

Федеральное агентство связи
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»
(СибГУТИ)
Кафедра Передачи дискретных сообщений и метрологии (ПДСиМ)

Мелентьев О.Г.

***Универсальный квадратурный модулятор.
Формирование QPSK, 8-PSK и КАМ-16 сигналов.***

Методические указания
к лабораторной работе

Новосибирск, 2020

Лабораторная работа №3.

QPSK, 8-PSK, КАМ-16

Цель работы: Программная реализация и исследование модуляторов QPSK, 8-PSK и КАМ-16 в среде Mathcad.

Краткая теория

Фазовая манипуляция (англ. 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:

$$s_m(t) = g(t) * \cos(2\pi f_{nes}t + \varphi_m(t)), \quad (1)$$

где $g(t)$ — определяет огибающую сигнала;

f_{nes} — частота несущей; t — время;

φ_m — модулирующий сигнал, принимающий одно из M дискретных значений.

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

если $M=4$ — *квадратурной фазовой манипуляцией* (QPSK, Q-Quadro — 2 бита на 1 смену фазы),

если $M=8$ (8-PSK — 3 бита на 1 смену фазы) и т. д. Таким образом, количество бит n , передаваемых одним скачком фазы, является степенью, в которую возводится двойка при определении числа фаз, требующихся для передачи n -разрядного двоичного числа.

Использование QPSK приводит к простой демодуляции и вследствие этого она используется в системах сотовой связи с временным разделением каналов.

На рисунке 1 представлено фазовое созвездие для QPSK модуляции, а на рисунке 2 — для 8-PSK.

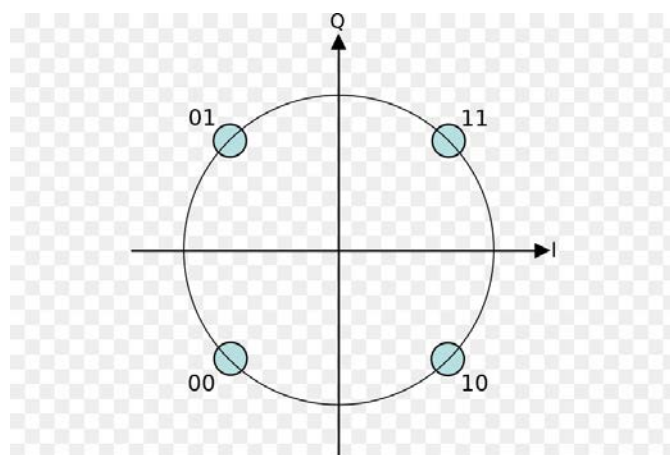


Рисунок 1 – Фазовое созвездие QPSK

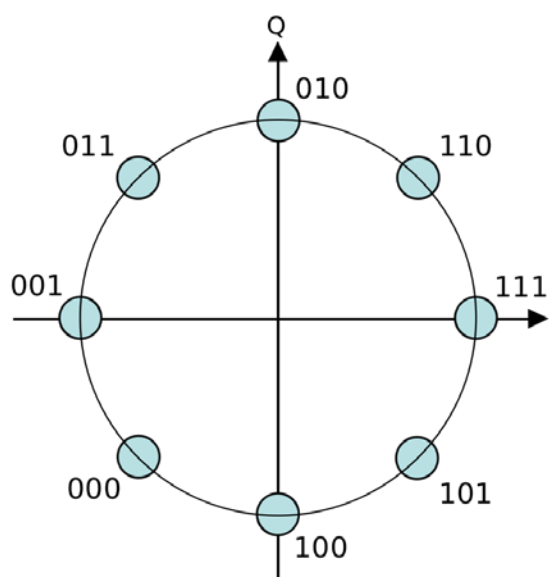


Рисунок 2 – Фазовое созвездие 8-PSK

Квадратурной амплитудной манипуляцией (КАМ_н; англ. Quadrature Amplitude-Shift Keying, QASK) называется манипуляция, при которой изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество информации, передаваемой одним состоянием (отсчётом) сигнала.

На рисунке 3 приведено модуляционное созвездие для КАМ-16. Значащей позицией в данном случае является комбинация фазы и амплитуды. Таким образом один символ сигнала переносит 4 бита информации.

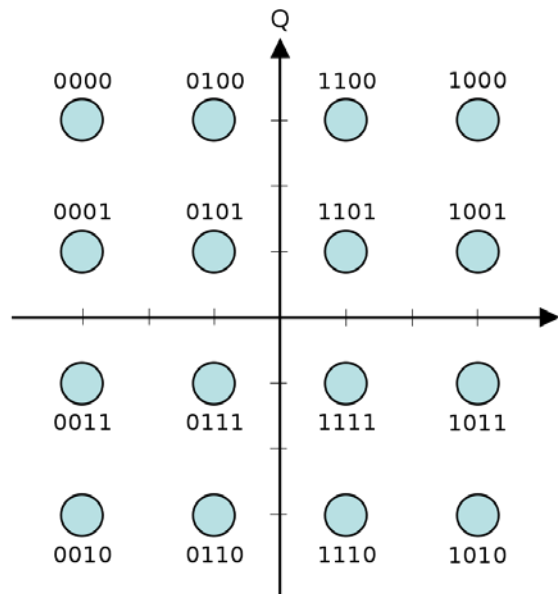


Рисунок 3 - Сигнальное созвездие 16-позиционного КАМн-сигнала

Все указанные виды модуляции могут быть реализованы в квадратурном модуляторе в соответствии с выражением приведенным ниже

$$S(t) = I(t) \cos(2\pi f_{nes}t) - Q(t) \sin(2\pi f_{nes}t), \quad (2)$$

где $I(t)$ и $Q(t)$ – квадратуры комплексной огибающей;
 f_{nes} – несущая частота.

Обобщенная схема универсального квадратурного модулятора представлена на рисунке 4.

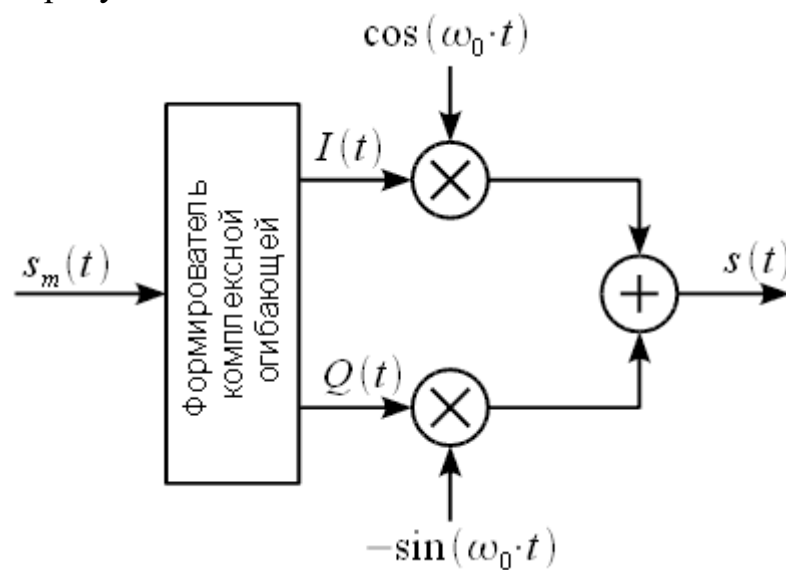


Рисунок 4 – Схема универсального квадратурного модулятора

Таким образом, если имеется модулирующий сигнал, из которого сформированы синфазная и квадратурная компоненты комплексной огибающей сигнала, то можно перенести ее на любую частоту при помощи схемы универсального квадратурного преобразователя, представленной на рисунке 4. Поскольку исходный модулирующий сигнал является низкочастотным, то формирование комплексной огибающей можно производить в цифровом виде. Способ формирования комплексной огибающей в зависимости от модулирующего сигнала определяет вид модуляции. Схема, представленная на рисунке, подходит для всех цифровых и аналоговых видов модуляций.

Порядок выполнения работы:

Исходные данные:

- Длительность единичного элемента $\tau=0.01$;
- Частота несущей $f_{нес}=100$;
- Частота дискретизации $f_d=1000$;

Сгенерировать массив со следующими параметрами:

- Количество элементов массива $L=40$;
- Вероятность появления «1» в массиве = 0.5;

Задание 1

Схема общего универсального модулятора

1. Визуализировать сгенерированный массив на оси времени
2. Написать программу формирования квадратур QPSK – модуляции.

Возможный вариант блок-схемы приведен на рисунке 5.

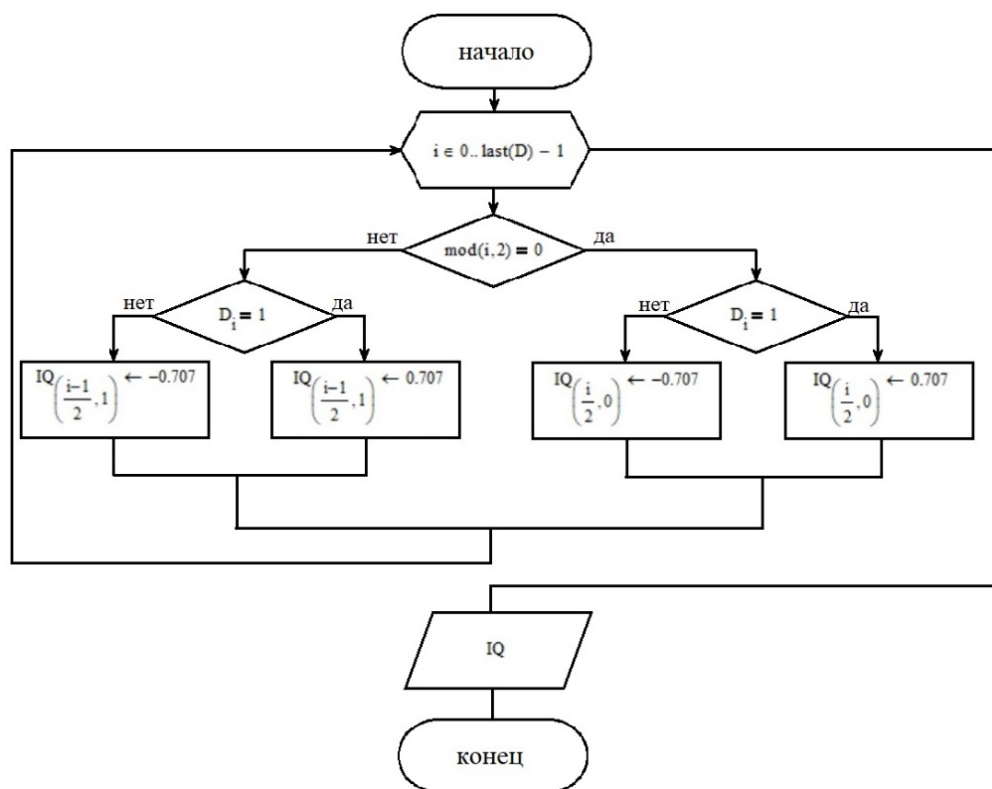


Рисунок 5 – Возможный вариант написания программы QPSK-модуляции

3. Вывести матрицу квадратур QPSK – модуляции
4. Написать непрерывную функцию QPSK – модулятора (смотри выражение (1) и рисунки 4 и 5)
5. Визуализировать модулированный массив на одном графике с исходным массивом. Результат должен быть аналогичен рисунку 6.

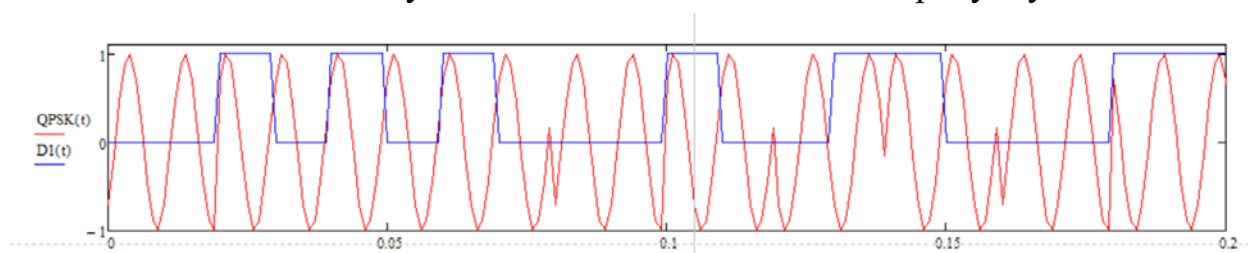


Рисунок 6

6. Вывести несколько первых значений исходного массива, матрицу квадратур и график модулированного сигнала (Примеры на рис. 7 – 9).

$$d^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ \hline \end{array}$$

Рисунок 7 – Первые элементы исходного массива

$$IQ^T =$$

	0	1	2	3
0	0.707	0.707	-0.707	0.707
1	0.707	-0.707	0.707	-0.707

Рисунок 8 – Матрица квадратур элементов массива с рисунка 8

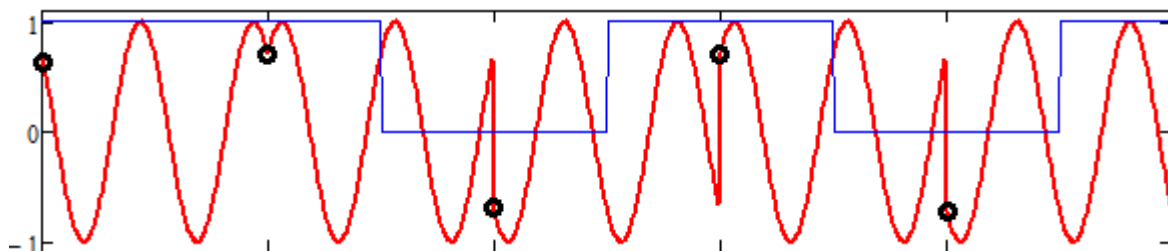


Рисунок 9 – График исходного и модулированного сигнала

Сравнить полученные результаты с модуляционным созвездием, представленным на рисунке 10.

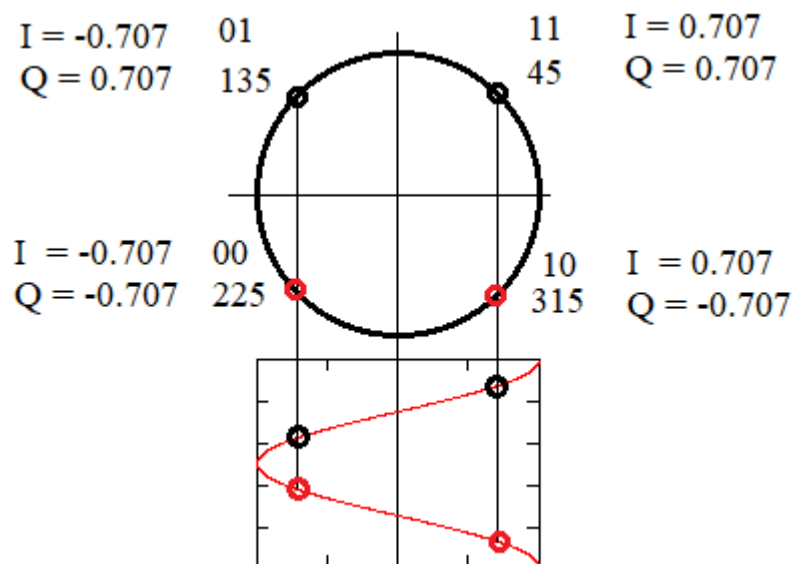


Рисунок 10 – Начальные фазы на единичных интервалах

Сделать выводы.

Задание 2

1. При тех же исходных данных написать программу формирователя квадратур модуляции КАМ-16. Возможный вариант блок-схемы приведен на рисунке 11.

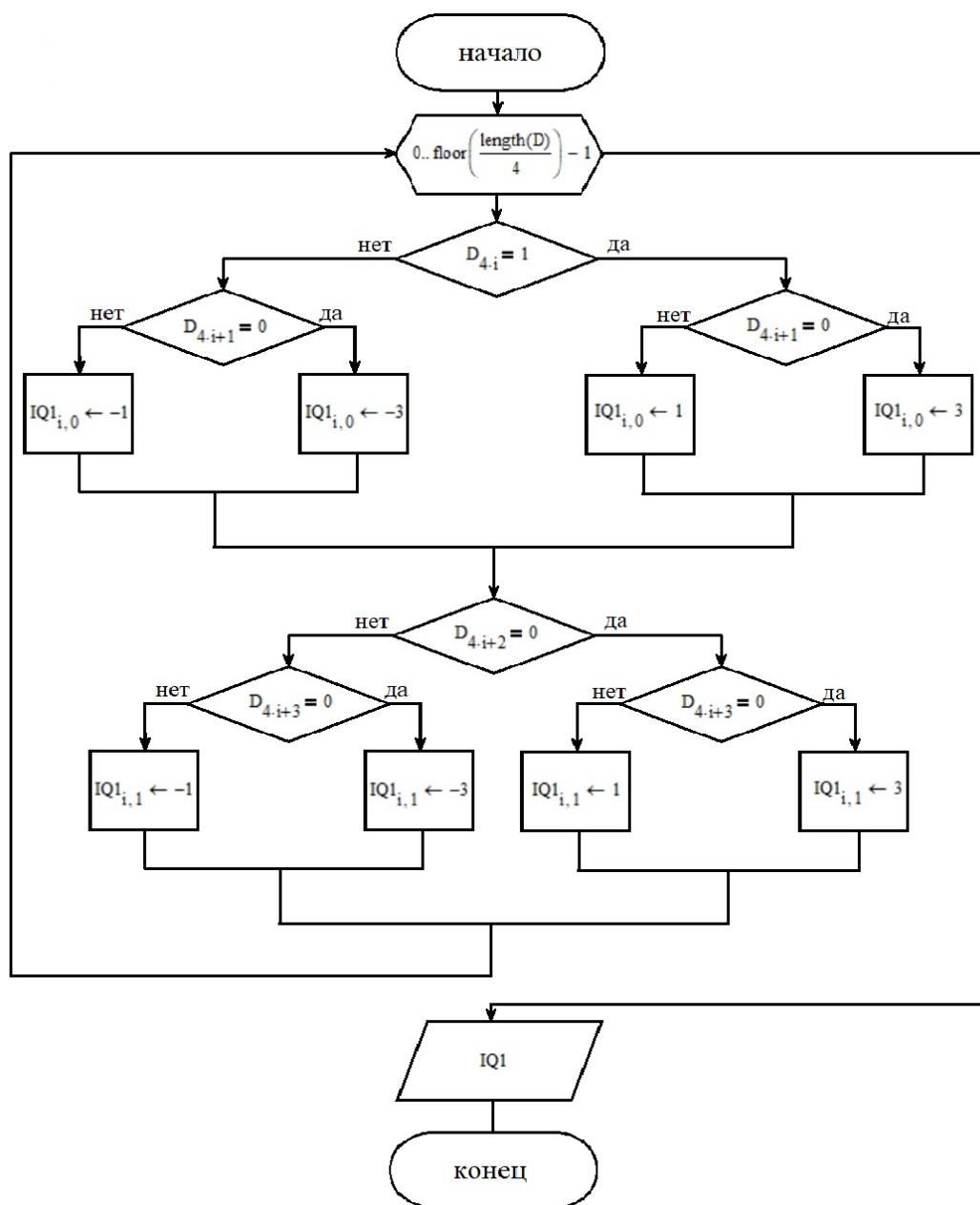


Рисунок 11 – Возможный вариант написания программы КАМ-16 – модуляции

2. Вывести матрицу сформированных квадратур КАМ-16 – модуляции.
3. Написать непрерывную функцию модулятора КАМ-16 и вывести модулированный сигнал на график. Пример показан на рисунке 12.

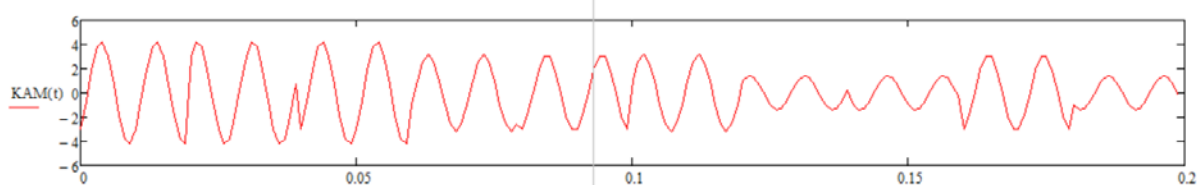


Рисунок 12

4. Визуализировать массивы квадратур на одном графике с исходным массивом. Пример показан на рисунке 13.

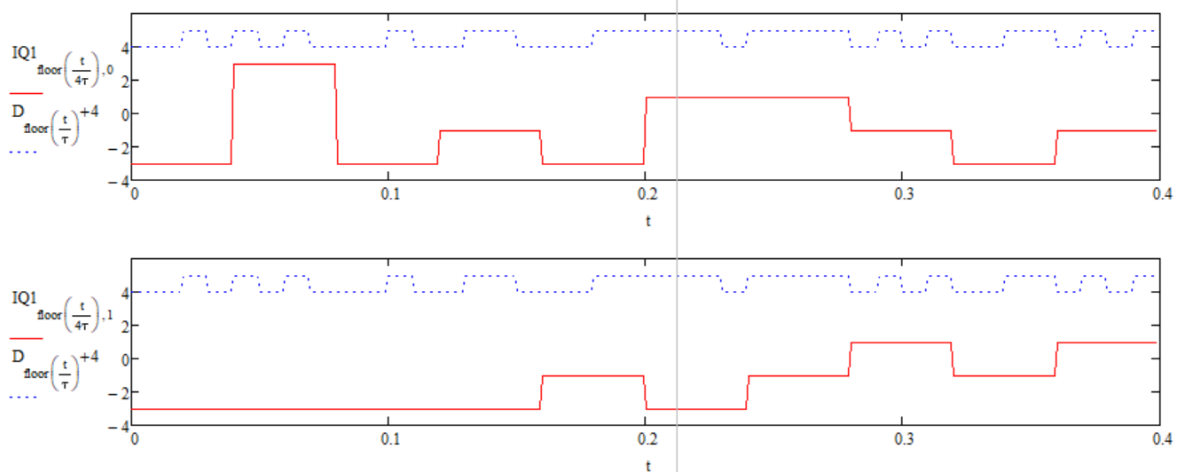


Рисунок 13

5. Вывести 16 элементов исходного массива, матрицу квадратур и график модулированного сигнала. Доказать, что сформированный сигнал соответствует модуляционному созвездию.

Литература:

1. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.: ил.
2. Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией (BPSK) [Электронный ресурс] // dsplib.org. – URL: http://ru.dsplib.org/content/signal_bpsk/signal_bpsk.html (дата обращения 13.12.2019)