

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

**Отчет по Лабораторной работе 6**

**Дисциплина:** Телекоммуникационные технологии

**Тема:** Цифровая модуляция

Выполнил студент гр. 33501/1

\_\_\_\_\_ Поляков К.О.  
(подпись)

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Богач Н.В.  
(подпись)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 г.

Санкт-Петербург  
2017 г.

# Оглавление

## Лабораторная работа №6

	Цифровая модуляция . . . . .	3
1	Цель работы . . . . .	3
2	Постановка задачи . . . . .	3
3	Теоретические положения . . . . .	3
	3.1 Амплитудная манипуляция . . . . .	3
	3.2 Частотная манипуляция . . . . .	4
	3.3 Фазовая манипуляция . . . . .	4
	3.4 Квадратурная манипуляция . . . . .	4
4	Ход работы . . . . .	4
5	PSK манипуляция . . . . .	4
6	MSK манипуляция . . . . .	7
7	OQPSK манипуляция . . . . .	8
8	genQAM манипуляция . . . . .	8
9	Выводы . . . . .	11

# Лабораторная работа №6

## Цифровая модуляция

### 1 Цель работы

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

### 2 Постановка задачи

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

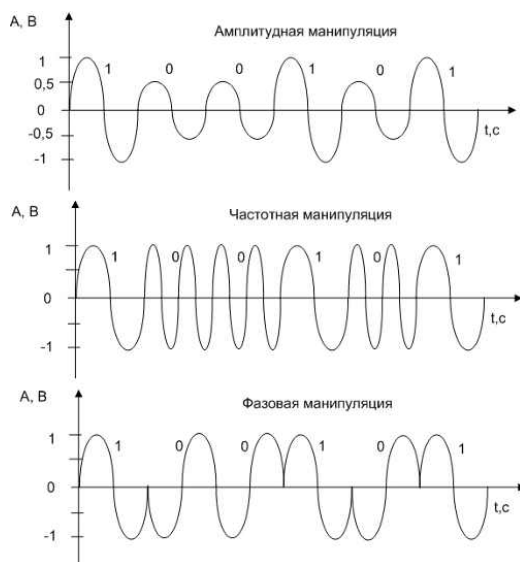
### 3 Теоретические положения

Модуляция – это процесс изменения каких-либо параметров несущего сигнала под действием информационного потока. Данный термин обычно применяют для аналоговых сигналов. Применительно к цифровым сигналам существует другой термин "манипуляция" однако его часто заменяют все тем же словом "модуляция" подразумевая, что речь идет о цифровых сигналах. В цифровой модуляции аналоговый несущий сигнал модулируется цифровым битовым потоком.

Существует 3 основных вида манипуляции сигналов (или шифтинга) и один гибридный:

1. ASK – Amplitude shift keying (Амплитудная двоичная модуляция).
2. FSK – Frequency shift keying (Частотная двоичная модуляция).
3. PSK – Phase shift keying (Фазовая двоичная модуляция).
4. ASK/PSK.

Этот набор манипуляций определяется основными характеристиками, которыми обладает любой сигнал.



#### 3.1 Амплитудная манипуляция

При амплитудной манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя амплитуда несущего сигнала. Частота и фаза манипулированного сигнала остаются неизменными. Амплитудная манипуляция редко используется на практике, т.к. из всех видов манипуляции наименее помехоустойчива. Амплитудная манипуляция обычно применяется в сочетании с другими видами манипуляции.

### 3.2 Частотная манипуляция

При частотной манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя частота несущего сигнала. Амплитуда и фаза манипулированного сигнала не меняются. Частотно-манипулированные FSK сигналы одни из самых распространенных в современной цифровой связи. Это обусловлено прежде всего простотой их генерирования и приема, ввиду нечувствительности к начальной фазе.

**Минимальная частотная манипуляция** — двухпозиционная (бинарная) частотная манипуляция, частоты которой выбраны так, чтобы минимальное значение расстояния между ними было

$$\Delta w_{min} = \frac{\pi}{T}$$

### 3.3 Фазовая манипуляция

При фазовой манипуляции каждому цифровому символу сопоставляется своя начальная фаза несущего сигнала при неизменной амплитуде. Данный вид манипуляции наиболее сложен в реализации, но и наиболее помехоустойчив по сравнению с двумя другими видами манипуляции.

В настоящее время разработано несколько вариантов двухпозиционной (бинарной) и многопозиционной фазовой манипуляции. В радиосистемах передачи информации наиболее часто применяются двоичная, четырех позиционная и восьми позиционная фазовая манипуляция (ФМн). Данные сигналы обеспечивают высокую скорость передачи, применяются в радиосвязи, в системах фазовой телеграфии, при формировании сложных сигналов.

Наиболее простой является бинарная ФМн, при которой изменение фазы несущего колебания происходит скачком в определенные моменты первичного сигнала на 0 или 180°; при этом его амплитуда и частота несущей остаются неизменными.

### 3.4 Квадратурная манипуляция

Смысл квадратурно модуляции заключается в представлении гармонического колебания с произвольной фазой линейной комбинацией синусоидального и косинусоидального колебания. Квадратурное представление сигнала заключается в выражении колебания линейной комбинацией двух ортогональных составляющих – квадратурной и синфазной:

$$S(t) = x(t)\sin(\omega t + \phi) + y(t)\cos(\omega t + \phi)$$

Таким образом, в качестве манипулирующих сигналов используют сигналы, отличающиеся по структуре от исходных передаваемых двоичных сигналов, для формирования которых используется специальное кодирующее устройство - кодер модулятора.

## 4 Ход работы

С помощью функций пакета Matlab получим сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM и MSK модуляторов и их сигнальные созвездия.

## 5 PSK манипуляция

Получаем сигналы BPSK и 8-PSK модулятора. Фазовый модулятор обрабатывает 8 различных значения отсчетов, BPSK-модулятор аналогичен фазовому, но принимает на вход только бинарные сигналы.

Листинг 1: PSK modulator

```
1 M=8;
2 In_Data_Msk=randint(50,1,M); %Message
3 H_MSK=modem.pskmod('M',M,'PhaseOffset',0,...
4 'SymbolOrder','binary','InputType','integer'); %Modulator object
5 Mod_MSK=modulate(H_MSK,In_Data_Msk);
6
7 % AWGN channel
8 EbNo=20;
9 k=log2(M);
10 Msk_rx = awgn(Mod_MSK,EbNo+10*log10(k)-10*log10(1),'measured','dB');
11
12 % Demodulation
13 HD_MSK=modem.pskdemod('M',M,'PhaseOffset',0,...
14 'SymbolOrder','binary','OutputType','integer',...
15 'DecisionType','hard_decision');
16 Demod_MSK_no_noise=demodulate(HD_MSK,Mod_MSK);
17 Demod_MSK=demodulate(HD_MSK,Msk_rx);
18
19 symerr(In_Data_Msk, Demod_MSK)
```

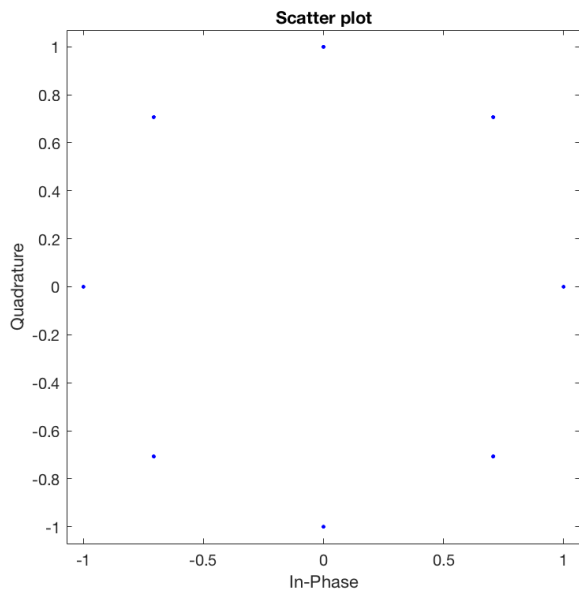


Рис. 1: Сигнальное созвездие PSK

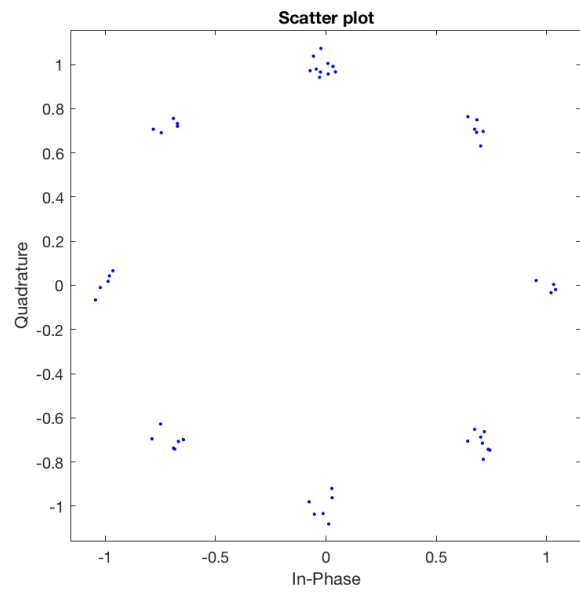


Рис. 2: Сигнальное созвездие зашумлённого сигнала

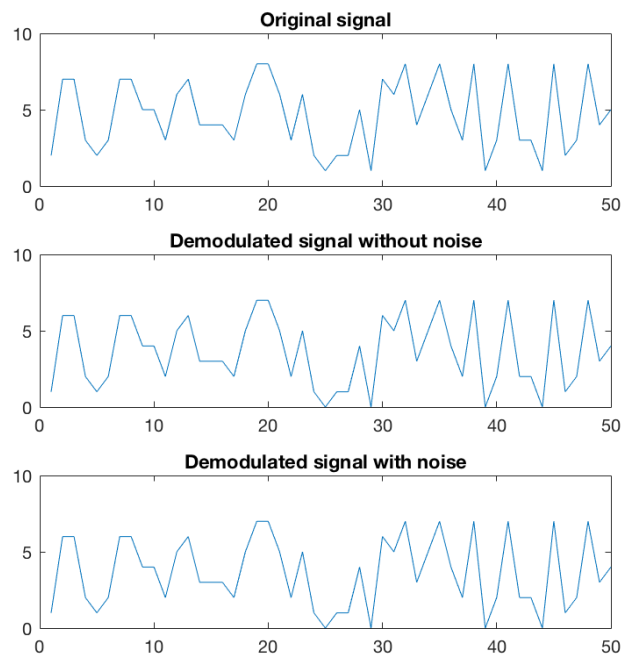


Рис. 3: Формы сигналов

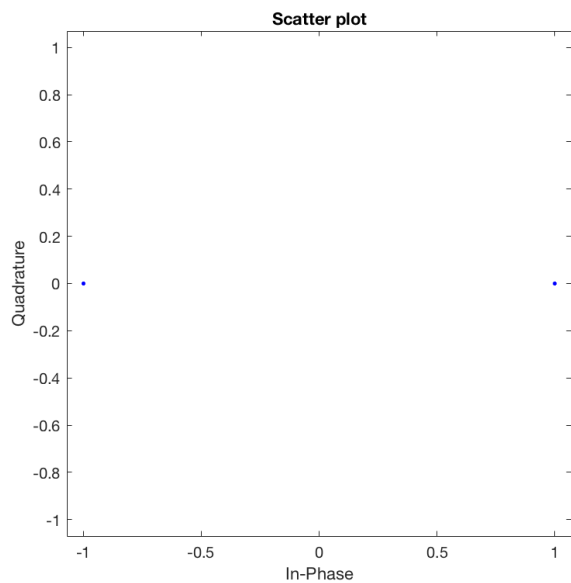


Рис. 4: Сигнальное созвездие BPSK

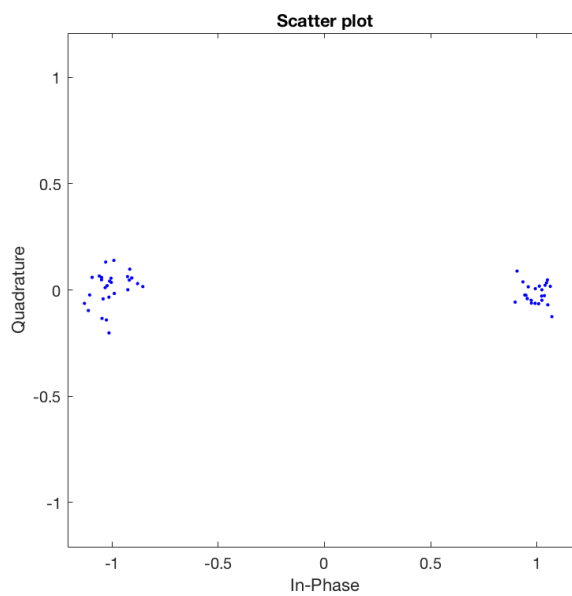


Рис. 5: Сигнальное созвездие зашумлённого сигнала BPSK

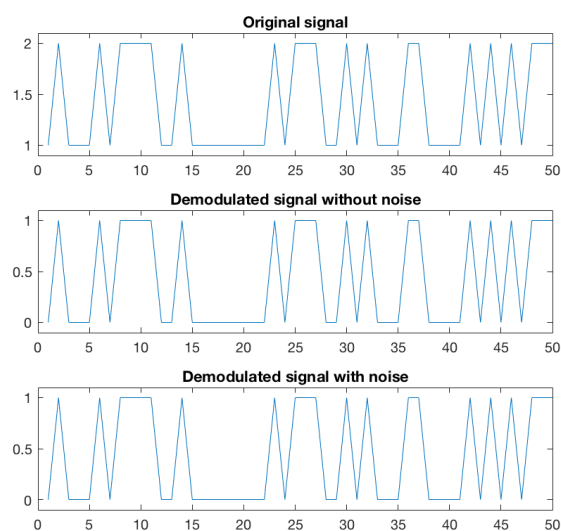


Рис. 6: Формы сигналов

## 6 MSK манипуляция

Листинг 2: MSK modulator

```
1 % Modulation
2 In_Data_Msk=randint(24,1);
3 H_MSK=modem.mskmod('Precoding','off',...
4 'SamplesPerSymbol',1,'InputType','Bit');
5 Mod_MSK=modulate(H_MSK,In_Data_Msk);
6 % AWGN channel
7 EbNo=10;
8 k=log2(2);
9 Msk_rx = awgn(Mod_MSK,EbNo+10*log10(k)-10*log10(1),'measured','dB');
10 % Demodulation
11 HD_MSK=modem.mskdemod('Precoding','off',...
12 'SamplesPerSymbol',1,'OutputType','Bit',...
13 'DecisionType','hard decision');
14 Demod_MSK=demodulate(HD_MSK,Msk_rx);
15 Demod_MSK_no_noise=demodulate(HD_MSK,Mod_MSK);
16
17 symerr(In_Data_Msk, Demod_MSK)
```

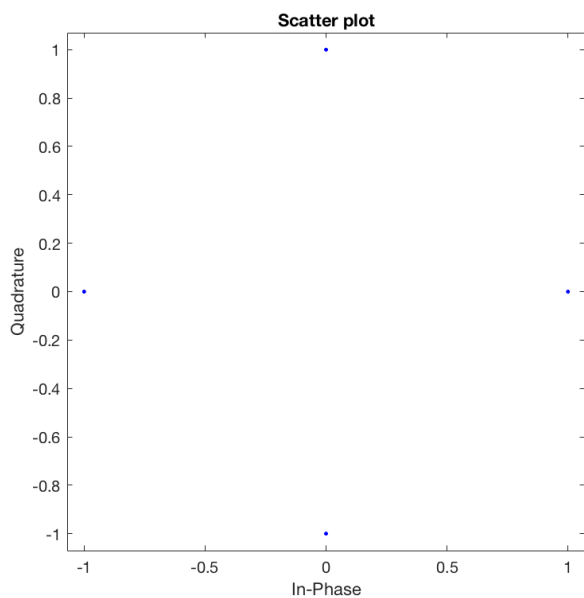


Рис. 7: Сигнальное созвездие MSK

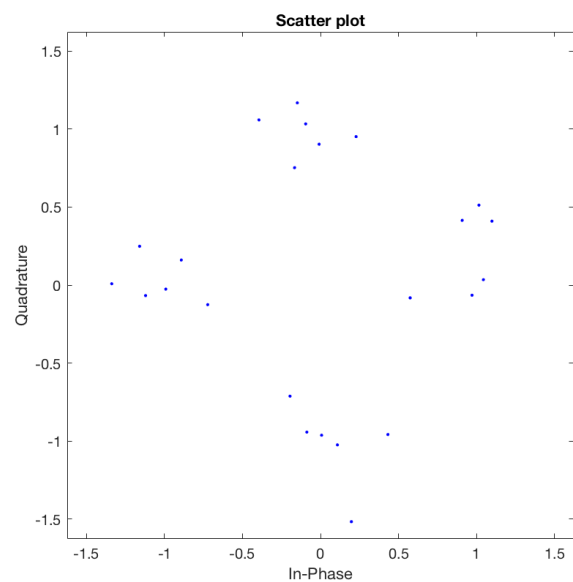


Рис. 8: Сигнальное созвездие зашумлённого сигнала

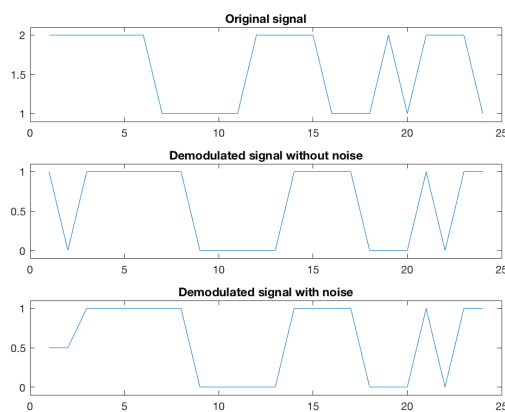


Рис. 9: Формы сигналов

## 7 OQPSK манипуляция

Листинг 3: OQPSK modulator

```
1 % Modulation
2 M=2;
3 In_Data_Oqpsk=randint(50,1);
4 H_OQPSK=modem.oqpskmod('M',M,'PhaseOffset',pi/8,...
5 'SymbolOrder','gray','InputType','bit');
6 Mod_Oqpsk=modulate(H_OQPSK,In_Data_Oqpsk);
7
8 % AWGN channel
9 EbNo=15;
10 k=log2(M);
11 Oqpsk_rx=awgn(Mod_Oqpsk,EbNo+10*log10(k)-10*log10(2),'measured','dB');
12 % Demodulation
13 HD_OQPSK=modem.oqpskdemod('M',M,'PhaseOffset',pi/4,...
14 'SymbolOrder','gray','OutputType','bit',...
15 'DecisionType','hard decision');
16 Demod_OQPSK=demodulate(HD_OQPSK,Oqpsk_rx);
17 Demod_OQPSK_no_noise=demodulate(HD_OQPSK,Mod_Oqpsk);
```

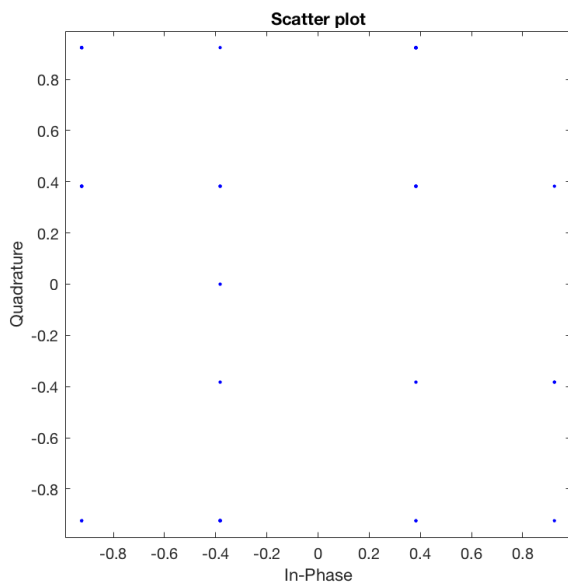


Рис. 10: Сигнальное созвездие OQPSK

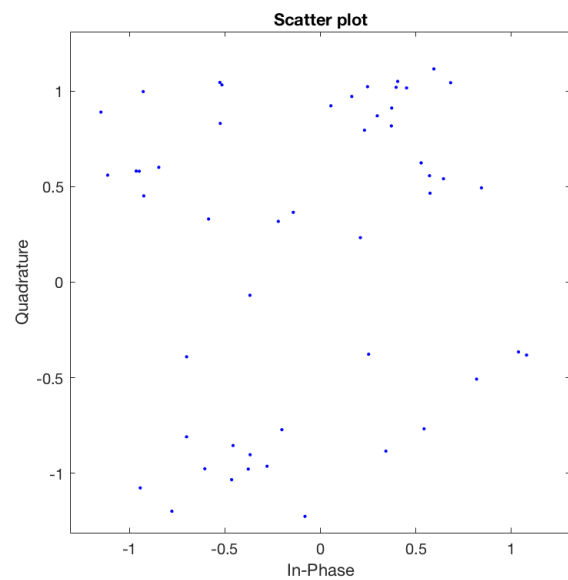


Рис. 11: Сигнальное созвездие зашумлённого сигнала

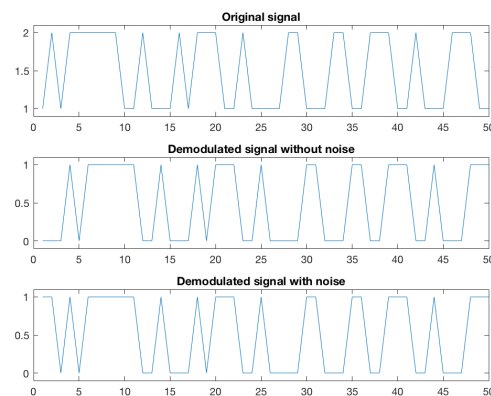


Рис. 12: Формы сигналов

## 8 genQAM манипуляция



#### Листинг 4: genQAM modulator

```

1  M = 8; % Size of signal constellation
2  k = log2(M); % Number of bits per symbol
3  A = 1;
4  N = 0.02;
5  n = 3e4; % Number of bits to process
6  nSamp = 1; % Oversampling rate
7
8  inphase = [A/2 0 A A*cos(pi/4) 0 -A/2 -A*cos(pi/4) -A];
9  quadr = [0 A/2 0 A*sin(pi/4) -A/2 0 -A*sin(pi/4) 0];
10 const = inphase + 1i*quadr
11 scatterPlot = commscope.ScatterPlot('SamplesPerSymbol',1,...
12 'Constellation',const);
13 scatterPlot.PlotSettings.Constellation = 'on';
14 scatterPlot.PlotSettings.ConstellationStyle = '*';
15 title('Customized Constellation for My-QAM');
16
17 x = randi([0 1],n,1); % Message
18
19 hMod = modem.genqammod('Constellation',const);
20 hDemod = modem.genqamdemod(hMod); % Create a My-QAM modulator\demodulator
21 %% Bit-to-Symbol Mapping
22 xsym = bi2de(reshape(x,k,length(x)/k).','left-msb');
23
24 %% Modulation
25 y = modulate(hMod,xsym)
26 %% Demodulation
27 zsym = demodulate(hDemod,y);
28
29 Es = 1/M*(4*(A/2)^2 + 4*A^2);
30 EsNo = Es/N;
31 SNR = 10*log10(EsNo) - 10*log10(nSamp);
32
33 yNoisy = awgn(y,SNR,'measured');
34 Demod_MSQ = demodulate(hDemod,y);

```

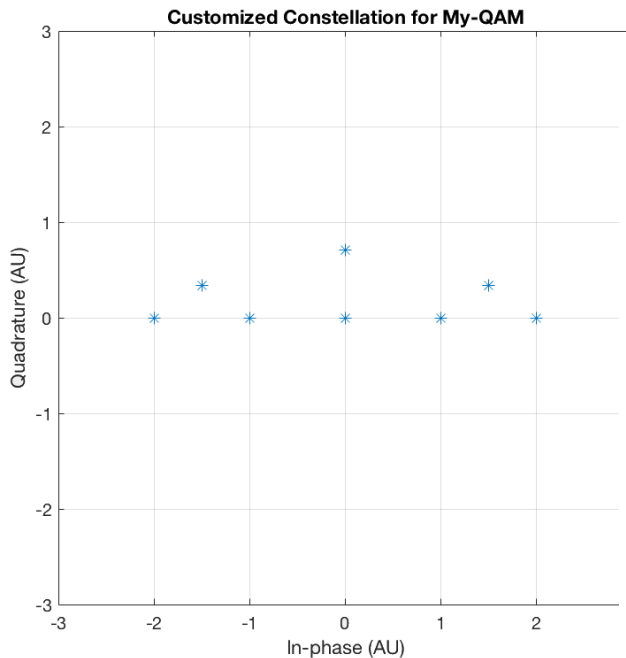


Рис. 13: Сигнальное созвездие genQAM

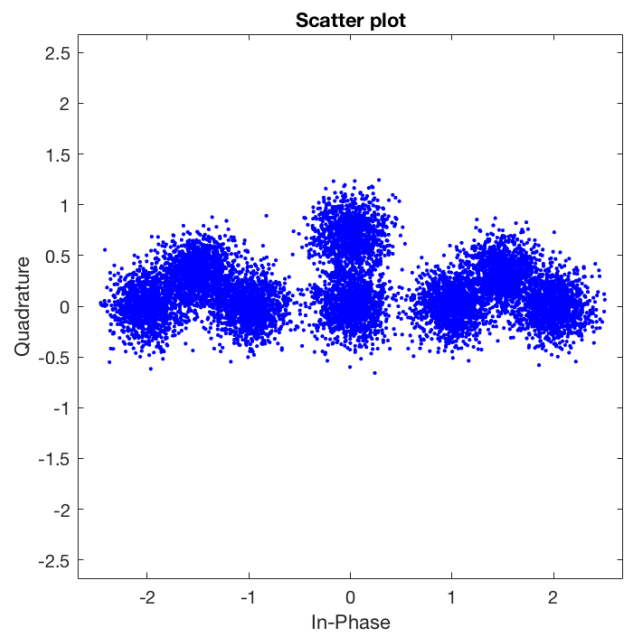


Рис. 14: Сигнальное созвездие зашумлённого сигнала

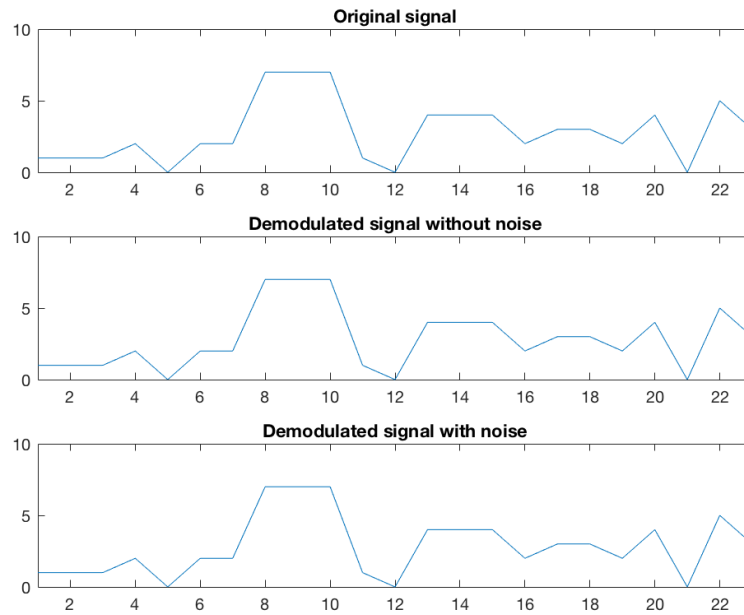


Рис. 15: Формы сигналов

## 9 Выводы

В данной лабораторной работе были рассмотрены различные виды цифровой модуляции. Тип цифровой модуляции выбирается в зависимости от требований к скорости передачи и помехозащищенности. Самой надёжной считается квадратурная манипуляция, так как информацию можно подавать сразу по двум параметрам. Для повышения скорости передачи могут быть использованы PSK или QAM с большим количеством точек, что в свою очередь негативно скажется на помехоустойчивости вследствие их близкого расположения друг относительно друга на сигнальном созвездии.

Число бит, передаваемых одним состоянием, определяется как  $\log_2 N$ , где  $N$  — уровень модуляции. Таким образом, чем выше уровень модуляции, тем больше данных мы можем передать (или потерять) за единицу времени.