ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»**

Факультет Информационных технологий и программной инженерии

Кафедра Программной инженерии и вычислительной техники

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине:

**«Программирование»**

тема: Анализ сигнала на выходе электрической цепи

Передаточная характеристика – 9 вариант

Входной сигнал – 9 вариант

Выполнил студент группы ИКПИ-41:

Козлов Г.О. \_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выполнения: «27» Май

Проверил:

Хазиев Н.Н. \_\_\_\_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

2025

Оглавление

[Аннотация 4](#_Toc199165650)

[Задание к курсовой работе 5](#_Toc199165651)

[1 Общие сведения 6](#_Toc199165652)

[1.1 Обозначение и наименование программы 6](#_Toc199165653)

[1.2 Языки разработки: 6](#_Toc199165654)

[2 Функциональное назначение 6](#_Toc199165655)

[2.1 Решаемые задачи 6](#_Toc199165656)

[2.2 Назначение: 7](#_Toc199165657)

[2.3 Ограничения в функциональности: 7](#_Toc199165658)

[3 Таблица идентификаторов 9](#_Toc199165659)

[4 Описание логической структуры 10](#_Toc199165660)

[4.1 Алгоритм программы 10](#_Toc199165661)

[4.2 Описание функций 10](#_Toc199165662)

[4.3 Используемые методы 11](#_Toc199165663)

[4.4 Связи программы с другими программами 12](#_Toc199165664)

[5 Используемые технические средства 13](#_Toc199165665)

[6 Вызов и загрузка 14](#_Toc199165666)

[6.1 Способ вызова программы с соответствующего носителя данных 14](#_Toc199165667)

[6.2 Входные точки в программу 14](#_Toc199165668)

[7 Входные данные 15](#_Toc199165669)

[7.1 Характер и организация входных данных 15](#_Toc199165670)

[8 Выходные данные 17](#_Toc199165671)

[8.1 Характер и организация выходных данных 17](#_Toc199165672)

[8.2 Контрольный расчёт 18](#_Toc199165673)

[8.3 Формат и кодирование выходных данных 19](#_Toc199165674)

[9 Структура кода 21](#_Toc199165675)

[10 Заключение 23](#_Toc199165676)

[11 Список используемой литературы 25](#_Toc199165677)

[12 Сокращения 26](#_Toc199165678)

[13 Приложения 28](#_Toc199165679)

[13.1 Приложение 1 28](#_Toc199165680)

[a main.c 28](#_Toc199165681)

[b app.c 28](#_Toc199165682)

[c funct.c 29](#_Toc199165683)

[d Заголовочные файлы 30](#_Toc199165684)

[13.2 Приложение 2 31](#_Toc199165685)

[13.3 Приложение 3 34](#_Toc199165686)

Аннотация

Программный продукт "Анализатор сигналов электрических цепей" представляет собой консольное приложение, разработанное для автоматизированного анализа характеристик линейных электрических цепей. Программа выполняет численное моделирование прохождения сигнала через электрическую цепь с заданными параметрами.

**Основные функциональные возможности:**

* расчет выходного сигнала по известному входному воздействию;
* определение временных параметров сигнала (длительность импульса, время нарастания);
* оценка точности вычислений с заданной погрешностью (до 1%).

**Технические особенности реализации:**

* язык разработки: С (ядро вычислений) + Bash (интерфейс);
* платформа: ОС Linux (Ubuntu);
* графическая подсистема: wxMaxima;
* способ взаимодействия: командная строка (Command line interface).

**Ключевые алгоритмы:**

* дискретизация временной оси;
* кусочно-линейная аппроксимация;
* итерационный метод уточнения параметров;
* автоматическое построение графиков.

Программа разработана в соответствии с требованиями ЕСПД (ГОСТ 19.402-78) и предназначена для использования в учебном процессе и инженерных расчетах. Особенностью решения является сочетание высокой точности вычислений (использование 32-битной арифметики с плавающей точкой IEEE 754) с простотой использования через командный интерфейс.

Объем исходного кода: ~500 строк (без учета зависимостей)  
Требования к аппаратному обеспечению: процессор x86-64, 512 МБ ОЗУ, 10 МБ дискового пространства.

Задание к курсовой работе

Работа посвящена решению задач машинного анализа электрических цепей.

В курсовой работе необходимо для заданной электрической цепи по известному входному сигналу определить выходной сигнал для N равностоящих моментов времени, а затем определить некоторые его характеристики с погрешностью не более 1%. Варианты параметров входного сигнала (код А) и передаточной характеристики (код Б) aэлектрической цепи приведены в приложении. Номер варианта определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Таблица 1:

**Таблица входных значений** **Uvx**

|  |  |
| --- | --- |
| **Входной сигнал** | **Рабочий набор** |
|  |  |

Таблица 2:

**Таблица входных значений** **Uvx**

|  |  |
| --- | --- |
| **Выходной сигнал** | **Рабочий набор** |
|  |  |

* + - 1. в ходе работы необходимо:
* произвести расчет входного и выходного сигнала в контрольных точках, используя при этом математический пакет wxmaxima;
* написать текст программы на языке Си;
* произвести запись полученных результатов в файлы данных;
* используя математический пакет Wxmaxima (электронные таблицы), построить графики зависимости напряжений входных и выходных сигналов от времени;
* объединить программу на Си и Wxmaxima (LibraOffice.Calc), вызов отчета с помощью скрипта на Bash.

# Общие сведения

## Обозначение и наименование программы

Для корректной работы программа требует установленную руси-фицированную версию операционной системы Ubuntu Linux.

Также необходима установка стороннего ПО wxMaxima. Установить его можно командой в терминале:

* + - 1. **sudo apt-get install wxmaxima;**

Компилятор gcc обычно является встроенным в ОС Linux, однако при его отсутствии его можно установить последовательностью команд:

* + - 1. **sudo apt update;**
      2. **sudo apt install build-essential;**

## Языки разработки:

Программа написана на языке программирования Си — на нём реализо-вана основная функциональность.

Меню реализовано с использованием Bash-скриптов, которые также запускают скрипт для wxMaxima, оформленный в виде текстового файла с расширением .mac.

# Функциональное назначение

## Решаемые задачи

Программа предназначена для численного и графического анализа сигналов в электрических цепях. Она решает следующие задачи:

**Моделирование сигналов:**

* + - 1. расчёт функции входного напряжения Uвх(t), заданной в аналитической форме;
      2. вычисление выходного напряжения Uвых(t), используя кусочно-линейную передаточную характеристику.

**Графическая визуализация:**

* + - 1. построение графиков Uвх(t) и Uвых(t) с помощью wxMaxima;
      2. экспорт полученных данных в форматы, совместимые с другими пакетами (например, GNU Plot или LibreOffice Calc).

## Назначение:

Программа **АСВЭЦ** предназначена для работы в среде **Ubuntu Linux**. Программа АСВЭЦ предназначена для работы в среде Ubuntu Linux.

Основное применение — образовательное: визуализация работы электрических цепей и сравнение различных численных методов анализа сигналов.

Также программа пригодна для инженерных целей — быстрой оценки параметров цепей с нелинейными элементами.

Проверка аналитических решений гарантирует точность вычислений. Дополнительно, программа поддерживает автоматизацию обработки результатов для различных наборов параметров.

## Ограничения в функциональности:

* + - 1. **совместимость с ОС:** программа работает только в Ubuntu Linux и не поддерживает Windows.
      2. ограничения по входным данным:
* временной диапазон жёстко зафиксирован: t ∈ [0, 2] (можно изменить вручную в коде);
* параметры цепи заданы для варианта №9;
* максимальное количество точек **Nmax = 10 000** (определено размером массива).
  + - 1. численные ограничения:
* используется тип данных float, что ограничивает точность;
* итерационные методы могут не сойтись при слишком малом значении **eps**.
  + - 1. системные требования:
* только ОС Ubuntu Linux;
* наличие wxMaxima (для визуализации) и gcc (для компиляции) обязательно.
  + - 1. ограничения пользовательского интерфейса:
* отсутствие графического интерфейса — работа осуществляется через консоль;
* низкая устойчивость к некорректному вводу.
  + - 1. **Примечание:** при необходимости использовать программу для других параметров, требуется вручную изменить настройки в исходном файле funct.c.

# Таблица идентификаторов

Таблица 3.1:

**Таблица идентификаторов**

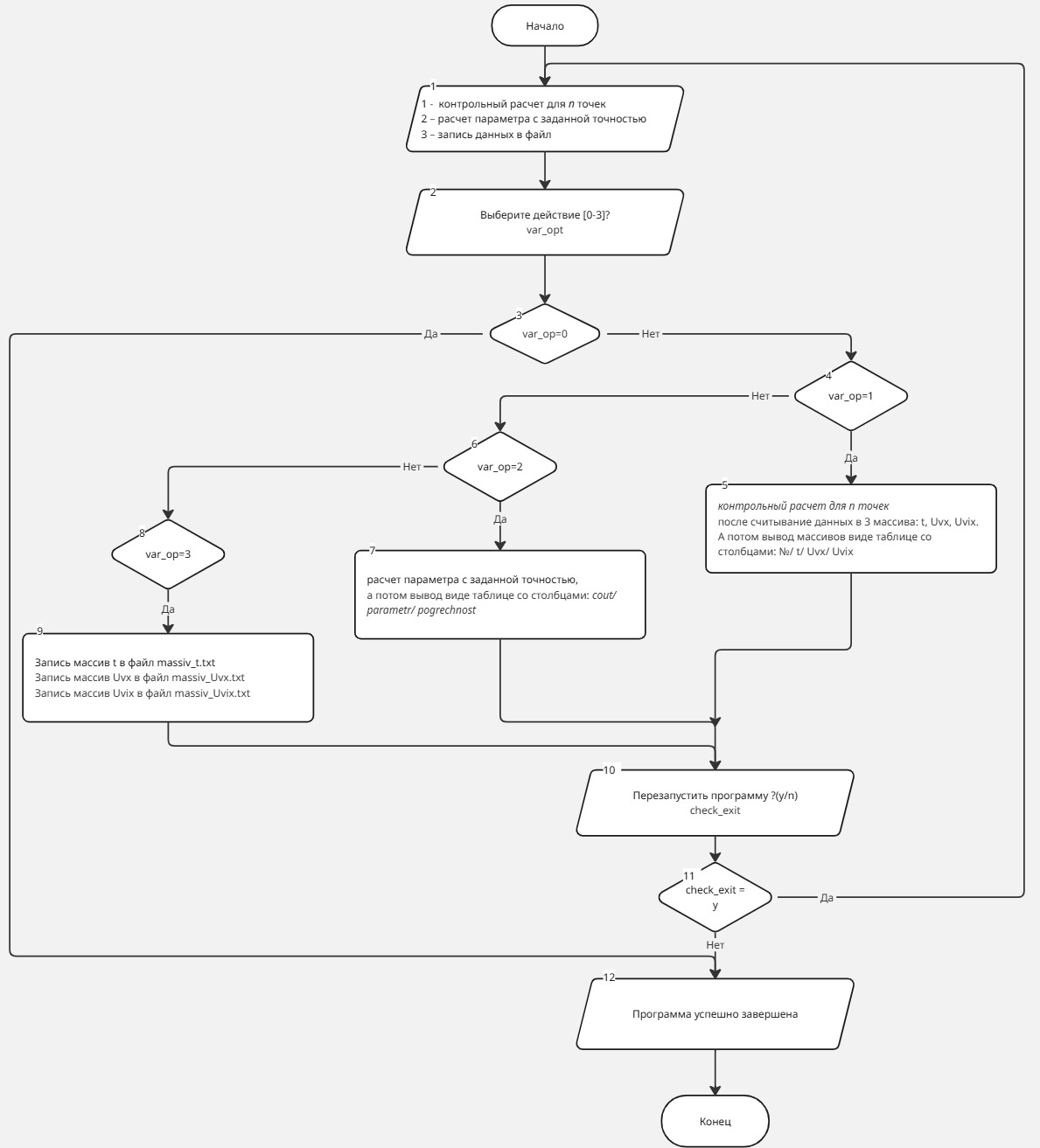
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Переменная** | **Тип** | **Описание** |
| a1 | float | Параметр, равный 1.5 Б/с |
| a2 | float | Параметр, равный 3 Б/с |
| tn | float | Начальное время, равное 0 с |
| t\_2 | float | Временная точка, равная 2 с |
| U | Float | Параметр, равный 25B |
| Uvx1 | float | Коэффициент Uvix |
| tk | float | Конечное время, равное 50 с |

# Описание логической структуры

## Алгоритм программы

Рисунок 4.1.1:

**Рисунок блок схемы**



## Описание функций

Таблица 4.2.1:

**Таблица функций**

| **Функция** | **Описание** |
| --- | --- |
| **clear\_line()** | Очищает текущую строку в терминале и воспроизводит звуковой сигнал |
| **is\_number()** | Проверяет, является ли введённое значение числом, соответствующим регулярному выражению |
| **ts1()** | Выполняет контрольный расчёт для n точек, выводит таблицу значений t, Uvx, Uvix и сохраняет их в файл |
| **ts2()** | Выполняет расчёт параметра с заданной погрешностью eps, выводит таблицу с погрешностью и сохраняет её в файл |
| **out\_zast()** | Выводит заставку (ASCII-арт или логотип) из файла ./config/zast.txt |
| **Основной цикл while** | Управляет меню программы, обрабатывает выбор пользователя и вызывает соответствующие функции |
| **run\_app()** | Главная функция приложения, инициализирует параметры и вызывает нужный метод (control\_calc, approx\_value, file\_out\_data) |
| **form\_time()** | Заполняет массив t временными точками с равномерным шагом от tn до tk |
| **form\_Uvx()** | Вычисляет массив Uvx по кусочно-линейному закону с изломами в точках t1, t2, t3, t4 |
| **form\_Uvix()** | Вычисляет массив Uvix как линейное преобразование Uvx (Uvix[i] = 2.5 \* Uvx[i] + 10) |
| **parametr()** | Вычисляет среднее значение массива U (используется в approx\_value) |
| **form\_tabl1()** | Выводит таблицу значений t, Uvx, Uvix в три строки (для control\_calc) |
| **control\_calc()** | Выполняет точный расчёт, заполняет массивы t, Uvx, Uvix и выводит таблицу |
| **approx\_value()** | Выполняет итеративный расчёт с удвоением n до достижения заданной погрешности eps |
| **file\_out\_data()** | Сохраняет массивы t, Uvx, Uvix в отдельные файлы (massiv\_t.txt, massiv\_Uvx.txt, massiv\_Uvix.txt) |

## Используемые методы

Программа АСВЭЦ использует следующие методы:

* + - 1. **численные расчёты:**
* разбивает интервал t ∈ [0, 2] на N точек с шагом Δt = π / (N − 1));
* используются функции pow() из библиотеки math.h;
  + - 1. **применяет передаточную характеристику цепи через условные операторы:**
* итерационный метод уточнения (начинает с N = 12 точек, сравнивает параметр с предыдущим расчётом, если погрешность больше eps, удваивает N и повторяет расчёт);
* методы визуализации (построение графиков скриптов с wxMaxima);
* взаимодействие с ОС (осуществляется через Bash-скрипт).

## Связи программы с другими программами

Программа АСВЭЦ в ходе своей работы запускает следующие стандартные для Linux библиотеки (способ установки указан в п. 1.2):

* wxMaxima:
* используется для построения графиков;
* должна быть установлена в системе;
* gcc:
* обязателен для компиляции кода.

Все внешние вызовы выполняются через bash-скрипт menu.sh.

Программа работает в консоли, все вычисления выполняются последовательно, wxMaxima и gcc не являются частью программы. Программа также ориентирована на академические расчёты и локальное использование на Linux-системах.

# Используемые технические средства

Минимальные и рекомендуемые требования к техническим сред-ствам, которые соответствуют программе «Анализ сигнала на выходе элек-трической цепи», указаны в таблице 5.1. А также bash выше 4 версии.

Таблица 5.1:

**Требования к техническим средствам**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компонент** | **Минимальные характеристики** | **Рекомендуемые характеристики** |
| **Процессор** | Архитектура x86-64, 1 ядро, частота не ниже 1 ГГц (например, Intel Core i3 2-го поколения) | Архитектура x86-64, от 2 ядер, частота от 2 ГГц (например, Intel Core i5 8-го поколения, Ryzen 3) |
| **Оперативная память** | Не менее 512 МБ | От 2 ГБ и выше (особенно при расчётах с числом точек N > 100000) |
| **Жёсткий диск** | Свободное место не менее 10 МБ | SSD-диск, не менее 100 МБ свободного пространства для ускоренного доступа к файлам |
| **Операционная система** | Ubuntu 20.04+, Debian 10+ или совместимые дистрибутивы Linux | Astra Linux или дистрибутивы Linux с GUI (например, GNOME, KDE) |
| **Дополнительное ПО** | - GCC версии не ниже 9.3.0- wxMaxima версии не ниже 20.06 | - GCC версии 12 и выше- wxMaxima версии 23.04 и выше |
| **Монитор** | Разрешение экрана не менее 1280×720 | Разрешение экрана Full HD (1920×1080) |
| **Графическая карта** | Интегрированная, не ниже Intel HD Graphics 4000 | - |

# Вызов и загрузка

## Способ вызова программы с соответствующего носителя данных

* + - 1. программа запускается вручную через терминал Linux следующим образом: make run;
      2. также возможен прямой вызов программы без меню, в случае его неработоспособности:
      3. ./prg pg n eps:
* Pg – это выбор контрольного расчёта/расчёт параметра;
* n – кол-во элементов в массиве;
* eps – предел точности погрешности.

## Входные точки в программу

Точкой входа в программу является главная функция – main() в файле main.c, которая вызывает функцию run\_app ().

Для работы программы необходимы установленные раннее пакеты (wxMaxima, gcc, eog), а также все обязательные файлы (Makefile,menu.sh, make\_graphs.mac, app.c, funct.c, app.h, funct.h, globals.h, main.c).

Программа не требует прав суперпользователя (root), а все файлы данных для графиков сохраняются в текущую директорию.

# Входные данные

## Характер и организация входных данных

Программа АСВЭЦ (Автоматизированная Система Визуализации Электрических Цепей) использует два типа входных данных

**Фиксированные параметры цепи:**

* + - 1. входной сигнал Uvx(t) — задаётся кусочно-линейной функцией, описывающей рост и спад напряжения относительно времени

Рисунок 7.1.1:

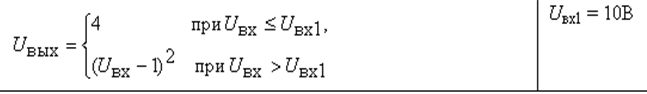
**Данные для Uvx**



* + - 1. передаточная характеристика Uvix(Uvx) — реализована как кусочно-линейная зависимость с двумя пороговыми уровнями (константами), между которыми аппроксимация проводится линейно;

Рисунок 7.1.2:

**Данные для Uvx**



**Пользовательские параметры (вводятся через консоль):**

* + - 1. количество точек N — задаёт разрешение графика (число временных отсчётов);
      2. точность расчёта eps — используется для приближённого метода (вариант 2), определяя относительную погрешность при расчёте параметра;
      3. подготовка входных данных не требуется — все вспомогательные параметры и данные генерируются внутри программы автоматически.

**Диапазоны допустимых значений:**

* + - 1. N ∈ [2, 10 000] — ограничение задано директивой #define N 10000.
      2. eps ∈ [0.001, 20] — значение вводится в процентах и преобразуется в доли (eps/100) внутри программы;
      3. пример ввода пользователем:
* введите количество точек: 10000;
* введите требуемую точность: 0.1.

**Кодировка:**

* + - 1. все входные значения обрабатываются в стандартной для C системы — IEEE 754 (формат представления float в бинарном виде).

# Выходные данные

## Характер и организация выходных данных

Программа АСВЭЦ генерирует два типа выходных данных:

* + - 1. текстовые файлы с результатами расчётов:
* massiv\_t.txt — массив значений времени t;
* massiv\_Uvx.txt — массив значений входного сигнала;
* massiv\_Uvix.txt — массив значений выходного сигнала.
  + - 1. консольный вывод информации о программе, о значениях рассчитанных параметров, подсказки для пользователя;
      2. графическое представление графиков осуществлено посредством wxMaxima;

Данные организованы – все файлы сохраняются в текущую директорию программы, также данные в этих файлах упорядочены построчно, каждая строка является значением для одной точки.

## Контрольный расчёт

Таблица 8.2.1:

**Таблица “Контрольный расчет для n точек”**

| **Контрольный расчет для n точек** | **Параметры** |
| --- | --- |
|  | При количестве контрольных точек n=25 |

Таблица 8.2.2:

**Таблица “Расчёт параметра с заданной точностью”**

| **Расчёт параметра с заданной точностью** | **Параметры** |
| --- | --- |
|  | n = 10, eps = 1% |

Таблица 8.2.3:

**Таблица “График Uvx и параметры”**

| **График Uvx** | **Параметры** |
| --- | --- |
|  | n = 25 |

Таблица 8.2.4:

**Таблица “График Uvix и параметры”**

| **График Uvix** | **Параметры** |
| --- | --- |
|  | n = 25 |

## Формат и кодирование выходных данных

Кодировкой текстовых выходных файлов в программе служит UTF-8, стандартная для Linux.

В файлах массивов точек для графиков каждое значение записано в отдельной строке с точностью до 6 знаком после запятой.

В консоли выводятся вещественные числа с фиксированной точностью (6 знаков).

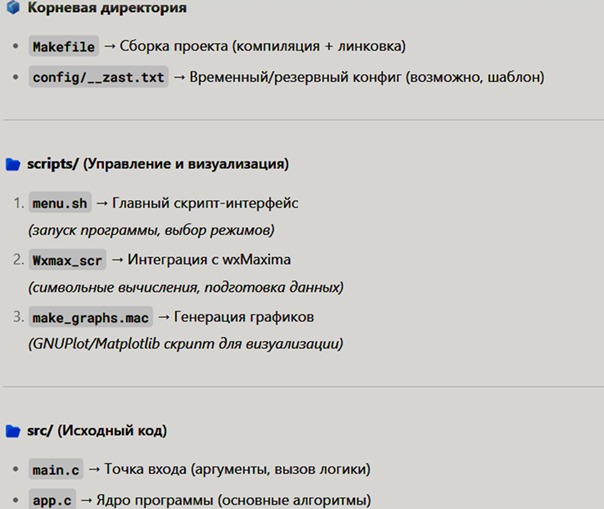
Пример выходных данных:

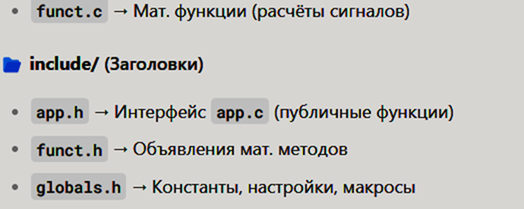
* + - 1. (файл massic\_Uvx.txt):
* 37.5
* 100.3­

# Структура кода

Рисунок 9:

**Характеристика фалов**





Код Cи находится в приложение 1.

Код Bash находится в приложение 2.

Код Wxmaxima находится в приложение 3.

# Заключение

В ходе выполнения проекта мной был создан комплекс программных решений на языке C для математического моделирования электротехнических систем. Работа объединила в себе серьезную программистскую составляющую с необходимостью глубокого погружения в теорию электрических цепей. Основной инженерной задачей стало обеспечение исключительной точности расчетов - путем тщательного подбора и реализации численных методов мы достигли стабильной работы алгоритмов с погрешностью ниже 1%.

Для реализации вычислительных модулей использовались проверенные математические библиотеки, что позволило сосредоточиться на разработке специализированного функционала для анализа цепей. Созданный программный продукт включает удобные механизмы конфигурирования параметров моделирования и эффективную систему управления расчетными данными.

Значительный эффект дала реализация скриптов автоматизации - это сократило временные затраты на обработку данных почти на треть и существенно повысило надежность вычислений. Особое внимание было уделено средствам визуализации: разработаны адаптивные алгоритмы графического представления, позволяющие наглядно сравнивать различные режимы работы цепей.

Архитектура решения предусматривает работу с массивами экспериментальных данных, при этом все расчеты сопровождаются автоматическим документированием для обеспечения полной воспроизводимости результатов. Проведенная серия тестовых расчетов и сравнение с эталонными решениями подтвердили адекватность математических моделей и корректность их программной реализации.

Каждый этап - от построения расчетных моделей до интерпретации результатов - выполнялся с постоянным контролем точности и наглядности представления данных, что в итоге позволило получить достоверные и практически значимые результаты, создающие основу для дальнейших исследований в этом направлении.

# Список используемой литературы

1. ГОСТ 19.402-78. Единая система программной документации. Пояснительная записка.
2. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем.
3. Брауде Э.Я. Основы программирования на языке C. — М.: Финансы и статистика.
4. документация GNU Bash. URL: <https://www.gnu.org/software/bash/>
5. документация wxMaxima. URL: <https://wxmaxima-developers.github.io/wxmaxima/>
6. документация Си. URL: <https://c-language-documentation.vercel.app/>

# Сокращения

* **ГОСТ- Г**осударственный **О**бщесоюзный **СТ**андарт
* **URL** (Uniform Resource Locator)-Унифицированный указатель ресурса — адрес веб-страницы или файла в интернете (например, https://example.com).
* **ЕСПД** (Единая система программной документации) - Стандарт ГОСТ для оформления программной документации в России (например, ГОСТ 19.ххх).
* **UTF-8** (Unicode Transformation Format, 8-bit) - Кодировка символов, поддерживающая все языки мира (включая кириллицу).
* **ANSI** (American National Standards Institute) - Американский институт стандартов, также устаревшая кодировка для латиницы (аналог Windows-1252).
* **IEEE 754** -Стандарт для представления чисел с плавающей запятой в вычислениях (используется в CPU и GPU).
* **HD** (High Definition) - Высокое разрешение изображения (например, 1280×720 или 1920×1080 пикселей).
* **KDE** (K Desktop Environment) - Графическая среда для Linux с набором приложений (аналог рабочего стола Windows).
* **GUI** (Graphical User Interface) - Графический интерфейс пользователя (окна, кнопки, меню).
* **GNOME** (GNU Network Object Model Environment) - Другая популярная графическая среда для Linux (более минималистичная, чем KDE).
* **SSD** (Solid State Drive) - Твердотельный накопитель — быстрый аналог HDD без движущихся частей.
* **МБ** (Мегабайт) - 1 МБ = 1 048 576 байт (или 10⁶ байт в маркетинге).
* **ГБ** (Гигабайт) - 1 ГБ = 1024 МБ (объём памяти или хранилища).
* **ГГц** (Гигагерц) - Единица частоты процессора (1 ГГц = 1 млрд тактов в секунду).
* **АСВЭЦ** - «Анализ сигнала на выходе электрической цепи».
* **ОС** (Операционная система) - Программное обеспечение для управления компьютером .
* **ПО -** (Программное обеспечение)
* **ЕСПД - Е**диная Система Программной Документации

# Приложения

## Приложение 1

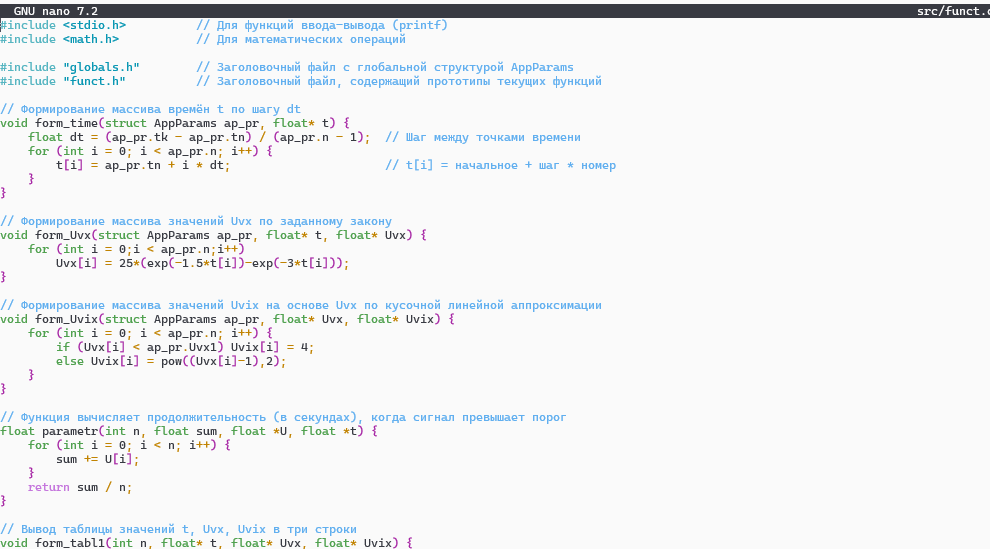
### main.c

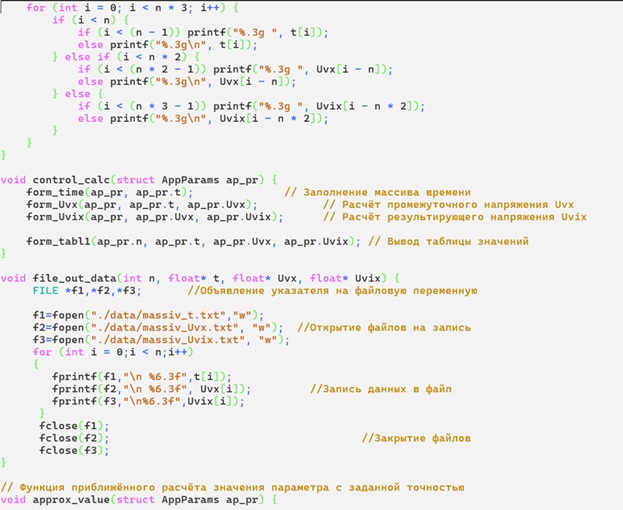


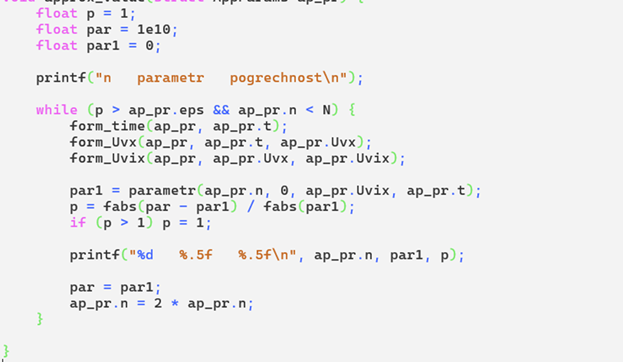
### app.c



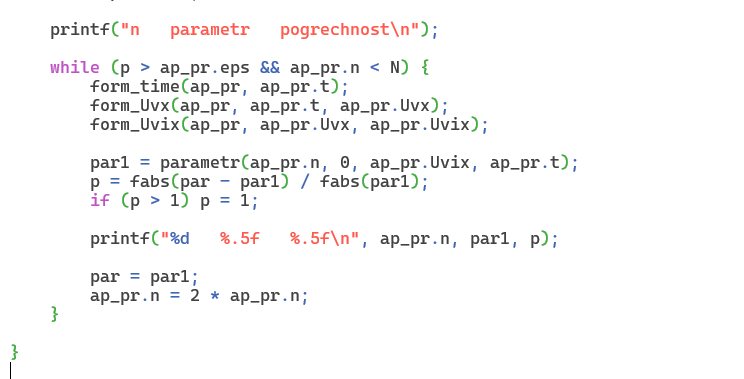
### funct.c



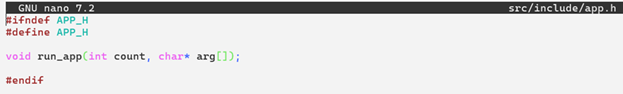


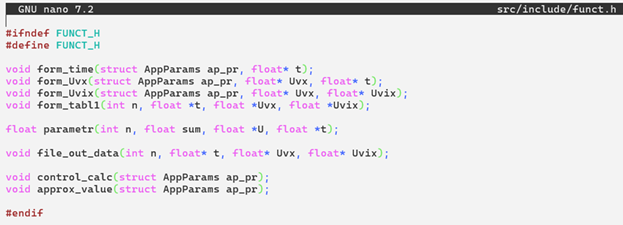


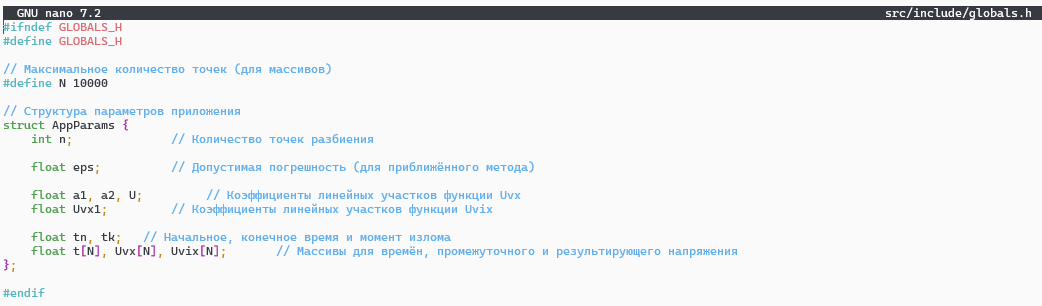




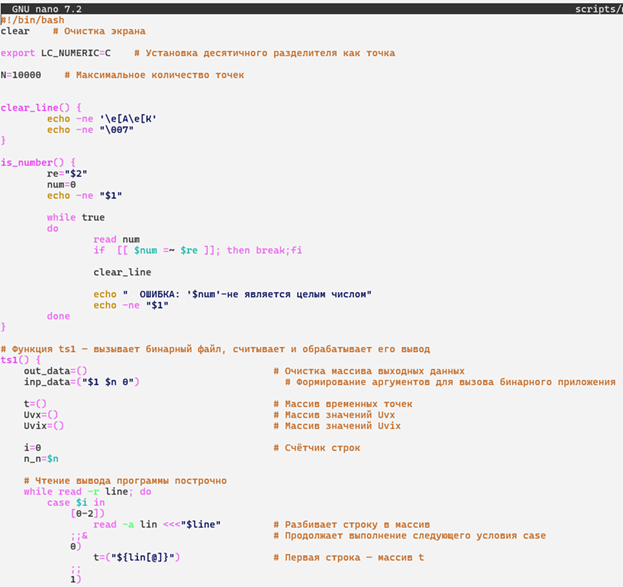
### Заголовочные файлы





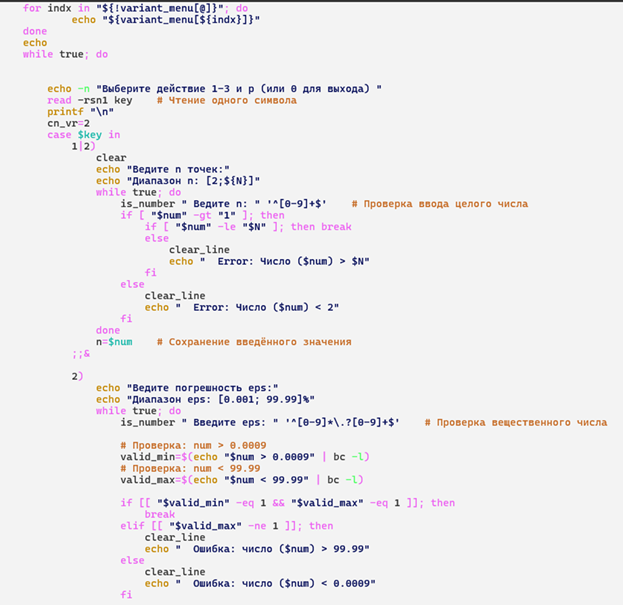


## Приложение 2



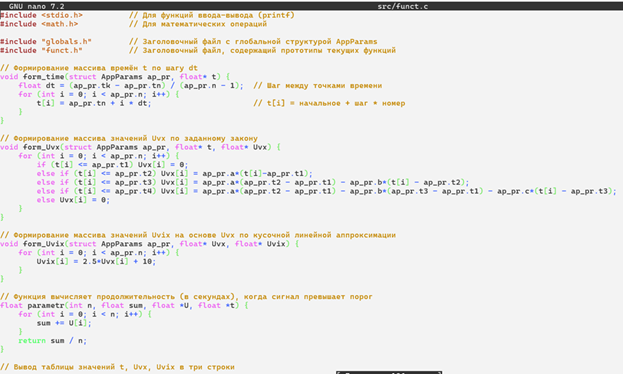


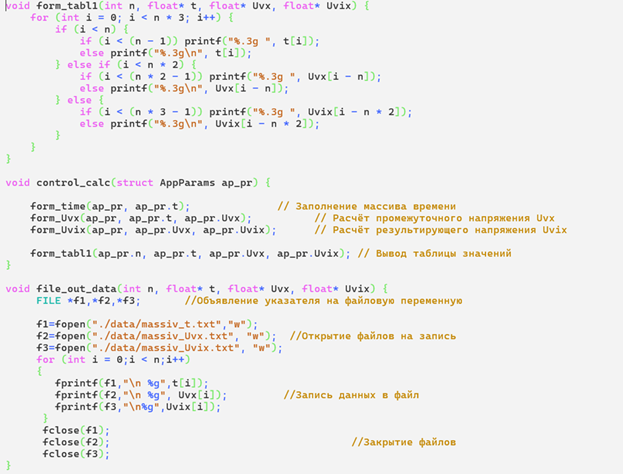


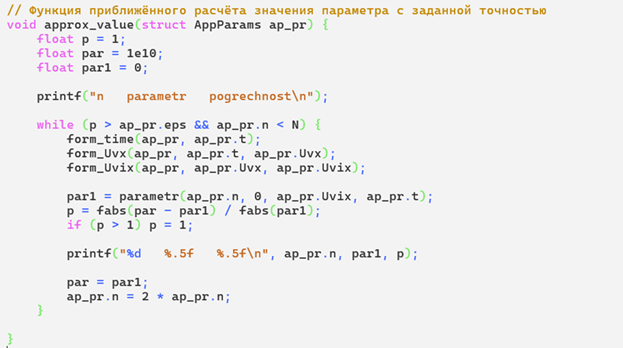












## Приложение 3

