

连接/参考器件

AD9958/ AD9858	500 MSPS/1 GSPS 直接数字频率合成器(DDS)
AD9515	时钟分配 IC 和引脚可编程微型分频器
AD6645	14 位、80 MSPS/105 MSPS ADC

## 利用 500 MSPS/1GSPS DDS AD9958/AD9858 和时钟分配 IC AD9515 实现用于高性能 ADC 的低抖动采样时钟发生器

### 电路功能与优势

本电路采用一个具有 sub-Hz 调谐分辨率的直接数字频率合成器(DDS), 作为高性能 ADC 的低抖动采样时钟源。AD9515 时钟分配 IC 向 ADC 提供 PECL 逻辑电平。不过, 利用 AD9515 的内部分频器特性, DDS 也可在 AD9515 前端以较高频率工作, 有效提高输入压摆率。AD9515 输入方波电路中较高的压摆率有助于降低时钟路径中的宽带抖动。

ADC 采样时钟的抖动会降低总信噪比(SNR), 二者的关系如公式 1 所示:

$$SNR = 20 \log_{10} \left( \frac{1}{2\pi f t_j} \right) \quad (1)$$

其中 f 为满量程模拟输入频率,  $t_j$  为均方根抖动。公式 1 中的“SNR”仅由时钟抖动决定, 与 ADC 的分辨率无关。

以下数据证明 DDS 在时钟应用中可实现低抖动。有关公式 1 及如何用于评估 ADC 采样时钟抖动特性的更多信息, 请参考 [应用笔记 AN-501](#)。

### 电路描述

图 1 中的电路配置显示, 基于 DDS 的时钟发生器由一个 DDS 及后置的重构滤波器和 AD9515 时钟分配 IC 组成, 它用于为模数转换器(ADC)提供采样时钟。DDS 采样时钟由 Rohde & Schwarz SMA 信号发生器产生。测量抖动时, 由 DDS 和 AD9515 产生的时钟作为高性能、14 位、80 MSPS/105 MSPS ADC AD6645 的采样时钟。ADC 的模拟输入信号是经过滤波

的 170.3 MHz 正弦波, 由低抖动 Wenzel 晶体振荡器 ([www.wenzel.com](http://www.wenzel.com)) 产生。数据由两个不同 DDS 提供: AD9958 (500 MSPS) 和 AD9858 (1 GSPS)。

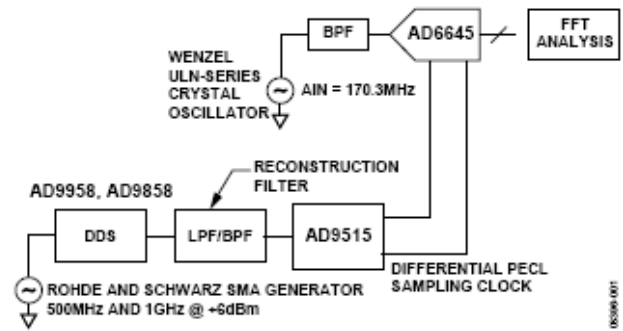


图 1. 基于 DDS 的 ADC 采样时钟发生器 (原理示意图)

通过评估 ADC 的差分非线性 and 热噪声贡献, 然后应用基于 DDS 的时钟并测量 ADC SNR, 便可获得基于 DDS 时钟所增加的抖动。有关测量设置和抖动计算的更多详细信息, 请参考 [应用笔记 AN-823](#)。另外, 也可参考 [应用笔记 AN-837](#), 其中说明如何设计具有最佳阻带性能的 DAC 重构滤波器。

表 1 列出了 AD9958 的测试结果数据。这些数据证实, 提高 DDS 输出频率或压摆率以及减小 DDS 输出滤波器通带, 可以实现更佳抖动性能。表 2 列出了 AD9858 与 5% 带通滤波器、225 MHz 低通滤波器在各种 DDS 输出功率水平时的测量结果。正如所预期的, 提高功率和降低带宽可以实现低抖动。利用 5% 带通滤波器, 可衰减 DAC 的大部分杂散。这种情况下, 抖动在更大程度上取决于 DAC 输出与限幅器输入之间的噪声耦合, 抖动降低与压摆率提高之间的高度相关性证明了这一点。请注意, 利用 AD9858 电路, 就可以实现均方根抖动值始终低于 1 ps。

### Rev.0

“Circuits from the Lab” 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 “Circuit from the Lab”. (Continued on last page)

为达到上述性能水平，这些电路必须构建在具有较大面积接地层的多层印刷电路板上，并采用适当的接地、布局和去耦技术（请参考教程MT-031—“实现数据转换器的接地并解开

AGND和DGND的迷团”，以及教程MT-101—“去耦技术”）。有关更多指导信息，请参考AD9958、AD9858、AD9515 和AD6645 的评估板文档。

表 1: AD9958 和 AD9515 的抖动响应与输出频率、功率、频率、滤波器带宽的关系

产品	DDS 采样速率(MHz)	DDS 输出频率(MHz)	DDS 输出功率(dBm)	DDS 重构滤波器(MHz)	AD9515 分频器输出设置	AD9515 输出频率(MHz)	均方根抖动(ps)
AD9958/AD9515	500	38.88	-3.6	200 LPF	1	38.88	4.1
AD9958/AD9515	500	38.88	-3.6	200 LPF	2	19.44	4.1
AD9958/AD9515	500	38.88	-4.7	47 LPF	1	38.88	2.4
AD9958/AD9515	500	38.88	-4.7	47 LPF	2	19.44	2.4
AD9958/AD9515	500	38.88	-3.3	5% BPF	1	38.88	1.5
AD9958/AD9515	500	38.88	-3.3	5% BPF	2	19.44	1.5
AD9958/AD9515	500	77.76	-3.8	200 LPF	1	77.76	2.5
AD9958/AD9515	500	77.76	-3.8	200 LPF	2, 4	38.88, 19.44	2.5
AD9958/AD9515	500	77.76	-4.9	85 LPF	1	77.76	1.5
AD9958/AD9515	500	77.76	-4.9	85 LPF	2, 4	38.88, 19.44	1.5
AD9958/AD9515	500	77.76	-3.8	5% BPF	1	77.76	1.1
AD9958/AD9515	500	77.76	-3.8	5% BPF	2, 4	38.88, 19.44	1.1
AD9958/AD9515	500	155.52	-5.5	200 LPF	2	77.76	1.5
AD9958/AD9515	500	155.52	-5.5	200 LPF	4, 8	38.88, 19.44	1.5
AD9958/AD9515	500	155.52	-5.6	5% BPF	2	77.76	0.68
AD9958/AD9515	500	155.52	-5.6	5% BPF	4, 8	38.88, 19.44	0.68

表 2: AD9858 和 AD9515 的抖动响应与输出频率、功率、频率、滤波器带宽的关系

产品	DDS 采样速率(MHz)	DDS 输出频率(MHz)	DDS 输出功率(dBm)	DDS 重构滤波器(MHz)	AD9515 分频器输出设置	AD9515 输出频率(MHz)	均方根抖动(ps)
AD9858/AD9515	1000	155.52	+7.7	225 LPF	2	77.76	0.56
AD9858/AD9515	1000	155.52	+7.7	225 LPF	4, 8	38.88, 19.44	0.56
AD9858/AD9515	1000	155.52	+7.7	5% BPF	2	77.76	0.33
AD9858/AD9515	1000	155.52	+7.7	5% BPF	4, 8	38.88, 19.44	0.33
AD9858/AD9515	1000	155.52	+2.6	225 LPF	2	77.76	0.63
AD9858/AD9515	1000	155.52	+2.6	225 LPF	4, 8	38.88, 19.44	0.63
AD9858/AD9515	1000	155.52	+1.1	5% BPF	2	77.76	0.42
AD9858/AD9515	1000	155.52	+1.1	5% BPF	4, 8	38.88, 19.44	0.42
AD9858/AD9515	1000	155.52	-3.2	225 LPF	2	77.76	0.73
AD9858/AD9515	1000	155.52	-3.2	225 LPF	4, 8	38.88, 19.44	0.73
AD9858/AD9515	1000	155.52	-4.6	5% BPF	2	77.76	0.64
AD9858/AD9515	1000	155.52	-4.6	5% BPF	4, 8	38.88, 19.44	0.64

## 常见变化

ADI公司提供各种直接数字频率合成器、时钟分配芯片和时钟缓冲器，用来构建基于DDS的时钟发生器。欲了解更多信息，请访问[www.analog.com/dds](http://www.analog.com/dds)和[www.analog.com/clock](http://www.analog.com/clock)。

## 进一步阅读

AN-501 Application Note, *Aperture Uncertainty and ADC System Performance*. Analog Devices.

AN-823 Application Note, *Direct Digital Synthesizers in Clocking Applications*. Analog Devices.

AN-837 Application Note, *DDS-Based Clock Jitter Performance vs. DAC Reconstruction Filter Performance*. Analog Devices.

Kester, Walt. 2005. *The Data Conversion Handbook*. Analog Devices. Chapters 6 and 7.

Kester, Walt. 2006. *High Speed System Applications*. Analog Devices. Chapter 2, "Optimizing Data Converter Interfaces."

Kester, Walt. 2006. *High Speed System Applications*. Analog Devices. Chapter 3, "DACs, DDSs, PLLs, and Clock Distribution."

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of AGND and DGND*. Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*. Analog Devices.

## 数据手册和评估板

[AD6645 Data Sheet](#).

[AD9515 Data Sheet](#).

[AD9858 Data Sheet](#).

[AD9958 Data Sheet](#).

[AD6645 Evaluation Board](#).

[AD9515 Evaluation Board](#).

[AD9858 Evaluation Board](#).

[AD9958 Evaluation Board](#).

## 修订历史

**7/09—Revision 0: Initial Version**

(Continued from first page) "Circuits from the Lab" 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" 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". Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, "Circuits from the Lab" 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" at any time without notice, but is under no obligation to do so. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.