

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники»

Факультет систем управления (ФСУ)

Кафедра автоматизированных систем управления (АСУ)

Двоичная арифметика
отчет по лабораторной работе №1 по дисциплине
«Вычислительная техника»

Обучающийся гр. 431-3
_____ Сергиевский Д.В.
«12__» 09_____ 2022 г.

Проверил: доцент каф. АСУ, к.т.н.
_____ Алферов С.М.
«__» _____ 2022 г.

Томск 2022

Содержание

Введение.....	3
1 Ход работы.....	4
1.1 Вывод битовых данных.....	4
1.2 Представление целых чисел.....	5
1.3 Представление чисел с плавающей точкой.....	6
Вывод.....	8
Приложение А.....	9

Введение

Цели работы:

- Получить представление о способах хранения числовых данных в памяти ЭВМ.

Задания:

- Написать программу по выводу битовых данных (битов), числовых значений, хранящихся в переменных. Задать значения и ввести на экран биты: целых знаковых и беззнаковых чисел длиной 1, 2 и 4 байта; вещественных чисел с плавающей запятой длиной 4 и 8 байт. Объяснить результат.

1 Ход работы

В рамках данной лабораторной работы была написана небольшая программа по выводу битовых данных. В качестве языка программирования был выбран C, поскольку из-за проблем со слухом была пропущена информация о возможности использования C++. Все результаты были получены с использованием онлайн-компилятора (https://www.onlinegdb.com/online_c_compiler).

Код программы приведен в Приложении А.

1.1 Вывод битовых данных

При запуске программа запрашивает ввод значений для требуемых типов данных и выводит их битовые данные. Пример выполнения программы представлен на Рисунке 1.1.

```
signed char (1 byte) = 5
bits: 0 0000101

signed short (2 byte) = 5
bits: 0 0000000.00000101

signed int (4 byte) = 5
bits: 0 0000000.00000000.00000000.00000101

unsigned char (1 byte) = 5
bits: 00000101

unsigned short (2 byte) = 5
bits: 00000000.00000101

unsigned int (4 byte) = 5
bits: 00000000.00000000.00000000.00000101

float (4 byte) = 5
bits: 0 10000001 0100000.00000000.00000000

double (8 byte) = 5
bits: 0 10000000001 0100.00000000.00000000.00000000.00000000.00000000
```

Рисунок 1.1 - пример вывода программы

1.2 Представление целых чисел

Целые числа представлены в стандартной записи двоичный чисел. В случае знаковых типов младший бит резервируется для знака, а число хранится в дополнительном коде.

Пример битовых данных для некоторых целых чисел представлен на Рисунке 1.2.

Целые числа:		
+0		+0
0 0000000		0 0000000
+1		-1
0 0000001		1 1111111
+3		-3
0 0000011		1 1111101
+7		-7
0 0000111		1 1111001
+15		-15
0 0001111		1 1110001
+31		-31
0 0011111		1 1100001
+63		-63
0 0111111		1 1000001
+127		-127
0 1111111		1 0000001

Рисунок 1.2 - вывод
битовых данных для
некоторых целых чисел

1.3 Представление чисел с плавающей точкой

Числа с плавающей точкой представлены в экспоненциальной записи двоичных чисел. Младший бит резервируется для знака мантииссы. К реальному значению порядка добавляется 127, при этом значения меньше 127 трактуются как отрицательные. Мантиисса представлена в прямом коде вне зависимости от знака и записывается в обратном порядке следования бит.

Пример битовых данных для некоторых чисел с плавающей точкой представлен на Рисунках 1.3 и 1.4. Для сокращения записи старшие байты мантииссы опущены, поскольку на данном диапазоне обращены в ноль.

Мантиисса дробных чисел:			
+0.000000			-0.000000
0 00000000	00000000		1 00000000 00000000
+1.000000			-1.000000
0 01111111	00000000		1 01111111 00000000
+3.000000			-3.000000
0 10000000	10000000		1 10000000 10000000
+7.000000			-7.000000
0 10000001	11000000		1 10000001 11000000
+15.000000			-15.000000
0 10000010	11100000		1 10000010 11100000
+31.000000			-31.000000
0 10000011	11110000		1 10000011 11110000
+63.000000			-63.000000
0 10000100	11111000		1 10000100 11111000
+127.000000			-127.000000
0 10000101	11111100		1 10000101 11111100
+255.000000			-255.000000
0 10000110	11111111		1 10000110 11111111

Рисунок 1.3 - вывод некоторых чисел с разной мантииссой

Порядок дробных чисел:

+1.000000		+1.000000
0 01111111 0000000		0 01111111 0000000
+2.000000		+0.500000
0 10000000 0000000		0 01111110 0000000
+4.000000		+0.250000
0 10000001 0000000		0 01111101 0000000
+8.000000		+0.125000
0 10000010 0000000		0 01111100 0000000
+16.000000		+0.062500
0 10000011 0000000		0 01111011 0000000
+32.000000		+0.031250
0 10000100 0000000		0 01111010 0000000
+64.000000		+0.015625
0 10000101 0000000		0 01111001 0000000
+128.000000		+0.007812
0 10000110 0000000		0 01111000 0000000
+256.000000		+0.003906
0 10000111 0000000		0 01110111 0000000

Рисунок 1.4 - вывод некоторых чисел с разным порядком

Вывод

В результате данной лабораторной работы были подтверждены на практике знания о представлении числовых типов данных в памяти компьютера.

Приложение А

Код программы по выводу битовых данных.

```

/*****
Online C Compiler.
Code, Compile, Run and Debug C program online.
Write your code in this editor and press "Run" button to compile and execute it.
*****/

#include <stdio.h>

void print_bits(void* p, size_t skip_count, size_t print_count)
{
    for(size_t i = 0; i < skip_count+print_count; ++i)
    {
        if(i < skip_count)
            continue;
        printf("%d", (((unsigned char*)p)[i/8] >> (i%8) & 1));
    }
}

char* _bracket_end(char* start)
{
    char* c = start + 1;
    int count = 1;

    for(; *c != '\0'; ++c)
    {
        count += (*c == '[') - (*c == ']');
    }
}

```

```

    if(count == 0)
        return c;
    }

    printf("bracket without a pair: %s\n", start);
    return c;
}

int _printf_bits(void* p, char* pattern, size_t index)
{
    int number = 0;
    int escape_flag = 0;

    for(char* c = pattern; ; ++c)
    {

        if(escape_flag)
        {
            print_bits(p, index, number);
            index += number;
            number = 0;

            printf("%c", *c);
            escape_flag = 0;
        }

        if('0' <= *c && *c <= '9')
        {
            number = number*10 + (*c-'0');
            continue;
        }

        if(*c == ' ')

```

```
{  
    print_bits(p, index, number);  
    index += number;  
    number = 0;  
    continue;  
}  
  
if(*c == '/')  
{  
    escape_flag = 1;  
    continue;  
}  
  
if(*c == '[')  
{  
    if(number == 0)  
        number = 1;  
    for(; number > 0; --number)  
    {  
        index = _printf_bits(p, c+1, index);  
    }  
  
    c = _bracket_end(c);  
  
    continue;  
}  
  
if(*c == '>')  
{  
    index += number;  
    number = 0;  
    continue;  
}
```

```

    print_bits(p, index, number);
    index += number;
    number = 0;

    if(*c == '\0' || *c == ']')
        return index;

    printf("%c", *c);
}
}

size_t bit_count_from_pattern(char* pattern)
{
    size_t sum = 0;
    size_t number = 0;
    int escape_flag = 0;

    for(char* c = pattern; ; ++c)
    {
        if(escape_flag)
        {
            escape_flag = 0;
            sum += number;
            number = 0;
            continue;
        }

        if('0' <= *c && *c <= '9')
        {
            number = number*10 + *c - '0';
            continue;
        }
    }
}

```

```

    if(*c == '/')
    {
        escape_flag = 1;
        continue;
    }

    if(*c == '[')
    {
        if(number == 0)
            number = 1;
        for(; number > 0; --number)
            sum += bit_count_from_pattern(c+1);

        c = _bracket_end(c);
        continue;
    }

    sum += number;
    number = 0;

    if(*c == '\\0' || *c == ']')
        return sum;
    }
}

void printf_bits(void*p, char* pattern)
{
    size_t byte_count = bit_count_from_pattern(pattern);
    byte_count = byte_count/8 + (byte_count % 8 != 0);

    unsigned char buf[byte_count];
    for(size_t i = 0; i < byte_count; ++i)

```

```

{
    buf[i] = 0;
    for(int j = 0; j < 8; ++j)
    {
        buf[i] |= (((unsigned char*)p)[byte_count-i-1] >> (7-j) & 1) << j;
    }
}

_printf_bits(&buf, pattern, 0);
}

// *****

void print_data_for_screenshots()
{
    printf("Целые числа:\n");
    char inum = 0;
    for(int i = 1; inum >= 0; inum += i, i *= 2)
    {
        printf("%+9hhd | %+9hhd\n", inum, -inum);
        printf_bits(&inum, "1/ 7");
        printf(" | ");
        inum = -inum;
        printf_bits(&inum, "1/ 7\n");
        inum = -inum;
    }

    printf("\n\n\n");

    printf("Мантисса дробных чисел:\n");
    float fnum = 0.0;
    for(int i = 1; i <= 256; fnum += i, i *= 2)
    {

```

```

    printf("%+18f | %+18f\n", fnum, -fnum);
    printf_bits(&fnum, "1/ 8/ 7 2[8>]");
    printf(" | ");
    fnum = -fnum;
    printf_bits(&fnum, "1/ 8/ 7 2[8>]\n");
    fnum = -fnum;
}

printf("\n\n\n");

printf("Порядок дробных чисел:\n");
fnum = 1.0;
for(int i = 1; i <= 256; i *= 2)
{
    fnum = 1.0*i;
    printf("%+18f | %+18f\n", fnum, 1/fnum);
    printf_bits(&fnum, "1/ 8/ 7 2[8>]");
    printf(" | ");
    fnum = 1/fnum;
    printf_bits(&fnum, "1/ 8/ 7 2[8>]\n");
}
}

#define copypaste(type, name, scanf_format, bit_format) \
    type name;\
    printf("\n" #type " ");\
    printf("%ld", sizeof(type));\
    printf(" byte) = ");\
    scanf(scanf_format, &name);\
    printf("bits: ");\
    printf_bits(&name, bit_format);

void interact_with_human()

```

```
{  
    copypaste(signed char, s_char, "%hhd", "1/ 7\n")  
    copypaste(signed short, s_short, "%hd", "1/ 7.8\n")  
    copypaste(signed int, s_int, "%d", "1/ 7 3[.8]\n")  
  
    copypaste(unsigned char, u_char, "%hhu", "8\n")  
    copypaste(unsigned short, u_short, "%hu", "8.8\n")  
    copypaste(unsigned int, u_int, "%u", "8.8.8.8\n")  
  
    copypaste(float, v_float, "%f", "1/ 8/ 7 2[.8]\n")  
    copypaste(double, v_double, "%lf", "1/ 11/ 4 6[.8]\n")  
  
    return;  
}  
  
int main()  
{  
    // print_data_for_screenshots();  
    interact_with_human();  
    return 0;  
}
```