

**Circuits  
from the Lab™**  
Reference Circuits  
実用回路集

テスト済み回路設計集“Circuits from the Lab™”は共通の設計課題を対象とし、迅速で容易なシステム統合のために製作されました。さらに詳しい情報又は支援は <http://www.analog.com/jp/CN0272> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD8065	高性能、145MHz FASTFET™ オペアンプ
AD8475	ゲイン選択可能な高精度フル差動減衰アンプ
AD9629-20	12ビット、20 MSPS、1.8 V A/D コンバータ
ADR441	電流シンク/ソース機能付き、超低ノイズ LDO XFET® 2.5V 電圧リファレンス

## 暗電流補償付きの 2MHz 帯域幅 PIN フォトダイオード・プリアンプ

### 評価および設計サポート環境

#### 回路評価ボード

CN-0272 評価用ボード (EVAL-CN0272-SDPZ)

システム・デモンストレーション・プラットフォーム  
(EVAL-SDP-CB1Z)

#### 設計と統合ファイル

回路図、レイアウト・ファイル、部品表

### 回路の機能とその利点

図 1 に示す回路は、暗電流補償機能を備えた高速フォトダイオード・シグナル・コンディショニング回路です。このシステムは、高速シリコン PIN フォトダイオードからの電流を電圧に変換し、20 MSPS の A/D コンバータ (ADC) の入力を駆動します。このデバイスの組み合わせにより、49 nA の光電流感度で 400 nm~1050 nm のスペクトル感度、91 dB のダイナミック・レンジ、そして 2 MHz の帯域幅を実現します。システムのシグナル・コンディショニング回路には±5 V 電源から 40 mA の電流しか流れないので、この構成はパルス・オキシメトリ (パルス酸素濃度測定) などの、高速、高分解能の光強度測定の携帯型アプリケーションに適しています。

この回路が適している他のアプリケーションとして、アナログ光アイソレータがあります。また、適応型速度制御システムなど、帯域幅を大きく、分解能を低くする必要があるアプリケーションにも対応可能です。

この回路ノートでは、安定性の計算、ノイズ解析、および部品選択に関する検討を含め、特定の帯域幅に対して図 1 の回路を最適化するのに必要なデザイン・ステップを解説します。

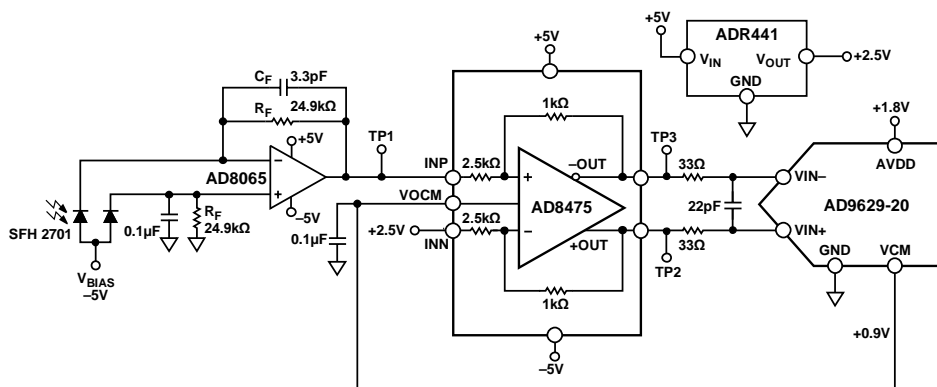


図 1. 暗電流補償機能を備えたフォトダイオード・プリアンプ・システム (簡略回路図)

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許その他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

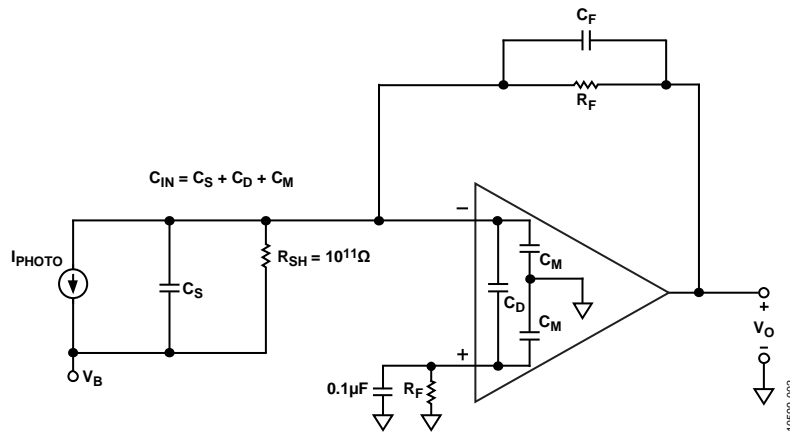


図 2. AC およびノイズ解析用広帯域フォトダイオード・プリアンプの等価回路

## 回路説明

### 部品の選択

フォトダイオードは光の強度を検出するのに使われる高インピーダンス・センサーです。フォトダイオードには内部ゲインはありませんが、他の光検出器よりもはるかに高い照度で動作することができます。

フォトダイオードは、ゼロ・バイアス（光起電力モード）または逆バイアス（光導通モード）のどちらかで動作します。精度が最も高いリニア動作は光起電力モードで得られます。速いスイッチング速度はダイオードが光導通モードで動作するときに実現できますが、直線性が低下します。こうした逆バイアス条件下では、照明のないときでも暗電流と呼ばれる少量の電流が流れます。暗電流による誤差は、図 1 のオペアンプの非反転入力に同じタイプのもう 1 つのフォトダイオードを使用することによってキャンセルすることができます。

以下の 3 つの要素がフォトダイオードの応答時間に影響を与えます。

- フォトダイオードの放電しきった領域でのキャリアの電荷収集時間
- フォトダイオードの放電しきっていない領域でのキャリアの電荷収集時間
- ダイオード回路の組合わせの RC 時定数

接合容量がフォトダイオードの拡散領域と印加される逆バイアスに依存するため、フォトダイオードの拡散領域を小さくするほど、また印加される逆バイアスを大きくするほど立ち上がり時間を短くすることができます。この回路ノートで使用されている SFH 2701 PIN フォトダイオードの接合容量は、標準 3 pF、0 V バイアスでは最大 5 pF です。標準容量は 1 V 逆バイアスで 2 pF、5 V 逆バイアスでは 1.7 pF です。回路内の測定は全て 5 V 逆バイアスで行いました。

図 2 は、I/V コンバータをフォトダイオードの電氣的モデルとともに表したものです。基本的な伝達関数は次式で表されます。

$$V_{OUT} = \frac{I_{PHOTO} \times R_F}{1 + sC_F R_F}$$

ここで、 $I_{PHOTO}$  はフォトダイオードの出力電流で、 $R_F$  と  $C_F$  を並列に組み合わせることで信号帯域幅が設定されます。フォトダイオードからの出力電流の全てが  $R_F$  を通過するのが理想的ですが、あらゆるオペアンプには出力に誤差を生じる入力バイアス電流が流れます。この誤差を最小限に抑えるには、入力バイアス電流がピコアンペア単位で入力オフセット電圧が低いオペアンプが適しています。AD8065 の入力バイアス電流はわずか 2 pA、入力オフセット電圧はわずか 400  $\mu$ V です。

この回路は、フォトダイオードの最大電流が 200  $\mu$ A のときにフルスケール出力が 5 V になるように設計されています。これにより、帰還抵抗の値が次のように決まります。

$$R_F = 5 \text{ V} / 200 \text{ } \mu\text{A} = 24.9 \text{ k}\Omega$$

このプリアンプで達成可能な安定した帯域幅は、 $R_F$  とアンプの利得帯域幅積（65 MHz）ならびにアンプの加算点の総容量  $C_{IN}$  の関数になります。この回路では、SFH 2701 ダイオード（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）の最大容量は  $C_D = 5$  pF です。AD8065 の同相入力容量は  $C_M = 2.1$  pF、差動入力容量は  $C_D = 4.5$  pF です。したがって、総入力容量は  $C_{IN} = 11.6$  pF になります。

位相マージンが 45° になる信号帯域幅  $f_{(45)}$  は次式で求められることが分かります。

$$f_{(45)} = \sqrt{\frac{f_{CR}}{2\pi \times R_F \times C_{IN}}} = \sqrt{\frac{65 \text{ MHz}}{2\pi \times 24.9 \text{ k}\Omega \times 11.6 \text{ pF}}} = 5.7 \text{ MHz}$$

達成可能な最大帯域幅が所定の帯域幅より大きいので、AD8065 はアプリケーションに最適なデバイスです。これは主に  $f_{CR}$  と  $C_{IN}$  の比が大きいためです。

$R_F$  と  $C_{IN}$  により、アンプのループ伝達関数に、ピーキングと不安定性を生じる可能性がある極が形成されます (図3参照)。  $C_F$  を追加すると、ループ伝達関数内に極の影響を補償するゼロ点が形成されることにより、信号帯域幅が減少しません。

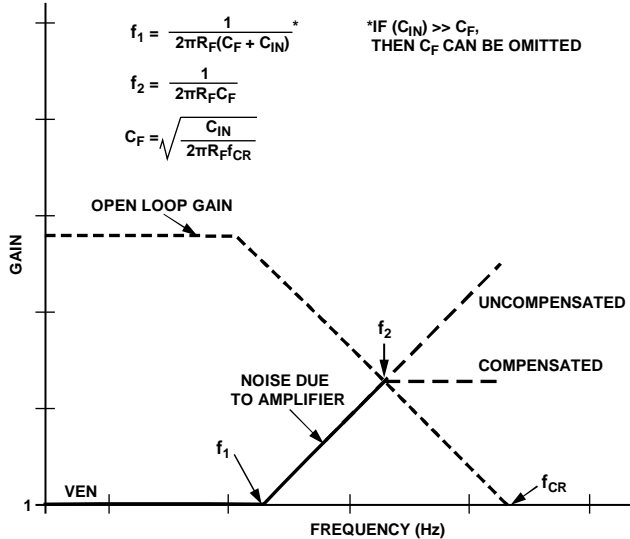


図 3. 入力容量の補償

選択した  $R_F$  の値を使って 2 MHz の帯域幅を生成する  $C_F$  の値は次のようになります。

$$C_F = \frac{1}{2\pi R_F f_2} = \frac{1}{2\pi \times 24.9\text{k}\Omega \times 2\text{MHz}} = 3.3\text{ pF}$$

3.3 pF がシステムを安定化するのに十分な容量かどうかを判定するため、45°の位相マージンを得るのに必要な容量を計算します。  $f_{(45)}$  を与える  $C_F$  の値は次のように表すことができます。

$$C_F = \sqrt{\frac{C_{IN}}{2\pi \times R_F \times f_{CR}}} = \sqrt{\frac{11.6\text{ pF}}{2\pi \times 24.9\text{ k}\Omega \times 65\text{ MHz}}} = 1.1\text{ pF}$$

3.3 pF の所定の値が 1.1 pF の最小値より大きいことからシステムは安定します。これは、容量が増すほど位相マージンが大きくなるからです。

### ノイズの解析

これで部品が選択されたので、信号の変換に必要な分解能を決める必要があります。多くのノイズ解析のように、主要な要因のみを特定する必要があります。ノイズ源は RSS (2乗和の平方根) で合算されるので、他のノイズより少なくとも 3~4 倍大きな単一のノイズ源が支配的になります。

フォトダイオード・プリアンプの場合、出力ノイズの主要なソースはオペアンプの入力電圧ノイズと帰還抵抗ノイズです。FET 入力オペアンプの入力電流ノイズは無視できる大きさです。フォトダイオードのショット・ノイズ (逆バイアスに起因) は、シャント容量のフィルタリング効果により無視できます。

抵抗ノイズはジョンソン・ノイズの式を使って計算します。

$$V_{R_F} RTO = \sqrt{4kTR_F \times 1.57 f_2} = 36\text{ }\mu\text{V rms}$$

ここで、

$k$  は、ボルツマン定数 ( $1.38 \times 10^{-23}\text{ J/K}$ )。

$T$  はケルビン単位の絶対温度。

1.57 の係数により、概算の単極帯域幅が等価ノイズ帯域幅に変換されます。

プリアンプの正側入力の 0.1  $\mu\text{F}$  コンデンサが、バイアス電流の影響をキャンセルするのに使用される 2 番目の  $R_F$  抵抗によって生じる高周波ノイズを除去することに注意してください。

出力ノイズの主要なソースは、入力電圧ノイズと、 $f_1$  と  $f_{CR}$  の間に生じる高周波ノイズ・ゲインのピーキングに起因します。出力ノイズが全周波数範囲で一定で、AC ノイズ・ゲインに最大値を使用すると仮定した場合、次のようになります。

$$V_{NRTO} = V_N \left( 1 + \frac{C_{IN}}{C_F} \right) \sqrt{1.57 f_2} = 56\text{ }\mu\text{V rms}$$

ここで、 $V_N$  はアンプの入力電圧ノイズです (7 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )。

この結果、出力を基準にした総合 rms ノイズは、2 つの成分の RSS 値になります。

$$\text{総合 RTO ノイズ} = \sqrt{(36)^2 + (56)^2} = 67\text{ }\mu\text{V rms}$$

プリアンプの総合出力ダイナミック・レンジは、フルスケール出力信号 (5 V) を総合出力 rms ノイズ (67  $\mu\text{V rms}$ ) で割り、デシベルに変換することによって計算することが可能で、その値は約 97 dB になります。

$$\text{ダイナミック・レンジ} = 20 \log(5\text{ V}/67\text{ }\mu\text{V}) = 97\text{ dB}$$

### ADC の選択

アンプによるノイズ出力の大きさは、分解可能なビットの最大数であることが既知なため、フルスケール出力を rms ノイズで割ることによって計算することができます。

$$\text{総合 RMS LSBs} = 5\text{ V}/67\text{ }\mu\text{V} = 74,627$$

rms LSB の数値は有効分解能に変換することができます。

$$\text{有効分解能} = \log_2(74,627) = 16.19\text{ ビット}$$

ノイズフリー・コード分解能は、有効分解能から 2.7 ビットを差し引くことによって得られます。

$$\begin{aligned} \text{ノイズフリー・コード分解能} &= \text{有効分解能} - 2.7\text{ ビット} \\ &= 16.19\text{ ビット} - 2.7\text{ ビット} \\ &= 13.49\text{ ビット} \end{aligned}$$

最終的なアプリケーションによっては、13 ビットは実際に必要な分解能を上回るかもしれません。所望のアプリケーションがこの大きさの分解能を必要としないということは、システムが 12 ビットの設計要件を満たすことが確認されているということです。

前に説明したように、LSBの大きさ（電流）が暗電流の大きさよりも小さい場合、同じタイプの2つ目のフォトダイオードをオペアンプの非反転入力に使用することによって暗電流をキャンセルすることができます。たとえば、16ビットの分解能が必要な場合、検出される光電流は次のようになります。

$$I_{LSB} = \frac{I_{PHOTO}}{2^N} = \frac{200\mu A}{2^{16}} = 3\text{ nA}$$

SFH 2701 を流れる暗電流の最大値は 5 nA に規定されているので、16ビットの設計には暗電流補償が必要になります。

このアプリケーションでは 12ビット ADC を使用しているので、LSBの大きさは 49 nA になり、暗電流補償は不要です。

帯域幅が 2MHz の場合、サンプリング・レートが 10 倍以上の ADC を選択することが妥当です。これは、理想的な ADC は 12ビットの分解能では 20 MSPS のレートでサンプリングする必要があることを意味します。

AD9629-20 は、分解能が 12ビットの 20 MSPS ADC なので最適なデバイスです。ただし、差動入力を必要とするので、5 V p-p のシングルエンド信号を 2 V p-p の差動信号に変換する必要があります。これは、シングルエンドから差動への変換を簡略化し、同相レベル・シフトと高精度の減衰を行う AD8475 差動減衰アンプを使用することにより、容易に実現できます。

AD8475 は、最大出力オフセットがわずか 500  $\mu\text{V}$ 、差動出力ノイズが 10 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 、全高調波歪み + ノイズ (THD + N) が -112 dB のデバイスです。

AD8475 は、2 V p-p の最大出力電圧、2 MHz の設計要件を十分に満たす最大 10 MHz をサポートすることができます。

AD8475 のゲインは、AD9629-20 のアナログ入力スパン (2 V p-p) と AD8065 のフルスケール出力 (5 V p-p) によって決められています。

$$\text{ゲイン} = 2\text{ V p-p} / 5\text{ V p-p} = 0.4$$

AD9629-20 には 0.9 V の同相電圧が組み込まれており、VCM ピンから利用可能です。このピンは、0.9 V の同相電圧で AD8475 の VOVM ピンを駆動します。

このシステムには AD8475 のノイズ成分を含めることが重要です。これは、まず AD8065 の出力ノイズ (67  $\mu\text{V rms}$ ) に AD8475 のゲインを掛けることにより、AD8065 による成分を求めます

$$\begin{aligned} \text{AD8065 のノイズに起因する AD8475 出力のノイズ} &= \\ 0.4 \times 67\ \mu\text{V rms} &= 27\ \mu\text{V rms} \end{aligned}$$

AD8475 に起因する出力ノイズは、出力ノイズ密度 (10 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ) に出力フィルタによって設定される帯域幅の平方根を掛けることによって計算します。

$$\begin{aligned} \text{出力フィルタの帯域幅} &= \\ \frac{1}{2\pi RC} &= \frac{1}{2\pi \times 66\ \Omega \times 22\ \text{pF}} = 110\ \text{MHz} \end{aligned}$$

AD8475 のフィルタ後の出力ノイズ =

$$10\ \text{nV}/\sqrt{\text{Hz}} \times \sqrt{(1.57 \times 110\ \text{MHz})} = 131\ \mu\text{V rms}$$

AD8475 のフィルタ後の出力の総合ノイズは、2つの成分の RSS 値を得ることによって次のように計算します。

$$\text{総合ノイズ} = \sqrt{(27)^2 + (131)^2} = 134\ \mu\text{V rms}$$

AD8475 のノイズ成分を計算に組み込むことにより、分解可能なビット数を確定し、総合ダイナミック・レンジを計算することができます。

$$\text{総合 RMS LSBs} = 5\ \text{V} / 134\ \mu\text{V} = 37,313$$

$$\text{有効分解能} = \log_2(37,313) = 15.19\ \text{ビット}$$

$$\begin{aligned} \text{ノイズフリー・コード分解能} &= \text{有効分解能} - 2.7\ \text{ビット} \\ &= 15.19\ \text{ビット} - 2.7\ \text{ビット} \\ &= 12.49\ \text{ビット} \end{aligned}$$

$$\text{ダイナミック・レンジ} = 20 \log(5\ \text{V} / 134\ \mu\text{V}) = 91\ \text{dB}$$

## テスト結果

フォトダイオード D1 を駆動して電流を発生させるのにレーザー・ダイオードを使用しました。暗電流補償用にフォトダイオード D2 を使用し、不透明エポキシ樹脂 (EPO-TEK® 320) で覆うことにより、D1 が励起したときに D2 から出力電流が流れないようにしています。

フォトダイオードを期待電流より大きな電流が流れるように駆動させることにより、AD8065 のおおよその最大立上がり時間と最大立下がり時間が約 72 ns になりました (図 4 参照)。

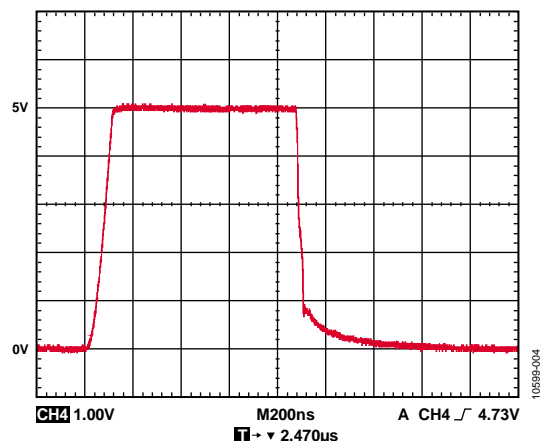


図 4. フォトダイオードのオーバードライブによるパルス応答

レーザー・ダイオードがフォトダイオードを  $200\ \mu\text{A}$  を超える電流にオーバードライブしないように、レーザー・ダイオードの位置を移動することにより、システムのより現実的な立上がり時間と立下がり時間を測定することができます。

AD8065 の測定した立上がり時間と立下がり時間（それぞれ  $282\ \text{ns}$  と  $290\ \text{ns}$ ）を図 5 に示します。十分な位相マージンがあるために、どちらのテストでもレーザー・ダイオードがオフした後にリングングが生じていないことに注意してください。

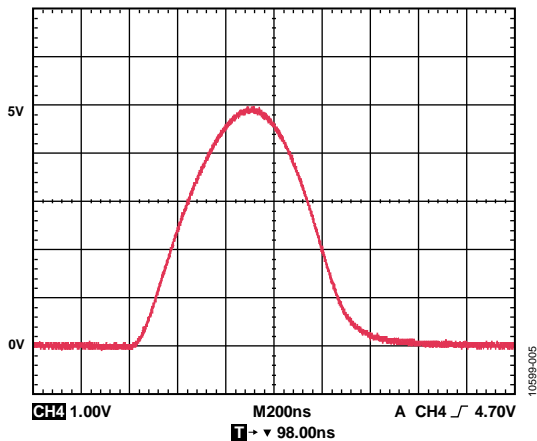


図 5. レーザー・ダイオードのパルス応答

システムの強い光パルスへの応答がテストされたことで、システムの光度の高速変化への応答をテストすることが可能になりました。Agilent 33250A 関数発生器を使って、 $2\ \text{MHz}$  のサイン波でレーザー・ダイオードを駆動しました。AD8065 の出力が光度の小さな変化を良好に検出できていることを図 6 に示します。また、CN0272 評価用ソフトウェアが AD9629-20 ADC からの変換データを良好に受信し、データをチャートにプロットした画面例を図 7 に示します。

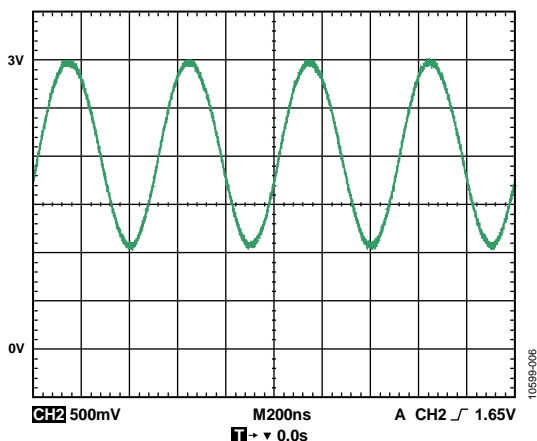


図 6. 変化する光源を使った AD8065 の出力

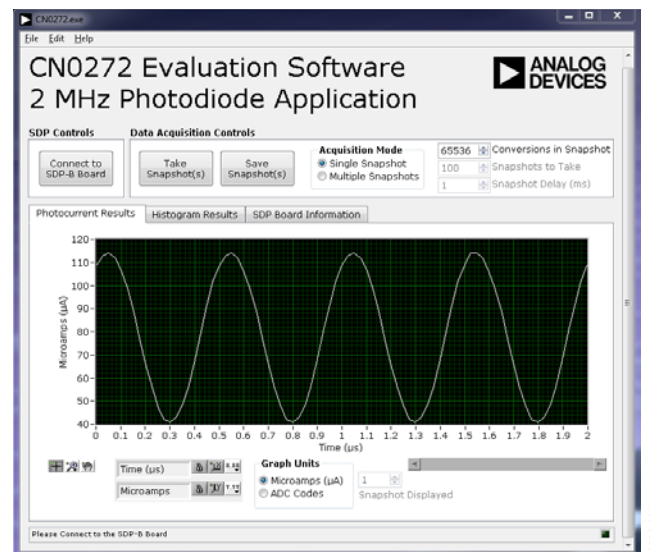


図 7. 変化する  $2\ \text{MHz}$  の光源をデジタル化する CN0272 評価用ソフトウェアの画面例

この回路ノートに関する完全な設計サポート・パッケージは、<http://www.analog.com/CN0272-DesignSupport> で入手できます。

### パルス・オキシメトリのアプリケーション

パルス酸素濃度計は、酸素飽和ヘモグロビン (Hgb) のパーセント値と患者の脈拍数を連続的に測定する際に使われる医療用機器です。酸素を運ぶヘモグロビン (オキシヘモグロビン) は赤外領域 ( $940\ \text{nm}$ ) のスペクトルの光を吸収し、酸素を運ばないヘモグロビン (デオキシヘモグロビン) は赤の可視光 ( $650\ \text{nm}$ ) を吸収します。人体の酸素のパーセント値は、これら 2 つの光の強度の比を計算することによって求められます。

パルス酸素濃度計では、2 個の LED (一方は赤色光を放射、他方は赤外線光を放射) が 2 つの電流源によって即座に連続的に励起され、この LED から光の強度を検出するのにフォトダイオードが使用されます。図 1 の回路は、CN-0125 のように、各 LED が薄い布を通して伝達する光を捕捉するために、LED 電流シンク回路に同期させることができます。



## バリエーション回路

選択された部品はノイズとコストに対して最適化されたものですが、他の組合わせに置き換えることも可能です。

他の適した 2 電源アンプは [ADA4817-1](#) と [ADA4637-1](#) です。単一電源動作が必要な場合、[AD8605](#) や [AD8615](#) を推奨します。これらのアンプは全て、入力バイアス電流が 2 pA 以下、入力オフセットが 400  $\mu$ V 以下、ユニティゲイン帯域幅積が 10 MHz 以上です。

適応型速度制御など、100 MHz 以上の帯域幅を必要とするアプリケーションには、[ADA4817-1](#) FastFET アンプ、[ADA4932-1](#) 低消費電力差動 ADC ドライバ、および 12 ビット、210 MSPS の [AD9634-210](#) ADC の組合わせを推奨します。

[ADA4817-1](#) は、ゲイン帯域幅積が 400 MHz と大きく、入力容量が 1.4 pF ときわめて小さな値です。これにより、このアンプは広帯域のトランスインピーダンス・アプリケーションに最適となっています。

[ADA4932-1](#) ドライバは、最大 360 MHz まで 2 V p-p の出力を維持することができるので、[AD9634-210](#) ADC の要件を満たします。

## 回路の評価とテスト

この回路は、[EVAL-CN0272-SDPZ](#) 回路ボードと [EVAL-SDP-CB1Z SDP-B](#) システム・デモ用プラットフォーム・コントローラ・ボードを使用します。2 枚のボードは 120 ピン・コネクタを備えているので、短時間で組み立てて回路の性能を評価することができます。[EVAL-CN0272-SDPZ](#) ボードには、この回路ノートで説明したように、評価対象の回路が含まれています。SDP-B コントローラ・ボードは、[EVAL-CN0272-SDPZ](#) 回路ボードからデータをキャプチャするために [CN0272 評価用ソフトウェア](#) と併用します。

## 必要な装置

以下の装置類が必要になります。

- USB ポート付き Windows® XP (32 ビット)、Windows Vista®、または Windows® 7 搭載 PC
- [EVAL-CN0272-SDPZ](#) 回路ボード
- [EVAL-SDP-CB1Z SDP-B](#) コントローラ・ボード
- [CN-0272 SDP 評価用ソフトウェア](#)
- [EVAL-CFTL-6V-PWRZ](#) DC 電源または等価な 6 V/1 A ベンチ電源
- 400 nm~1050 nm の光源

## 評価開始にあたって

[CN0272 評価用ソフトウェア](#) の CD を PC の CD ドライブにセットして、評価用ソフトウェアをロードします。マイコンピュータから評価用ソフトウェア CD を挿入したドライブを探します。

## 機能ブロック図

回路ブロック図については図 1 を、全体回路図については [EVAL-CN0272-SDPZ-PADSSchematic-RevC.pdf](#) ファイルをご覧ください。

ください。このファイルは [CN-0272 Design Support Package](#) に含まれています。

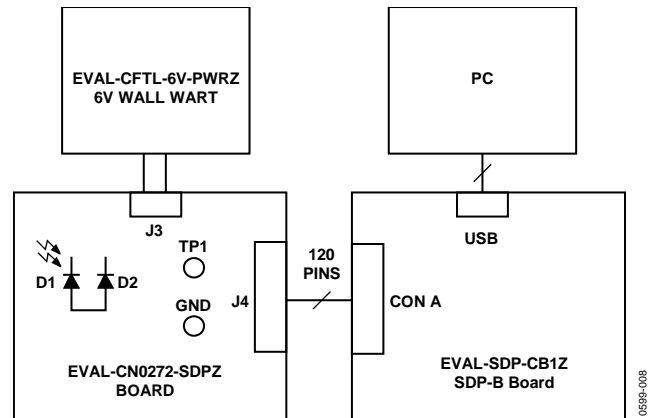


図 8. テスト・セットアップのブロック図

## セットアップ

[EVAL-CN0272-SDPZ](#) 回路ボードの 120 ピン・コネクタを [EVAL-SDP-CB1Z](#) コントローラ・ボード (SDP-B) の CON A コネクタに接続します。120 ピン・コネクタの両端にある穴を利用し、ナイロン製ハードウェアを使って 2 枚の基板をしっかりと固定します。電源をオフにして、6 V 電源をボードの +6 V ビンと GND ビンに接続します。6 V の AC アダプタがある場合は、ボード上の AC アダプタ用ジャックに接続して、6 V 電源の代わりに使用することができます。SDP-B ボードに付属している USB ケーブルを PC の USB ポートに接続します。このとき、USB ケーブルを SDP-B ボードのミニ USB コネクタに接続しないでください。

## テスト

[EVAL-CN0272-SDPZ](#) 回路ボードに接続された 6 V 電源 (または AC アダプタ) をオンにします。評価用ソフトウェアを起動し、PC からの USB ケーブルを SDP-B ボードのミニ USB コネクタに接続します。

USB による通信が確立されると、SDP-B ボードを使って [EVAL-CN0272-SDPZ](#) ボードとの間のパラレル・データの送受信およびキャプチャを行うことができます。

SDP ボードに接続された [EVAL-CN0272-SDPZ](#) 評価ボードの写真を図 9 に示します。SDP-B ボードについては、[SDP-B ユーザー・ガイド](#) を参照してください。

暗電流補償用にフォトダイオード D2 を使用し、不透明エポキシ樹脂 (EPO-TEK 320) で覆うことにより、D1 が励起したときに D2 から出力電流が流れないようにしていることに注意してください。

テスト・セットアップとキャリブレーションについての詳細情報ならびにデータ・キャプチャのための評価用ソフトウェアの使用法については、[CN-0272 ソフトウェア・ユーザー・ガイド](#) をご覧ください。

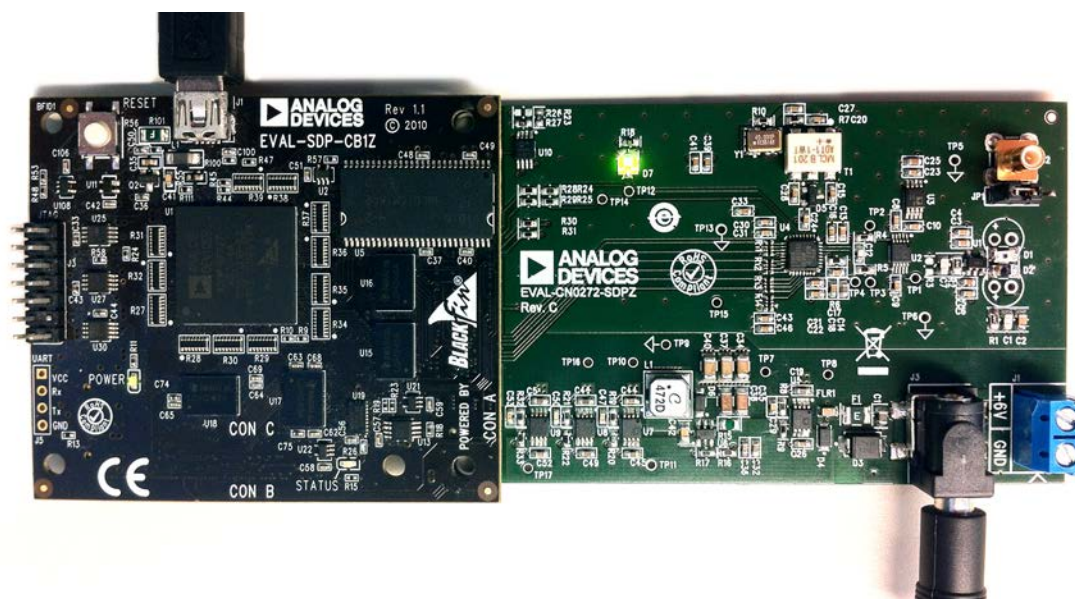


図 9. EVAL-SDP-CB1Z SDP-B ボードに接続された EVAL-CN0272-SDPZ 評価ボード

10599-009

## プロトタイプ開発での接続

EVAL-CN0272-SDPZ 評価ボードは EVAL-SDP-CB1Z SDP-B ボードを使用するように設計されていますが、マイクロプロセッサを使って AD9629-20 のパラレル・ペリフェラル・インターフェース (PPI) とインターフェースすることができます。その他のコントローラを EVAL-CN0272-SDPZ 評価ボードと併用するためには、サードパーティによるソフトウェア開発が必要になります。

アルテラやザイリンクスのフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ (FPGA) とのインターフェースに使用可能な既存のインターポーザ・ボードがあります。Nios ドライバを使用することにより、アルテラの BeMicro SDK ボードを BeMicro SDK/SDP インターポーザと併用することができます。FMC コネクタを備えたザイリンクスのどの評価ボードも FMC-SDP インターポーザ・ボードと併用することができます。

## さらに詳しい資料

CN-0272 Design Support Package :

<http://www.analog.com/CN0272-DesignSupport>

SDP-B User Guide

Analog Dialogue 39-09 : 高速プリント回路基板 レイアウトの実務ガイド

Kester, Walt, Wurcer, Scott, Kitchin, Chuck. High Impedance Sensors, Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning, Section 5, 1999.

MT-004 Tutorial : The Good, the Bad, and the Ugly Aspects of ADC Input Noise—Is No Noise Good Noise? Analog Devices.

MT-031 Tutorial : Grounding Data Converters and Solving the Mystery of “AGND” and “DGND”, Analog Devices.

MT-035 : Op Amp Inputs, Outputs, Single-Supply, and Rail-to-Rail Issues, Analog Devices.

MT-036 Tutorial : Op Amp Output Phase-Reversal and Input Over-Voltage Protection, Analog Devices.

MT-068 Tutorial : Difference and Current Sense Amplifiers, Analog Devices.

MT-101 Tutorial : Decoupling Techniques, Analog Devices.

CN-0125 : ADA4505-2 (オペアンプ)、ADR1581 (シャント型リファレンス) と ADG1636 (アナログ・スイッチ) を使った、高精度酸素濃度計-LED 電流吸い込み回路

DiffAmpCalc™: Differential Amplifier Calculator

Analog Photodiode Wizard

Analog Devices Pulse Oximetry Products

SFH-2701 PIN Photodiode, OSRAM Opto Semiconductors GmbH

Photodiode Characteristics and Applications, Application Note, OSI Optoelectronics, 12525 Chadron Ave, Hawthorne, CA 90250

## データシートと評価ボード

CN-0272 評価用ボード (EVAL-CN0272-SDPZ)

システム・デモンストレーション・プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)

AD8065 データシート

AD8475 データシート

ADR441 データシート

AD9629-20 データシート

## 改訂履歴

**11/13—Rev. A to Rev. B**

Changes to Figure 3..... 3

Changes to Figure 7..... 5

**12/12—Rev. 0 to Rev. A**

Changes to Test Section..... 6

**11/12—Revision 0: 初版**

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイゼス社製品専用に作られており、アナログ・デバイゼス社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客さまは製品設計で「Circuits from the Lab/実用回路集」を使用することはできませんが、その回路例を利用もしくは適用したことにより、特許権またはその他の知的所有権のもとでの暗示的許可、またはその他の方法でのライセンスを許諾するものではありません。アナログ・デバイゼス社の提供する情報は正確でかつ信頼できるものであることを期しています。しかし、「Circuits from the Lab/実用回路集」は現状のまま、かつ商品性、非侵害性、特定目的との適合性の暗示的保証を含むがこれに限定されないいかなる種類の明示的、暗示的、法的な保証なしで供給されるものであり、アナログ・デバイゼス社はその利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許権もしくはその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。アナログ・デバイゼス社はいつでも予告なく「Circuits from the Lab/実用回路集」を変更する権利を留保しますが、それを行う義務はありません。商標および登録商標は各社の所有に属します。

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. 商標および登録商標は各社の所有に属します。