

LW-X410 PLUS (相参版)

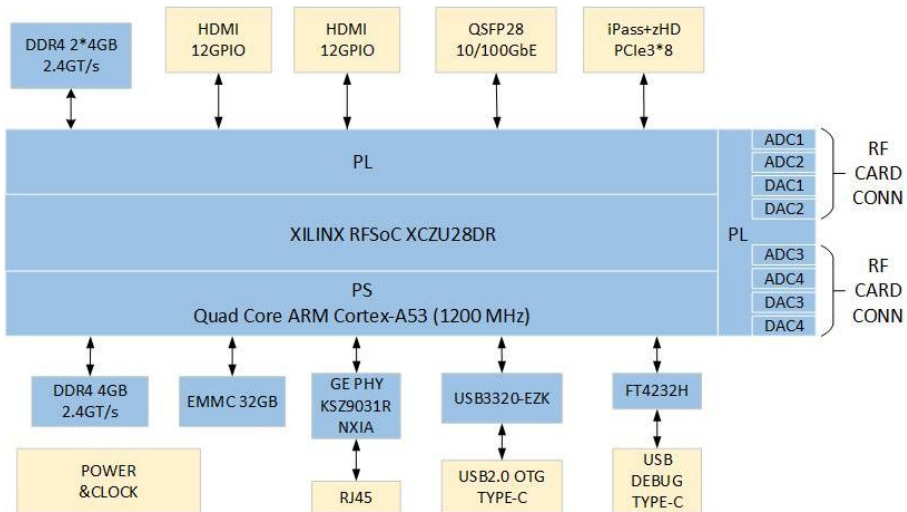
宽频段、大带宽、多通道与高相位一致性的软件无线电平台

产品概述

- LW-X410 PLUS是武汉珞光电子为高阶相参应用设计的新一代四通道软件无线电平台。基于Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoc架构，集成四核ARM处理器及高精度12位ADC/14位DAC，具备1MHz-7.2GHz（可扩展至8GHz）宽频段覆盖能力，并采用4通道独立收发、每通道400MHz瞬时带宽设计。
- 该平台是LW-X410的相位相参进阶版本，其核心突破在于采用本振共享技术，结合原有的两级超外差架构，实现多通道间相位一致性优于 1° 。这一设计使其能够直接支持相控阵雷达、大规模MIMO系统、波束成形及相干接收等对相位一致性要求严苛的应用场景。
- 在接口与系统支持方面，LW-X410 PLUS延续了双100GbE QSFP28高速数据接口，并配备完整的调试与同步功能，兼容LabVIEW、GNU Radio等开发环境，为雷达、电子战、先进通信系统等领域的研发与测试提供兼具大带宽、多通道与高相位一致性的硬件平台。



产品框图



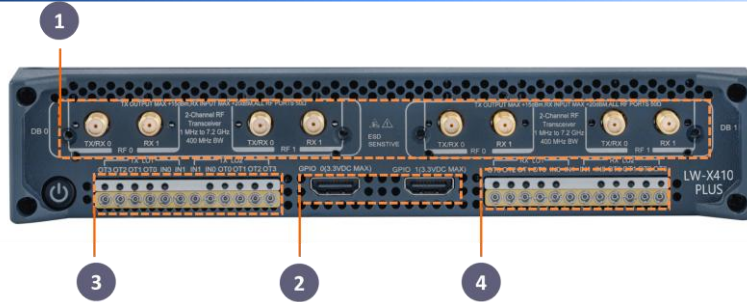
产品特性

- 内置 Xilinx Zynq Ultrascale+ ZU28DR RFSoc, 配备四核 ARM处理器
- 2个QSFP28接口 (10/100 GbE)
- 1个PCIe Gen3x8 接口
- 1个千兆以太网电口
- 1个Type C口 USB主接口
- 1个Type C USB(串口, JTAG)
- 2个HDMI (2*12个GPIO)
- 支持外接时钟参考和 PPS 时间参考(内置GPSDO)
- RFNoC FPGA 开发框架
- IQ采样率高达 500MS/s
- 支持相位同步, 单机内部通道/多机间相位稳定性 < 1° RMS

技术规格

发射		接收	
通道数	4	通道数	4
频率范围	1MHz-7.2GHz, 可调谐至8GHz	频率范围	1MHz-7.2GHz, 可调谐至8GHz
频率步进	< 1Hz	频率步进	< 1Hz
最大输出功率	< 21dBm	最大输入功率	< 0dBm
增益范围	60dB	增益范围	≤500 MHz 38dB > 500 MHz 60dB
增益步进	1dB	增益步进	1dB
最大实时带宽	400MHz	最大实时带宽	400MHz
平均噪声	-146 dBm/Hz	噪声系数	500MHz-3.1GHz: 8dB 3.1GHz-6GHz: 6.5dB 6GHz-8GHz: 9dB
FPGA和基带		电源	
FPGA	Xilinx RFSoc XCZU28DR	电压	12V DC
DRAM	PL:2x4GB DDR4 2.4Gbps PS: 4GB DDR4 2.4Gbps	电流	最大16A
ADC分辨率	12 bits	物理属性	
DAC分辨率	14 bits	尺寸	28.5 cm × 22.2 cm × 4.4 cm

产品接口



设备正面板接口名称		说明
①	DB 0, DB 1 射频接口	RF 0 TX/RX 0 RF 0 发射/接收通道。50Ω阻抗的SMA (母头) 接口
		RF 0 RX 1 RF 0 接收通道。50Ω阻抗的SMA (母头) 接口
	RF 1	TX/RX 0 RF 1 发射/接收通道。50Ω阻抗的SMA (母头) 接口
		RX 1 RF 1 接收通道。50Ω阻抗的SMA (母头) 接口
②	GPIO 0, GPIO 1	采用HDMI 接口, 每个接口可独立配置1.8V (默认) /2.5V/3.3V输出电压
③	TX LO1, TX LO2	发射本振组。其中: OUT0, OUT1, OUT2, OUT3: 发射本振输出接口; IN0, IN1: 发射本振输入端口
④	RX LO1, RX LO2	接收本振组。其中: OUT0, OUT1, OUT2, OUT3: 接收本振输出接口; IN0, IN1: 接收本振输入端口



设备背面板接口名称		说明
①	iPass+zHD	PCIe Gen3x8接口, 提供与主机PC的PCIe连接, 该接口仅支持二次开发
②	QSFP28	2个QSFP28接口 (10/100 GbE)
③	SMA接口	GPS ANT: GPS天线接口;
		REF IN: 参考时钟输入端口, 最大输入功率15dBm;
		PPS IN: PPS输入端口;
④	POWER	外部直流电源接口, 支持12V、16A输入
⑤	CONSOLE JTAG	CONSOLE JTAG USB Type-C接口, 用于连接主机与设备FPGA进行开发和调试
⑥	USB to PS	USB to PS USB Type-C 2.0接口, 可将外设 (如USB大容量存储设备) 连接至处理系统 (PS)
⑦	ETHERNET	10/100/1000M RJ45以太网接口, 与板载PS系统连接。支持SSH方式连接PS
⑧	指示灯	设备配备四组指示灯: LED 0 (处理器运行状态)、LED 1 (FPGA程序加载状态)、LED 2 (存储活动状态) 和PWR电源指示灯 (含正常/错误/待机三种供电状态)

高性能基带

LW-X410 PLUS基于Xilinx Zynq UltraScale+ ZU28DR RFSoc芯片构建，它采用异构处理架构，集成了ARM Cortex -A53四核处理器和Cortex -R5双核实时处理器，搭配UltraScale+可编程逻辑资源，能实现高效多线程处理与定制化功能。

ZU28DR RFSoc的FPGA 资源在逻辑密度、DSP算力、存储带宽方面均针对高性能RF应用优化，尤其适合需要低延迟、高吞吐量的实时信号处理场景。

FPGA	Xilinx Zynq Ultrascale+ ZU28DR RFSoc
系统逻辑单元	930k
可编程逻辑单元 (LUTs)	425,280
DSP切片	4,272
Block Ram	38Mb
UltraRam	22.5Mb
分布式RAM	13.0Mb

LW-X410 PLUS配备了三组 DDR4 内存模块，其中两组用于可编程逻辑 (PL)，一组用于处理器系统 (PS)。其中，板载PS DDR4为4GB 64bit，PL DDR4为2*4GB 64bit，工作速率为2400MT/s。DDR4内存模块能够充分满足高带宽、低延迟的数据吞吐需求，为复杂的数据处理任务提供强有力的支持。

高性能射频性能

宽频段覆盖

LW-X410 PLUS的频率范围从1MHz-7.2GHz（可调谐至8GHz），这一宽广的覆盖范围使得设备能够支持从低频到高频的多种无线通信标准和应用场景。

大瞬时带宽

每个通道高达400MHz的瞬时带宽，LW-X410 PLUS能够处理大量数据流，适合于宽带信号处理。用户可以利用更宽的通道，实现通道绑定和载波聚合，获得更高的数据吞吐量。

高精度 ADC/DAC

XCZU28DR内部集成4个RF-ADC和RF-DAC子系统，其中RF-ADC为12位的4GSps采样率的高精度高速ADC，RF-DAC为14位的6.5GSps采样率的高精度DAC，确保了在高速数据处理和转换过程中的高精度和低失真表现。

超外差架构

射频前端架构采用3GHz以下的超外差两级转换（提高信号质量）和3GHz以上的单级转换（优化高频性能），配合滤波和功率电平控制，提供高保真信号发射和接收。

高速数据传输与接口

大数据传输能力

随着5G+，6G海量数据研究的需求增加，其仿真验证平台的大量数据传输成为了一个挑战，为了解决这个问题，X410 PLUS提供了两个支持100 GbE的QSFP28接口，可以通过它们来实现高速数据流传输。

丰富的调试接口

X410 PLUS提供了丰富的调试接口，包括GPIO接口、JTAG、1GbE以太网口和Type C USB to PS 主机接口，适用于不同的应用场景和调试需求。用户可以根据具体需求选择合适的接口和工具进行设备调试和开发。

同步与时钟

X410 PLUS具有灵活的同步架构，支持10MHz时钟参考，PPS时间参考，外部TX和RX本振信号(LO)输入以及GPSDO，可实现相位相干MIMO测试平台。

全独立多通道设计

独立调谐能力

LW-X410 PLUS具有 4 个独立的 TX 和 RX 通道，每个通道支持1MHz–7.2GHz独立频点设置，各通道可同时工作在完全不同的频段，实现频分双工(FDD)应用或同时模拟多个信号。

多通道并行收发

借助于热门的开源工具链（如GNU Radio 和 UHD），用户可通过软件设置每个通道的中心频率、带宽、增益等参数，灵活控制各通道的信号发射和接收，实现多通道并行收发，该特性在电子战、频谱监测等需要多信号并行处理的场景中具有显著优势。

通道数扩展

对于通道数更多并需要精确时间对齐的应用（例如大规模 MIMO），可以使用GPSDO、PPS生成、外部参考时钟同步来同步多个设备。

支持频率扩展

Luowave为LW-X410 PLUS深度定制了毫米波扩展模块，可将中频信号经升频到毫米波频段，从而帮助用户快速组建毫米波系统。通过使用现有的USRP设备升级到毫米波解决方案，毫米波研究人员可以用经济的成本和更短的时间帮助推动和实现毫米波5G通信的全面普及，同时支持面向未来6G标准的技术探索与验证。

可选模块	说明
24G变频模块	X410 PLUS扩频选件，6-24GHz，2通道
44G变频模块	X410 PLUS扩频选件，24-44GHz，2通道

相位同步性

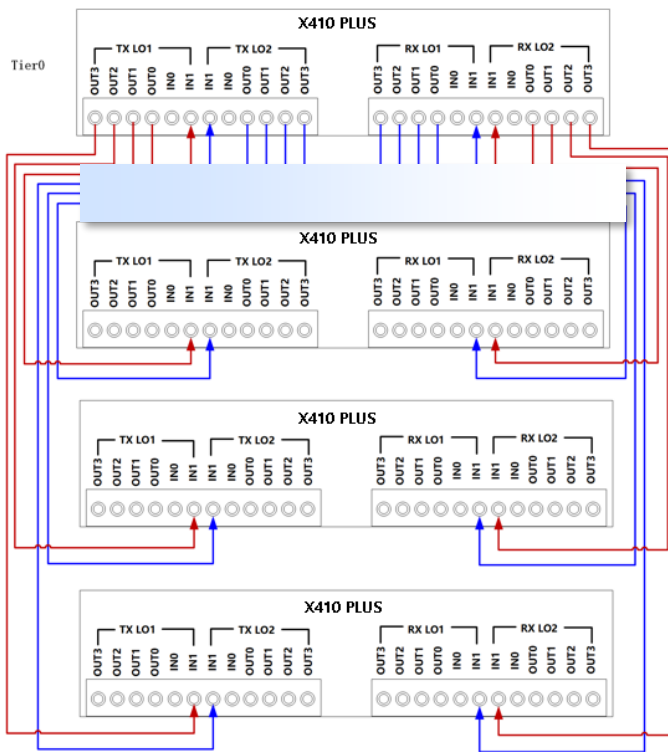
LO Sharing设计

LW-X410 PLUS采用LO Sharing设计，通过自主设计的发射端本振共享同步板和接收端本振共享同步板为四路射频通道提供共享本振信号，实现通道间的相位同步，同时还支持外部TX和RX本振信号的输入和输出以实现多设备间的相位相干同步，单机内部通道/多机间相位稳定性优于 1° RMS。

分布式部署优势

LW-X410 PLUS通过创新的本振共享架构，实现多设备间精确的相位同步，可构建超大规模分布式MIMO系统，完美支持5G/6G、雷达等复杂无线系统的开发验证与测试应用。

MIMO系统本振分配



16X16 MIMO本振分配示意图

16*16MIMO系统（由四台LW-X410 PLUS设备级联）本振分配使得全部Tx和Rx同步到同一本振，由第一台LW-X410 PLUS作为本振分配根设备，为其它USRP设备提供TX LO和RX LO参考输入，物料链路上保证十六通道相位相干同步。

开发环境

主机开发工具			
			
操作系统支持			
FPGA开发			

应用场景



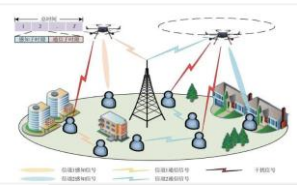
5G/6G 通信研究

- Massive MIMO原型验证
- 5G FR2 频段研究--配合毫米波扩展模块，可扩展至5G FR2频段



雷达与电子战系统

- 相控阵雷达--多通道的相位一致性，提高目标检测分辨率
- 电子侦察与干扰--多通道协同干扰或信号侦测



分布式无线测试平台

- 多设备级联同步--多台LW-X410 PLUS可通过LO级联构建超大规模射频系统适用于5G OTA测试、信道仿真等场景
- 6G通信感知一体化—相位相干性可提升环境感知精度



频谱监测与流盘

- 宽频段实时频谱分析--1MHz~7.2GHz 覆盖（可扩展至 44GHz）
- 数据流盘—通过两个可配置的QSFP28端口，可实现高吞吐量数据交换和数据流盘回放

 更多应用案例请咨询珞光相关人员