因此该器件输出的电压精度为 12 位, 范围为 0V 至 4.8V (使用内部基准, GAIN = 4)。然后, DAC 信号由 OPA596 增益至 -15 $\times$ DAC 输出电压。由于 APD 偏置还需要去耦电容器以更大限度地减少偏置瞬态偏移, 因此 OPA596 配置为高电容驱动双反馈电路 (有关如何设计双反馈电路的信息, 请参阅[稳定运算放大器电容性负载的三种方法](#)和 [TI 高精度实验室](#))。

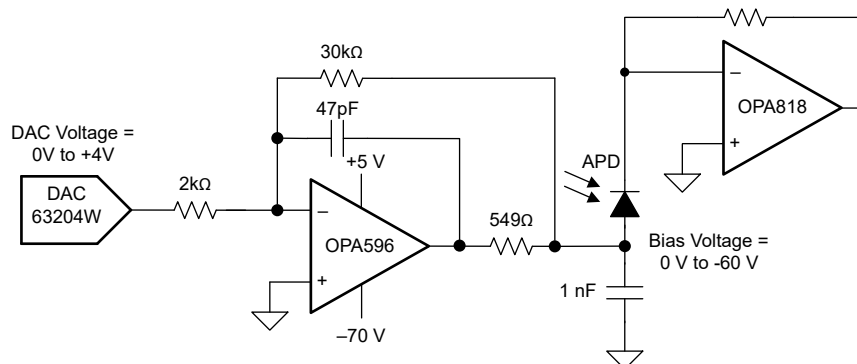


图 1. 使用 OPA596 对高压增益级进行 APD 偏置控制 (电路 1)

## 通过 OPA596 以及电阻器和 MOSFET 控制实现快速双级开关

虽然 DAC 电路由于低电压控制信号而实施，但在 OPA596 上使用增益为  $-15$  的反相配置可限制系统的带宽。在反相增益为  $-15$  的情况下，电路的噪声增益为  $16$ （请参阅[运算放大器稳定性理论和补偿](#)），这意味着闭环带宽除以放大器增益带宽积中的因素  $16$ 。在这种情况下，放大器输出的上升/下降时间限制在大约  $0.35$  除以闭环带宽（请参阅[运算放大器压摆率精密实验室视频](#)）。如果需要更快的开关速度，则需要为放大器配置较低的增益。

图 2 展示了一个电路，当放大器配置为单位增益时，该电路可用于在两个不同的偏置电压电平之间切换。这些电阻器用于设置两个不同的电平，并通过 BSS84 等小信号 PMOS 器件实现基准电压的调制。在此配置中，电阻分压器电路提供的电压可以借助极小的容性负载而快速转换。由于 OPA596 配置为单位增益双反馈电路，因此放大器仍可提供快速瞬态响应，使用 OPA596 的快速压摆率转换至每个电压电平。

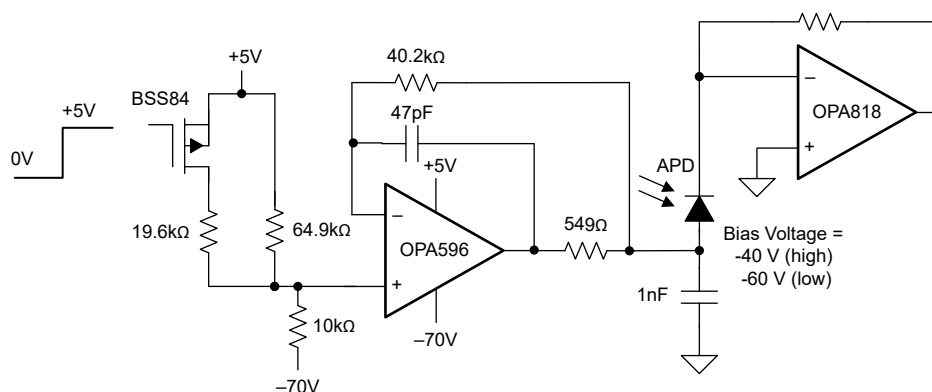


图 2. APD 偏置双电平开关 (电路 2)

对每个电路的模拟显示，从  $-60\text{V}$  到  $-40\text{V}$  的瞬态，速度更快的电路上稳定为  $5.3\mu\text{s}$   $0.1\%$ ，而图 1 中的电路上为  $13.4\mu\text{s}$ 。

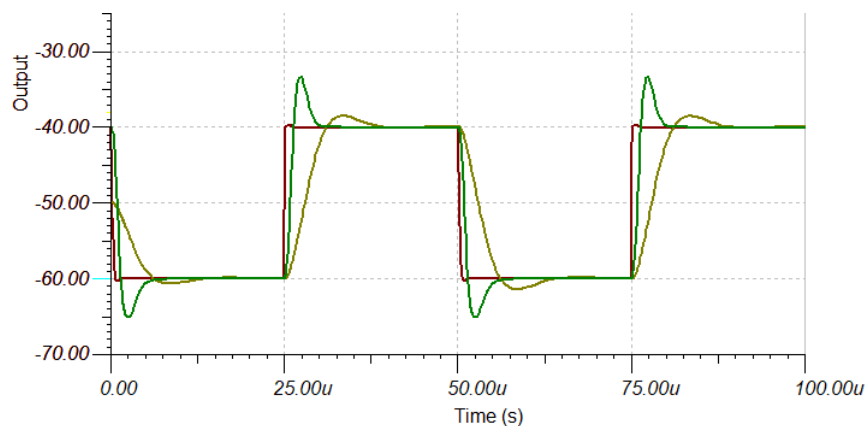


图 3. TINA 中 APD 偏置电压的仿真结果

黄色：OPA596 输出 (电路 1)

红色：同相输入 (电路 2)

绿色：OPA596 输出 (电路 2)

两个电路的结果也是在工作台上测量、请参见图 4 和图 5。

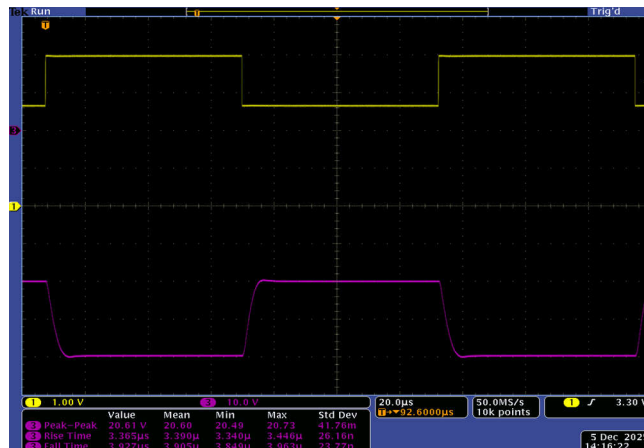


图 4. 测量结果：电路 1

黄色：使用波形发生器生成的仿真 DAC 输出  
电压

紫色：OPA596 输出电压

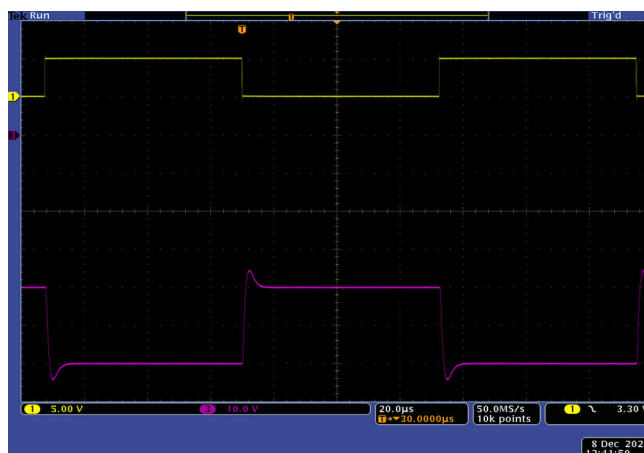


图 5. 测量结果电路 2

黄色：BSS84 处的栅极电压

紫色：OPA596 输出电压

## 商标

所有商标均为其各自所有者所有。

## 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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月