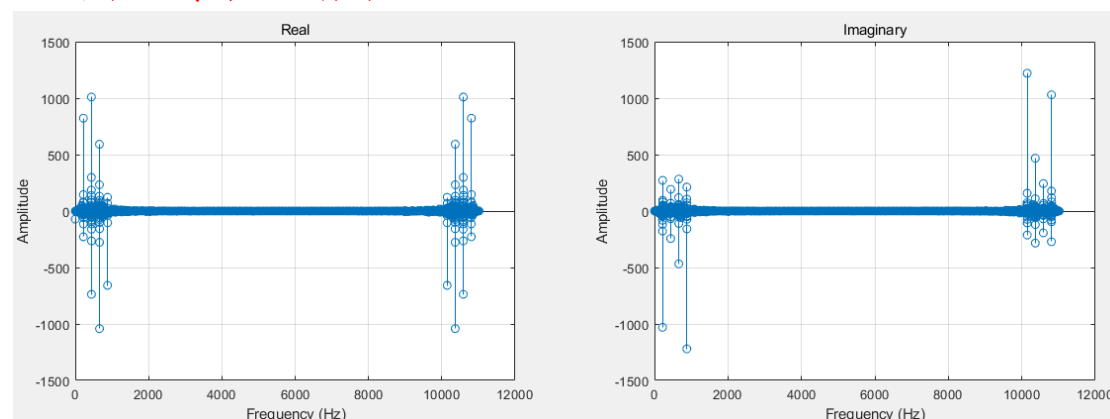


一、利用 FFT，对本实验所提供的音频文件 buzzjc.wav 进行处理。buzzjc.wav 为在一段音频片段中叠加了噪声的声音信号，原始音频片段为一个简单的英文短句。完成如下任务：

1. 利用 FFT，生成该音频的频域表示结果。特别注意，调整频域表示的坐标，使横坐标最中间的点频率为 0。将生成的频域表示结果图复制粘贴在此处。
2. 利用 FFT 及 IFFT，对该音频文件中的噪声进行滤除，恢复人声。在此处简要说明你的实现思路。（提示：可以听出，该音频文件中，噪声及人声的声音大小（即信号幅度）有明显区别！）
3. 将你实现噪声滤除、人声恢复的代码复制粘贴在此处。并分别展示滤除噪声后的时域及频域表示结果图。
4. 该音频中的人所说的英文短句是什么？

答案：

1. 利用 fft 得到的频域表示：

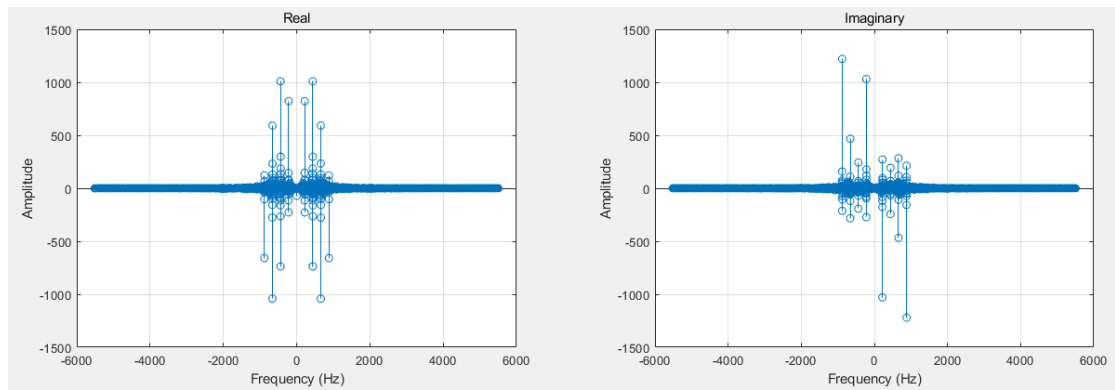


音频长度：10334 点 => 频域表示包含 10334 个频率分量

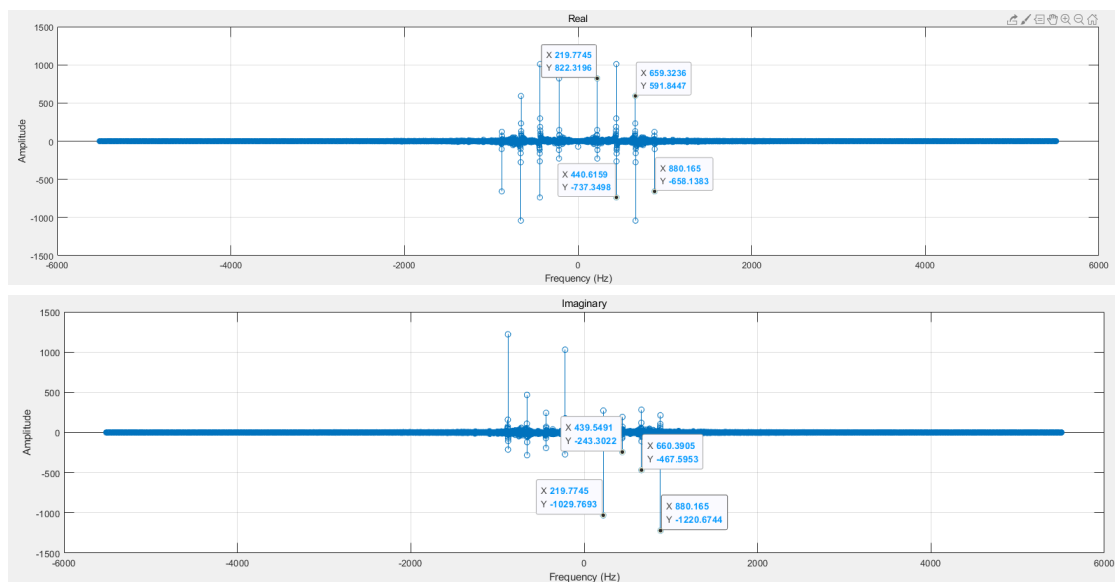
采样频率：11025 Hz => 频域上最大频率为 11025 Hz，即频域上第 10334 个频率分量
频域为 11025 Hz

第 N 个频域分量频域为 $11025/10334*N$

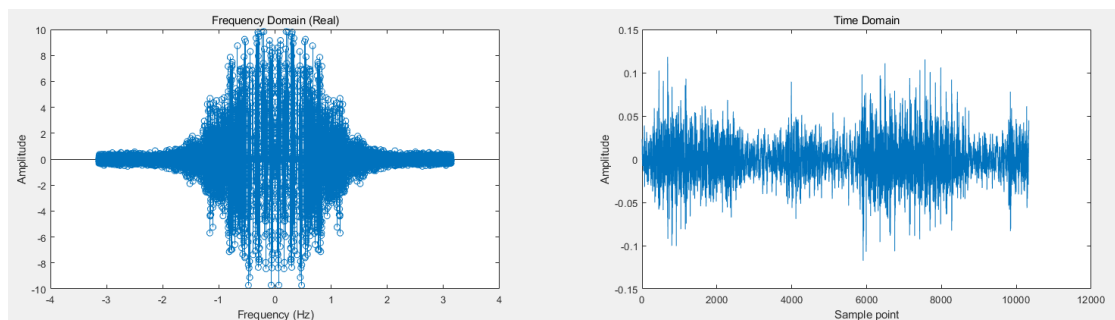
利用 fftshift 将频域表示的中间点频率变为 0：



2. 由频域表示可知，该信号在 220、440、660 及 880 Hz 频率下具有明显较大幅度，且各频率呈谐波关系，由此推测这些频率为噪声信号频率。在频域上直接删去这些频率及其附近频率分量，再利用 IFFT 得到该信号的时域表示，即可滤除噪声。

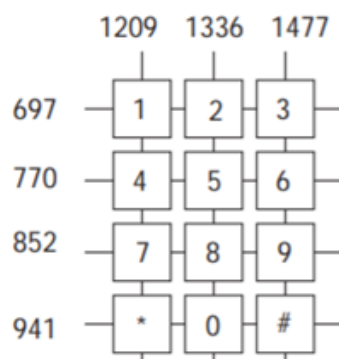


3. 处理后频域及时域波形：



4. I'll be back

二、我们现实中的电话上，按下不同按键往往会反馈不同的声音，其工作原理如下图所示：



上图所展示的拨号键盘中，按下对应按键所发出的声音是由其所在行与列中对应频率的两个正弦波叠加组成的。例如，按键 1 的声音由频率为 697Hz 及 1209Hz 的两个正弦波叠加而成；按键 5 的声音由频率为 1336Hz 及 770Hz 的两个正弦波叠加而成。

本实验提供的音频文件 tel.wav 是某人拨打一串号码时得到的声音，利用 FFT 对该声音进行分析，完成如下任务：

1. 利用 FFT 对该声音进行分析，破译该声音所对应的号码。在此处写下你的实现思路。
2. 将你实现上述功能的代码复制粘贴在此处。并将第 1、3、5 个按键声音的频域表示结果图复制粘贴在此。
3. 该声音所对应的的电话号码是多少？

答案：

1. 利用 FFT，对该信号中每一个按键声音分别生成频域表示，分析每个按键声音的频率组成。
- 2.
3. 由频域表示结果可知，号码为：8675309

