



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/CN0257> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス

AD5790	真の 20 ビット電圧出力 D/A コンバータ
AD8675	超高精度、36 V、2.8 nV/√Hz レール to レール出力オペアンプ
AD8676	超高精度、36 V、2.8 nV/√Hz レール to レール出力デュアル・オペアンプ

20 ビット、リニア、低ノイズ、高精度ユニポーラ+10V DC 電圧源

評価および設計サポート環境
回路評価ボード

AD5790 評価ボード (EVAL-AD5790SDZ)
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 に示す回路は外付け部品数が最少の 20 ビット、リニア、低ノイズ、高精度ユニポーラ(+10 V)電圧源です。AD5790 DAC はバッファなしの 20 ビット電圧出力 DAC で、33 V までの両電源で動作します。AD5790 の正リファレンスの入力範囲

は 5 V ~ VDD - 2.5 V で、負リファレンスの入力範囲は VSS + 2.5 V ~ 0 V です。両方のリファレンス入力は内部でバッファされているので、外部バッファは不要です。AD5790 の相対精度仕様は最大 ±2 LSB で、最大 -1 ~ +2 LSB の DNL 仕様でモノトニシティ (単調増加性) 動作が保証されています。

高精度オペアンプ AD8675 はオフセット電圧が低く (最大 75 μV)、低ノイズ (標準 2.8 nV/√Hz) で AD5790 の出力バッファとして最適です。AD5790 は整合した 6.8 kΩ のフィードフォワード抵抗とフィードバック抵抗を内蔵していますが、これらの抵抗をオペアンプ AD8675 に接続して ±10 V の出力振幅のた

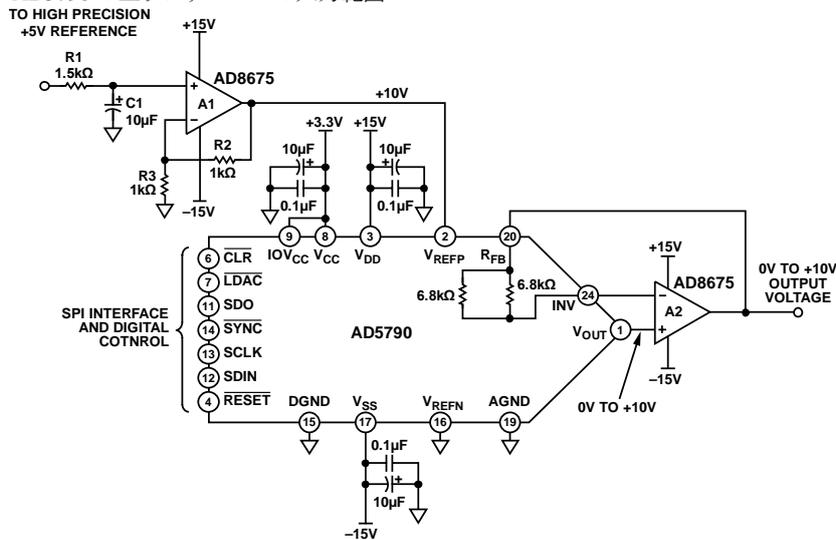


図 1. 20 ビット精度の 0 V ~ +10 V 電圧源 (簡略回路図: 全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

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。

めの 10 V のオフセット電圧を供給します。あるいは並列接続してバイアス電流をキャンセルすることもできます。この例では、ユニポーラ+10 V 出力の実装例を示しており、抵抗はバイアス電流のキャンセルに使用されています。内部抵抗の接続は、AD5790 の制御レジスタ内の 1 ビットを設定することにより制御されます (AD5790 のデータシート参照)。

この回路へのデジタル入力はシリアルで、標準 SPI、QSPI、MICROWIRE®、DSP の各インターフェース規格と互換性があります。コンパクトなこの回路は、高精度アプリケーション向けに高精度と低ノイズの両方を実現します。これは、AD5790 と AD8675 の高精度部品の組み合わせによって可能になります。

回路説明

図 1 に示す D/A コンバータ(DAC)は、AD5790 (SPI インターフェースを備えた高電圧 20 ビットコンバータ) で、INL は ± 2 LSB、DNL は $-1 \sim +2$ LSB、ノイズ・スペクトル密度は 8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ です。また、AD5790 は直線性誤差の長期安定性が 0.1 LSB と非常に優れています。

バッファ付きユニポーラ構成の AD5790 を図 1 に示します。出力バッファには低ノイズ、低ドリフトの AD8675 が使用されています。このアンプは、低ノイズの高精度リファレンス (この場合は Krohn Hite Model 523 高精度リファレンス) の +5 V リファレンス電圧を増幅するのにも使われています(A1)。この利得回路の抵抗 R2 と R3 は許容誤差が 0.01%、温度係数が 0.6 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ の高精度金属皮膜抵抗です。全温度範囲で最適性能を得るために、R2 と R3 は Vishay 300144 や VSR144 シリーズのように単一パッケージに収納されている必要があります。システム内のノイズを低く抑えるため、R2 と R3 を 1 k Ω にします。R1 と C1 はカットオフ周波数が約 10 Hz のローパス・フィルタを形成します。このフィルタは電圧リファレンスのノイズを減衰させるためのものです。

直線性の測定

図 1 に示す回路の精度に関する性能は、Agilent 3458A マルチメータを使用した評価用ボード EVAL-AD5790SDZ で実証されています。図 2 は、DAC コードの関数としての積分非直線性が、 $0^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ で ± 2 LSB の仕様内に十分収まることを示しています。

図 3 は、DAC コードの関数としての微分非直線性が、 -1 LSB $\sim +2$ LSB の仕様内であることを示しています。

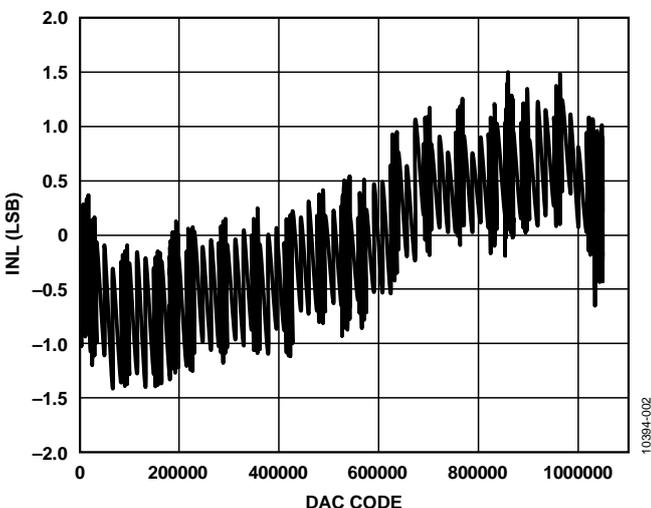


図 2. DAC コード 対 積分非直線性

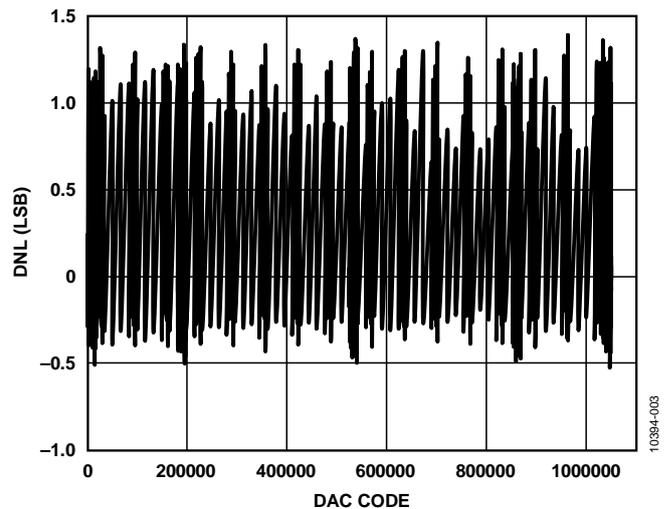


図 3. DAC コード 対 微分非直線性

ノイズ・ドリフトの測定

高精度を実現するには、回路出力でのピーク to ピーク・ノイズを 1 LSB 未満に抑える必要があります。1 LSB は 20 ビットの分解能で +10 V のユニポーラ電圧範囲の場合 9.5 μV 未満に相当します。

リアルタイム・ノイズのアプリケーションには、周波数が 0.1 Hz 以下の 1/f ノイズ成分を減衰させるための、カットオフ周波数が 0.1 Hz (DC までの周波数を含む) のハイパス・フィルタ特性がありません。これを考慮に入れて、測定されたピーク to ピーク・ノイズを図 4 に示します。この場合、回路の出力でノイズを 100 秒間測定しているため、実効的に 0.01 Hz までの低い周波数が測定に含まれています。

ノイズ性能が大きく影響されないように、温度制御された超低ノイズ・リファレンスがこの測定には必要でした。

ノイズはゼロスケールの出力電圧で最小となっています。これは DAC のコアからのノイズのみを表しているからです。ゼロスケールのコードを選択したとき、各電圧リファレンス経路から生じるノイズは DAC によって減衰されます。

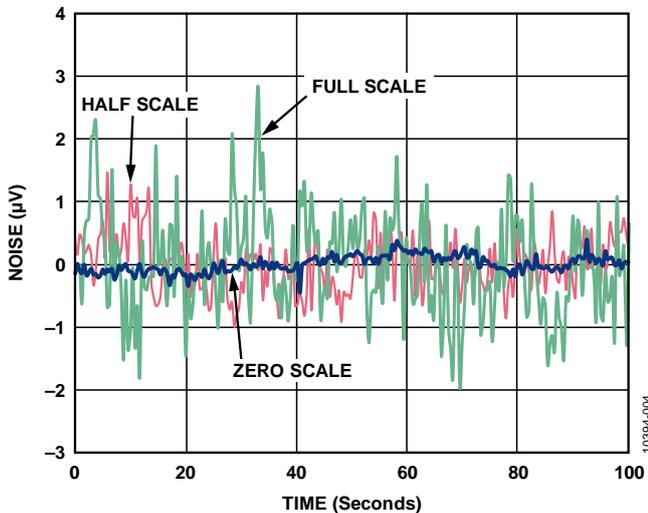


図 4. フルスケール（緑）、ハーフスケール（赤）ゼロスケール（青）で高精度リファレンスを使って 100 秒間測定した DAC 出力電圧ノイズ

測定時間を長くすると低い周波数が含まれ、ピーク to ピーク値が大きくなります。低周波数では、温度ドリフトと熱電対効果がノイズに影響するようになります。これらの影響は熱係数の低い部品を選択することによって減らすことができます。

プリント回路基板の全回路図とレイアウトは、CN-0257 デザイン・サポート・パッケージ (www.analog.com/jp/CN0257-DesignSupport) に含まれています。

バリエーション回路

AD5790 は 0 V ~ +5 V から ± 10 V までの広い出力範囲をサポートします。バイポーラ構成が必要な場合、反転させた高精度リファレンス電圧を VREFN ピンに印加する必要があります。この場合も、高精度アンプ技術と温度に対して安定した高精度抵抗が必要です。

AD8676 は AD8675 オペアンプのデュアル・バージョンで、必要に応じてこの回路に使用することができます。

回路の評価とテスト

必要な装置

- 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)
- EVAL-AD5790SDZ 評価ボードとソフトウェア
- Krohn-Hite Model 523 高精度リファレンス
- Agilent 3458A マルチメータ
- PC (Windows 32 ビットまたは 64 ビット OS)
- National Instruments GPIB-USB-B インターフェース・ケーブル
- SMB ケーブル(2)

ソフトウェアのインストール

AD5790 評価用キットの CD には自己インストール型ソフトウェアが含まれています。このソフトウェアは Windows XP (SP2) と Vista (32 ビットと 64 ビット) で使用できます。セットアップ・ファイルが自動的に起動しない場合は、CD から **setup.exe** ファイルを実行することができます。

PC に接続したときに評価システムが正しく認識されるように、評価ボードと SDP ボードを PC の USB ポートに接続する前に評価用ソフトウェアをインストールしてください。

1. CD からのインストールが完了した後、「電源」のセクションで説明されているように、AD5790 評価用ボードの電源を投入します。SDP ボードを (コネクタ A またはコネクタ B 経由で) AD5790 評価用ボードに接続してから、付属のケーブルを使って PC の USB ポートに接続します。
2. 評価用システムが検出されたら、順次表示されるダイアログボックスに従って最後まで進みます。これでインストールが完了します。

機能図

図 6 にテスト・セットアップの機能図を示します。

電源

以下の外部電源を接続する必要があります。

- AD5790 のデジタル電源用にコネクタ J1 の VCC と DGND 間に 3.3 V。あるいは、Link 1 をポジション A に配置して、SDP ボード経由で USB ポートからデジタル回路に給電する (デフォルト設定)。
- AD5790 の正アナログ電源用に J2 の VDD 入力と AGND 入力の間には +12 V ~ +16.5 V。
- AD5790 の負アナログ電源用に J2 の VSS 入力と AGND 入力の間には -12 V ~ -16.5 V。
- VREF と表示された SMB コネクタに接続された +5 V 高精度リファレンス。

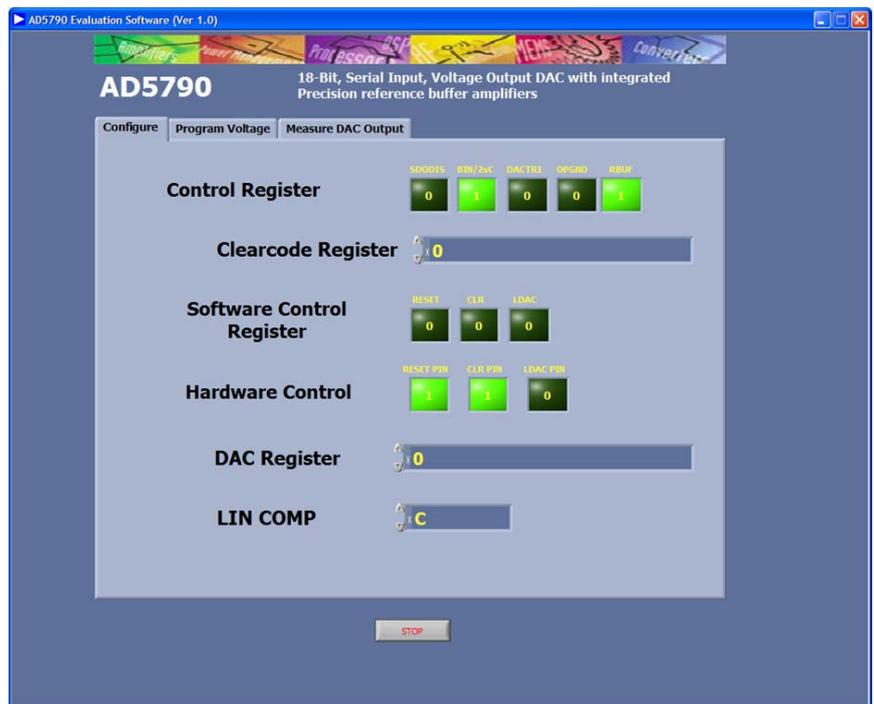


図 5. 評価用ソフトウェアのメイン・ウィンドウ

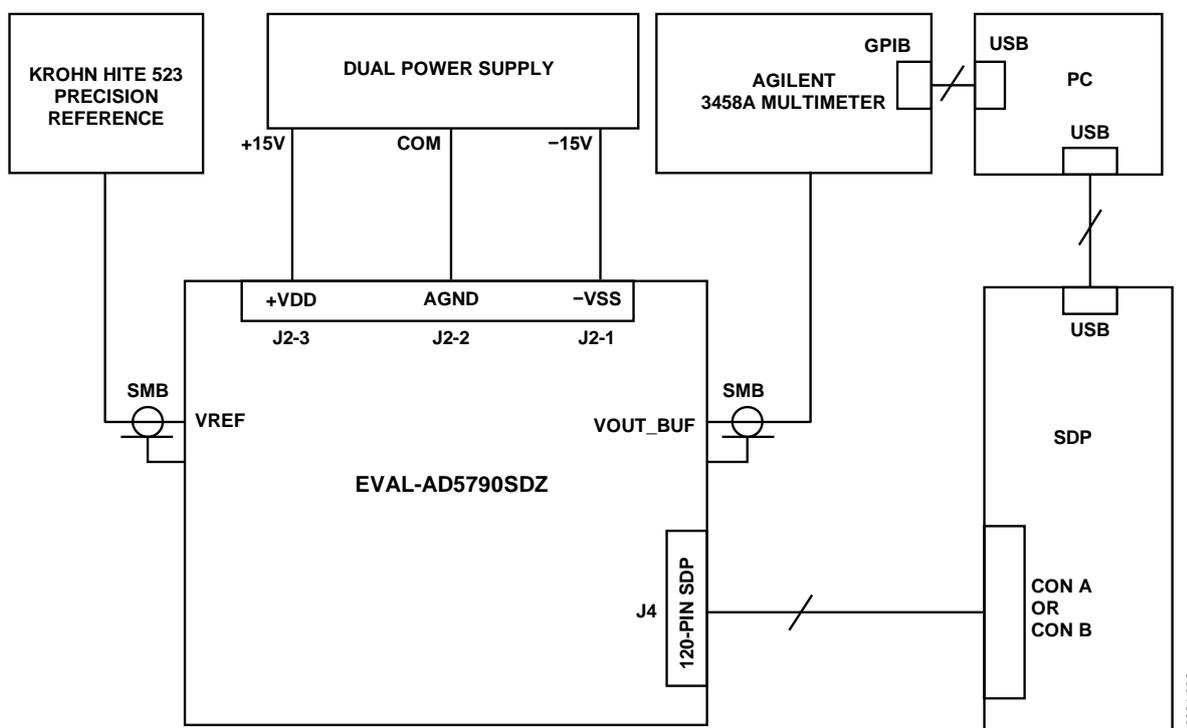


図 6. テスト・セットアップの機能ブロック図

デフォルトのリンク・オプションのセットアップ

デフォルトのリンク・オプションを表 1 に示します。デフォルトでは、ボードは $\pm 10\text{ V}$ の出力範囲の場合 $\text{VREFP} = +10\text{ V}$ および $\text{VREFN} = -10\text{ V}$ に設定されています。

表 1. デフォルト・リンク・オプション

リンク No.	オプション
LK1	A
LK2	B
LK3	A
LK4	Removed
LK5	Removed
LK6	Removed
LK7	Removed
LK8	C
LK9	Inserted
LK11	Inserted

図 1 に示す回路のようにボードを設定するには、表 1 のデフォルトのリンク設定に以下の変更を行う必要があります。

1. LK3 をポジション A に配置します。
2. LK4 を外します。
3. LK8 をポジション B に配置します。
4. LK9 を外します。

これらの変更により、出力バッファ・アンプは利得が 1 に設定され、AD5790 の VREFN ピンはグラウンドに接続されます。さらに、ボードは VREF と表示された SMB コネクタの高精度 $+5\text{ V}$ リファレンスを受け入れるように設定されます。

EVAL-AD5790SDZ のテスト・セットアップの詳細に関しては、ユーザーガイド [UG-342](#) を参照してください。

テスト

VOUT_BUF SMB コネクタは Agilent 3458A マルチメータに接続されています。AD5790 GUI の Measure DAC Output (DAC 出力の測定) タブを使って直線性を測定します。

ノイズ・ドリフトも VOUT_BUF SMB コネクタを使って測定します。出力電圧は AD5790 GUI の Program Voltage (電圧設定) タブを使って設定します。ピーク to ピーク・ノイズ・ドリフトは 100 秒間測定します。

INL、DNL、およびノイズの定義および測定値を使った計算方法に関しては、AD5790 データシートの "TERMINOLOGY" のセクションおよび [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

CN0257 Design Support Package:

www.analog.com/CN0257-DesignSupport

アナログ・ダイアログ 44 : 20 ビット DAC は最も使いやすい 1ppm 高精度電圧源です

Kester, Walt. 2005. [The Data Conversion Handbook](#). Analog Devices. Chapters 3, 5, and 7.

MT-015 Tutorial : [Basic DAC Architectures II: Binary DACs](#)

MT-016 Tutorial : [Basic DAC Architectures III: Segmented DACs](#)

MT-031 Tutorial : [Grounding Data Converters and Solving the Mystery of AGND and DGND](#)

MT-035 Tutorial : [Op Amp Inputs, Outputs, Single-Supply, and Rail-to-Rail Issues](#)

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

[Voltage Reference Wizard Design Tool](#).

CN-0177 Circuit Note : [18-Bit, Linear, Low Noise, Precision Bipolar \$\pm 10\text{ V}\$ DC Voltage Source](#).

CN-0191 Circuit Note : [20-Bit, Linear, Low Noise, Precision, Bipolar \$\pm 10\text{ V}\$ DC Voltage Source](#).

CN-0200 Circuit Note : [18 ビット、リニア、低ノイズ、高精度バイポーラ \$\pm 10\text{ V}\$ DC 電圧源](#)

User Guide : [UG-342, Evaluation Board for a 20-Bit Serial Input, Voltage Output DAC with Integrated Precision Reference Buffer Amplifiers](#).

データシートと評価ボード

[AD5790 データシート/評価ボード](#)

[AD8675 データシート](#)

[AD8676 データシート](#)

改訂履歴

12/11—Revision 0: 初版

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイセス社製品専用で作られており、アナログ・デバイセス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・デバイセス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・デバイセス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・デバイセス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。