

**Circuits from the Lab®**  
Reference Designs  
実用回路デザイン集

Circuits from the Lab®実用回路デザインは今日のアナログ・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 <http://www.analog.com/jp/CN0306> をご覧ください。

### 接続/参考にしたデバイス

AD7988-1	16ビット 100 kSPS PulSAR ADC
AD8641	低消費電力、レール to レール出力 高精度シングル JFET オペアンプ
ADR435	超低ノイズ、XFET®, 5.0 V、電圧リファレンス

## 最大 1kHz のサブナイキスト入力信号用に最適化された 16 ビット、100kSPS、低消費電力データ収集システム

### 評価と設計支援

#### 回路評価基板

CN-0306 回路評価基板(EVAL-CN0306-SDPZ)  
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、16 ビット、100kSPS 逐次比較アナログ/デジタル・コンバータ (ADC) システムで、最大 1kHz の入力信号と 100kSPS のサンプリング・レートに対して 7.35mW という低いシステム消費電力になるように最適化された駆動アンプを備えています。

この回路は、ポータブル・バッテリー駆動やマルチチャンネルのアプリケーション、つまり消費電力が非常に重要なアプリケーションに大いに役立ちます。また、変換バースト間の時間において ADC がほとんどアイドル状態であるようなアプリケーションにとっても利点があります。

高性能逐次比較 ADC 用の駆動アンプは、一般に広範囲の入力周波数に対応するように選択されます。ただし、アプリケーションが必要とするサンプリング・レートが低い場合、サンプリング・レートを下げると ADC の消費電力がそれに比例して減少するので、かなりの電力を節約することができます。

ADC のサンプリング・レートを下げることによる節電の利点を最大限に活用するには、狭帯域で低消費電力のアンプが必要です。

たとえば、16 ビット逐次比較レジスタ (SAR) ADC AD7988-1 (100kSPS 時に 0.7mW) とともに動作させるには、80MHz のオペアンプ ADA4841-1 (10V 時に 12mW) を推奨します。リファレンス ADR435 (7.5V 時に 4.65mW) を含むシステムの総消費電力は、100kSPS 時に 17.35mW になります。

最大 1kHz の入力帯域幅と 100kSPS のサンプリング・レートの場合、3MHz のオペアンプ AD8641 (10V 時に 2mW) は、信号対ノイズ比 (SNR) および全高調波歪み (THD) の優れた性能を提供し、システムの総消費電力を 17.35mW から 7.35mW に低減します。これは 100kSPS で 58% の節電になります。

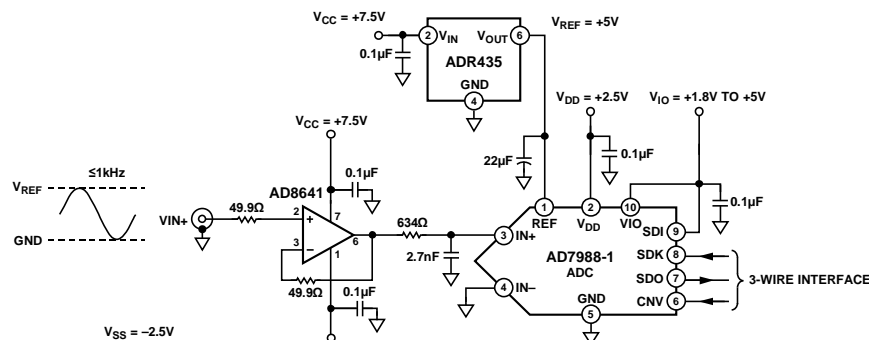


図 1. ADC AD7988-1 を駆動する低消費電力アンプ AD8641 のシステム回路図 (簡略回路: 全接続の一部およびデカップリングは省略されています)

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。本誌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。

©2012–2013 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. A

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル  
電話 03 (5402) 8200  
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー  
電話 06 (6350) 6868

## 回路の説明

この回路は、ADC AD7988-1、アンプ AD8641、およびリファレンス ADR435 で構成されます。AD7988-1 は 16 ビット、100kSPS の SAR ADC であり、低い消費電力はサンプリング・レートによって調整可能で、100kSPS 時に 0.7mW を消費します。また、低消費電力であるとともに業界最先端の AC 性能を備えています (SNR = 91dB、THD = -114dBc)。

駆動アンプは低消費電力で高精度の AD8641 で、電源電流が 200 $\mu$ A、利得帯域幅積が 3MHz です。AD8641 は 5V~26V の範囲の電源で駆動することができます。ADC のリファレンスは ADR435 で、高精度、低ノイズの 5V XFET 電圧リファレンスです。ADR435 は、620 $\mu$ A の低電源電流時に 3ppm/ $^{\circ}$ C という非常に小さい温度係数を示します。この回路の総消費電力は 100kSPS 時に 7.35mW になります。最大 1kHz の入力周波数の場合、SNR が 88.5dBFS、THD が -103dBc になります。

AD8641 は、ユニティゲインのバッファとして構成されており、このデバイスと AD7988-1 の間のカットオフ周波数が 93kHz になる RC フィルタ (634 $\Omega$ 、2.7nF) を備えています。このフィルタにより、AD8641 などのノイズが比較的大きなアンプ (28nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ) の使用を可能にしなが、消費電力が非常に小さくなるという利点が得られます。低消費電力のためにノイズを大きくする代償として、システムの SNR 性能が ADC の仕様に対して 2.5dB 低下します。データシートの推奨値 (20 $\Omega$ ) に比べて大きな R の値 (634 $\Omega$ ) は、AD8641 が 2.7nF

の大きな入力コンデンサを駆動可能であることを示しています。R の値を大きくすることで最大入力帯域幅が 1kHz に制限され、低歪みが得られます。

これは、最大 1kHz の入力に対する AD8641 の 16 ビット歪み性能 (THD が -100dBc 未満) に匹敵します。1kHz を超えると歪みが大きくなるので、セトリング・タイムが長くなることから、この回路を高い入力周波数で使用したり、このアンプを多重化アプリケーションで使用したりすることは推奨できません。AD8641 は正電源電圧を基準にして 2V 以上の入力ヘッドルームを必要とすることに注意してください。出力段はレール to レールです。

## 性能結果

この回路の目的は、最大 1kHz の入力周波数範囲と 100kSPS のサンプリング・レートにおいて、可能な最も小さい ADC ドライバの電力レベルで優れた AC 性能を提供することです。入力信号が 1kHz のときの回路性能の FFT プロットを図 2 に示します。88.5dB の SNR と -103dB の THD が得られています。SNR が AD7988-1 の 91dB の規格値より低下している主な理由は、AD8641 のノイズが 28 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  で、ADA4841-1 の 2 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  よりも大きいからです。システムの総消費電力は 7.35mW で、ADC で 0.7mW、アンプで 2mW、リファレンスで 4.65mW を消費します。これは、システムの総消費電力 17.35mW に対して 12mW を消費する ADA4841-1 を使用した場合に比べて 58% の節電になることを表しています。

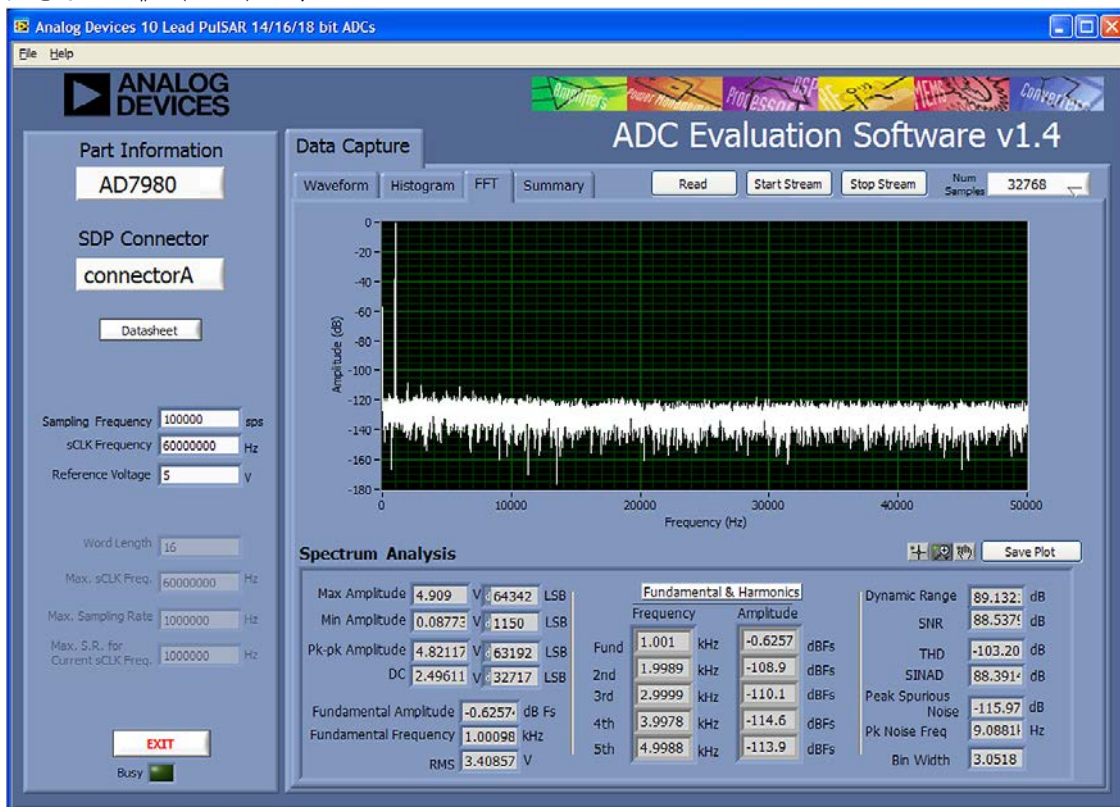


図 2. AD7988-1 を駆動するアンプ AD8641 を使用したシステムの回路性能

約 1kHz を超える入力周波数でシステムの THD および SNR が低下する様子を図 3 に示します。これは、図 4 に示す周波数に対する THD+N のプロットから分かるように、アンプの歪みによるものです。

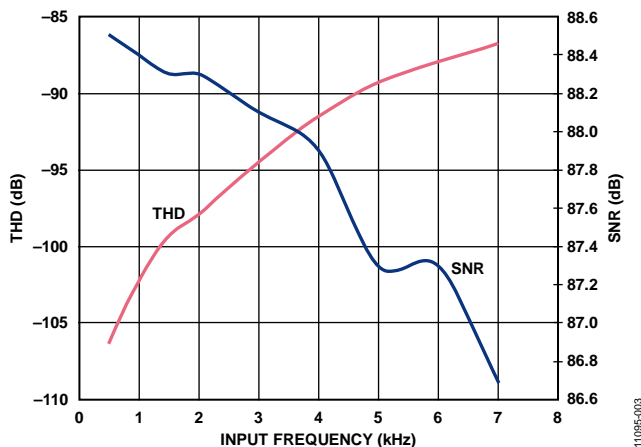


図 3. AD7988-1 を駆動するアンプ AD8641 の入力周波数に対する THD および SNR

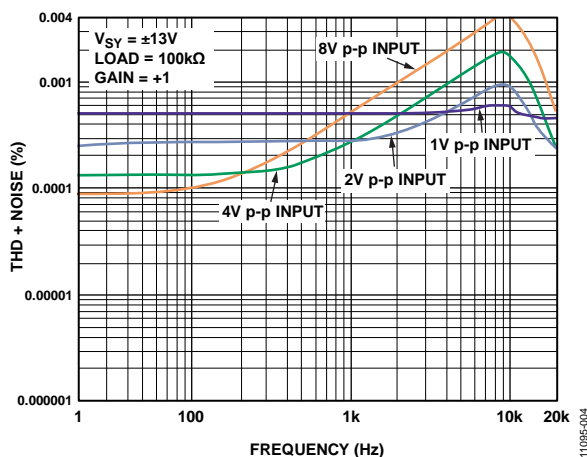


図 4. アンプ AD8641 の入力周波数に対する THD+N の性能

## バリエーション回路

アンプ AD8641 を使って AD7988-5 や AD7980 などの高速でピン互換の ADC を駆動することができますが、最大 100kSPS の低いサンプリング・レートの場合に限ります。アンプ OP1177 を使って AD7988-1 を 2 倍の電流 (400 $\mu$ A) で駆動することができます。この場合、ノイズが小さくなることにより、4kHz まで歪みが改善され、システムの SNR が 90dB の良好な値になるという利点があります。

## 回路評価とテスト

### 必要な装置 (同等の装置に変更可能)

以下の装置が必要です。

- 評価用ボード EVAL-CN0306-SDPZ
- システム・デモボード (EVAL-SDP-CB1Z)
- 今回のテストで使用された Audio Precision の SYS-2522 のような関数発生器/信号源
- 評価用ボードに含まれている 9V の AC アダプタ
- USB ポート、USB ケーブルを備え、10 ピン PulSAR のソフトウェアがインストールされた PC

### セットアップとテスト

UG-340 ユーザー・ガイドの導入ガイドを使用し、アナログ・デバイゼスの Web サイトの AD7988-1 製品ページからダウンロードできる 10 ピン PulSAR のソフトウェアをインストールします。測定セットアップのブロック図を図 5 に示します。

9V の AC アダプタを評価用ボードの電源端子に接続します。周波数応答を測定するため、機器を図 5 に示すように接続します。Audio Precision の信号発生器 SYS-2522 を、周波数が 1kHz、DC オフセットが 2.5V の 5Vp-p サイン波に設定します。評価用ボードのソフトウェアを使ってデータを記録します。ソフトウェア解析は評価用ボードのソフトウェアの一部の機能で、これにより、AC および DC の性能の収集と解析を行うことができます。このソフトウェアとその機能は UG-340 ユーザー・ガイドに示されています。

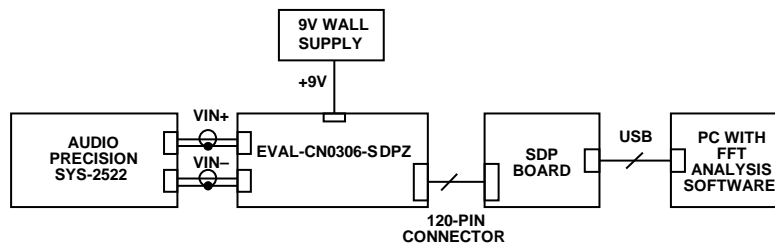


図 5. テスト・セットアップの機能図

## さらに詳しくは

CN0306 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0306-DesignSupport>

UG-340 User Guide, *Evaluation Board for the 8-/10-Lead Family of 14-/16-/18-Bit PulSAR ADCs*, Analog Devices.

EVAL-SDP-CB1Z System Demonstration Platform (SDP)

MT-021 Tutorial, *Successive Approximation ADCs*, Analog Devices

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

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

Voltage Reference Selection and Evaluation Wizard, Analog Devices.

## データシートと評価用ボード

CN-0306 回路評価基板(EVAL-CN0306-SDPZ)

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)

AD7988-1 のデータシート

AD7988-5 のデータシート

AD7980 のデータシート

ADR435 のデータシート

AD8641 のデータシート

OP1177 のデータシート

ADA4841-1 のデータシート

## 改訂履歴

12/13—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Title..... 1

11/12—Rev. 0: Initial Version

「Circuits from the Lab/実用回路デザイン集」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。お客様は製品設計で「Circuits from the Lab/実用回路デザイン集」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/実用回路デザイン集」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/実用回路デザイン集」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。