

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:

Косенков М.А.

Группа: 33531/2

Преподаватель:

Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2019

Содержание

1. Цель работы	3
2. Программа работы	3
3. Теоретическая информация	3
4. Ход работы	5
5. Выводы	13

1. Цель работы

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

2. Программа работы

- Получить сигналы BPSK, QPSK, 8-PSK, DBPSK, DQPSK и QAM модуляторов
- Построить их сигнальные созвездия
- 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.

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

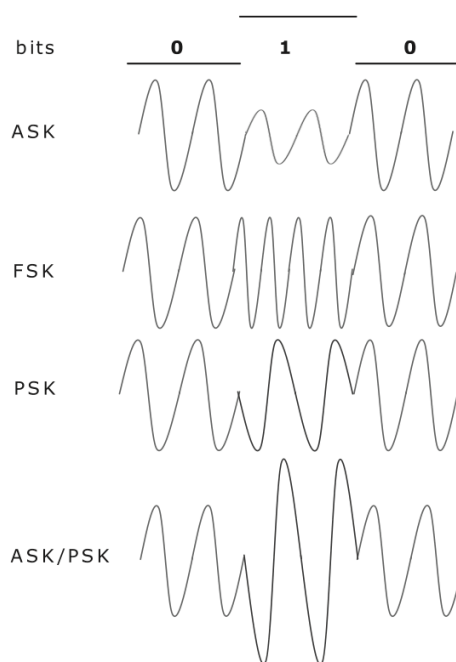


Рисунок 3.1. Виды манипуляций

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.

Кроме того, существуют также дифференциальные фазовые манипуляции. Их отличие от PSK состоит в том, что декодирование сигнала происходит не по абсолютному значению фазы, а по относительному. Таким образом, каждый последующий бит кодируется изменением фазы относительно предыдущего. Это позволяет избежать таких сильных фазовых скачков, как в BPSK.

4. Ход работы

Данная работа выполнялась с использованием графической среды GNURadio.

Были рассмотрены различные виды манипуляций, а именно - фазовые манипуляции BPSK, QPSK, 8PSK, а также квадратурная манипуляция 16QAM и дифференциальные фазовые манипуляции DBPSK и DQPSK. Ниже приведены схемы в среде GNURadio, позволяющие сгенерировать требуемые сигналы.

Фазовые манипуляции

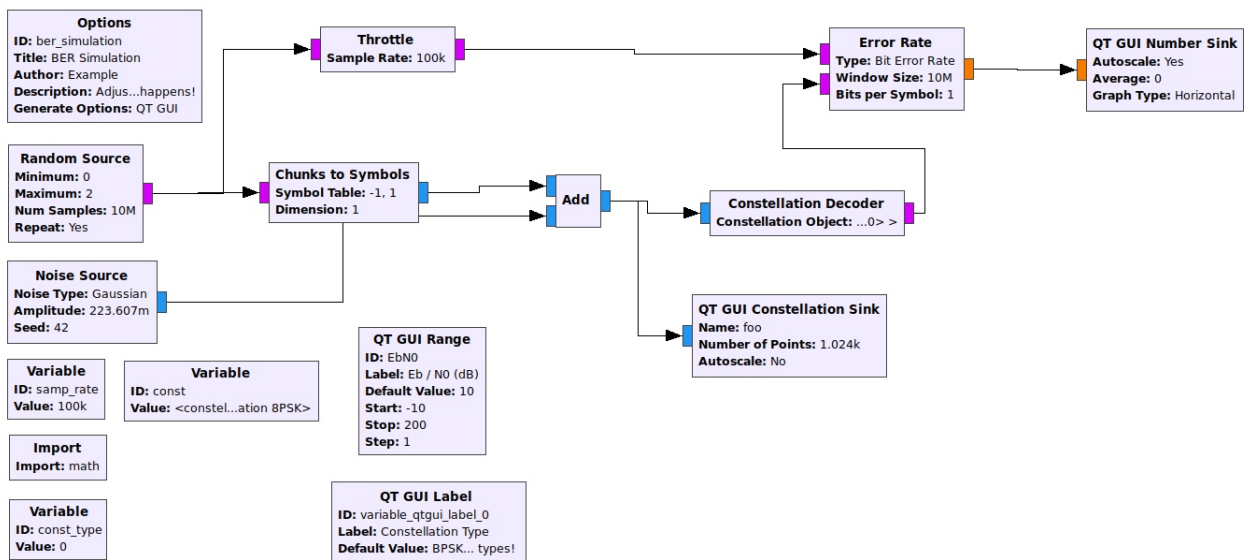


Рисунок 4.1. Схема модуляции M-PSK, M-количество дискретных значений

Дифференциальные фазовые манипуляции

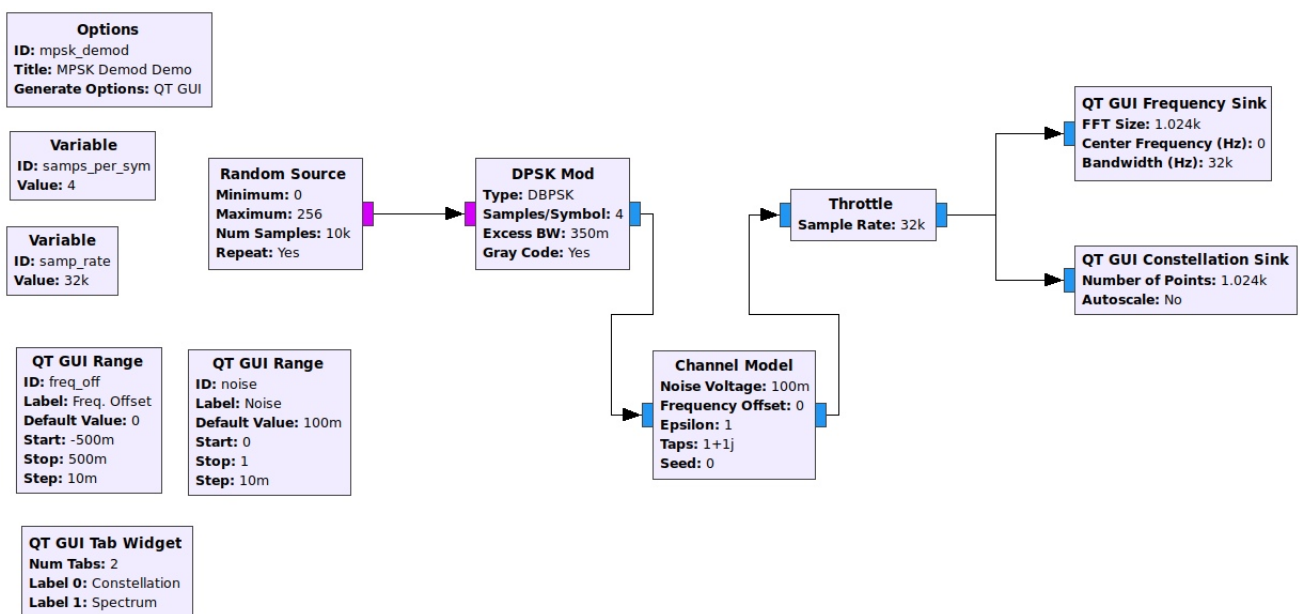


Рисунок 4.2. Схема модуляции DBPSK и DQPSK

Результат работы

Фазовые манипуляции

Для демонстрации особенностей PSK-манипуляций, сначала посмотрим, как будет выглядеть сигнальное созвездие BPSK с маленьким шумом и с сильным.

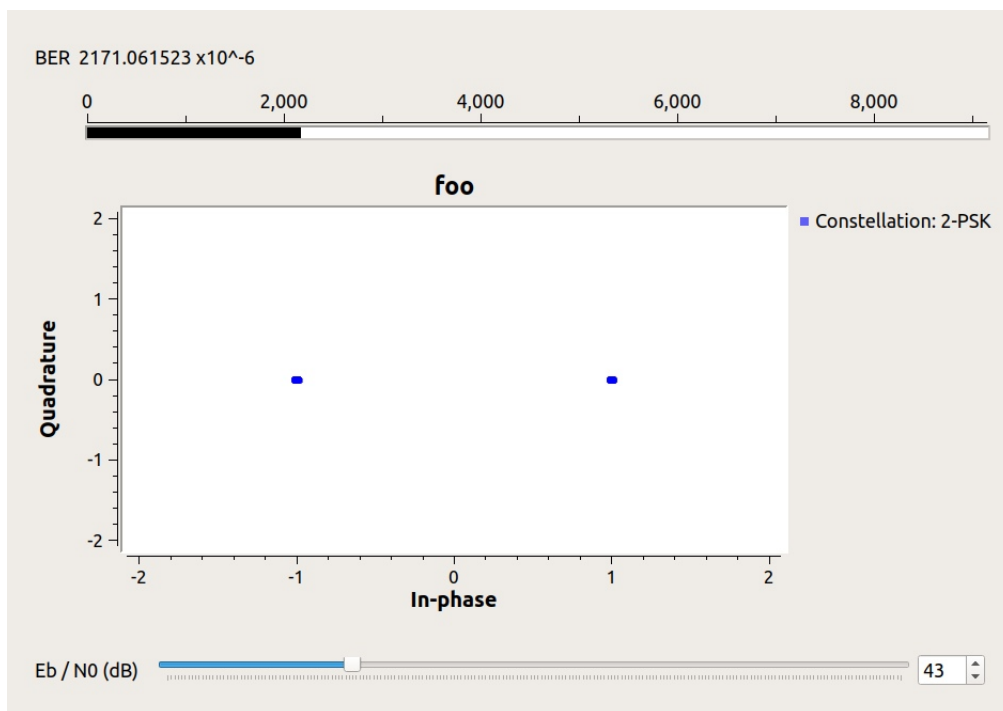


Рисунок 4.3. Сигнальное созвездие BPSK

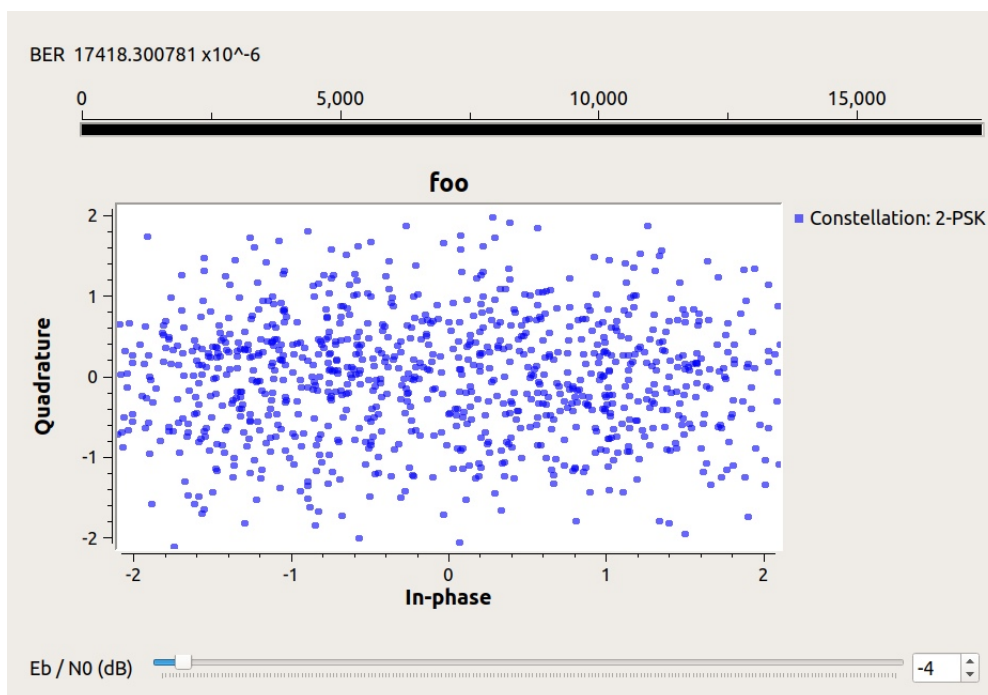


Рисунок 4.4. BPSK в сильно зашумленном канале

Как можно видеть, при высоком отношении сигнал/шум облака разброса минимальны, что позволяет в абсолютном большинстве случаев декодировать передаваемый бит. Однако при отрицательном отношении сигнал/шум эти облака перекрывают друг друга и количество ошибок начинает стремительно расти, заполняя собой всю шкалу.

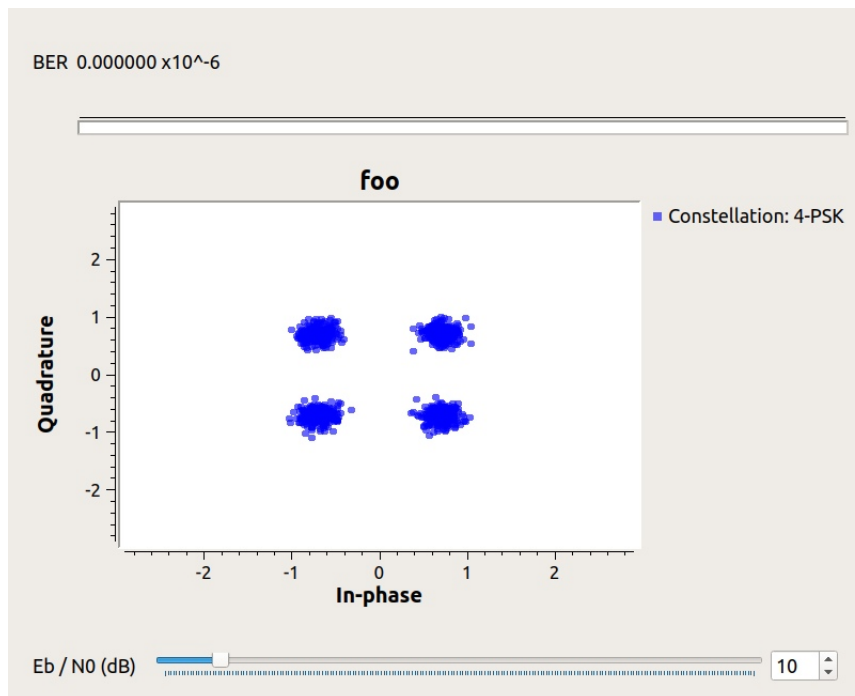


Рисунок 4.5. Сигнальное созвездие QPSK

Теперь сравним BPSK с QPSK. Мы выигрываем в количестве передаваемой информации, однако требуемое отношение сигнал/шум стало чуть больше. Тем не менее, при 10 Db мы все еще можем наблюдать четкие 4 точки. Если уменьшить отношение, облака опять станут сливаться в одну большую область.

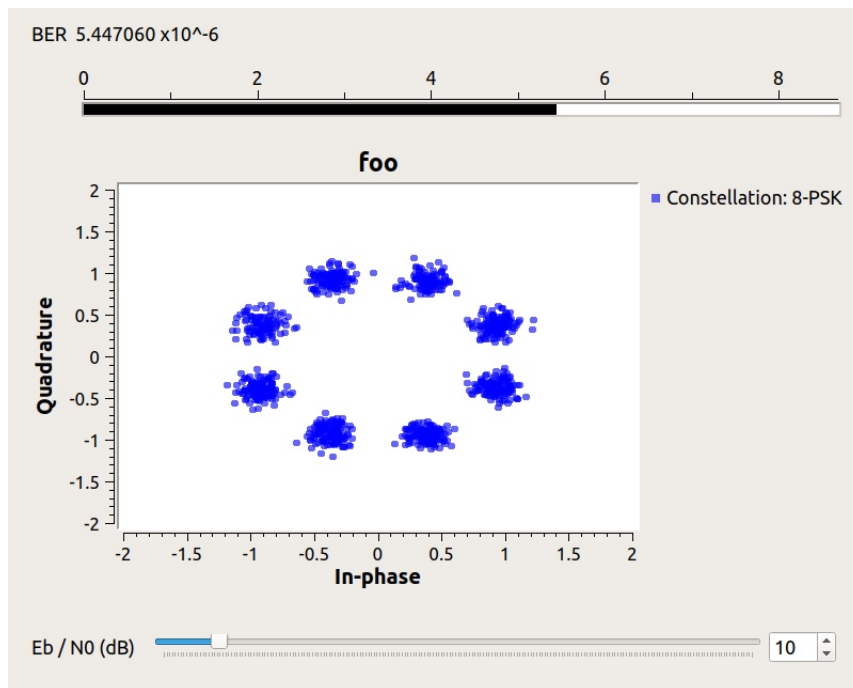


Рисунок 4.6. Сигнальное созвездие 8-PSK

При манипуляции 8-PSK мы еще больше выигрываем в количестве передаваемой информации, однако теперь при тех же 10 Db, которых было достаточно для QPSK, мы наблюдаем рост числа ошибок. Это означает, что нужно либо уменьшить количество дискретных значений, либо увеличить отношение сигнал/шум.

Дифференциальная фазовая манипуляция

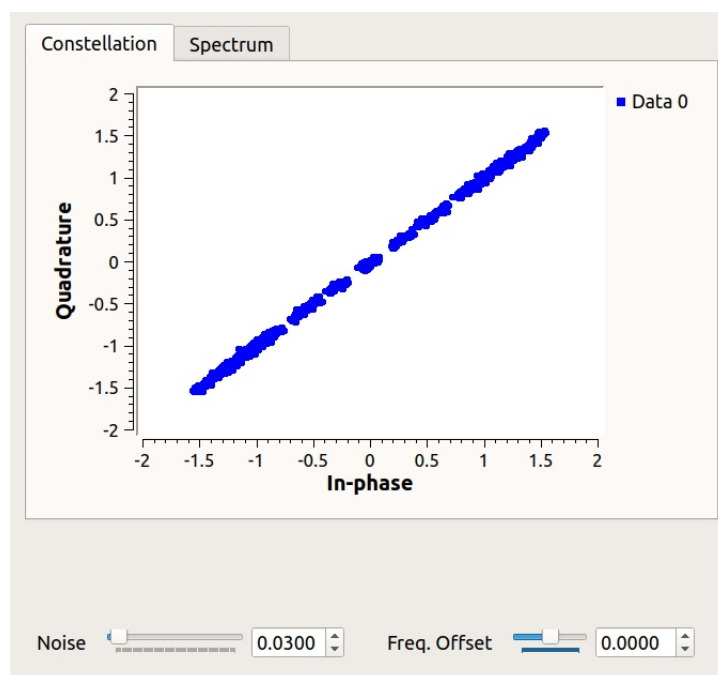


Рисунок 4.7. Сигнальное созвездие DBPSK

Сигнальное созвездие отличается от BPSK, поскольку на нем отражены также промежуточные точки - переходные. Это приводит к тому, что мы видим почти линию, т.к. значений у нас всего 2 и все промежуточные точки лежат между ними. Это является отличительной особенностью дифференциальной фазовой манипуляции, т.к., как было сказано ранее, каждый последующий бит зависит от фазы предыдущего. Кроме того, мы видим, что наклон прямой не такой, как был в BPSK. Это происходит из-за фазового сдвига.

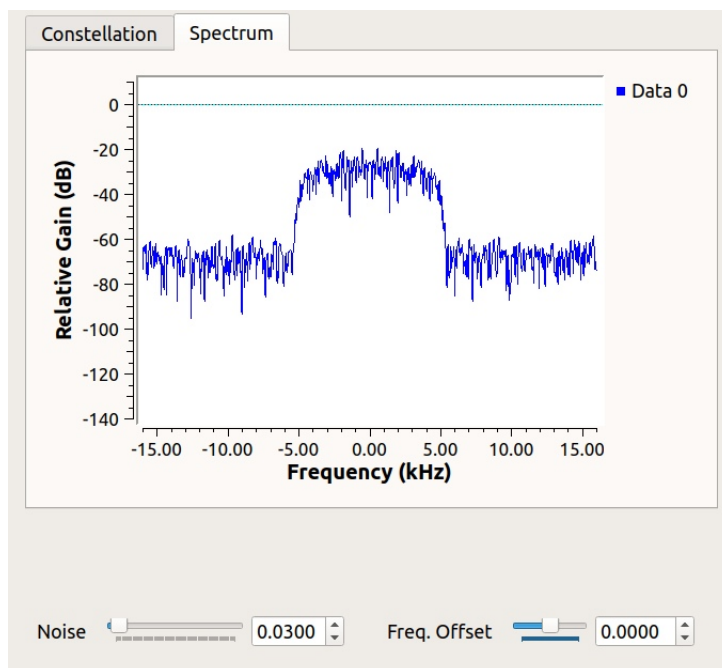


Рисунок 4.8. Спектр DBPSK

Здесь мы можем управлять фазовым сдвигом, контролируя спектр модулируемого сигнала и, соответственно, наклон сигнального созвездия. Поменять сдвиг попробуем в DQPSK, созвездие которого является, на мой взгляд, самым красивым среди всех сравниваемых.

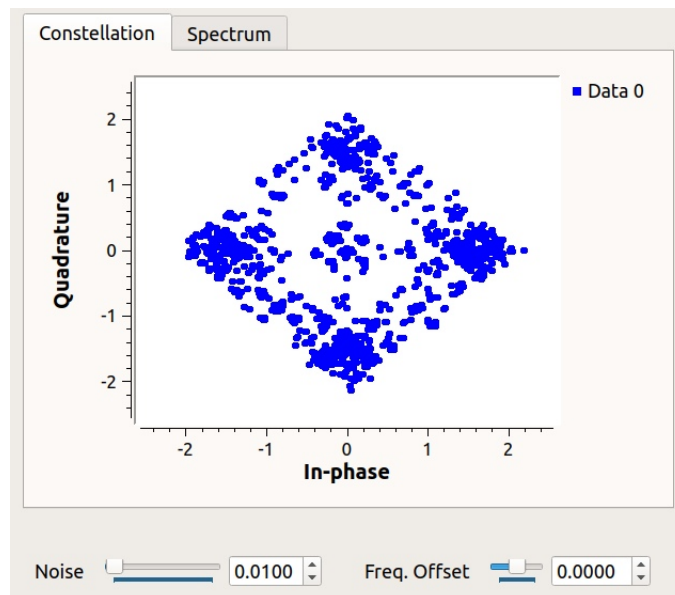


Рисунок 4.9. Сигнальное созвездие DQPSK

Как можно заметить, созвездие опять отличается не только наличием промежуточных точек, но и расположением эталонных дискретных значений. По сути, в QPSK имеются те же самые значения, но они из-за другой фазы, они представляют из себя квадрат. Здесь же получился ромб, что, как мне кажется, даже более приятно глазу.

Однако, помимо созерцания, мы попробуем сдвинуть фазу. По расчетам, мы увидим не только сдвиг на спектральном графике, но и изменившийся угол наклона квадрата в созвездии.

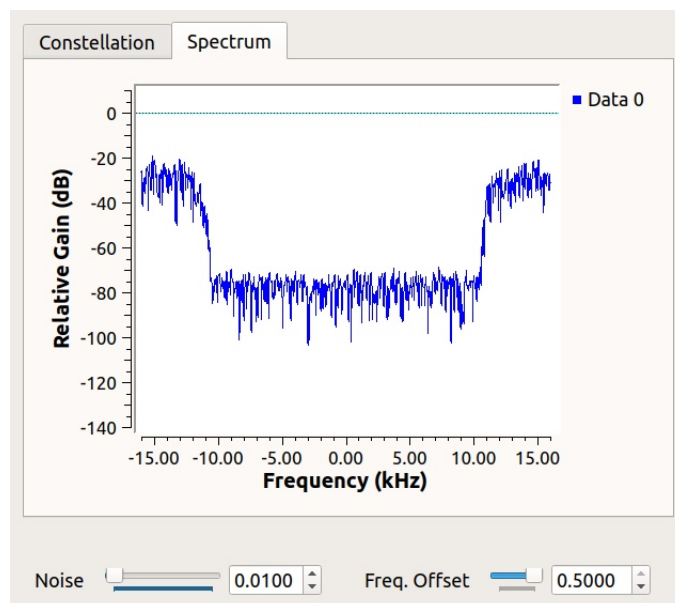


Рисунок 4.10. Спектр DQPSK со сдвигом 0.5

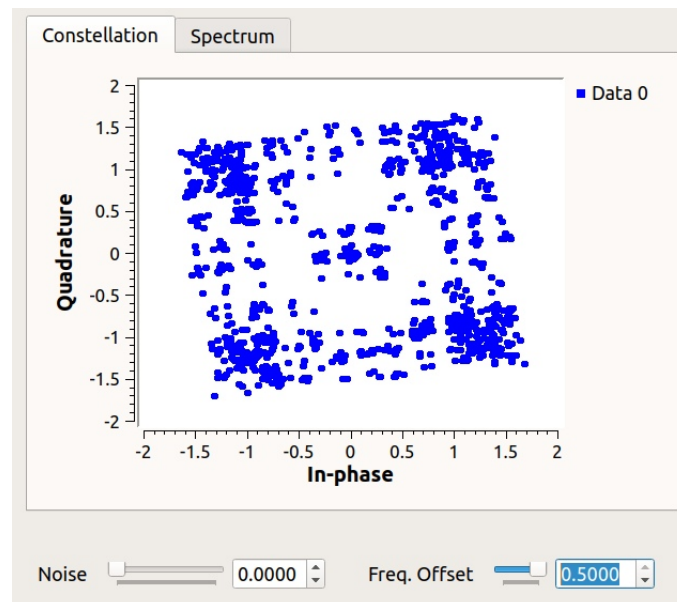


Рисунок 4.11. Сигнальное созвездие DQPSK со сдвигом 0.5

Очевидно, что у нас получилось сделать то, что мы хотели. Сдвиг фазы повлек за собой изменение сигнального созвездия. Таким образом, мы можем настраивать нужные нам значения, основываясь на информации о характеристиках канала, чтобы сделать передачу максимально эффективной.

Тем не менее, сдвиг фазы не является особенностью DPSK, то же самое можно сделать и с предыдущими манипуляциями, однако продемонстрировать такую функциональность мне хотелось именно на нем ввиду красоты его созвездия.

Квадратурная амплитудная модуляция

Помимо фазовых манипуляций также хотелось бы посмотреть на амплитудную. Главным отличием является то, что мы можем детектировать нужный бит не только по фазе, но и по амплитуде. Это позволяет нам "впихнуть" между имеющимися значениями дополнительные, т.е. получить несколько значений с одной фазой, но разной амплитудой, таким образом передавая еще больше информации в секунду времени.

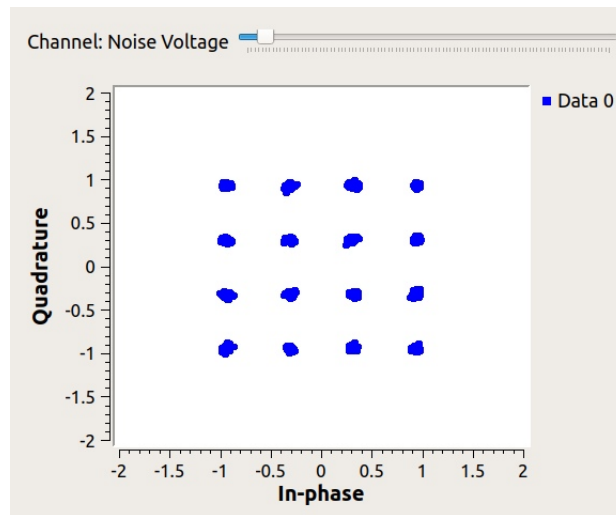


Рисунок 4.12. Сигнальное созвездие 16QAM

Как можно видеть, график созвездия подтверждает сказанное выше. Некоторые точки совпадают по фазе, однако, имея различную амплитуду, являются разными дискретными значениями.

5. Выводы

В ходе выполнения работы были исследованы различные виды цифровых манипуляций. Были выяснены отличия разных видов манипуляций, а также сделаны некоторые выводы:

- можно в разы ускорить передачу данных, используя другой вид манипуляции
- чем больше передается информации, тем больше сказывается шум
- главная сложность - найти баланс между скоростью и надежностью
- чтобы сделать манипуляции более эффективными, нужно пробовать добавлять помехоустойчивое кодирование
- фазовый сдвиг может влиять на качество передачи, однако зависит от характеристик канала

Таким образом, работа над цифровыми манипуляциями "приоткрывает завесу тайны" над теми устройствами и технологиями, которыми мы пользуемся каждый день. Именно с помощью нахождения баланса между кодированием, манипуляциями и другими параметрами каналов и оборудования сейчас доступны беспроводные высокоскоростные сети. Каждая подобная технология является не только набором различных методов и устройств, но и их динамической комбинацией, как, например, смена цифровой манипуляции "на лету" в Wi-Fi для обеспечения нормальной передачи информации. Все эти достижения и развитие в целом обусловлены, зачастую, очень интересными и по-своему простыми решениями, в частности, цифровыми манипуляциями.