

Circuits from the Lab
Reference Designs

Circuits from the Lab® reference designs are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit www.analog.com/CN0305.

连接/参考器件

AD7988-5	16位、500 kSPS PuISAR ADC
OP1177	精密、低噪声、低输入偏置电流运算放大器
ADR435	5.0 V超低噪声XFET®基准电压源

针对高达4 kHz子奈奎斯特输入信号进行优化的16位、300 kSPS、低功耗数据采集系统

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0305电路评估板\(EVAL-CN0305-SDPZ\)](#)

[系统演示平台\(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

设计和集成文件

[原理图、布局文件、物料清单](#)

电路功能与优势

图1中的电路是一个16位、300 kSPS逐次逼近型模数转换器(ADC)系统,其驱动放大器针对最高4 kHz输入信号和300 kSPS采样速率、10.75 mW低功耗系统而优化。

这种方法对于便携式电池供电、要求低功耗的多通道应用极为有用。它还对那些两次转换突发之间的大部分时间ADC都处于空闲状态的应用提供了优势。

通常,高性能逐次逼近型ADC的驱动放大器用于处理宽范围的输入频率。然而,当某个应用需要更低的采样速率

时,便可节省大量功耗,因为降低采样速率会相应地降低ADC功耗。

若要完全利用通过降低ADC采样速率使功耗下降的优势,则需要使用低带宽、低功耗放大器。

例如,针对最高输入约为100 kHz并搭配AD7988-5 16位逐次逼近型寄存器(SAR) ADC(500 kSPS时功耗为3.5 mW, 300 kSPS时功耗为2.1 mW)的应用,推荐使用ADA4841-1 80 MHz的运算放大器(10 V时功耗为12 mW)。包括ADR435基准电压源(7.5 V时功耗为4.65 mW)在内的总系统功耗在300 kSPS时为18.75 mW。

对于输入带宽低于4 kHz以及采样速率低于300 kSPS的情况,OP1177 1.3 MHz运算放大器(10 V时功耗为4 mW)可提供出色的信噪比(SNR)和总谐波失真(THD)性能,并且在300 kSPS时可将总系统功耗从18.75 mW降低至10.75 mW,降幅达43%。

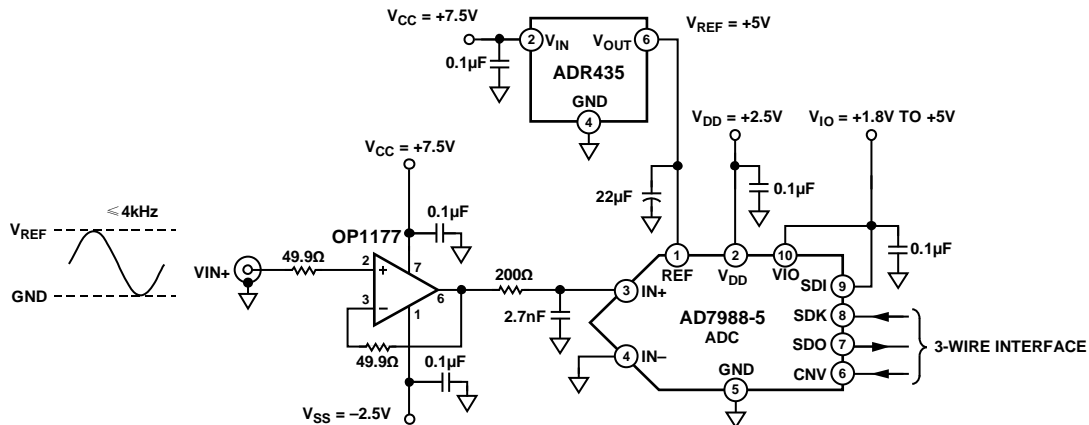


图1. 使用OP1177低功耗放大器驱动AD7988-5 ADC的系统电路图(原理示意图: 未显示所有连接)

Rev. A

Circuits from the Lab® reference designs from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

电路描述

该电路包含AD7988-5 ADC、OP1177放大器和ADR435基准电压源。AD7988-5是一款16位、500 kSPS SAR ADC，其低功耗可随采样速率调整，500 kSPS时功耗为3.5 mW。除了低功耗，它还具有业界领先的交流性能：SNR = 91 dB，THD = -114 dBc。

驱动放大器采用OP1177低功耗、精密器件，其电源电流为400 μ A，增益带宽积为1.3 MHz。OP1177可采用5 V至30 V的电源供电。ADC的基准电压源采用ADR435，这是一款高精度、低噪声、5 V XFET基准电压源。低电源电流(620 μ A)时，ADR435具有极低的温度系数(3 ppm/ $^{\circ}$ C)。300 kSPS时，本电路的总功耗为10.75 mW。信噪比(SNR)为90.6 dBFS，总谐波失真(THD)为-102 dBc，输入频率最高为4 kHz。

OP1177配置为单位增益缓冲器，并且它与AD7988-5之间有一个截止频率为295 kHz的RC滤波器(200 Ω ，2.7 nF)。滤波器允许使用诸如OP1177等噪声更高的放大器，在8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 下依然具有低得多的功耗。以更高的噪声换取更低的功耗，而其代价仅是系统的信噪比(SNR)性能下降了0.4 dB。相对于数据手册中推荐的数值(20 Ω)，更高的R值(200 Ω)表示OP1177可以驱动2.7 nF的大容量输入电容。更高的R值可将最大输入带宽限制为数kHz，使得失真较低。

对于最高5 kHz的输入，OP1177能够实现16位失真性能(THD 低于-100 dBc)。超过5 kHz会加剧失真，因此不建议在更高的输入频率下使用该电路，而由于较长的建立时间，亦不建议在多路复用器应用中使用该放大器。注意，OP1177需要至少1.5 V的输入上裕量/下裕量，并且设置电源时需要1 V输出上裕量/下裕量。另外需注意的是，OP1177无法用来驱动300 kSPS以上的AD7988-5，因为驱动器建立时间不足以满足更短的ADC采集时间(见图3)。

性能结果

本电路的目的是在输入频率低于4 kHz、采样速率为300 kSPS的情况下，以尽可能最低的ADC驱动器功耗水平提供良好的交流性能。图2显示4 kHz输入时的电路性能FFT图。信噪比(SNR)为90.6 dBFS，总谐波失真(THD)为-102 dBc。相比91 dBFS的规格，AD7988-5的信噪比(SNR)略微下降的主要原因是OP1177具有比ADA4841-1的2 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 稍高的噪声，为8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。总系统功耗为10.75 mW，其中：ADC为2.1 mW(采样速率为300 kSPS)，放大器为4 mW，基准电压源为4.65 mW。这说明相对于ADA4841-1的12 mW，它可降低43%的功耗，总系统功耗为18.75 mW。

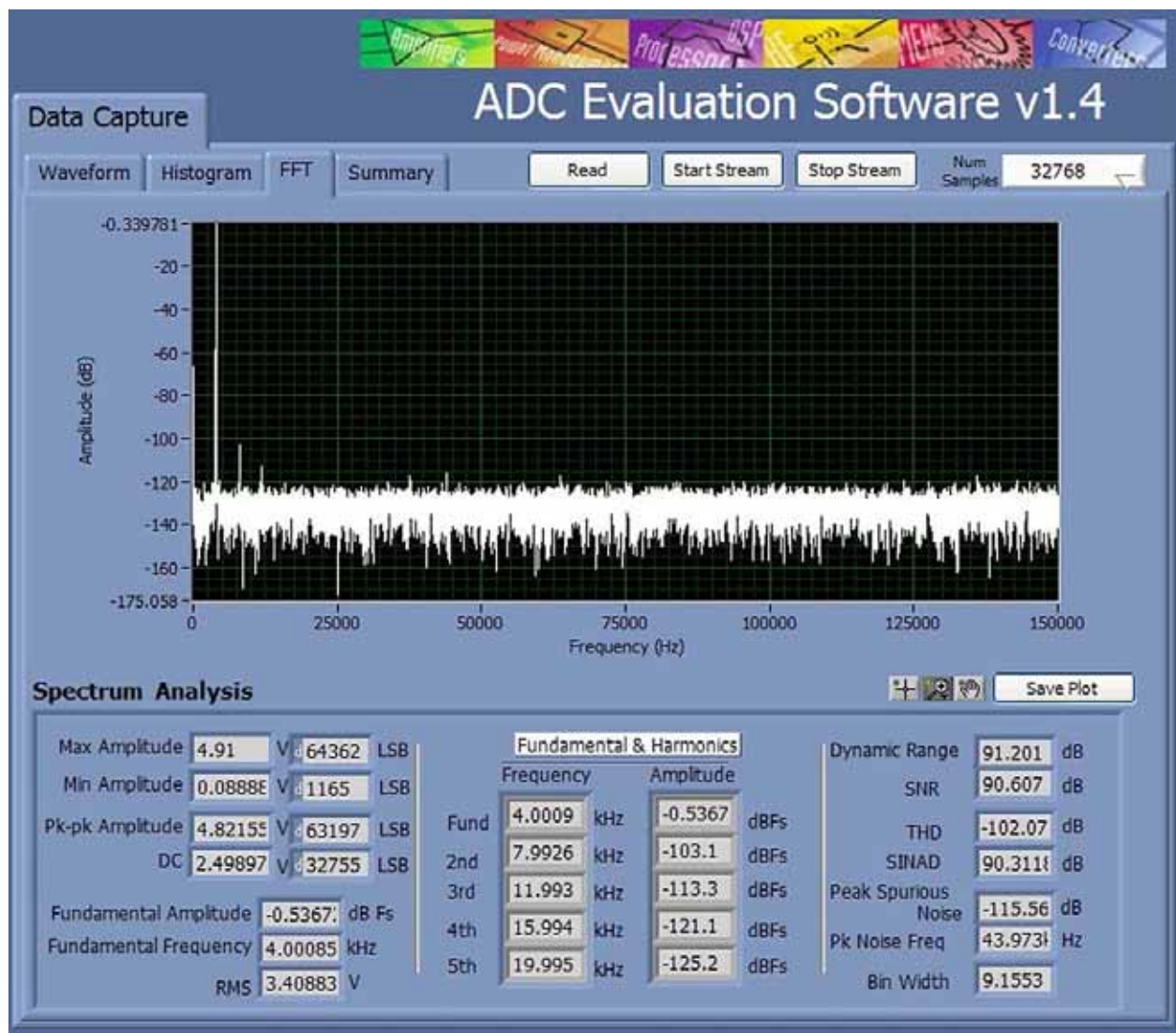


图2. 使用OP1177放大器驱动AD7988-5的系统电路性能

图3显示在超过300 kSPS的较高采样速率下，系统的总谐波失真(THD)如何增加，以及信噪比(SNR)如何下降。基于这个理由，让ADC在300 kSPS或更低条件下工作，可获得最佳性能。

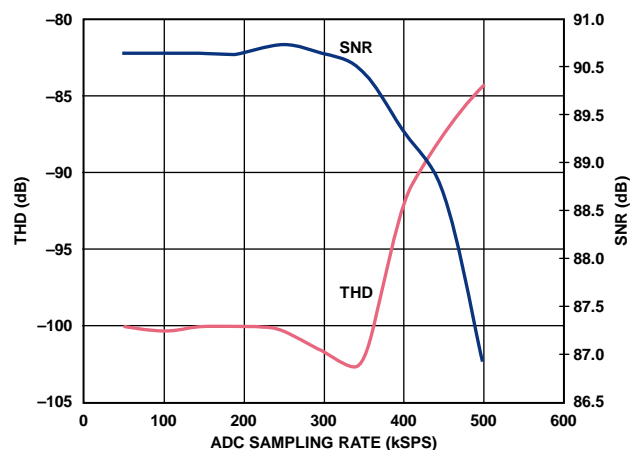


图3. OP1177放大器驱动AD7988-5时，总谐波失真(THD)和信噪比(SNR)与ADC采样速率的关系

图4显示随着输入频率超过4 kHz，系统总谐波失真(THD)增加，以及信噪比(SNR)下降。这是由于放大器失真导致的，可从图5中的总谐波失真加噪声(THD+N)与频率的关系曲线看出。

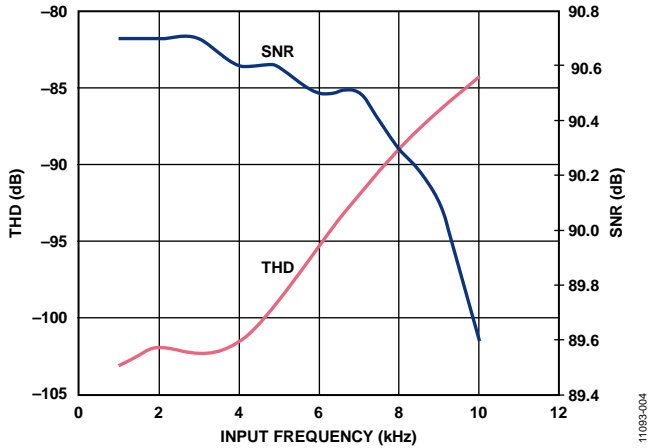


图4. OP1177放大器驱动AD7988-5时，总谐波失真(THD)和信噪比(SNR)与输入频率的关系

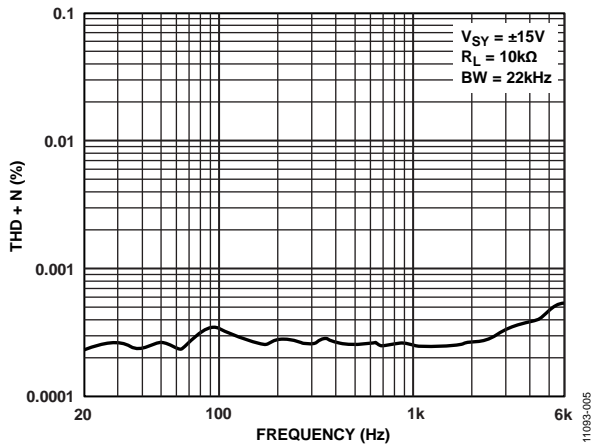


图5. OP1177放大器的总谐波失真加噪声(THD+N)与输入频率的关系

常见变化

OP1177放大器可用于驱动引脚兼容型ADC，如将AD7988-1驱动至最高100 kSPS，以及将AD7980驱动至最高300 kSPS。AD8641放大器能够以一半的功耗(200 μ A)驱动AD7988-5；但其采样速率最高仅为100 kSPS，并且交流性能下降、输入频率范围也更窄(参见CN-0306电路笔记)。

电路评估与测试

设备要求(可以用同等设备代替)

需要以下设备：

- EVAL-CN0305-SDPZ评估板
- 系统演示板(EVAL-SDP-CB1Z)
- 函数发生器/信号源，例如这些测试中使用的 Audio Precision SYS-2522
- EVAL-CN0305-SDPZ评估板自带的9 V壁式电源
- 带USB端口的PC、USB电缆，并且已安装10引脚PulSAR软件

设置与测试

从ADI网站的AD7988-5产品页面下载10引脚PulSAR软件，并使用UG-340用户指南中的安装指南进行安装。测量设置的功能框图如图6所示。将9 V壁式电源连接至评估板的电源引脚。若要测量频率响应，设备应按图6所示进行连接。将Audio Precision SYS-2522信号发生器设置为4 kHz频率和5 V p-p正弦波，并具有2.5 V直流漂移。在软件窗口中，设置ADC采样速率为300 kSPS。使用评估板软件记录数据。软件分析是评估板软件的一部分，使用户可以采集并分析直流和交流性能。该软件及其特性详见UG-340用户指南。

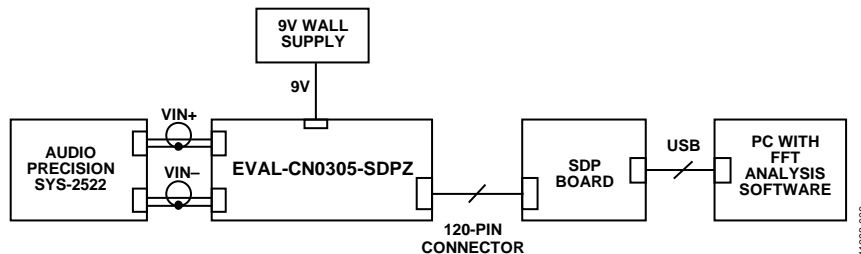


图6. 测试设置功能框图

了解详情

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, *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

数据手册和评估板

CN-0305 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0305-SDPZ)

System Demonstration Platform (EVAL-SDP-CB1Z)

AD7988-1 Data Sheet

AD7988-5 Data Sheet

AD7980 Data Sheet

ADR435 Data Sheet

AD8641 Data Sheet

OP1177 Data Sheet

ADA4841-1 Data Sheet

修订历史

2013年12月—修订版0至修订版A

更改标题..... 1

2012年11月-版本0： 初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab reference designs in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2012–2013 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN11093sc-0-12/13(A)

