

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г.П. КАЛАЧ

**СРЕДСТВА СВЯЗИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ
АВТОНОМНЫМИ РОБОТАМИ**

Методические указания
для выполнению лабораторных работ

Москва – 2022

УДК 621.376.2

ББК 32.884.1

B22

Калач Г.П. Средства связи в системах управления автономными роботами
[Электронный ресурс]: методические указания / Калач Г. П. – Москва: МИРЭА
– Российский технологический университет, 2022. – 58 с.

Методические указания разработаны в помощь студентам, обучающимся по специальности 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и выполняющими лабораторные работы по дисциплине «Средства связи в системах управления автономными роботами» и предназначены для изучения принципов моделирования передатчиков и приемников различных сигналов с использованием приложения «Gossamer». В результате выполнения лабораторных работ студенты получают навыки настройки функциональных блоков в среде разработки «GNU Radio» и разработки схем различных устройств обработки первичных сигналов.

Методические указания издаются в авторской редакции.

Авторский коллектив:

Калач Г.П. доцент кафедры проблем управления, кандидат военных наук

Рецензент:

Шубин А.В. доцент кафедры ВКС ВУЦ при РТУ МИРЭА, кандидат военных наук

Минимальные системные требования:

Наличие операционной системы Windows, поддерживаемой производителем.

Наличие свободного места в оперативной памяти не менее 128 Мб.

Наличие свободного места в памяти хранения (на жестком диске) не менее 30 Мб.

Наличие интерфейса ввода информации.

Дополнительные программные средства: Proteus и CodeVisionAVR.

Подписано к использованию по решению Редакционно-издательского совета

МИРЭА – Российского технологического университета от ____ 2022 г.

Объем ____ Мб

Тираж 10

© Калач Г. П., 2022

© МИРЭА – Российский технологический
университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ В ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ	5
2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ПО РАЗМЕРНОСТИ	6
3. КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ПО НЕПРЕРЫВНОСТИ.....	7
4. УСТАНОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ GRC	9
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ СИГНАЛОВ GRC	11
6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	12
7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	17
7.1 Цель работы	17
7.2 Задача	17
7.3 Контрольный тест.....	25
8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	27
8.1 Цель работы	27
8.2 Задача	27
8.3 Контрольный тест.....	34
9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	36
9.1 Цель работы	36
9.2 Задача	36
9.3 Контрольный тест.....	47
10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	49
10.1 Цель работы	49
10.2 Задача	49
10.3 Контрольный тест.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ студентами, обучающимися по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника по дисциплине «Средства связи в системах управления автономными роботами». Для выполнения лабораторных работ необходимо изучить настройки, принципы работы и правила эксплуатации приложения «Gossamer», которое предоставляет учащемуся доступ к удаленному рабочему столу, а также программный инструментарий «GNU Radio».

«GNU Radio» – графический пользовательский интерфейс, позволяющий создавать множество визуализаций сигналов. Он предоставляет разработчикам программно-определяемых радиосистем «строительные блоки», обеспечивающие основные функции цифровой обработки сигналов. Приложение ориентировано на обработку потоков данных, так что каждый «блок» обычно имеет вход и выход. Путем соединения «блоков» в приложении, можно получить готовую систему.

Данное приложение предназначено для установки на мобильные устройства с операционными системами iOS и Android.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ В ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ

Сигнал – это изменяющаяся во времени физическая величина, описываемая функцией времени. Один из параметров этой функции содержит информацию о другой физической величине, такой параметр сигнала (функции) называют *информативным*, а физическую величину, которой представлен сигнал, – *носителем сигнала* (несущей сигнала); сигнал имеет размерность этой величины.

В зависимости от функции, которая описывает их параметры, сигнал может быть:

- Аналоговый
- Дискретный
- Квантованный
- Цифровой

Обработка сигналов – это преобразование сигналов. В свою очередь, обработка сигналов требует их математического описания. Так как большинство сигналов представляют собой физические величины, изменяющиеся во времени, наиболее удобным является их представление в виде математических функций времени $S(t)$. Следовательно, и все математические операции, применяющиеся к одномерным функциям, применимы к реальным сигналам, хотя и с некоторыми оговорками.

Целями обработки и анализа сигналов обычно являются:

1. Определение или оценка числовых параметров сигналов (энергия, средняя мощность, среднее квадратичное значение и пр.).
2. Изучение изменения параметров сигналов во времени.
3. Разложение сигналов на элементарные составляющие для сравнения свойств различных сигналов.
4. Сравнение степени близости, "похожести", "родственности" различных сигналов, в том числе с определенными количественными оценками.

Математический аппарат анализа сигналов весьма обширен и широко применяется на практике во всех без исключения областях науки и техники.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ПО РАЗМЕРНОСТИ

Размерность сигнала — это число независимых переменных, по которым определяется его значение.

Большинство сигналов, рассматриваемых в теории, являются одномерными и имеют вид $S(x)$. Например, зависимость напряжения от времени, амплитуды от частоты т.д. Кроме того существует также достаточно большой класс двумерных сигналов вида $S(x, y)$. Классическим примером двумерного сигнала является любое плоское изображение или распределение какой-либо величины по географическим координатам. Также иногда встречаются трехмерные сигналы, чаще всего, когда речь идет об определении значения какой-либо величины в разных точках пространства, например, траектории движения самолета или космического корабля.

Теория допускает существование также многомерных сигналов, а кроме того расширяет многие методы обработки на этот случай. Но в практической деятельности, такие случаи встречаются редко.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ПО НЕПРЕРЫВНОСТИ

Значения и независимая переменная могут быть либо непрерывными, либо дискретными.

Непрерывность – свойство, заключающееся в постепенном, плавном, без скачков изменении значений какой-либо переменной, функции или другого математического объекта.

Дискретность – свойство, противопоставляемое непрерывности, прерывность.

Аналоговый (непрерывный) сигнал – сигнал, значения и независимая переменная которого являются непрерывными множествами возможных значений.

Дискретный сигнал – сигнал, независимая переменная которого определена на дискретном множестве, а значения являются непрерывными.

Отсчет сигнала – значение сигнала, взятое в отдельный момент дискретного времени.

Квантованный сигнал – сигнал, значения которого дискретны, а независимая переменная непрерывна.

Цифровой сигнал – сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений.

Виды и графики сигналов предоставлены на рисунке 1.

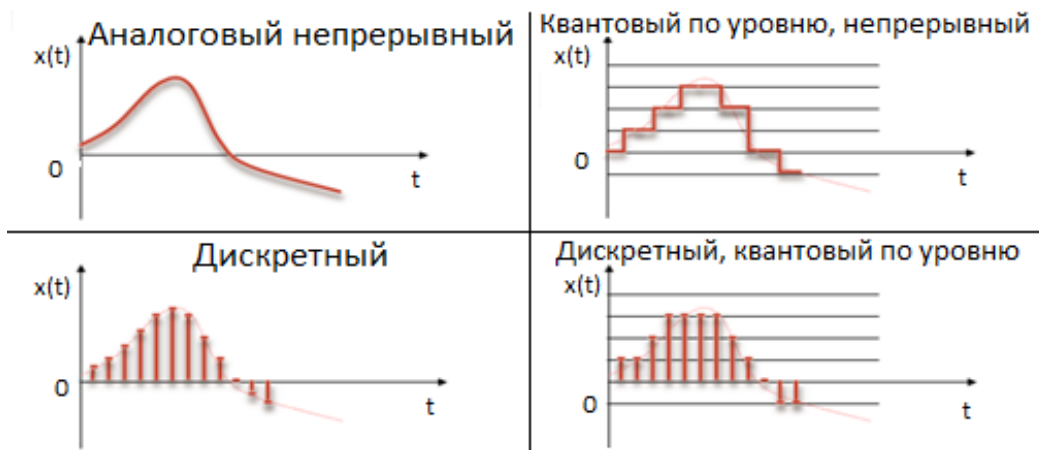


Рисунок 1. Виды сигналов

Исходя из видов сигналов можно определить следующие преобразования:

Дискретизация – процесс преобразования аналогового сигнала в дискретный.

Квантование – преобразование аналогового сигнала в квантованный.

Оцифровка –преобразование аналогового сигнала в цифровой.

Восстановление – преобразование сигнала из дискретного или цифрового в аналоговый.

4. УСТАНОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ GRC

Для выполнения лабораторных работ будет использоваться среда разработки GNU Radio Companion (GRC). GRC это – графический пользовательский интерфейс, позволяющий создавать множество визуализаций сигналов.

Среду разработки GRC можно использовать как на компьютере, так и на мобильном устройстве.

1. Использование приложения на компьютере:


Для запуска среды разработки GRC понадобится открыть программу VNC viewer , эта программа находится на рабочем столе компьютера пользователя. Внешний вид стартового окна программы – представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Внешний вид стартовой страницы приложения VNC viewer

Для начала работы с программой необходимо в строке поиска ввести ссылку, которую выдаст преподаватель и нажать кнопку Enter. Строка поиска показана на рисунке 3.

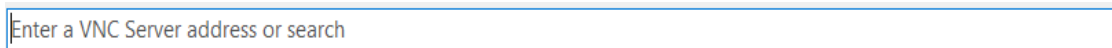





Рисунок 3. Строка поиска

После этого загрузиться среда разработки GRC.

2. Использование приложения на мобильном устройстве:

Для запуска GRC необходимо скачать программу VNC viewer  и приложение «Gossamer» из магазина приложений play market  или app store .

После загрузки и установки приложений они появятся на данном мобильном устройстве.

Нажатием на иконку откройте приложение «Gossamer». Его внешний вид показан на рисунке 4.



Рисунок 4. Вид приложения «Gossamer»

В открывшемся окне введите номер учебной группы и фамилию студента. Далее нажмите на вкладку «Создать рабочий стол», по этой команде будет создано рабочее пространство для подключения к среде GNU Radio. После успешного создания рабочего стола будет выведено сообщение «Создание рабочего стола прошло успешно», теперь можете нажать на кнопку подключиться, далее произойдет открытие среды разработки GNU Radio.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ СИГНАЛОВ GRC

После успешного создания рабочей области перед вами появится главное окно со средой GRC. Вид главного окна показан на рисунке 5.

В среде GRC визуализация сигналов происходит через специальные функциональные блоки. Блоки в GRC – это отличный способ изучить основы GRC и разобраться в построении сигналов. В данных методических указаниях показаны ключевые элементы управления GRC и пример выполнения лабораторных работ для студентов.

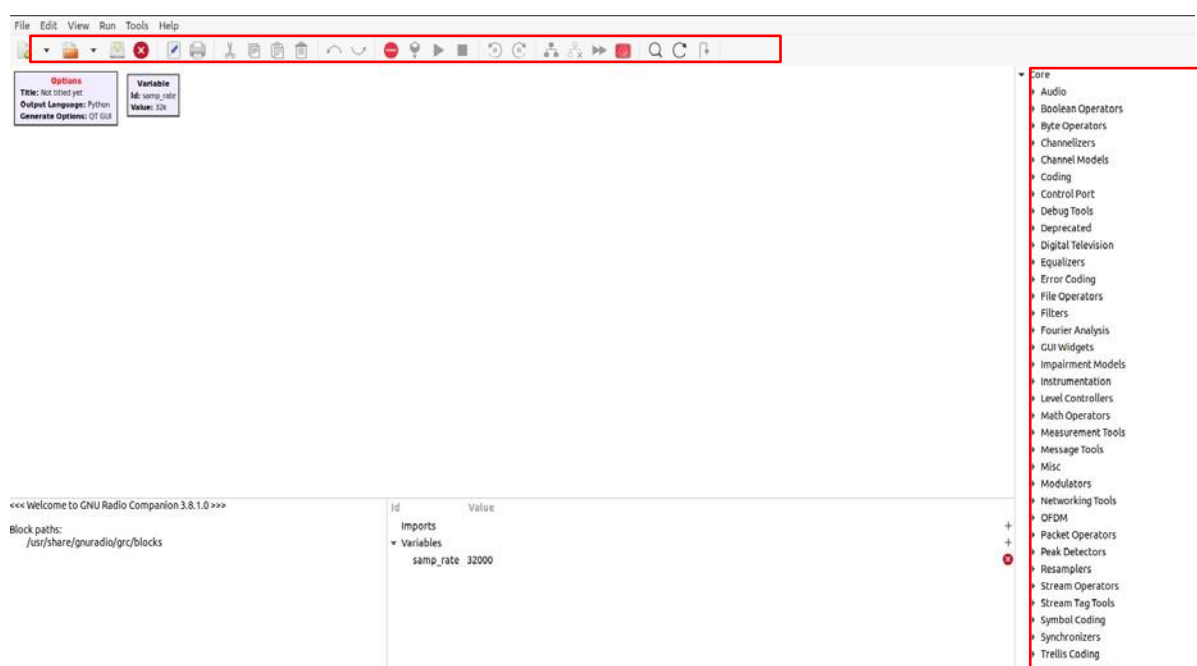
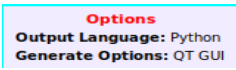


Рисунок 5. Окно GNU Radio

6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ В СРЕДЕ GNU RADIO

Дважды нажмите блок «Options» . Этот блок устанавливает некоторые общие параметры исполняемого файла. На рисунке 6 показаны параметры блока «Options». В строке идентификатор *id* оставьте значение – top block. Введите название проекта *Title*, например, «Лабораторная работа 1» и автора этой работы *Author*, затем нажмите «ОК».

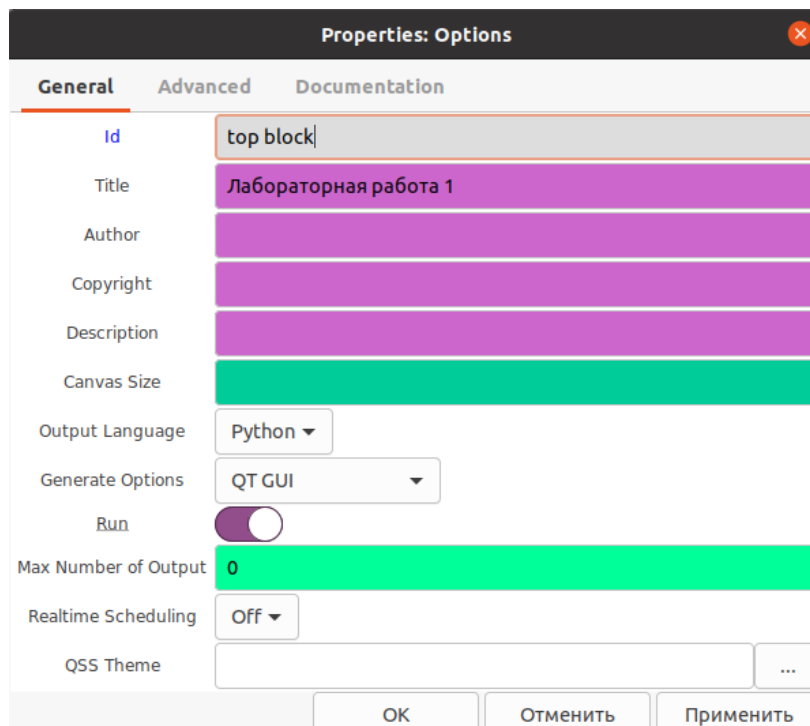


Рисунок 6. Параметры блока *Options*

В правой части окна находится список доступных блоков. Меню блоков показаны на рисунке 7. При нажатии на значок ► можно увидеть дополнительные доступные блоки из этой категории. Изучите существующие блок из каждой категорий, чтобы иметь представление о том, что доступно в GRC.

- ▼ Core
 - Audio
 - Boolean Operators
 - Byte Operators
 - Channelizers
 - Channel Models
 - Coding
 - Control Port
 - Debug Tools
 - Deprecated
 - Digital Television
 - Equalizers
 - Error Coding
 - File Operators
 - Filters
 - Fourier Analysis
 - GUI Widgets
 - Impairment Models
 - Instrumentation
 - Level Controllers
 - Math Operators
 - Measurement Tools
 - Message Tools
 - Misc
 - Modulators
 - Networking Tools
 - OFDM
 - Packet Operators
 - Peak Detectors
 - Resamplers
 - Stream Operators
 - Stream Tag Tools
 - Symbol Coding
 - Synchronizers
 - Trellis Coding

Рисунок 7. Меню доступных блоков

Откройте из списка блоков категорию «Audio» , выберите «Audio Source» и дважды нажмите на источник сигнала. Обратите внимание, что источник сигнала теперь появился в главном окне. Блок источника сигнала показан на рисунке 8.

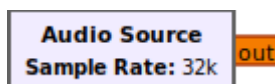


Рисунок 8. Блок источника сигнала

Дважды нажмите на него и откроется окно параметров. Отрегулируйте настройки в соответствии с рисунком 9, и нажмите кнопку «Применить».

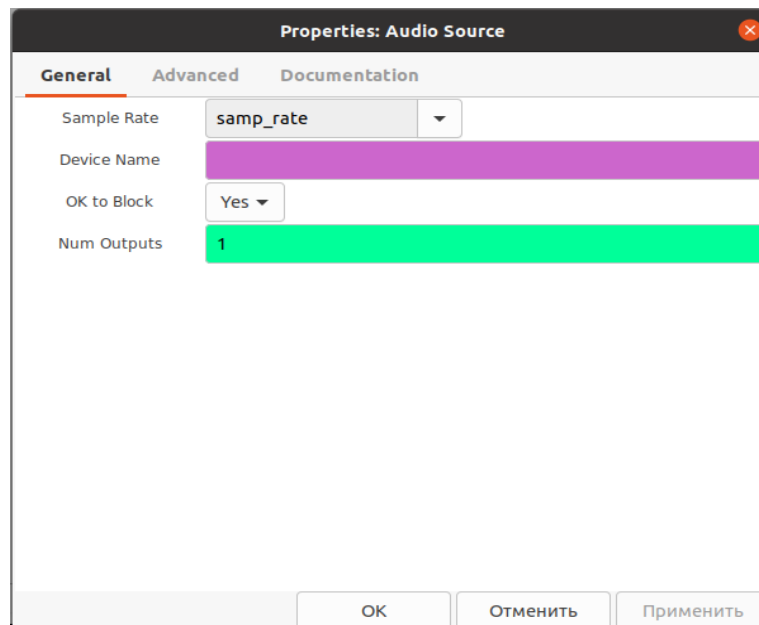


Рисунок 9. Настройка параметров

Для просмотра графика анализируемой волны сигнала понадобится один из графических блоков (graphical sinks). Откройте категорию «instrumentation» и дважды нажмите «QT» затем дважды нажмите на «QT GUI SINK». Вид категории QT показан на рисунке 10.

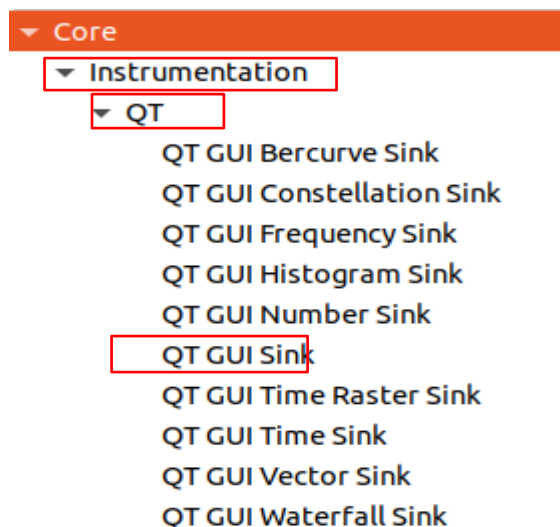
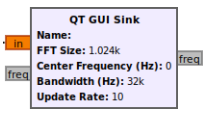



Рисунок 10. Окно QT

В главном окне нашего проекта появится блок . Дважды нажмите на блок и измените тип на «float» . Оставьте остальные параметры по умолчанию и закройте окно свойств.

Чтобы соединить эти два блока, нажмите один раз на «выходной» порт источника сигнала *out* и затем один раз на «входной» порт приемника осциллографа *in*. Главное окно GRC должно выглядеть аналогично рисунку 11.

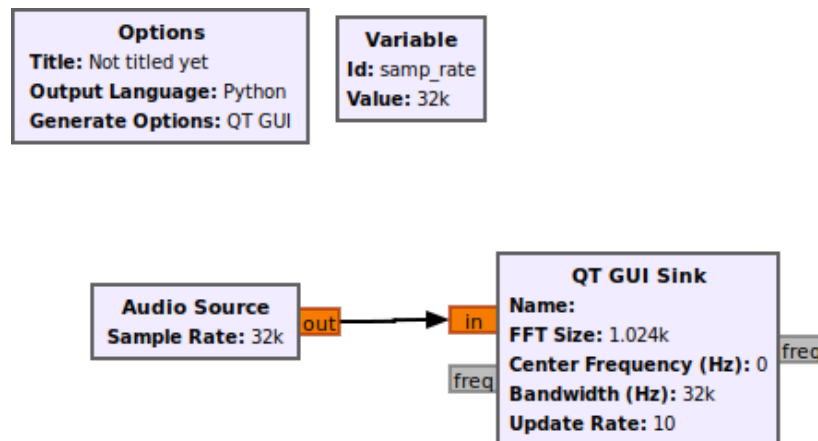


Рисунок 11. Соединение блоков



Чтобы наблюдать за работой этой простой системы, необходимо сгенерировать схему и затем выполните её. Для того этого нажмите на значок «Создать диаграмму потока» , его положение показано на рисунке 12. Нажмите на значок «Выполнить» .



Рисунок 12. Запуск программы

Должно открыться окно с графиком осциллографа, отображающего несколько циклов синусоиды, график осциллографа показан на рисунке 13. Поэкспериментируйте с элементами управления на графике осциллографа изменяя частоту блока «Audio Source».

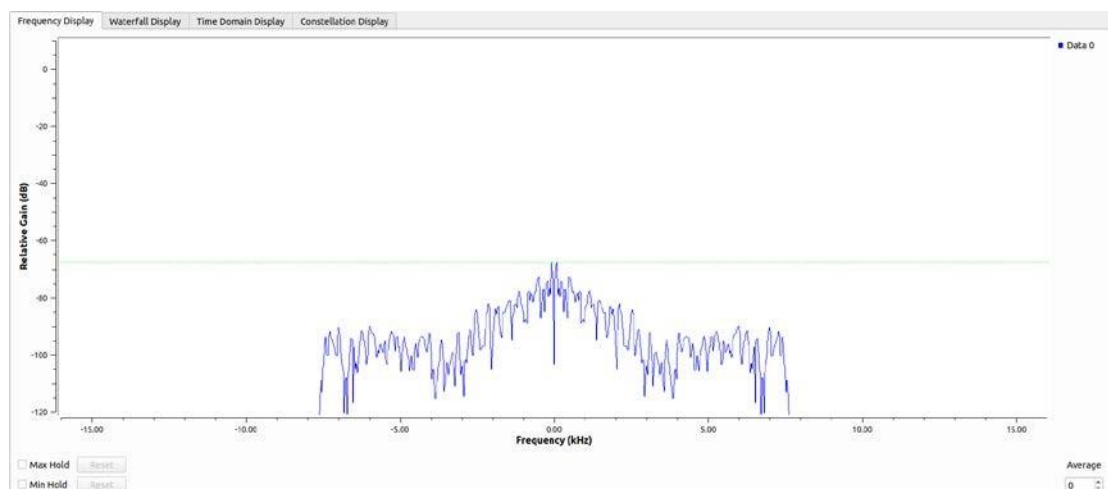


Рисунок 13. Окно GRC с графиком частоты

Далее нужно сохранить данную схему, для этого надо нажать на панели в левом верхнем углу экрана file → save as, после этого откроется файловый менеджер – рисунок 14. В поле «Имя» нужно дать название файлу, обратите внимание на расширение «.grc» оно обязательно для работы файла, далее нажмите кнопку «сохранить», после этого файл успешно сохраниться в домашнюю папку. Найти этот файл можно открыв папку Ubuntu (домашняя папка) на рабочем столе

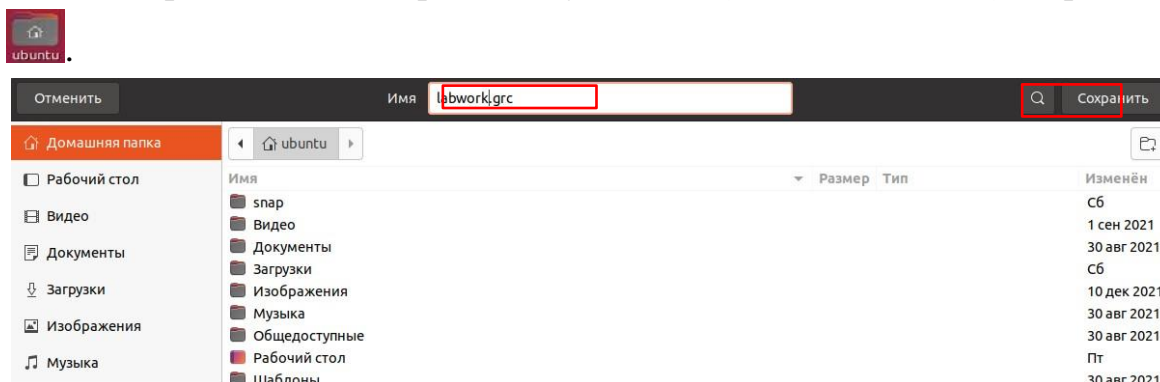


Рисунок 14. Файловый менеджер

В этом примере были показаны основные элементы управления и работа с GRC. Таким образом вы получили навык работы в программе GRC, для последующего выполнения лабораторных работ.

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Моделирование АМ передатчика в среде разработки GRC

7.1 Цель работы

Изучить основы устройства АМ сигналов и построить АМ передатчик в среде разработки GRC.

7.2 Задача

Пользуясь приведенным ниже описанием настройки блоков GRC выполнить поставленные задачи:

1. Собрать схему АМ передатчика в среде разработки GRC.
2. Ответить на контрольный тест.
3. Проанализировать изменение сигнала передатчика при увеличении параметра усилителя сигнала.

Описание принципов построения АМ передатчика

В России для радиовещания с АМ-модуляцией используется диапазон несущих частот 526,5–1606,5 кГц.

При АМ-модуляции модулирующий, или звуковой сигнал изменяет мгновенную амплитуду несущего сигнала. Фактически мгновенное значение амплитуды несущего сигнала определяется мгновенной амплитудой модулирующего сигнала. В общем виде амплитудная модуляция гармонической несущей синусоидального сигнала показана на рисунке 15.

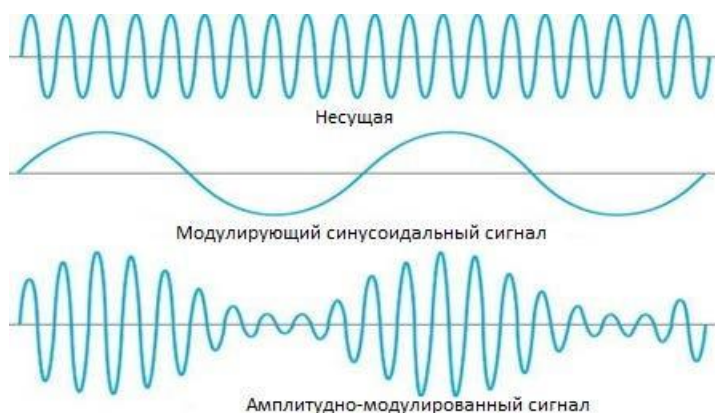


Рисунок 15. Принцип амплитудной модуляции

На рисунке 16 показана структурная схема высокоуровневого передатчика с амплитудной модуляцией АМ. Генератор создает сигнал несущей, который усиливается буферным усилителем, а затем еще раз усиливается предусилителем, или драйвером. Предусилитель должен поднять уровень мощности сигнала до величины, достаточной для управления последним каскадом передатчика – усилителем мощности.

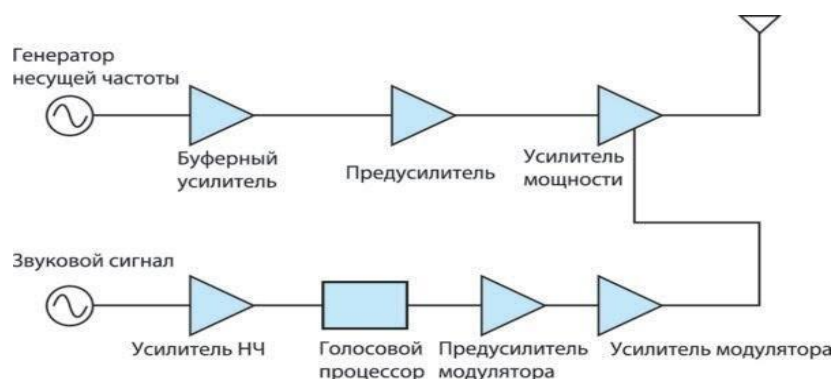


Рисунок 16. Структурная схема многоуровневого АМ-передатчика

Звуковой сигнал, например, с микрофона, поступает на предварительный усилитель и усиливается. После усиления аудио сигнал подается в голосовой процессор, осуществляющий обработку речевых сигналов. Она необходима для того, чтобы обеспечить ограничение или компрессию звукового сигнала, т. е. уменьшить динамический диапазон звукового сигнала, не допустив перемодуляции и возникающих по этой причине нелинейных искажений при приеме сигналов с АМ. Кроме того, осуществляется ограничение полосы передаваемых частот внеполосного излучения, предельные уровни которого регламентируются соответствующими стандартами. Далее предусилитель модулятора повышает звуковой сигнал до уровня, достаточного для управления усилителем модулятора. Затем выходной сигнал усилителя модулятора модулирует УМ конечного каскада. В генерации сигнала с АМ-модуляцией на выходе УМ используются управляющий аудио сигнал и несущая, поступающая на вход УМ. Этот АМ-сигнал подается в антенну и излучается. Далее вступает АМ-приемник, который принимает сигнал и, в свою очередь, восстанавливает исходный звуковой сигнал.

Указания к выполнению работы

Используя GRC и следующие описания блоков, постройте блок-схему секции передатчика. Внимательно изучите теоретический материал, а также функ-

ции и параметры блоков, это поможет в дальнейшем для ответа на контрольный тест.

Конфигурирование АМ передатчика

Постройте блок-схему АМ передатчика как показано на рисунке 17.

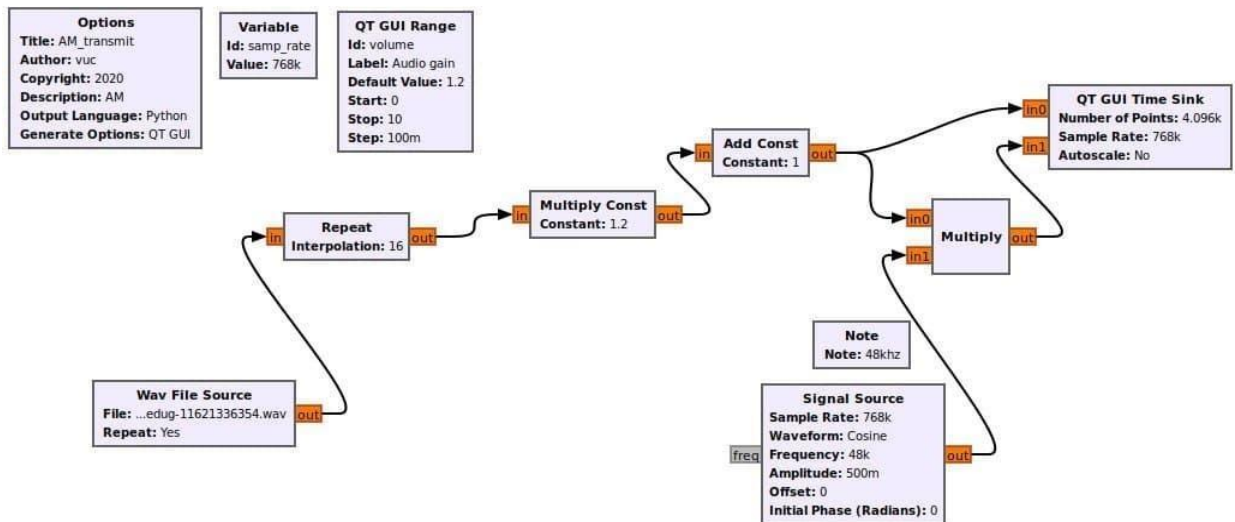
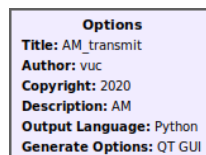


Рисунок 17. Схема АМ передатчика

В приложении на главном окне нажмите File → Save as → Имя файла: «АМ_transmit» расширение «.grc» добавится автоматически.

Параметры блоков GRC



Откройте объект «Options» и определите в нем следующие параметры как показано на рисунке 18. Блок опций задает специальные параметры для работы блок-схемы. На блок-схему допускается только один блок опций. Параметры заголовка, автора и описания предназначены для идентификации пользователя.

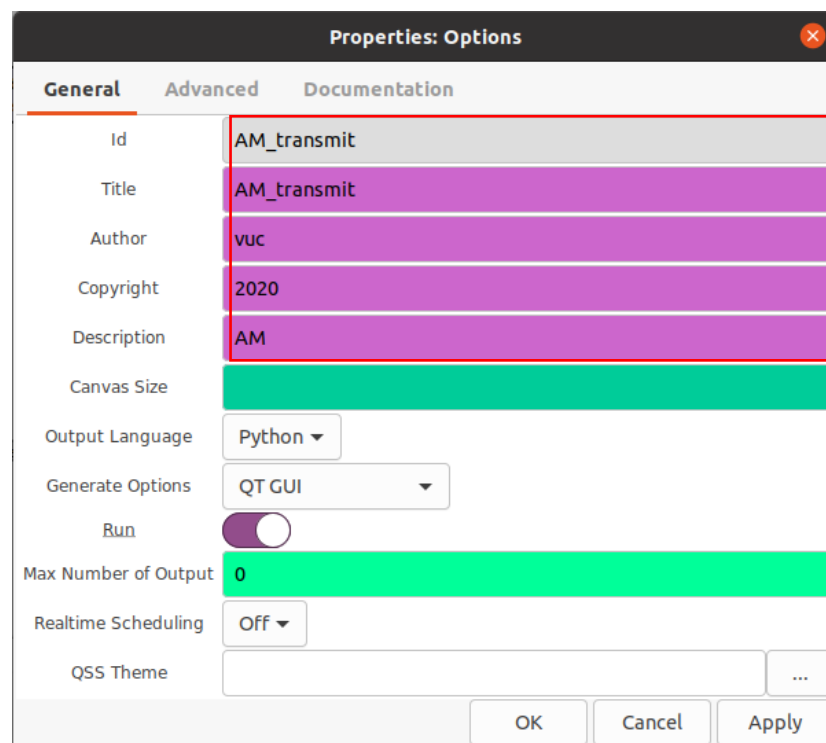


Рисунок 18. Настройка блока Options

Аналогичным образом настройте блок «Variable» как показано на рисунке 19. Блок Variable создаёт пустую переменную. Затем в свойствах этой переменной объявляется Id – название переменной и Value – значение переменной.

- Id – samp_rate;
- Value – 768e3;

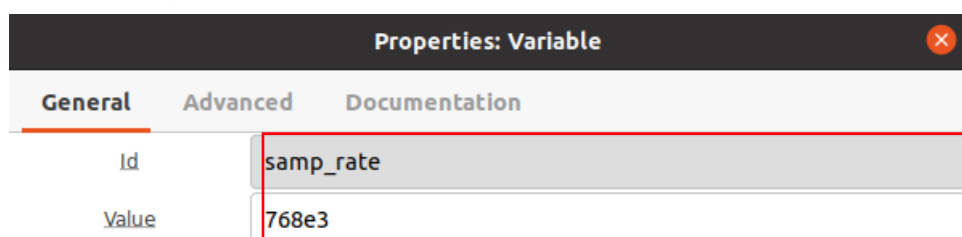
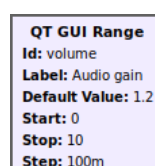


Рисунок 19. Настройка блока Variable



Создайте объект «QT GUI Range» и настройте его как показано на рисунке 20. Этот блок нужен для усиления сигнала, в нашем случае усиление сигнала будет происходить в диапазоне от 0 до 10.

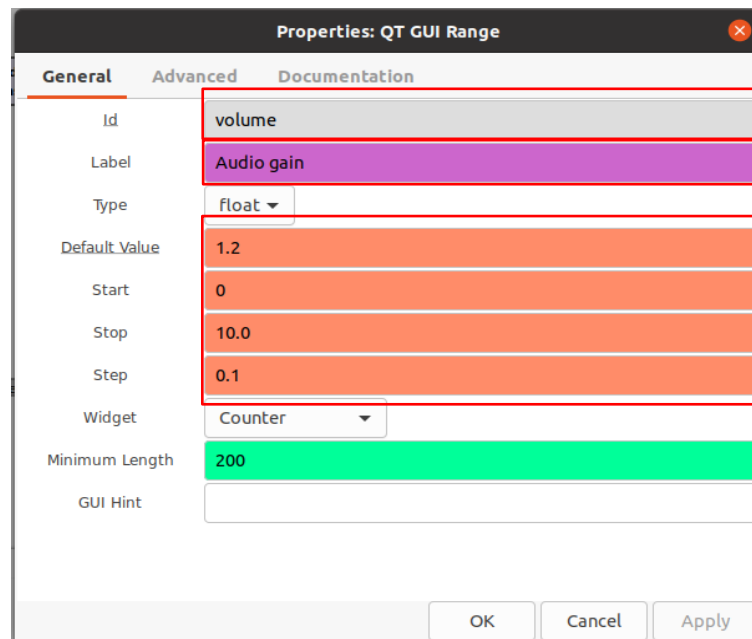


Рисунок 20. Настройка блока QT GUI Range

Далее Вам необходимо собрать непосредственно схему АМ передатчика.

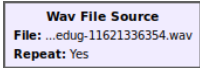

Для этого найдите блок «Wave source»  и создайте его. В качестве одного из параметров нужно указать путь к аудиофайлу с расширением .wav, этот файл является источником сигнала, значение параметра *Repeat* – yes. Для выбора файла wav нажмите  у вас откроется файловый менеджер выберите любой файл с расширением wav, файловый менеджер показан на рисунке 21. Параметры блока показаны на рисунке 22. Блок «Wav file source» – это источник сигнала.



Рисунок 21. Выбор файла с расширение .wav в файловом менеджере

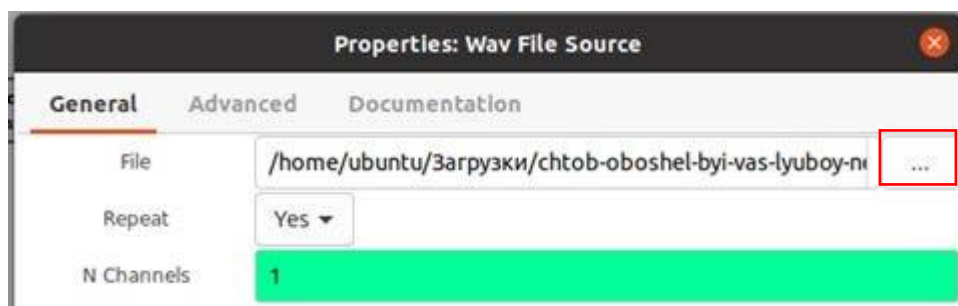


Рисунок 22. Настройка блока Wav File Source

Блок «Wav File Source» имеет выход *out*, который необходимо, с помощью курсора мыши, соединить со входом *in* следующего блока «Repeat». Создайте этот блок с параметрами как показано на рисунке 23.

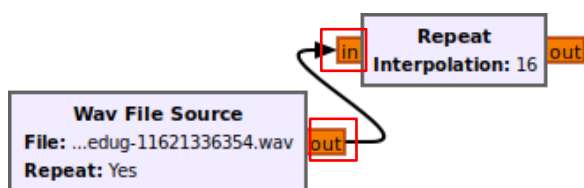


Рисунок 23. Пример соединения блоков

Создайте и настройте блок «Repeat» как показано на рисунке 24. Блок «Repeat» – повторяет сигнал определенное количество раз.

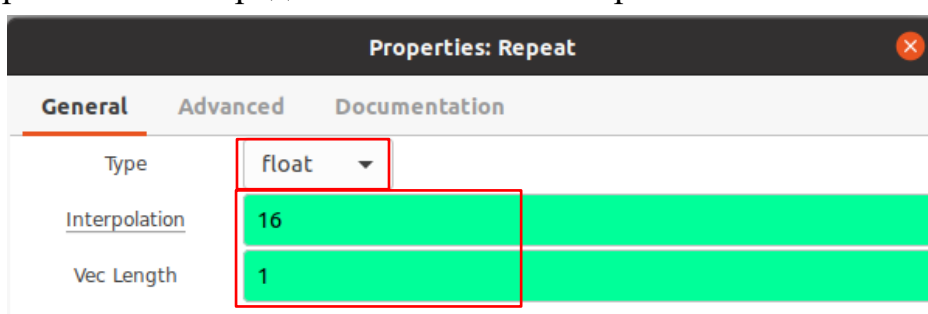


Рисунок 24. Настройка блока Repeat

Создайте объект «Multiply Const» и подсоедините его к выходу предыдущего блока. Настройка блока «Multiply Const» показана на рисунке 25. Данный блок умножает входной поток на скалярную или векторную константу.

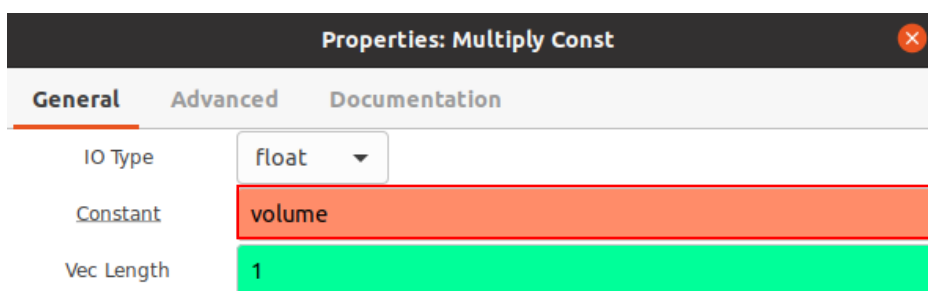


Рисунок 25. Настройка блока Multiply Const

Создайте и подсоедините к выходу блока «Multiply Const» блок «Add Const» со следующими настройками как показано на рисунке 26. Данный блок добавляет постоянное значение к каждому переданному элементу.

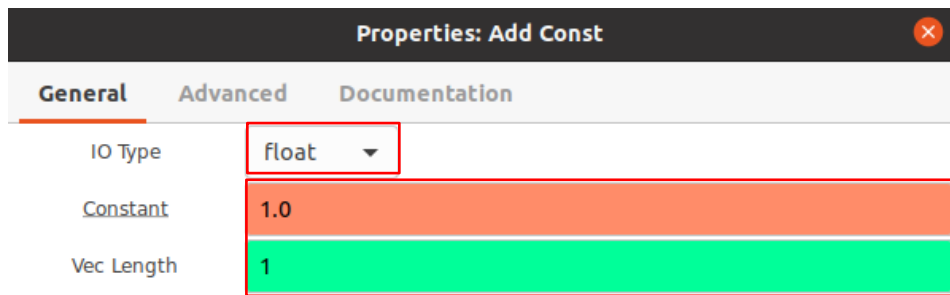


Рисунок 26. Настройка блока Add Const

Объект «Multiply» имеет два входных подключения. Соедините выход блока «Add Const» со входом *in0*. Настройте «Multiply» следующим образом, как показано на рисунке 27. Данный блок перемножает входные потоки.

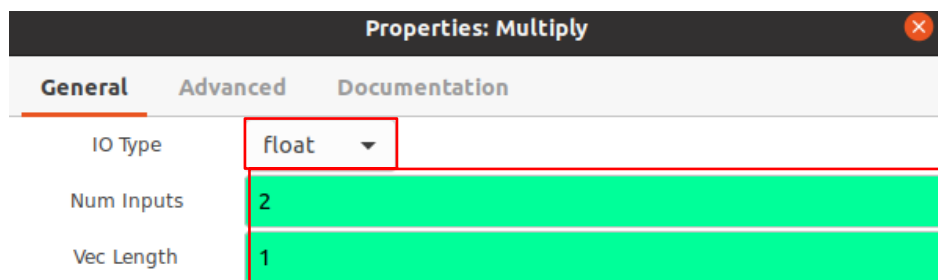
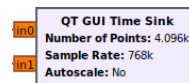


Рисунок 27. Настройка блока Multiply

Создайте объект «QT GUI Time Sink» со следующими настройками как показано на рисунке 28. Укажите значение параметра *Sample Rate* – *sample_rate*, ранее объявленная переменная *Variable* со значением 768k. «QT GUI Time Sink» – это графический приемник для отображения нескольких сигналов во времени.



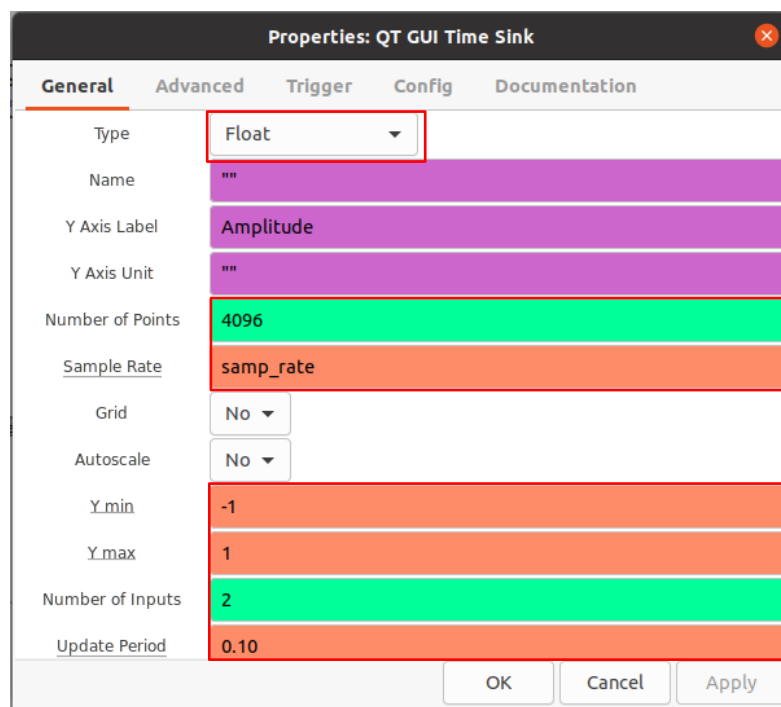


Рисунок 28. Настройка блока QT GUI Time Sink

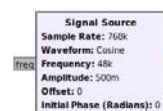
Подсоедините к входу *in0*

блок «Add Const», а к *in1* – «Multiply».

Объявите объект «Note» :

Note
Note: 48khz

Note – 48khz.



со сле-

дующими настройками как показано на рисунке 29 и подключите его к входу *in1* блока «Multiply». Данный блок отвечает за генерацию сигналов, генерирует различные формы сигналов.

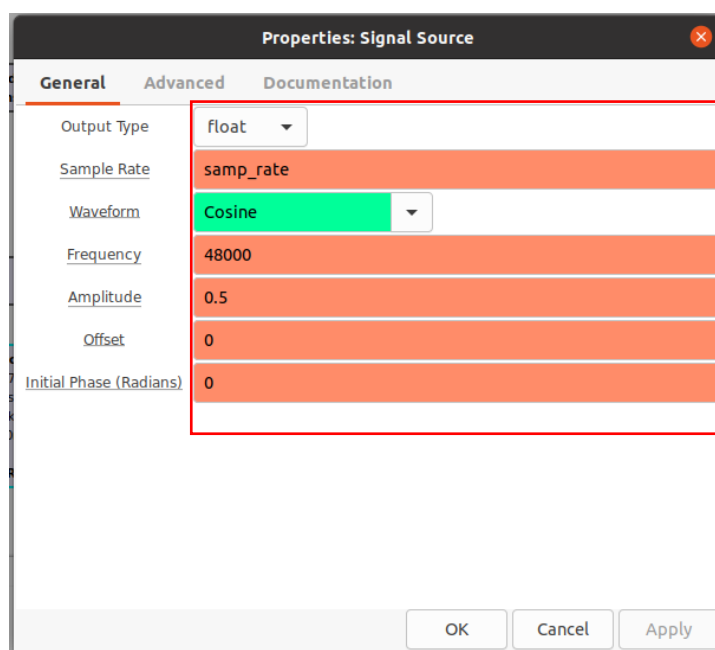


Рисунок 29. Настройка блока Signal Source

Тестирование передатчика



Для проверки передатчика, сгенерируйте и запустите программу (*generate and run the flowgraph*), сперва нужно создать схему кнопкой  и затем запустить её кнопкой , положение кнопок на панели показано на рисунке 30. Входящий аудиосигнал должен вызывать изменение рисунка в QT GUI Time Sink. Уровень модуляции можно регулировать с помощью регулятора громкости.



Рисунок 30. Кнопки генерации и запуска программы на панели

Результат выполнения программы изображен на рисунке 31.

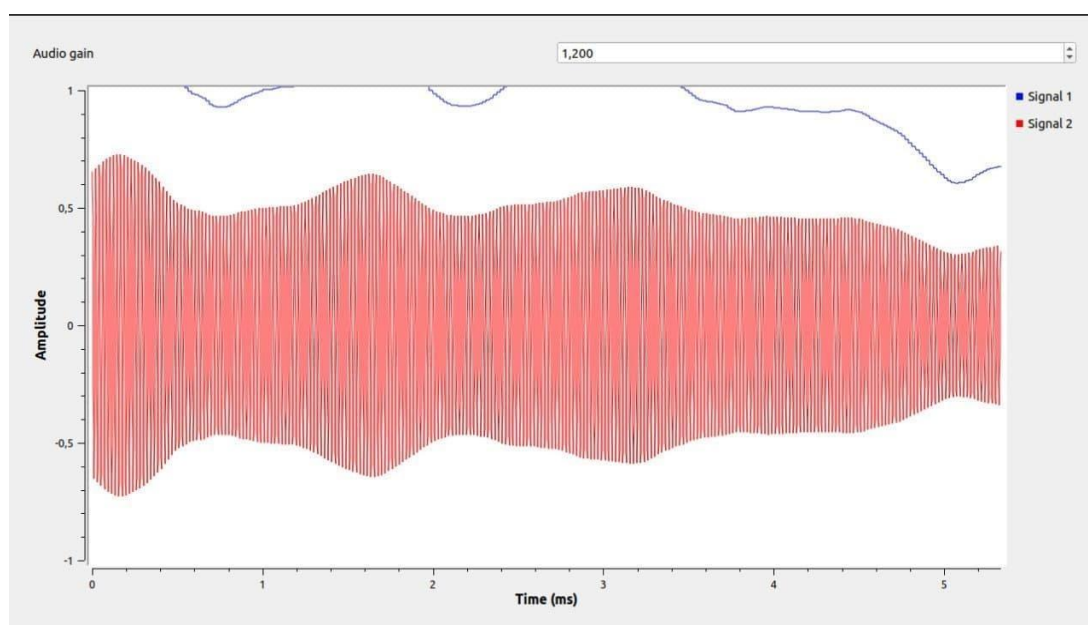


Рисунок 31. Результат программы

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать структурную схему исследуемого передатчика с описанием каждого из блоков схемы, графики изменения колебаний сигнала, выводы на их основе, а также ответы на контрольный тест.

7.3 Контрольный тест

В каком диапазоне несущих частот происходит радиовещание с АМ-модуляцией России?

а) 200.5-1000кГц б) 526.5–1606.5 кГц в) 700-2200кГц г) 1000-2050.5 кГц

Частота дискретизации 768 кГц для обеспечения несущей частоты:

а) 48 кГц 16 выборок за цикл б) 58 кГц 14 выборок за цикл г) 40 кГц 18 выборок за цикл

Какой блок дает нам визуальное представление сигнала?

а) QT GUI Time Sink б) Signal source в) QT Gui Range

Зачем мы использовали блок Repeat?

а) Чтобы повысить частоту дискретизации аудиовхода до определенной частоты

б) Для корректной работы следующих блоков

в) Чтобы понизить частоту дискретизации до определенной частоты

8.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Моделирование АМ приемника и изучение АМ сигналов

8.1 Цель работы

Изучить основы АМ сигналов и построить АМ приемник в среде GNU Radio.

8.2 Задача

Пользуясь приведенным ниже описанием настройки блоков GRC выполнить поставленные задачи:

- Собрать схему АМ приёмника в среде разработки GNU Radio.
- Ответить на контрольный тест.
- Проанализировать, что будет происходить с сигналом при изменении значения несущей частоты (вам также необходимо изменить коэффициенты интерполяции и децимации!).

Описание принципов построения АМ приемника

Под радиоприемным устройством понимают радиоприёмник, снабженный антенной, а также средствами обработки принимаемой информации и воспроизведения ее в требуемой форме.

Во многих случаях антенна и средства воспроизведения конструктивно входят в состав радиоприемника. Радиоприемное устройство выполняет пространственную и поляризационную селекцию радиоволн и их преобразование в электрические радиосигналы (напряжение, ток) с помощью антенны, преобразование по частоте, выделение полезного радиосигнала из совокупности других (мешающих) сигналов и помех, действующих на выходе приемной антенны и не совпадающих по частоте с полезным сигналом, усиление, преобразование полезного радиосигнала к виду, позволяющему использовать содержащуюся в нём информацию.

Радиоприемные устройства делятся по следующим признакам:

1. По основному назначению: радиовещательные, телевизионные, связные, пеленгационные, радиолокационные, для систем радиоуправления, измерительные и др.

2. По роду работы: радиотелеграфные, радиотелефонные, фототелеграфные и т. д.

3. По виду модуляции, применяемой в канале связи: амплитудная, частотная, фазовая, однополосная (разные виды), импульсная (разные виды).

4. По диапазону принимаемых волн, согласно рекомендациям МККР:

3-30 кГц ОНЧ (Очень низкие частоты) Мириаметровые 10-100 км

30-300 кГц НЧ (Низкие частоты) Километровые 1-10 км

300-3000 кГц СЧ (Средние частоты) Гектометровые 0,1-1 км

3-30 МГц ВЧ (Высокие частоты) Декаметровые 10-100 м

30-300 МГц ОВЧ (Очень высокие частоты) Метровые 1-10 м

300-3000 МГц УВЧ (Ультравысокие частоты) Дециметровые 0,1-1 м

30-3000 МГц УКВ (Ультракороткие волны) Метровые 0,1-10 м

3-30 ГГц СВЧ (Сверхвысокие частоты) Сантиметровые 1-10 см

30-300 ГГц КВЧ (Крайне высокие частоты) Миллиметровые 1-10 мм

300-3000 ГГц ГВЧ (Гипервысокие частоты) Децимиллиметровые 0,1-1 мм

По принципу построения приемного тракта: детекторные, прямого усиления, прямого преобразования, регенеративные, сверхрегенераторы, супергетеродинные с однократным, двукратным или многократным преобразованием частоты.

По способу обработки сигнала: аналоговые и цифровые.

По примененной элементной базе: на кристаллическом детекторе, ламповые, транзисторные, на микросхемах.

По исполнению: автономные и встроенные (в состав др. устройства).

По месту установки: стационарные, бортовые, носимые.

По способу питания: сетевое, автономное или универсальное.

В самом общем виде принцип работы радиоприёмника выглядит так:

1. Колебания электромагнитного поля (смесь полезного радиосигнала и помех разного происхождения) наводят в антенне переменный электрический ток.

2. Полученные таким образом электрические колебания фильтруются для отделения требуемого сигнала от нежелательных (помех).

3. Из сигнала выделяется (детектируется) заключённая в нём полезная информация.

4. Полученный в результате сигнал преобразуется в вид, пригодный для использования: звук, изображение на экране телевизора, поток цифровых данных, непрерывный или дискретный сигнал для управления исполнительным устройством (например, рулевой машиной) и т. д.

В зависимости от конструкции приёмника сигнал в его тракте может проходить:

- детектирование;
- многоэтапная обработка;
- фильтрация по частоте и амплитуде;
- усиление;
- преобразование частоты (сдвиг спектра);
- оцифровок с последующей программной обработкой и преобразованием в аналоговый вид.

Указания к выполнению работы

Используя среду разработки GRC и следующие описания блоков, постройте блок-схему секции передатчика как показано на рисунке 32.

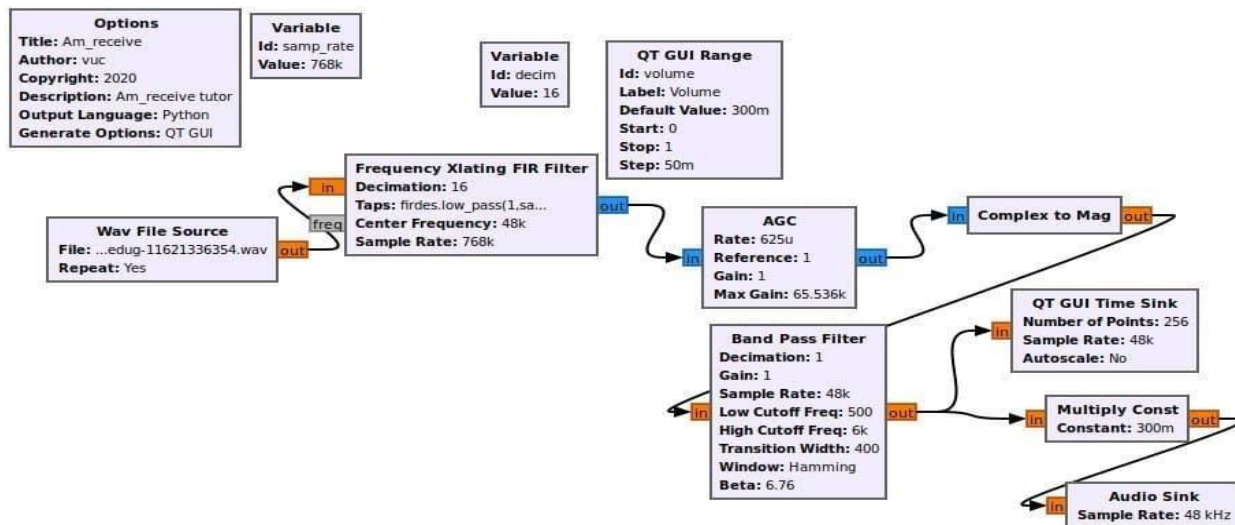


Рисунок 32. Схема АМ приёмка

Настройка блоков GNU Radio

Как и в предыдущей работе необходимо сначала настроить блок «Options», определяющий имя файла для потокового графа, заголовок, автора и т.д. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 33.

- Title – AM_receive;
- Author – Ваше имя;
- Copyright – 2020;
- Descripton – Am_receive tutor;
- Output Language – Python;
- Generate Options – QT GUI.

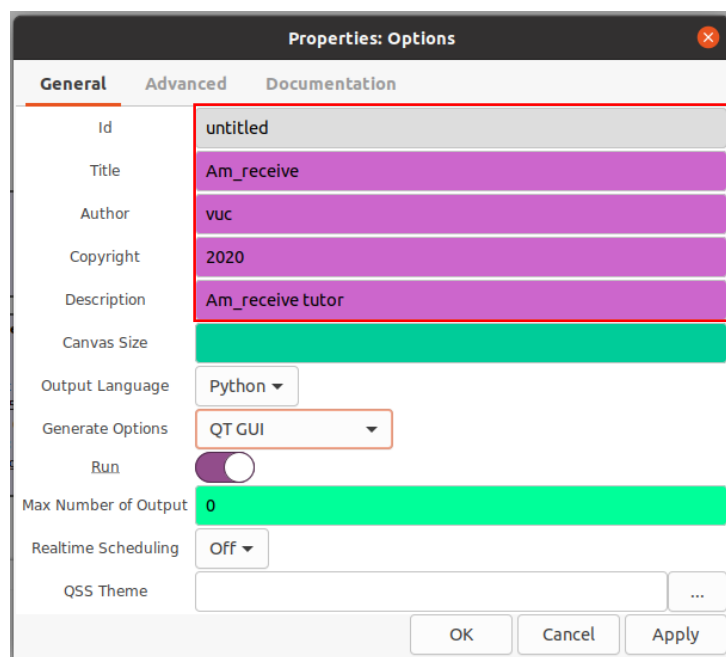


Рисунок 33. Настройка блока Options

Сигнал от секции передатчика принимается источником «ZMQ SUB», создайте этот блок. Это несущая 48 кГц с частотой дискретизации 768 кГц. Блок «Variable» определяет частоту дискретизации. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 34.

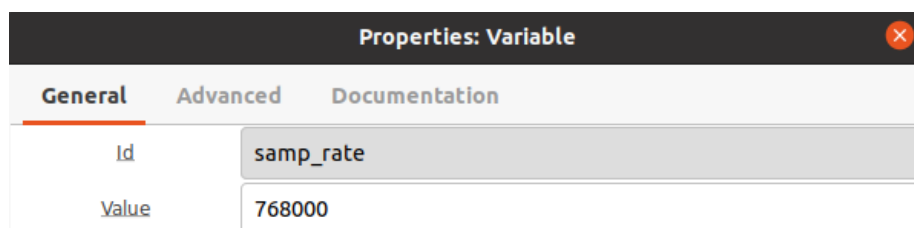


Рисунок 34. Настройка блока «Variable samp_rate»

Создайте и настройте блок «Variable» который определяет коэффициент прореживания. Поскольку «Audio Sink» (динамик) использует частоту дискретизации 48 кГц, мы уменьшим входящую частоту дискретизации в 16 раз. Настройка блока показана на рисунке 35.

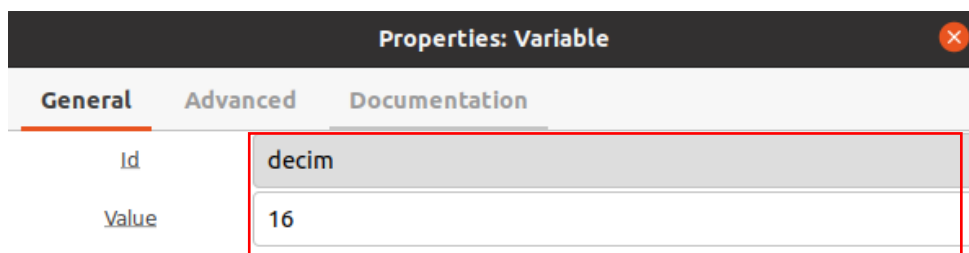


Рисунок 35. Настройка блока «Variable decim»

Создайте блок «QT GUI Range» со следующими параметрами как на рисунке 36. Этот блок нужен для усиления сигнала, в нашем случае усиление сигнала будет происходить в диапазоне от 0 до 1.

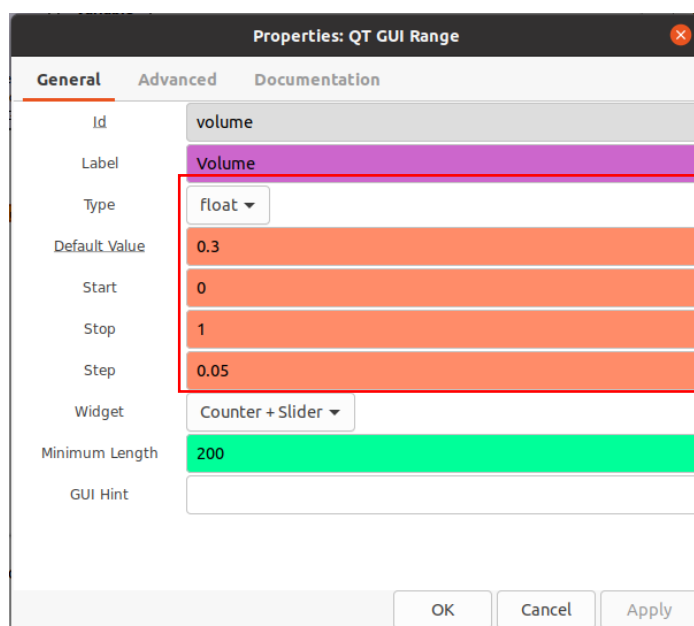
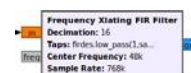


Рисунок 36. Настройка блока «QT GUI Range»

Создайте и настройте блок «Wav File Source» аналогичен блоку из предыдущей лабораторной работы.

Создайте и настройте блок «Frequency Xlating FIR Filter», этот блок выполняет три функции: преобразование частоты, фильтрацию и децимацию. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 37. Этот блок выполняет преобразование частоты сигнала, а также понижает дискретизацию сигнала, запуская на нем прореживающий фильтр.



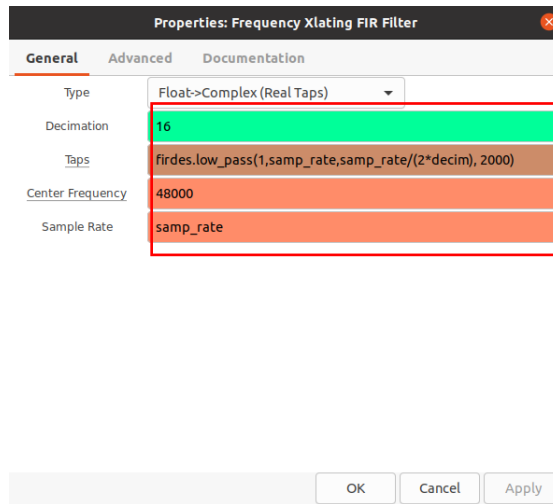
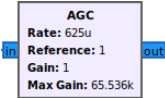


Рисунок 37. Настройка блока «Frequency Xlating FIR Filter»

Создайте и настройте объект «AGC» , этот блок настраивает входной сигнал на заданный опорный уровень. Соедините вход «AGC» с выходом фильтра и задайте соответствующие значения параметрам как рисунке 38. Данный блок отвечает за высокоэффективную автоматическую регулировку усиления. Мощность аппроксимируется по абсолютной величине.

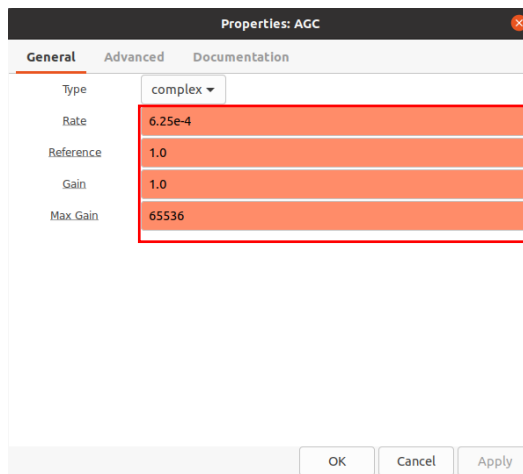
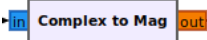
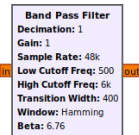


Рисунок 38. Настройка блока «AGC»

Блок «Complex to Mag»  соедините с выходом «AGC», значение *Vec. Length* примите равным 1.

Далее найдите объект «Band Pass Filter»  и настройте его следующим образом как показано на рисунке 39. Это устройство-блок, которое про-

пускает частоты в пределах определенного диапазона и подавляет (ослабляет) частоты вне этого диапазона.

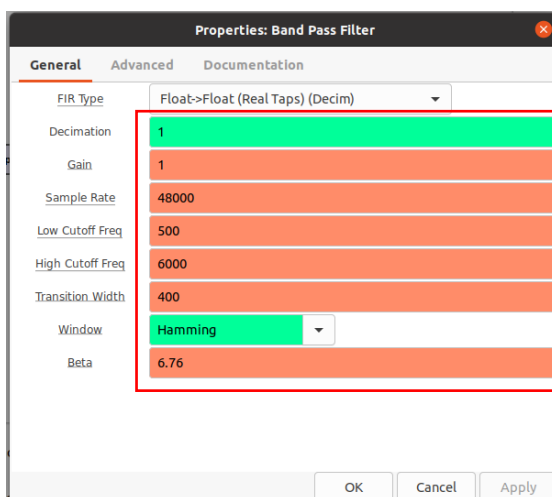



Рисунок 39. Настройка блока «Band Pass Filter»

Создайте блок «Multiply Const» , значение параметра установите 0.3 и подсоедините его к выходу предыдущего блока.

«QT GUI Time Sink» дает визуальное представление принятого сигнала. Блок необходимо создать и подключить к полосовому фильтру «Band Pass Filter» и произвести настройку, указанную ниже как показано на рисунке 40.

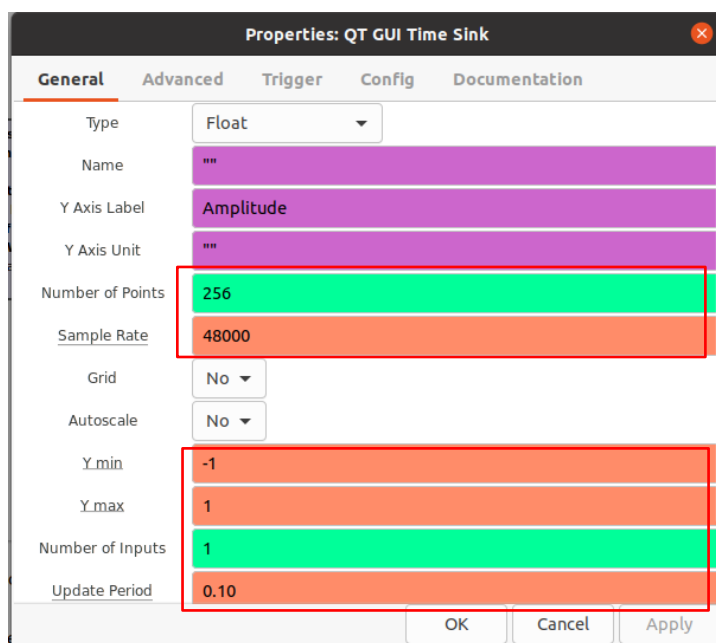


Рисунок 40. Настройка блока QT GUI Time Sink

Последний блок схемы – «Audio Sink»  подключите к

выходу «Multiply Const». Параметры установите аналогично рисунку 41.

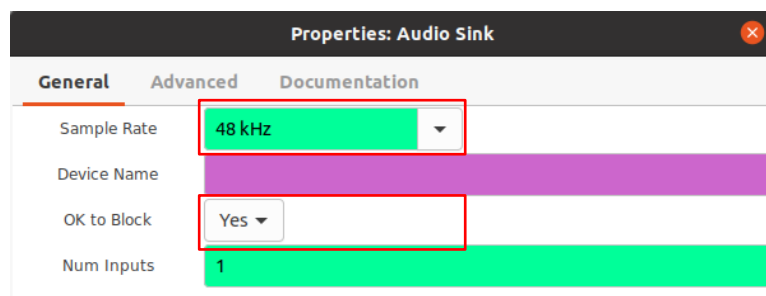




Рисунок 41. Настройка блока Audio Sink

Тестирование приемника

Для проверки приемника, сгенерируйте и запустите программу, используя кнопки   на верхней панели. Через несколько секунд откроется окно графического интерфейса с регулятором громкости и приемником времени графического интерфейса как на рисунке 42.

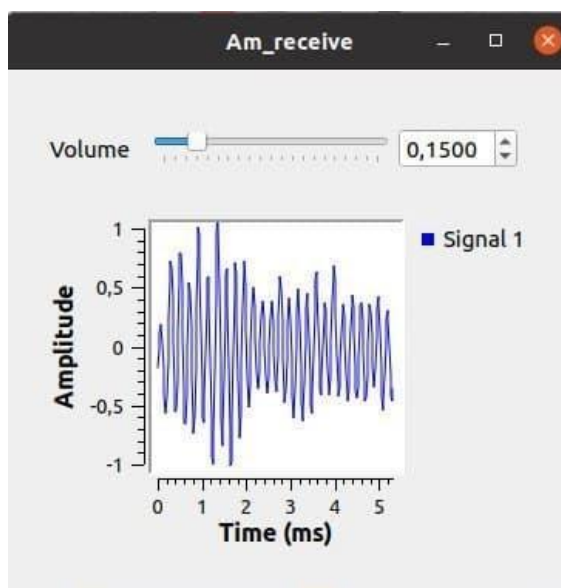


Рисунок 42. Результат выполнения программы

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать структурную схему исследуемого передатчика, графики изменения колебаний сигнала, выводы на их основе, а также ответы на контрольный тест.

8.3 Контрольный тест

- 1) На какой частоте работают метровые волны

а) 30 МГц-300 МГц б) 1 МГц- 30 МГц в) 100 МГц- 300МГц г) 10 МГц – 100 МГц

2) Какие функции выполняет блок Frequency Xlating

а) преобразование частоты б) фильтрацию в) децимацию *г) Все ответы верны

3) Какие функции выполняет блок QT Gui Range?

а) усиление громкости б) уменьшения громкости в) увеличение частоты

4) Какие сигналы бывают по способу обработки?

а) аналоговые *б) дискретные в) импульсные

5) Какой блок дает визуальное представление принятого сигнала.

а) AGC б) Band pass Filter *в) QT GUI г) Audio Sink

Модулирование квадратурной фазовой манипуляции в среде GRC

9.1 Цель работы

Изучить основы квадратурной фазовой манипуляции. Собрать QPSK передатчик в среде GNU Radio.

9.2 Задача

Пользуясь приведенным ниже описанием настройки блоков GNU Radio выполнить поставленные задачи:

1. Собрать схему QPSK передатчика в среде разработки GNU Radio.
2. Ответить на контрольный тест.
3. Проанализировать изменение сигнала изменив количество отсчетов на символ.

Описание принципов построения QPSK передатчика

Фазовая манипуляция (*phase-shift keying (PSK)*) – один из видов фазовой модуляции, при которой фаза несущего колебания меняется скачкообразно в зависимости от информационного сообщения.

Фазоманипулированный сигнал имеет следующий вид:

$$s_m(t) = g(t)\cos[2\pi f_c t + \varphi_m(t)],$$

Где $g(t)$ определяет огибающую сигнала; $\varphi_m(t)$ является модулирующим сигналом; $\varphi_m(t)$ может принимать M дискретных значений. f_c частота несущей; t – время.

Если $M = 2$, то фазовая манипуляция называется *двоичной фазовой манипуляцией* (BPSK, B-Binary – 1 бит на 1 смену фазы).

Если $M = 4$ – *квадратурная фазовая манипуляция* (QPSK, Q-Quadro – 2 бита на 1 смену фазы), $M = 8$ (8-PSK – 3 бита на 1 смену фазы) и т. д. Таким образом, количество бит n , передаваемых одним перескоком фазы, является степенью, в которую возводится двойка при определении числа фаз, требующихся для передачи n -порядкового двоичного числа.

При квадратурной фазовой манипуляции (QPSK) используется созвездие из четырёх точек, размещённых на равных расстояниях на окружности. Используя 4 фазы, в QPSK на символ приходится два бита, как показано на рисун-

ке. Анализ показывает, что скорость может быть увеличена в два раза относительно BPSK при той же полосе сигнала, либо оставить скорость прежней, но уменьшить полосу вдвое.

Хотя QPSK можно считать квадратурной манипуляцией (QAM-4), иногда её проще рассматривать в виде двух независимых модулированных несущих, сдвинутых на 90° . При таком подходе чётные (нечётные) биты используются для модуляции синфазной составляющей I , а нечётные (чётные) – квадратурной составляющей Q . Так как BPSK используется для обеих составляющих несущей, то они могут быть демодулированы независимо. Составляющие QPSK сигнала показаны на рисунке 43.

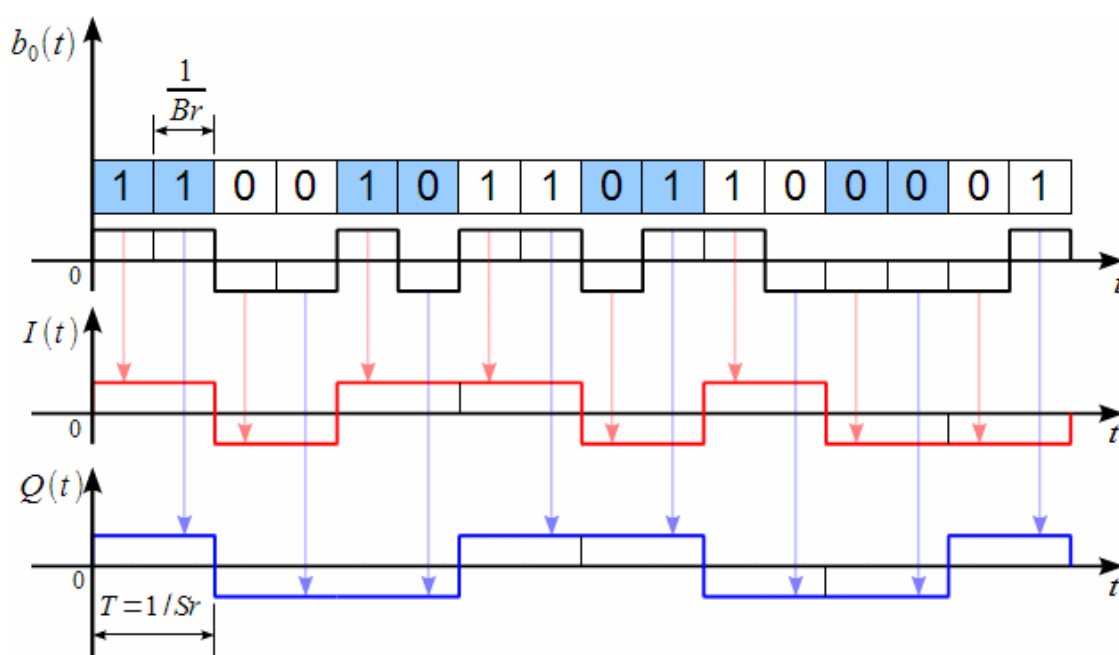


Рисунок 43. Синфазная и квадратурная составляющие QPSK сигнала

Указания к выполнению работы

Используя среду разработки GNU Radio следующие описания блоков, постройте блок-схему секции передатчика.

Конфигурирование QPSK передатчика

Постройте блок-схему QPSK передатчика как на рисунке 44.

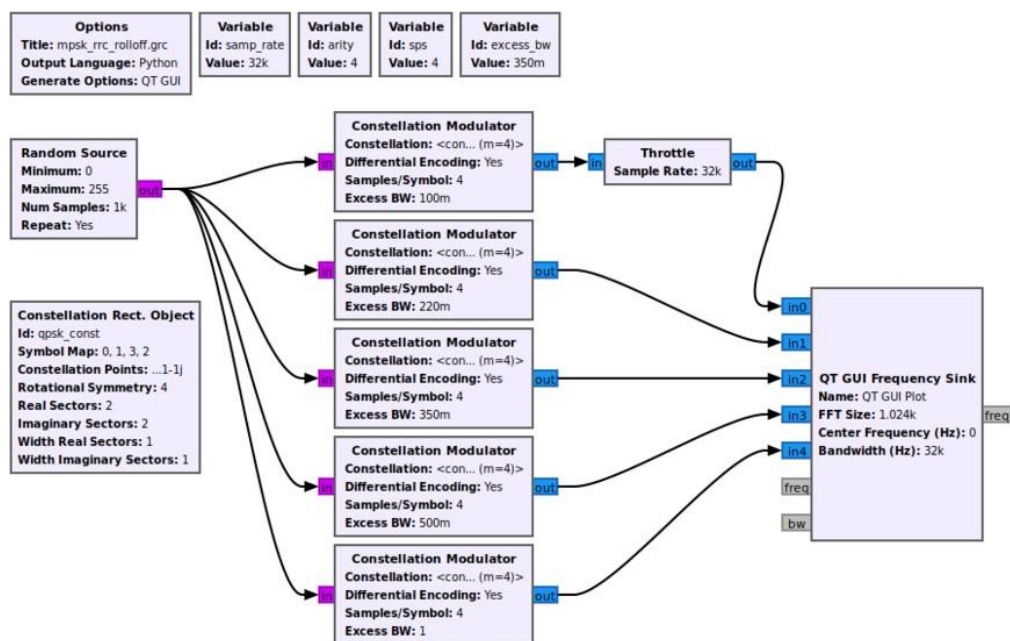
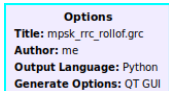


Рисунок 44. Схема QPSK передатчика

Нажмите File → Save as → Имя файла: QPSK_transmit, расширение «. grc» добавится автоматически.

Для того чтобы создать объект необходимо воспользоваться поисковой лупой или найти нужный объект в разделе «Core» в правом углу экрана.

Параметры блоков GNU Radio

Объект «Option»  — блок параметры, определяет имя файла для потокового графа, заголовков, автора и т.д. Задайте ему следующие параметры как показано на рисунке 45.

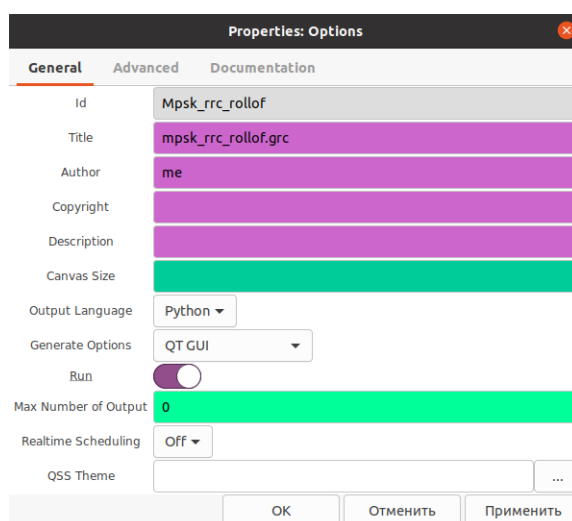



Рисунок 45. Настройка блока «Options»

Нажмите «Файл» → «Сохранить как». Используйте имя файла «mpsk_rrc_rollof», расширение «.grc» добавляется автоматически.

Создать блок «Variable» . Задайте ему следующие параметры как на рисунке 46.

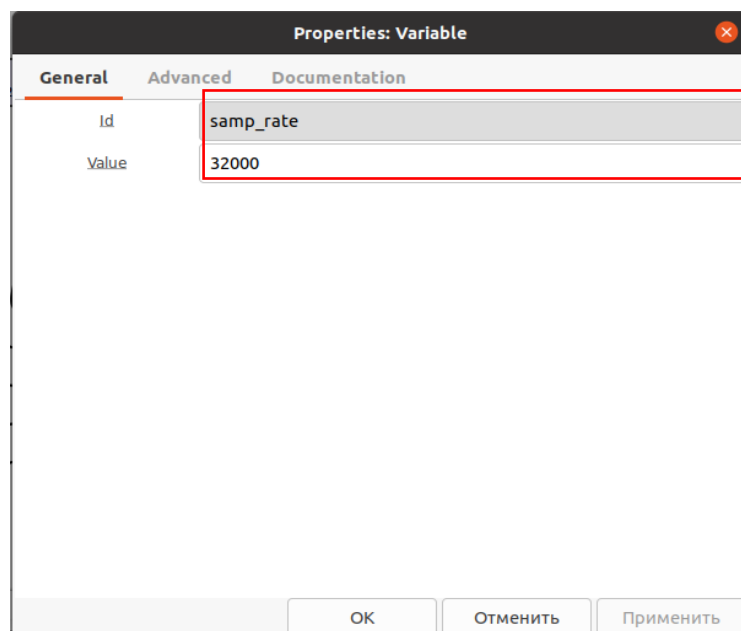


Рисунок 46. Настройка блока «Variable»

Создайте еще 3 блока переменных, задайте параметры этим блокам как на рисунке 47.

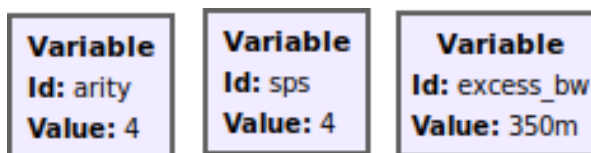
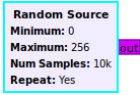


Рисунок 47. Блоки «Variable»

Создайте и настройте блок «Random Source»  – генератор случайных чисел. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 48. Генерирует ряд выборок случайных чисел [min, max), что означает, что максимальное значение не будет включено.

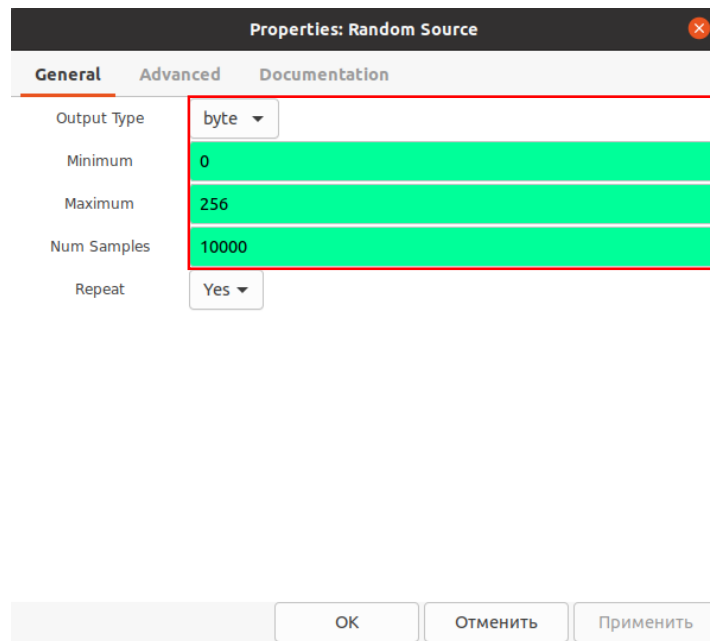


Рисунок 48. Настройка блока Random Source

Создайте и настройте блок «Constellation Modulator». Он модулирует поток битов на сложное созвездие. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 49. Это иерархический блок для дифференциальной общей модуляции с фильтрацией RRC. Вход представляет собой поток байтов, а выход представляет собой сложный модулированный сигнал в основной полосе частот.

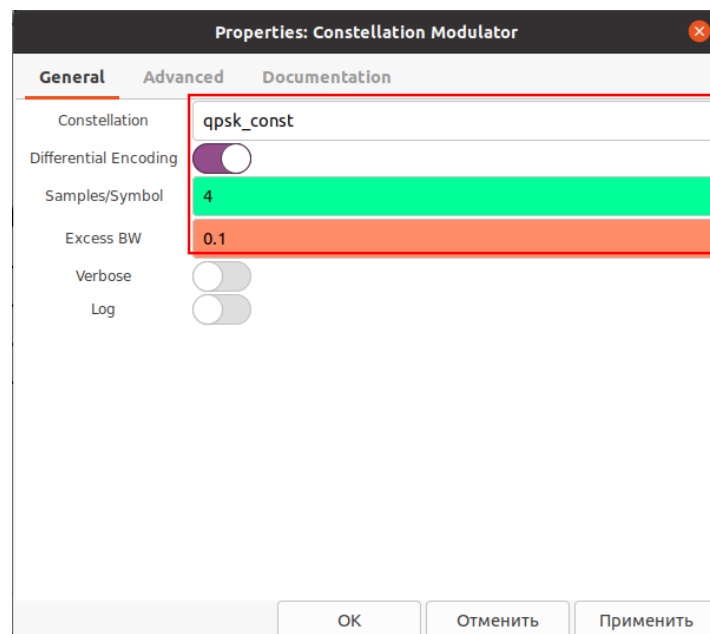
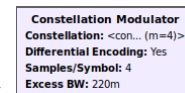


Рисунок 49. Настройка блока «Constellation Modulator»

Первый этап – передача сигнала QPSK. Генерируется поток битов и модулируется на сложное созвездие. Для этого используется блок «Constellation

Modulator», который использует «Constellation Rect». Задайте ему следующие параметры как на рисунке 50.

Constellation Rect. Object
Id: qpsk_const
Symbol Map: 0, 1, 3, 2
Constellation Points: ...1-1j
Rotational Symmetry: 4
Real Sectors: 2
Imaginary Sectors: 2
Width Real Sectors: 1
Width Imaginary Sectors: 1

Properties: Constellation Rect. Object	
General Advanced Documentation	
Id	qpsk_const
Symbol Map	[0, 1, 3, 2]
Constellation Points	[-1-1j, -1+1j, 1+1j, 1-1j]
Rotational Symmetry	4
Real Sectors	2
Imaginary Sectors	2
Width Real Sectors	1
Width Imaginary Sectors	1
Soft bits precision	8
Soft Decisions LUT	None

OK Отменить Применить

Рисунок 50. Настройка блока Constellation Rect

Параметром Constellation Modulator – будет ID Constellation Rect. Object (qpsk_const).



Объект созвездия позволяет определить, как кодируются символы. Блок модулятора может использовать эту схему модуляции с дифференциальным кодированием или без него. Модулятор созвездия ожидает упакованные байты, поэтому есть генератор случайных чисел, предоставляющий байты со значениями 0 – 255.

Имея дело с количеством выборок на символ, необходимо, чтобы это значение было как можно меньшим (минимальное значение 2). Как правило, это значение, помогает сопоставить желаемую скорость передачи данных с частотой дискретизации оборудования, которое используют. Поскольку в данной работе используется моделирование, количество отсчетов на символ важно только для того, чтобы обеспечить соответствие этой скорости по всей потоковой

диаграмме. Здесь будет использоваться 4, что больше, чем нужно, но полезно для визуализации сигнала в различных областях.

Наконец, устанавливается значение избыточной пропускной способности. Модулятор созвездия использует фильтр формирования импульса с приподнятым косинусом (RRC), который дает нам единственный параметр для регулировки коэффициента спада фильтра, часто называемого математически «альфа». Поточный график генерирует и показывает различные значения избыточной пропускной способности. Типичные значения находятся в диапазоне от 0,2 (красная кривая) до 0,35 (зеленая кривая).

Тестирование

Для проверки приемника, сгенерируйте и запустите программу, используя кнопки   на верхней панели. Через несколько секунд откроется окно графического интерфейса.

Результат выполнения программы показан на рисунке 51.

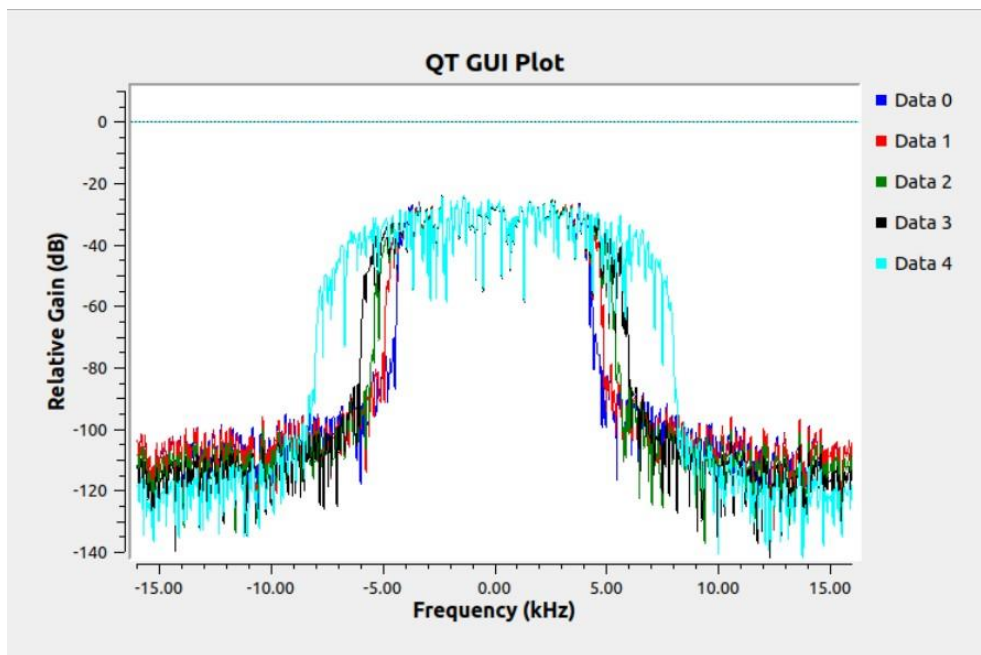


Рисунок 51. Пример выполнения работы

Далее необходимо смоделировать вторую схему.

Постройте блок-схему QPSK передатчика аналогично рисунку 52.

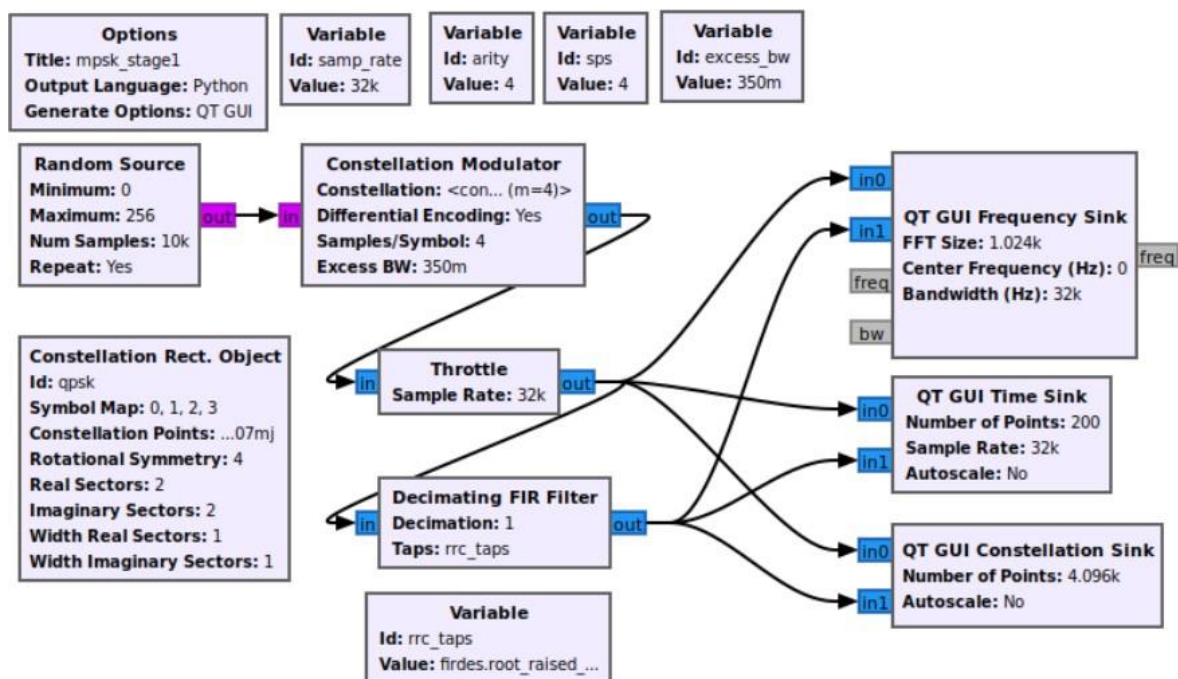
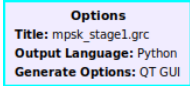


Рисунок 52. Схема QPSK передатчика

Параметры блоков GNU Radio

Объект «Option»  – блок параметры, определяет имя файла для потокового графа, заголовок, автора и т.д. Задайте ему следующие параметры как показано на рисунке 53.

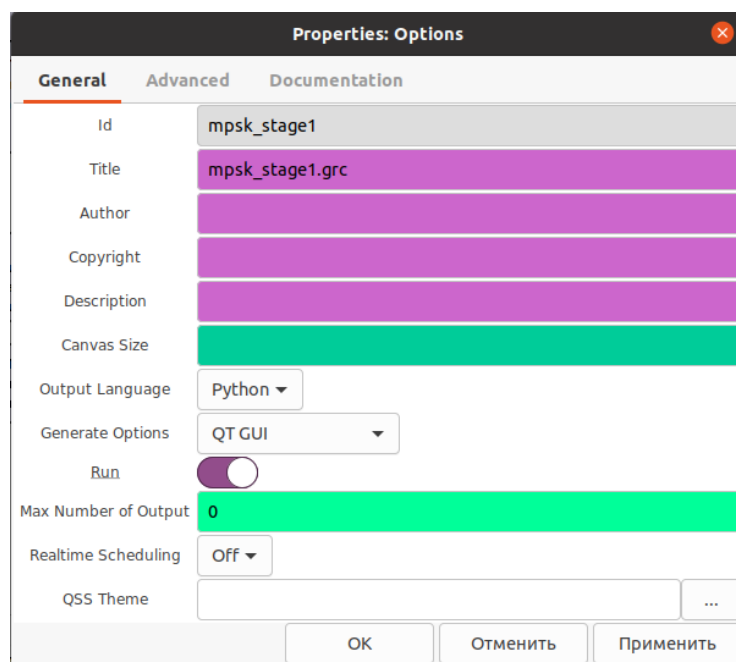



Рисунок 53. Схема QPSK передатчика

Нажмите «Файл» → «Сохранить как». Используйте имя файла «mpsk_stage1». расширение «.grc» добавляется автоматически

Блок «Variable» . Задайте ему следующие параметры как на рисунке 54.

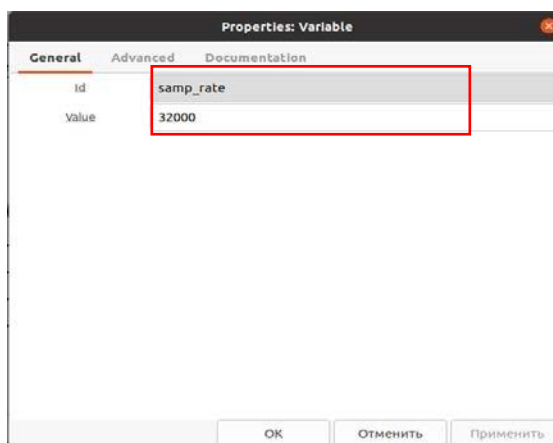


Рисунок 54. Настройка блока «Variable»

Создайте еще 3 блока переменных, задайте параметры этим блокам как на рисунке 54.

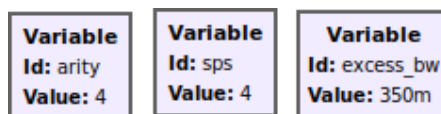
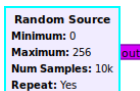


Рисунок 55. Настройка блока «Variable»

Создайте и настройте блок «Random Source»  — генератор случайных чисел. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 56.

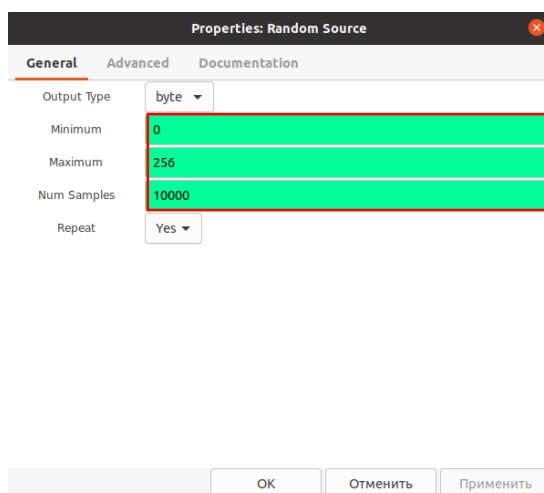
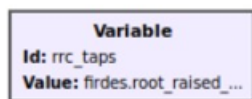


Рисунок 56. Настройка блока «Random Source»



Блок «Variable» . Задайте ему в параметре Values то что указано на рисунке 57.

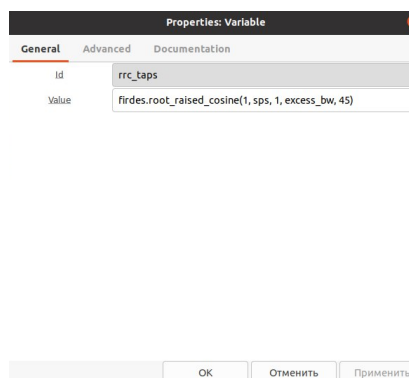
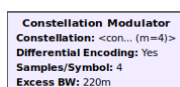


Рисунок 57. Настройка блока «variable»



Блок «Constellation Modulator» модулирует поток битов на сложное созвездие. Задайте ему следующие параметры аналогично рисунку 58.

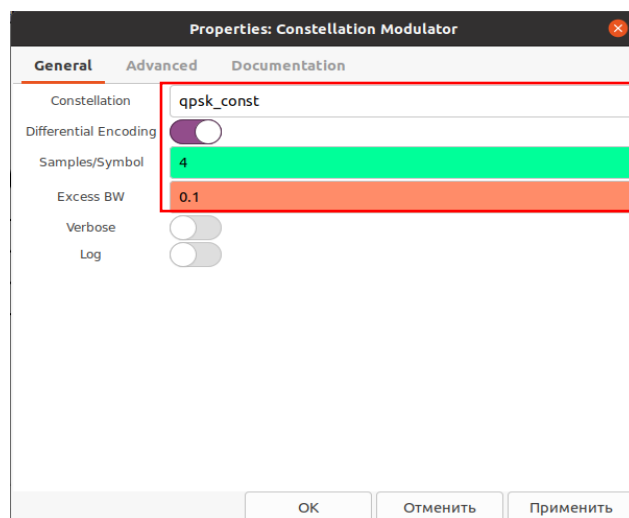


Рисунок 58. Настройка блока «Constellation Modulator»

Создайте и настройте блок «Decimation FIR Filter». Задайте ему следующие параметры – рисунок 59.

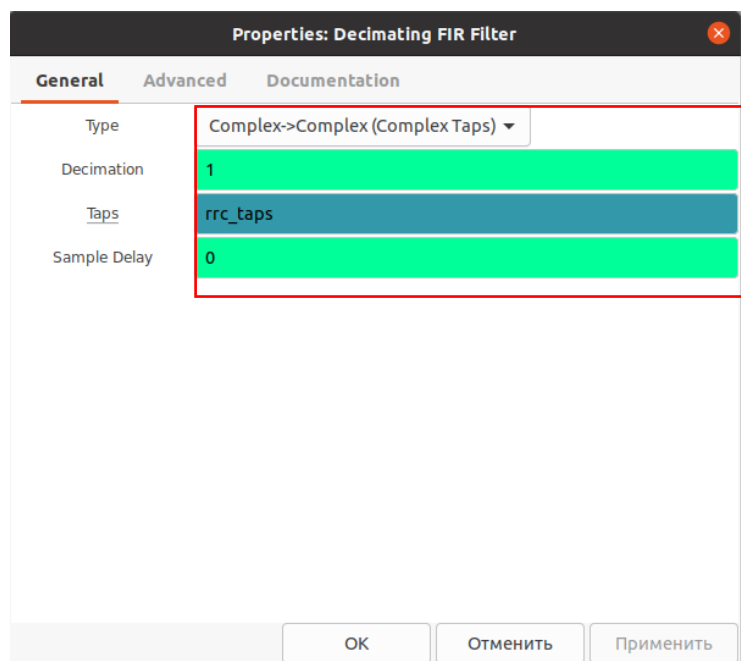


Рисунок 59. Настройка блока Decimation FIR Filter

Блок Constellation Rect. Object выглядит данным образом – рисунок 60.

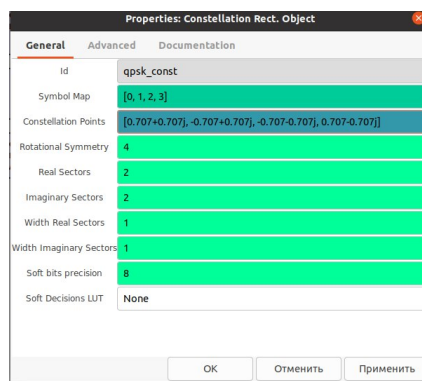


Рисунок 60. Настройка блока Constellation Rect. Object



Из схемы видно эффекты повышающей дискретизации (генерирование 4 выборок на символ) и процесса фильтрации. В этом случае фильтр RRC добавляет преднамеренные самоинтерференции, известные как межсимвольные помехи (ISI). ISI плохо влияет на принимаемый сигнал, потому что смешивает символы.

Если просто смотреть на передаваемые сигналы на рисунке 20, то можно увидеть, что частотный график показывает сигнал красивой формы, переходящий в шум. Если не применять формирующий фильтр к сигналу, передавались бы прямоугольные волны, которые производят много энергии в соседних кана-

лах. Благодаря уменьшению внеполосных излучений сигнал остается в пределах полосы пропускания канала для данной работы.

На стороне приема нужно избавиться от ISI с помощью другого фильтра. По сути, нужно целенаправленно использовать фильтр на передатчике, фильтр RRC, который создает ISI. Но когд сворачивается два фильтра RRC вместе, на выходе получаем фильтр с приподнятым косинусом, который является формой фильтра Найквиста. Итак, зная это свойство фильтра RRC передачи, можно использовать другой фильтр RRC на приемнике. Фильтрация здесь просто свертка, поэтому выходной сигнал RRC-фильтра на приемной стороне представляет собой сигнал в форме приподнятого косинусоидального импульса с минимизированным ISI.

Тестирование

При использовании GRC выполнение команд «Generate»  и «Run»  создает файл Python с тем же именем, что и файл .grc. Вы можете запустить файл Python без повторного запуска GRC. Нажмите «Run», через несколько секунд откроется окно графического интерфейса.

Результат выполнения программы показан на рисунке 59.

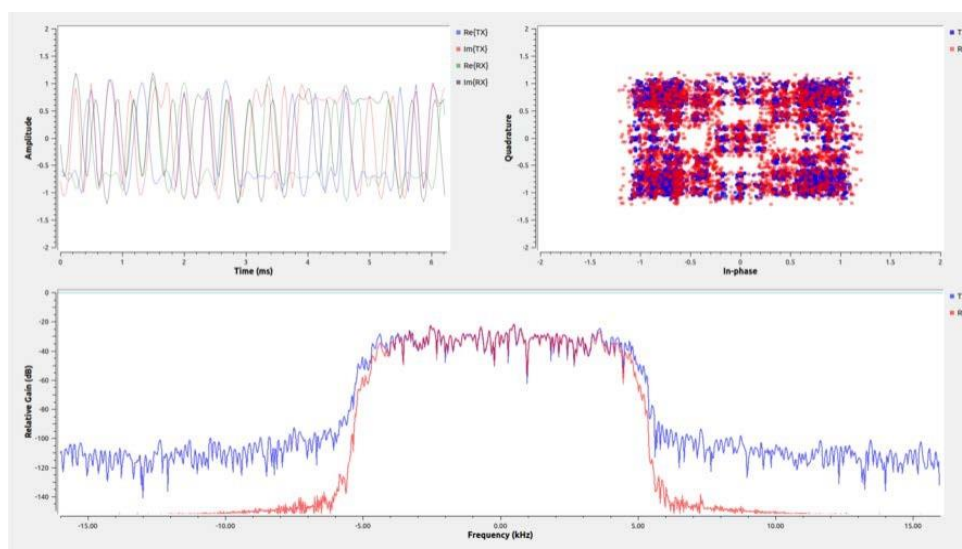


Рисунок 59. Пример выполнения работы

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать структурную схему исследуемого передатчика, графики изменения колебаний сигнала, выводы на их основе, а также ответы на контрольные вопросы.

9.3 Контрольный тест

1) Фазовая манипуляция – вид фазовой модуляции, при которой фаза несущего колебания, в зависимости от информационного сообщения, меняется:

- а) Прямо пропорционально
- б) Скачкообразно
- в) Обратно пропорционально
- г) Не меняется

2) При каком количестве дискретных значений фазовая манипуляция называется квадратурной?

- а) 2
- б) 4
- в) 8
- г) 16

3) Сколько бит передается одним перескоком фазы при квадратурной манипуляции?

- а) 2
- б) 4
- в) 8
- г) 16

4) Чему равна длительность одного символа квадратурного канала?

(Если одним символом кодируется один бит информации, то $B_r = \mathcal{S}_r$, где \mathcal{S}_r – символьная скорость передачи)

а. $T = 1/B_r$

- b. $T = 2/B_r$
- c. $T = 4/B_r$
- d. $T = 8/B_r$

5) Какой блок лабораторной работы используя RRC-фильтр создает модулированный сигнал?

- a) Random Source
- б) Constellation Rect. Object
- в) Throttle
- г) Constellation Modulator

10.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Моделирование узкополосного FM-сигнала в среде разработки GRC

10.1 Цель работы

Изучить устройство узкополосного FM-сигнала. Построить FM-трансивер в среде разработки GRC, сгенерировать и принять узкополосный FM-сигнал (NBFM).

10.2 Задача

Пользуясь приведенным ниже описанием настройки блоков выполнить поставленные задачи:

1. Собрать схему FM-трансивера в среде разработки GNU Radio.
2. Ответить на контрольный тест.

Описание принципов построения узкополосного FM-трансивера

Подобно АМ, ЧМ-радиовещание играет важную роль в течение уже многих лет. В США FM-радиовещание осуществляется в частотном диапазоне 88–108 МГц. В отличие от амплитудной модуляции, при частотной модуляции пропорционально амплитуде модулирующего сигнала меняется не амплитуда, а частота несущей. В общем виде частотная модуляция гармонической несущей синусоидальным сигналом показана на рисунке 60.



Рисунке 60. Пример частотной модуляции

Величину изменения частоты называют частотной девиацией. В ЧМ-радиовещании в США и Европе, а также в России максимально допустимая девиация частоты составляет ± 75 кГц.

На рисунке 61 показана структурная схема одной из возможных реализаций типового ЧМ-передатчика. В этом конкретном передатчике используется т. н. косвенный метод формирования ЧМ-модуляции. Сигнал несущей генерируется опорным кварцевым генератором. Этот сигнал усиливается буферным усилителем до уровня, требуемого для функционирования фазового модулятора. Параллельно принимается, например, с микрофона, и усиливается звуковой сигнал, который поступает на фазовый модулятор. Звуковой сигнал и несущая образуют частотно-модулированный сигнал на выходе фазового модулятора.

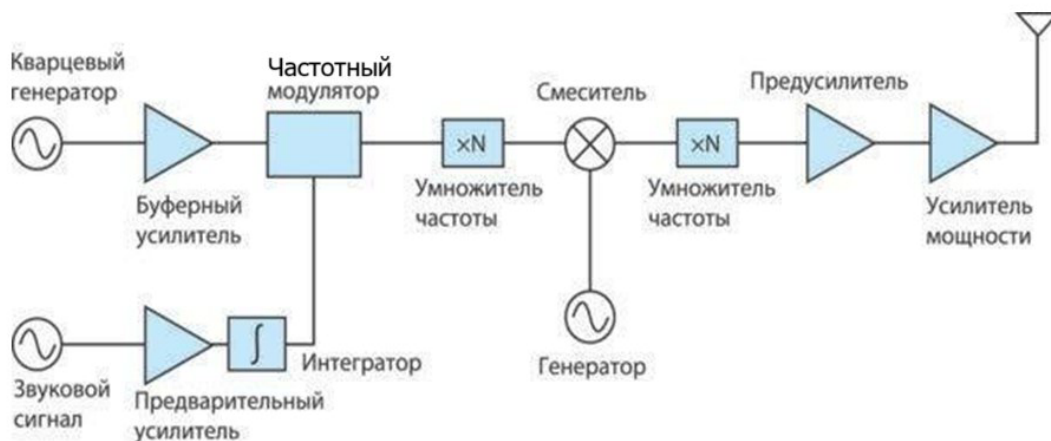


Рисунок 61. Структурная схема ЧМ-передатчика с использованием косвенного метода формирования сигнала

В приведенном на рисунке 61 примере построения передатчика с частотной модуляцией сигнала кварцевый генератор выдает сигнал несущей с частотой ниже конечной несущей частоты передаваемого сигнала. Следовательно, промодулированный сигнал должен проходить через частотный множитель, за которым установлен смеситель, а затем еще один умножитель частоты. Необходимо не только умножить частоту сигнала до заданной, но и обеспечить требуемую девиацию частоты. Уже сформированный сигнал усиливается предусилителем, а затем мощность сигнала до его поступления в передающую антенну увеличивается до заданной в оконечном УМ. Передаваемый сигнал, в конечном итоге, достигает приемной антенны ЧМ-приемника, который и восстанавливает исходную информацию. Такое построение передатчика обеспечивает высокую стабильность средней частоты несущей, что достаточно сложно реализовать при использовании прямого метода частотной модуляции.

Указания к выполнению работы

В результате выполнения работы будет сконфигурирован и настроен ЧМ-приёмник.

Вначале рассмотрим схему ЧМ-передатчика, а затем сконфигурируем эту схему в GNU radio.

Конфигурирование ЧМ-передатчика

Используя следующие описания блоков, постройте блок-график для секции приемника аналогично рисунку 62.

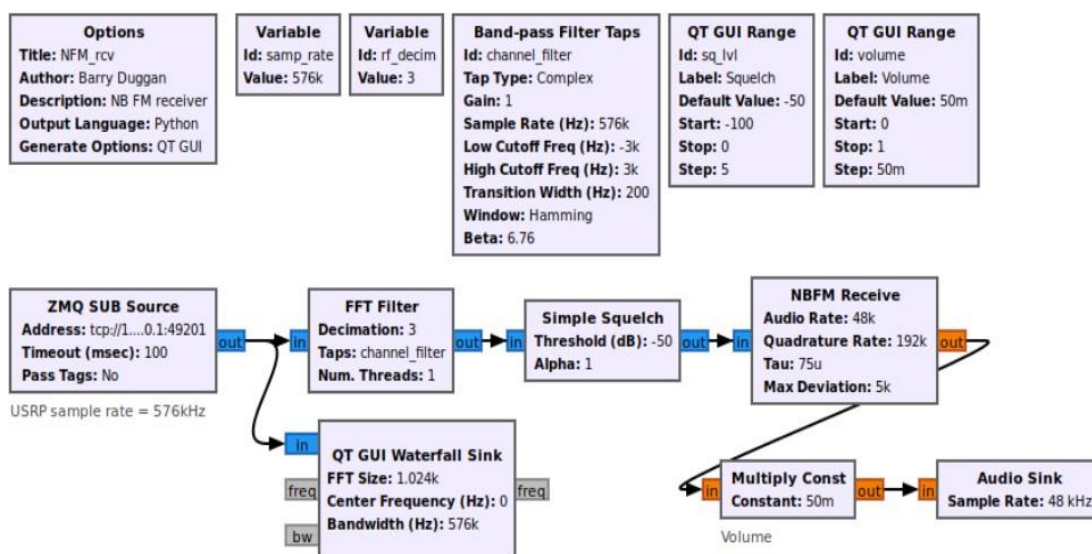
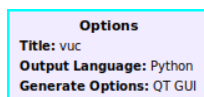


Рисунок 62. Схема FM-трансивера

Нажмите File → Save as → Имя файла: «FM_reciever», расширение «. grc» добавится автоматически.

Для того чтобы создать объект необходимо воспользоваться поисковой лупой или найти нужный объект в разделе «Core» в правом углу экрана

Параметры блоков GRC



Объект «Option» – блок параметры, определяет имя файла для потокового графа, заголовок, автора и т.д. Задайте ему следующие параметры как показано на рисунке 63.

Рисунок 63. Настройка блока Options

Создайте 2 блока переменных, задайте параметры этим блокам как на рисунке 64.

Рисунок 64. Настройка блока «Variable»

Далее найдите объект «Band Pass Filter Taps» и настройте его следующим образом как показано на рисунке 39. Это устройство-блок, которое про

пускает частоты в пределах определенного диапазона и подавляет (ослабляет) частоты вне этого диапазона.

Properties: Band-pass Filter Taps		
General	Advanced	Documentation
Id	channel_filter	
Tap Type	Complex	
Gain	1.0	
Sample Rate (Hz)	576000	
Low Cutoff Freq (Hz)	300	
High Cutoff Freq (Hz)	5000	
Transition Width (Hz)	200	
Window	Hamming	
Beta	6.76	

OK Отменить Применить

Рисунок 65. Настройка блока «Band Pass Filter»

Создайте два объекта «QT GUI Range» и настройте их как показано на рисунке 66,67.

Properties: QT GUI Range		
General	Advanced	Documentation
Id	sq_lvl	
Label		
Type	float	
Default Value	-50	
Start	-100	
Stop	0	
Step	5	
Widget	Counter + Slider	
Minimum Length	200	
GUI Hint		

OK Отменить Применить

Рисунок 66. Настройка блока «QT GUI Range»

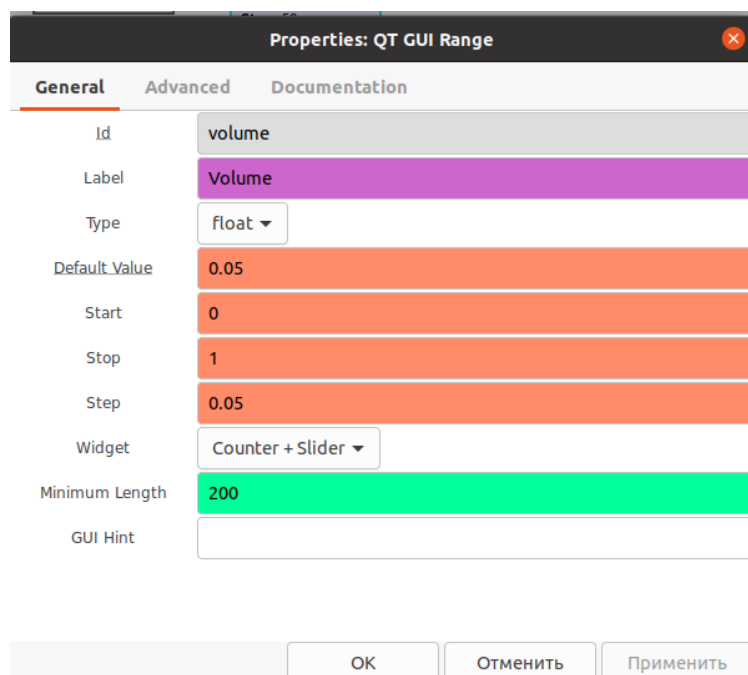
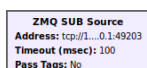


Рисунок 67. Настройка блока «QT GUI Range»

Данные принимаются от передатчика через блок «ZMQ_SUB_Source»



с частотой дискретизации 576 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. Измените адрес источника «ZMQ_SUB_Source» на *tcp://127.0.0.1: 49203*, чтобы он подключился к передатчику. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 68.

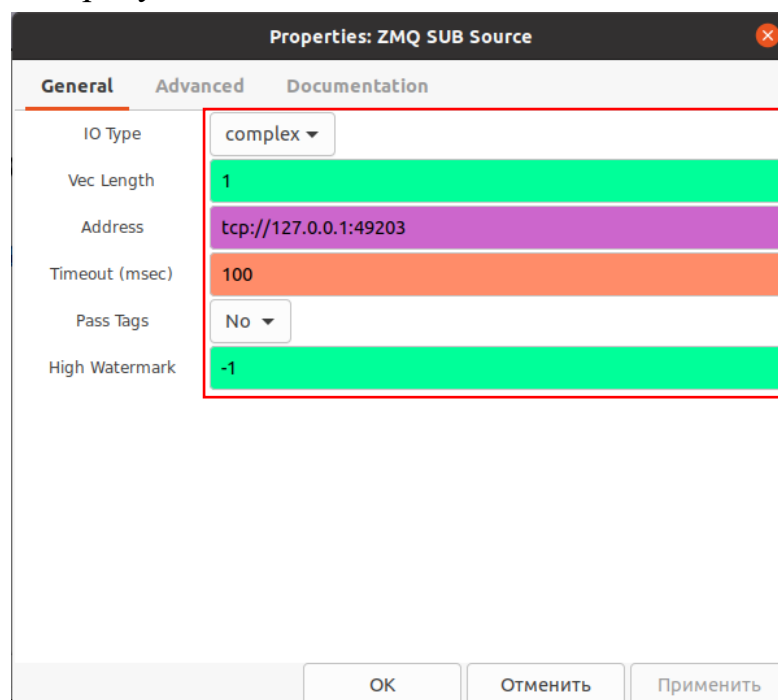


Рисунок 68. Настройка блока ZMQ SUB Source

Сигнал фильтруется до полосы пропускания 6 кГц и прореживается

(уменьшается) в 3 раза с помощью «FFT_Filter» , что дает выходную частоту дискретизации 192 кГц. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 69.

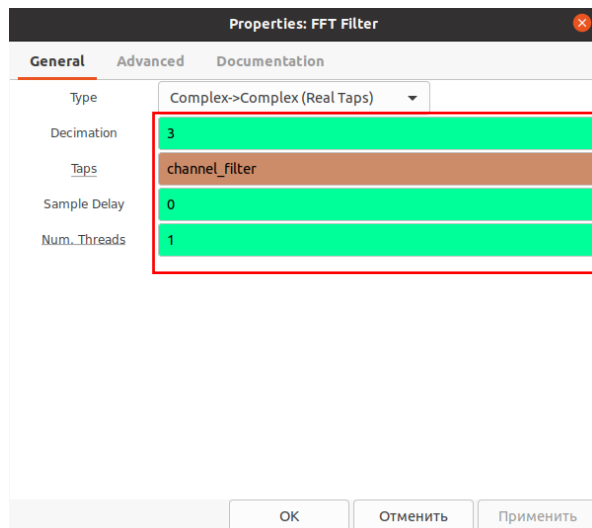


Рисунок 69. Настройка блока FFT Filter

Создайте и настройте объект «Simple_Squelch» , он приглушает звук, когда вход меньше чем уровень шумоподавления.

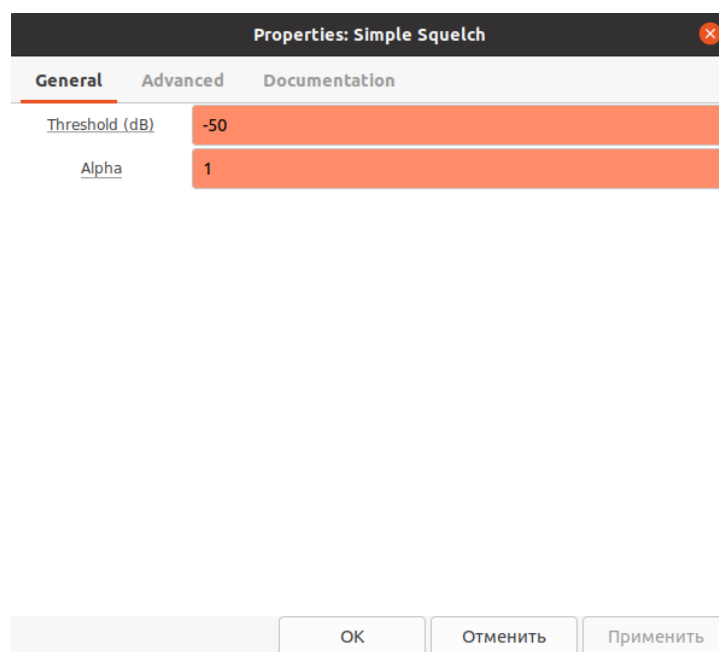
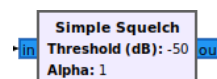
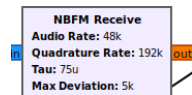


Рисунок 70. Настройка блока Simple_Squelch

Параметру *Threshold* задать значение (-50);



Блок NBFM_Receive демодулирует вход и выдает выходную частоту дискретизации 48 кГц, которая соответствует желаемой скорости звука. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 71.

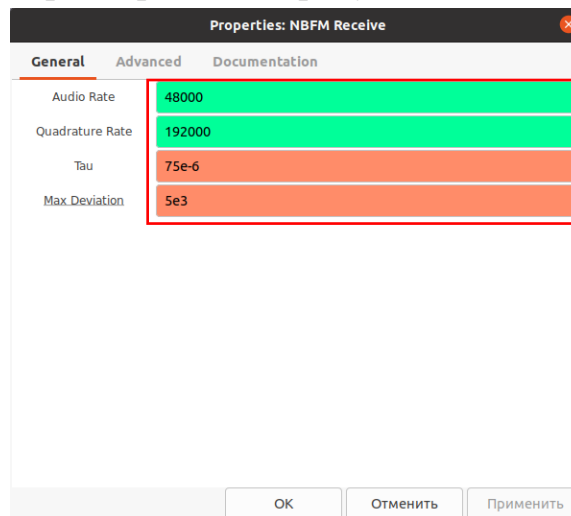
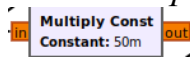


Рисунок 71. Настройка блока NBFM Receive



Блок «Multiply_Const» реализует регулятор громкости (рис. 72).

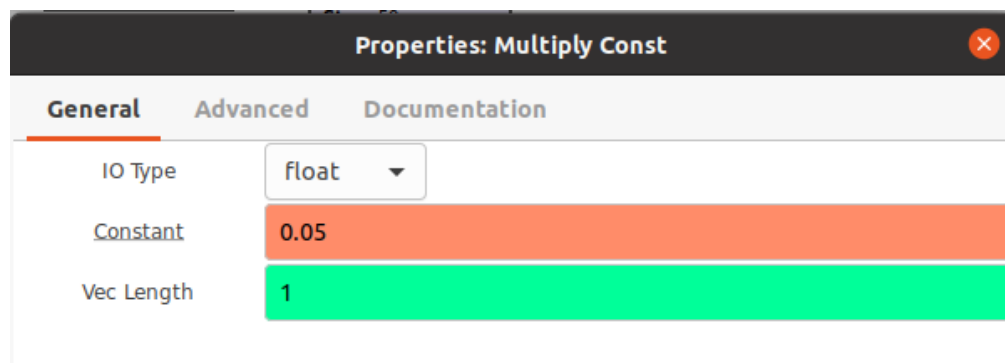
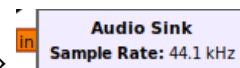


Рисунок 72. Настройка блока Multiply Const



Выход динамика определяется блоком «Audio_Sink». Далее необходимо настроить блок «QT GUI Waterfall Sink». Его параметры показаны на рисунке 73.

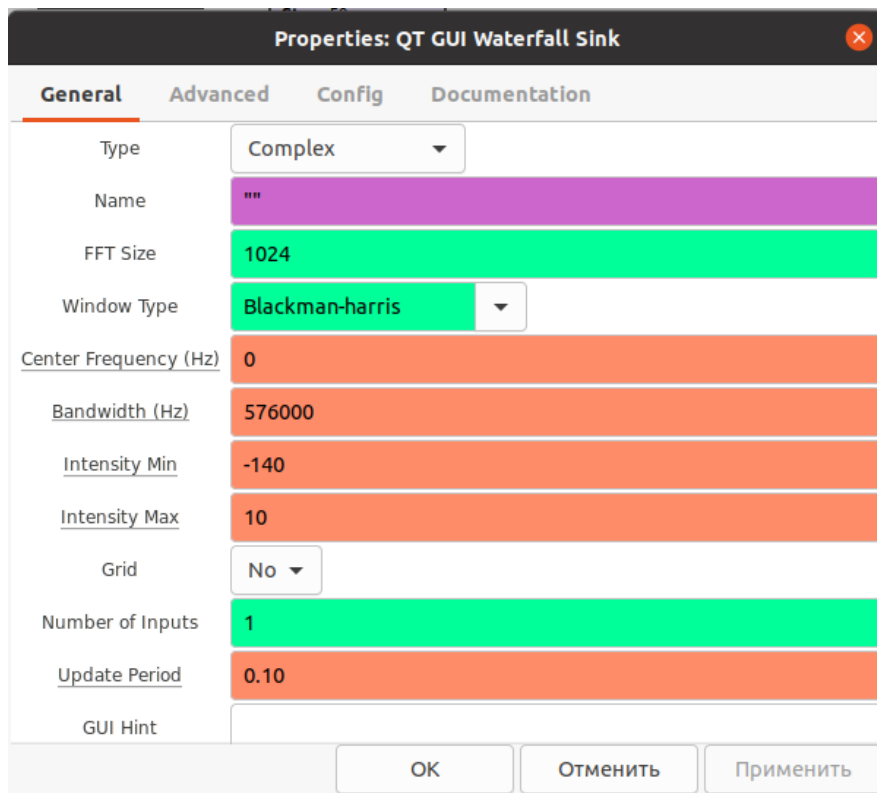


Рисунок 73. Настройка блока QT GUI Waterfall Sink

Далее понадобится собрать вторую схему.

Используя следующие описания блоков, постройте блок-график для секции передатчика как показано на рисунке 74.

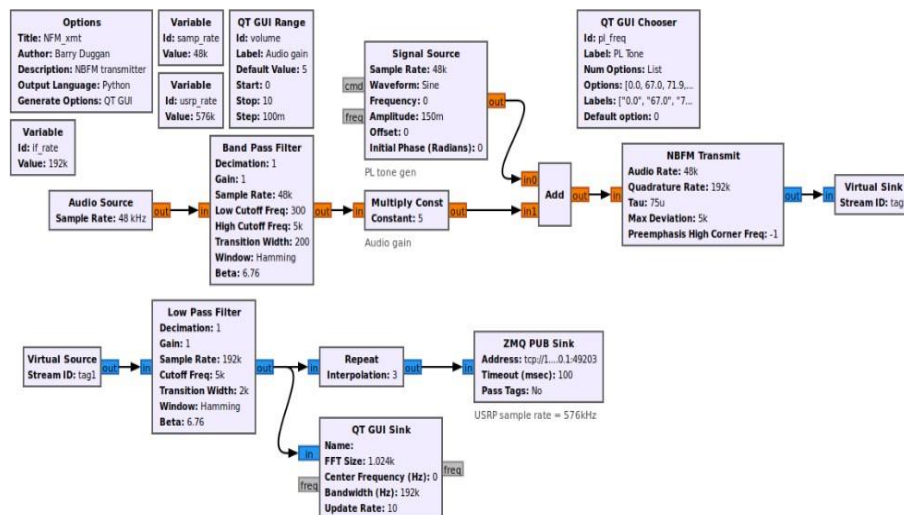


Рисунок 74. Схема NBFM передатчика

Параметры блоков GNU radio

Объект «Option»
 Options
 Title: NFM_xmt
 Author: vuc
 Output Language: Python
 Generate Options: QT GUI

– блок параметры, определяет имя файла для

потокowego графа, заголовок, автора и т.д. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 75:

Properties: Options	
General	Advanced
Id	NFM_xmt
Title	NFM_xmt
Author	Barry Duggan
Copyright	
Description	NBFM transmitter
Canvas Size	
Output Language	Python
Generate Options	QT GUI
Run	<input checked="" type="checkbox"/>
Max Number of Output	0
Realtime Scheduling	Off
QSS Theme	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отменить"/> <input type="button" value="Применить"/>	

Рисунок 75. Настройка блока Options

Далее настраиваются три блока *Variable* как показано на рисунках 76,77,78.

Properties: Variable	
General	Advanced
Id	samp_rate
Value	48000

Properties: Variable	
General	Advanced
Id	usrp_rate
Value	576000

Properties: Variable	
General	Advanced
Id	if_rate
Value	int(usrp_rate/3)

Рисунки 76,77,78. Настройка блоков «Variable»

Далее создаем и добавляем блок «QT GUI Range». Его настройка выглядит следующим образом (рис. 79).

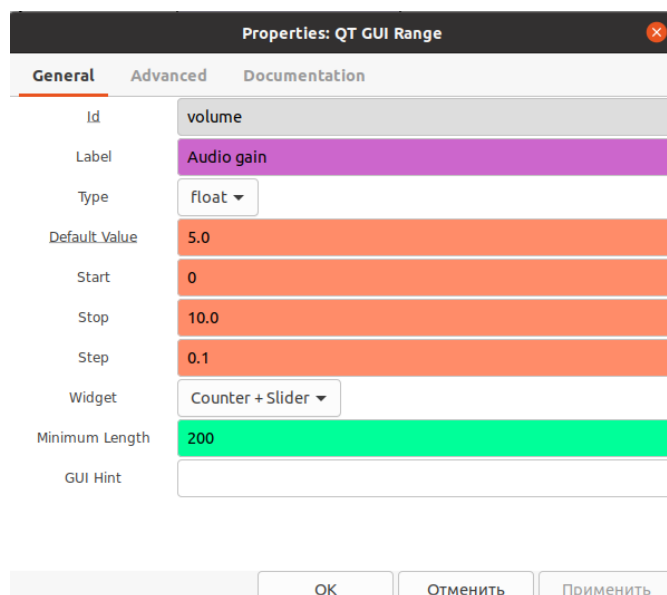


Рисунок 79. Настройка блока «QT GUI Range»

Объекту «Signal Source» задайте следующие параметры как на рисунке 80:

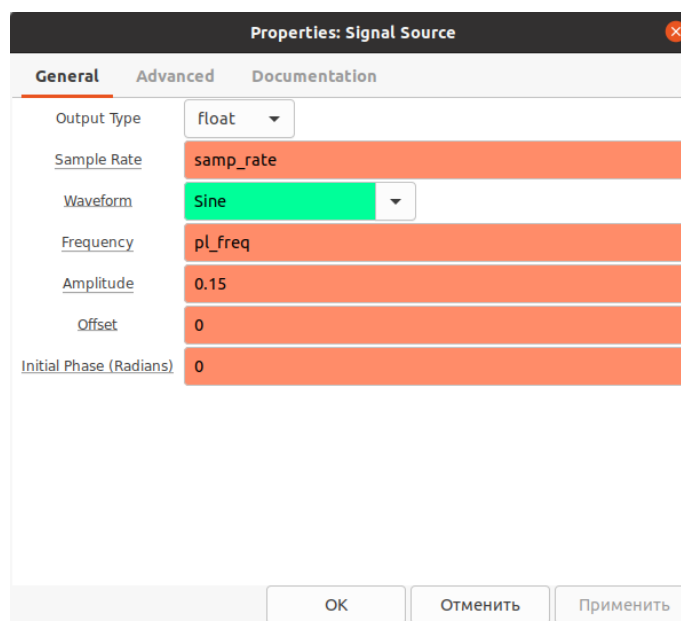


Рисунок 80. Настройка блока «Signal Source»

Далее создаем и добавляем блок «QT_GUI_Chooser». Его настройка выглядит следующим образом (рис. 81).

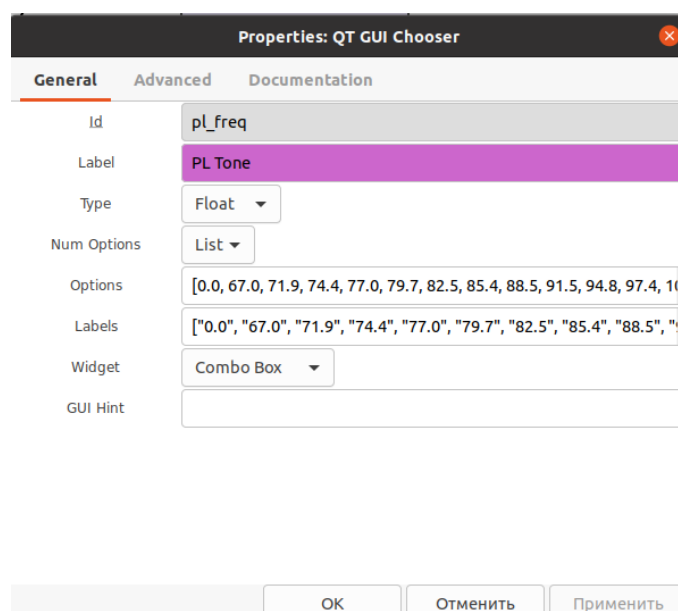


Рисунок 81. Настройка блока «QT GUI Chooser»

Скопируйте и вставьте значения ниже в блок «QT GUI Chooser»

//Примечание: Labels: ["0.0", "67.0", "71.9", "74.4", "77.0", "79.7", "82.5", "85.4", "88.5",

"91.5", "94.8", "97.4", "100.0", "103.5", "107.2", "110.9", "114.8", "118.8",

"123.0", "127.3", "131.8", "136.5", "141.3", "146.2", "151.4", "156.7", "162.2",

"167.9", "173.8", "179.9", "186.2", "192.8", "203.5", "210.7", "218.1", "225.7",


"233.6", "241.8", "250.3"]

Options : [0.0, 67.0, 71.9, 74.4, 77.0, 79.7, 82.5, 85.4, 88.5, 91.5, 94.8, 97.4,

100.0, 103.5, 107.2, 110.9, 114.8, 118.8, 123.0, 127.3, 131.8, 136.5, 141.3,

146.2, 151.4, 156.7, 162.2, 167.9, 173.8, 179.9, 186.2, 192.8, 203.5, 210.7,

218.1, 225.7, 233.6, 241.8, 250.3]

Вход микрофона определяется блоком «Audio_Source» . Параметр частоты дискретизации: установите 48 кГц (используйте раскрывающийся список)

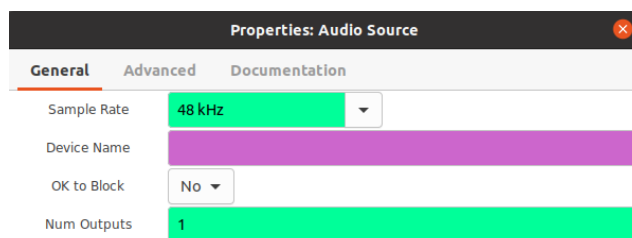


Рисунок 81. Настройка блока «Audio Source»

Создайте и настройте блок «Band_Pass_Filter». Задайте ему следующие параметры как на рисунке 82.

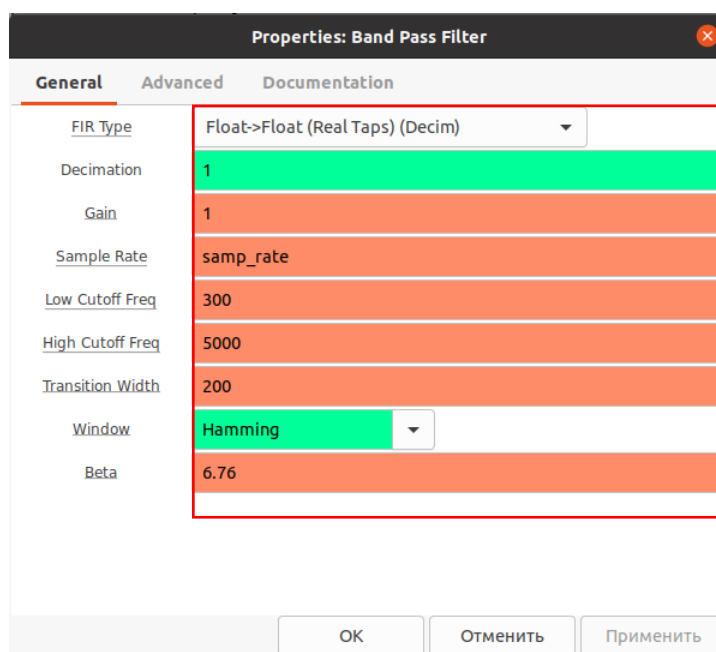
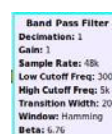
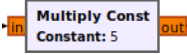


Рисунок 82. Настройка блока Band Pass Filter

Создайте блок «Multiply_Const» , этот блок реализует элемент управления усилением звука. Установите *Constant* – 5.

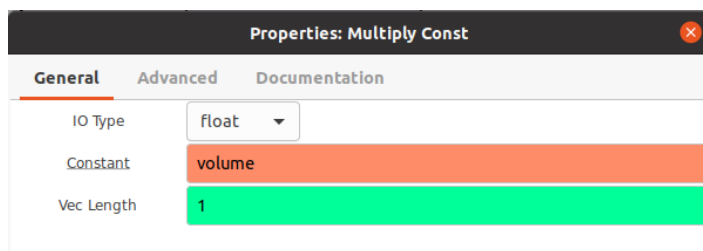


Рисунок 83. Настройка блока *Multiply Const*

Добавляется блок *Add* и настраивается следующим образом (рис. 84).

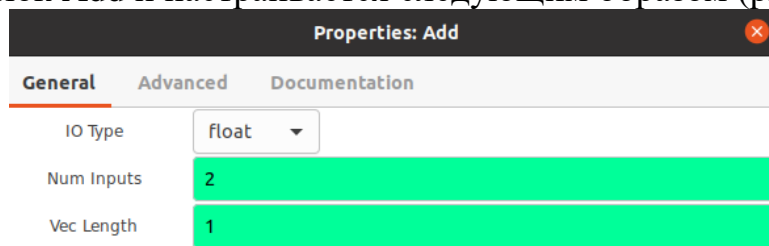
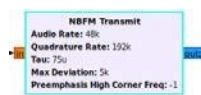


Рисунок 84. Настройка блока *Add*.

Аудиосигнал плюс тон (PL) подается в блок «NBFM_Transmit»



. Выходная частота дискретизации – 192 кГц. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 85.

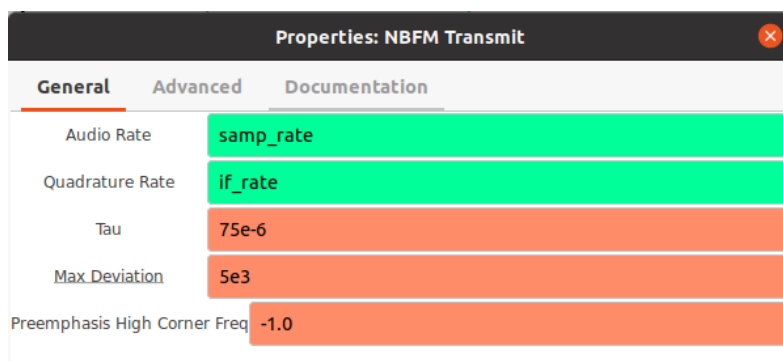


Рисунок 85. Настройка блока «*NBFM Transmit*»

Блок *Virtual Sink* настраивается следующим образом (рис. 86).

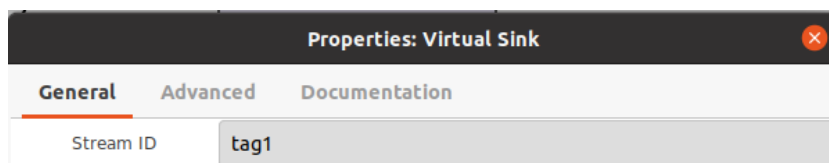
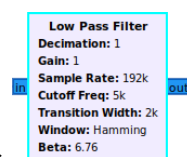


Рисунок 86. Настройка блока «*Virtual Sink*»

Блок Virtual Source настраивается аналогичным образом.



Создайте и настройте блок «Low_Pass_Filter» этот блок ограничивает сигнал на 5 кГц. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 87.

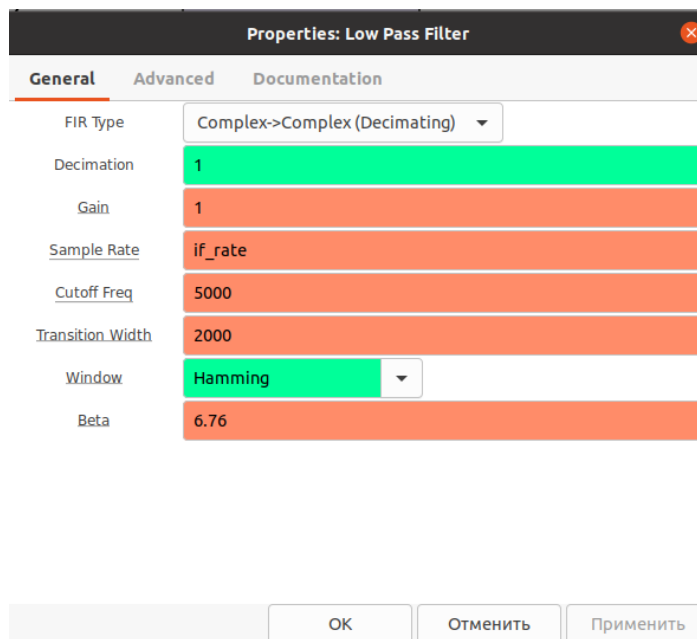
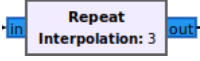


Рисунок 87. Настройка блока «Low Pass Filter»

Создайте и настройте блок Repeat  этот блок интерполирует (умножает) частоту дискретизации на 3, что дает частоту вывода 576 кГц.

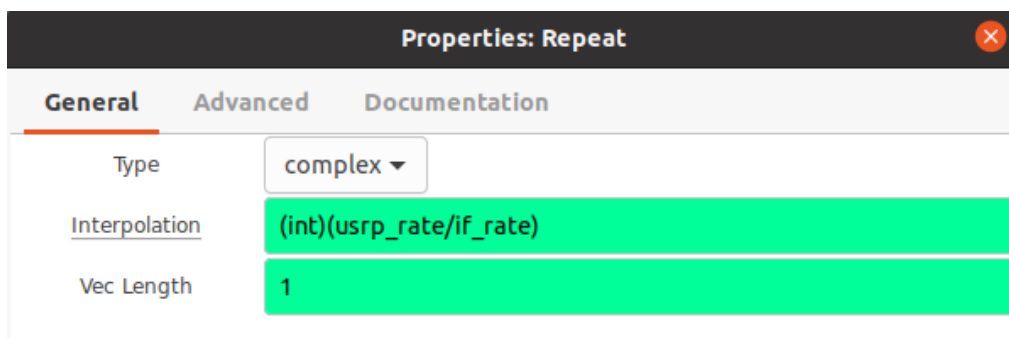


Рисунок 88. Настройка блока Repeat

Настройка блока QT GUI Sink изображена на рисунке 89.

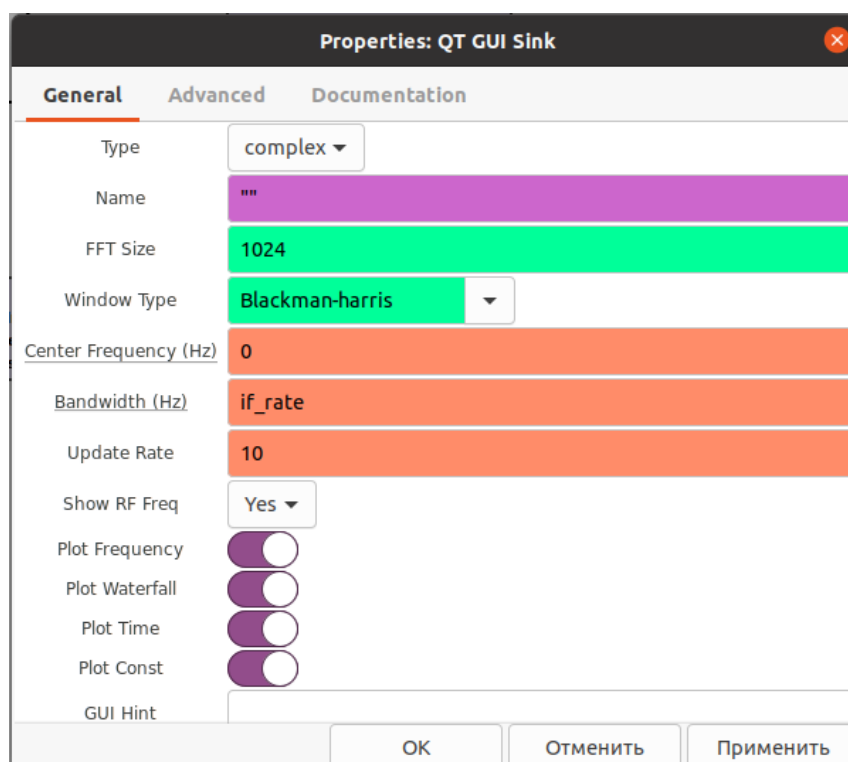
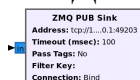


Рисунок 89. Настройка блока QT GUI Sink

Данные принимаются от передатчика через блок «ZMQ_PUB_Sink»



с частотой дискретизации 576 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. Измените адрес источника «ZMQ_PUB_Sink» на `tcp://127.0.0.1: 49203`, чтобы он подключился к передатчику. Задайте ему следующие параметры как на рисунке 90.

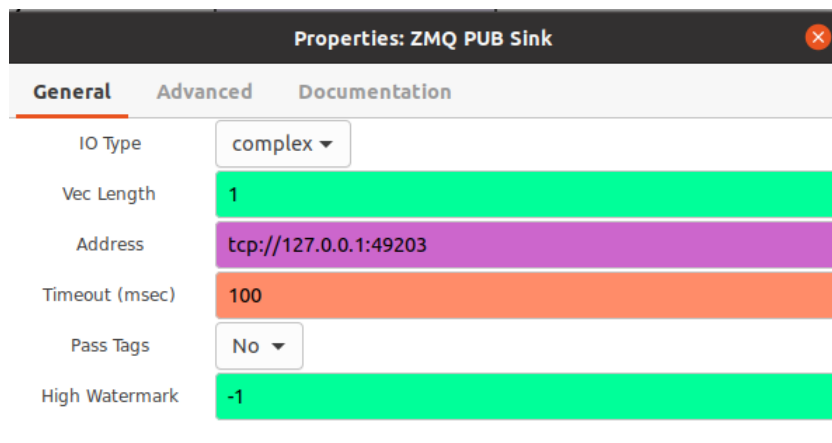




Рисунок 90. Настройка блока ZMQ PUB Sink

Тестирование приемника

Для проверки передатчика, сгенерируйте и запустите программу (generate and run the flowgraph), сперва нужно создать схему кнопкой  и затем запустить её кнопкой . Результат выполнения программы показан на рисунках 91,92.

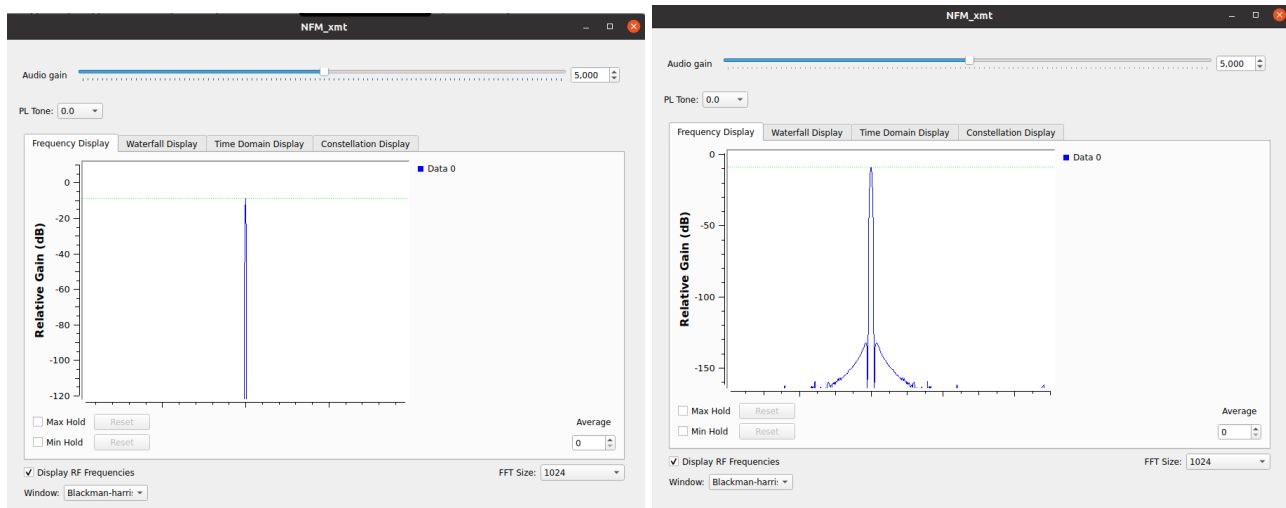


Рисунок 91,92. Результат выполнения программы

Содержание отчета

Отчет к лабораторной работе должен содержать структурную схему исследуемого передатчика, графики изменения колебаний сигнала, а также выводы на их основе, а также ответы на контрольные вопросы.

10.3 Контрольный тест

1) В каком частотном диапазоне осуществляется FM-вещание в США?

- а) 48-68 МГц
- б) 68-88 МГц
- в) 88-108 МГц
- г) 108-128 МГц

2) Максимально допустимая частота девиации в США, Европе, а также России:

- а) ± 75 б) ± 100 в) ± 125 г) ± 150

3) С какой целью используется буферный усилитель в схеме ЧМ-передатчика?

- а) Увеличивает коэффициент амплитудной модуляции
- б) Увеличивает коэффициент частотной модуляции
- в) Образует частотно-модулированный сигнал

г) Усиливает сигнал несущей до уровня, требуемого для функционирования фазового модулятора

4) При частотной модуляции пропорционально амплитуде модулирующего сигнала меняется:

- а) Фаза
- б) Частота
- в) Амплитуда
- г) Все ответы верны

5) Какой блок схемы FM-трансивера создает сигнал несущей?

- а) Audio Source
- б) Signal Source
- в) Virtual Source
- г) Virtual Sink

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данных методических указаниях представлены лабораторные работы и теоретические основы для изучения принципов моделирования передатчиков и приемников различных сигналов. Методический материал раскрывает студентам следующие темы:

- моделирование АМ передатчика;
- моделирование АМ приемника и изучение АМ сигналов;
- моделирование квадратурной фазовой манипуляции;
- моделирование узкополосного FM-сигнала.

Студентами изучены настройки, принципы работы и правила эксплуатации приложения «Gossamer», получены навыки настройки функциональных блоков, разработки схем различных устройств обработки сигнала, что позволит улучшить работу будущих специалистов в данной области.

Так же в методических указаниях приведены контрольные вопросы для проверки изученных тем.

В дальнейшем в связи с развитием средств связи, методов моделирования приема и передачи сигналов данные методические указания будут изменяться и актуализироваться.