



Circuits from the Lab™ 実用回路は今日のアナログ・ミックスド・シグナル、RF回路の設計上の課題の解決に役立つ迅速で容易なシステム統合を行うために作製、テストされました。詳しい情報と支援については [www.analog.com/jp/CN0218](http://www.analog.com/jp/CN0218) をご覧ください

### 使用/参考にしたデバイス

AD8212	高同相電圧、電流シャント・モニタ
AD8605	高精度、低ノイズ、CMOS レール to レール 入力/出力オペアンプ
ADuM5402	DC/DC コンバータ内蔵 4 チャンネル・アイソレータ
ADR381	2.5V、低ノイズ、高精度、バンドギャップ電圧リファレンス
AD7171	16 ビット、低消費電力シグマ・デルタ ADC

## 500V 同相電圧電流モニタ

### 評価と設計支援

#### 回路評価基板

[CN-0218 回路評価基板\(EVAL-CN0218-SDPZ\)](#)

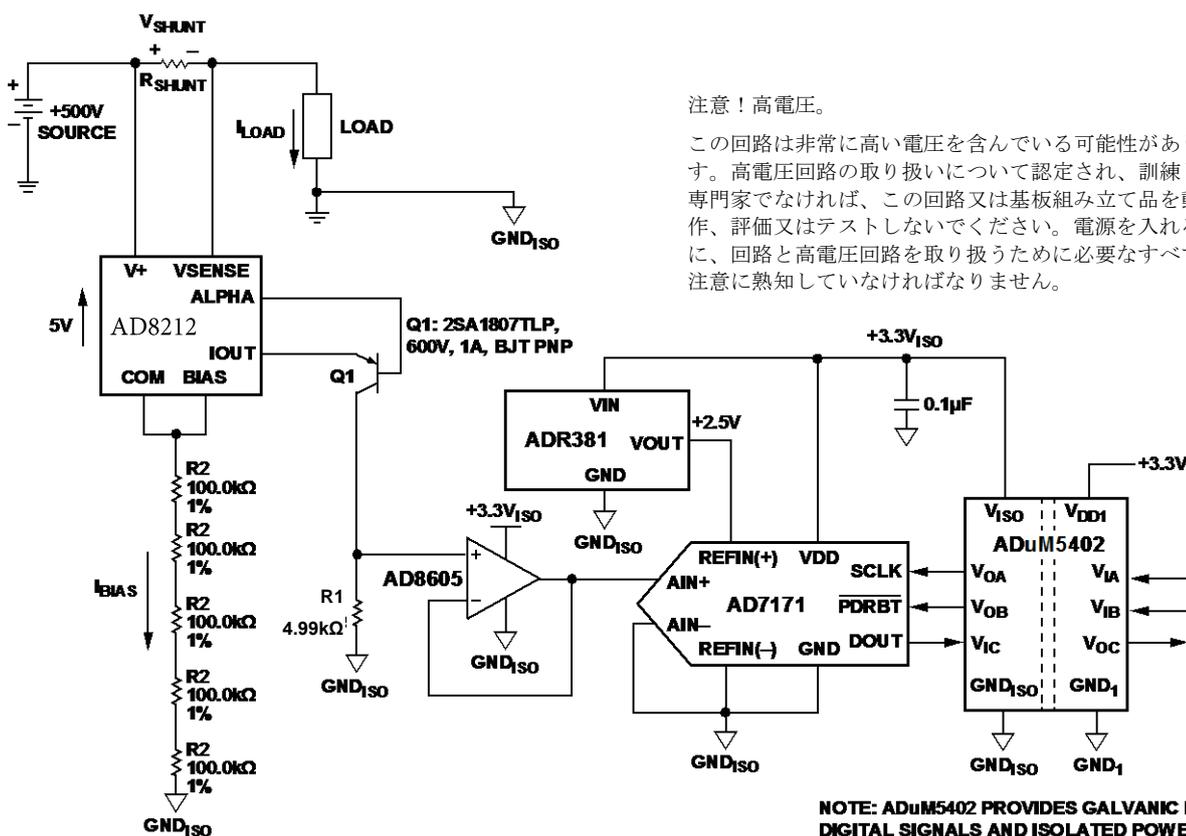
[システム・デモ用プラットフォーム\(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

#### 設計と統合ファイル

[回路図、レイアウト・ファイル、BOM](#)

### 回路の機能とその利点

図 1 に示す回路は、+500V までの高い正の同相 DC 電圧が存在するシステムで、電流を誤差 0.2% 以下でモニタします。負荷電流は（回路に外付けの）シャント抵抗を通して流れます。シャント抵抗の値は、シャント電圧が最大負荷電流時に約 500 mV になるように選びます。



注意！高電圧。

この回路は非常に高い電圧を含んでいる可能性があります。高電圧回路の取り扱いについて認定され、訓練した専門家であれば、この回路又は基板組み立て品を動作、評価又はテストしないでください。電源を入れる前に、回路と高電圧回路を取り扱うために必要なすべての注意に熟知していなければなりません。

図 1. 高同相電圧の電流モニタ（接続とデカップリングの全ては示されていません）

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。

Rev. 0

©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

AD8212 は外付け PNP トランジスタと共に使用すると、500 V 以上の高い同相電圧が上に乗った小さい差動入力電圧を高精度に増幅します。

回路は 4 チャンネル・アイソレータ ADuM5402 によって直流絶縁されます。この絶縁は回路を保護するだけでなく後段の回路を高同相電圧から絶縁します。デジタル・アイソレータ ADuM5402 は出力データを絶縁するだけでなく、絶縁された +3.3 V 電源を回路に供給します。

AD7171 からの測定結果はデジタル・コードとして単純な 2 線、SPI 互換のシリアル・インターフェースを通して提供されます。

この部品の組み合わせにより少数の部品数、低価格、低消費電力で高精度、高電圧、正レールの電流検出回路が得られます。

## 回路の説明

この回路は最大負荷電流  $I_{MAX}$  の時、フルスケール・シャント電圧が 500 mV になるように設計されています。従って、シャント抵抗の値は、 $R_{SHUNT} = (500 \text{ mV}) / (I_{MAX})$  になります。

AD8212 のプロセスは、ブレイクダウン電圧限界が 65 V です。このため、同相電圧は 65 V 以下に保たなければなりません。しかし外付け PNP BJT トランジスタを使用する事により、(トランジスタのブレイクダウン電圧の助けにより) 同相電圧範囲を 500 V 以上に高くする事ができます。

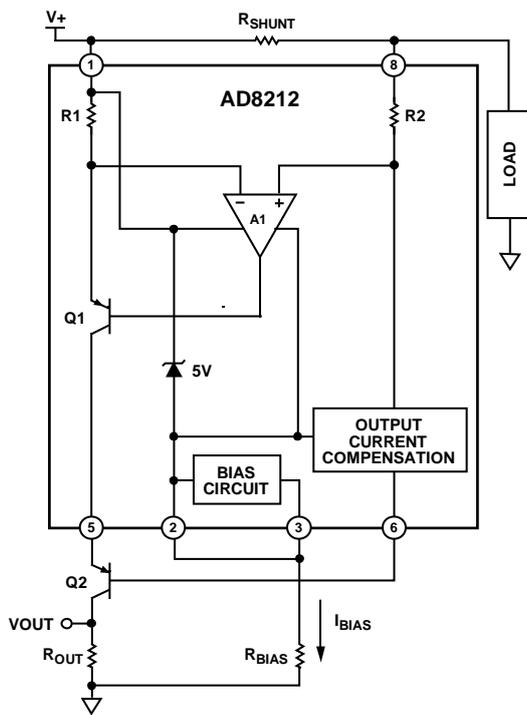


図 2. 外付け PNP トランジスタを使用した AD8212 の高電圧動作

AD8212 専用の電源はありません。代わりに、図 2 に示すように内蔵 5V シリズ・レギュレータを利用して、基本的に 500 V 同相電圧から AD8212 自身を"フローティング"する事により 5 V 電源を作っています。このレギュレータにより、確実に全端子で最も低い COM (ピン 2) が電源電圧 (V+) より常に 5V 低くなります。

この動作モードで、AD8212 回路の電源電流 ( $I_{BIAS}$ ) は、一意に電源範囲と選んだ抵抗  $R_{BIAS}$  の値によって決まります。たとえば、 $V+ = 500 \text{ V}$  で  $R_{BIAS} = 500 \text{ k}\Omega$  の場合、

$$I_{BIAS} = (500 \text{ V} - 5 \text{ V}) / R_{BIAS} = 990 \mu\text{A},$$

この高電圧モードで、 $I_{BIAS}$  は 200  $\mu\text{A}$  ~ 1 mA の間にする必要があります。これによりバイアス回路がアクティブになり、デバイスが適正な動作を行います。

500 k $\Omega$  バイアス抵抗 ( $5 \times R_2$ ) は 1 つ 1 つが 100k $\Omega$  の抵抗 5 個で形成されている事に注目してください。これは抵抗を電圧破壊から保護するためです。抵抗ストリング直下のグラウンド・プレーンに削除する事によりさらにブレイクダウン保護を強化する事ができます。

外付けシャント抵抗を流れる負荷電流により、AD8212 の入力端子で電圧が発生します。内蔵アンプ A1 は、アンプ A1 の反転入力と非反転入力の電位が等しくなるように、トランジスタ Q1 を制御して抵抗 R1 に必要な電流を流します。

トランジスタ Q1 のエミッターを通る電流 ( $I_{OUT}$ ) は入力電圧 ( $V_{SENSE}$ ) と (すなわち) シャント抵抗 ( $R_{SHUNT}$ ) を通る負荷電流 ( $I_{LOAD}$ ) に比例します。出力電流 ( $I_{OUT}$ ) は、外付け抵抗を使用する事により電圧に変換されます。その外付け抵抗の値はアプリケーションで要求される入力/出力ゲインに依存します。

AD8212 の伝達関数は次式で表されます：

$$I_{OUT} = gm \times V_{SENSE}$$

$$V_{SENSE} = I_{LOAD} \times R_{SHUNT}$$

$$V_{OUT} = I_{OUT} \times R_{OUT}$$

$$V_{OUT} = (V_{SENSE} \times R_{OUT}) / 1000$$

$$gm = 1000 \mu\text{A/V}$$

入力センス電圧は 0 V ~ 500 mV の固定範囲です。出力電圧範囲は  $R_{OUT}$  の値に従って調整できます。 $V_{SENSE}$  が 1 mV 変化すると、 $I_{OUT}$  は 1 mA 変化し、(抵抗 1k $\Omega$  を通過した時)  $V_{OUT}$  が 1 mV 変化します。

図 1 の回路では、負荷抵抗は 4.99k $\Omega$  なので、ゲインが 5 になります。フルスケール入力電圧 500 mV は出力 2.5 V になり、AD コンバータ AD7171 のフルスケール入力範囲に一致します。

AD8212 の出力は高インピーダンス・ノードを駆動するようになっています。従って、もしコンバータとインターフェースする場合は、AD8212 のゲインに影響しないように、 $R_{OUT}$  両端の出力電圧をアンプでバッファする事をお勧めします。

ADR381 と AD7171 の電源電圧は、クワッド・アイソレータ ADuM5402 内蔵の絶縁された電源出力(+3.3 V<sub>ISO</sub>)から供給されている事に注意してください。

AD7171 のリファレンス電圧は高精度バンド・ギャップ・リファレンス ADR381 から供給します。ADR381 の初期精度は 0.24% で、温度係数は 5 ppm/°C typ です。

AD7171 の VDD と REFIN(+) の両方を 3.3 V 電源で動作させる事も出来ますが、分離したリファレンスを使用する事でより良い精度が得られます。十分なヘッドルームを得るために 2.5 V リファレンスを選んでください。

AD7171AD コンバータに印加される入力電圧は、AD コンバータの出力でオフセット・バイナリ・コードに変換されます。

ADuM5402 により DOUT データ出力、SCLK 入力と  $\overline{\text{PDRST}}$  入力は絶縁されます。絶縁はオプションですが、故障発生の場合に後段デジタル回路を高同相電圧から保護するために推奨します。

出力コードは SDP ハードウェア基板と LabVIEW ソフトウェアを使って PC で処理されます。

図 3 のグラフはテスト対象の回路が、全入力電圧範囲 (0 mV ~ 500 mV) 全体で誤差 0.2% を達成している事を示しています。ADC の出力で観察したコード (LabVIEW によって記録されます) と誤差を考えないシステムに基づいて計算した理想コードを比較します。

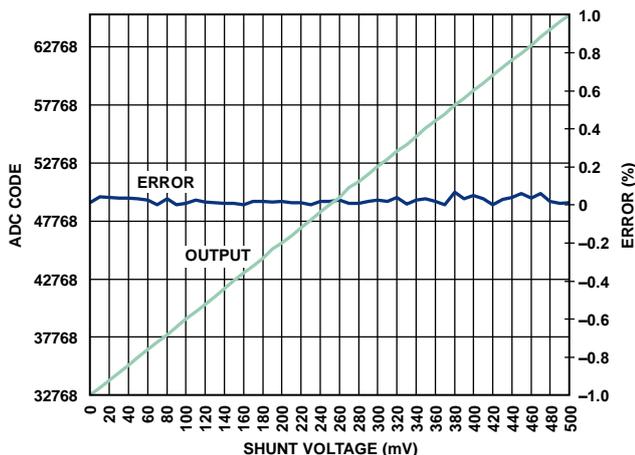


図 3. 出力と誤差対シャント電圧のグラフ

## プリント基板レイアウト時の考慮事項

高精度が要求される回路では、基板上の電源とグラウンド・リターンのレイアウトを注意深く行う事が重要です。PCB はアナログ部とデジタル部をできる限り分離してください。この PCB は大面積のグラウンド・プレーン層、電源プレーンと共に 4 層に積み重ねて構成されています。レイアウトとグラウンディングに関するさらに詳しい内容は [MT-031 Tutorial](#) を、そしてデカップリング技術に関する情報については [MT-101 Tutorial](#) をご覧ください。

AD7171 と ADuM5402 に対する電源は、適切にノイズを抑制しリップルを削減するために、10  $\mu\text{F}$  と 0.1  $\mu\text{F}$  のコンデンサでデカップリングする必要があります。高周波でカップリングには低 ESR 値の 0.1  $\mu\text{F}$  コンデンサを使用し、可能な限り素子の近くに配置してください。すべての高周波数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・2 次間の絶縁間隙の検討には注意が必要です。EVAL-CN0188-SDPZ 基板では表面層のすべてのレイアウトおよび部品をアイソレータの端より離して置き、それらを ADuM5402 のピンに配線する事によりこの距離を最大にしています。

電源ラインはできるだけ太いパターンにして低インピーダンス経路とし、電源ライン上のグリッチによる影響を軽減させる必要があります。クロックやその他の高速スイッチング・デジタル信号は、デジタル・グラウンドで基板上の他の部分からシールドする必要があります。

この回路ノートのための完全な設計支援パッケージは <http://www.analog.com/CN0218-DesignSupport> に載っております。

## バリエーション回路

正電源側のハイ・サイド検出には数多く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・アンプ又はこれらの組み合わせを使った IC ソリューションがあります。

Analog Dialogue Vol.42 No.1 「ハイサイド電流の検出」は電流検出とディファレンス・アンプの使用について述べています。

下記の URL は電流検出の問題解決に役立つアナログ・デバイス製品にリンクします：

電流検出アンプ：[www.analog.com/jp/CurrentSenseAmps](http://www.analog.com/jp/CurrentSenseAmps)

ディファレンス・アンプ：[www.analog.com/jp/DifferenceAmps](http://www.analog.com/jp/DifferenceAmps)

計装アンプ/プログラマブル・ゲインアンプ：[www.analog.com/jp/InstrumentationAmps](http://www.analog.com/jp/InstrumentationAmps)

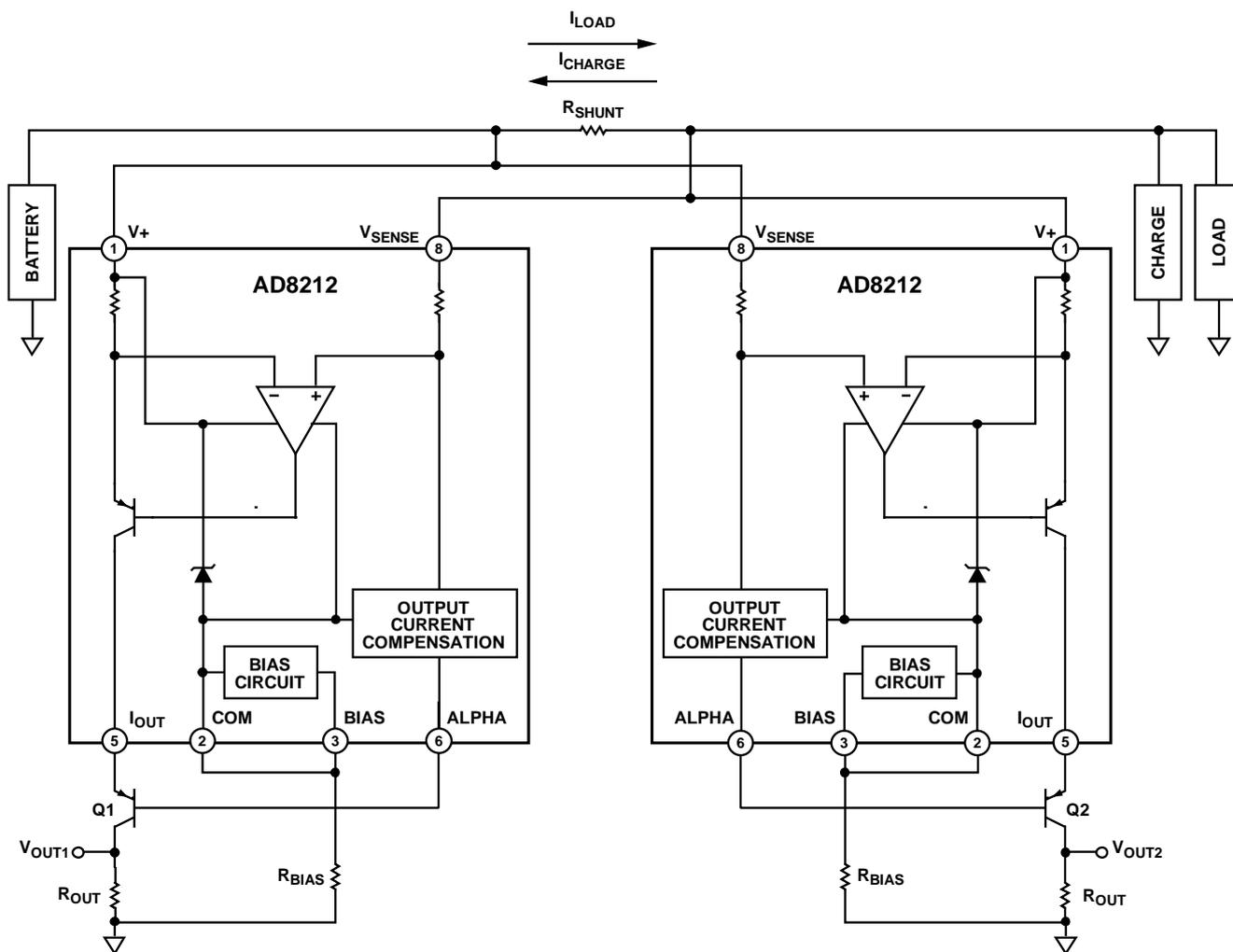


図 4.+65 V 以上の正同相電圧の双方向電流検出

図 4 は +65 V 以上の正同相電圧回路で双方向電流検出が必要な場合に使用する事ができる応用回路を示します。回路にふたつの AD8212 を使用する事により、充電電流と負荷電流をそれぞれ測定できます。V<sub>OUT1</sub> は I<sub>LOAD</sub> がシャント抵抗を通して流れる時増加する事に注目してください。V<sub>OUT2</sub> は I<sub>CHARGE</sub> がシャント抵抗を通して流れる時増加します。

### 回路評価とテスト

**注意！高電圧。** この回路は非常に高い電圧を含んでいる可能性があります。高電圧回路の取り扱いについて認定され、訓練した専門家でなければ、この回路又は基板組み立て品を動作、評価又はテストしないでください。電源を入れる前に、回路と高電圧回路を取り扱うために必要なすべての注意に熟知していなければなりません。

この回路は回路基板 (EVAL-CN0218-SDPZ) とシステム・デモ用プラットフォーム (SDP) 評価基板 (EVAL-SDP-CB1Z) を使用します。2 つの基板には、迅速な回路性能の設定と評価を可能とす

る 120 ピン接合用コネクタがあります。EVAL-CN0218-SDPZ 基板は (この回路ノートに記述されているように) 評価対象の回路を含んでいます。そして SDP 評価基板は回路基板 (EVAL-CN0218-SDPZ) からのデータを取り込むために CN0218 評価ソフトウェアと共に使用します。

### 必要な装置

- USB ポート付き Windows® XP 又は Windows Vista®(32-bit) 又は Windows® 7 (32-bit) 対応の PC
- 回路評価基板 (EVAL-CN0218-SDPZ)
- SDP 評価基板 EVAL-SDP-CB1Z
- CN0218 評価ソフトウェア
- 電源電圧: +6 V 又は +6 V "AC アダプタ"
- 最大負荷電流で最大電圧 500 mV となるシャント抵抗
- 電子負荷

## 動作の準備

CN0218 評価ソフトウェア・ディスクを PC の CD ドライブに挿入して評価ソフトウェアをロードしてください。"マイ コンピュータ"を使用して、評価ソフトウェア・ディスクのドライブを見つけ、Readme ファイルを開いてください。Readme ファイルに含まれているインストラクションに従って、評価ソフトウェアをインストールし、使用してください。

## 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、そして回路図については"eval-CN0218-SDPZ-SCH".pdf ファイルをご覧ください。このファイルは、[CN0218 Design Support Package](#)に含まれています。

## セットアップ

回路基板(EVAL-CN0218-SDPZ)の 120 ピン・コネクタを評価 (SDP)基板(EVAL-SDP-CB1Z)の"CON A"と表示されたコネクタに接続してください。120 ピン・コネクタの末端にある穴を利用して 2 つの基板をしっかりと固定するためにナイロン製留め具を使用する必要があります。

図 1 に示したように入力端子からグラウンドに対し負荷を接続し、入力端子間にシャント抵抗( $R_{SHUNT}$ )を接続してください。電源をオフにして、+6 V 電源を基板の"+6 V"と"GND"と表示されているピンに接続してください。もし+6 V"AC アダプタ"があれば、基板上のジャック・コネクタに接続して+6 V 電源電圧の代わりに使用することができます。SDP 基板と共に供給する USB ケーブルを PC の USB ポートに接続してください。

注:この時にはまだ USB ケーブルを SDP 基板上のミニ USB コネクタには接続しないでください。

## テスト

回路基板 (EVAL-CN0218-SDPZ) に接続した+6 V 電源 (又は AC アダプタ) に電源を供給してください。評価ソフトウェアを立ち上げ、PC からの USB ケーブルを SDP 基板上の USB ミニ・コネクタに接続してください。

1 度 USB 通信が確立できれば、回路基板 (EVAL-CN0218-SDPZ) からのシリアル・データの送信、受信、取り込みを行うために SDP 基板を使用することができます。電子負荷をステップ状に変化させる事により、様々な値の負荷電流のデータを記録することができます。

データ取り込みのための評価ソフトウェアの使用方法についての情報と詳細は CN0218 評価ソフトウェアの Readme ファイルに載っています。

SDP 基板に関する情報は [SDP User Guide](#) に記載されています。

## さらに詳しくは

[CN0218 Design Support Package](#):

Analog Dialogue 42-01, [ハイサイド電流の検出](#)

AN-0971 [アプリケーション・ノート 「isoPower デバイスでの EMI 放射制御についての推奨事項」](#) (pdf)

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.

AN-825 [アプリケーション・ノート 「iCoupler®アイソレーション製品での電源の考慮事項」](#)

Krakauer, David.["Digital Isolation Offers Compact, Low-Cost Solutions to Challenging Design Problems."](#)Analog Dialogue.Volume 40, December 2006.

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.

Wayne, Scott.["iCoupler® Digital Isolators Protect RS-232, RS-485, and CAN Buses in Industrial, Instrumentation, and Computer Applications."](#)Analog Dialogue.Volume 39, October 2005.

## データシートと評価ボード

[CN-0218 回路評価用ボード \(EVAL-CN0218-SDPZ\)](#)

[システム・デモ用プラットフォーム \(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

[AD8212 データシート / 評価用ボード](#)

[AD8605 データシート / 評価用ボード](#)

[AD7171 データシート / 評価用ボード](#)

[ADR381 データシート](#)

[ADuM5402 評価用ボード](#)

## 改訂履歴

7/11—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。お客様または製品設計で「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。