

МОУ «Средняя общеобразовательная школа р.п. Пинеровка Балашовского района»  
Школьный центр математики и информатики

# Проверка факта двоичного представления чисел в компьютере

Исследовательская работа по программированию

Выполнил Неугодников Владислав,  
ученик 9 класса

Учитель-консультант  
Пичугин Виталий Владимирович

2014-2015 учебный год

## План

Введение

I. Запись чисел в десятичной и двоичной системах счисления

II. Построение компьютерной программы и проведение эксперимента

Заключение

Список использованной литературы

Введение

Исследование посвящено проверке факта двоичного представления чисел в компьютере.

Цель исследования: применить теоритические знания систем счисления на практике; построить программу, которая будет доказывать факт двоичного представления чисел в компьютере.

Методы исследования: числовые вычисления; компьютерный эксперимент; анализ результатов.

Гипотеза: компьютер хранит и обрабатывает числовую информацию в двоичном коде.

I. Запись чисел в десятичной и двоичной системах счисления

Выясним, как в двоичной системе выглядит число  $1/128 (=0,0078125)$ .

0,

0 | 015625

0 | 03125

0 | 0625

0 | 125

0 | 25

0 | 5

1 | 0

$1/128=0,0000001_2$

Легко представить в двоичном виде дроби:

$1/2=0,1_2$

$1/4=0,01_2$

$1/8=0,001_2$

$1/16=0,0001_2$

$1/32=0,00001_2$

$1/64=0,000001_2$

Все представленные дроби выражаются конечной двоичной дробью.

Легко проверить, что если знаменатель не может быть представлен степенью двойки, то при переводе в двоичную систему счисления двоичная дробь будет бесконечная. Значит, при сохранении в разрядной сетке компьютера неизбежно произойдет замена точного значения приближенным.

## II. Построение компьютерной программы и проведение эксперимента

Из уроков информатики известно, что в компьютере данные хранятся и обрабатываются в двоичной системе счисления. А действительно ли это так? В собственных программах, в электронной таблице и в других случаях мы вводим десятичные числа и получаем на экране десятичный результат. Можем ли мы быть уверенными, что компьютер производил действия именно в двоичной системе? Как это проверить?

Чтобы убедиться в этом, давайте проведём небольшой эксперимент.

Наберём несложную программу, которая на школьном алгоритмическом языке имеет вид:

```
алг Проверка_двоичного_представления_чисел
нач цел m, n, i, вещ h, sum
  m := 128
  вывод нс, " n      Разность"
  нц для n от m - 1 до m + 1
    h := 1/n
    sum := 0
    нц для i от 1 до n
      sum := sum + h
    кц
  вывод нс
  вывод n, " ", sum - 1
кц
кон
```

Прокомментируем её. Внешний оператор цикла с параметром n обеспечивает трехкратное исполнение программы для значений n от m-1 до m+1 (в рассмотренном примере это 127, 128 и 129). Нетрудно заметить, что речь идёт о числе, являющемся точной степенью двойки (т.е.  $m=128=2^7$ ) и двух «соседних» ( $m-1=127$ ,  $m+1=129$ ). Далее для каждого из трёх чисел n раз происходит суммирование величины  $1/n$  и печатается разность, показывающая, насколько полученное число (по сути, равное  $(n \cdot 1):n=1$ ) отличается от 1.

Запишем программу на языке Паскаль

```
program Proverka_dvoichnogo_predstavleniya_chisel;
var m,n,i:integer;
    h,sum:real;
begin
  m:=128;
  writeln('n raznost');
  for n:=m-1 to m+1 do
  begin
    h:=1/n;
    sum:=0;
    for i:=1 to n do
```

```

begin
    sum:=sum+h
end;

writeln(n, ' ');
sum:=sum-1;
writeln(sum);
end;
end.

```

Запустив программу, мы увидим на экране следующий результат:

```

D:\BP\BIN\BP.EXE
Borland Pascal Version 7.0 Copyright (c) 1983,92 Borland International
n raznost
127
-7.2759576142E-12
128
0.0000000000E+00
129
2.1827872843E-11
-

```

Только для числа 128 результат тождественно равен нулю. А вот для двух других чисел результат получился хоть и маленький, но ненулевой! Почему? Всё дело в том, что число  $1/128$  представляется в двоичной системе точно, а числа  $1/127$  и  $1/129$  – нет.

Может быть, это случайность? Проверим это для других значений  $m$ , например, 512 или 2048.

```

D:\BP\BIN\BP.EXE
Borland Pascal Version 7.0 Copyright (c) 1983,92 Borland International
n raznost
511
-1.2732925825E-11
512
0.0000000000E+00
513
-1.2732925825E-11
-

```

```
с:\ D:\BP\BIN\BP.EXE
Borland Pascal Uersion 7.0 Copyright (c) 1983,92 Borland International
n raznost
2047
-9.4587448984E-11
2048
0.0000000000E+00
2049
1.0913936421E-10
-
```

В то же время при  $m=125$  все три результата будут отличными от нуля, т.е. степени двойки действительно являются «особенными».

```
с:\ D:\BP\BIN\BP.EXE
Borland Pascal Uersion 7.0 Copyright (c) 1983,92 Borland International
n raznost
124
-8.1854523160E-12
125
-1.6370904632E-11
126
-9.0949470177E-12
-
```

### Заключение

Полученные результаты можно объяснить единственным способом: компьютер действительно хранит числа (и целые, и дробные) и производит вычисления в двоичной системе. Именно поэтому только для степеней двойки ему удастся получить точный результат. Выявленный факт следует учитывать при написании компьютерных программ.

### Список использованной литературы

1. Еремин Е.А. Популярные лекции об устройстве компьютера. СПб.: «БХВ-Петербург», 2003.
2. Информатика и ИКТ. Базовый курс: Учебник для 9 класса / Н.Д.Угринович – 8-е изд. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. Информатика №1, 2015, с.61