



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/CN0255> をご覧ください。

使用したリファレンス・デバイス	
AD7988-1	16ビット 100 kSPS PulSAR ADC
ADA4841-1	低消費電力、低ノイズアンプ
AD8032	デュアル、レール to レールバッファアンプ
AD8031	シングル、レール to レール入出力オペアンプ
ADR4525	2.5 V 低ノイズ、リファレンス電圧

16 ビット、100kSPS、単電源、低消費電力 データ・アキュイジション・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-0255 評価用ボード (EVAL-CN0255-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

多くのシステムでは、性能と消費電力がトレードオフとなりますが、この回路設計では、これらのトレードオフを分析し、16ビット、100 kSPSデータ・アキュイジション・システムにおいて低消費電力 (8mW標準) かつ高性能を実現している箇所に焦点を当てています。

この回路には、高性能、低電圧、低消費電力オペアンプ ADA4841-1と、低消費電力 (350μA) PulSAR® A/Dコンバータ (ADC) AD7988-1が使用されています。ADA4841-1はADCドライバ・アンプとして、AD7988-1の入力に接続されています。動的性能が優れており、単電源電圧での動作とレールtoレール出力が可能なので、このオペアンプが選択されました。さらに、入力同相電圧範囲に負電源レールが含まれます。

AD7988-1 ADCは、2.4V~5.1Vの範囲の外部電圧リファレンスを必要とします。このアプリケーションで選択された電圧リファレンスは、ADR4525 2.5V高精度リファレンスです。

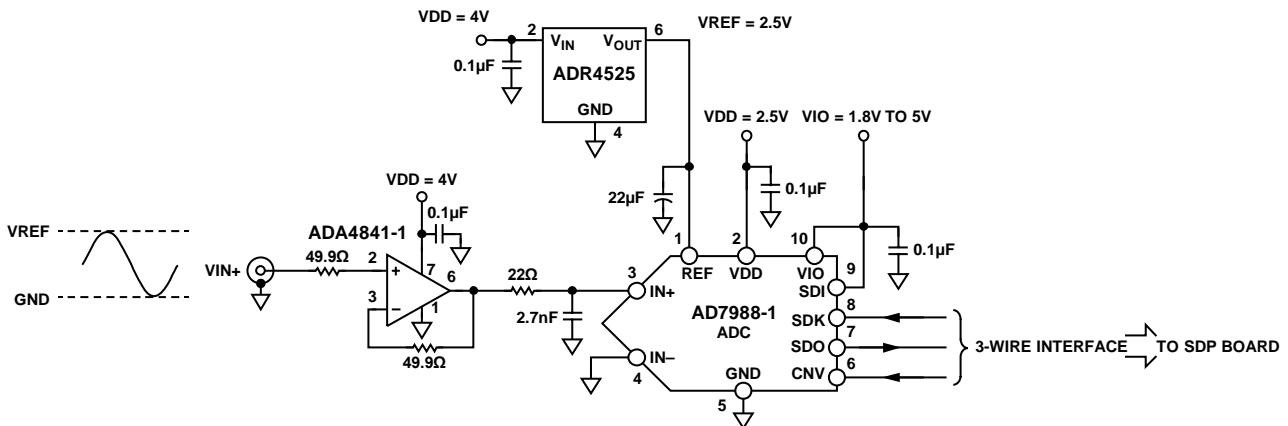


図 1. シングルエンド、低電圧、低消費電力、16 ビット、100kSPS の基本的な ADC ソリューション

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。

Rev. A

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

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

回路説明

この回路の心臓部は、単一 VDD 電源で動作する AD7988-1 16 ビット、100 kSPS 逐次比較型 ADC です。このデバイスは、低消費電力、高速 16 ビット・サンプリング ADC と、汎用シリアル・ポート・インターフェース (SPI) を備えています。CNV の立上がりエッジで、アナログ入力 IN+ (0V~REF 間) を、グラウンド検出ピン IN- を基準にしてサンプリングします。リファレンス電圧、REF、は外部より与えられますが、電源電圧、VDD とは独立して設定することができます。

この回路ノートで行った実験では、AD7988-1 評価用ボードをシステム・デモンストレーション・プラットフォーム

(SDP) EVAL-SDP-CB1Z とインターフェースさせました。この場合、ADC の SPI 互換シリアル・インターフェースを DSP の SPORT インターフェースに接続しました。ADC の SPI インターフェースを使うと、単一の 3 線バス上で複数の ADC をデジタイズ接続することができます。専用の VIO 電源ピンを使用することにより、1.8V、2.5V、3V、または 5V ロジックに対応します。

AD7988-1 は、10 ピン MSOP または 10 ピン QFN (LFCSP) パッケージに収められています。便宜上、このボードでは MSOP パッケージを使用しています。

ADC 入力は、1.1mA (typ) の静止電源電流で動作する、ユニティゲインで安定した、低ノイズ、低歪み、レール to レール出力アンプ ADA4841-1 によってバッファされ、駆動されます。このアンプは、広帯域での電圧ノイズが 2.1nV/√Hz、電流ノイズが 1.4pA/√Hz と小さく、100kHz でのスプリアスフリー・ダイナミック・レンジ (SFDR) が -105dBc と優れています。低い周波数で低ノイズ環境を維持するため、このアンプの 10Hz での 1/f ノイズは低く、7nV/√Hz と 13pA/√Hz です。

ADA4841-1 の特長として、このアプリケーションでは負電源レールをグラウンドに接続した状態でシングル・レールによって動作可能なので、単電源アプリケーションに最適です。

アンプ出力はグラウンド・レベルの 50mV 以内まで振幅することができ、このアプリケーションでは許容できます。入力同相電圧の範囲は負電源レールから正電源レールの 1V 以内であることに注意してください。このため、対象となる信号範囲 (0V~2.5V) に対応するのに 1V のヘッドルームが必要になるので、この回路では 4V レールを使用しました。

ADA4841-1 は 6 ピン SOT-23 パッケージまたは 8 ピン SOIC パッケージで供給されます。

このアプリケーションで使用されている 2.5V 電圧リファレンスは、ADR45xx リファレンス・シリーズの ADR4525 です。このデバイスは高精度、低消費電力、低ノイズで、±0.01% の初期精度、優れた温度安定性、および低出力ノイズを特長とします。ADR4525 は熱による出力電圧ヒステリシスが小さく長期出力電圧ドリフトが小さいので、システム性能が向上します。このデバイスは最大動作電流が 700μA で、ドロップアウト電圧が最大 500mV と低く、携帯機器で使用するのに最適です。

この回路で使用されている 3 つのデバイスはそれぞれ、-40°C ~ +125°C の工業用温度範囲で動作仕様が規定されています。

性能予測

このアプリケーションでは電力が鍵になるので、多くの利用可能なデバイスから適切に選択できるように、回路の各構成部品の影響を分析することが必要です。最初のステップとして、選択した 3 つのデバイスの個々の電源電流を調べました。

各構成部品の電源電流の代表的な計算値と測定値を表 1 に示します。ADC のデジタル・インターフェースの VIO 電源からの影響はごくわずかなため、ここには含まれていません。電流の測定値と計算値は良く対応しています。小さな差は、受動部品と代表的なデータシートの仕様からの電源電流のわずかなばらつきに起因しています。

表 1. 電源電流による影響の計算値と測定値

負荷	内容	計算値			測定値		
		電源電流	電源電圧	電力	電源電流	電源電圧	電力
ADC	AD7988-1	150 μA	2.5 V	375 μW	148 μA	2.5 V	370 μW
ドライバ	ADA4841-1	1.1 mA	4 V	4.4 mW	1.95 mA	4 V	7.8 mW
リファレンス	ADR4525	700 μA	4 V	2.8 mW			
リファレンス負荷	ADC ref 電流	60 μA	4 V	240 μW			
合計				7.81 mW			8.17 mW

低い値のリファレンス電圧を使用する場合、AD7988-1 ADC の AC 性能がある程度低下することが予想されます。この性能低下を図 2 に示します。ここでは、信号対ノイズ比 (SNR)、信号対ノイズおよび歪み比 (SINAD)、および有効ビット数 (ENOB) がリファレンス電圧の関数として示されています。2.5V リファレンスでは、約 86dB~87dB の SNR 性能が予想されることに注意してください。

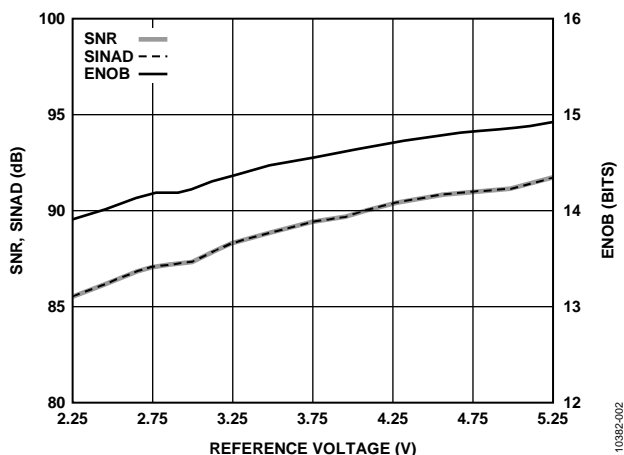


図 2. AD7988-1 ADC のリファレンス電圧に対する SNR、SINAD、ENOB

この回路の測定結果を図 3 に示します。前の図 2 に示したように、86.17dB の SNR 性能は 2.5V リファレンス電圧で予想された値と同程度です。

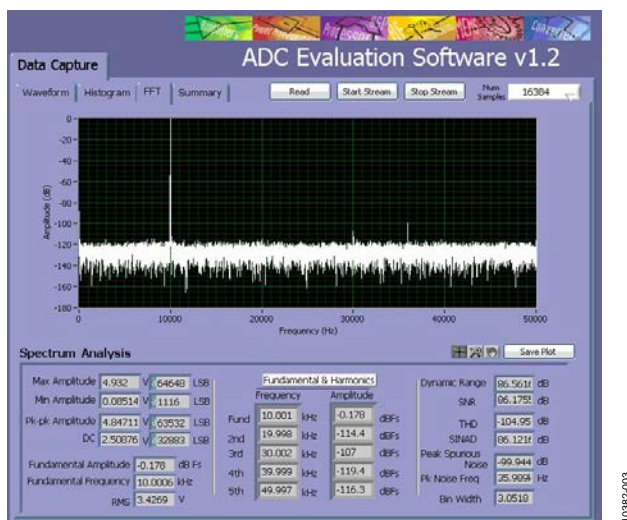


図 3. 10kHz の入力トーンを 100 kSPS のサンプリング・レートで測定した AC 性能、SNR = 86.17dB

バリエーション回路

PulSAR®ファミリーのその他のピン互換 16 ビット ADC では、高いサンプリング・レートの AD7988-5 (500kSPS)、AD7980 (1MSPS)、AD7983 (1.33MSPS) が利用可能です。サンプリング・レートが高いと、より多くの電力を必要とすることに注意してください。また、高い分解能が必要な場合は、ピン互換デバイスである AD7691 (18 ビット、250kSPS)、AD7690 (18 ビット、400kSPS)、AD7982 (18 ビット、1MSPS 差動入力)、AD7984 (18 ビット、1.33MSPS) が適しています。

高い入力電圧範囲が必要な場合には、リファレンスと ADC ドライバの両方に、高い電圧リファレンスと高い電源レールを選択します。

同様の条件 (ただし、サンプリング・レートは 500 kSPS) での AD7988-5 ADC (16 ビット、500 kSPS) の動的性能を図 4 に示します。SNR は 86.37dB になります。

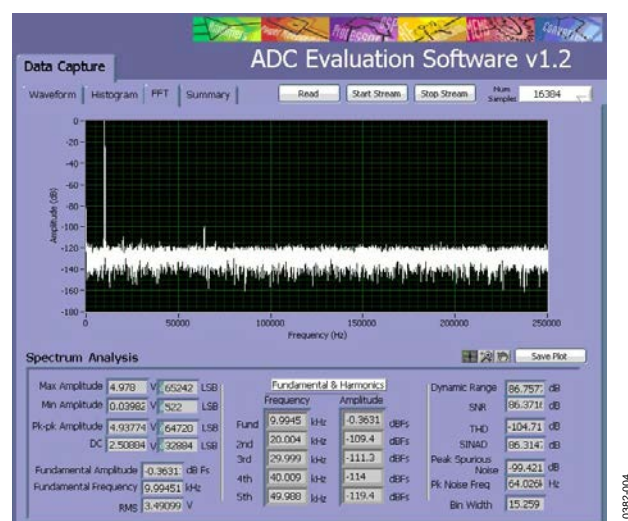


図 4. 500 kSPS の AD7988-5 ADC を使用して 10kHz の入力トーンを 500 kSPS のサンプリング・レートで測定した AC 性能、SNR = 86.37dB

入力同相電圧バイアス・アンプの追加

AC 結合のアプリケーションでは、入力信号をその中心が ADC の入力範囲内 (2.5V リファレンスでは 0V~2.5V) になるようにバイアスする必要があります。図 5 に示す回路は、この同相信号の要件に対応します。

このアプリケーションでは、多種のアンプをバッファ目的で使用することができます。AD8031 は、80MHz の小信号帯域幅での高速性能、30V/μs のスルーレート、および 125ns のセ

トリング・タイムを特長とする単電源の電圧帰還アンプです。このアンプは、容量性負荷のときにユニティゲインで安定し、3.3V 単電源で消費する電力は 2.5mW 未満です。AD8031 は 5 ピン SOT-23、8 ピン SOIC、8 ピン PDIP、8 ピン MSOP パッケージで供給されます。この回路では、分圧器を使って ADA4841-1 の入力に必要な 1.25V の同相電圧を供給します。この分圧器への 2.5V 電圧リファレンスをバッファするのに AD8031 が使用されています。バッファで消費される追加の電力を表 2 に示します。

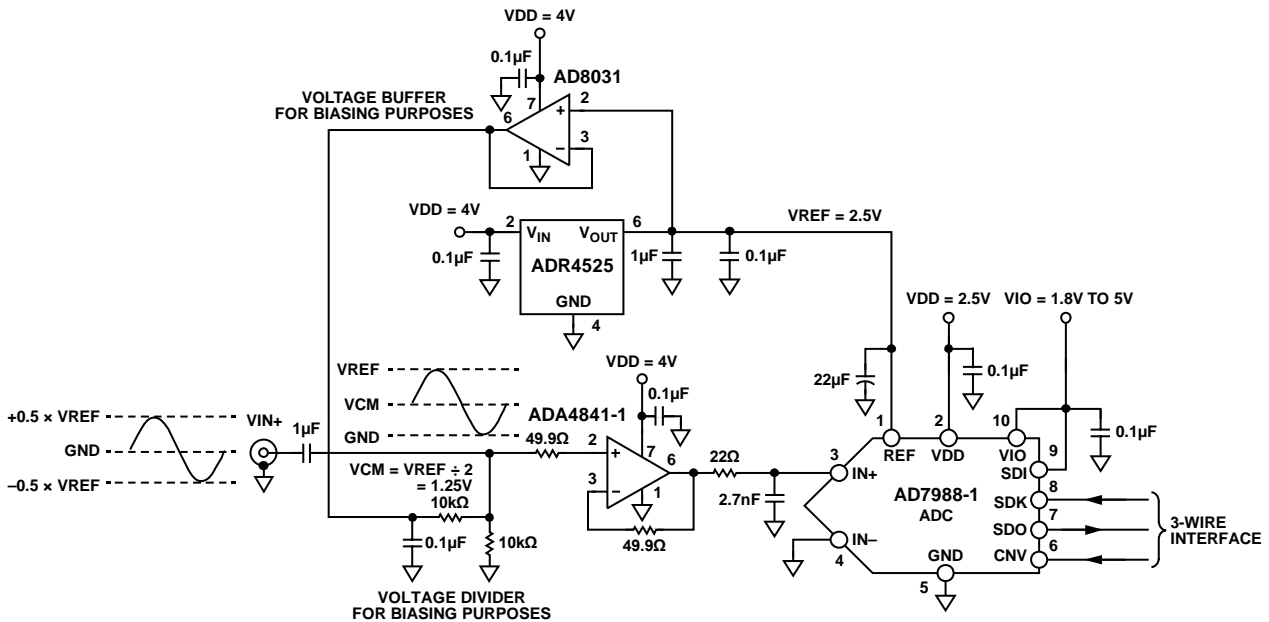


図 5. AC 結合アプリケーションの入力電圧範囲を中心に合わせるのに使用される同相バッファを追加して強化した回路

表 2. VCM バッファ (AD8031) を含む電源電流の影響の計算値

負荷	内容	電源電流	電源電圧	電力
ADC	AD7988-1	150 μA	2.5 V	375 μW
ドライバ	ADA4841-1	1.1 mA	4 V	4.4 mW
リファレンス	ADR4525	600 μA	4 V	2.4 mW
VCM バッファ	AD8031	750 μA	4 V	3 mW
合計				10.17 mW

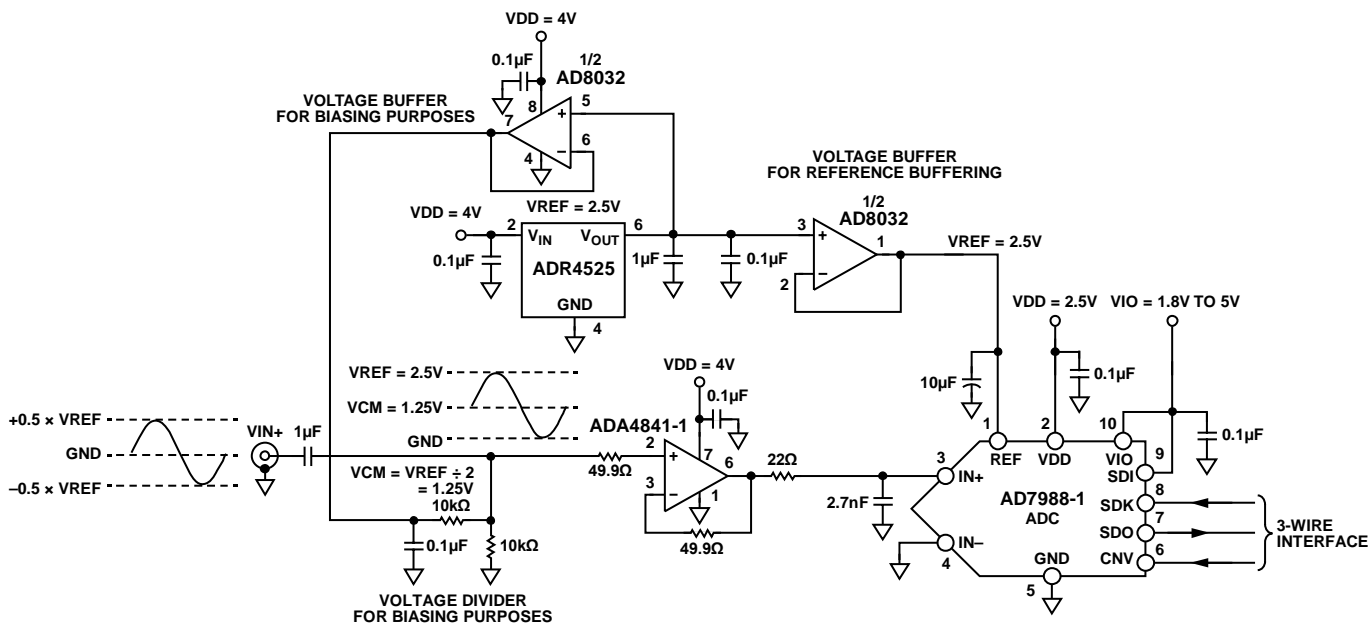


図 6. 同相バッファとリファレンス・バッファを追加して強化した回路

リファレンス電圧バッファの追加

電圧リファレンスが別の回路で共有されるアプリケーションの場合、最適な性能を確保するためにリファレンス電圧をバッファする必要があるかもしれません。この例では、図 6 に示すように、AD8032 (AD8031 のデュアル・バージョン) を使うと良好に動作します。ADC のリファレンス入力をバッファすると、デカップリング値を、できるだけデバイスの近くに配置した 10μF のセラミック・チップ・コンデンサまで小さくすることができます。

図 6 に示すように、AD8032 アンプを使って VCM 電圧レベルを生成し、リファレンス電圧をバッファするときの、AD7988-1 と AD7988-5 のそれぞれの性能を図 7 と図 8 に示します。この回路は EVAL-CN0255-SDPZ ボードに実装されています。

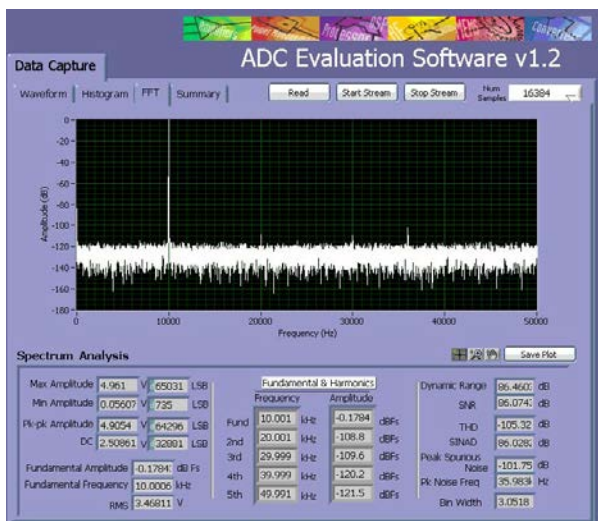


図 7. 10kHz の入力トーンを測定した AC 性能 (サンプリングが 100 kSPS の AD7988-1 を使用)

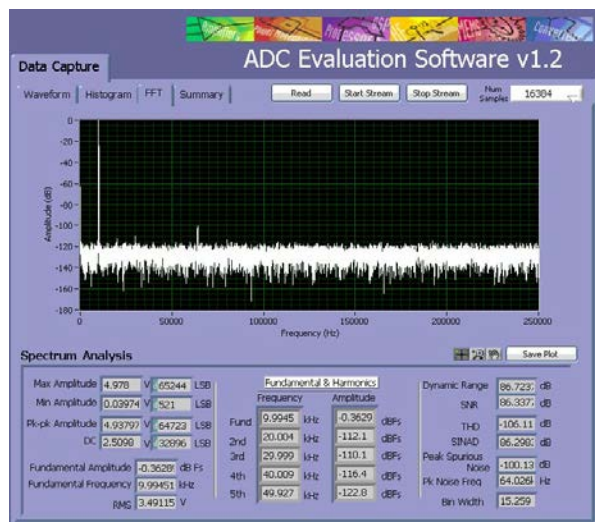


図 8. 10kHz の入力トーンを測定した AC 性能 (サンプリングが 500 kSPS の AD7988-5 を使用した同等の構成)

回路の評価とテスト

必要な装置（相当品で置き換え可）

- [EVAL-CN0255-SDPZ](#)
- システム・デモ用ボード（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
- 2.5V と 4V の電源
- 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

AC 性能の測定セットアップのブロック図を図 9 に示します。2.5V と 4V の電源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 9 に示すように接続します。Audio Precision の SYS-2522 信号発生器を、周波数が 10kHz、DC オフセットが 1.25V の 2.5Vp-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。

ソフトウェアによる解析機能が評価用ボードのソフトウェアに含まれており、これにより、AC および DC の性能データの収集と解析を行うことができます。

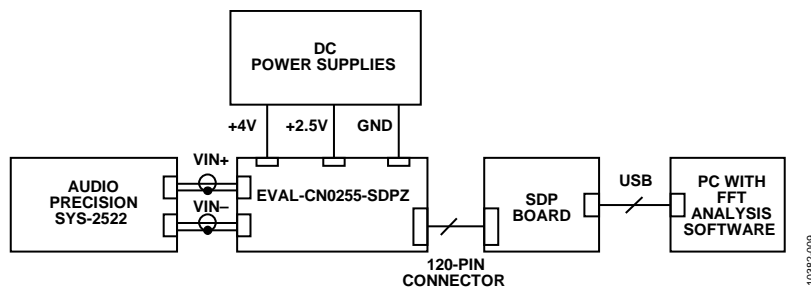


図 9. AC 性能測定用回路のテスト・セットアップ

さらに詳しい資料

CN0255 Design Support Package: <http://www.analog.com/CN0255-DesignSupport>

System Demonstration Platform (SDP) website

MT-021 Tutorial : Successive Approximation ADCs, Analog Devices

Voltage Reference Selection and Evaluation Wizard, 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.

データシートと評価ボード

CN-0255 評価用ボード (EVAL-CN0235-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

ADR4525 データシート

AD8031 データシート

AD8032 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

4/12—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。