



# 回路ノート

## CN-0305

**Circuits  
from the Lab™**  
Reference Circuits  
実用回路集

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/CN0305> をご覧ください。

### 使用したリファレンス・デバイス

AD7988-5	16 ビット 500 kSPS PulSAR ADC
OP1177	低ノイズ、低入力バイアス電流の高精度オペアンプ
ADR435	超低ノイズ、XFET®、5.0V、電圧リフアレンス

## 最大 4kHz のサブナイキスト入力信号用に最適化された 16 ビット、300kSPS、低消費電力データ収集システム

### 評価および設計サポート環境

#### 回路評価ボード

**CN-0305 評価用ボード (EVAL-CN0305-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、300kSPS 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 4kHz の入力信号と 300kSPS のサンプリング・レートに対して 10.75mW 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、変換バーストと変換バーストの間のほとんどの時間において ADC が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 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フルに利用するには、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 AD7988-5 (500kSPS 時に 3.5mW、300kSPS 時に 2.1mW) の約 100kHz までの入力には、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、300kSPS 時に 18.75mW になります。

4kHz 未満の入力帯域幅と 300kSPS 未満のサンプリング・レートの場合、1.3MHz のオペアンプ OP1177 (10V 時に 4mW) 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 18.75mW から 10.75mW に低減します。これは 300kSPS 時に 43% の節電になります。

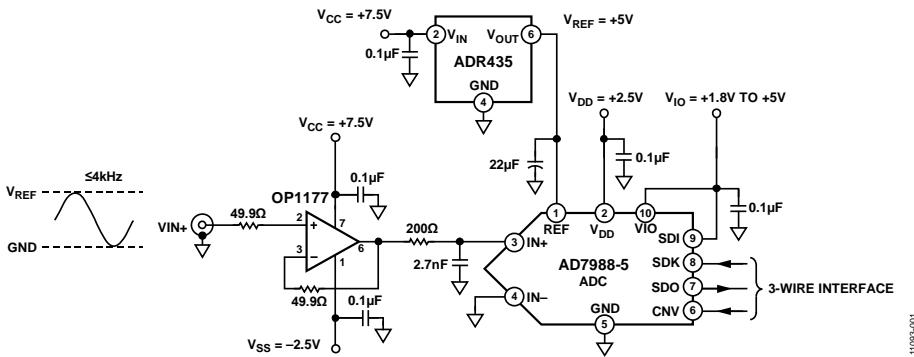


図 1. ADC AD7988-5 を駆動する低消費電力アンプ OP1177 のシステム回路図（簡略回路図：全接続の一部は省略されています）

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はありません。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。

## 回路の説明

この回路は、ADC AD7988-5、アンプ OP1177、およびリファレンス ADR435 で構成されます。AD7988-5 は 16 ビット、500kSPS 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、500kSPS 時に 3.5mW 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 OP1177 で、電源電流が 400 $\mu$ A、利得帯域幅積が 1.3MHz です。OP1177 は 5V~30V 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 300kSPS 時に 10.75mW になります。最大 4kHz の入力周波数の場合、SNR が 90.6dBFS、THD が -102dBc になります。

OP1177 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 AD7988-5 の間のカットオフ周波数が 295kHz になる RC フィルタ (200 $\Omega$ 、2.7nF) を備えています。このフィルタにより、OP1177 などのノイズが比較的大きなアンプ (8nV/ $\sqrt$ Hz) の使用を可能にしながら、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ことによる影響は、システムの SNR 性能が 0.4dB 低下するだけです。データシートの推奨値 (20 $\Omega$ ) に比べて大きな R の値 (200 $\Omega$ ) は、OP1177 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数 kHz に制限され、低歪みが得られます。

これは、最大 5kHz の入力に対する OP1177 の 16 ビット歪み性能 (THD が -100dBc 未満) に匹敵します。5kHz を超えると歪みが大きくなり、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。電源を設定する際、OP1177 は少なくとも 1.5V の入力ヘッドルーム/フットルームと 1V の出力ヘッドルーム/フットルームを必要とすることに注意してください。さらに、ドライバのセトリング・タイムが ADC の短い収集時間に対して十分でない (図 3 参照) ことから、300kSPS 以上で AD7988-5 を駆動するのに OP1177 は使用できないことにも注意する必要があります。

## 性能結果

この回路の目的は、サンプリング・レートが 300kSPS のときの 4kHz 未満の入力周波数に対して、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。4kHz の入力に対する回路性能の FFT プロットを図 2 に示します。SNR は 90.6dBFS、THD は -102dBc です。SNR が AD7988-5 の 91dBFS の規格値よりわずかに低下している主な理由は、OP1177 のノイズが 8nV/ $\sqrt$ Hz と、ADA4841-1 の 2nV/ $\sqrt$ Hz に比べて大きいからです。システムの総消費電力は 10.75mW で、ADC で 2.1mW (300kSPS で動作時)、アンプで 4mW、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 18.75mW に対して 12mW を消費する ADA4841-1 を使用した場合に比べて 43% の節電になることを表しています。

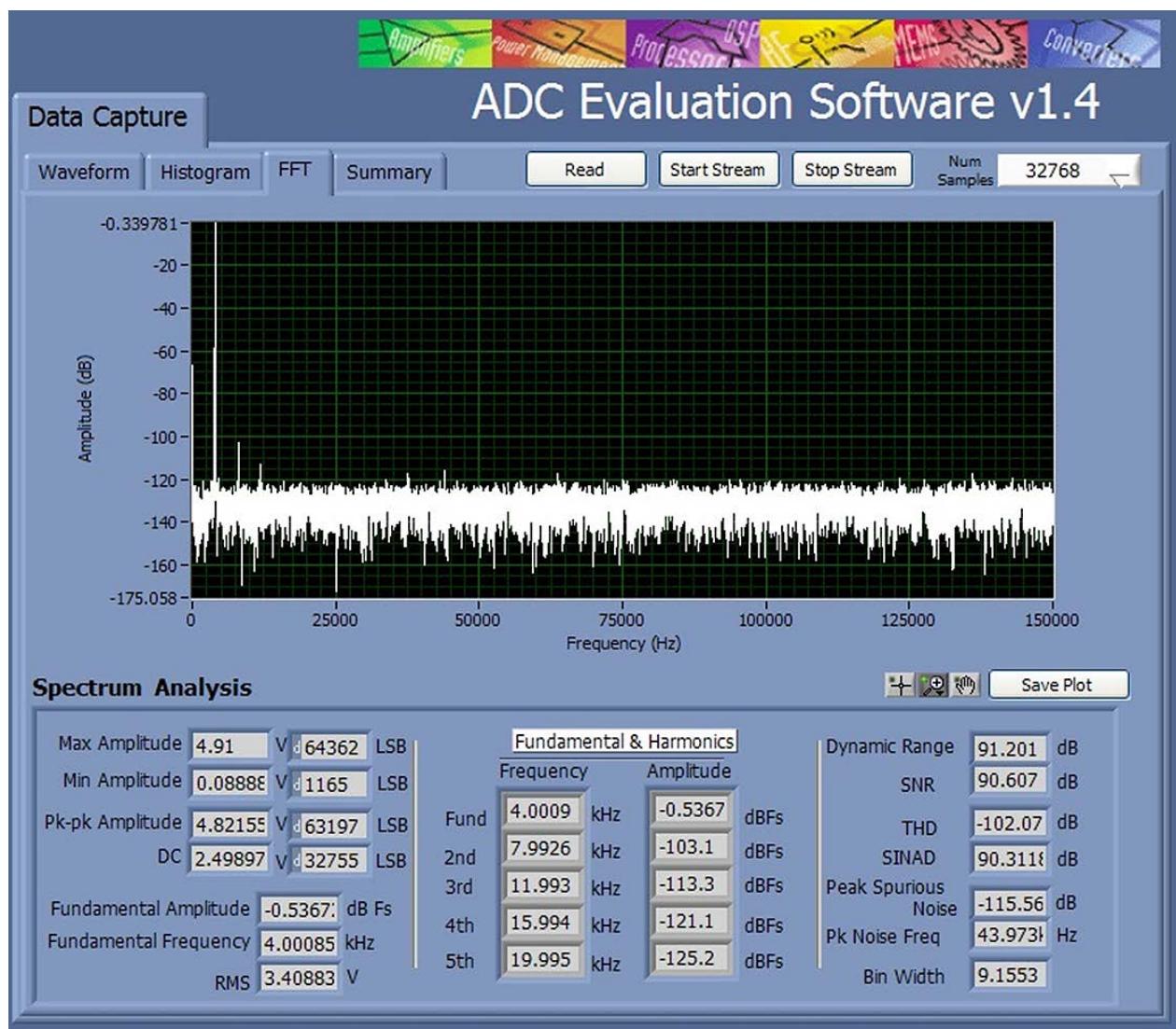


図 2. AD7988-5 を駆動するアンプ OP1177 を使用したシステムの回路性能

300kSPS を超える高いサンプリング・レートでシステムの THD が増加し、SNR が低下する様子を図 3 に示します。このため、最高の性能を得るには、ADC を 300kSPS 以下で動作させます。

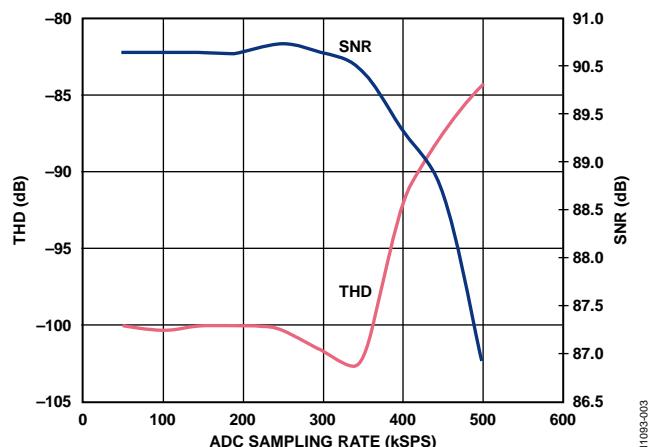


図 3. AD7988-5 を駆動するアンプ OP1177 の ADC のサンプリング・レートに対する THD および SNR

4kHz を超える入力周波数でシステムの THD が増加し、SNR が低下する様子を図 4 に示します。これは、図 5 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。

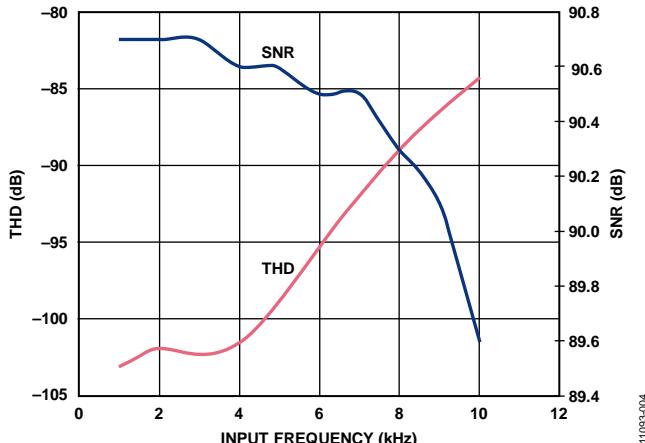


図 4. AD7988-5 を駆動するアンプ OP1177 の入力周波数に対する THD および SNR

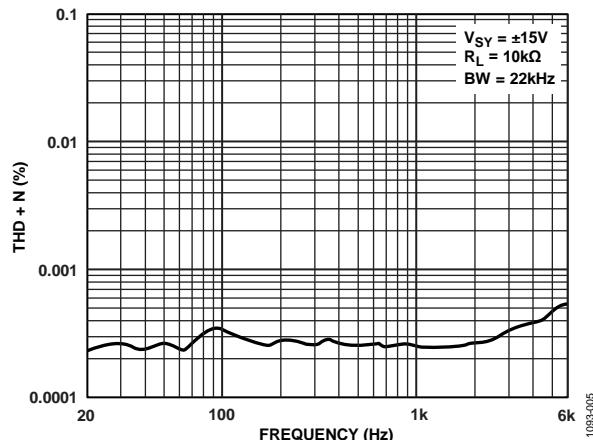


図 5. アンプ OP1177 の入力周波数に対する THD+N の性能

## バリエーション回路

アンプ OP1177 を使って AD7988-1（最大 100kSPS）や AD7980（最大 300kSPS）などのピン互換の ADC を駆動することができます。アンプ AD8641 を使って AD7988-5 を半分の電力（200μA）で駆動することができます。ただし、最大 100kSPS のサンプリング・レートに限られ、AC 性能が低下し低い入力周波数の範囲になります（回路ノート CN-0306 参照）。

## 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-CN0305-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 EVAL-CN0305-SDPZ 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・デバイセズの Web サイトの AD7988-5 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 6 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 6 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 4kHz、DC オフセットが 2.5V の 5Vp-p サイン波に設定します。ソフトウェア・ウインドウ内の ADC のサンプリング・レートを 300kSPS 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の詳細については、UG-340 ユーザー・ガイドを参照してください。

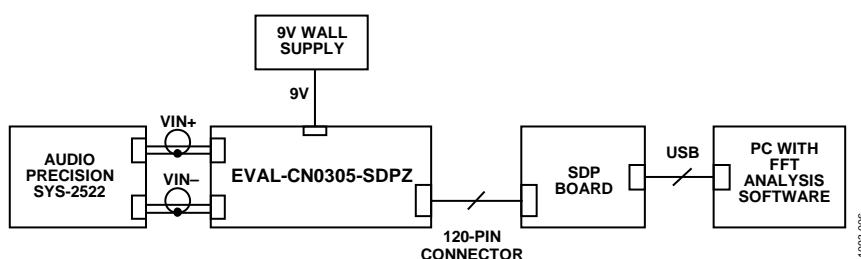


図 6. テスト・セットアップの機能図

## さらに詳しい資料

CN0305 Design Support Package:  
<http://www.analog.com/CN0305-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 : データ・コンバータのグラウンディングと、  
「AGND」および「DGND」に関する疑問の解消~

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-0305 評価ボード (EVAL-CN0305-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 データシート

AD7988-5 データシート

AD7980 データシート

ADR435 データシート

AD8641 データシート

OP1177 データシート

ADA4841-1 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: 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に作られており、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。