



PRU

可编程多频段5G射频单元



PRU: 可编程多频段5G射频单元

面向5G行业专网应用，采用模块化设计架构，可以通过调整功放模块来选择应用频段，不仅支持标准5G的公网频段，还可以支持客户自定义的专网5G频段或者ISM非授权频段。

提供10G和40G光口，可以对接客户的BBU也可以通过配套的光网卡直接与服务器连接，适合用于x86架构的协议栈验证，支持OAI开源5G和Open RAN架构。

标准配置为4T2R，也为科研用户提供8T8R到64T64R的扩展能力，适用于小站到宏站的MIMO研究。

背景

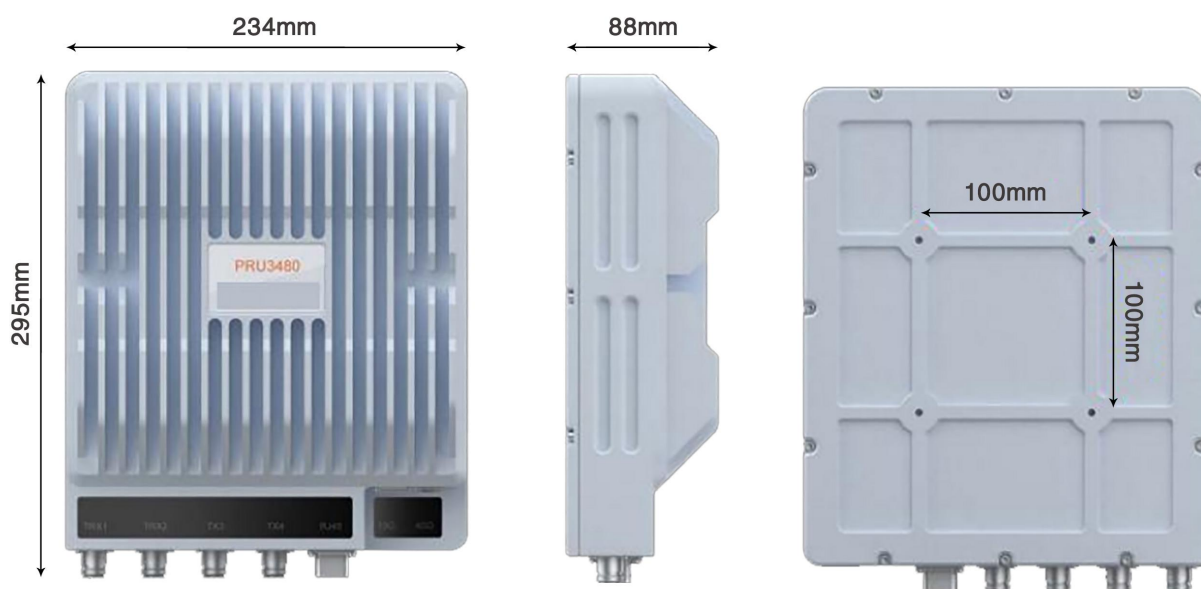
传统的拉远射频单元（RRU）是移动通信网络建设中的一个常用设备，主要作用是完成射频的数字化，通过光纤接口，采用CPRI或者eCPRI协议传递数据给BBU。这种架构通常适用于运营商的网络建设或者室内分布式信号覆盖，如果用于5G专网或者5G原型系统研发，会产生以下几方面的问题：

- 1. 频点固定：商用的RRU通常面向运营商的特定频点设计，无法调整。作为专网应用，频点是不能占用运营商频点的，也就造成了这种商用的RRU不能直接应用于专网市场；
- 2. 接口固定：商用的RRU通常采用CPRI接口或者eCPRI的光纤接口，直接与BBU对接。目前5G的专网协议栈大部分是基于x86架构的，比如Intel的FlexRAN解决方案。这种RRU无法和x86服务器直接连接，即使通过光网卡连接起来，其中通信协议不同，也无法直接使用。
- 3. 协议固定：5G系统中，RRU和BBU通常采用eCPRI接口，但是eCPRI接口的标准比较复杂，不同厂家的理解也会有一些差异，尽管有Open RAN这样的框架，不同厂家的设备联调也需要大量的测试。商用的RRU通常针对特定厂家的BBU来做兼容性测试，如果用户自己开发5G BBU，比如开源的5G项目OAI 5G，没有商用的RRU直接支持，需要用户自己开发接口。但是，如果没有RRU厂家的直接支持，用户很难二次开发。

针对以上问题，很多公司做了尝试用通用软件无线电平台，比如YunSDR或USRP等，来替代商用RRU来开发5G协议栈。这种方案的好处是可以很快的完成验证，但是实际部署过程中因为发送功率小，一般都只能在室内实验，无法在室外完成实验和覆盖。

PRU系列产品很好的解决了编程灵活性和大功率覆盖问题，提供满足户外安装条件的外壳和机械结构，同时具备连接PC和服务器的灵活接口能力，适合二次开发和系统集成。

PRU结构尺寸



基本特点

- 1. 采用高度集成的射频解决方案，实现了小体积低功耗与高性能的平衡，采用12V（5A）外部直流电源供电；
- 2. 采用40G光纤与主机的通信接口，可以满足天线前端和主机拉远的需求；
- 3. 支持10G光纤接口
- 4. 支持千兆网络，RJ45标准接口
- 5. 支持参考时钟输入输出，触发输入输出
 - (1) 支持外时钟同步
 - (2) 支持多板卡级联构成更大规模的MIMO系统；
- 6. 软件开发流程，提供C/C++接口API。支持Windows和Linux
- 7. 软件开发流程，支持Matlab开发接口
- 8. 支持FPGA硬件开发流程
 - (1) 提供FPGA与ARM系统源程序
 - (2) 支持ARM灵活配置ADRV9371和高速DMA数据交互

主要指标

基带部分：

- 核心控制FPGA采用Xilinx ZYNQ方案
- ARM cortex A9双核处理器+可编程逻辑XC7Z100
(FPGA资源见下表)
- 10/100/1000M高速以太网，支持标准TCP/IP协议栈
- 40G QSFP+光纤接口
- 10G SFP+接口
- 内置JTAG调试模块
 - 支持FPGA/ARM调试仿真下载
 - 支持串口调试
- 启动镜像
 - TF卡
 - QSPI Flash

FPGA型号	Xilinx ZYNQ 7000系列 XC7Z100
Programmable Logic	444K Logic Cells
Block RAM	3,020 KB
DSP Slices	2,020
Processor Core	Dual ARM Corte-A9
Maximum Frequency	800 MHz

可编程FPGA资源

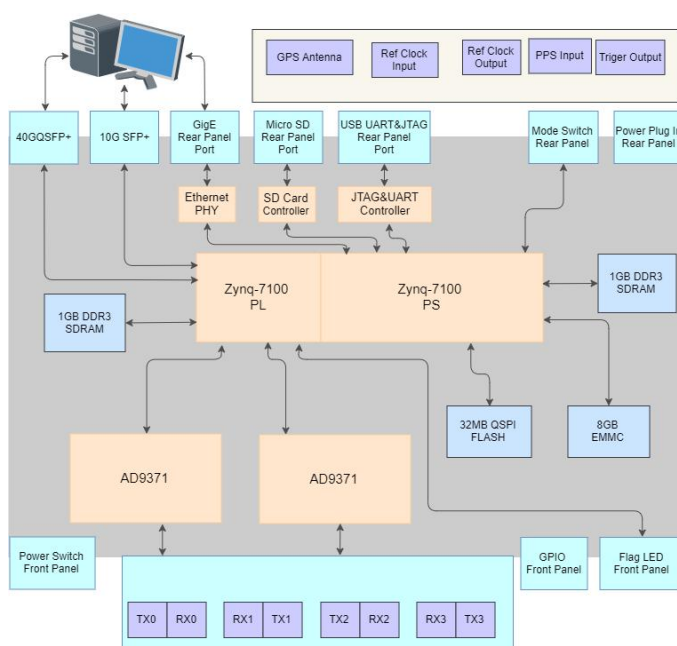
射频前端:

- Dual ADRV9371
- RF阻抗匹配50Ω
- 支持内部或者外部参考时钟
- 300MHz~6GHz
- RX最大100实时带宽
- JESD204B数字端口
- 16bit ADC & 14bitADC
- TX最大200实时带宽



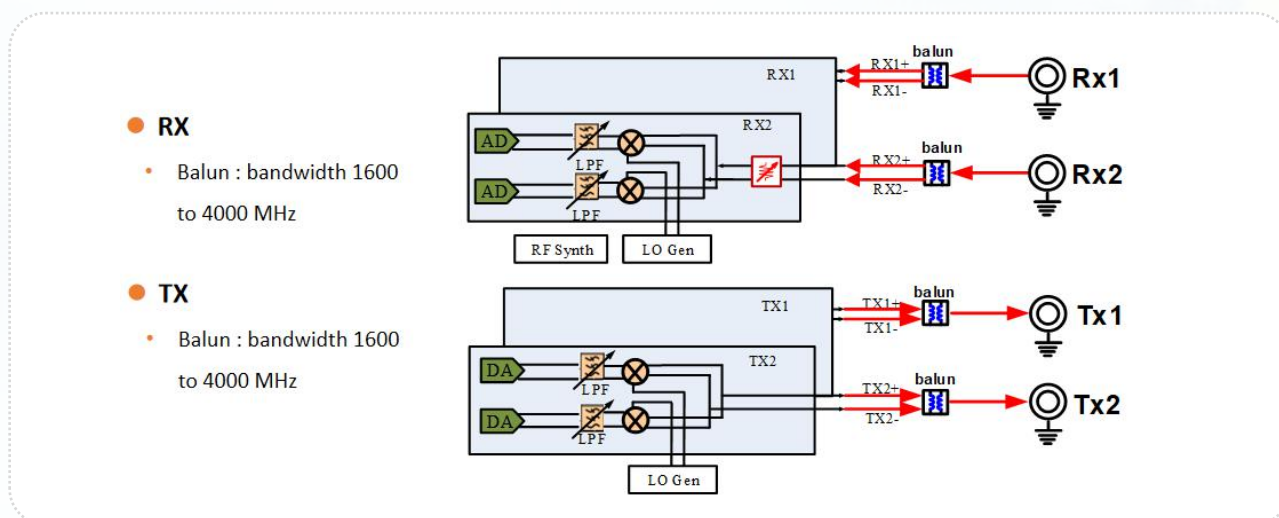
硬件架构

主板由ZYNQ嵌入式处理器、ADRV9371射频前端和电源电路构成，嵌入式处理器采用Xilinx集成可编程逻辑和CortexA9双核处理器架构的ZYNQ系列XC7Z100，外设支持10/100/1000M以太网、USB OTG、TFcard、UART串口和PIO等，结合ADI公司的ADRV9371 300~6000MHz集成射频前端组成理想的可编程射频前端。支持模块化的功放，选择不同的工作频段。



PRU硬件系统框图

PRU射频部分的原理框图如下图:



射频框图

二次开发支持

PRU支持多种开发方式，适合做FPGA算法移植，射频指标验证，或基于上位机的发送和采集信号处理流程。PRU提供的开发流程FPGA工程开源、驱动和API也是开源，用户可以方便的进行二次开发。

- FPGA最小系统
- 采集存储
- C/C++开发接口
- 上位机开发流程
- Matlab开发接口
- Windows和linux的支持

FPGA参考设计

功能支持:

- PL层DDS产生单音信号；PS层控制 ADRV9371
- 适合已有物理层RTL代码，快速移植验证
- 软件版本：设计软件Vivado2018.3，或以上版本

文档支持:

- PRU FPGA开发指南.pdf

SDK软件功能:

- ADRV9371配置
- PS配置ADRV9371
- 支持生成并导入自定义采样率和滤波器文件

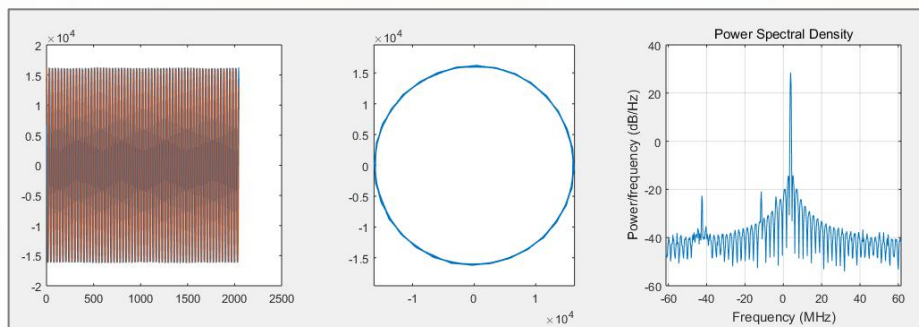
详细功能:

- PL端ARM裸机配置射频芯片，通过AXI lite和PL进行控制交互
- 射频数据接口转换
- JESD204B接口适配
- JESD204B速率适配
- 多片芯片的JESD204B同步工作
- DDS波形的发送，chipscope接收

运行结果展示:



chipscope接收波形调试



导出数据matlab绘图

订货型号

- PRU3480: 支持N78的5G频段，范围覆盖3400~3800MHz，发射功率200mW，4T/2R工作模式
- PRU5800: 支持ISM的非授权频段，范围覆盖5725~5850MHz，发射功率200mW，4T/2R工作模式

开发流程支持

支持各种主流的开发工具，可根据客户需求定制FPGA底层逻辑，大大加快开发进度，让客户可以专心实现差异化的算法和系统。

算法工程师	MATLAB SIMULINK	GNU Radio THE FREE & OPEN SOFTWARE RADIO ECOSYSTEM	LabVIEW™
软件工程师	C/C++	C#	python
硬件工程师	VIVADO	XILINX VITIS	

总结

PRU是面向5G专网和协议栈验证的一款模块化可编程的射频前端，可以提供5G公网频段和ISM非授权频段的功放选项，提供大功率覆盖，满足室外测试需求。系统集成了灵活的开发工具和配套软件，可以根据客需求，定制特定频段功放，满足5G通信的创新应用！