

SDR-LW 2974



SDR-LW 2974 是构建一系列先进研究应用的理想原型，包括独立的 LTE 或 802.11 设备仿真，媒体访问控制(MAC)算法的开发，多输入多输出(MIMO)系统，异构网络，LTE 传送，射频抗压取样，光谱遥感，认知无线电，波束形成和测向。

- 10MHz-6GHz
- I7 高速处理器
- 500GB SSD
- 16GB 内存
- 1G 和 10G 网卡
- USRP 软件定义的
软件无线电设备
- 预装一体机软件



武汉珞光电子有限公司

SDR-LW 2974 用户手册

高性能独立软件无线电设备

目录

产品简介.....	1
一体机免费预装软件.....	5
可选一体机付费软件清单.....	14
可拓展硬件.....	28

武汉珞光电子有限公司，国内专业无线电设备制造与应用技术服务商，2012年成立，公司坐落于东湖高新区武大科技园，由留学生、武汉大学和北京航空航天大学等国内著名高校学者和毕业生联合创办，荣获湖北省高新技术企业称号，湖北省首批“海创板”挂牌企业、海外留学人员双创企业、光谷“3551计划”入选企业、武汉市“城市合伙人”企业，享受武汉市政府和东湖高新区政府资金支持。公司致力于专业软件无线电设备的开发、研制及定制、生产、销售和技术支持。



产品简介

SDR-LW 2974 是一款高性能嵌入式 SDR 独立设备，由板载处理器、FPGA 和射频前端组成。该产品内置 Intel i7 处理器, 500GB SSD, 16GB 内存。频率覆盖范围从 10 MHz-6 GHz, 带宽最大达 160 MHz。具有多个可供选择的高速接口 (PCIe, 千兆网口和万兆网口), 以及一个资源丰富、用户可编程的 Kintex-7 FPGA。和所有 USRP 设备一样, 该设备采用开源的跨平台的 UHD 驱动, 而 UHD 支持大多数应用和 SDR 框架, 如 GNU Radio。

主要特点

i7 处理器, 配备 Linux 实时操作系统	JTAG 接口
	PCIe Gen x4 接口
500GB SSD, 16GB 内存	四个 USB 3.0 接口
10MHz-6GHz 的频率覆盖	双 SPF+ 端口
每个通道高达 160M 的瞬时带宽	内置 Xilinx Kintex-7 FPGA
同时支持 2 发 2 收	支持外接时钟参考和 PPS 时间参考
RFNoC FPGA 开发框架	支持 GNU Radio

工控机

处理器	Intel I7 9700
内存卡	16G
SFP	10Gbps
PCIe 线缆	PCIe Gen 2 x4
RJ45	1Gbps



FPGA 和基带

FPGA	Kintex-7 XC7K410T
DRAM	1G
ADC 分辨率	14bit
DAC 分辨率	16bit
ADC 采样速率	200M/S

作为 SDR-LW 2974 的数字处理核心, Xilinx Kintex-7 410T 提供了所有主要元件直接的高速连接, 包括射频前端, 主机接口以及 DDR3 内存。默认的 FPGA 提供了所有 UHD 的用于数字下变频和数字上变频, 精细的频率调谐以及一些其它的 DSP 功能模块。用户可以利用丰富的 FPGA 空余空间, 加上 USRP 支持的开发框架, 开发实现自己的 DSP 处理模块。

射频指标

发射		接收	
通道数	2	通道数	2
频率范围	10MHz-6GHz	频率范围	10MHz-6GHz
频率步进	小于 1KHz	频率步进	小于 1KHz
最大输出功率	6-20dBm	最大输入功率	-15 dBm
增益范围	31.5dB	增益范围	0 -37.5 dB
增益步进	0.5dB	增益步进	0.5dB
最大实时带宽	160MHz	最大实时带宽	160MHz
		噪声系数	7dB

功率

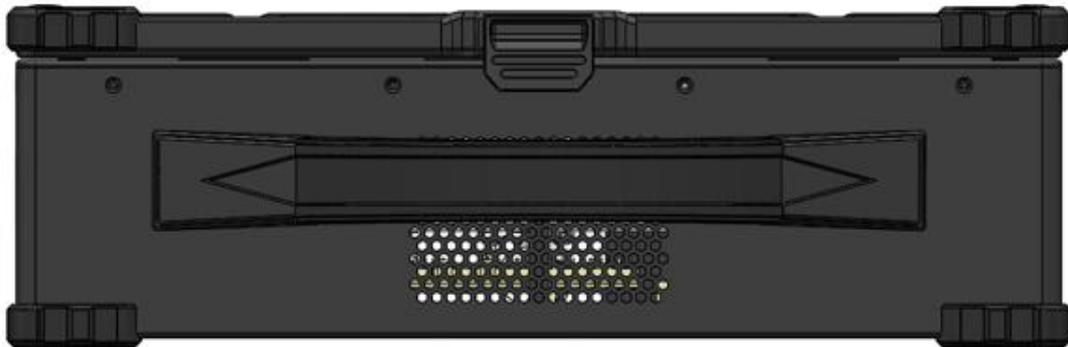
电压	220V
电流	最大 3A

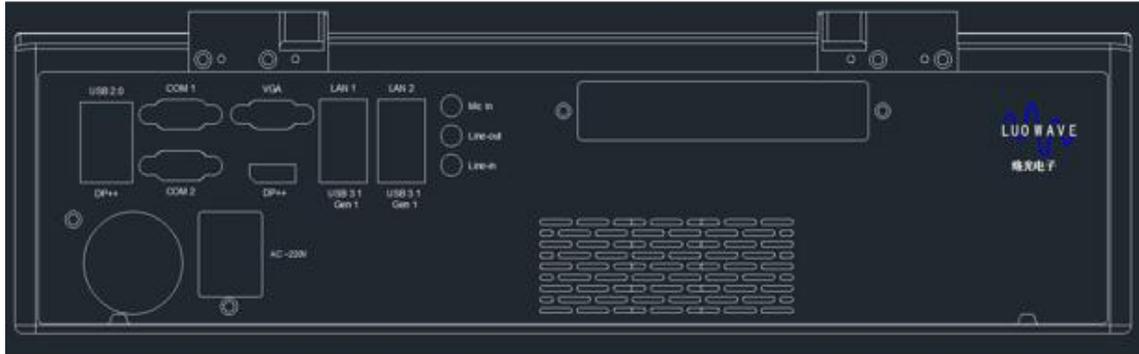
环境

工作范围	0-50℃
最大海拔高度	2000m
湿度	10%-90% (无水凝)
使用环境	室内, 室外

SDR-LW2974 电源直接连接 220V 市电使用, 建议将产品与随附的电源配件一起使用, 如果需要更换, 请联系本公司。发射机在整个工作频段范围内可达到最高 160M 的带宽。

结构尺寸





物理尺寸

43.0*30.0*12.9 (cm)

重量

6.0Kg

配件

SDR-LW 2974 配件包含电源线一根，全向天线四根，标准网线一根，HDMI 线一根，SFP 模块一个，USB 数据线一根，标准键盘一个，标准鼠标一个，显示器一台（液晶显示器或者平板电脑二选一）。



一体机免费预装软件

预装软件环境	ubuntu、uhd、gnuradio
USRP 使用教程	视频、手册
Gnuradio DEMO 案例	模拟调制,数字调制,频谱感知,单音信号收发,收音机案例
基于 SRSlte 简单 4G-LTE 基站通信系统	
视频传输系统	
ADS-B 民航信号接收系统	
	通信信源、模拟信源、数字信源实验
《通信原理》	信道模型: AWGN、衰落信道实验
	模拟调制系统: AM、DSB 调制解调实验
部分教学课件	
《移动通信》	GMSK、8PSK 调制与解调实验
《数字信号处理》	离散时间信号的产生及其基本运算
《软件无线电》	数字正交基带信号的复数表示与正交解调基本模型
官网应用视频	

一体机预装界面



一体机应用软件是由武汉珞光电子自主开发，应用于珞光电子 SDR-LW2972、SDR-LW2973、SDR-LW2974、SDR-LW2975、SDR-LW2976 系列一体机客户端软件。一体机应用软件界面清晰，具有操作简单人性化方便等优点。



基于 SRSite 简单 4G-LTE 基站通信系统

srsLTE 是由爱尔兰 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。srsUE: 实现了物理层到 IP 层的 LTE SDR 平台; srseNB: 全协议栈的 LTE eNodeB SDR 平台; srsEPC: 轻量级的 LTE 核心网实现平台, 包括 HSS、MME 以及 S/P-GW; lib: 一套模块化的通用库, 包括 PHY、MAC、RLC、NAS、S1AP 以及 GW 各层。

srsLTE 共有特征:

- (1) UE 的小区搜索和同步过程
- (2) 支持 FDD;
- (3) 测试带宽: 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz 以及 20MHz;
- (4) 传输模式 1 (单天线), 2 (发射分集), 3 (CCD), 4 (闭环空间复用);
- (5) 采用指令集对 Turbo 编译码进行加速;
- (6) 命令行跟踪测试指标;
- (7) 详细的配置文件等。

srsUE 主要特征:

- (1) 支持 UE 的小区搜索及同步的过程;
- (2) 软件 USIM 支持 XOR 以及 Milenge 两种鉴权算法;
- (3) 虚拟网卡 tun_srsue 建立网络连接;

srseNB 主要特征:

- (1) MAC 层采用轮询调度算法;
- (2) 支持周期性及非周期性的 CQI 反馈;
- (3) 标准的 S1AP 以及 GTP-U 接口;

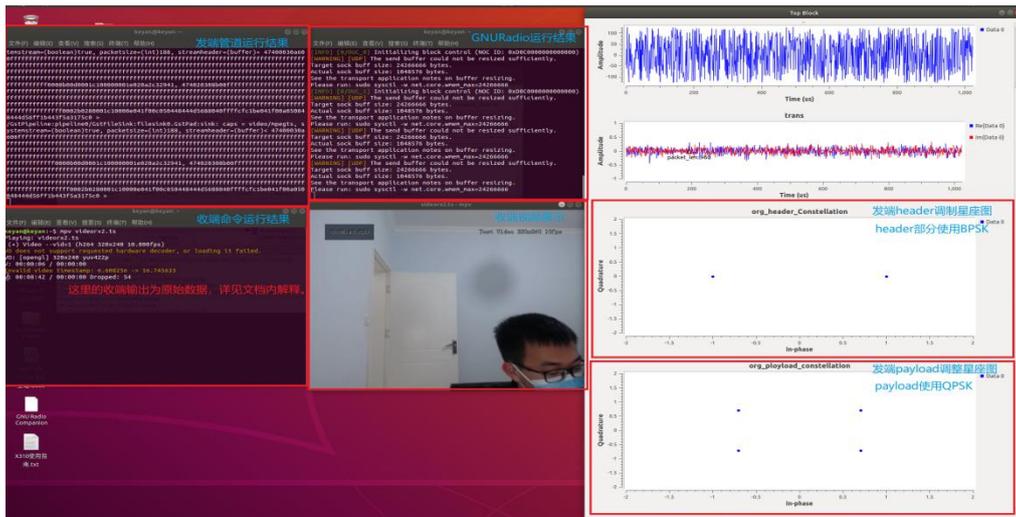
srsEPC 是单一、轻量级的 LTE 核心网实现, 其包括下面三个部分:

- (1) MME (MobilityManagement Entity) ,标准的 S1AP 以及 GTP-U 接口;
- (2) S/P-GW, 标准的连接虚拟网卡的 SGi 接口;
- (3) HSS (HomeSubscriber Server) , 使用 CSV 文件格式进行用户数据配置。

基于 GNU Radio 的 OFDM 视频传输系统

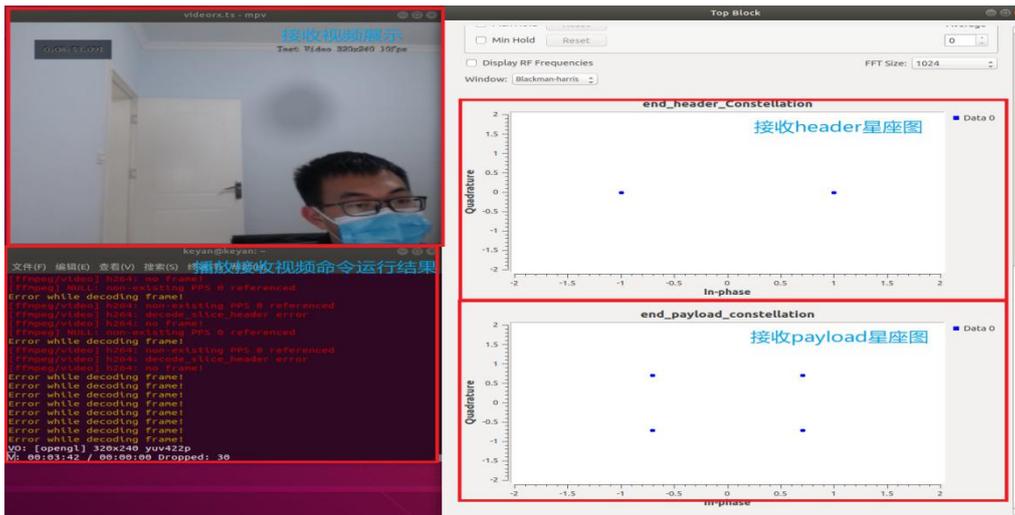
使用设备：性能较高的 PC 机两台、USRP X310 两台、logitech C930 摄像头一个（一个支持 UVC H264 的摄像设备）两台主机环境为：Ubuntu 18.04 系统、GNU Radio Companion 3.7.13.5、uhd 3.14.1.1

- 一 配置电脑所需要的视频传输环境：首先，安装需要的软件和环境，查看摄像头支持的参数。
- 二 设置发端 X310：在终端运行命令建立与 GNU Radio 相交互的管道，并将视频数据导入，处理后输出。



SISO-OFDM 发端运行结果图

- 三 设置收端 X310：设置管道，运行接收程序，并输出接收视频



SISO-OFDM 收端运行结果图

ADS-B 民航信号接收系统

实验目的

了解 ADS-B 民航信号的接收设计

实验内容

利用 GRC 实现 ADS-B 民航信号的接收设计

实验原理

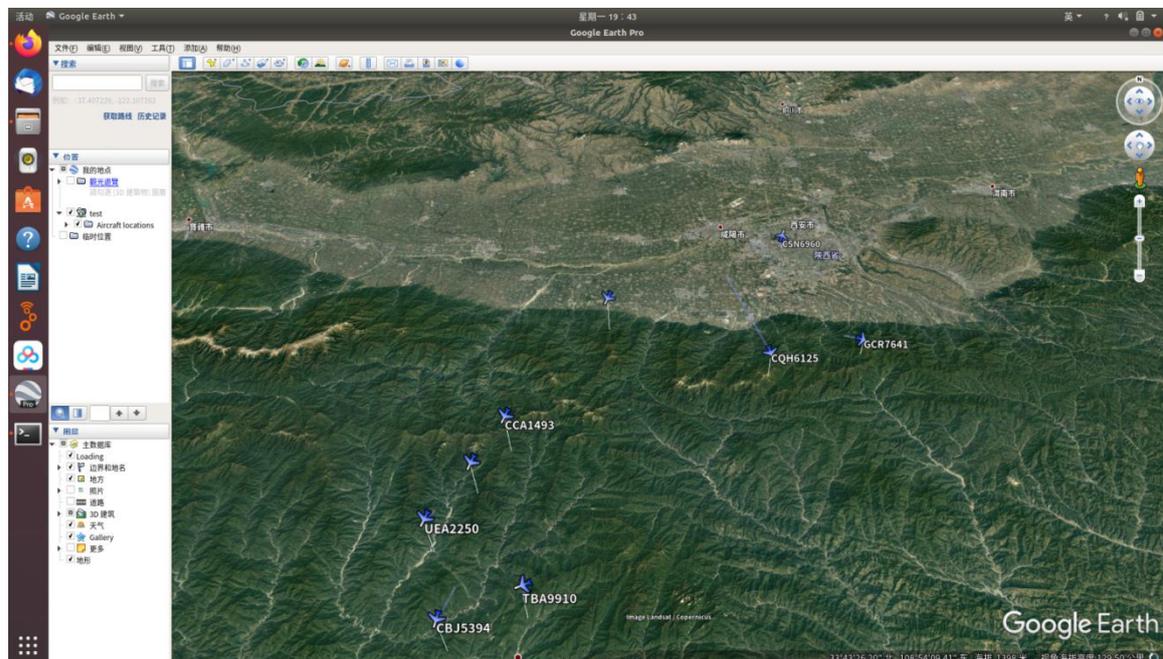
ADS-B 是一种基于全球卫星定位系统, 利用空地和空空数据链实现交通监控和信息传递的空管监视新技术。ADS-B 主要信息: 飞机位置信息 (经纬度、高度和时间)、其他信息 (航向、编号和速率)、飞机的识别信息和类别信息等。ADS-B 信号格式: 采用脉冲位置调制 (PPM), 信号射频频率 1089MHz-1091MHz, 带宽 2MHz, 信号总长 120us, 其中包含 8us 帧头以及 112us 数据位。

实验步骤

利用 gnuradio-companion 进行仿真分析

实验结果

将数据输入谷歌地图进行显示, 可显示周边航班情况, 点击航班可看到具体信息 (航班号、高度、速度等)



《通信原理》实验-信道模型

实验目的

了解 AWGN 信道对信号的影响

了解瑞利衰落信道对信号的影响

实验内容

利用 GRC 仿真信号经过 AWGN 信道的波形与频谱

利用 GRC 仿真信号经过瑞利衰落信道的波形与频谱

实验原理

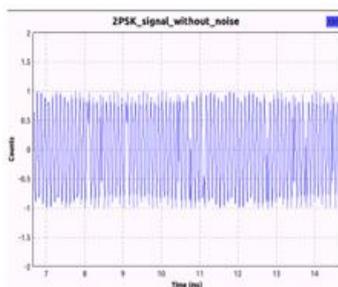
AWGN (Additive White Gaussian Noise) 信道：信道在传输信号时叠加有高斯白噪声 $n(t)$ 的信道

瑞利衰落信道模型：信号通过无线信道之后，其信号幅度是随机的，且其包络服从瑞利分布。

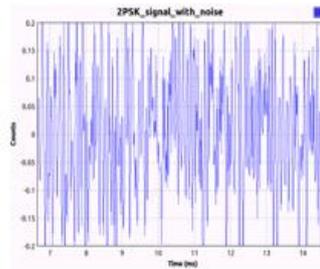
实验步骤

利用 gnuradio-companion 进行仿真分析

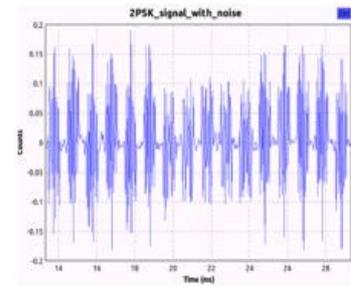
实验结果



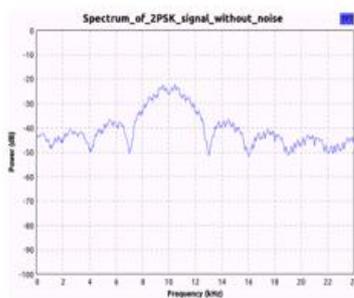
原始发送信号



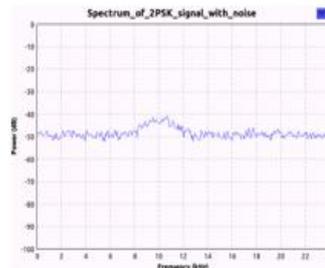
信号通过AWGN信道波形



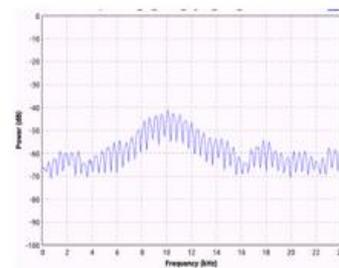
信号通过瑞利衰落信道波形



原始信号频谱



信号通过AWGN信道频谱



信号通过瑞利衰落信道频谱

《移动通信》实验-GMSK 调制解调

实验目的

了解 GMSK 调制解调原理

实验内容

利用 GRC 实现 GMSK 调制解调计算机仿真

观察 GMSK 调制与解调信号波形

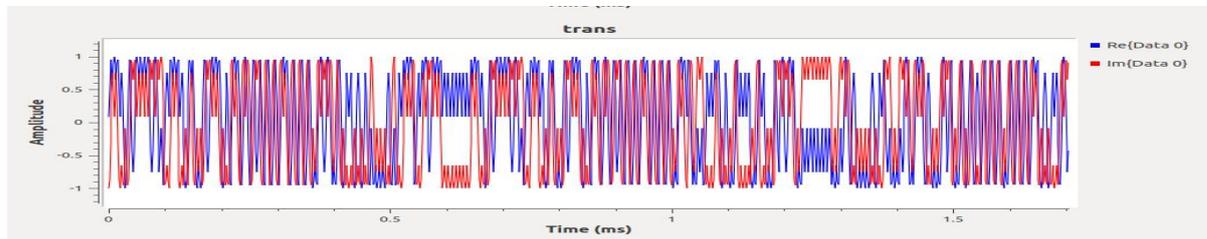
实验原理

最小频移键控 (MSK, Minimum Shift Keying) 信号包络恒定, 带外功率谱密度下降快, 为了进一步使信号的功率谱集中和减小对邻道的干扰, 可以在进行 MSK 调制前将矩形信号脉冲先通过一个高斯型低通滤波器, 即为高斯最小频移键控 (GMSK, Gaussian MSK)。

实验步骤

利用 gnuradio-companion (GRC) 分别对 GMSK 调制解调进行仿真分析

实验结果与分析



GMSK 调制信号 (实部虚部)

```
abc123
```

发端文件内容

```
abc123
```

收端文件内容

《软件无线电》实验-正交基带信号的复数表示与正交解调基本模型

实验目的

学习数字正交基带信号的复数表示及正交解调原理

实验内容

利用 GRC 搭建数字正交基带模型及正交解调模型

观察调制前与解调后时域波形与误码率

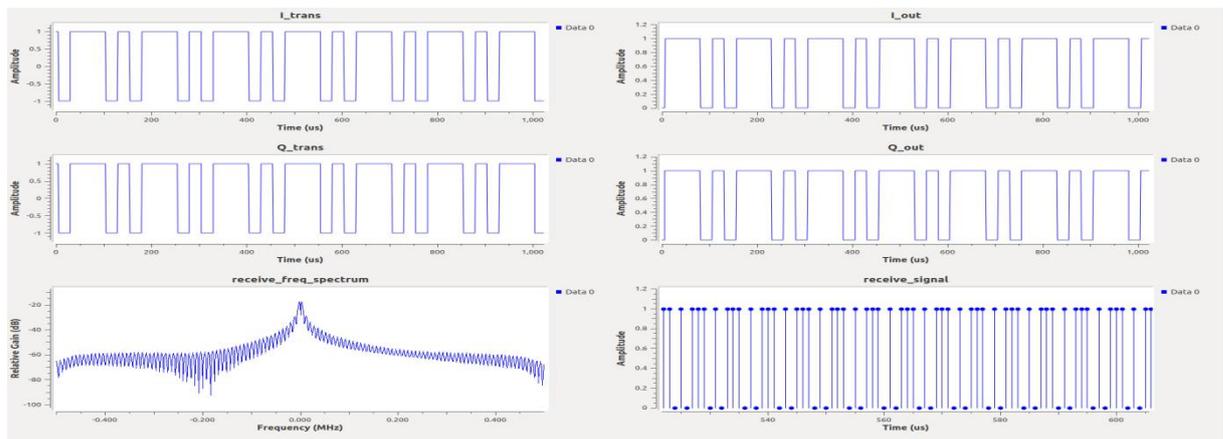
实验原理

数字正交调制信号振幅一致性较好、频带利用率较高，广泛应用于无线通信中。其中， $I(t)$ 为同相支路(I路)基带信号， $Q(t)$ 为正交支路(Q路)基带信号。I、Q 两路信号分别与对应载波相乘，然后相加，产生发送信号 $s(t)$ 。输入信号包含相互独立的 I/Q 两部分，可以用复数等效替代表示。本实验中，数字正交基带信号可用 $I(t)+jQ(t)$ 来表示，相当于同时发送两路基带信号 $I(t)$ 与 $Q(t)$ 。

实验步骤

利用 gnuradio-companion 进行仿真分析

实验结果



过 USRP X310 结果图

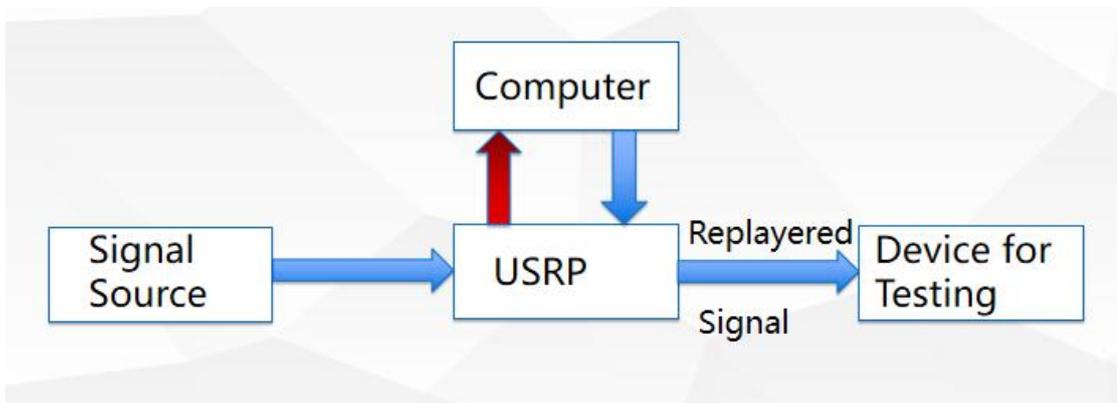


可选一体机付费软件清单

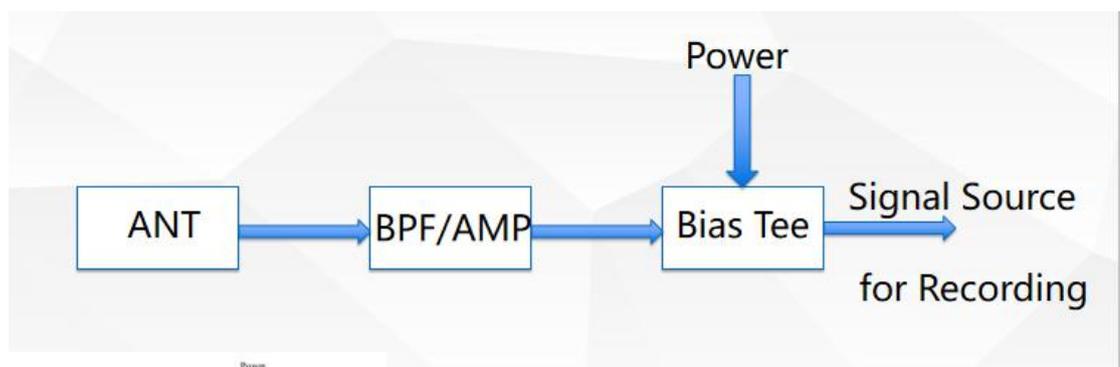
移动通信方向	5G 射频采集系统
	5G 模拟基站与终端系统
	4G 模拟基站与终端系统
	MIMO 系统
	CDMA 异步通信
	信道仿真
	战术数据链 Link11 仿真系统
雷达与探测	反无人机系统
	软件雷达
信号传输与分析系统	射频记录与回放系统
	频谱分析系统
	OFDM MIMO 视频传输
卫星通信	GPS 北斗, GLONASS, 伽利略等 GNSS 模拟系统
教学课件	《通信原理》
	《移动通信》
	《数字信号处理》
	《软件无线电》
	《雷达原理》

基于 usrp310 的 sub 6g 5g-NR 信号的记录与回放

基于 x310 和 Ubx 宽带信号的产生和采集能力, 为某无线通信技术公司搭建了外场信号采集与回放系统。Ubx 的最大信号采集和产生带宽为 160MHz, 完全可以满足 5g NR 信号 100MHz 的载波带宽要求。同时, 动态范围大, 保证了 5g-NR 信号的采集和回放质量。通过记录磁场信号, 可以再现电磁环境或感兴趣的信号, 并用于实验室测试被测物。该测试系统不仅可以用于 5g-NR 的记录和回放, 还可以适用于任何其他场景的记录或构建低成本的测试方案, 如 GPS 信号



波形文件回放



GPS 信号记录



5G 解调应用

摘要

随着第五代移动通信标准在全球商用，5gnr 测试越来越普及，对于高校和原型验证开发者来说，购买信号源和频谱分析仪来输入 5gnr 验证是非常昂贵的。相对而言，USRP 完全可以满足这些用户的需求。

5g nr 物理层概述

根据 5gnr 的物理层特性，USRP 可以很好地适应，尤其是在亚 6G 波段。所有国家的商用 5g 移动网络都在 6GHz 以内。USRP 的射频前端可以完全覆盖这个频段。同时，对于信号带宽，5gnr 的最大带宽为 100MHz。USRP 的产生和分析带宽远高于该标准。5gnr 物理层下行信号信道主要验证信号信道中的 SSB/PDSCH/PDCCH (coreset) /csi rs 和 dm rs 参数，上行链路主要验证 PUCCH/reach 和相应的 dm rs 参数。

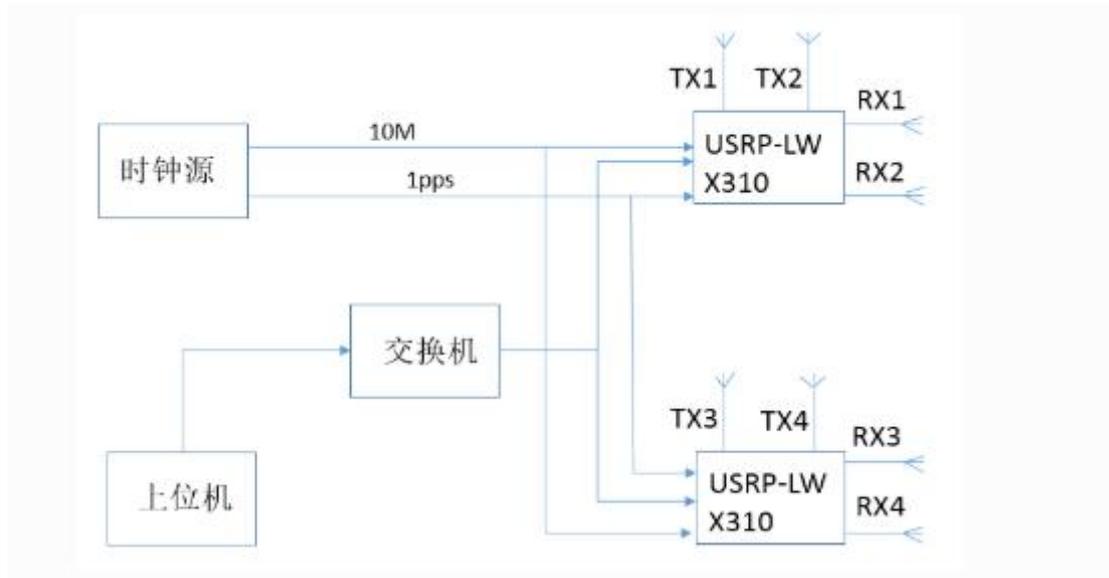
基于 USRP 的 5g nr 验证

如上所述，USRP 可以以下行信道为例，分析 5gnr 基带信号产生的调制信号。介绍了基于 MATLAB 的 5gnr 工具箱的描述。以 SSB 信号产生为例，SSB 中存在 PSS、PbCH 和 dm-rs 信号。如果使用 5gnr 工具箱，可以定义各种信号。

MIMO 系统

MIMO 系统连接框架

基于我公司生产的 USRP-LW X310 以及射频子板 UBX-LW 160M 成功搭建了一个 4x4 MIMO 系统 (理论上 MIMO 系统最大可扩展到 128x128)。系统连接框图如下图所示:



系统实现原理

系统实现原理如下图所示:

1. 上位机进行信源编码、信道编码以及数字调制;
2. 上位机将数据通过千兆交换机分别传递给两台 USRP-LW X310 进一步处理: 先进行数字上变频, 然后通过 DAC 变换, 把数字信号转换成模拟信号;
3. 子板通过上变频将基带信号变频至指定频率, 然后再由天线把信号发送出去;
4. 接收端的天线接收到电磁环境中的信号,
5. 接收端的子板把电信号进行下变频, 处理后的信号再 USRP-LW X310 中的 ADC 进行模数转换, 再送给 FPGA 进行数字下变频, 然后将处理完的数据通过交换机传给上位机进行进一步处理;
6. 上位机对信号进行解数字调制, 解信道以及信源编码

5G 模拟基站及终端

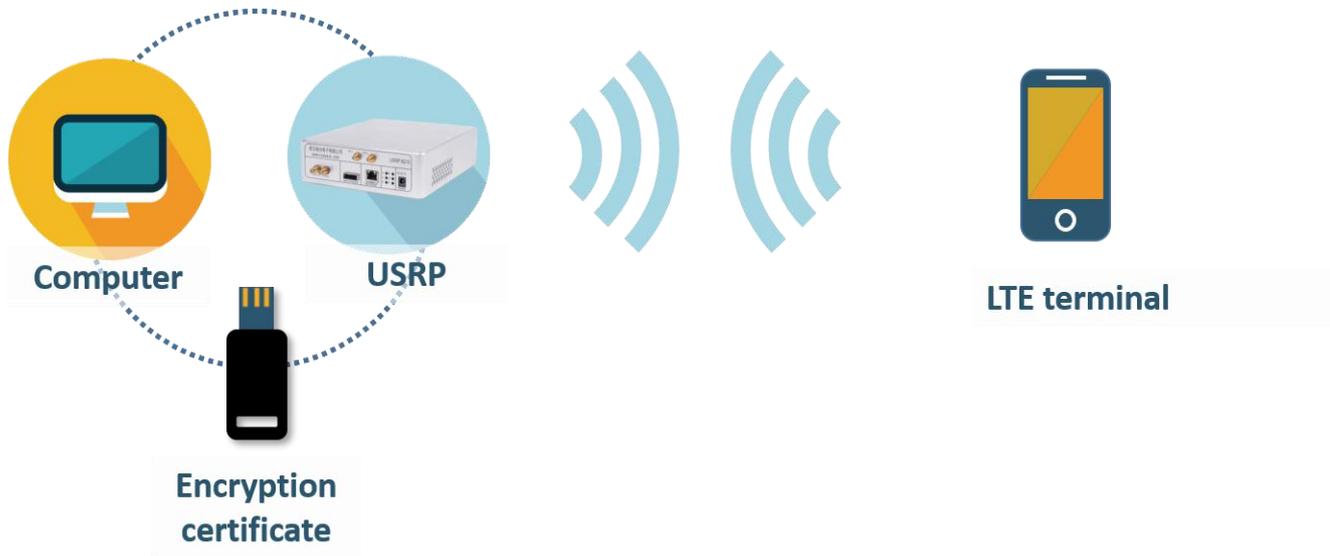
1. Amarisoft

Amarisoft 是一个由 fabric bellard 和其他人实现的商业软件。它是目前性能最好的 SDR-LTE 平台。Amarisoft 在 9 月底发布了一个新版本。这个版本的基站部分已经支持 SA（但是核心网还不支持 SA）。同时，基站的性能也得到了极大的优化。利用现有的 2x2mimo 卡，5g 基站可配置为运行 50MHz 4x4 或 100MHz 2x2，下行速率可达 720-750mbps。预计支持 SA 和 100MHz 4x4 板的完整系统将于 11 月发布。预计年底将发布支持 SA 和 multi-UE 的 5g 终端模拟器。

amarisoft lte100 系统简介

Amarisoft lte100 是一种可以在普通 PC 机上运行的 LTE 基站软件，通过 SDR（软件无线电）硬件实现了 eNodeB、EPC、embms 网关和 IMS 等功能。它可以代替昂贵的 cmw500 的一些测试功能，也可以用于专用网络部署。支持 LTE、LTE-A、LTE-m 和 Nb-IOT。

下图为 lte100 系统的硬件组成。主要包括射频单元、标准计算机和 LTE 终端。





射频单元

Lte100 系统可以支持多种射频前端, 目前常用的包括: amarisoft 自带的 PCI 板、USRP 系列、limesdr 系列等。amarisoft Lte100 软件并不局限于目前支持的平台。通过对接口的适当修改, 该接口可以适应其他射频前端。例如, 如果要使用通用以太网接口 (lte100), 则只需使用 lte100 接口将计算机转换为通用以太网接口 (如 PCI)。Amarisoft 为用户提供了进一步开发的 API。

计算机

由于从 LTE 物理层到 LTE 核心网的所有信号和信令处理都是在计算机上由软件完成的, 因此对计算机的处理能力要求很高, 因此需要配置 Intel 4 核 core i7 CPU (或更新的处理器)。指令集应支持 sse4.1、AVX 或 avx2。电脑类型可根据用户需要选择, 包括台式机、机架式服务器和笔记本电脑。也可以考虑云计算中心的部署模式, 即 cloud ran/v-ran/o-ran。ENB 和 EPC 都在数据中心的服务器上运行。

LTE 终端

Amarisoft lte100 系统目前支持 LTE R14 终端

AmariLTE 软件功能

AmariLTE 主要由 ENB 和 Mme (以及一些其他程序, 如 IMS) 组成。它是高度优化和非常小的代码。它运行在非实时 Linux 操作系统上。高效的代码和非实时操作系统的使用是 amarilte 软件最突出的两个特性, 也是著名程序员 fabricebellard 的突出特点。

2. OpenAirInterface- OAI

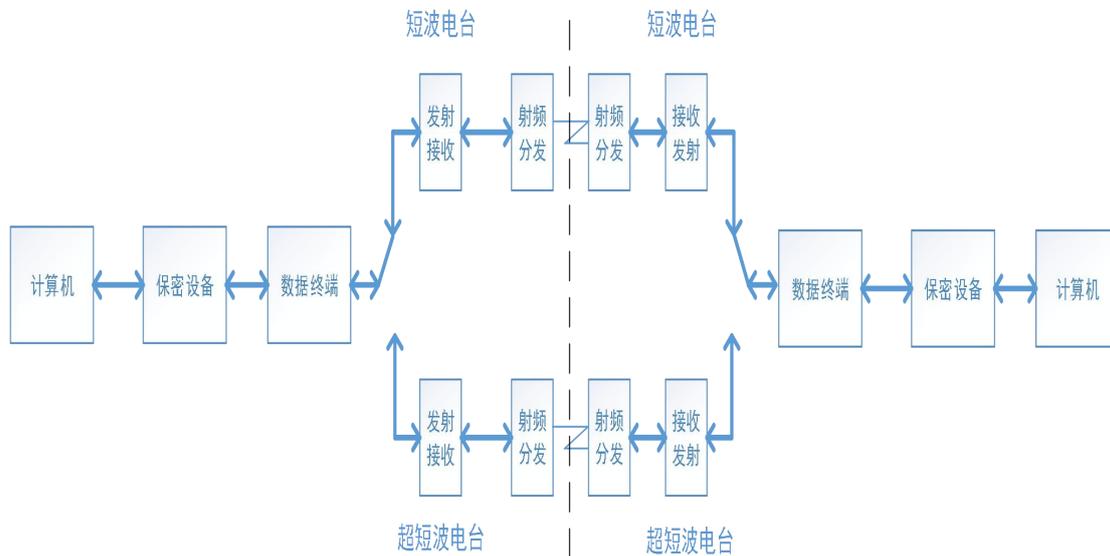
OAI 是一个开源的 SDR-LTE 平台, 由 Eurocom 在欧洲开发和维护。它是目前最完善的开源 SDR-LTE 平台, 主要特点如下

- 开源项目
- 根据 3GPP 协议, EPC、ENB 和 UE 同时实现
- 该项目不断更新, 并支持第 10 版
- 支持 FDD/TDD, 1.4、3、5、10、15、20MHz 带宽 (目前, 5MHz 和 10MHz 带宽运行比较稳定)
- 包括仿真平台和软件无线电硬件平台。仿真平台包括链路级仿真平台 dlsim 和系统级仿真平台 oaisim。
- 该项目支持多种硬件设备, 如 USRP、bladerf 和 exmimo
- 目前, ENB 码相对稳定, UE 端码则不稳定

战术数据链 Link11 仿真设计方案

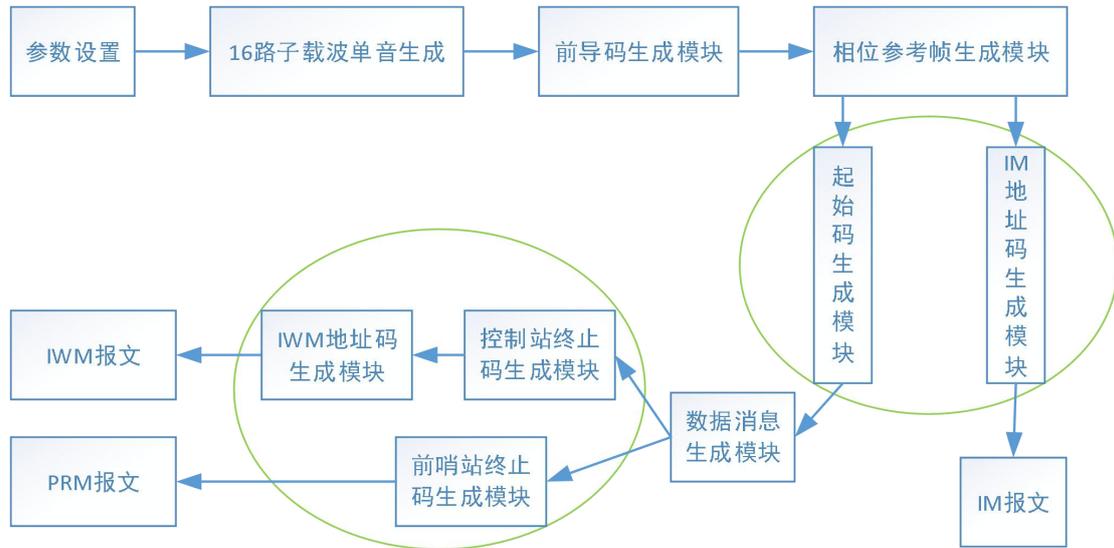
Link11 系统组成

Link11 系统组成如下图，系统主要包括计算机、保密设备、数据终端、射频电台等。数据终端与保密设备和射频电台相连。Link11 系统的射频电台有短波电台（2~30M）和超短波电台（225M~400M）两类。短波电台采用 SSB 调制，而超短波电台采用 FM 调制。Link11 协议的物理层在数据终端实现。



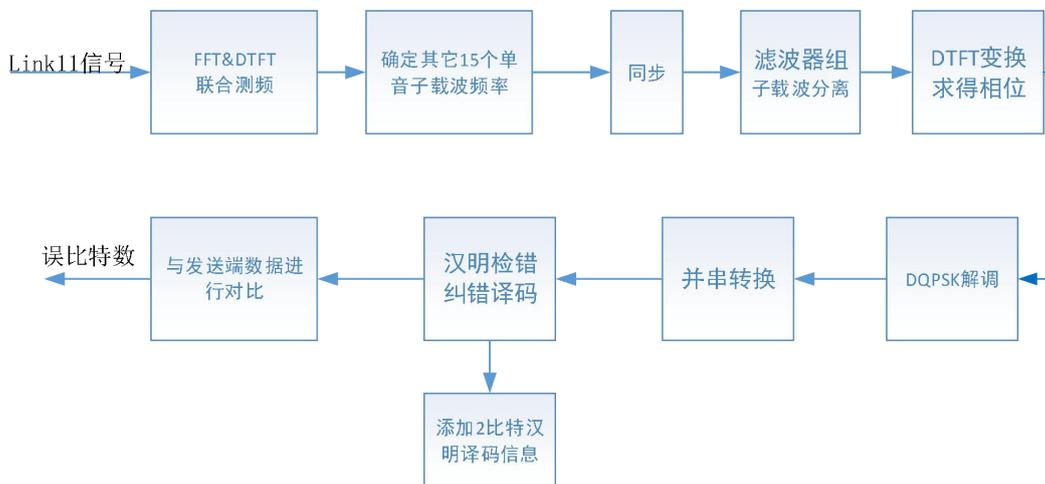
Link11 发送流程

Link11 主要工作在轮询模式。首先需手动初始化网络控制站进入轮询模式，自动发送报文前，前哨站地址表可以由操作员手动建立或由计算机提供，在轮询模式下，控制站的发送报文结构可以是 IM 或 IWM。控制站每发送完一个报文后，开始计时，如果 15 帧时间内未收到前哨站的应答报文，则重发该报文。如果重发该报文后，在 15 帧时间内仍未收到该站的应答报文，则呼叫下一个前哨站。



Link11 接收流程

Link11 接收是发送的逆过程，但增加了信号检测、同步、多普勒频偏校正模块，初步考虑接收端的解调流程图如下图，其中突发信号检测、同步、多普勒频移校正是关键。



前导码中，多普勒单音子载波信号的功率比同步单音大 6dB，可先对未知信号的每 160 个采样点做 FFT 变换，找出 FFT 值最大的点，由于点数较少，分辨率不高，该最大值点对应的频率只是接近多普勒单音频率，再通过 DTFT 变换得到较为精确的多普勒单音子载波频率，由于根据多普勒单音子载波频率与其它 15 个子载波频率的间隔，容易求得其它子载波的频率。

反无人机系统

针对日趋严峻的无人机威胁和反无人机技术实战化运用问题，重点研究反无人机电子对抗侦察、导航对抗、数据链对抗前沿技术和战法训法，构建一套集技术试验、仿真验证及操作训练等功能于一体的反无人机电子对抗作战研究平台，包括“反无人机数据链干扰实验分系统”和“反无人机电子对抗综合管控分系统”。

项目特点



国产替代

整套系统通过本公司自研制的软件无线电设备



系统架构简单、高效

相较于设备复杂，通道数较多，体积大，价格昂的产品
本项目采购的硬件设备具有通用性且更加简单高效



侦测精准

能够侦察到2km内的无人机设备
至少可压制1km处的无人机



开源可拓展

采用的硬件平台支持LabView、GNU Radio或MATLAB对控制软件进行二次开发。

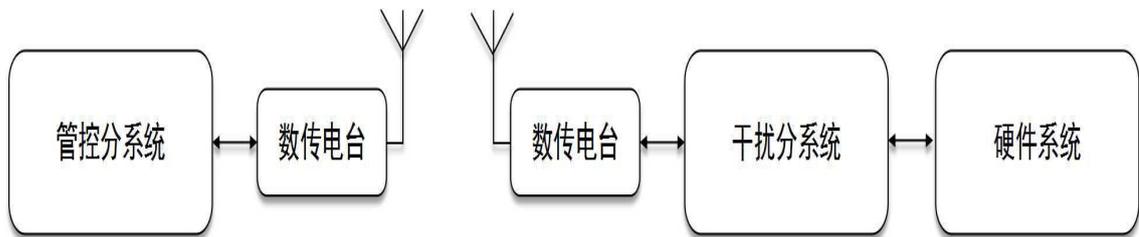
技术概要

“反无人机数据链干扰实验分系统”具备反无人机电子对抗侦察功能和反无人机数据链干扰功能，且具备二次开发功能。可用于开展反无人机电子对抗侦察、反无人机导航对抗、反无人机数据对抗等教学训练活动；可用于开展反无人机电子对抗行动策略及战法等作战运用研究。为有效促进反无人电子对抗前沿技术发展、强化反无人机电子对抗战术理论研究、丰富反无人机电子对抗教学手段等提供平台支撑。系统

还可支持无线通信，雷达，信道估计仿真，复杂电磁环境记录回放等应用场景扩展，可用于除反无人机实验以外的其他场景。

“反无人机电子对抗综合管控分系统”用于对反无人机数据链干扰实验分系统进行系统管理，具备当前无人机态势状态显示，也具备复盘分析功能，可对历史数据进行回放分析，数据传输方式以数传电台方式进行，也可以通过网线连接方式。两个分系统之间既可以共同使用，也可以分立使用，可以实时传输，也可以离线处理，最大程度保证了系统的使用灵活度。

整体架构



核心设备



USRP-LW X310 软件框架





教学与创新实验课

1.支持教学与创新实验案例——《通信原理》

基础性实验

通信信源：模拟信源、数字信源实验

信道模型：AWGN、衰落信道实验

模拟调制系统：AM、DSB 调制解调实验

数字基带传输系统：AMI、HDB3、平方根升余弦滤波器实验

数字频带传输系统：2ASK、2FSK、2PSK、QPSK 调制解调实验

信源编码：均匀量化 PCM 编解码实验、A 律 PCM 编解码实验

信道编码：汉明码、循环码、卷积码编解码实验

同步技术：位同步、载波同步、帧同步实验

扩频技术：m 序列实验、DS 扩频解扩实验

综合型实验

双音多频 (DTMF) 电话拨号音的产生与解调

调频广播 FM 接收机设计

模拟 FM 对讲机设计

基于 QPSK 全双工数字语音无线通信系统设计

宽带 OFDM 传输系统调制与解调设计

创新性实验

ADS-B 民航信号的接收设计

移动手机与基站模拟设计

基于软件无线电的多源无线信号定位设计



2.支持教学与创新实验案例——《移动通信》

移动调制技术

GMSK、8PSK 调制与解调实验;

16QAM、64QAM、256QAM 调制与解调实验;

移动信道编码技术

Turbo、LDPC 编解码技术实验

信道均衡技术实验

4G_LTE 相关技术

码块分割、速率匹配、码块级联、加解扰、信道交织、导频生成、资源映射实验

TD-LTE 广播信道全流程实验

移动基站信令技术

手机入网信令、收发短信信令、电话信令实验

3.支持教学与创新实验案例——《数字信号处理》

基础性实验

离散时间信号的产生及其基本运算

离散时间系统及系统响应

离散时间信号的 DTFT 及 DFT/FFT、DCT

利用常用窗函数的特性分析、利用 FFT 分析信号的频谱

利用窗函数法设计 FIR 滤波器、频率采样法设计 FIR 滤波器

利用脉冲响应不变法设计 IIR 滤波器、双线性变换法设计 IIR 滤波器

综合性实验

时域采样和频域采样

声音信号的采集与频谱分析

用数字滤波器处理音乐信号



4.支持教学与创新实验案例——《软件无线电》

基础理论实验

数字正交基带信号的复数表示与正交解调基本模型

AM/SSB 信号正交调制解调原理

窄带 FM 信号正交调制解调原理

CIC、HFB、多相滤波器原理

上下变频原理

采样率变换原理

数字频率同步、相位同步原理

数字自动增益控制原理

综合型实验

调频广播 FM 接收机设计

模拟对讲 FM 设计 基于 QPSK 的全双工数字语音无线通信系统设计

频谱感知设计

ADS-B 民航信号的接收与解码设计

宽带 OFDM 传输系统调制与解调设计

5.支持教学与创新实验案例——《雷达原理》

演示性实验

雷达发射机的组成与基本结构演示

雷达接收机的组成与基本结构演示

雷达显示演示

交互性实验

雷达信号及回波产生实验

脉冲压缩实验

接收机测距和灵敏度实验



武汉珞光电子有限公司

目标积累门限检测实验

虚警概率实验

目标积累/恒虚警检测实验

目标距离跟踪实验

动目标检测 (MTD) 实验

动目标显示 (MTI) 实验演示性实验

创新性实验

干扰实验 (射频噪声、幅度、频率、相位)

成像实验 (SAR、ISAR)

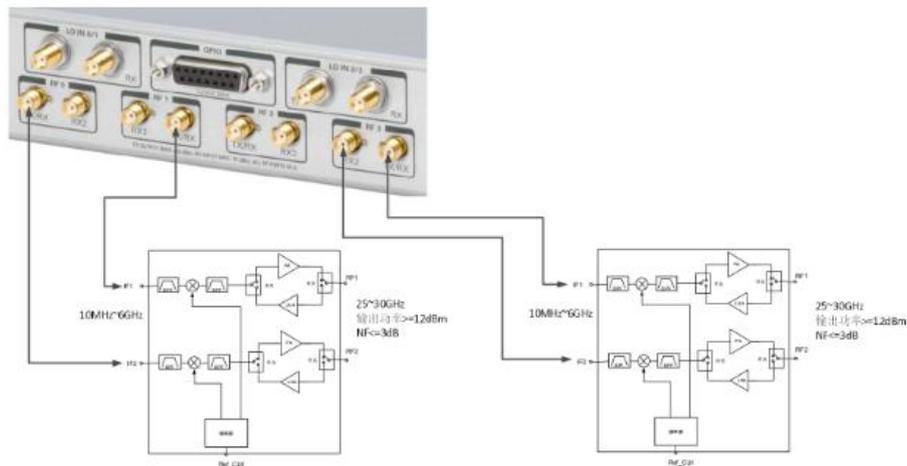
多目标跟踪实验

可拓展硬件

5G 毫米波系统 (仅支持 2974 一体机)

毫米波在通信、雷达、遥感、天文等领域有着广泛的应用。为了成功地设计和研制出性能优良的毫米波系统，必须了解毫米波在不同气象条件下的大气传播特性。毫米波频段没有精确的定义。在 30-300ghz 的频率域 (波长 1-10mm) 的电磁波通常称为毫米波。它位于微波和远红外波重叠的波长范围内，具有两种光谱特性。毫米波的理论和技术是微波向高频的延伸和光波向低频的发展。

28GHz 毫米波方案采用 N321(N310)+外部扩展上下变频模块组成，示意图见下图。



使用 N321(N310)的 4 个 TX/RX 端口连接到外部上下变频模块，通过 GPIO 端口来控制本振频率和收发切换开关。

发射时，经 N321(N310)处理的 10MHz~6GHz 输出信号作为中频信号，通过外部扩展模块上变频至毫米波频段 25-30GHz；接收时 25-30GHz 的 Rx 信号通过外部扩展模块下变频至 10MHz~6GHz 的中频信号，送至 N321(N310)处理。

外部上下变频模块的功能如下：

- 集成 2 通道毫米波功率放大器、低噪声放大器、收发开关、频率源；
- 集成通道控制电路，可实现本振频率的灵活控制；
- 集成电源转换模块；
- 支持 TDD 工作模式；

整机的具体参数如下：

- 输出功率 $\geq 12\text{dBm}$ ；
- $\text{NF} \leq 3\text{dB}$ ；
- RF 频率范围：25-30GHz；