

# 通用软件无线电外设 (USRP) 选型技术白皮书



# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 前言 .....                          | 1  |
| 一、USRP 核心基础：定义、架构与通用特性 .....      | 1  |
| 1.1 USRP 与 SDR 的关联 .....          | 1  |
| 1.2 USRP 统一核心硬件架构 .....           | 2  |
| 1.3 USRP 硬件的通用梯度特性 .....          | 3  |
| 二、USRP 硬件选型：核心维度与关键考量 .....       | 3  |
| 2.1 信号参数：频率范围与瞬时带宽（核心射频指标） .....  | 3  |
| 2.2 SWaP-C：尺寸、重量、功率与成本的综合权衡 ..... | 4  |
| 2.3 部署形式：独立式与主机连接式的适配 .....       | 5  |
| 2.4 应用环境：常规实验室与严苛环境的区分 .....      | 6  |
| 2.5 同步需求：从时钟同步到全相位相干 .....        | 7  |
| 2.6 FPGA 资源：内嵌信号处理的硬件加速支撑 .....   | 9  |
| 三、USRP 软件开发：多元工具链与适配性 .....       | 10 |
| 3.1 主机编程：多工具适配，兼顾专业与开源 .....      | 11 |
| 3.2 FPGA 编程：硬件加速的两大核心方案 .....     | 13 |
| 四、USRP 全型号矩阵：分类特性与软件支持 .....      | 14 |
| 4.1 独立运行，支持 FPGA，高性能款 .....       | 16 |
| 4.2 主机连接，支持 FPGA，高性能款 .....       | 16 |
| 4.3 低 SWAP，独立嵌入式款 .....           | 16 |
| 4.4 低 SWAP，低成本，USB 连接款 .....      | 17 |
| 五、USRP 选型核心原则与行业应用价值 .....        | 17 |
| 5.1 选型核心原则 .....                  | 17 |
| 5.2 跨领域应用价值 .....                 | 17 |
| 六、大尧科技产品与主流 USRP 软硬件产品对比分析 .....  | 18 |

2026 年 2 月 24 日 NI 官网发布了通用软件无线电外设（USRP）选型技术白皮书，原文链接：<https://www.ni.com/zh-cn/shop/wireless-design-test/what-is-a-usrp-software-defined-radio/which-usrp-is-right-for-you.html>，该白皮书系统阐释 USRP 硬件架构、选型维度、软件开发适配性及各型号技术特性，为通信、雷达、电子战（EW）、6G 研发等领域工程师，提供适配实际应用需求的 USRP 设备选型依据，同时为军用射频技术研发、测试与部署的 SDR 设备选型提供专业指导。

## 前言

软件无线电（SDR）以软件定义射频功能为核心特性，突破了传统硬件无线电的功能固化限制，凭借灵活可配置、功能可拓展、开发门槛低的优势，成为无线通信、下一代雷达、电子战、无线空口（OTA）测试、6G 等领域原型验证与工程部署的核心工具。通用软件无线电外设（USRP）作为 NI 旗下核心的 SDR 产品系列，构建了从低成本入门款到高端多通道高性能款的全品类硬件矩阵，适配实验室研发、外场测试、分布式部署、严苛环境应用等多场景需求。

本白皮书从 USRP 核心基础架构出发，围绕硬件选型核心维度、软件开发工具链、全型号技术特性展开系统解析，结合实际应用场景明确选型原则，并补充 SDR 相关背景知识，形成一套科学、可落地、全维度的 USRP 选型体系，为不同领域工程师提供专业参考。

## 一、USRP 核心基础：定义、架构与通用特性

### 1.1 USRP 与 SDR 的关联

通用软件无线电外设（USRP）属于 NI 软件无线电产品系列，是面向无线研究与工程应用的标准化 SDR 设备，主要用于无线系统的原型验证、算法开发与实际部署，核心应用场景覆盖通信开发、下一代雷达研究、电子战（EW）、无线空口测试、高级无线通信（6G）研究等。

与传统硬件无线电相比，USRP 保留了 SDR 的核心优势：通用硬件架构+软件定义功能，工程师可通过自定义信号处理算法，实现射频信号的接收、处理、发射全流程调控，无需更换硬件即可适配不同频段、不同调制方式的无线应用需求。

## 1.2 USRP 统一核心硬件架构

所有 NI USRP 产品均采用标准化的核心硬件架构，各模块分工协作实现射频信号的全流程处理，是 USRP 具备跨场景适配能力的基础。图 1 为 SDR（USRP）的典型硬件架构，核心分为五大模块，各模块功能与技术特性如下：

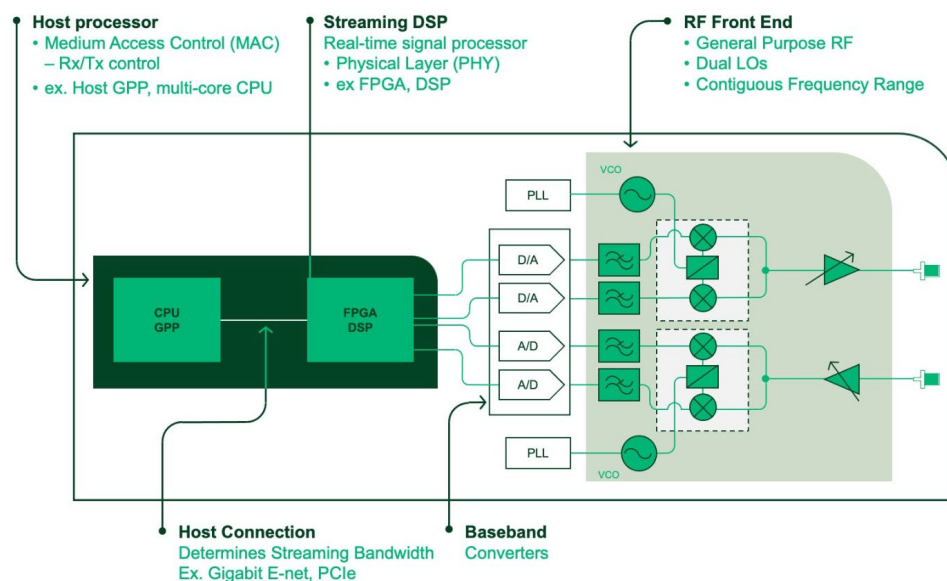


图 1. SDR 的典型硬件架构

- 1、主机处理器（Host processor）：如多核 CPU、主机 GPP，负责介质访问控制（MAC）层控制、应用层代码运行，是设备的“控制中枢”；
- 2、实时信号处理器：如 FPGA、DSP，负责物理层（PHY）算法实现、高速信号处理，是 SDR 的“运算核心”，支撑低延时、高带宽的信号处理需求；
- 3、射频前端（RF Front End）：包含双本地振荡器（LO）、VCO、PLL 等，实现频率转换、信号放大与滤波，决定设备的频率覆盖范围与射频性能；
- 4、基带转换器：由 A/D、D/A 转换器组成，实现模拟射频信号与数字基带信号的互转，是“模数衔接”的关键；
- 5、主机连接接口：如千兆以太网、PCIe、USB，负责主机与硬件的数传交互，直接决定设备的流媒体带宽。

### 1.3 USRP 硬件的通用梯度特性

NI 提供多梯度的 USRP 硬件型号，从小型、低成本的入门级设备，到高端、多通道搭载大型 FPGA 的高性能设备，均遵循上述核心架构，仅在硬件配置、性能参数、拓展能力上存在差异，可满足不同研发阶段、不同应用场景的需求：

- ◆ **入门级：**基于小型 FPGA，成本低、体积小，适配教学、入门研发、简单测试；
- ◆ **中高端：**搭载中大型 FPGA，支持多通道、大带宽，适配实验室原型验证、中等性能需求的工程应用；
- ◆ **旗舰级：**搭载 RFSoc 高端芯片，支持相位相干、超宽带、高频段，适配 6G 研发、雷达研究、电子战等高性能需求场景。

## 二、USRP 硬件选型：核心维度与关键考量

硬件选型是 USRP 应用的核心环节，需围绕实际应用需求展开，核心考量信号参数、SWaP-C、部署形式、同步需求、FPGA 资源、应用环境六大维度，同时权衡价格与性能的匹配性，避免盲目追求高性能导致的成本浪费，也防止硬件参数不足无法满足应用需求。以下为各选型维度的详细解析与选型依据。

### 2.1 信号参数：频率范围与瞬时带宽（核心射频指标）

频率覆盖范围和瞬时带宽是 USRP 选型的首要考量指标，直接决定设备能否适配目标应用的射频需求，同时需兼顾数据接口的传输能力，确保信号数据的高效传输。

1、频率范围：USRP 各型号的频率覆盖跨度极大，低频端可至直流（DC）或 75MHz，高频端按型号分为多个梯度，可匹配从民用通信到军用射频、6G 研发的全频段需求：

- ◆ **基础款：**USRP 290x、B200mini 等，覆盖至 6GHz，适配民用通信、常规射频测试；
- ◆ **中高端：**X410 覆盖至 7.2GHz，X300 系列搭配 OBX 子板覆盖至 8.4GHz（适配 6G FR3 频段）；
- ◆ **旗舰款：**NI Ettus USRP X420 覆盖至 20GHz，支持 FR3、Ku、X 频段等高频频谱，适配卫星通信、雷达研究、高端 6G 研发。图 2 为基于 RFSoc 打造的 Ettus USRP X420，是高频段宽频带 SDR 的代表：



图 2. 基于 RFSoc 打造的 Ettus USRP X420 是一款高频率带宽 SDR，中心频率最高可达 20 GHz

2、瞬时带宽：决定设备捕获和处理宽带信号的能力，不同型号带宽差异显著，入门款多为 56MHz，旗舰款 Ettus USRP X440 可达 1.6GHz（图 3），适配雷达研究、宽带频谱监测等大带宽需求场景；



图 3. Ettus USRP X440 使用直接采样收发器架构，每通道带宽高达 1.6 GHz

3、数据接口匹配：信号带宽需与主机连接接口的传输能力匹配，如 USB 接口的 USRP-290x 受接口带宽限制，无法支撑大带宽应用；而 Ettus USRP X440 配备两个 100 GbE 接口，可实现海量信号数据的高速传输，匹配 1.6GHz 超大带宽需求。

## 2.2 SWaP-C: 尺寸、重量、功率与成本的综合权衡

SWaP-C（Size、Weight、Power、Cost）是工程应用中硬件选型的重要指标，需根据应用场景的资源约束选择适配的 USRP 设备，图 4 为低 SWaP-C 的 USRP 代表型号：



图 4. 低 SWaP-C 的 USRP 2901 和 USRP B200mini SDR

- 1、实验室研发场景：无严格的尺寸、重量、功率约束，可选择高性能、大尺寸的机架式设备，如 X440、USRP 2974，优先保障性能；
- 2、嵌入式/移动部署场景：如车载、机载、单兵便携设备，需选择低 SWaP-C 的小型设备，如 USRP B206mini、E320，体积小、功耗低，适配移动平台；
- 3、大规模部署场景：如分布式传感网络、多节点电子战系统，需在保障性能的同时兼顾成本，选择高性价比的中高端型号，如 X310、N310。

### 2.3 部署形式：独立式与主机连接式的适配

USRP 分为主机连接式和独立式两类，前者作为计算机外设依赖主机处理器运行，后者搭载板载嵌入式处理器，可脱离集中式控制系统独立部署，需根据应用场景的部署需求选择：

- 1、主机连接式：适配实验室研发、固定站点测试等有主机支撑的场景，硬件成本更低，可依托主机实现复杂的信号处理；
- 2、独立式：适配分布式部署、外场测试、无主机支撑的场景，如无人机载 SDR、野外频谱监测，设备自带板载处理器，可实现本地信号处理与自主运行。

表 1 为搭载板载处理器的独立式 USRP 型号，图 5 为内置 Intel Core i7 的 USRP 2974 独立式 SDR，是高性能独立式 USRP 的代表：

表 1. 搭载板载处理器的独立式 USRP 型号

| 无线电型号                                                         | 板载处理器                              |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| NI USRP N320、NI USRP N321、NI USRP N310                        | AMD Zynq 7100 MPSoC                |
| NI USRP E320                                                  | AMD Zynq 7045 MPSoC                |
| NI Ettus USRP X410, NI Ettus USRP X420,<br>NI Ettus USRP X440 | AMD Zynq UltraScale+™ RFSoc ZU28DR |
| NI USRP 2974                                                  | Intel Core™ i7 6822EQ (2 GHz 四核)   |



图 5. 内置 Intel Core i7 的 USRP 2974 独立式 SDR

## 2.4 应用环境：常规实验室与严苛环境的区分

多数 USRP 适用于常规实验室环境（恒温、恒湿、无剧烈振动），但部分应用场景（如军用野外部署、工业现场、航天航空）对设备的环境适应性有严苛要求，需选择加固型或工业级 USRP 设备：

1、工业级环境：如工厂、户外站点，可选择 Ettus Research 嵌入式系列（图 6）、USRP B206mini，前者可适应更高操作温度，后者配备工业级铝制外壳，满足低 SWaP 且高可靠性的需求；



图 6. 嵌入式系列 USRP E320

2、极端严苛环境：如军用野外、航天航空，NI 可引荐加固产品合作伙伴，提供定制化的加固硬件方案，保障设备在高温、高振动、强电磁干扰等环境下的稳定运行。

## 2.5 同步需求：从时钟同步到全相位相干

多输入多输出（MIMO）、相控阵雷达、分布式传感、多通道电子战等应用，对 USRP 的同步能力有不同等级的要求，主要分为时钟同步和全相位相干两类，需根据应用需求选择适配的同步方案与设备型号：

1、时钟同步：仅需共享 10MHz 参考时钟实现 ADC/DAC 同步，适用于常规 MIMO 通信、简单多通道测试，绝大多数 USRP 均支持该功能；

2、全相位相干：要求各通道锁定至通用时钟和本地振荡器（LO），适用于波束成形、相控阵雷达、高精度测向、电子战精准干扰等场景，需选择支持 LO 共享的专用型号：

- ◆ 4 通道以内接收：Ettus Research USRP X310 搭配双 TwinRX 子板，可实现相位相干运行；

- ◆ 2 通道高频应用：USRP X420 支持 LO 共享，相位相干精度小于 1 度/平方根（RMS）；

- ◆ 8 通道以内：Ettus USRP X440，支持 8 发 8 收通道的采样时钟共享，可实现多设备同步；

◆ 超大规模多通道：USRP N320/N321（图 7），配备内置 LO 分布硬件，最高可实现 128×128 的相位相干运行，图 8 为 32×32 的相位相干系统配置范例；



图 7. 采用内置 LO 配电接口的 USRP N320 和 N321

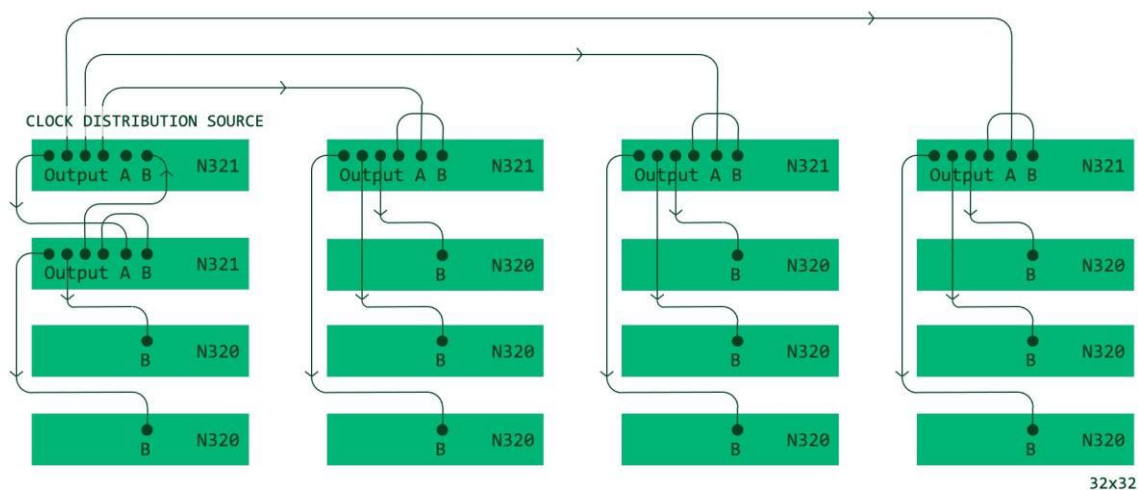


图 8. USRP N320 和 N321 多通道相位相干系统

3、分布式多无线电同步：适用于远距离、分散部署的多 USRP 节点同步，如广域频谱监测、分布式电子战，可通过 GPS 驯服的振荡器（GPSDO）实现频率和相位稳定性，多款 USRP 出厂即配备该模块（图 9）：



图 9. 采用板载 GPS 驯服的振荡器的 USRP X310

## 2.6 FPGA 资源：内嵌信号处理的硬件加速支撑

宽信号带宽、低/确定性延时的应用（如实时电子战、高速雷达信号处理、6G 低延时通信），需要依托板载 FPGA 进行硬件加速的内嵌信号处理，FPGA 的型号、资源量成为重要选型指标。

表 2 为启用 FPGA 的 USRP 型号对比，图 10 为跨 NI FPGA 产品的 FPGA 资源对比，核心选型依据为应用的信号处理需求：

表 2. 启用 FPGA 的 USRP 的比较

| USRP 型号                               | 板载 FPGA                           |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| USRP N320、USRP N321、USRP N310         | AMD Zynq 7100 MPSoC               |
| USRP E320                             | AMD Zynq 7045 MPSoC               |
| Ettus USRP X410, USRP X420, USRP X440 | AMD Zynq UltraScale+ RFSoC ZU28DR |
| USRP 2974、USRP X310                   | AMD Kintex 7 410T                 |

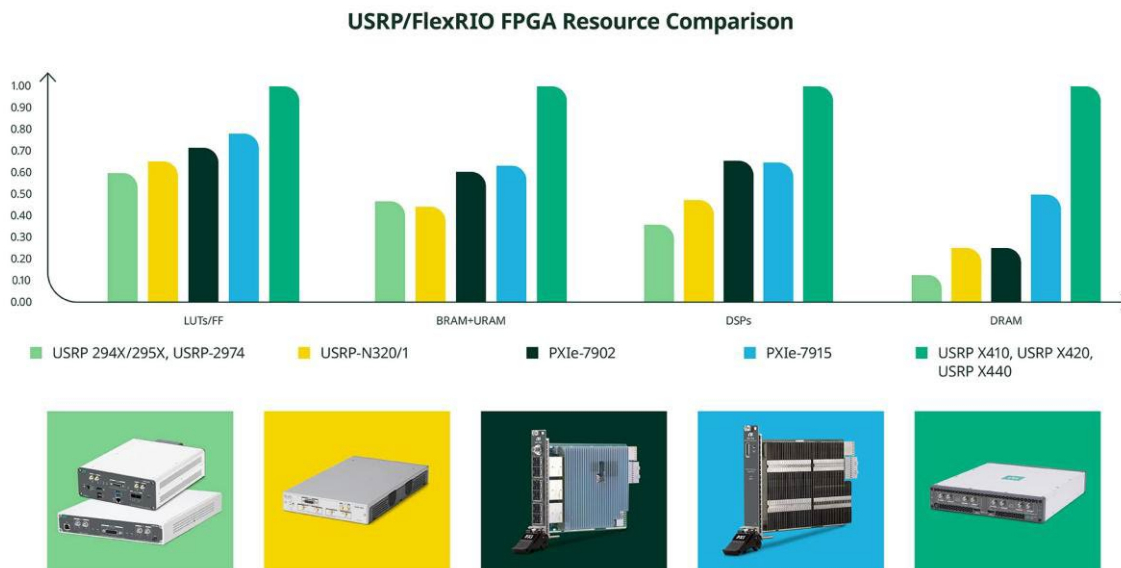


图 10. 跨 NI FPGA 产品的 FPGA 资源的比较

- 1、无内嵌处理需求：如简单频谱监测、入门级通信测试，可选择搭载小型 FPGA 的入门款，如 USRP B206mini，无用户代码开发空间，满足基础需求；
- 2、中等内嵌处理需求：如常规雷达信号处理、民用通信算法验证，可选择搭载 AMD Kintex 7 410T 的型号，如 USRP 2974、X310，FPGA 资源适中，支持常规自定义算法；
- 3、高性能内嵌处理需求：如电子战实时干扰、6G 高速算法、相控阵雷达波束成形，可选择搭载 AMD Zynq UltraScale+ RFSoc 的旗舰款，如 X410、X420、X440，集成软判决前向纠错（SD-FEC）、多 Arm 处理器及内置 ADC/DAC，FPGA 资源丰富，支持复杂自定义算法的开发与部署。

### 三、USRP 软件开发：多元工具链与适配性

可编程性是 SDR 的核心优势，USRP 作为开放性极强的 SDR 产品，支持主机编程和 FPGA 编程两大维度的多元工具链，适配不同工程师的开发习惯、技术背景与应用需求，从图形化编程到开源代码开发，从专业软件到通用框架，实现全流程开发覆盖。图 11 为 USRP 上可用的软件和 FPGA 开发的通用工具流程，是软件开发选型的核心参考：

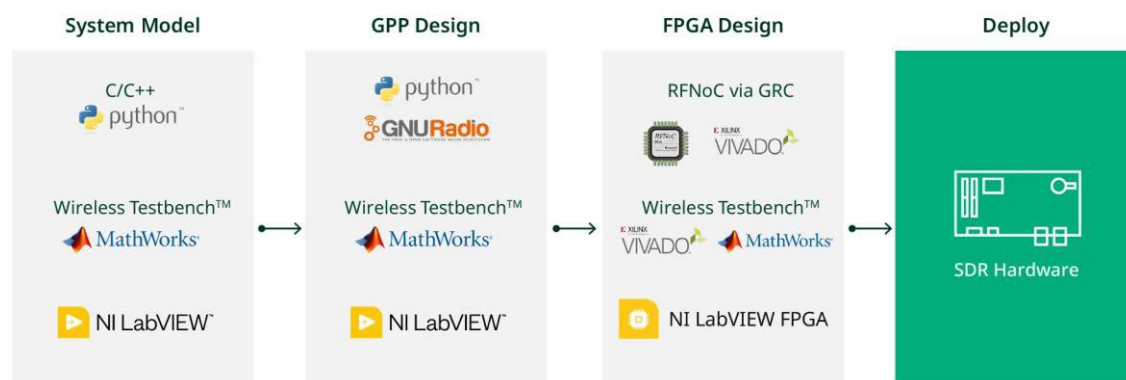


图 11. SDR 的软件和 FPGA 选项

### 3.1 主机编程：多工具适配，兼顾专业与开源

主机编程主要实现应用层逻辑、信号处理算法设计，负责射频信号的高层处理、数据分析与设备控制，USRP 支持四类主流开发工具，各工具的特性、适配场景如下，工程师可根据自身技术背景与应用需求选择：

#### 1、NI LabVIEW

- ◆ 特性：图形化数据流编程环境，专为通信、射频算法设计打造，通过 NI-USRP 驱动实现硬件配置和基带 I/Q 数据收发，无需复杂的底层代码，开发效率高；
- ◆ 适配场景：快速原型验证、实验室研发、无开源代码基础的工程师；
- ◆ 注意事项：主要基于 Microsoft Windows 系统，对部分 Ettus Research 品牌的 USRP 型号支持有限；
- ◆ 开发示例：图 12 为具有 NI-USRP 驱动程序 API 的 LabVIEW 屏幕的结构框图。

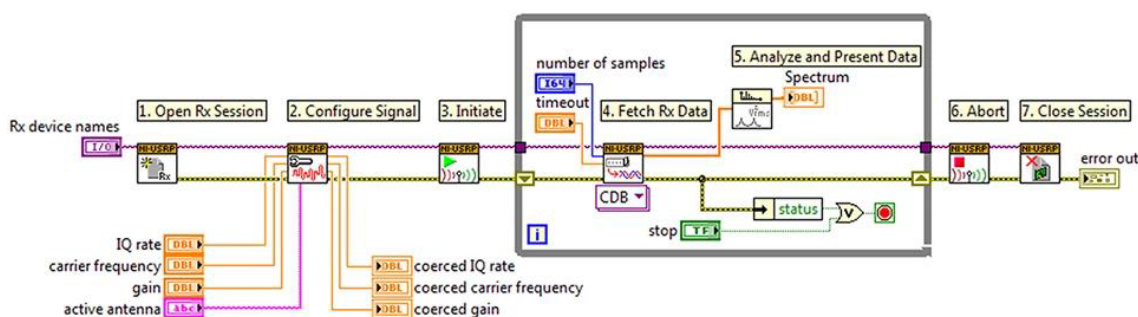


图 12. 具有 NI-USRP 驱动程序 API 的 LabVIEW 屏幕的结构框图

## 2、开源工具流（UHD+GNU Radio/Redhawk）

◆ 特性：所有 USRP 均支持开源的 USRP 硬件驱动（UHD），可结合 C/C++、Python 编程，适配 GNU Radio、Redhawk 等开源 SDR 框架，灵活性高、无平台限制，且有丰富的社区开源 IP 资源；

- ◆ 适配场景：开源社区开发、定制化程度高的工程应用、有编程基础的工程师；
- ◆ 开发示例：图 13 为 GNU Radio 配套流程图。

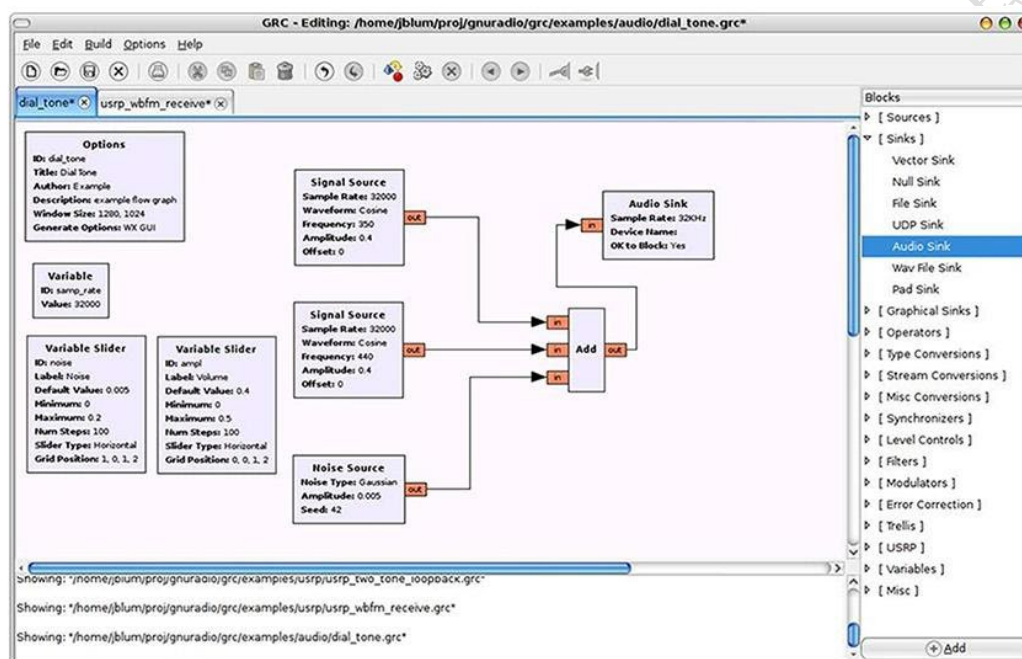


图 13. GNU Radio 配套流程图

## 3、MathWorks MATLAB/Simulink

◆ 特性：搭配 Wireless Testbench™、Communications Toolbox™等工具箱，实现无线电在环测试，支持宽带无线系统设计、频谱监控，可通过 HDL Coder 将自定义 IP 集成至 FPGA；

- ◆ 适配场景：算法仿真、雷达/通信系统设计、与 MATLAB 仿真链路衔接的原型验证；
- ◆ 注意事项：不同工具箱对 USRP 型号的支持不同，如 Wireless Testbench 支持 N3xx、X3xx、X4xx 系列。

4、通用工业级工具：可兼容 C/C++、Python 等通用编程语言的工业级开发环境，适配企业级定制化开发、工程化部署场景。

## 3.2 FPGA 编程：硬件加速的两大核心方案

FPGA 编程主要实现底层实时信号处理算法的硬件加速，负责低延时、高带宽的信号处理（如波束成形、实时滤波、调制解调），USRP 提供两种标准化、高抽象度的 FPGA 编程方案，大幅降低传统 FPGA 开发的复杂度，无需从底层构建板卡支持包：

### 1、LabVIEW FPGA

- ◆ 特性：LabVIEW 的附加软件，支持图形化 FPGA 编程，抽象化硬件和数据接口，简化寄存器配置和数据移动，可实现主机与 FPGA 的统一工具链开发；支持通过组件级 IP（CLIP）节点导入外部 VHDL 或 Verilog 旧版 IP，也可导出 AMD Vivado 项目供专家用户直接开发；

- ◆ 适配场景：熟悉 LabVIEW 的工程师、快速 FPGA 原型验证、需要复用旧版 IP 的场景；

- ◆ 注意事项：仅支持 Windows 系统，对部分 Ettus Research 设备支持有限；

- ◆ 开发示例：图 14 为简单 LabVIEW FPGA 程序框图。

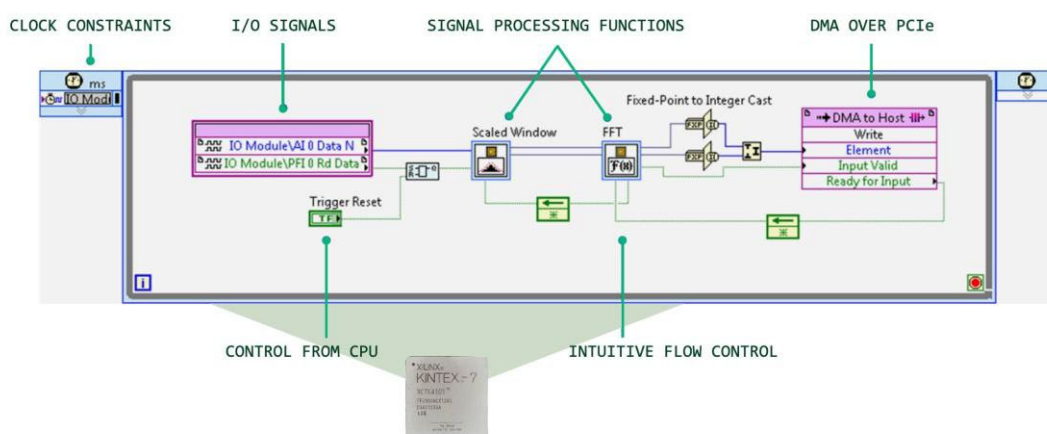


图 14. 简单 LabVIEW FPGA 程序框图

### 2、射频片上网络（RFNoC）框架

- ◆ 特性：开源 USRP 用户的首选 FPGA 编程方案，作为数据接口兼命令抽象框架，通过交叉开关矩阵接口实现 IP 块的灵活插拔，无需重新构建整个 FPGA 板卡支持包，可与 GNU Radio 深度集成；

- ◆ 适配场景：开源社区开发、高定制化的 FPGA 算法开发、分布式多节点 SDR 系统；

- ◆ 适配型号：USRP X300 系列、E300 系列、N300 系列、X400 系列；
- ◆ 开发示例：图 15 为与 GNU Radio 集成的 RFNoC 概念结构框图。

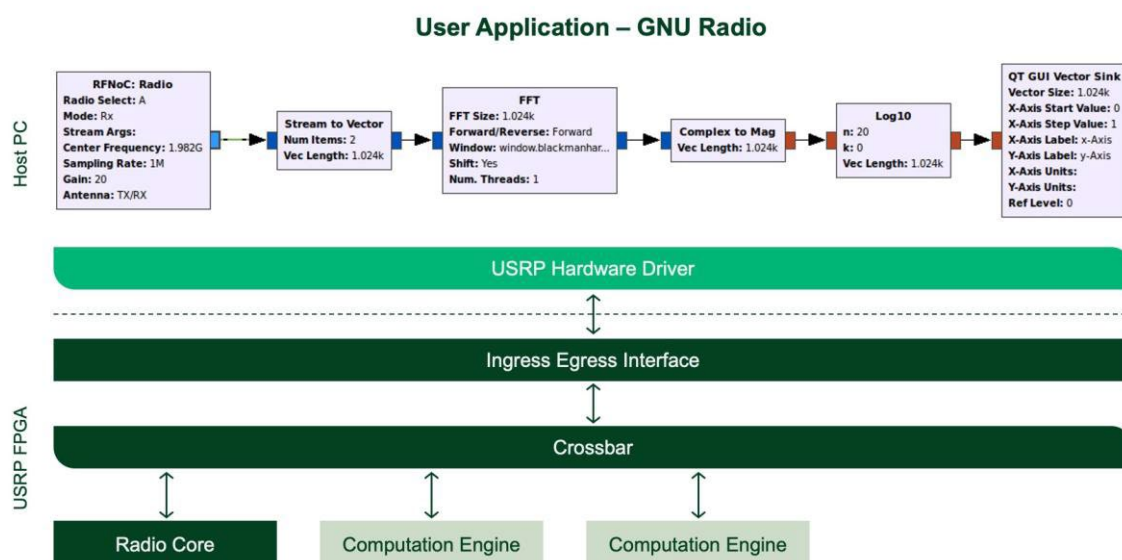


图 15. 与 GNU Radio 集成的 RFNoC 概念结构框图

#### 四、USRP 全型号矩阵：分类特性与软件支持

NI 将 USRP 按性能、部署形式、SWaP-C 分为四大类，各品类型号具备鲜明的技术特性，适配不同的应用场景，表 3 为 USRP 硬件和支持软件的完整矩阵，明确标注了各型号的核心射频参数、通道数及软件支持情况，是工程师快速选型的核心参考依据：

表 3. USRP 硬件和支持的软件

| 类型                  | NI<br>USRP<br>型号  | NI<br>Ettus<br>USRP<br>型号                  | #Tx | #Rx | 频率范围                    | 带宽         | LabV<br>IEW | LabV<br>IEW<br>FPGA | OSS-<br>UHD | OSS-<br>FPGA | Wirele<br>ss<br>Testbe<br>nch |
|---------------------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-----|-------------------------|------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|-------------------------------|
| 独立运行，支持<br>FPGA，高性能 | USRP X440         |                                            | 8   | 8   | 30<br>MHz~4<br>GHz      | 1.6<br>GHz | ✓           | —                   | ✓           | ✓            | —                             |
|                     | USRP X420         |                                            | 2   | 2   | 10<br>MHz~<br>20 GHz    | 1<br>GHz   | ✓           | —                   | ✓           | ✓            | —                             |
|                     | USRP X410         |                                            | 4   | 4   | 1<br>MHz~<br>7.2<br>GHz | 400<br>MHz | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | 不适用               | USRP<br>N320<br>、<br>USRP<br>N321          | 2   | 2   | 3<br>MHz~6<br>GHz       | 200<br>MHz | ✓           | —                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | 不适用               | USRP<br>N310                               | 4   | 4   | 10<br>MHz~6<br>GHz      | 100<br>MHz | ✓           | —                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | USRP<br>-<br>2974 | N/A                                        | 2   | 2   | 10<br>MHz~6<br>GHz      | 160<br>MHz | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | —                             |
| 主机连接，支持<br>FPGA，高性能 | USRP<br>-<br>2944 | USRP<br>X310<br>+ UBX                      | 2   | 2   | 30<br>MHz~6<br>GHz      | 160<br>MHz | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | USRP<br>-<br>2945 | USRP<br>X310<br>+<br>TwinR<br>X            | 0   | 4   | 10<br>MHz~6<br>GHz      | 80<br>MHz  | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | USRP<br>-<br>2954 | USRP<br>X310<br>+ UBX<br>+<br>GPSDO        | 2   | 2   | 30<br>MHz~6<br>GHz      | 160<br>MHz | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | ✓                             |
|                     | USRP<br>-<br>2955 | USRP<br>X310<br>+<br>TwinR<br>X +<br>GPSDO | 0   | 4   | 10<br>MHz~6<br>GHz      | 80<br>MHz  | ✓           | ✓                   | ✓           | ✓            | ✓                             |

|                     |             |                 |   |   |                  |         |   |   |   |   |   |
|---------------------|-------------|-----------------|---|---|------------------|---------|---|---|---|---|---|
|                     | NA          | USRP X310 + OBX | 2 | 2 | 10 MHz ~ 8.4 GHz | 160 MHz | ✓ | — | ✓ | ✓ | — |
| 低 SWAP, 独立嵌入式       | 不适用         | USRP E320       | 2 | 2 | 70 MHz ~ 6 GHz   | 56 MHz  | — | — | ✓ | ✓ | — |
| 低 SWAP, 低成本, USB 连接 | 不适用         | USRP B206mini   | 1 | 1 | 70 MHz ~ 6 GHz   | 56 MHz  | ✓ | — | ✓ | — | — |
|                     | USRP - 2900 | USRP B200       | 1 | 1 | 70 MHz ~ 6 GHz   | 56 MHz  | ✓ | — | ✓ | — | — |
|                     | USRP - 2901 | USRP B210       | 2 | 2 | 70 MHz ~ 6 GHz   | 56 MHz  | ✓ | — | ✓ | — | — |

#### 4.1 独立运行, 支持 FPGA, 高性能款

- 代表型号: USRP X440、X420、X410、N320/N321、2974;
- 核心特性: 搭载高端 RFSoc/MPSoc, 支持多通道、大带宽、相位相干, 板载处理器性能强, 可独立部署;
- 软件支持: 适配 UHD、GNU Radio、MATLAB, 部分型号不支持 LabVIEW;
- 适配场景: 6G 高端研发、雷达研究、电子战、卫星通信、超大规模多通道系统。

#### 4.2 主机连接, 支持 FPGA, 高性能款

- 代表型号: USRP 2944/2945/2954/2955、X310 系列 (搭配 UBX/TwinRX/OBX 子板);
- 核心特性: 依托主机实现高性能处理, 支持 FPGA 开发, 频率覆盖可至 6GHz/8.4GHz, 适配中等规模多通道系统;
- 软件支持: 全面支持 LabVIEW、UHD、GNU Radio、MATLAB;
- 适配场景: 实验室级通信/雷达原型验证、宽带频谱监测、中等性能需求的电子战测试。

#### 4.3 低 SWAP, 独立嵌入式款

- 代表型号: USRP E320;

- 核心特性：体积小、功耗低，搭载嵌入式处理器，可独立部署，适配移动平台；
- 软件支持：支持 UHD、GNU Radio，不支持 LabVIEW；
- 适配场景：车载/机载 SDR、分布式传感、单兵便携射频设备。

#### 4.4 低 SWAP，低成本，USB 连接款

- 代表型号：USRP B206mini、2900/2901；
- 核心特性：价格低廉、体积小巧，通过 USB 连接主机，性能满足基础需求；
- 软件支持：支持 LabVIEW、UHD、GNU Radio，不支持 FPGA 开发；
- 适配场景：入门级研发、教学、简单频谱监测、低成本小型化测试。

## 五、USRP 选型核心原则与行业应用价值

### 5.1 选型核心原则

结合上述硬件与软件开发的全维度解析，USRP 的选型需遵循“需求导向、参数匹配、成本权衡、拓展兼容”的核心原则，具体可分为四步，确保选型的科学性与落地性：

- 1.明确核心应用需求：确定应用场景（实验室/外场/嵌入式）、射频指标（频率/带宽）、关键性能要求（同步/低延时/FPGA 加速）、环境约束（常规/严苛）；
- 2.匹配硬件核心参数：根据需求筛选频率、带宽、同步能力、FPGA 资源、SWaP-C 符合要求的型号；
- 3.确认软件开发适配：根据自身技术背景（图形化/开源编程），确认型号支持的开发工具链，避免开发工具不兼容；
- 4.权衡成本与拓展性：在满足需求的前提下选择高性价比型号，同时考虑未来应用拓展（如是否需要多通道升级、高频段拓展），预留硬件拓展空间。

### 5.2 跨领域应用价值

USRP 作为通用型 SDR 产品，凭借丰富的硬件矩阵、多元的开发工具链、高度的灵活性，成为民用科研与军用研发的通用射频工具，核心应用价值覆盖多领域：

- 1、民用领域：6G/5G-A 研发、民用雷达设计、无线通信测试、频谱监测、无人机通信与反制，推动民用无线射频技术的创新与原型验证；

2、军用领域：电子战（频谱侦察、实时干扰）、导弹导引头射频模块研发、相控阵雷达原型验证、分布式军用传感网络、单兵/车载射频设备，其低 SWaP、高灵活性、相位相干的特性，完美适配军用射频技术的研发与测试需求；

3、科研与教学：高校射频通信、雷达、电子信息专业的教学与科研，降低 SDR 技术的学习与开发门槛，培养射频技术人才。

## 六、大尧科技产品与主流 USRP 软硬件产品对比分析

作为深耕软件无线电领域的企业，大尧科技立足市场需求与技术创新，研发推出一系列通用软件无线电设备，其核心性能对标主流 USRP 产品，并结合实际应用场景进行了功能优化与性能扩展，可全面适配各类 USRP 应用场景的替代与升级需求。

为便于读者快速对比大尧科技产品与主流 USRP 产品的核心差异、精准匹配选型需求，清晰掌握大尧科技产品的优势特性，下文将通过对照表的形式，对大尧科技相关产品与对应 USRP 产品进行梳理，为选型决策提供更直观、更具针对性的参考。

| USRP 型号   | 大尧科技型号          | 优化点                                                                                                                                                             |
|-----------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| USRP B210 | DY-RF210H       | 主要功能对标 USRP B210 设计，并对原厂 B210 进行了功能和性能扩展。配合外部变频以及滤波器组频率实现覆盖 1MHz - 6GHz 频段，并且通过优化的软件驱动支持快速跳频功能。在发射链路和接收链路射频前端的预选滤波器组提高了频率选择性，相对于原厂 B210，提高了谐波抑制和杂散抑制能力，优化了接收性能。 |
| USRP X310 | DY-RF310        | 功能对标 USRP X310，并对原厂 X310 进行了性能的扩展。基于优化驱动设计，提供了可配置的任意主时钟速率（原厂只支持 200MHz 和 184.32MHz），从而可实现精确的任意采样率配置。                                                            |
| USRP E320 | DY-RF320G       | 功能对标 USRP E320，并进行国产化替代，采用复旦微 FMAL45T900 以及北微电子 MTX9361 芯片设计。                                                                                                   |
| USRP N321 | DY-RF321        | 功能对标 USRP N321，并对原厂 N321 进行了功能和性能扩展，实现覆盖 1MHz - 6 GHz 频段（N321 覆盖 30MHz - 6 GHz 频段）。                                                                             |
| -         | DY-RF325        | 实现覆盖 1MHz - 6 GHz 频段，最大瞬时带宽达到 500MHz。                                                                                                                           |
| GNU RADIO | 天问电磁信号仿真开发与控制系统 | 对标 MATLAB/LABVIEW，基于 B/S 架构设计，底层兼容 GNU Radio 内核，具备算法，装备，场景三级仿真模拟功能，可实现电磁信号仿真与控制全流程设计。                                                                           |

更多详细参数请参考[大尧科技官网](#)（搜索关键字“大尧科技”）。

免责声明：本白皮书所有技术参数与型号信息均来自 NI 官网 2026 年 2 月 24 日发布的官方内容，硬件参数与软件支持可能随产品升级发生变化，具体请以 NI 官网最新发布信息为准。