

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

**Отчет по Лабораторной работе 1**

**Дисциплина:** Телекоммуникационные технологии

**Тема:** Сигналы телекоммуникационных технологий

Выполнил студент гр. 33501/1

\_\_\_\_\_ Поляков К.О.  
(подпись)

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Богач Н.В.  
(подпись)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2017 г.

Санкт-Петербург  
2017 г.

# Оглавление

## Лабораторная работа №1

	Сигналы телекоммуникационных технологий . . . . .	3
1	Цель работы . . . . .	3
2	Постановка задачи . . . . .	3
3	Теоретические положения . . . . .	3
4	Ход работы . . . . .	3
4.1	Расчёт временных функций . . . . .	3
4.2	Функции генерации одиночных импульсов . . . . .	5
4.3	Генерация последовательности импульсов . . . . .	7
4.4	Функции генерации периодических сигналов . . . . .	9
4.5	Генерация сигнала с меняющейся частотой . . . . .	11
4.6	Дополнительное задание . . . . .	13
5	Выводы . . . . .	13

# Лабораторная работа №1

## Сигналы телекоммуникационных технологий

### 1 Цель работы

Познакомиться со средствами генерации и визуализации простых сигналов.

### 2 Постановка задачи

В командном окне MATLAB и в среде Simulink промоделировать сигналы из главы Главы 3, сс. 150–170.

### 3 Теоретические положения

Сигнал - физический носитель информации. Природа сигнала весьма различна: ток, напряжение и другие физические величины.

**Детерминированный** — значение сигнала можно точно определить в любой момент времени.

**Случайный** — случайная величина, принимающая конкретные значения с некоторой вероятностью

**С интегрируемым квадратом** —  $s(t)$  определяется соотношением  $\int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt < \infty$ .

**Периодичный** —  $s(t + nT) = s(t)$  при любом  $t$ ,  $n$  — целое число.

**Сигналы конечной длительности** — одиночные импульсы.

**Гармонические колебания** —  $s(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ .

**Дельта-функция (функция Дирака)** — бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.

**Функция единичного скачка (функция Хевисайда)** —

$$\sigma(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ 1/2, & t = 0, \\ 1, & t > 0. \end{cases}$$

Дискретный сигнал — последовательность чисел, в MATLAB — вектор. Многоканальная обработка сигналов — матрица (обработка по столбцам, то есть столбцы — сигналы разных каналов, а строки — векторные отсчеты многоканального сигнала).

### 4 Ход работы

#### 4.1 Расчёт временных функций

Визуализируем затухающую синусоиду с частотой дискретизации 8кГц:

Листинг 1: Затухающая синусоида

```
1      Fs=8e3 ;
2      t=0:1/Fs:1 ;
3      t=t ' ;
4      A=2;
5      f0=1e3 ;
6      phi=pi / 4;
7      s1=A*cos (2 * pi * f0 * t+phi) ;
8      alpha=1e3 ;
9      s2=exp ( - alpha * t ) . * s1 ;
```

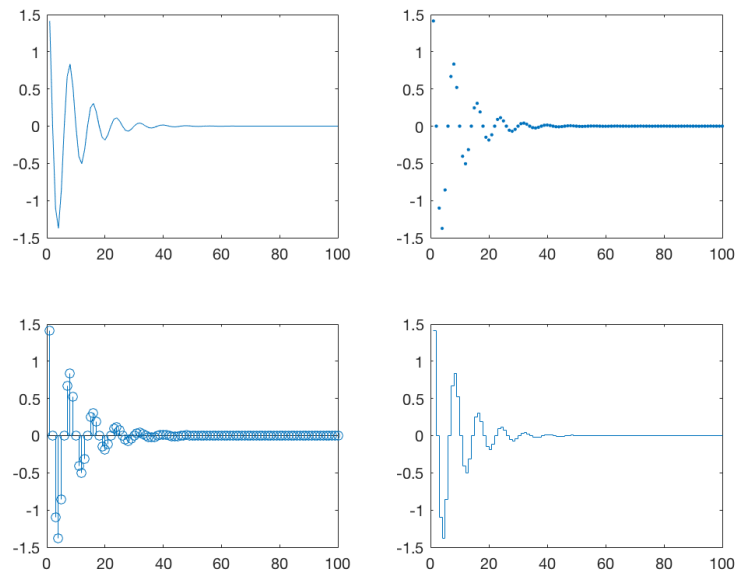


Рис. 1: Различные формы представления графиков дискретного сигнала: верхние - plot; слева снизу - stem; справа снизу - stairs.

Покажем на горизонтальной оси значения времени, вместо градусов(Рис.2):

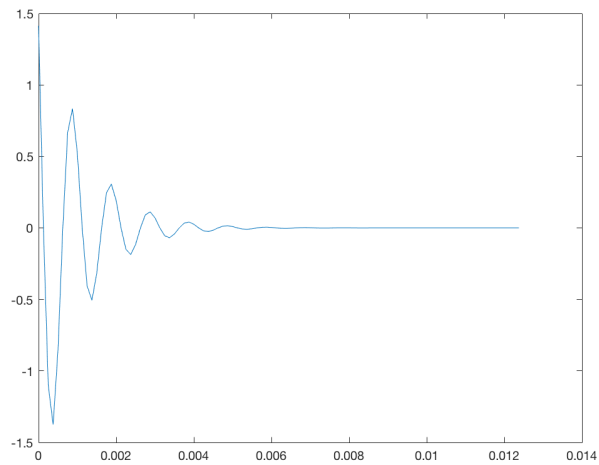


Рис. 2: Горизонтальная ось со значениями времени

Сгенерируем многоканальный сигнал, каналы которого описываются одной и той же формулой(Рис.3):

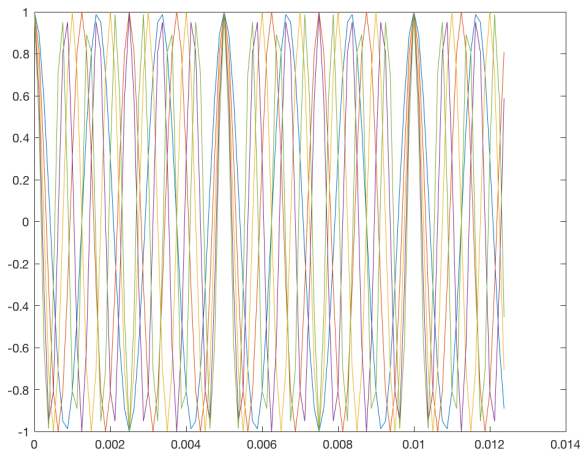


Рис. 3: Горизонтальная ось со значениями времени

## 4.2 Функции генерации одиночных импульсов

В пакете Signal Processing имеется ряд специальных функций, генерирующих часто встречающиеся на практике непериодические сигналы:

- а. **rectplus** - прямоугольный импульс Для формирования используется функция **rectplus**. Вектор значений получается из формулы:

$$y = \begin{cases} 1, & -\frac{width}{2} \leq t < \frac{width}{2}, \\ 0, & t < -\frac{width}{2}, t \geq \frac{width}{2}. \end{cases}$$

Листинг 2: Функция rectplus

```

1  Fs=1e3;
2  t=-40e-3:1/Fs:40e-3;
3  T=20e-3;
4  A=5;
5  s=-A*rectpuls(t+T/2,T)+A*rectpuls(t-T/2,T);
6  plot(t,s)
7  ylim([-6 6])

```

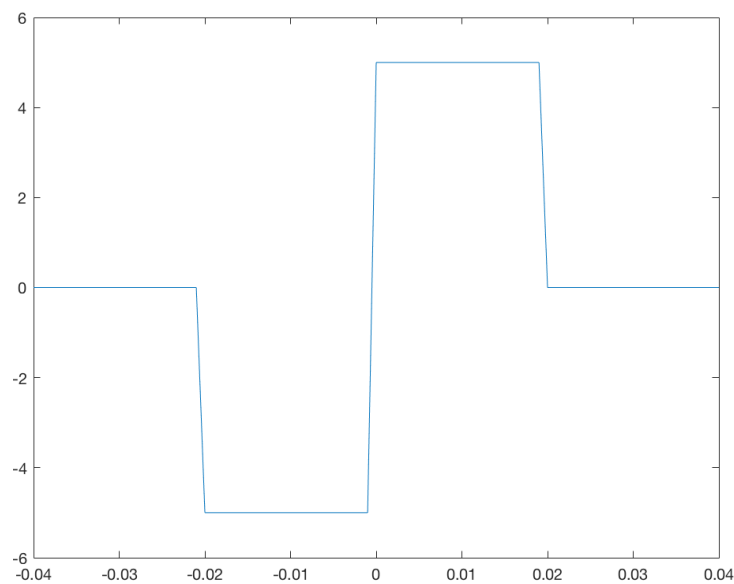


Рис. 4: Сигнал, сформированный функцией **rectpuls**.

- b. **tripuls** - треугольный импульс Для формирования используется функция **tripuls**. Вектор значений получается из формулы:

$$y = \begin{cases} \frac{2t+width}{width(skew+1)}, & -\frac{width}{2} \leq t < \frac{widthskew}{2}, \\ \frac{2t-width}{width(skew-1)}, & \frac{width \cdot skew}{2} \leq t < \frac{width}{2}, \\ 0, & |t| > \frac{width}{2}. \end{cases}$$

Листинг 3: Функция tripuls

```

1  Fs=1e3;
2  t=-50e-3:1/Fs:50e-3;
3  T1=20e-3;
4  T2=60e-3;
5  A=10;
6  s=A*(T2*tripuls(t,T2)-T1*tripuls(t,T1))/(T2-T1);
7  plot(t,s)

```

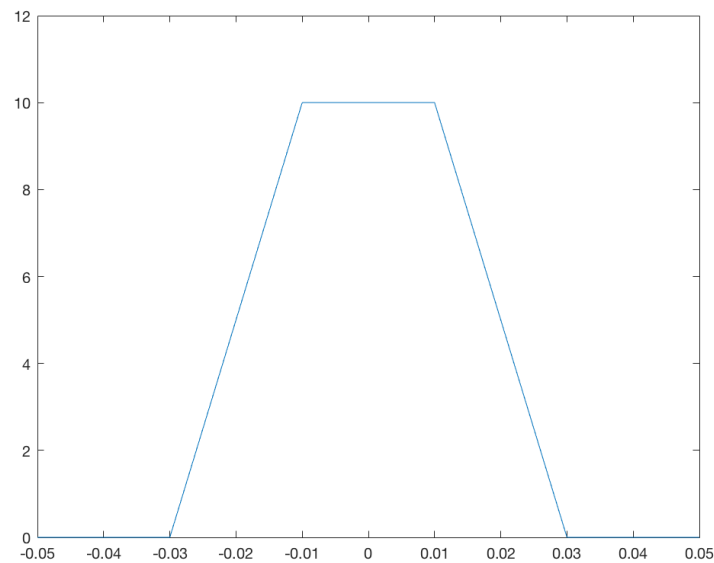


Рис. 5: Сигнал, сформированный функцией **tripuls**.

- c. **sinc** - импульс вида  $\sin(\pi t)/(\pi t)$  Для формирования используется функция **sinc**. Вектор значений получается из формулы:

$$y = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}.$$

Листинг 4: Функция sinc

```

1  Fs=1e3;
2  t=-0.1:1/Fs:0.1;
3  f0=10;
4  T=1/f0;
5  s=rectpuls(t,T).*cos(2*pi*f0*t);
6  f=-50:50;
7  sp=T/2*(sinc((f-f0)*T)+sinc((f+f0)*T));
8  plot(t,s)
9  ylim([-1.1 1.1])
10 figure
11 plot(f,abs(sp))

```

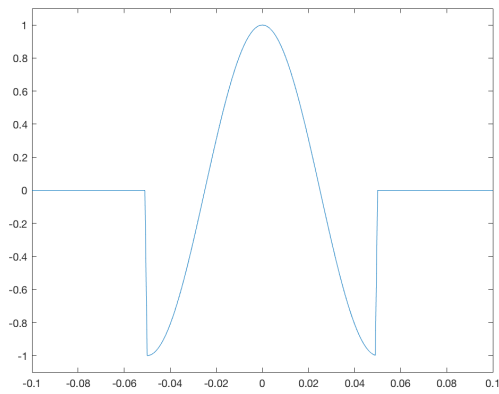


Рис. 6: Радиоимпульс

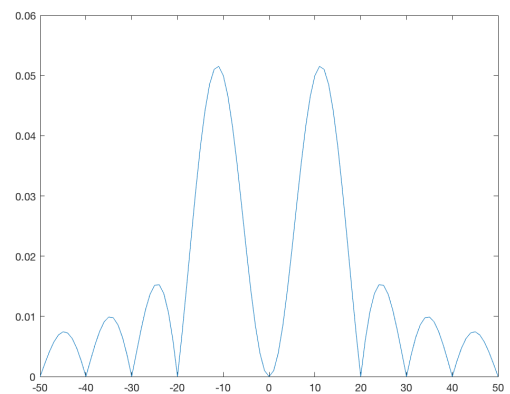


Рис. 7: Амплитудный спектр

- d. **gausplus** - радиоимпульс с гауссовой огибающей. Для формирования используется функция **gauspuls**. Вектор значений получается из формулы:

$$y = \exp(-at^2) \cos(2\pi f_c t).$$

Листинг 5: Функция gauspuls

```

1      Fs=16e3;
2      t=-10e-3:1/Fs:10e-3;
3      Fc=4e3;
4      bw=0.1;
5      bwr=-20;
6      s=gauspuls(t,Fc,bw,bwr);
7      Nfft=2^nextpow2(length(s));
8      sp=fft(s,Nfft);
9      sp_dB=20*log10(abs(sp));
10     f=(0:Nfft-1)/Nfft*Fs;
11     subplot(1,2,1); plot(t,s)
12     subplot(1,2,2); plot(f(1:Nfft/2),sp_dB(1:Nfft/2))
13     sp_max_db=20*log10(max(abs(sp)));
14     edges=Fc*[1-bw/2 1+bw/2];
15     hold on
16     plot(edges,sp_max_db([1 1])+bwr, 'o')
17     hold off

```

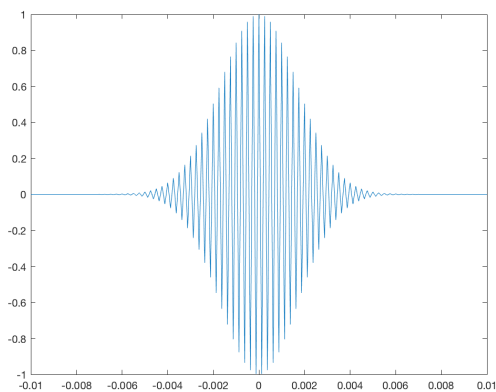


Рис. 8: Радиоимпульс

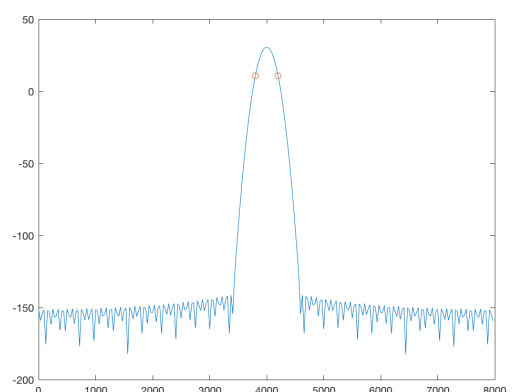


Рис. 9: Амплитудный спектр

### 4.3 Генерация последовательности импульсов

Для генерации конечной последовательности импульсов одинаковой формы с произвольно задаваемыми задержками и уровнями существует функция **pulstran**. Импульсы могут задаваться как именем функции, так и уже рассчитанным вектором отсчетов.

1. Импульс задается именем генерирующей функции:

Листинг 6: Функция pulstran

```
1      Fs=1e3;  
2      t=0:1/Fs:0.5;  
3      tau=20e-3;  
4      d=[20 80 160 260 380]'*1e-3;  
5      d(:,2)=0.8.^(0:4)';  
6      y=pulstran(t,d,'tripuls',tau);  
7      plot(t,y)
```

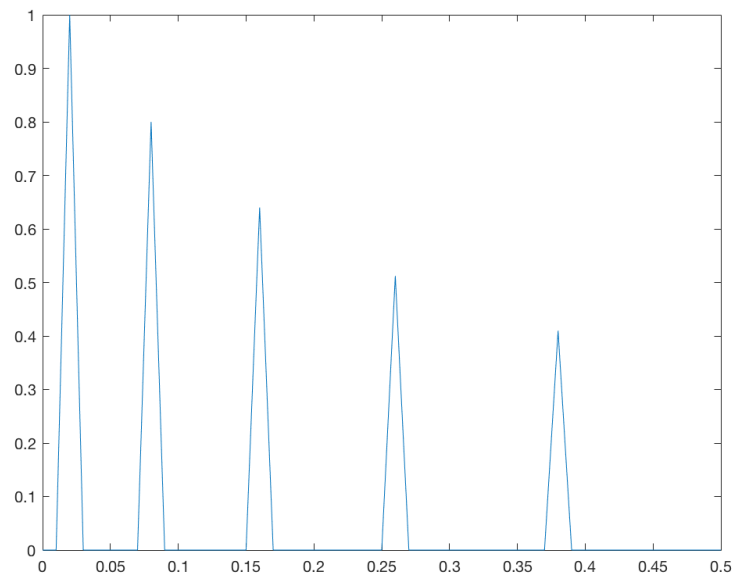


Рис. 10: Последовательность треугольных импульсов, сформированная функцией **pulstran**.

2. Импульс задается рассчитанным вектором отсчетов:

Листинг 7: Функция pulstran

```
1      Fs0=400;  
2      tau=60e-3;  
3      t0=0:1/Fs0:tau;  
4      s0=sin(pi*t0/tau).^2;  
5      Fs=1e3;  
6      t=0:1/Fs:0.5;  
7      d=(1:6)'*64e-3;  
8      d(:,2)=0.6.^(0:5)';  
9      y=pulstran(t,d,s0,Fs0);  
10     plot(t,y)
```



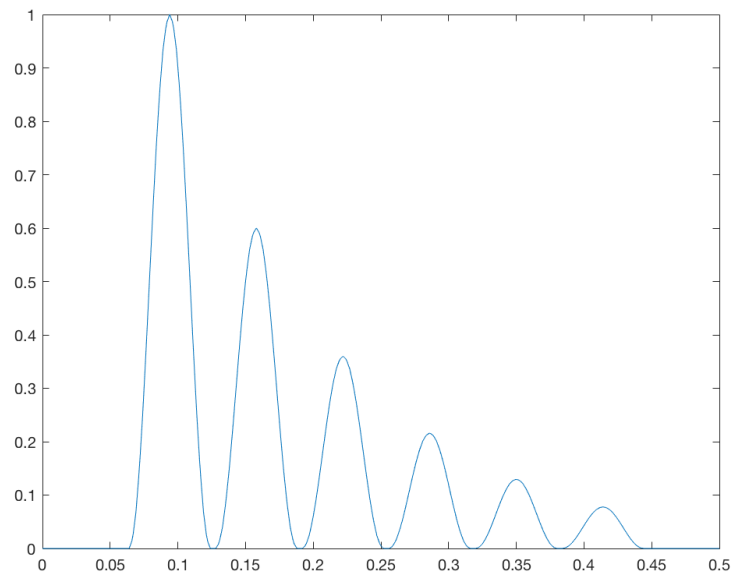


Рис. 11: Последовательность импульсов, сформированная функцией **pulstran** из вектора отсчётов.

#### 4.4 Функции генерации периодических сигналов

Для формирования отсчётов периодических сигналов различной формы используются функции:

- а. **square** - для формирования последовательности прямоугольных импульсов.

Листинг 8: Функция square

```

1      Fs=1e3;
2      t=-10e-3:1/Fs:50e-3;
3      A=3;
4      f0=50;
5      tau=5e-3;
6      s=(square(2*pi*t*f0, f0*tau*100)+1)*A/2;
7      plot(t,s)
8      ylim([0 5])

```

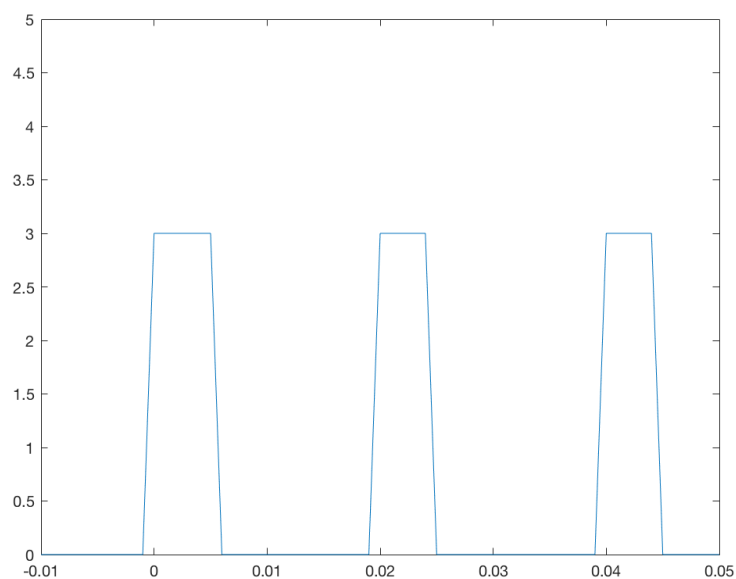


Рис. 12: Последовательность прямоугольных импульсов, полученная с помощью функции **square** .

- б. **sawtooth** - для формирования аоследовательности треугольных испульсов

### Листинг 9: Функция sawtooth

```

1      Fs=1e3;
2      t=-25e-3:1/Fs:125e-3;
3      A=5;
4      T=50e-3;
5      t1=5e-3;
6      s=(sawtooth(2*pi*t/T, 1-t1/T)-1)*A/2;
7      plot(t,s)

```

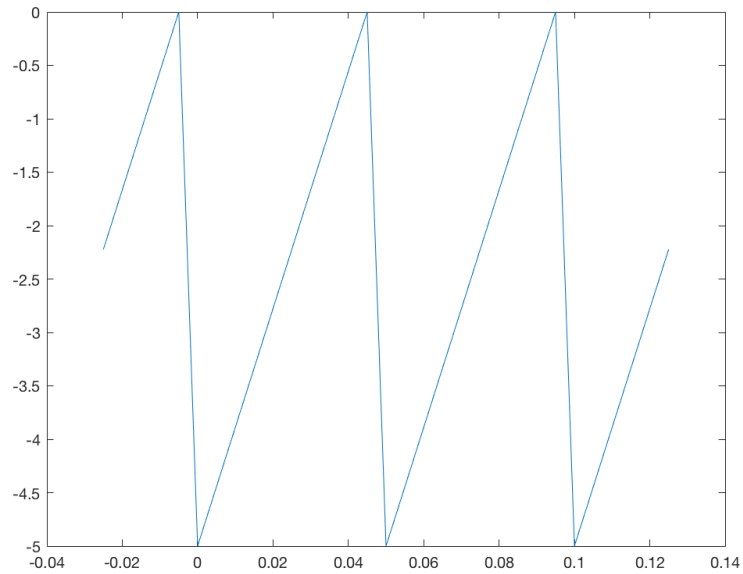


Рис. 13: Последовательность треугольных импульсов, полученная с помощью функции **sawtooth**.

с. **diric** - функция Дирихле (периодическая sinc-функция)

$$diric_n(x) = \frac{\sin(nx/2)}{n\sin(x/2)}.$$

### Листинг 10: Функция diric

```

1      x=0:0.01:15;
2      subplot(1,2,1); plot(x, diric(x,7))
3      subplot(1,2,2); plot(x, diric(x,7))

```

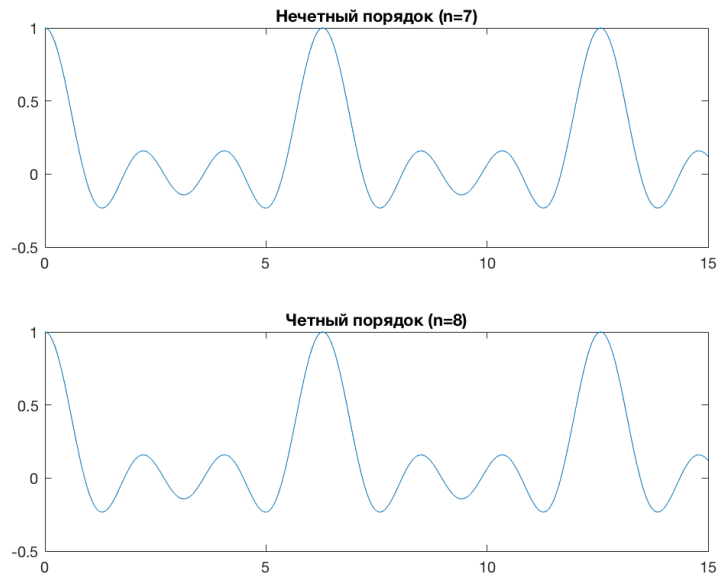


Рис. 14: Функция Дирихле нечетного и четного порядка.

#### 4.5 Генерация сигнала с меняющейся частотой

Функция **chirp** предназначена для генерации колебаний с единичной амплитудой. Чтобы задать мгновенную частоту колебаний используются параметры метода **method**:

- linear:

$$f(t) = f_0 + \beta t, \beta = \frac{f_1 - f_0}{t_1};$$

- quadratic:

$$f(t) = f_0 + \beta t^2, \beta = \frac{f_1 - f_0}{t_1^2};$$

- logarithmic:

$$f(t) = f_0 + e^{\beta t}, \beta = \frac{\ln(f_1 - f_0)}{t_1};$$

Листинг 11: Функция chirp

```

1  Fs=8e3;
2  t=0:1/Fs:1;
3  f0=1e3;
4  t1=1;
5  f1=2e3;
6  s1=chirp(t,f0,t1,f1,'linear');
7  s2=chirp(t,f0,t1,f1,'quadratic');
8  s3=chirp(t,f0,t1,f1,'logarithmic');
9  specgram(s1,[],Fs)
10 title('linear');
11 colormap gray;
12 figure;
13 specgram(s2,[],Fs)
14 title('quadratic');
15 colormap gray;
16 figure;
17 specgram(s3,[],Fs)
18 title('logarithmic');
19 colormap gray;
```

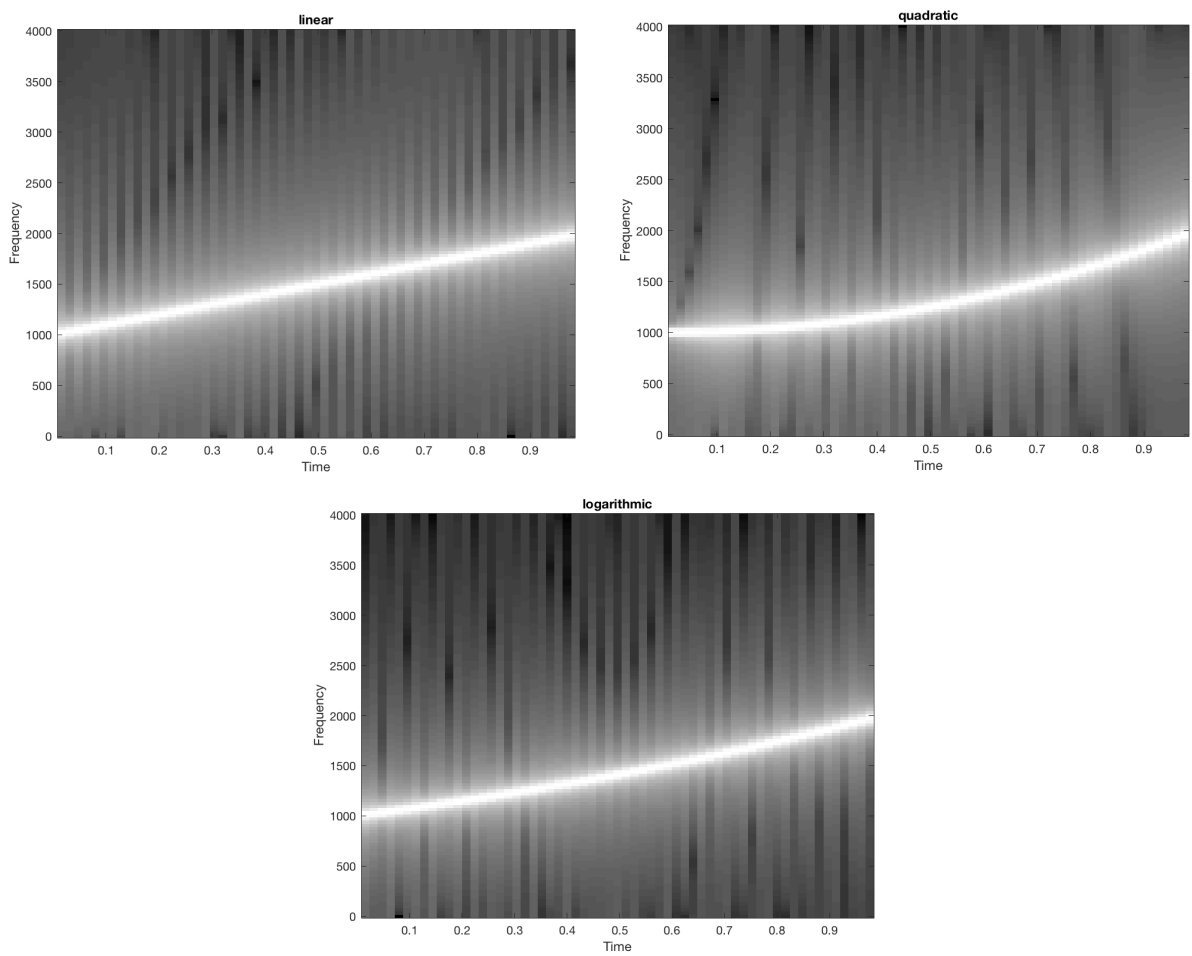


Рис. 15: Спектограммы сигналов, сформированными различными методами.

#### 4.6 Дополнительное задание

Без циклов сделать дублирование каждого элемента в векторе из нулей и единиц.

```
1  n=2;  
2  x=[0 1 0 1 1 0]'; % example  
3  r= repmat(x,1,n)';  
4  r=r(:)'
```

### 5 Выводы

В ходе лабораторной работы были исследованы и промоделированы основные типы сигналов, а также выявлена их классификация. Признаки классификации сигналов:

- Возможность определения значения сигнала в конкретный момент времени
- Периодичность сигнала
- Длительность сигнала
- Количественные параметры сигнала

В связи с вышеуказанной классификацией выделяют типы сигналов, которые мы промоделировали в данной работе:

1. Детерминированные- радиотехнические сигналы, мгновенные значения которых в любой момент времени достоверно известны
  - Периодические
  - Непериодические
2. Случайные - сигналы, мгновенные значения которых в любой момент времени не известны и не могут быть предсказаны с вероятностью, равной единице
3. Непрерывные сигналы
  - Конечные сигналы
  - Бесконечные сигналы