

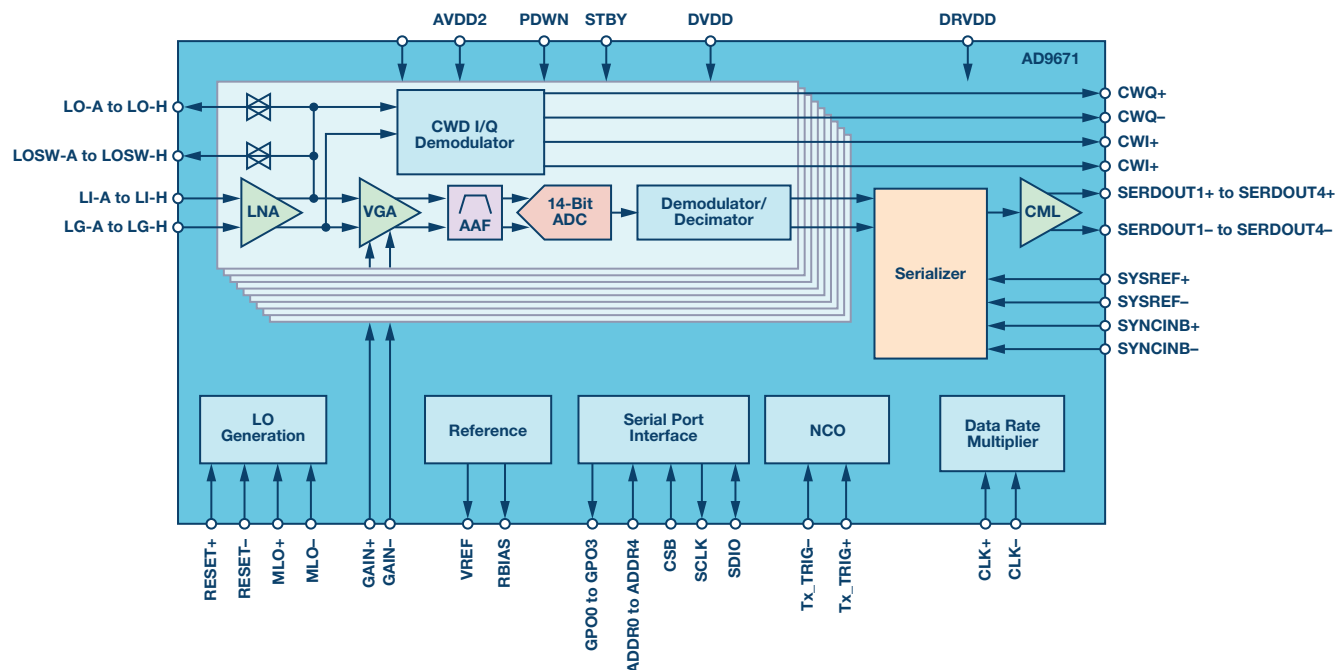


图2. AD9671功能框图

AD9671：集成数字解调器和JESD204B接口的8通道超声AFE

本文介绍的超声系统接收电路中，选择使用美国ADI公司的8通道集成数字解调器和JESD204B接口的超声模拟前端AD9671芯片。它内置8通道的可变增益放大器(VGA)、低噪声放大器(LNA)、具有可编程相位旋转和谐波抑制功能的连续波(CW)I/Q解调器、抗混叠滤波器(AAF)、14位模数转换器(ADC)、用于处理数据和降低带宽的数字解调器和抽取器，以及JESD204B接口。图2为AD9671的功能框图。

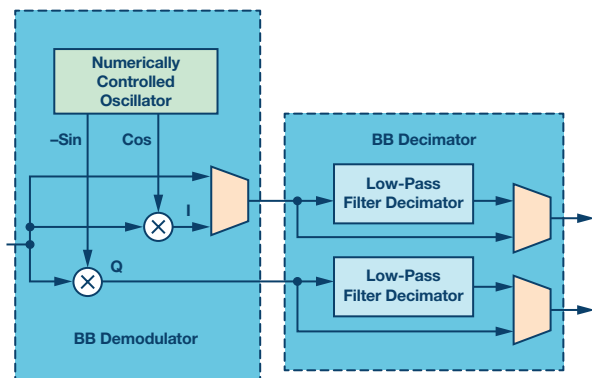


图3. 数字解调器框图

数字解调器

数字解调器由基带解调器和包含低通滤波器的基带抽取器组成。基带解调器将ADC输出的RF信号通过正交解调转换成I/Q信号，基带抽取器将通过设置低通滤波器的带宽滤除高频信号，选择保留对超声图像有用的信号。图3是数字解调器的框图。

JESD204B接口

AD9671的数字输出接口完全遵循JESD204B，数据转换器串行接口标准。AD9671的JESD204B接口可以灵活地支持1线、2线和4线模式与后端数字处理部分的FPGA进行相连，最大可以输出5.0 Gbps的数据率。

系统设计与应用

本节主要介绍基于AD9671的多通道超声系统的接收电路设计，从而进一步分析使用数字解调器和JESD204B接口对系统应用带来的好处。

接收电路设计

基于ADI的AD9671，一个32通道的接收电路模块被设计用来验证系统的可行性，利用4个该模块可以构成128通道的超声系统接收通道。该模块的顶层原理图如图4所示。使用该模块可以跟后端的FPGA通过专用的FMC连接器相连，进行数据的读取和处理，以及超声信号的处理和图像生成。

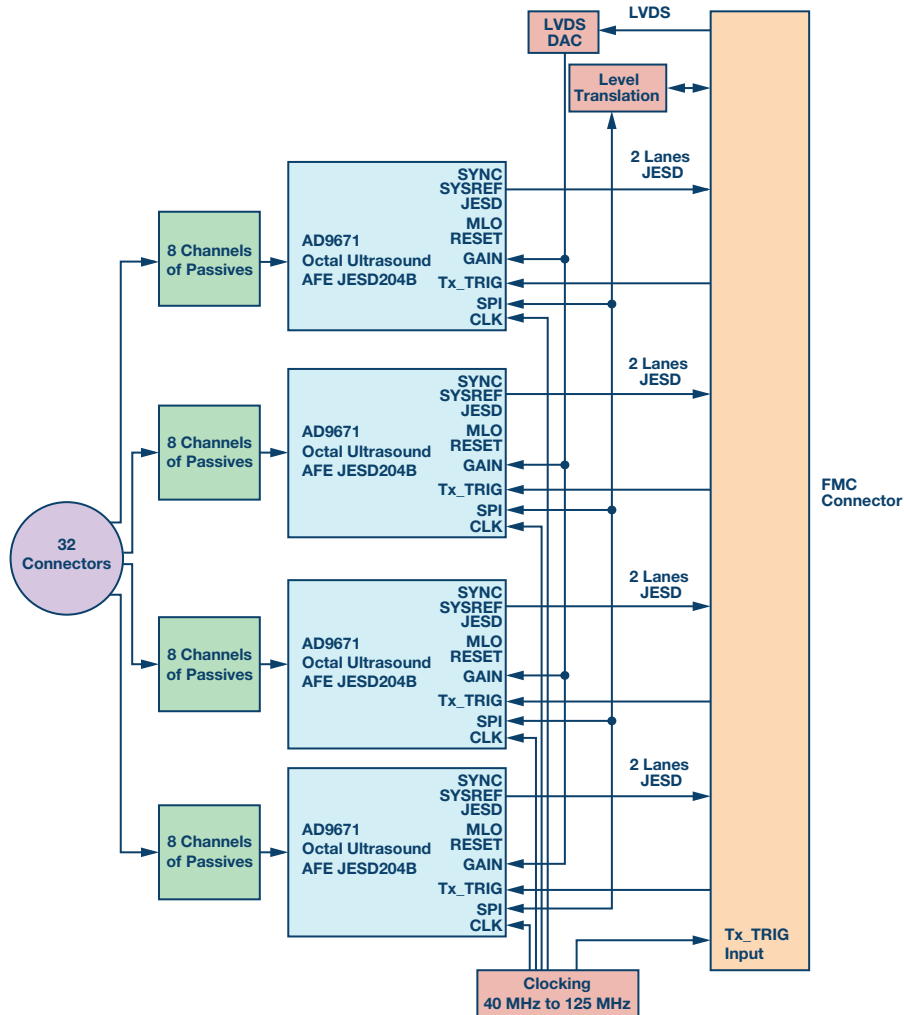


图4. 接收电路顶层框图

数字解调器应用分析

对于一个128通道的超声系统，如果采用采样速率为40 MSPS的14位ADC，使用传统的RF波束合成算法，通过ADC转换之后的RF数据直接输出到波束合成模块，那么在ADC输出与实现波束合成的FPGA之间的数据率是 $14 \times 40 \times 128 = 71.68$ Gbps。

下面将分析采用数字解调器的优势。

数字解调器的基带解调器进行正交解调，将ADC输出的数字化的RF信号乘以一个复数正弦信号($e^{-j2\pi f_d t}$)，其中 f_d 是解调频率，可以取为超声探头的中心频率，将中心频率下变频到0Hz。这样得到实部I和虚部Q数据。将此探头中心频率及其附近有带宽内的频率信号下变频到一个0Hz左右后，再利用基带抽取器中的滤波器滤除无用的频率，保留对生成超声图像有用的频段信息。

一个中心频率是3.5 MHz的探头传感器，经过基带解调和抽取之后，输出16位格式的I和Q数据，数据速率为 $2(I \& Q) \times 16 \text{ 位} \times 3.5 \text{ MHz} \times 128 \text{ 个通道} = 14.336$ Gbps。相比原来的71.68 Gbps，即使是I和Q两个通道同时输出，也整整减少了80%的数据率。

JESD204B接口应用分析

对于目前多通道超声系统应用中的AFE和ADC而言，LVDS早已取代并行接口输出，然而，对于128通道以上的超声系统而言，ADC输出的大量LVDS线的扇出问题仍然是一个让设计工程师头痛的问题。目前的超声AFE基本都是8通道集成芯片，一个AFE需要输出10对线，对于一个128通道的超声系统而言，需要 $128/8 \times 10 = 160$ 对LVDS数据和时钟线连接到FPGA。

下面将分析采用JESD204B接口的优势。

由于JESD204B采用16位数据格式输出，并需要8到10位转换，对于一个AFE，8通道14位40 MHz采样率的输出信号，数据率是 $20 \times 40 \times 8 = 6.4$ Gbps。AD9671的JESD204B接口每对线支持的最大速率是5.0 Gbps，那么只需要2对线就可以完成8通道的数据输出。那么对于一个128通道的超声系统来说，所需的输出数据线只需要 $128/8 \times 2 = 32$ 对。相比于160对的LVDS线，整整减少了80%的物理连线。

结论

本文介绍了一种基于AD9671的多通道超声系统设计，AD9671是一款8通道带有数字解调器和JESD204B接口的AFE。同时，本文还分别分析了在超声系统中，采用这种AFE与数字解调器和JESD204B接口带来的优势。与目前基于RF波束合成和LVDS接口的设计相比，模拟前端与数字处理器之间的数据速率和接口连线均能减少80%。如果在分析中将两种方法结合起来，则物理连接数甚至可以进一步减少。因此，本文介绍的系统设计通过减少数据接口物理连线所需的电路板面积和降低计算复杂性，从而有效地简化电路设计和软件处理复杂性，以及降低系统设计成本。

参考文献

ADI公司，集成数字解调器的JESD204B 8通道超声AFE，AD9671数据手册。<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9671.pdf>

JEDEC标准，面向数据转换器的串行接口，JESD204B(2011年7月)。JEDEC固态技术协会。<http://www.jedec.org/>

Saad, Ashraf. AD967x数字处理概述和系统考虑因素，ADI公司，2012年。

作者简介

Hugh Yu俞毅刚于2001年毕业于南京邮电大学，获电子与信息工程硕士学位。2002年至2005年，在通用电气(GE)医疗系统中国有限公司担任超声硬件工程师；2005年至2010年，在西门子中国研究院担任研究员；目前在ADI担任亚太区医疗系统高级应用工程师。

Gina Kelso于1999年毕业于缅因州欧罗诺诺大学，获理学硕士学位。她曾担任产品评估与应用工程师，目前是加州圣迭戈ADI公司的医疗产品市场经理。

Ashraf Saad于2008年毕业于华盛顿州西雅图华盛顿大学，获电气工程博士学位。2000年至2011年，他在华盛顿州博塞尔Philips公司担任超声系统工程师，目前在加州圣迭戈ADI公司担任高级超声系统工程师。

在线支持社区



EngineerZone™

访问ADI在线支持社区，中文技术论坛
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。

请访问 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
西小口路66号
中关村东升科技园
B-6号楼A座一层
邮编: 100191
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

©2016 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. TA15113sc-0-11/16

analog.com/cn

 **ANALOG
DEVICES**
超越一切可能™