|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

**Типы и структуры данных.**

**Лабораторная работа №1.**

**«Длинная арифметика: обработка больших чисел»**

Студент **Леонов Владислав Вячеславович**

Группа **ИУ7-36Б**

Студент **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** Леонов В.В.

*подпись, дата фамилия, и.о.*

Преподаватель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** Силантьева А.В.

*подпись, дата фамилия, и.о.*

*2020 г.*

Оглавление

[Условие и техническое задание 3](#_Toc52321200)

[Цель работы 3](#_Toc52321201)

[Задание 3](#_Toc52321202)

[Входные данные 3](#_Toc52321203)

[Выходные данные 3](#_Toc52321204)

[Обращение к программе 4](#_Toc52321205)

[Аварийные ситуации 4](#_Toc52321206)

[Реализация 5](#_Toc52321207)

[Структура данных 5](#_Toc52321208)

[Алгоритм 7](#_Toc52321209)

[Тестирование 8](#_Toc52321210)

[Аварийные ситуации 8](#_Toc52321211)

[*Некорректный ввод действительного числа 8*](#_Toc52321212)

[*Превышение максимально допустимой мантиссы 8*](#_Toc52321213)

[*Выход за пределы значений экспоненты 8*](#_Toc52321214)

[*Переполнение экспоненты 8*](#_Toc52321215)

[Штатное поведение 8](#_Toc52321216)

[*Умножение двух целых чисел 8*](#_Toc52321217)

[*Умножение целого и действительного чисел 8*](#_Toc52321218)

[*Умножение двух действительных чисел 9*](#_Toc52321219)

[*Проверка умножения максимального числа 9*](#_Toc52321220)

[*Проверка округления результирующего числа при умножении 9*](#_Toc52321221)

[*Проверка округления с изменением порядка 9*](#_Toc52321222)

[Контрольные вопросы 10](#_Toc52321223)

[Каков возможный диапазон чисел, представляемых в ПК? 10](#_Toc52321224)

[Какова возможная точность представления чисел, чем она определяется? 10](#_Toc52321225)

[Какие стандартные операции возможны над числами? 10](#_Toc52321226)

[Какой тип данных может выбрать программист, если обрабатываемые числа превышают возможный диапазон представления чисел в ПК? 10](#_Toc52321227)

[Как можно осуществить операции над числами, выходящими за рамки машинного представления? 10](#_Toc52321228)

[Вывод о проделанной работе 12](#_Toc52321229)

# Условие и техническое задание

## Цель работы

Реализация арифметических операций над числами, выходящими за разрядную сетку персонального компьютера, выбор необходимых типов данных для хранения и обработки указанных чисел.

## Задание

Смоделировать операцию умножения действительного числа на действительное число в форме ±*m.n* Е ±K, где суммарная длина мантиссы (*m+n*) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр. Результат выдать в форме ±0.m1 Е ±K1, где m1 - до 30 значащих цифр, а K1 - до 5 цифр.

## Входные данные

Строка, содержащая строковое представление действительного числа в экспоненциальной форме: до 30 десятичных разрядов в мантиссе, до 5 — в экспоненте (чтение из стандартного потока ввода).

Перед вводом чисел необходимо ознакомится со следующими правилами ввода:

1. '+' можно не указывать.

2. Можно начинать ввод с '.'(точка).

3. Для разделения целой и дробной части используется символ '.'(точка).

4. Для обозначения порядка числа используется английские буквы 'e' или 'E', после которых задается порядок целым числом.

5. Использование пробелов для логического разделения частей числа запрещено.

## Выходные данные

Длинное действительное число в виде ⟨±0.𝑚1⟩E⟨±𝑝1⟩, где 𝑚1 – до 30 значащих цифр, а 𝑝1 – до 5 цифр.

## Обращение к программе

Обращение к программе **app.exe** осуществляется через запуск из терминала.

## Аварийные ситуации

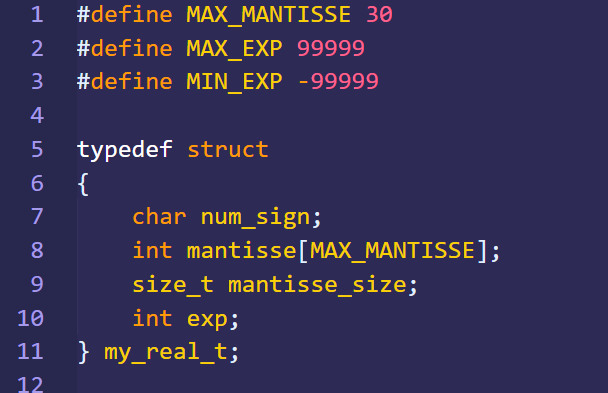
1. Некорректный формат строкового представлении одного из чисел.
2. Превышение лимита по размеру при вводе одного из чисел.
3. Переполнение при выполнении умножения чисел.

# Реализация

## Структура данных

Для реализации используется агрегированный тип данных, поскольку требуемый согласно техническому заданию диапазон значений выходит за диапазон, максимально поддерживаемый компьютером.

Рисунок 1. Используемая структура данных



Константа ***MAX\_MANTISSE*** определяет максимально допустимое количество символов, хранящееся в памяти компьютера для представления мантиссы действительного числа.

Константы ***MAX\_EXP*** и ***MIN\_EXP*** определяют диапазон допустимых значений целого числа, используемого для представления экспоненты действительного числа в памяти компьютера.

Для хранения знака числа используется поле ***num\_sign*** (символьный тип данных).В зависимости является число положительным или же отрицательным принимает значение «+» или «-» соответственно.

Для хранения мантиссы используется целочисленный массив данных ***mantisse*** размерностью ***MAX\_MANTISSE***.

Для хранения количества значащих разрядов используется поле ***mantisse\_size*** типа ***size\_t*** (согласно ISO\_SEC\_9899\_TC3 – беззнаковое целое, достаточное для описания максимально допустимого машиной размера данных).

Для хранения значения экспоненты числа используется поле ***exp*** целочисленного типа.

## Алгоритм

Для организации ввода действительных чисел из консоли используется тип данных строка с соответствующей проверкой корректного формата входных данных (функции **read\_line** и **check\_str\_to\_real**), после которой в свою очередь происходит конвертация числа из строкового представления в представление в виде агрегированного типа (функция **str\_to\_real**).

Для реализации умножения чисел используется следующий алгоритм (функция **multi\_reals**):

А) В случае, если знаки чисел различны, то результат умножения чисел будет иметь отрицательное значение, иначе положительное

Б) Результирующая экспонента считается как результат сложения соответствующих экспонент чисел.

В) Результирующая мантисса вычисляется тривиальным алгоритмом умножения «столбиком», а для хранения промежуточных используется матрица размерностью «MAX\_MANTISSE» на «2\*MAX\_MANTISSE».

Г) В случае, если в результирующей мантиссе количество значащих цифр превосходит максимально допустимое количество цифр происходит математическая операция округления числа.

После выполнения операции умножения происходит запись результатов в соответствующую структуру данных и печать на экран пользователя (функция **print\_my\_real**).

# Тестирование

## Аварийные ситуации

### **Некорректный ввод действительного числа**

*Первое число*: 1e1ыф23

*Второе число*: 12345

*Сообщение*: К сожалению, Вы сделали ввод с ошибкой.

### **Превышение максимально допустимой мантиссы**

*Первое число*: 11111111111111111111111111111111111111111111111111e1

*Второе число*: 123

*Сообщение*: К сожалению, Вы сделали ввод с ошибкой.

### **Выход за пределы значений экспоненты**

*Первое число*: 1e9999911

*Второе число*: 1e1

*Сообщение*: К сожалению, Вы сделали ввод с ошибкой.

### **Пустой ввод**

*Первое число*: <пусто>

*Второе число*: 1e1ыф

*Сообщение*: К сожалению, Вы сделали ввод с ошибкой.

### **Некорректная экспонента**

*Первое число*: 123

*Второе число*: 12.1e1.1

*Сообщение*: К сожалению, Вы сделали ввод с ошибкой.

### **Переполнение экспоненты**

*Первое число*: 1e99999

*Второе число*: 1e99999

*Сообщение*: Результат умножения выходит за пределы допустимых значений.

## Штатное поведение

### **Умножение двух целых чисел**

*Первое число*: 2

*Второе число*: 2

*Результат*: +0.4E1

### **Умножение целого и действительного чисел**

*Первое число*: 0.1

*Второе число*: 25

*Результат*: +0.25E1

### **Умножение двух действительных чисел**

*Первое число*: 2.5e10

*Второе число*: -2.5e-2

*Результат: -*0.625E9

### **Проверка умножения числа с максимальной экспонентой**

*Первое число*: 0.1

*Второе число*: 1e99999

*Результат*: +0.1E99999

### **Проверка умножения числа с максимальной экспонентой**

*Первое число*: 999999999999999999999999999999e99999

*Второе число*: 1e-70000

*Результат*: +0.999999999999999999999999999999E30029

### **Проверка умножения числа с минимальной экспонентой**

*Первое число*: 100

*Второе число*: 0.01e-99999

*Результат*: +0.100E-99998

### **Проверка округления с изменением порядка**

*Первое число*: 4

*Второе число*: 999999999999999999999999999999

*Результат:* +0.400000000000000000000000000000E31

### **Проверка округления с изменением порядка (числа в другой последовательности)**

*Первое число*: 999999999999999999999999999999

*Второе число*: 2

*Результат:* +0.200000000000000000000000000000E31

### **Проверка промежуточного переполнения**

*Первое число*: 10e99999

*Второе число*: 0.01

*Результат:* +0.10E99999

### **Проверка умножения на ноль**

*Первое число*: 10e99999

*Второе число*: 0.0000

*Результат:* +0.0E0

# Контрольные вопросы

## Каков возможный диапазон чисел, представляемых в ПК?

Возможный диапазон чисел, представляемых в ПК не определен. Данная характеристика является машинно-зависимой. Она в свою очередь зависит от способа хранения и размера выделяемой под хранение памяти.

Например, для целого знакового типа хранимого в виде дополнительного кода, диапазон составляет [−2^(𝑛−1) ; 2^(𝑛−1)−1], а для целого знакового хранимого в виде обратного кода - [−2^(𝑛−1)+1 ; 2^(𝑛−1)−1]. Диапазон вещественных чисел, хранимых согласно стандарту IEEE-754, зависит от количества бит, отведённых для представления мантиссы и показателя. Например, при использовании чисел двойной точности (размером 8 байт; под мантиссу — 53 бита, под экспоненту — 11 бит) диапазон значений составит −1, 7 × 10^308 . . . 1, 7 × 10^308.

## Какова возможная точность представления чисел, чем она определяется?

В зависимости от размера мантиссы стандарт IEEE-754 определяет числа различной степени точности: половинной (11 бит), одинарной (24 бита), двойной (53 бита), четырёхкратной (113 бит), восьмикратной (237 бит).

## Какие стандартные операции возможны над числами?

Стандартные операции, доступные над числами, определяются набором доступных операций вычислительного устройства ПК (сложение, вычитание, умножение, деление, сравнения).

## Какой тип данных может выбрать программист, если обрабатываемые числа превышают возможный диапазон представления чисел в ПК?

Для работы с числами, превышающими возможные диапазон представления чисел в ПК, можно использовать стандартный строчный тип данный или же выделить агрегированный тип данных, в случае требующей этого задачи, решаемой программистом.

## Как можно осуществить операции над числами, выходящими за рамки машинного представления?

В зависимости от случая хранения данных можно выделить различные типы обработки чисел, выходящих за рамки машинного представления. Например, в случае хранения значащих цифр в виде целочисленного массива удобно использовать алгоритмы сложения, вычитания, умножения, деления «столбиком».

# Вывод о проделанной работе

В ходе лабораторной работы мы научились работать с числами, выходящими за стандартный диапазон представления чисел в компьютере, путем создание собственного агрегированного типа для их хранения и обработки.

Изучили, как числа представляются в памяти компьютера, а также рассмотрели способ реализации алгоритма умножения «столбиком» и разработали методы проверки и обработки строк как действительных чисел.