

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](#)）。

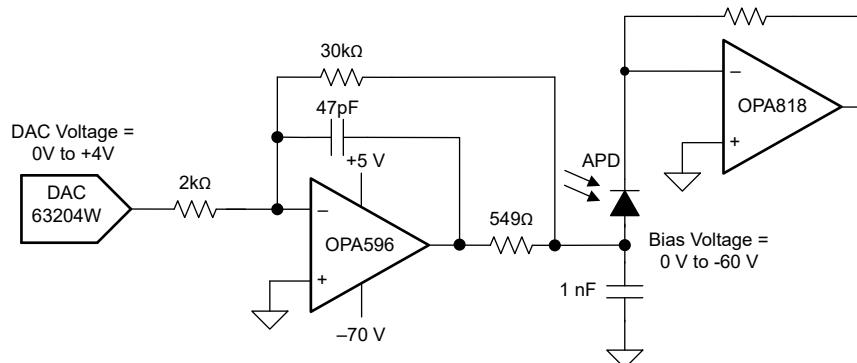


图 1. 使用 OPA596 对高压增益级进行 APD 偏置控制（电路 1）

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。

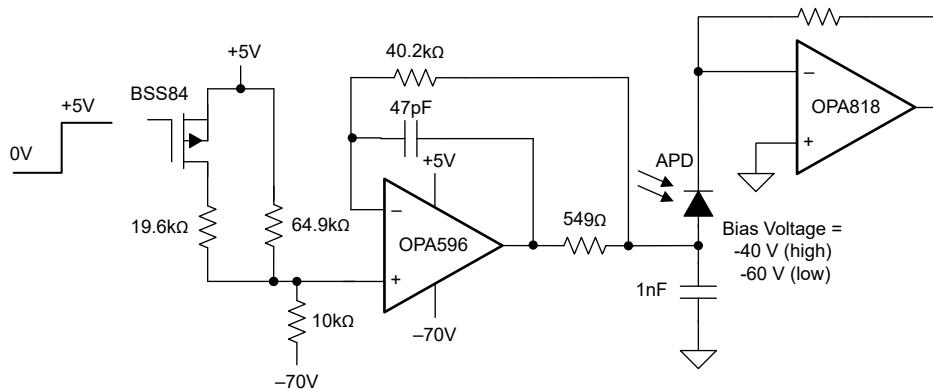


图 2. APD 偏置双电平开关 (电路 2)

对每个电路的模拟显示，从 -60V 到 -40V 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 $13.4\mu\text{s}$ 。

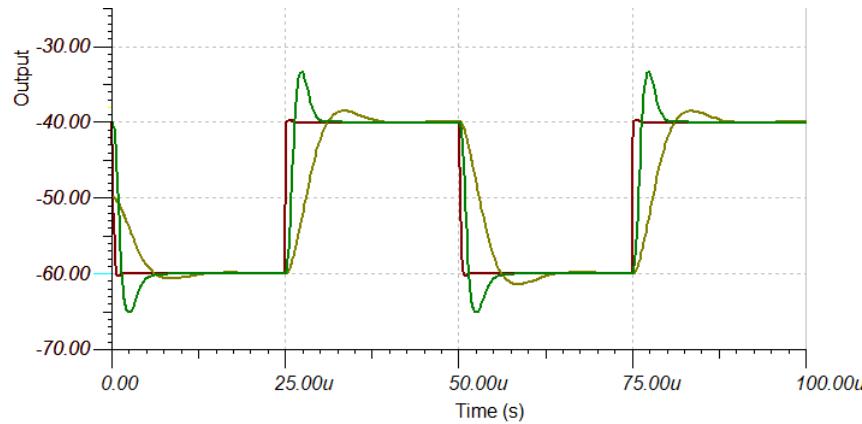


图 3. TINA 中 APD 偏置电压的仿真结果

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

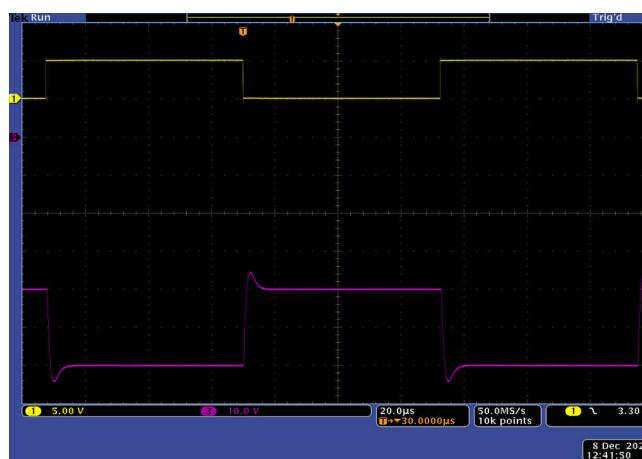


图 5. 测量结果：电路 2

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出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