

实验六 AM 信号接收与解调

实验目的：

学习 GNU Radio 流程图编程。了解 AM 信号的接收处理流程，找到自己需要的模块，修改模块的参数，设计 AM 电台信号接收流程图，并收听电台内容。

实验原理：

GRC 是基于模块的仿真实验工具。类似于 MATLAB 中的 SIMULINK 工具。基本使用方法就是先将需要用的模块放到窗口。再设置各个模块的参数，然后连接各个模块，绘制信号流程图，之后生成流程图，仿真运行。

实验步骤：

1. 打开 GRC，并连接如图 1 所示。数据速率（sample rate）设置为 256K，这是因为保存的文件数据也是 256K。File source 模块中选择已经下载好的文件。选择模块端口输出类型为 complex，为什么在软件无线电中选择复数数据类型？

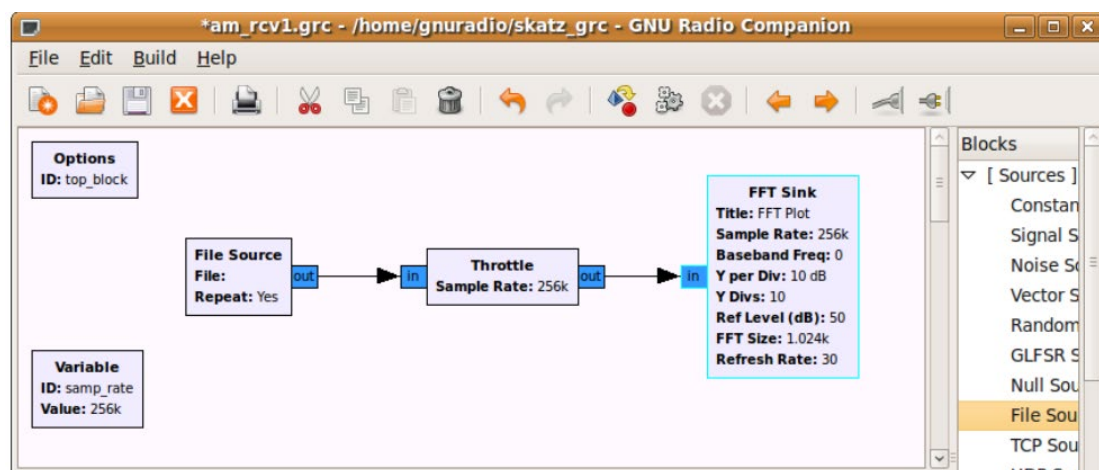


图 1

2. 保存并执行上述 FLOW GRAPH，可以观测到该信号的 FFT 频谱，如图 2 所示。点击右下角的 Autoscale 按钮可以将波形调整到合适的位置。观测频谱并注意以下几点：

(1) 因为该信号记录的频点为 710KHz，所以信号的中心频率实际为 710KHz，也就是说图中的 80KHz 的位置实际上是 $710K + 80K = 790KHz$ 。

(2) 信号频率展宽范围是 -128KHz 到 128KHz。也就是实际的展宽为 256KHz，这与所设置的 Sample Rate 一致。

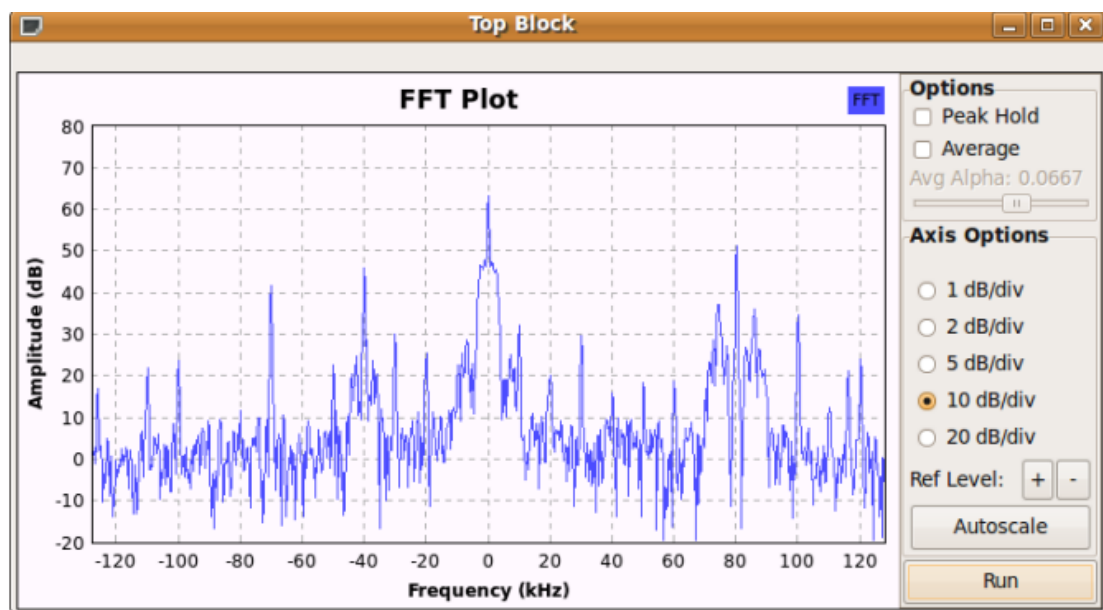


图 2

3. 为了得到分辨率更高的 FFT 频谱，将上图中的频谱展宽。**如何展宽频谱？**
 将 Rational Resampler 模块的加到流程图中，如图 3 所示方法连接，并设置参数 Decimation 为 4，其他默认。这样信号的频谱宽度就变为 $256\text{K}/4=64\text{K}$ ，如图 4 所示。

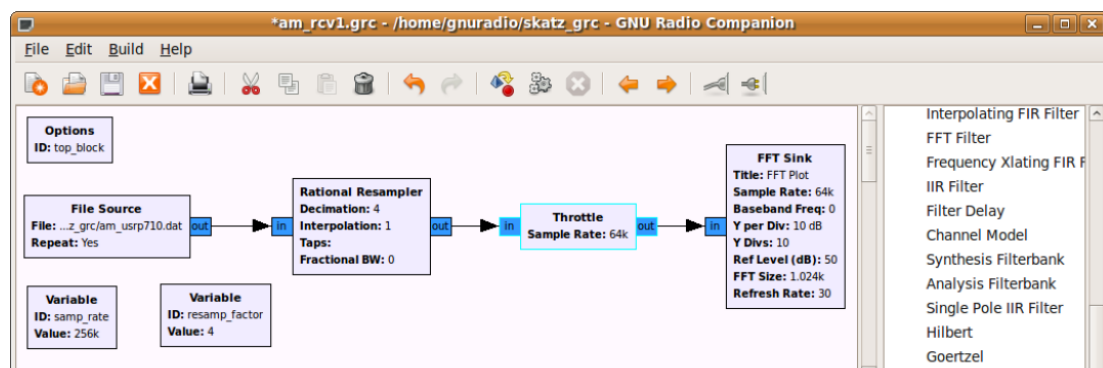


图 3

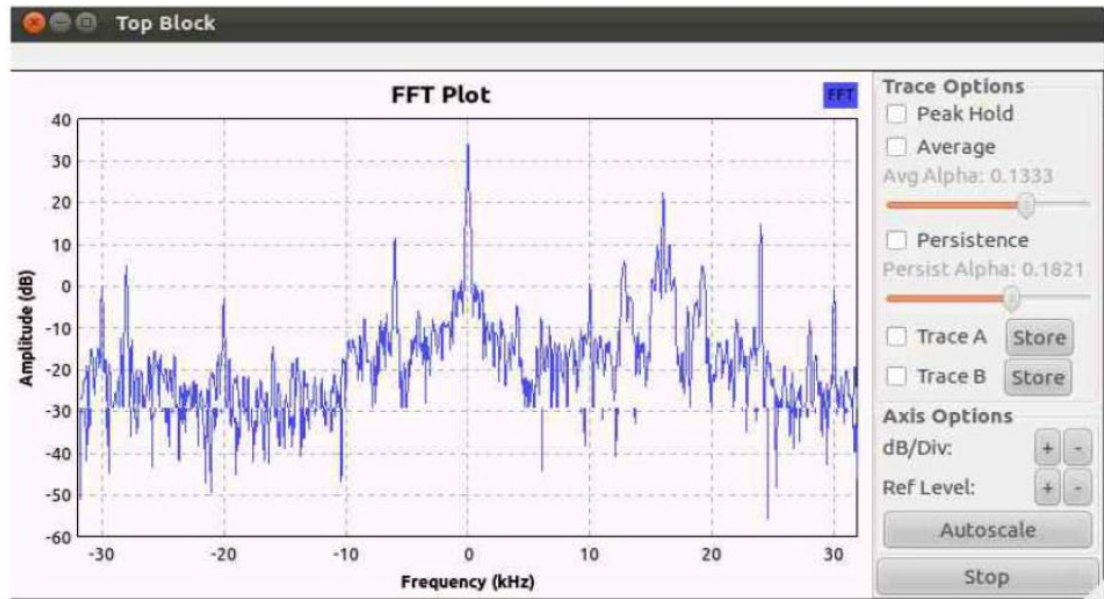


图 4

(1) 增加一个 Variable 模块，该模块的作用是灵活的改变参数的设置。例如该步骤中 Sampler Rate 需要改为 64K。这里不需要逐一的改编 Throttle、FFT sink 中的 Sample Rate 的设置，而只需要将 Variable 的 ID 改为 resamp_factor，然后参数设置为 4，接着在 Throttle 和 FFT 中将参数 Sample Rate 设置为： $\text{samp_rate}/\text{resamp_factor}$ ，这样结果自动计算为 64K。因此这种做法具有很强的灵活性。

4.为了选择中心频率为 710KHz 波段的 AM 电台，需要增加一个低通滤波器去过滤其他信号，如图 5 参数的设置如图所示。

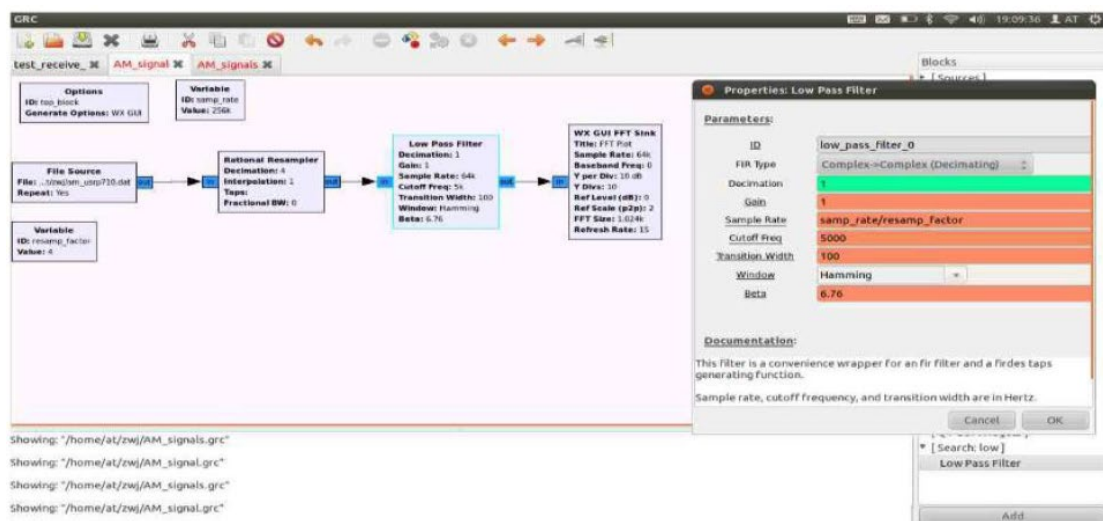


图 5

执行该流程图，得到如图 6 所示的结果

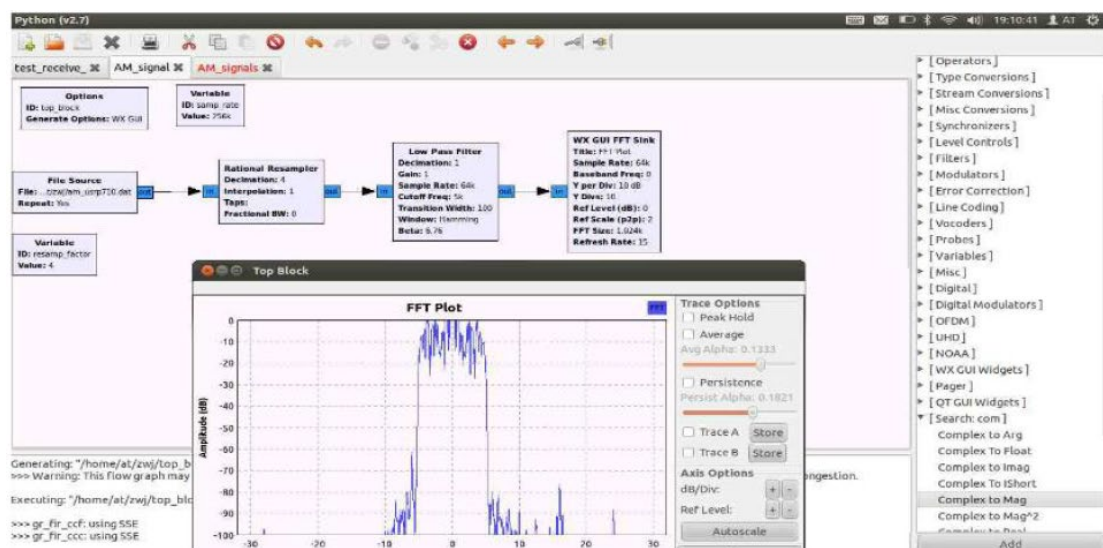


图 6

5.接下来需要做的就是信号解调。AM 信号由于是振幅调制信号，即时域波形就是信号的包络。GNU Radio 中包含一个可以将复数信号转为实数信号的模块（Complex to Mag）。流程图如图 7 所示，执行该流程图就可以观察到 AM 基带信号。尽管 FFT Sink 输入信号类型为 Float 型，但信号频谱只有正频率部分。

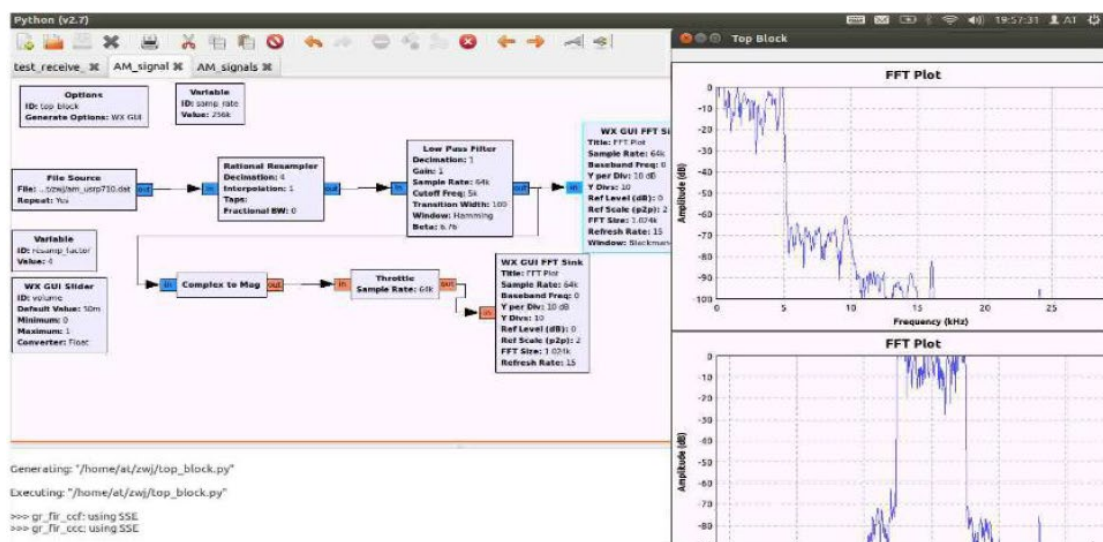


图 7

(1) 流程图中增加 Throttle 是为了仿真的需要，否则在观察频谱的时候电脑有可能死机。如果信号输入 USRP 设备或者声卡等设备时，则不需要这个模块。

6.接下来就可以收听解调后的 AM 信号了。加入 audio sink 和 WX GUI scope sink 模块，流程图如图 8 所示。

(1) 目前声卡的采样率大部分为 48K，因此改变 audio sink 中的设置参数。同时，由于 Complex to Mag 模块输出的信号采样率为 64K，所以需要通过 Rational Resampler 模块改变它的输出信号采样率。设置参数 decimate 为 4，interpolate 为 3，即采样率为 $64K/4*3=48K$ 。

(2) 执行该流程图并不能听到真正的 AM 信号，只有“滋滋”的电流声，这是因为输入扬声器的信号功率太大。

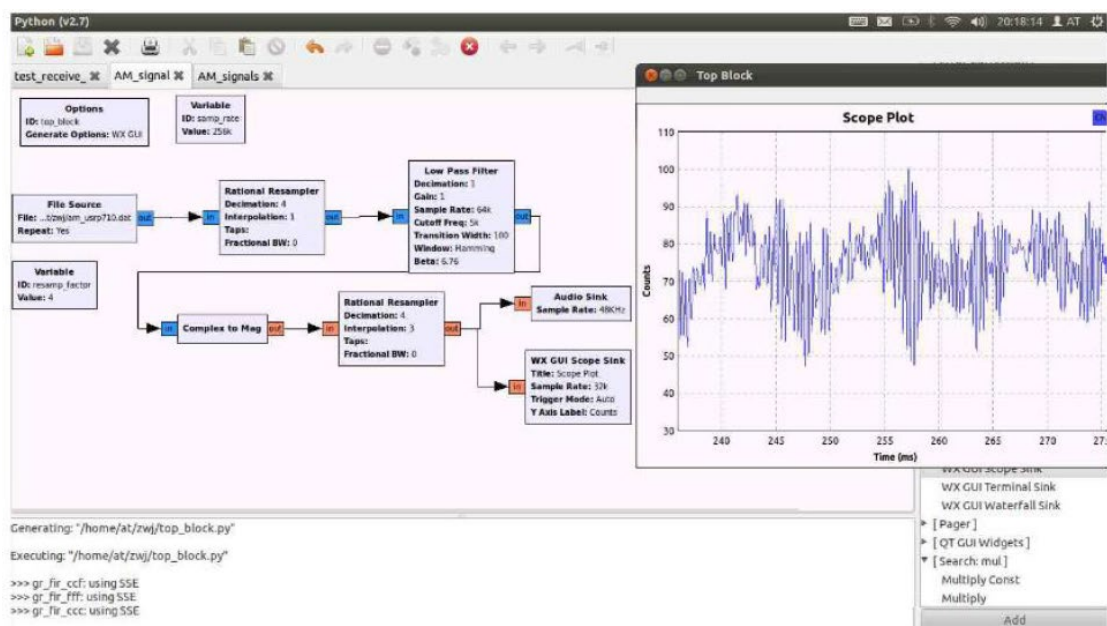


图 8

7. 加入衰减器 Multiply Const，同时为了能够灵活地调整输入扬声器信号功率，加入 WX GUI Slider 模块。这个模块的功能像一个滑块，可以灵活地调整变量的值，以便能够调试到合适的参数并收听到 AM 信号，如图 9 所示。

(1) 执行该流程，并调整 volume 到 30m 左右，可以听到不是很清楚的声音。这是因为该波段的信号混有噪音，后续会继续进行处理得到清晰的声音。

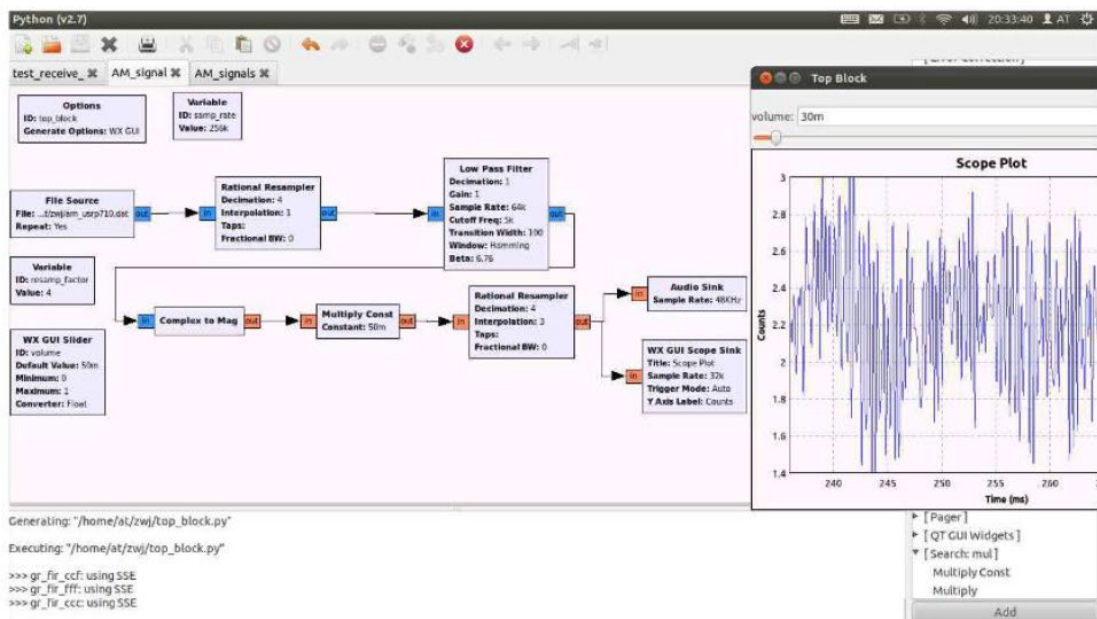


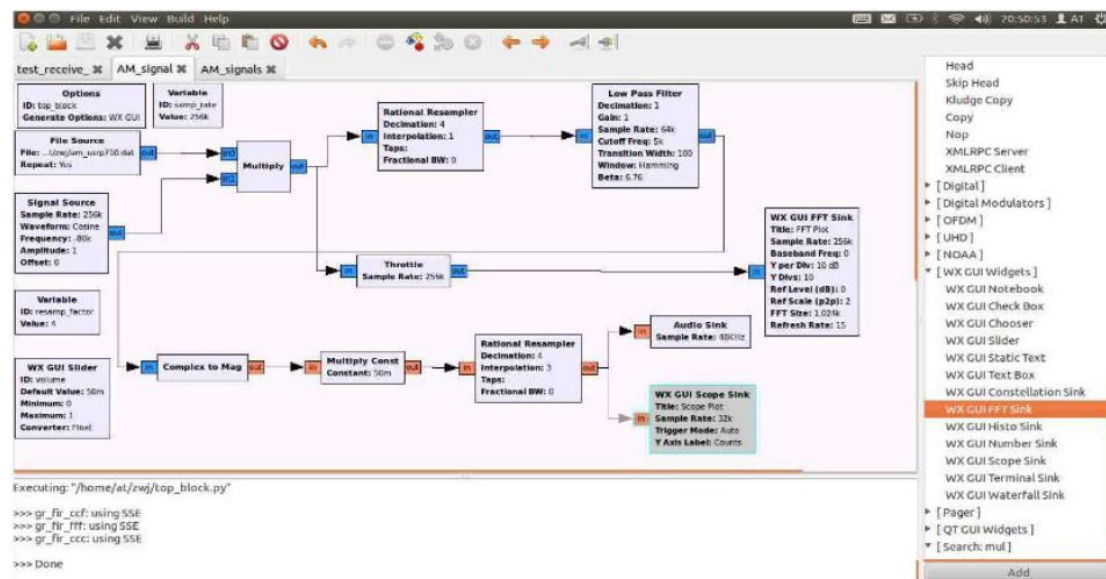
图 9

8.观察图 2 的信号可以看到在 80KHz+710KHz 的波段有很强信号,因此去解调此处的信号。为了解调 790KHz 处的信号,需要将其频移至 0 频附近。要想得到该信号,可以通过乘以一个余弦信号进行频谱的搬移。修改频谱后如图 10 所示:

(1) 时域信号相乘相当于频域的相加。因此乘以-80KHz 的余弦波可以将信号往左搬移 80KHz。为什么可以这样操作?

(2) 可以增加一个 WX GUI Slider 去调节所加信号的频率,实现的对电台(频率)的可选择性。

(3) 执行该流程图可以听到比较清新的声音,但仍有很多杂音,这是由于电噪声的影响。可以通过增益自动调节模块(AGC)来进行调节。



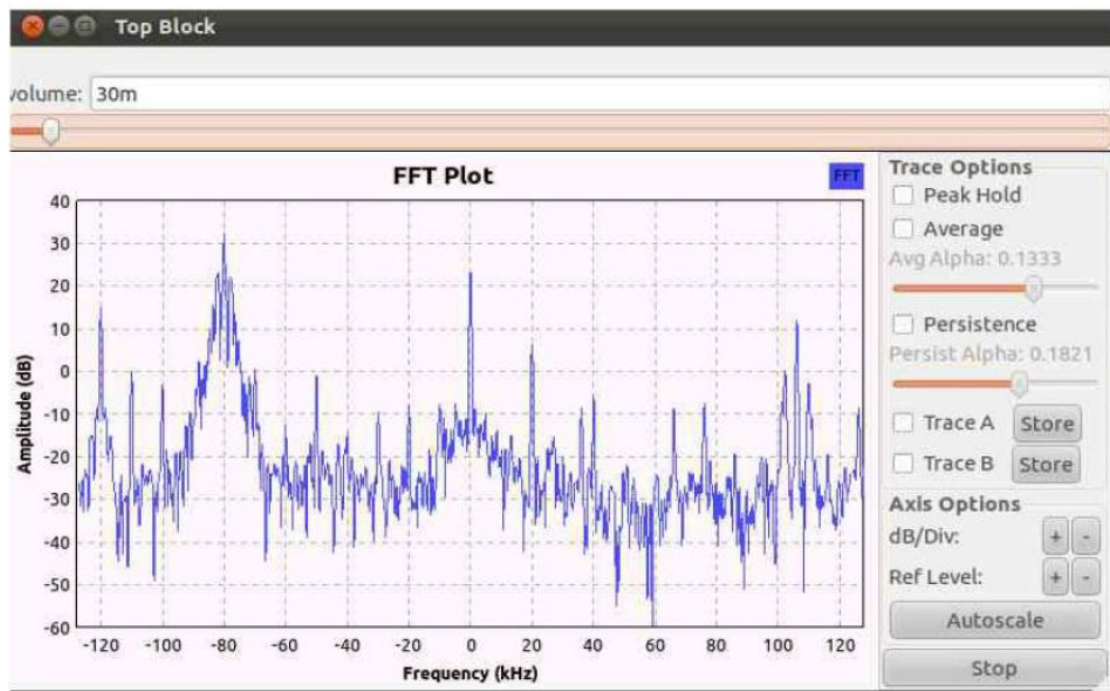


图 10

9.增加自动增益控制模块（AGC2）及调节频率的 slider 模块，得到如图 11 所示的结果：

- （1）AGC2 模块加到 Low pass filter 和 Complex to Mag 模块之间
- （2）AGC2 模块参数设置：Attack=6.25e-4, Decay=1e-5。其他默认
- （3）声卡可接收的功率范围是-1.0 到 1.0
- （4）执行流程图，调整余弦信号频率到-80KHz，可以听到比较清晰的声音，然后调节 volume，可以增大音量。这时听到的声音比前面的要清新多了。
- （5）当所观测的 FFT GUI 界面有两个以上时，可以用 WX GUI Notebook 模块。该模块可以产生如图中所示的 tab1 tab2 tab3 标签样式。

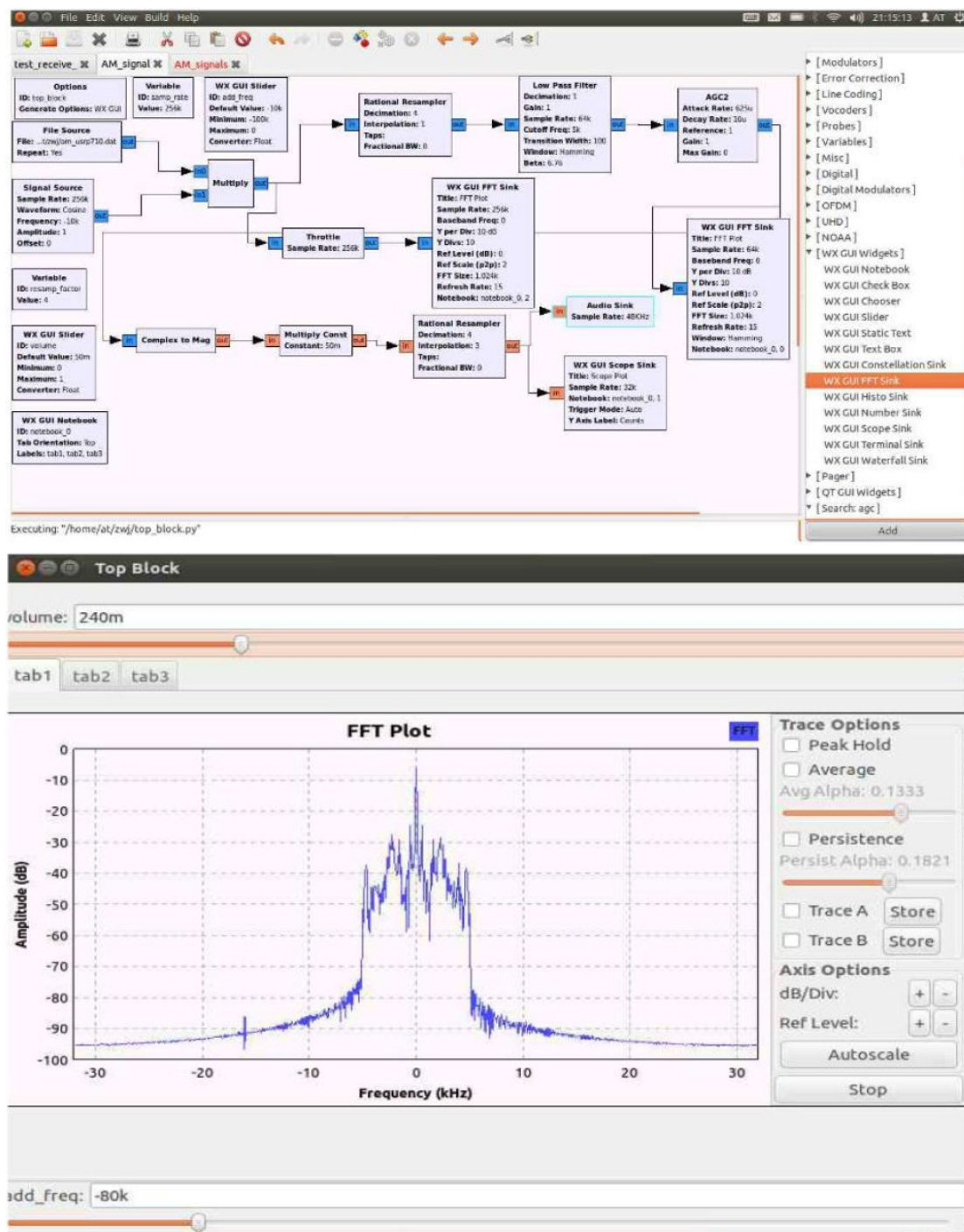


图 11