

利用过采样增加SAR ADC的动态范围

Maithil Pachchigar
ADI公司应用工程师

in 分享至LinkedIn | 电子邮件

您使用过任何ADC(Δ-Σ或SAR)并使其工作在过采样模式下吗?您是否得到了需要的结果?您遇到过什么问题吗?

以前有些关于Δ-Σ和SAR(逐次逼近型)ADC概述中,曾讨论过信噪比(SNR)和有效位数(ENOB)相关的过采样技术。过采样技术最常用于Δ-Σ型ADC,但也可用于SAR ADC。本文将对此做进一步讨论。首先是系统级概要介绍:

用于光谱分析、磁共振成像(MRI)、气相色谱分析、振动、石油/天然气勘探和地震仪的高性能数据采集信号链要求具备高动态范围(DR)性能,同时降低功耗、尺寸和成本。获得较高动态范围的一种方法,是对转换器过采样,以便精确监控并测量来自传感器微弱和强烈的输入信号。

还有其它多种方法可以提升ADC动态范围,比如并行运行多个ADC并对输出结果进行数字后期处理以获得平均值,或者使用可编程增益放大器。然而,有些设计师可能会觉得这些方法太麻烦,或者觉得不能在他们的系统中实现——这主要是因为功耗、尺寸以及成本的限制。本技术文章重点讨论高吞吐速率、5 MSPS、18/16位精密SAR转换器的过采样,利用直观的ADC样本求均值,提升动态范围性能。

过采样描述

过采样是一种高性价比的过程,以大幅高于奈奎斯特频率的速率对输入信号进行采样,提升SNR和分辨率(ENOB),同时还能降低抗混叠滤波器的要求。原则上讲,对ADC进行4倍过采样可额外提供1位分辨率,或增加6 dB的动态范围。提升过采样率(OSR)可降低整体噪声并增加DR,因为过采样为 $\Delta DR = 10\log_{10}(OSR)$,单位dB。

类似于Δ-Σ型ADC过采样,高吞吐速率SAR ADC过采样还能改善抗混叠性能,并降低总噪声。很多情况下,过采样是Δ-Σ型ADC的固有属性,可以顺利实现,并且集成数字滤波器和抽取功能。然而,Δ-Σ型ADC通常不适合用于输入通道间的快速切换(多路复用)。如图1所示,Δ-Σ型ADC基本过采样调制器对量化噪声进行整形,使其大部分出现在目标带宽以外,从而增加低频下的整

体动态范围。然后,数字低通滤波器(LPF)过滤目标带宽以外的噪声,抽取器降低输出数据速率,使其回落至奈奎斯特速率。

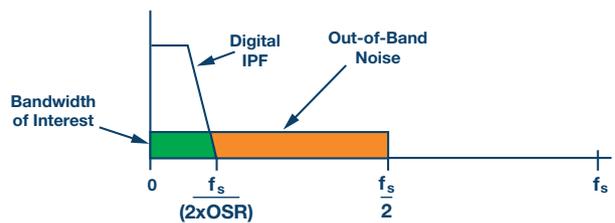


图1. 奈奎斯特转换器过采样

5 MSPS、18/16位精密转换器

关于其实际工作原理的示例,可参考AD7960和AD7961器件。这两款器件分别是18/16位ADC,最高转换速率为5 MSPS。它们使用专用的容性数模转换技术,可降低噪声并改善线性度,同时不会产生延迟或流水线延迟。由于兼具低RMS噪声和高吞吐速率性能,因而实现了低噪声底。这使得这些ADC适合于过采样应用。

AD7960/AD7961系列采用1.8 V和5 V电源供电,在自时钟模式下进行转换时,5 MSPS速率的功耗仅为39 mW;而在回波时钟模式下进行转换时,5 MSPS速率的功耗为46.5 mW。如图2所示,功耗随吞吐速率线性变化,使其非常适合低功耗便携式应用。

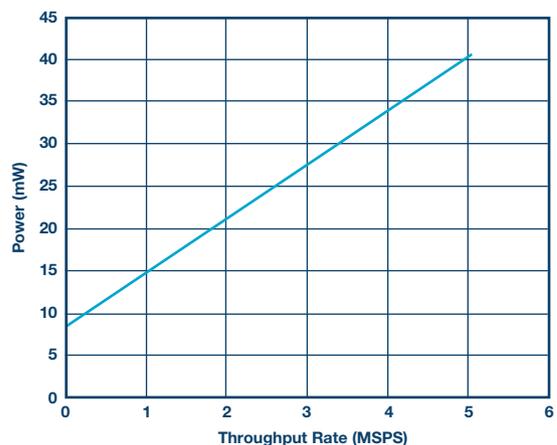


图2. AD7960功耗与吞吐速率的关系

从直流到 $f_s/2$ 范围内的信号频谱以及平坦噪声如图5和图6所示，表示可对噪声进行过滤，使其降低至 $f_s/(2 \times \text{OSR})$ ，以改善动态范围和SNR。此时，过采样动态范围是峰值信号功率与ADC输出FFT测量的噪声功率之比，测量范围为直流至 $f_s/(2 \times \text{OSR})$ ，其中 f_s 表示ADC采样速率。

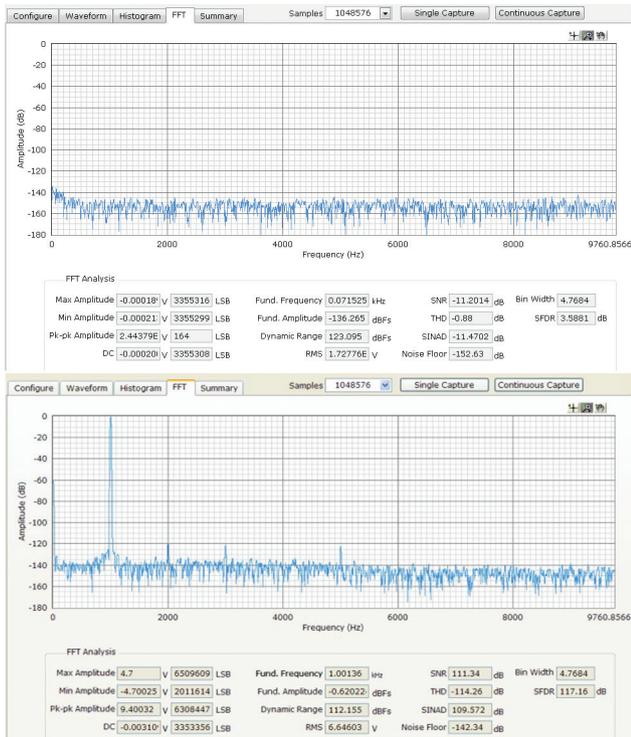


图5. AD7960在无输入信号且 $f_m = 1$ kHz时的过采样FFT输出 ($\text{OSR} = 256$, $\text{REF} = 5$ V)

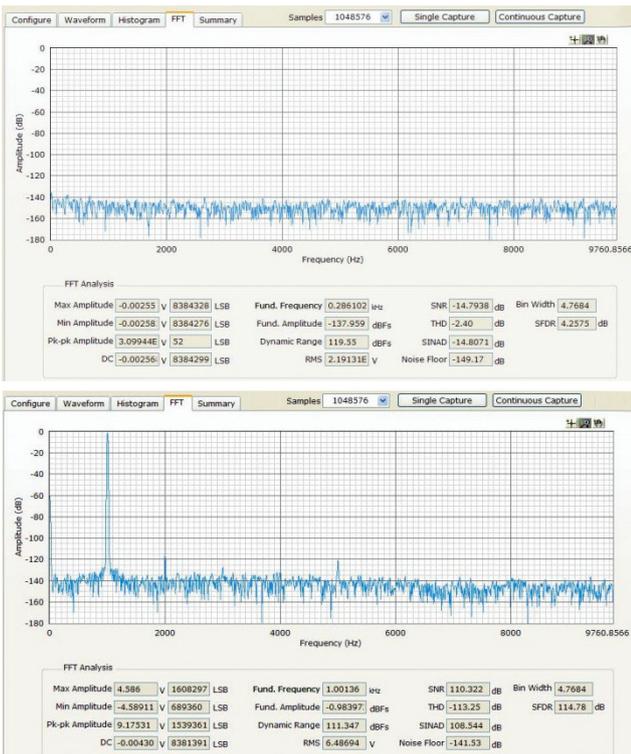


图6. AD7961在无输入信号且 $f_m = 1$ kHz时的过采样FFT输出 ($\text{OSR} = 256$, $\text{REF} = 5$ V)

如数据手册所述，采用5 V基准电压源时，AD7960和AD7961可分别实现100 dB和96 dB典型动态范围；因此理论上由于256过采样，我们应当看到动态范围增加了24 dB。

在实际中，这些器件测得的过采样动态范围分别为122 dB和119 dB，在19.53 kSPS输出数据速率下进行256倍过采样时无输入信号，这与理论计算值相比动态范围下降了1 dB到2 dB。它受到来自信号链组件、输入源和印刷电路板的低频噪声限制。采用1 kHz满量程正弦波输入信号时，这些器件分别可实现大约111 dB和110 dB的过采样SNR。图7显示AD7960如何随过采样率增加和输出数据速率下降而实现动态范围的增加。



图7. AD7960动态范围与输出数据速率的关系

应用示例

MRI系统工作频段为1 MHz至100 MHz RF，而计算机断层扫描(CT)和数字X射线工作在1016 Hz至1018 Hz频率范围内，并且需要让病人暴露在电离辐射下，会损害活组织。MRI梯度控制系统要求极高的动态范围、紧凑的线性度以及从DC到几十kHz的快速响应时间，并且要求在模拟或数字域中，其梯度精确控制到大约1 mA (1 ppm)以内，以增强图像质量。

使用具有优异规格数据的过采样SAR ADC (比如AD7960)可让设计工程师实现高动态范围，同时满足MRI系统的关键要求。这类系统要求可在医院或医生办公室中重复、长期稳定测量。设计工程师应当注意的其它要求是高分辨率、精度、低噪声、快速刷新速率和极低的输出漂移。

有关文中任意产品的更多信息，请访问：www.analog.com/cn/DAC

作者简介

Maithil Pachchigar是ADI公司精密转换器业务部的一名应用工程师。他于2010年加入ADI公司，为工业、仪表、医疗和能源行业的客户提供高精度ADC产品技术支持。自2005年以来，Maithil一直在半导体行业工作，并已发表多篇技术文章。他于2006年获得圣何塞州立大学电气工程硕士学位，并于2010年获得硅谷大学MBA学位。联系方式：maithil.pachchigar@analog.com。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

ezchina.analog.com



全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA12916sc-0-9/15

analog.com/cn

 **ANALOG
DEVICES**
超越一切可能™