

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/CN0229> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD5750-2	出力範囲が設定可能な工業用電流/電圧出力ドライバ
AD5686R	2 ppm ^o C リファレンス内蔵の16ビット、クワッド nanoDAC+
ADuM5400	DC/DC コンバータ内蔵の4チャンネル・アイソレータ
ADuM1301	3チャンネル・デジタル・アイソレータ

I/O カードや PLC アプリケーション向け、柔軟な構成設定が可能な 4チャンネル、電圧および電流出力回路

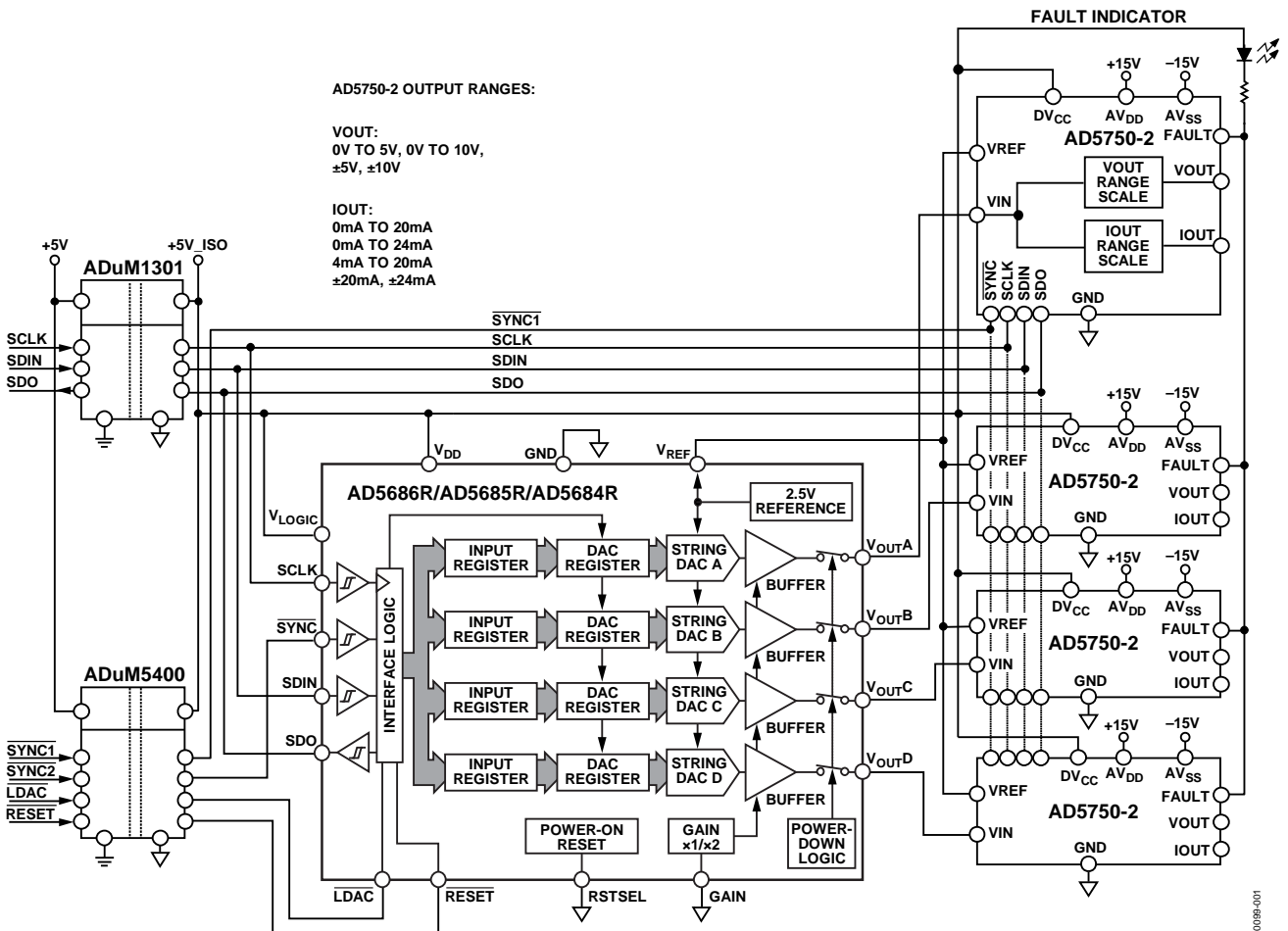


図1. アナログ出力回路（簡略回路図：接続とデカップリングの一部は表示を省略。）

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。

評価および設計サポート環境

回路評価ボード

CN-0229 評価用ボード (EVAL-CN0229-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 の回路は、アナログ部品を 2 個だけ使ったフレキシブルなマルチチャンネルのアナログ出力ソリューションです。マルチチャンネル I/O カード、プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) および分散制御システム (DCS) といったアプリケーションのほとんどの要件に適合します。

バッファ付きレール to レール出力を備えたクワッド、16 ビット nanoDAC+ の AD5686R と、工業用電流/電圧出力ドライバの AD5750-2 が 4 個で構成された回路であり、アプリケーションに必要な標準的出力電流/電圧範囲を提供します。分解能は 16 ビットでミッシング・コードなし、直線性は 0.05%、出力誤差は 0.1% 未満です。

AD5686R は、高いドライブ能力 (最大 ± 5 mA)、超低ドリフト (標準 2 ppm/°C) の 2.5 V 電圧リファレンスを内蔵し、AD5686R と AD5750-2 の両方にリファレンス電圧を与えます。これにより、低ノイズ、高精度、低温度ドリフトの回路が保証されます。

ADuM1301 と ADuM5400 は、アナログ・シグナル・チェーンとホスト・コントローラの間全ての信号と電源の両方に対して 2500 V rms の絶縁機能を提供します。

5 チャンネル以上必要なマルチチャンネル I/O カード・アプリケーションの場合は、複数の AD5686R をデジタイズチェーン接続することによって、追加の外付けデジタル I/O 回路は不要です。これにより、特にチャンネル数の多い絶縁型アプリケーションの場合、コストを最小に抑えることができます。

この回路は、内蔵の出力故障検出機能、CRC によるパケット・エラー・チェック (PEC)、フレキシブルな起動オプションならびに ESD 保護 (AD5686R : 4 kV 人体モデル、AD5750-2 : 3 kV 人体モデル) など、工業用アプリケーション向けの重要な特長も備えているので、堅牢な工業用制御システムに最適です。量産で性能を一定に維持するのに必要な外付けの高精度抵抗やキャリブレーション・ルーチンが不要なので、PLC や DCS のモジュールに最適です。

回路説明

AD5750/AD5750-1/AD5750-2 は、工業用プロセス制御アプリケーションの要件を満たすために開発された低価格の 1 チャンネル高精度電圧/電流出力ドライバです。出力電圧範囲は、PLC や DCS のアプリケーション向けの標準範囲 (0 V ~ 5 V、0 V ~ 10 V、-5 V ~ +5 V、-10 V ~ +10 V) にプログラムすることができます。これらの標準範囲を 20% 広げたオーバーレンジ設定 (0 V ~ +6 V、0 V ~ +12 V、-6 V ~ +6 V、-12 V ~ +12 V) もオプションとして用意されています。

電流出力は電圧とは別のピンで、+4 mA ~ +20 mA、0 mA ~ +20 mA、-20 mA ~ +20 mA、0 mA ~ +24 mA、-24 mA ~ +24 mA の範囲にプログラムすることができます。ユニポーラの範囲には 2% のオーバーレンジ設定があります。

AD5750/AD5750-1/AD5750-2 の電流出力はソースまたはシンク可能なので、多種のセンサーやアクチュエータにインターフェースすることができます。電圧出力ピンと電流出力ピンは、必要であれば一緒に結合して、1 チャンネル出力としてシステムを構成することができます。

一般に電流出力回路には電流検出のために少なくとも 1 個の高精度抵抗が必要です。回路の電流精度と温度ドリフト特性は、リファレンスと抵抗にある程度依存します。AD5750/AD5750-1/AD5750-2 は、高精度、低ドリフト抵抗を内蔵していますが、必要であれば外付け抵抗を使用することも可能です。全温度範囲で出力電流の安定性を向上させる方法として、内蔵抵抗の代わりに、外付けの低ドリフト抵抗を AD5750/AD5750-1/AD5750-2 の REXT1 ピンと REXT2 ピンに接続することができます。外付け抵抗は入力シフトレジスタを介して選択されます。外付け抵抗オプションを使わない場合、REXT1 ピンと REXT2 ピンはフロートさせたままにします。

AD5686R はバッファされたレール to レール電圧出力を備えたクワッド 16 ビット nanoDAC+ で、標準 2 ppm/°C (最大 5 ppm/°C) の 2.5 V リファレンスを内蔵しています。内蔵リファレンスは 4 個の AD5750-2 全てのリファレンス入力をドライブ可能で、出力インピーダンスが 0.05 Ω と低く、最大 5 mA をソースおよびシンクすることができます。AD5686R はパワーオン・リセット回路を内蔵しているので、DAC の出力が 0 V の状態で起動し、有効な書き込みコマンドが与えられるまで 0 V に留まることが保証されます。

AD5686R DAC と AD5750-2 ドライバの間のインターフェースは簡単で、外部電圧リファレンスや高精度抵抗は不要です。AD5686R の出力電圧範囲は 0 V ~ 2.5 V で、AD5750-2 の入力範囲と一致しています。さらに、AD5686R のリファレンス出力電圧は 2.5 V ですが、これは AD5750-2 のリファレンス入力の要件に正確に一致しています。

ADuM1301 は 3 チャンネルのデジタル・アイソレータです。ADuM5400 は 4 チャンネルのデジタル・アイソレータで、さらに絶縁された DC/DC コンバータを内蔵しています。これらは両方とも iCoupler® 技術をベースにしており、シグナル・チェーンとシステムのマイクロコントローラの間を、2.5 kV rms の絶縁定格で絶縁するのに使われます。ADuM5400 は 2 次側の 5 V 回路に絶縁された 5 V 電源を提供します。

PLC や DCS のアプリケーション向けのデバイスは、一般に正式の推奨仕様をはるかに上回る ESD 保護と過電圧保護を必要とします。AD5686R と AD5750-2 は各ピンに ESD 保護ダイオードを内蔵しており、4 kV (AD5686R) および 3 kV (AD5750-2) のトランジェント (人体モデル) による損傷を防ぐことができます。ただし、工業用制御環境では I/O 回路がはるかに高いトランジェントに曝される可能性があります。

そうした状況に対する ESD 保護の強化策としては、まず外付けの 54 V、600 W トランジェント電圧サプレッサ (TVS) を使用します。AD5750-2 の VSENSE+ピンと VSENSE-ピンに 1 kΩ、0.5 W 抵抗と直列にパワー・ショットキー・ダイオードを接続し、VOUT ピンと IOUT ピンに 50 mA、30 V ポリスイッチを接続します。これらの保護回路は EVAL-CN0229-SDPZ 回路ボードに搭載されており、50 V の過電圧保護と 50 mA の過電流保護を提供します。図 1 の簡略回路図にはオプションの外部保護回路は示されていませんが、CN0229 デザイン・サポート・パッケージ (<http://www.analog.com/CN0229-DesignSupport>) の詳細回路図 (EVAL-CN0229-SDPZ-PADSSchematic pdf ファイル) には示されています。

また、適切なレイアウト、接地、およびデカップリング技術を使って、大きなグラウンド・プレーンを備えた多層プリント基板 (PCB) に回路を実装することで最適なシステム性能と低 EMI を実現することができます (チュートリアル MT-031 「Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"」とチュートリアル MT-101 「Decoupling Techniques」を参照)。

測定

積分非直線性 (INL)、微分非直線性 (DNL)、出力誤差は、PLC や DCS などのプロセス制御システムで最も重要な仕様です。AD5750-2 は非常に柔軟な設定が可能な出力範囲を備えており、アプリケーションの要件を満たすように調整することができます。回路の INL、DNL、出力誤差の測定値をそれぞれ図 2、図 3、図 4 に示します。これらのデータは電圧出力モードで、25°C で得られたものです。AD5750-2 の範囲は 0 V ~ 5 V に設定しました。他の全ての範囲のテスト結果を表 1 に示します。

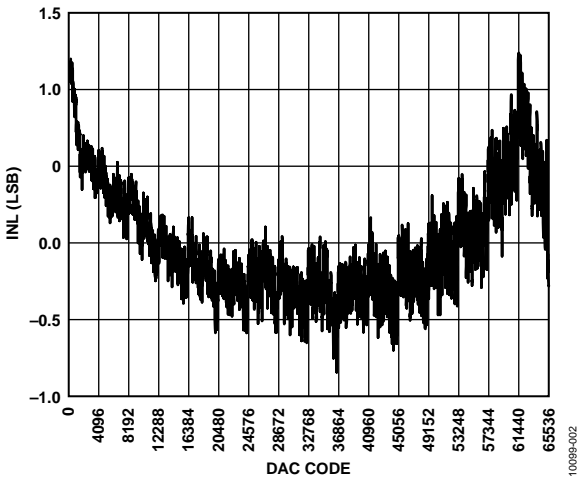


図 2. INL (0 V ~ 5 V の出力範囲)

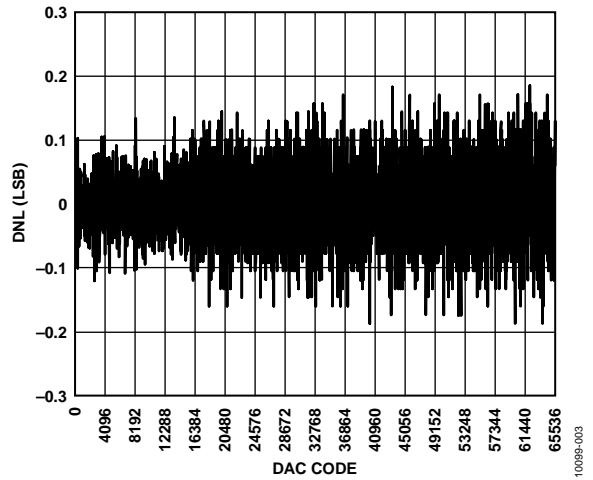


図 3. DNL (0 V ~ 5 V の出力範囲)

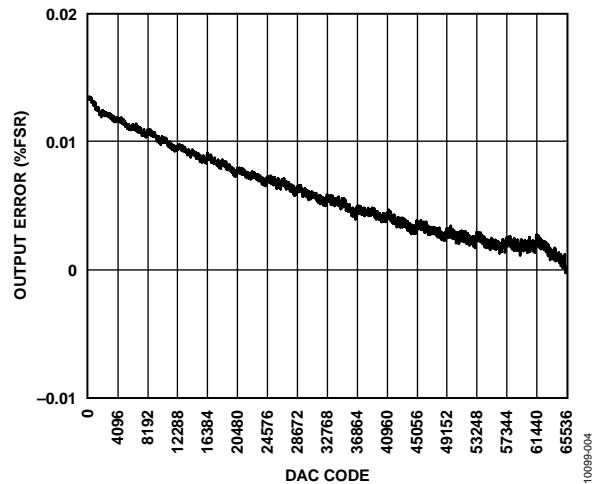


図 4. 出力誤差 (0 V ~ 5 V の出力範囲)

表 1. 全出力範囲のテスト結果

範囲	電流検出抵抗	INL (LSB)	直線性 (%FSR)	出力誤差 (%FSR)
0 V~+5 V	不定	1.3	0.002	0.01
0 V~+10 V	不定	1.1	0.002	0.02
-5 V~+5 V	不定	1.4	0.002	0.02
-10 V~+10 V	不定	1.2	0.002	0.02
0 V~+6 V	不定	1.9	0.003	0.02
0 V~+12 V	不定	1.4	0.002	0.05
-6 V~+6 V	不定	1.3	0.002	0.03
-12 V~+12 V	不定	1.7	0.003	0.05
-2.5 V~+2.5 V	不定	1.3	0.002	0.03
+4 mA~+20 mA	内部	5.3	0.008	0.07
0 mA~+20 mA	内部	4.2	0.006	0.06
0 mA~+24 mA	内部	2.9	0.004	0.05
-20 mA~+20 mA	内部	5.4	0.008	0.02
-24 mA~+24 mA	内部	3.9	0.006	0.02
+4 mA~+20mA	外付け	2.0	0.003	0.04
0 mA~+20mA	外付け	1.7	0.003	0.04
0 mA~+24mA	外付け	1.6	0.002	0.04
-20 mA~+20 mA	外付け	3.7	0.006	0.03
-24 mA~+24 mA	外付け	4.4	0.007	0.03
+3.92 mA~+20.4 mA	内部	1.7	0.014	0.11
0 mA~+20.4 mA	内部	2.9	0.006	1.86
0 mA~+24.5 mA	内部	2.5	0.005	0.30

表 1 に示すテスト結果は、DC 電源 Agilent E3631A から給電された EVAL-CN0229-SDPZ ボードの 1 番目のチャンネルに対してデジタル・マルチメータ Agilent 34401A を使って 25°C で測定して得られたものです。

3.92 mA~20.4 mA、0 mA~20.4 mA、0 mA~24.5 mA の出力範囲は全て、4 mA~20 mA、0 mA~20 mA、0 mA~24 mA の範囲に正確に一致するように、お客様が調整できるように設計されています。0 mA~20.4 mA 範囲の 1.86% FSR 出力誤差の測定値には、利得誤差が含まれています。これはお客様でのキャリブレーションによって簡単に除去することができます。

GND を基準にした約 10 mV の下側不感帯があります。全ての直線性テストの結果は、256~65,535 の狭めたコード範囲を使って計算しました。3.92 mA~20.4 mA、0 mA~20.4 mA および 0 mA~24.5 mA では、下側不感帯が他の標準的範囲より大きく、測定されたコード範囲は 1000~65,535 です。

バリエーション回路

AD5685R (14 ビット) および AD5684R (12 ビット) は AD5686R とピン互換性があり、16 ビットの分解能を必要としないアプリケーションに適しています。

チャンネル間の絶縁を必要とするアプリケーションでは、AD5660 (16 ビット)、AD5640 (14 ビット)、AD5620 (12 ビット) などのシングル DAC が適しています。

その他の 1 チャンネルのアプリケーションに関しては、CN-0202、CN-0203、および CN-0204 の各回路ノートもご参考いただくことができます。

マルチチャンネル・アプリケーションには、デュアルの nanoDAC として AD5623R (12 ビット)、AD5643R (14 ビット)、AD5663R (16 ビット) が、またクラウドの nanoDAC として AD5624R (12 ビット)、AD5644R (14 ビット)、AD5664R (16 ビット) があります。AD5628/AD5648/AD5668 はオクタルの 12/14/16 ビット SPI 電圧出力 denseDAC で、5 ppm/°C のリファレンスを内蔵しています。

AD5750 と AD5750-1 の各ドライバは AD5750-2 とピン互換です。AD5750 は 0 V~4.096 V の入力を受け入れることができ、4.096 V リファレンスを備えています。AD5750-1 は 0 V~2.5 V の入力を受け入れることができ、1.25 V リファレンスを備えています。AD5751 はユニポーラ・アナログ出力ドライバで、50 V AVDD 電源を使って 40 V を出力することができます。

回路評価とテスト

必要な装置 (相当品で置き換え可)

- システム・デモ用プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)
- CN-0229 回路評価ボード (EVAL-CN0229-SDPZ)
- CN-0229 評価用ソフトウェア
- Agilent 34401A 6.5 桁デジタル・マルチメータ
- Agilent E3631A 0 V~約 6 V/5 A ±25 V/1 A トリプル出力 DC 電源
- USB インターフェース付き PC (Windows® 2000 または Windows XP)
- National Instruments 社製 GPIB - USB-B インターフェースおよびケーブル

評価開始にあたって

CN-0229 評価用ソフトウェアの CD を用いて PC に、評価用ソフトウェアをセットアップします。マイコンピュータから評価用ソフトウェアの CD がセットされたドライブを探し、**Readme** ファイルを開きます。**Readme** ファイルの指示に従って評価用ソフトウェアをインストールして使用します。

機能ブロック図

図 5 にテスト・セットアップの機能ブロック図を示します。**EVAL-CN0229-PADSSchematic** pdf ファイルには CN-0229 評価ボードの詳細回路図が記載されています。このファイルは CN-0229 デザイン・サポート・パッケージ (<http://www.analog.com/CN0229-DesignSupport>) に含まれています。

セットアップ

EVAL-CN0229-SDPZ 回路ボードの 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z (SDP) ボードの CON A コネクタまたは CON B コネクタに接続します。120 ピン・コネクタの端部にある穴を使って 2 つのボードをしっかりと固定するには、ナイロン製ハードウェアを使用します。DC 出力電源を +15 V、-15 V、および +6 V の出力に正確に設定します。

電源をオフにした状態で、+15 V 電源を CN1 の +15 V ピンに、-15 V 電源を CN1 の -15 V ピンに、GND を CN1 の GND ピンに接続します。同様に、+6 V を CN2 に接続します。電源をオンにしてから SDP ボードの USB ケーブルを PC の USB ポートに接続します。

注意：EVAL-CN0229-SDPZ の DC 電源をオンにする前に 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。

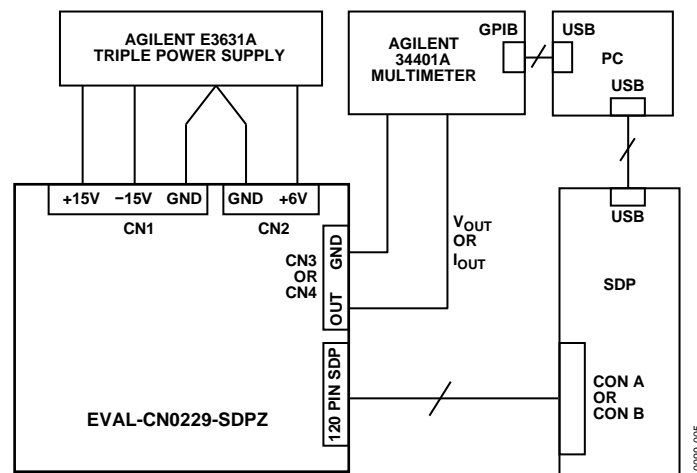


図 5. テスト・セットアップの機能ブロック図

表 2. EVAL-CN0229-SDPZ のジャンパの設定 (太字の値はデフォルト設定)

ジャンパ ¹	説明	設定	機能
JP1_[CH]	VSENSE+ の設定	短絡	チャンネル[CH]の内部で VSENSE+ を VOUT に短絡する。
		開放	チャンネル[CH]の内部で VSENSE+ は VOUT に接続されない。
JP2_[CH]	VSENSE- の設定	短絡	チャンネル[CH]の内部で VSENSE- を GND に短絡する。
		開放	チャンネル[CH]の内部で VSENSE- は GND に接続されない。
JP3_[CH]	VOUT ピンと IOUT ピンを短絡	短絡	チャンネル[CH]の VOUT と IOUT を一緒に短絡する。
		開放	チャンネル[CH]の内部で VOUT と IOUT は一緒に接続されない。
JP4_[CH]	外付け補償コンデンサを設定	短絡	チャンネル[CH]の 1 nF 補償コンデンサを回路に加える。
		開放	チャンネル[CH]の 1 nF 補償コンデンサを回路から外す。

1. 注：[CH] = 1, 2, 3, または 4.

テスト

テスト装置をセットアップした後、CN3のVOUTピンまたはCN4のIOUTピンをAgilent 34401Aの入力に接続します。

異なる入力信号のタイプ（電流または電圧）に従って、Agilent 34401Aのフロントパネルのケーブル接続が正しいことを確認します。AD5686R 16ビットDACのレベルをすべて設定し、それぞれAgilent 34401Aによって測定する必要があるため、INL、DNLおよび出力誤差のテストにはかなりの時間がかかります。

CDで提供されるソフトウェアを使って、PCでDACのコードを設定することができます。コードを逐次実行してデータを解析するには、自動テスト・プログラムが必要です。自動テスト・プログラムはCDでは提供されないため、テスト・セットアップに使われている特定のマルチメータの要件に従って実装する必要があります。

図5に示されているテスト構成では、Agilent 34401AマルチメータのGPIB出力は、National Instruments社製GPIB-USB-Bインターフェースとケーブルを使って、PCの2番目のUSBポートと接続しています。これにより、各コードに対応するマルチメータの測定値をPCのエクセルの表に取り込むことができます。次に、業界標準の定義を使って、INL、DNLおよび出力誤差について、データ解析を行います。

INL、DNL、および出力誤差の定義および測定データからの計算方法の詳細に関しては、AD5686Rデータシートの「用語の説明」と *Data Conversion Handbook, "Testing Data Converters," Chapter 5, Analog Devices* を参照してください。

さらに詳しい資料

CN-0229 Design Support Package :

<http://www.analog.com/CN0229-DesignSupport>

Slattery, Colm, Derrick Hartmann, and Li Ke, "PLC Evaluation Board Simplifies Design of Industrial Process Control Systems." *Analog Dialogue* (April 2009).

CN-0202 Circuit Note, Flexible High Accuracy, Low Drift, PLC/DCS Analog Output Module.

CN-0203 Circuit Note, Flexible PLC/DCS Analog Output Module Using Only Two Analog Components.

CN-0204 Circuit Note : 柔軟な構成が可能、高電圧、高精度、低ドリフト PLC/DCS 用アナログ出力モジュール

CN-0063 Circuit Note, 16-Bit Fully Isolated Voltage Output Module Using the AD5662 DAC, ADuM1401 Digital Isolator, and External Amplifiers, Analog Devices.

CN-0064 Circuit Note : D/A コンバータ AD5662、デジタル・アイソレータ ADuM1401、外部アンプを使用した、完全絶縁の16ビット、4 mA ~ 20 mA 出力モジュール

CN-0065 Circuit Note, 16-Bit Fully Isolated Output Module Using the AD5422 Single Chip Voltage and Current Output DAC and the ADuM1401 Digital Isolator, Analog Devices.

CN-0066 Circuit Note, Fully Isolated Input Module Based on the AD7793 24-Bit Σ - Δ ADC and the ADuM5401 Digital Isolator, Analog Devices.

CN-0067 Circuit Note, Fully Isolated Input Module Based on the AD7793 24-Bit Σ - Δ ADC, the ADuM5401 Digital Isolator, and a High Performance In-Amp, Analog Devices.

CN-0097 Circuit Note, Simplified 12-Bit Voltage and 4 mA-to-20 mA Output Solution Using the AD5412, Analog Devices.

CN-0209 Circuit Note : プロセス・コントロール・アプリケーション用フル・プログラマブル・ユニバーサル・アナログ・フロントエンド

AN-0971 : isoPower デバイスでの EMI 放射制御についての推奨事項

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

MT-101 Tutorial : Decoupling Techniques, Analog Devices.

Walt Kester, *Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning*, Analog Devices, 1999, ISBN 0-916550-20-6

Walt Kester, *Data Conversion Handbook*, Chapter 5, Analog Devices.

データシートと評価ボード

CN-0229 評価用ボード (EVAL-CN0229-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)

AD5750-2 データシートと評価ボード

AD5686R データシートと評価ボード

ADuM5400 データシートと評価ボード

ADuM1301 データシートと評価ボード

改訂履歴

4/12—Rev. 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黙的許可、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黙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、暗黙的、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。