|  |  |
| --- | --- |
|  | **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)** |

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

КАФЕДРА «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Студент **Паламарчук А.Н.**

Группа **ИУ7-33Б**

Предмет **Типы и структуры данных**

Название предприятия **НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана**

|  |  |
| --- | --- |
| Студент | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Паламарчук А.Н.** |
| Руководитель | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Никульшина Т. А.** |
|  |  |

*2023 г.*

# Описание условия задачи

Написать программу для моделирования операции умножения двух длинных чисел.

# Техническое задание

## Смоделировать операцию умножения целого числа длиной до 40 десятичных цифр 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 40 значащих цифр, а K1 - до 5 цифр.

## Входные данные

* Строка, в которой задано целое число длиной до 40 значащих разрядов с необязательным указанием знака
* Строка, в которой задано действительное число в экспоненциальной форме с длиной мантиссы до 30 значащих разрядов с необязательным указанием знака мантиссы

## Выходные данные

* Строка, в которой записан результат перемножения входных чисел, с длиной мантиссы до 40 значащих разрядов и порядком до 5 цифр

## Возможные аварийные ситуации

* Некорректный ввод исходных данных
* Переполнение порядка

# Описание внутренних структур данных

## Структура данных называется bignum\_t и выглядит следующим образом

typedef struct {

unsigned char is\_negative;

unsigned char mantissa\_field[MANTISSA\_LEN];

long order;

} bignum\_t;

Первое поле используется для хранения знака мантиссы.

Второе поле – массив типа unsigned char длиной 40, используемый для хранения мантиссы числа.

Тип unsigned char был выбран для того, чтобы данный массив занимал наименьшее количество памяти

Третье поле используется для хранения порядка и её знака. Тип данных long был выбран для того, чтобы гарантировать достаточное количество памяти для хранения значения порядка и её знака.

Входные числа и результат вычислений хранятся в переменных этой структуры данных.

## Описание заголовочного файла

Константы

#define MANTISSA\_LEN 40

#define MAX\_ORDER 99999

#define MIN\_ORDER -99999

Ошибки

#define ERROR\_INPUT\_STRUCT 1

#define ERROR\_ADD 2

#define ERROR\_INPUT\_FIRST 3

#define ERROR\_INPUT\_SECOND 4

#define ERROR\_MUL 5

Используемые функции

void bignum\_init(bignum\_t \*a);

Инициализирует 0 переданную структуру.

void bignum\_print\_field(unsigned char \*a, size\_t alen);

Поле мантиссы хранится следующим образом 0000001234. Данная функция распечатывает поле в валидном виде.

void bigint\_print(bignum\_t \*a);

Распечатывает переданную структуру, хранящую целое.

void bigfloat\_print(bignum\_t \*a);

Распечатывает переданную структуру, хранящую действительное.

void revers\_num(unsigned char \*a, size\_t alen);

Разворачивает массив 000004321 в 000001234.

int sbigint\_scanf(bignum\_t \*a);

Считывает из стандартного потока ввода длинное целое.

int sbigfloat\_scanf(bignum\_t \*a);

Считывает из стандартного потока ввода длинное действительное.

int is\_null(unsigned char \*a, size\_t alen);

Проверяет пустоту мантиссы.

size\_t len\_mantiss(unsigned char \*str, size\_t max\_len);

Считает длину мантиссы.

int bignum\_add\_field(unsigned char \*dst, unsigned char \*src, size\_t len);

Операция сложения двух массивов, нужно для умножения в столбик.

int append\_zero(unsigned char \*a, int alen, size\_t count\_zero);

Дополняет мантиссу указанным кол-вом нулей.

int bignum\_field\_mul\_digit(unsigned char \*dst, unsigned char \*src, size\_t maxlen, int digit);

Осуществляет умножение массива цифр(мантиссы) на цифру.

int bignum\_round(unsigned char \*dst, int dlen, unsigned char \*src, int slen, int len\_mantiss);

Осуществляет округление массива цифр(мантиссы) до нужной длины

int bignum\_mul(bignum\_t \*a, bignum\_t \*b, bignum\_t \*res);

Осуществляет операцию умножения.

# Описание алгоритма

1. Если хотя бы одно из чисел равно нулю в качестве результата возвращается структура типа bignum\_t с нулевыми значениями мантиссы и экспоненты, а выполнение алгоритма завершается.
2. Создаётся временный массив для хранения промежуточных результатов вычислений, который заполняется нулями. Массив имеет длину равную сумме длин мантисс целого и действительного и тип unsigned char, так как при умножении двух чисел, наибольшая длина мантиссы, которая может быть получена равна сумме длин мантисс исходных чисел
3. Выполняется немного изменённое умножение «столбиком» над входными числами.
   1. Очередная цифра второго числа (цифры берутся по порядку с конца) умножается на все цифры первого числа циклически, а результаты умножений прибавляются к соответствующим ячейкам созданного ранее временного массива.
   2. Выполняется перемещение переполненных разрядов (если в ячейке временного массива число превышает 9, в ячейку с индексом на 1 меньше прибавляется число, равное результату целочисленного деления значения данной ячейки на 10, а в самой ячейке остаётся лишь остаток от деления хранимого числа на 10). Пройдя весь временный массив от конца к началу, мы избавимся от всех переполнений и сможем снова перейти к пункту 3.1, пока значащие разряды во втором числе не закончатся.
4. Формируется новая мантисса, соответствующая пределам, заданным в техническом задании (то есть 40 значащих разрядов)
   1. Определяется округление для 40-ой значащей цифры
   2. Проходим по оставшимся 40 цифрам при переполнении остаток от деления переходит к следующему элементу
5. Вычисляется новый разряд
6. Разряд проверяется на переполнение.
7. Производится запись мантиссы в выходную переменную с помощью вычисленных значений первого и последнего индексов временного массива
8. Производится запись разряда в выходную переменную

# Тестирование программы

## Аварийные ситуации

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

a

Ошибка ввода первого числа, типа 1

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1234a

Ошибка ввода первого числа, типа 3

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

123

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1234.1234r

Ошибка ввода второго числа, типа 5

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

99999999999999999999999999999999999999999

Ошибка ввода первого числа, типа 2

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

12345

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

9999999999999999999999999999999

Ошибка ввода второго числа, типа 6

Программа осуществляет умножение целого чисела на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

12345

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1234 E 100000

Ошибка ввода второго числа, типа 9

Программа осуществляет умножение целого чисела на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

12345

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

12345 E -100000

Ошибка ввода второго числа, типа 10

Штатные ситуации

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

9999999999999999999999999999999999999999

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.9999999999999999999999999999999999999999 E 40

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

999999999999999999999999999999 E 99969

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.999999999999999999999999999999 E 99999

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

12345678 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.0 E 0

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1234567

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.0000 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.0 E 0

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

900000000000000000000000000009

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

100000000000000000000000000001

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.900000000000000000000000000018 E 59

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

9999999999999999999999999999999999999999

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

2 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.2 E 41

Программа осуществляет умножение целого чисела на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

9000000000000000000000000000000000000009

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

200000000000000000000000000009

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.1800000000000000000000000000081000000002 E 70

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

9000000000000000000000000000000000000009

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

100000000000000000000000000001

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.900000000000000000000000000009 E 69

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-1

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-0.1 E 1

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1000000000000000000000

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-1 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-0.1 E 22

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-1

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-1.0 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

0.1 E 1

Программа осуществляет умножение целого числа на действительное

с длиной мантиссы целого до 40 знаков и действительного до 30 с порядком до 5 знаков.

Введите целое число в формате +-m,

где длина мантиссы m - до 40 значащих цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-10000000000000

Введите действительное число в формате +-m.n Е +-K,

где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр:

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

1 E 0

----|----1----|----2----|----3----|----4----|----5

-0.1 E 14

# Выводы по проделанной работе

Для работы с длинными числами, выходящими за разрядную сетку ПК нужно использовать структуры данных, в которых будут храниться части этих чисел. Арифметические операции необходимо адаптировать для работы с нашим типом данных. Умножение длинных чисел происходит поразрядно.

# Контрольные вопросы

## Каков возможный диапазон чисел, представляемых в ПК?

Точность представления чисел зависит от объёма памяти, выделенного переменной и наличию знака у неё. Для ЧПТ от 3.6E-4951 до 1.1E+4932, длина мантиссы, согласно стандарту IEEE754 и переменной типа double языка Си – от 15 до 16 значащих разрядов, длину мантиссы у целых чисел проще всего посчитать, выведя максимальное значение данного числа, но можно взять в качестве примера тип long long языка Си – 19 разрядов (или 20, если тип беззнаковый)

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

Диапазон зависит от разрядности процессора и операционной системы.

Для целых чисел ограничением является 2^n-1, где n – количество бит, выделенных для данной переменной, в случае целых со знаком – имеем ограничение от -2^(n-1) до 2^(n-1)-1 (-1 для нуля)

Для действительных чисел имеем абсолютное ограничение (по модулю) от

3.6E-4951 до 1.1E+4932, длина мантиссы, согласно стандарту IEEE754 и переменной типа double языка Си – от 15 до 16 значащих разрядов (в 10-й СС)

## Какие стандартные операции возможны над числами?

Для каждого числа должны быть определены арифметические операции (сложение, вычитание, деление, умножение) и операции сравнения. Также существуют логические и побитовые операции.

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

Программист может выбрать свой тип, основным элементом которой будет являться массив цифр.

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

Такие операции можно осуществить поразрядно.