

浙江大学

本科实验报告

课程名称：通信原理实验

姓 名：黄嘉欣

学 院：信息与工程学院

系：信息与工程学系

专 业：信息工程

学 号：3190102060

指导教师：龚淑君 金向东

2022 年 4 月 6 日

专业： 信息工程
姓名： 黄嘉欣
学号： 3190102060
日期： 2022 年 4 月 6 日
地点： 东四-319

浙江大学实验报告

课程名称： 通信原理实验 指导老师： 龚淑君 金向东 成绩： _____
实验名称： 基于 GNURadio 的 FM 发送与接收 实验类型： 设计性实验 同组学生： 张维豆

一、实验目的

- ① 掌握 USRP 硬件平台的使用方法；
- ② 学习利用 GNURadio 设计流图的步骤；
- ③ 掌握利用 GNURadio 实现 FM 发送与接收的方法。

二、实验设备

- ① USRP-B210 1 块；
- ② 天线 1 根；
- ③ 安装 GNURadio 的电脑 1 台。

三、实验步骤

- ① FM 接收实验：
 - (1) 打开 GNURadio Companion 软件；
 - (2) 新建一个流程图页面，将 Options 属性的 ID 改为 LAB1，将 Variable 的 Value 改为 250e3。Options 块定义该 grc 流图的属性。ID 为标题，也决定了生成的 py 文件的文件名。生成选项 Generate Options 可以选择 QTGUI/WXGUI/NoGUI，对应使用的 GUI 库的类型。在这里选择某个 GUI 库后，在流图中的 GUI 模块就只能使用该库中的模块；
 - (3) 添加 UHD USRP Source 到画布上，其参数设置如下：

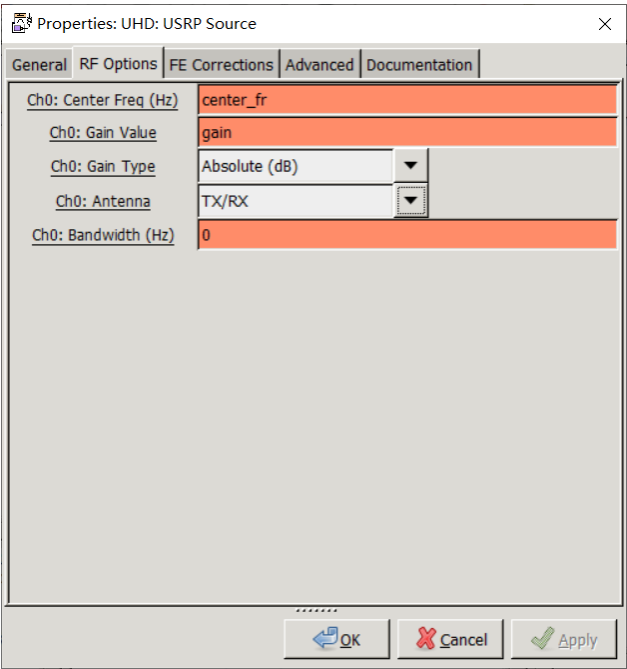


图 3.1.1 UHD USRP Source 参数设置

- (4) 添加两个 QT GUI Range 模块，并将其属性改为如图 3.1.2 所示。QT GUI Range 模块是一个可在运行时调整的变量，ID 是变量名。程序运行时将会出现一个滑动条，滑动游标或者直接设置数值可以在运行时实时改变变量值；

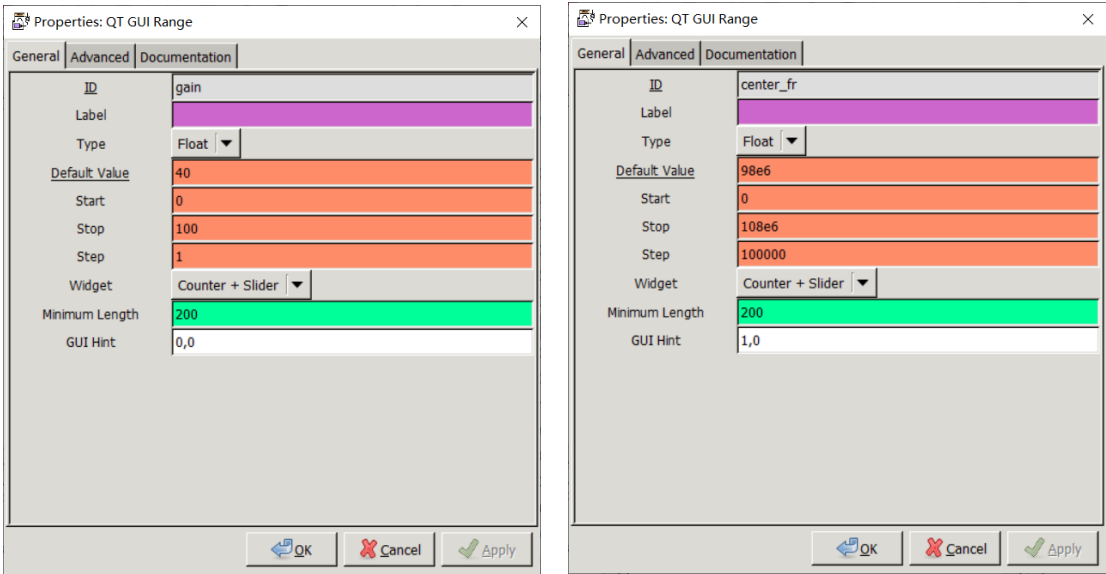


图 3.1.2 QT GUI Range 参数设置

- (5) 添加一个 QT GUI Sink 模块，用于观测接收信号的信息；
- (6) 添加一个 Rational Resampler 模块，用于采样率变换。Rational Resampler 模块的 Interpolation 属性为差值倍数。将其设置为 $\text{audio_rate} \times \text{audio_interp}$ ，如图所示：

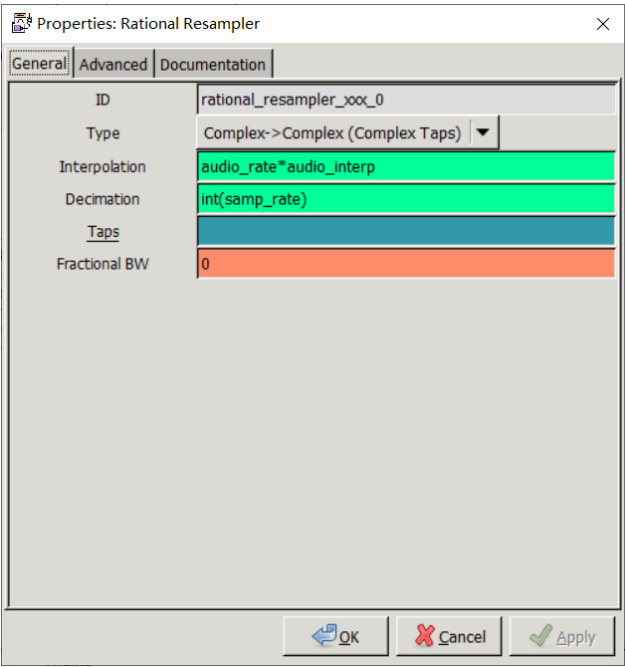


图 3.1.3 Rational Resampler 参数设置

- (7) 添加一个 Variable 模块，其 ID 设置为 audio_interp，Value 值设置为 4；
- (8) 添加一个 Variable 模块，其 ID 设置为 audio_rate，Value 值设置为 48000，如图 3.1.4 所示：

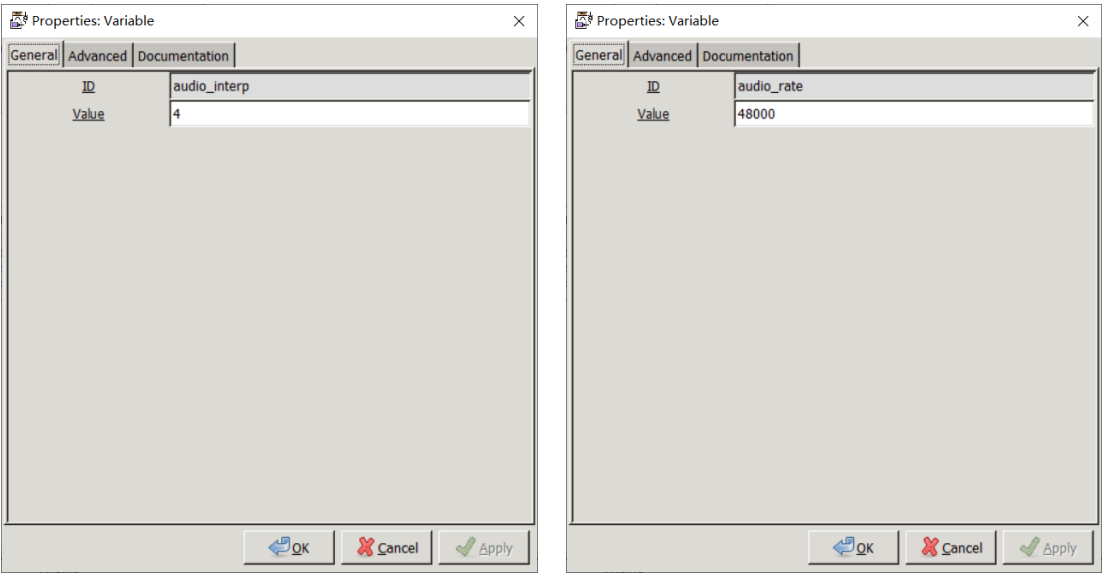


图 3.1.4 Variable 参数设置

- (9) 添加一个 WBFM Receive 模块，用来实现 FM 接收。其 Quadrature Rate 设置为 192000，Audio Decimation 设置为 4；

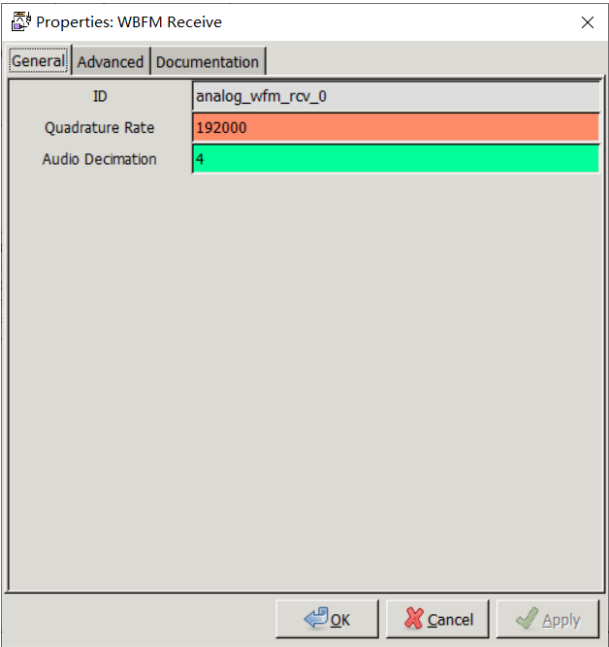


图 3.1.5 WBFM Receive 参数设置

(10)添加一个 Audio Sink 模块，用来输出声音。将其 Sample Rate 设置为 audio_rate;

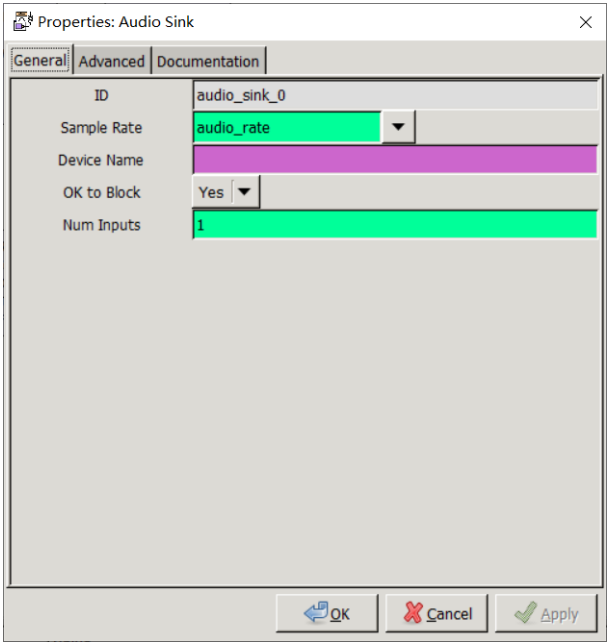


图 3.1.6 Audio Sink 参数设置

(11)按照图 3.1.7 将 FM 接收整体程序流图连接好后，保存为 LAB1.grc;

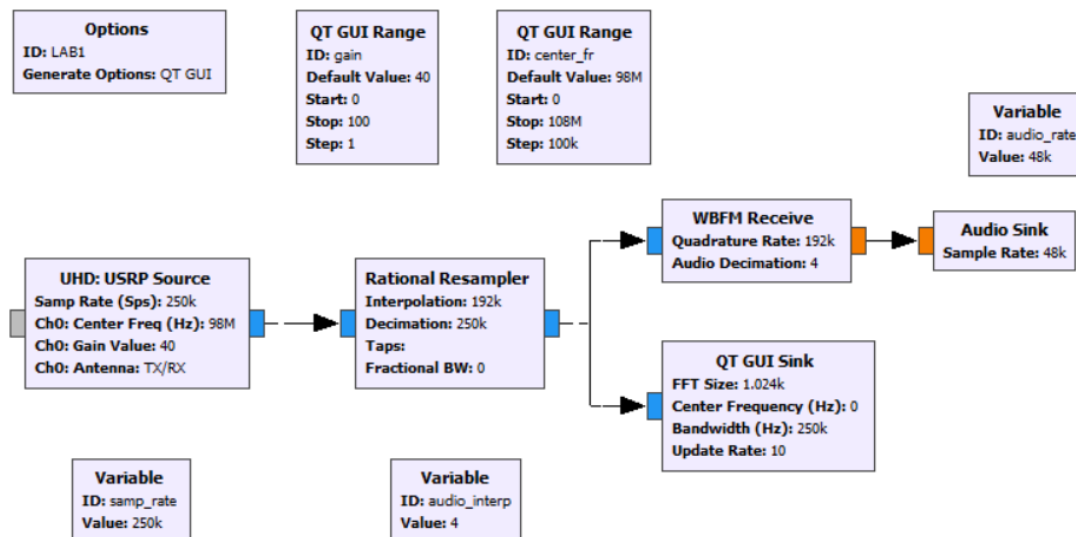


图 3.1.7 FM 接收信号流程图

(12) 将 USRP-B210 设备连接到 PC 端，运行程序。通过调节 `center_fr` 的值来调节频道，接收 FM 信号。

② FM 发送实验：

图 3.2.1 是 FM 发射信号流程图。先搭建好 FM 发射信号流图，然后用搭建的 FM 发射机发送音频信号，在普通 FM 收音机中收听到音乐，并且用另一台 SDR 硬件接收，通过 FM 接收机流图在计算机上听到音乐。

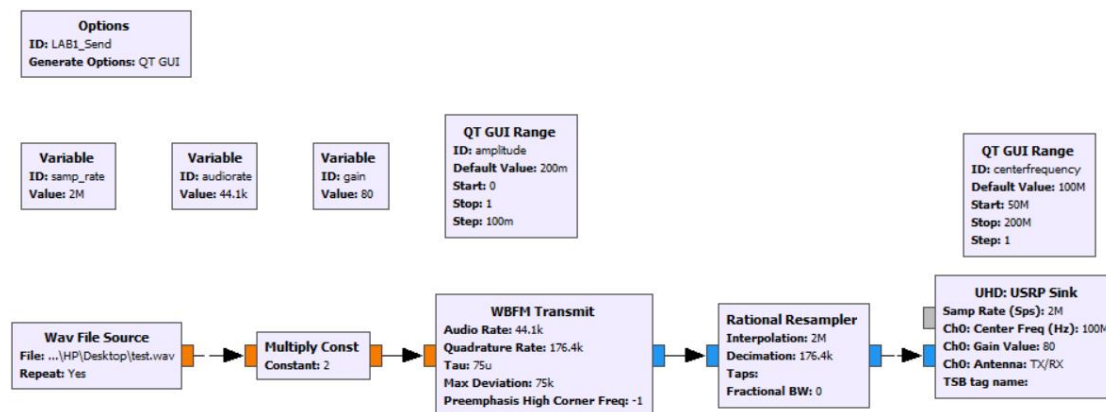


图 3.2.1 FM 发射信号流程图

一个完整的 grc 流图需要至少一个信源和信宿。这里的信源采用 wav 文件，该模块会将声音内容转换为信号流（如 wav 文件的采样率为 44.1kHz）。信宿 UHD:USRP Sink 为 USRP 硬件接口，可以设置中心频率和增益。设置的中心频率即为 FM 广播的频段，可以自由调整，此处默认为 100MHz。

FM 调制方式通过 WBFM Transmit 模块实现。该模块共有 5 个参数：Audio Rate 表示

音频输入流的采样速率；Quadrature Rate 表示输出流的采样速率，与 Audio Rate 之间呈整数倍关系；Tau 代表 pre-emphasis time constant，即预加重时间常数；Max Deviation 代表最大频偏；Pre-emphasis High Corner Freq 代表预加重拐角频率，当该参数小于 0 时，默认值被设置为 $0.925 \times \text{quad_rate} / 2.0$ 。

通过 WBFM Transmit 模块后，数据的采样速率为 176.4kHz，通过 Rational Resampler 重采样模块调整采样速率至 2MHz。

流图绘制完毕后，如果流图符合要求，GRC 界面上的运行按钮就会处于可用状态。连接 USRP-B210，单击运行按钮，流图就开始运行，此时可以用收音机收听广播了。

四、实验流图分析

① FM 接收实验：

如图 3.1.7，数据的流向为 USRP Source -> Rational Resampler -> WBFM Receive -> Audio Sink。由于我们设置的 USRP Source 的速率为 $\text{samp_rate} = 250\text{M}$ ，而 Audio Sink 的速率为 $\text{audio rate} = 48\text{k}$ ，显然，源数据的采样率不是音频速率的整数倍，因此必须进行重采样，即利用 Rational Resampler 模块，将输入的速率转化为输出的速率。转化完成后，我们便可利用 WBFM Receive 对信号进行解调，最后传输到 Audio Sink 模块输出声音。

② FM 发送实验：

如图 3.2.1，数据的流向为 Wav File Source -> Multiply Const -> WBFM Transmit -> Rational Resampler -> USRP Sink。其中，Multiply Const 模块可以放大信号，但会影响频偏，其值过大会导致接收方接收效果变差。在 WBFM Transmit 模块，原始的声音信号将被转换为 WBFM 信号。与 FM 接收实验类似，我们需要使用 Rational Resampler 模块调整信号的采样率至 2MHz，最后再传输到 USRP Sink 模块利用天线进行发送。

五、实验结果记录与分析

① FM 接收实验：

连接 USRP-B210 及天线后，运行流图，将中心频率调整到 98.8MHz，增益调到最大，可以通过电脑扬声器清晰地听到广播声音，实验效果符合预期。实验的流程结果图如图 5.1 所示。

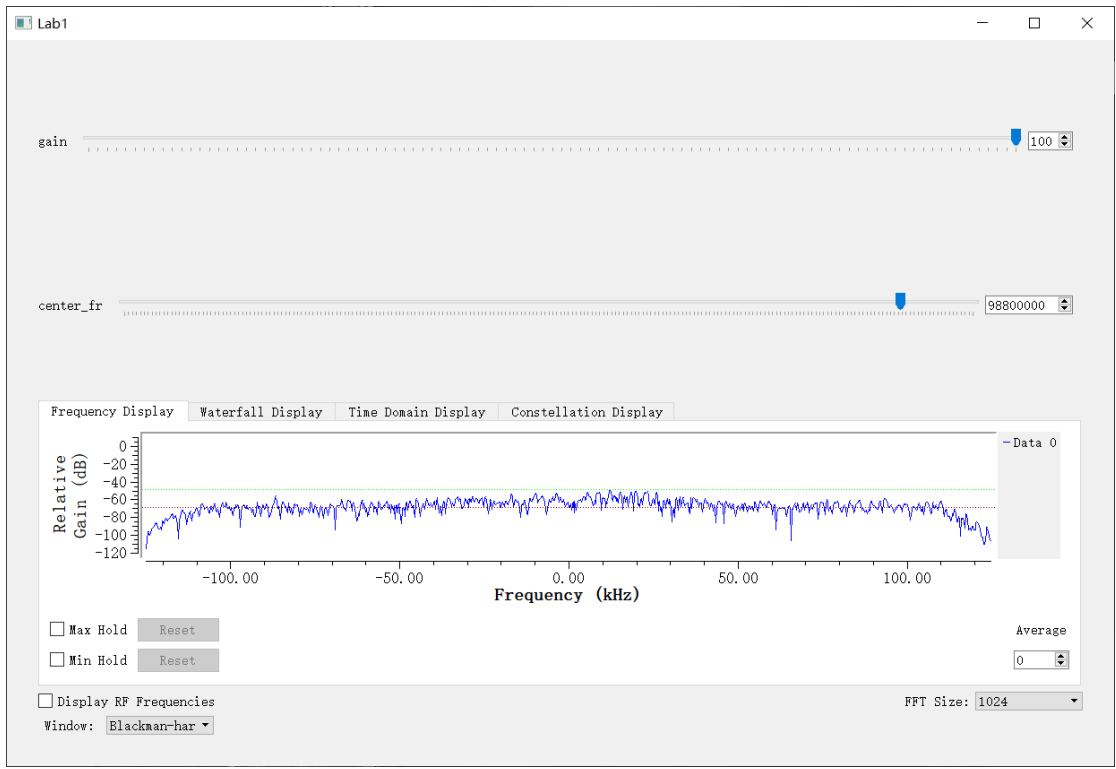


图 5.1 FM 接收实验流程结果图

② FM 发送实验：

令 USRP Sink 模块的增益为 80，连接 USRP-B210 及天线后运行流图，将中心频率调整到 100MHz，幅度调为 1，接收端的中心频率也对应调整到 100MHz，可以清晰地听到发送的音频《Yesterday Once More》，实验结果符合预期。

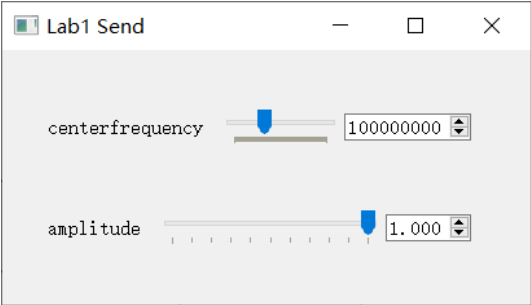


图 5.2 FM 发送实验流程运行图

如图 5.3，当发送端与接收端中心频率不同时，接收端收到的信号频谱基本上全为噪声，扬声器声音较为嘈杂；如图 5.4，当发送端与接收端中心频率相同时，可以看到接收端收到信号在 100MHz 周围的幅度明显更高，信号与噪声可以很好地区分开来，此时扬声器歌声比较清晰。

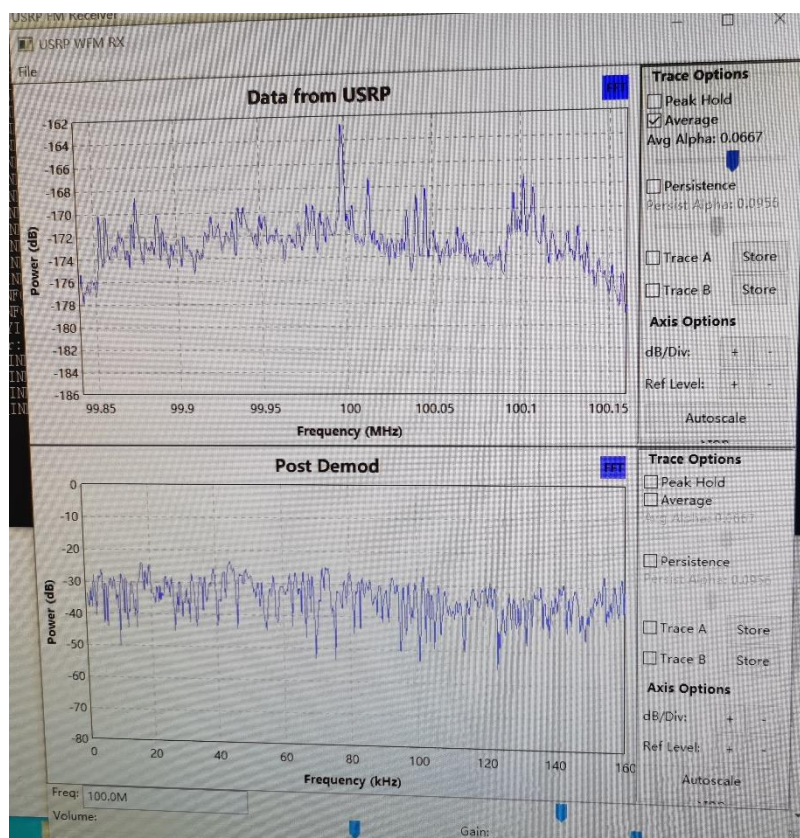


图 5.3 发送端与接收端中心频率不同时频谱

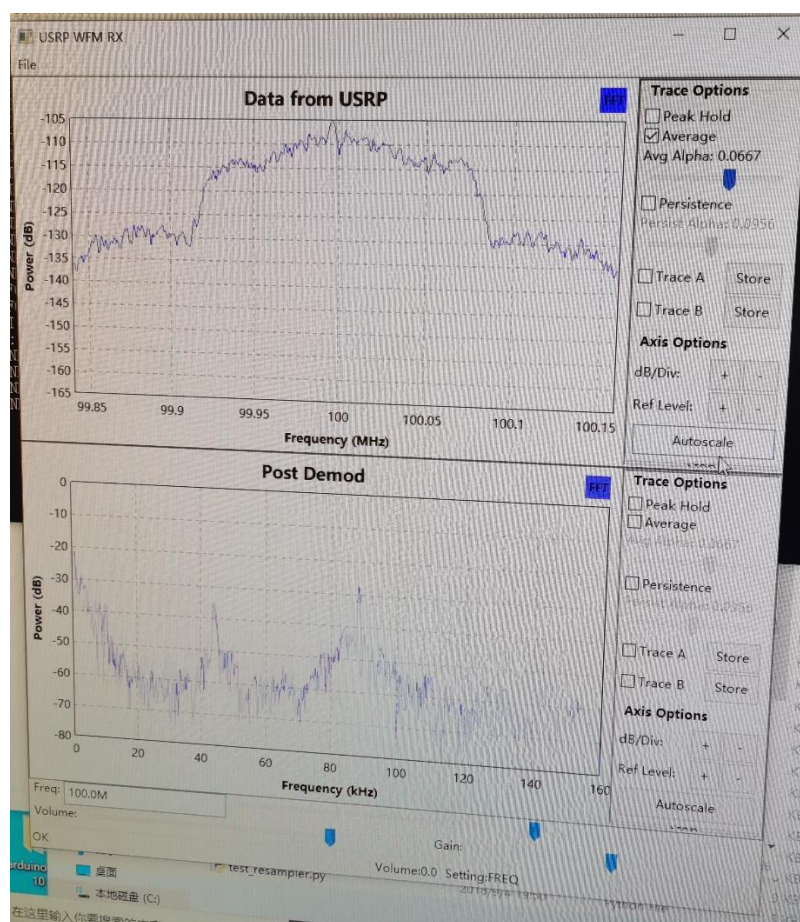


图 5.4 发送端与接收端中心频率相同时频谱