ADI设计峰会
2013

数据转换：简化难题

实现更高信号处理性能的高级技术

李云梅，应用工程师 亚洲技术支持中心

XILINX
ALL PROGRAMMABLE

ANALOG DEVICES

法律声明

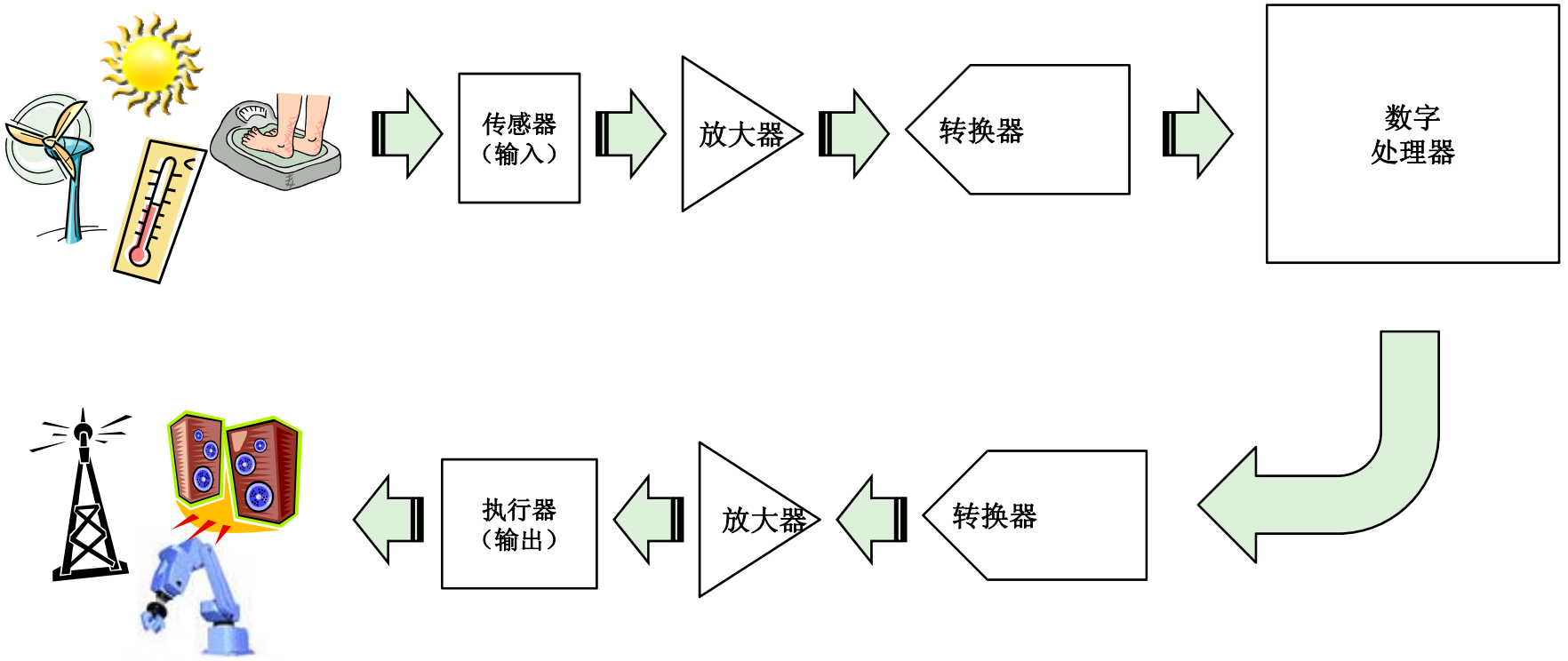
- **专有信息说明、免责与免除担保**

ADI演示文稿是ADI公司的财产。ADI演示文稿以及ADI提供或在此处使用的软件、文本、图片、设计元素、音频和所有其他资料（简称“ADI信息”）的所有版权、商标和其他知识产权和所有权均属ADI公司及其许可人所有。事先未经ADI书面许可，不得以任何方式、通过任何形式或媒介复制、出版、改编、修改、展示、分发或销售ADI信息。
ADI信息及ADI演示文稿均按“原样”提供。尽管ADI希望ADI信息及ADI演示文稿准确无误，但ADI不对ADI演示文稿和ADI信息作任何担保，包括但不限于关于准确性和完整性的担保。排字错误和其他失误都可能存在。ADI不保证ADI信息和ADI演示文稿能满足您的要求、准确、不会中断或不存在错误。ADI不对适销性、特定用途实用性或不侵犯任何第三方知识产权作任何明示或暗示的担保。对于因您使用ADI信息和ADI演示文稿而引起的或与其相关的任何损害或损失，包括但不限于数据丢失或损坏、电脑病毒、错误、遗漏、中断、缺陷或其他故障，无论此等责任属于侵权、合同或其他，ADI均不承担任何责任。使用其中提到的任何第三方软件须遵循与此等第三方签订的适用许可协议（若有）。

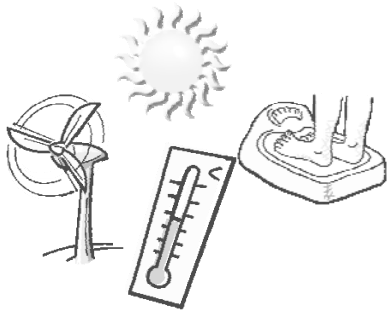
今日议程

- 信号链中的数据转换器
- 数据转换基础
- ADC驱动
- 输入结构
- 影响ADC性能的因素（时钟，基准电压，电源）
- 面向高速和高分辨率的DAC

物理信号到电子信号的转换和处理



物理信号到电子信号的转换和处理



传感器（输入）

放大器

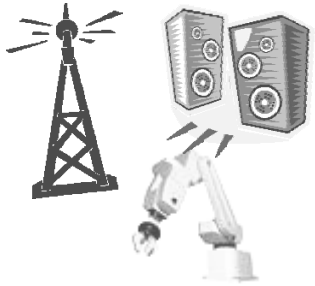
ADC

数字处理器

DAC

放大器

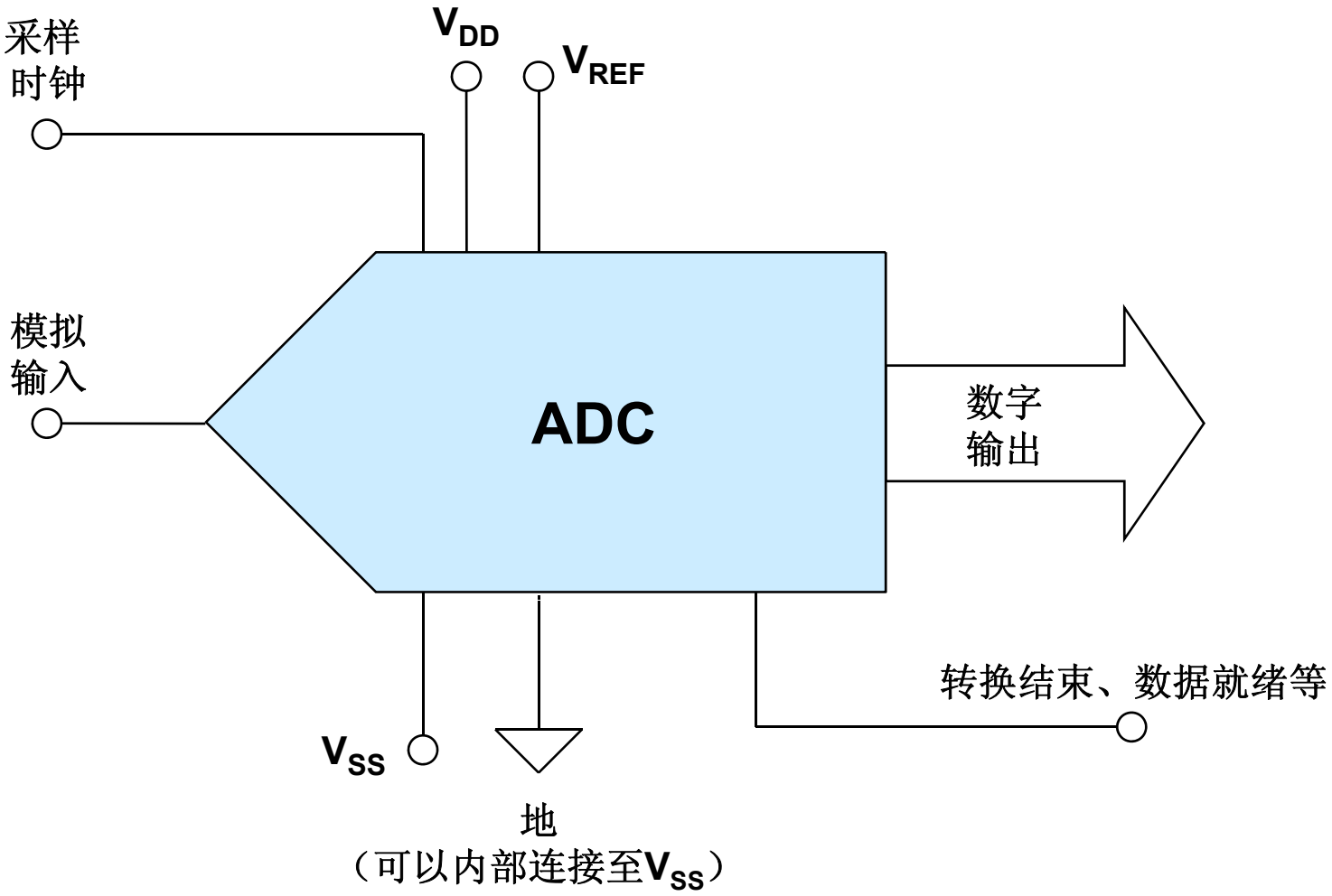
执行器（输出）



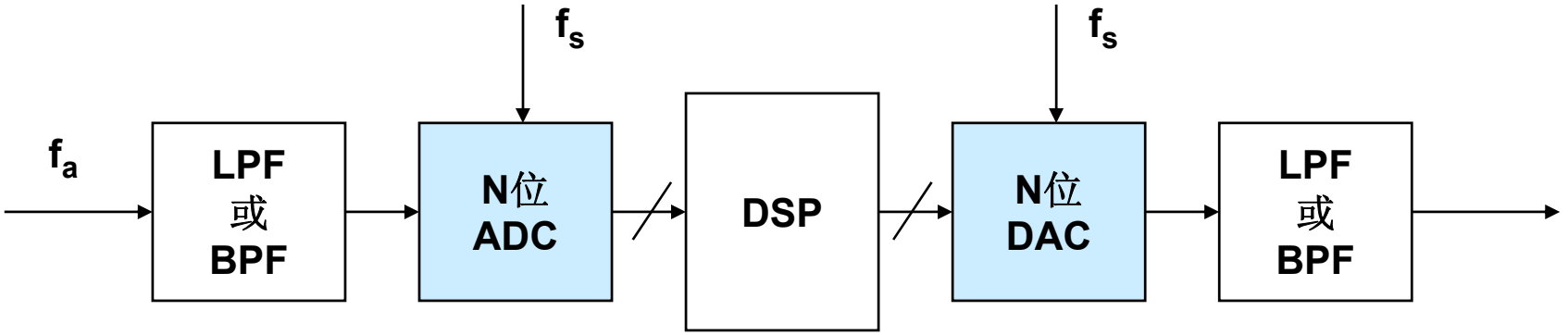
模拟域和数字域
----为什么要转换为数字信号？

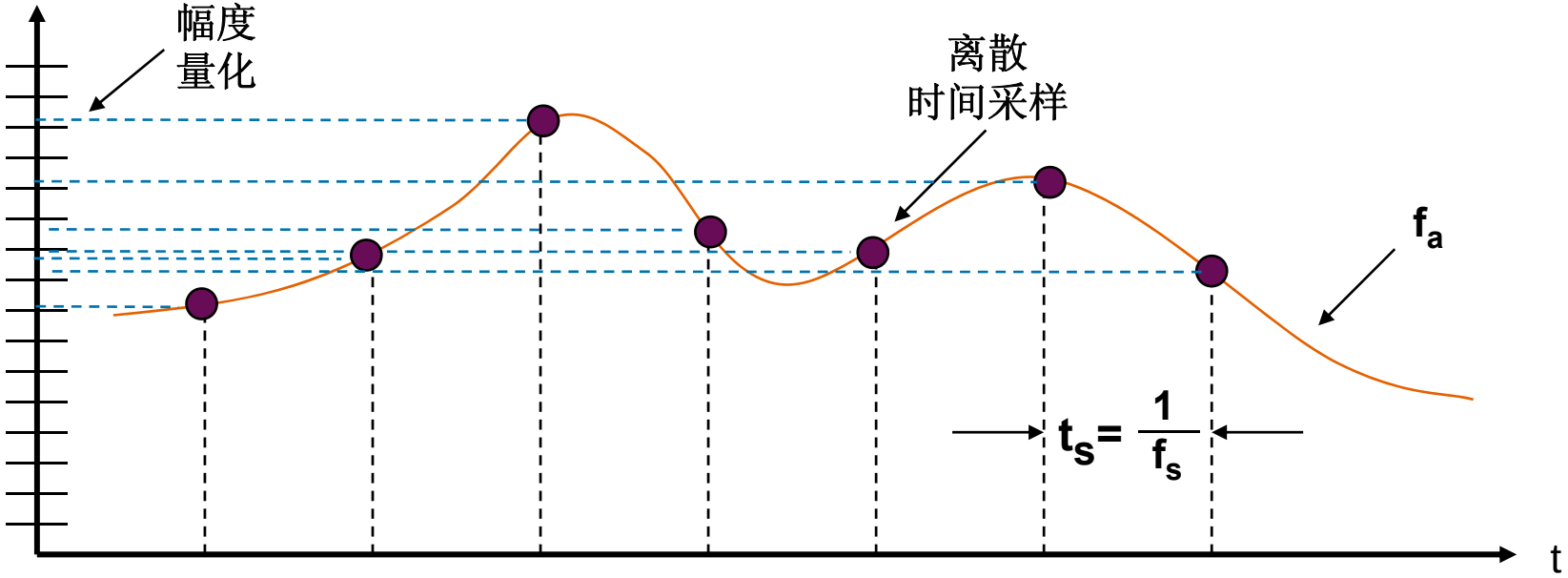
- **模拟信号是连续的，并提供整个信号**
- **数字信号仅捕捉整个信号的一部分**
- **数字处理的优势**
  - 提高信号分析能力
  - 更鲁棒的存储方式
  - 更精确的传输
- **模拟处理的优势**
  - 成本低
  - 复杂性低
  - 处理时间短
- **数据采样系统的开发目标是尽量降低采样过程的影响**

采用外部基准电压的基本ADC



数据采样系统：采样和量化





单极性二进制代码，4位转换器

BASE 10 NUMBER	SCALE	+10 V FS	BINARY
+15	+FS – 1 LSB = 15/16 FS	9.375	1111
+14	+7/8 FS	8.750	1110
+13	+13/16 FS	8.125	1101
+12	+3/4 FS	7.500	1100
+11	+11/16 FS	6.875	1011
+10	+5/16 FS	6.250	1010
+9	+9/16 FS	5.625	1001
+8	+1/2 FS	5.000	1000
+7	+7/16 FS	4.375	0111
+6	+3/8 FS	3.750	0110
+5	+5/16 FS	3.125	0101
+4	+1/4 FS	2.500	0100
+3	+3/16 FS	1.875	0011
+2	+1/8 FS	1.250	0010
+1	1 LSB = +1/16 FS	0.625	0001
0	0	0.000	0000

双极性代码（4位转换器）

BASE 10 NUMBER	SCALE	±5V FS	OFFSET BINARY	TWOS COMP.	ONES COMP.	SIGN MAG.
+7	+FS – 1LSB = +7/8 FS	+4.375	1 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
+6	+3/4 FS	+3.750	1 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0	0 1 1 0
+5	+5/8 FS	+3.125	1 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
+4	+1/2 FS	+2.500	1 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0
+3	+3/8 FS	+1.875	1 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
+2	+1/4 FS	+1.250	1 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
+1	+1/8 FS	+0.625	1 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
0	0	0.000	1 0 0 0	0 0 0 0	*0 0 0 0	*1 0 0 0
–1	– 1/8 FS	–0.625	0 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 0	1 0 0 1
–2	– 1/4 FS	–1.250	0 1 1 0	1 1 1 0	1 1 0 1	1 0 1 0
–3	– 3/8 FS	–1.875	0 1 0 1	1 1 0 1	1 1 0 0	1 0 1 1
–4	–1/2 FS	–2.500	0 1 0 0	1 1 0 0	1 0 1 1	1 1 0 0
–5	–5/8 FS	–3.125	0 0 1 1	1 0 1 1	1 0 1 0	1 1 0 1
–6	–3/4 FS	–3.750	0 0 1 0	1 0 1 0	1 0 0 1	1 1 1 0
–7	– FS + 1LSB = –7/8 FS	–4.375	0 0 0 1	1 0 0 1	1 0 0 0	1 1 1 1
–8	– FS	–5.000	0 0 0 0	1 0 0 0		

CODES NOT NORMALLY USED

*

	ONES COMP.	SIGN MAG.
0+	0 0 0 0	0 0 0 0
0–	1 1 1 1	1 0 0 0

最低有效位(LSB)的大小

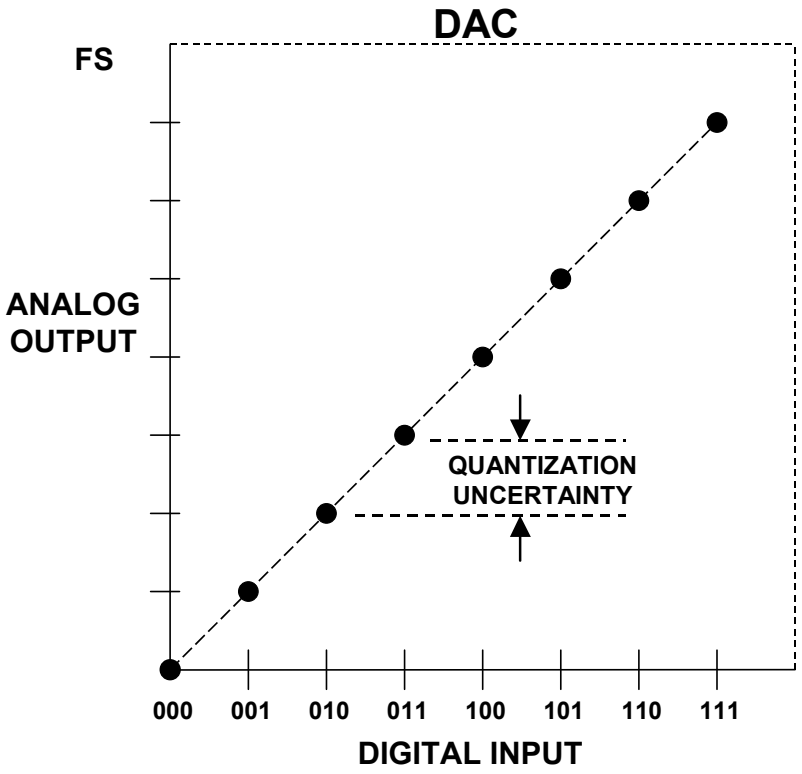
分辨率 N	2^N	电压 (10V FS)	ppm FS	% FS	dB FS
2位	4	2.5 V	250,000	25	-12
4位	16	625 mV	62,500	6.25	-24
6位	64	156 mV	15,625	1.56	-36
8位	256	39.1 mV	3,906	0.39	-48
10位	1,024	9.77 mV (10 mV)	977	0.098	-60
12位	4,096	2.44 mV	244	0.024	-72
14位	16,384	610 μV	61	0.0061	-84
16位	65,536	153 μV	15	0.0015	-96
18位	262,144	38 μV	4	0.0004	-108
20位	1,048,576	9.54 μV (10 μV)	1	0.0001	-120
22位	4,194,304	2.38 μV	0.24	0.000024	-132
24位	16,777,216	596 nV*	0.06	0.000006	-144

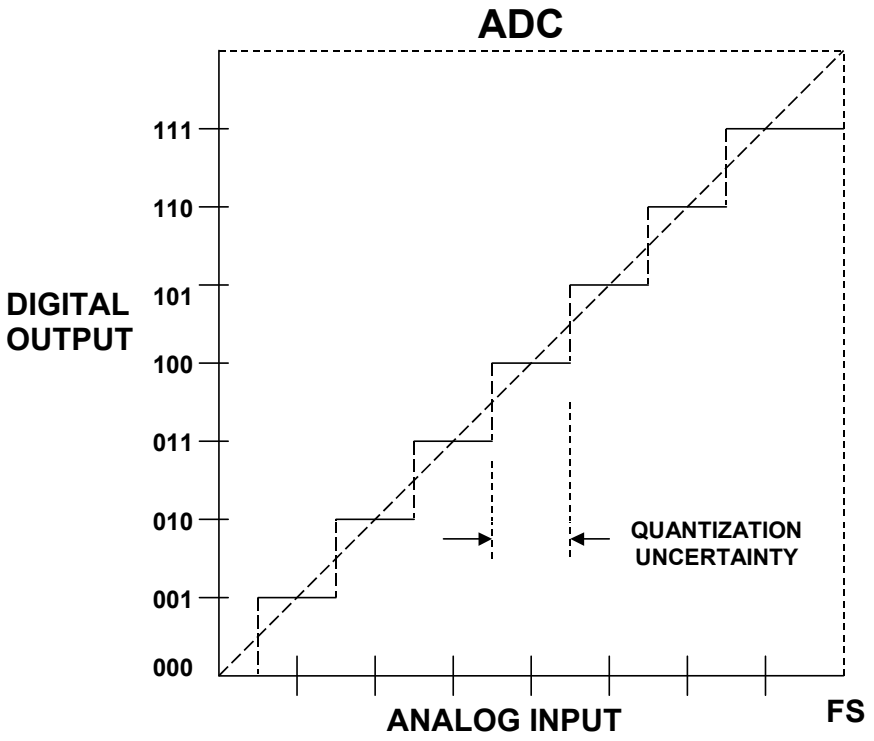
*600nV是10kHz带宽下2.2kΩ电阻在25°C时的约翰逊噪声，v_n = sqrt（4kTRΔf）

实际应用对数据转换器分辨率的要求

- **仪器仪表测量**
  - 传感器分辨率/精度0.5% = 1/200
  - 8位相当于1/256 -- 数字化会丢失信息
  - 10倍传感器分辨率 = 1/2000 -- 12位相当于1/4096
  - 也可以由显示要求决定
- **动态信号测量**
  - 在5%满量程输入下，音频系统需要优于0.1%的失真
  - 相当于1/20,000 -- 16位相当于1/65,536

理想3位DAC和ADC的传递函数





数据转换器的主要误差（直流参数）

仪器仪表和测量

- 用LSB(最低有效位)、% FS、ppm FS表示
- 失调误差 - 改变第一个码字所需的输入电平
- 增益/满量程误差 - 改变最后一个码字所需的输入电平
- 非线性度 – 码字与从0到FS的直线偏差
- 微分非线性度 – 相邻码字间差异与1 LSB的偏差
- 转换噪声 - ADC在码字中点的不确定性

数据转换器的主要误差（交流参数）

- 动态系统
- 信纳比(SINAD)：

  信号幅度均方根值与包括谐波但直流除外的所有其他频谱成分的方和根(RSS)平均值之比。
- ENOB（有效位数）：

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76dB}{6.02dB}$$

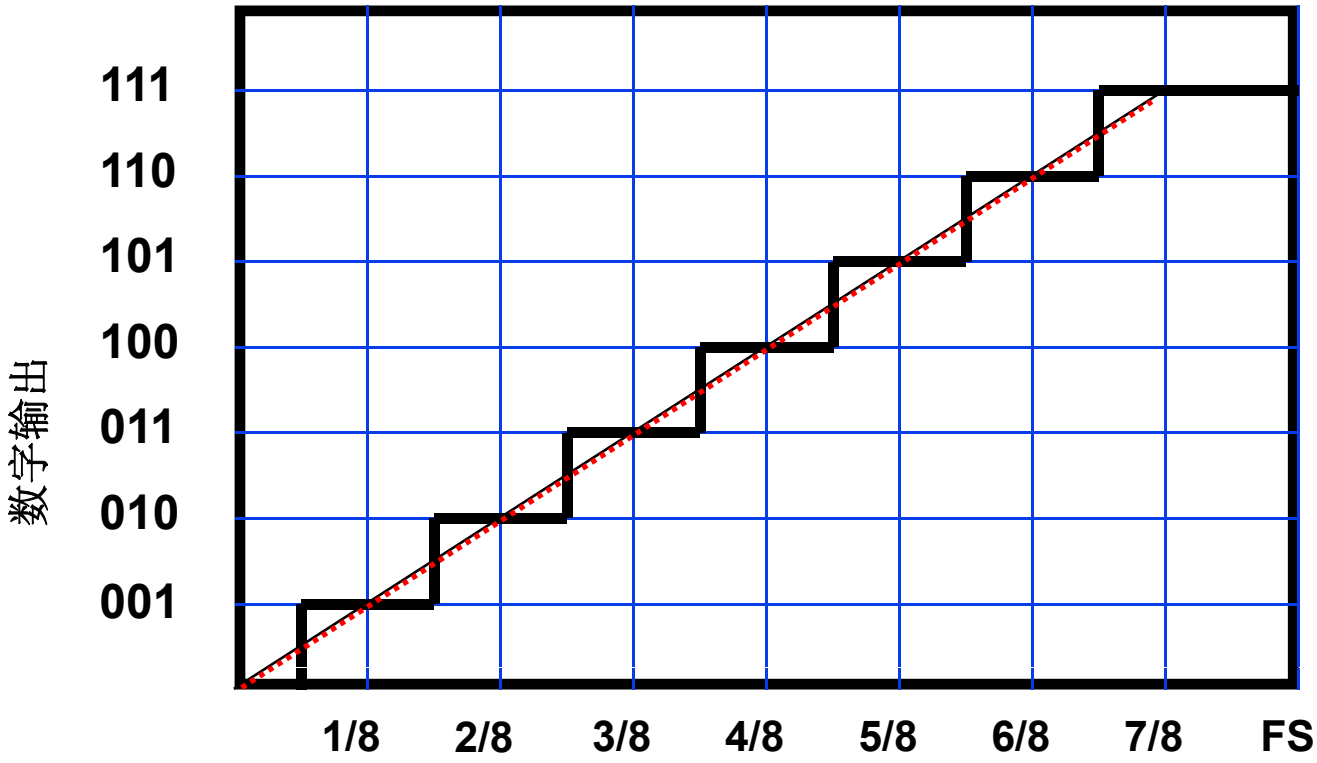
- 信噪比(SNR)或不含谐波的信噪比：

  信号幅度均方根值与除前5次谐波和直流以外的所有其他频谱成分的方和根(RSS)平均值之比
- SFDR（无杂散动态范围）目标带宽内不含频率噪声杂散的信号动态范围

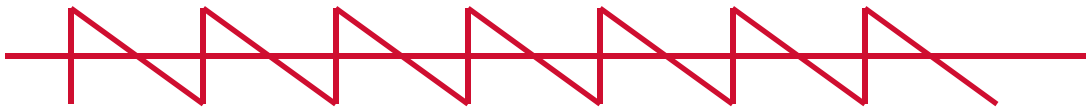
量化数据转换器
动态性能

- 谐波失真
- 最差谐波
- 总谐波失真(THD)
- 总谐波失真加噪声(THD + N)
- 信纳比(SINAD或S/N +D)
- 有效位数(ENOB)
- 信噪比(SNR)
- 模拟带宽（全功率、小信号）
- 无杂散动态范围(SFDR)
- 双音交调失真
- 多音交调失真
- 噪声功率比(NPR)
- 邻道泄漏比(ACLR)
- 噪声系数
- 建立时间，过压恢复时间

量化与量化噪声

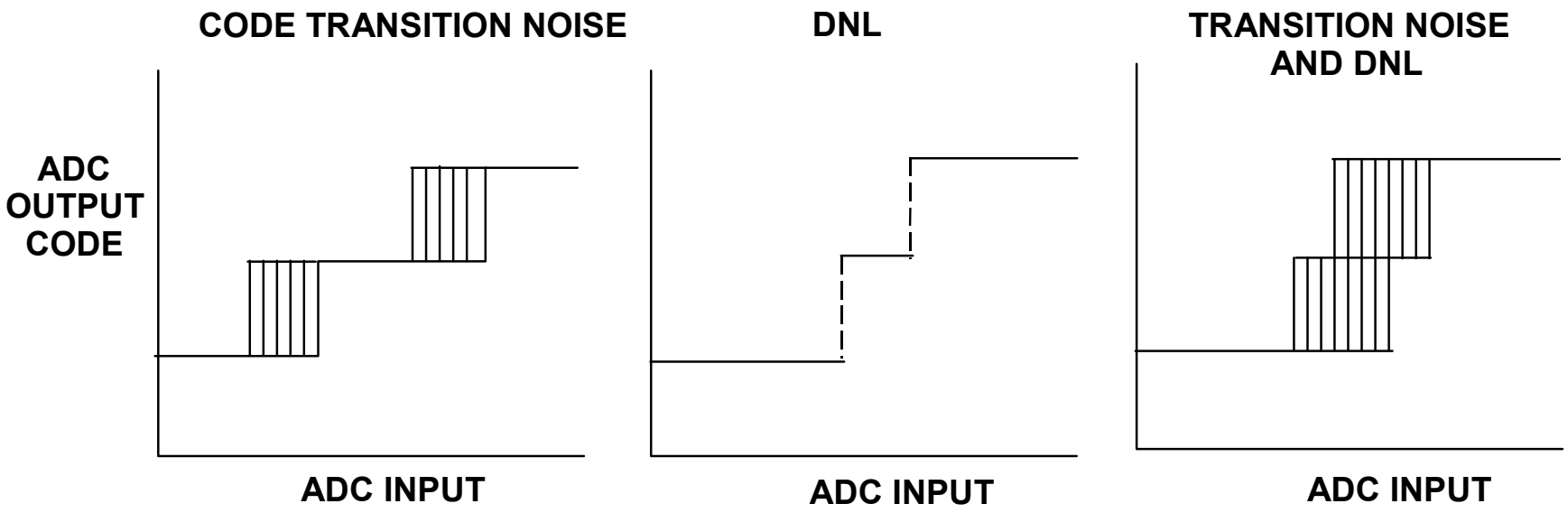


量化
误差函数

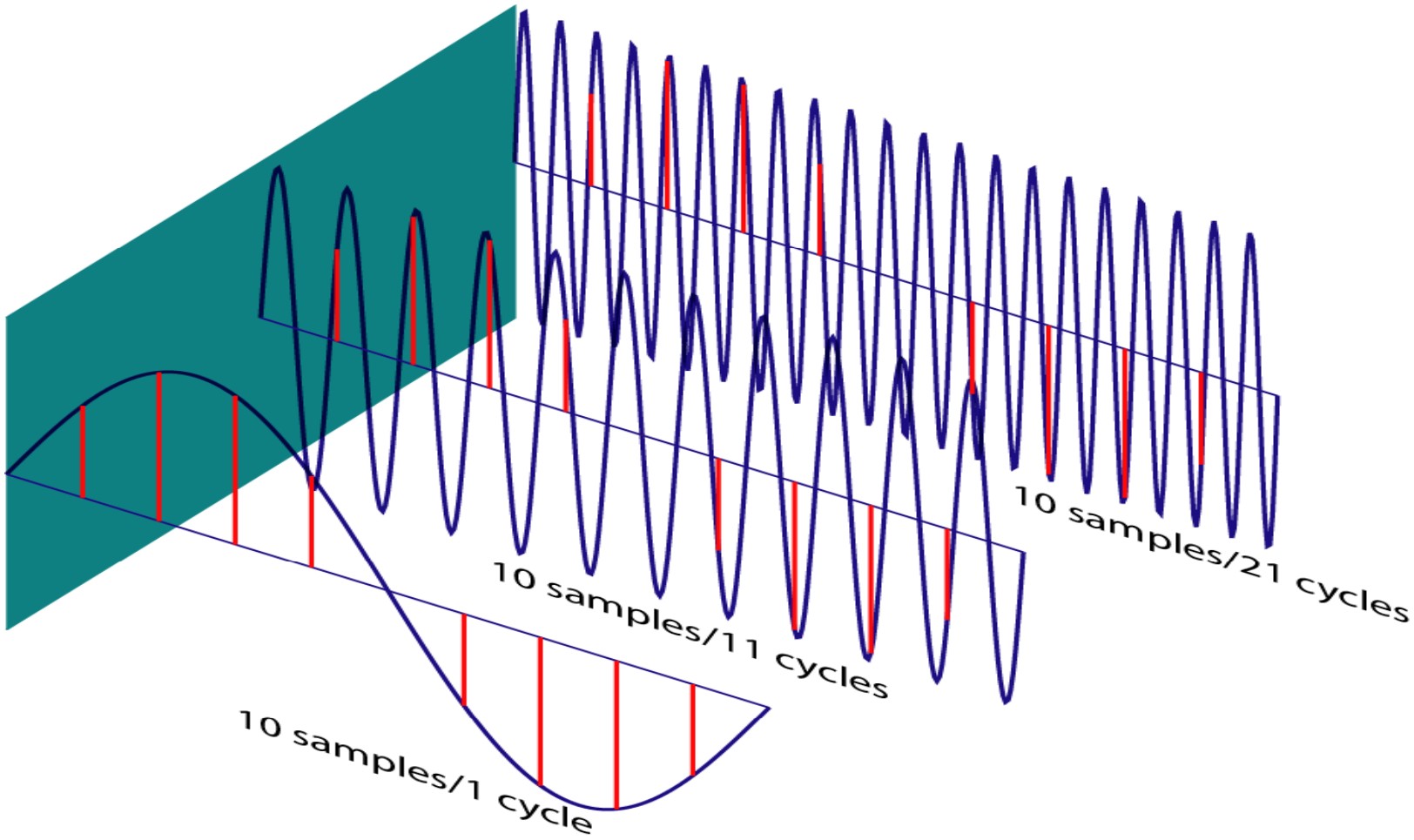


量化噪声误差：均方根值为**LSB/3.464**

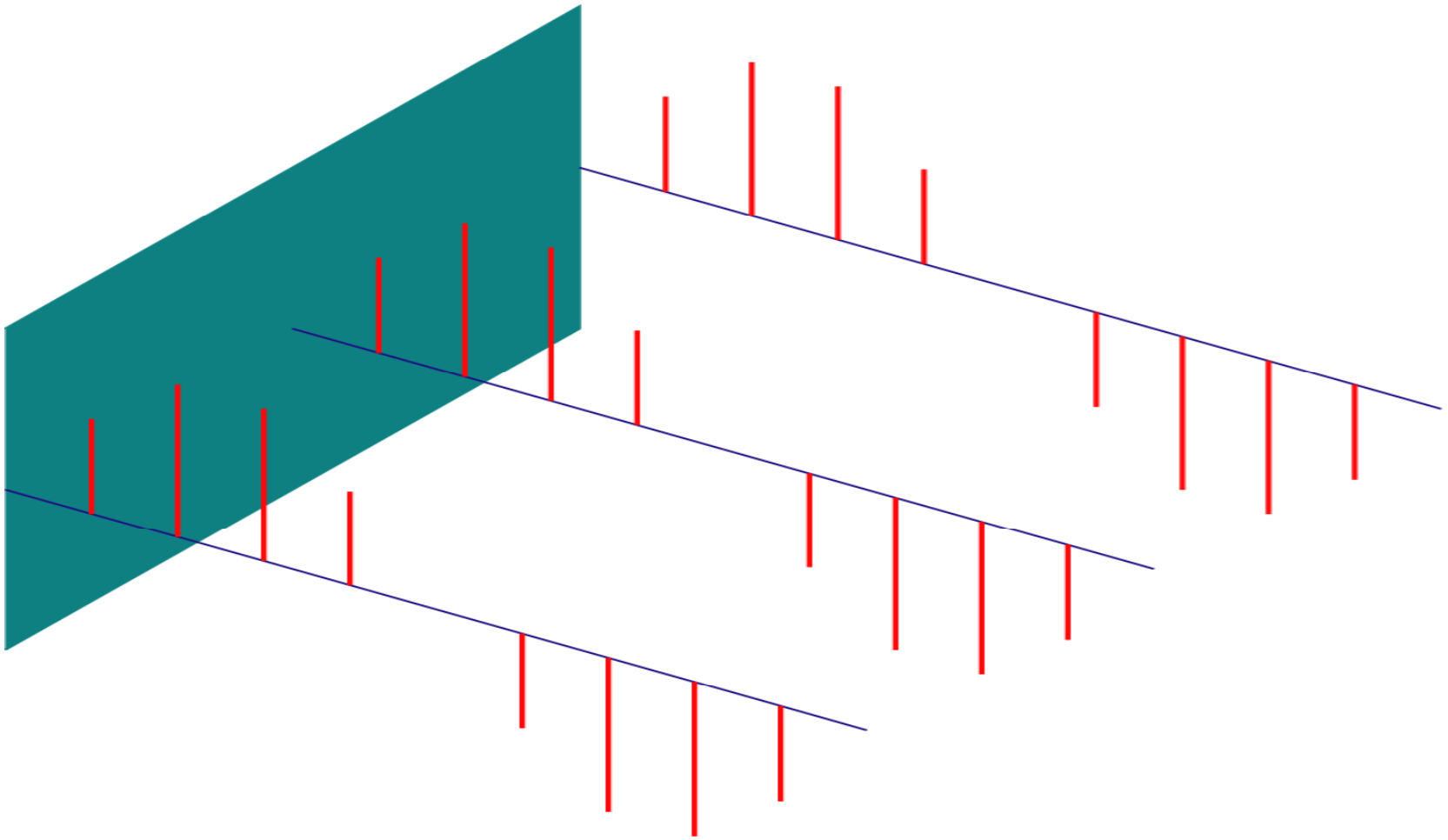
码转换噪声与DNL的组合效应



理想ADC采样
3种不同频率，采样结果相同



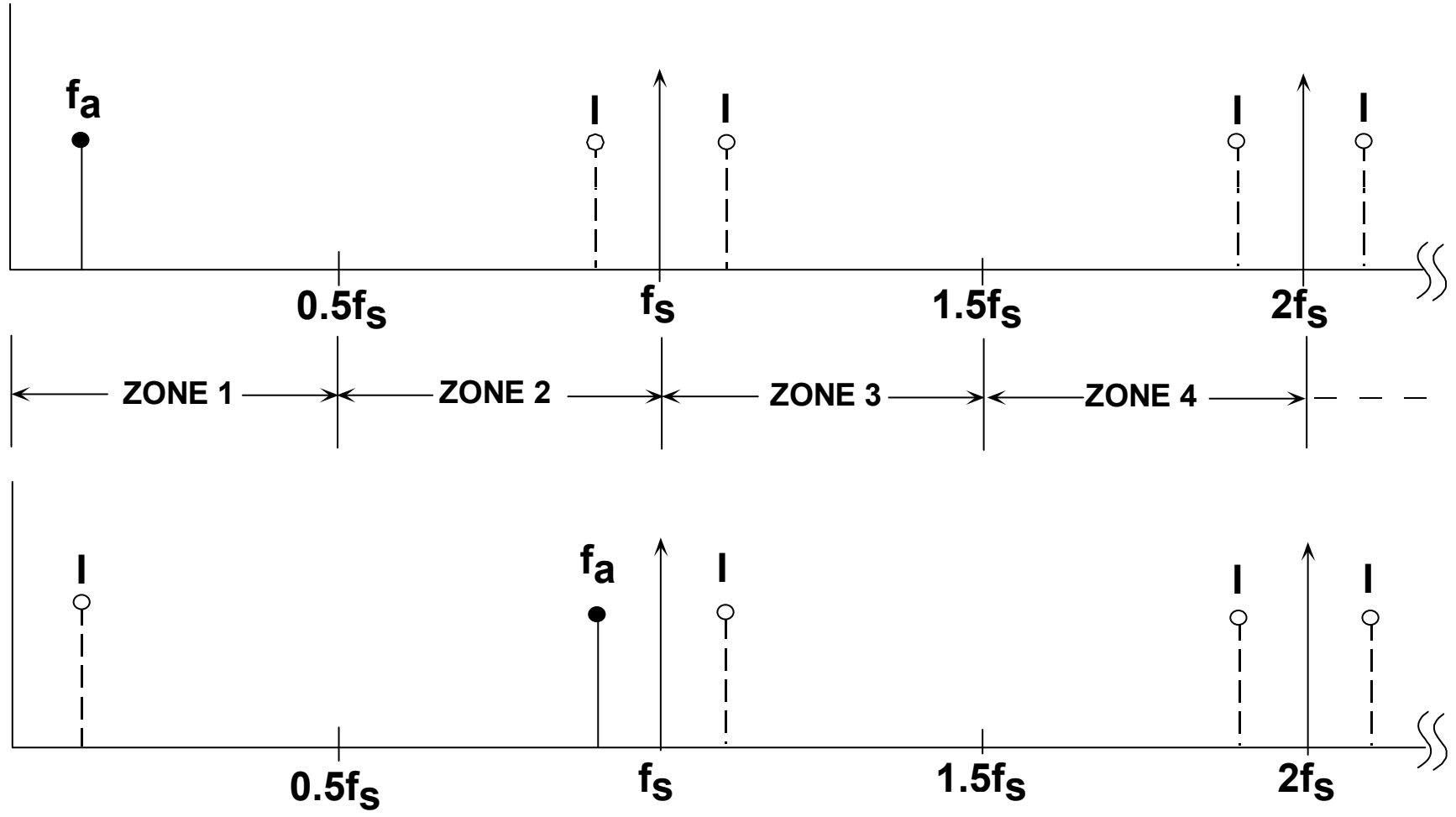
理想ADC采样
一旦采样，信息就会丢失



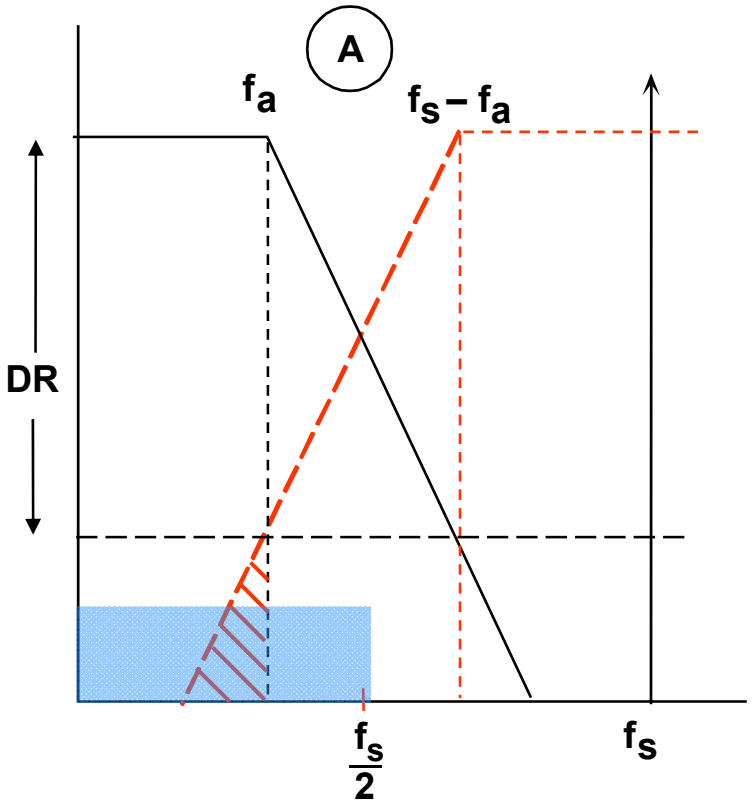
奈奎斯特准则

- *最高频率为*f_a的信号必须以$f_s > 2f_a$的速率采样，否则关于该信号的信息将会因为混叠而丢失。
- 只要$f_s < 2f_a$，结果就会发生混叠
- 如果一个信号具有f_a和f_b之间的频率，则为了防止混叠成分与信号频率重叠，必须以$f_s > 2\ (f_b - f_a)$的速率进行采样。
- 混叠概念广泛用于通信应用，如直接中频数字转换等。

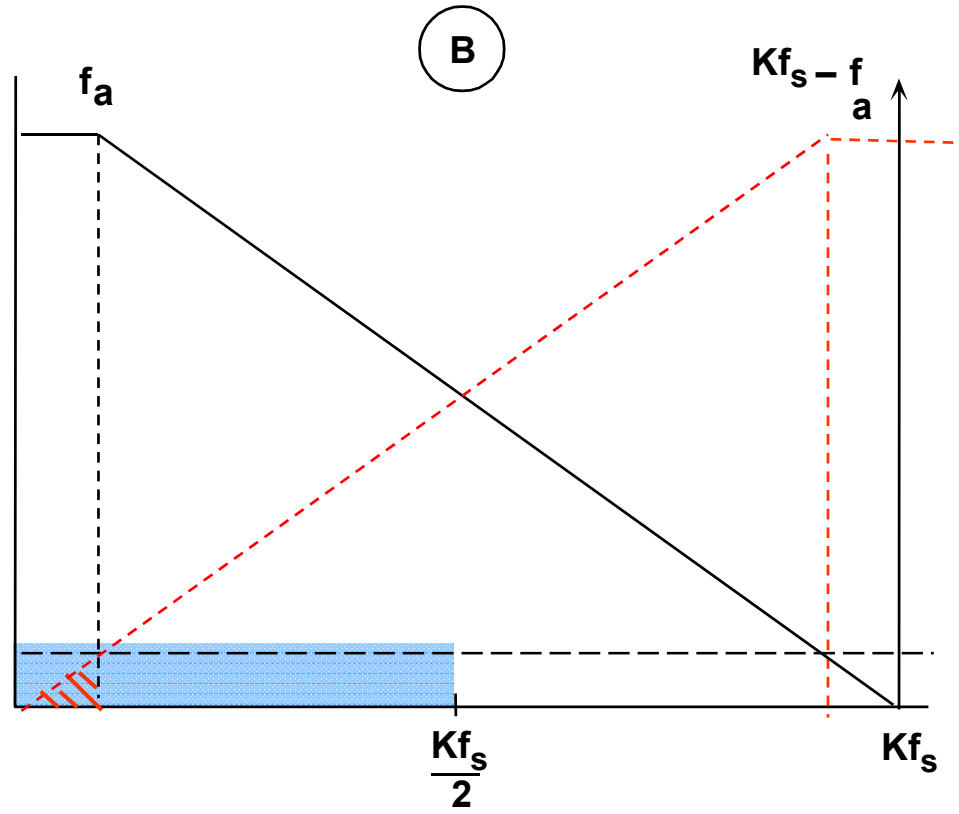
模拟信号f_a（采样时钟f_s）具有镜像（混叠），具体位于$|\pm Kf_s \pm f_a|$，其中K = 1、2 …



过采样降低对基带抗混叠滤波器的要求



阻带衰减 = DR
过渡带：f_a至$f_s - f_a$
转折频率：f_a

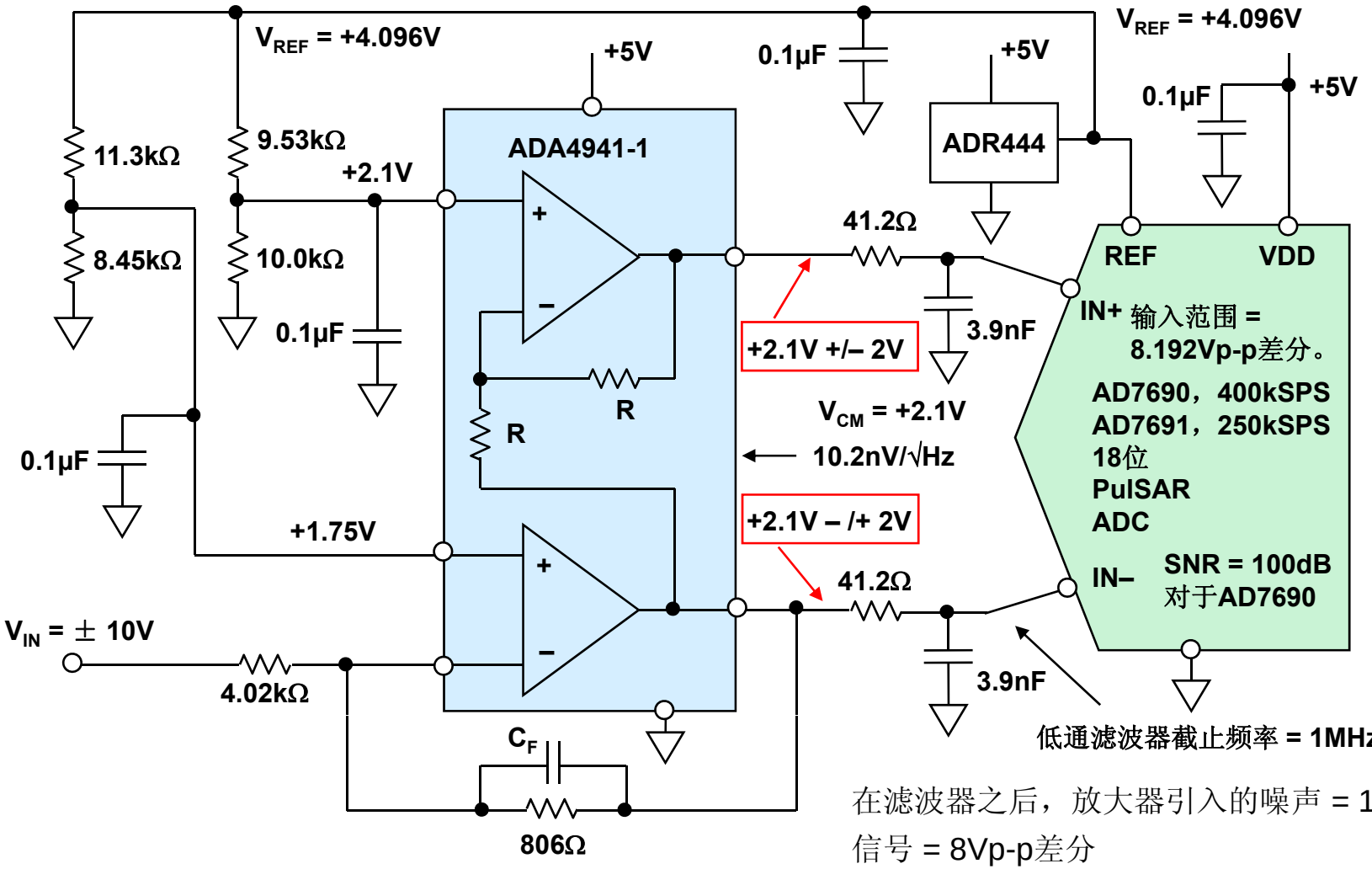


阻带衰减 = DR
过渡带：f_a至$Kf_s - f_a$
转折频率：f_a

数据转换器采用差分模拟输入接口的优势

- 差分输入会导致相当于单端两倍的信号摆幅（对于低电压单电源工作模式尤其重要）
- 差分输入有助于抑制偶次失真
- 诸多IF/RF成分（如SAW滤波器和混频器）都是差分信号
- 差分输入可抑制共模ADC开关噪声，包括来自混频器和滤波器的LO馈通
- 差分ADC设计可提供优于单端设计的内部成分匹配和跟踪。调整需求较低
- 如果以单端方式驱动，则会导致失真和噪声性能下降
- 然而，许多信号源都是单端的，因此，差分放大器可用作单端转差分转换器

在+5V应用中ADA4941驱动AD7690 18位 PulSAR® ADC

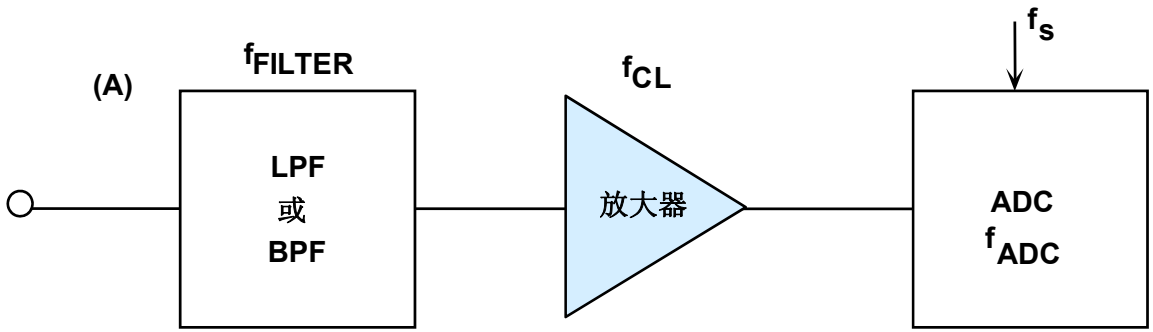


在滤波器之后，放大器引入的噪声 = 13 µVrms

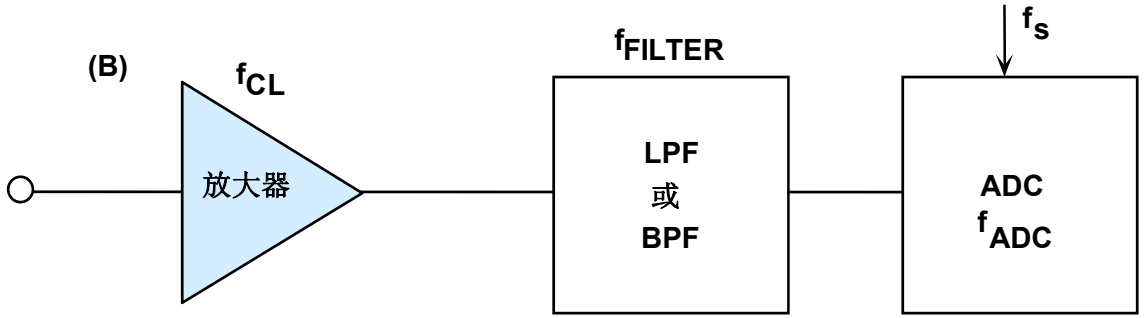
信号 = 8Vp-p差分

SNR = 107 dB

仔细确定降噪滤波器的位置
减少运算放大器噪声的影响



放大器噪声在放大器带宽或**ADC**带宽二者中较小的带宽内积分



放大器噪声仅在滤波器带宽内积分

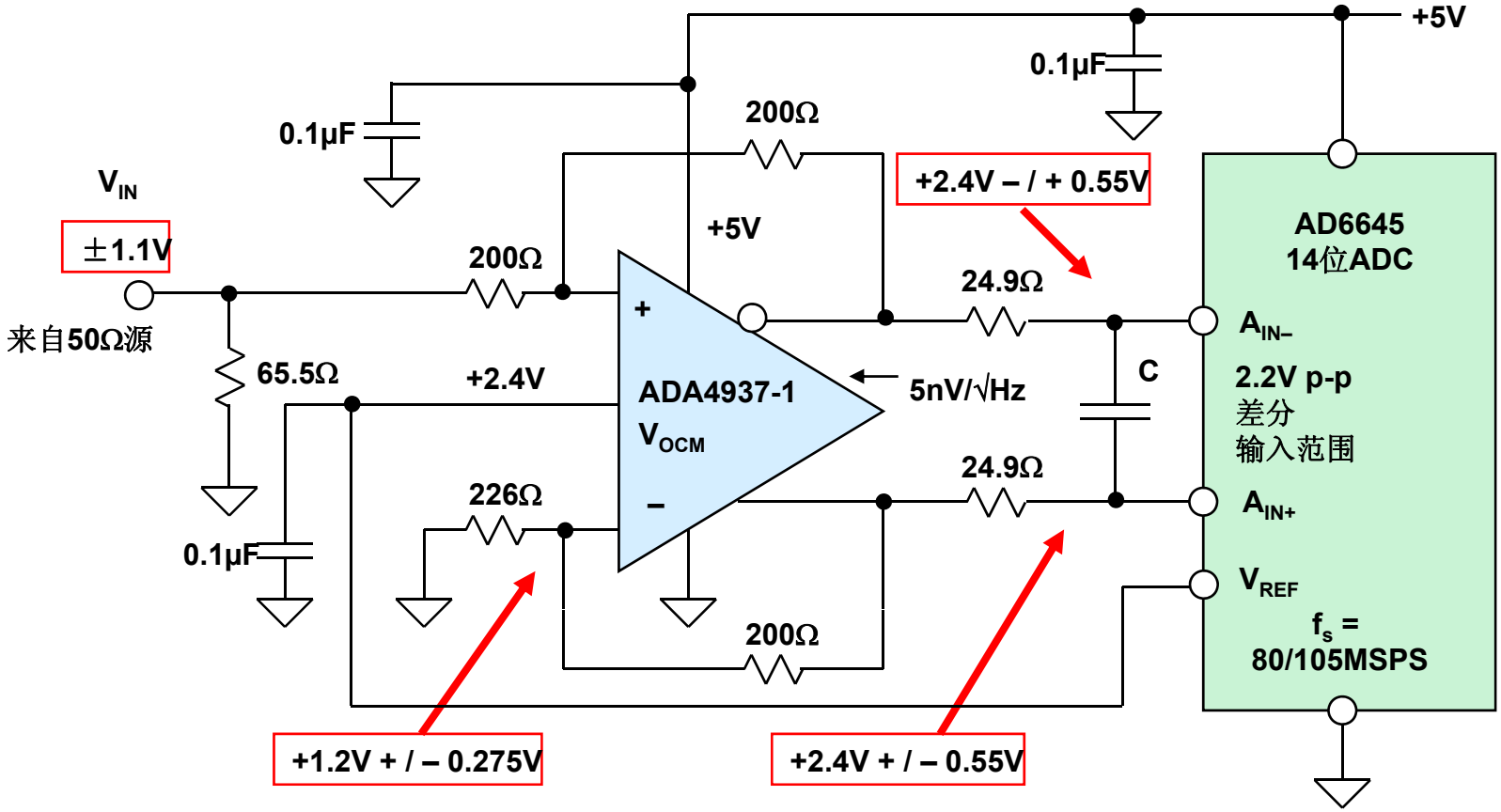
ADC通常具有极高的输入带宽，经常远大于fs/2

低失真驱动放大器通常具有高带宽

将一个简单的LPF或BPF置于放大器与ADC之间是一种有效的降噪手段

滤波器的输出电容吸收一部分ADC输入瞬态电流。

ADA4937-1在+5V直流耦合应用中驱动AD6645

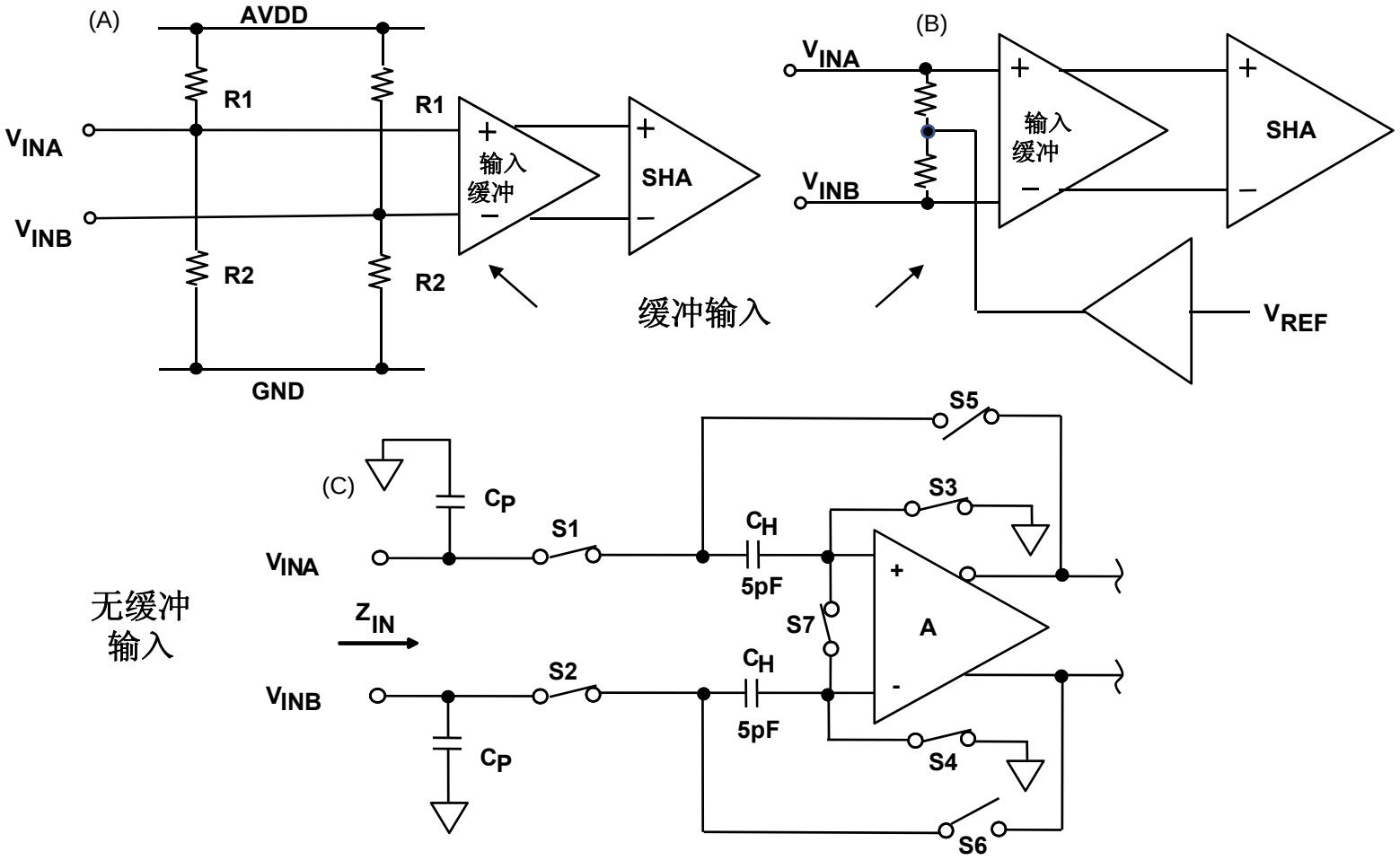


输出噪声 = $5nV/\sqrt{Hz}\sqrt{1.57\times270\times10^6} = 103\mu V\ rms$

输出 SNR = 20 log $\frac{0.778}{103\times10^{-6}}$ = 77.6dB

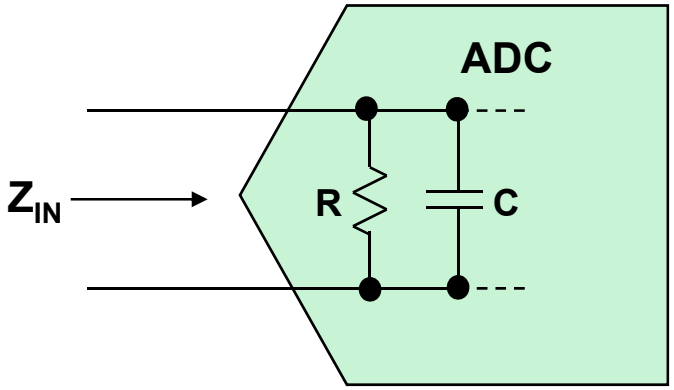
AD6645规格：
输入带宽 = 270MHz
1 LSB = 134µV
SNR = 75dB

缓冲和无缓冲差分ADC输入结构



ANALOG DEVICES

缓冲和无缓冲输入ADC的输入阻抗模型



缓冲输入

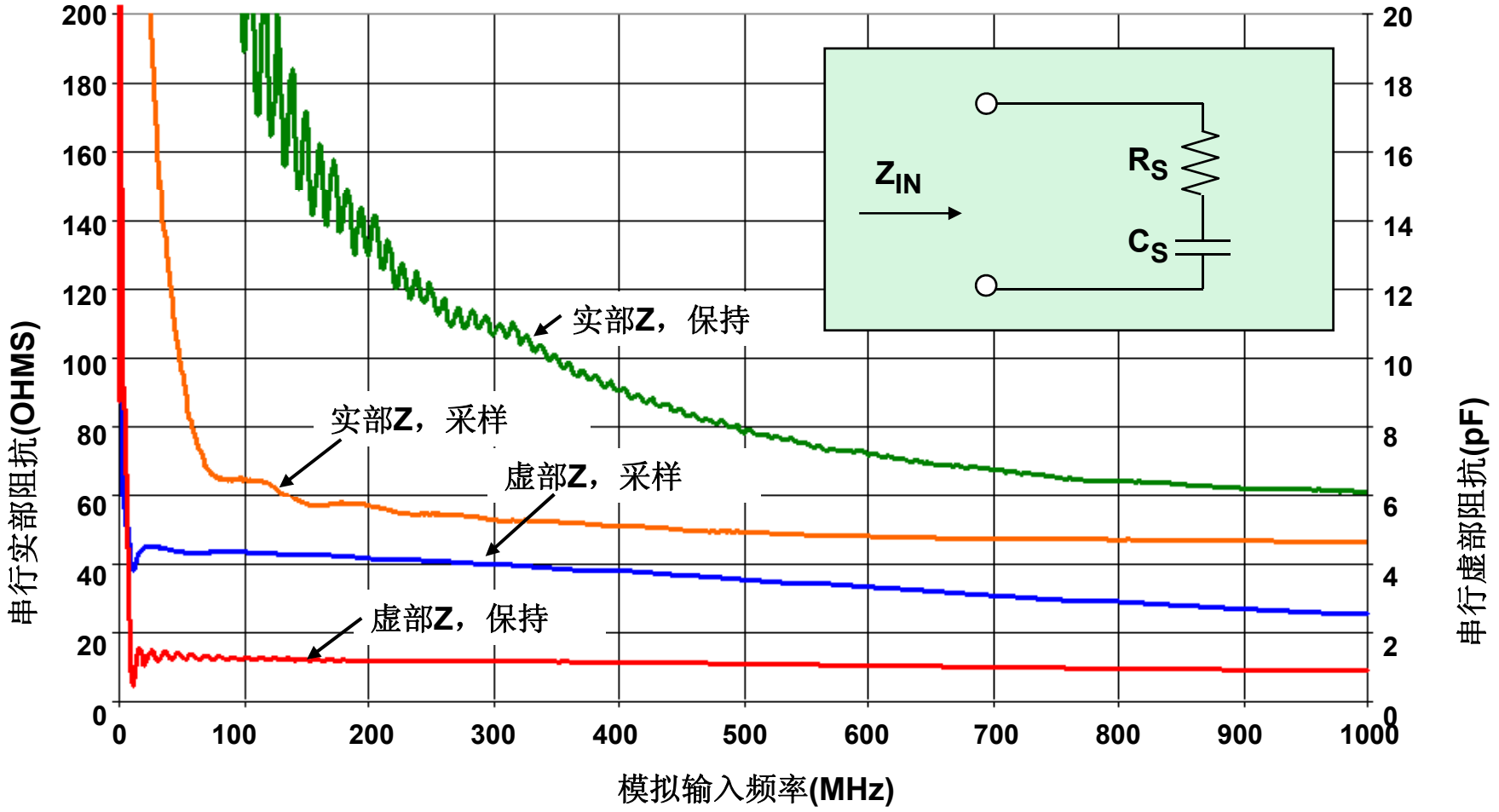
- **R和C在频率范围内保持不变**
- 一般为：

R：1 kΩ – 2 kΩ
C:1.5 pF – 3 pF

无缓冲输入

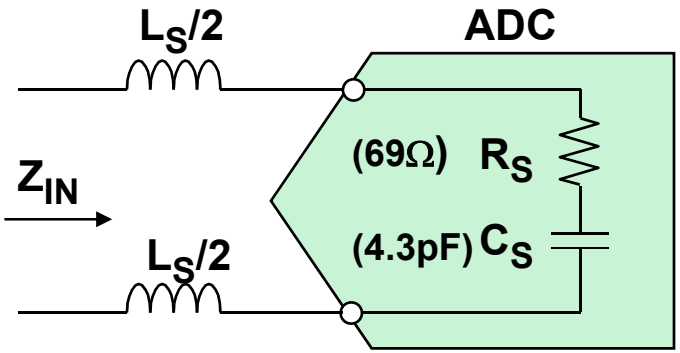
- **R和C同时随频率和模式而变（采样/保持）**
- 在所需输入频率下使用采样模式**R和C**

无缓冲CMOS ADC（AD9236 12位、80 MSPS）在采样模式和保持模式下的串联输入阻抗

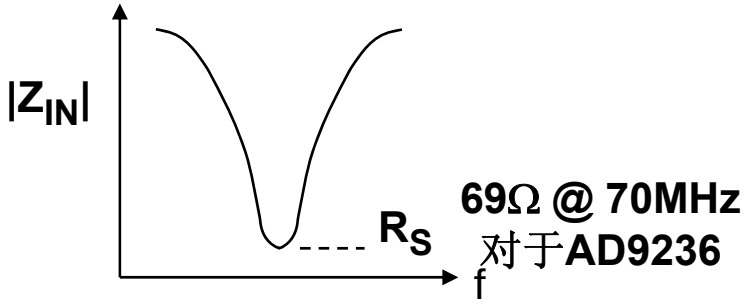


谐振匹配的基本原理

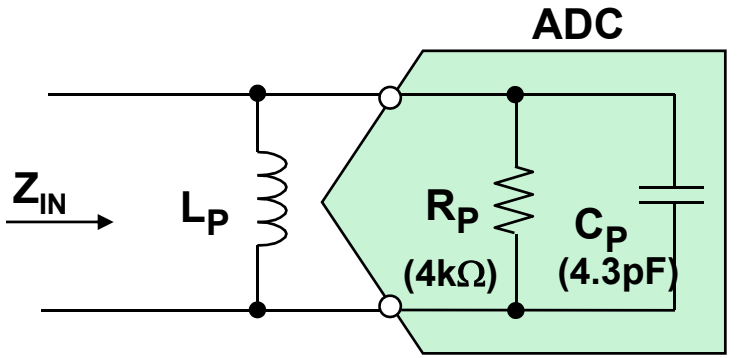
f (70MHz)下的串联谐振



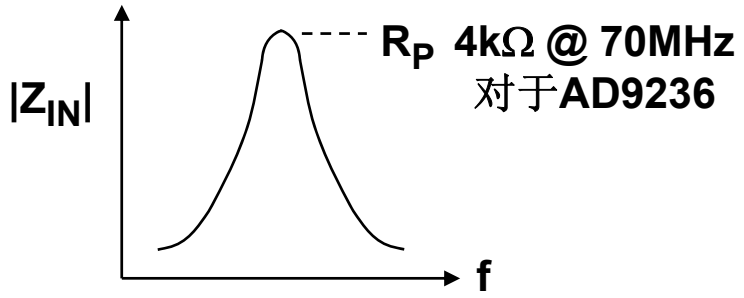
- 使 $X_{LS} = X_{CS}$
- $L_S = \dfrac{1}{(2\pi f)^2 C_S}$ (1.2μH)
- $Z_{IN} = R_S + j0 \ @ \ f$



f (70MHz)下的并联谐振



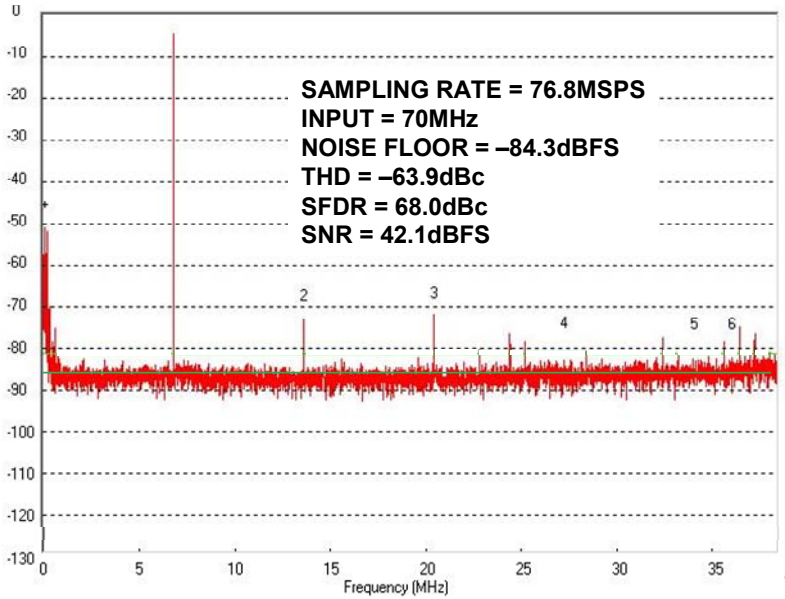
- 使$X_{LP} = X_{CP}$
- $L_P = \dfrac{1}{(2\pi f)^2 C_P}$ (1.2μH)
- $Z_{IN} = R_P + j0 \ @ \ f$



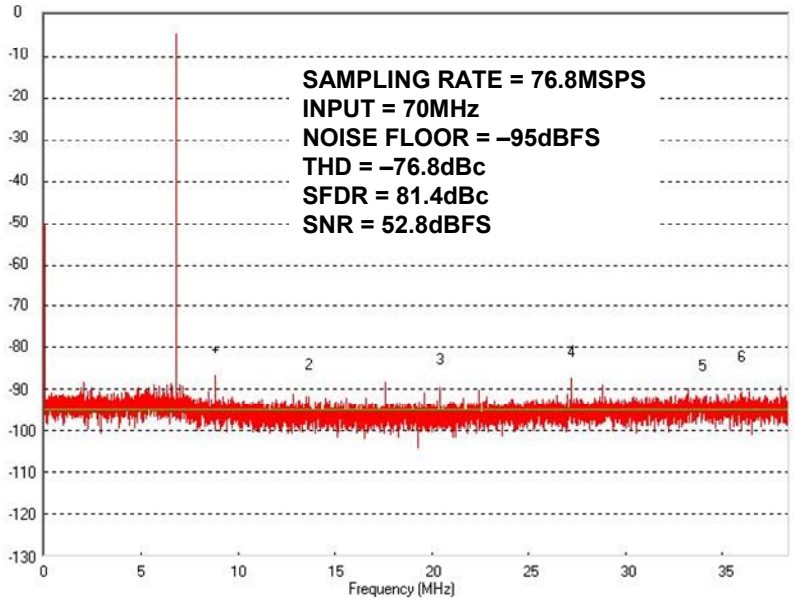
相关详细计算，请参考应用笔记：
AN-827，
AN-935，
AN-742。

添加匹配模拟抗混叠滤波器网络前后

无网络



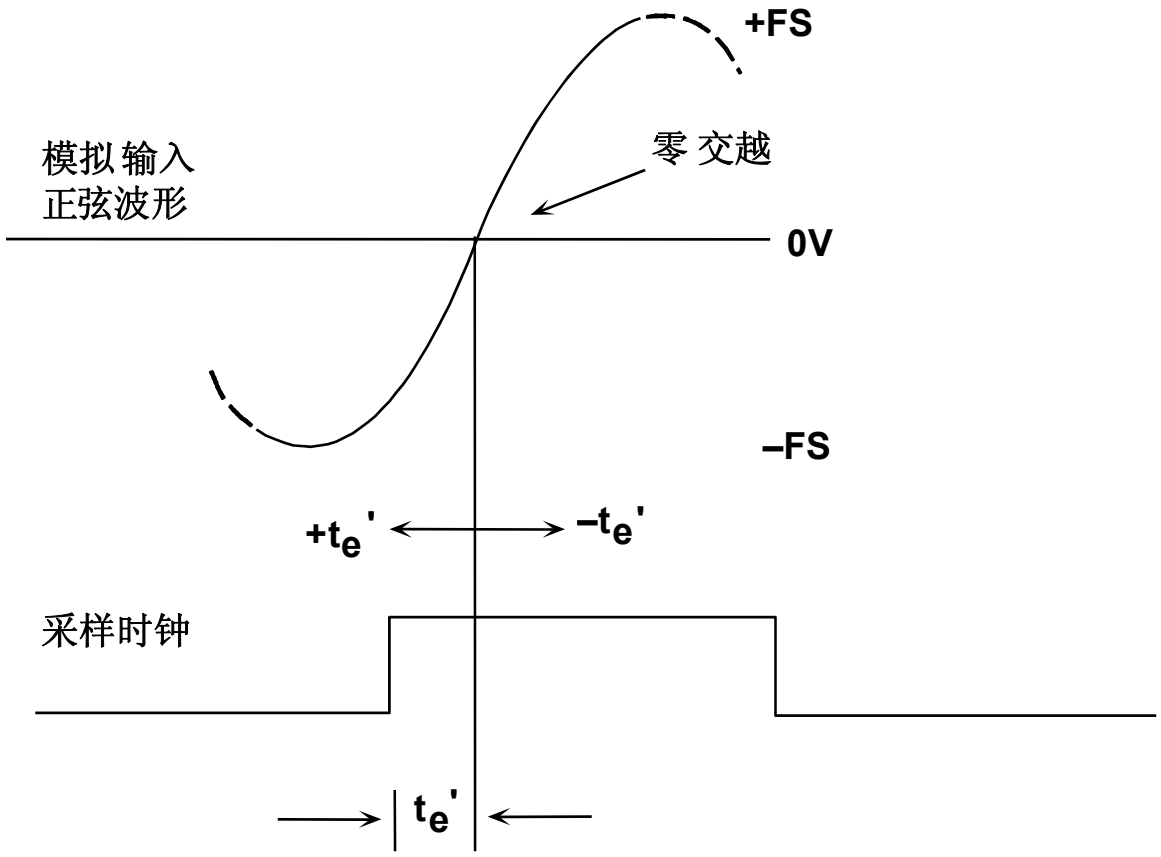
有网络



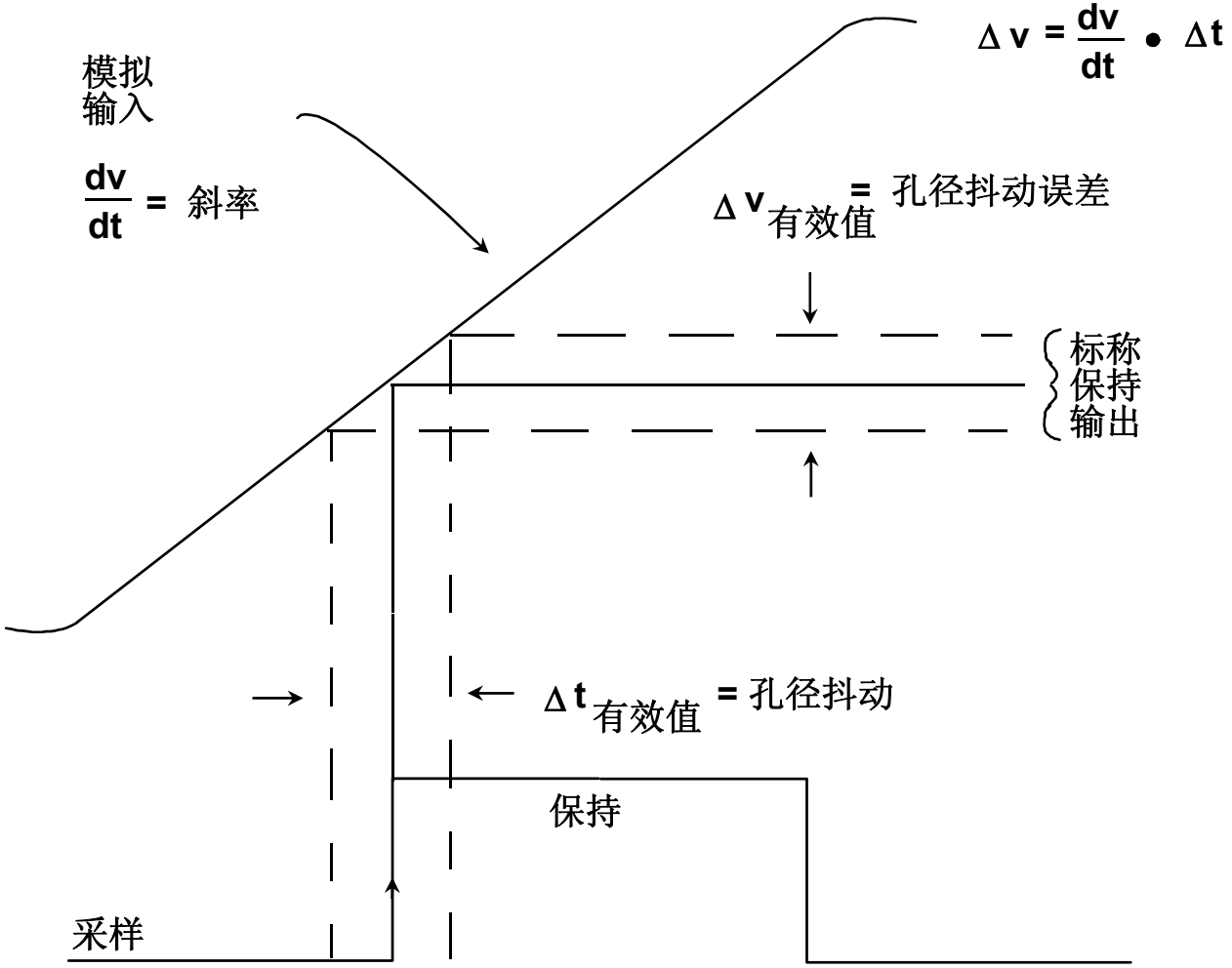
SFDR改善13.4 dB，SNR改善10.7 dB

注意：测量时的最大增益为35 dB（增益代码255，高增益模式），所用采样时钟为76.8 MHz

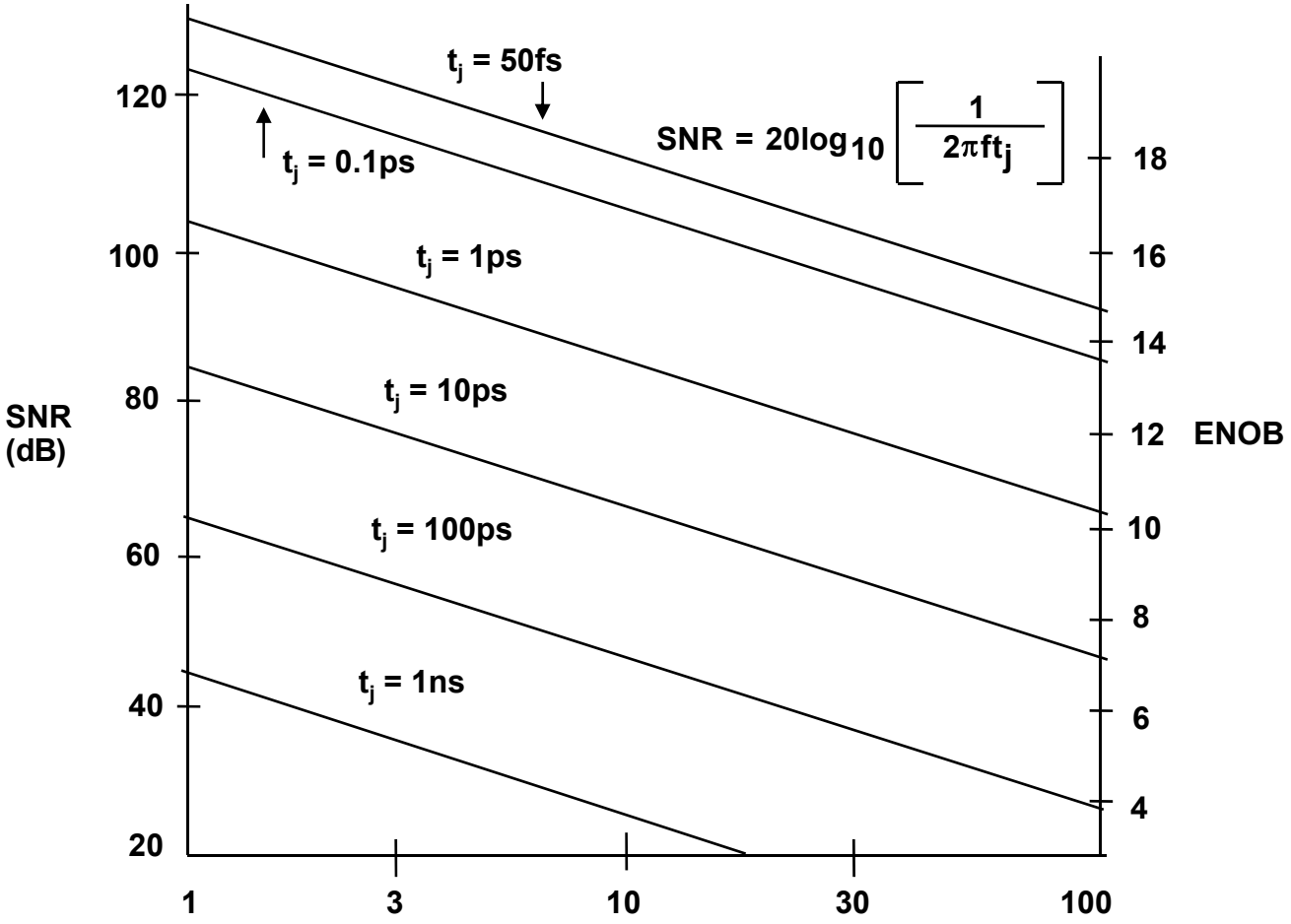
相对于ADC输入测量有效孔径延时



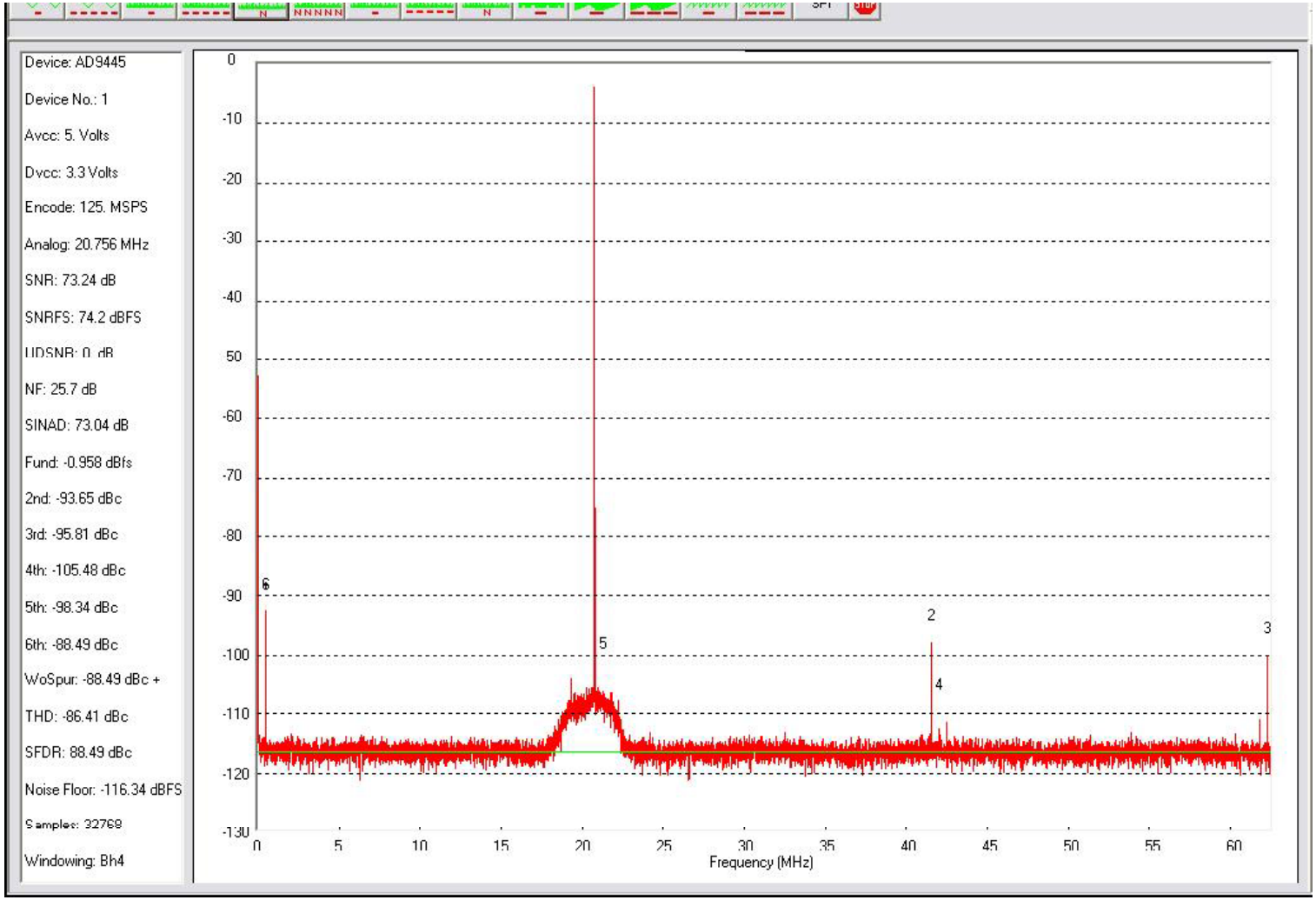
孔径抖动和
采样时钟抖动的影响



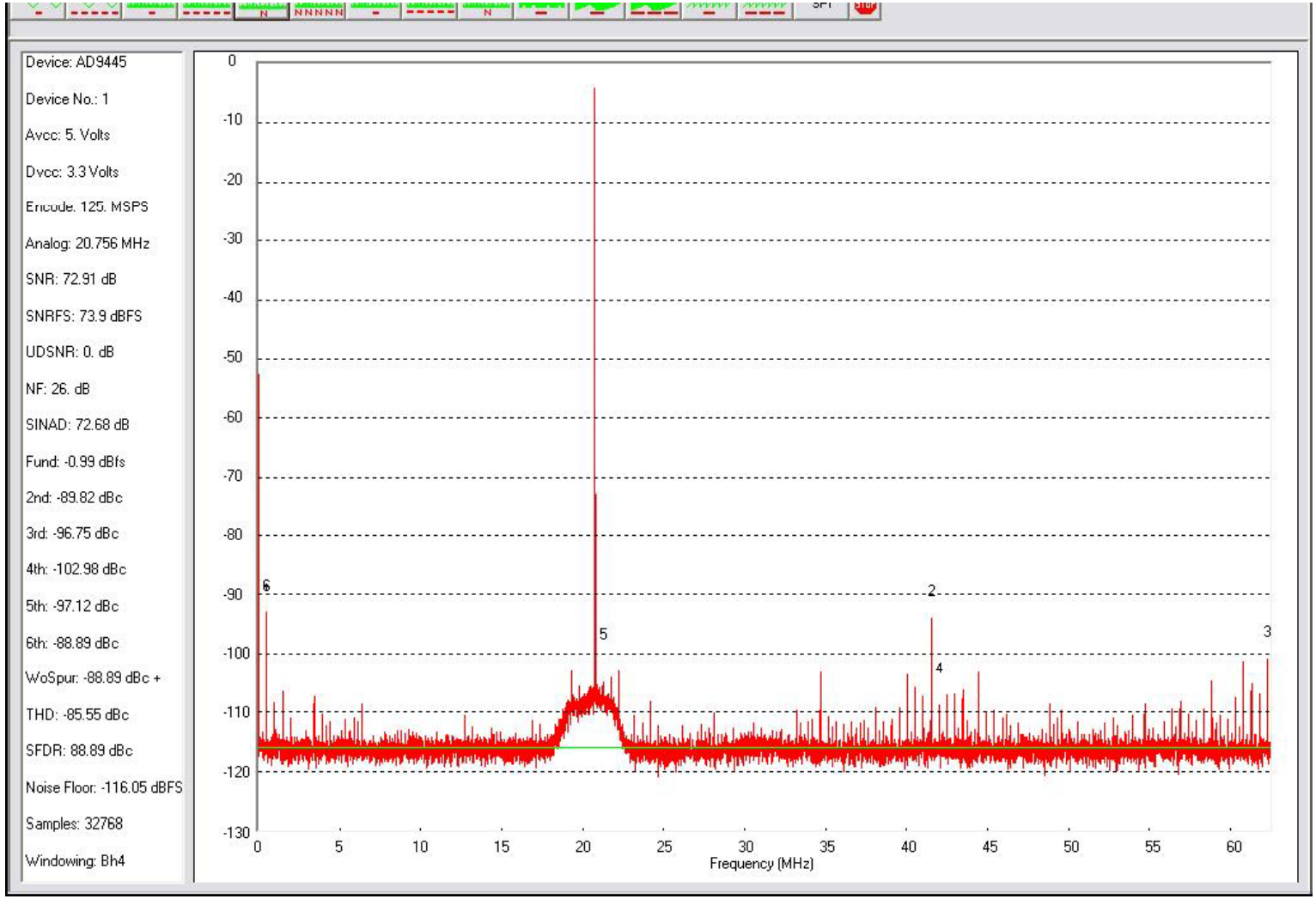
抖动引起的理论SNR和ENOB与满量程正弦波模拟输入频率



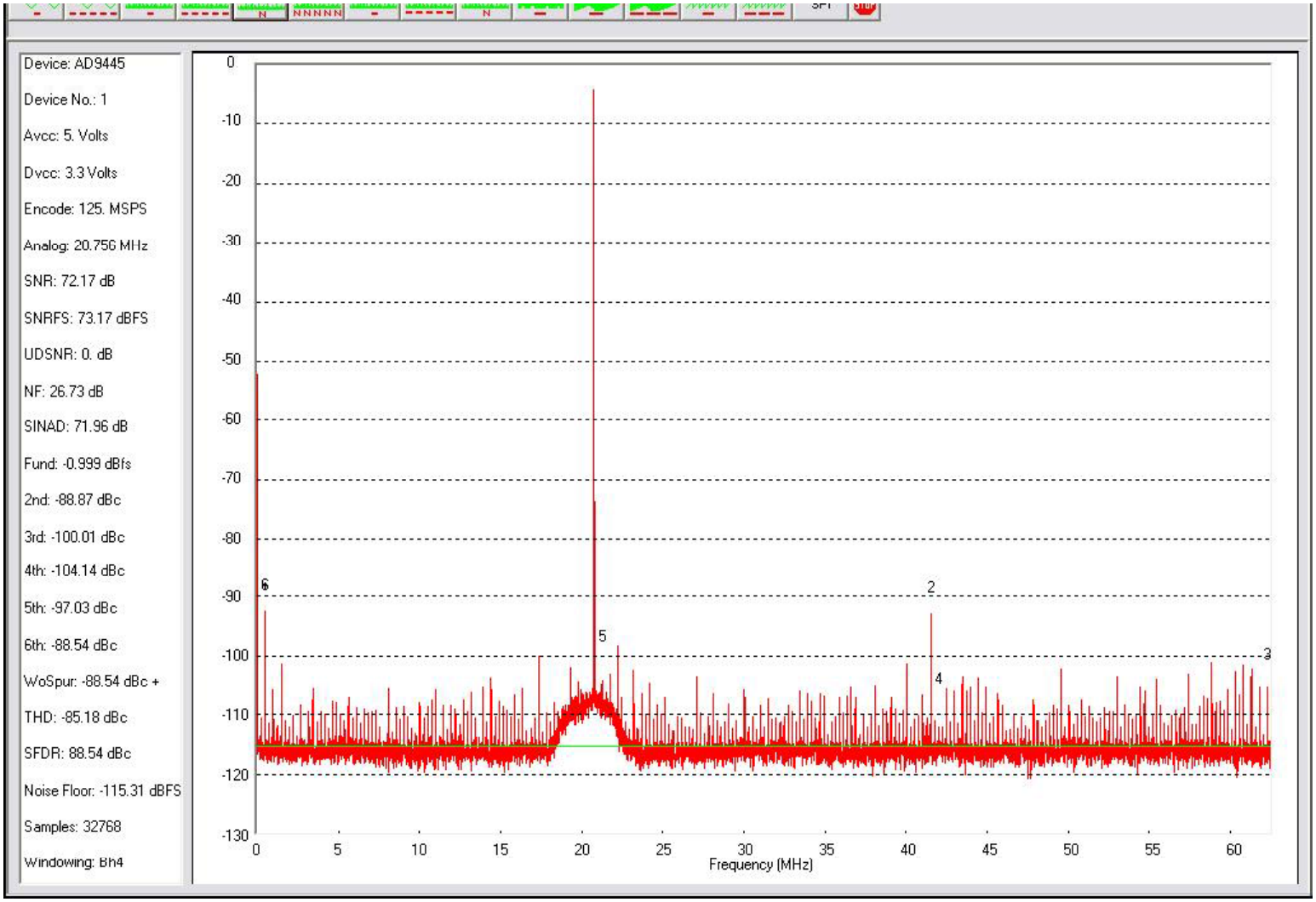
正确去耦时AD9445评估板的SNR图



从模拟电源去除电容后AD9445评估板的SNR图



从数字电源去除电容后AD9445评估板的SNR图



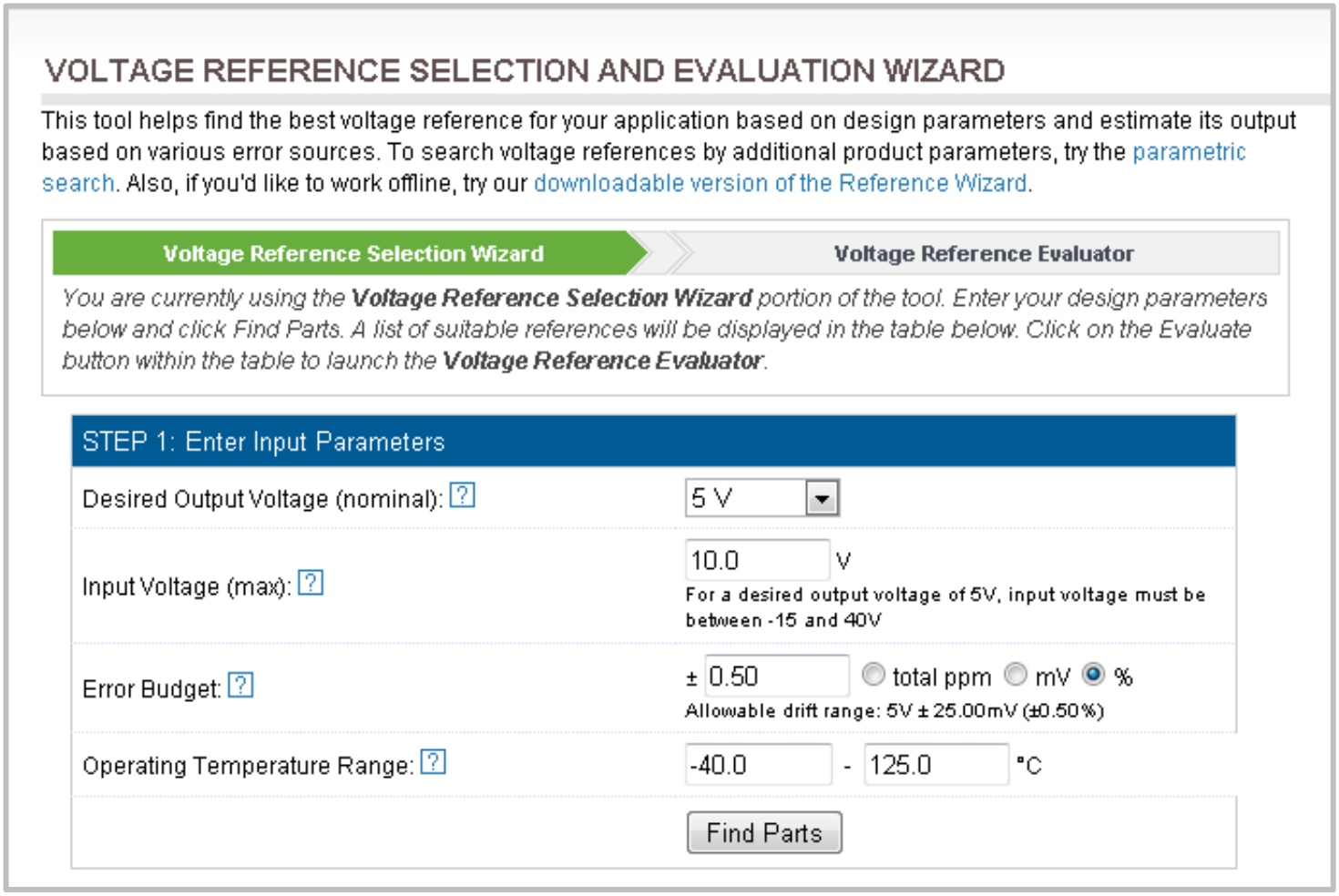
ADC基准电压

- **输入电平与基准电压相比较**
  - ADC精度是相对于基准电压的精度而言
- **内部基准电压源**
  - 简单易用、成本低
  - 基准电压源已针对ADC性能进行调整
  - 性能规格包括一切
- **外部基准电压源**
  - 可以选择以实现更高的绝对精度
  - 多ADC系统可以共用一个基准电压源
  - 传感器驱动器和ADC共用基准电压源
- **电源用作基准电压源**
  - 多数情况下成本最低
  - 噪声是最大问题
  - 容差和漂移可能会使精度降低

基准电压源比较

Voltage Reference Structure Comparison						
Specifications						
		Type	Zener	Band-gap	XFET	BG/CMOS
		Product	AD588	ADR360	ADR440	ADR45xx
Vout range	V		±5, ±10	1.25 to 5	2 to 5	2 to 5
Vin min	V		±10.8	2.35	3	3
Accuracy	%		0.01	0.15	0.02	0.02
Tempco	ppm/C		3	9	3	3
p-p noise	µV p-p		6	6.8	1	0.5
Hysteresis	ppm		50	100	20	50
Long term drift	ppm/1k hrs		15	50	40	40

ADC基准电压



VOLTAGE REFERENCE SELECTION AND EVALUATION WIZARD

This tool helps find the best voltage reference for your application based on design parameters and estimate its output based on various error sources. To search voltage references by additional product parameters, try the parametric search. Also, if you'd like to work offline, try our downloadable version of the Reference Wizard.

Voltage Reference Selection Wizard | **Voltage Reference Evaluator**

*You are currently using the **Voltage Reference Selection Wizard** portion of the tool. Enter your design parameters below and click Find Parts. A list of suitable references will be displayed in the table below. Click on the Evaluate button within the table to launch the **Voltage Reference Evaluator**.*

STEP 1: Enter Input Parameters

Desired Output Voltage (nominal):	5 V
Input Voltage (max):	10.0 V For a desired output voltage of 5V, input voltage must be between -15 and 40V
Error Budget:	± 0.50 total ppm mV % Allowable drift range: 5V ± 25.00mV (±0.50%)
Operating Temperature Range:	-40.0 - 125.0 °C
	Find Parts

ANALOG DEVICES

ADIsimADC

Design Tools: ADIsimADC™ (Full Feature Version)

Instructions | Glossary | Parametric Search | Request New Model | Submit Feedback | Print Results

AD9467_250_2p5V

Powered by National Instruments LabVIEW

STEP 1: Select an ADC Part

Select from Available (Modeled) Parts

16 Bit, 250 MSPS, AD9467_250_2p5V

-- OR --

Perform a Part Search

Encode Rate: MSPS

(optional)

# of Bits: ------

SNR: dB

SFDR: dB

Generate Suggested Parts List

Suggested Parts (Best Fit)

STEP 2: Enter Operating Conditions

FFT Type: Single Tone

Amplitude: -0.5 dBFS output

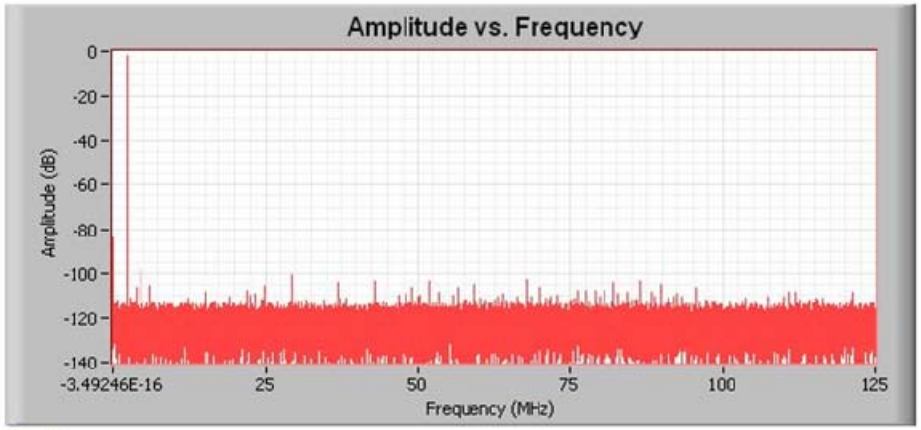
Frequency: 2.23 MHz

Encode Rate: 250 MSPS

Encode Jitter: 0.06 pSec

STEP 3: Run Model

Perform FFT



Results:

SNR:	73.60 dB	**Fund:**	-2.44 dBFS	**Worst Other:**	-98.07 dBc
SFDR:	96.42 dBc	**2nd:**	-96.42 dBc	**Noise Floor:**	-121.20 dBc
SINAD:	73.58 dBc	**3rd:**	-118.76 dBc		
THD:	96.14 dBc	**4th:**	-111.97 dBc		
ENOB:	11.93 Bits	**5th:**	-112.43 dBc		

Log:

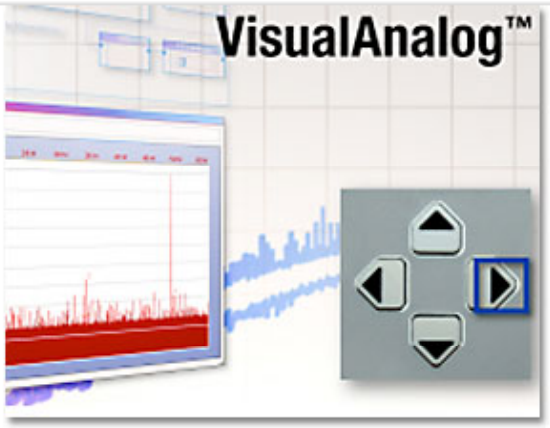
No Messages

VisualAnalog™

ADI设计峰会 2013

VisualAnalog™

For designers who are selecting or evaluating high speed ADCs, VisualAnalog™ is a software package that combines a powerful set of simulation and data analysis tools with a user-friendly graphical interface. Many designers are familiar with ADCAnalyzer - a tool that models ADC performance with varying input frequencies and sample rates. VisualAnalog takes this concept further by allowing designers to customize their input signal and data analysis. An input signal can be constructed from sine waves, noise sources, and vector data to see how an ADC will perform in real world conditions. The data analysis functions are expanded from the basic FFTs that are available in ADCAnalyzer as well. Customizable calculations allow designers to predict adjacent channel power ratio (ACPR) and display I/Q constellation plots on simulated ADC outputs or data collected from evaluation boards. VisualAnalog™ is also used as a controller for a new data capture board (HSC-ADC-EVALCZ).



- Configure ADC evaluation boards with HSC-ADC-EVALC or HSC-ADC-EVALB data capture kit
- Analyze data from HSC-ADC-EVALC
- Model ADC performance with complex input waveforms
- Plot I & Q constellations
- Create customized power calculations
  - NPR
  - ACPRL
- See 3 videos that describe the features and benefits of VisualAnalog™ and how to interface VisualAnalog™ to an evaluation board.

Download VisualAnalog™

See also VisualAnalog™ User's Guide (pdf)

ANALOG DEVICES

SPI控制器

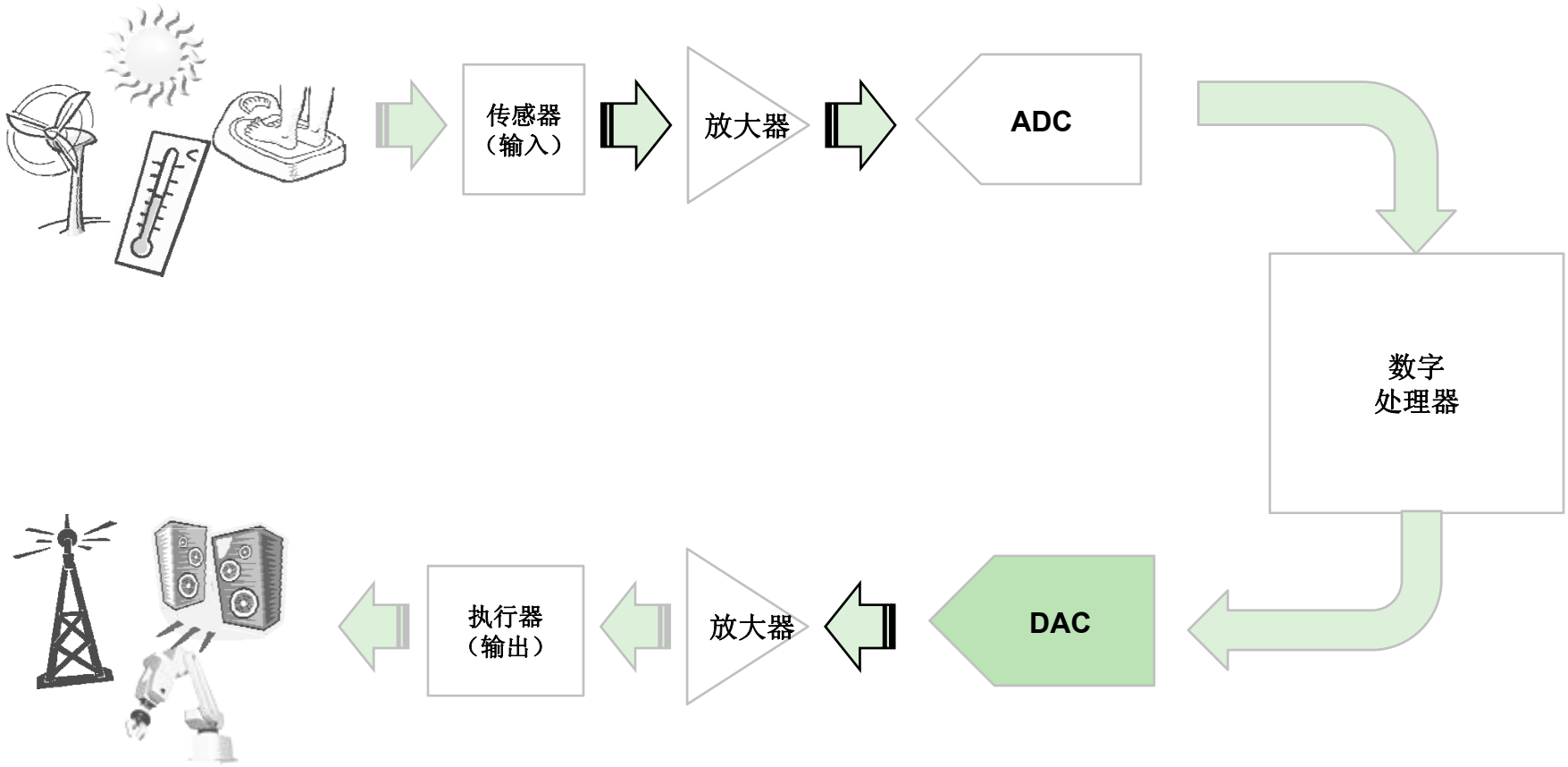
SPIController

The high speed ADC SPI program allows the user to control advanced features on high speed, analog-to-digital converters (ADCs) with SPI capability. A complete list of features can be found in the specific product's data sheet and in the Application Note: High Speed ADC SPI Control Software (pdf).

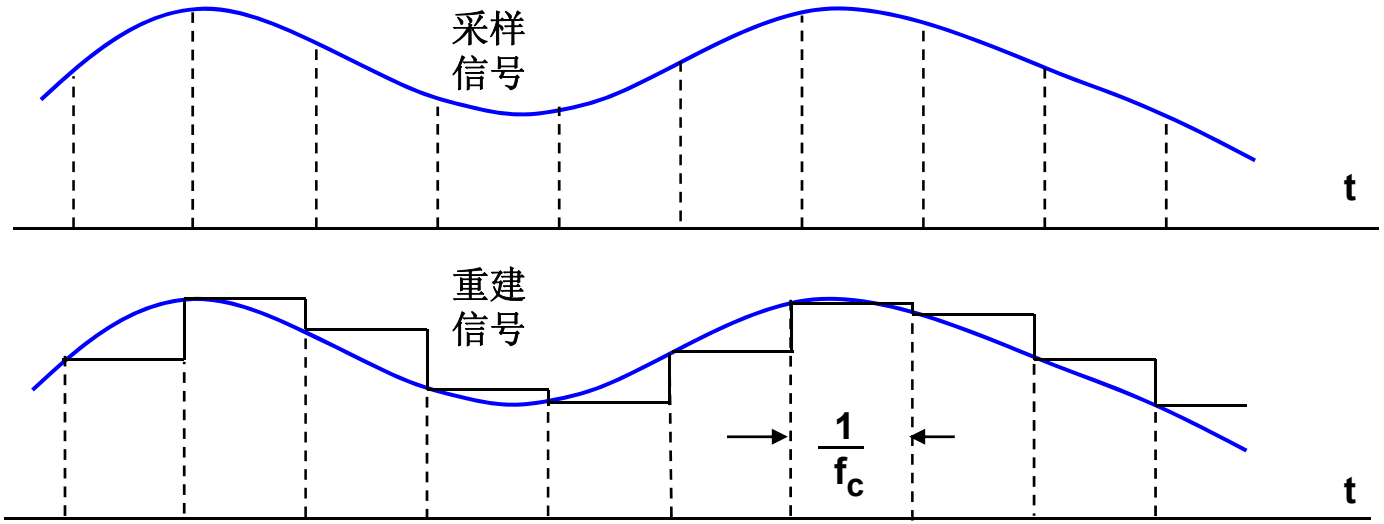
- Microsoft .NET Framework 3.5 is required by parts of this program and should be installed if not already on the target machine.
- Generates end use C source code;
- Generates assembly code for PIC12F629;
- Uses standard USB port interface;
- Works with HSC-ADC-EVALB (FIFO-based) and HSC-ADC-EVALC (FPGA-based) data acquisition kits

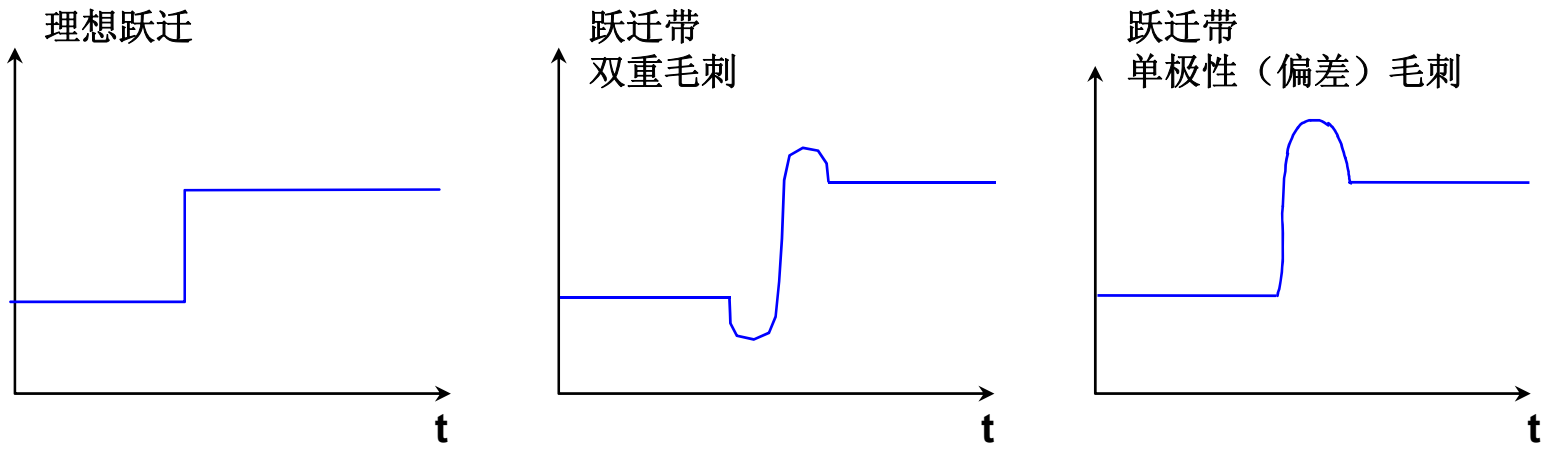
Download SPIController (.exe)

模拟转电子信号处理

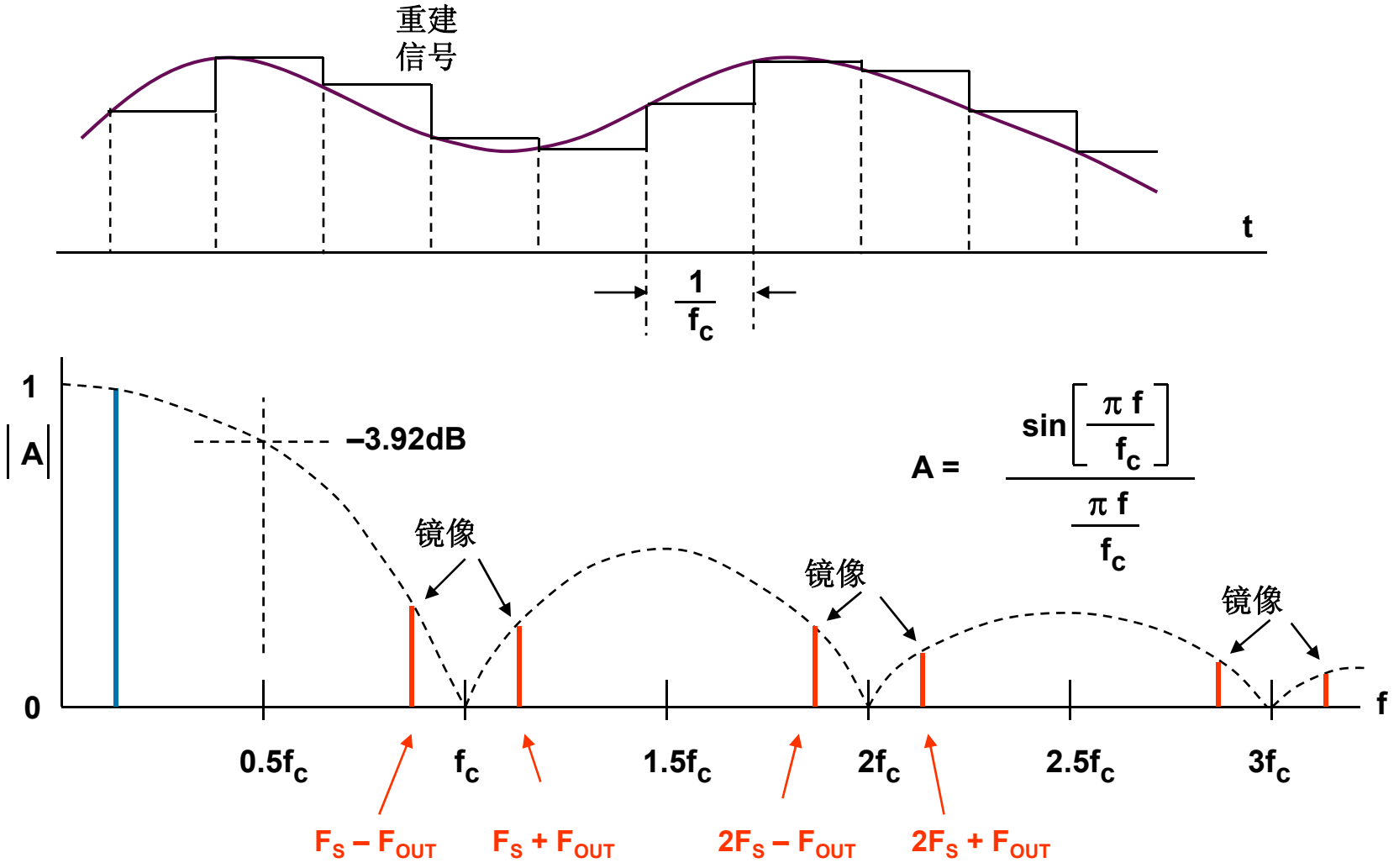


DAC信号结构

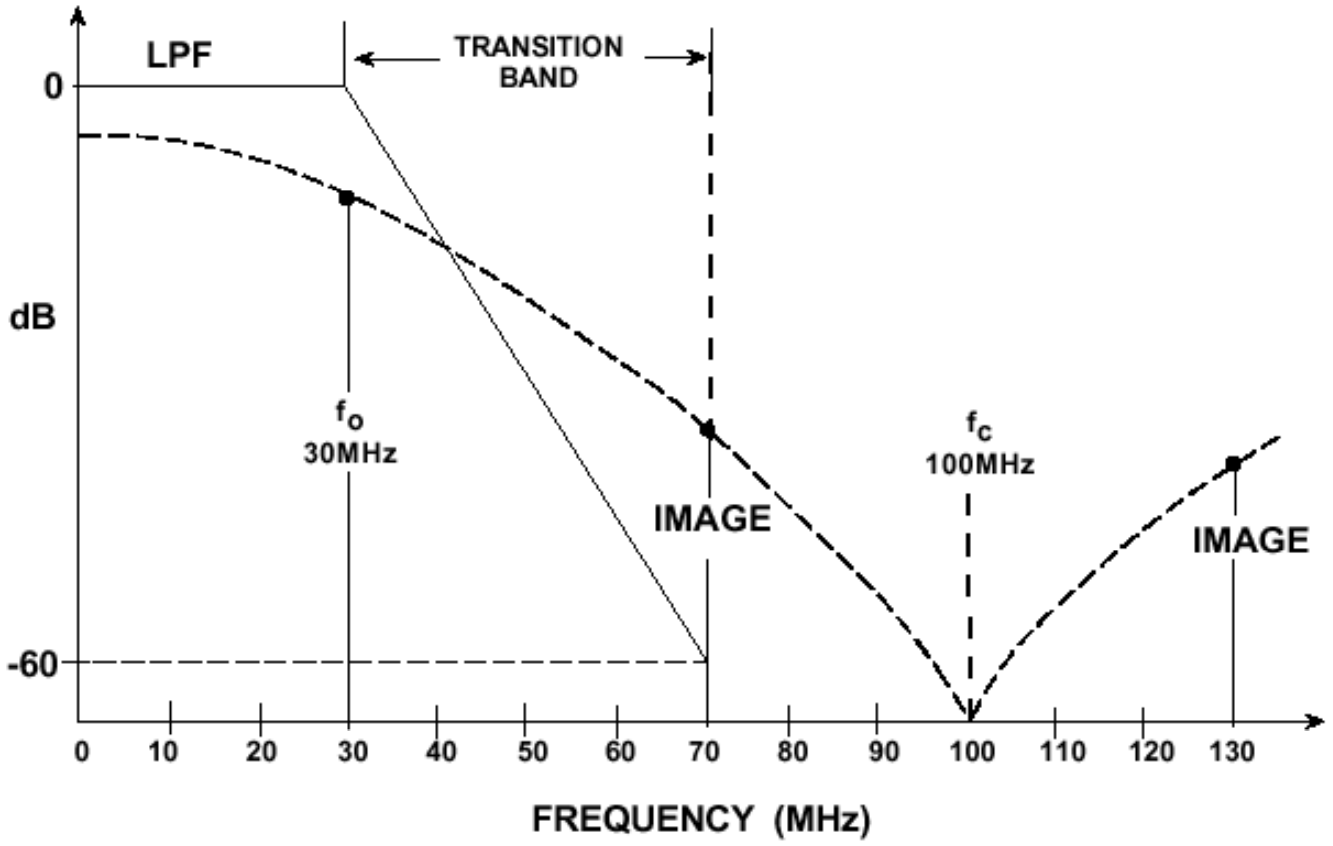




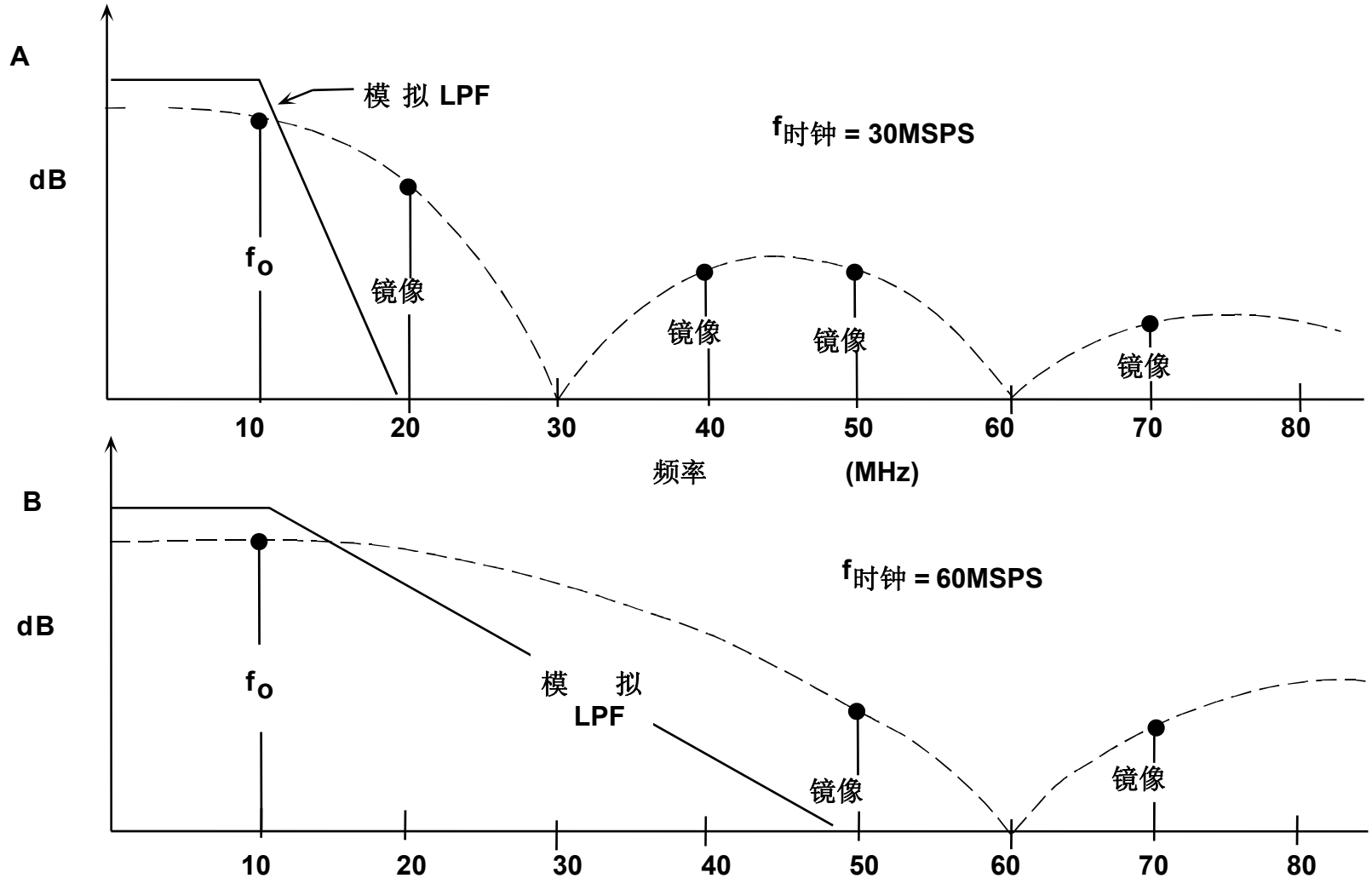
DAC sin x/x滚降（幅度归一化）



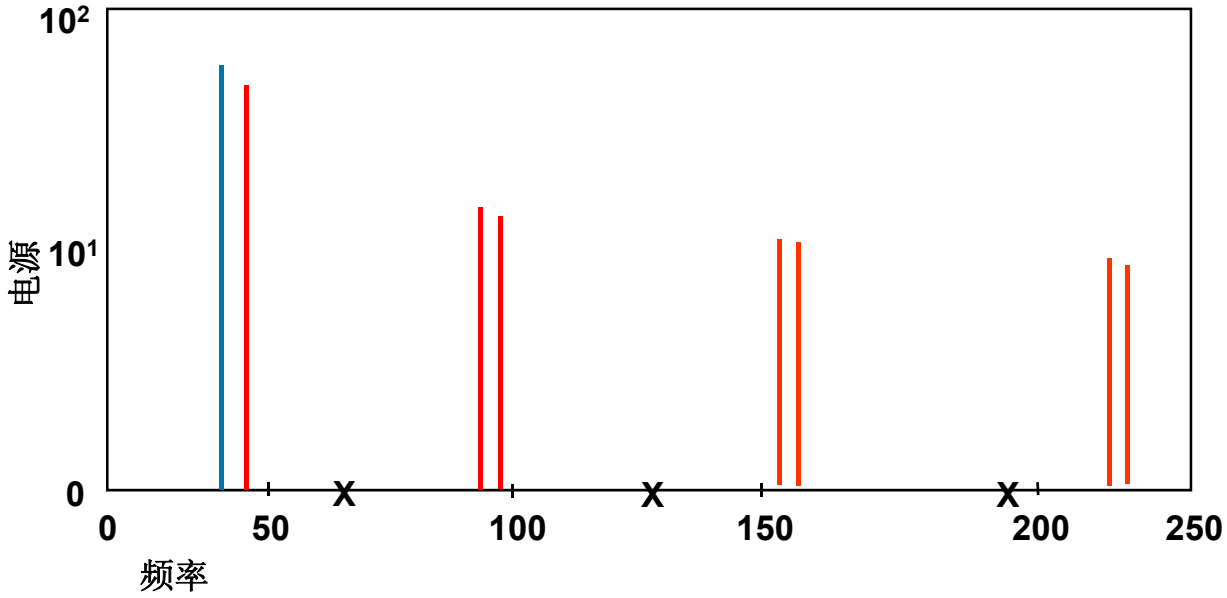
需要LPF来抑制镜像频率



f_o = 10 MHZ时的模拟滤波器要求：
f_c = 30 MSPS，且f_c = 60 MSPS



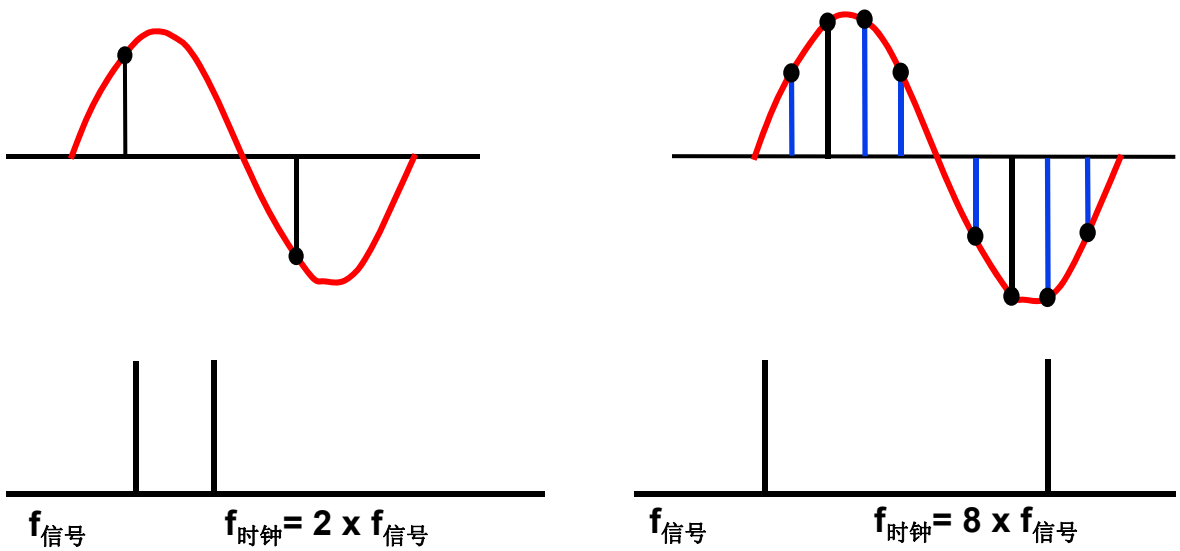
DAC镜像（续）



上例中，$F_{OUT} = 0.453\ F_s$

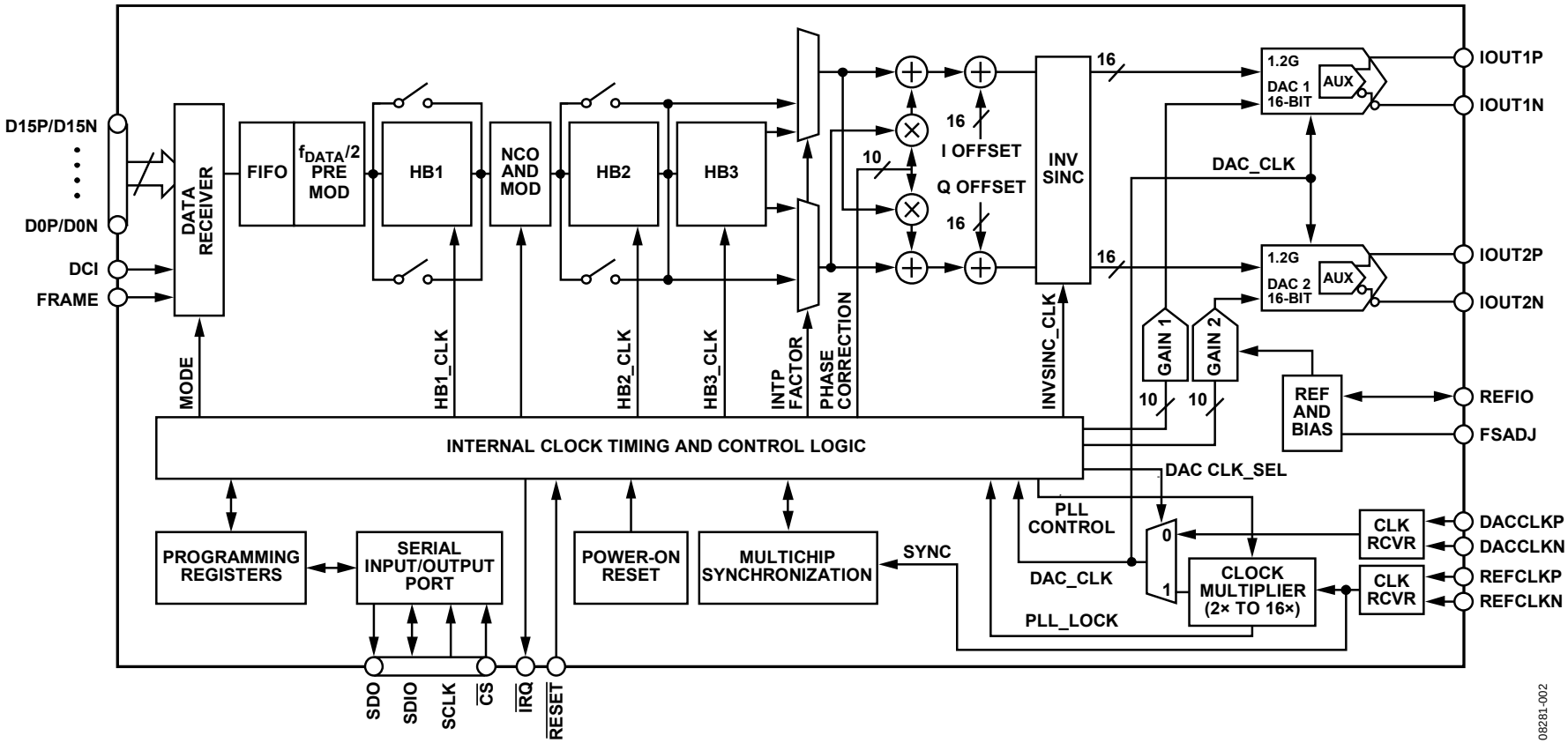
当DAC输出(F_{OUT})接近奈奎斯特频率时，镜像变得非常靠近，因而非常难以从信号中滤除。

插值

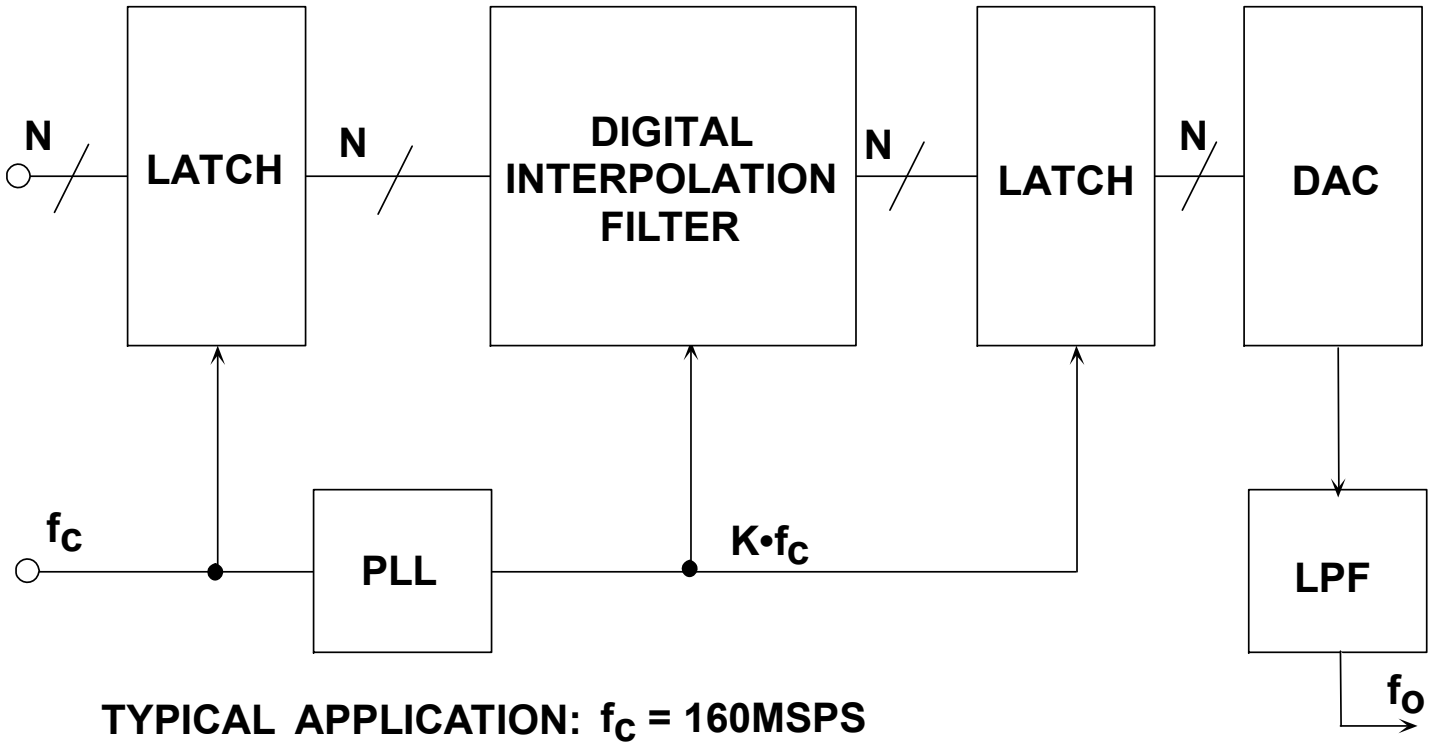


- 标准DAC的最大输出频率是FCLOCK ÷ 2（奈奎斯特速率）。
- 在插值DAC中，数字插值滤波器和PLL时钟倍频器用于将DAC的输入数据速率变为时钟速率的x倍。
- 在x倍FSIGNAL处产生镜像，使正弦函数更平滑，并简化滤波器要求和数字接口。

AD9122 TxDAC® 16位 DAC内核



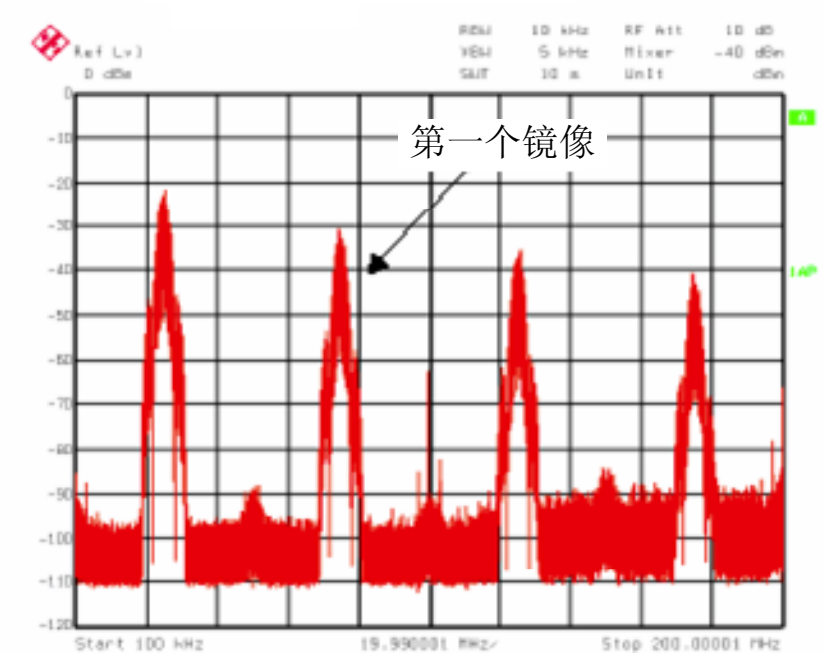
过采样插值TxDAC®的简化框图



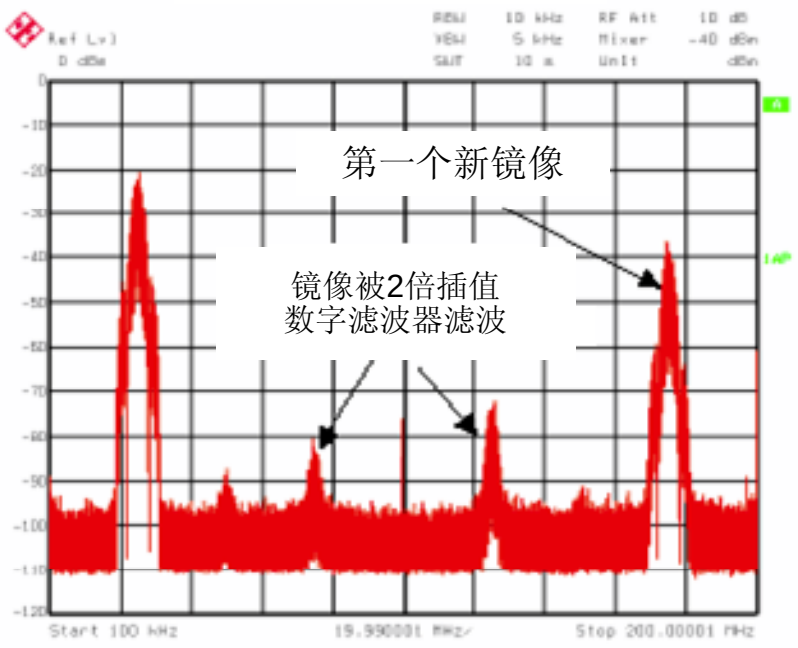
TYPICAL APPLICATION: f_C = 160MSPS
f_O = 50MHz
K = 2
Image Frequency = 320– 50 = 270MHz

AD9772：2倍插值与奈奎斯特DAC

奈奎斯特DAC



AD9772 DAC



内容回顾

- 信号链中的数据转换器
- 数据转换基础
- ADC驱动
- 输入结构
- 影响ADC性能的因素（时钟，基准电压，电源）
- 面向高速和高分辨率的DAC

本研讨会涉及的设计资源

ADI设计峰会 2013

设计工具与资源：

名称	描述	URL
ADIsimADC	以真实应用展示ADC的动态性能	
基准电压源选型向导		
Visual Analog		
SPI控制器		

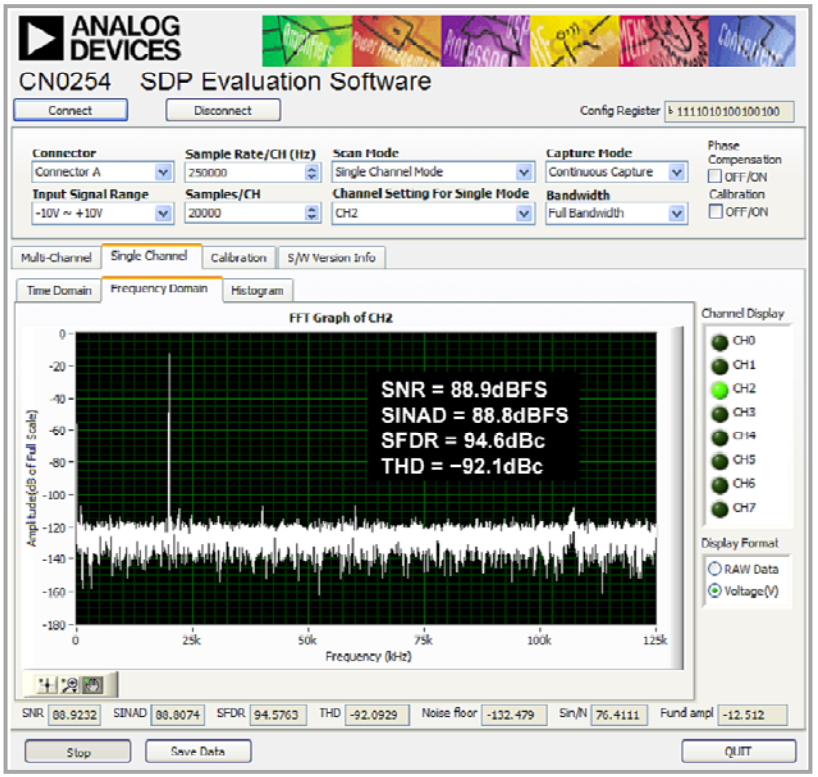
前往我们的EngineerZone®支持社区，在线提出技术问题、交流思想

- 从主页上选择一个技术领域：
  - ez.analog.com
- 点击此处访问设计峰会专区：
  - www.analog.com/DC13community

engineerzone™ SUPPORT COMMUNITY

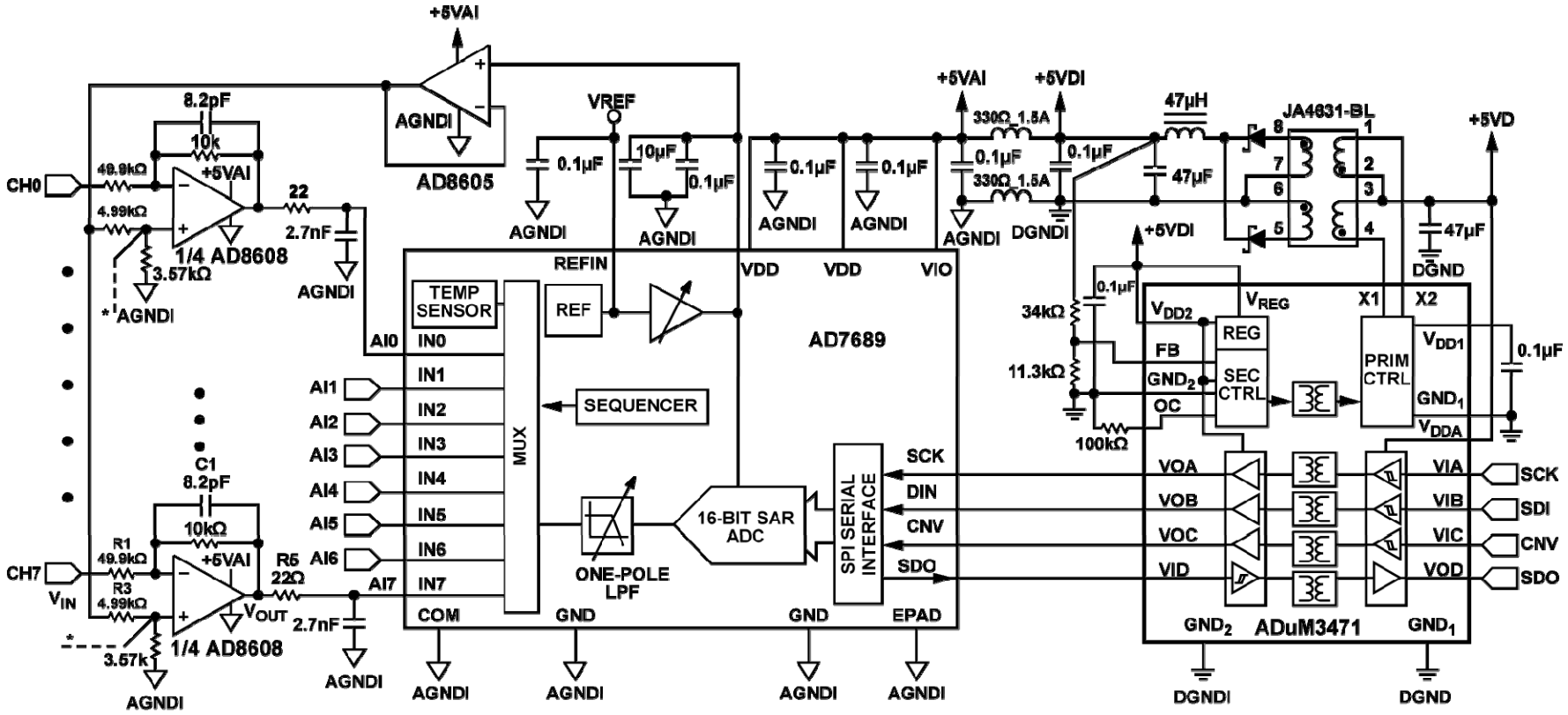
16位、250 kSPS、8通道、隔离数据采集系统

- **Circuits from the Lab®实验室电路CN0254是高性价比、高度集成的16位、250 kSPS、8通道数据采集系统，可对±10 V工业级信号进行数字化转换。该电路还可在测量电路与主机控制器之间提供2500 V rms隔离，整个电路采用隔离式PWM控制5 V单电源供电。**



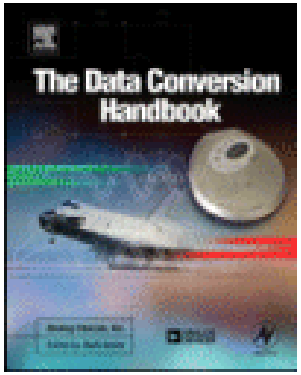
该演示板有售：
www.analog.com/DC13-hardware

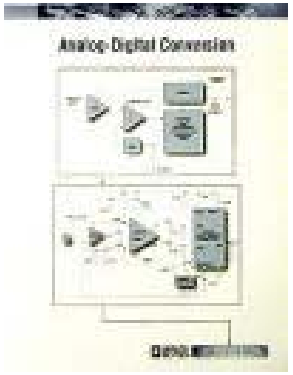
16位、250 kSPS、8通道隔离数据采集系统—CN0254



数据转换手册

《*数据转换手册*》由Walt Kester（*Newnes*，2005）编辑，专为经常使用数据转换器和相应电路的设计工程师而著。此书包括数据转换器历史、数据采样系统基础、数据转换器架构、数据转换器工艺技术、数据转换器的测试、数据转换器接口技术、数据转换器支持电路、数据转换器应用以及硬件设计技巧。它可能是涵盖内容最广的数据转换器相关产品书籍。此书最后一章讨论了一些实际问题，包括常见问题以及无源器件非理想特性的处理方法。您可以从自己最喜欢的书商处购买《数据转换手册》。



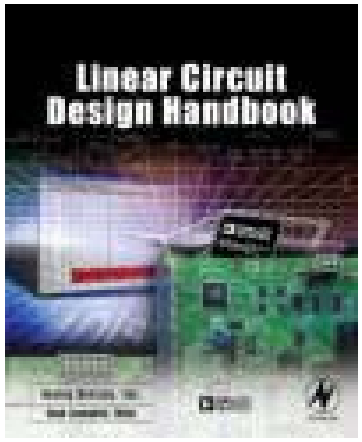


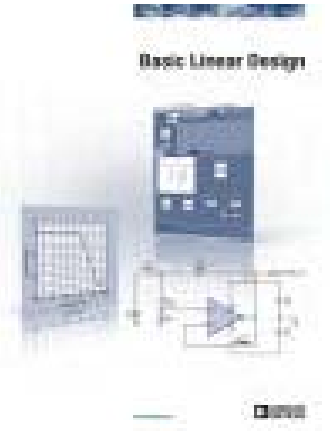
可通过下列相应的链接下载《基本线性设计》研讨会笔记原版中的各个章节（或包含所有章节的zip文件）：

http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/39-06/data_conversion_handbook.html

线性电路设计手册

《*线性电路设计手册*》由Hank Zumbahlen（*Newnes*，2008）编辑，是从器件原理走向实际电路设计的桥梁。有效的模拟电路设计需要对核心线性器件以及它们如何影响模拟电路设计有深刻的理解。此书全面介绍重要的模拟器件，以及如何在线性电路设计中使用它们，是对模拟和混合信号设计工程师很有用的学习工具和参考资料。它涵盖下列内容：针对在职工程师的完整模拟电路元器件、用于所有主要线性电路类型且经市场验证的设计信息、有关如何阅读运算放大器数据手册以及如何选择现成运算放大器的实用建议、印刷电路板的设计问题，以及包括工作电路图在内的1000多幅图表。《*模拟对话*》的读者订购此书 时，若直接从Newnes订购，则可获得20%的折扣。请输入折扣代码92222。





可通过下列相应的链接下载《基本线性设计》研讨会笔记原版中的各个章节（或包含所有章节的zip文件）：

http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/43-09/linear_circuit_design_handbook.html

ADI设计峰会 2013

谢谢！

ADI中国地区技术支持热线：4006 100 006

ADI中国地区技术支持信箱：china.support@analog.com

ADI中文技术论坛：ezchina.analog.com

ADI样片申请网址：http://www.analog.com/zh/sample

XILINX ALL PROGRAMMABLE

ANALOG DEVICES