Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Телекоммуникационные технологии

Отчет по лабораторной работе №1
Сигналы телекоммуникационных систем

Работу выполнил:
Городничева Л.В.
Группа: 33501/3
Преподаватель:
Богач Н.В.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

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 (см. Справочные материалы).

3. Теоретическая информация об основах анализа сигнала

Сигнал - это зависимость одной величины от другой (с математической точки зрения сигнал является функцией).

Аналоговый сигнал представляет собой функцию (функцию времени), и при его дискретизации мы получаем отсчеты, являющиеся значениями этой функции, вычисленными в дискретные моменты времени. Поэтому для расчета дискретизированного сигнала необходимо прежде всего сформулировать вектор дискретных значений времени. Для этого удобно задать значение частоты дискретизации и использовать обратную величину в качестве шага временного ряда.

Сформировав вектор опорных значений времени, можно вычислять значения сигнала, используя этот вектор в соответствующих формулах.

Для визуализации дискретных сигналов могут использоваться различные графические средства MATLAB в зависимости от конкретной ситуации. Можно использовать функцию*plot*. При этом хорошо видна общая форма сигнала. Помимо функции плот также есть функции *stem* (стебельки) и *stairs* (в ступенчатом виде).

4. Ход выполнения работы

4.1. Расчет временных функций

Листинг 1: Код в программе MatLab

```
Fs = 8e3;
t = 0:1/Fs:1;
t = t';

A = 2;
f0 = 1e3;
phi = pi/4;
s1 = A * cos(2*pi*f0*t + phi);
alpha = 1e3;
s2 = exp(-alpha*t) .* s1;


subplot(2, 2, 1); plot(s2(1:100))
subplot(2, 2, 2); plot(s2(1:100), '.')
subplot(2, 2, 3); stem(s2(1:100))
subplot(2, 2, 4); stairs(s2(1:100))
```

Сверху представлен код программы, который генерирует 4 различных формы представления графиков дискретного сигнала (рис 4.1.1).

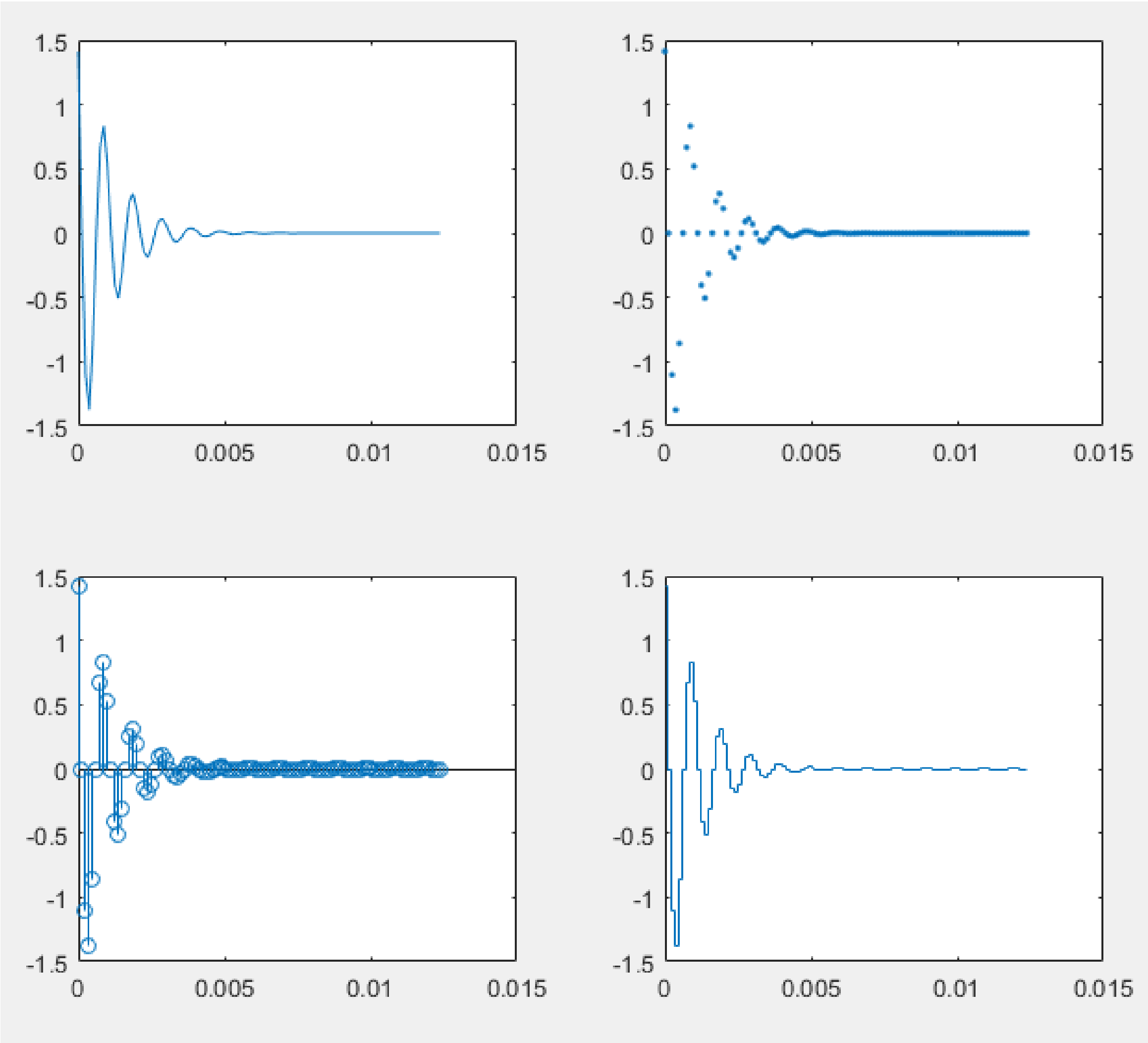

рис. 4.1.1. Различные формы представления графиков дискретного сигнала

Горизонтальная ось на приведенных графиках проградуирована в номерах отсчетов.

4.2. Многоканальный сигнал

Для генерации многоканального сигнала, каналы которого описываются одной и той же формулой, но с разными чистовыми значениями парамтров, можно использовать средства матричных операций MatLab.

В качестве примера - генерация набора синусоид с заданными частотами 2.

Листинг 2: Код в программе MatLab

```
f = [600 800 1000 1200 1400];
s3 = cos(2*pi*t*f);
figure;
plot(t(1:100), s3(1:100,:));
```

Результат вычислений представлен на рисунке 4.2.1.

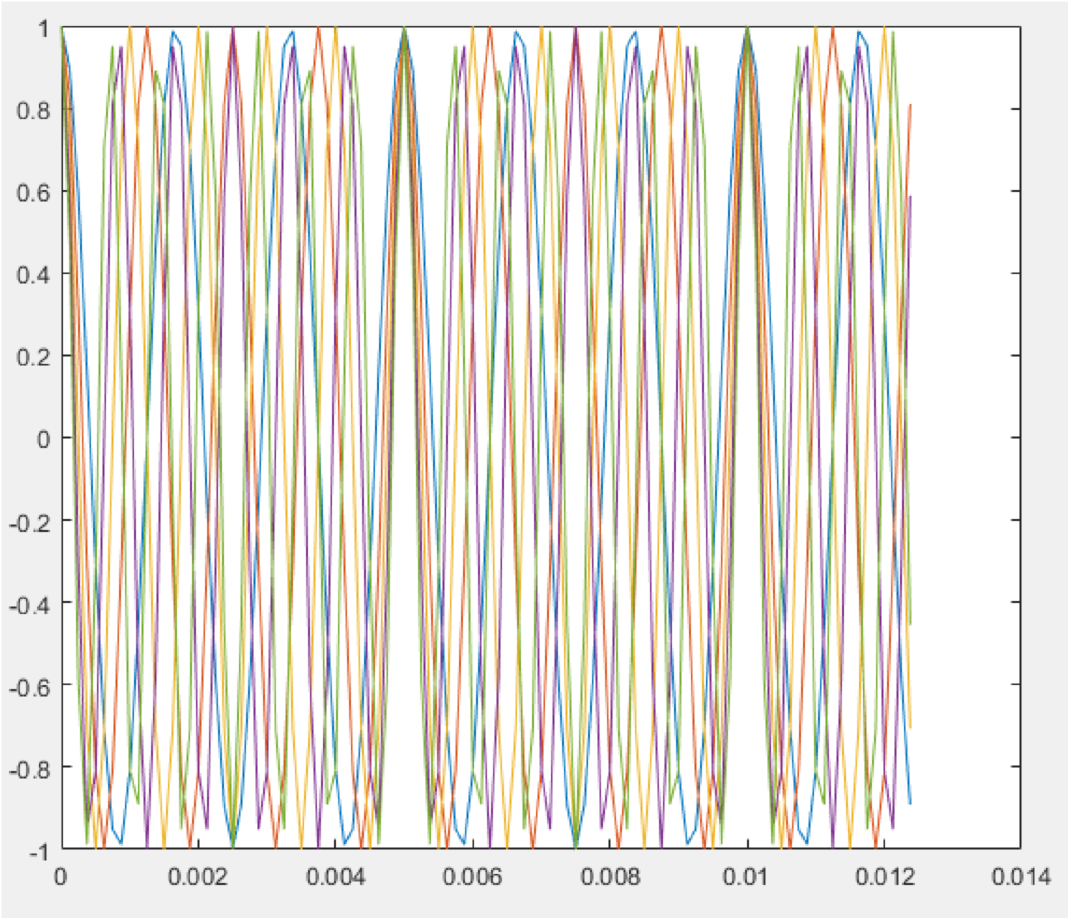

рис. 4.2.1. Многоканальный сигнал

4.3. Кусочные зависимости

Кусочные зависимости - это моделирование отсчетов сигнала, который для разных интервалов времени описывается разными формулами. Простейший случай - моделирование импульсов конечной длительности, значения которых описываются одной или несколькими формулами в пределах заданного интервала, а в остальное время равны нулю.

В качестве примеров - односторонний экспоненциальный импульс, прямоугольный импульс и несимметричный треугольный импульс 3.

Листинг 3: Код в программе MatLab

```
T = 0.01;
s1 = A * exp(-alpha * t) .* (t >= 0);
figure;
plot(t(1:100), s1(1:100));

s2 = A *(abs(t) <= T/2);
figure;
plot(t(1:100), s2(1:100));

s3 = A * t/T .* (t >= 0) .* (t <= T);
figure;
plot(t(1:100), s3(1:100));
```

Результат представлен на рисунках 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3.

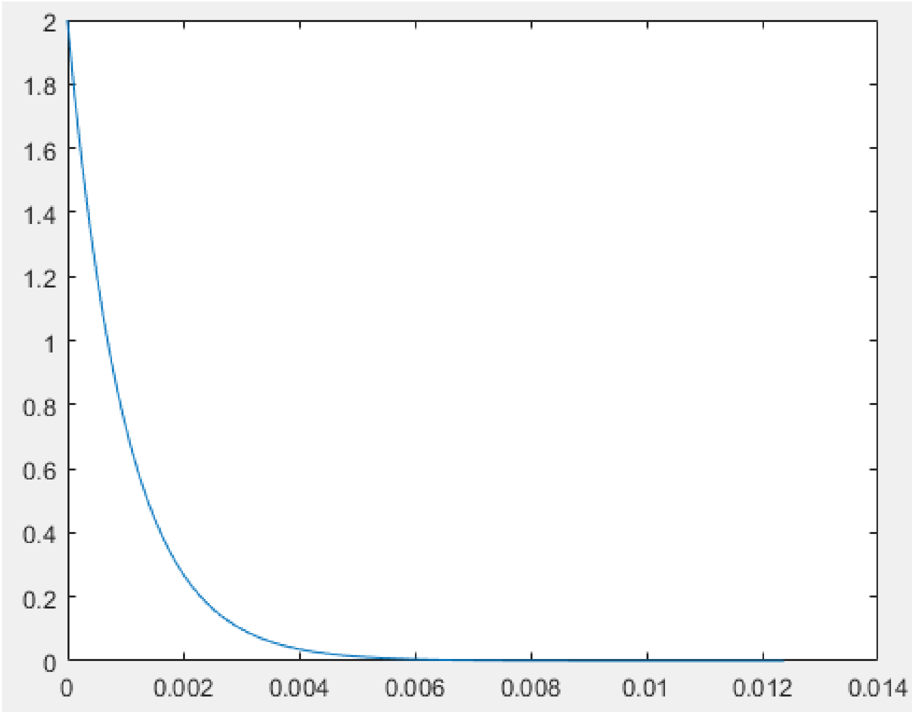

рис. 4.3.1. Односторонний экспоненциальный импульс

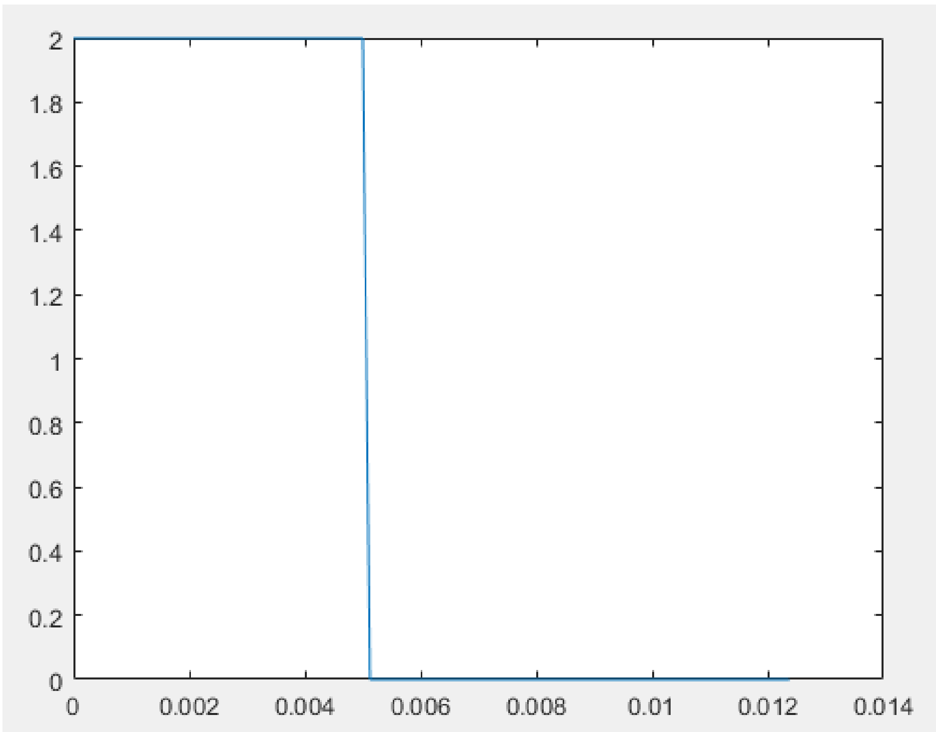

рис. 4.3.2. Прямоугольный импульс

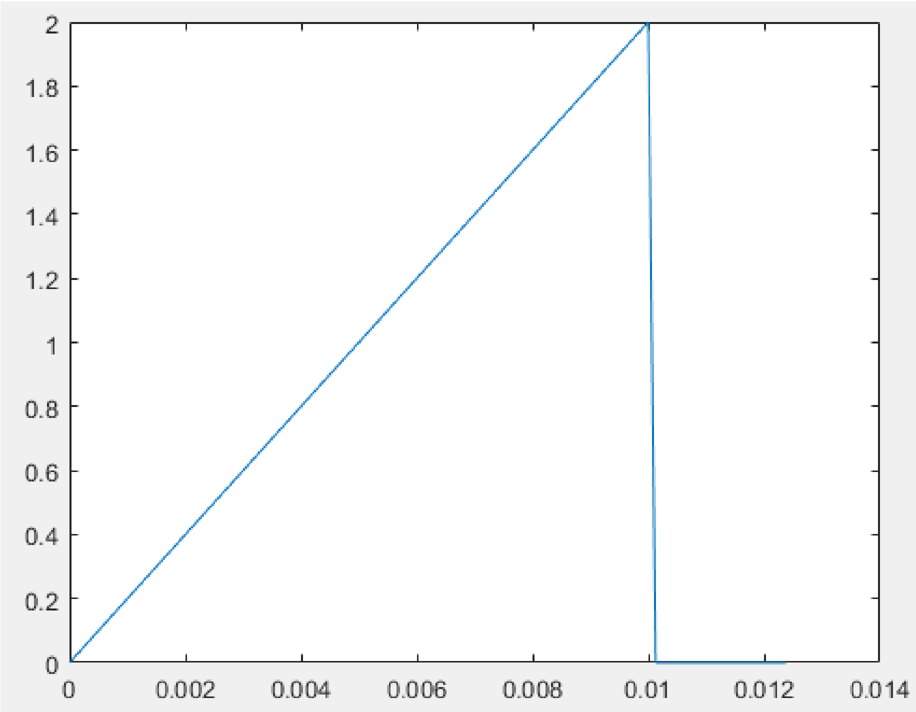

рис. 4.3.3. Несимметричный треугольный импульс

4.4. Функции генерации одиночных импульсов. Прямоугольный импульс

В пакете Signal Processing присутствует ряд функций, генерирующих часто встречающиеся на практике непериодические сигналы.

Для формирования одиночного прямоугольного импульса с единичной амплитудой будем использовать функцию *rectpuls.*

В качестве примеров сформируем пару разнополярных прямоугольных импульсов с амплитудой 5 В и длительностью 20 мс каждый, расположенных справа и слева от начала отсчета времени. Частота дискретизации - 1 кГц (листинг4).

Листинг 4: Код в программе MatLab

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

Результат представлен на рисунке 4.4.1.

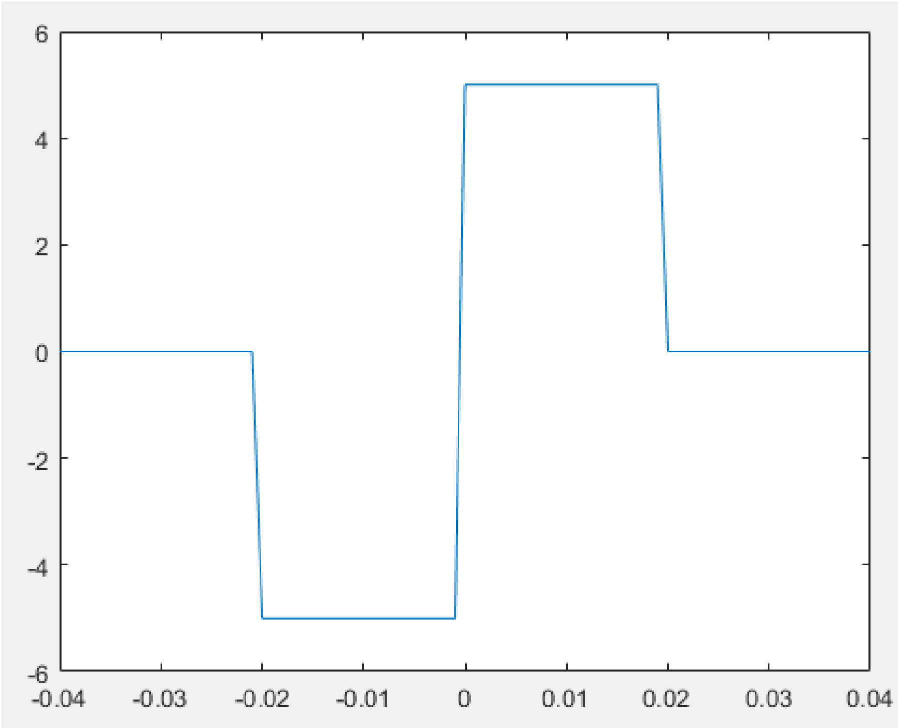

рис. 4.4.1. Сигнал, сформированный с использованием функции rectpuls

4.5. Функции генерации одиночных импульсов. Треугольный импульс

Для формирования одиночного треугольного импульса с единичной амплитудой будем использовать функцию *tripuls*.

В качестве примера сформируем симметричный трапециевидный импульс с амплитудой 10 В и размерами верхнего и нижнего оснований 20 и 60 мс соответственно. Частота дискретизации - 1 кГц (листинг5).

Листинг 5: Код в программе MatLab

```
Fs = 1e3;
t = -50e-3:1/Fs:50e-3;
A = 10; %
T1 = 20e-3;
T2 = 60e-3;
s = A*(T2*tripuls(t, T2) - T1*tripuls(t, T1))/(T2-T1);
figure;
plot(t, s);
```

Результат представлен на рисунке 4.5.1.

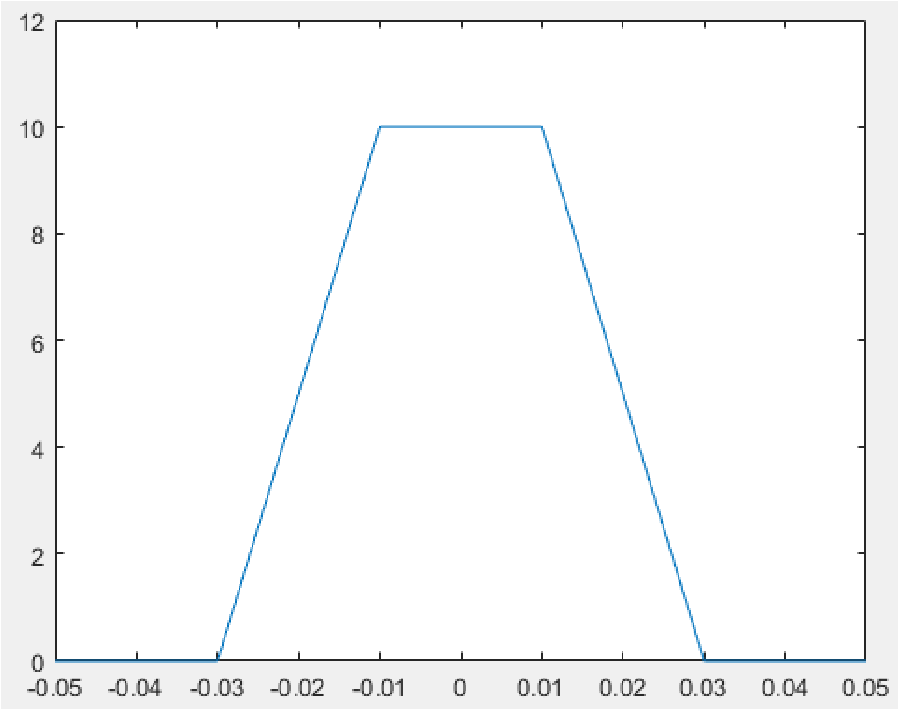

рис. 4.5.1. Сигнал, сформированный с использованием функции tripuls

4.6. Функции генерации одиночных импульсов. Импульс с ограниченной полосой частот

Для формирования сигнала, имеющего прямоугольный, то есть ограниченный по частоте спектр, служит функция *sinc*.

В качестве примера посмтроим с помощью функции sinc график амплитудного спектра очень короткого радиоимпульса, на длительности которого укладывается лишь один период синусоидального заполнения. (листинг6).

Листинг 6: Код в программе MatLab

```
Fs = 1e3;
t = -0.1:1/Fs:0.1;
f0 = 10;
T = 1/f0;
s = rectpuls(t, T) .*cos(2*pi*f0*t);
f = -50:50;
sp = T/2 * (sinc((f-f0)*T) + sinc((f+f0)*T));
figure;
plot (t, s);
ylim([-1.1 1.1]);
figure;
plot(f, abs(sp));
```

Результат представлен на рисунках 4.6.1 , 4.6.2.

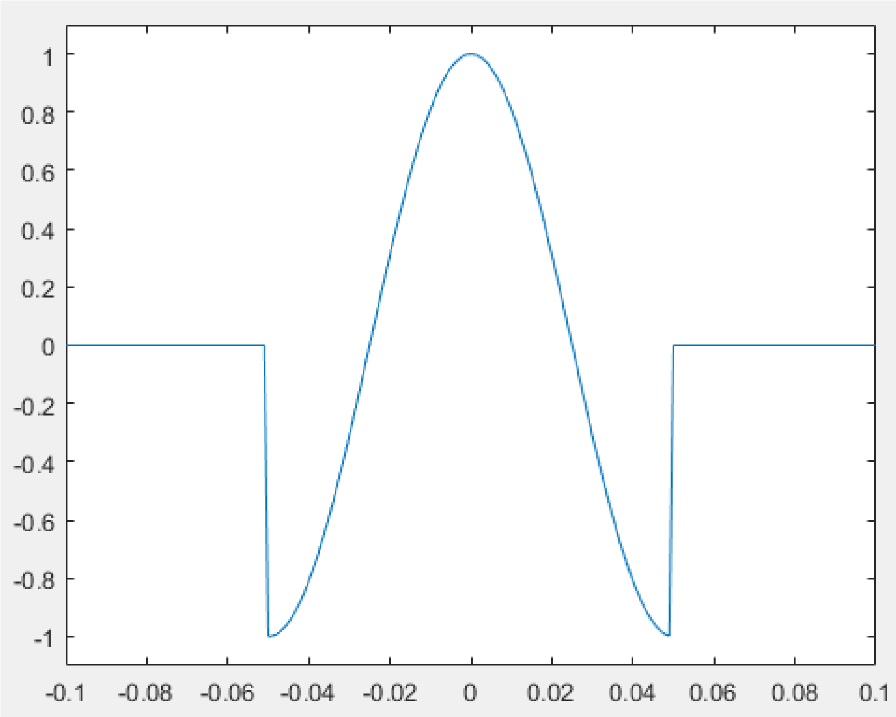

рис. 4.6.1. Короткий радиоимпульс

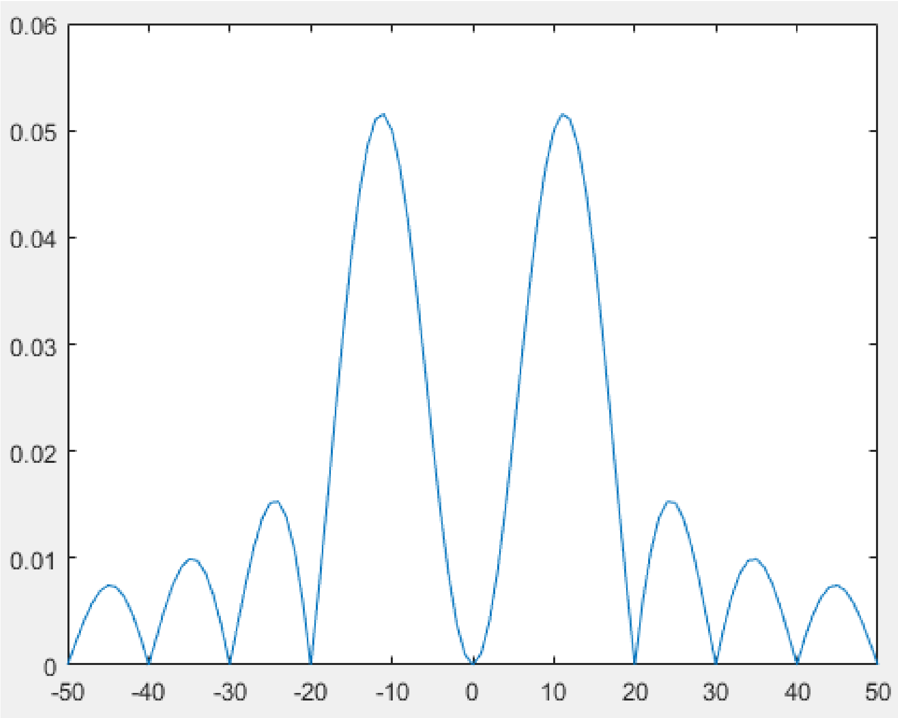

рис. 4.6.2. Амплитудный спектр радиоимпульса, построенный с помощью функции sinc

4.7. Функции генерации одиночных импульсов. Гауссов радиоимпульс

Для формирования одиночного радиоимпульса с гауссовой огибающей и единичной амплитудой служит функция *gauspuls*.

В качествепримера сформируем гауссов радиомпульс с несущей частотой 4 кГц и относительной шириной спектра 10%, измеренной по уровню -20 дБ, а затем построим график его спектра, чтобы убедиться в правильности расчетов. Частота дискретизации - 16 кГц. (листинг7).

Листинг 7: Код в программе MatLab

```
Fs = 16e3;
t = -10e-3:1/Fs:10e-3;
Fc = 4e3;
bw = 0.1;
bwr = -20;
s = gauspuls(t, Fc, bw, bwr);
Nfft = 2^nextpow2(length(s));
sp = fft(s, Nfft);
sp_dB = 20*log10(abs(sp));
f = (0:Nfft - 1)/Nfft*Fs;
figure;
plot(t, s);
figure;
plot(f(1:Nfft/2), sp_dB(1:Nfft/2));
sp_max_db = 20*log10(max(abs(sp)))
edges = Fc * [1-bw/2 1+bw/2];
hold on
plot(edges, sp_max_db([1 1]) +bwr, 'o');
hold off
gauspuls('cutoff', Fc, bw, bwr, -6);
```

Результат представлен на рисунках 4.7.1 , 4.7.2.

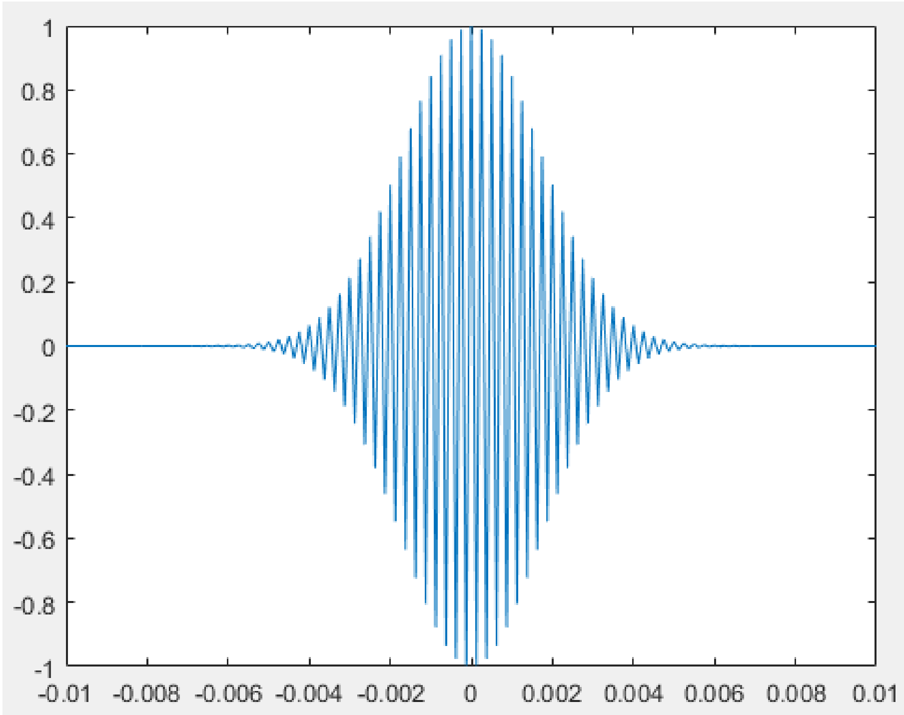

рис. 4.7.1. Гауссов радиоимпульс, сформированный функцией pauspuls

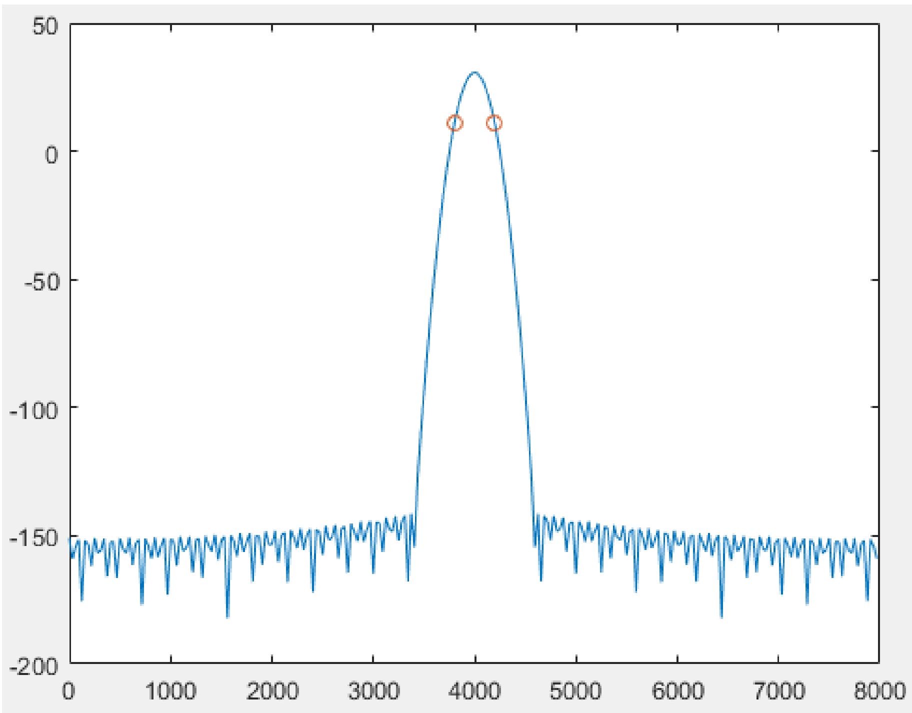

рис. 4.7.2. Амплитудный спектр гауссово радиоимпульса

4.8. Генерация последовательности импульсов

Функция *pulstran* служит для генерации конечной последовательности импульсов (pulse train) одинаковой формы с произвольно задаваемыми задержками и уровнями.

В качестве примера сформируем последовательность из пяти симметричных треугольных импульсов, интервалы между которыми линейной увеличиваются, а амплитуды экспоненционально уменьшаются. Частота дискретизации - 1 кГц. Длительность импульса - 20 мс. (листинг8).

Листинг 8: Код в программе MatLab

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

Результат представлен на рисунке 4.8.1.

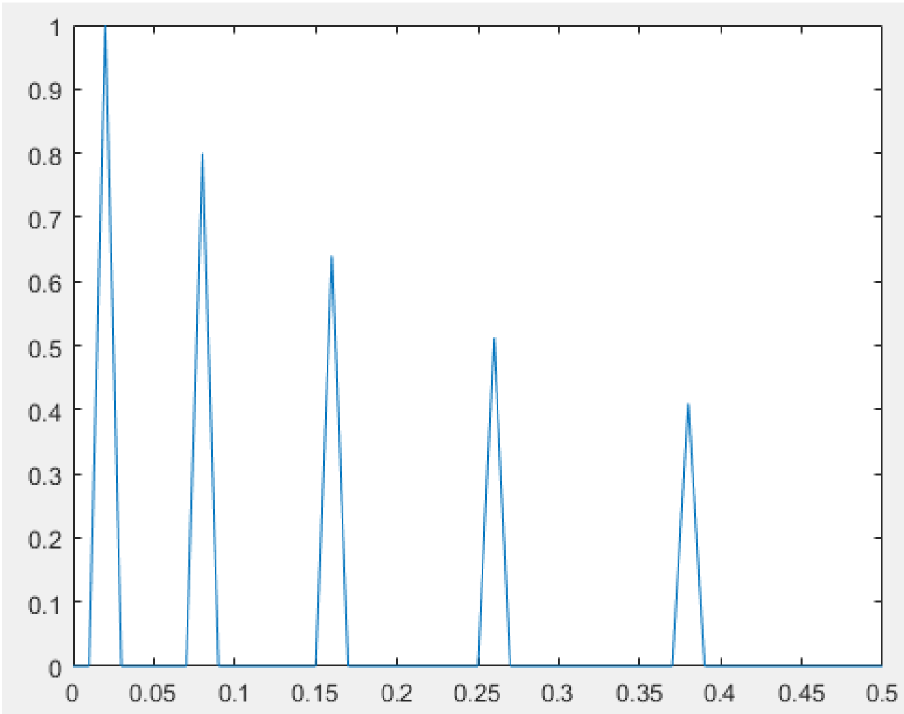

рис. 4.8.1. Последовательность треугольных импульсов, сформированная с помощью функции pulstran

Поскольку частота дискретизации может не совпадать с шагом значений вектора и задержки из вектора тоже не всегда кратны этому шагу, для пересчета задержанных импульсов к сетке моментов необходимо использовать интерполяцию.

В качестве примера сформируем последовательность из шести импульсов, имеющих форму одного периода функции sin*sin. Пусть длительность импульсва равна 60 мс, а частота его дискретизации - 400 Гц. Расстояние между центрами импульсов будет одинаковым и равным 64 мс, а частота дискретизации выходного сигнала - 1 кГц. (листинг9).

Листинг 9: Код в программе MatLab

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

Результат представлен на рисунке 4.8.2.

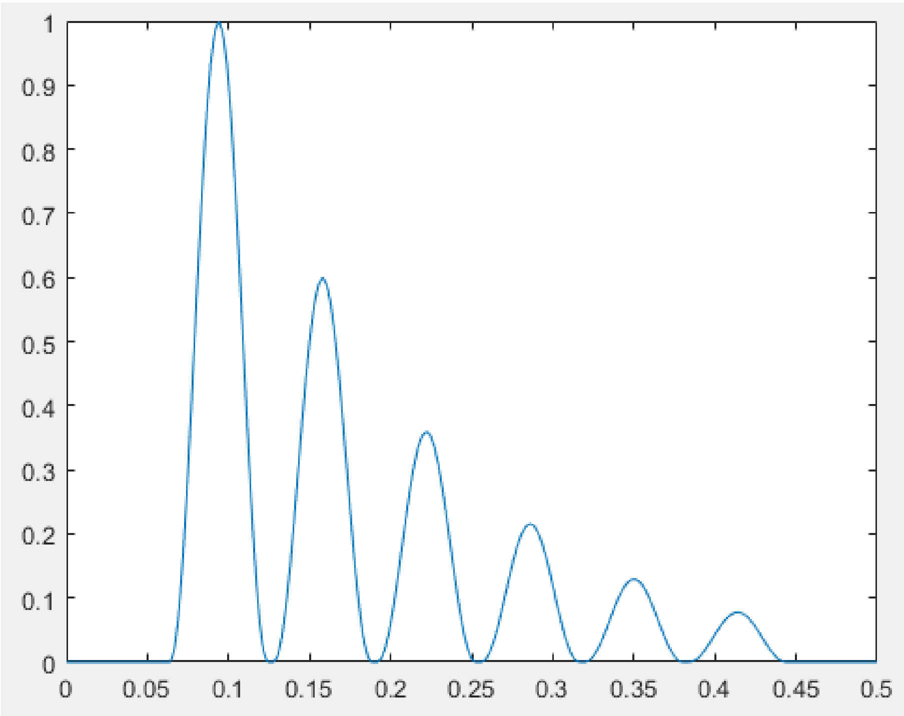

рис. 4.8.2. Последовательность импульсов, сформированная функцией pulstran из вектора отсчетов одиночного импульса

4.9. Функции генерации периодических сигналов. Последовательность прямоугольных импульсов

Функция *square* служит для формирования последовательности прямоугольных импульсов.

В качестве примера сформируем последовательность однополярных прямоугольных импульсов с амплитудой 3 В, частотой следования 50 Гц и длительностью 5 мс. Будем использовать частоту дискретизации 1 кГц и временной интервал -10..50 мс. (листинг10).

Листинг 10: Код в программе MatLab

```
Fs = 1e3;
t = -10e-3:1/Fs:50e-3;
A = 3;
f0 = 50;
```

```
tau = 5e-3;
s = (square(2*pi*t*f0, f0*tau*100) + 1) * A/2;
figure;
plot(t, s);
ylim([0 5]);
```

Результат представлен на рисунке 4.9.1.

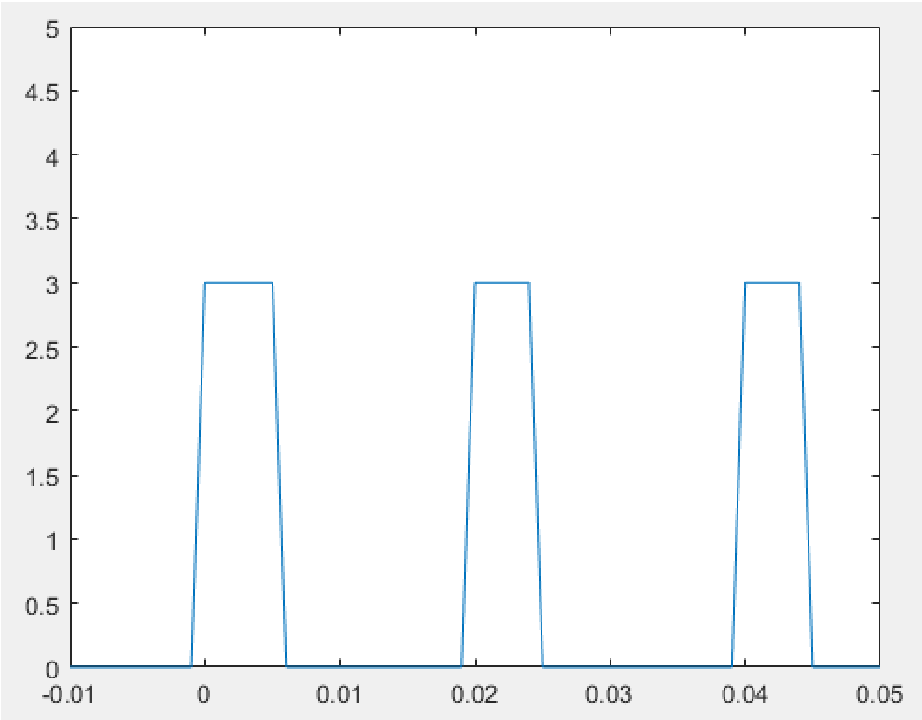

рис. 4.9.1. Последовательность прямоугольных импульсов, полученная с помощью функции square

4.10. Функции генерации периодических сигналов. Последовательность треугольных импульсов

Функция *sawtooth* служит для формирования последовательности треугольных импульсов.

В качестве примера сформируем последовательность треугольных импульсов отрицательной полярности с амплитудой 5 В, периодом 50 мс и длительностью падающего участка 5 мс. Частота дискретизации - 1 кГц и временной интервал -25.. 125 мс. (листинг11).

Листинг 11: Код в программе MatLab

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

Результат представлен на рисунке 4.10.1.

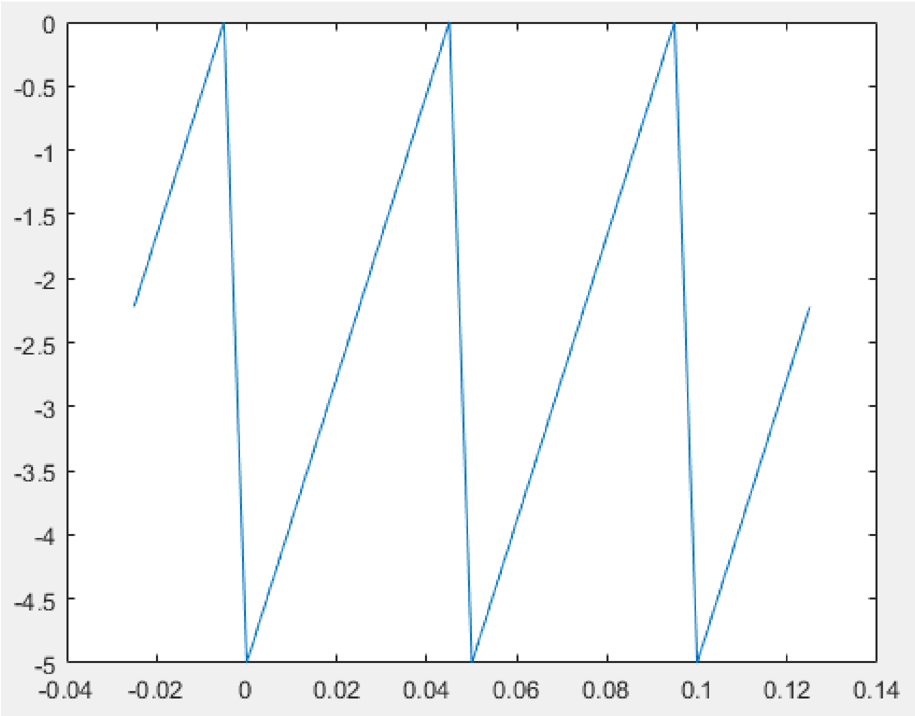

рис. 4.10.1. Последовательность треугольных импульсов, полученная с помощью функции sawtooth

4.11. Функции генерации периодических сигналов. Функция Дирихле

Функция *diric* служит для формирования функции Дирихле.

Функцию Дирихле называют еще периодической sinc-функцией.

В качестве примера построим графики функции Дирихле при нечетном и четном значениях n (листинг12).

Листинг 12: Код в программе MatLab

```
x = 0:0.01:15;
figure;
plot (x, diric(x,7));
grid on;
title('n = 7');
figure;
plot(x, diric(x,8));
grid on;
title ('n=8');
```

Результат представлен на рисунках 4.11.1 , 4.11.2.

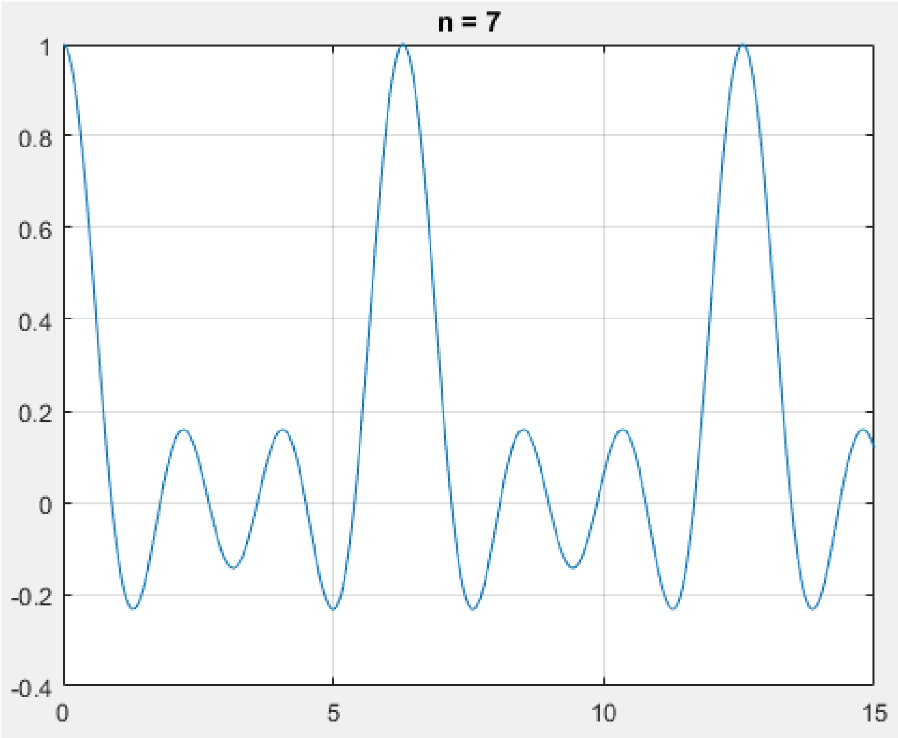

рис. 4.11.1. Функция Дирихле нечетного порядка

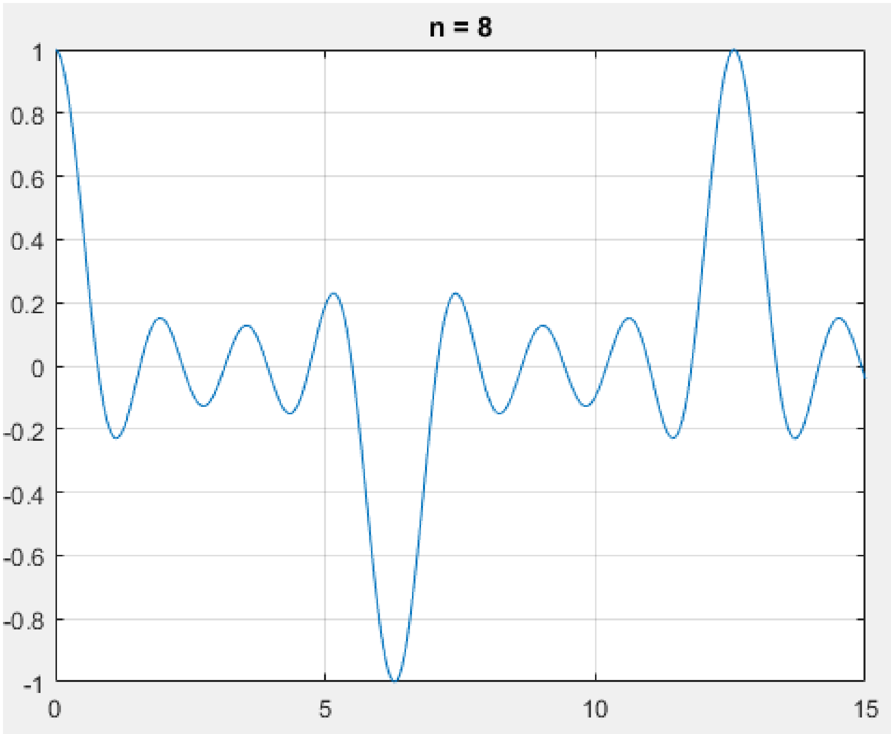

рис. 4.11.2. Функция Дирихле четного порядка

4.12. Генерация сигнала с меняющейся частотой

Функция *chirp* предназначена для генерации колебаний с единичной амплитудой, мгновенная частота которых меняется по заданному закону.

В качестве примерасформируем три сигнала, определенных на промежутке 0...1 с и имеющих разные законы изменения мгновенной частоты. В нулевой момент времени все сигналы имеют мгновенную частоту 1 кГц, а в момент времени 1 с - 2 кГц. Частоту дискретизации выберем равной 8 кГц. (листинг13).

Листинг 13: Код в программе MatLab

```
Fs = 8e3;
t = 0:1/Fs:1;
f0 = 1e3;
t1 = 1;
f1 = 2e3;
s1 = chirp(t, f0, t1, f1, 'linear');
s2 = chirp(t, f0, t1, f1, 'quadratic');
s3 = chirp(t, f0, t1, f1, 'logarithmic');
specgram(s1, [], Fs);
title('linear')
colormap gray
figure
specgram(s2, [], Fs)
title('quadratic')
colormap gray
figure
specgram(s3, [], Fs)
title('logarithmic')
colormap gray
```

Результат представлен на рисунках 4.12.1 , 4.12.2 , 4.12.3

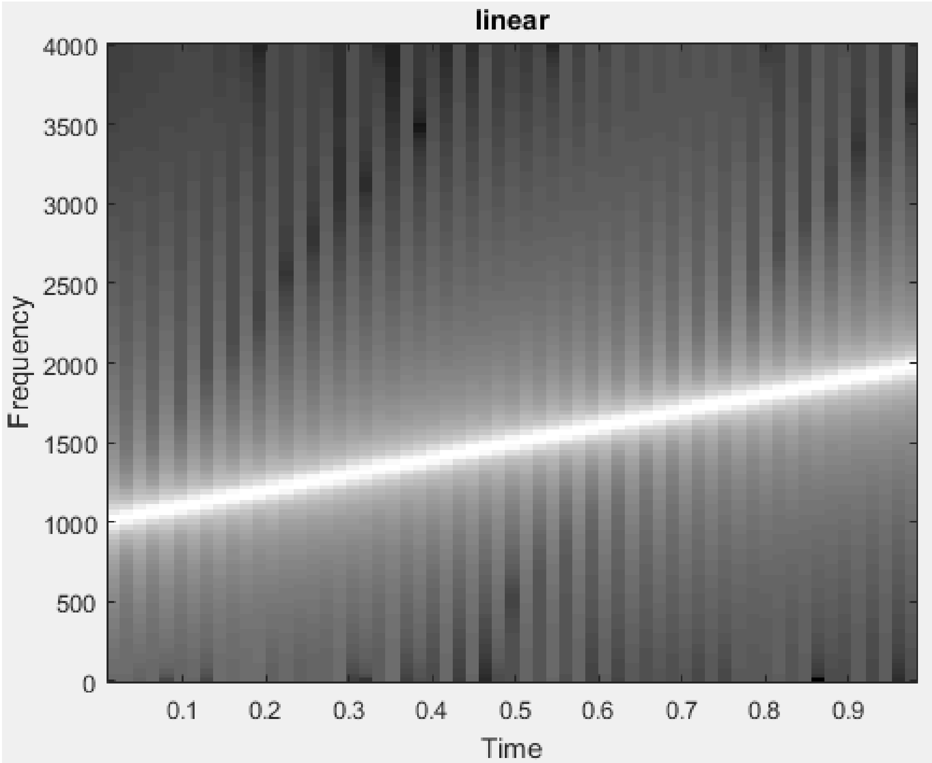

рис. 4.12.1. Спектограмма сигнала, сформированного функцией chirp при линейном законе изменения мгновенной частоты

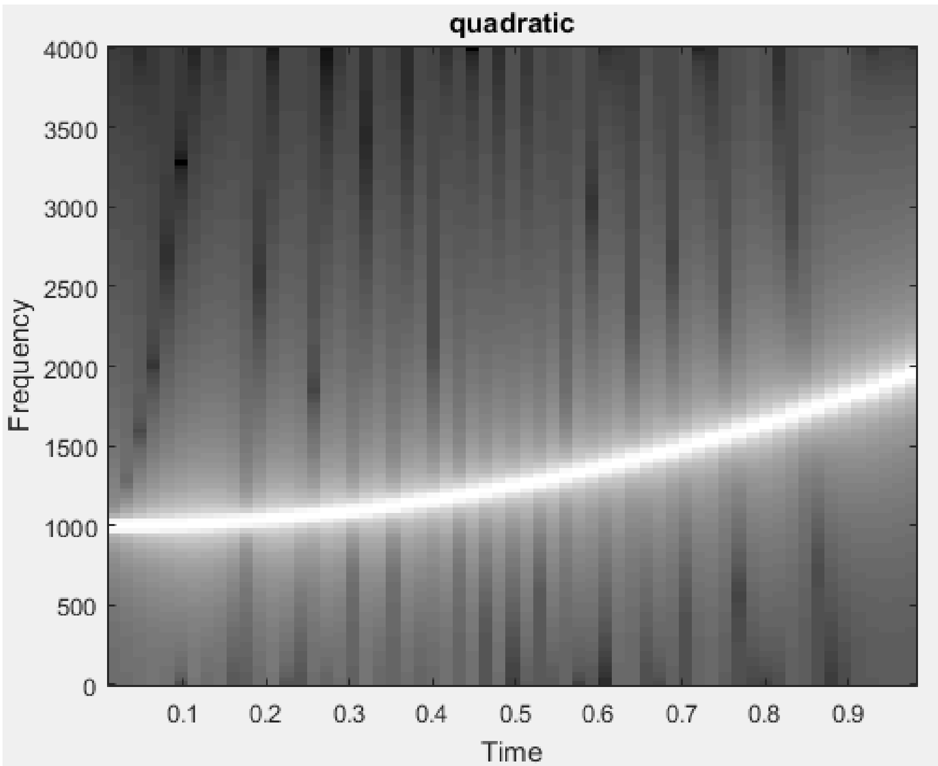

рис. 4.12.2. Спектограмма сигнала, сформированного функцией chirp при квадратичном законе изменения мгновенной частоты

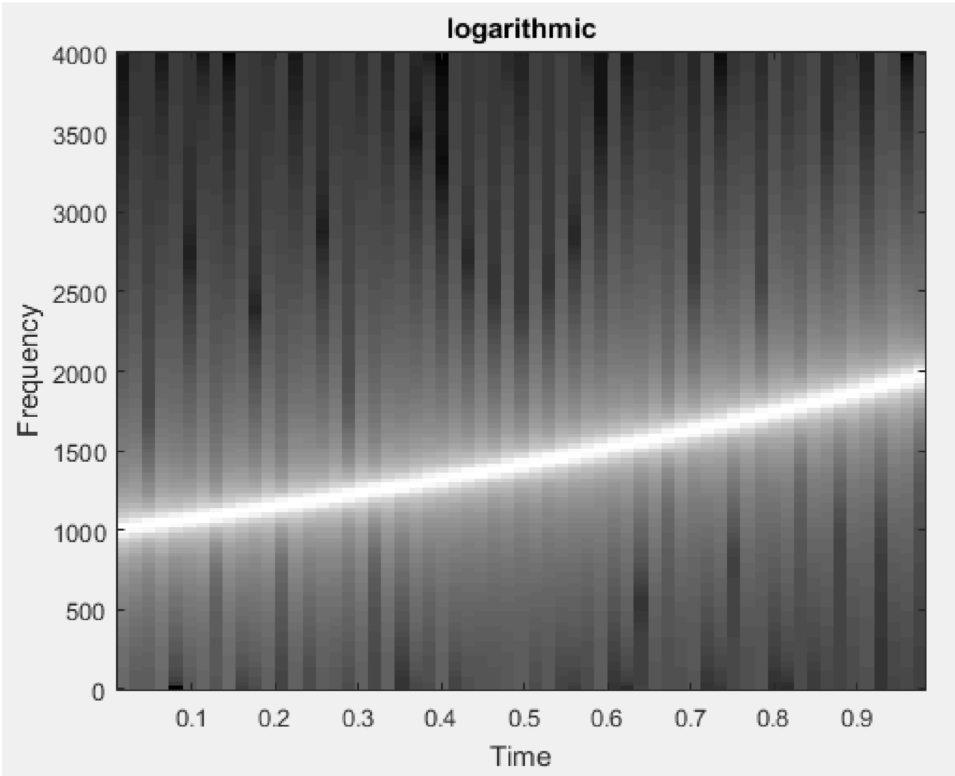

рис. 4.12.3. Спектограмма сигнала, сформированного функцией chirp при экспоненциальном законе изменения мгновенной частоты

5. Выводы

В данной лабораторной работе мы ознакомились с различными средствами генерации и визуализации простых сигналов в пакете MatLab. Были рассмотрены многоканальные сигналы, кусочные зависимости, одиночные импульсы, такие как: прямоугольный, треугольный, с ограниченной полосой частот и Гауссов радиоимпульс. Были сгенерированы последовательности различных импульсов. Также рассмотрены периодические сигналы и сигналы с меняющейся частотой. На основе проделанной работы можно сделать вывод о том, что сигналов различных видов существует очень много, соответственно классификация сигналов достаточно обширна.

Основными признаками классификации сигналов являются:

- Характер измерения информативного и временного параметров (аналоговый, дискретный, цифровой).
- Характер изменения во времени (постоянные и переменные).
- По степени наличия априорной информации (детерминированные, квазидетерминированные и случайные).
- Периодичность сигналов