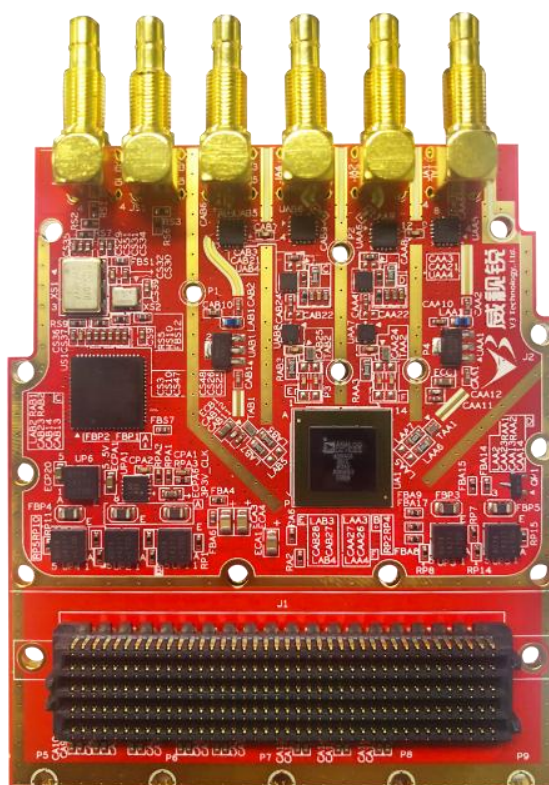


RFMC7000 射频子卡

FPGA 开发指南

Rev. 3.1



修订记录

版本	修订日期	修订内容
1.0	2018 年 1 月 24 日	初始版本
2.0	2018 年 6 月 10 日	更新 ad9371 模块到 2.0 版本
3.0	2018 年 9 月	更新 ad9371 模块到 3.0 版本
3.1	2020 年 11 月 23 日	更新软件版本 VIVADO2018.3

目 录

修订记录	2
目 录	3
1 概述	4
2 RMFC7000 HDL 参考设计	5
2.1 FPGA 硬件工程结构	6
2.2 CPU 定制	7
2.3 JESD204 授权	7
2.4 JESD204 定制	10
2.5 FPGA 工程数据流	11
3 裸机应用程序	12
3.1 软件工程	12
3.2 GPIO 配置	12
3.3 配置时钟芯片	12
3.4 AD9371 初始化配置	12
3.5 AD9371 初始化后修改	16
3.6 运行参考例程	17
3.6.2 射频回环测试	错误！未定义书签。
4 定制采样率	18

1 概述

本文档主要介绍 RFMC7000 模块 FPGA 的开发流程，包括以下几部分：

FPGA 内部生成 DDS 信号源，FPGA JESD204B 接口，基于 ZYNQ 的 ARM 处理器定制，AD9371 的配置。可以实现单音信号发送和接收的功能，并可以使用 chipscope 观察接收信号并导出到 matlab 分析。

进一步，射频子板上含有集成 VCO 的参考时钟生成 IC 选自 TI 的 LMK04828，可以将 48MHz 基准时钟产生 AD9371 和 FPGA JESD204B 的各种参考时钟，FPGA 开发流程可以实现用户自定义采样时钟，灵活用于各种通信场景。

通过本参考例程用户可以了解本系统的硬件构成，编程架构，对于做 FPGA 开发的用户可以基于这个 FPGA 工程做二次开发，实现 AD9371 空口传输基带数据。

威视锐提供了整体的 PS(ZYNQ 处理器部分)、PL (ZYNQ 逻辑部分)、AD9371 的配置，可以通过 FPGA DDS ipcore 输出指定频率的单音信号，并可以通过 chipscope 获取接收到的波形。最后提供了配置 LMK04828 和自定义采样率的接口，用户可以根据需要定制所需采样率。基于这个工程，做 FPGA 基带算法开发的用户可以用于二次开发。

用户可以使用此开发固件直接完成：

1 AD9371 配置

2 JESD204B 的初始化

3 DDS ipcore 传输 IQ 数据

3 采样率的定制

2 RMFC7000 HDL 参考设计

HDL 参考设计是围绕 ARM、NIOS-II 或 Microblaze 处理器核搭建的嵌入式系统。功能框图如下所示。设备数字接口主要有 GTX/GTH/GTY 高速收发器组成，PL 里面调用 JESD204B IP 核和 AD9371 进行数据通信。SPI 接口用来配置 AD9371 芯片和 LMK04828 时钟芯片。另外提供裸机软件程序可以支持硬件系统测试与验证，还提供 AD9371 初始化参数修改说明，在下一章会做说明。

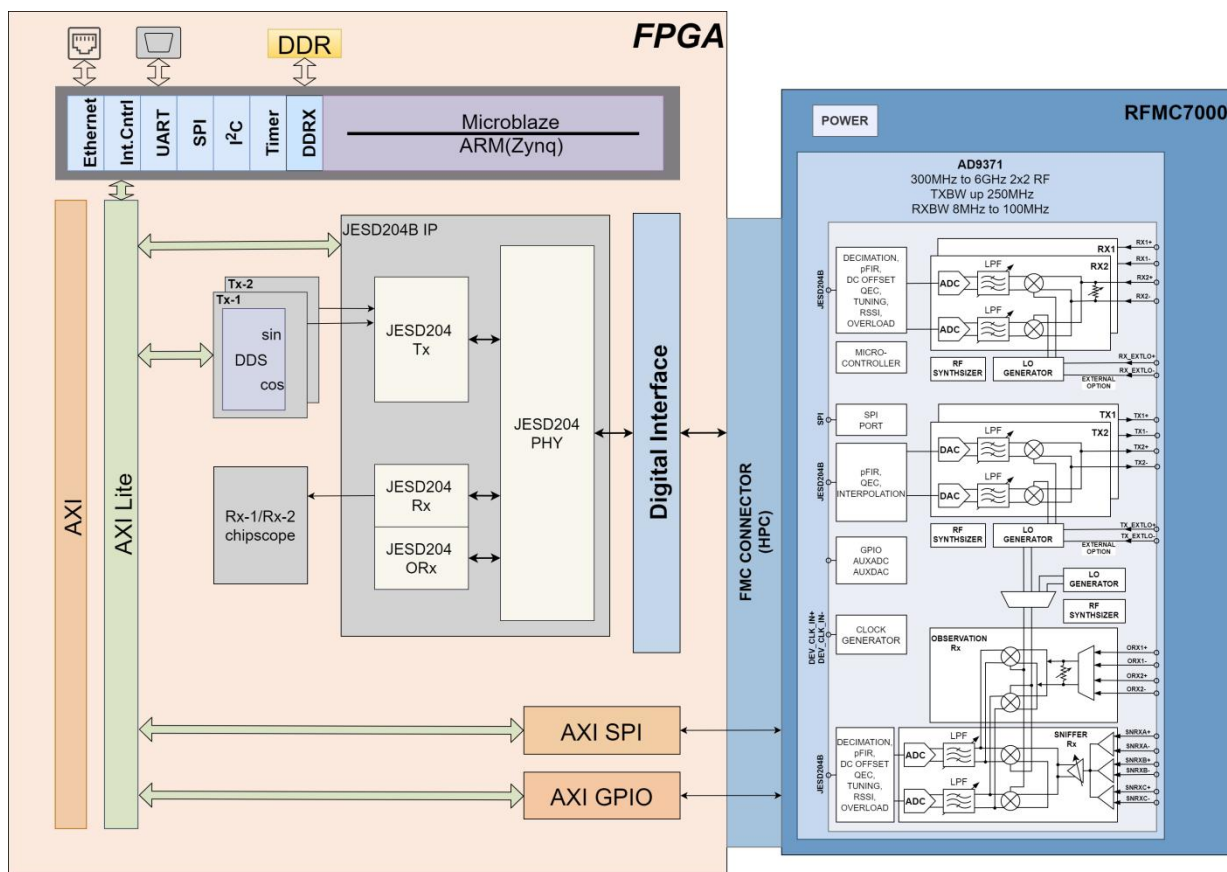


图 1 RMFC7000-HDL 参考设计框图

数字接口

数字接口包含 4 个发送，2 个接受和 2 个观测通道

DDS

DDS IP 核产生发送的测试数据（单音信号/单频信号），相位 phase 可以由 PS 来配置；

控制和 SPI 接口

设备控制信号由 GPIO 模块来控制；SPI 接口用来配置 AD9371 和 LMK04828 时钟芯片；

2.1 FPGA 硬件工程结构

FPGA 工程采用 VIVADO 2018.3 搭建，主要工程文件结构如下

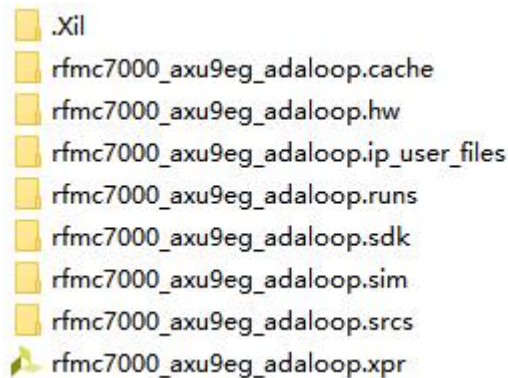


图 2 硬件工程目录

主要文件结构包括，runs 工程编译生成文件，sdk 裸机软件工程，src 设计源文件包括 HDL 代码，FPGA 约束，xpr 是 VIVADO 工程名。在 VIVADO 中打开 DeepRed_FMC9371_adaloop.xpr 可以打开工程如下图：

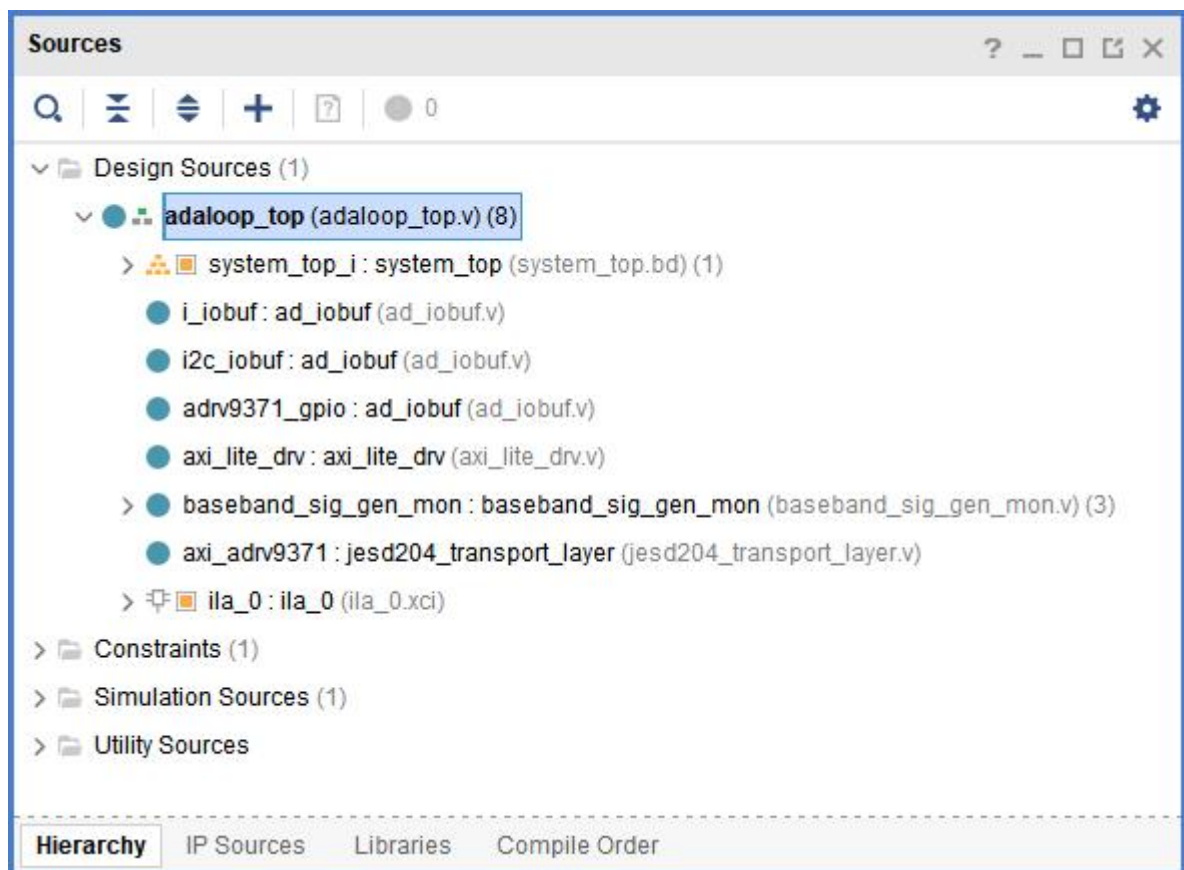
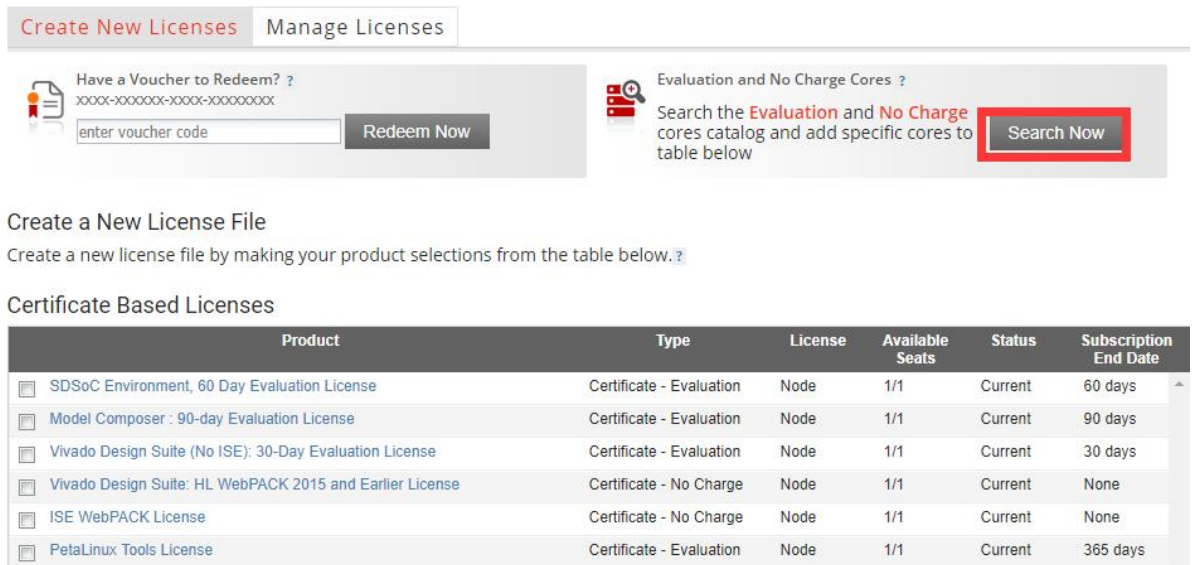


图 4 VIVADO 硬件工程

可以点击 open block design 打开 block 设计，其中包括了 CPU 和外设的定制。如下图：

授权中。用户可以在 xilinx 网站上注册用户免费获取三个月免费的 license 试用，也可以联系威视锐销售购买(电话 010-62670519，QQ120631932)。免费试用的方法如下：

1. 进入 https://www.xilinx.com/support/licensing_solution_center.html
2. 选择 Access Product Licensing Site
3. 完善用户信息，下一步
4. 进入 Access Product Licensing Site，点击 Search Now



Product	Type	License	Available Seats	Status	Subscription End Date
<input type="checkbox"/> SDSoc Environment, 60 Day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	60 days
<input type="checkbox"/> Model Composer : 90-day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	90 days
<input type="checkbox"/> Vivado Design Suite (No ISE): 30-Day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	30 days
<input type="checkbox"/> Vivado Design Suite: HL WebPACK 2015 and Earlier License	Certificate - No Charge	Node	1/1	Current	None
<input type="checkbox"/> ISE WebPACK License	Certificate - No Charge	Node	1/1	Current	None
<input type="checkbox"/> PetaLinux Tools License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	365 days

图 6 授权中心

5. 查找 JESD 并加入
6. 产生 license，加入 PC 网卡 MAC 即可生成 license 下载
7. 将下载的 license 拷贝到.xilinx 目录即可
8. 在 VIVADO 中点击 tools-report-report ip status, 可以看到各个 IP 的状态以及是否授权。

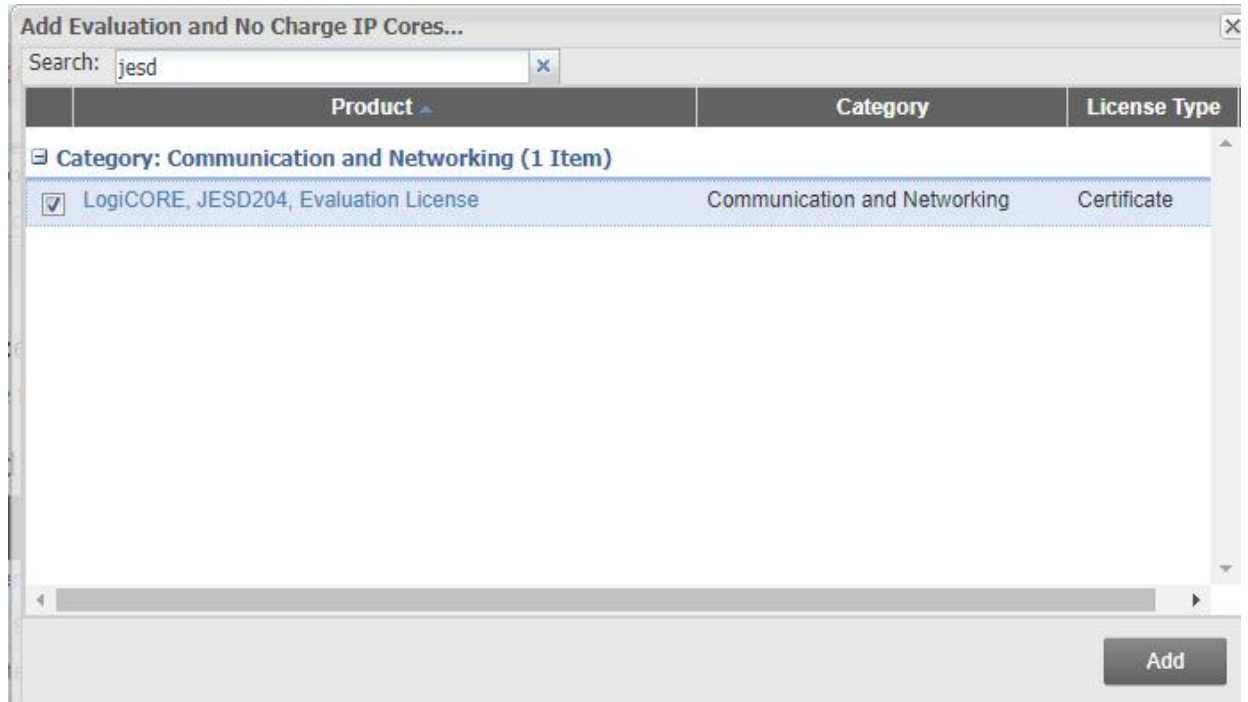


图 7 查找 JESD204

Certificate Based Licenses

Product	Type	License	Available Seats	Status	Subscription End Date
<input type="checkbox"/> SDSoc Environment, 60 Day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	60 days
<input type="checkbox"/> Model Composer : 90-day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	90 days
<input type="checkbox"/> Vivado Design Suite (No ISE): 30-Day Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	30 days
<input type="checkbox"/> Vivado Design Suite: HL WebPACK 2015 and Earlier License	Certificate - No Charge	Node	1/1	Current	None
<input type="checkbox"/> ISE WebPACK License	Certificate - No Charge	Node	1/1	Current	None
<input type="checkbox"/> PetaLinux Tools License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	365 days
<input type="checkbox"/> Vivado HLS Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node	1/1	Current	30 days
<input checked="" type="checkbox"/> LogiCORE, JESD204, Evaluation License	Certificate - Evaluation	Node / Flo...		Current	120 days

Generate Node-Locked License

图 8 产生 license

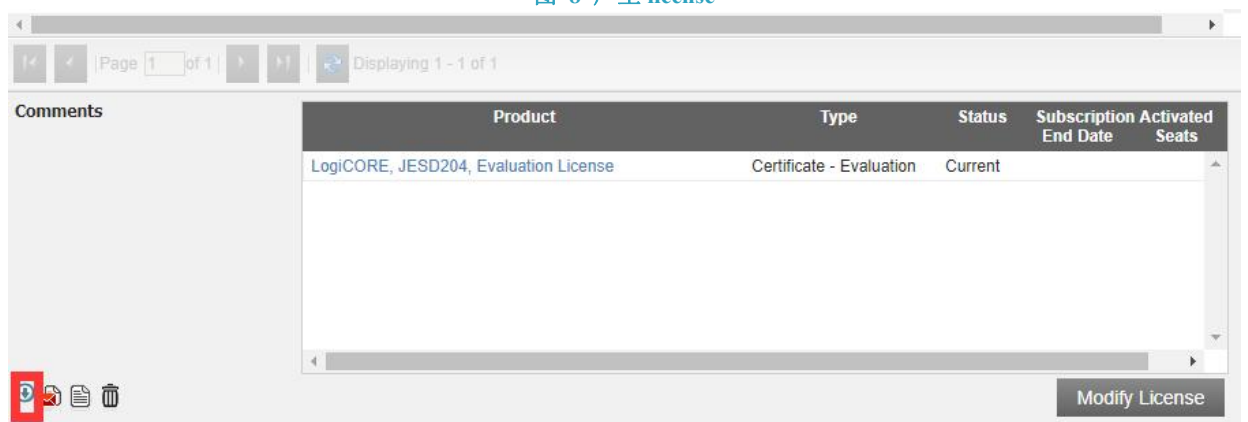
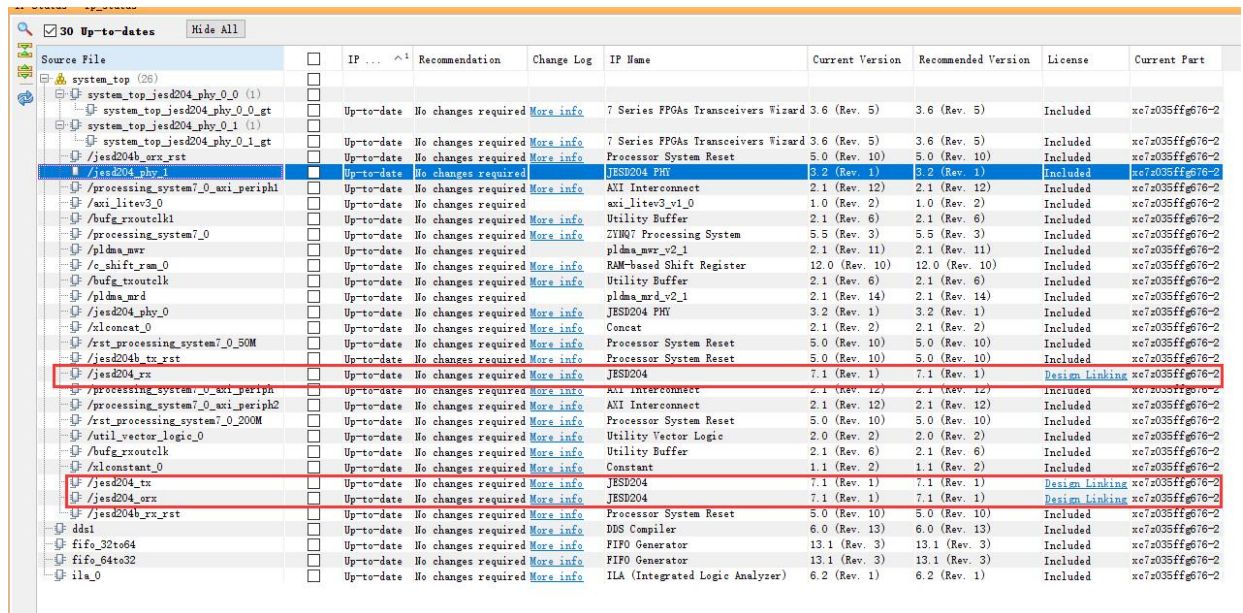


图 9 下载 license



Source File	IP Name	Current Version	Recommended Version	License	Current Part
system_top (26)					
system_top_jesd204_phy_0_0 (1)					
system_top_jesd204_phy_0_0_gt	7 Series FPGAs Transceivers Wizard	3.6 (Rev. 5)	3.6 (Rev. 5)	Included	xc7z035ffg676-2
system_top_jesd204_phy_0_1 (1)					
system_top_jesd204_phy_0_1_gt	7 Series FPGAs Transceivers Wizard	3.6 (Rev. 5)	3.6 (Rev. 5)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204b_orx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_phy_1	JESD204 PHY	3.2 (Rev. 1)	3.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph1	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
axi_litev3_0	axi_litev3_v1_0	1.0 (Rev. 2)	1.0 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_rxoutclk1	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0	ZYNQ Processing System	5.5 (Rev. 3)	5.5 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
pldma_mvr	pldma_mvr_v2_1	2.1 (Rev. 11)	2.1 (Rev. 11)	Included	xc7z035ffg676-2
c_shift_ram_0	RAM-based Shift Register	12.0 (Rev. 10)	12.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_txoutclk	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
pldma_mrd	pldma_mrd_v2_1	2.1 (Rev. 14)	2.1 (Rev. 14)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_phy_0	JESD204 PHY	3.2 (Rev. 1)	3.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2
xlconcat_0	Concat	2.1 (Rev. 2)	2.1 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
rst_processing_system7_0_50M	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204b_tx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_rx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Design Linking	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph2	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
rst_processing_system7_0_200M	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
util_vector_logic_0	Utility Vector Logic	2.0 (Rev. 2)	2.0 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_rxoutclk	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
xlconstant_0	Constant	1.1 (Rev. 2)	1.1 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_tx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Design Linking	xc7z035ffg676-2
jesd204_orx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Design Linking	xc7z035ffg676-2
jesd204b_rx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
ddsl	DDS Compiler	6.0 (Rev. 13)	6.0 (Rev. 13)	Included	xc7z035ffg676-2
fifo_32to64	FIFO Generator	13.1 (Rev. 3)	13.1 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
fifo_64to32	FIFO Generator	13.1 (Rev. 3)	13.1 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
ila_0	ILA (Integrated Logic Analyzer)	6.2 (Rev. 1)	6.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2

图 10 IP 未授权状态(design linking)



Source File	IP Name	Current Version	Recommended Version	License	Current Part
system_top (26)					
system_top_jesd204_phy_0_0 (1)					
system_top_jesd204_phy_0_0_gt	7 Series FPGAs Transceivers Wizard	3.6 (Rev. 5)	3.6 (Rev. 5)	Included	xc7z035ffg676-2
system_top_jesd204_phy_0_1 (1)					
system_top_jesd204_phy_0_1_gt	7 Series FPGAs Transceivers Wizard	3.6 (Rev. 5)	3.6 (Rev. 5)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204b_orx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_phy_1	JESD204 PHY	3.2 (Rev. 1)	3.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph1	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
axi_litev3_0	axi_litev3_v1_0	1.0 (Rev. 2)	1.0 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_rxoutclk1	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0	ZYNQ Processing System	5.5 (Rev. 3)	5.5 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
pldma_mvr	pldma_mvr_v2_1	2.1 (Rev. 11)	2.1 (Rev. 11)	Included	xc7z035ffg676-2
c_shift_ram_0	RAM-based Shift Register	12.0 (Rev. 10)	12.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_txoutclk	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
pldma_mrd	pldma_mrd_v2_1	2.1 (Rev. 14)	2.1 (Rev. 14)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_phy_0	JESD204 PHY	3.2 (Rev. 1)	3.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2
xlconcat_0	Concat	2.1 (Rev. 2)	2.1 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
rst_processing_system7_0_50M	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204b_tx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_rx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Hardware Evaluation	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
processing_system7_0_axi_periph2	AXI Interconnect	2.1 (Rev. 12)	2.1 (Rev. 12)	Included	xc7z035ffg676-2
rst_processing_system7_0_200M	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
util_vector_logic_0	Utility Vector Logic	2.0 (Rev. 2)	2.0 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
bufg_rxoutclk	Utility Buffer	2.1 (Rev. 6)	2.1 (Rev. 6)	Included	xc7z035ffg676-2
xlconstant_0	Constant	1.1 (Rev. 2)	1.1 (Rev. 2)	Included	xc7z035ffg676-2
jesd204_tx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Hardware Evaluation	xc7z035ffg676-2
jesd204_orx	JESD204	7.1 (Rev. 1)	7.1 (Rev. 1)	Hardware Evaluation	xc7z035ffg676-2
jesd204b_rx_rst	Processor System Reset	5.0 (Rev. 10)	5.0 (Rev. 10)	Included	xc7z035ffg676-2
ddsl	DDS Compiler	6.0 (Rev. 13)	6.0 (Rev. 13)	Included	xc7z035ffg676-2
fifo_32to64	FIFO Generator	13.1 (Rev. 3)	13.1 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
fifo_64to32	FIFO Generator	13.1 (Rev. 3)	13.1 (Rev. 3)	Included	xc7z035ffg676-2
ila_0	ILA (Integrated Logic Analyzer)	6.2 (Rev. 1)	6.2 (Rev. 1)	Included	xc7z035ffg676-2

图 11 IP 已授权状态(Hardware Evaluation)

2.4 JESD204 定制

JESD204 是两个 ip core, JESD204 和 JESD204 PHY。每组端口都需要一个 JESD204 IP, 它用来产生或处理了 JESD204 帧格式, TX、RX 和 ORX。JESD204 PHY 实现了 GTX 物理层, 它根据线路速率正确的配置 GTX 硬件的各级锁相环路设置。连接关系如下图:

给

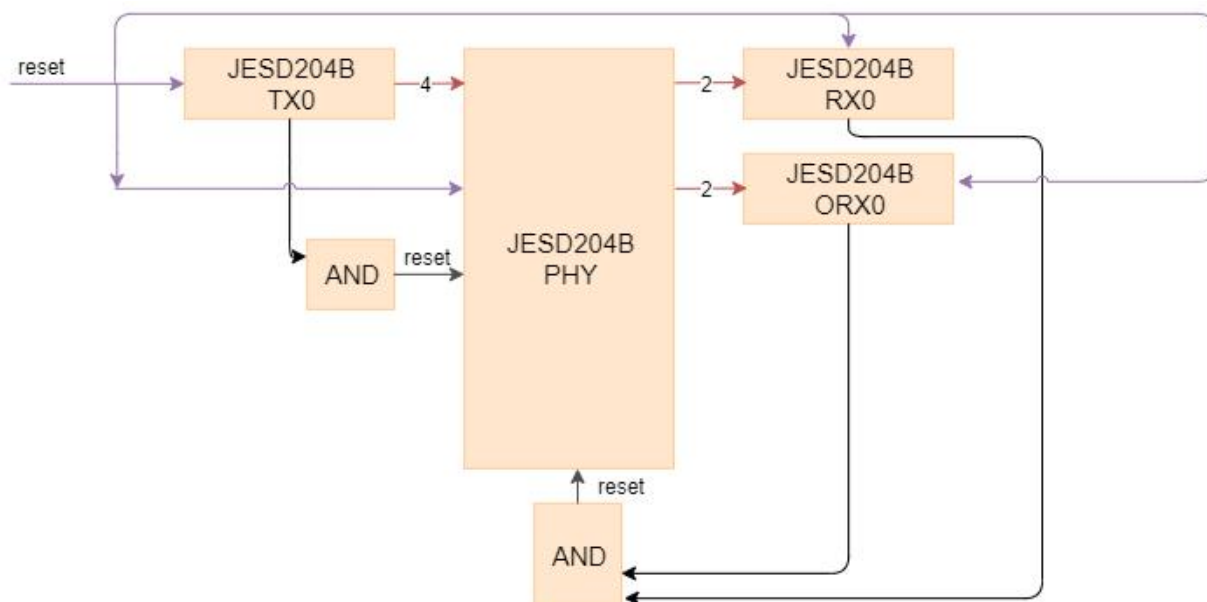


图 12 JESD204 框图

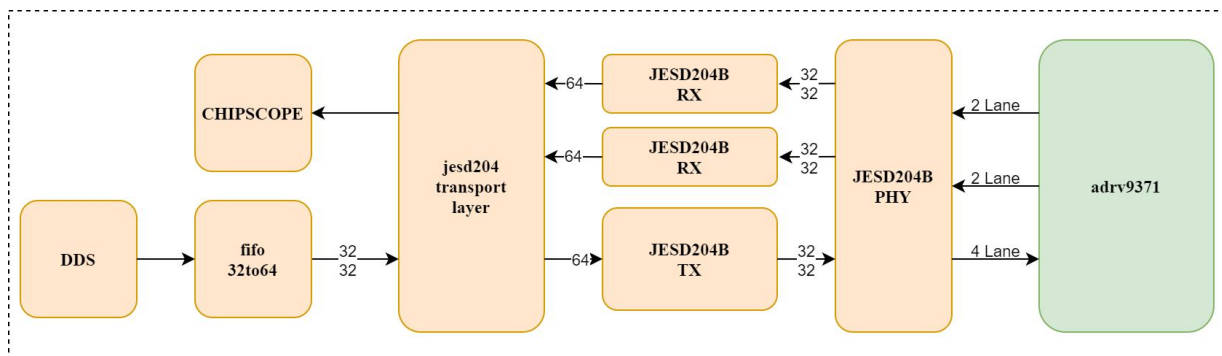
TX 端使用四个 lane 发送通道，RX 端使用两个 lane 接收通道，ORX 端使用两个接收通道。当采样率是 122.88MHz 时，txoutclk 是 61.44MHz，rxoutclk 是 122.88MHz。

2.5 FPGA 工程数据流

发送方向，tx 端 IQ 数据从 DDS 模块产生，驱动时钟采用 122.88MHz 的 rxoutclk。IQ 两路数据分别进入 fifo_32to64 将 IQ 两路数据分别转换成 64 bit 位宽给 jesd204_transport_layer 模块，时钟采用 txoutclk，61.44MHz，通过 jesd204_transport_layer 模块转换为 JESD204 所需的 axistream 数据流，时钟采用 txoutclk，61.44MHz。

接收方向，rx 端 axi_stream 数据从 JESD204 输出，rx 端 rx_tdata 宽度 64 位，时钟 rxoutclk，122.88MHz。orx 端 orx_tdata 宽度 64 位，时钟 rxoutclk。rx 端数据通过 jesd204_transport_layer 模块转换位 16bit IQ 数据流，通过 chipscope 显示。

数据流图如下图：



3 裸机应用程序

本章包括在裸机下验证 FPGA 硬件工程，GPIO 配置、AD9371 配置、寄存器交互。

3.1 软件工程

在 VIVADO 工程中选择 File-launch SDK 会自动打开工程目录下的软件 SDK。提供了如下工程：

adrv9371_test 通过软件配置 DDS ipcore 的 phase 产生不同频率的单音信号，配置好 AD9371 后启动将单音信号发送。同时启动接收通过 chipscope 观察分析数据

顶层文件是 headless.c。此文件架构来源于 ADI 官方提供的 NO-OS 软件程序，威视锐进行了优化和修改。

NO-OS 源程序可以参考 ADI 网站链接：

<https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/mykonos/no-os-setup>

3.2 GPIO 配置

首先执行 platform_init(void) 进行 GPIO 设置方向并初始化。之后将以下 IO 设定指定的电平。其次执行设定外部衰减器衰减，和 DDS 输出相位步进。接收端衰减器设置位最大衰减，发送衰减设置为不衰减。程序中为了统一，命名为增益，0 对应增益 0dB 全衰减，63 对应最大增益 31.5dB 不衰减。DDS 相位步进 phase，输出基带信号 $f_{out} = \frac{rxclkout \times phase}{2^{12}}$

假设 rxclkout=122.88MHz，则输出基带单音频率 $f_{out} = \frac{122.88 \times 128}{2^{12}} = 3.84\text{MHz}$ 。

3.3 配置时钟芯片

硬件没有采用 AD9528 而是使用了 TI 的 LMK04828，同样通过 SPI 总线进行控制。

3.4 AD9371 初始化配置

初始化 AD9371，初始化 AD9371 时用到了用户自定义文件，本工程中为 122p88.c 122p88.h。

这三个文件由 AD9371 Transceiver Evaluation Software 产生。这个软件可以在以下链接下载：

<http://www.analog.com/cn/license/licensing-agreement/transceiver-evaluation-software.html>

NO-OS 程序可以在以下链接得到:

<https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/mykonos/no-os-setup>

打开 AD9371 Transceiver Evaluation Software 后, 点击 connect, 之后会提示没有连接硬件, 接下来用户可以自定义 AD9371 工作参数。Device clock 默认选择 122.88MHz。

JESD204B 速率计算方法,

- 发送端=采样率*位宽/通道数=122.88MHz*80/4=2457.6Mbps
- 接收端=采样率*位宽/通道数=122.88MHz*80/2=4915.2Mbps
- ORX 接收=采样率*位宽/通道数=122.88MHz*40/2=2457.6Mbps

最后导出 C 语言文件加入到软件工程中。

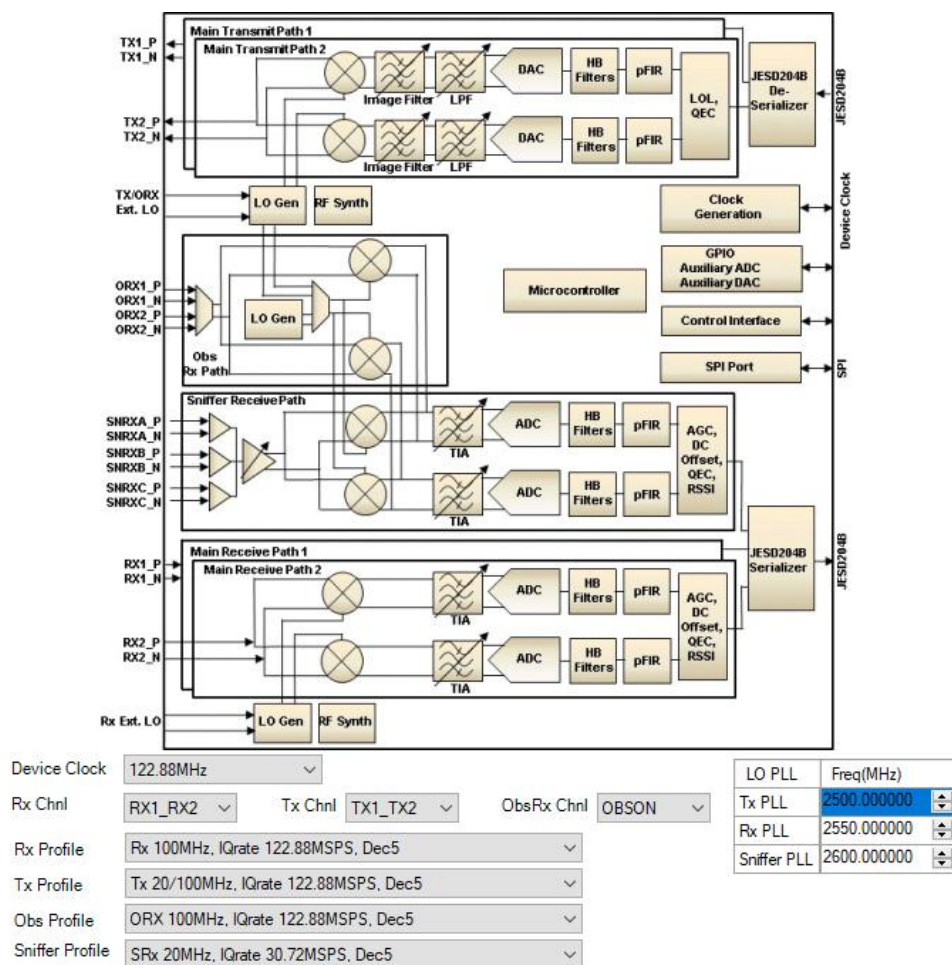


图 13 自定义 AD9371

Initialization Calibration	Run
Rx QEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Tx QEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Internal Tx LOL	<input checked="" type="checkbox"/>
External Tx LOL	<input type="checkbox"/>
External Init Attn	0.00

Tracking Calibration	Run
Rx1 QEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Rx2 QEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Tx1 LOL	<input type="checkbox"/>
Tx2 LOL	<input type="checkbox"/>
Tx1 QEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Tx2 QEC	<input checked="" type="checkbox"/>

图 14 校准选择

JESD Configuration

☒ Use External SYSREF

Rx Framer

LaneRate (MHz)	4915.2	<input checked="" type="checkbox"/> Lane0
L(#Lanes)	2	<input checked="" type="checkbox"/> Lane1
K	32	<input type="checkbox"/> Lane2
M	4	<input type="checkbox"/> Lane3
F	4	

☒ Scrambling

☐ Relink on SYSREF

Tx Deframer

LaneRate (MHz)	2457.6	<input checked="" type="checkbox"/> Lane0
L(#Lanes)	4	<input checked="" type="checkbox"/> Lane1
K	32	<input checked="" type="checkbox"/> Lane2
M	4	<input checked="" type="checkbox"/> Lane3
F	2	

☒ Scrambling

☐ Relink on SYSREF

Ox Framer

LaneRate (MHz)	2457.6	<input type="checkbox"/> Lane0
L(#Lanes)	2	<input type="checkbox"/> Lane1
K	32	<input checked="" type="checkbox"/> Lane2
M	2	<input checked="" type="checkbox"/> Lane3
F	2	

☒ Scrambling

☐ Relink on SYSREF

图 15 JESD204B 速率选择

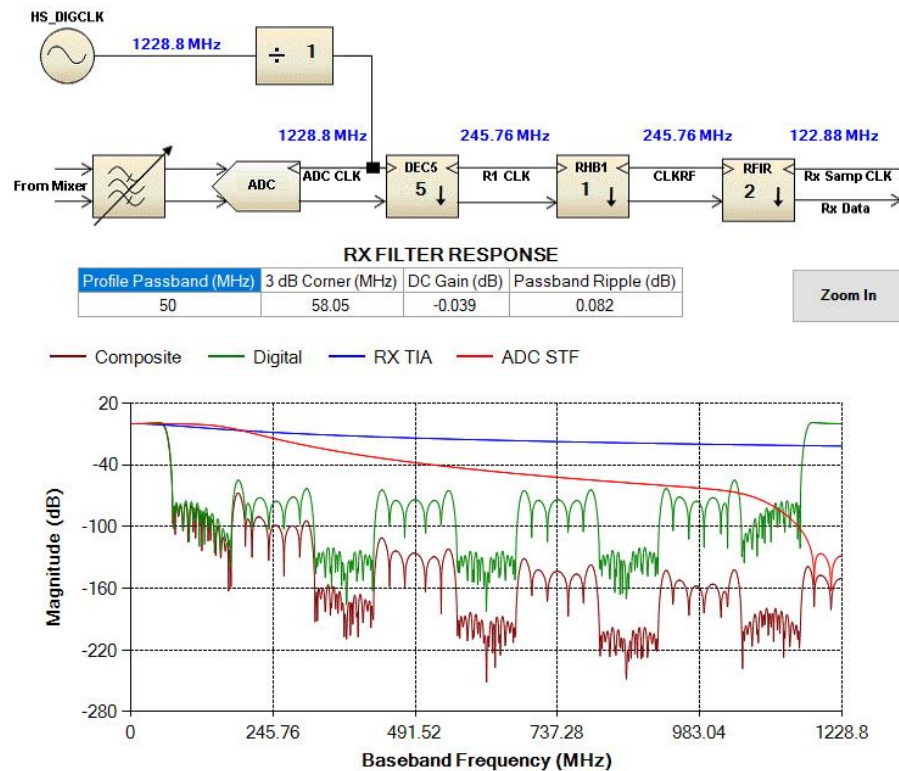


图 16 接收通道带宽

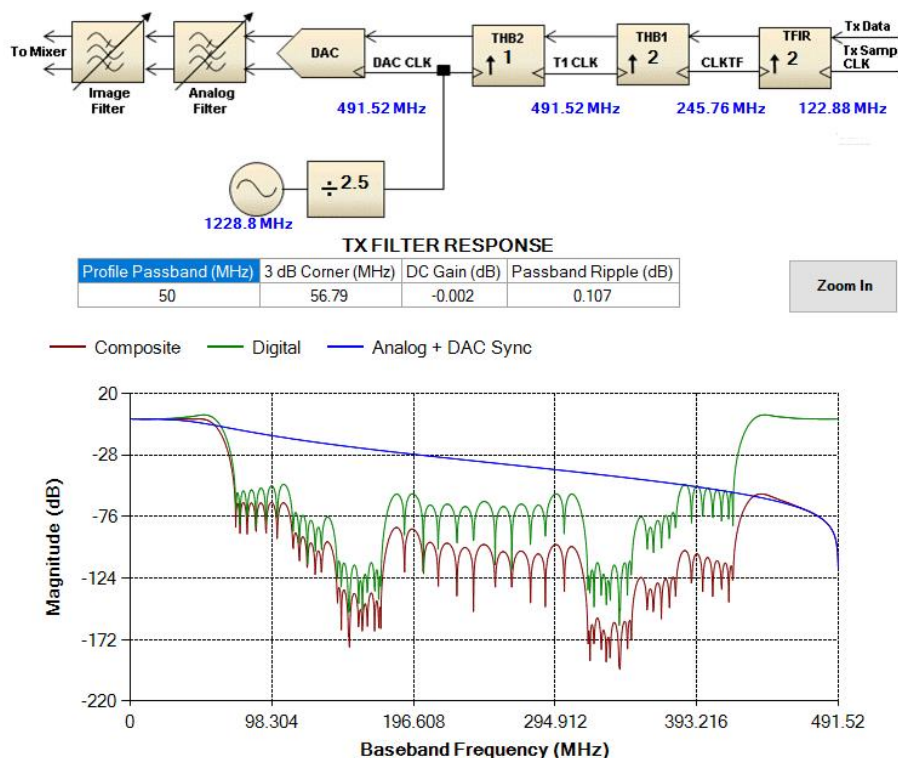


图 17 发送通道带宽

默认接收通道 AGC 的 `agcgainUpdateCounter` 为 0，改成 4096。否则初始化 AD9371 时会报错。


```

static mykonosAgcCfg_t rxAgcConfig =
{
    255, /* agcRx1MaxGainIndex */
    195, /* agcRx1MinGainIndex */
    255, /* agcRx2MaxGainIndex */
    195, /* agcRx2MinGainIndex: */
    255, /* agcObsRxMaxGainIndex */
    203, /* agcObsRxMinGainIndex */
    1, /* agcObsRxSelect */
    1, /* agcPeakThresholdMode */
    1, /* agcLowThsPreventGainIncrease */
    /*FIXME*/agcGainUpdateCounter=0/
    4096, /* agcGainUpdateCounter */
    4, /* agcSlowLoopSettlingDelay */
    2, /* agcPeakWaitTime */
    1, /* agcResetOnRxEnable */
    0, /* agcEnableSyncPulseForGainCounter */
    &rxPeakAgc,
    &rxPwrAgc
};

static mykonosAgcCfg_t obsRxAgcConfig =
{
    255, /* agcRx1MaxGainIndex */
    195, /* agcRx1MinGainIndex */
    255, /* agcRx2MaxGainIndex */
    195, /* agcRx2MinGainIndex: */
    255, /* agcObsRxMaxGainIndex */
    203, /* agcObsRxMinGainIndex */
    1, /* agcObsRxSelect */
    1, /* agcPeakThresholdMode */
    1, /* agcLowThsPreventGainIncrease */
    /*FIXME*/agcGainUpdateCounter=0/
    4096, /* agcGainUpdateCounter */
    4, /* agcSlowLoopSettlingDelay */
    2, /* agcPeakWaitTime */
    1, /* agcResetOnRxEnable */
    0, /* agcEnableSyncPulseForGainCounter */
    &obsRxPeakAgc,
    &obsRxPwrAgc
};

```

3.5 AD9371 初始化后修改

配置接收增益函数:

```

if ((mykError = MYKONOS_setRx1ManualGain(&mykDevice, 200)) != MYKONOS_ERR_OK)
{
    errorString = getMykonosErrorMessage(mykError);
    goto error;
}

if ((mykError = MYKONOS_setRx2ManualGain(&mykDevice, 200)) != MYKONOS_ERR_OK)
{
    errorString = getMykonosErrorMessage(mykError);
    goto error;
}

```

配置发送衰减函数:

```

if ((mykError = MYKONOS_setTx1Attenuation(&mykDevice, 10000)) !=

```

```
MYKONOS_ERR_OK) { //range=0~41950
    errorString = getMykonosErrorMessage(mykError);
    goto error;
}

if ((mykError = MYKONOS_setTx2Attenuation(&mykDevice, 30000)) !=
MYKONOS_ERR_OK) { //range=0~41950
    errorString = getMykonosErrorMessage(mykError);
    goto error;
}
```

配置收发频点函数：收发频点的改变比较复杂，请参考 AD9371-User-Guide-UG-992 文档中的 RF PLL FREQUENCY CHANGE PROCEDURE 部分。测试程序中例化为函数。变化频点范围 100MHz 之内配置速度较快，超过 100MHz 会重新校准。

```
change_rfpll(mykDevice.rx->rxPllLoFrequency_Hz, RX_PLL, 2800e6);
change_rfpll(mykDevice.tx->txPllLoFrequency_Hz, TX_PLL, 2000e6);
```

3.6 运行参考例程

AD9371 提供测试自回环测试程序。

用回环射频缆将 TX 和 RX 回环，可以看到通过射频回环的结果



图 18 射频回环测试

可以选中波形导出使用第三方软件进行分析

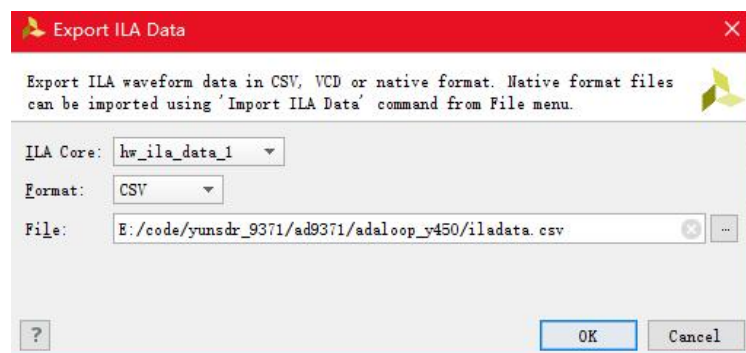


图 19 ILA 数据导出

比如通过 matlab 进行分析

```
m = csvread('E:\code\yunedr_9371\ad9371\adaloop_y450\iladata.csv', 1, 0);
data(:,1)=m(:, 9)+1i*m(:, 8);
data(:,2)=m(:, 11)+1i*m(:, 10);
subplot(231);plot(real(data(:,1)));hold on;plot(imag(data(:,1)));
subplot(232);plot(data(:,1));axis equal;
subplot(233);pwelch(data(:,1), [], [], [], 122.88e6, 'centered', 'psd');
subplot(234);plot(real(data(:,2)));hold on;plot(imag(data(:,2)));
subplot(235);plot(data(:,2));axis equal;
subplot(236);pwelch(data(:,2), [], [], [], 122.88e6, 'centered', 'psd');
```

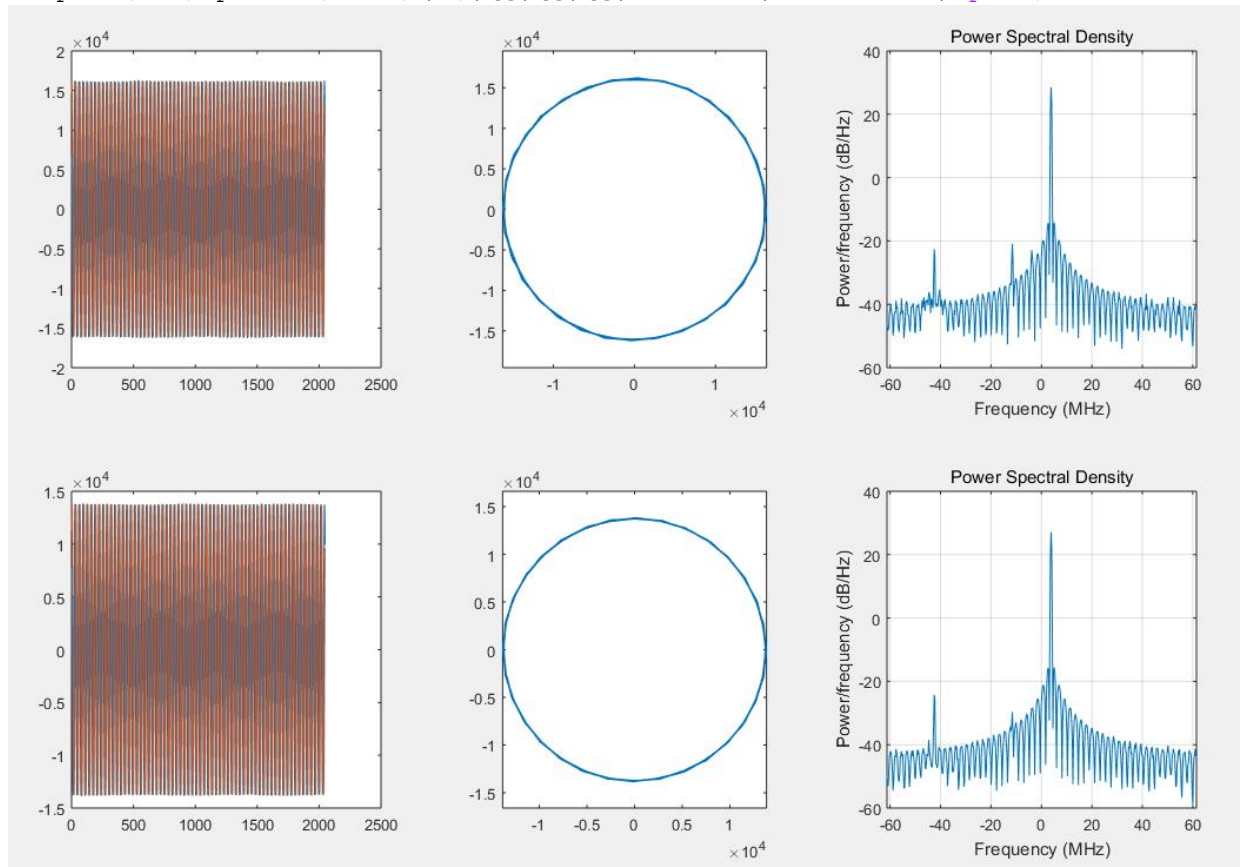


图 20 matlab 数据分析结果

4 定制采样率

定制采样率分为两种情况，AD9371 [开发评估软件](#)(MYK)中已有的采样率定制，特殊采样率的定制。AD9371 评估软件已有的采样率如下图：

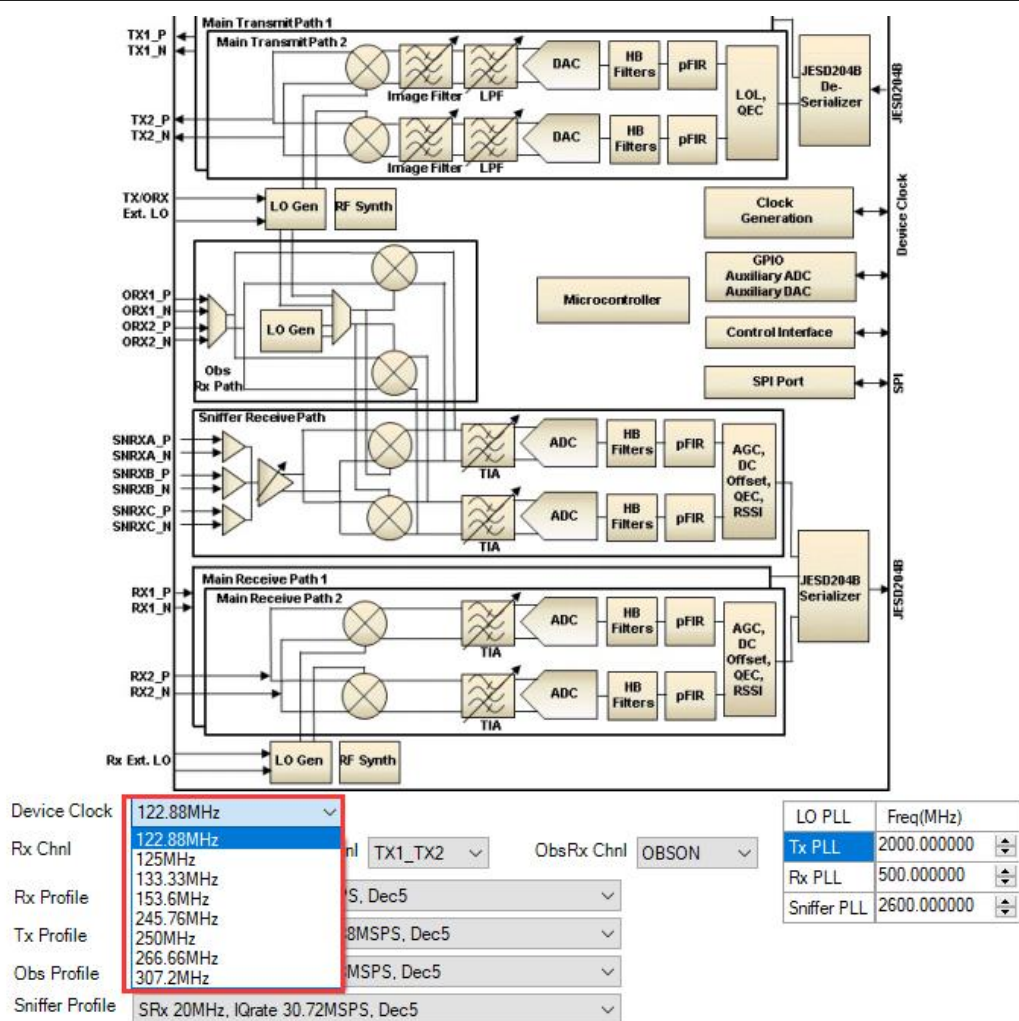


图 21 MYK 设备时钟列表