

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и технологий  
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

# Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №6

Цифровая модуляция

**Работу**

**выполнил:**

Графов Д.И.

Группа: 33531/2

**Преподаватель:**

Богач Н.В.

Санкт-Петербург  
2019

# Содержание

# 1. Цель работы

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

# 2. Программа работы

1. Получить сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK, M-FSK модуляторов.
2. Построить их сигнальные созвездия.
3. Провести сравнение изученных методов модуляции цифровых сигналов.

# 3. Теоретическая информация

Модуляция (лат. *modulatio* — размеренность, ритмичность) — процесс изменения одного или нескольких параметров модулируемого несущего сигнала при помощи модулирующего сигнала.

В цифровой модуляции аналоговый несущий сигнал модулируется цифровым битовым потоком. Существуют три фундаментальных типа цифровой модуляции (или шифтинга) и один гибридный:

- ASK – Amplitude shift keying (Амплитудная двоичная модуляция).
- FSK – Frequency shift keying (Частотная двоичная модуляция).
- PSK – Phase shift keying (Фазовая двоичная модуляция).
- ASK/PSK.

Упомяну, что существует традиция в русской терминологии радиосвязи использовать для модуляции цифровым сигналом термин «манипуляция».

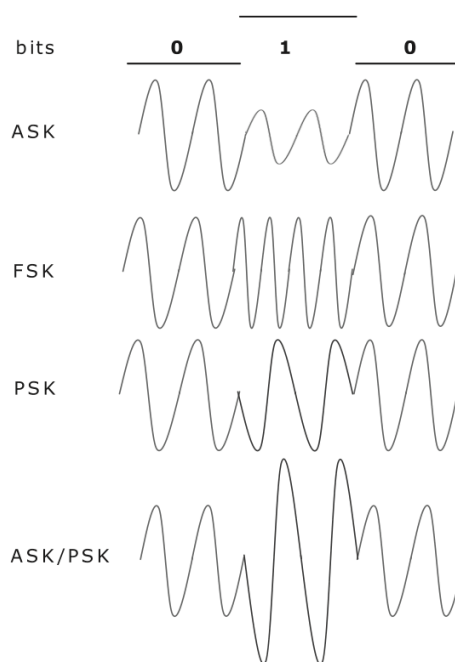


Рисунок 3.1. Виды манипуляций

В случае амплитудного шифтинга амплитуда сигнала для логического нуля может быть (например) в два раза меньше логической единицы.

Частотная модуляция похожим образом представляет логическую единицу интервалом с большей частотой, чем ноль.

Фазовый шифтинг представляет «0» как сигнал без сдвига, а «1» как сигнал со сдвигом.

Каждая из схем имеет свои сильные и слабые стороны.

- ASK хороша с точки зрения эффективности использования полосы частот, но подвержена искажениям при наличии шума и недостаточно эффективна с точки зрения потребляемой мощности.
- FSK – с точностью до наоборот, энергетически эффективна, но не эффективно использует полосу частот.
- PSK – хороша в обоих аспектах.
- ASK/PSK – комбинация двух схем. Она позволяет еще лучше использовать полосу частот.

Самая простая PSK схема (показанная на рисунке) имеет собственное название — Binary phase-shift keying. Используется единственный сдвиг фазы между «0» и «1» — 180 градусов, половина периода.

Существуют также QPSK и 8-PSK:

QPSK использует 4 различных сдвига фазы (по четверти периода) и может кодировать 2 бита в символе (01, 11, 00, 10). 8-PSK использует 8 разных сдвигов фаз и может кодировать 3 бита в символе.

Одна из частных реализаций схемы ASK/PSK которая называется QAM — Quadrature Amplitude Modulation (квадратурная амплитудная модуляция (КАМ)). Это метод объединения двух АМ-сигналов в одном канале. Он позволяет удвоить эффективную пропускную способность. В QAM используется две несущих с одинаковой частотой но с разницей в фазе на четверть периода (отсюда и возникает слово квадратура). Более высокие уровни QAM строятся по тому же принципу, что и PSK.

## 4. Ход выполнения работы

Данная работа выполнялась с помощью библиотеки GNURadio.

GNU Radio — программный инструмент, предоставляющий разработчикам программно-определяемых радиосистем «строительные блоки», обеспечивающие основные функции цифровой обработки сигналов.

Чтобы познакомиться с видами цифровой модуляции, были созданы 3 блок-схемы.

Приведём изображение одной из них в интерфейсе программы GNURadio.

Основное различие между ними - блок, следующий за Random Source - моделирующий.

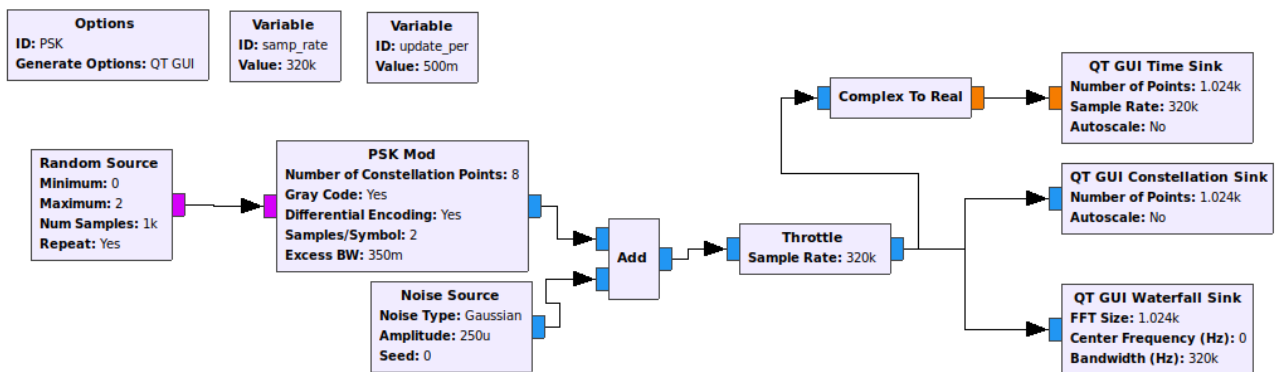


Рисунок 4.1. Интерфейс GNURadio

## 5. Результаты работы

Были получены сигнальные созвездия и спектральные изображения для разных видов модуляции.

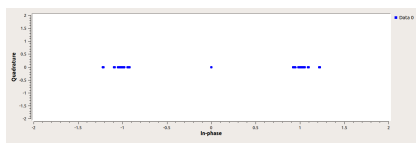


Рисунок 5.1. BPSK

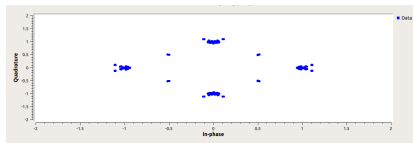


Рисунок 5.2. QPSK

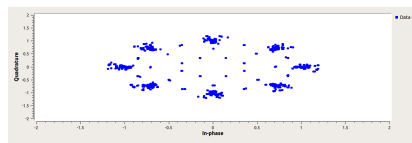


Рисунок 5.3. 8-PSK

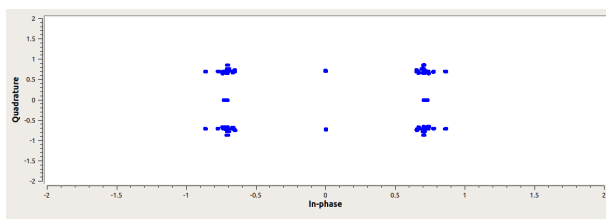


Рисунок 5.4. QAM-4

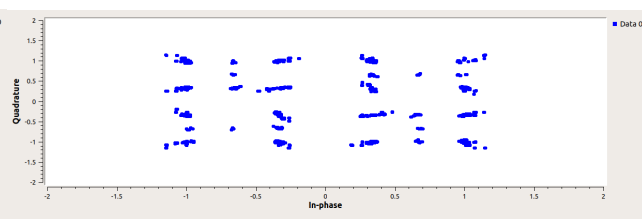


Рисунок 5.5. QAM-16

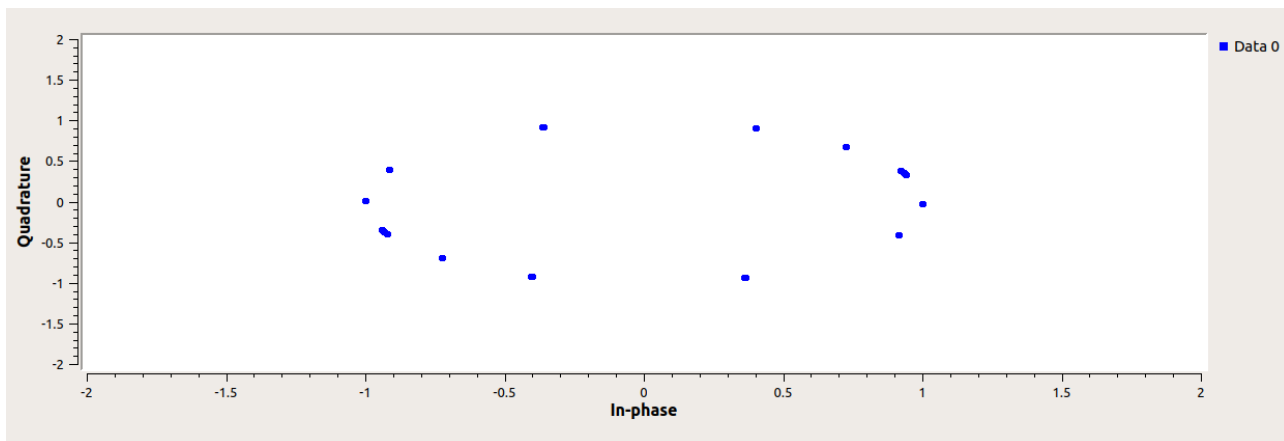


Рисунок 5.6. GMSK

Гауссовская частотная модуляция с минимальным сдвигом (англ. Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)) — вид частотой модуляции (манипуляции) с индексом модуляции равным 0.5, при которой последовательность из прямоугольных информационных импульсов проходит через гауссовский фильтр нижних частот.

Преимущество данного вида модуляции в том, что сигналы с GMSK имеют высокую скорость спада уровня внеполосных излучений, то есть меньше мешают другим пользователям эфира, чем сигналы с MSK. Как и сигналы с MSK, сигналы с GMSK имеют непрерывную фазу.

## 6. Выводы

В ходе выполнения работы я ознакомился с основными возможностями библиотеки GNURadi. В рамках базовых возможностей библиотеки были продемонстрированы основные виды цифровой модуляции.

Из полученных спектральных созвездий можно сделать вывод, что:

- Чем сложнее схема модуляции, тем более пагубное воздействие на нее оказывают искажения при передаче, и тем меньше расстояние от базовой станции, на котором сигнал может быть успешно принят.
- Теоретически возможны PSK и QAM схемы еще более высокого уровня, но на практике при их использовании возникает слишком большое количество ошибок.