

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

Отчёт по лабораторной работе

Дисциплина: Телекоммуникационные технологии

Тема: Сигналы телекоммуникационных систем

Выполнил студент группы 33501/4

(подпись) Покатило П.А.

Преподаватель

(подпись) Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

1	Цель работы	2
2	Постановка задачи	2
3	Основная терминология :	2
4	Ход работы :	2
4.1	Расчет временных функций	2
4.2	Генерация одиночных импульсов	3
4.3	Генерация последовательности импульсов	7
4.4	Функции генерации периодических сигналов	9
4.5	Генерация сигнала с переменной частотой	11
5	Выводы	13

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 3 сс. 150 -170 учебника А.Б. Сергиенко "Цифровая обработка сигналов".

3 Основная терминология :

Сигнал - Это физическое явление, служащее для передачи информации.

Анализ сигналов – сравнение сигналов друг с другом для выявления сходств и различий.

Классификация сигналов:

Дискретный сигнал - сигнал, у которого в любой момент времени можно точно определить значение сигнала

Случайный сигнал - сигнал, у которого в любой момент времени можно определить вероятность принятия конкретного значения

Сигнал с ограниченной энергией - сигнал, для которого выполняется соотношение:

$$\int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt < \infty.$$

Периодический сигнал - сигнал, для которого выполняется соотношение:

$$s(t + nT) = s(t), \text{ где при любом } t, n - \text{целое число.}$$

Непериодический сигнал - одиночный импульс.

Дельта функция - бесконечно узкий импульс с бесконечной амплитудой.

Важным инструментом спектрального анализа непериодических сигналов является преобразование Фурье. Формула прямого преобразования: $S(w) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{j\omega t} dt$.

Формула обратного преобразования: $s(t) = 1/(2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} S(w)e^{j\omega t} dw$.

4 Ход работы :

4.1 Расчет временных функций

Затухающая синусоида, как пример дискретного сигнала:

```
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;
```

Листинг 1: Код затухающей синусоиды

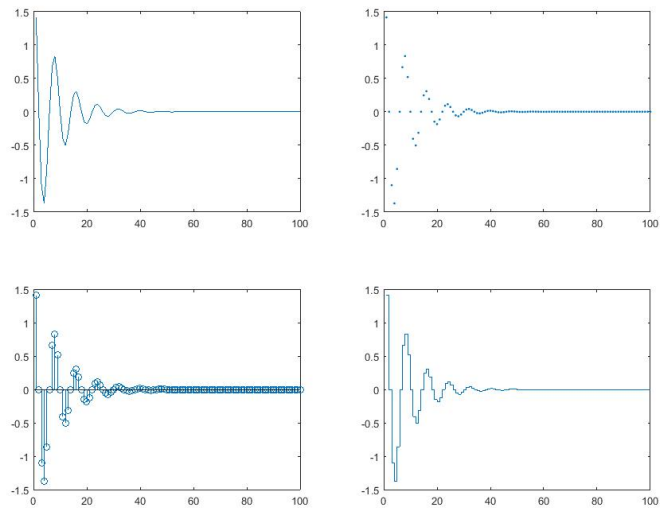


Рис. 1: Различные формы представления графиков дискретного сигнала: plot, stem и stairs

Если необходимо сгенерировать многоканальный сигнал, каналы которого описаны одной и той же формулой, но с разными числовыми значениями параметров, то для этого эффективно используются средства матричных операций MATLAB.

```

1 figure;
2 f=[600 800];
3 s3=cos(2*pi*t*f);
4 plot(t(1:100), s3(1:100,:))

```

Листинг 2: Код многоканального сигнала

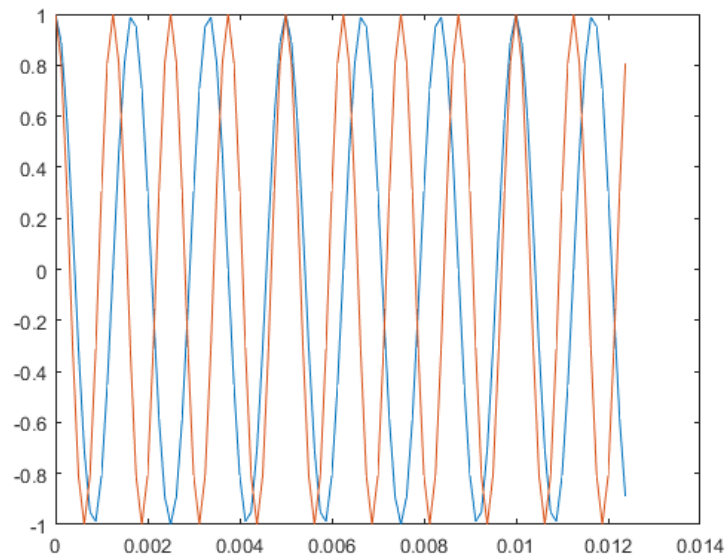


Рис. 2: Многоканальный сигнал

4.2 Генерация одиночных импульсов

Для моделирования неперiodических сигналов используются специальные функции пакета **Signal Processing**

В листинге 3 представлен код для задания прямоугольного импульса с помощью **rectplus**.

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

```

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])

```

Листинг 3: Код для генерации прямоугольного сигнала

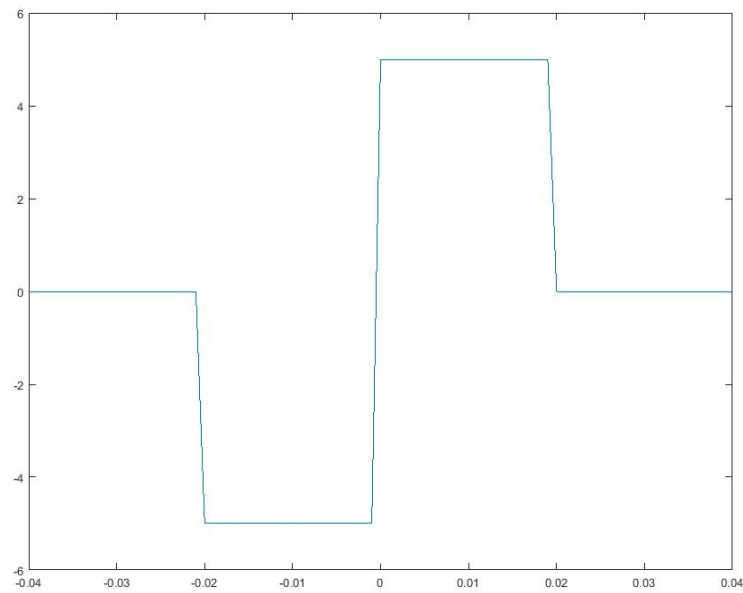


Рис. 3: Сформированный прямоугольный сигнал

В листинге 4 представлен код для задания треугольного импульса с помощью **tripuls**.

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

```

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)

```

Листинг 4: Код для генерации треугольного сигнала

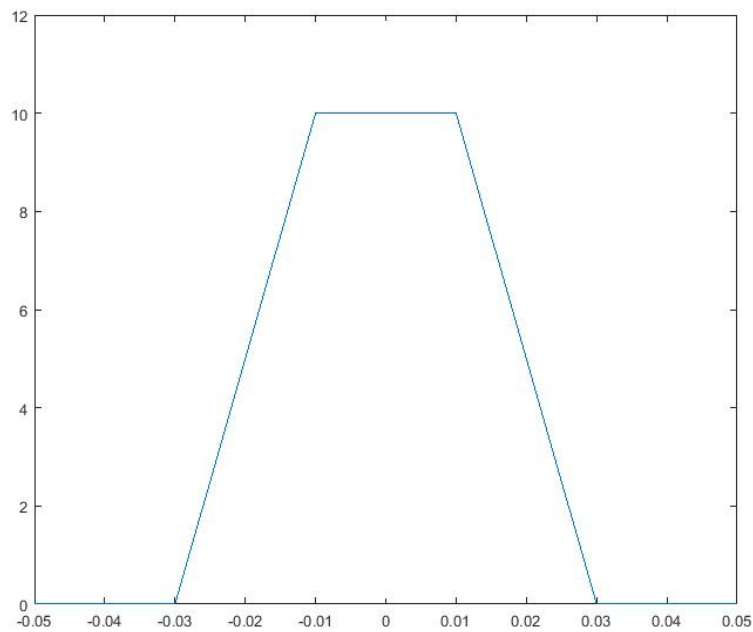


Рис. 4: Сгенерированный треугольный импульс

В листинге 5 представлен код для задания импульса с ограниченной полосой частот с помощью **sinc**.

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

```

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))

```

Листинг 5: Код для генерации сигнала с ограниченной полосой частот

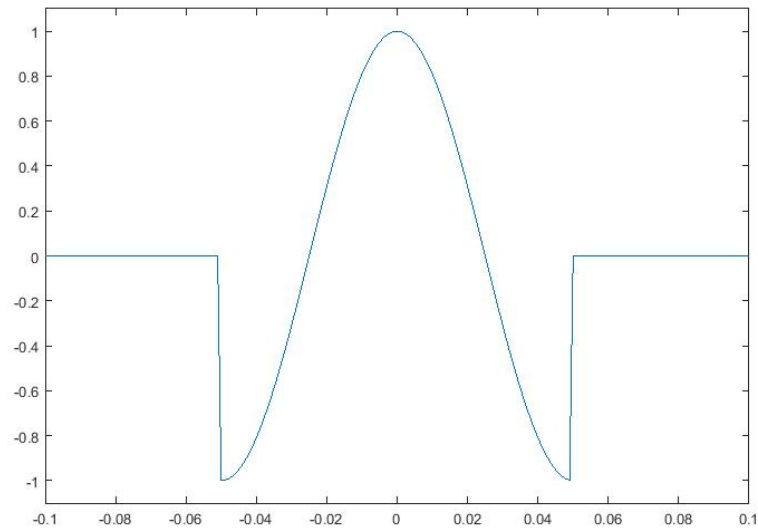


Рис. 5: Сгенерированный импульс с ограниченной плоской частот

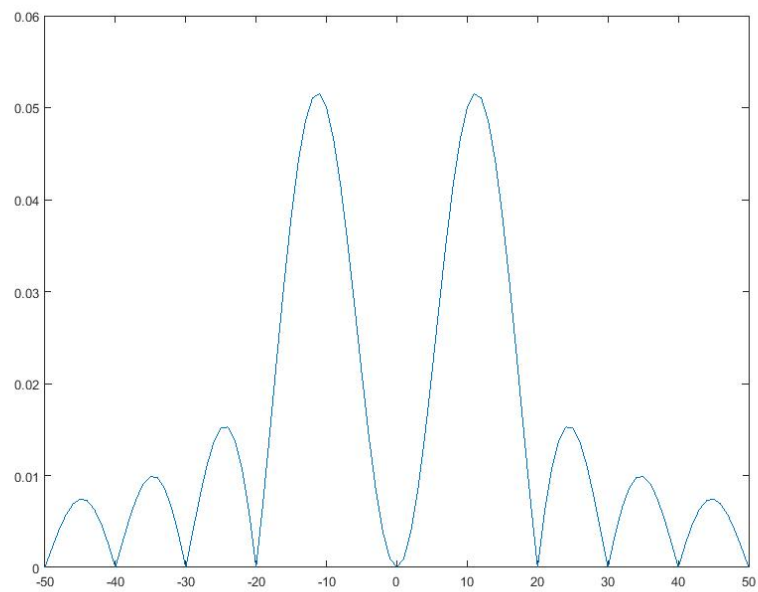


Рис. 6: Амплитудный спектр импульса из рис. 5.

В листинге 6 представлен код для задания Гауссова импульса с помощью **gausplus**.

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

```

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

```

Листинг 6: Код для генерации Гауссова радиоимпульса

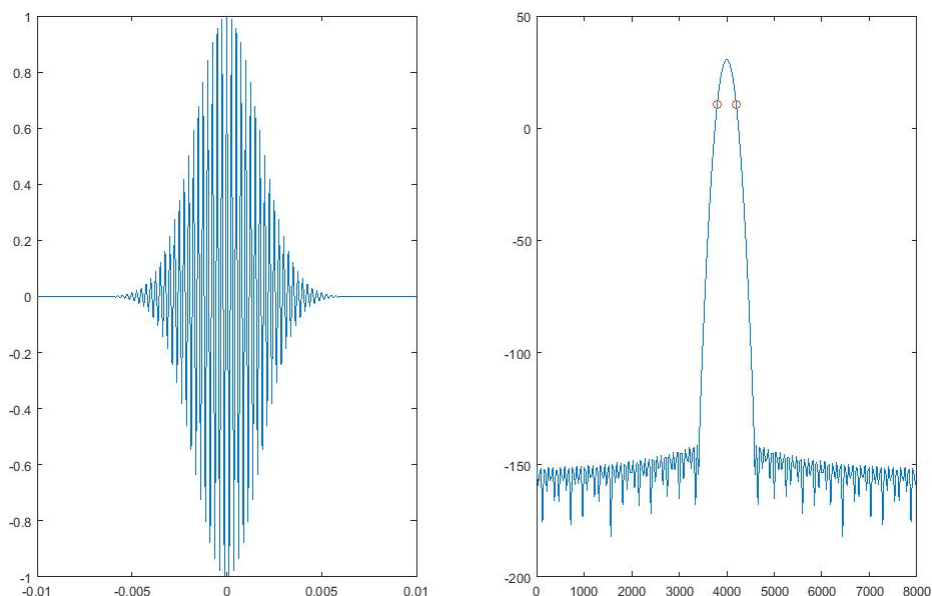


Рис. 7: Сгенерированный Гауссов радиоимпульс и его амплитудный спектр

4.3 Генерация последовательности импульсов

Функция **pulstran**. служит для генерации конечной последовательности импульсов одинаковой формы с произвольно задаваемыми задержками и уровнями. Сами импульсы могут задаваться как именем функции, так и уже рассчитанным вектором отсчетов.

В качестве примера сформируем последовательность из пяти симметричных треугольных импульсов, интервалы между которыми линейно увеличиваются, а амплитуды экспоненциально уменьшаются.

```

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)

```

Листинг 7: Импульс задается именем генерирующей функции

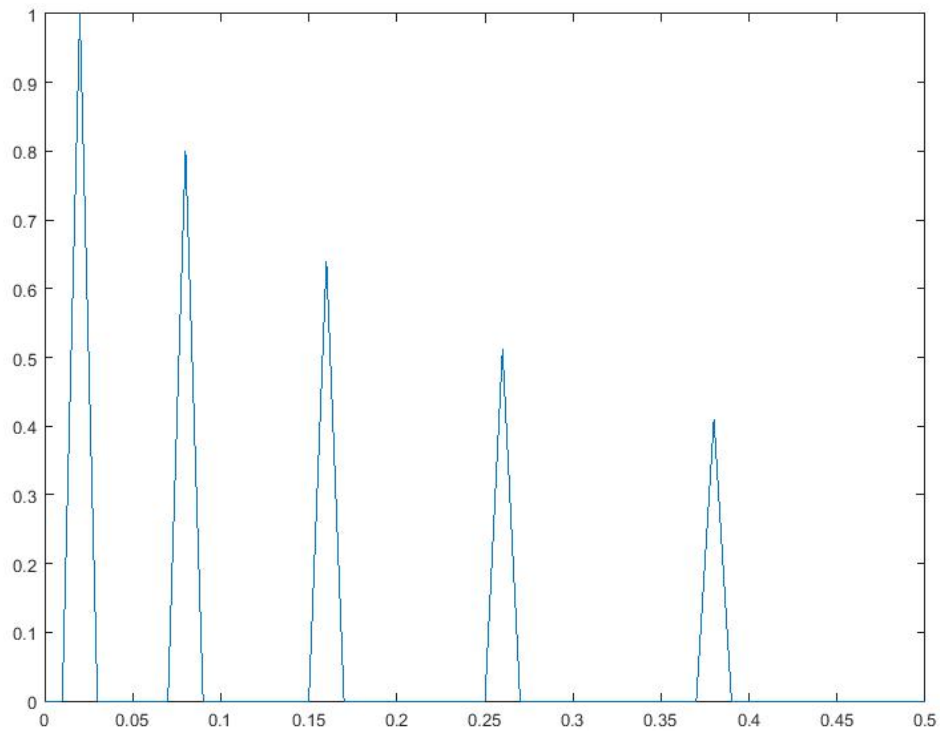


Рис. 8: Последовательность треугольных импульсов, сформированная с использованием функции **pulstran**.

Сформируем последовательность из шести импульсов, имеющих форму одного периода функции \sin^2 с помощью **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)

```

Листинг 8: Код MATLAB для генерации последовательности импульсов из вектора отсчетов одиночного импульса.

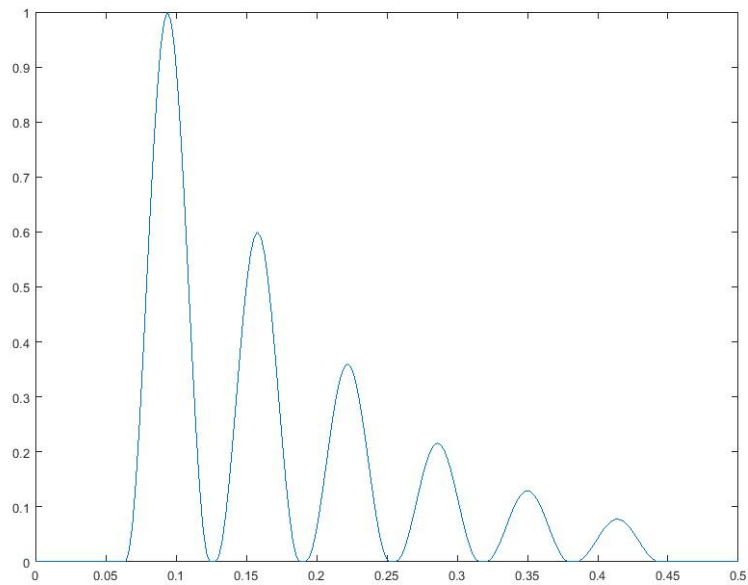


Рис. 9: Последовательность импульсов, сформированная из вектора отсчетов одиночного импульса.

4.4 Функции генерации периодических сигналов

Функции позволяют формировать отчёты периодических сигналов различной формы:

square - последовательность прямоугольных импульсов.

sawtooth - последовательность треугольных импульсов.

diric - функция Дирихле.

$$\text{diric}_n(x) = \frac{\sin(nx/2)}{n\sin(x/2)}.$$

Формирование последовательности прямоугольных импульсов осуществляется функцией:

y = square(t)

В листинге 9 представлен код, формирующий последовательность однополярных прямоугольных импульсов с некоторой амплитудой.

```

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])

```

Листинг 9: Код MATLAB для формирования последовательности прямоугольных импульсов с помощью функции **square**

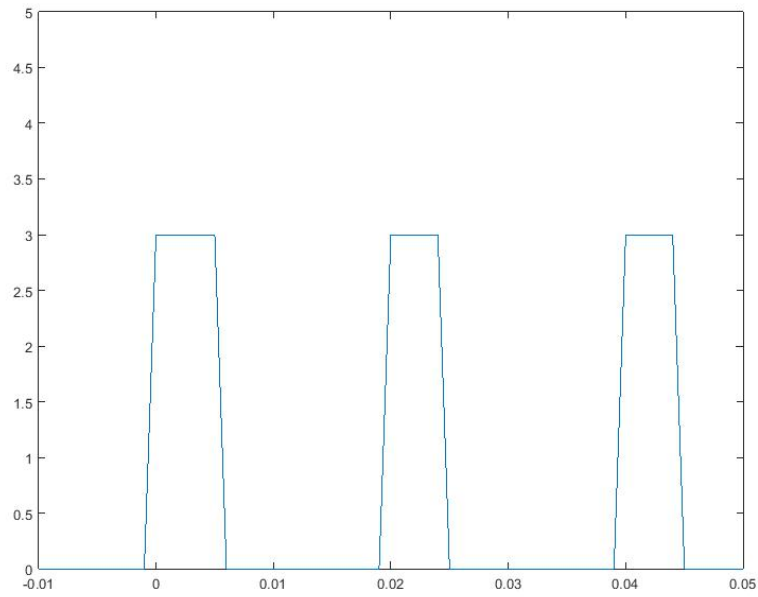


Рис. 10: Сгенерированная последовательность прямоугольных импульсов

Формирование последовательности треугольных импульсов осуществляется функцией:

y = sawtooth(t)

В листинге 10 представлен код, формирующий последовательность треугольных импульсов отрицательной полярности с заданной амплитудой.

```

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)

```

Листинг 10: Код MATLAB для формирования последовательности треугольных импульсов с помощью функции **sawtooth**.

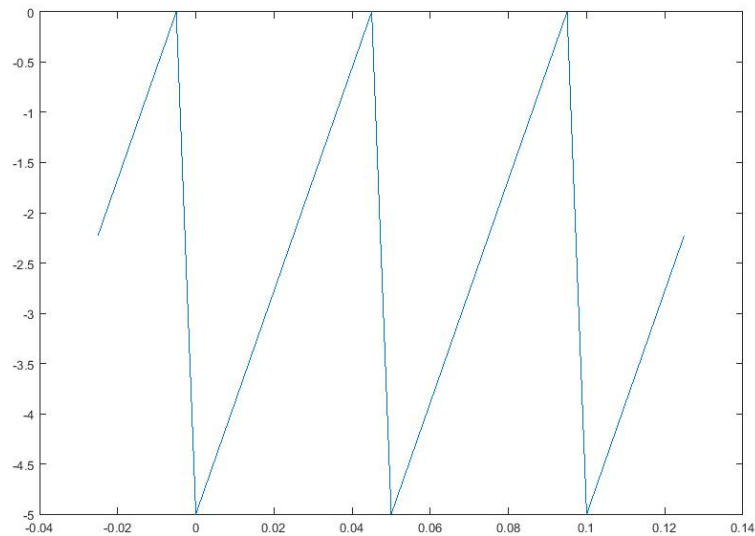


Рис. 11: Сгенерированная последовательность треугольных импульсов

Построим функцию Дирихле при нечётном($n=7$) и чётном($n=8$) значениях n .

```
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,8))
```

Листинг 11: Код MATLAB для функции Дирихле

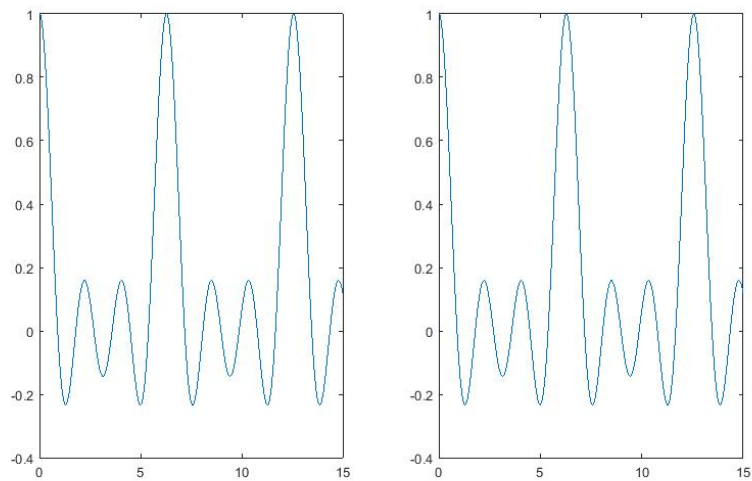


Рис. 12: Функция Дирихле нечетного и четного порядка.

4.5 Генерация сигнала с переменной частотой

Для генерации сигнала переменной частоты используется функция **chirp**, позволяющая задать колебания с единичной амплитудой и закон изменения мгновенной частоты:

$y = \text{chirp}(t, f_0, t_1, f_1, \text{'method'}, \text{phi})$

t - вектор значений времени.

phi - начальная фаза колебаний.

Остальные параметры определяют закон изменения частоты:

f0, t1, f1 - создают опорные точки для расчётов:

в нулевой момент времени мгновенная частота равна **f0**, а в момент времени **t1** она равна **f1**.

method - определяет тип зависимости мгновенной частоты от времени - **linear, quadratic, logarithmic**.

Построим разные типы зависимостей мгновенной частоты от времени с помощью функции **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      figure;  
10     specgram(s1,[],Fs)  
11     figure;  
12     specgram(s2,[],Fs)  
13     figure;  
14     specgram(s3,[],Fs)
```

Листинг 12: Код MATLAB для генерации спектограммы сигналов

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

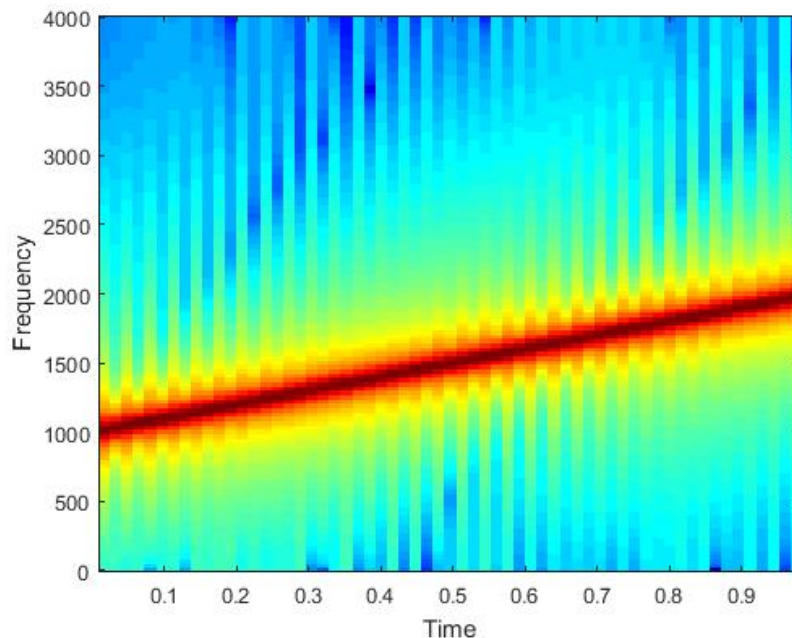


Рис. 13: Спектограмма сигнала, сгенерированного при линейном законе изменения мгновенной частоты.

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

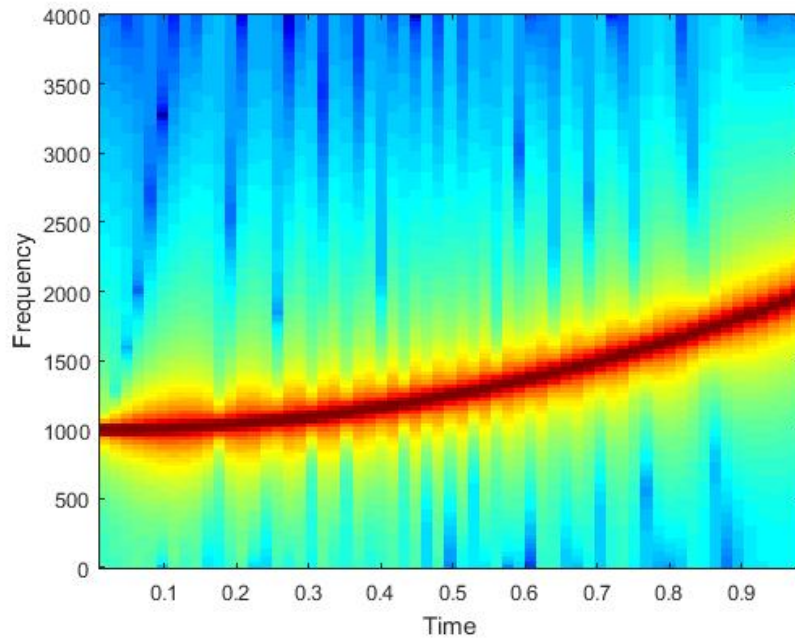


Рис. 14: Спектограмма сигнала, сгенерированного при квадратичном законе изменения мгновенной частоты.

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

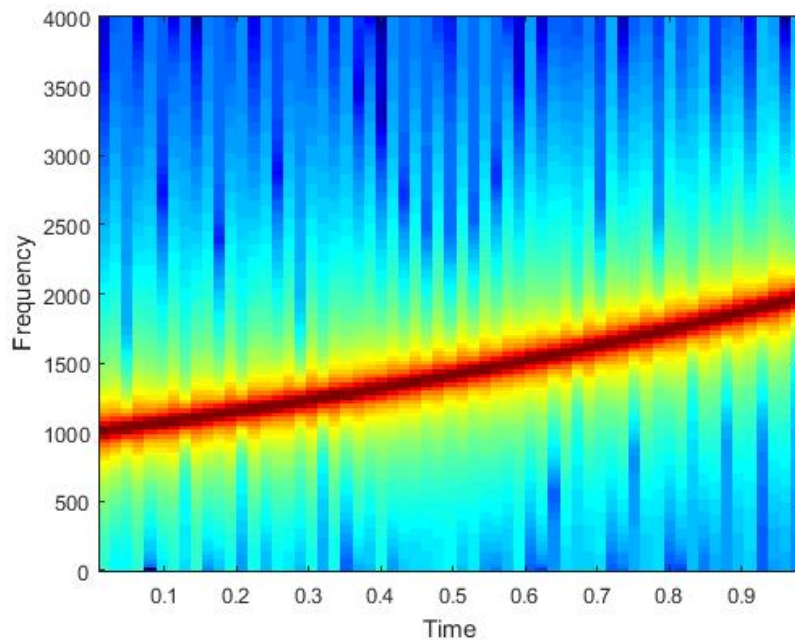


Рис. 15: Спектограмма сигнала, сгенерированного при экспоненциальном законе изменения мгновенной частоты.

5 Выводы

В результате работы были получены навыки генерации и визуализации простых сигналов в среде MATLAB, а также начальные сведения о ряде сигналов (непериодические: **rectpuls**, **tripulus**, **sinc**, **gauspuls**,

pulstran ; периодические: **square, sawtooth, diric**; детерминированные;), а так же о способах их анализа. Из признаков, характеризующих сигналы и используемых для их классификации, можно выделить: **мощность, энергию, длительность, периодичность и детерминированность.**