

# 一种用于同步多个GSPS转换器的测试方法

Shane Foss, 应用工程师; Rob Reeder, 应用工程师, ADI公司

## 摘要

多个转换器的同步可用于此类应用, 例如雷达、电子战(EW)、超声、以及使用数字波束成形技术以便处理一大段数据的其他多通道应用。必须注意, 使用GSPS模数转换器(ADC)时, 在相同的系统内同步多个转换器的需求是相同的。不过, 速度和接口使得这一点更难以实现。

本文将说明两种方法: JESD204B接口数据字内使用确定性延迟和使用控制位。两种方法都是JESD204B子类1的特征。新近发布的AD9625 (12位, 2.5 GSPS ADC)是用作测试设备, 针对多个转换器同步所需遵循的设计规则提供基准结果。

## 概述和方法

在航空航天和防务产业中, 同步多个ADC是基本要求。AD9625是12位2.5 GSPS ADC, 旨在方便同步多个转换器, 这正是它的标准特性之一。同步定义为按等于或小于单时钟周期的精度匹配各转换器的能力, 而该精度仅取决于ADC的孔径抖动、时钟抖动及时钟分配精度。AD9625采用符合标准JESD204B接口技术要求的高速串行数据通道。基于JESD204B的转换器在市场中仍相对较新, 许多用户第一次采用这种技术, 关注点放在同步多个器件的能力上。本文可解决一些或者全部这些问题, 因为曾使用相对简单的基准测试设置来成功同步两个转换器, 并显示出可扩展性。

同步多个AD9625有两种独特方案。一种方法是使用确定性延迟, 其中将必须针对各个单独数据路径对延迟加以调整以便校正时序不匹配。因此本文将不会介绍这种方法。本文重点说明第二种方案, 它使用通常称为时间戳的方法。记住, 这两种方法都是AD9625设计部分的JESD204B子类1的特性。在本文中, 时间戳方法将是重点, 因为无需测量每个转换器到每个FPGA的时间延迟。对于较大的系统, 可能采用数百个转换器, 就像在地面雷达系统应用中可能使用数百个转换器, 所以这点尤其重要。

有一个主要应用将从同步中获益, 即雷达应用。在这种情况下, 不需要绝对时间测量。设计人员仅需要关注从一个接收元件到下一个的相对时间即可。最后, 使用时间戳时数据处理没有那么密集, 因为FPGA或处理器仅在各数据集中寻找一个时间标记。使用这个时间标记, 设计人员得以将数据对齐并可针对各转换器路径从已定义的同步点运行算法。无需担心从各转换器横跨无数个转换器/FPGA到其各自FPGA的走线长度的距离。这种路由可能横跨多个电路板, 使得它在应用设计中更加有帮助。本文就同步高速GSPS转换器时遵循的基本设计规则、需要采取的测试步骤、以及预期的最后结果给出了指导。

## 关于JESD204B的注意事项

AD9625是12位2.5 GSPS高速ADC, 具有遵循JESD204B标准的串行输出。在JESD204B标准内, 有多个基于不同目的而优化的子类。若要了解关于JESD204B的更多细节, 请参阅[子类完整列表](#)。

AD9625使用子类1, 它对于如何执行这种同步方法非常关键。子类1使用SYSREF信号来对齐串行输出数据。将SYSREF信号输入转换器的输出数据中。这个配置使得SYSREF可与转换时钟同步, 并确保分配的各SYSREF信号同时到达各转换器。这会产生将置于JESD204B串行输出数据中的标记或时间戳, 其显示应开始同步数据分析的确切点。

AD9625提供两种使用这个标记的方案。设计人员可以使用属于整个16位JESD字一部分的单独控制位或者用SYSREF时间戳代替转换器的LSB。应注意到, 本文所述测试使用LSB方案。还必须注意, 这些控制位的实施方案以及使用这些控制位来同步多个转换器的方式并不属于JESD规范。JESD字中各控制位的名称由各转换器设计自行确定, 各转换器有所相同。

## 测试设置

图1中的设置显示如何同步两个转换器。理论上，可同步的转换器数目不受限制。首先正确设计AD9625电路板，如图2和图3所示，测试设置需要以下设备：

- 两台运行Windows®操作系统的标准台式机/笔记本电脑
- 两个Xilinx® VC707开发套件
- 两个AD9625 FMC电路板，AD-FMCADC2-EBZ
- Tektronix HFS 9009脉冲发生器和激励系统
- 两个采用B22低相位噪声方案的Rohde & Schwarz® SMA100A信号产生器
- T用于时钟和SYSREF连接的两个24 GHz匹配RF电缆

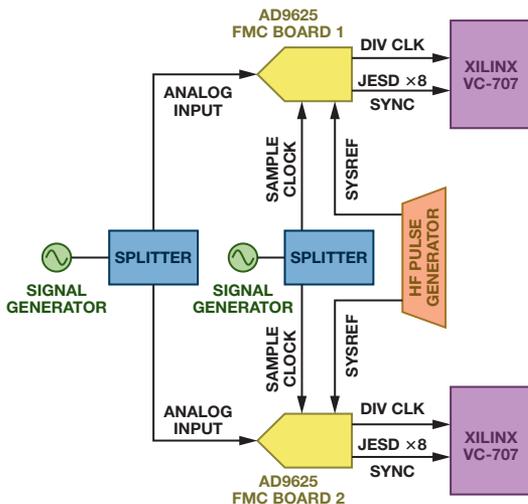


图1. 测试设置及其主要互连框图

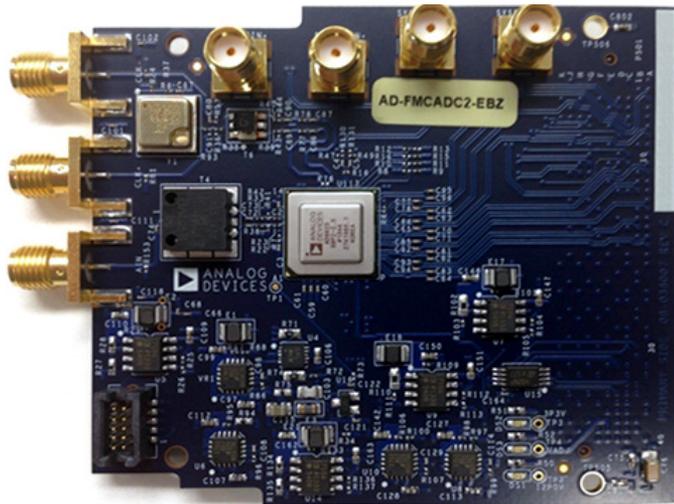


图2. 具有同步连接的AD9625 FMC电路板(AD-FMCADC2-EBZ)

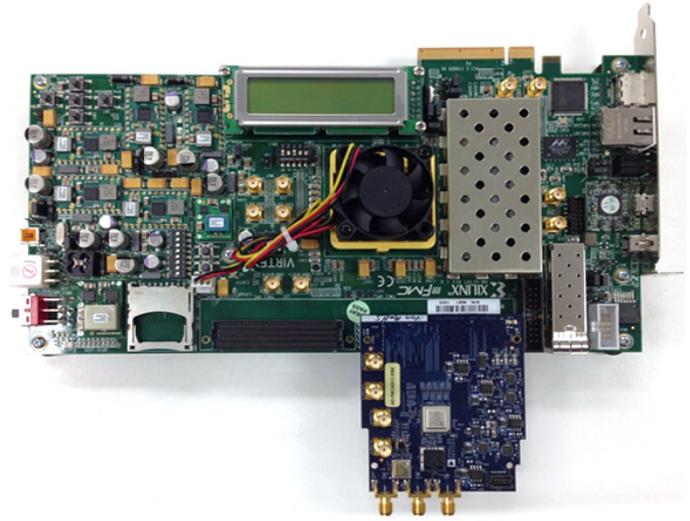


图3. AD-FMCADC2-EBZ连接到VC707 Xilinx开发板上的FMC1, HPC卡槽

信号发生器(SMA100A)针对各转换器提供2.5 GHz的采样时钟。接着通过使用5350-244 Picosecond Pulse Labs功率分配器，将单一输出分成两个时钟。然后将一对相位和长度匹配电缆自两个分输出连接至各AD9625板。这确保时钟将在到达各转换器时同步。

脉冲发生器(HFS 9009)的任务是产生SYSREF信号。特别针对这个任务来选择脉冲发生器，因为它提供的多个差分信号有相当低的抖动，且能够使一个差分输出相对于另一个差分输出偏斜，从而能够根据需要相对于采样时钟移动SYSREF信号的位置以确保遵从设置和保持时间要求。

接下来，也必须采用与采样时钟相同的方式来分割模拟输入。使用具有一对相位匹配电缆的另一个功率分配器确保两个模拟输入信号同时到达各转换器的输入端。

AD9625 (AD-FMCADC2-EBZ)电路板经由HPC FMC连接器连接至VC707评估平台。使用Xilinx ChipScope和SDK软件工具，与VC707实现接口，并实施时间戳程序和捕获数据。

## 测试程序

若要手动触发SYSREF，将脉冲发生器激活，针对各转换器对齐SYSREF信号。一旦检测到SYSREF标记，各FPGA将执行数据捕获，如图4所示。

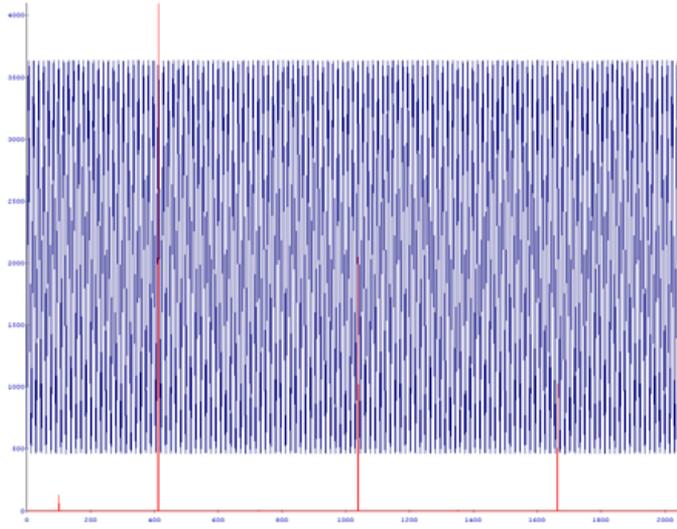


图4. 显示借助SYSREF而触发的数据捕获的Xilinx ChipScope屏幕截图

各红线表示LSB SYSREF标记，而蓝色波形显示实际捕获的数据。如上所示成功捕获数据后，将会导出数据采用MATLAB®进行处理。

## 同步结果

采用MATLAB分析导出的原始数据之后，来自各ADC的时域重构数据彼此叠加，可绘制出曲线(图5)。

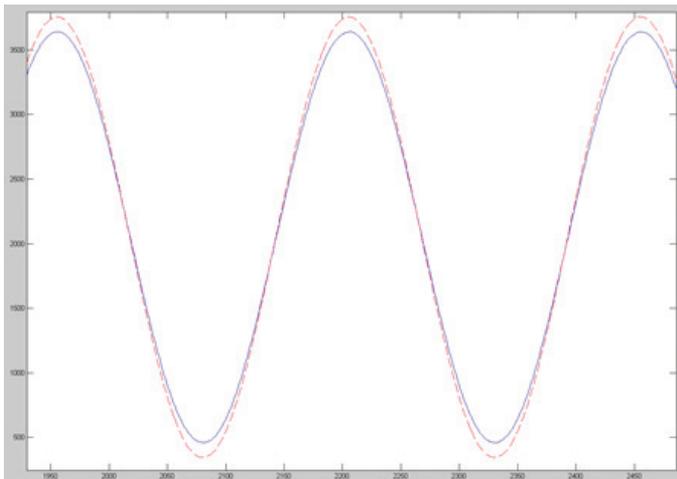


图5. 时域原始数据的MATLAB重构

图6显示图5中上升沿的放大图。水平轴代表采样。蓝线和红线代表两个独立、同步的ADC/FPGA数据集，二者之间的差异看起来比一个采样偏差小。

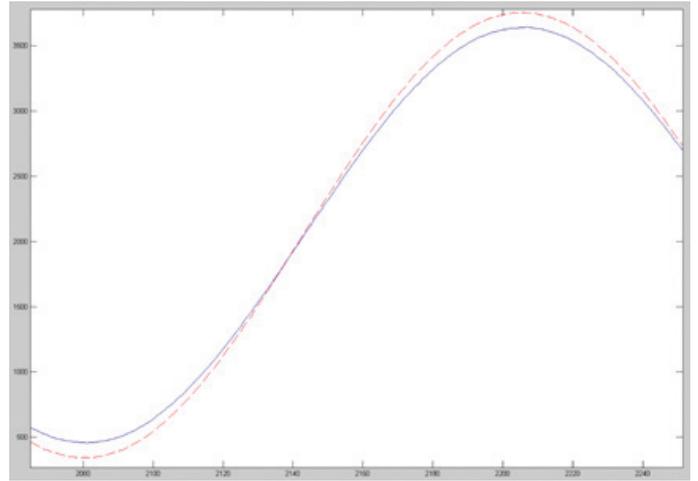


图6. 图5上升沿的放大图

表1列出了采样相位变化的子集，它与图1中采用710 MHz模拟输入的测试配置设置有关。

表1: 采样相位变化的子集

采样数据集	相位1	相位2	相位变化	采样变化
1	-2.5598	-2.2897	-0.2701	-0.1513
2	2.5860	2.8579	-0.2719	-0.1523
3	0.0940	0.3648	-0.2708	-0.1517

表1的测试结果显示以710 MHz运行的模拟输入及三个独立捕获产生准确度差不多的结果。同样，各结果同步后在 $\pm 0.5$ 个采样范围内。应注意，在测试设置中相位锁定两个源信号非常重要，目的是提供同步采样时钟和SYSREF输入。若这两个边沿在时间上相对于彼此自由移动，未进行相位锁定，那么据统计，预测最终会经常违背设置和保持时间。

借助市场上即将出现的新型JESD204时钟分配IC，像HMC7044、AD9525和AD9528，这将自动实现各时钟和SYSREF输入的相位锁定。

## 结论

使用这种测试设置方法证明，可以用JESD204B高速串行数字接口并利用SYSREF和时间戳方法来同步两个AD9625 12位2.5 GSPS ADC使得同步结果好于一个采样精度。虽然这种方法使用很多笨重的台式测试设备，但很快就可以使用ADI公司新发布的时钟器件来实施相同的同步设置，从而实现更简单的解决方案。

除了提供两个转换器同步方法，本文还提出可将此概念扩展为整合多个转换器，诸如雷达、电子战以及军事通信应用之类的应用也将大大获益于这种GSPS速度优势。

## 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](http://ezchina.analog.com)

**engineerzone**<sup>®</sup>  
中文技术论坛

**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

**亚洲技术支持中心**

免费热线电话: 4006 100 006  
电子邮箱:  
china.support@analog.com  
技术专栏:  
www.analog.com/zh/CIC  
样品申请:  
www.analog.com/zh/sample  
在线购买:  
www.analog.com/zh/BOL  
在线技术论坛:  
ezchina.analog.com