

## Application Brief

## OPA596 を用いた APD のバイアス設定



Michael Hartshorne

## 概要

アバランシェフォトダイオード (APD) は、光子 (光) を電流に変換する光検出器です。APD は、従来型のフォトダイオードに比べて高速な応答時間とゲイン向上ができるため、高速な光検出回路でよく使用されます。APD の課題の 1 つとして、高電圧バイアス回路が必要であり、場合によっては最大 150V の電圧を必要とすることが挙げられます。多くのソリューションでは、従来型スイッチング コンバータ (昇圧コンバータなど) がこの高電圧を APD に直接供給できます。ただし、一部のシステムでは、バイアスを動的にする必要があり、キャリブレーションの目的や、回路のゲイン変更のいずれかのためにバイアスレールを変更する場合があります。このような場合、スイッチング コンバータの他に高電圧アンプを使うと、動的なフォトダイオード調整に最適な高電圧、高精度のソリューションを作成できます。OPA596 は、小さい静止電流 (420 $\mu$ A) と高速スルーレート (100V/ $\mu$ s) により、最大 80V のダイナミック APD バイアスを供給するための優れた選択肢です。このアプリケーション ブリーフでは、DAC による高精度制御を実現する OPA596 を用いた 2 つの回路例と、基本的な抵抗デバイダ方式と MOSFET スイッチを使用した高速遷移例を紹介します。

## 高容量駆動における DAC と OPA596 の併用

APD バイアスを高精度で動的に制御するために、DAC を使用して低電圧バイアスを生成し、バイアス ノードに必要な高電圧を供給することができます。この設定方法の基本的な例を図 1 に示します。この例では、DAC63204W の出力を OPA596 に接続し、OPA596 をゲインが  $-15$  の反転アンプとして構成しています。DAC63204W は電圧モード DAC であるため、このデバイスは  $0 \sim 4.8$ V、12 ビットの精度で電圧を出力します (内部リファレンスを使用、GAIN = 4)。その後、DAC 信号は OPA596 によって増幅され、出力電圧は  $-15 \times \text{DAC}$  になります。APD バイアスには、バイアス過渡変位を最小限に抑えるためにデカップリング コンデンサも必要とするため、OPA596 は高容量駆動のデュアル帰還回路に構成されます (デュアル帰還回路の設計方法については、『[オペアンプの容量性負荷を安定化させる 3 つの方法](#)』および [TI プレジジョン ラボ](#) をご覧ください)。

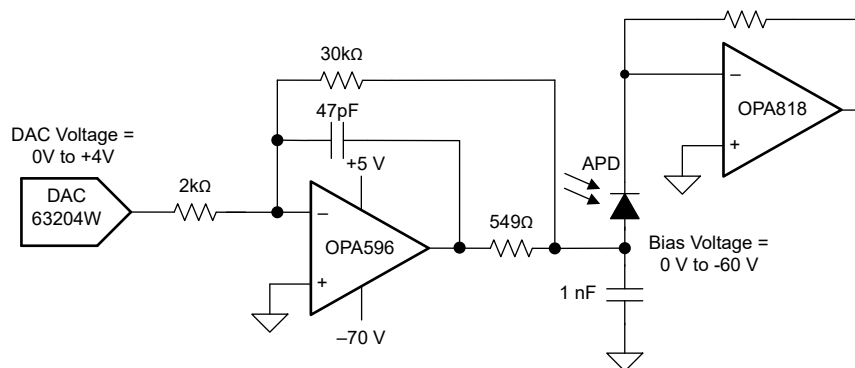


図 1. 高電圧ゲイン段で OPA596 を使用した APD バイアス制御 (回路 1)

## OPA596 と抵抗による高速デュアル レベル スwitchングおよび MOSFET 制御

低電圧制御信号のため DAC 回路は実装されていますが、OPA596 のゲイン  $-15$  で反転構成を使用すると、システムの帯域幅が制限されます。 $-15$  の反転ゲインでは、回路の「ノイズ ゲイン」は  $16$  です (『オペアンプの安定性理論と補償』を参照)。これは、閉ループ帯域幅をアンプのゲイン帯域幅積から  $1/16$  に除算したことを意味します。この場合、アンプ出力の立ち上がり / 立ち下がり時間が約  $0.35 /$  閉ループ帯域幅で除算されます (『オペアンプ スルーレート』プレジジョンラボ ビデオを参照)。より高速なスイッチングが必要な場合は、アンプをより低いゲインに構成する必要があります。

図 2 は、アンプをユニティ ゲインに構成した状態で、2 つの異なるバイアス電圧レベルを切り替えるために使える回路を示しています。これらの抵抗は、BSS84 などの小信号 PMOS デバイスで実装されたリファレンス電圧の変調とともに、2 つの異なるレベルを設定するために使用されます。この構成では、抵抗デバイダ回路で供給される電圧を、最小の容量性負荷によって迅速に遷移できます。OPA596 はユニティ ゲイン デュアル帰還回路で構成されているため、アンプは OPA596 の高速スルーレートを使用して各電圧レベルに遷移することで高速な過渡応答を実現できます。

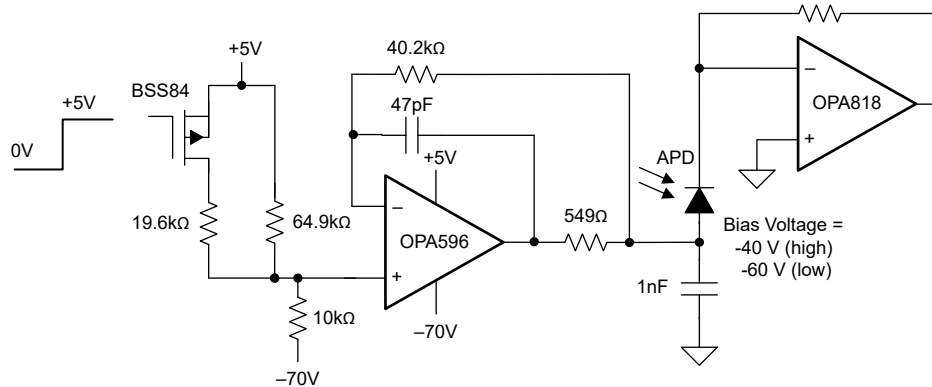


図 2. APD バイアス デュアルレベル スwitchング (回路 2)

各回路のシミュレーションでは、高速回路において  $-60\text{V}$  から  $-40\text{V}$  への過渡電圧で  $5.3\mu\text{s}$  の  $0.1\%$  セットリングを示しています。一方、図 1 の回路は  $13.4\mu\text{s}$  の  $0.1\%$  セットリングを示しています。

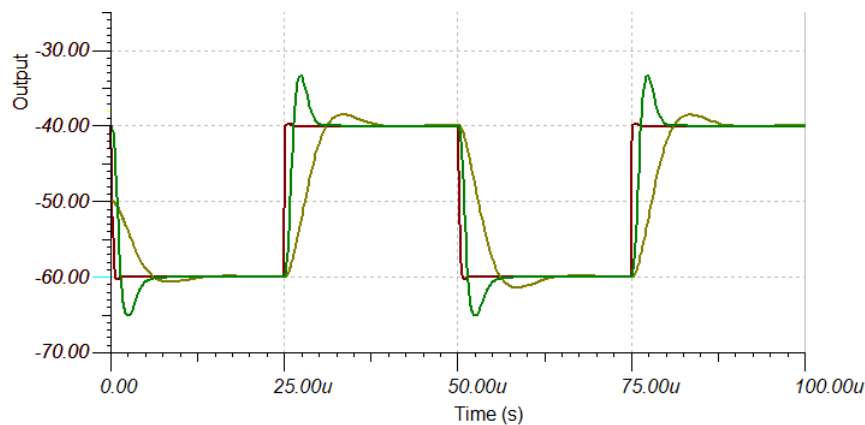


図 3. TINA の APD バイアス電圧のシミュレーション結果

- 黄: OPA596 の出力 (回路 1)
- 赤: 非反転入力 (回路 2)
- 緑: OPA596 の出力 (回路 2)

両方の回路の結果もベンチで測定しました (図 4 および図 5 を参照)。

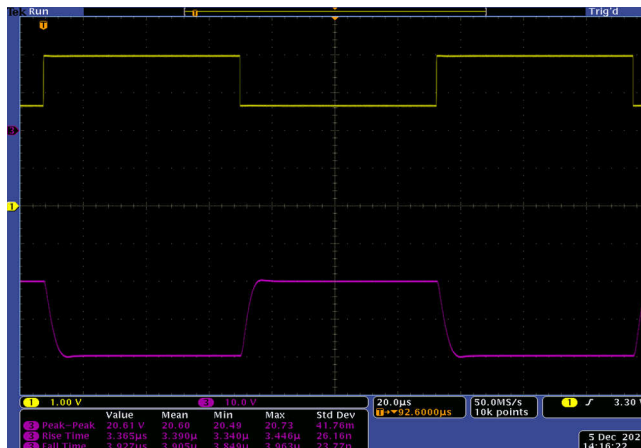


図 4. 測定結果: 回路 1

黄: 波形ジェネレータで生成された DAC 出力電圧のシミュレーション

紫: OPA596 出力電圧

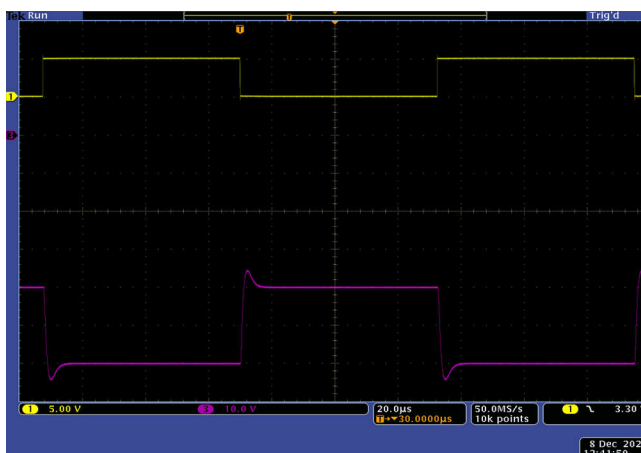


図 5. 測定結果: 回路 2

黄: BSS84 でのゲート電圧

紫: OPA596 出力電圧

## 商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月