|  |  |
| --- | --- |
|  | **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

**ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1**

**“Обработка больших чисел”**

Название предмета: Типы и структуры данных

Студент: Малышев Иван Алексеевич

Группа: ИУ7-31Б

*2020г.*

1. **Описание условия задачи**

Смоделировать операцию деления 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.

1. **Техническое задание**
2. ***Описание исходных данных***

Вводится 2 строки, хранящие информацию о действительных числах, поочерёдно. При этом первое введённая строка считается делимым, а вторая – делителем.

Формат ввода:

Для действительных чисел допускается ввод в обычном формате (например, 0.025, +123., -.78), а также с указанием порядка (например, 1.9E-67, 23.E78). Не допускается постановка пробелов между любыми двумя символами в строке и использование запятой вместо точки.

Ограничения:

* длина мантиссы вещественного числа больше 0 и не превышает 30;
* второе действительное число не равно нулю;
* порядок вещественных чисел находится в диапазоне: [-99999; 99999];

1. ***Описание результата программы***

При корректных данных будет выдан результат деления двух введённых чисел. В ином случае будет выдано сообщение об ошибке (например, о делении на ноль, о неверном формате данных).

Формат вывода:

<знак>0.<мантисса>E<знак порядка><порядок>

При этом знак у порядка выводится только тогда, когда имеет значение “-”, а у мантиссы – в любом случае.

Ограничения:

* длина мантиссы результата не превышает 30. Если результат деления не может быть записан в 30 значащих цифр, то он округляется;
* порядок результата находится в диапазоне: [-99999; 99999]. Если порядок результата превышает по модулю максимальное значение, выводится соответствующее сообщение и возвращается код возврата, означающий нештатную ситуацию.

1. ***Описание задачи, реализуемой программой***

Программа выполняет деление действительного числа на действительное с учётом ограничений, описанных выше. Результат деления нормализуется и выводится строго в указанном выше формате. При некорректных данных выводится сообщение об ошибке.

1. ***Способ обращения к программе***

Способ обращения к программе – через терминал ОС по её имени «main.exe». Дальнейшие инструкции будут выведены после запуска.

1. ***Описание возможных аварийных ситуаций и ошибок пользователя***

* Результат не может быть получен (деление на 0);
* Входные или выходные данные выходят за рамки ограничений;
* Во входных данных имеются недопустимые символы;

Во всех указанных случаях программа завершится корректно или сообщит об ошибке.

1. **Описание внутренних структур данных**

Для контроля ввода пользователя используется статический массив символьного типа; длина массива = 41 разрядов, из которых 2 разряда отведены под знаки мантиссы и порядка, 31 на мантиссу, 5 на порядок, 1 на точку, 1 на букву E и 1 на завершающий си-строку ноль. При попытке ввода строки большей длины, программа выдает сообщение об ошибке, поскольку очевидно, что формат входных данных точно не будет корректным. После обработки введённых данных корректная информация записывается в описанную ниже структуру.

Представление вещественного числа организовано структурой, в качестве полей которой выступают:

1. знак мантиссы как переменная символьного типа;
2. мантисса в виде статического массива целых; длина массива = 32, так как при делении «в столбик» двух чисел, мантиссы которых содержат максимальное количество (30) десятичных разрядов, может оказаться, что делимое меньше делителя, из-за чего произойдёт сдвиг разрядов делимого, т. е. делимое будет уже занимать 31 разряд, и ещё один разряд нужен для возможности округления;
3. длина мантиссы в виде целого беззнакового, величина которого зависит от машины;
4. порядок как целое знаковое число;

Описание структуры на языке C выглядит следующим образом:

typedef struct

{

char num\_sign;

int mantissa[32];

size\_t mantissa\_len;

long order;

} num\_t;

При выборе структуры данных, лучше всего подходящей под хранение мантиссы, мы прежде всего руководствовались тем, чтобы максимально приблизиться по размеру занимаемой памяти к представлению чисел в стандартных типах данных. Именно поэтому массив является наиболее предпочтительным вариантом хранения.

1. **Описание алгоритма**
2. Вся информация, введённая пользователем, помещается в массив символьного типа. Этот массив обрабатывается таким образом, чтобы выделить мантиссу и её знак, определить порядок. Если обработка прошла успешно, информация помещается в структуру, иначе выдается ошибка о неверном формате входных данных.
3. Проверяется деление на ноль: если мантисса второго действительного числа содержит только нули, то выдается сообщение о соответствующей ошибке.
4. В случае необходимости делитель дополняется нулями справа для возможности поразрядного вычитания;
5. Осуществляется операция деления с помощью алгоритма «в столбик». Следующая последовательность действий повторяется до тех пор, пока в мантиссе результата есть место или до тех пор, пока мантисса делимого не заполнится нулями:

* вычитание делителя из части делимого до тех пор, пока возможно, и подсчёт количества успешных вычитаний (для этого используется имитация вычитания в столбик);
* запись количества вычитаний в мантиссу результата (не учитывая незначащие нули);
* если в делимом больше нет цифр, а остаток от деления есть, то к делимому дописывается ноль и уменьшается порядок результата;

1. Определяется знак результата и его порядок, в случае необходимости округляется мантисса (с учётом циклического переноса).

Данный алгоритм является предпочтительным при выбранной структуре данных, ведь массив в первую очередь обеспечивает удобное и быстрое обращение к составляющим его элементам, что очень полезно при вычислениях «в столбик».

1. **Тестирование**

Позитивные тесты:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Входные данные  (делимое, затем делитель) | Описание теста | Результат |
| 145.0000E+0  -.0125E25 | Делитель имеет вид: -.0<num>E<order> | -0.116E-20 |
| +12345.  15E-100 | Делимое имеет вид: +<num>., а делитель <num>E<order> | +0.823E103 |
| 4.  2. | Делимое и делитель являются целыми числами | +0.2E1 |
| -123456789012345.  678901234567890  -1. | Мантисса делимого максимально возможная по длине | +0.123456789012345  67890123456789E15 |
| 1.28E-2  -0.64E-2 | Обычный тест | -0.2E1 |
| 1E0  6E0 | Деление, при котором требуется округление (только последняя цифра увеличивается) | +0.166666666666666  66666666666667E0 |
| 9.  2. | Деление, при котором требуется округление (причем последняя цифра мантиссы 9, а следующая больше 5, поэтому происходит перенос) | +0.45E1 |
| 2.  999. | Делитель имеет большую по длине мантиссу, чем делимое | +0.2002002002002002  002002002002E-2 |
| 0.000001E-99999  0.000001E-99999 | Данные при нормализации выходят за ограничения, но конечный результат существует, если он валиден с точки зрения программы | +0.1E1 |

Негативные тесты:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Входные данные  (делимое, затем делитель) | Описание теста | Результат |
| 123456789012345.  6789012345678901  1.2 | Длина делимого превысила максимальное значение | ОШИБКА: Количество цифр мантиссы превышает допустимое. Максимальное количество цифр в мантиссе: 30. |
| 126e!-1  12e-66 | Делимое задано некорректно | ОШИБКА: Действительное число введено неправильно (Использованы недопустимые символы). |
| 123456789012345  678901234567890  123456789012345  678901234567890.1 | Длина делителя превысила максимальное значение | ОШИБКА: Количество цифр мантиссы превышает допустимое. Максимальное количество цифр в мантиссе: 30. |
| 23.789e+999  0.e-90 | Деление на число, мантисса которого не содержит чисел, отличных от нуля | ОШИБКА: Результат не может быть получен (деление на ноль). |
| 123455.  1t-25 | Делитель задан некорректно | ОШИБКА: Действительное число введено неправильно (Использованы недопустимые символы). |
| 45.  60E-100000 | Порядок делителя по модулю больше возможного | ОШИБКА: Количество разрядов порядка действительного числа превышает допустимое. Максимальное количество разрядов в порядке: 5. |
| 45  0.046e100 | Делимое вводится без точки | ОШИБКА: Неправильный ввод действительного числа. Действительное число должно вводиться с точкой. |
| 145.7  12e-78t | Порядок у делителя задан неверно | ОШИБКА: Действительное число введено неправильно (Использованы недопустимые символы). |
| 145.7E79@0  12e-78 | Порядок у делимого задан неверно | ОШИБКА: Действительное число введено неправильно (Использованы недопустимые символы). |

1. **Выводы по проделанной работе**

В результате проделанной работы установилась возможность совершать арифметические операции над числами, размер которых выходит за пределы разрядной сетки, с помощью структур данных, описанных выше, и алгоритмов, основанных на поразрядной обработке чисел.

1. **Ответы на вопросы**
2. Для беззнаковых целых диапазон возможных значений: [0; 264-1], то есть [0; 18 446 744 073 709 551 615].
3. Точность представления чисел определяется размером мантиссы. Максимальный размер мантиссы вещественных чисел составляет 64 двоичных разряда (это 20 десятичных разрядов).
4. Стандартные операции над числами: сложение (вычитание), умножение, деление, сравнение.
5. Если обрабатываемые числа превышают возможный диапазон представления чисел в ПК, программист может использовать массив для хранения мантиссы и целое знаковое число для порядка.
6. Осуществить операции над числами, выходящими за рамки машинного представления, можно с помощью представления этих чисел в виде массива и написания собственных функций над массивами, которые имитируют стандартные операции над числами.