



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/CN0200 をご覧ください。

接続/参考にしたデバイス

| | |
|--------|---|
| AD5780 | 真の 18 ビット電圧出力 DAC |
| 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、デュアルレール to レール出力 オペアンプ |
| ADR445 | 超低ノイズ 5V LDO XFET®電圧リファレンス |

18 ビット、リニア、低ノイズ、高精度バイポーラ ±10 V DC 電圧源

評価と設計支援

回路評価基板

AD5780 回路評価ボード (EVAL-AD5780SDZ)

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 18 ビット、リニア、低ノイズ、高精度バイポーラ (±10 V) 電圧源です。

AD5780 は 18 ビット、バッファ無し電圧出力 DAC で 33 V までの両電源で動作します。AD5780 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チップ内でバッファされているので外付けバッファは必要ありません。AD5780 の相対精度仕様は ±1LSB max で、±1LSB max 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。

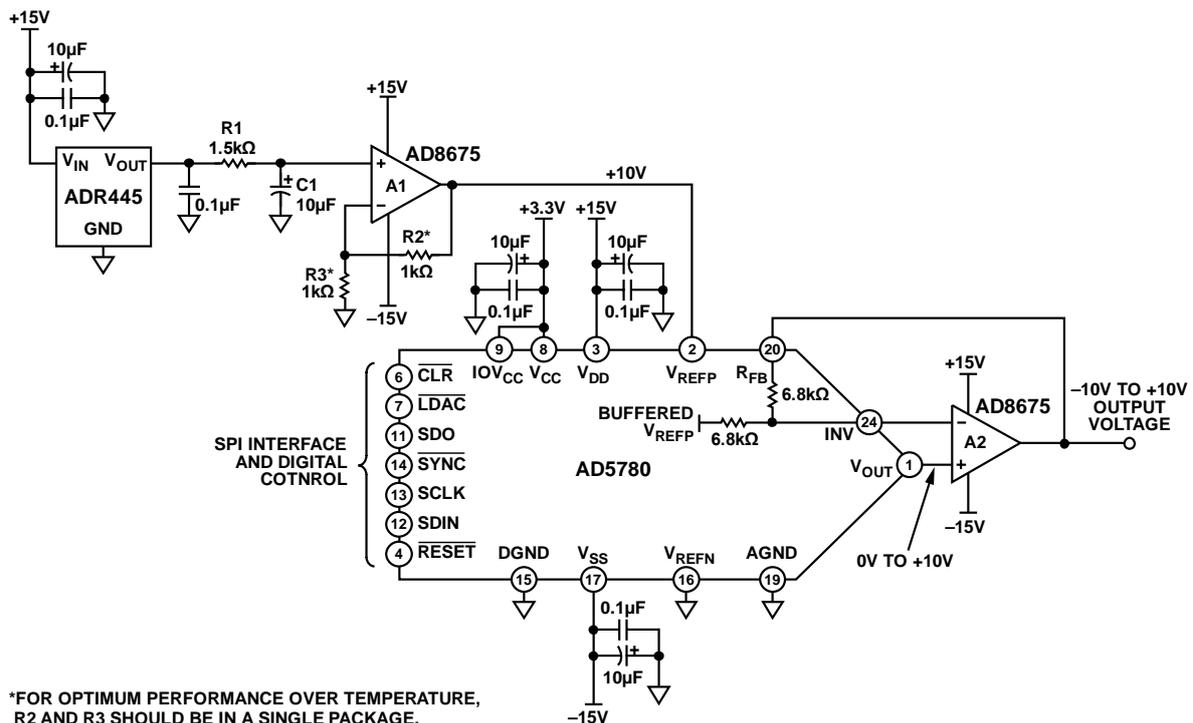


図 1. 18 ビット精度、+10 V 電圧源 (簡略化した回路: 接続及びデカップリングの全ては示されていません。)

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、それぞれの所有者の財産です。※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。

高精度オペアンプ AD8675 は低オフセット電圧 ($75 \mu\text{V max}$)、低ノイズ ($2.8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz typ}}$) で AD5780 の出力バッファとして最適です。AD5780 は 2 つのマッチングした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おりますが、これらの抵抗をオペアンプ AD8675 に接続しオフセット電圧 10 V を供給する事により単一外部 10 V リファレンスで $\pm 10 \text{ V}$ の出力電圧スイングを可能にしています。

この回路に対するデジタル入力はシリアルで、標準 SPI、QSPI、MICROWIRE®、DSP のインターフェース規格と互換性があります。高精度アプリケーション向けにコンパクトな回路は高精度だけでなく低ノイズにもなります—これは高精度部品 AD5780、ADR445 と AD8675 の組み合わせにより確実にあります。

これらの部品を組み合わせる事は業界最先端の 18 ビット、積分非直線性 (INL) $\pm 1 \text{ LSB}$ 、微分非直線性 (DNL) $\pm 0.75 \text{ LSB}$ で単調増加性が保証されるとともに低消費電力、小さい PCB 面積とコストパフォーマンスを LFCS パッケージで提供されます。

回路の説明

図 1 に示す D/A コンバータ (DAC) は SPI インターフェース、高電圧、18 ビット・コンバータの AD5780 で、INL $\pm 1 \text{ LSB}$ 、DNL $\pm 0.75 \text{ LSB}$ そしてノイズ・スペクトル密度は $7.5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ です。AD5780 は又 $0.005 \text{ LSB}/^\circ\text{C}$ の超低温度ドリフトを示します。

図 1 に示すように単一リファレンス源で対称なバイポーラ出力電圧範囲を生成するために AD5780 はゲイン 2 倍の回路に設定されています。ゲインを 2 倍にするために、この動作モードはチップ内蔵の抵抗 (AD5780 データシートを参照) とともに外付けオペアンプ (A2) を使用します。これらの内蔵抵抗は熱的にお互いにそして DAC ラダー抵抗ともマッチングしているので結果としてレシオメトリックな温度トラッキングをします。AD8675 は低ノイズで低ドリフトなので出力バッファとして使用します。このアンプは低ノイズの ADR445 の $+5 \text{ V}$ リファレンス電圧を $+10 \text{ V}$ に増幅する (A1) として使用します。このゲイン回路の R2 と R3 は誤差 0.01% で温度係数 $0.6 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の高精度金属皮膜抵抗です。全温度範囲で最高の性能を得るために、R1 と R2 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。システムノイズを低く保つために R2 と R3 を $1 \text{ k}\Omega$ 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。このフィルタの目的は電圧リファレンスのノイズを減衰させる事です。

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-AD5780SDZ で示されます。図 2 は DAC コードの関数としての積分非直線性が $\pm 1 \text{ LSB}$ の仕様以内であることを示しています。

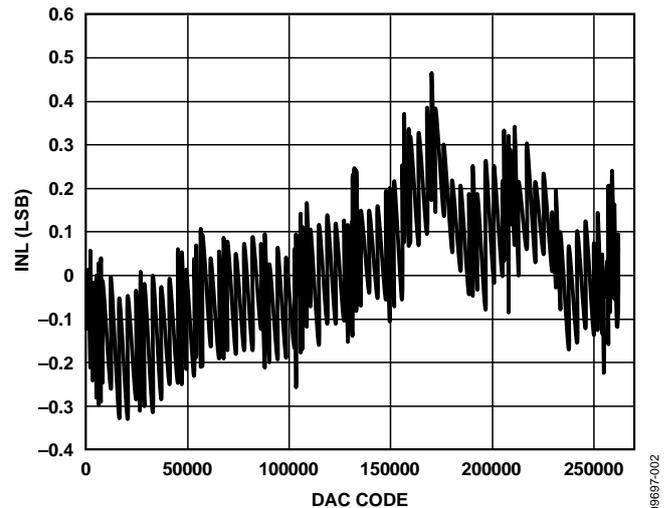


図 2. 積分非直線性誤差 対 DAC コード

図 3 は DAC コードの関数としての微分非直線性が -0.25 LSB ~ $+0.75 \text{ LSB}$ の仕様以内であることを示しています。

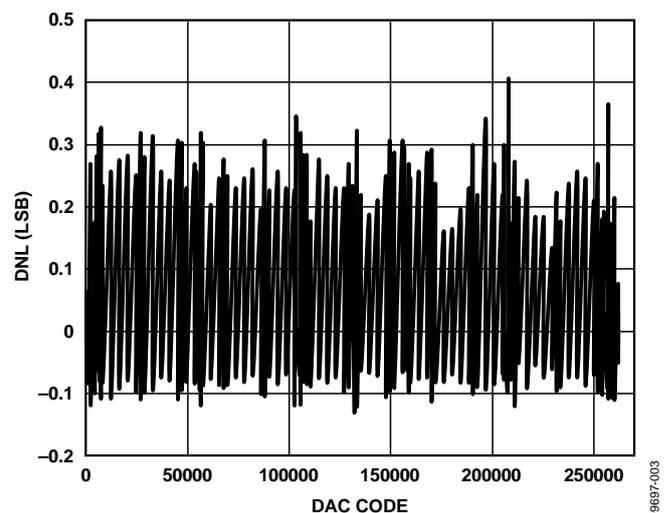


図 3. 微分非直線性 対 DAC コード

ノイズ・ドリフトの測定

高精度を実現可能にするには、回路出力でのピーク to ピーク・ノイズを 1 LSB 以下 (分解能 18 ビットでピーク to ピーク電圧範囲が 20 V の場合 $76.29 \mu\text{V}$ です) に保たなければなりません。

リアルタイム・ノイズ・アプリケーションには $1/f$ ノイズを減衰させるための 0.1 Hz ハイパス・カットオフはなく、その通過帯域には下方向 DC までの周波数を含みます。この事を念頭におき、実測ピーク to ピーク・ノイズが図 4 に現実的に示されています。この場合、測定で実質的に 0.01 Hz までの低い周波数を含むように、回路の出力でノイズを 100 秒間測定しました。上側の周波数カットオフは約 14 Hz ですが、測定設定によって制限されます。

図4にピーク to ピーク値を示しますが、ゼロスケール出力では $1.2 \mu\text{V}$ 、ハーフスケールでは $32 \mu\text{V}$ 、フルスケール出力では $64 \mu\text{V}$ です。

ノイズはゼロスケール出力電圧で最も小さくなっており、なぜならそれは DAC コアからのノイズのみを表示しているからです。ゼロ・スケール・コードを選択した時、各電圧リファレンス経路からのノイズの影響は DAC によって減衰されます。

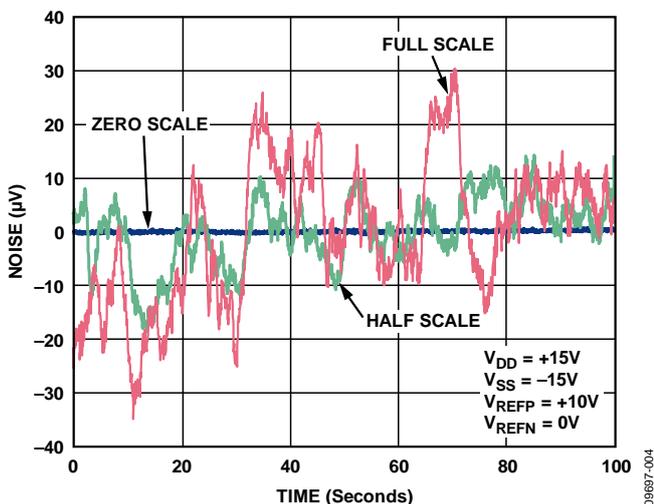


図4.フルスケール（赤）、ハーフスケール（緑）、ゼロスケール（青）について100秒間測定したDAC出力電圧ノイズ

測定する時間を伸ばすとより低い周波数が含まれる事になりピーク to ピーク値が増えます。低周波数になると、温度ドリフトと熱電対効果がノイズの要因になります。これらの影響は低温度係数の部品を選ぶ事により最小にする事が出来ます。この回路で低周波数 $1/f$ ノイズの主な要因は電圧リファレンスです。電圧リファレンスは又回路の中で最大の温度係数値 $3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ を示します。ハーフスケールとフルスケールの出力ノイズを改善するには温度制御された超低ノイズ・リファレンスが必要です。

図5は ADR445 を $+5 \text{ V}$ に設定した Krohn Hite Model 523 高精度リファレンスに置き換えたシグナル・チェーンの性能です。プリント回路ボードの完全な回路とレイアウトは CN-0200 設計支援パッケージ www.analog.com/CN0200-DesignSupport に載っています。

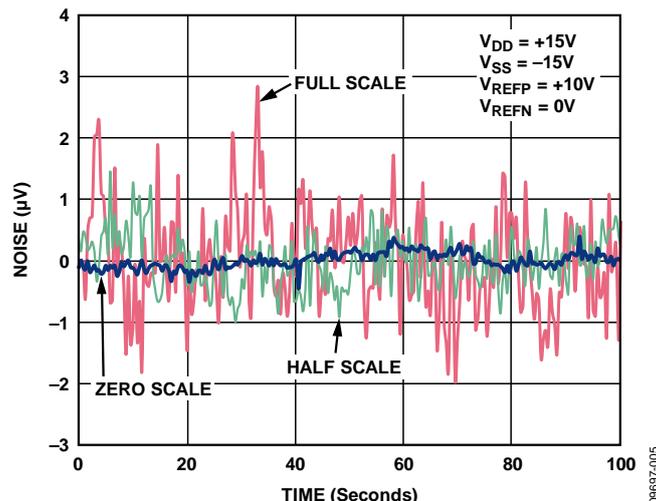


図5.フルスケール（赤）、ハーフスケール（緑）、ゼロスケール（青）について高精度リファレンス源を使い100秒間測定したDAC出力電圧ノイズ

バリエーション回路

AD5780 は $0\text{V} \sim +5\text{V}$ から $\pm 10\text{V}$ までの幅広い出力範囲をサポートします。対称の出力範囲が要求される場合は図1に示すような2倍ゲイン回路を使用できます。このモードはAD5780の内部コントロール・レジスタのRBUFビットをロジック「0」に設定する事により選択されます。非対称範囲が要求される場合は、それぞれのリファレンスをVREFPとVREFNに供給して、出力バッファをAD5780のデータシートに述べられているようにユニティ・ゲインに設定する必要があります。これはAD5780の内部コントロール・レジスタのRBUFビットをロジック「1」に設定する事により行われます。AD8676はAD8675のデュアル・バージョンですが必要に応じて回路に使用できます。

回路評価とテスト

評価に必要な装置

- システム・デモ用プラットフォーム (EVAL-SDP-CB1Z)
- 評価用ボード (EVAL-AD5780SDZ) とソフトウェア
- アジレント 3458A マルチメータ
- PC (Windows 32ビット又は64ビット)
- 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・ケーブル
- SMB ケーブル (1)

ソフトウェアのインストール

AD5780評価キットにはCDに自己インストール型ソフトウェアが含まれています。ソフトウェアはWindows XP (SP2) としてVista (32ビットと64ビット) とコンパチブルです。もしセットアップ・ファイルが自動的に作動しなければCDからのsetup.exeファイルを実行する事ができます。

PCに接続した時評価システムが正しく認識されるように、評価用ボードと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に UG-256 の電源セクションに記述されているように AD5780 評価用ボードの電源を投入してください。SDP ボードを（コネクタ A 又はコネクタ B 経由で）AD5780 評価用ボードに接続してください。
2. 評価システムが検出されたら、表示する全てのダイアログ・ボックスを通して進めてください。これでインストールが完了します。

機能図

図 7 にテスト・セットアップの機能図を示します。

電源回路

次の電源を供給する必要があります：

- AD5780 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、ポジション A に Link 1 を配置して SDP ボード経由で USB からデジタル回路に電源を供給する（デフォルト設定）。
- AD5780 の正のアナログ電源用に J2 の VDD 入力と AGND 入力の間には +12 V ~ +16.5 V
- AD5780 の負のアナログ電源用に J2 の VSS 入力と AGND 入力の間には -12 V ~ -16.5 V

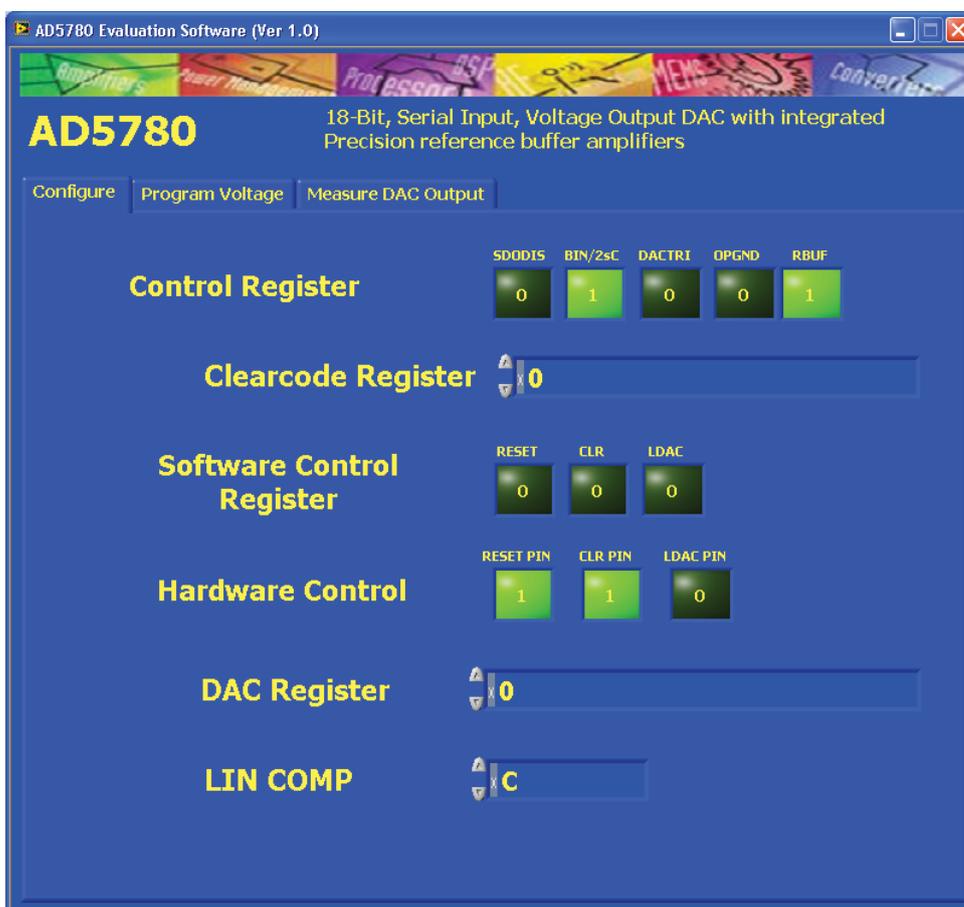


図 6. 評価ソフトウェア・メイン・ウインドウ

09897-006

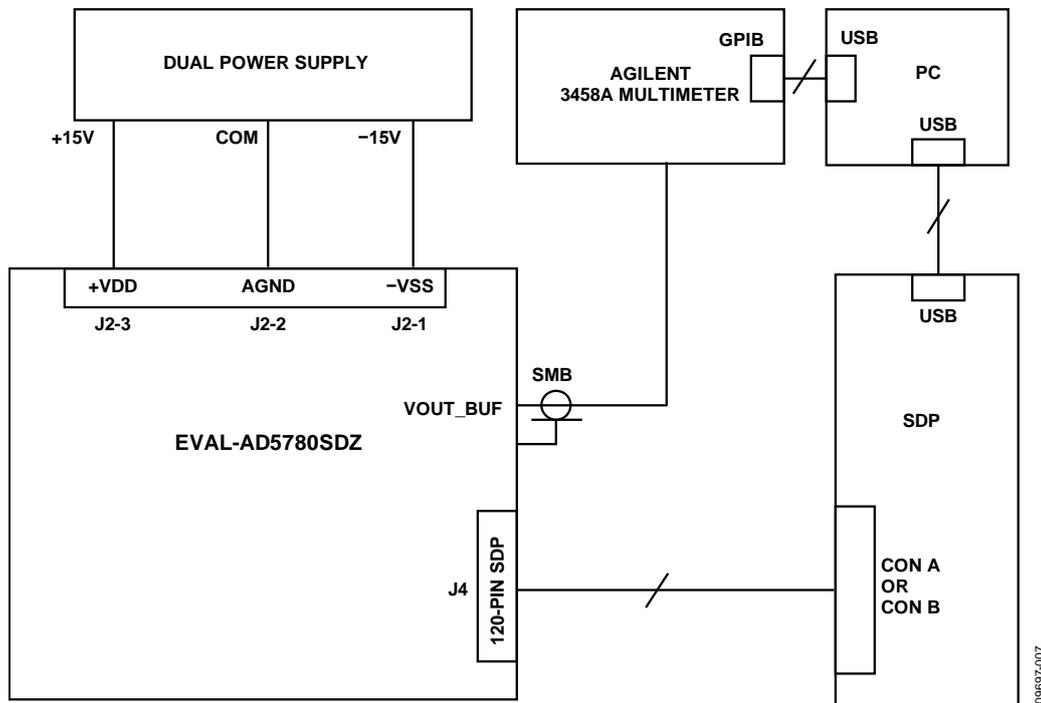


図 7.テスト・セットアップの機能ブロック図

デフォルトのリンク・オプションを表 1 に示します。デフォルトでは出力範囲を $\pm 10V$ にするためにボードは $VREFP = +10V$ と $VREFN = -10V$ 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・リンク設定に下記の変更を行わなければなりません。

1. ポジション B に LK3 を配置する。
2. LK4 を挿入する。
3. ポジション B に LK8 を配置する。

これらの変更により出力バッファアンプは 2 倍ゲインに設定され AD5780 の VREFN ピンがグラウンドに接続されます。

EVAL-AD5780SDZ テスト・セットアップについてのさらに詳しい情報はユーザーガイド UG-256 を参照してください。

テスト

VOUT_BUF SMB コネクタをアジレント 3458A マルチメータに接続します。リニアリティの測定は AD5780GUI の「Measure DAC Output」タブを使って実行されます。

ノイズ・ドリフト測定は又 VOUT_BUF SMB コネクタで行なわれます。出力電圧は、AD5780 GUI の「Program Voltage」タブを使って設定されます。ピーク to ピーク・ノイズ・ドリフトは 100 秒間測定されます。

定義と測定データから INL、DNL、ノイズを計算する方法についての詳細は AD5780 データシートの「TERMINOLOGY」セクションと又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-0200 Design Support Package:

www.analog.com/CN0200-DesignSupport

Analog Dialogue 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](#)

[Voltage Reference Wizard Design Tool](#).

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

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

User Guide : [UG-256](#) for EVAL-AD5780SDZ

データシートと評価ボード

AD5780 [データシート](#) / [評価ボード](#)

AD8676 [データシート](#)

ADR445 [データシート](#)

改訂履歴

11/11—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。