

Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет  
Институт Компьютерных Наук и Технологий

**Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных  
технологий**

Отчёт по лабораторной работе №11  
на тему  
**Модуляция и выборка**

**Работу выполнил**  
Студент группы 3530901/80203  
Тарасенко Н.С.  
**Преподаватель**  
Богач Н.В.

Санкт-Петербург, 2021 год

# 1 Настройка проекта

Перед тем как выполнять задания необходимо настроить проект и сделать все необходимые импорты:

```
: from __future__ import print_function, division

import thinkdsp
import thinkplot

import numpy as np

import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

PI2 = 2 * np.pi

np.set_printoptions(precision=3, suppress=True)
%matplotlib inline
```

Рис. 1: 2

## 2 Ход работы:

Возьмем звук из репозитория:

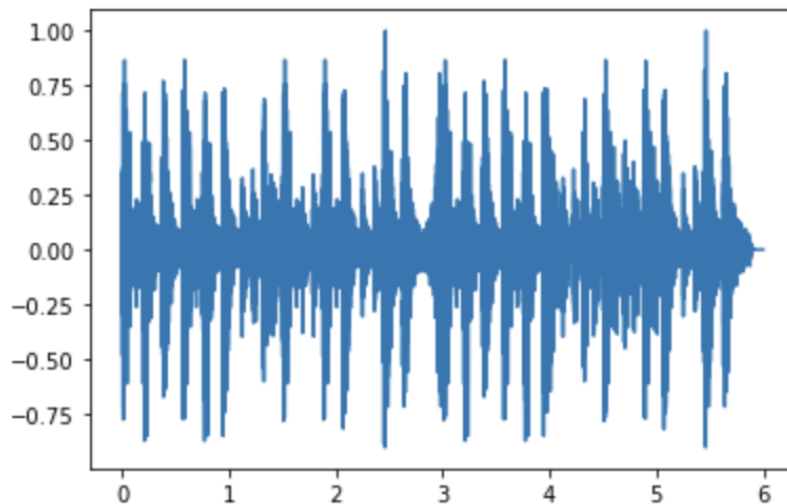


Рис. 2: 2

Этот сигнал дискретизируется с частотой 44100 Гц. Распечатаем спектр

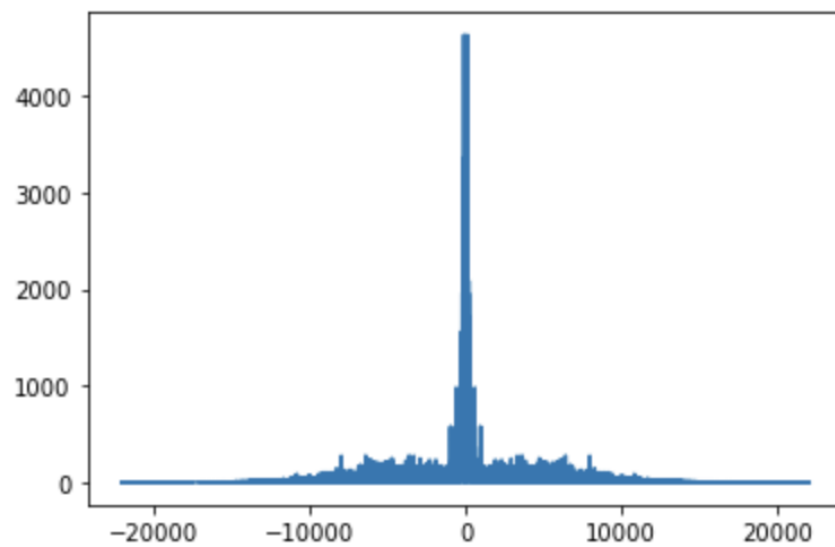


Рис. 3: 2

Уменьшим частоту дискретизации в 3 раза:  
 Перед дискретизацией мы применяем фильтр сглаживания, чтобы удалить частоты выше новой частоты свертки, которая равна частоте кадров / 2:

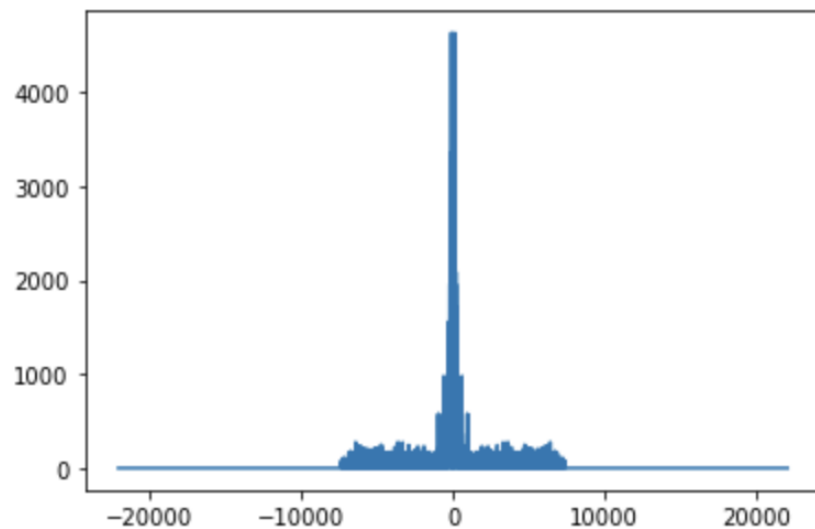


Рис. 4: 2

Реализуем функцию, которая имитирует процесс выборки:

```
: def sample(wave, factor):
    ys = np.zeros(len(wave))
    ys[::factor] = wave[::factor]
    return thinkdsp.Wave(ys, framerate=wave.framerate)
```

Рис. 5: 2

Результат содержит копии спектра около 20 кГц, но они практически незаметны на слух, но мы сможем их рассмотреть на спектре:

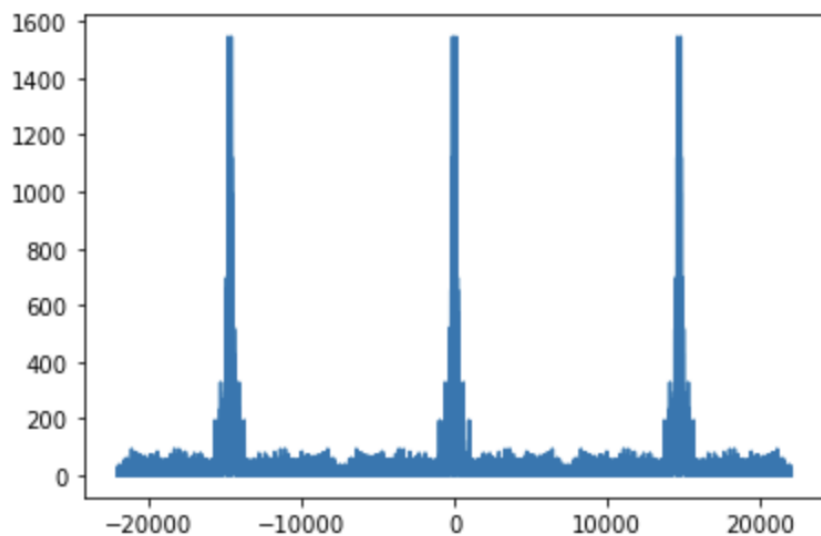


Рис. 6: 2

Мы можем избавиться от спектральных копий, снова применив фильтр сглаживания:

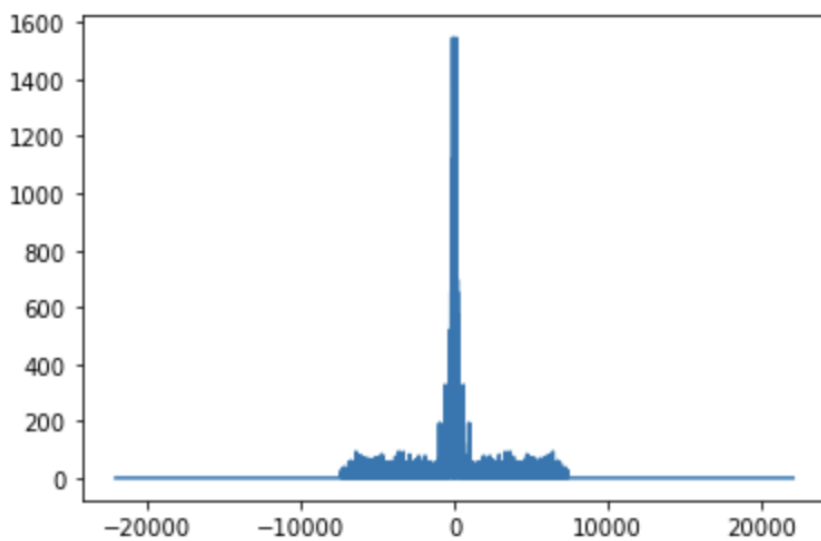


Рис. 7: 2

Мы только что потеряли половину энергии в спектре, но мы можем масштабировать результат, чтобы вернуть его:

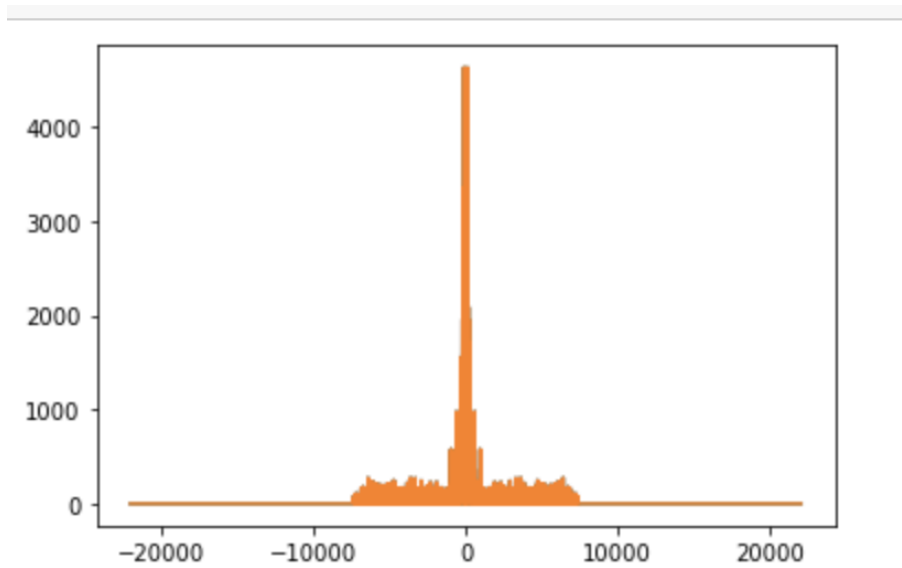


Рис. 8: 2

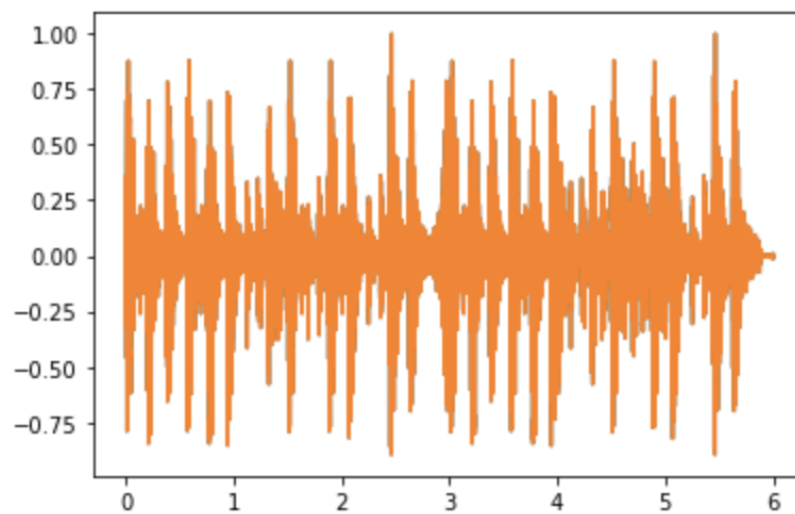
Теперь разница между спектром до и после дискретизации должна быть небольшой.

```
: spectrum.max_diff(sampled_spectrum)
: 1.8189894035458565e-12
```

Рис. 9: 2

Преобразуем обратно в волну, разница между интерполированной волной и фильтрованной волной также должна быть небольшой.

```
: filtered.plot()  
interpolated.plot()
```



```
: filtered.max_diff(interpolated)  
: 5.56290642113787e-16
```

Рис. 10: 2