

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем

## **Отчёт по лабораторной работе №12**

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии.

Выполнил студент гр. 5130901/10201

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Шиганов Д. А.

Руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Богач Н. В.

12 июня 2024 г.

Санкт-Петербург  
2024

## Содержание

1	Задача. . . . .	2
2	Ход работы. . . . .	2
3	Вывод. . . . .	7

# 1. Задача.

Исследовать применение фильтра низких частот в среде GNU Radio с целью понимания его функционала и эффективности в обработке сигналов. Основной задачей является изучение способов настройки параметров фильтра низких частот для подавления высокочастотных помех и анализ его влияния на исходный сигнал. Дополнительной целью является оценка производительности фильтра низких частот при различных условиях работы, таких как изменение частоты среза и ширины перехода. Полученные результаты помогут глубже понять принципы работы фильтров низких частот и их применимость в практических задачах обработки сигналов.

## 2. Ход работы.

Начнем исследование с применения фильтра низких частот на косинусоидальный сигнал с частотой 32 кГц. Для этого соберем следующую схему:

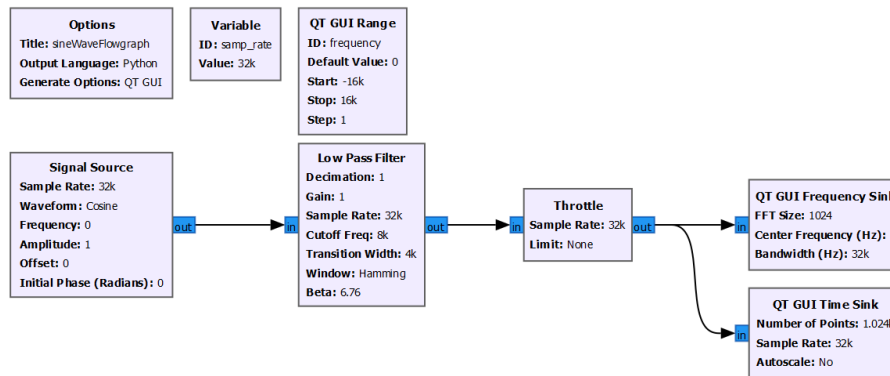


Рис. 2.1. Исследуемая схема.

На этой схеме используются следующие блоки:

- **Variable** - используется для хранения переменной *samp\_rate*, от которой будут отсчитываться остальные частоты в проекте.
- **QT GUI Range** - используется для изменения значения частоты сигнала в процессе моделирования.
- **Signal Source** - генератор косинусоидальный сигнала с частотой, подаваемой с QT GUI Range и амплитудой 1.
- **Low Pass Filter** - исследуемый фильтр низких частот, он имеет несколько параметров, которые будут рассмотрены позднее.
- **Throttle** - предназначенный для ограничения скорости передачи сэмплов в цифровой обработке сигналов. Проще говоря ограничитель скорости передачи данных.
- **QT GUI Frequency Sink** - это графический приемник, основанный на библиотеке QT, предназначенный для отображения нескольких сигналов в частотной области.
- **QT GUI Time Sink** - это графический приемник, основанный на библиотеке QT, предназначенный для отображения нескольких сигналов во временной области.

Перейдем к рассмотрению настроек **Low Pass Filter**:

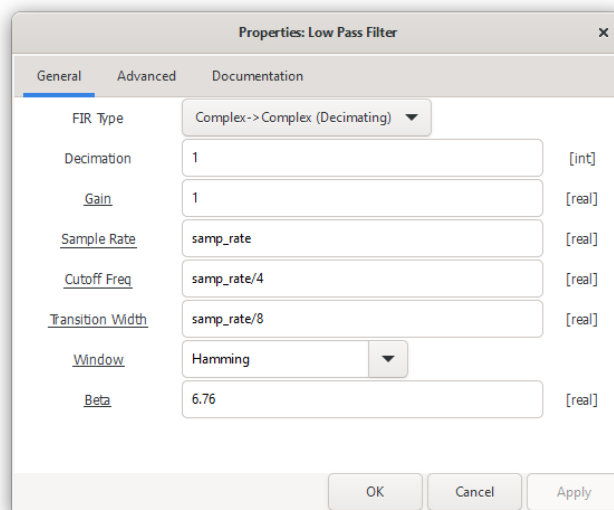


Рис. 2.2. Настройки Low Pass Filter.

Рассмотрим подробнее каждый из параметров:

- **FIR Type** - определяет тип FIR фильтра, то есть указывает, работает ли фильтр с вещественными или комплексными входными/выходными данными.
- **Decimation** - определяет коэффициент децимации фильтра, который указывает, на сколько раз уменьшается частота дискретизации сигнала после применения фильтра.
- **Gain** - масштабирующий коэффициент, применяемый к выходу фильтра, для регулировки амплитуды сигнала.
- **Sample Rate** - частота дискретизации входного сигнала, указывает, с какой частотой входные сигналы отсчитываются во времени.
- **Cutoff Freq** - частота среза фильтра, то есть частота, на которой фильтр начинает подавлять высокочастотные составляющие входного сигнала.
- **Transition Width** - ширина переходной зоны между полосой подавления и полосой пропускания в фильтре. Этот параметр указывает, насколько широкой должна быть зона плавного перехода между частотами, на которых фильтр полностью подавляет или пропускает сигнал.
- **Window** - тип окна, используемого при генерации коэффициентов фильтра. Различные типы окон имеют разные свойства и влияют на характеристики фильтра, такие как разрешение в частотной области и уровень подавления сигнала.
- **Beta** - параметр, который применяется только к окну Кайзера. Этот параметр контролирует форму окна Кайзера и влияет на его способность сглаживания переходной зоны и подавления побочных лепестков.

Выполним компиляцию заданной схемы и посмотрим на результат:

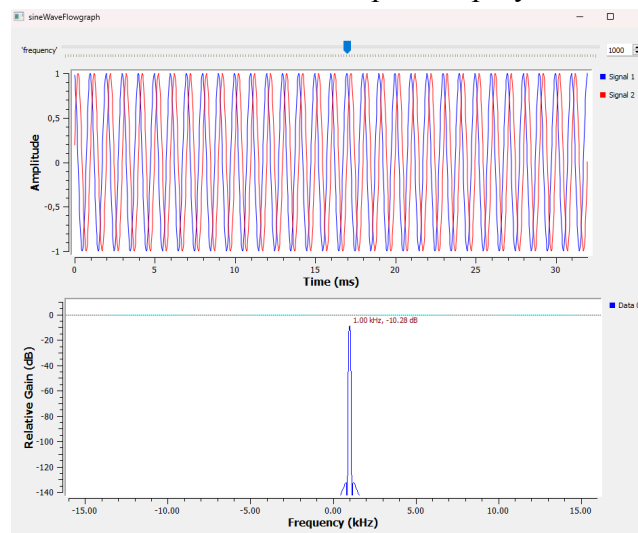


Рис. 2.3. Настройки Low Pass Filter.

Как видно на Рис. 2.3 мы получили самый обычный косинусоидальный сигнал с частотой 1000 и амплитудой 1.

Добавим ещё один QT GUI Time Sink на вход сигнала, чтоб отслеживать изменения после фильтра:

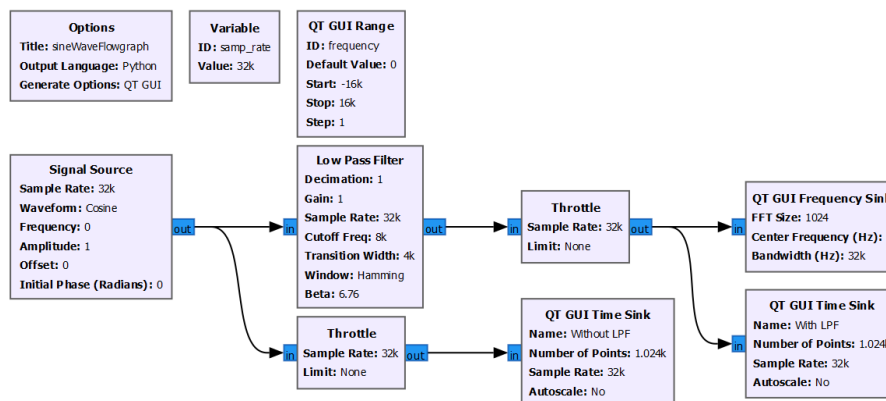


Рис. 2.4. Обновленная схема.

В теории этот Low Pass Filter должен работать следующим образом:

- В промежутке от 0 до 4 кГц не должно быть никаких изменений.
- В промежутке от 4 кГц до 8 кГц амплитуда должна упасть в 2 раза.
- В промежутке от 8 кГц до 12 кГц амплитуда должна упасть практически до 0.

Проверим это, сделав несколько замеров:

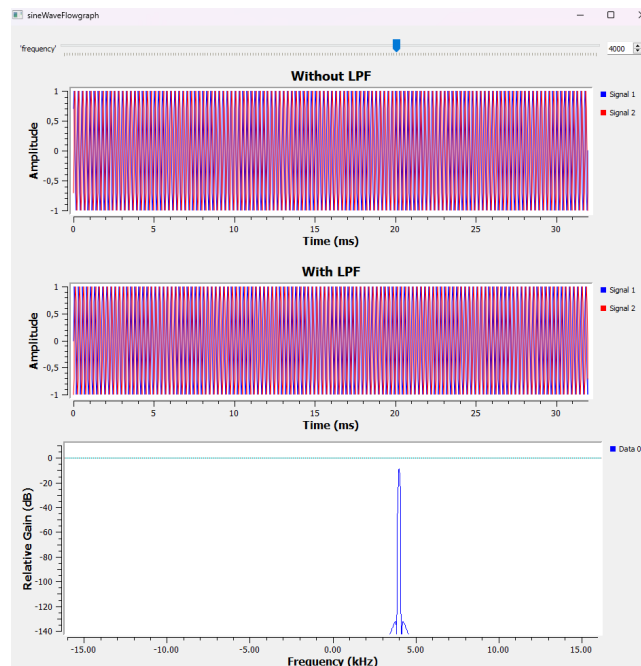


Рис. 2.5. Frequency = 4000 Гц.

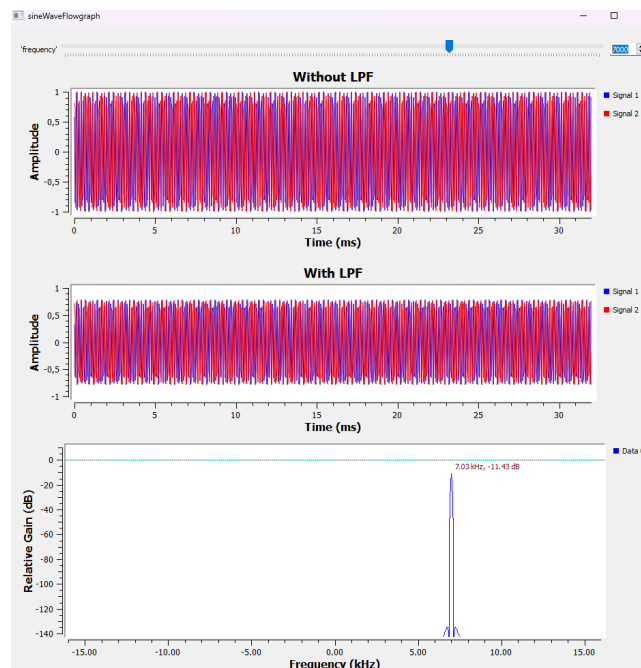


Рис. 2.6. Frequency = 7000 Гц.

Как можно заметить по рисункам выше, действительно, начиная с 4 кГц амплитуда сигнала начинает падать. Рассмотрим сигнал на 8 кГц:

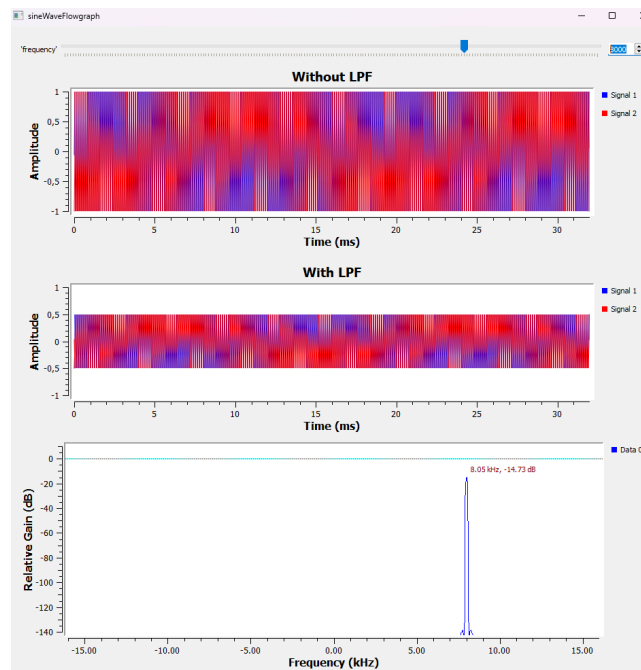


Рис. 2.7. Frequency = 8000 Гц.

Видим, что как и было предсказано при частоте, равной Cutoff Freq, амплитуда сигнала уменьшилась вдвое. Посмотрим что будет при дальнейшем увеличении частоты:

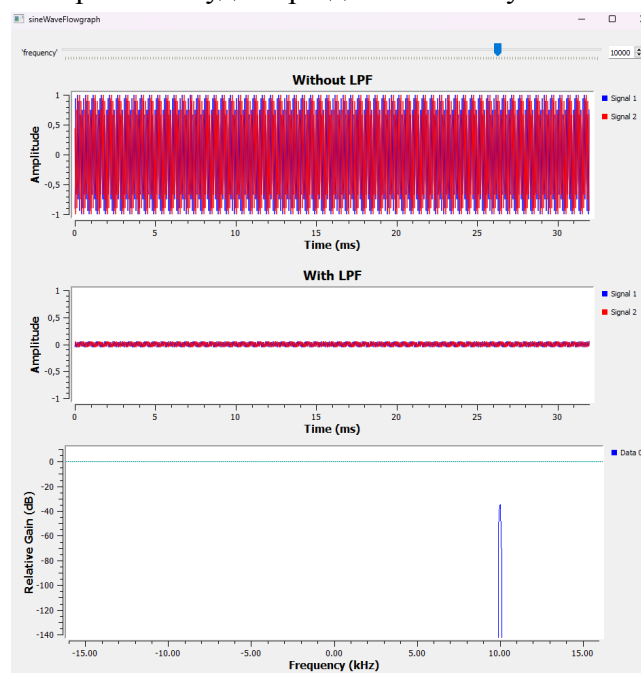


Рис. 2.8. Frequency = 10000 Гц.

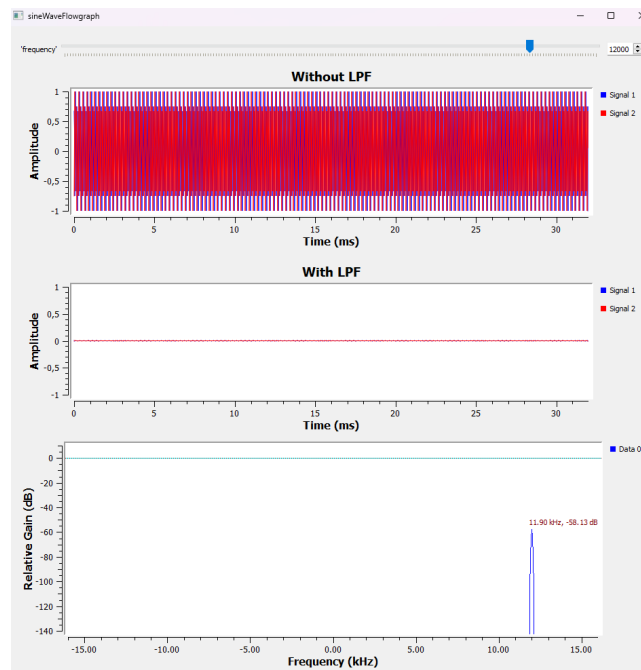


Рис. 2.9. Frequency = 12000 Гц.

Как видим, при 12 кГц частота уменьшилась во много раз и итоговый сигнал практически не различим.

Для более наглядной демонстрации, вместо изменения частоты косинусоидального сигнала, заменим сигнал на входе на шум:

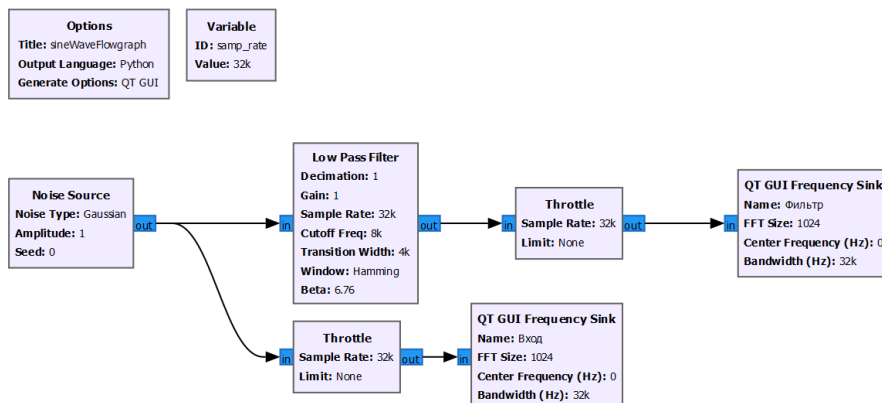


Рис. 2.10. Схема на шуме Гаусса.

Т.к. шум Гаусса - белый, ожидается одинаковое значение на всех частотах, что мы увидим на QT GUI Frequency Sink. Однако после фильтра низких частот, все частоты выше 12 кГц должны исчезнуть полностью, а с 8 кГц по 12 кГц значительно уменьшиться:

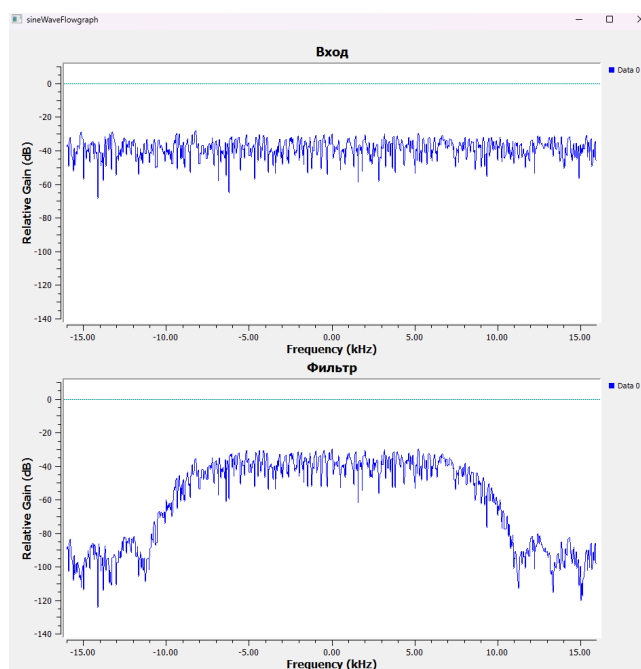


Рис. 2.11. Графики схемы на шуме Гаусса.

И действительно, именно этот эффект мы и наблюдаем выше.

### 3. Вывод.

В результате работы было показано, что фильтр низких частот эффективно подавляет высокочастотные помехи, а также способен корректно обрабатывать сигналы с различными частотами. Наблюдаемые изменения амплитуды сигнала после применения фильтра соответствовали ожиданиям и подтверждали правильность его настройки.

Также было продемонстрировано, что фильтр низких частот успешно применяется не только к косинусоидальным сигналам, но и к шуму, что подтверждает его универсальность и применимость в различных сценариях обработки сигналов.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследование позволило глубже понять принципы работы фильтров низких частот и их применимость в практических задачах обработки сигналов в среде GNU Radio.