



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。詳しい情報や支援については [www.analog.com/jp/CN0204](http://www.analog.com/jp/CN0204) をご覧ください。

### 接続/参考にしたデバイス

AD5751	出力範囲が設定可能な高電圧工業用電流/電圧出力ドライバ
AD5662	16ビット nanoDAC®D/A コンバータ、SOT-23
ADR444	電流シンク/ソース機能付き、超低ノイズ、4.096V LDO XFET 電圧リファレンス
ADuM5401	DC/DC コンバータ内蔵、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

## 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

### 評価と設計支援

#### 回路評価ボード

- CN-0204 回路評価ボード (EVAL-CN0204-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、レイアウト・ファイル、BOM

### 回路の機能とその利点

図1に示した回路はフル機能、高電圧（44Vまで）、柔軟性があり、アナログ出力がプログラム可能で、プログラマブル・ロジック・コントローラ(PLC)や分散制御システム(DCS)のアプリケーションに必要なほとんどの要求を満足します。

低消費電力(0.75 mW typ @ 5V)、レールtoレール出力、16ビット nanoDAC®デバイスのAD5662と工業用電流/電圧出力ドライバAD5751はリファレンス電圧と共に入力/出力電圧範囲の条件に関して良くマッチングしています。

低ドリフト(Bグレードで3 ppm/°C max)、高初期精度 (Bグレードで0.04% max)、低ノイズ (1.8 μV p-p typ、0.1 Hz to 10 Hz)のADR444がAD5751とAD5662両方のリファレンス電圧を提供しており、回路の超低ノイズ、高精度、低温度ドリフトを保証しています。

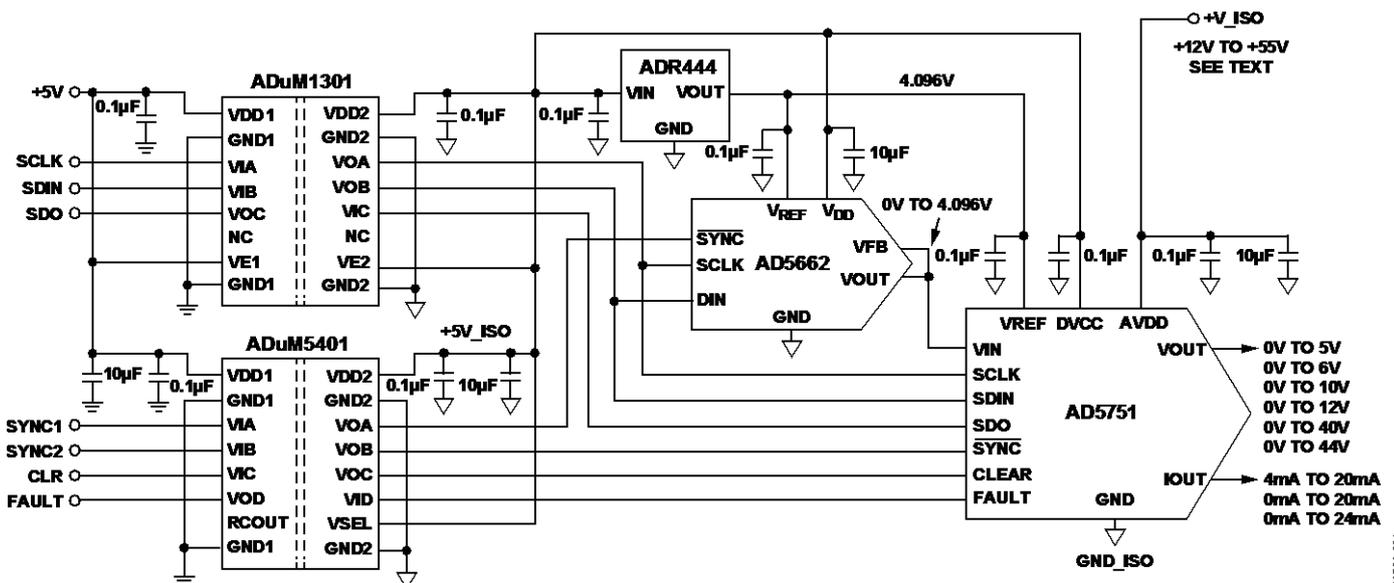


図1. 1チャンネルの基本的なアナログ出力回路 (簡略化した回路、全ての接続や保護回路は示されていません)

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。

©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

この回路は 16 ビット分解能、0.05%リニアリティ、総合出力誤差 0.2%以下のすべての標準的な電圧出力範囲と電流出力範囲を提供します。

ADuM1301 と ADuM5401 はマイクロコントローラとアナログ信号チェーン間のすべての必要な信号絶縁を行います。

ADuM5401 は絶縁された 5 V 電源も供給します。

回路はまた内蔵出力故障検出、パケット・エラー(PEC)を防ぐ CRC 検査、柔軟性のあるパワーアップ・オプションのような工業用アプリケーションに必要な特徴を含んでいるので、堅牢な工業用コントロール・システムに理想的な選択になります。量産時に一貫した性能を維持するための外付け高精度抵抗あるいは調整ルーチンは必要ないので PLC 又は DCS モジュールに理想的です。

## 回路説明

AD5751 は 1 チャンネル、低価格、高精度電圧/電流出力ドライバで、工業用プロセス制御アプリケーションの条件を満たすために開発されました。AD5751 の動作は 10.8 V ~ 55 V の電源範囲で規定されており、電圧出力は 44 V まで可能です。電圧出力範囲は PLC や DCS アプリケーション向けに標準出力範囲と 20%オーバーレンジ設定をプログラムできます：0 V ~ 5 V、0 V ~ 10 V、0 V ~ 6 V、0 V ~ 12 V。さらに 2 つの高電圧出力範囲 0 V ~ 40 V と 0 V ~ 44 V もあります。

(別ピンから出力する) 電流出力は標準範囲 4 mA ~ 20 mA、0 mA ~ 20 mA、0 mA ~ 24 mA でプログラム可能です。2%のオーバーレンジ設定もあり、3.92 mA ~ 20.4 mA、0 mA ~ 20.4 mA、0 mA ~ 24.5 mA がプログラム可能です。電圧ピンと電流ピンを接続して必要に応じてエンド・システムを 1 チャンネル出力構成にすることができます。

AD5662 は 1 チャンネル、低価格、低消費電力、レール to レール電圧バッファ出力の nanoDAC デバイスです。AD5662 は 0.75 V ~  $V_{DD}$  電源電圧までの広範囲のリファレンス電圧で  $\pm 1$  LSB の DNL を保証しています。図 1 の回路で AD5751 と AD5662 は ADR444 から供給する共通のリファレンス・ソース 4.096 V で動作します。システム全体は ADR444 の超低ノイズと低温度係数の利点がある有効に働いています。リファレンス ADR44x ファミリーは出力電流が深紅、ソースとも可能なのでコンバータのリファレンス又は電源入力の駆動に理想的です。AD5662 はパワーオン・リセット回路を内蔵しているので、パワーアップ時に DAC 出力を中間点又はゼロにして、有効な書き込みがあるまでこの出力状態を維持します。

ADuM1301 は 3 チャンネル・デジタル・アイソレータです。ADuM5401 は、isoPower® (絶縁型 DC/DC コンバータ) を内蔵した 4 チャンネル・デジタル・アイソレータで、2 つとも iCoupler® 技術を採用しています。これらは、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、2.5kVrms の絶縁定格で、絶縁するために使われています。ADuM5401 は 2 次側の全回路に絶縁された 5V 電源を供給します。

デジタル電源とアナログ電源は分離配線し、フェライト・ビーズで接続する必要があります。各々の電源は、0.1 uF のセラミック・コンデンサと並列接続した 10 uF によって十分にデカップリングされます。詳細については [CN0204 Design Support package](#) の回路を参照してください。

PLC、DCS のアプリケーションに使用するデバイスには一般的に定格で推奨される仕様よりはるかに高い ESD 保護や過電圧保護が必要です。AD5751 は各ピン内部に過度信号による破損を防ぐための ESD 保護ダイオードを内蔵しています。しかし、工業用制御環境ではかなり高い過度信号が I/O 回路にかかる可能性があります。EVAL-CN0204-SDPZ にはより高い電圧 ESD 保護、50 mA 過電流保護、64 V 過電圧保護を提供するために、外部 64 V、1500 W 過度電圧サプレッサ(TVS)；50 mA、30 V ポリスイッチ；電源ショットキ・ダイオードが組み込まれています。オプションの外部保護回路は図 1 の簡略化された回路には示されてはいませんが [CN0204Design Support package](#) の詳細回路(EVAL-CN0204-SDPZ-SCH pdf file)の中で確認できます。 [www.analog.com/CN0204-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0204-DesignSupport)。

この回路は、大きな面積のグラウンド・プレーンを持った多層 PC 基板に構築する必要があります。適正な性能を達成するには正しいレイアウト、グランディング、デカップリング技術が必要です。(Tutorial MT-031, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND,"* と Tutorial MT-101, *Decoupling Techniques* を参照してください)。

## 計測

積分非直線性 (INL)、微分非直線性(DNL)、出力誤差は PLC、DCS、その他のプロセス・コントロール・システムでもっとも重要な仕様です。AD5751 は柔軟な構成が可能で、出力範囲が変更可能なので、アプリケーションのニーズを満足するように設定できます。回路の INL、DNL、出力誤差の測定結果をそれぞれ図 2、図 3、図 4 に示します。このデータは 25°C にて内部電流検出抵抗を使用し、電圧出力モードでとられました。AD5751 の範囲を 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 にリストアップします。

表 1 に示したテスト結果は 25°C で、アジレント E3631A DC 電源から電源を供給された基板 [EVAL-CN0204-SDPZ](#) を使用し、アジレント 34401A デジタル・マルチメータで測定しました。

出力範囲 0 mA ~ 20.4 mA と 0 mA ~ 24.5 mA は両方とも 0 mA ~ 20 mA と 0 mA ~ 24 mA の範囲に精度よく一致するようにユーザーが調整できるように設計されている事に注目してください。範囲 0 mA ~ 20.4 mA の 1.70% FSR 出力誤差測定値にはユーザーの調整で取り除けるゲインエラーが含まれています。

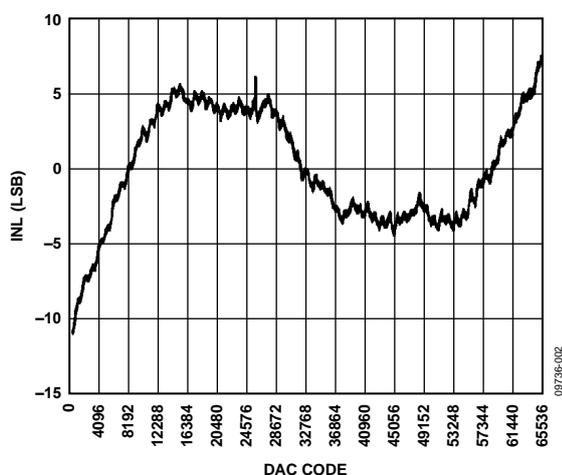


図 2. 出力範囲 0V~5 V の INL

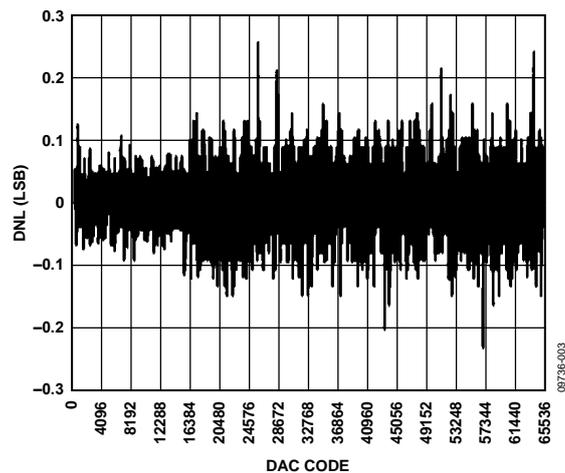


図 3. 出力範囲 0V~5 V の DNL

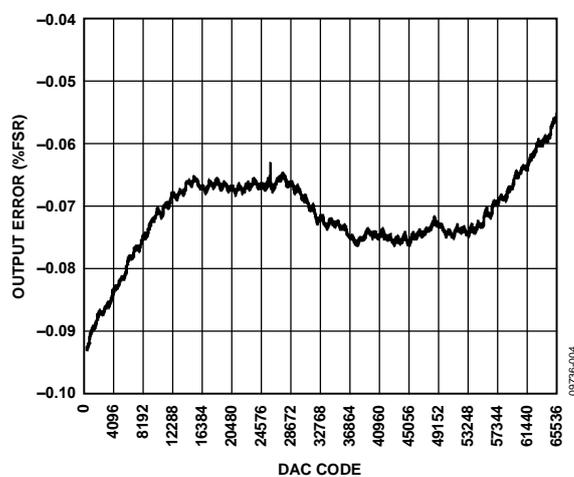


図 4. 出力範囲 0V~5 V の出力誤差

表 1 すべての出力範囲のテスト結果

範囲	電流検出用抵抗	INL (LSB)	リニアリティ(%FSR)	出力誤差(%FSR)
0 V~5 V	Don't Care	10.8	0.017	0.09
0 V~10 V	Don't Care	9.9	0.015	0.08
0 V~6 V	Don't Care	10.5	0.016	0.09
0 V~12 V	Don't Care	9.2	0.014	0.08
0 V~40 V	Don't Care	10.1	0.015	0.06
0 V~44 V	Don't Care	9.5	0.015	0.20
4 mA~20 mA	Internal	8.5	0.016	0.04
4 mA~20 mA	外付け	8.4	0.013	0.04
0 mA~20 mA	Internal	9.8	0.015	0.05
0 mA~20 mA	外付け	8.9	0.014	0.05
0 mA~24 mA	Internal	8.4	0.013	0.05
0 mA~24 mA	External	12.0	0.018	0.05
3.92 mA~20.4 mA	Internal	11.8	0.053	0.80
0 mA~20.4 mA	Internal	9.4	0.014	1.70
0 mA~24.5 mA	Internal	12.4	0.019	1.50

## バリエーション回路

この回路はドライバや DAC 製品の 1 つの実施回路を説明していますが、要求性能を達成するためにこれらの部品には各種のデバイスを選択する事ができます。0.1%精度で 12 ビット～16 ビットの分解能は PLC や DCS アプリケーションの代表的な条件になっています。16 ビット分解能を必要としないアプリケーションには、リファレンス内蔵の AD5620 (12-bit) や AD5640 (14-bit) が使用可能です。

複数チャンネルのアプリケーション向けにはデュアル *nanoDAC* デバイスの AD5623R (12 ビット)、AD5643R (14 ビット)、AD5663R (16 ビット) があり、クワッド *nanoDAC* には AD5624R (12 ビット)、AD5644R (14 ビット)、AD5664R (16 ビット) があります。

AD5750-1 と AD5750 は両方ともバイポーラ・アナログ出力ドライバで  $\pm 10$  V と  $\pm 20$  mA を出力できます。

## 回路評価とテスト

### 必要な装置 (同等の装置に変更可能)

- システム・デモ用プラットフォーム(EVAL-SDP-CB1Z)
- CN-0204 回路評価基板 (EVAL-CN0204-SDPZ)
- CN-0204 評価ソフトウェア
- 外部テスト測定装置用ソフトウェア (CD には含まれていない)
- アジレント 34401A、6.5 デジット・デジタル・マルチメータ
- アジレント E3631A、0 V ～ 6 V/5 A ;  $\pm 25$  V/1 A、トリプル出力 DC 電源
- USB インターフェースつき PC (ウインドウズ 2000 又はウインドウズ XP)
- ナショナル・インストルメント GPIB to USB-B インターフェースとケーブル

## 測定の準備

CN0204 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・ディスクを含むドライブを見つけ、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

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。pdf ファイル"EVAL-CN0204-SDPZ-SCH"は CN0204 評価基板の詳細回路図を含みます。このファイルは、CN0204 Design Support Package に含まれています：

[www.analog.com/CN0204-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0204-DesignSupport).

## セットアップ

回路基板 EVAL-CN0204-SDPZ の 120 ピン・コネクタを評価 (SDP) 基板 (EVAL-SDP-CB1Z) の "CON A" 又は評価 (SDP) 基板 EVAL-SDP-CB1Z の "CON B" 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ハードウェア (接続用スタッド) を使用する必要があります。DC 出力電源を +25 V、-25 V、+6 V の出力に設定した後、電源をオフにしてください。

アジレント E3631A 電源には  $\pm 25$  V/1 A と 6 V/5 A の出力チャンネルがあります。 $\pm 25$  V/1 A と 6 V/5 A は互いに絶縁されています。従って、 $\pm 25$  V/1 A は回路に対して +50 V 電源として使用することができます。6 V/5 A 電源の "-" 端子と  $\pm 25$  V/1 A 電源の "COM" 端子との間は外部的な接続がないようにする必要があります。

電源をオフにして、+25 V 電源を "12~50VIN," と表示された CN3 ピンに接続してください、そして -25 V 電源を "GND\_ISO." と表示された CN3 ピンに接続してください。 $\pm 25$  V/1 A の "COM" を未接続のままにしてください。+6 V を同じように CN2 に接続してください。

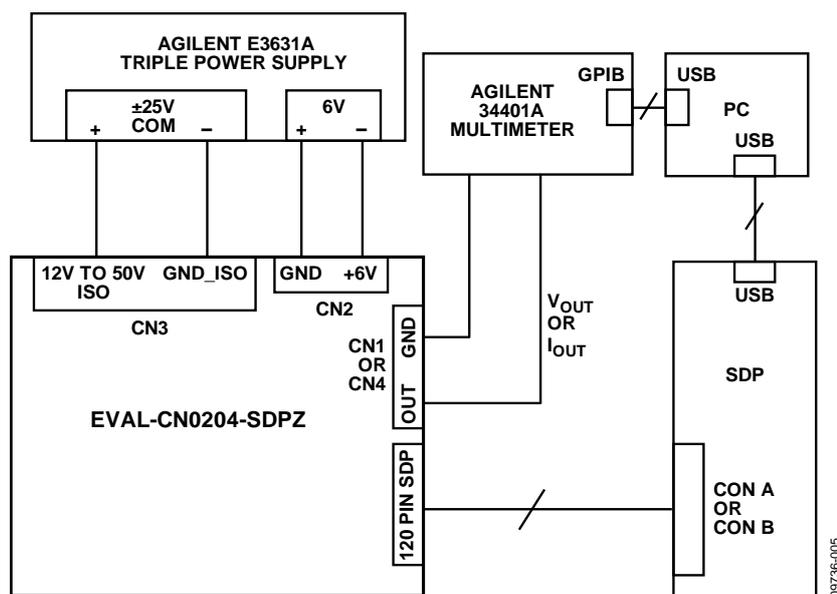


図 5. テスト・セットアップ機能ブロック図

表 2. EVAL-CN0204-SDPZ のジャンパ設定 (太字はデフォルト設定)

ジャンパ	説明	設定	機能
JP1	AD5751 のアドレスを設定する	Pin1 を Pin2 に短絡	AD5751 のアドレス: b'001
		<b>Pin3 を Pin2 に短絡</b>	<b>AD5751 のアドレス: b'000</b>
JP2	外付け補正容量を設定する	短絡	1 nF 補正容量を追加
		<b>開放</b>	<b>1 nF 補正容量を取り除く</b>
JP3	VSENSE+ の設定	短絡	<b>VSENSE+ を VOUT と内部的に短絡</b>
		開放	VSENSE+ は VOUT と内部的に未接続
JP4	AD5751 の CLEAR モードを設定する	短絡	ミッド・スケールにクリア
		<b>開放</b>	<b>ゼロ・スケールにクリア</b>
JP5	VOUT ピンと IOUT ピンを短絡する	短絡	VOUT ピンと IOUT ピンを一緒に短絡する。
		<b>開放</b>	<b>VOUT と IOUT は内部的に未接続</b>

電源を投入した後に SDP 基板に備わっている USB ケーブルを PC の USB ポートに接続してください。注:EVAL-CN0204-SDPZ の DC 電源を投入する前に USB ケーブルを SDP 基板上のミニ USB コネクタに接続しないでください。

### テスト

テスト装置をセットアップした後、“VOUT”と表示された CN4 のピン又は“IOUT”と表示された CN1 のピンをアジレント 34401A の入力に接続してください。アジレント 34401A の前面パネルのケーブル接続が、異なる入力信号タイプ（電流又は電圧）に対して正しいかどうかを確認してください。INL, DNL、総合誤差のテストにはかなりの時間がかかります。なぜなら AD5662 の 16 ビット DAC レベルがすべてセットされ 34401A で測定されなければならないからです。

ソフトウェアは CD で提供されるのでこれを使って、PC で DAC コードを設定することができます。コードを変化させてデータを解析するためには自動テスト・プログラムが必要です。自動テスト・プログラムは CD で提供されません。テスト・セットアップで使用する特定のマルチメータの要求に対応するにはユーザーがこれを行う必要があります。

図 5 に示すテスト・システムのマルチメータ 34401A の GPIB 出力はナショナル・インストルメントの GPIB to 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 USB と通信します。これにより各コードに対応したマルチメータの測定値が PC のエクセル・スプレッドシートにロードされます。次に業界標準の定義を使ってデータが INL, DNL、総合誤差について解析されます。

定義と測定データから INL, DNL、総合誤差を計算する方法についての詳細は AD5662 のデータシート“TERMINOLOGY”セクションと次の資料を参照してください：[Data Conversion Handbook](#), “Testing Data Converters,” Chapter 5, Analog Devices.

### さらに詳しくは

CN-0204 Design Support Package:

[www.analog.com/CN0204-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0204-DesignSupport)

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

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, *16-Bit Fully Isolated 4 mA to 20 mA Output Module Using the AD5662 DAC, ADuM1401 Digital Isolator, and External Amplifiers*, Analog Devices.

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  $\Sigma$ - $\Delta$  ADC and the ADuM5401 Digital Isolator*, Analog Devices.

CN-0067 Circuit Note, *Fully Isolated Input Module Based on the AD7793 24-Bit  $\Sigma$ - $\Delta$  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, *Fully Programmable Universal Analog Front End for Process Control Applications*, Analog Devices.

AN-0971 Application Note, *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.

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

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

## データシートと評価ボード

CN-0204 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0204-SDPZ)

システム・デモンストレーション・プラットフォーム

AD5751 データシート/評価ボード

AD5662 データシート/評価ボード

## REVISION HISTORY

10/11—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。

©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved. 商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。