



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/CN0317> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD2S1210	10~16 ビット R/D コンバータ、分解能可変、リファレンス発振器内蔵
AD8397	オペアンプ、高出力電流、レール to レール出力

## 10 ビット~16 ビット分解能のレゾルバ/デジタル・コンバータ用の集積化大電流ドライバ

### 評価および設計サポート環境

#### 回路評価ボード

AD2S1210 評価用ボード (EVAL-AD2S1210SDZ)  
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)

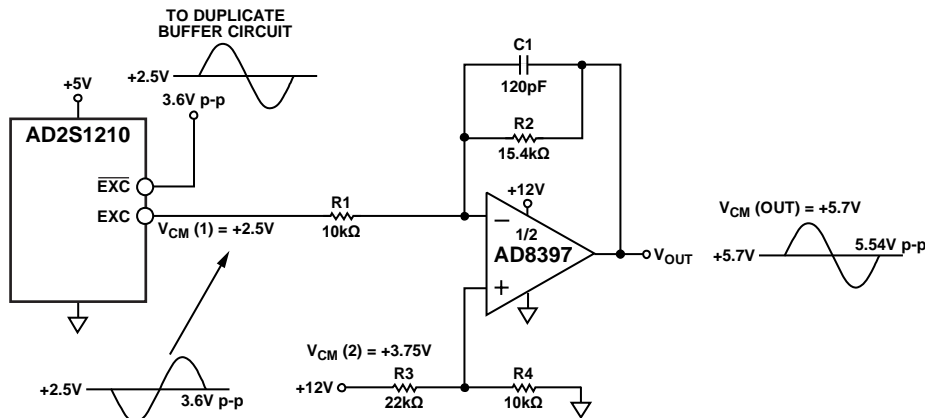
#### 設計と統合ファイル

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、高性能レゾルバ/デジタル・コンバータ (RDC) 回路で、広い温度範囲において高い信頼性が要求される自動車、航空電子機器、要求の厳しい工業用アプリケーションなどで角度の位置と速度を高精度に測定します。大電流ドライバ AD8397 は 32Ω 負荷へ 310mA を供給可能で、ディスクリートのプッシュプル・バッファ回路を必要としません。

RDC の一般的なアプリケーションは自動車や工業用の市場で、モーター・シャフトの位置や速度の帰還を行います。



#### NOTES

1.  $V_{CM}(1)$  IS THE COMMON-MODE VOLTAGE OF THE EXCITATION OUTPUTS.
2.  $V_{CM}(2)$  IS THE COMMON-MODE VOLTAGE OF THE AMPLIFIER SET BY R3 AND R4.
3.  $V_{CM}(OUT)$  IS THE BUFFER OUTPUT COMMON-MODE VOLTAGE.

図 1. AD2S1210 RDC の励起信号出力用に AD8397 を使用した大電流バッファ (簡略回路図：デカップリングおよび全接続の一部は省略されています)

11348-001

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。

## 回路説明

AD2S1210 は全機能を内蔵した 10 ビット～16 ビット分解能のトラッキング RDC で、レゾルバを励起するプログラム可能なサイン波発振器を内蔵しています。過酷な動作環境で使用されるため、AD2S1210 (C グレードおよび D グレード) は  $-40^{\circ}\text{C}$ ～ $+125^{\circ}\text{C}$  の拡張工業用温度範囲で仕様が規定されています。

図 1 に示す大電流ドライバは、レゾルバとのインターフェースを最適化するため、デュアル・オペアンプ AD8397 を使って AD2S1210 のリファレンス発振器の励起出力の増幅とレベル・シフトを行います。AD8397 は低歪み大出力電流の出力ダイナミック・レンジが広いアンプで、レゾルバに最適です。AD8397 の  $32\Omega$  負荷に対する  $310\text{mA}$  の駆動能力で、従来のディスクリートのプッシュプル出力段を使用することなくレゾルバに必要な電力を供給することにより、ドライバ回路が簡略化され、従来のプッシュプル回路に必要な追加部品分の電力が節約されます。レゾルバの 1 次巻線を駆動するのに用いる完全差動信号を実現するため、相補励起出力に同じドライバ段が使用されています。AD8397 は、細型 8 ピン SOIC パッケージを採用し、 $-40^{\circ}\text{C}$ ～ $+85^{\circ}\text{C}$  の工業用温度範囲にわたって仕様が規定されています。

RDC は正弦波信号を採用し、サイン波のリファレンス信号で励起されるレゾルバの角度の位置や速度を特定します。レゾルバの 1 次巻線の励起リファレンス信号は、2 つの正弦波の差動出力信号 (サインとコサイン) に変換されます。サイン信号とコサイン信号の振幅は、レゾルバの実際の位置、レゾルバの変換比、および励起信号の振幅に依存します。

デジタル化されたデータをデジタル・エンジン (タイプ II のトラッキング・ループと呼ばれる) に供給するため、RDC は両方の入力信号を同時にサンプリングします。タイプ II のトラッキング・ループは位置と速度の計算を行います。代表的なアプリケーション回路を図 2 に示します。

レゾルバの入力信号条件により、励起バッファは最大  $200\text{mA}$  のシングルエンド電流を供給する必要があります。図 1 に示すバッファ回路は電流駆動機能に加えて、AD2S1210 の励起出力信号に対するゲインも提供します。

標準的なレゾルバの入力抵抗は  $100\Omega$ ～ $200\Omega$  の範囲で、1 次コイルは  $7\text{V rms}$  で励起する必要があります。

コンバータは  $3.15\text{V p-p}\pm 27\%$  の範囲の入力信号に対応します。AD2S1210 の周波数範囲は  $2\text{kHz}$ ～ $20\text{kHz}$  に規定されています。タイプ II のトラッキング・ループを採用して入力をトラッキングし、サインとコサインの各入力情報を入力角と入力速度のデジタル信号に変換します。このデバイスの最大トラッキング・レートは  $3125\text{rps}$  と規定されています。

16 ビット分解能では、位置出力の最大精度誤差の仕様は  $\pm 5.3$  角度です。

AD2S1210 は  $5\text{V}$  電源で動作し、出力バッファ回路として機能する AD8397 は、レゾルバに必要な差動信号振幅を供給する  $12\text{V}$  電源を必要とします。

AD2S1210 と差動ドライバとして構成された AD8397 の回路図を図 1 に示します。AD8397 の非常に魅力的な面は、その出力が  $32\Omega$  負荷への最大  $310\text{mA}$  の重い負荷を駆動するときに、 $-80\text{dBc}$  のスプリアスフリー・ダイナミック・レンジ (SFDR) を維持しながら大きな直線的出力電流を供給できることです。AD8397 は出力電流が大きいことから、ディスクリートのプッシュプル回路を必要とせず、レゾルバに必要な電力を供給することができます。

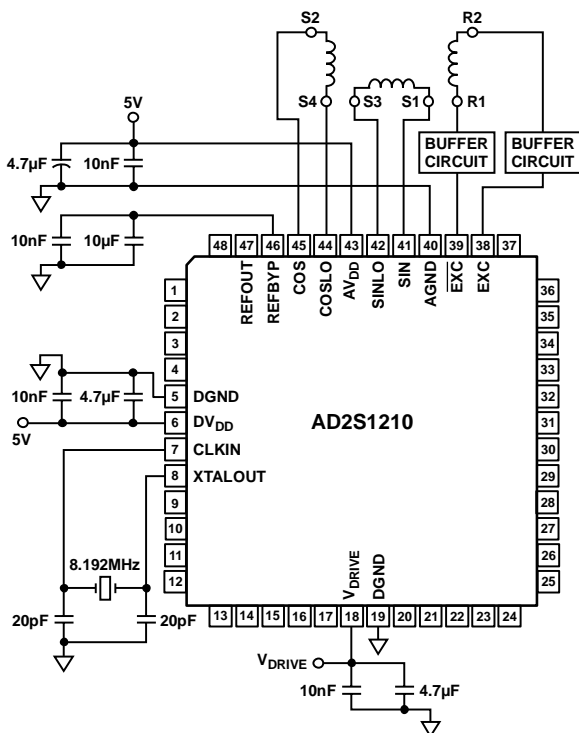


図 2. AD2S1210 RDC の代表的なアプリケーション回路

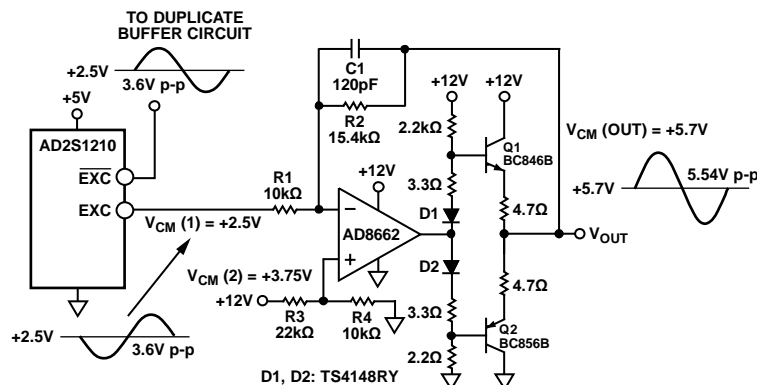


図 3. ディスクリートのプッシュプル・ドライバ回路

100Ω～200Ωの入力抵抗のレゾルバを駆動するのに必要な電流は200mAです。図3に示すディスクリートの回路はプッシュプル出力段を備えていて、これにより、ドライバ回路のコストが増えるだけでなく、信号がないときでも少量の静止時電力を消費します。

図1のバッファ段は、プッシュプル回路が持つ駆動能力を実現しながら、消費電力と部品数を低減します。

AD2S1210の励起出力は通常、EXC出力と $\overline{\text{EXC}}$ 出力に3.6Vp-pの正弦波信号を供給し、これが、7.2V p-pの差動信号となります。

自動車用レゾルバの標準的な変換比は0.286です。したがって、ユニティ・ゲインのバッファをAD2S1210とともに使用すると、レゾルバ出力の振幅は差動で約2V p-pになります。このような信号の振幅ではAD2S1210の入力振幅仕様を満たすには不十分です。理想的には、サイン入力とコサイン入力の振幅は差動の3.15V p-pなので、AD8397は約1.5のゲインを提供する必要があります。

図1に示す励起バッファのゲインは抵抗R1とR2によって設定されます。回路テスト時の抵抗R1とR2はそれぞれ10kΩと15.4kΩで、1.54のゲインに相当します。

EVAL-AD2S1210SDZ評価ボードにはジャンパのオプションがあり、R2を8.66kΩに替えることで0.866のゲインに設定できます。このゲイン設定値により、変換比が0.5のレゾルバのサイン入力とコサイン入力に差動振幅が3.12V p-pの信号が供給されます。

抵抗R3とR4によってアンプの同相電圧が $V_{\text{CM}}(2) = 3.75\text{V}$ に設定されます。励起出力の同相電圧は $V_{\text{CM}}(1) = 2.5\text{V}$ （電源電圧の midpoint）で、約 $V_{\text{CM}}(\text{OUT}) = 5.7\text{V}$ （12V電源の約半分）のバッファの出力同相電圧に変換されます。

選択したトポロジーは単電源で動作可能なので、バッファとして選択したオペアンプも単電源レールで動作可能である必要があります。AD8397は12Vの単電源で動作し、出力がレール to レールなので、バッファに最適なデバイスです。

## 測定

EVAL-AD2S1210SDZ評価ボードはジャンパのオプションを備えており、図1に示す集積回路のドライバまたは図3のディスクリートのドライバのいずれかを使用することができます。

ディスクリートのプッシュプル回路とAD8397を使った集積回路のバッファの信号の特性を図4に示します。Rohde & SchwarzのRTO1024を使用し、高速フーリエ変換（FFT）で出力信号を解析して基本波と高調波の電力を測定します。励起周波数は10kHzに設定します。

AD8397のゲインを1.54に設定したとき、どちらの構成も5.54V p-pの出力信号を供給します。RTO1024の50Ωの標準入力インピーダンスへの基本波の電力は約18dBmです。

次に、信号の基本周波数と高調波の電力値から信号対ノイズおよび歪み（SINAD）と全高調波歪み（THD）を計算します。プッシュプル回路ではSINAD = 50.9615dB、THD = 25.66%で、AD8397バッファではSINAD = 54.8dB、THD = 25.51%です。この計算ではどちらの構成も同程度です。

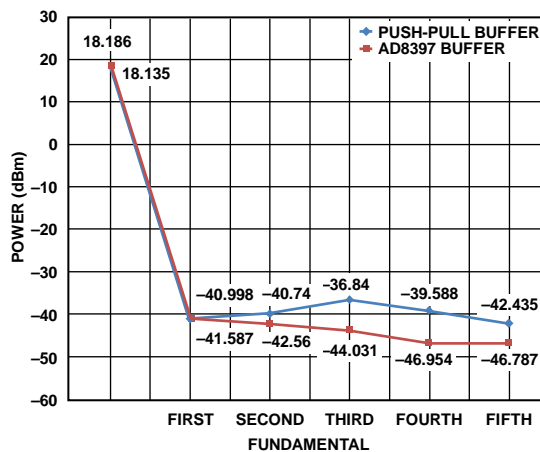


図 4. プッシュプルと AD8397 の出力信号の比較

次のステップでは、AD8397の回路がその出力に大電流が流れていても、励起信号を供給し続けられることを実証します。図5に示すテスト・セットアップで出力の電流をシンクすることにより、AD8397の回路性能を判定します。

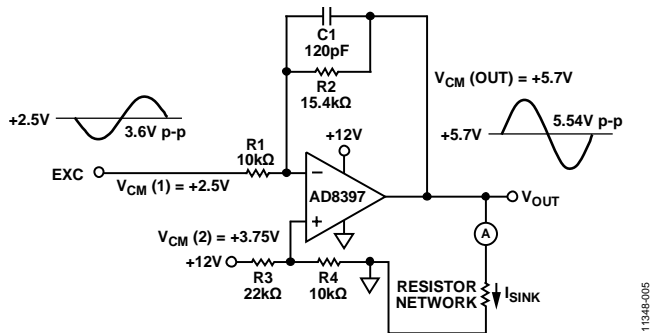


図 5. AD8397 の電流をシンクするテスト・セットアップ

AD8397は、 $32\Omega$  負荷へ最大 310mA の大きな直線の出力電流を供給することができます。レゾルバの入力抵抗は一般に  $100\Omega \sim 200\Omega$  の範囲です。

AD8397 出力に対して 310mA の電流をシンクするときの励起信号を図 6 に示します。出力は信号の強度を維持し続けることができるので、標準的なレゾルバを駆動可能です。

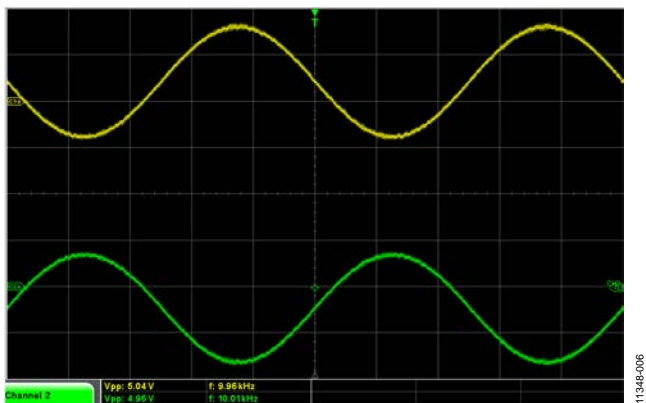


図 6. AD8397 出力での 310mA の電流シンク

レゾルバに接続すると、AD8397 からの励起信号が AD2S1210 の入力範囲条件内のサイン信号とコサイン信号を生成できます。

## 推奨事項

抵抗 R2 と並列のコンデンサ C1 はローパス・フィルタを形成し、EXC 出力と EXC 出力に生じるノイズを除去します。このフィルタのカットオフ周波数を選択する際には、フィルタによって生じるキャリアの位相シフトが AD2S1210 のフェーズロック範囲を超えないようにします。レゾルバが AD2S1210 の励起出力から高周波数成分を除去することができるので、C1 は必須ではありません。

回路の検証プロセスでは、レゾルバの出力は AD2S1210 の入力に直接接続しました。多くの場合、ユーザーのアプリケーションでは追加の調整抵抗や受動 RC フィルタが使用されます。デバイス AD2S1210 の前に受動部品を追加することができますが、製品のデータシートに規定された AD2S1210 の最大フェーズロック範囲を超えないようにします。受動部品を外付けすることにより、チャンネル間に振幅不一致誤差が生じ、この誤差が位置誤差に直接変換される可能性があります。このため、信号経路には許容誤差が 1% 未満の抵抗と許容誤差が 5% 未満のコンデンサを使用することを推奨します。

AD2S1210 と AD8397 周辺部品の値は、アプリケーションやセンサーに固有の条件を満たすように変更することができます。たとえば、抵抗値を変更することにより、バッファ回路の出力のバイアス電圧、振幅、および最大駆動能力を調整することができます。

## バリエーション回路

図 1 のバッファ回路は変更を加えることなく、AD2S1200 や AD2S1205 などアナログ・デバイセズの他の RDC でも使用できます。受動部品を適切に調整して、出力振幅、駆動能力、およびオフセット電圧を変更します。

## 回路の評価とテスト

EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボードを使って、CN-0317 回路で AD2S1210 の評価とテストを行います。詳細な回路図、レイアウト、および部品表は CN-0317 設計サポート・パッケージに掲載されています。

EVAL-AD2S1210SDZ ユーザー・ガイドには、評価用ボードのハードウェアとソフトウェアの使用に関する全ての指示が記載されています。

### 必要な装置

以下の装置が必要です。

- USB ポート付きで Windows® 7 以降を搭載の PC
- EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボード
- EVAL-SDP-CB1Z SDP-B コントローラ・ボード
- EVAL-AD2S1210SDZ 評価用ソフトウェア
- 9V の AC アダプタ電源 (EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボードに付属)
- レゾルバ (多摩川精機の TS2620N21E11 など)

### 評価開始にあたって

以下の手順で回路評価のセットアップを行います。

1. 付属の評価用ソフトウェア CD で供給される評価用ソフトウェアをインストールします。ソフトウェアのインストール時には、EVAL-SDP-CB1Z ボードが PC の USB ポートから切断されていることを確認してください。インストール後には PC の再起動が必要になる場合もあります。
2. 各種のリンク・オプションが EVAL-AD2S1210SDZ ユーザー・ガイドの表 2 に示されているように設定されていることを確認してください。
3. 図 7 に示すように、SDP ボードを評価用ボードに接続します。
4. キットに付属された 9V 電源アダプタを評価用ボードのコネクタ J702 に接続します。
5. SDP ボードを USB ケーブルで PC に接続します。
6. Programs メニューの Analog Devices サブフォルダから評価用ソフトウェアを起動します。
7. 図 7 に示すように、レゾルバの EXC、 $\overline{\text{EXC}}$ 、SIN、 $\overline{\text{SIN}}$ 、COS、および  $\overline{\text{COS}}$  の各ワイヤをコネクタ J5 とコネクタ J6 に接続します。

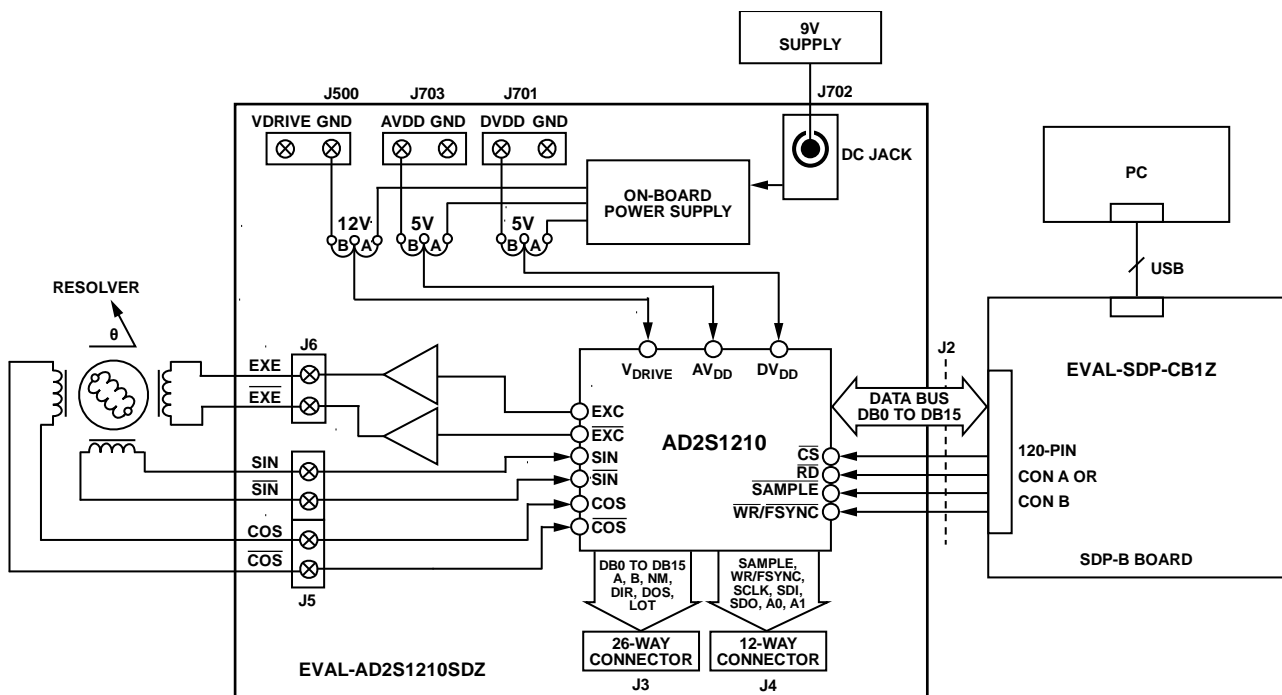


図 7. テスト・セットアップの機能ブロック図

11348-007



## テスト

USB による通信が確立されると、EVAL-SDP-CB1Z は EVAL-AD2S1210SDZ 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。

回路を位置と速度の測定に使用したときの、評価用ソフトウェアの **Acquisition** タブの出力表示画面を図 8 に示します。

EVAL-SDP-CB1Z ボードに接続された EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボードの写真を図 9 に示します。

テスト・セットアップとキャリブレーションについての情報と詳細、およびデータ・キャプチャ用評価ソフトウェアの使用方法については、EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボードのユーザー・ガイドを参照してください。

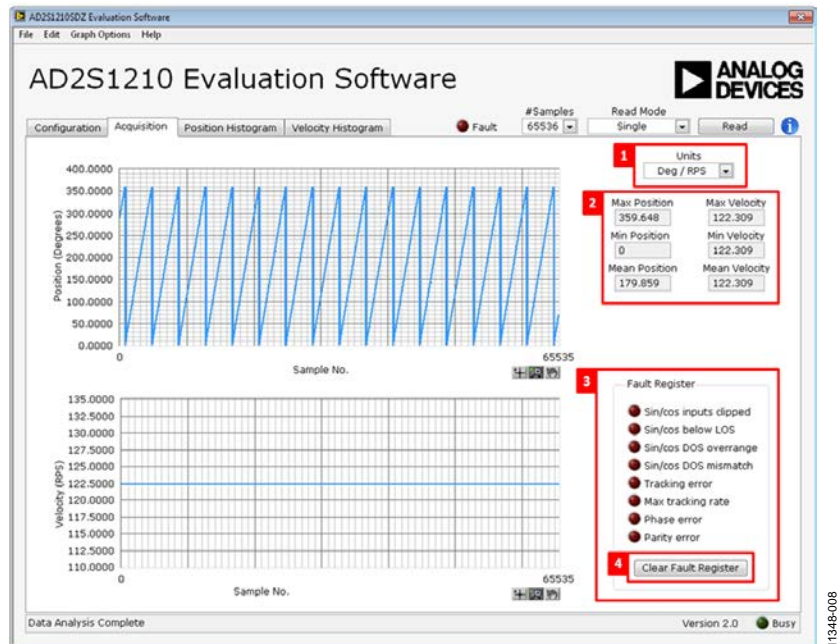


図 8. Acquisition タブの位置と速度のデータを示す評価用ソフトウェアの出力表示画面

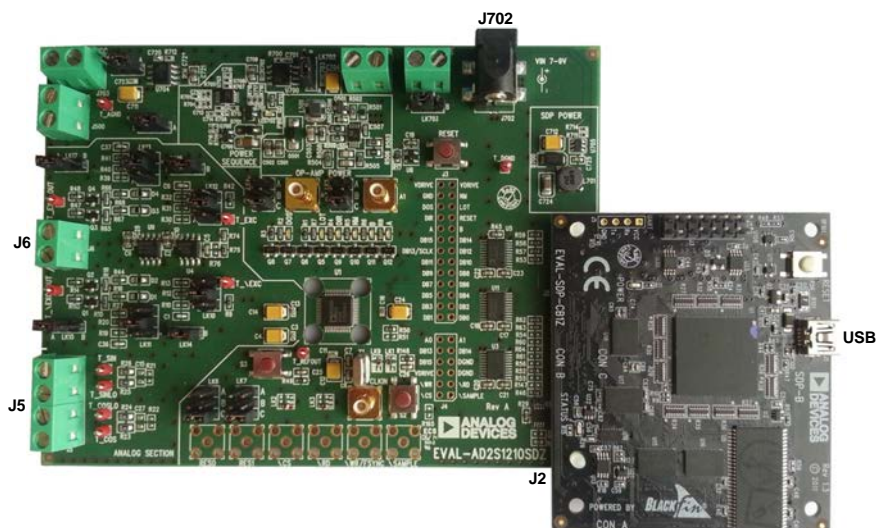


図 9. EVAL-SDP-CB1Z SDP ボードに接続された EVAL-AD2S1210SDZ 評価ボードの写真

## さらに詳しい資料

CN-0317 Design Support Package.

UG-709 EVAL-AD2S1210SDZ Evaluation Board User Guide.

Analog Dialogue 48-03 : Precision Resolver-to-Digital Converter Measures Angular Position and Velocity., March 2014. Analog Devices.

AN-264 Application Note : Dynamic Characteristics of Tracking Converters. Analog Devices.

AN-263 Application Note : Resolver-to-Digital Conversion. Analog Devices.

AN-234 Application Note : Digital Resolver Integration. Analog Devices.

AN-230 Application Note : Applications of the AD2S90 Resolver-to-Digital Converter. Analog Devices.

MT-030 Tutorial : Resolver-to-Digital Converters. Analog Devices.

MT-031 Tutorial : Grounding Techniques. Analog Devices.

MT-101 Tutorial : Decoupling Techniques. Analog Devices.

CN-0192 Circuit Note : High Current Driver for the AD2S1210 Resolver-to-Digital Reference Signal Output. Analog Devices.

CN-0276 Circuit Note : High Performance, 10-Bit to 16-Bit Resolver-to-Digital Converter. Analog Devices.

“Chapter 3: Sensors” and “Chapter 6: Converters” in Linear Circuit Design Handbook. Ed. Hank Zumbahlen. Newnes, 2008.

## データシートと評価ボード

AD2S1210 データシート

AD8397 データシート

## 改訂履歴

10/14—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に作られており、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。