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

ФАКУЛЬТЕТ Информатика и системы управления

КАФЕДРА Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 «ДЛИННАЯ АРИФМЕТИКА»**

Вариант 6

Студент Пермякова Екатерина Дмитриевна

Группа ИУ7 – 32Б

Преподаватель Силантьева Александра Васильевна

2023 г.

**Лабораторная работа № 1**

**Обработка больших чисел**

**Вариант 6**

# Условие задачи

Составить программу деления двух чисел, где порядок имеет до 5 знаков: от –99999 до +99999, а мантисса – до 40 знаков.

Смоделировать операцию деления действительного числа на действительное число в форме +-m.n Е +-K, где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 40 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.

# Техническое задание

**Исходные данные:**

2 числа (число записанное первым – делимое, вторым - делитель) целые или вещественные.

Вещественные записаны в форме +-m.n Е +-K, где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 40 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр, порядок указывать не обязательно, знак + тоже. Ввод вещественного числа НЕ обязательно осуществлять в нормализованном виде. При этом количество значащих цифр не должно превышать указанное в задании. Ведущие нули (не значащие – до точки и/или до первой цифры) в расчете длины числа не учитываются. Значащие нули после точки учитываются при подсчете длины числа.

При наличии точки в числе возможны следующие варианты его представления:

.00025, +123001., – 123.456.

Также допускается представление числа в экспоненциальной форме:

1234567 Е –20, 1234567 Е 20 или 123.4567 Е23.

Целое число вводится без точки и порядка.

**Результат:**

Число, записанное в форме +-0.m1 Е +-K1, где m1 – до 40 значащих цифр, а K1 - до 5 цифр – результат деления 2х чисел, поданных на вход.

При получении результата с порядком, большим по модулю, чем указано, сообщается о достижении машинного нуля или машинной бесконечности (переполнение порядка)

**Описание задачи, реализуемой программой:**

Смоделировать операцию деления действительного числа на действительное число в форме +-m.n Е +-K, где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 40 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.

**Способ обращения к программе:**

После запуска программы ./app.exe вводит сначала делимое, а потом делитель в формате, описанном в исходных данных.

**Описание возможных аварийных ситуаций и ошибок пользователя:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Ошибка** | **Вывод программы** |
| Числа введены в неверном формате | ERR\_IO: ошибка формата ввода |
| Длина введенной строки слишком большая | ERR\_RANGE\_STR: длина введенной строки слишком большая |
| Введено 0 значащих цифр | ERR\_NO\_MANTISSA: введено 0 значащих цифр |
| Введена слишком длинная мантисса | ERR\_RANGE\_MANTISSA: длина мантиссы слишком большая или строка пуста |
| Произошло переполнение порядка | ERR\_ORDER\_OVERFLOW: переполнение порядка |
| Попытка произвести деление на 0 | ERR\_DIVISION\_ZERO: деление на 0 |

# Описание внутренних структур данных

Число вводится как строка и уже после записывается в структуру number\_t для вычисления.

При обработке строки мантисса записывается в отдельный массив (unsigned short mantissa[LEN\_ARR\_MANTISSA]), в котором числа записаны в прямом порядке следования. Максимальная длина массива (LEN\_ARR\_MANTISSA) – 80.

Числа для вычисления хранятся в структуре number\_t:

|  |
| --- |
| struct number\_t  {  int sign;  unsigned short mantissa[LEN\_ARR\_MANTISSA];  size\_t len\_arr;  int k;  }; |

Знак числа хранится в sign. Эта переменная может принимать 2 значения 1 и -1 что соответствует + и – числа.

В массиве mantissa хранится мантисса числа. Один элемент массива – одна цифра числа. Так как в таком случае элемент массива находится в диапазоне [0:9] то тип массива unsigned short. Цифры числа хранятся в массиве в перевернутом виде, начиная с младших разрядов, для удобства работы с массивом.

В переменной len\_arr записана используемая длина массива mantissa. Так как длина массива не может быть отрицательным числом то она имеет тип size\_t.

В переменной k записан порядок числа. Порядок числа в структуре записан так что мантисса – целое число.

# Алгоритм

**Алгоритм ввода:**

Число принимается как строка и обрабатывается поэлементно. В процессе обработки строки выявляются ошибки ввода.

**Алгоритм деления:**

1. Выделяется неполное делимое
2. Неполное делимое делится на делитель и в результате получается цифра (целая часть деления) и массив (остаток отделения).
3. Цифра записывается в мантиссу конечного результата деления, а массив записывается на место неполного делимого в массив мантиссы делимого.
4. Повторяется пункт 1, пока не произойдет переполнение мантиссы конечного результата деления или остаток деления из пункта 2 не станет равен 0. Если неполное делимое выделить не получается, то к делимому дописывается 0 с конца и соответствующе изменяет порядок конечного результата деления. Ловятся ошибки на переполнение порядка в процессе деления.
5. Знак конечного результата деления высчитывается из знаков делимого и делителя.

**Тесты:**

Тесты ввода числа:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ввод** | **Вывод** | **Что проверяется** |
| **Допустимый ввод числа** | | |
| 123 | +0.123 E +3 | Ввод целого числа |
| -123.34 | -0.12334 E +3 | Если до и после числа пробелы |
| 0.123 | +0.123 E +0 | Ввод вещественного числа |
| .123 | +0.123 E +0 |
| 123. | +0.123 E +3 |
| 0. | +0.0 E +1 | Ввод нуля |
| .0 | +0.0 E +1 |
| 000.000 | +0.0 E +1 |
| 0.00400 | +0.4 E -2 | Ввод числа с записанного с незначащими нулями |
| 023 | +0.23 E +2 |
| 2340 | +0.234 E +4 |
| 2340.00 | +0.234 E +4 |
| 01234567890123456789.01234567890123456789 | +0.123456789012345678901234567890123456789 E +19 | Мантисса числа – 40 знаков |
| 12 e 1 | +0.12 E +3 | Ввод числа с экспонентой |
| 12.1 E 3 | +0.121 E +5 |
| 12e 1 | +0.12 E +3 |
| 12 e1 | +0.12 E +3 |
| 12e1 | +0.12 E +3 |
| 12 e -1 | +0.12 E +1 |
| 12e+1 | +0.12 E +3 |
| 12 e 0 | +0.12 E +2 |
| .0 e11 | +0.0 E +1 |
| 12e-10 | +0.12 E -8 |
| 1.23e-99999 | +0.123 E -99998 | Проверка максимальных значений |

|  |  |
| --- | --- |
| **Ошибочный ввод числа** | |
|  | Пустой ввод |
| . | Не написаны значащие цифры |
| qwe |
| .qwe |
| 012345678901234567890123456789012345678901234567890 | Длина мантисс больше 40 знаков |
| 01234567890123456789012345678901234567890.123456789 |
| -1234567890123456789012345678901234567890.123456789 |
| 12e qwe | Порядок записан не верно |
| 12 q 12 |
| 12 ee 3 |
| 12 e |
| 12 e 12e |
| 12e123456 |

**Тесты деления:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ввод** | **Вывод** | **Что проверяется** |
| **Позитивные тесты** | | |
| 4 2 | +0.2 E +1 | обычное деление |
| 367304 3748 | +0.98 E +2 | Деление с добавлением к неполному делимому числа |
| 74657 1234 | +0.605 E +2 | Деление с приписыванием к неполному делимому 0 |
| 12 3072 | +0.390625 E -2 | делимое меньше делителя, конечное деление |
| 1 6 | +0.1666666666666666666666666666666666666667 E +0 | длина мантиссы слишком большая и идет видное округление |
| 1e20 1e-30 | +0.1 E +51 | деление только порядков |
| 0 12 | +0.0 E +1 | делимое - ноль |
| 1 .05 | +0.2 E +2 | делимое - 1 |
| 1234.56 1 | +0.123456 E +4 | деление на 1 |
| 123 123 | +0.1 E +1 | деление одинаковых чисел |
| 10 -5 | -0.2 E +1 | деление отрицательных чисел |
| -10 5 | -0.2 E +1 |
| -10 -5 | +0.2 E +1 |
| 9999999999999999999999999999999999999999  2 | +0.5 E +40 | Проверка максимальных значений |
| 2  9999999999999999999999999999999999999999 | +0.2 E -39 |
| **Негативные тесты** | | |
| 1e99999 1e-99999  12 0 | | переполнение порядка при делении |
| деление на ноль |

# Вывод

Написана программа которая выполняет: операцию деления действительного числа на действительное число в форме +-m.n Е +-K, где суммарная длина мантиссы (m+n) - до 40 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр, и выводит результат в форме +-0.m1 Е +-K1, где m1 – до 40 значащих цифр, а K1 - до 5 цифр.

А также составленные тесты к этой программе

# Ответы на вопросы

1. *Каков возможный диапазон чисел, представляемых в ПК?*

Под число может быть выделено максимум 64 разряда (8 байт). В таком случае целое число может принимать значения от 0 до 2^64 -1 или от -2^63 до 2^63-1. Вещественные числа хранятся как мантисса и порядок: максимально под представление мантиссы отводится 52 разряда, а под представление порядка – 11 разрядов. В этом случае возможные значения чисел находятся в диапазоне от 3.6 E –4951 до 1.1 E +4932.

1. *Какова возможная точность представления чисел, чем она определяется?*

Диапазон и точность уточняются в реализации и как правило, существенно зависят от особенностей процессора

За точность вещественных чисел отвечает мантисса и максимально под представление мантиссы отводится 52 разряда. Макс точность – 2^52

1. *Какие стандартные операции возможны над числами?*

Арифметические, логические, сравнения

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

Массив символов или чисел, структура (для хранения всего числа, например, знак

мантиссы, мантисса, знак порядка, порядок), разбить мантиссу на несколько

частей, обрабатывая их, а затем «склеивая» число

1. *Как можно осуществить операции над числами, выходящими за рамки машинного представления?*

Использовать алгоритмы длинной арифметики, умножение и деление в столбик используя массивы.