



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

Название предмета: Типы и структуры данных

Студент: Варламова Екатерина Алексеевна

Группа: ИУ7-31Б

I. Описание условия задачи

Смоделировать операцию деления целого числа длиной до 30 десятичных цифр на действительное число в форме $\pm m.n \text{ E } \pm K$, где суммарная длина мантиссы ($m+n$) - до 30 значащих цифр, а величина порядка K - до 5 цифр. Результат выдать в форме $\pm 0.m1 \text{ E } \pm K1$, где $m1$ - до 30 значащих цифр, а $K1$ - до 5 цифр. Программа должна осуществлять ввод чисел и выдавать либо верный результат в указанном формате (при корректных данных), либо сообщение о невозможности произвести счет.

II. Техническое задание

1. Описание исходных данных

Вводится 2 числа: целое и вещественное. При этом первое введенное число считается делимым, а второе – делителем.

Формат ввода:

Для действительных чисел допускается ввод в обычном формате (например, 0.025, +.0123, -.78), а также с указанием порядка (например, 1.9e-67, 23.E78). Не допускается постановка пробелов между любыми двумя символами в числе и использование запятой вместо точки.

Ограничения:

- длина целого числа больше 0 и не превышает 30;
- длина мантиссы вещественного числа больше 0 и не превышает 30;
- порядок вещественных чисел находится в диапазоне: [-99999; 99999];

2. Описание результата программы

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

Формат вывода:

$\langle \text{знак} \rangle 0.\langle \text{мантисса} \rangle \text{E} \langle \text{знак порядка} \rangle \langle \text{порядок} \rangle$

При этом знак у порядка и у мантиссы выводится только тогда, когда имеет значение “-”.

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 максимальное значение, выводится слово “infinity”. Если порядок результата меньше минимального значения, выводится “0”.

3. Описание задачи, реализуемой программой

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

4. Способ обращения к программе

Способ обращения к программе - консольный. Дальнейшие инструкции будут выведены после запуска.

5. Описание возможных аварийных ситуаций и ошибок пользователя

- совершение операции не имеет смысла (деление на 0);
- входные данные выходят за рамки ограничений;
- входные данные являются бессмысленными с точки зрения задания;

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

III. Описание внутренних структур данных

Для контроля ввода пользователя используется статический массив символьного типа; длина массива = 40 разрядов, из которых 2 разряда отведены под знаки мантиссы и порядка, 30 на мантиссу, 5 на порядок, 1 на точку, 1 на букву E/e и 1 на завершающий 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 введенных 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 коротких целых; длина массива = 61, так как при делении «в столбик» двух чисел, мантисса которых содержит максимальное количество (30) десятичных разрядов, мантисса делимого расширится (дополнится нулями) ещё максимум на 31 разряд (30 из которых составят мантиссу результата, а 1 разряд необходим для округления);
3. длина мантиссы в виде короткого целого;
4. порядок как целое знаковое число;

Описание структуры на языке C выглядит следующим образом:

```
typedef struct
{
    char mant_sign;
    short mantissa[61];
    size_t mant_len;
    long deg;
} number;
```

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.

IV. Описание алгоритма

1. Вся информация, введенная пользователем, помещается в массив символьного типа. Этот массив обрабатывается таким образом, чтобы

выделить мантиссу, определить порядок и знак. Если обработка прошла успешно, информация помещается в структуру, иначе выдается ошибка о неверном формате входных данных.

2. Проверяется деление на ноль: если мантисса вещественного числа содержит только нули, то выдается сообщение о соответствующей ошибке.
3. В случае необходимости делимое дополняется нулями и уменьшается порядок результата;
4. 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 размер массива с делимым позволяет дописывать нули:
 - 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;
5. 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».

V. Тестирование

Позитивные тесты:

Входные данные (делимое, затем делитель)	Описание теста	Результат
120 64	делитель представлен целым числом	0.1875E1
145.0000e+0 -.0125e25	делитель имеет вид: $-.0<num>E<degree>$	-0.116E-20
+12345. 15e-100	делимое имеет вид: $+<num>.$, а делитель $<num>E<degree>$	0.823E103
4 2e-99999	при делении произошло переполнение (степень результата превысила максимальное значение)	infinity
-123456789012345. 678901234567890 -1	мантисса делимого максимально возможная по длине	0.123456789012345 67890123456789E15
1.28E-2 -.64e-2	обычный тест	-0.2E1
-0.2e+1 +200e+99999	при делении достигнут машинный ноль (степень результата ниже минимального значения)	0
1 6.e0	деление, при котором требуется округление (только последняя цифра увеличивается)	0.1666666666666666 666666666666667E0
7 213	деление, при котором требуется округление (причем последняя цифра мантиссы 9, а следующая больше 5, поэтому происходит перенос).	0.3286384976525821 5962441314554E-1

Негативные тесты:

Входные данные (делимое, затем делитель)	Описание теста	Результат
123456789012345. 6789012345678901 1.2	длина делимого превысила максимальное значение;	Incorrect format of number

126e!-1 12e-66	делимое задано некорректно;	Incorrect format of number
123456789012345 678901234567890 123456789012345 678901234567890.1	длина делителя превысила максимальное значение;	Incorrect format of number
23.789e+999 0.e-90	деление на число, мантисса которого не содержит чисел, отличных от нуля;	Zero division
123455 1t-25	делитель задан некорректно;	Incorrect format of number
45 60e-100000	порядок делителя меньше минимально возможного;	Incorrect format of number
45 0.046e100000	порядок делителя превышает максимально возможный	Incorrect format of number
	пустой файл	String is empty or too large
45	отсутствует второе число.	String is empty or too large
145.7 12e-78t	порядок у делителя задан неверно	Incorrect format of number
145.7E79@0 12e-78	порядок у делимого задан неверно	Incorrect format of number

VI. Выводы по проделанной работе

В результате проделанной работы установилась возможность совершать арифметические операции над числами, размер которых выходит за пределы разрядной сетки.

VII. Ответы на вопросы

1. Для беззнаковых целых диапазон возможных значений: $[0; 2^{64}-1]$, то есть $[0; 18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 615]$.
2. Точность представления чисел определяется размером мантиссы. Максимальный размер мантиссы вещественных чисел составляет 52 двоичных разряда (это 16 десятичных разрядов).

3. Стандартные операции над числами: сложение (вычитание), умножение, деление, сравнение.
4. Если обрабатываемые числа превышают возможный диапазон представления чисел в ПК, программист может использовать массив для хранения мантиссы и целое знаковое число для порядка.
5. 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.