

# Основы автоматизации проектирования РЭА

Запланировано:

лекций – 19 пар;  
лаб. – 9,5 пар;  
практ. – 9,5 пар;  
РГР;  
экзамен.



Структура:

20 лекций;  
6 лаб. (9 ч);  
6 практик;  
РГР + 11 ДЗ;  
экзамен.

Ассистент каф. 501,  
Душепа Виталий Анатольевич

# Структура курса:

Лекция 1. Введение. Обзор курса. Понятие проектирования. САПР.

## MATLAB

### Практика 1.

Лекция 2. MATLAB: типы данных, вычисления, операторы ветвления, работа со строками.

Лекция 3. MATLAB: массивы ячеек и структур, функции, рекурсивные функции.

### Практика 2.

Лекция 4. MATLAB: работа с файлами, графика.

### Практика 3.

Лекция 5. Оптимизация кода. Стил программирования.

Лекция 6. Численное дифференцирование и интегрирование.

Лекция 7. Численное решение систем диф. уравнений.

### Практика 4.

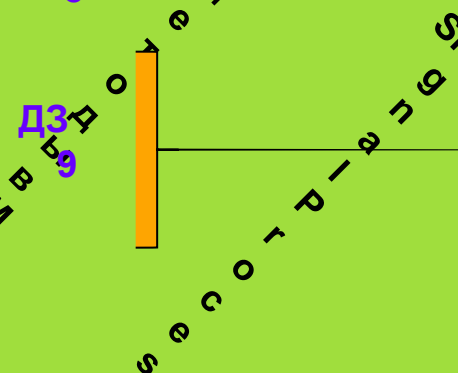
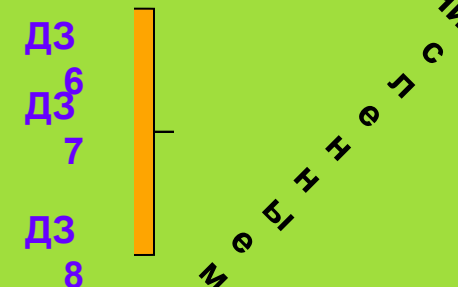
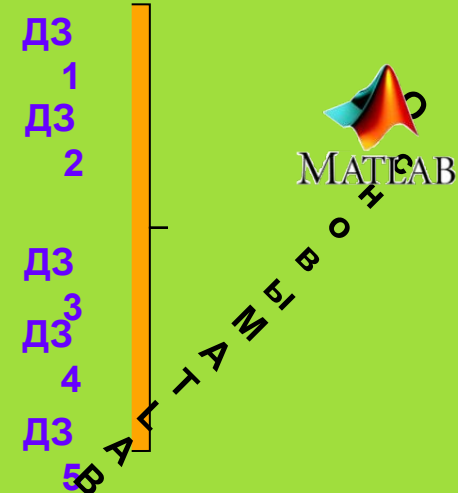
Лекция 8. Решение задач линейной алгебры в MATLAB.

Лекция 9. Описание аналоговых и дискретных систем, их анализ.

### Практика 5.

Лекция 10. КИХ и БИХ фильтры.

Лаб. 1. Демодуляция спутникового снимка в формате АРТ



# Структура курса:

## Анализ и моделирование РТС

Лекция 11. Моделирование аналоговых систем цифровыми средствами.

Лаб. 2. Имитационная модель передачи в формате АРТ

Лекция 12. Метод статистического моделирования.

Лаб. 3. Исследование модели передачи в формате АРТ

Лекция 13. Моделирование в Simulink. Frame-based и sample-based моделирование.

Лаб. 4. Демодуляция сигнала FM радиостанции (+SDR)

## Задача синтеза, ее автоматизация

Лекция 14. Параметрический (оптимизация) и структурный синтез.

Одномерная и многомерная безусловная оптимизация.

Практика 6.

ДЗ 10

Лекция 15. Стохастический градиентный спуск. Условная оптимизация.

ДЗ 11

Лекция 16. Синтез структуры алгоритма статистическим методом. Примеры.

Лекция 17. Машинное обучение (краткий взгляд). Персептрон.

Лаб. 5. Моделирование персептрона

Лекция 18. Современные методы машинного обучения. Методы машинного обучения против статистических методов в задачах радиотехники.

## Моделирование и анализ на схемотехническом уровне

Лекция 19. Составление уравнения цепи формализованными методами.

Лекция 20. Введение в ORCAD/PSpice.

Лаб. 6. Моделирование МШУ (137.5, 144 МГц) в ORCAD/PSpice.

## Модуль 2

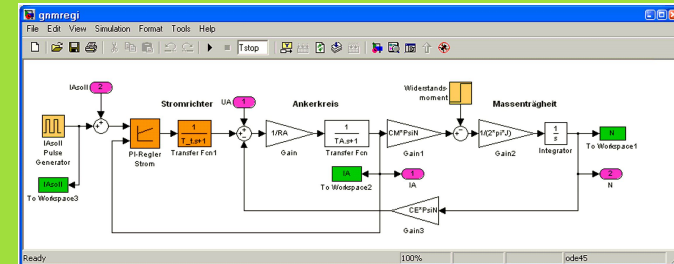


Рис. 1 – Схема в Simulink

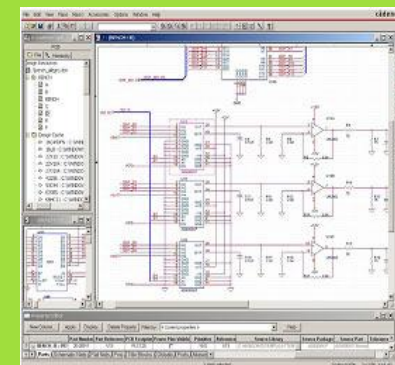


Рис. 2 – Фрагмент схемы в OrCAD

# Оценивание

| М1 | М2 | Лаб. раб. | Практика | ДЗ | РГР | Лекции | Сумма |
|----|----|-----------|----------|----|-----|--------|-------|
| 23 | 23 | 24        | 1+7      | 15 | 3   | 4      | 100   |

## За 2016 год

### Китайцы

5 – 9 чел.

### Наши студенты

5 – 1 чел.

4 – 5 чел.

3 – 8 чел.

не допуск – 5 чел.

# Рейтинг 2016 года

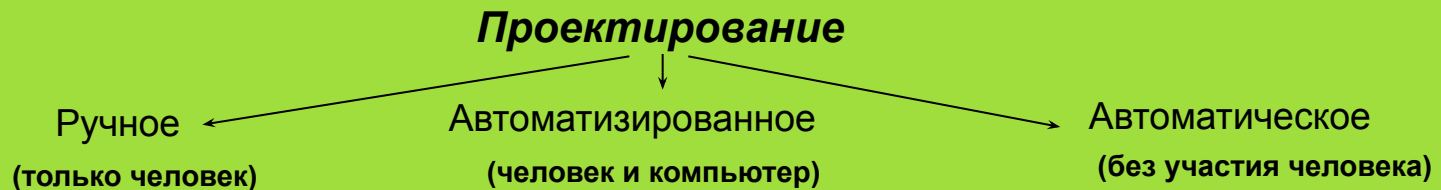
| Рейтинг успеваемости по курсу "Основы автоматизации проектирования РЭА" (Душера В.А.) |             |      |                    |                     |     |            |     |     |     |      |          |       |         |       |       |     |     |     |      |     |       |        |       |         |         |  |
|---|-------------|------|--------------------|---------------------|-----|------------|-----|-----|-----|------|----------|-------|---------|-------|-------|-----|-----|-----|------|-----|-------|--------|-------|---------|---------|--|
| 3 курс  |             |      | (536, 526ст, 536к) |                     |     | 03.06.2016 |     |     |     |      |          |       |         |       |       |     |     |     |      |     |       |        |       |         |         |  |
| №   |             | M1   | M2                 | Лабораторные работы |     |            |     |     |     |      | Практика |       |         |       |       | ДЗ  |     |     |      |     |       | Лекции |       |         |         |  |
|   |             |      |                    | №1                  | №2  | №3         | №4  | №5  | №6  | Σ    | ПП       | maxПП | ППбаллы | Баллы | Σ     | №1  | №2  | №3  | №4   | №5  | Σ     | ПЛ     | maxПЛ | ПЛбаллы | Σ       |  |
|   |             | 25   | 25                 | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 27   |          |       | max2    | max6+ | max8+ | 1,2 | 1   | 1,4 | 3,4  | 3   | max10 |        |       | max5    | max100+ |  |
| 1   | Се Ченьской | 24   | 24,9               | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 27   | 10       | 10    | 2       | 8,1   | 10,1  | 0,9 | 0,9 | 1,4 | 3,3  | 3   | 9,5   | 14     | 14    | 5       | 100,5   |  |
| 2   | Чень Вей    | 22,5 | 24,3               | 4,5                 | 4,4 | 4,5        | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 26,9 | 10       | 10    | 2       | 5,1   | 7,1   | 1   | 0,9 | 1,4 | 3,3  | 3   | 9,6   | 14     | 14    | 5       | 95,4    |  |
| 3   | Чжан Юйин   | 23   | 23,6               | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,3 | 4,5 | 26,8 | 10       | 10    | 2       | 4,2   | 6,2   | 1   | 0,9 | 1,4 | 3,35 | 3   | 9,65  | 14     | 14    | 5       | 94,25   |  |
| 4   | Гуань Синь  | 23,4 | 23,7               | 4,5                 | 4,4 | 4,5        | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 26,8 | 10       | 10    | 2       | 3,9   | 5,9   | 1   | 0,9 | 1,4 | 3,3  | 2,5 | 9,1   | 14     | 14    | 5       | 93,9    |  |
| 5   | Ху Мицзя    | 21,6 | 23,3               | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,3 | 4,5 | 26,8 | 9        | 10    | 1,8     | 3,3   | 5,1   | 1   | 0,9 | 1,3 | 3,4  | 3   | 9,6   | 14     | 14    | 5       | 91,4    |  |
| 6   | Халеев      | 18,8 | 22                 | 4,1                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 26,6 | 11       | 11    | 2       | 6,6   | 8,6   | 1,1 | 1   | 1,4 | 3,35 | 3   | 9,85  | 15     | 15    | 5       | 90,85   |  |
| 7   | Чжу Сыи     | 19,3 | 24,5               | 4,1                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 26,5 | 10       | 10    | 2       | 3,3   | 5,3   | 1,1 | 0,9 | 1,4 | 3,35 | 3   | 9,75  | 14     | 14    | 5       | 90,35   |  |
| 8   | Ши Циюань   | 21,5 | 23,6               | 2,9                 | 4,5 | 4,3        | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 25,1 | 10       | 10    | 2       | 3     | 5     | 0,9 | 0,8 | 1,4 | 3,3  | 3   | 9,4   | 14     | 14    | 5       | 89,6    |  |
| 9   | Пень Синь   | 18,5 | 22,9               | 4,1                 | 4,5 | 4,4        | 4,5 | 3,7 | 4,5 | 25,7 | 10       | 10    | 2       | 3,3   | 5,3   | 0   | 0,9 | 1,4 | 3,15 | 2,7 | 8,15  | 14     | 14    | 5       | 85,55   |  |
| 10  | Ван Си      | 19,5 | 19,7               | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 27   | 10       | 10    | 2       | 2,4   | 4,4   | 1   | 0,9 | 1,4 | 3,35 | 3   | 9,65  | 14     | 14    | 5       | 85,25   |  |
| 11  | Позняк      | 11,1 | 20,5               | 4,5                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4   | 4,5 | 26,5 | 10       | 11    | 1,8     | 5,1   | 6,9   | 0,5 | 0,8 | 1,3 | 0,75 | 1,5 | 4,85  | 15     | 15    | 5       | 74,85   |  |
| 12  | Старокожев  | 14,5 | 14,5               | 4,1                 | 4,5 | 4,5        | 4,5 | 4   | 4,5 | 26,1 | 10       | 11    | 1,8     | 1,2   | 3     | 0,6 | 0,9 | 0,3 | 1,2  | 1,1 | 4,1   | 14     | 15    | 4,7     | 66,9    |  |
| 13  | Петренко    | 14,6 | 10,3               |                     | 4,5 | 4,5        | 4,3 | 4   | 4,3 | 21,6 | 10       | 11    | 1,8     | 1,5   | 3,3   | 0,7 | 1   | 1   | 0,55 | 1,5 | 4,75  | 14     | 15    | 4,7     | 59,25   |  |
| 14  | Малицкий    | 14,1 | 10,2               | 1,5                 | 2   | 3          | 4   |     | 4   | 14,5 | 3        | 11    | 0,5     |       | 0,5   | 0,6 | 1   | 0   | 1,2  | 1,5 | 4,3   | 7      | 15    | 2,3     | 45,9    |  |
| 15  | Шелотько    | 14   | 8                  | 4,5                 | 2,5 | 1,5        | 2   | 2   | 1,5 | 14   | 4        | 11    | 0,7     |       | 0,7   |     |     |     |      |     | 0     | 9      | 15    | 3       | 39,7    |  |
| 16  | Высоцкая    | 10   | 6,7                | 3                   | 2   | 2          | 1   | 1   | 2   | 11   | 9        | 11    | 1,6     | 2,4   | 4     | 0   |     |     |      |     | 0     | 13     | 15    | 4,3     | 36      |  |
| 17  | Литвинчук   | 6,3  | 5,5                | 2                   | 2,5 | 1,5        | 1,5 | 1   | 3,5 | 12   | 10       | 11    | 1,8     | 2,1   | 3,9   |     |     |     |      |     | 0     | 11     | 15    | 3,7     | 31,4    |  |
| 18  | Глушко      | 7,4  | 10                 | 1,5                 | 2,5 | 1,5        | 1   | 1   |     | 7,5  | 7        | 11    | 1,3     |       | 1,3   |     |     |     |      |     | 0     | 14     | 15    | 4,7     | 30,9    |  |
| 19  | Михайленко  | 9,9  | 5,5                |                     | 2,5 |            | 3   | 3   |     | 8,5  | 3        | 11    | 0,5     | 0,9   | 1,4   | 0,6 |     |     |      | 1,5 | 2,1   | 6      | 15    | 2       | 29,4    |  |
| 20  | Головко     | 7,5  | 10,5               |                     | 2   | 1,5        | 1   | 1   | 1   | 6,5  | 4        | 11    | 0,7     | 0,3   | 1     |     |     |     |      |     | 0     | 9      | 15    | 3       | 28,5    |  |
| 21  | Маренич     | 10,3 | 5,5                |                     |     |            |     |     |     | 0    | 8        | 11    | 1,5     | 1,2   | 2,7   | 0,3 | 0,2 |     |      |     | 0,5   | 10     | 15    | 3,3     | 22,3    |  |
| 22  | Крымцев     | 10   | 1,1                | 1                   |     | 1,5        | 1   | 1,5 |     | 5    | 6        | 11    | 1,1     | 0,3   | 1,4   |     | 0,8 |     |      |     | 0,8   | 6      | 15    | 2       | 20,3    |  |
| 23  | Пуляев      | 8,3  | 7                  |                     |     |            |     |     |     | 0    | 3        | 11    | 0,5     |       | 0,5   |     |     |     |      |     | 0     | 6      | 15    | 2       | 17,8    |  |
| 24  | Улянцев     | 3,4  |                    |                     |     |            |     |     |     | 0    | 6        | 11    | 1,1     |       | 1,1   |     |     |     |      |     | 0     | 8      | 15    | 2,7     | 7,2     |  |
| 25  | Малашенко   |      |                    |                     |     |            |     |     |     | 0    | 4        | 11    | 0,7     |       | 0,7   |     |     |     |      |     | 0     | 1      | 15    | 0,3     | 1       |  |
| 26  | Курбанов    |      |                    |                     |     |            |     |     |     | 0    |          | 11    | 0       |       | 0     |     |     |     |      |     | 0     | 1      | 15    | 0,3     | 0,3     |  |
| 27  | Токсарова   |      |                    |                     |     |            |     |     |     | 0    |          | 11    | 0       |       | 0     |     |     |     |      |     | 0     | 1      | 15    | 0,3     | 0,3     |  |
| 28  | Вельма      |      |                    |                     |     |            |     |     |     | 0    |          | 11    | 0       |       | 0     |     |     |     |      |     | 0     |        | 15    | 0       | 0       |  |

# Понятие проектирования

**Проектирование** технического объекта – создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта.

Проектирование включает:

- разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ);
- реализацию ТЗ в виде проектной документации.

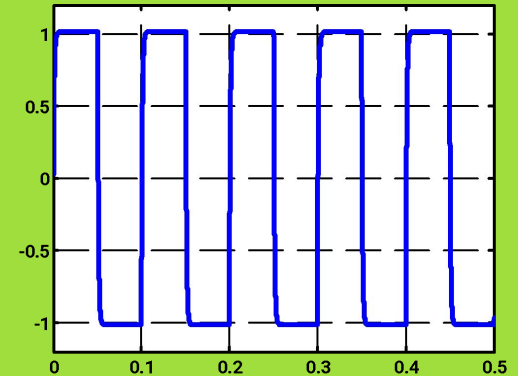
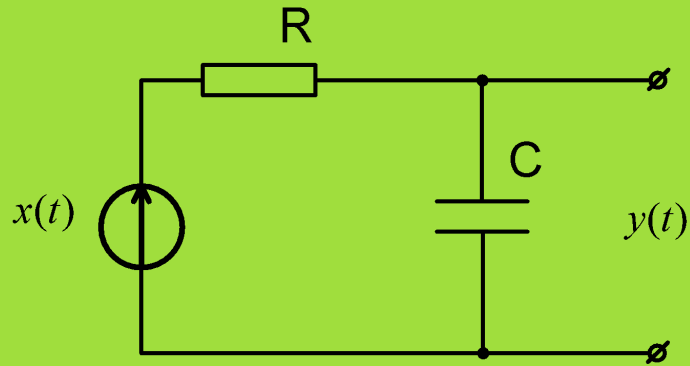
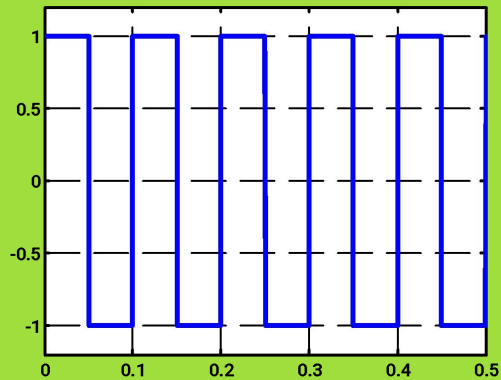


**Стадии проектирования** — наиболее крупные части проектирования. Выделяют стадии:

- научно-исследовательских работ (НИР), включая формирование технического задания (ТЗ) и технического предложения (ТП);
- эскизного проекта;
- технического проекта;
- рабочего проекта;
- испытаний опытных образцов или опытных партий.

**Стадии (этапы) проектирования** подразделяют на составные части, называемые **проектными процедурами**.

# Пример анализа RC-цепочки



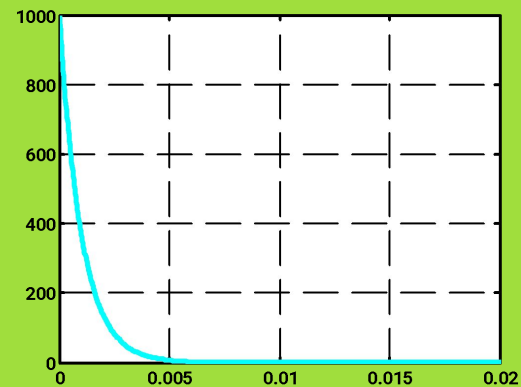
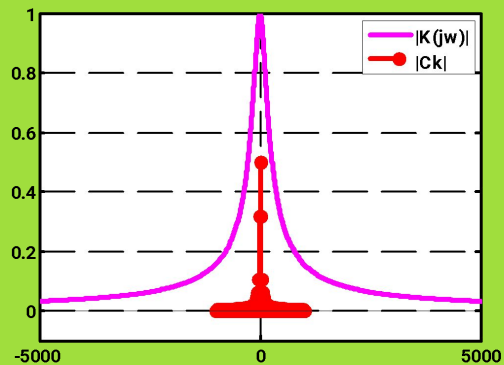
$$R = 1 \text{ кОм}$$

$$C = 1 \text{ мкФ}$$

$$\tau = RC = 0.001 \text{ с}$$

$$|K(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}}$$

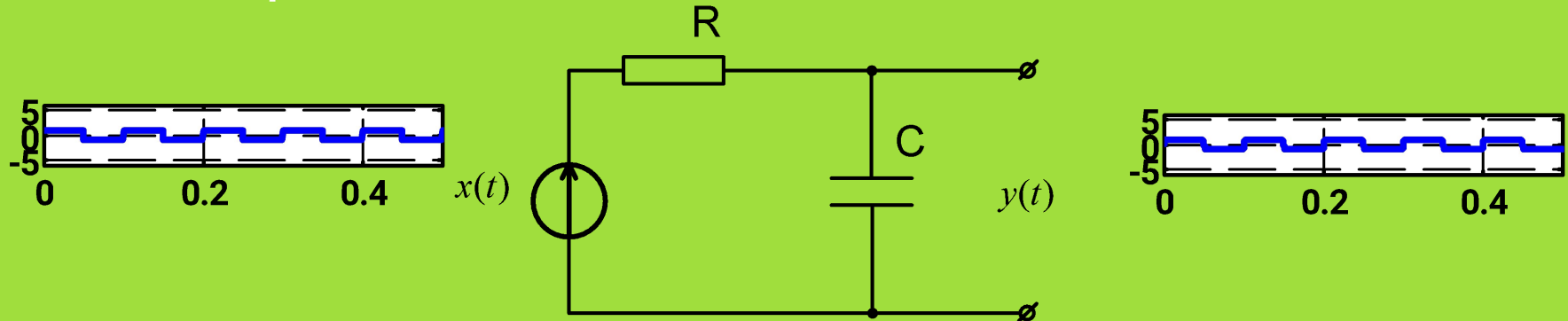
$$h(t) = \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$





# Пример анализа RC-цепочки

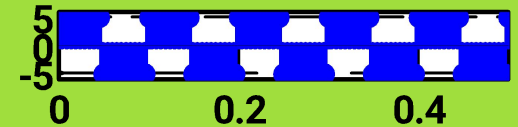
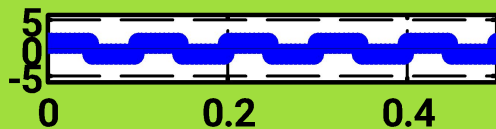
Как работает аналоговая система



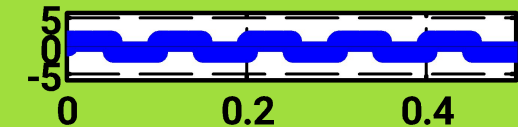
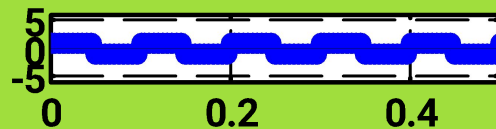
Результаты цифрового моделирования

$$F_s = 200$$

$$y(n \cdot \Delta t) = x(n \cdot \Delta t) \otimes h(n \cdot \Delta t) \cdot \Delta t$$



$$F_s = 20000$$



**Вывод: при цифровом моделировании аналоговой системы нужно учитывать не только ширину спектра сигнала, но и ширину полосы системы.**



# Код моделирования (1/2)

```
%% Исходные параметры.
A = 1; % Амплитуда последовательности импульсов.
T = 0.1; % Период последовательности импульсов.
t_pulse = 0.05; % Длительность импульса.
R = 1000; % 1 кОм.
C = 1e-6; % 1 мкФ.
t_end = 0.5; % Конец времени моделирования.
Fs = 20000; % Частота дискретизации, Гц.

dt = 1/Fs;
t = 0:dt:t_end;
x_t = A*square(2*pi*(1/T)*t); % Последовательность прямоугольных
импульсов.

figure
stem(t,x_t); % График дискретизованного сигнала.

%% Комплексный коэффициент передачи.
tau = R*C; % Постоянная времени RC-цепочки.
f = -5000:1:5000; % Значения частот для отображения непрерывной
функции

%  $|K(j\omega)|$ .

w = 2*pi*f;
K_jw = 1./(1+1i*tau*w);
absKjw = abs(K_jw);
figure
plot(f,absKjw, 'm'); % "График непрерывной АЧХ системы".
```

# Код моделирования (2/2)

```
%% Амплитудный спектр входного сигнала.
delta_f = 1/T;          % Расстояние между отсчетами дискретного
спектра.
k = -100:100;           % Индексы спектральных отсчетов.
S_f = A./(pi*k).*sin(pi*k*t_pulse/T);
S_f(k==0) = A*t_pulse/T;
figure
stem(k*delta_f,abs(S_f));

%% Импульсная характеристика.
h_t = (1/tau)*exp(-t/tau);
figure
plot(t,h_t,'g');        % "График непрерывной h(t) системы".

%% Выходной сигнал RC-цепочки.
y_t = conv(x_t,h_t)*dt;
N = length(t);
figure
h5 = stem(t,y_t(1:N),'b');

xlim([0, 0.5])
```

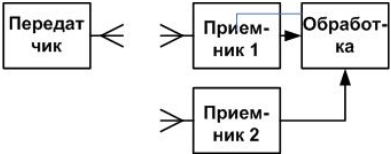

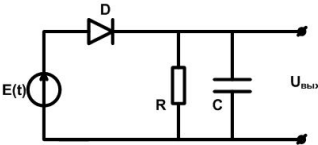

# Пример задачи синтеза

*Например, задача создания алгоритма различения двух известных сигналов (по принятому зашумленному сигналу).*

*Оптимальный алгоритм может быть синтезирован на основе **теории статистических решений**.*

*Другой подход основан на использовании алгоритмов **машинного обучения**.*

# Уровни проектирования (радиоэлектроника)

| Иерархия уровней проектирования  | Модели   | Программные пакеты   |
|--|--|--|
| <b>1). Системный</b><br>                        | Системы массового обслуживания (СМО), сети Петри и др.   | <b>System view, MATLAB/Simulink</b>  |
| <b>2). Функционально-логический</b><br>         | Аппарат передаточных функций, аппарат конечных автоматов | <b>System view, MATLAB/Simulink</b>  |
| <b>3). Макроуровень (схемотехнический)</b><br> | Системы дифференциальных и алгебраических уравнений      | <b>Altium Designer , OrCAD, PROTEUS VSM, Micro-Cap, LabVIEW, NI Multisim и др.</b> |
| <b>4). Микроуровень (компонентный)</b><br>    | Уравнения в частных производных и др.                    | <b>Altium Designer , Ansoft Pexprt и др.</b>                                       |

# Системный подход

**Системный подход:** подход к исследованию сложных систем, основанный на декомпозиции системы и анализе частей с учетом их взаимосвязей и взаимодействия с другими частями.

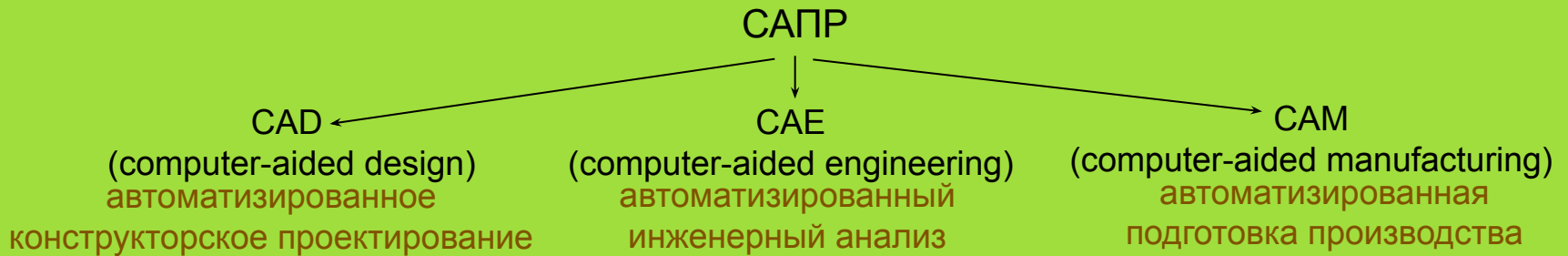
Изучением принципов построения сложных систем занимается дисциплина **теория систем**. В частности, науку, изучающую построение сложных технических систем называют **системотехникой**.

Для **системного подхода** характерно:

1. **Структуризация** процесса проектирования, выражаемая **декомпозицией** проектных задач и документации, выделением стадий, этапов, проектных процедур.
2. **Итерационный** характер проектирования.
3. **Типизация** и унификация проектных решений и средств проектирования.

# САПР

Система автоматизированного проектирования (САПР) – это организационно-техническая (в частности, программная) система, которая помогает разработчику упростить процесс проектирования за счет того, что многие шаблонные операции, которые раньше выполнял человек, теперь выполняются с помощью компьютера.



# Классификация САПР

Часто CAD, CAE, CAM системы интегрированы друг с другом:

- CAD/CAM,
- CAD/CAM/CAE и др.

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем CAE/CAD/CAM, используются системы управления проектными данными PDM (Product Data Management).

## CAD в различных областях





# Спасибо за внимание