



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/CN0241> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

ADA4096-2	30V、マイクロパワー、過電圧入力保護、レール to レール入/出力アンプ
AD7920	6ピン SC70 パッケージの 250kSPS、12ビット ADC
ADP3336	高精度、超低 IQ、500mA anyCAP®、出力可変、低ドロップアウト・リニア・レギュレータ

入力過電圧保護機能を備えたハイサイド電流検出

評価および設計サポート環境
回路評価ボード

CN-0241 評価用ボード (EVAL-CN0241-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

ハイサイド電流モニタには、トランジェントやモニタリング回路の接続、切断、パワーダウンによる過電圧状態が生じる

可能性があります。図1に示す回路では、過電圧保護された ADA4096-2 オペアンプがハイサイド電流をモニタするためのディファレンス・アンプとして接続されています。ADA4096-2 は、電源レールの上下 32V の電圧に対して位相反転やラッチアップを起こさない入力過電圧保護機能を備えています。

この回路は ADP3336 可変低ドロップアウト 500mA リニア電圧レギュレータから給電されます。また、このレギュレータは必要に応じてシステムの他のデバイスへの電力供給に使用することもできます。5V 出力に設定されている場合、5.2V ~ 12V の入力電圧範囲が可能です。節電するため、ADP3336 への電源を切り離すことによって電流検出回路をパワーダウンすることができますが、太陽電池パネルなどの電力源は引き続き動作する可能性があります。

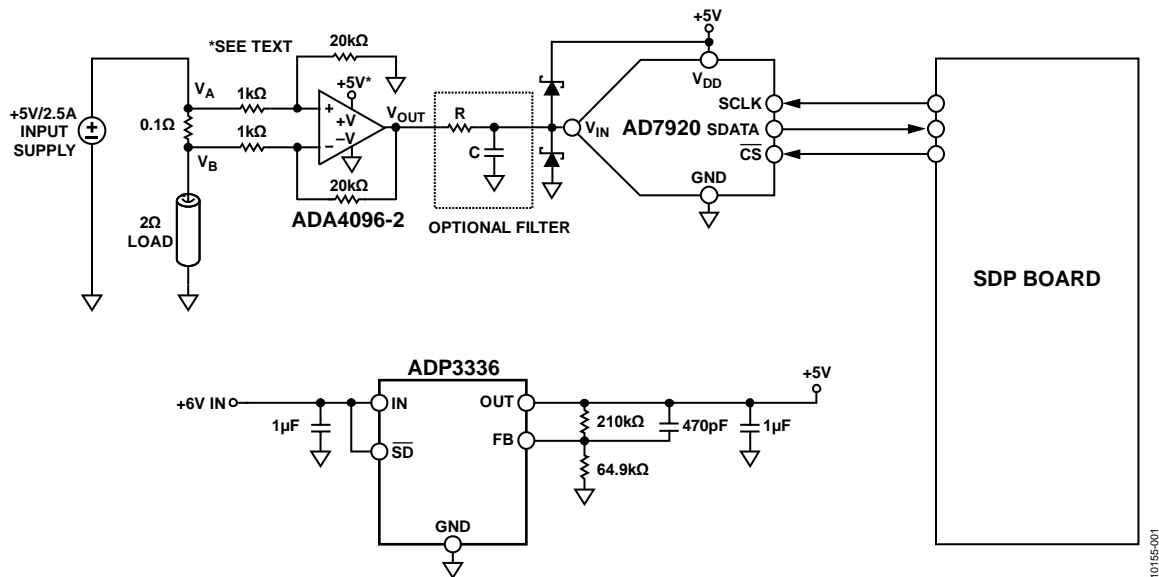


図 1. 入力過電圧保護機能を備えたハイサイド電流検出

(簡略回路図：全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

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や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。

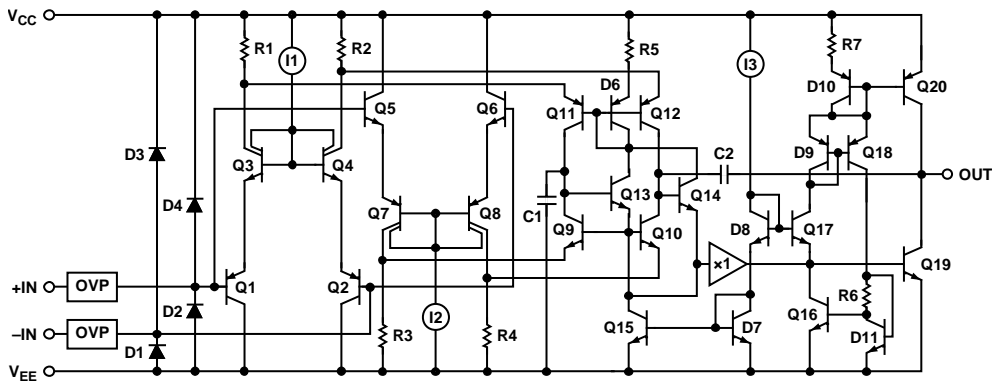


図 2. ADA4096-2 の等価回路

これにより、電力が供給されない ADA4096-2 の入力に電圧が印加されますが、32V までの入力電圧でラッチアップや損傷が生じることはありません。遅いスループット・レートが必要な場合、サンプリングとサンプリングの間に AD7920 をパワーダウンさせることもできます。AD7920 の最大消費電力はパワーダウン時に 5μW、パワーアップ時には 15mW になります。ADA4096-2 は動作状態で 120μA しか必要としません。5V で動作する場合、これはわずか 0.6mW の消費電力です。シャットダウン・モード時、ADP3336 に流れる電流はわずか 1μA です。

回路説明

この回路は 1 本の検出抵抗を用いた従来型のハイサイド電流検出回路を構成しています。他の 4 本の抵抗 (2 組の 1kΩ と 20kΩ の分圧器) は、比率を一致させるために薄膜回路網に形成され、ディファレンス・アンプのゲインを設定するのに使用されます。このアンプは検出抵抗両端に生じる 2 つの電圧の差を増幅し、同相電圧を除去します。

$$V_{OUT} = (V_A - V_B) (20 \text{ k}\Omega / 1 \text{ k}\Omega)$$

ADA4096-2 の等価回路を図 2 に示します。入力段は並列動作する 2 組の差動ペア (Q1~Q4 と Q5~Q8) を構成しています。入力同相電圧が V_{CC} - 1.5V に近づくと、I1 がその最小コンプライアンス電圧に達することによって Q1~Q4 がシャットダウンします。逆に、入力同相電圧が V_{EE} + 1.5V に近づくと、I2 がその最小コンプライアンス電圧に達することによって Q5~Q8 がシャットダウンします。このトポロジーでは、アンプが室温時に電源レールから 200mV 外側の電圧の入力で作動することができるので、入力ダイナミック・レンジを最大にすることができます。

他のレール to レール入力アンプと同様に、2 組の入力ペア間の V_{OS} の不整合によってアンプの CMRR が決まります。入力同相電圧の範囲が各電源レールの 1.5V 以内の場合、入力ペア間の遷移が回避されるので、CMRR が約 10dB だけ改善されます。

ADA4096-2 の入力は、各電源レールの 32V 外側までの入力電圧変動から保護されています。アンプへの電源が供給される前に信号源がアクティブになる可能性のある電源シーケンスの問題を抱えるアプリケーションでは、この機能は特に重要です。

ADA4096-2 の低 R_{DS(ON)} の内部直列 FET による入力電流制限能力 (緑の線) と、5kΩ の外付け直列抵抗と保護回路のないオペアンプを使った入力電流制限能力 (赤の線) を比較したグラフを図 3 に示します。

図 3 は、ユニティ・ゲイン・バッファ構成の ADA4096-2 で、電源を GND (または ±15V) に接続し、正側の入力を電源電圧を 32V 超える電圧まで掃引して得られたものです。通常、入力電流は正の過電圧状態で 1mA に、負の低電圧状態では 200μA に制限されます。たとえば、20V の過電圧では、ADA4096-2 の入力電流は 1mA に制限され、20kΩ の直列抵抗に相当する電流制限が行われます。

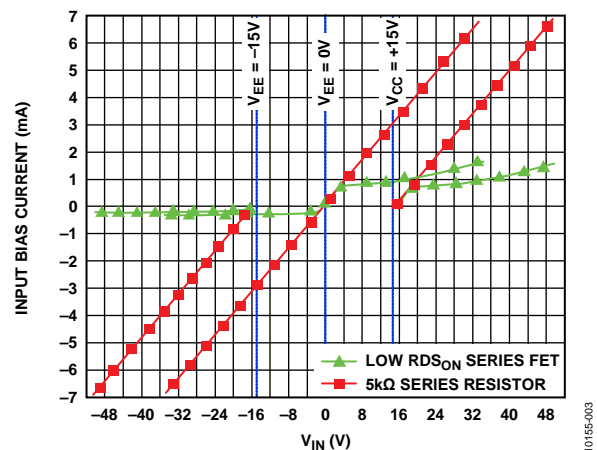


図 3. 入力電流の制限能力

また、図 3 はアンプへの給電の有無に関係なく電流制限回路がアクティブであることも示しています。

図 3 は異常状態のときだけの入力保護を示しています。補正アンプの動作入力電圧範囲 (IVR) は、ADA4096-2 のデータシートの表 2~表 4 で規定されています。

AD7920 は 12 ビット、高速、低消費電力の逐次比較型 A/D コンバータです。このデバイスは、2.35V~5.25V の単電源で動作し、最大 250kSPS のスループット・レートを備えています。また、低ノイズ、広帯域幅のトラック&ホールド・アンプを内蔵しており、13MHz を超える入力周波数に対応可能です。

変換プロセスとデータ・アクイジションは \overline{CS} とシリアル・クロック (SCLK) を使って制御されるため、このデバイスはマイクロプロセッサやDSPにインターフェースすることができます。入力信号は、 \overline{CS} の立下がりエッジでサンプリングされ、この時点で変換が開始されます。このデバイスに伴うパイプライン遅延はありません。

AD7920 では高度な設計手法を使って、高いスループット・レートで非常に小さい消費電力を実現しています。

パワーダウン・モードにするには、SCLKの2番目の立下がりエッジの後から、SCLKの10番目の立下がりエッジの前までのどこかで \overline{CS} をハイ・レベルにすることにより、変換プロセスを中断させる必要があります。SCLKのこの範囲内で \overline{CS} がハイ・レベルになると、デバイスはパワーダウン・モードになり、 \overline{CS} の立下がりエッジで開始された変換は終了し、SDATAはスリー・ステートに戻ります。SCLKの2番目の立下がりエッジの前に \overline{CS} がハイ・レベルになると、デバイスはノーマル・モードのままパワーダウンしません。この機能により、 \overline{CS} ラインのグリッチに起因する偶発的なパワーダウンを防止します。

この動作モードを終了してAD7920を再度パワーアップするために、ダミー変換を実行します。 \overline{CS} の立下がりエッジでデバイスはパワーアップを開始し、SCLKの10番目の立下がりエッジの後まで \overline{CS} がロー・レベルに保持されている限りパワーアップを続けます。16個のSCLKが経過するとデバイスは完全にパワーアップされ、次の変換から有効なデータが得られます。

SCLKの10番目の立下がりエッジの前に \overline{CS} がハイ・レベルになると、AD7920は再度パワーダウン・モードに戻ります。これにより、 \overline{CS} ライン上のグリッチや、 \overline{CS} がロー・レベルの間の8 SCLKサイクルの予期せぬバーストに起因する偶発的なパワーアップが防止されます。デバイスは \overline{CS} の立下がりエッジでパワーアップを開始できますが、SCLKの10番目の立下がりエッジより前であれば、 \overline{CS} の立下がりエッジで再度パワーダウンします。

タイミングの詳細については、AD7920のデータシートを参照してください。

テスト結果

回路の性能を示す重要な指標は、最終出力電圧の測定値のノイズの大きさです。

10,000個の測定サンプルのヒストグラムを図4に示します。このデータは、EVAL-SDP-CB1Z SDP-B 評価ボードに接続されたCN-0241 評価ボードを使って得られたものです。セットアップの詳細については「回路の評価とテスト」のセクションで説明します。

電源を3.0Vに設定し、10,000個のデータ・サンプルをLDOの出力をオフすることなく、250kSPSの最大レートで収集しました。図4はこの収集結果を示しています。ピーク to ピーク・ノイズは約2LSBで、約0.3LSB rmsに相当します。

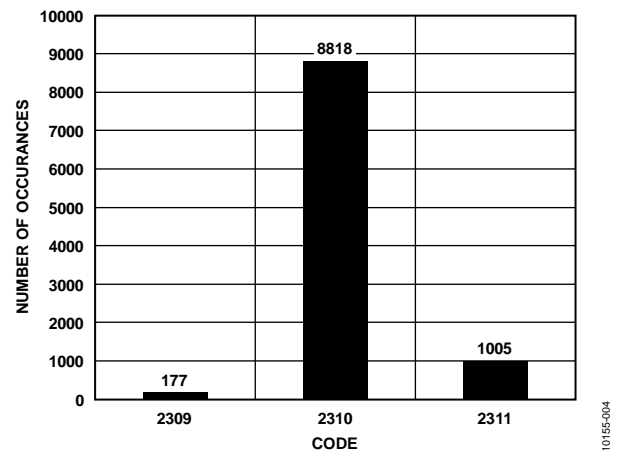


図4. パワーダウン前の10,000サンプルに対するコードのヒストグラム

次に、ADP3336に接続された \overline{SD} シャットダウン・ピンをソフトウェアでロー・レベルにすることによってLDOの出力をオフにしました。約1分後にADP3336のシャットダウン・ピンをハイ・レベルにして出力をオンに戻すことで、同じ数のデータ・サンプルを収集しました。この収集結果を図5に示します。

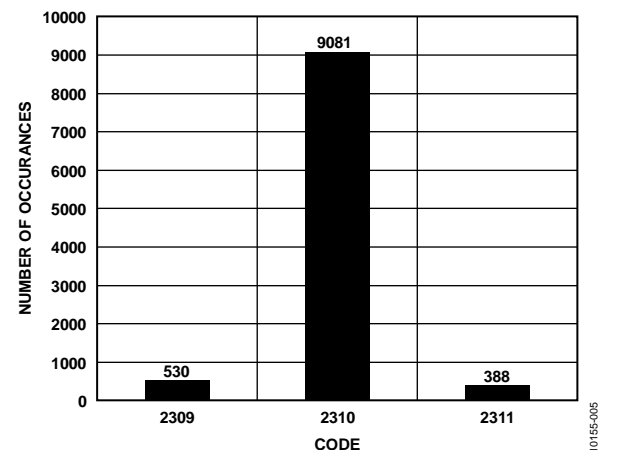


図5. パワーダウン後の10,000サンプルに対するコードのヒストグラム

図5は、入力がハイ・レベルに保たれていてパワーダウンしている間ADA4096-2の出力がラッチしなかったことを示しています。

この回路ノートに関する設計サポート・パッケージは、www.analog.com/CN0241-DesignSupportで入手できます。

バリエーション回路

この回路は、優れた安定性と精度で動作することが実証されています。このボードはSDP-Sコントローラ・ボード (EVAL-SDP-CS1Z) と互換性があります。

図1の回路をわずかに変更することにより、30Vまでの入力電源電圧に対する電流のモニタリングが可能になります。ADA4096-2の+VピンをADP3336から得られる5Vに接続する代わりに、モニタ対象の入力電源に直接接続します。この構成の場合、ADA4096-2は入力電源から直接給電されます。

回路の評価とテスト

この回路は、[EVAL-CN0241-SDPZ](#) 回路ボードと EVAL-SDP-CB1Z SDP-B コントローラ・ボードを使用します。2枚のボードは 120 ピンのコネクタ(Mating Connector) 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-CN0241-SDPZ ボードにはこの回路ノートに示す評価対象回路が含まれており、SDP-B コントローラ・ボードは CN0241 評価用ソフトウェアとともに使用して、EVAL-CN0241-SDPZ 回路ボードからのデータを取り込みます。

必要な装置

以下の装置が必要です。

- USB ポート付き PC および Windows® XP、Windows Vista® または Windows® 7 (32 ビット)
- EVAL-CN0241-SDPZ 回路評価ボード
- EVAL-SDP-CB1Z SDP-B コントローラ・ボード
- CN0241 SDP 評価用ソフトウェア
- 6V/1A を駆動可能な DC 電源
- 5V/2.5A を駆動可能な DC 電源
- 2Ω/12W の負荷抵抗

評価開始にあたって

CN0241 評価用ソフトウェア 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この回路ノートの図1を、回路図についてはファイルEVAL-CN0241-SDPZ-SCH-RevA.pdfをご覧ください。このファイルは、CN0241 設計サポート・パッケージ (CN0241 Design Support Package) に含まれています。

セットアップ

EVAL-CN0241-SDPZ 回路ボードの 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z コントローラ (SDP-B) ボードの 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、ナイロン製の固定用部品を使って2枚の基板をしっかりと固定します。電源をオフにして、6V 電源をボードの +6V ピンと GND ピンに接続します。6V 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、6V 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 ボードのミニ USB コネクタに接続しないでください。

5V/2.5A の DC 電源を EVAL-CN0241-SDPZ ボードの J1 コネクタの +VIN と GND に接続します。2Ω/12W の負荷抵抗を EVAL-CN0241-SDPZ ボードの LOAD と GND に接続します。

テスト

EVAL-CN0241-SDPZ 回路ボードに接続された 6V 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-CN0241-SDPZ ボードとの間のシリアル・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。

データ収集の準備ができれば 5V/2.5A の DC 電源をオンします。測定に必要な電流量の出力に応じて電圧出力を調整します。

CN0241 SDP 評価用ソフトウェアのインターフェースのスクリーンショットを図 6 に、EVAL-CN0241-SDPZ 評価ボードのスクリーンショットを図 7 に示します。SDP-B ボードについては、SDP-B ユーザー・ガイド (SDP-B User Guide) を参照してください。

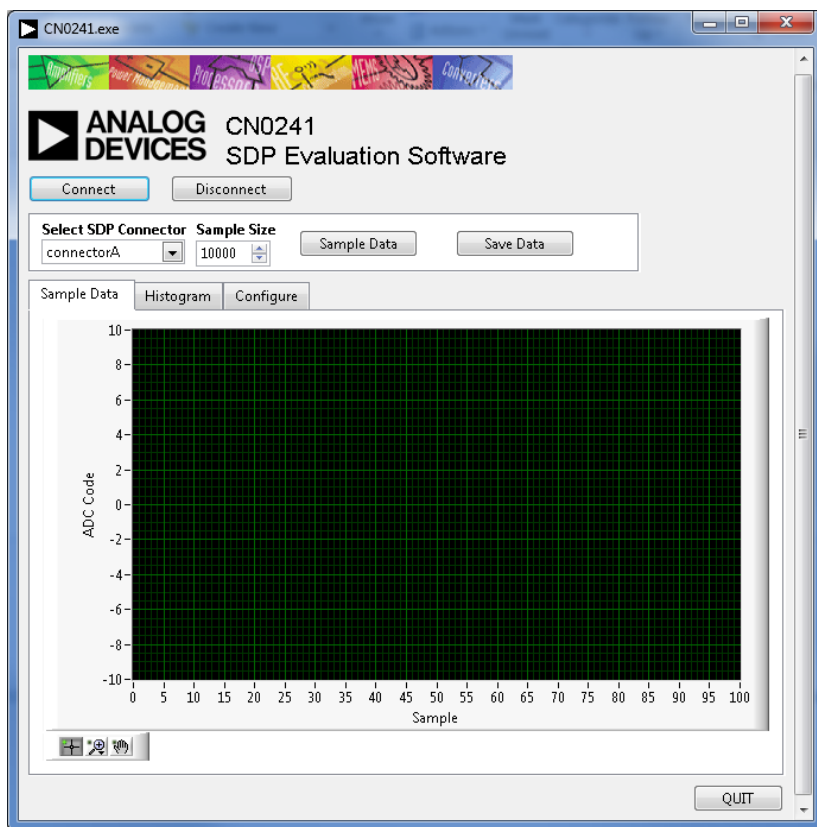


図 6. CN-0241 SDP 評価用ソフトウェアのインターフェース

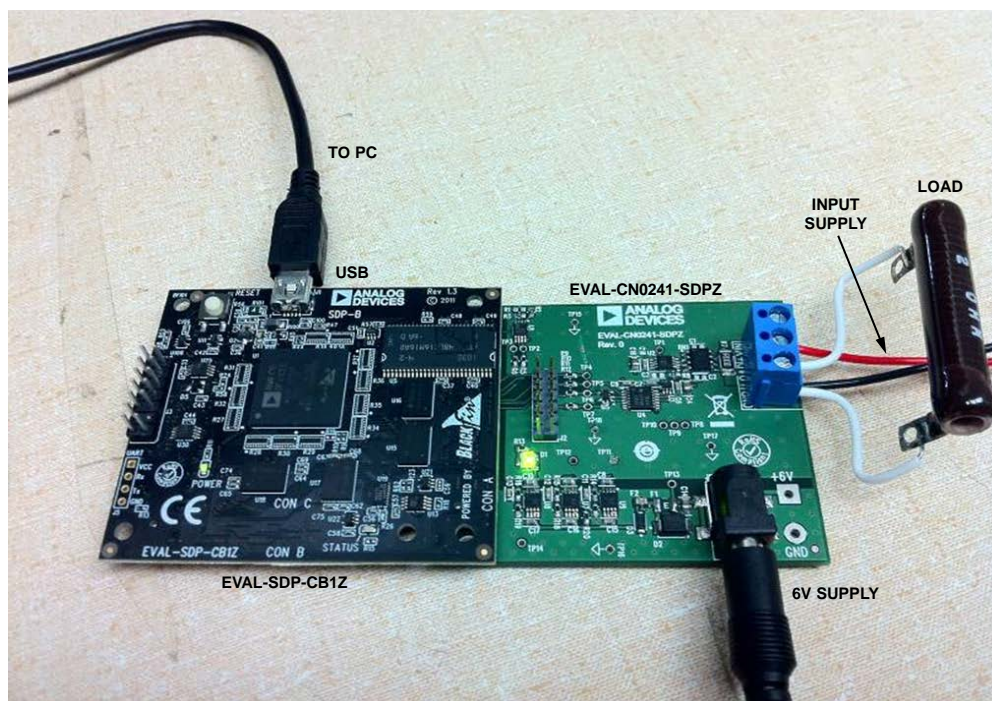


図 7. SDP ボードに接続された EVAL-CN0241-SDPZ 評価ボード

さらに詳しい資料

CN0241 Design Support Package :

<http://www.analog.com/CN0241-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

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.

データシートと評価ボード

CN-0241 評価用ボード (EVAL-CN0241-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)

ADA4096-2 データシート

AD7920 データシート

ADP3336 データシート

改訂履歴

5/12—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Circuit Function and Benefits Section and Figure 1..... 1

Changes to Figure 6..... 5

1/12—Revision 0: 初版

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイセズ社製品専用で作られており、アナログ・デバイセズ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すが、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・デバイセズ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・デバイセズ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・デバイセズ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。