



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/CN0240> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD629	ディファレンス・アンプ、高コモン・モード電圧
AD8622	高精度、低ノイズ、CMOS、デュアル、低バイアス電流、レール to レール出力オペアンプ
AD8475	減衰アンプ、完全差動、高精度、ゲイン選択可能
ADuM5402	アイソレータ、クワッドチャンネル、DC/DC コンバータ内蔵
ADR435	5V、低ノイズ、高精度、XFET®電圧リファレンス
AD7170	12ビット、低消費電力Σ-Δ A/D コンバータ

270V の同相除去を行う双方向絶縁型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-0240 評価用ボード (EVAL-CN0240-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、最大±270V の DC 電圧源から双方向に流れる電流を 1%未満の直線性誤差でモニタします。外部回路のシャント抵抗を通じて負荷電流が流れます。シャント抵抗は最大負荷電流のときにシャント電圧が約 100mV になるように選択されています。

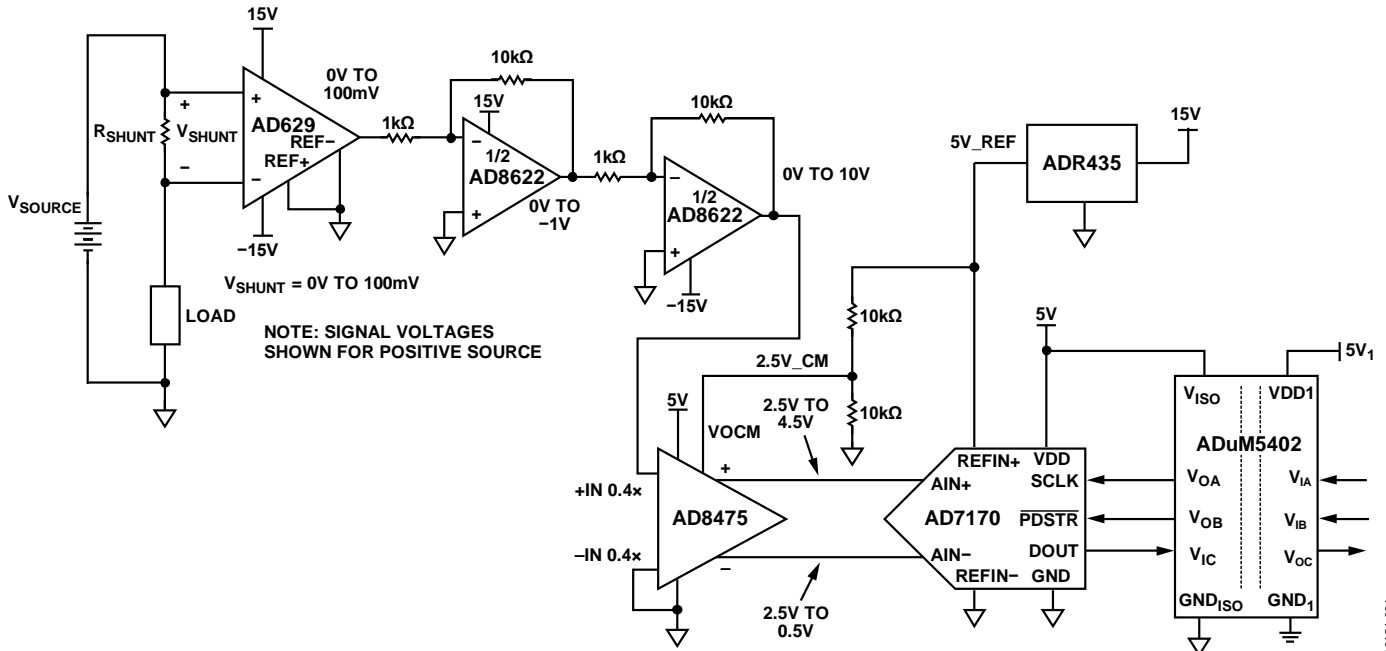


図 1. 高同相電圧の双方向絶縁型電流モニタ (全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

アナログ・デバイス社は、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・デバイス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。

AD629 アンプは小さな差動入力電圧の高精度な測定とバッファ (G=1) を行い、最大 270V という大きな同相電圧を除去します。

デュアル・アンプの AD8622 を使って AD629 の出力を 100 倍に増幅します。AD8475 減衰アンプは、AD7170 シグマ・デルタ ADC のアナログ入力電圧範囲を満たすように、信号の減衰 (G=0.4) とシングルエンドから差動への変換、および信号のレベル・シフトを行います。

ADuM5402 クワッド・チャンネル・アイソレータによって電気的な絶縁が行われます。これは後段の回路を高い同相電圧から保護するためだけでなく、絶縁するためでもあります。出力データの絶縁に加えて、ADuM5402 デジタル・アイソレータは絶縁された +5.0V を回路に供給することもできます。

AD7170 からの測定結果は、シンプルな 2 線 SPI 互換シリアル・インターフェースからデジタル・コードとして出力されます。

これらの部品の組合せにより、少ない部品点数、低コスト、低消費電力で、正と負の高電圧電源レールの高精度な電流検出ソリューションを実現します。

回路説明

この回路は、最大負荷電流 I_{MAX} でフルスケール・シャント電圧が 100mV になるように設計されています。したがって、シャント抵抗の値は R_{SHUNT} = (100 mV)/(I_{MAX}) になります。

図 2 に示す AD629 は、±500V までのトランジエントから保護し、最大 ±270V の連続同相信号を許容する内部薄膜抵抗を使って設計されたディファレンス・アンプです。REF(+) と REF(-) を接地した場合、+IN 端子の信号は 1/20 に減衰します。次にこの信号は 20 のノイズ・ゲインによって増幅され、出力に元の振幅が再生されます。

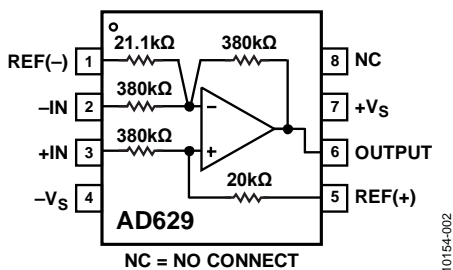


図 2. AD629 高同相電圧ディファレンス・アンプ

CMRR は、AD629A では最小 77dB (500Hz)、AD629B では最小 86dB (500Hz) です。

所定の同相除去比を維持するため、満たすべきいくつかの重要な条件があります。まず、デバイスがこれらの同相信号を

除去する能力は図 3 に示すように電源電圧によって決まることです。十分な電圧の両電源を実装しないと、同相除去比は低下します。

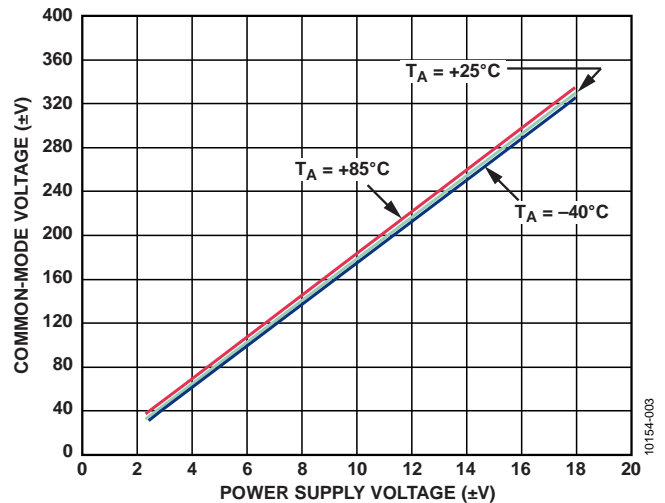


図 3. 電源電圧 対 AD629 の同相電圧範囲

次に、AD629 は値の揃った内部薄膜抵抗を使ったユニティ・ゲイン・モードのみで動作させる必要があります。外付け抵抗でゲインを変更すると、不整合誤差により同相除去比は低下します。

AD8622 は、主に対象となる信号の増幅に使用される低消費電力で高精度の CMOS デュアル・レール to レール出力オペアンプです。

ゲインが -10 の 2 つの反転ゲイン段をカスケード接続することにより、AD629 の 100mV のフルスケール出力が 100 倍に増幅されて 10V のフルスケール信号になります。これらは電流の方向に応じて正と負のいずれの値にもなり得ます。

AD8622 は両電源で動作するので、双方向の入力電流測定に必要なように、入力信号も出力信号もグラウンドの上下に振幅することができます。

デジタル・ワードへの変換の前のシグナル・チェーンの最終段で、AD8622 の出力電圧は ADC のアナログ入力電圧範囲に合うように調整されます。

図 4 に示す AD8475 (減衰アンプ) では 2 つの減衰係数 (0.4 と 0.8) を選択できます。さらに、信号は差動に変換され、出力の同相電圧は V_{OCM} ピンの電圧によって決まります。5V 単電源では、アナログ入力電圧範囲は ±12.5V です (シングルエンド入力の場合)。

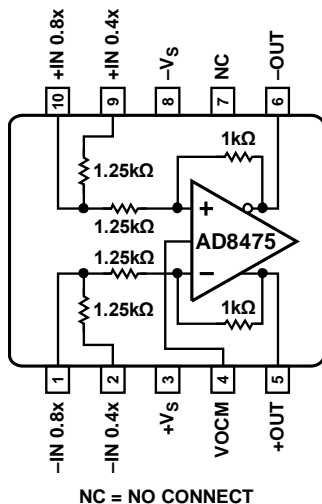


図 4. AD8475 減衰アンプ

図 1 に示されているように、出力同相電圧は ADR435 の 5V のリファレンス出力で駆動される抵抗分割器によって 2.5V に設定されます。

システムの主なノイズ源は AD629 の 0.1Hz~10Hz の帯域幅での出力ノイズ 15 μ V p-p です。100mV のフルスケール信号では、これは次のノイズフリー・コード分解能に相当します。

ノイズフリー・コード分解能 =

$$\log_2 \left(\frac{100\text{mV}}{15\mu\text{V}} \right) = \log_2(6666) = 12.7 \text{ bits}$$

AD8622 の入力ノイズはわずか 0.2 μ V p-p で、AD629 と比べて無視できる値です。AD8475 の出力ノイズは 2.5 μ V p-p で、これもフルスケール信号レベルが 4V p-p の観点では無視できる値です。

AD7170 の電源電圧は ADuM5402 クワッド・アイソレータの絶縁された電源出力 (+5.0 V_{iso}) から供給されることに注意してください。

AD7170 のリファレンス電圧は ADR435 高精度 XFET®リファレンスから供給されます。ADR435 の初期精度は $\pm 0.12\%$ (A グレード)、標準温度係数は 2ppm/°C です。ADR435 は動作範囲が広く (7.0V~18.0V)、電源に +15.0V レールを使用しています。

AD7170 の VDD と REFIN (+) の両方を 5.0V 電源で動作させることは可能ですが、別々のリファレンスを使用することによって高い精度が得られます。

AD7170 ADC の入力電圧はオフセット・バイナリ・コードに変換されて出力されます。ADuM5402 は DOUT データ出力、SCLK 入力、および PDRST 入力を絶縁します。このアイソレ

ータは必須ではありませんが、フォルト状態が生じた場合に高い同相電圧から後段のデジタル回路を保護するために推奨します。

出力されたデジタル・コードは、SDP ハードウェア・ボードを介して LabVIEW ソフトウェアを使用して PC で処理します。

LabVIEW で記録した ADC の実際の出力コードと完全なシステムに基づいて計算した理想コードとの比較を図 5 に示します。この図は、全入力電圧範囲 (-100mV~+100mV) にわたって、回路がエンド・ポイントで 0.5% 未満の直線性誤差を実現していることを示しています。

また必要に応じて、ソフトウェア・キャリブレーションを使用してオフセット誤差とゲイン誤差を除去することができます。

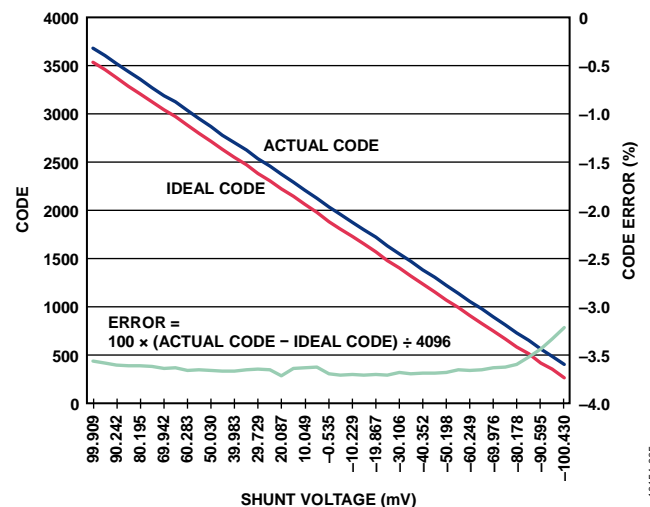


図 5. シャント電圧 対 実コード、理想コード、および %誤差のプロット

PCB のレイアウトに関する検討事項

高精度が必要な回路では、ボード上の電源とグラウンド・リターンのレイアウトを慎重に検討することが重要です。PCB はデジタル部分とアナログ部分をできるだけ隔離します。この PCB は、面積の大きなグラウンド・プレーン層とパワー・プレーン・ポリゴンを積層し 4 層構成にしました。レイアウトとグラウンディングの詳しい説明については [MT-031 チュートリアル](#)、デカップリング技術の情報については [MT-101 チュートリアル](#) を参照してください。

適切にノイズを抑え、リップルを下げるため、AD7170 と ADuM5402 への電源は 10 μ F と 0.1 μ F のコンデンサでデカップリングする必要があります。これらのコンデンサはできるだけデバイスの近くに配置し、0.1 μ F コンデンサには低 ESR 値のものを使用する必要があります。全ての高周波デカップリングにはセラミック・コンデンサを推奨します。

ADuM5402 の 1 次側と 2 次側の間のアイソレーション・ギャップを検討する際には注意が必要です。[EVAL-CN0240-SDPZ](#) ボードでは、トップ層の全てのポリゴンや部品を後方へ下げ、ADuM5402 のピンに揃えることにより、この距離を最大化しています。

電源ラインはトレース幅をできるだけ大きくして低インピーダンス経路を与え、電源ラインのグリッチの影響を減らしま

す。クロックとその他の高速スイッチング・デジタル信号は、デジタル・グラウンドを使ってボード上の他の部分からシールドする必要があります。

この回路ノートに関する設計サポート・パッケージ（回路図とボード・レイアウトを含む）は、www.analog.com/CN0240-DesignSupport で入手できます。

バリエーション回路

正電源と負電源のハイサイド電流検出に利用可能ないくつかのソリューションがあります。電流検出アンプ、ディファレンス・アンプ、またはこの組み合わせを使用した IC ソリューションが利用可能です。回路ノート [CN0100](#)、[CN0188](#)、[CN0218](#) に記載された回路を参照してください。

「High-Side Current Sensing: Difference Amplifier vs. Current Sense Amplifier,” *Analog Dialogue*, January 2008」には電流検出アンプとディファレンス・アンプの使い方が記載されています。この記事は www.analog.com/HighSide_CurrentSensing で入手できます。

以下のアナログ・デバイセズの製品への URL のリンクは電流検出の問題の解決に役立ちます。

電流検出アンプ：www.analog.com/jp/CurrentSenseAmps

ディファレンス・アンプ：www.analog.com/jp/DifferenceAmps

計装アンプ：www.analog.com/jp/InstrumentationAmps

回路の評価とテスト

警告! 高電圧に注意。 この回路には致命的な電圧が現れる可能性があります。高電圧回路を扱う資格を持ち、熟練した専門家でない限り、この回路やボード・アセンブリの操作、評価、テストをしてはなりません。回路構成と高電圧回路で作業するために要求される全ての予防措置を熟知してから、電源を投入する必要があります。

この回路は、EVAL-CN0240-SDPZ 回路ボードと [EVAL-SDP-CB1Z](#) システム・デモンストレーション・プラットフォーム (SDP) 評価ボードを使用します。この2つのボードは120ピンのコネクタを備えており、評価システムのセットアップと回路の性能評価を簡単に行うことができます。The EVAL-CN0240-SDPZ ボードは、この回路ノートで説明したような評価ができる回路を備えています。SDP 評価ボードは CN0240 評価用ソフトウェアとともに使用し、EVAL-CN0240-SDPZ 回路ボードから ADC データを取り込みます。

必要な装置

- USB ポート付き PC および Windows® XP、Windows Vista® (32ビット) または Windows® 7 (32ビット)
- EVAL-CN0240-SDPZ 回路評価ボード
- EVAL-SDP-CB1Z SDP 評価ボード
- CN0240 評価用ソフトウェア
- 電源：+6V (1A)、または+6V AC アダプタ

- 両電源：±15V (10mA)
- 最大負荷電流時の最大電圧が 100mV のシャント抵抗
- ソース電圧と電子負荷

評価開始にあたって

CN0218 評価用ソフトウェア・ディスクを 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。マイコンピュータを使って評価用ソフトウェアのディスクが置かれたドライブを探し、Readme ファイルを開きます。Readme ファイルに含まれているインストール手順および評価用ソフトウェアの使用方法に関する指示に従います。

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 PDF ファイル EVAL-CN0240-SDPZ-SCH をご覧ください。このファイルは、CN0240 設計支援パッケージに含まれています。

セットアップ

EVAL-CN0240-SDPZ 回路ボードの 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z 評価 (SDP) ボードの「CON A」と記された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。

図 1 に示されているように、負荷を接地した J4 入力端子の両端にシャント抵抗 (R_{SHUNT}) を接続します。電源スイッチをオフにして、ボード上の「+6V」と記されたピンと「GND」と記されたピンに、+6V 電源を接続します。+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 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。

注意：この時点では、USB ケーブルは SDP ボードのミニ USB コネクタにまだ接続しないでください。

適正な電圧レベルと動作を保証するように、システム・グラウンドと絶縁された PCB グラウンドを接続することが重要です。テスト・ポイント 31 と 32 から、この接続を適切に行うのに必要な GND_ISO にアクセスすることができます。

最後に、コネクタ J4 に高電圧を印加する前に、±15V 電源 (J5) が正しく接続されてオン状態になっていることを確かめます。この電源が作動していない場合、高電圧によって U2、AD629、および PCB 上のその他いくつかの部品が損傷する可能性があります。

テスト

EVAL-CN0240-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。EVAL-CN0240-SDPZ ボードの U12 3 端子スクリー・コネクタに±15V 電源を接続します。評価用ソフトウェアを起動し、PC からの USB ケーブルを SDP 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 ボードを使って EVAL-CN0240-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。データは電子負荷の変化によるさまざまな負荷電流の値として記録することができます。

データ・キャプチャ用評価ソフトウェアの使用方法については、CN0240 評価用ソフトウェアの Readme ファイルに記載されています。

SDP ボードについては、[SDP User Guide](#) を参照してください。

さらに詳しい資料

CN0240 Design Support Package :

www.analog.com/CN0240-DesignSupport

Analog Dialogue 42-01 : [High-Side Current Sensing: Difference Amplifier vs. Current-Sense Amplifier](#),

Application Note AN-0971 : [isoPower デバイスでの EMI 放射制御についての推奨事項](#)

Chen, Baoxing, John Wynne, and Ronn Kliger. [High Speed Digital Isolators Using Microscale On-Chip Transformers](#), Analog Devices, 2003.

Chen, Baoxing. [iCoupler® Products with isoPower™ Technology: Signal and Power Transfer Across Isolation Barrier Using Microtransformers](#), Analog Devices, 2006

Chen, Baoxing. [“Microtransformer Isolation Benefits Digital Control.” Power Electronics Technology](#). October 2008.

Application Note AN-825 : [iCoupler® アイソレーション製品での電源の考慮事項](#)

Analog Dialogue 40 : [Digital Isolation Offers Compact, Low-Cost Solutions to Challenging Design Problems](#)

MT-022 Tutorial : [ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics](#), Analog Devices.

MT-023 Tutorial : [ADC Architectures IV: Sigma-Delta ADC Advanced Concepts and Applications](#), Analog Devices.

MT-031 Tutorial : [Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND,"](#) Analog Devices.

MT-101 Tutorial : [Decoupling Techniques](#), Analog Devices.

Analog Dialogue 39 : [iCoupler® Digital Isolators Protect RS-232, RS-485, and CAN Buses in Industrial, Instrumentation, and Computer Applications](#)

データシートと評価ボード

CN-0240 評価用ボード (EVAL-CN0240-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)

AD629 データシート

AD8622 データシート

AD8475 データシート

AD7170 データシート

AD7170 評価ボード

ADR435 データシート

ADuM5402 データシート

ADuM5402 評価ボード

改訂履歴

2/12—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。