

无线通信实验在线开放课程

主讲人：吴光 博士

广东省教学质量工程建设项目





第八章

开源软件无线电

目录

- 开源软件无线电简介
- GNU Radio开发环境
- 开源软件无线电HackRF
- 开源软件无线电LimeSDR

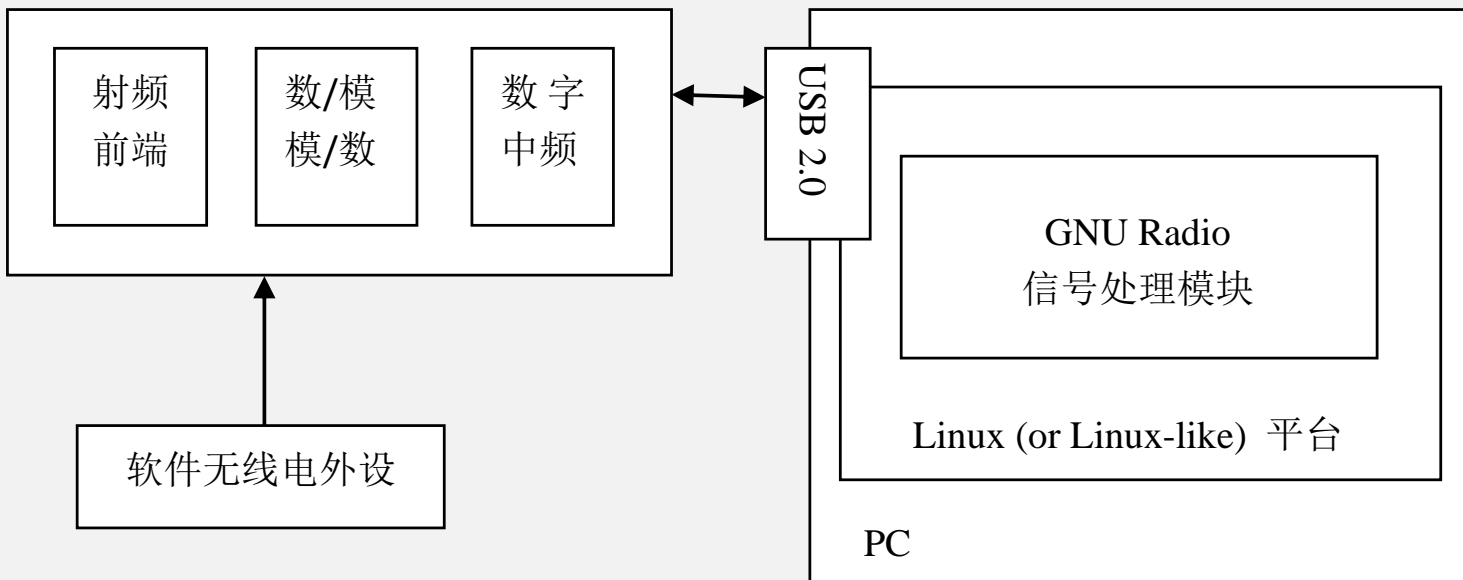


开源软件无线电简介

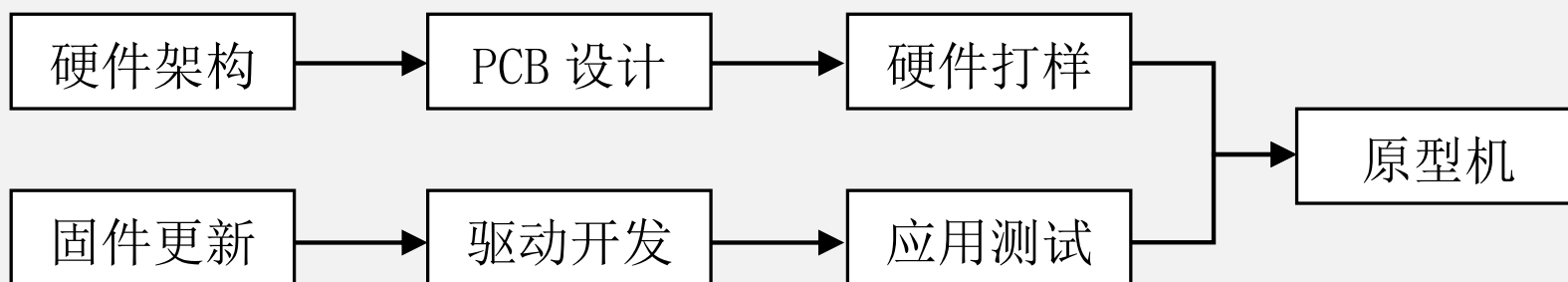


- 开源软件无线电（GNU Radio）是一款开源的软件无线电开发工具包，和无线电外设结合起来，就可以构成一个完整的通信系统。
- 操作方便，模块化，降低开发对专业知识的要求。

1. 信号处理模块
2. 调制/解调模块
3. 编码/解码模块
4. 通信协议库模块



无线电开发流程



目录

- 开源软件无线电简介
- GNU Radio开发环境
- 开源软件无线电HackRF
- 开源软件无线电LimeSDR



GNU Radio开发环境



- GNU Radio安装方法

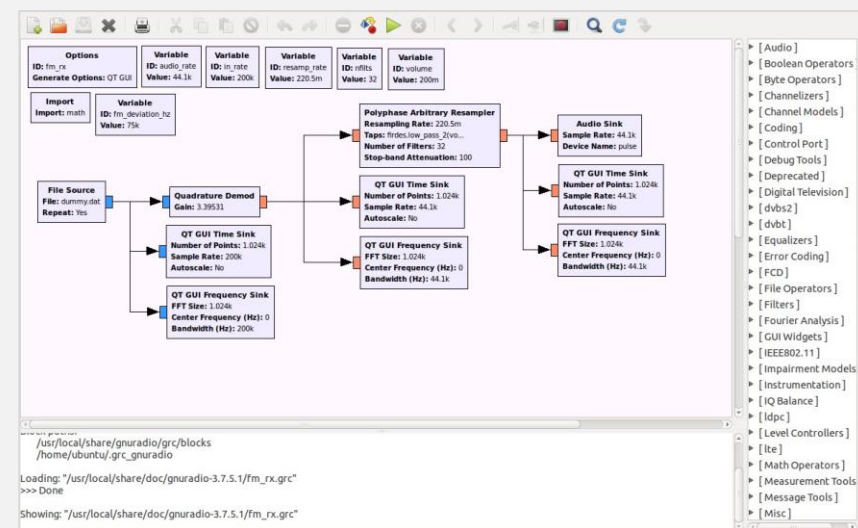
下载GNU Radio源文件，自行编译安装

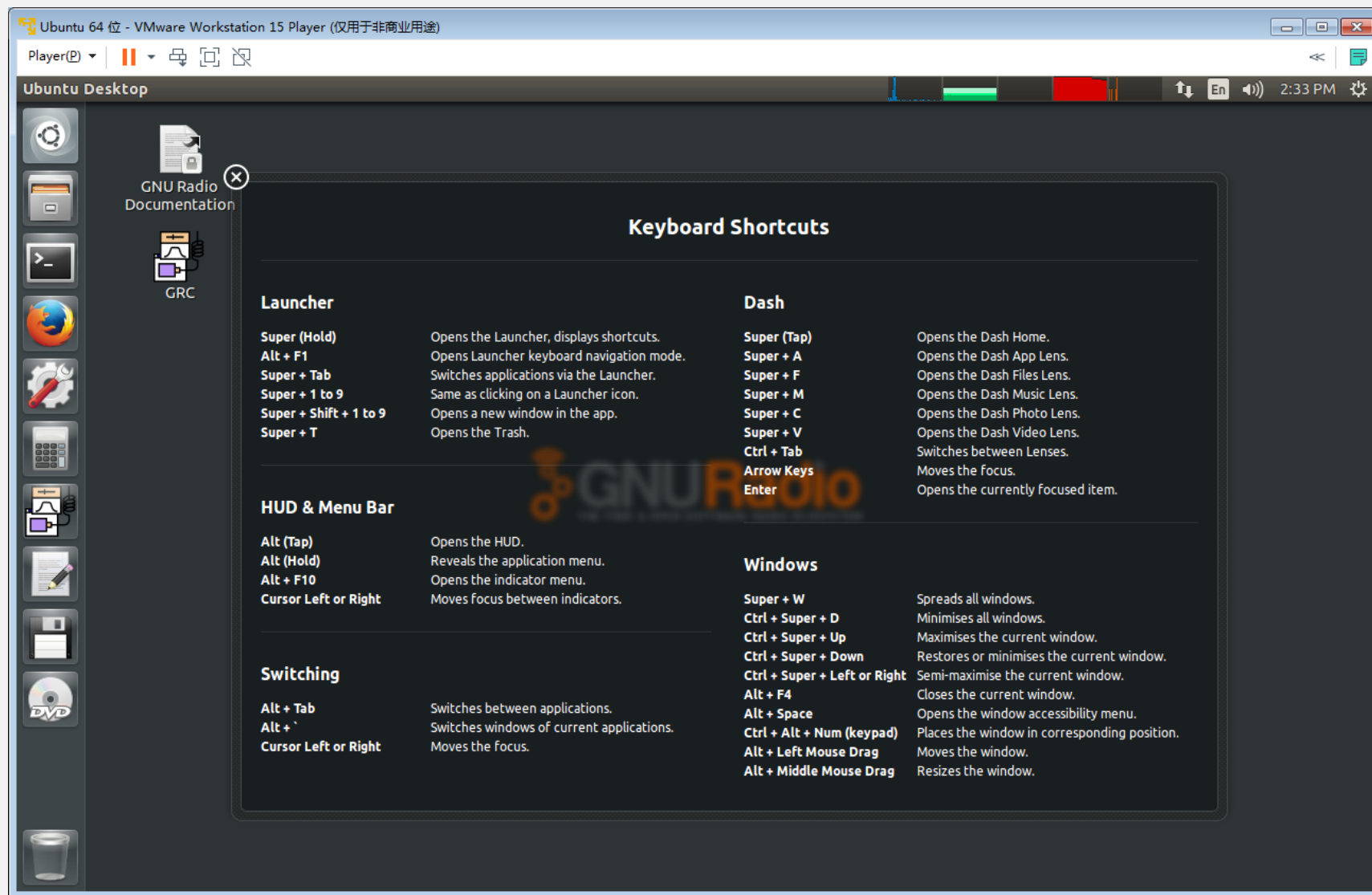
通过build-gnuradio脚本安装

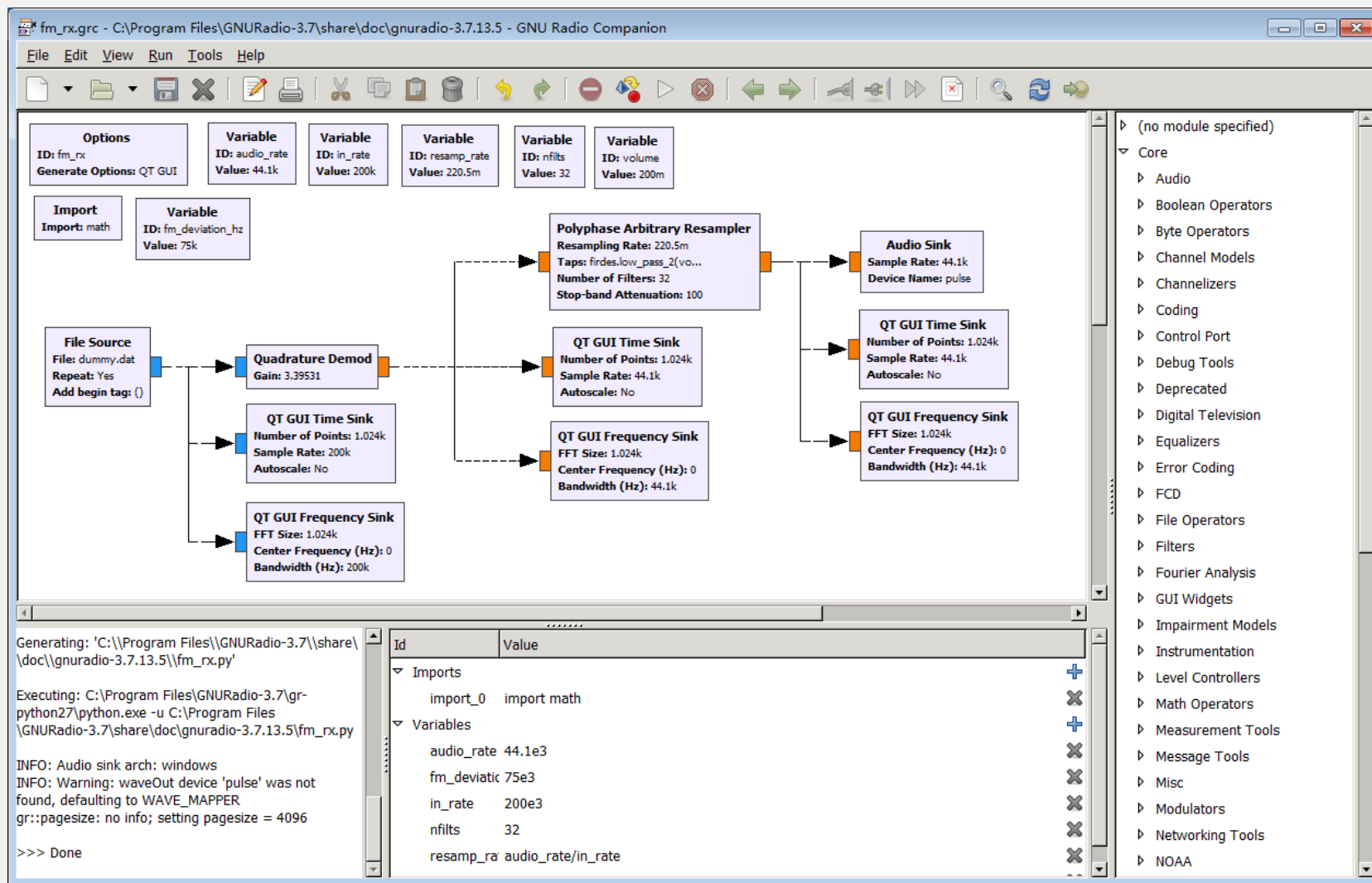
虚拟机GNU Radio环境

GNU Radio的Windows版本

- 编程可以采用
Python脚本或GRC (GNU Radio Companion)







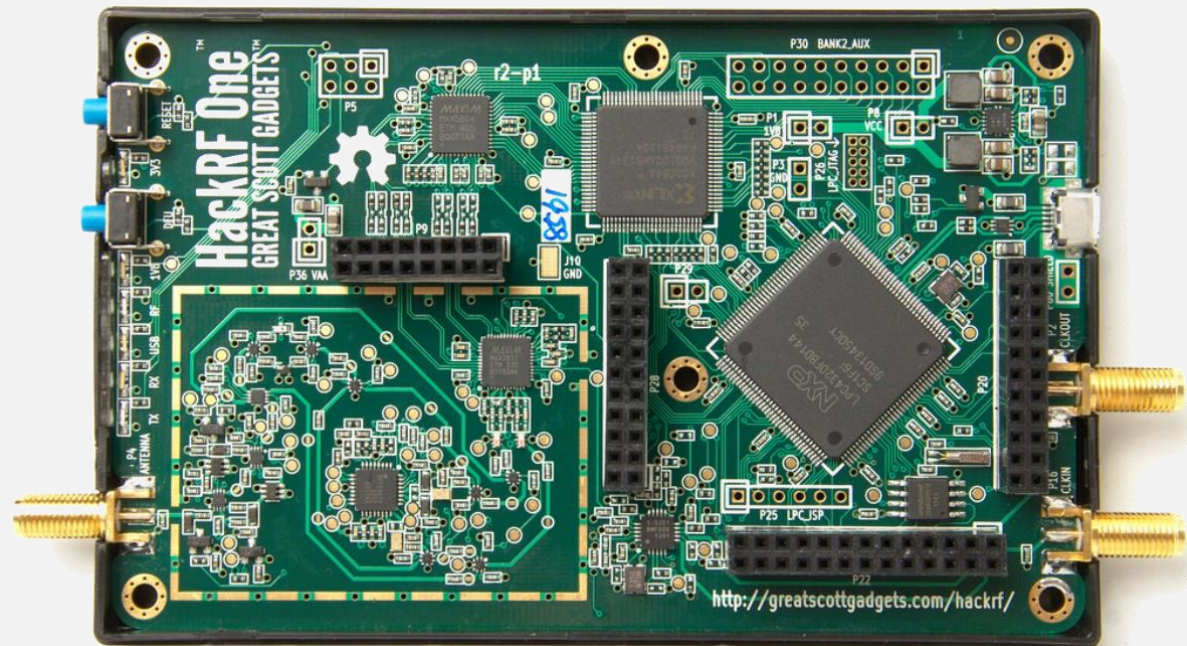
目录

- 开源软件无线电简介
- GNU Radio开发环境
- 开源软件无线电HackRF
- 开源软件无线电LimeSDR



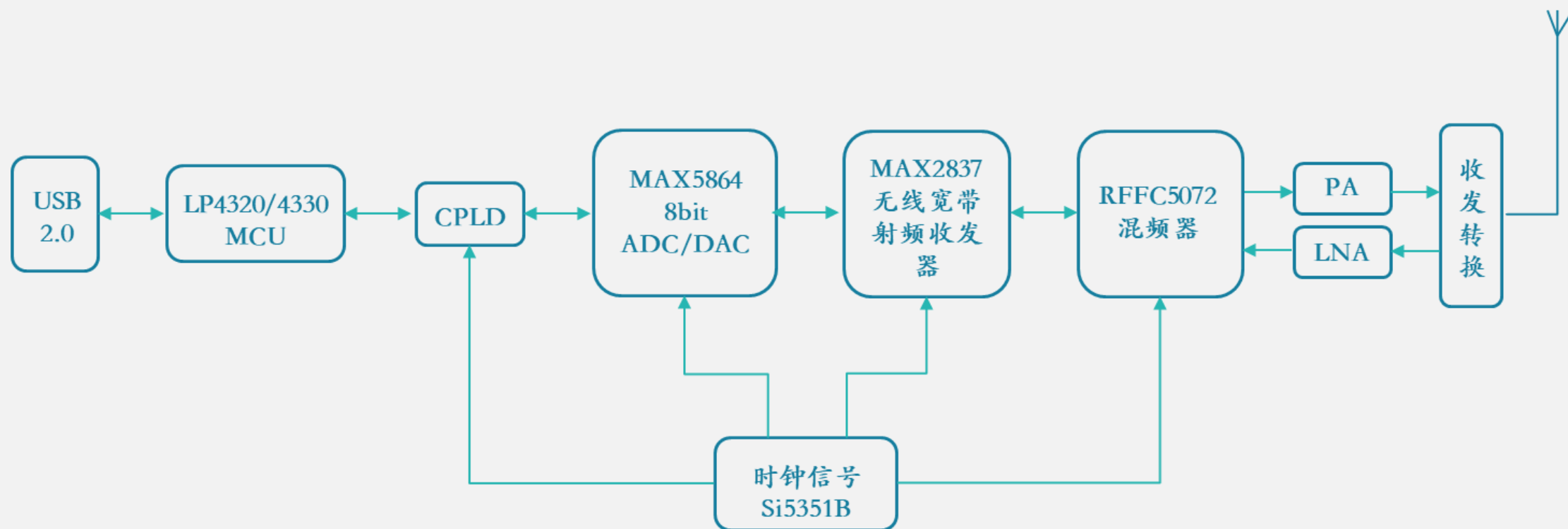
HackRF 简介

- HackRF是半双工器件，具有较宽的频率范围（30M-6GHz）、较低的成本以及开源软件的支持。



- HackRF是完全开源的，所有的硬件和软件都可以被研究和修改，且原理图、布局、物料清单（BOM）等需要根据Creative Commons和Apache 2.0协议使用。

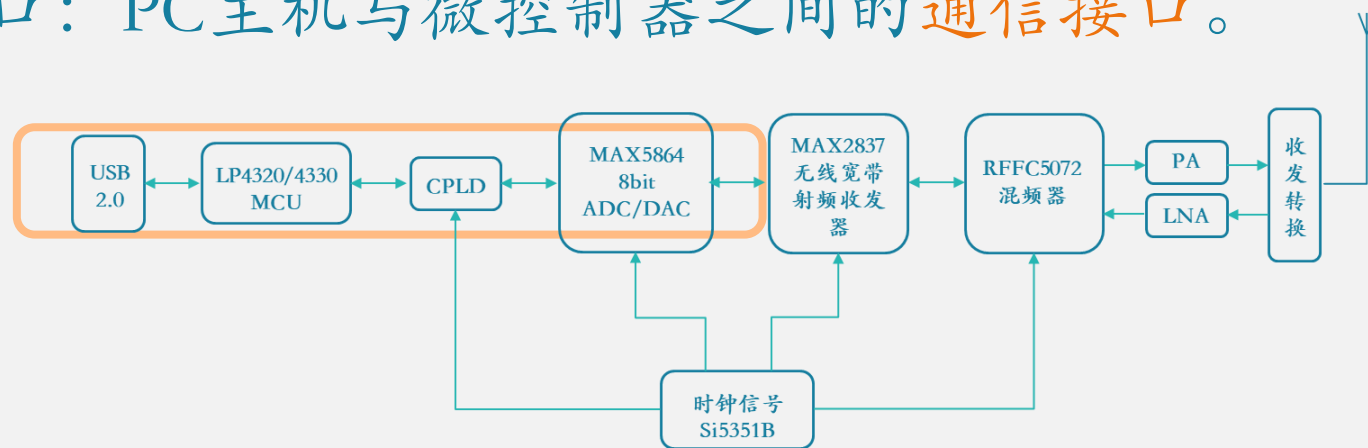
HackRF 硬件架构





HackRF 硬件架构

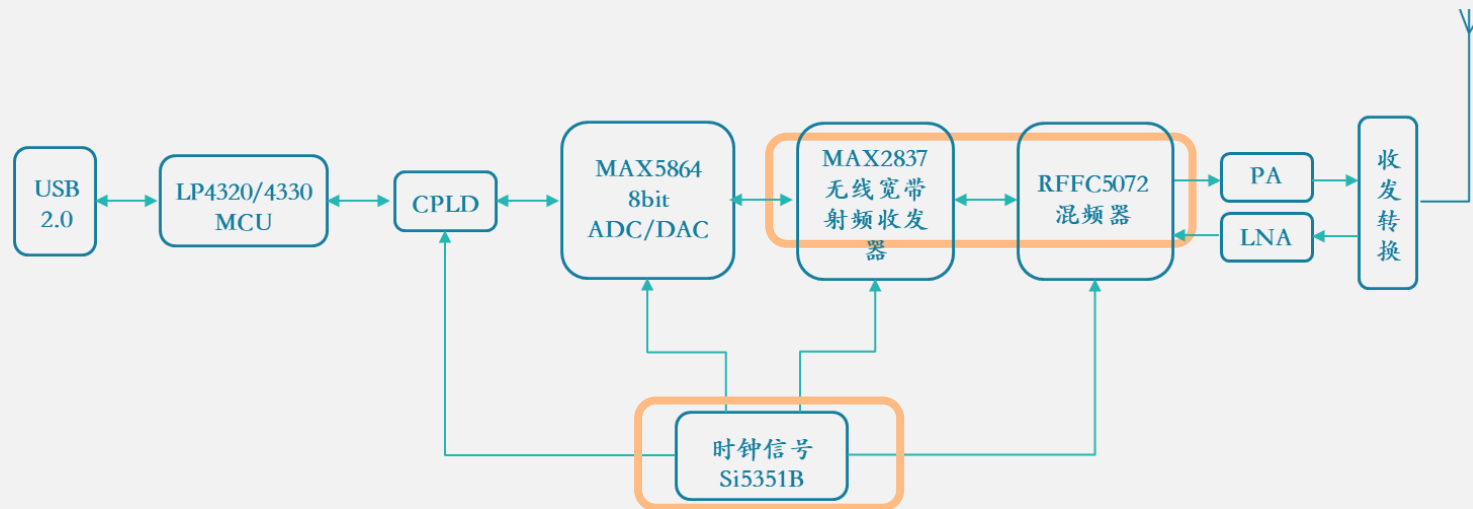
- USB 2.0接口：PC主机与微控制器之间的通信接口。



- 微控制器（LPC4320/4330）：整个开发板的核心，负责发送和接收USB2.0链路上的数据，并且控制开发板上所有的射频芯片。
- 复杂可编程逻辑器件CPLD（XC2C64A）：数据中转。
- 模/数和数/模转换器（MAX5864）：对发送的数据进行数/模转换，对接收到的数据进行模/数转换。



HackRF 硬件架构



- 无线宽带射频收发器 (MAX2837)：高度集成，完成大部分接收/发射的信号处理。
- 混频器 (RFIC5072)：完成信号在中频和射频之间的转换。
- 时钟生成器 (Si5351C)：产生时钟信号，使各个器件同步进行运算动作。



HackRF 开源项目

在GitHub网站和Hackrf.NET网站中，开发者还能够找到许多基于HackRF和GNU Radio的开源项目，例如：

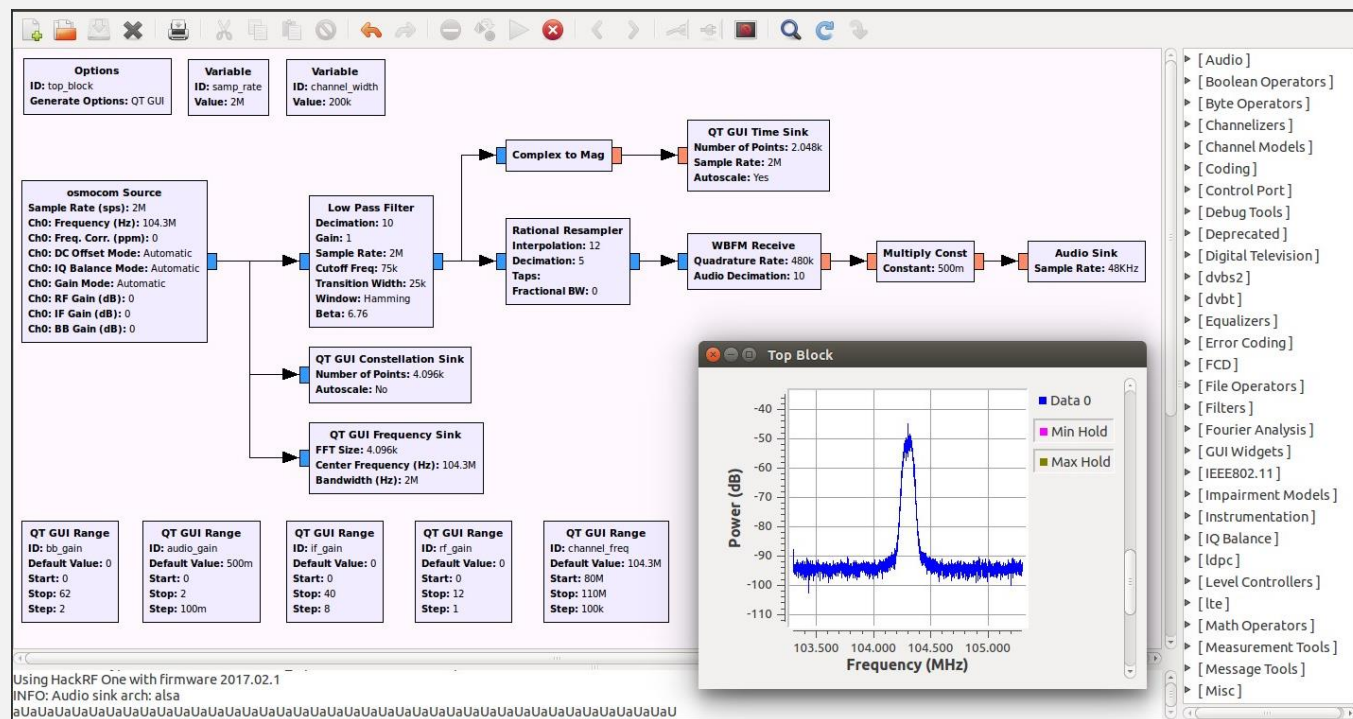
- (1) LTE小区搜索
- (2) BTLE/BT4.0 低功耗蓝牙
- (3) FM收音机
- (4) 发射手台/对讲机、
- (5) 电子战训练
- (6) AIS接收
- (7)



HackRF 典型开源项目

基于GNU Radio的FM收音机

- 项目编程环境采用GRC，硬件设备采用HackRF。

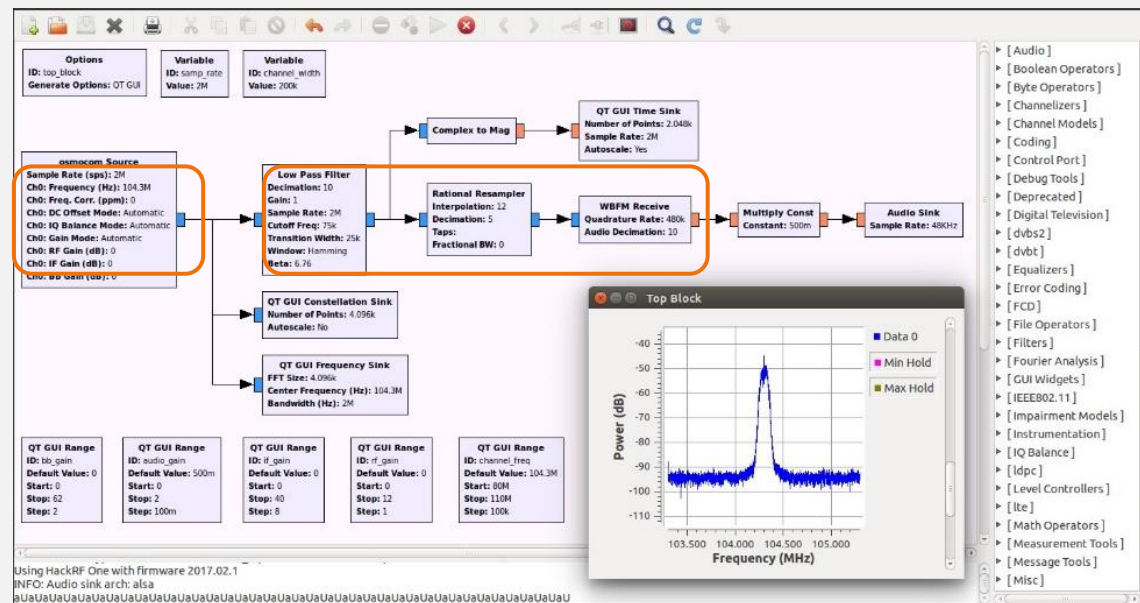




HackRF 典型开源项目

基于GNU Radio的FM收音机

1. 创建一个osmocom Source模块。在这个模块中，用户可以设置HackRF的中心频率、采样率以及增益等硬件相关参数。当程序运行时，该模块从HackRF中读取I/Q数据。



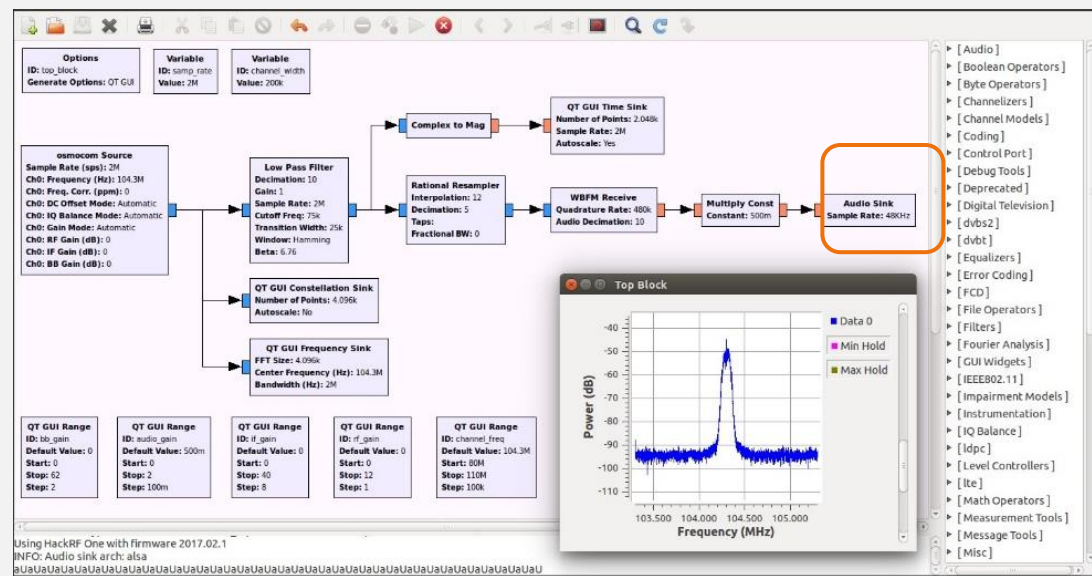
2. 采用GRC库中的WBFM Receive模块进行FM解调处理。解调前，需要对信号进行低通滤波和重采样处理，防止信道外噪声干扰。



HackRF 典型开源项目

基于GNU Radio的FM收音机

3. 解调后的信号通过Audio Sink模块播放。注意声卡的采样率一般是44.1kHz或者48kHz。



- ✓ 为了调试方便，可以在流程图中选择一些测试点，测量信号的时域波形和频谱。这些测量结果可以辅助开发者诊断系统故障。

目录

- 开源软件无线电简介
- GNU Radio开发环境
- 开源软件无线电HackRF
- 开源软件无线电LimeSDR



LimeSDR Mini 简介



- LimeSDR Mini是一款全双工的开源软件无线电平台，是LimeSDR系列中体积更小，价格更便宜的一款产品。

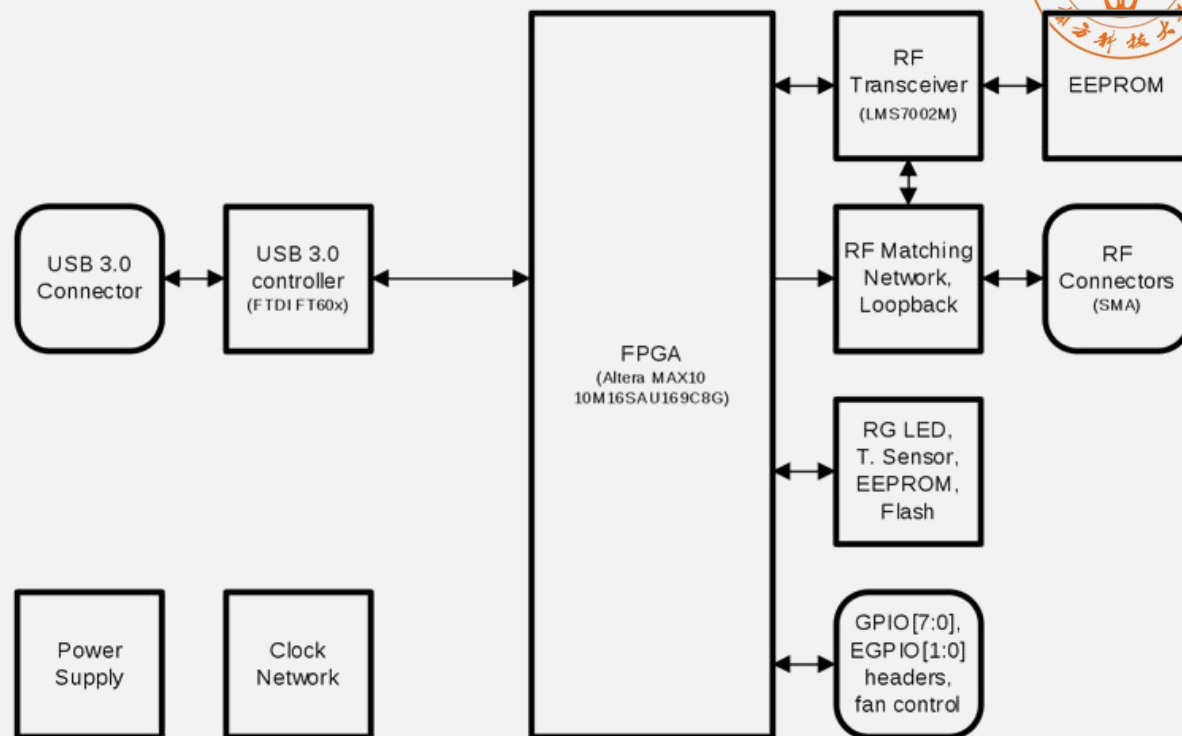


- LimeSDR Mini完全开源，所有的硬件和软件都可以被研究和修改，但是需要根据Creative Commons和Apache 2.0协议使用。

LimeSDR Mini 硬件架构



- LimeSDR Mini采用USB3.0与主机进行通信，内部采用FPGA+LMS7002M (现场可编程RF收发器) 硬件架构。

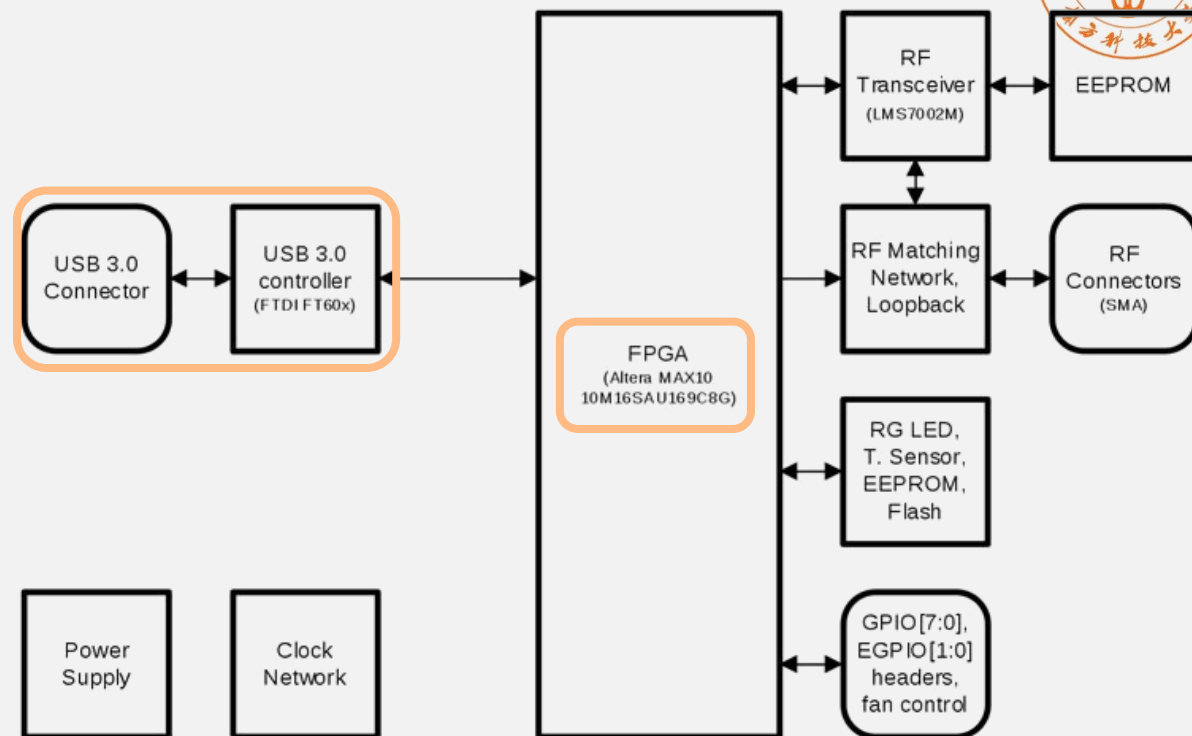


- FPGA是整个系统的核心，主要负责USB3.0接口和LMS7002M之间的数据传输。
- LMS7002M是射频前端核心器件，主要负责射频信号和数字中频处理。

LimeSDR Mini 硬件架构



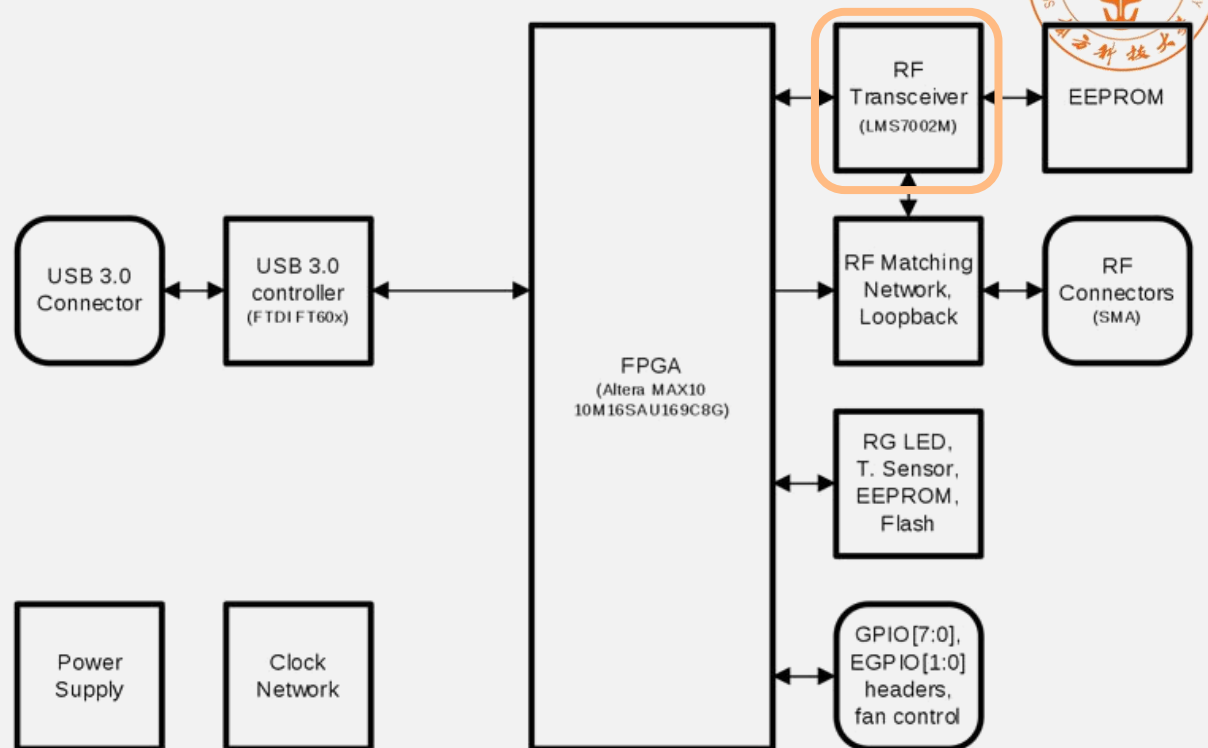
- USB 接口（USB3.0）：为 LimeSDR Mini 供电，并且为 LimeSDR Mini 和主机之间的提供数据传输通道。



- 可编程逻辑门阵列FPGA（Altera MAX10 FPGA）：FPGA采用Altera MAX10芯片。这款芯片成本低，性价比高，非常适合于消费级产品。主要功能是为USB3.0接口和LMS7002M之间的数据传输提供接口，同时也为板载LED、EEPROM等功能器件提供接口。

LimeSDR Mini 硬件架构

- 现场可编程RF收发器 (LMS7002M)
- ✓ LMS7002M是LimeSDR Mini的射频前端的核⼼芯片，可以在使用中调整为100kHz到3.8GHz之间的任何频率。这种类型的器件被称作FPRF(现场可编程射频芯片)，有一定的集成度，可以高度定制。

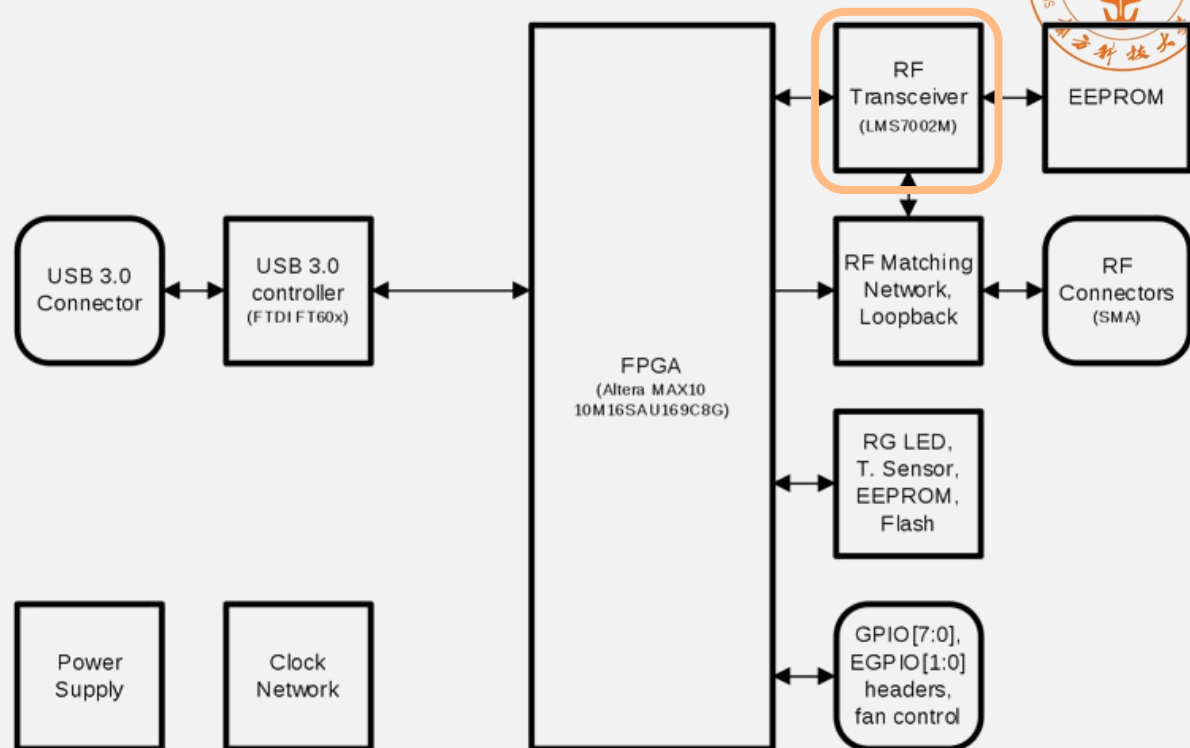


- ✓ LMS7002M支持全双工，包含两个发射通道和两个接收通道。每个发射通道分为TX-1和TX-2两个射频输出通道；每个接收通道分为RX-L、RX-H以及RX-W三个射频输入通道，每个通道支持的频率范围有差异。

LimeSDR Mini 硬件架构

- 现场可编程RF收发器 (LMS7002M)

- ✓ RX端包括接收信号、增益、下变频和滤波部分；TX包括滤波、上变频、增益和发射等部分。

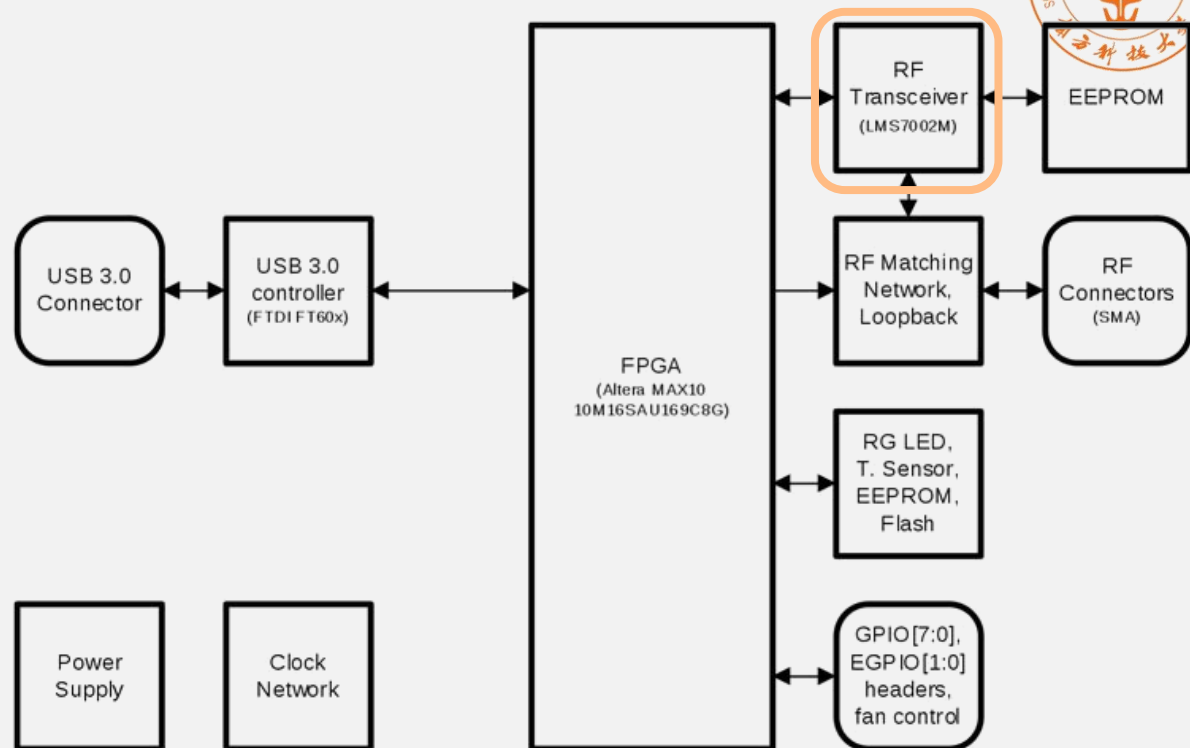


- ✓ 两个接收端可以分别接收不同波段的信号，通过低噪声放大器放大后由混频器下变频至基带，再通过AGC，使接收机输出电平保持稳定。之后通过滤波器，再由增益放大器进一步放大，最后通过ADC转入数字域。

LimeSDR Mini 硬件架构

- 现场可编程RF收发器 (LMS7002M)

- ✓ LMS7002M可实现**数字环回**，即发送端输出至IQ接口后可与接收端输入IQ接口后互相传输。这点也验证了电路发送端步骤是类似于接收端步骤的**逆过程**。



- ✓ LMS7002M发射和接收均为**零中频架构**，省略了变频至中频这一步骤。相对于中频结构，零中频实现起来较为简单，且**无镜频效应**，但存在本振泄露和无用边带的问题。



LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于Simulink-MATLAB和LimeSDR Mini的FM接收机
- 基于LabVIEW Driver和LimeSDR Mini的FM接收机



LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于Simulink-MATLAB和LimeSDR Mini的FM接收机
- ✓ 项目编程环境采用MATLAB，硬件设备采用LimeSDR Mini。
- ✓ Simulink-MATLAB-LimeSDR提供了LimeSDR Mini在MATLAB中的接口。根据该项目提供的接口函数，MATLAB可以从LimeSDR Mini中获取IQ数据。
- ✓ 根据项目Simulink-MATLAB-LimeSDR提供的说明文档，编译生成库文件libLimeSuite_thunk_pcwin64.dll。
- ✓ 在MATLAB中安装Communication System Toolbox。该工具包提供了FM立体声解调函数comm.FMBroadcastDemodulator。
- ✓ 项目链接：<https://github.com/jocover/Simulink-MATLAB-LimeSDR>

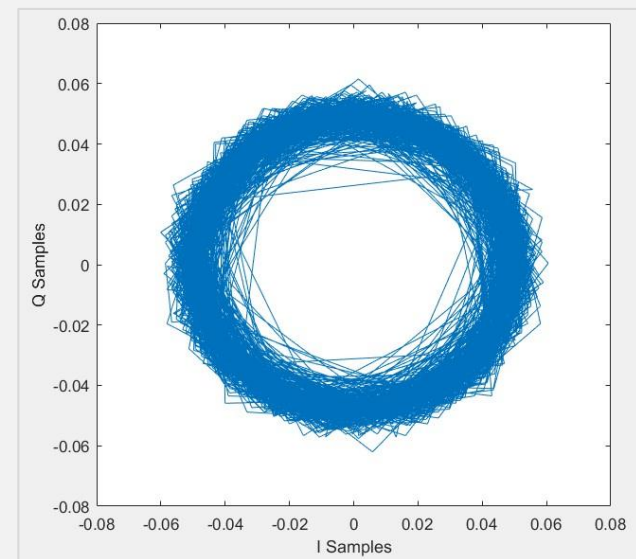


LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于Simulink-MATLAB和LimeSDR Mini的FM接收机

1. 构造FM接收机对象。
2. 配置LimeSDR Mini硬件参数。
3. 循环采集IQ数据、FM解调以及播放。
4. 关闭LimeSDR Mini，释放资源。

- ✓ 安装LimeSDR的USB驱动后，在USB接口插入LimeSDR Mini。运行程序，可以听见声音，得到IQ数据构成的星座图。





LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于Simulink-MATLAB和LimeSDR Mini的FM接收机
- 基于LabVIEW Driver和LimeSDR Mini的FM接收机



LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于LabVIEW Driver和LimeSDR Mini的FM接收机
- ✓ LimeSDR LabVIEW Driver提供了LimeSDR Mini在LabVIEW中的接口。根据该项目提供的接口函数，LabVIEW可以从LimeSDR Mini中获取IQ数据。
- ✓ 根据项目的说明文档，接口函数在LabVIEW 2018生成，因此FM接收机程序只能在LabVIEW 2018及以上的版本使用（本书随书附件提供LabVIEW 2013接口函数）。



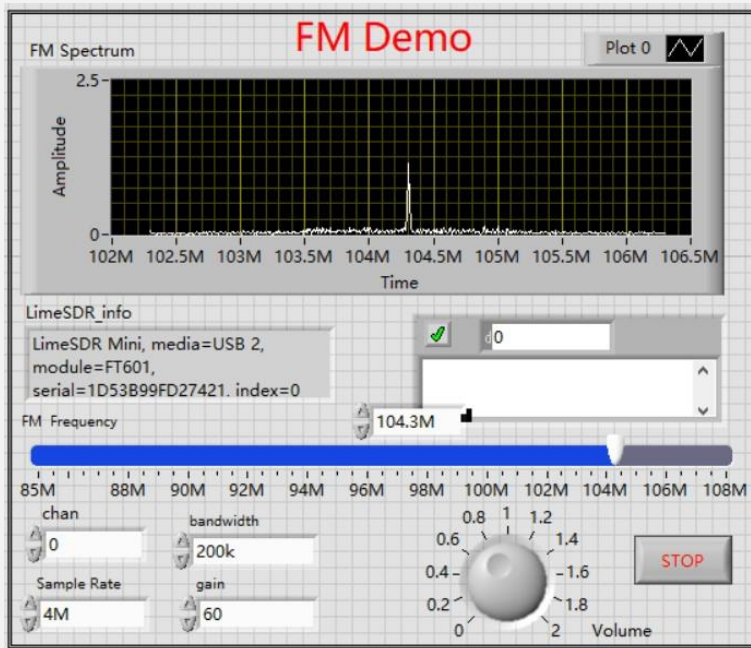
LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于LabVIEW Driver和LimeSDR Mini的FM接收机
- ✓ 运行需要64位的动态链接库LimeSuite.dll文件（本书随书附件提供LimeSuite.dll）。
- ✓ 安装LimeSDR驱动，下载WinDriver_LimeSDR-USB。注意在对应的操作系统下安装对应的驱动。
- ✓ 项目链接：https://github.com/eleday/LimeSDR_LabVIEW_Driver



LimeSDR Mini 典型开源项目

- 基于LabVIEW Driver和LimeSDR Mini的FM接收机



- ✓ 该项目提供了一个FM接收机实例：LMS_FM_Demodulate_Example.vi，无需额外编程，将USB接口插入LimeSDR Mini，即可运行程序。



- Question ?





【通信新说】



腾讯课堂