

YunSDR 790

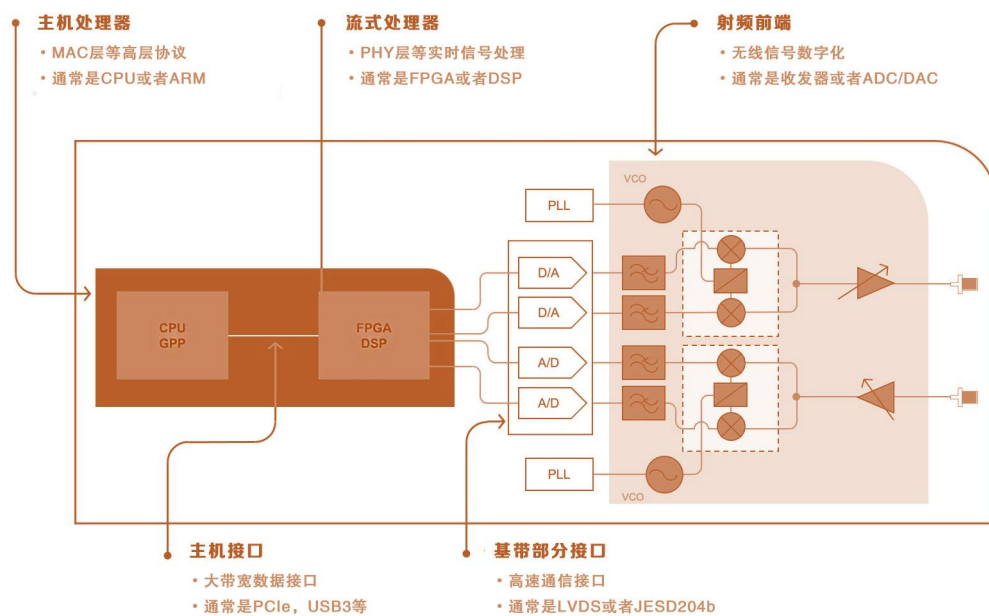
面向未来的软件无线电平台





背景

软件定义无线电（SDR）是一种可编程的无线设备，通常用于无线研究的原型验证和部署应用。SDR通常用于通信、新一代雷达、电子战(EW)、空口(OTA)测试测量和5G/6G研究等领域。大部分SDR具有通用的硬件架构，其中包括不同性能的通用处理器(GPP)、FPGA以及RF前端。



软件无线电设备支持用户在主机的上进行应用程序开发，工程师使用以下常见工具：

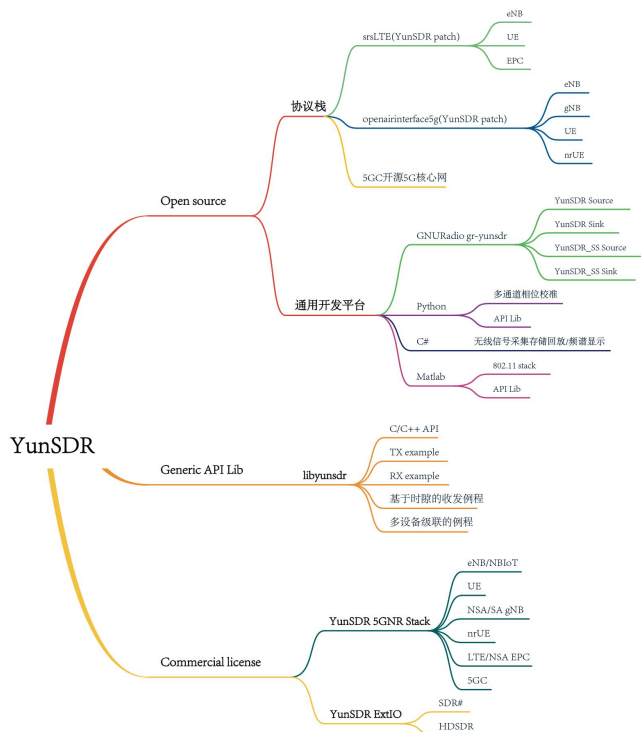
- MathWorks MATLAB®软件
- 直接使用C/C++、Python或者C#开发应用程序
- 利用GNU Radio等开源SDR框架
- 利用srsLTE、Open Air Interface 5G等开源的移动通信协议栈

如果主机的处理能力不够或者时延太大，也可以在软件无线电设备本身的FPGA芯片上进行信号处理硬件加速。

YunSDR是一系列软件无线电产品的组合，旨在满足广泛的无线原型验证和部署需求。无论是无线电领域的初学者还是资深的技术专家，都可以找到适合的一款YunSDR开发平台来实现自己的想法。



YunSDR不仅是一款硬件，更是一个开发工具。通过丰富的参考设计和行业应用案例，来帮助客户快速实现原型系统验证，加快创新步伐！



自从第一款YunSDR诞生以来，一直通过不断创新和升级，来挑战SDR行业的性能极限，满足不同客户的设计需求。



突破软件无线电的带宽极限

目前主流的软件无线电产品带宽通常在100MHz~200MHz，高端产品可以达到400MHz。YunSDR Y790基于第三代Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoC构建，瞬时带宽可以达到2GHz，在商业软件无线电领域一骑绝尘。

4GHz of Max Analog Bandwidth	5GHz of Max Analog Bandwidth	6GHz of Max Analog Bandwidth
 Breakthrough Integration of RF Data Converters on a HW Adaptive SoC • 8x or 16x 6.554GSPS DACs • 8x 4.096GSPS or 16x 2.058GSPS ADCs	 Timely support of the latest 5G Bands for Regional Deployment • 16x 6.554GSPS DACs • 16x 2.220GSPS ADCs	 Full direct RF support of sub-6GHz bands with extended millimeter wave interface • 8x or 16x 9.85GSPS DACs • 8x 5.0GSPS or 16x 2.5GSPS ADCs

表1：Xilinx的RFSoC芯片性能对比

之所以可以实现如此高性能，在于Y790采用了高端仪器仪表级别的高速ADC和DAC，ADC采样率在14位高精度模式下，可以达到5GSPS的惊人速度。而DAC这可以达到惊人的9.85GSPS。2GHz实时带宽的好处是不仅满足了现有商用协议的最高带宽需求，也可以支持未来的通信标准，比如6G毫米波和卫星通信等高带宽场景。对于频谱分析，射频记录回放等领域，带宽越大，可以同时观测的信息越充分，可以替代传统的高端仪器或者多台设备。

目前，WiFi6的信号带宽最高160MHz，未来的WiFi7会到320MHz。5G的毫米波标准的带宽最高达到800MHz，卫星通信某些标准的带宽需要达到960MHz。如果用信道仿真和模拟，那么带宽更是越高越好，可能需要1GHz甚至2GHz。所以，YunSDR Y790是一款面向未来的软件无线电平台，几乎可以满足未来5~10年的无线通信标准的带宽需求。

衡量软件无线电平台性能的主要标准除了最重要的瞬时带宽以外，其他重要指标还有频段范围，通道数量，基带能力和数据接口等几个方面。

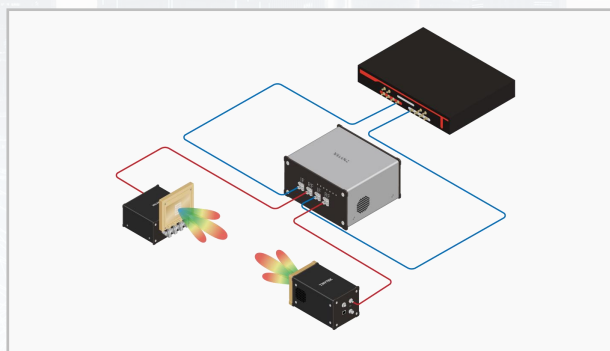
频段范围覆盖主流应用

目前的无线通信标准基本是在6GHz以内，高带宽的通信应用一般是在毫米波频段。因为只有毫米波才能提供如此丰富的频谱资源。对毫米波的支持程度，也是高端软件无线电平台的重要评估参数。

YunSDR Y790则提供了支持5G FR2频段（28GHz和39GHz）的完整解决方案，通过配套的上下变频器，可支持24GHz~44GHz连续变频，带宽支持400MHz和800MHz模式，提供4x4和8x8的相控阵天线，满足5G毫米波通信和波束赋型的相关研究，也支持未来6G标准的技术探索。



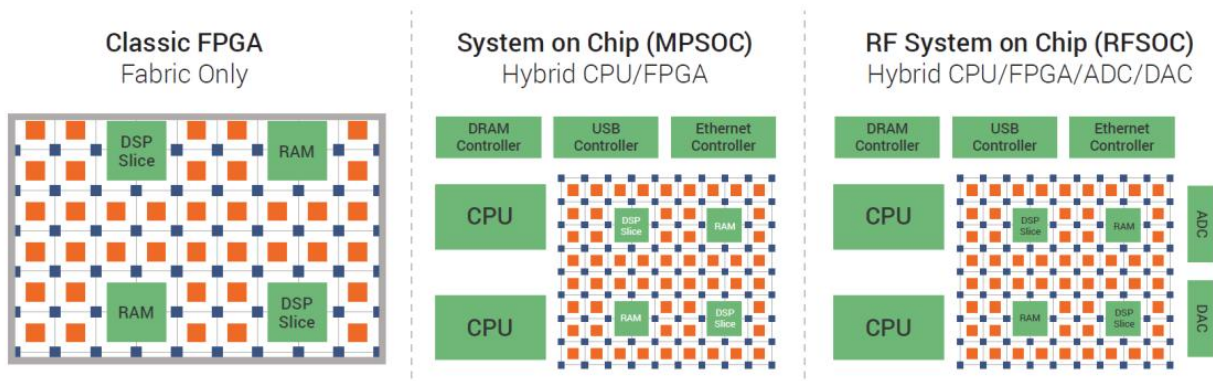
YunSDR Y790的毫米波天线组件



基于YunSDR Y790及其毫米波组件，构建完整的毫米波原型验证与测试平台

通道数量可级联扩展

RFSOC作为一款面向无线通信的创新型器件，首次将嵌入式处理器、数据转换器 (ADC/DAC)和可编程FPGA集成于一体，单芯片可提供最高16个收发通道。



YunSDR Y790提供八路发送和八接收通道，无论是通道数量还是瞬时带宽，都远超于大部分已经量产的软件无线电产品。

YunSDR Y790将八个发射通道和八个接收通道整合到一个紧凑的½机架宽带2U高度的外形中，使其更容易运输以进行现场测试和操作。每个通道都是独立的，这意味着每个通道都可以调谐到不同的频率，用于频分复用 (FDD) 应用或同时仿真多个信号。通道还可以通过内部恒温晶体振荡器 (OCXO) 同步，内部 GPS 驯服振荡器 (GPSDO) 用于时间戳，可提供 10 MHz 参考和每秒脉冲 (PPS)。

高性能基带和高速率接口

随着通道数量和带宽的增加，海量的基带数据无疑对平台的信号处理能力和内存吞吐率提出了巨大挑战。宽带信号的数字信号处理，需要大量的FPGA逻辑资源配合，YunSDR Y790采用的ZU47DR，提供了UDC/DDC所需的必要计算资源。

	ZU42DR	ZU43DR	ZU46DR	ZU47DR
System Logic Cells (K)	489	930	930	930
DSP Slices	1,872	4,272	4,272	4,272
Memory (Mb)	67.8	60.5	60.5	60.5
33G GTY Transceivers	8	16	16	16
PCIe Gen3x16	-	-	-	-
PCIe Gen3 x16 / Gen4 x8 / CCIX	0	2	2	2
100G Ethernet MAC/PCS with RS-FEC	0	2	2	2
Maximum I/O Pins	152	347	360	347

除了FPGA资源外，芯片内部也集成了ARM处理器系统，满足高层算法和系统调度的需求，而且接口丰富，也可以支持GUI人机交互界面和网络控制接口。

Application Processing Unit	Quad-core Arm® Cortex®-A53 MPCore up to 1.33GHz
Real-Time Processing Unit	Dual-core Arm Cortex-R5F MPCore up to 533MHz
Embedded and External Memory	256KB On-Chip Memory w/ECC; External DDR4; DDR3; DDR3L; LPDDR4; LPDDR3; External Quad-SPI; NAND; eMMC
High-Speed Connectivity	4 PS-GTR; PCIe Gen1/2; Serial ATA 3.1; DisplayPort 1.2a; USB 3.0; SGMII
General Connectivity	214 PS I/O; UART; CAN; USB 2.0; I2C; SPI; 32b GPIO; Real Time Clock; Watchdog Timers; Triple Timer Counters

对于大数据交换，板载的片外内存系统吞吐量也十分重要。YunSDR Y790提供了三组DDR4内存，每组都是64位宽，运行频率2400MHz。其中，PS处理器系统单独一组，PL系统拥有2组独立的内存，可以满足苛刻的数据吞吐需求。

未来的无线系统需要更强大的计算能力来处理日益复杂的算法，这个时候单一板卡往往不能满足要求，需要将数据传递给更加强大的计算系统，比如FPGA阵列或者计算机集群。高速光纤接口成了高性能SDR系统的标配，光口的数量和速率是数据传输带宽的关键。

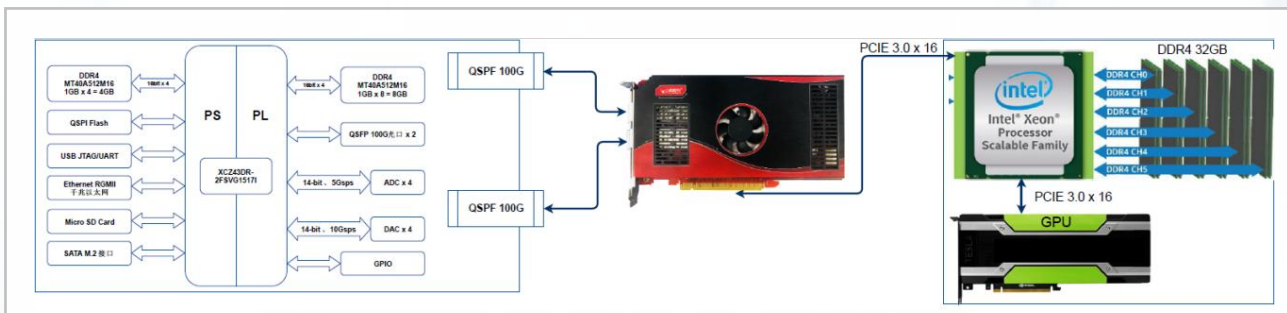
YunSDR Y790采用了双100G光口作为系统对外的数据通道，这也是目前商业SDR产品的最顶级配置。通过FPGA加速卡，将100G光口转换成了PCIe3.0接口，并且提供了完善驱动和API接口库，用户可以直接调用接口函数来获取数据，可以支持100G接口的满速率通信。另外，FPGA加速卡的FPGA采用开放接口，支持用户自己二次开发，实现算法的加速。

FX200加速卡采用了Xilinx Kintex UltraScale+系列FPGA KU15P作为加速芯片，16nm工艺的FPGA提供了丰富的信号处理资源，还可以实现以下功能。

如果需要更大规模的FPGA处理能力，可以选择升级到FX800加速卡。FX800采用了Xilinx Virtex UltraScale+系列FPGA VU13P作为加速芯片，提供了更加丰富的信号处理资源。



COMPARE	Reset	XCKU15P
System Logic Cells (K)		1,143
CLB LUTs (K)		523
DSP Slices		1,968
Memory (Mb)		70.6
GTH 16.3 Gb/s Transceivers		44
GTY 32.75 Gb/s Transceivers		32
I/O Pins		668



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			
软件工程师			
硬件工程师			

通信协议栈支持



GNU Radio是一款开源的软件开发框架，提供了软件无线电所需要的信号处理功能模块。框架提供了图形界面的设计方式，额外可以支持Python和C++语言设计流程。GNU Radio给用户提供了应用设计的参考设计，帮助用户快速实现和评估无线通信相关算法。



srsLTE 是开源4G LTE软件套件，由SoftwareRadioSystems (SRS)公司开发实现的免费开源LTE SDR平台，在AGPLv3 license许可下发布，并且在实现中使用了OpenLTE的相关功能。srsLTE 包含全协议栈的UE (srsUE)，全协议栈的eNB (srseNB) 和核心网 (srsEPC)，配置简单，使用方便，可以通过srsLTE搭建完整的LTE网络。



随着第五代通信技术迅速发展，基于5G的应用以及学术研究需求逐渐增大，对于开源5G的研讨迫在眉睫。开源5G平台可用于探索5G领域新技术、新趋势，对下一代核心网、新型智能终端、mIoT、NB-IoT等领域进行深入学术研究与工程实践，促进5G的全球化发展。

基于开源5G无线技术和实验环境的部署，系统原型和标准化硬件实现，可以作为接入网早期测试与验证工具，支持下一代核心网新型智能终端的研发。

OpenAirInterface

5G software alliance for democratising wireless innovation

YunSDR支持开放的OAI 5G协议最新的版本移植和运行，可以为OAI提供稳定运行经过验证的硬件平台，硬件平台提供多个版本选择，包括实验室版本和工业专网版本，也可以根据需求定制频段和功放来满足大范围覆盖。

总结

YunSDR Y790为面向未来的无线电系统应用提供了理想验证平台，搭配灵活的开发工具和配套软件，这款平台可以满足 5G/6G、卫星通信、雷达模拟、信道仿真以及其他无线创新应用的各种技术挑战！