

Circuits from the Lab™ Reference Circuits 実用回路集

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/CN0202 をご覧ください。

接続／参考にしたデバイス

AD5750	産業用電流／電圧出力ドライバ、プログラマブル・レンジ
AD5662	16ビット nanoDAC® D/A コンバータ、SOT-23
ADR444	超低ノイズ 4.096V LDO XFET 電圧リファレンス、電流シンク／ソース機能付き

フレキシブル、高精度、低ドリフトの PLC/DCS アナログ出力モジュール

評価と設計支援

回路評価用ボード

CN-0202 回路評価用ボード ([EVAL-CN0202-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](#)

回路機能とその利点

図1の回路は、プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) / 分散制御システム (DCS) アプリケーションの大部分の条件を満たす全機能型の柔軟なプログラマブル・アナログ出力ソリューションです。低消費電力 (0.75 mW @ 5 V)、レールtoレール出力、16ビット nanoDAC® コンバータ AD5662 と産業用電流／電圧出力ドライバ AD5750 は、入力／出力電圧範囲やリファレンス電圧条件の面で互いに極めて相性のよいデバイスです。ADR444は低

ドリフト (Bグレード: 最大3 ppm/°C)、高初期精度 (Bグレード: 最大0.04%)、低ノイズ (1.8 μV p-p (typ)、0.1~10 Hz) といった特性を備えており、AD5750とAD5662の両方のリファレンス電圧となり、回路の超低ノイズ、高精度、低温度ドリフトを保証します。この回路はすべての代表的な電圧／電流出力範囲に対応しており、16ビット分解能、ノー・ミッシング・コード、0.05%の直線性、0.2%未満の総合出力誤差を実現します。

この回路は、オンチップの出力故障検出および保護機能 (短絡、アンダー電圧出力、開回路電流出力、過大温度に対応)、パケット・エラー (PEC) を防ぐCRCチェック、柔軟なパワーアップ・オプションなど、産業用アプリケーション向けの重要な機能も備えているため、堅牢な産業用制御システムに最適です。大量生産で一貫した性能を維持するために外付けの高精度抵抗やキャリブレーション・ルーチンを使用する必要はなく、PLCやDCSに理想的な回路です。

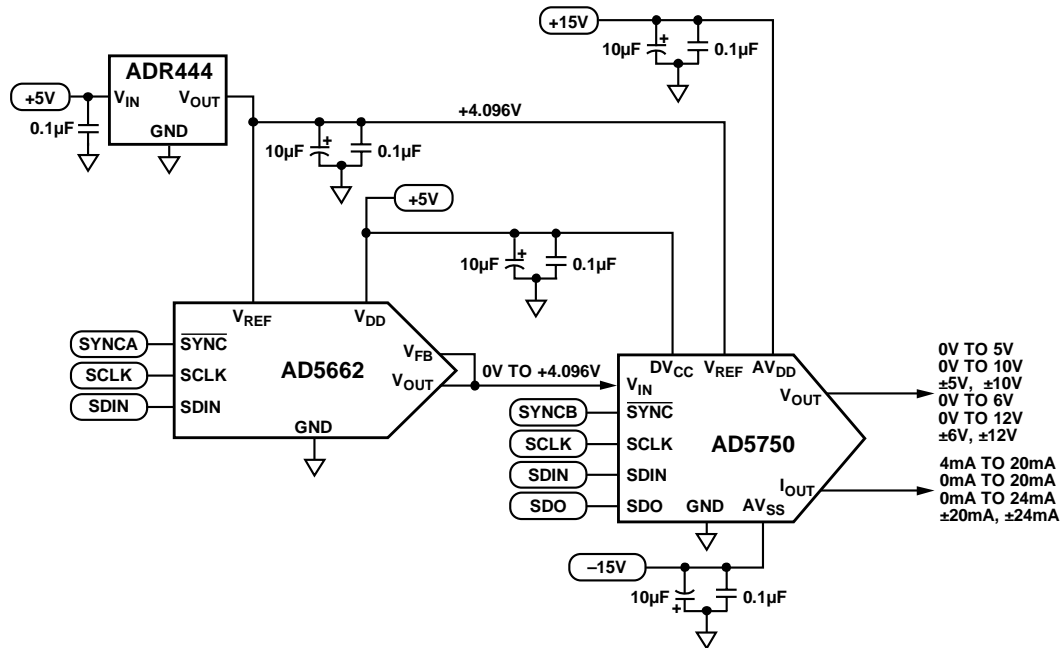


図1. シングル・チャンネル用の基本的なアナログ出力回路 (簡略回路図: すべての接続および保護回路を示していません)

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.

回路の説明

AD5750/AD5750-1 はいずれもシングル・チャンネル、低価格、高精度の電圧／電流出力ドライバであり、産業用プロセス制御アプリケーションの条件を満たしています。電圧出力範囲は、PLC や DCS アプリケーション向けの標準出力範囲 0～5 V、0～10 V、-5～+5 V、-10～+10 V に設定できます。さらに、20% オーバーレンジ設定を選べば、標準範囲として 0～6 V、0～12 V、-6～+6 V、-12～+12 V が可能です。

電流出力（別のピンを使用）は、4～20 mA、0～20 mA、-20～+20 mA、0～24 mA、-24～+24 mA の範囲に設定できます。ユニポーラ・レンジには、2%のオーバーレンジ設定があります。AD5750/AD5750-1 の電流出力は電流をソースまたはシンクできるため、多種多様なセンサーまたはアクチュエータに接続できます。エンド・システムをシングル・チャンネル出力にしたい場合は、電圧出力ピンと電流出力ピンを相互に接続します。

AD5662 はシングル・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付き出力の 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±1 LSB の DNL を保証しているため、AD5750 と AD5662 は ADR444 の共通の 4.096 V リファレンス・ソースで動作します。ADR444 の超低ノイズと低温度係数が、システム全体をさらに改善します。ADR44x リファレンス・ファミリーは電流をシンク／ソースできるため、コンバータのリファレンスまたは電源入力 of 駆動に最適です。AD5662 はパワーオン・リセット回路を内蔵しているため、パワーアップ時に DAC 出力をミッドスケールまたはゼロにして、有効な書き込みがあるまでこの出力状態を維持します。

PLC、DCS アプリケーション向けのデバイスは、一般に定格の推奨仕様をはるかに上回る ESD 保護や過電圧保護が必要です。AD5750 は、各ピン内部に 3 kV（人体モデル）の過渡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、産業用制御環境では I/O 回路にかなり高い過渡信号がかかる可能性があります。もっと高い電圧 ESD 保護、50 mA 過電流保護、30 V 過電圧保護を提供するために、EVAL-CN0202-SDPZ 回路ボードには外部 30 V、600 W 過電圧サプレッサ（TVS）、50 mA、30 V ポリスイッチ、電源ショットキー・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 の簡略回路には示されていませんが、CN0202 設計支援パッケージ（www.analog.com/CN0202-DesignSupport）の詳細回路（EVAL-CN0202-SDPZ-SCH pdf ファイル）で確認できます。

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 ボードに構築する必要があります。最適な性能を実現するには正しいレイアウト、グラウンディング、デカップリングの技術が必要です。（MT-031 チュートリアル「[Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"](#)」と MT-101 チュートリアル「[Decoupling Techniques](#)」を参照）。

計測

積分非直線性（INL）、微分非直線性（DNL）、出力誤差は PLC、DCS、その他のプロセス制御システムで最も重要な仕様です。AD5750 は柔軟性の高い、設定可能な出力範囲を備えているため、アプリケーションのニーズに合うようにその範囲を調整できます。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、0～5 V の電圧出力モード時に 25 で得られたものです。ほかの範囲のテスト結果は表 1 に示します。

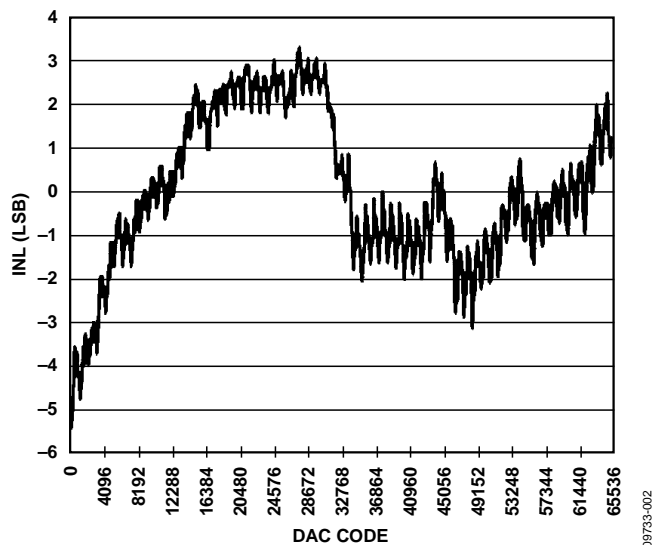


図 2. 0～5 V 出力範囲の INL

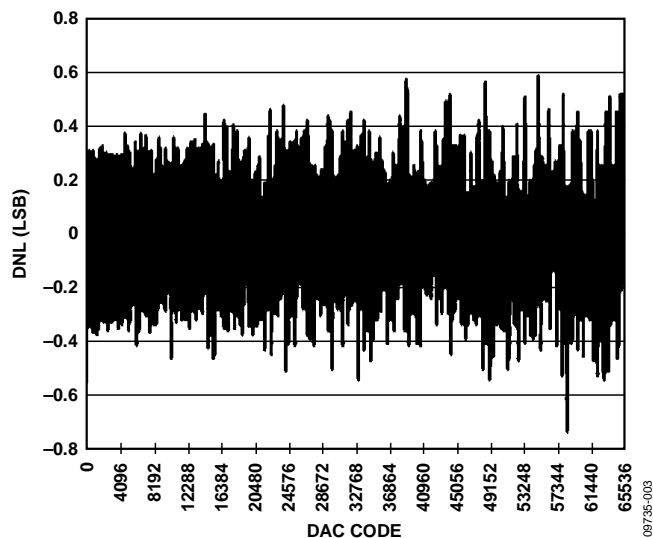


図 3. 0～5 V 出力範囲の DNL

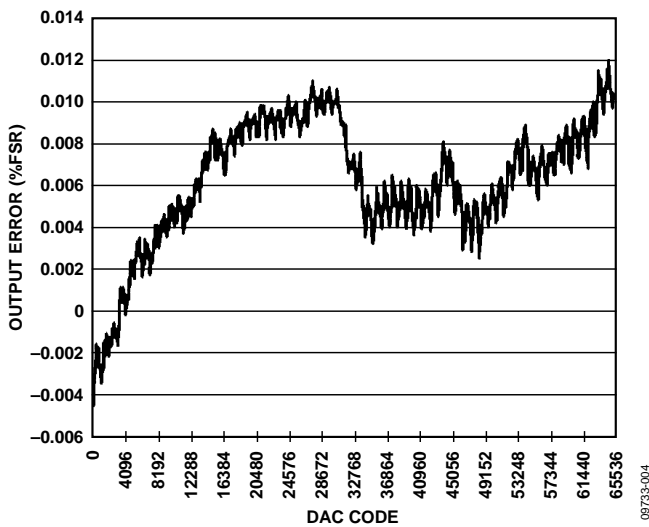


図 4. 0~5 V 出力範囲の出力誤差

表 1 のテスト結果は、25°C の温度環境で、Agilent E3631A DC 電源によって電力を供給した EVAL-CN0202-SDPZ ボードを使って Agilent 34401A デジタル・マルチメータにより測定しました。

出力範囲 0~20.4 mA と 0~24.5 mA は両方とも、正確に 0~20 mA と 0~24 mA の範囲に一致するように調整することができます。0~20.4 mA 範囲の 1.54% FSR 出力誤差測定値にはゲイン誤差が含まれていますが、これはキャリブレーションによって取り除いてください。

表 1. 全出力範囲のテスト結果

Range	Current Sense Resistor	INL (LSB)	Linearity (%FSR)	Output Error (%FSR)
0 V to 5 V	Don't care	3.5	0.009	0.02
0 V to 10 V	Don't care	3.3	0.007	0.03
-5 V to +5 V	Don't care	3.6	0.008	0.13
-10 V to +10 V	Don't care	3.5	0.008	0.12
0 V to 6 V	Don't care	3.6	0.008	0.03
0 V to 12 V	Don't care	5.3	0.008	0.09
-6 V to +6 V	Don't care	3.3	0.008	0.15
-12 V to +12 V	Don't care	3.3	0.008	0.15
-2.5 V to +2.5 V	Don't care	3.6	0.008	0.13
4 mA to 20 mA	Internal	4.1	0.008	0.10
4 mA to 20 mA	External	4.1	0.010	0.08
0 mA to 20 mA	Internal	3.7	0.008	0.05
0 mA to 20 mA	External	4.9	0.011	0.03
0 mA to 24 mA	Internal	3.7	0.009	0.04
0 mA to 24 mA	External	4.7	0.012	0.03
-20 mA to +20 mA	Internal	4.1	0.006	0.14
-20 mA to +20 mA	External	3.7	0.006	0.12
-24 mA to +24 mA	Internal	3.9	0.006	0.14
-24 mA to +24 mA	External	3.3	0.005	0.12
3.92 mA to +20.4 mA	Internal	4.4	0.010	0.20
0 mA to +20.4 mA	Internal	3.6	0.008	1.54
0 mA to +24.5 mA	Internal	5.1	0.008	1.43

バリエーション回路

この回路はドライバや DAC 製品ファミリーの 1 つの実装例ですが、これに基づいてさまざまなデバイスを選択して必要な性能を実現することができます。12~16 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 ビット) や **AD5640** (14 ビット) を使用できます。

マルチ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)、それにクワッド nanoDAC の **AD5624R** (12 ビット)、**AD5644R** (14 ビット)、**AD5664R** (16 ビット) があります。

AD5750-1 ドライバは AD5750 とピン互換であり、1.25 V リファレンスで使用するときは 0~2.5 V の入力範囲を入力することができます。**AD5751** はユニポーラ・アナログ出力ドライバであり、50 V AVDD 電源を使って 40 V 出力を供給できます。

回路評価とテスト

必要な装置 (同等装置の代用が可能です)

- システム・デモ用プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)
- CN-0202 回路評価用ボード (EVAL-CN0202-SDPZ)
- CN-0202 評価用ソフトウェア
- 外部テスト計測装置を制御するソフトウェア (CD には未収録)
- Agilent 34401A, 6.5 桁デジタル・マルチメータ
- Agilent E3631A 0~6 V/5 A、±25 V/1 A トリプル出力 DC 電源
- PC (Windows® 2000 または Windows XP)、USB インターフェース付き
- National Instruments GPIB-USB-B インターフェースおよびケーブル

測定の準備

CN0202 評価用ソフトウェア・ディスクを PC の CD ドライブに挿入して、評価用ソフトウェアをロードします。「マイコンピュータ」から評価用ソフトウェアのディスクがあるドライブを探し、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 に、CN0202 評価用ボードの詳細な回路図があります。このファイルは、CN0202 設計支援パッケージ (www.analog.com/CN0202-DesignSupport) に含まれていません。

セットアップ

回路ボード EVAL-CN0202-SDPZ の 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z SDP 評価用ボードの CON A 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利用して 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する必要があります。DC 出力電源を +15 V、-15 V、+6 V の出力に設定してから、電源をオフにしてください。

電源をオフにして、+15 V 電源を「+15 V」と記された CN1 ピンに、-15 V 電源を「-15 V」と記された CN1 ピンに、さらに GND を「GND」と記された CN1 ピンに接続します。同様に、+6 V を CN2 に接続します。次に電源をオンにし、SDP ボードの USB ケーブルを PC の USB ポートに接続します。注：USB コネクタを SDP ボードのミニ USB コネクタに接続して、EVAL-CN0202-SDPZ の DC 電源をオンにしないでください。

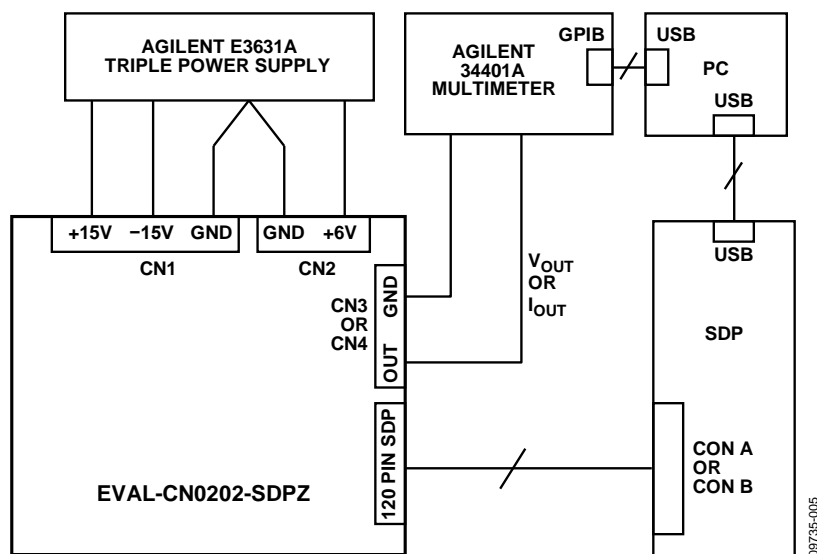


図 5. テスト・セットアップ機能ブロック図

表 2. EVAL-CN0202-SDPZ のジャンパ設定 (太字はデフォルト設定)

Jumper	Descriptions	Setting	Function
JP1	Sets the address of AD5750	Shorting Pin1 with Pin2	Address of AD5750 : b'001
		Shorting Pin3 with Pin2	Address of AD5750 : b'000
JP2	Sets the external compensation capacitor	Shorting	Adding 1 nF Compensation Capacitor
		Opening	Removing 1 nF Compensation Capacitor
JP3	VSENSE+ Setting	Shorting	Shorting VSENSE+ with VOUT internally
		Opening	VSENSE+ has no connection with VOUT internally
JP4	VSENSE- Setting	Shorting	Shorting VSENSE- with GND internally
		Opening	VSENSE- has no connection with GND internally
JP5	Shorts the VOUT and IOUT pins	Shorting	Shorts VOUT and IOUT together.
		Opening	VOUT and IOUT have no connection internally
JP6	Sets the CLEAR Mode for AD5750	Shorting	Clears to midscale
		Opening	Clears to zero scale

テスト

テスト装置をセットアップした後、「VOUT」と記された CN3 ピンまたは「IOUT」と記された CN4 ピンを Agilent 34401A の入力に接続します。Agilent 34401A の前面パネルのケーブル接続が、入力信号の種類 (電流または電圧) に応じ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時間がかかります。AD5660-1 の 16 ビット DAC レベルをすべてセットして、34401A で測定しなければならないからです。

CD で提供されるソフトウェアを使って、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条件に合わせて、実装してください。

図 5 に示すテスト・システムの 34401A マルチメータの GPIB 出力は、ナショナル・インストルメントの 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 ポートに接続します。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 INL、DNL、総合誤差についてデータ解析を行います。

測定データから INL、DNL、総合誤差を計算する方法と、使用する定義については、AD5662 のデータシートの「用語の説明」と次の資料を参照してください。Data Conversion Handbook, "Testing Data Converters," Chapter 5, アナログ・デバイセス

さらに詳しくは

CN-0202 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0202-DesignSupport>

Analog Dialogue 43 : PLC 評価用ボードによる産業用プロセス制御システムの容易な設計

CN-0063 回路ノート : D/A コンバータ AD5662、デジタル・アイソレータ ADuM1401 と外部アンプを使った、完全絶縁の 16 ビット電圧出力モジュール回路

CN-0064 回路ノート : D/A コンバータ AD5662、デジタル・アイソレータ ADuM1401 と外部アンプを使った、完全絶縁の 16 ビット、4mA-20mA 出力モジュール回路

CN-0065 回路ノート : シングルチップ、電圧/電流出力の D/A コンバータ AD5422 とデジタル・アイソレータ ADuM1401 を使った、完全絶縁の 16 ビット電圧出力モジュール回路

CN-0066 回路ノート : 24 ビット $\Sigma\Delta$ 型 A/D コンバータ AD7793、デジタル・アイソレータ ADuM5401 を用いた、完全絶縁の入力モジュール回路

CN-0067 回路ノート : 24 ビット $\Sigma\Delta$ 型 A/D コンバータ AD7793、デジタル・アイソレータ ADuM5401 と高性能計装アンプを用いた、完全絶縁の入力モジュール回路

CN-0097 Circuit Note : Simplified 12-Bit Voltage and 4 mA-to-20 mA Output Solution Using the AD5412

CN-0209 回路ノート : 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

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

MT-101 Tutorial : [Decoupling Techniques](#)

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用ボード

CN-0202 回路評価用ボード ([EVAL-CN0202-SDPZ](#))

システム・デモ用プラットフォーム ([EVAL-SDP-CB1Z](#))

AD5750 [データシート](#) / [評価用ボード](#)

AD5662 [データシート](#) / [評価用ボード](#)

改訂履歴

9/11—Revision 0: Initial Version

「[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。