

Luowave X440 PRO

超大带宽、多通道相参同步的旗舰型软件无线电设备

产品概述

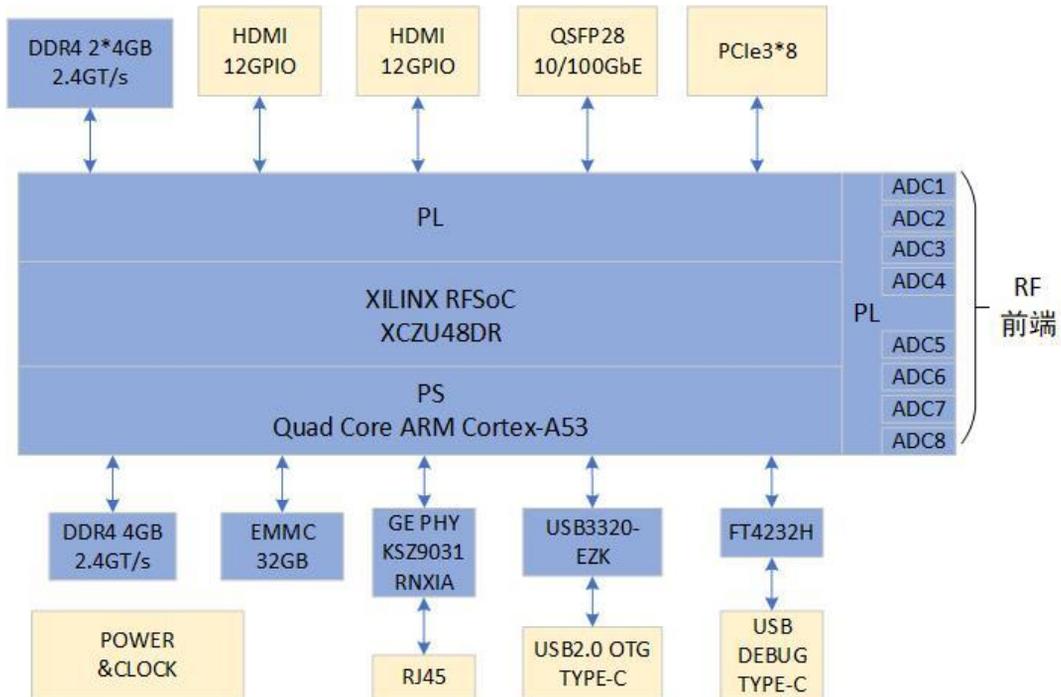
Product Overview

Luowave X440 PRO是武汉珞光电子全新升级的高性能软件无线电平台。作为X440的进阶版本，该设备核心升级为Xilinx XCZU48DR FPGA芯片，在保留原有射频直采架构优势的基础上实现了处理能力与系统性能的全面突破。设备具备8个发射和8个接收通道，支持30MHz至4GHz的中频范围，在单/双通道模式下可实现1.6GHz最大带宽，8通道模式下每通道保持400MHz带宽，配备14位ADC和14位DAC可实现高达5 GSps的采样率。其卓越的相位相干特性可实现单机内部通道相位稳定性 $< 1^\circ$ RMS和多机间 $< 2^\circ$ RMS的精度，是5G/6G大规模MIMO系统、先进波束成形、精准测向、相控阵雷达和电子战系统等高要求应用的理想解决方案，可为用户提供从研发验证到实际部署的全方位支持。

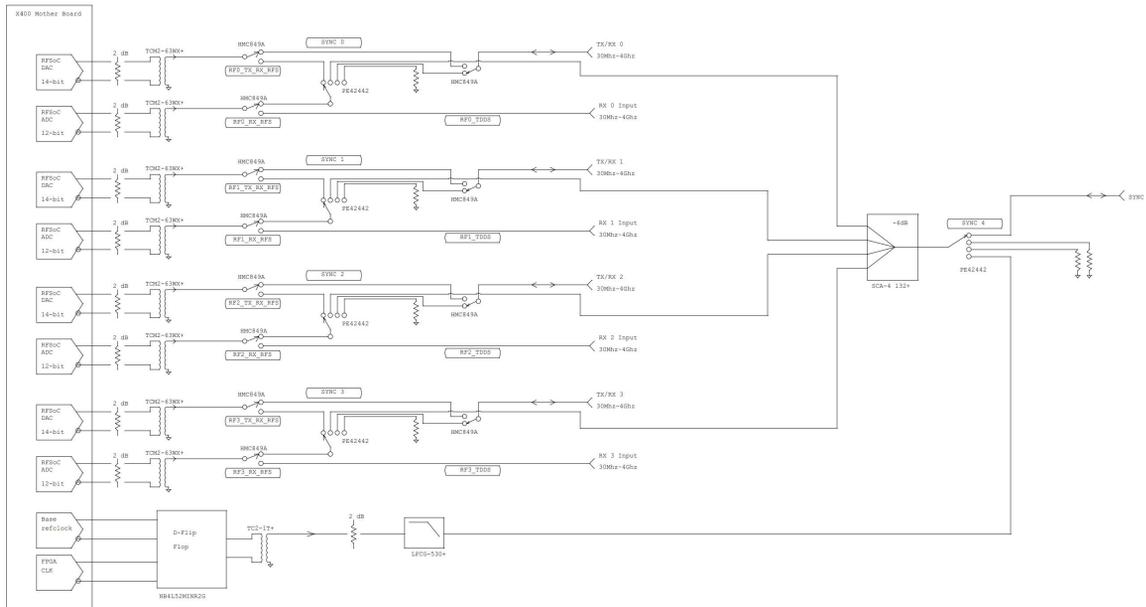
产品框图

Block Diagram

主板卡框图



Luowave X440 PRO内部包括了2块射频子板，该子板具有四个独立的收发链路，其框图如下：



技术规格

Specifications

发射		接收	
通道数	8	通道数	8
频率范围	30MHz-4GHz	频率范围	30MHz-4GHz
频率步进	< 1Hz	频率步进	< 1Hz
最大输出功率	0dBm	最大输入功率	< 2.5 GHz : +13dBm continuous 2.5 GHz – 3.6 GHz: +17 dBm continuous 3.6 GHz – 4 GHz :+20 dBm continuous
最大实时带宽	1.6GHz	最大实时带宽	1.6GHz
平均噪声	-146 dBm/Hz		
FPGA和基带		电源	
FPGA	Xilinx RFSoC XCZU48DR	电压	12V DC
DRAM	PL:2x4GB DDR4 2.4Gbps PS: 4GB DDR4 2.4Gbps	电流	最大20A
ADC分辨率	14 bits	物理属性	
DAC分辨率	14 bits	尺寸	半宽RU 28.5 cm × 22.2 cm × 4.4 cm

产品特性

Product Features

通道配置	8 个发射通道、8 个接收通道
中频频率范围	30 MHz ~ 4 GHz (中频频率和带宽的组合受奈奎斯特区和间隙影响)
瞬时带宽	- 1 或 2 通道: 最大带宽 1.6 GHz - 8 通道: 每通道最大带宽 400 MHz
采样率	高达 5 GSps (射频直采架构)
ADC/DAC 分辨率	14 位ADC, 14 位DAC
相位相干性	支持相位相干, 相位稳定性: - 单台设备内部通道, < 1° RMS - 多台设备之间的通道, < 2° RMS
FPGA 处理器	Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoc ZU48DR 内置四核 ARM 处理器
数据传输接口	- 2 × QSFP28 (10/100 GbE, Aurora) - 1个PCIe Gen3x8 接口
控制与调试接口	- 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)
同步与时钟	- GPSDO - 10 MHz / PPS 参考输入
软件支持	- UHD - RFNoC (FPGA 可编程框架) - GNU Radio - LabVIEW

高性能基带

High-performance Baseband Processor

Luowave X440 PRO基于 Xilinx Zynq UltraScale+ ZU48DR 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。这种紧密集成设计，将高速ADC、DAC、处理系统和可编程逻辑集成于同一芯片，减少外部组件使用，降低系统复杂度与功耗，提高可靠性和性能。

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+ ZU48DR 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

Luowave X440 PRO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

High-performance RF Capabilities

射频直采架构

Luowave X440 PRO在架构上与大多数 USRP 不同，它采用直接采样架构，直接通过 Xilinx RFSoc 集成的ADC/DAC对射频信号采样，省去传统超外差架构的混频器和中频电路，减少信号链噪声和失真。

超大瞬时带宽

Luowave X440 PRO 是目前已发布的带宽最宽的软件无线电设备。由于Luowave X440 PRO的板载Xilinx RFSoc能够以5 GSps的速度进行采样，从而为整个设备提供3.2 GHz的总瞬时带宽。对于单通道或双通道实现方案，每通道高达1.6 GHz的带宽，对于8通道，每通道400 MHz的带宽。X440 Pro的通道分配带宽与其它USRP型号相比显著增加，因此非常适合宽带雷达和EW应用。

高精度 ADC/DAC

XCZU48DR相比XCZU28DR (USRP-LW X440) 具有更高性能的ADC/DAC：14位ADC (vs 12位) 和更高采样率 (ADC 5GSPS vs 4.096GSPS, DAC 9.85GSPS vs 6.554GSPS)，为5G毫米波、高分辨率雷达等高性能应用提供了更强信号处理能力。

高速数据传输与接口

High-Speed Data Transmission & Interfaces

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，Luowave X440 PRO提供了两个支持100 GbE的QSFP接口及一个 PCIe 3 x8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

Luowave X440 PRO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

Luowave X440 PRO带有一个板载 GPS 驯服振荡器 (GPSDO)、一个 PPS 接口和 10 MHz 参考时钟，可以实现多设备的时钟和定时同步操作。

相位稳定性

Phase Coherence

单设备内通道：相位稳定性 $<1^\circ$ RMS。设备通过共享采样时钟实现跨通道的相位相干性，因此，它是测向、雷达研究和原型设计等应用的理想选择。



--典型TX 相位稳定性测试结果

多设备间级联：相位稳定性 $<2^\circ$ RMS。可通过精确的时钟对齐来实现多设备间的相位相干，在实际应用中，如多设备组成的大规模相控阵雷达系统或分布式电子战系统中，能为系统提供稳定的相位参考，确保各设备间的信号处理和协同工作具有较高的准确性和可靠性。

支持频率扩展

Frequency Band Expansion

面向NR FR2需求，Luowave为Luowave X440 PRO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。

可选模块	说明
24G变频模块	Luowave X440 PRO扩频选件，6-24GHz，2通道
44G变频模块	Luowave X440 PRO扩频选件，24-44GHz，2通道

开发环境

Software

主机开发工具			
			
操作系统支持			
FPGA开发			

应用场景

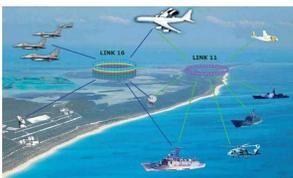
Application Scenarios



5G/6G 通信研究



- 地面站与卫星链路仿真
- 多通道相控阵天线测试



电子战 (EW)

- 频谱监测与信号情报
- 干扰与抗干扰

 更多应用案例请咨询珞光相关人员