



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/CN0198> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD5755	ダイナミック消費電力制御付きの4チャンネル、16ビット、電圧出力DAC
ADP2300	700 kHzの非同期降圧レギュレータ

ダイナミック消費電力制御付き DAC に大きな過渡電流を供給する 5V レギュレータ

評価と設計サポート環境

回路評価基板

- AD5755 評価ボード (EVAL-AD5755SDZ)
- 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)
- ADP2300 評価ボード (ADP2300-EVALZ)

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、D/Aコンバータ(DAC)をベースにした、4mA~20mA出力回路のユニークな省電力ソリューションです。10Ω~1000Ωの標準的抵抗性負荷に対して十分なヘッドルーム

を確保するため、従来の4mA~20mA出力段は、少なくとも20V(プラスいくらかの追加ヘッドルーム)で動作する必要があり、大きな抵抗性負荷をドライブするための十分な電圧が供給出来なければなりません。には、しかしながら、値の小さな抵抗性負荷の場合、固定の高電圧電源は内部消費電力が大きくなるためDACの精度に影響を与える可能性があり、追加のヒートシンクが必要になることがあります。

AD5755クラウド16ビットDACは、4mA~20mA出力の実際の電圧を検出し、それに基づいてダイナミックに調整された昇圧電圧を供給する4個の独立した高効率DC/DCコンバータを内蔵しています。負荷抵抗値に関係なく、昇圧回路が出力段のヘッドルームを数ボルトに維持します。それによって、10Ω負荷に24mA出力電流が流れる場合、最大内部消費電力を約1/4に減らします。

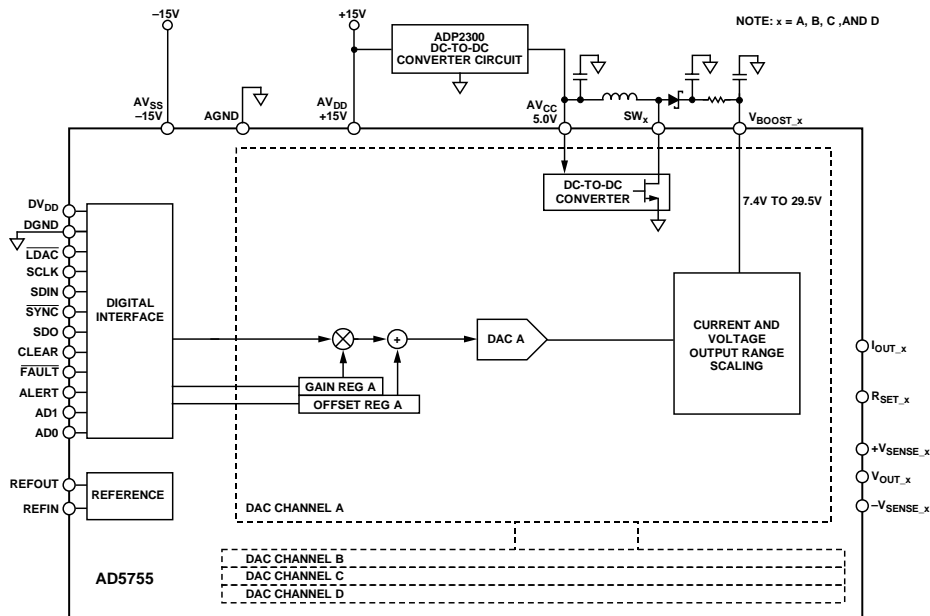


図1. 電源回路を改良した電流および電圧出力DAC (簡略回路図: 全接続の一部とデカップリングは省略されています)

アナログ・デバイス社は、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・デバイス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。

内部 DC/DC コンバータは外部 5 V 電源を必要としますが、DAC 出力がフルスケールまでスイングしても大きな電流を引き込むことができます。ADP2300 をベースにした高効率外部 DC/DC コンバータ回路が 15 V でドライブされ、この電圧を供給します。ADP2300 は 800 mA までの大きな電流ステップに対する過渡応答が優れており、昇圧コンバータの適切な動作を保証し、別の 5 V 電源を不要にします。

回路全体は±15 V 電源で動作するので、DAC は (4 mA~20 mA の出力に加えて) 工業用信号レベルの範囲である最大±10 V をカバーする電圧出力を与えることができます。必要な外付け部品数を少なく抑え、変化する負荷状態で 16 ビットの性能を保証する低価格で電力効率の高いソリューションを与えます。

回路説明

この回路は AD5755 のスルーレート制御およびダイナミック消費電力制御機能を強化して、フル機能で堅牢な DAC ソリューションを実現します。ADP2300 を使った簡単な降圧 DC/DC コンバータの実装により、この回路は、AD5755 の出力が大きく変化するのに必要な通常より高い電源電流を供給することができます。

AD5755 は、デジタル・データをアナログ電流 (たとえば、0 mA~20 mA、4 mA~24 mA、または 0 mA~24 mA) または電圧出力 (0 V~5 V、0 V~10 V、±5 V、または±10 V) へ変換する標準的 DAC のように動作します。AD5755 は-26.4 V までの拡張 AV_{SS} 電源範囲、および+33.0 V までの AV_{DD} 範囲で動作します。

消費電力制御

標準的電流制御モジュールまたはアクチュエータの設計では、負荷抵抗値は一般に 50 Ω~750 Ω の範囲で変えることができますが、10 Ω まで下げることができ、1 kΩ まで上げることができ、4 mA~20 mA 出力ドライブ段は負荷抵抗値の全範囲に対して十分なヘッドルームを与える電源電圧で動作させる必要があります。

たとえば、24 mA で 1 kΩ 負荷をドライブするとき、3 V のヘッドルームが必要だと仮定すると、27 V を上回る電源電圧が必要です。この場合、出力ドライブによるパッケージ内部の消費電力は $3\text{ V} \times 24\text{ mA} = 72\text{ mW}$ です。ただし、同じ 27 V の電源電圧で 10 Ω 負荷をドライブするとき、ドライブによる内部消費電力はおおよそ $27\text{ V} \times 24\text{ mA} = 648\text{ mW}$ になります。クワッド DAC の場合、2.5 W を超えます。

AD5755 回路は出力電圧を検出し、昇圧電源の電圧を、電源電圧要件に十分なヘッドルームを加えた電圧に動的に安定化します。24 mA の出力で 10 Ω をドライブする場合、昇圧電圧が 7.4 V のとき、内部の消費電力はわずか $7.4\text{ V} \times 24\text{ mA} = 178\text{ mW}$ です。これは、制御されない場合に比べて 1/4 に近い省電力に相当します。

5V 入力で作動する 4 個の独立した DC/DC コンバータによって、4 つの DAC 出力のそれぞれに別個の昇圧電源電圧を発生します。

DC/DC コンバータ

AD5755 は 4 個の独立した DC/DC コンバータを内蔵しています。それらはそれぞれのチャンネルの V_{BOOST_X} 電源電圧を動的に制御します。DC/DC 回路に必要なディスクリート部品を図 2 に示します。以下のセクションでこの回路の動作を説明します。

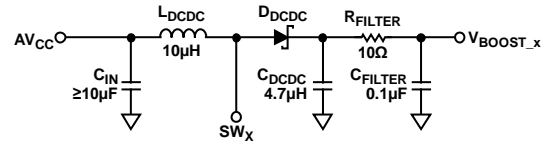


図 2. DC/DC の外部回路

C_{DCCDC} の後に 10 Ω、100 nF のローパス RC フィルタを配置することを推奨します。これは電力を少し消費しますが、V_{BOOST_X} 電源のリップルを低減します。

L_{DCCDC}、C_{DCCDC}、および D_{DCCDC} の推奨部品値を表 1 に示します。

表 1. DC/DC コンバータのディスクリート部品

記号	部品	値	メーカー
L _{DCCDC}	XAL4040-103	10 µH	Coilcraft
C _{DCCDC}	GRM32ER71H475KA88L	4.7 µF	Murata
D _{DCCDC}	PMEG3010BEA	0.38 V _F	NXP

DC/DC コンバータの動作

内蔵 DC/DC コンバータは固定周波数のピーク電流モード制御回路を使って、4.5 V の AV_{CC} 入力を 5.5 V に昇圧し、AD5755 の出力チャンネルをドライブします。これらは、デューティ・サイクルが Typ< 90% の不連続導通モード(DCM)で動作するように設計されています。

不連続導通モードは、スイッチング・サイクルのかなりの部分でインダクタ電流がゼロになる動作モードを指します。DC/DC コンバータは非同期なので、外付けのショットキー・ダイオードが必要です。

DC/DC コンバータの出力電圧

チャンネルの電流出力がイネーブルされると、コンバータは V_{BOOST_X} 電源を 7.4 V (±5%) または (I_{OUT} × R_{LOAD} + ヘッドルーム) のどちらか高い方の電圧に安定化します。ヘッドルーム電圧は約 3 V です。

出力がディスエーブルされた電圧出力モードでは、コンバータは V_{BOOST_X} 電源を +15 V (±5%) に安定化します。出力がディスエーブルされた電流出力モードでは、コンバータは V_{BOOST_X} 電源を 7.4 V (±5%) に安定化します。

チャンネル内では、V_{OUT_X} 段と I_{OUT_X} 段は V_{BOOST_X} 電源を共有するので、I_{OUT_X} 段と V_{OUT_X} 段の出力を結合することができます。

DC/DC コンバータのセトリング時間

電流出力モードにおいて、約 1 V ($I_{OUT} \times R_{LOAD}$) より大きなステップのセトリング時間は DC/DC コンバータのセトリング時間によって決まります。例外は、 I_{OUT_X} ピンに必要な電圧にコンプライアンス電圧を加えた電圧が 7.4 V ($\pm 5\%$) を下回るときです。小さな負荷のセトリング時間は高速になります。24 mA より小さな電流ステップのセトリング時間も高速になります。

DC/DC コンバータの V_{MAX} の機能性

V_{BOOST_X} の最大電圧は、DC/DC 制御レジスタで設定されます。この最大電圧に達すると、DC/DC コンバータはディスエーブルされ、 V_{BOOST_X} 電圧を約 0.4 V だけ減衰させます。電圧が減衰した後 DC/DC コンバータは再度イネーブルされ、必要に応じて、電圧は再度 V_{MAX} まで上昇します。

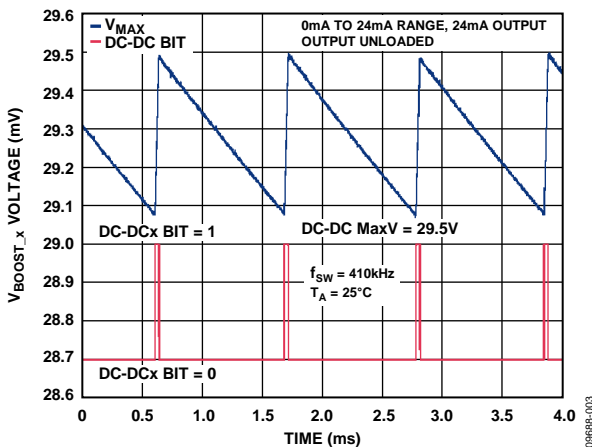


図 3. V_{MAX} の動作

図 3 に示すように、状態レジスタ内の DC-DCx ビットは、AD5755 が V_{MAX} 値まで上昇中はアサートされ、電圧が $V_{MAX} - 0.4$ V まで減衰中はデアサートされます。

AV_{CC} 電源の静的電流要件

DC/DC コンバータは次の V_{BOOST_X} 電圧を供給するように設計されています。

$$V_{BOOST} = I_{OUT} \times R_{LOAD} + \text{ヘッドルーム}$$

つまり、負荷と出力電圧を固定した場合、DC/DC コンバータの出力電流は次のように計算することができます。

$$AI_{CC} = \frac{\text{Power Out}}{\text{Efficiency} \times AV_{CC}} = \frac{I_{OUT} \times V_{BOOST}}{\eta_{V_{BOOST}} \times AV_{CC}}$$

ここで、 I_{OUT} はアンペアで表した I_{OUT_X} からの出力電流です。

$\eta_{V_{BOOST}}$ は分数で表した V_{BOOST_X} の効率です。

AV_{CC} 電源の遷移電流の要件

出力が遷移しているときは、DC/DC コンバータの出力容量を充電するため出力電力が増加します。そのため、 AI_{CC} 電流の要件は静的動作の場合より大きくなります。十分な AI_{CC} 電流が供給されないと、 AV_{CC} 電圧が低下します。このような AV_{CC} の低下により、出力遷移に必要な AI_{CC} 電流はさらに増加します。このことは、 AV_{CC} 電圧がさらに低下し、 V_{BOOST_X} 電圧、つまり出力電圧がその所定の値に決して達しない可能性があることを意味します。この AV_{CC} 電圧は全てのチャンネルに共通なので、他のチャンネルにも影響を与える可能性があります。

ADP2300 の AV_{CC} 電源

前に説明したように、AD5755 の電源電流要件を満たす簡単な 5 V レールを生成するのに ADP2300 およびいくつかのディスクリート部品が使われています。出力電圧は、図 4 に示すように、出力電圧から FB ピンに接続した抵抗分圧回路によって外部で設定されます。

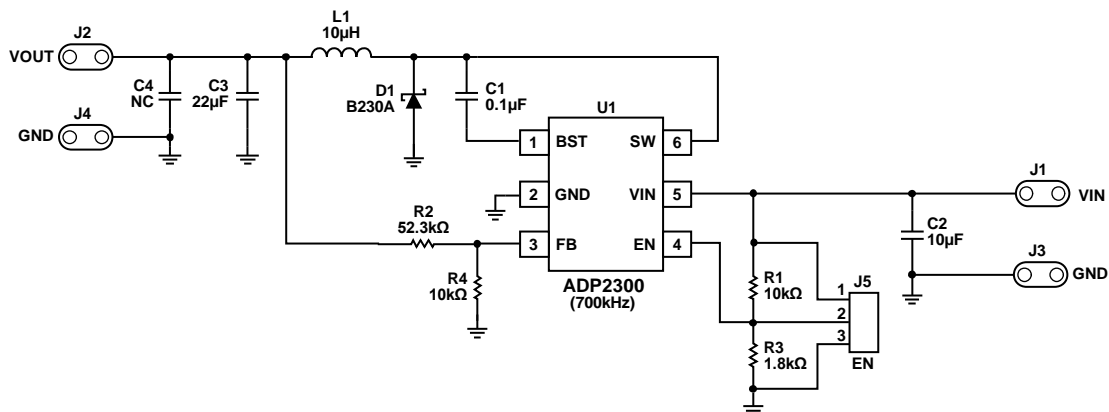


図 4. ADP2300 の標準的アプリケーション (ADP2300 評価用ボード)

テスト・データと結果

全てのテスト・データは、EVAL-AD5755SDZ ボード、EVAL-SDP-CB1Z ボード、および ADP2300-EVALZ ボードを使って得られました。ADP2300 回路を使ったシステムの積分非直線性(INL)、微分非直線性(DNL)、および総合未調整誤差(TUE)をそれぞれ図5、図6、および図7に示します。全ての測定で、AD5755 昇圧レギュレータがアクティブでした。

システムのドキュメント一式が CN0198 デザイン・サポート・パッケージに含まれています。

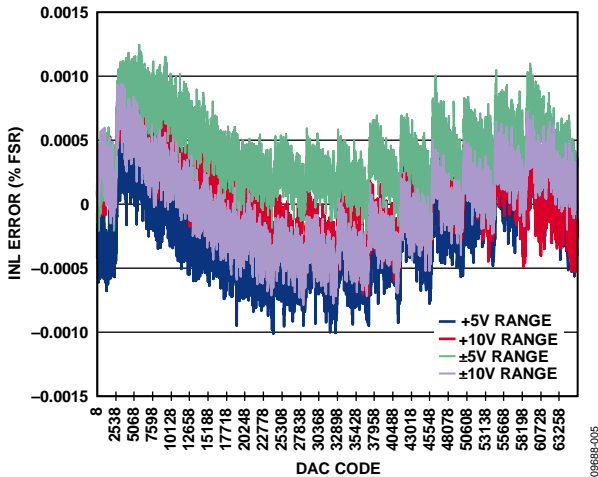


図5. 電圧出力の INL

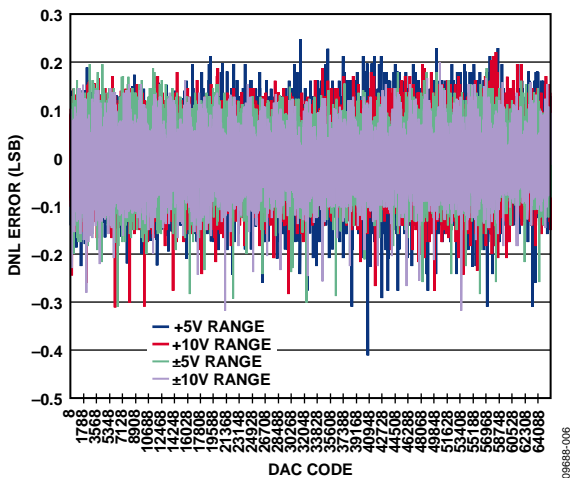


図6. 電圧出力の DNL

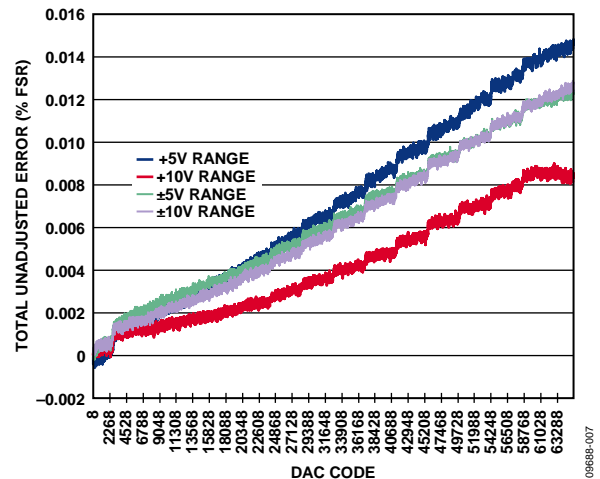


図7. 電圧出力の TUE

バリエーション回路

AD5755-1 は AD5755 に類似しています。ただし、HART 接続に対応しています。各チャンネルは、それぞれ対応する CHARTx ピンを備えており、HART 信号を AD5755-1 の電流出力に結合させることが出来ます。

回路評価とテスト

この回路には EVAL-AD5755SDZ 回路ボードと EVAL-SDP-CB1Z システム・デモンストレーション・プラットフォーム (SDP) 評価用ボードが使用されています。2 枚のボードは 120 ピンコネクタを備えているので、短時間で組み立てて回路の性能を評価することができます。

EVAL-AD5755SDZ 回路ボードには評価対象の回路が含まれており、データをキャプチャするために SDP 評価用ボードが AD5755 評価用ソフトウェアと一緒に使われています。

必要な装置

以下の装置類が必要になります：

- USB ポート付き PC および Windows® XP、Windows Vista® (32 ビット)、または Windows 7 (32 ビット)
- EVAL-AD5755SDZ 回路ボード
- EVAL-SDP-CB1Z SDP 評価用ボード
- ADP2300-EVALZ 評価用ボード
- AD5755 評価用ソフトウェア
- 電源：±15 V
- デジタル・マルチメータ (Agilent 34401A 等)
- GPIB-USB ケーブル (DAC からアナログ・データをキャプチャして PC に送信する場合にだけ必要)

評価開始にあたって

AD5755 評価用ソフトウェアの CD をセットして PC にロードします。マイコンピュータから評価用ソフトウェア CD を挿入したドライブを探し、**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、使用します。

機能ブロック図

図 8 にテスト・セットアップのブロック図を示します。

EVAL-CN0198-SDPZ-SCH-RevX.pdf ファイルには回路図が含まれています。このファイルは **CN0198 デザイン・サポート・パッケージ** に含まれています。

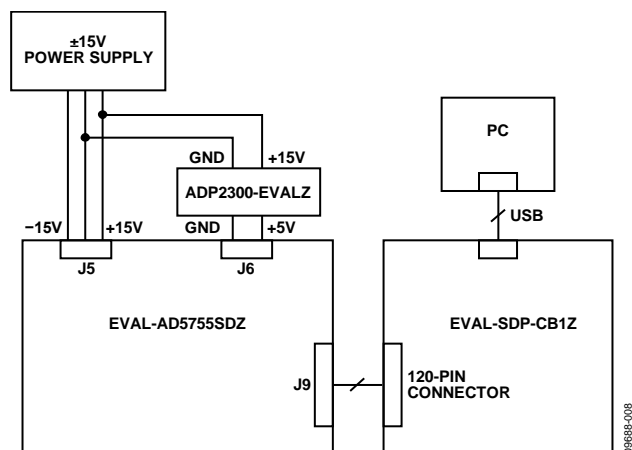


図 8. 写真のテスト・セットアップのブロック図

セットアップ

EVAL-AD5755SDZ の 120 ピン・コネクタを EVAL-SDP-CB1Z の CON A コネクタに接続します。120 ピンのコネクタの両端にある孔を使って 2 つのボードをしっかりと固定するのにナイロン製ハードウェアを使います。

電源をオフにした状態で、以下の手順で組み立てます。

- ±15 V 電源を EVAL-AD5755SDZ の J5 端子ブロックに接続します。
- 15 V 電源を ADP2300-EVALZ の入力に接続します。
- 出力ピンを EVAL-AD5755SDZ の J6 コネクタに接続します。
- ±15 V 電源を EVAL-AD5755SDZ の J5 コネクタに接続します。
- SDP ボードに付属している USB ケーブルを PC の USB ポートに接続します。注意：このとき USB ケーブルを SDP ボードの mini-USB コネクタに接続しないでください。

テスト

ADP2300-EVALZ の電源と EVAL-AD5755SDZ の電源をオンにします。

USB ケーブルを PC から SDP ボードの mini-USB コネクタに接続し、評価用ソフトウェアを立ち上げます。

USB 通信が確立したら、SDP ボードを使って EVAL-AD5755SDZ とデータを送受信することができます。

EVAL-SDP-CB1Z に関する情報が [SDP User Guide](#) に掲載されています。

テスト・セットアップおよびデータ・キャプチャのための評価用ソフトウェアの使い方に関する詳細な情報が [CN-0198 User Guide](#) に掲載されています。

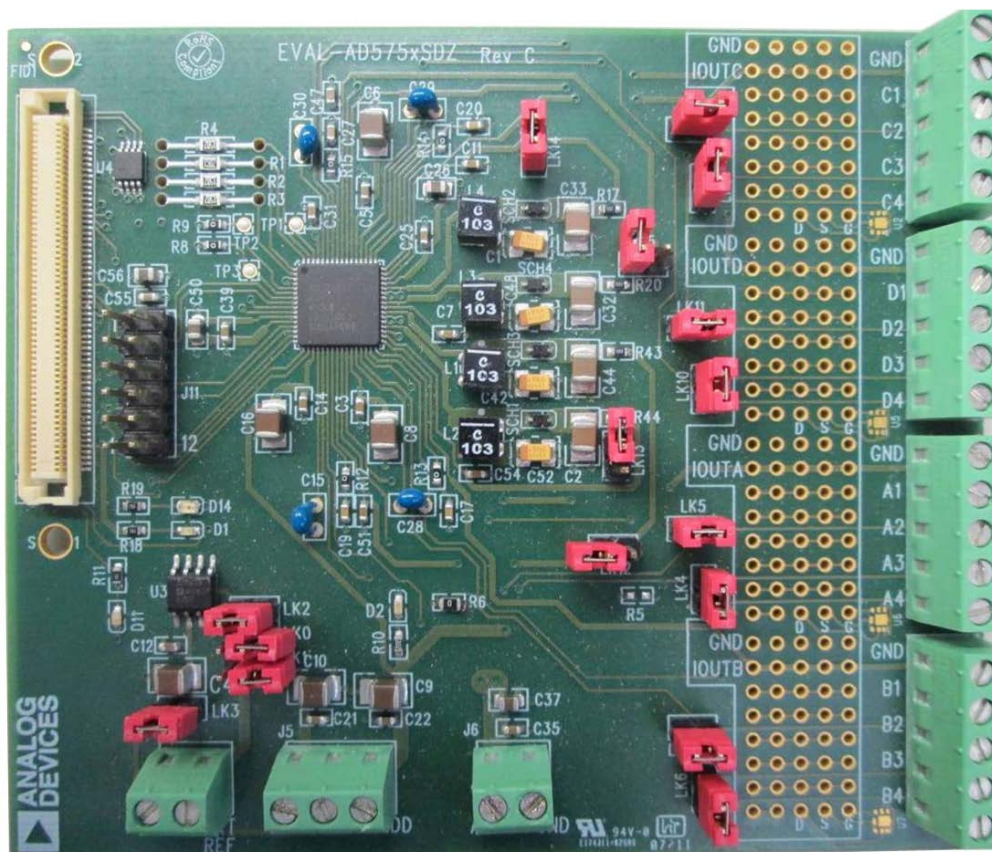


図 9. EVAL-AD5755SDZ ボードの写真

さらに詳しい資料

CN0198 Design Support Package: <http://www.analog.com/CN0198-DesignSupport>.

UG-244 (EVAL-AD5755SDZ Evaluation Board User Guide).
Evaluation Board for a Quad-Channel, 16-Bit, Serial Input,
4 mA to 20 mA, Voltage Output DAC with Dynamic Power
Control and HART Connectivity. Analog Devices, Inc., 2011.

UG-179 (ADP2300-EVALZ Evaluation Board User Guide).
Evaluation Board for the 1.2 A, 20 V Nonsynchronous Step-
Down Regulators. Analog Devices, 2010.

ADIsimPower

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

MT-101 Tutorial : Decoupling Techniques, Analog Devices.

データシートと評価ボード

[AD5755 データシート](#)

[AD5755 評価用ボード](#)

[ADP2300 データシート](#)

[ADP2300 評価用ボード](#)

改訂履歴

12/12—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のとでの暗示的許可、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。