

**Tektronix**

---

泰克射频通信实验室  
创新实验平台

---

# 将软件无线电 (SDR) 概念引入实验

基于软件模型、可自定义的无线通信平台

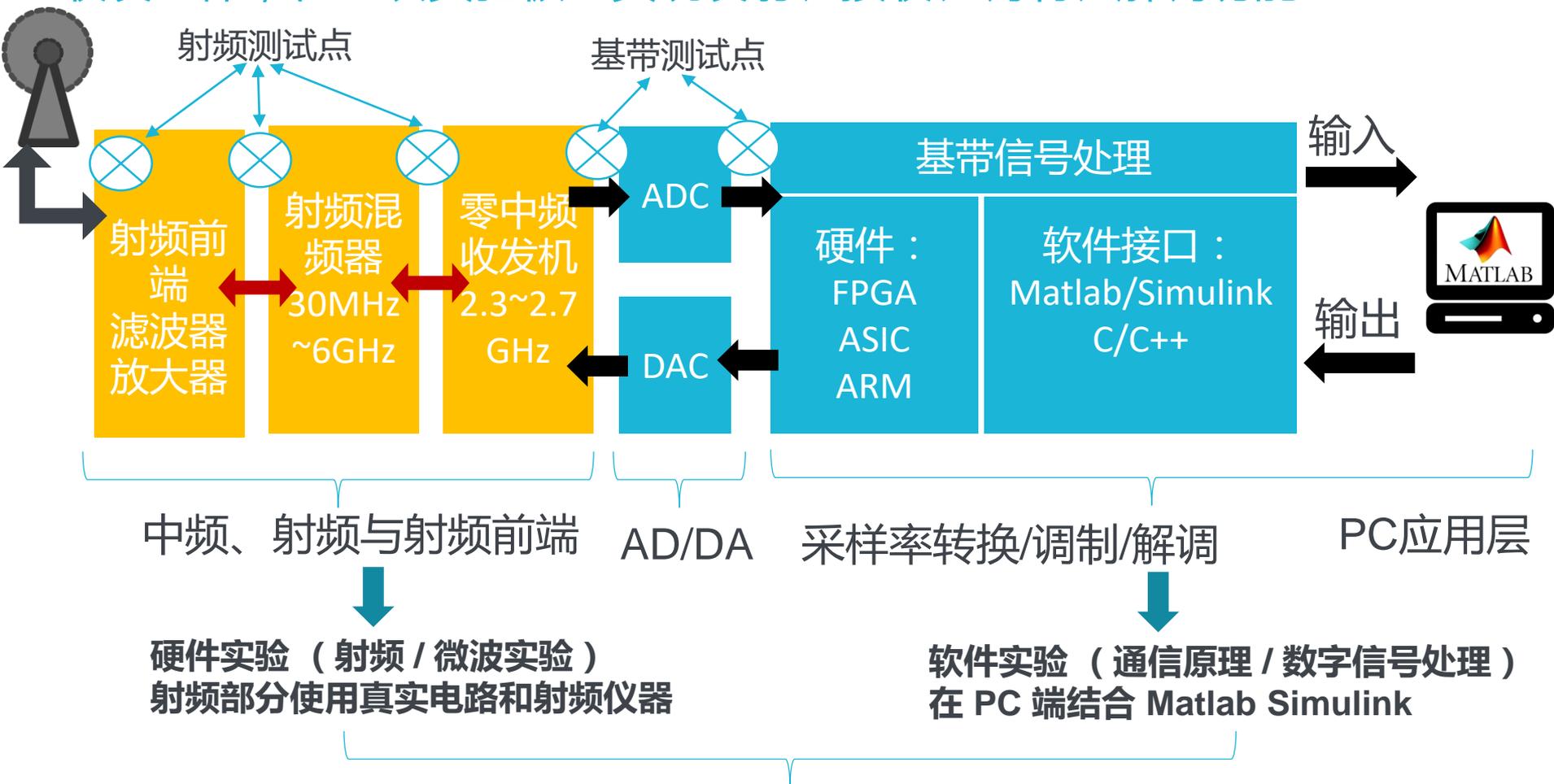
- 软件无线电 (SDR) 是一种无线设备，通常由一个可配置的射频前端，和一个用于实现数字功能的现场可编程门阵列 (FPGA) 或可编程片上系统 (SoC) 组合而成。商用 SDR 硬件可以发送和接收不同频率的信号，以实现从调频广播到 Wi-Fi 和 LTE 相关的无线标准。



- 使用真实的射频测试仪器对真实的射频信号进行现场测试
- 自定义调制、解调功能，快速建立通信设备原型
- 通过动手实践，学习无线通信、数字信号处理、射频微波概念和设计技巧

# RF-Master 射频通信实验平台

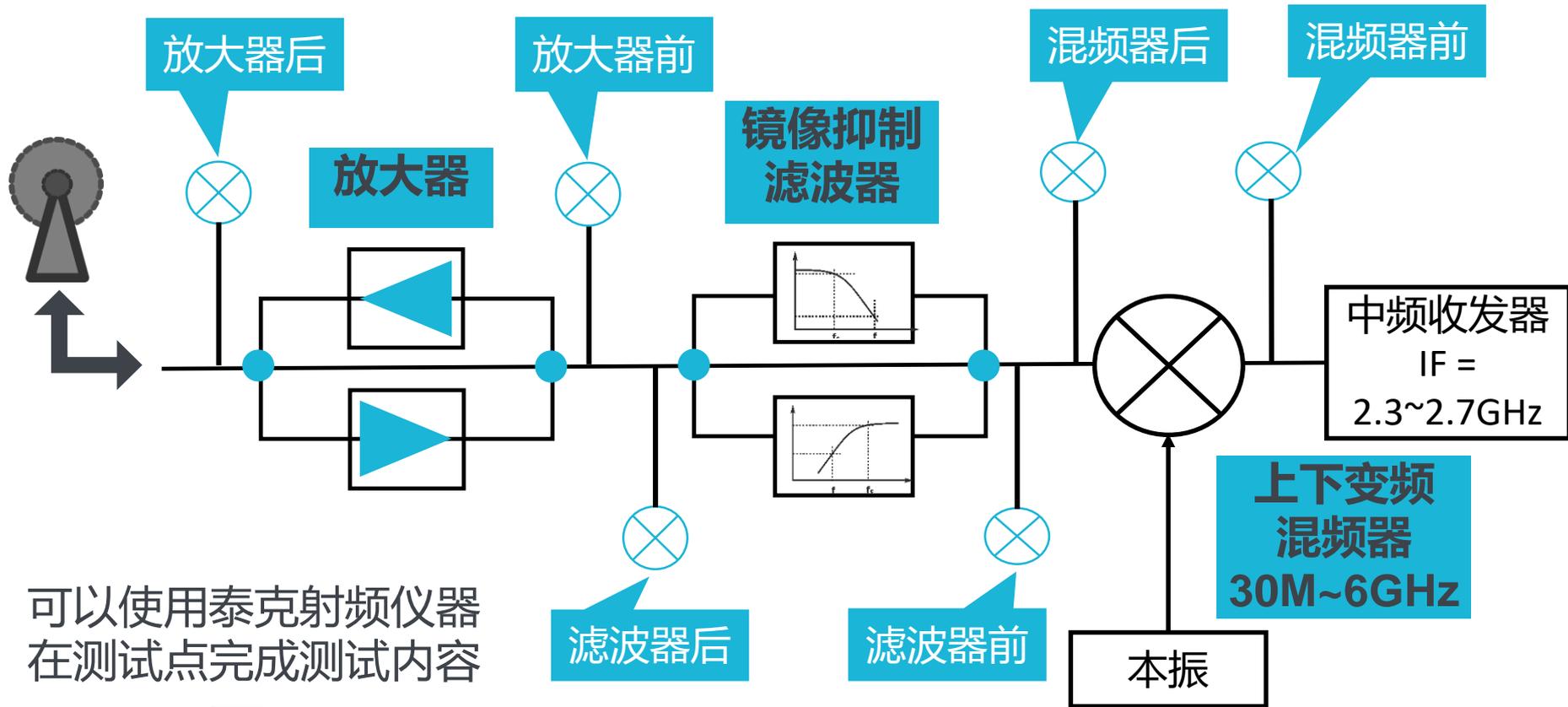
收发一体，在一块实验板上实现发射、接收、调制、解调功能



通过建立完整的射频通信系统，帮助同学了解现代通信平台

# RF-Master 的射频前端/测试点

射频微波课程，放大器，混频器，滤波器的测试和验证



可以使用泰克射频仪器  
在测试点完成测试内容



频谱仪



信号源

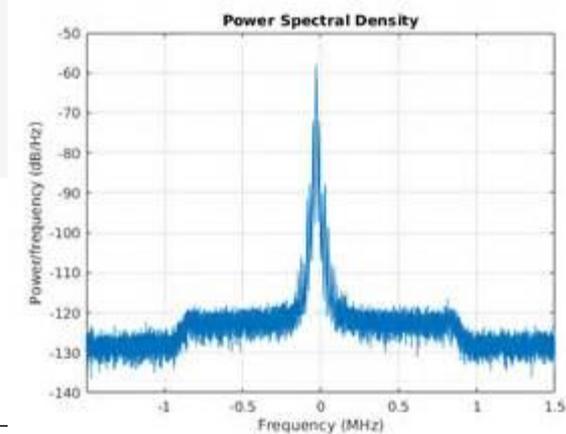
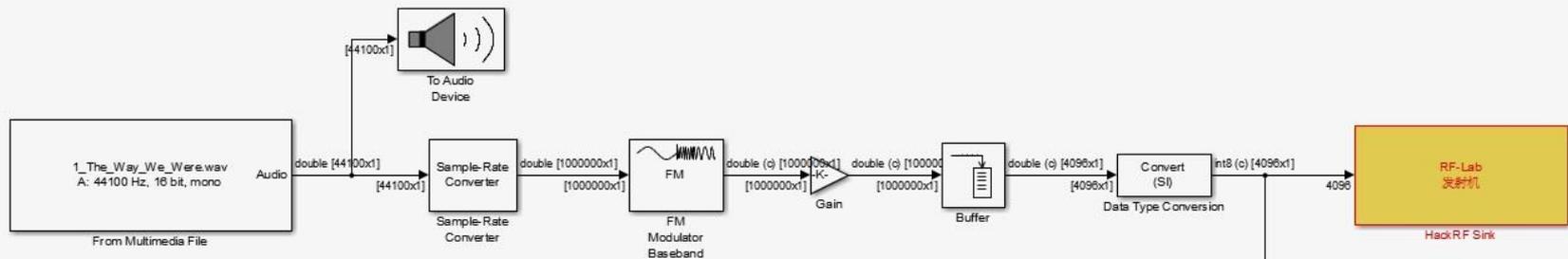


网络分析仪

# 控制软件使用 Matlab Simulink

## RF MASTER实验板提供与 MATLAB 软件接口

- Matlab Simulink 仿真工具箱提供了丰富的通信功能模块，被广泛的使用在通信原理教学实验中。软件用于处理基带信号，负责完成信号调制，解调和显示

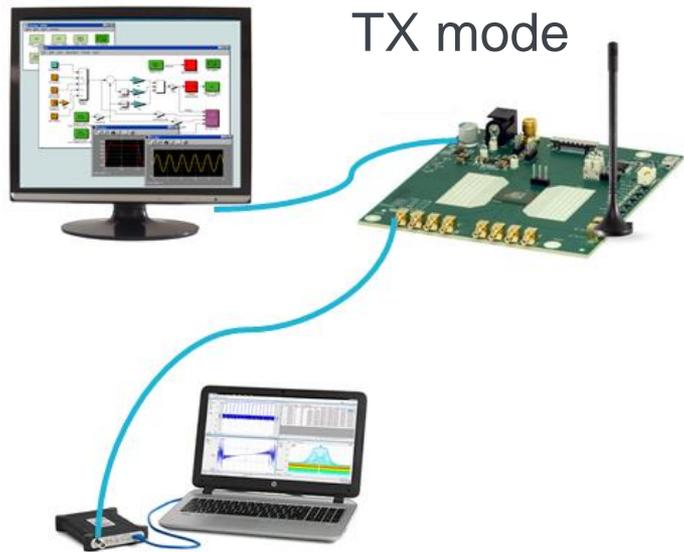


USB2.0 连接 PC  
运行 Matlab 软件



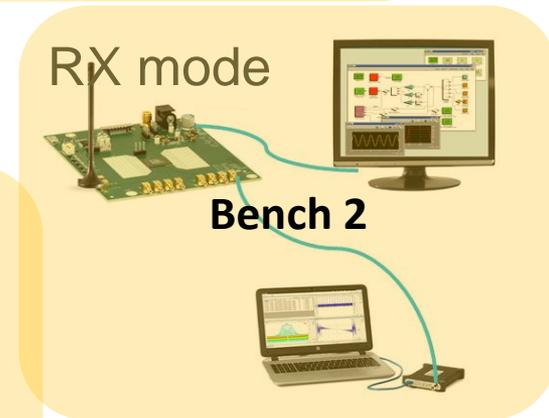
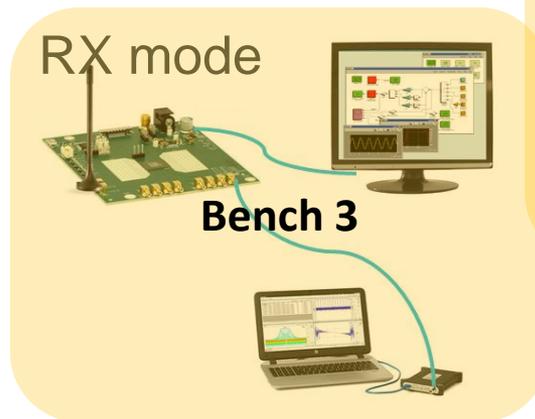
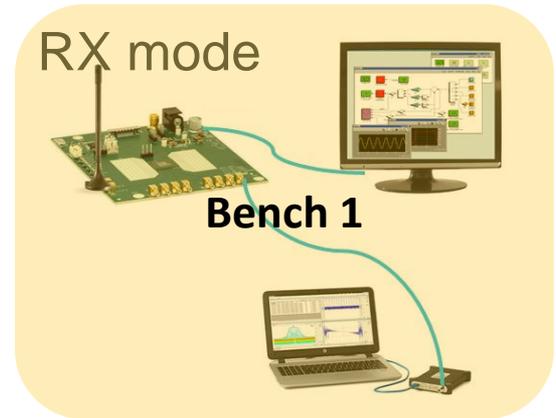
# 教学实验的开展方式

利用软件无线电概念，搭建发射、接受机，在课堂上实现无线通信功能



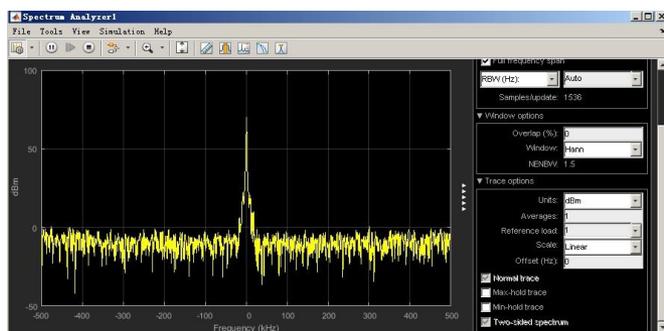
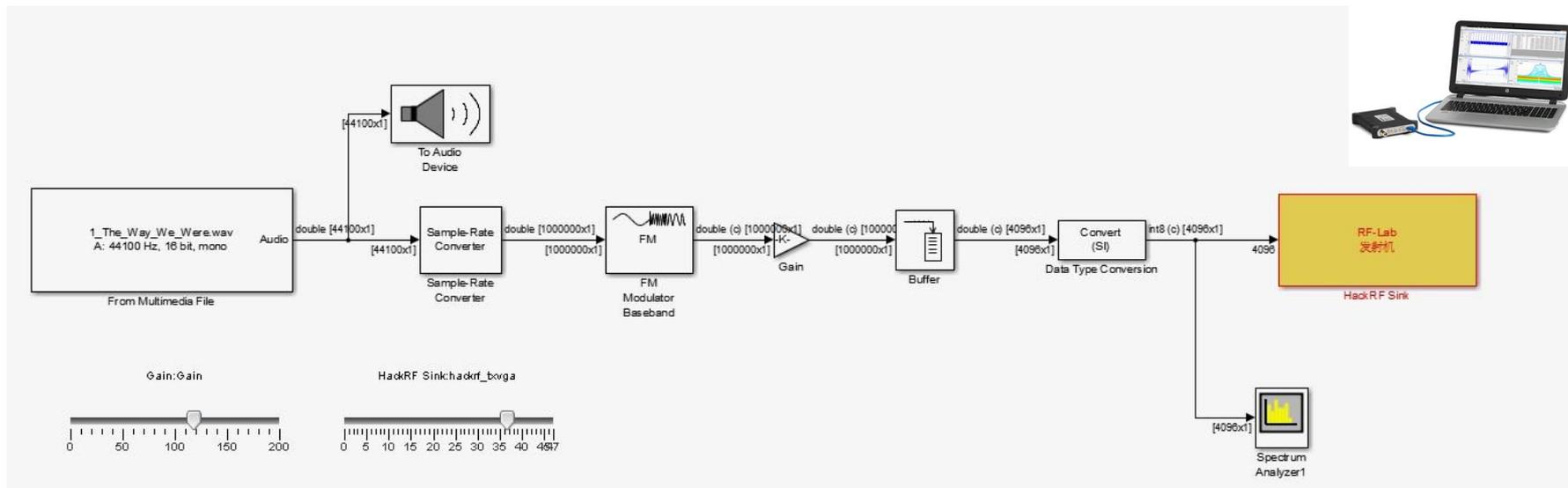
半双工工作模式，带有数字调制模式，20MHz 带宽

可以使用多种调制解调方式实现声音，文字，图像的传输



# FM 发射机实验

使用 MATLAB SIMULINK 产生基带调制信号，使用 RSA 观察射频信号

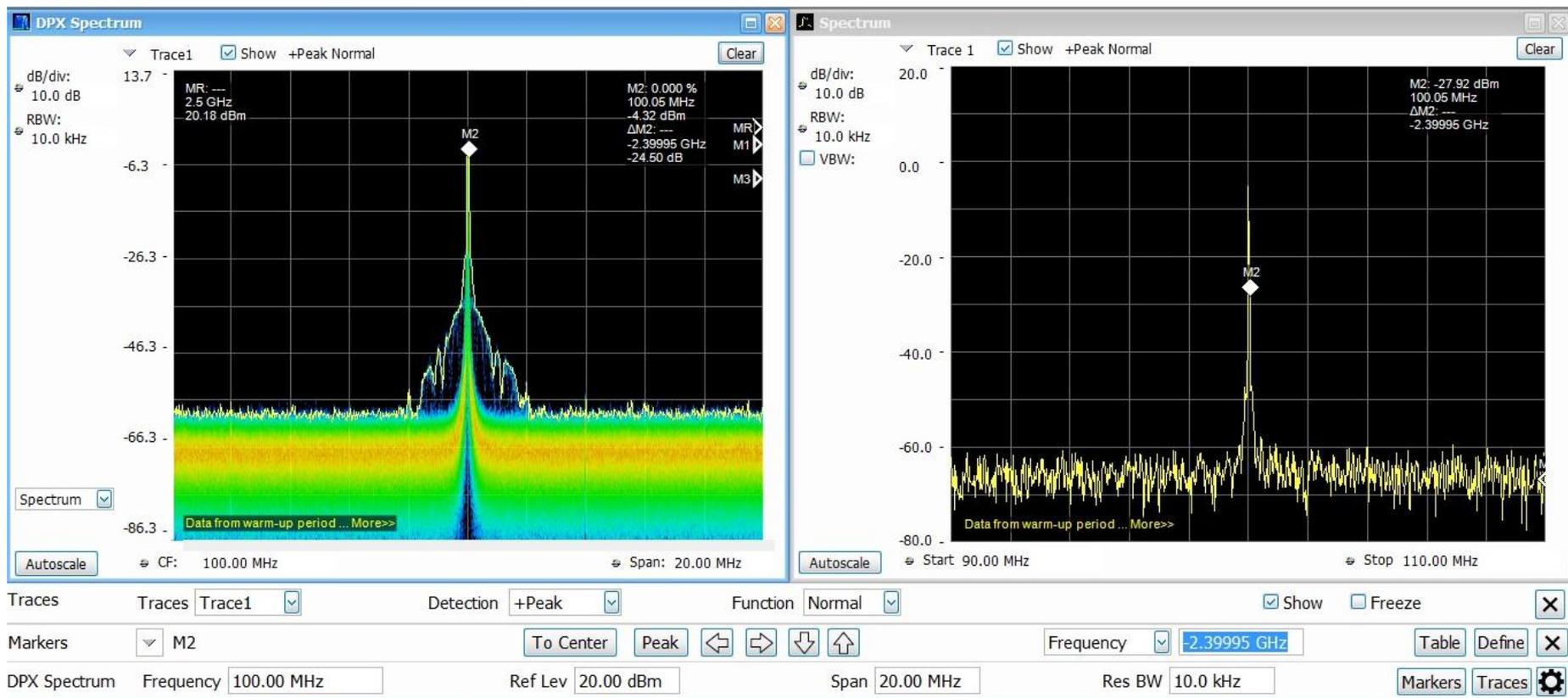


使用RF-Lab实验板，将音频信号调制到 100MHz 的频率下，并打开输出端 14dB 放大器

Matlab里面观察到的基带信号频谱

# FM 发射机实验

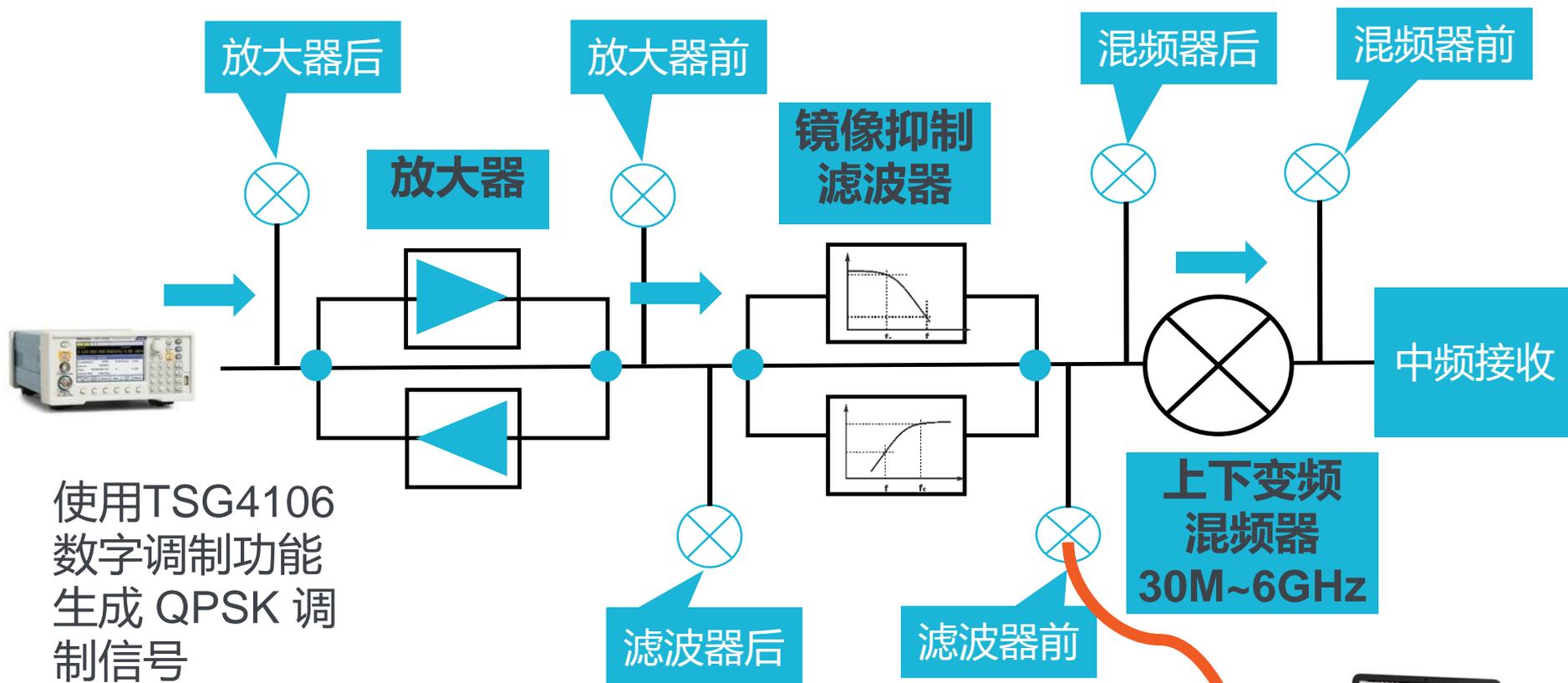
对射放大器前的信号进行测试



在 100MHz 频率位置处设置 marker，测得最大功率为 -4.3dBm  
RSA 306 设置打开 DPX 功能，中心频率 2.63525 GHz，SPAN 20MHz，RBW 10KHz

# QPSK 接收机实验

使用泰克矢量信号源发送数字调制信号，设计 QPSK 接收机



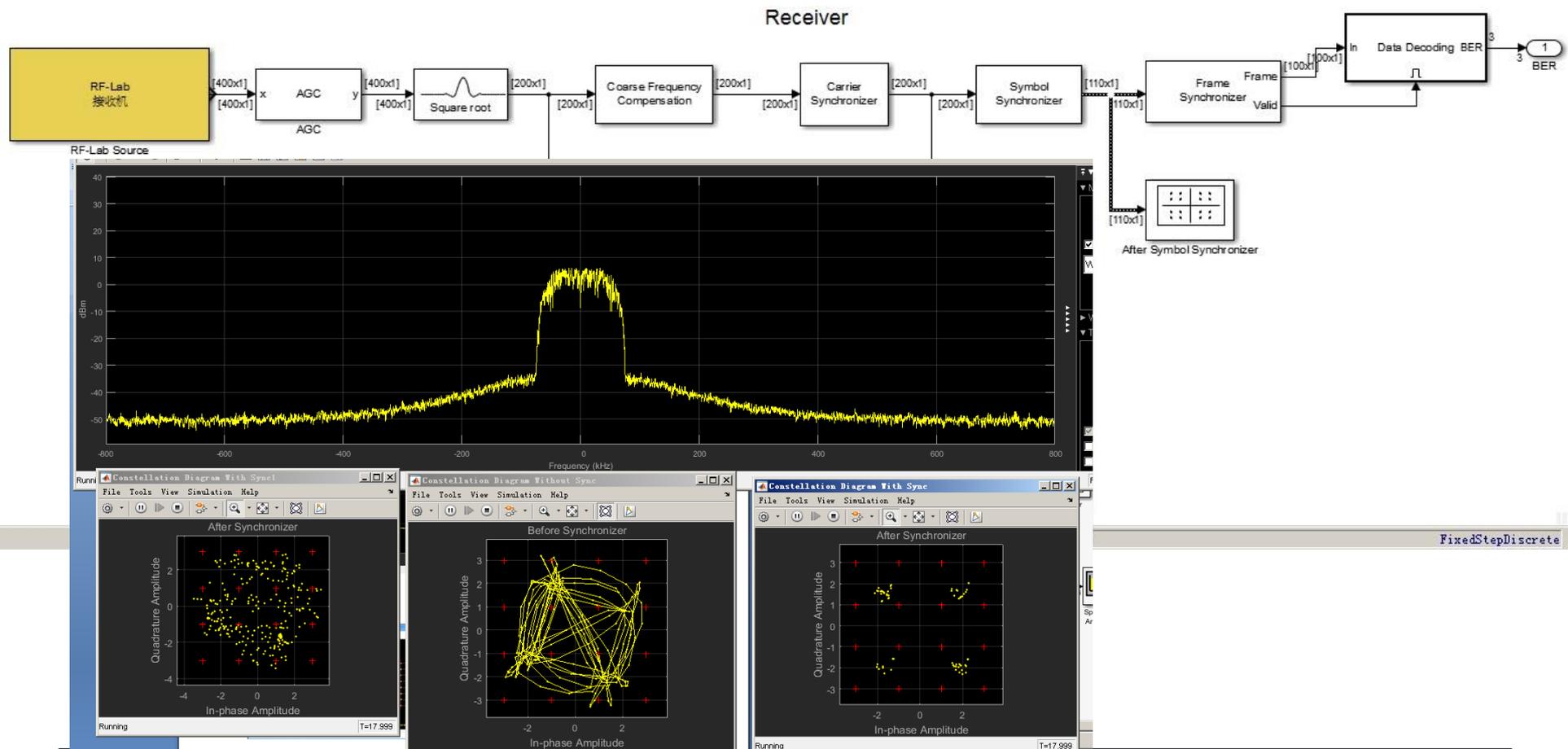
使用TSG4106  
数字调制功能  
生成 QPSK 调  
制信号

RSA306可以在射频前端每一级对接收到的信号频谱进行验证

# QPSK 接收机实验

使用 MATLAB SIMULINK 搭建 QPSK 解调接收系统

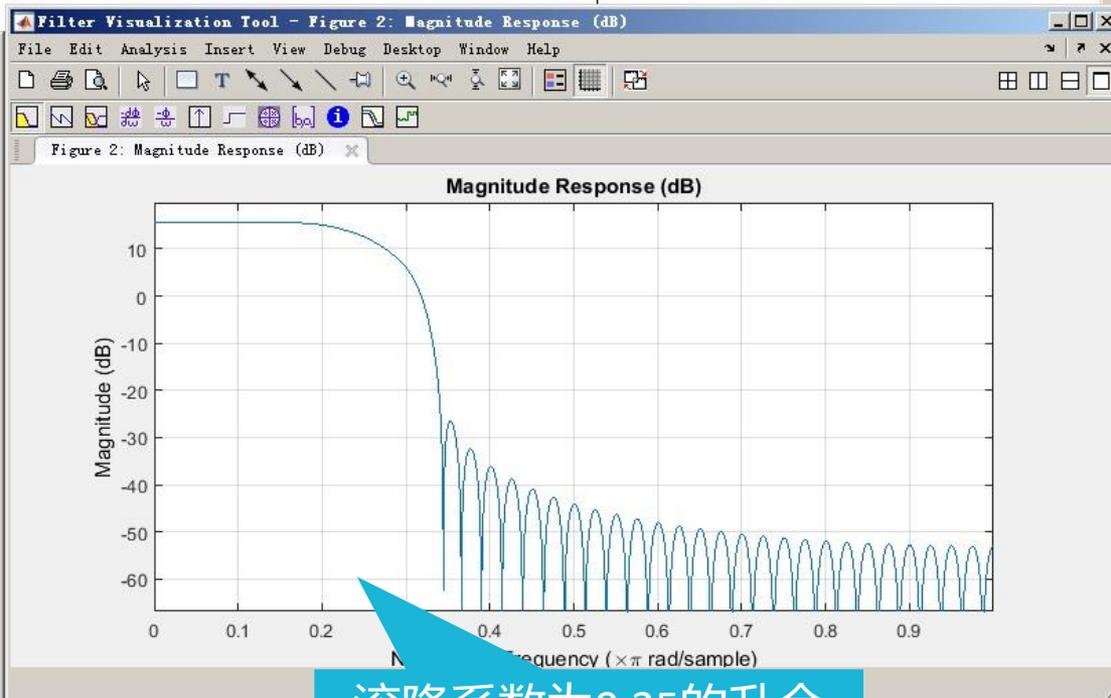
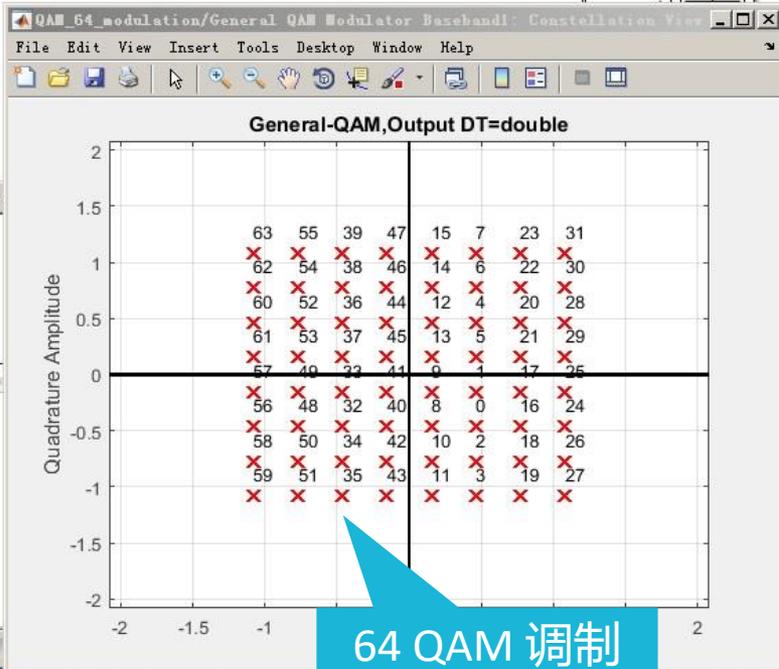
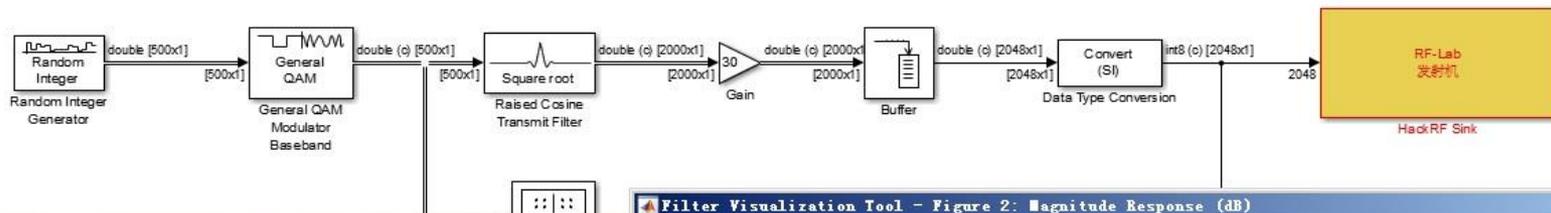
- Simulink 下 QPSK 接收机的结构和解调结果



# 64 QAM 数字调制实验

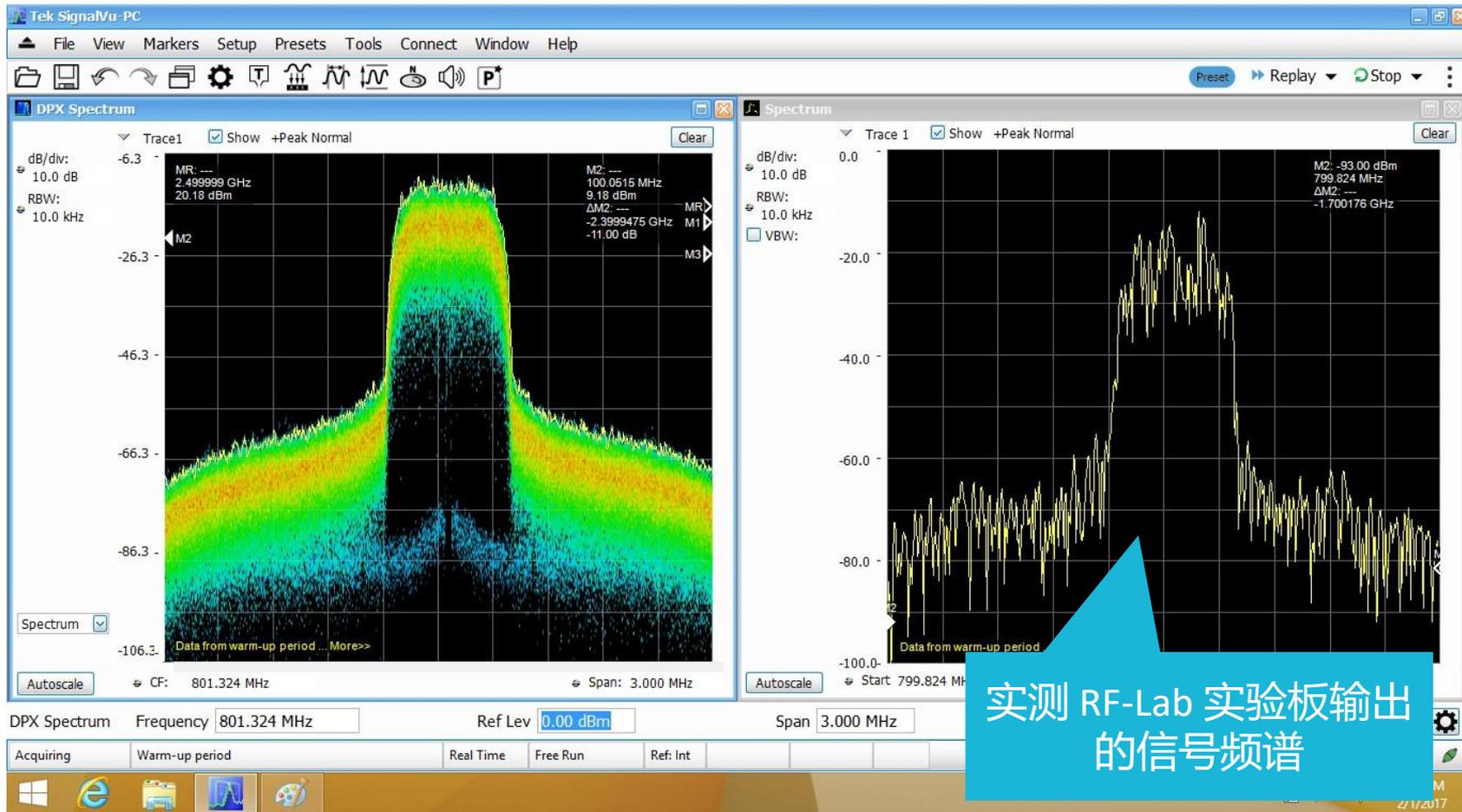
使用 RF LAB 实验板产生 64QAM 调制信号，使用频谱仪进行测试

64 QAM modulation



# 数字调制解调实验

使用 RSA 306 实测实验板产生的 64QAM 信号的频谱

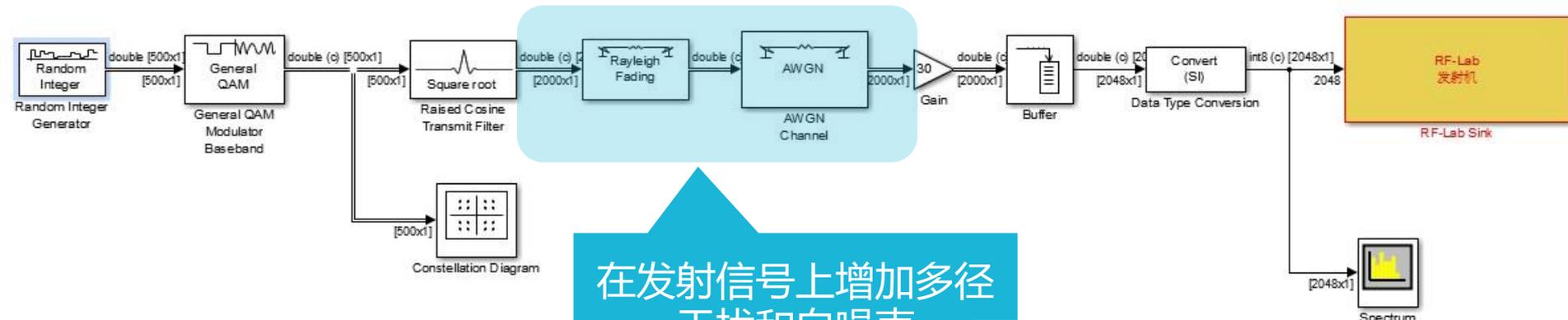


RSA 306 设置打开 DPX 功能，中心频率 801.3 MHz，SPAN 3MHz

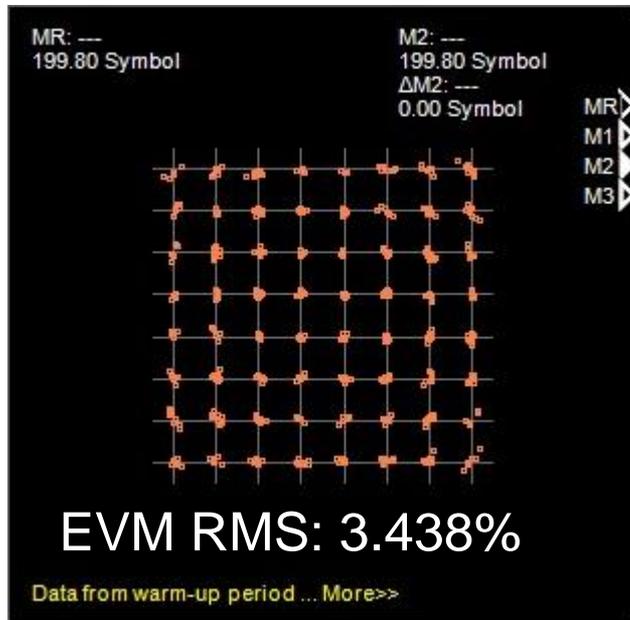
# 数字调制解调实验

为发射信号增加信道干扰和噪声

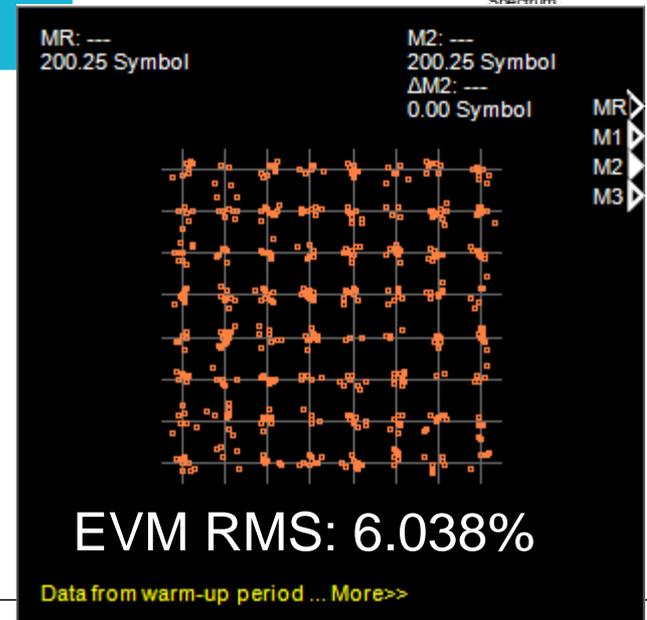
## 64 QAM modulation



在发射信号上增加多径干扰和白噪声

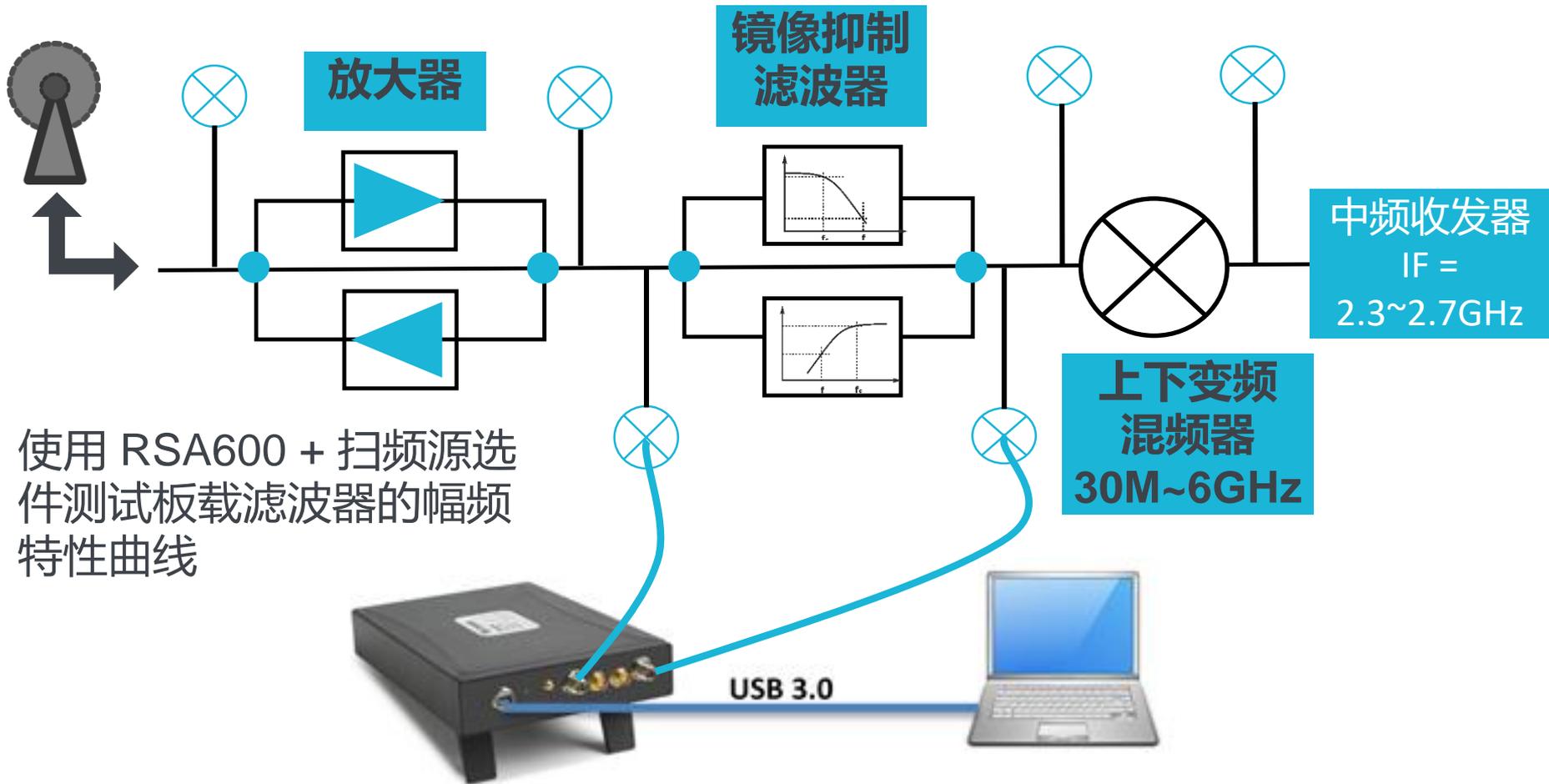


增加干扰后，RSA 306 解调得到的星座图变差，EVM值变大



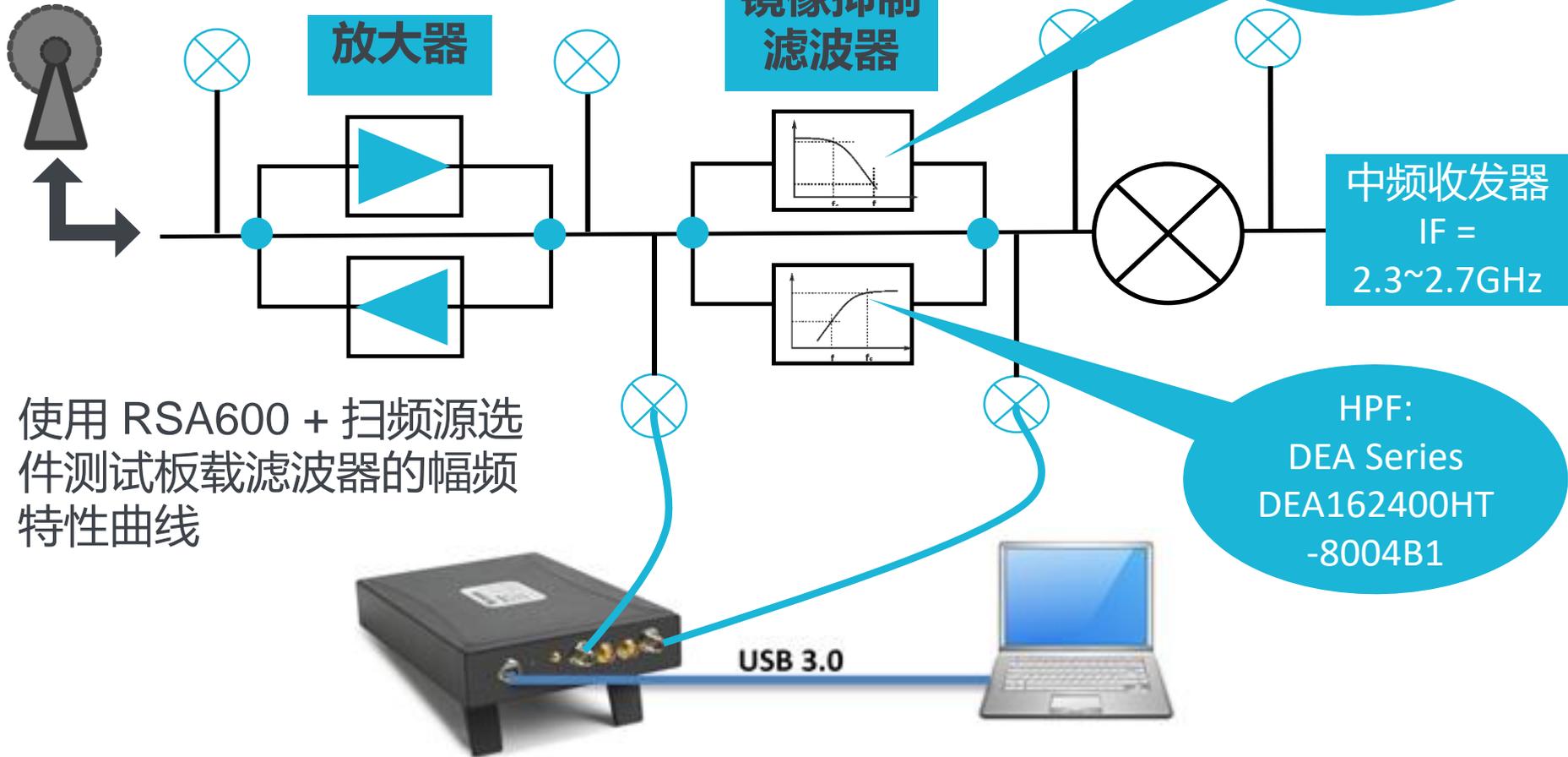
# 板载射频器件的测试

使用 RSA603 + 扫频源测试射频器件的幅频特性



# 板载射频器件的测试

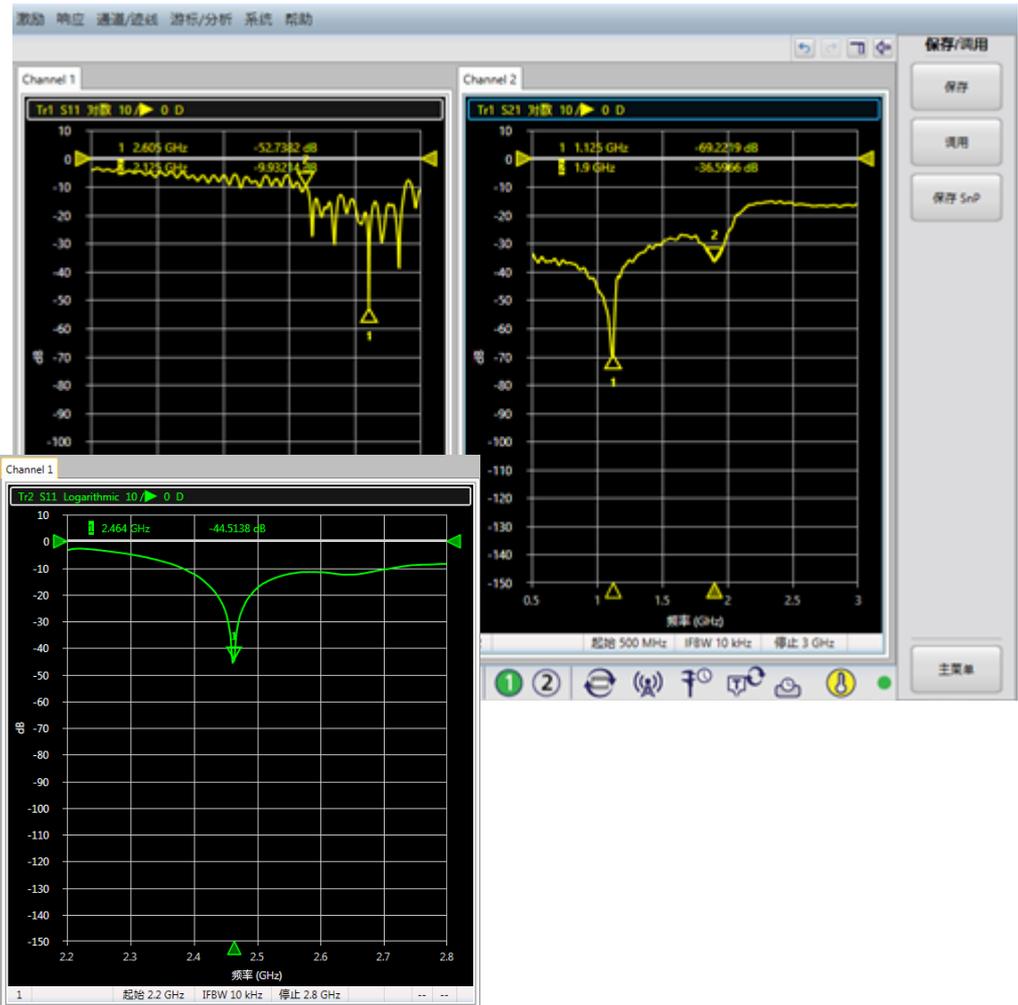
使用 RSA603 + 扫频源测试射频器件的幅频特性



# 板载射频器件的测试

使用双端口矢量网测量板载滤波器、放大器、天线特性

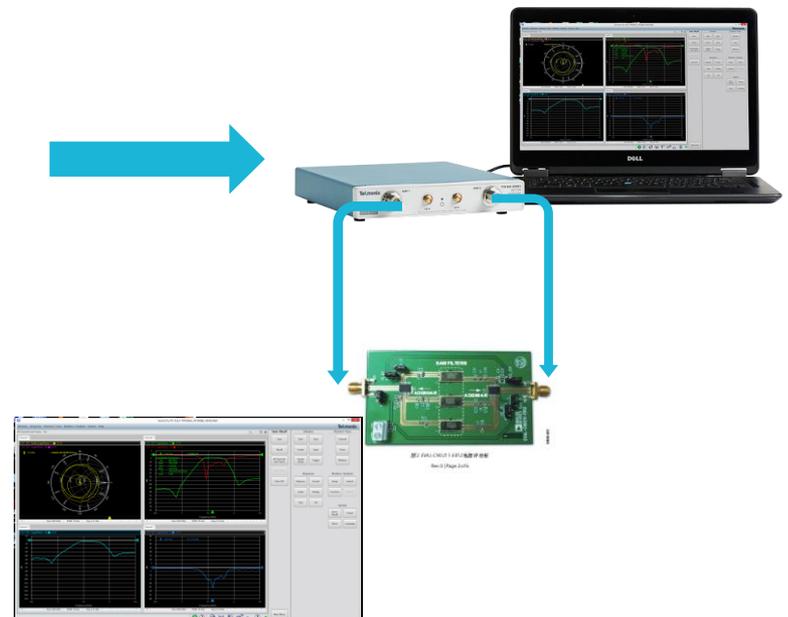
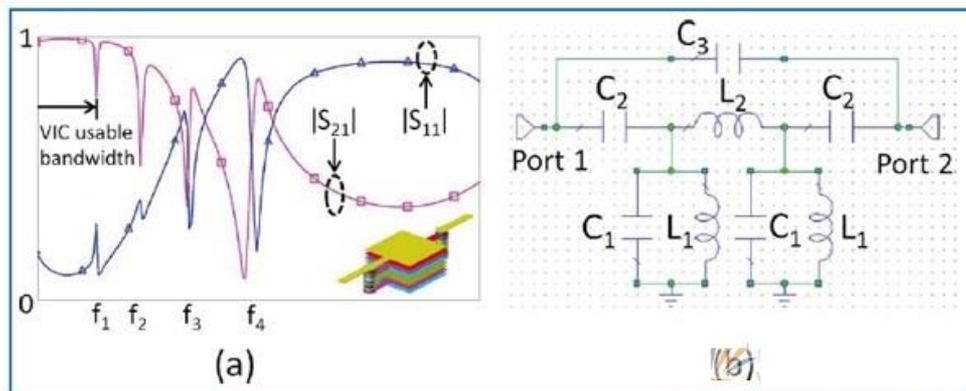
- 板载高通滤波器S11、S21
- 鞭状天线S11测试结果



# 射频课程设计性实验的开展

## 从验证性实验向设计性实验转变

- 学生通过软件仿真，根据设计要求，选择合适的分立器件
- 学生自己动手焊接电路板最终成为产品
- 使用 VNA 仪器，测试自己设计的器件特性，并验证对整个通信系统的性能影响



# 在完整通信系统中测试滤波器的影响

将自制滤波器接入通信系统，测试对整个系统的影响

板载滤波器被旁路

