

先给出一些跟本文有点关系的一些网站链接:

<http://drm.sourceforge.net/> drm 的 ofdm 一直到声音解码源程序,编译后可以在 windows 下执行,也有 drm 真实声卡采集信号,可以用于测试自己的程序,也有许多收音机的 drm 改装指导

<http://www.amgrp.org/kits/softrock40/> 一种基于计算机声卡的软件化接收机软硬件

<http://www.sat-schneider.de/DRM/DRM.htm> 一个 DRM 设备制造商,我的 DRM 变频器就是按他们的方案作的。

<http://www.helloq.net/web/index.php> helloq 当然不能少,国内 ham 高水平技术社区,大量的 diy 作品活跃地

<http://gnuradio.org/trac> 无线通信技术也可以开源,我期望着通信自由解放的那一天,打倒一切盈利性运营商!

<http://oscar.dcarr.org/ssrp/> 一个 GNU radio 的低成本硬件实现方案;

DRM 是 Digital Radio Mondiale 的简称,说白了就是 30MHz 以下的数字广播技术(现在也被扩展到了传统的调频广播 88~108MHz 频段).中波广播是 525~1605kHz,短波广播一般是 3MHz~30MHz,又叫 HF 频段,高频频段.总之 30MHz 以下存在许多的广播电台在播发调幅广播信号,也有业余无线电爱好者使用单边带方式进行通信,例如 LSB 或者 USB 方式,也有 SSTV 慢扫描电视,卫星云图播发, CW 方式即等幅报摩尔斯电码什么的。

不好意思又给人科普上了。

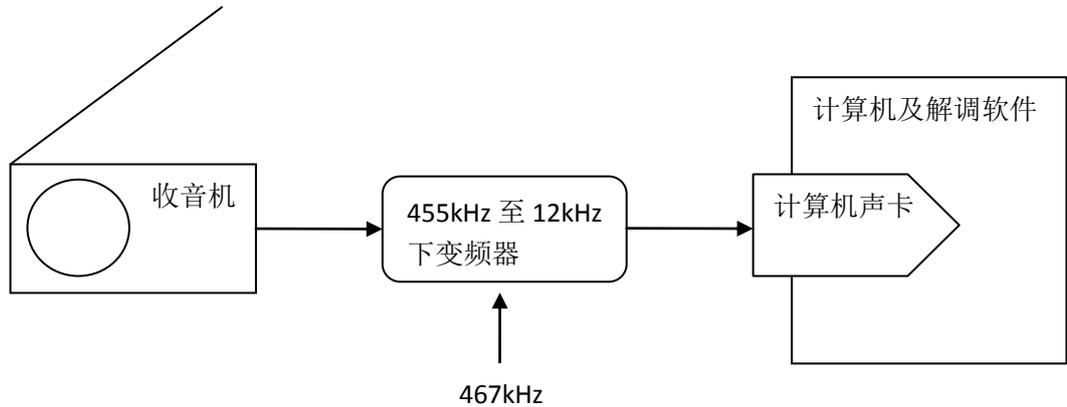
调幅广播有些固有缺点,例如容易受到干扰,音质一般(带宽窄)等等。能不能通过数字化技术提高抗干扰性,提高抗电离层传播导致的多径等各种效应的能力,提高音质? DRM 就是定义了原来调幅广播频带内使用 OFDM 技术来广播音频信号的技术,OFDM 不用多说了,3G LTE 长期演进计划,IMT advance, 4G, WiMAX, WiFi 之类的几乎全用了 OFDM 技术,OFDM 特别适合用在多径严重的环境当中,这个说起来三天也说不完,博士论文主要就是研究的跟 OFDM 有关的这些东西。

赶紧说说我这两天干啥了吧。

DRM 梦想是美好的,一个问题是,传统的收音机只能解调模拟信号,是无法解调 OFDM 信号的,怎么即能充分利用传统收音机,又能听 DRM 广播呢?就是依靠计算机。由于自己给人做过地面数字电视中频 A/D 后采样信号的 OFDM 解调,于是也想来试验一下解一解 DRM 信号。

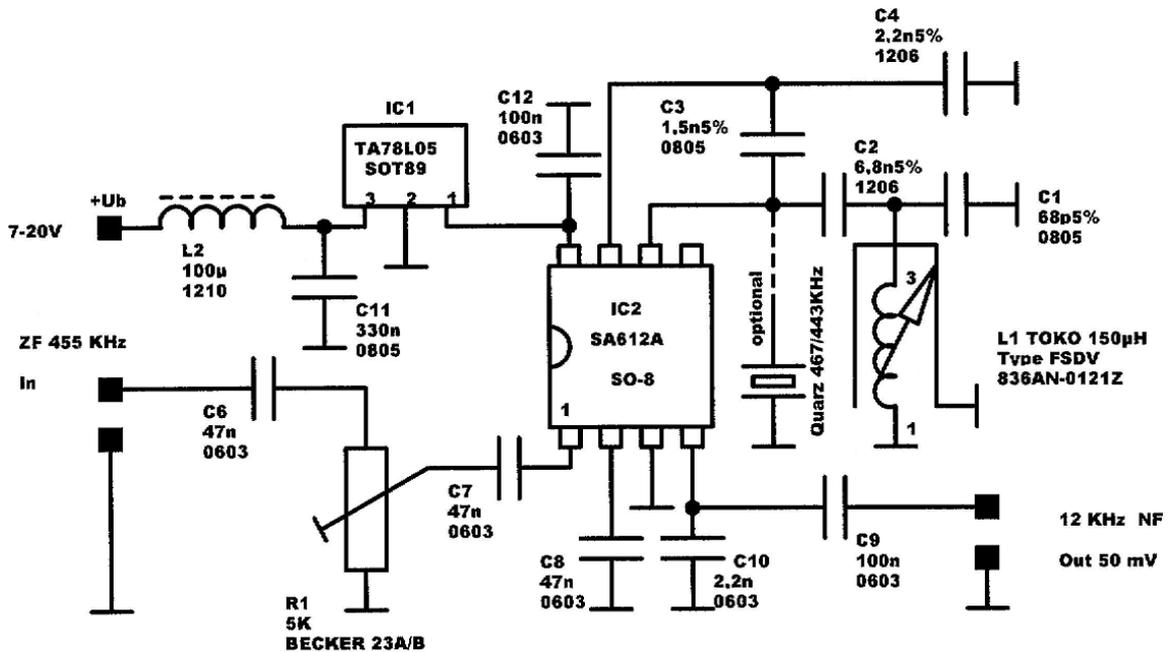
将 DRM 广播信号导入计算机,是通过声卡采集普通收音机的信号完成的,计算机的声卡说白了就是一个采样率可以高达 192kHz 的 A/D 和 D/A 卡,DRM 信号带宽一般也就是 10kHz 左右(标准规定了 5~20kHz 的系列模式),因此根据奈奎斯特采样定律计算机声卡的采样率完全有可能胜任 DRM 信号解调的采样任务。但收音机的中频频率一般是 455kHz,即 10kHz 的 DRM 信号骑在 455kHz 的中频载波上,计算机需要无失真采集这个信号,采集收音机对 455kHz 检波后的信号是没有用的,检波操作对 DRM OFDM 信号是灾难性的不可恢复损失,必须采集 455kHz 中频信号上的 DRM 信号。问题随之而来,计算机声卡目标是采集声音,声音频率范围是 20~20kHz,这就意味着声卡上一般会有一个低通滤波器滤除 20kHz 以上频率信号,显然 455kHz 会被滤掉,无从采集。声卡最高采样率 192kHz,按照采样定律,为了保证不发生混叠至少也会做 96kHz 以下的低通滤波,总之不会允许 455kHz 信号直接进入。我做了这样的实验,的确是这样的,信号几乎衰没了。但这其中其实存在一种可能,就是将计算机声卡的低通滤波器改造一下,使之可通过 455kHz 的信号,此时声卡采集相当于中频带通采样,是有可能将 455kHz 上的 DRM 信号无失真采进计算机的。但我还没有仔细研究过声卡上的低通滤波器是否容易改造。我目前还是采用了一种成熟做法采集信号,就是将 455kHz 的中频信号下变频至 12kHz,这时候计算机声卡低通滤波器就允许信号无障碍的通过并采集了。

这种做法其实早就有人提出并这么做了，有许许多多方案、程序可用。典型结构如下：



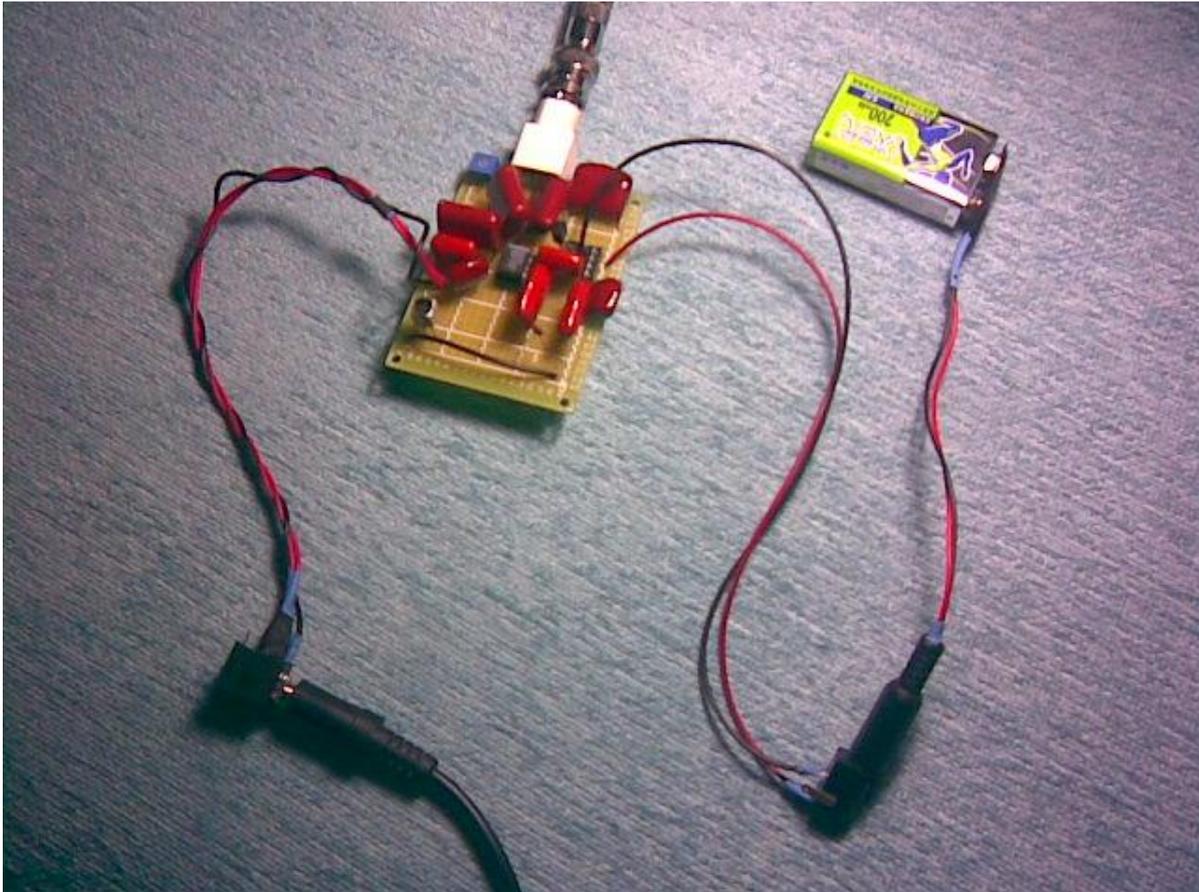
收音机我选用了国内的乐信的 RP2100,它自带 455kHz 的中频输出接口,省去了我拆收音机焊线引出 455kHz 信号的麻烦.455kHz 至 12kHz 的变频器是自己 DIY 的,计算机就遍地都是了,测试软件可以从网络上下载.值得一提的是,按照上面的方案不光可以接收 DRM 信号,也可以接受其他信号,因为软件实现各种解调方式是十分容易的,比如 RP2100 不具备单边带、CW、SSTV 等接收功能,使用上面的方案之后,利用计算机软件就能实现接收以上信号的功能了。

变频器的电路原理图如下，引自：<http://www.sat-schneider.de/DRM/DRM.htm>



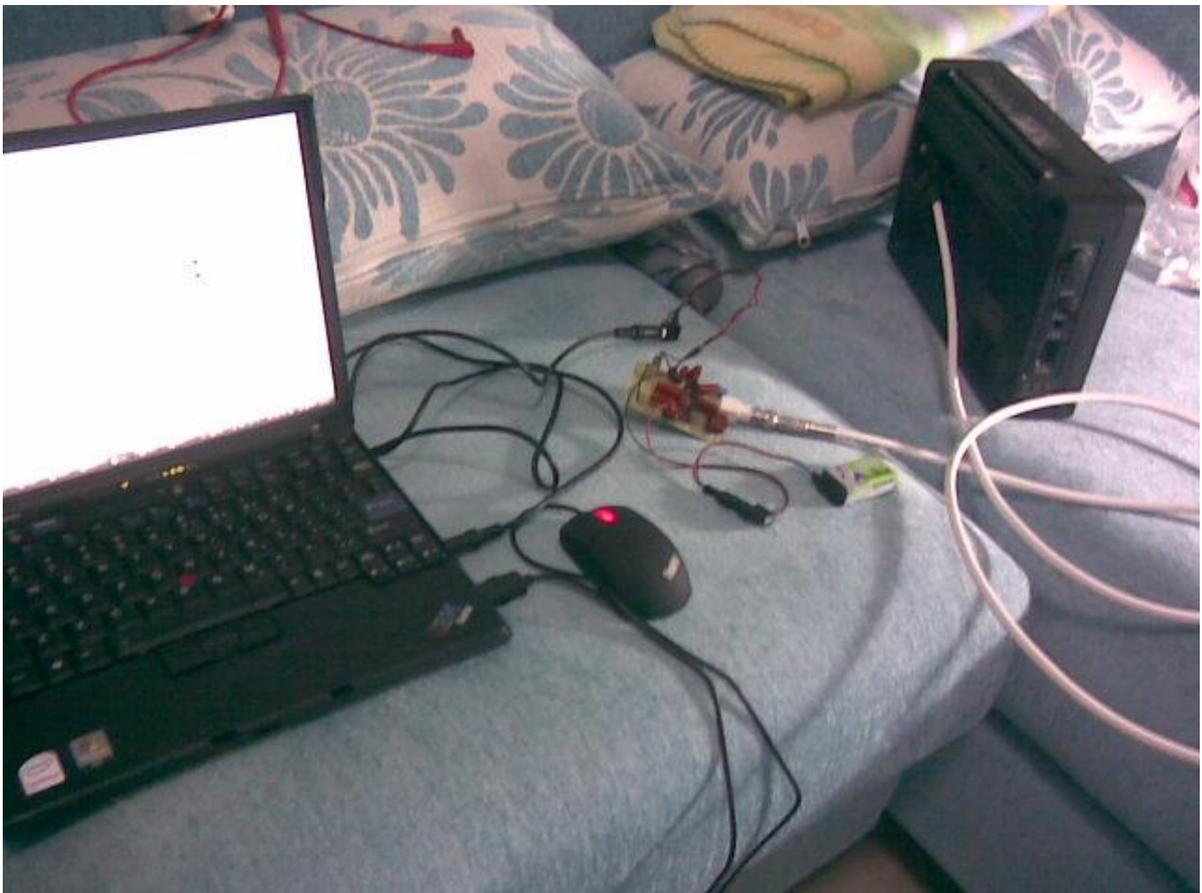
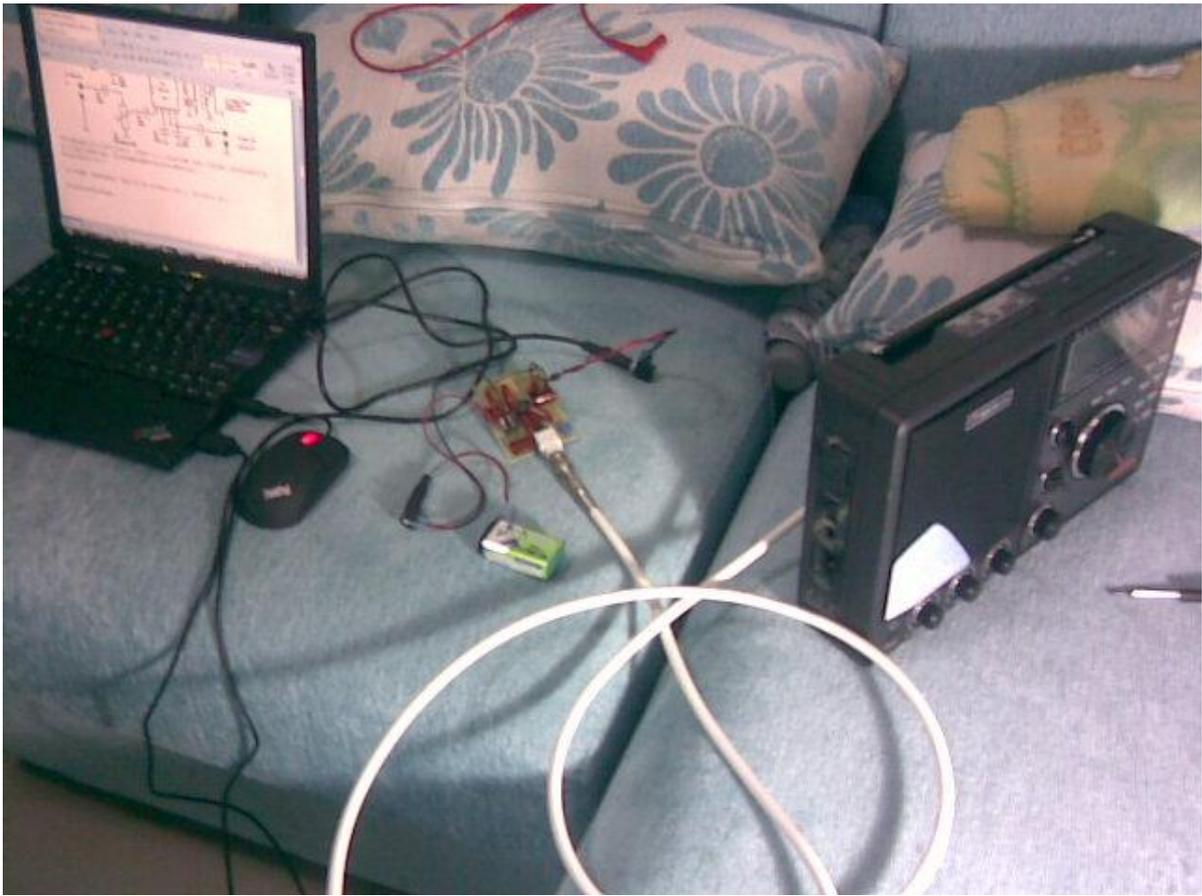
图中的阻容值以及芯片型号已经给出，只是那个 150µH 的振荡线圈（电感）比较难搞，我是用收音机中周自己改绕其中线圈实现的，具体电感量的调整使用电感表测量辅助进行。

DRM 变频器（用洞洞板做的，那些几千 p 的 CBB 电容个头真不小，瓷片的会好一些）最后做出来的样子如下：

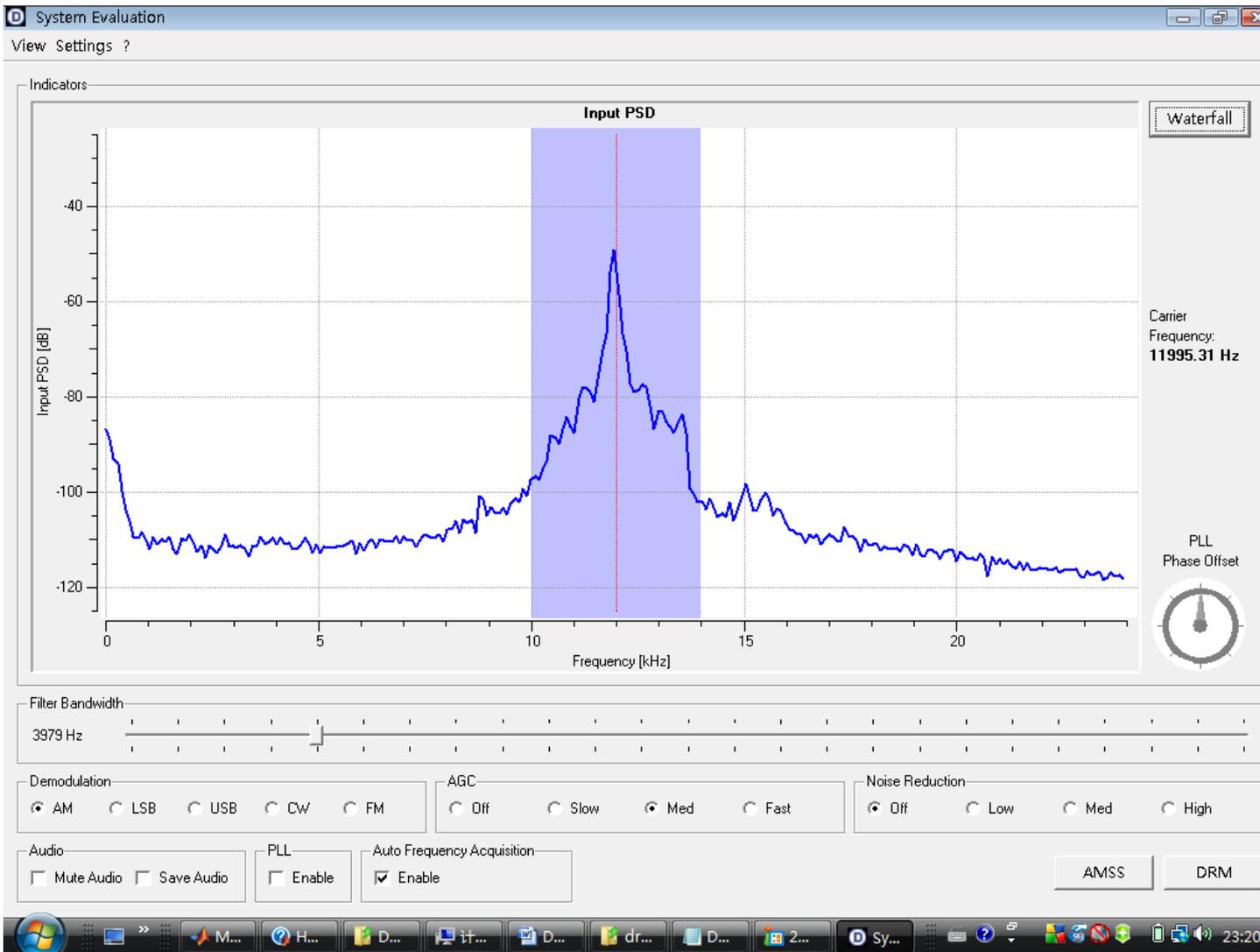


最上面是 BNC 接口，通过同轴连接 RP2100 的 455kHz 中频接口，右面是 9V 电池供电，左面是 12kHz 输出接口通过 3.5mm 音频线和插入计算 line in 或者 mic 口。

和收音机和电脑连接起来：



使用 <http://drm.sourceforge.net/> 的 dream 软件进行实时解调：选择 settings --> AM (analog)

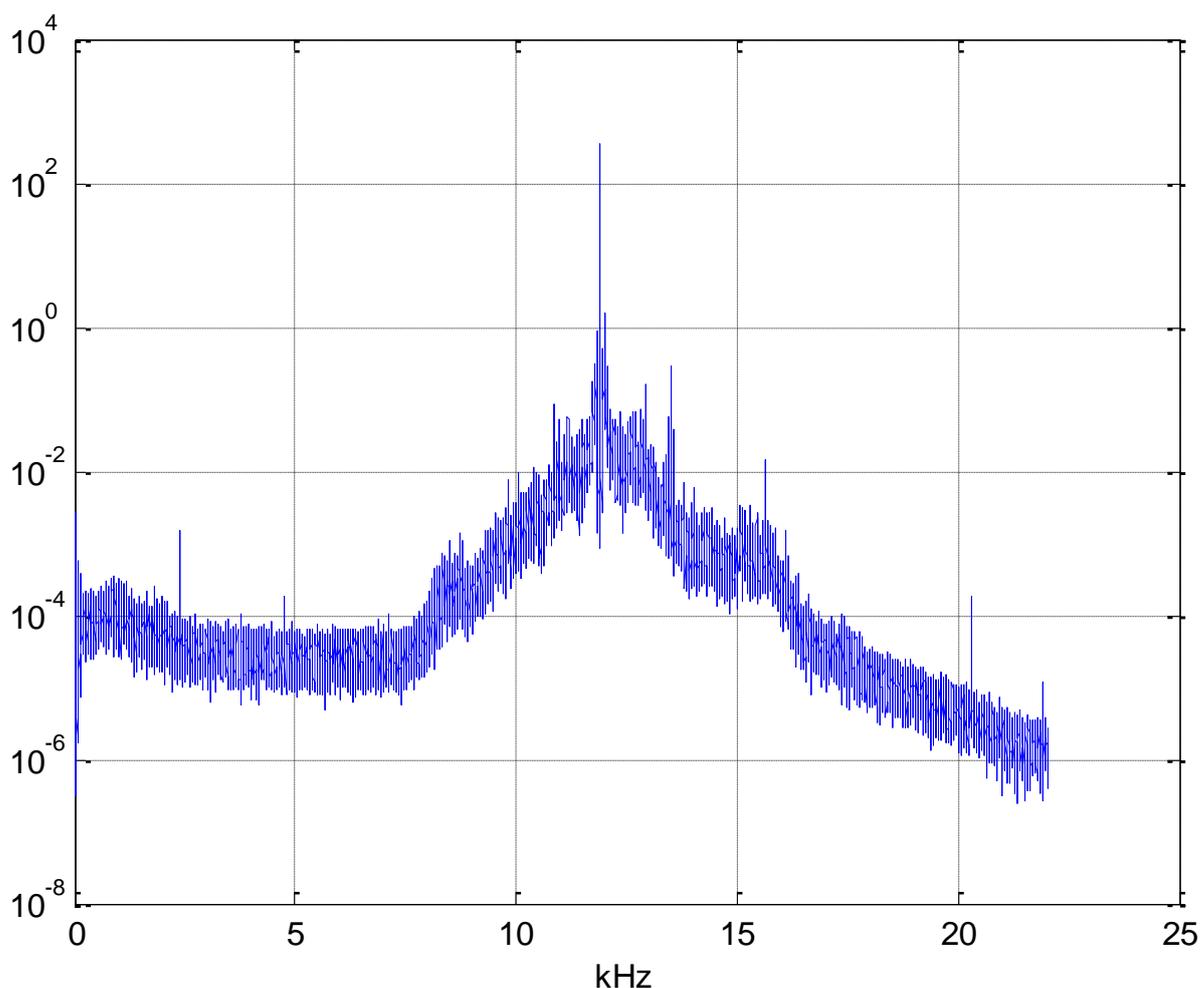


可以看到变频后的中心频率在 12kHz 左右。在北京将收音机调谐在中波 639kHz 后，就可以从电脑里听到清晰的 dream 软件解调出的声音了。

感兴趣的还可以用 matlab 实现非实时离线解调,具体方法如下:

```
y = wavrecord(10*44100, 44100, 1);%用 44.1kHz 采样率采集 10 秒钟声卡信号
```

```
P=pwelch(y); semilogy((0:(length(P)-1)).*(44.1/2)./(length(P)-1),P);grid on;xlabel('kHz');%看看采集信号的功率谱
```



中间的尖即 12kHz 载波频率，不断放大发现我的变频器输出的精确频率是 11.9038kHz

接下来就可以对  $y$  进行离线解调了，`matlab` 提供了现成的解调函数，也可以自己编写。首先给解调设计一个 16 阶带宽为 4kHz 的巴特沃兹低通滤波器：

```
[num,den] = butter(16,4000/(44100/2));
```

对  $y$  进行解调并回放声音：

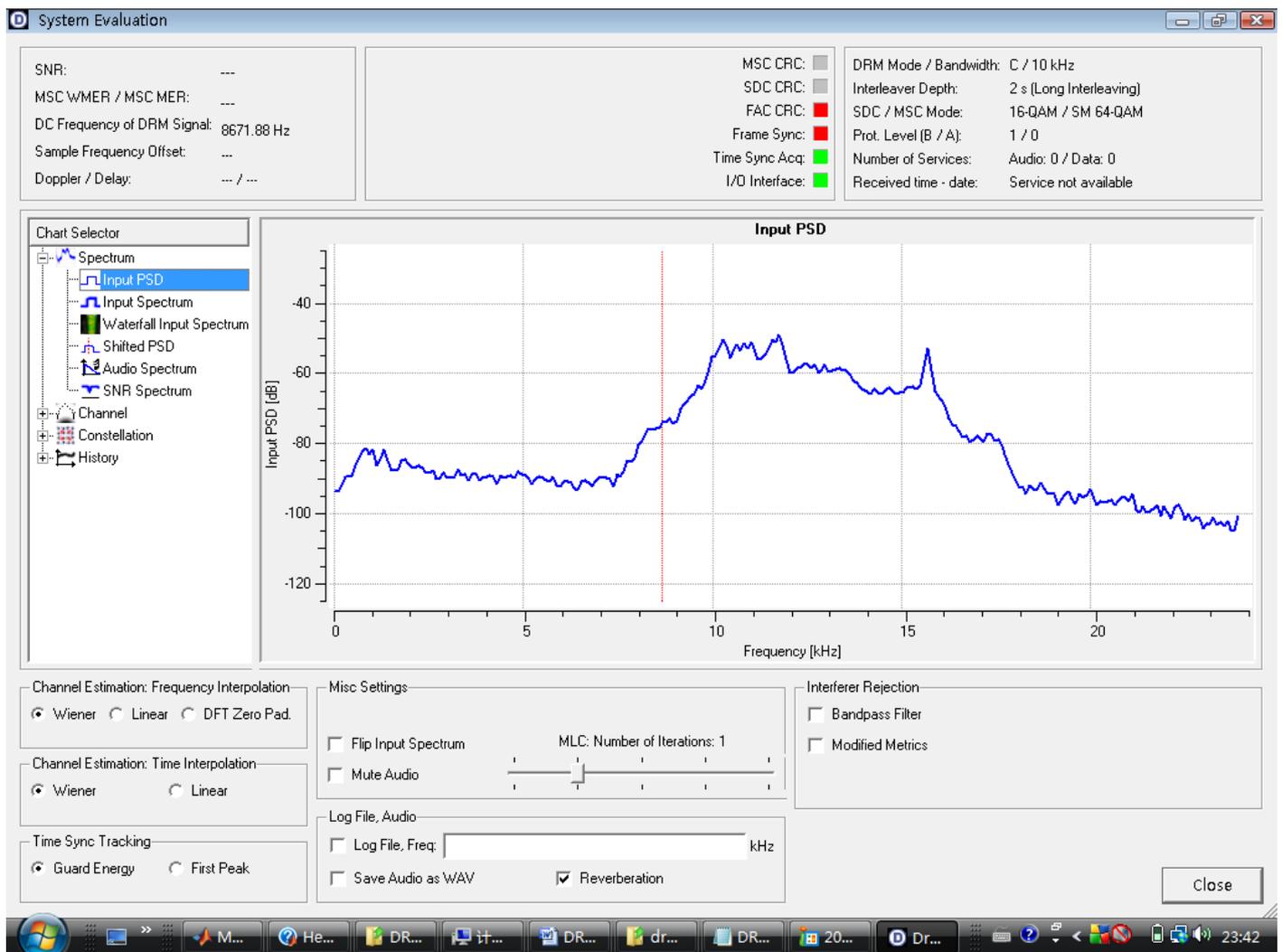
```
z = amdemod(y,11903.8,44100,0,0.0,num,den);wavplay(z, 44100);
```

此时一般你会听到 10 秒钟的解调出的广播声音。

既然已经可以编程序了，那么可作的工作就很多了，改变滤波器设计，设计 AGC 算法，进行同步检波等等，单边带解调（这个 `matlab` 也有现成函数）、SSTV 等解调。以上是离线方式。以上内嵌功能其实在 `simulink` 中都有对应模块，按道理 `simulink` 是可能实现实时解调的，但我的 IBM x61 笔记本运行 `simulink` 也无法实现实时解调，看来得搞一块 dsp 板，直接让 `simulink` 在上面跑才有可能？总觉得现在的计算机硬件应该是能够让 `simulink` 实时解调的，毕竟 `dream` 软件进行 OFDM 实时解调也才有很低的 cpu 占用率，只能怪 `matlab` 的 `simulink` 的运行效率太低了。

现在就是要试验使用 `dream` 软件解调真实电台的 DRM OFDM 信号了，可惜在 `hellocq` 上看到的一些 DRM 频率我这里都没能成功接收，这些频率如下：15665kHz；12005kHz；15725kHz；15735kHz。只是在 15735kHz

上可以以较大的概率获得时间同步，偶尔会获得帧同步，倾向于相信真的检测到了 DRM 信号。



不知道这两天有人在什么频率上收到过 DRM 信号，大家交流一下。

改进：发现连接好之后，还是会对收音机灵敏度造成一些影响，有些时候连接好之后会使收音机噪声变大，初步估计是变频器的 455kHz 输入回路太简单，计算机干扰可能由此进入收音机，是不是输入回路用高输入阻抗的运放缓冲隔离一下比较好，比较有利于减小计算机对收音机的影响？