

# 从概念到原型

## ——基于LabVIEW的软件无线电平台介绍

美国国家仪器 院校市场工程师 田砾  
上海无线通信研究中心 研究员 王浩文

# 议程

- 软件无线电技术的简介及挑战
- 基于LabVIEW的软件无线电平台架构
- 基于LabVIEW的软件无线电平台应用
- 总结

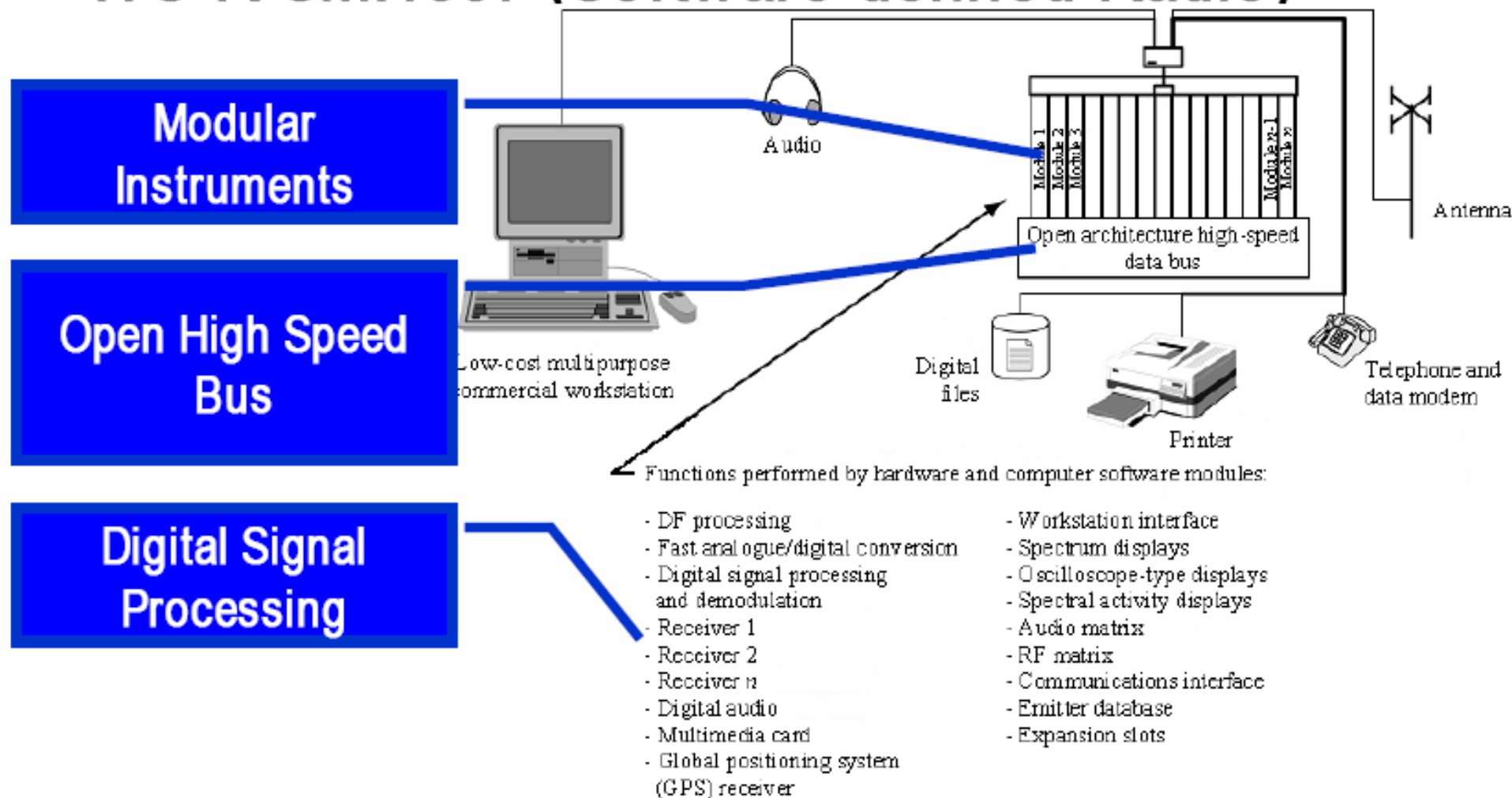
# 软件无线电技术的解决方案

Software defined radio (SDR) refers to the technology wherein software modules running on a generic hardware platform are used to implement radio functions .....

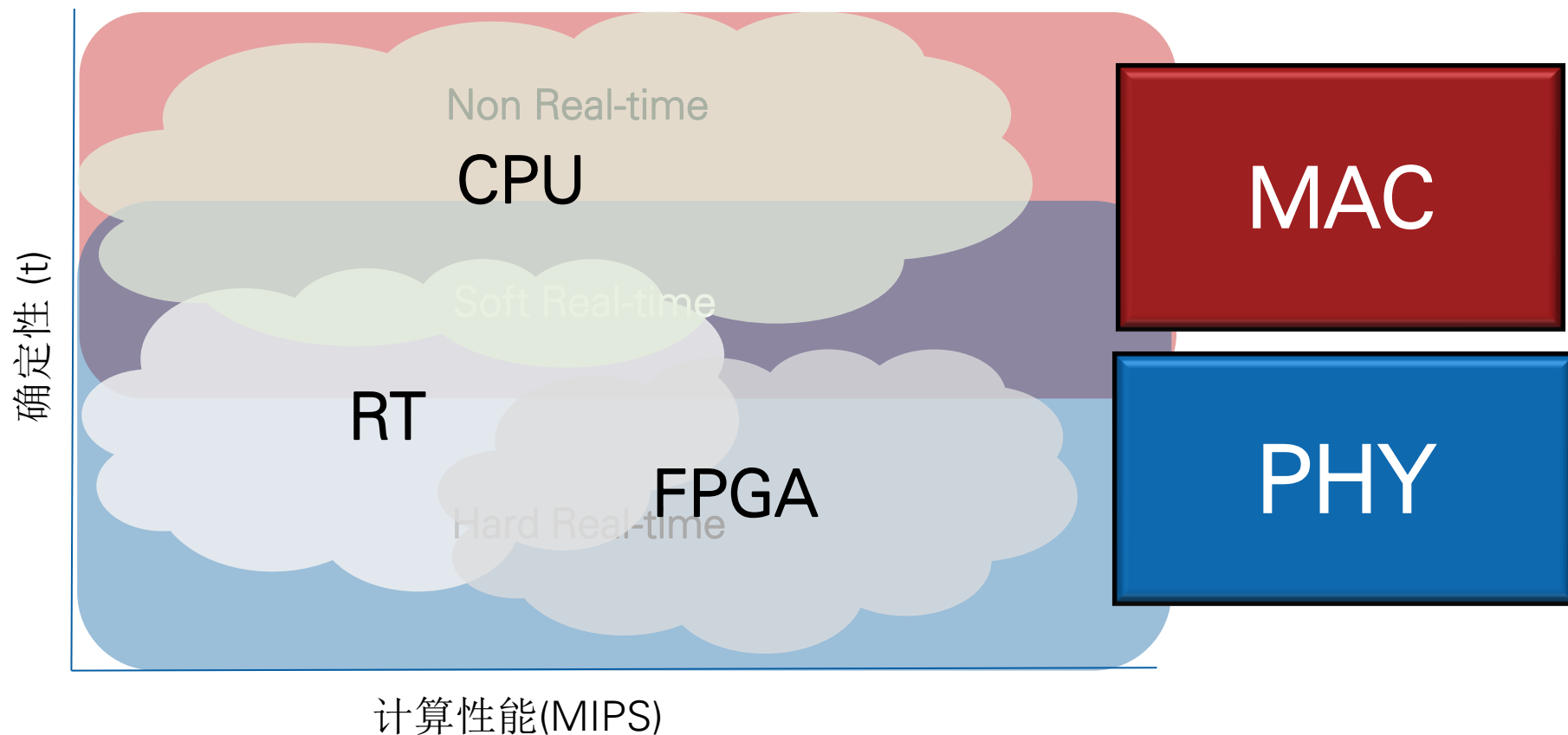
.... such as generation of transmitted signal (modulation) at transmitter and tuning/detection of received radio signal (demodulation) at receiver.

# 软件无线电技术的典型架构

## ITU-R SM.1537 (Software-defined Radio)



# SDR复杂多样的信号处理环境



- 体系结构会根据处理需求的不同而改变
- 系统可以分布式构成

# SDR软件开发挑战

## 工具

数学 (.m file script)

仿真 (Hybrid)

用户界面 (HTML)

FPGA (VHDL, Verilog)

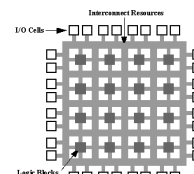
主机控制(C, C++, .NET)

DSP (Fixed pt C, Assembly)

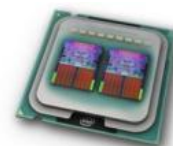
硬件驱动(C, Assembly)

系统调试

## 目标



**FPGA**



**多核处理器**

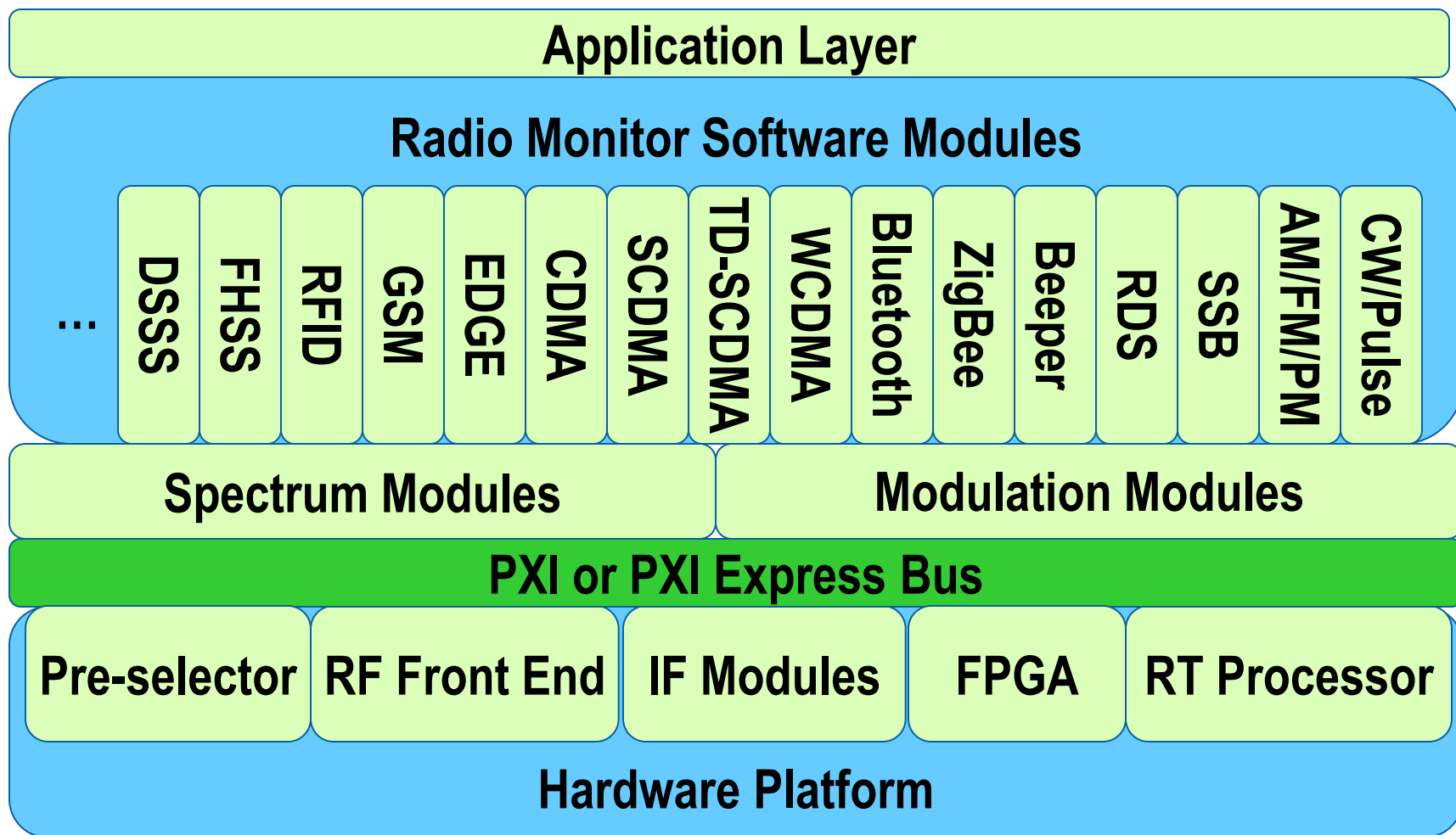
- SDR开发需要多种软件工具
- 并行处理增加系统复杂性
- 软件工具并不专注于系统设计

长时间学习曲线  
有限的重用  
需要“专家”



增加成本  
增加时间

# NI软件无线电技术的系统架构



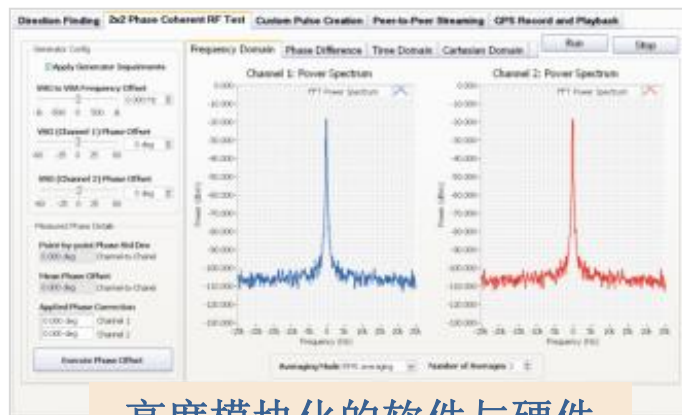
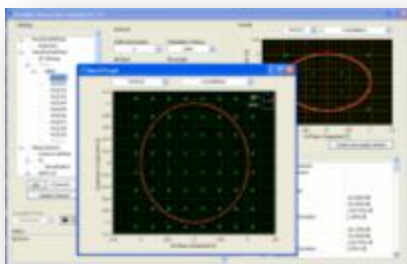


# NI软件无线电平台概览

优化的API



软面板



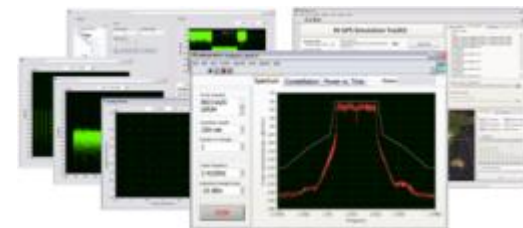
高度模块化的软件与硬件



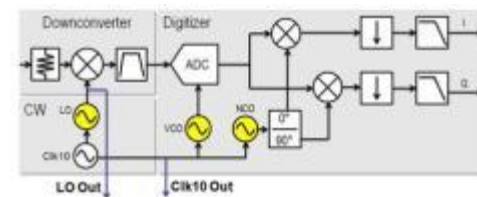
蜂窝, 无线, GPS

测试工具包

(802.11 a/b/g/n/ac, GSM/EDGE, WCDMA, LTE, WiMAX, GPS...)



参考架构



多核处理器



RF信号发生器  
与分析仪



矢量信号  
收发仪



基于FPGA的I/O  
与协处理器



矢量网络  
分析仪



微波开关  
放大器/衰减器



功率计



# NI软件无线电平台产品系列

高端频谱检测接收器



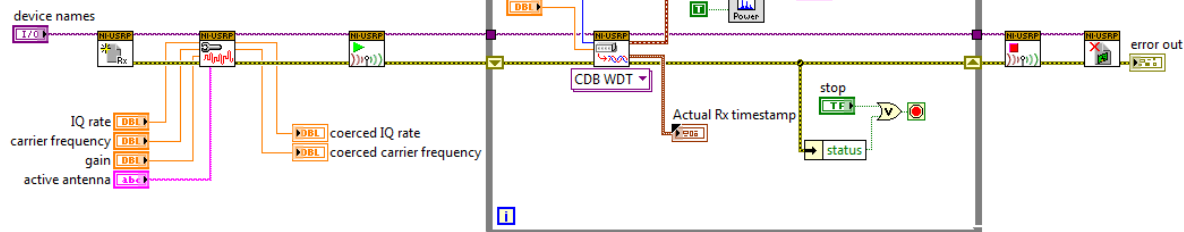
矢量信号收发仪



FlexRIO RF 收发器



桌面和嵌入式SDR平台



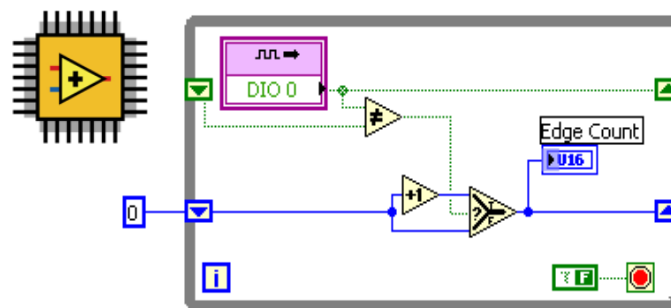
# NI FlexRIO软件无线电套件

## 硬件



## 软件

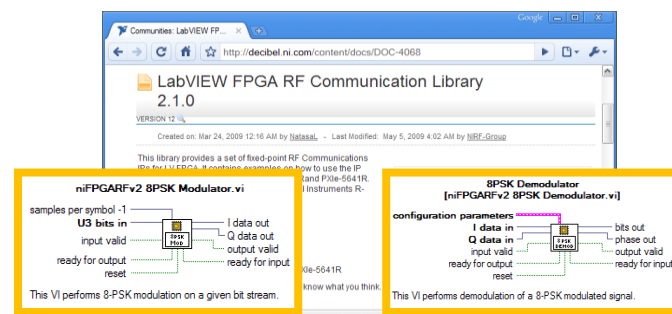
### LabVIEW FPGA



### LabVIEW FPGA RF Communications Library

## NI FlexRIO FPGA模块

- PXIe模块
- Xilinx Kintex-7 FPGA
- 1.6 GB/s的高速上位机数据流
- 高达2GB板载DDR3 DRAM



### Import Existing VHDL Code for Communications

# NI 579x RF收发器适配器模块



- NI 5791 –TX/RX 100 MHz带宽
- NI 5792 – RX Only – 200 MHz带宽
- NI 5793 – TX Only – 200 MHz带宽

## 特性

- 200 MHz – 4.4 GHz RF频率
- 直接上下变频
- 130/250 MS/s, 14-bit 输入, 16-bit 输出
- NI FlexRIO FPGA模块上的I/Q接口
- 用于数字控制的12路DIO

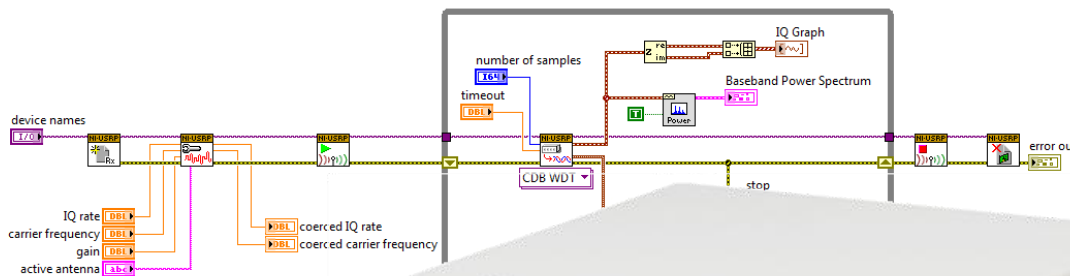
## 目标应用

- 软件无线电(SDR)
- 高性能嵌入式系统
- MIMO / 多通道, 相位相干测量
- 低成本记录和回放



# NI USRP

- 基于主机的处理方式，简化了信号处理
- 真实世界的信号即刻获得
- 20 MHz实时带宽得以满足更丰富的应用需求
- 集成GPS校准时钟



## 应用程序

- FM无线电
- TV
- GPS
- GSM
- ZigBee
- 安全无线电
- OFDM
- 无源雷达
- 动态频谱接入



- 灵活
- 易用
- 经济实惠

# NI软件无线电平台产品关键指标



## PXIe-5644/5645R (VST)特性

- 频率范围: 65 MHz到6 GHz
- FPGA: Virtex 6 LX195T
- 带宽: 80 MHz
- 总线接口: PXIe x4 (~800 MB/s)
- 校准: 工厂, 自校准



## FlexRIO, NI 579x特性

- 频率范围: 200 MHz到4.4 GHz
- FPGA: Kintex-7 FPGA
- 带宽: 100 MHz & 200 MHz
- 总线接口: PXIe x4 (~800 MB/s)
- 校准: 用户, 系统



## NI USRP特性

- 频率范围: 50 MHz到5.0GHz可选
- FPGA: 主机处理
- 带宽: ~20 MHz
- 总线接口: 千兆以太网(~100 MB/s)
- 校准: 用户, 系统

# 从概念到原型 支持快速部署



图形化系统设计平台

设计



仿真

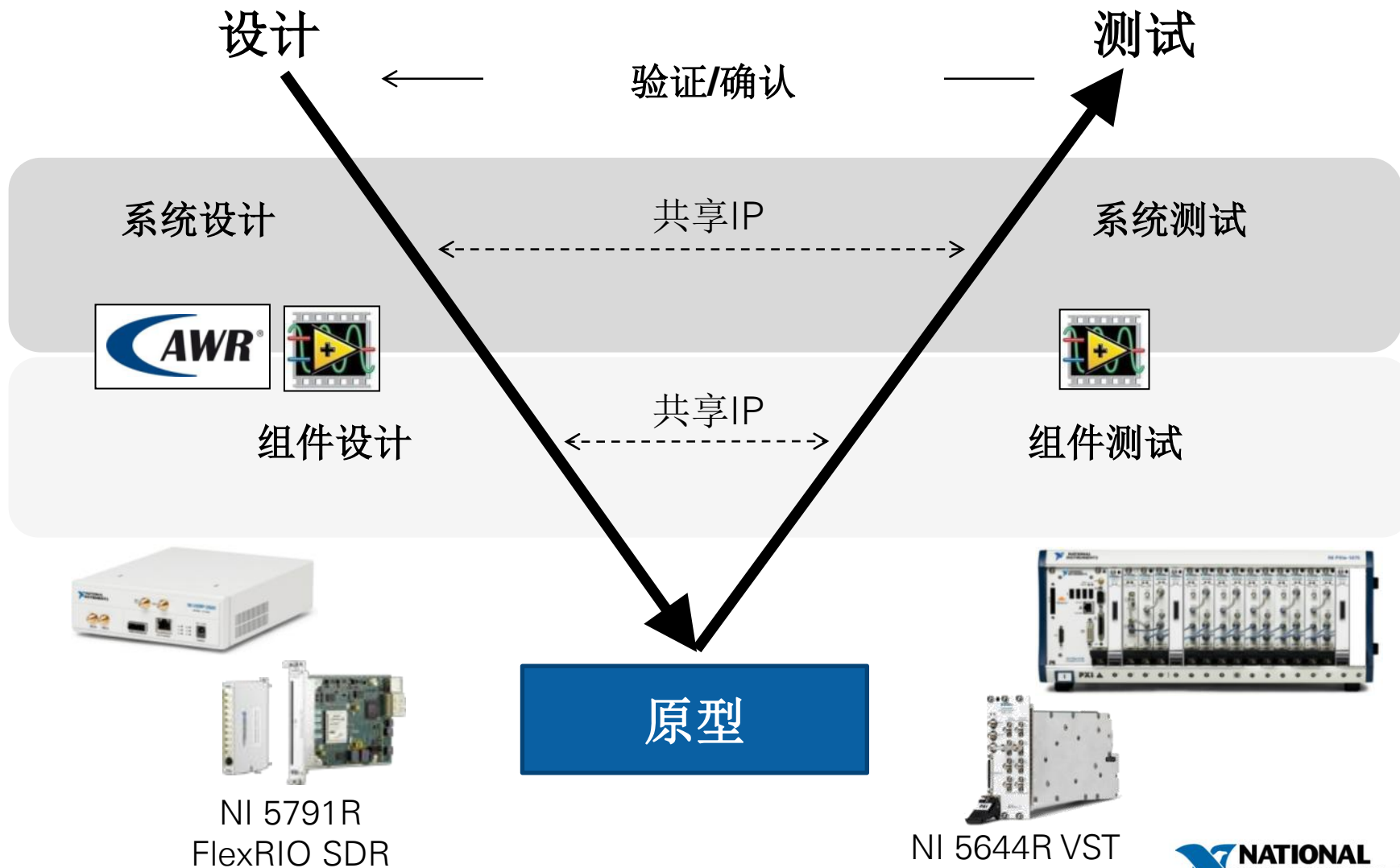


原型

- 提供统一的工具平台，将开发流程集成起来
- 学习曲线更短
- 系统集成更简单
- 部署至硬件的时间更短，支持**快速部署**！

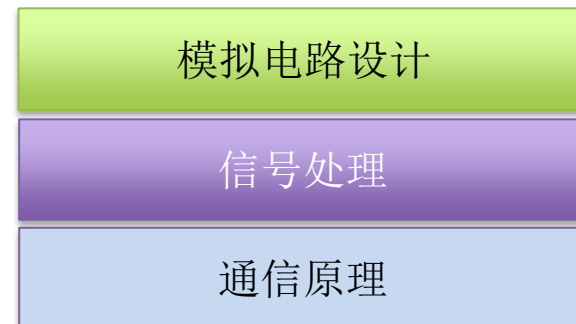
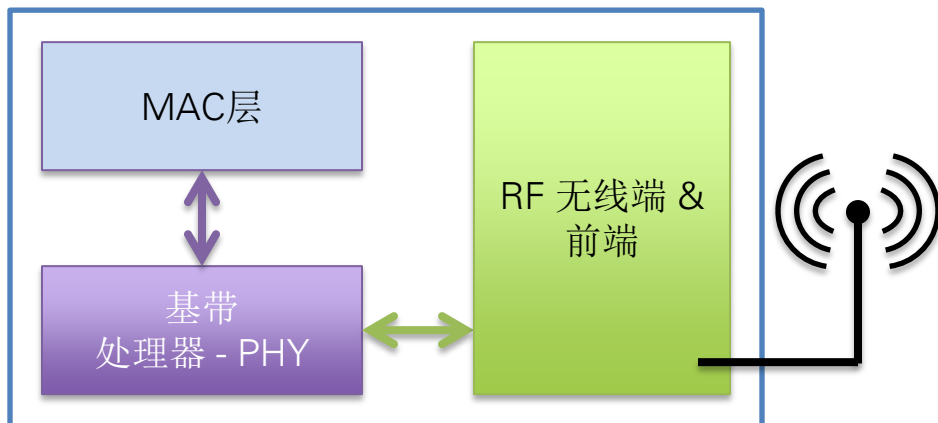


# 加速系统原型 同步设计与测试

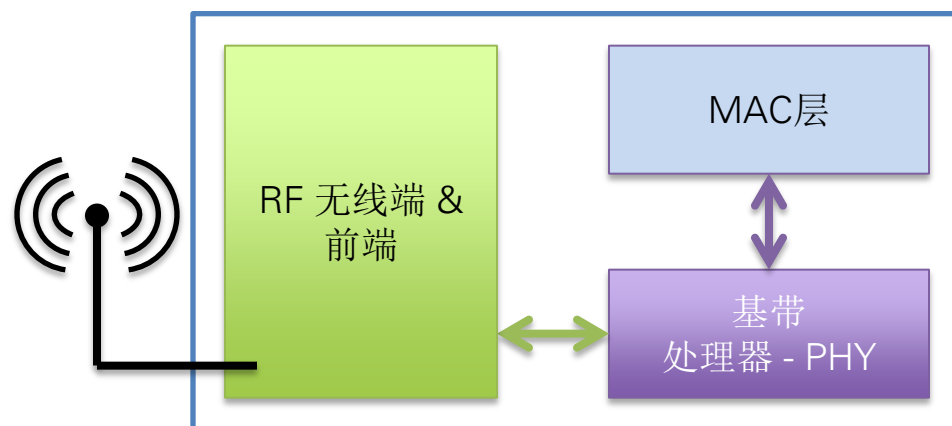


# 无线通信系统

发射机

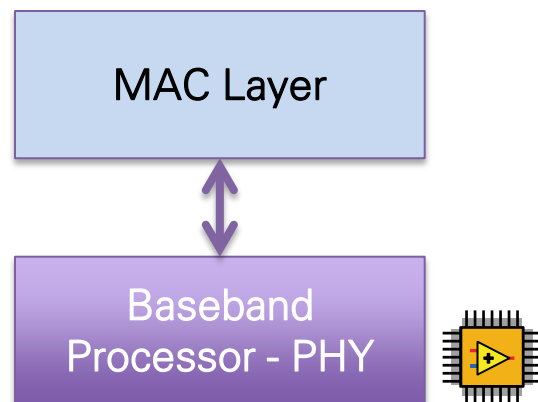


接收机



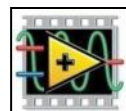
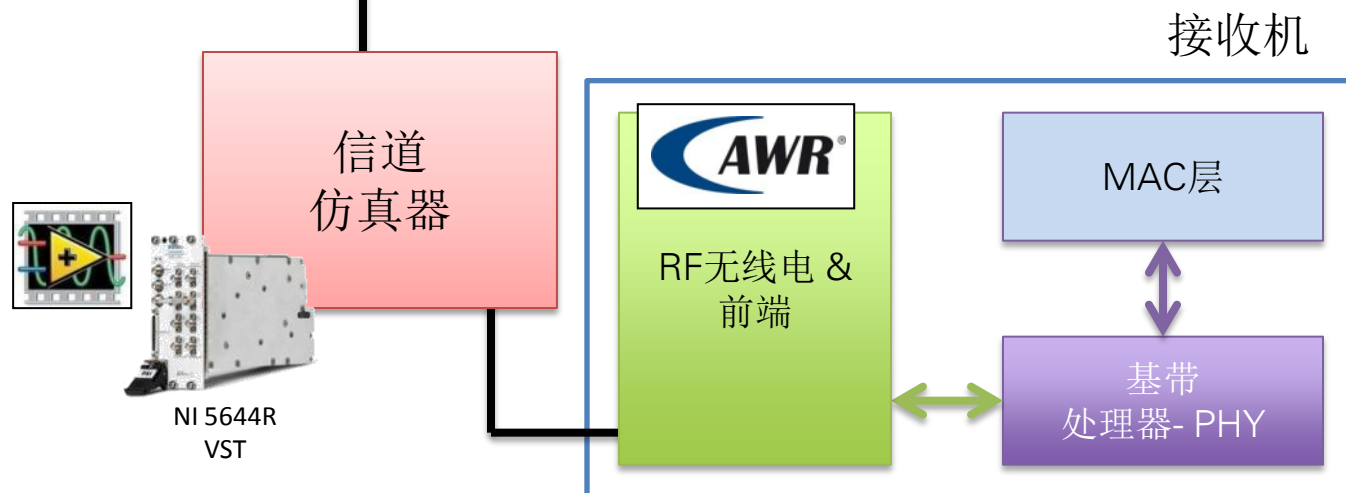
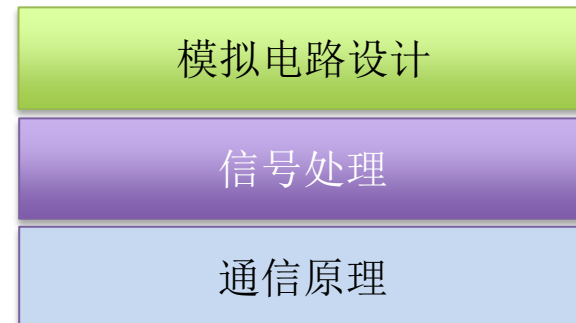
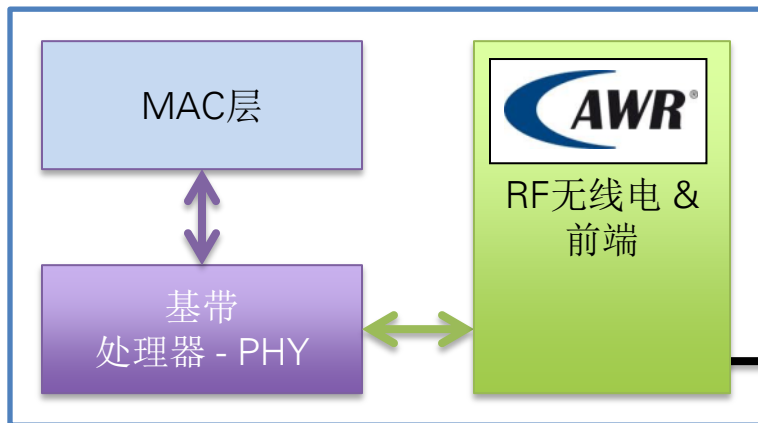
# 无线通信系统应用所关注的

- 综合全面的开发环境
  - 仿真
  - 采用了多种计算模型
  - 丰富的IP库
- 硬件抽象
  - 软硬件紧密集成
  - 易于理解的API
- 异构多处理
  - 不同目标间代码易移植
  - 可扩展的代码区域



# 无线通信系统 — 算法/系统验证

发射机

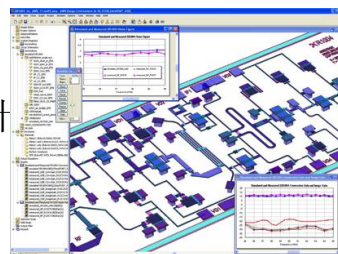


NI 5644R  
VST

# NI与AWR的集成式解决方案

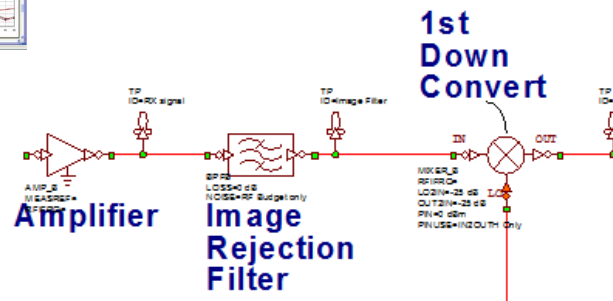
AWR  
Microwave  
Office / EM

- 电路设计
- 布板



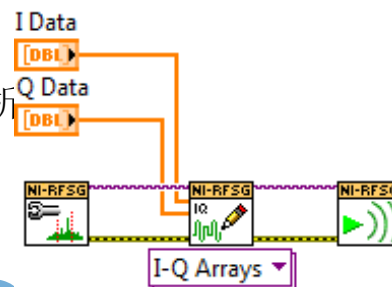
AWR Visual  
System  
Simulator

- 建模
- 验证
- 系统链接



LabVIEW

- 数字信号处理
- 信号生成与分析
- 工具包支持
- 硬件控制



通过LabVIEW运用硬件进行测试测量

PXI  
硬件平台

- VSA, VSG, VNA
- FPGA
- 其他I/O

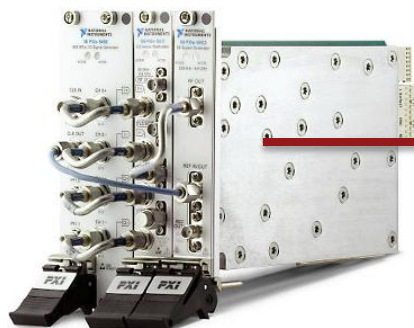
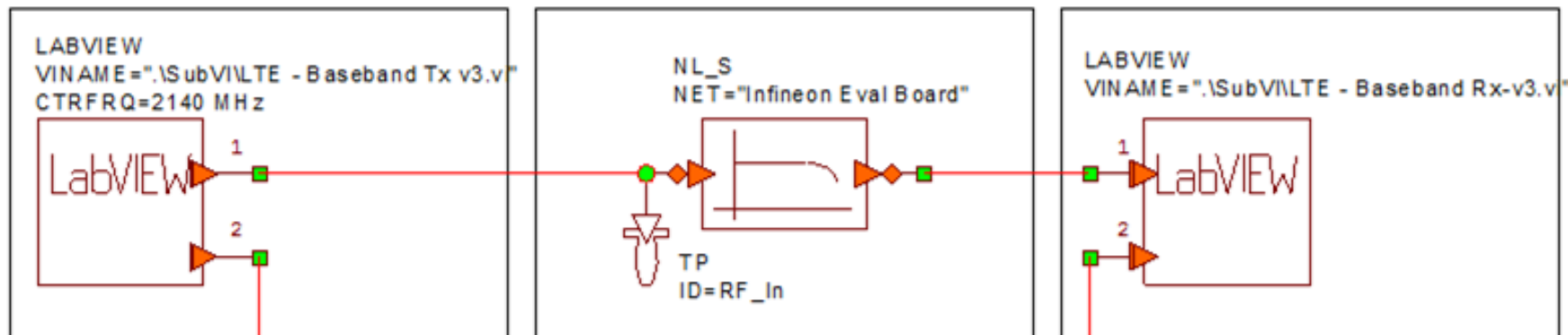


# 案例：硬件在环(Hardware in the Loop, HIL)

LTE Baseband Generation

Infineon PA Behavioral Model

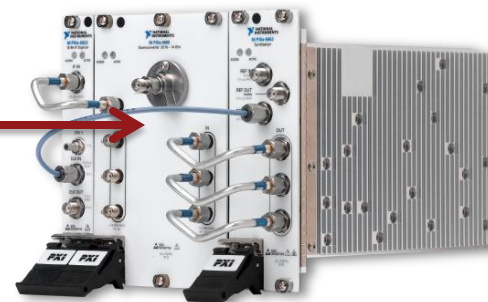
LTE Baseband Analysis



信号发生器



DUT

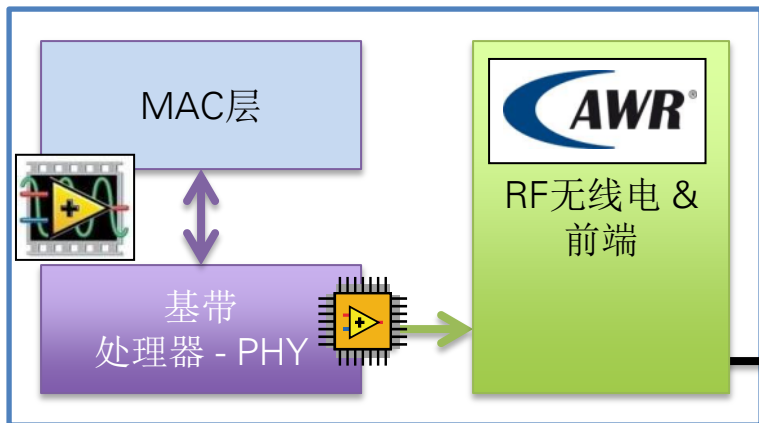


信号分析仪



# 无线通信系统 — 快速原型

发射机



NI USRP SDR

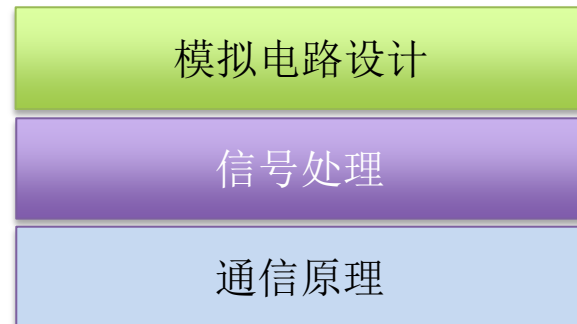


NI 5791R  
FlexRIO SDR

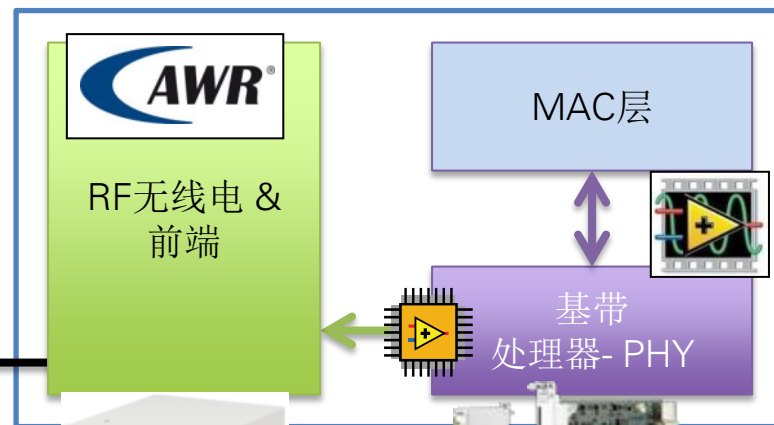


NI 5644R  
VST

信道  
仿真器



接收机



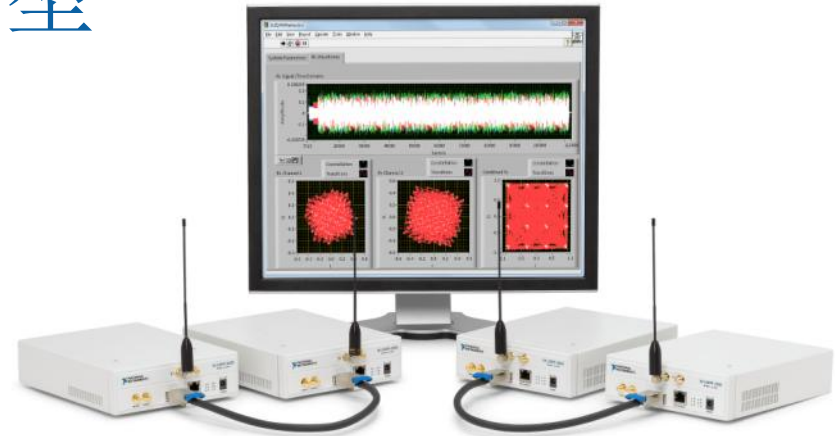
NI USRP SDR



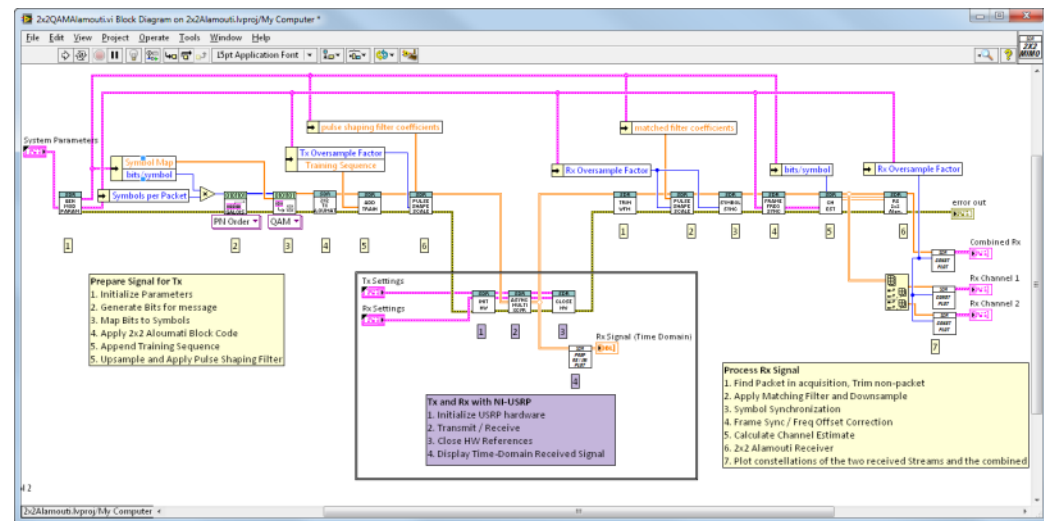
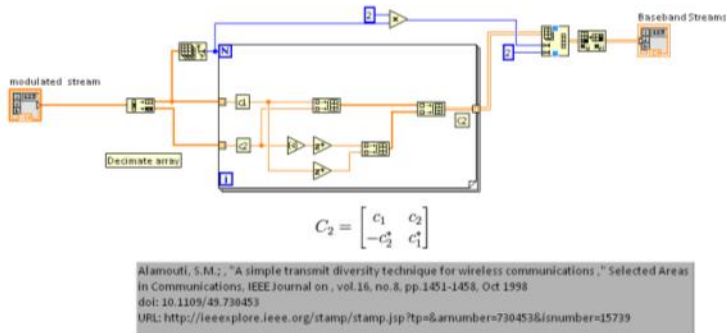
NI 5791R FlexRIO SDR

# NI USRP MIMO无线原型

- 即插即用
- 基于驱动同步
- 利用GPS可实现分布式MIMO
- 参考设计
  - 最大比合并
  - Alamouti编码



2x2 MIMO - Alamouti 编码

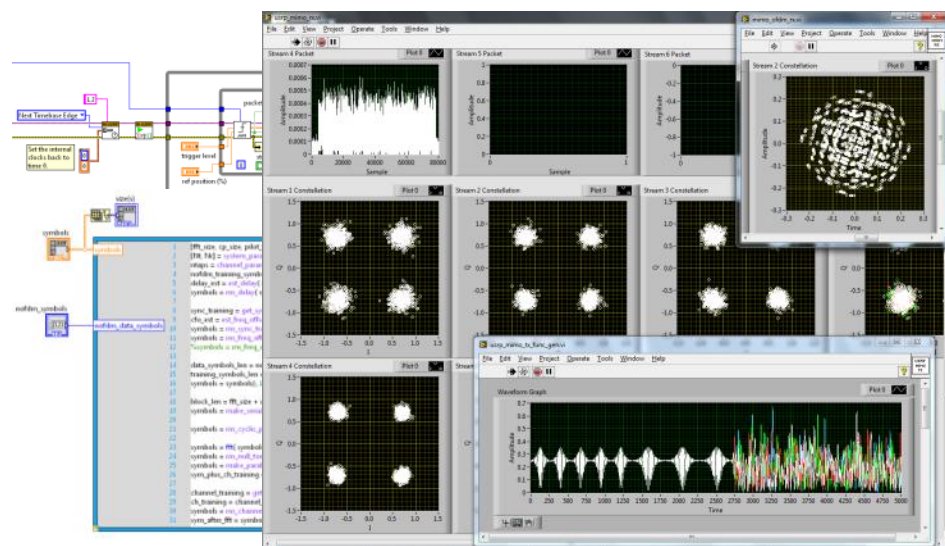
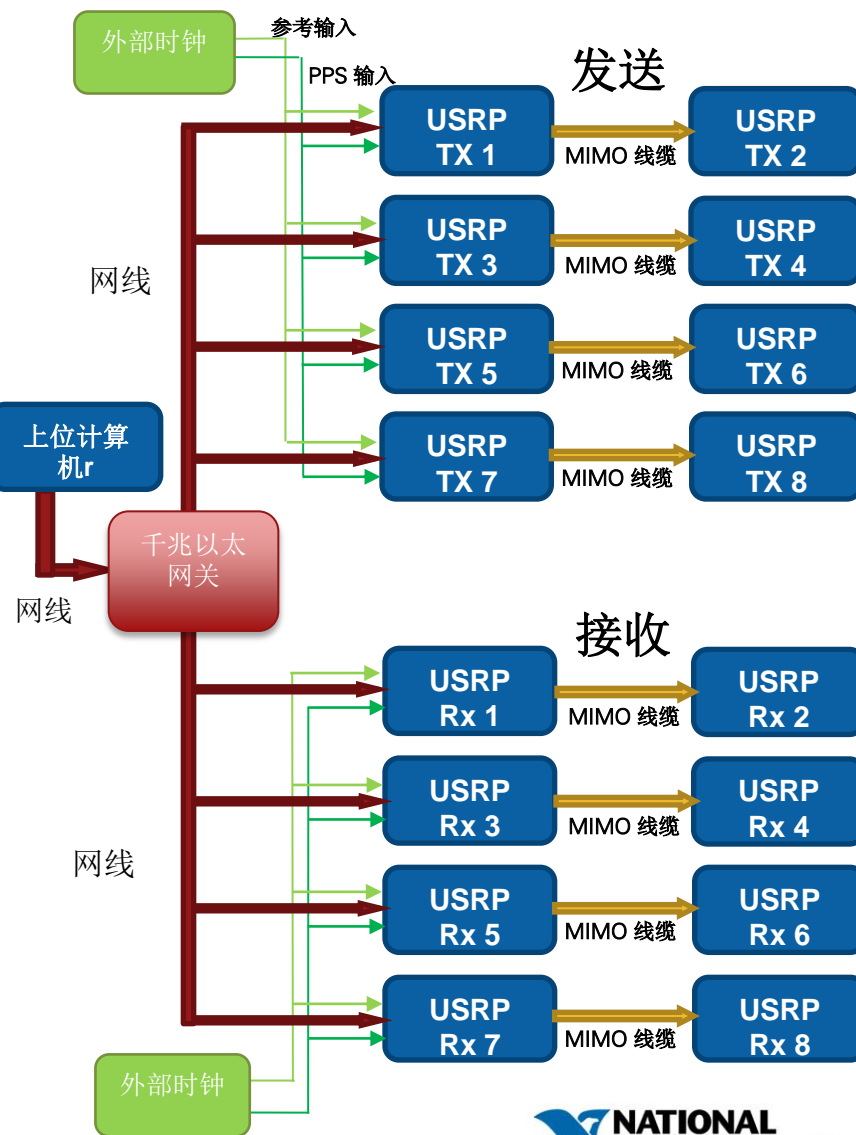


# 案例：NI USRP 8x8 MIMO 验证平台



Dr. Robert Heath  
Director WNCG  
University of Texas at Austin

- 适应范围 2x2 ~ 8x8
- 在MathScript RT中设计算法
- 128 子载波 OFDM, 4 QAM  
空间多样性指数
- 引入独立时钟, Tx /Rx相位一致



# LTE Advanced下行链路测试

## 传统测试方案

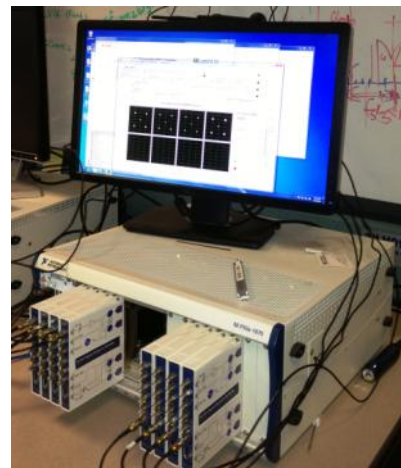
- 8x8 MIMO
- 80 Mbps数据速率
- 5 MHz带宽



六个18英寸的机架

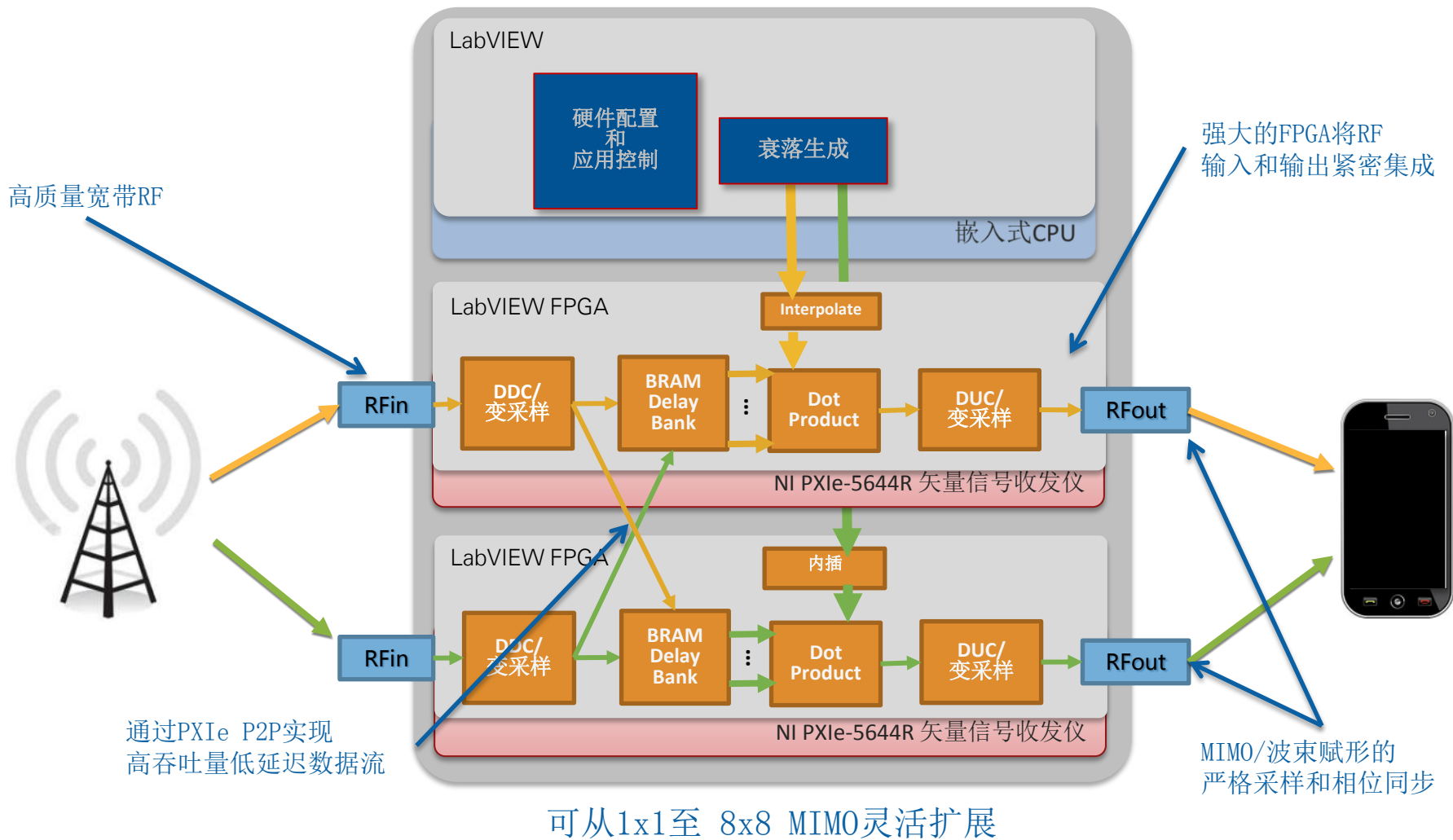
## NI PXI 方案

- 8x8 MIMO
- ~1000 Mbps数据速率
- 2 x 20 MHz 载波聚合
- 以1/10成本实现>10倍性能



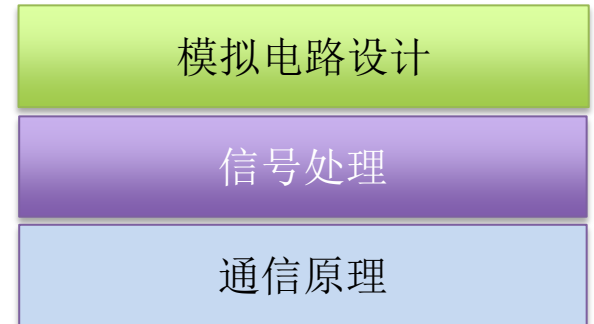
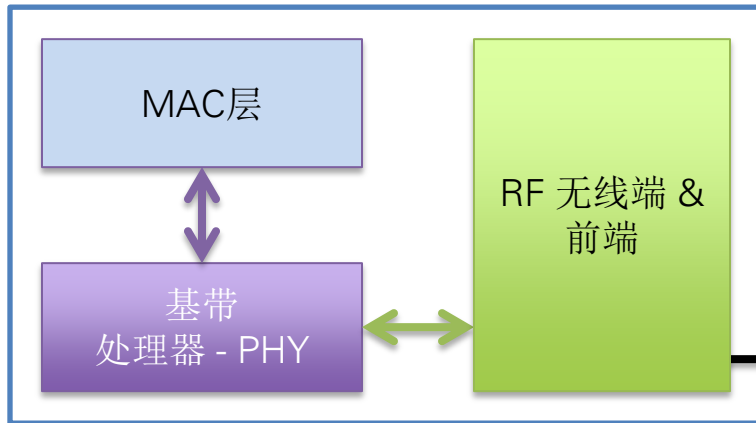
在一个18英寸的机箱中实现8x8  
(程序无缝支持2x2, 4x4, or 8x8)

# 实时信道仿真



# 无线通信系统 – 测试

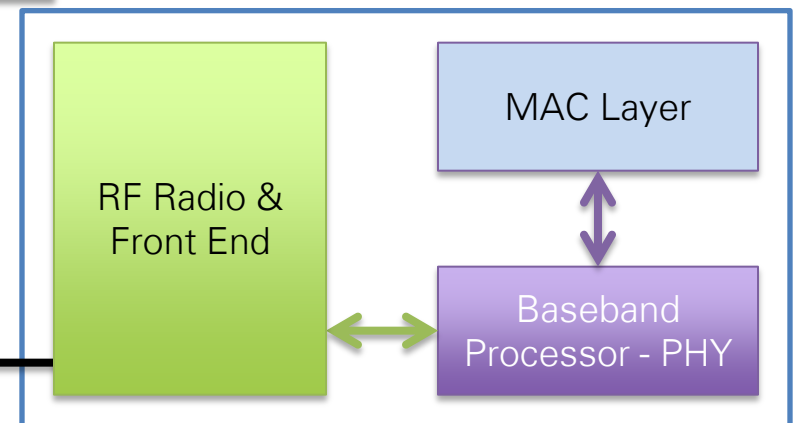
发射机



测试



接收机

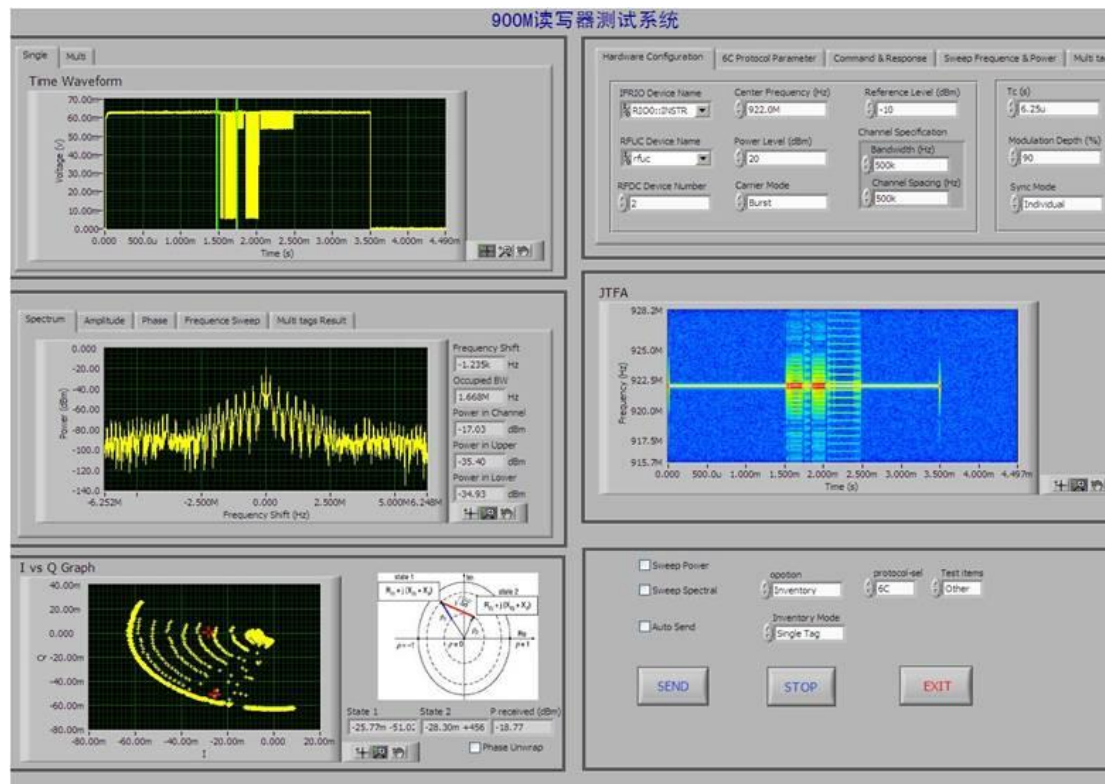




# 案例：RFID测试系统设计

## 技术要点：

本测试系统是一个通用的多协议RFID测试平台，它结合了图形化系统设计和数字信号处理技术，采用NI公司的软件无线电平台，用来对UHF RFID标签及读写器进行协议一致性测试和物理参数的测试。利用FPGA的高速数字信号处理能力，该系统能够实现的UHF频段的RFID标准测试，并可以创建高级或自定义的测试项目。



# NI引领5G无线



# 案例：NI与德累斯顿工大在5G无线展开合作



*Dr. Gerhard Fettweis*



- 5G实验室和测试台
- 5G物理层探索和原型
- 使用LabVIEW图形化系统设计



# NI SDR平台的更多应用

院校 | 政府 | 工业

- 物理层设计
- 记录和回放
- GPS仿真器
- 射频测向和定位
- 院校实践教学
- 通信情报
- 监控
- 无线电部署
- .....



物理层设计



MIMO

记录和回放



安全无线电

# 总结

- LabVIEW提供了图形化的方式，缩短了设计流程，并且紧密集成了硬件，使设计到测试无缝连接
- NI提供了全方位的RF/通信解决方案：RF设计测试与用于科研的软件无线电
- LabVIEW RIO架构成为用于快速原型的可访问、易用化软件无线电平台

