МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра Вычислительной техники

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № 1

по дисциплине «Организация ЭВМ и систем»

Тема: Исследование внутреннего представления различных форматов данных

Студент гр. 3311 _____ Баймухамедов Р. Р.

Преподаватель _____ Гречухин М. Н.

Санкт-Петербург

2024

Цель работы.

Знакомство с внутренним представлением различных типов данных, используемых компьютером при их обработке.

Задание (вариант 3)

1. Разработать алгоритм ввода с клавиатуры unsinged char и float число и показать на экране его внутреннее представление в двоичной системе счисления
2. Написать и отладить программу на языке C++, реализующую разработанный алгоритм. Программа должна
    - Иметь дружественный интерфейс
    - Выводить на экран информативное сообщение при вводе некорректных данных
    - Предложить повторный ввод пока не будут введены корректные данные
3. Установить в заданное пользователем состояние определённое количество рядом стоящих бит, номер старшего бита, как и всё остальное, вводится с клавиатуры.

Постановка задачи и описание решения

Для вывода двоичного представления unsigned char используются побитовые операции. Задаётся переменная, имеющая значение 1, а затем происходит побитовое сравнение с unsigned char и при его равенстве выводится единица, иначе ноль. Далее при помощи битовых операции производим сдвиг переменной, имеющей значение 1, влево, и так до тех пор, пока не будут проверены все биты числа.

Для вывода двоичного представления числа типа float также используются побитовые операции. Однако, в отличие от простого целого типа, для работы с битами числа с плавающей запятой требуется доступ к его внутреннему

представлению, так как оно хранится в формате IEEE 754 (1 бит знака, 8 бит экспоненты, 23 бита мантиссы).

Для этого используется union, который позволяет хранить одно и то же значение в разных типах данных. Мы записываем значение типа float в переменную union и можем получить доступ к его битам через эквивалентное представление типа uint32_t. Далее происходит побитовое сравнение с каждой позицией бита, начиная с самого старшего, с помощью сдвига битов влево. Если бит установлен, выводится единица, если нет — ноль. Пробелы вставляются для разделения различных частей числа (знак, экспонента и мантисса).

Для установки определённого количества битов в заданное пользователем состояние используется побитовая маска.

Сначала пользователь задаёт номер старшего бита и количество рядом стоящих битов, которые нужно изменить. На основе этих данных строится маска. Сначала сдвигаем единицу влево на количество битов, чтобы получить число с единицами на нужных позициях. Затем это число сдвигается влево ещё раз на столько бит, чтобы единицы оказались в нужной части числа.

Если необходимо установить биты в 1, то используется операция побитового ИЛИ (|), которая устанавливает биты в единицу на позициях, где в маске стоит 1. Если нужно установить биты в 0, применяется побитовая инверсия маски с помощью операции NOT (~), а затем используется побитовое И (&), чтобы сбросить нужные биты.

Пример маски:

Входные данные: старший бит — 4, кол-во битов — 2, состояние — 1

Маска будет: 00011100 для изменения двух битов, начиная с 4-го.

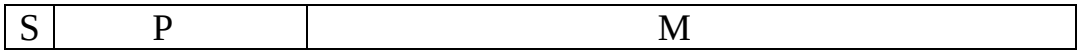
Хранение данных вещественного типа описывается IEEE 754 - стандартом в виде значения мантиссы (M) со знаком (S) и значения порядка (P). Число бит для хранения мантиссы и порядка зависит от типа данных с плавающей запятой.

float

S	P	M

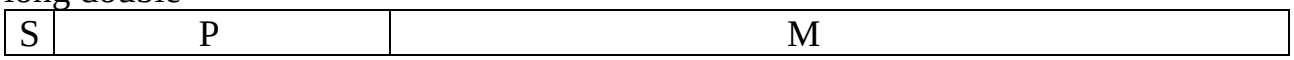
31 30 23 22 0

double



63 62 52 51 0

long double



79 78 64 63 0

Вещественное число в памяти хранится с нормализованной мантиссой, значение которой в десятичном эквиваленте лежит в диапазоне от 1 до 2. Причём 2 не входит в границу диапазона. Если в процессе выполнения какой-либо операции над данными с плавающей запятой значение мантиссы выходит из указанного диапазона, то в конце операции выполняется нормализация результата путем приведения значения мантиссы к указанному диапазону с соответствующим изменением значения порядка.

Порядок числа в соответствии с указанным форматом хранится «сдвинутым», то есть к его действительному значению добавляется в зависимости от формата такое число, чтобы порядок P был всегда неотрицательным. Для формата float прибавляется 127. Всегда неотрицательный порядок упрощает выполнение операции сравнения порядков и арифметических операций над ними, а также избавляет от необходимости выделять один бит для хранения знака порядка

Контрольные примеры

Пример 1:

Исходные данные:

uchar_value = 64

hob = 4

count = 2

state = 1

Результаты:

(Original data)

Value as symbol: @

Value as number: 64

Value in binary system: 01000000

(…) Task Algorithm

Value as symbol: \

Value as number: 92

Value in binary system: 01011100

Пример 2:

Исходные данные:

float_value = 13.25

hob = 21

count = 4

state = 1

Результаты:

(Original data)

Value as number: 13.25

Value in binary system: 0 10000010 10101000000000000000000

(…) Task Algorithm

Value as number: 15.875

Value in binary system: 0 10000010 11111100000000000000000

Пример 3:

Исходные данные:

uchar_value = 127

hob = 4

count = 2

state = 0

Результаты:

(Original data)

Value as symbol:

Value as number: 127

Value in binary system: 01111111

(…) Task Algorithm

Value as symbol: c

Value as number: 99

Value in binary system: 01100011

Текст программы

```
#include <iostream>
#include <climits>
#include <limits>
#include <string>
#include <cstdint>

// Union

union float_union{
    float float_value;
    uint32_t bit_value;
};

// Input

int enter_integer(const std::string& message, int a, int b) {
    int input;
    bool flag = false;

    do {
        std::cout << message;
        std::cin >> input; // cause input is int then will be read only first integer part of input

        if (input >= a && input <= b && std::cin.peek() == '\n') { // peek() to check has something else after
            integer part
            flag = true;
        } else {
            std::cout << "Entered value is not correct. Please try again.Entered value should be in [" << a << ",
            " << b << "]" << std::endl;
            std::cin.clear(); // reset all flags of errors to accept input again
            std::cin.ignore(std::numeric_limits<std::streamsize>::max(), '\n'); // ignore and clear all other
            symbols
        }
    } while (!flag);

    return input;
}

float enter_float(const std::string& message, float a, float b) {
    float input;
    bool flag = false;
```

```
    do {
        std::cout << message;
        std::cin >> input; // cause input is float then will be read only first float part of input

        if (input >= a && input <= b && std::cin.peek() == '\n') { // peek() to check has something else after
            float part
            flag = true;
        } else {
            std::cout << "Entered value is not correct. Please try again. Entered value should be in [" << a <<
            ", " << b << "]" << std::endl;
            std::cin.clear(); // reset all flags of errors to accept input again
            std::cin.ignore(std::numeric_limits<std::streamsize>::max(), '\n'); // ignore and clear all other
            symbols
        }
    } while (!flag);

    return input;
}

unsigned char input_unsigned_char(){
    int input = enter_integer("Enter the value (unsigned char): ", 0, UCHAR_MAX);
    return static_cast<unsigned char>(input);
}

float input_float(){
    float   input   =   enter_float("Etner   the   value   (float):   ",   std::numeric_limits<float>::lowest(),
            std::numeric_limits<float>::max());
    return input;
}

// Output

void print_unsigned_char(unsigned char value){
    std::cout << "\nValue as symbol: " << value << "\n";
    std::cout << "Value as number: " << static_cast<int>(value) << "\n";
    std::cout << "Value in binary system: ";
    for(int i=sizeof(char)*8-1;i>=0;i--){ // sizeof return value in bytes
        if(value & (1<<i)) std::cout << 1;
        else std::cout << 0;
    }
    std::cout << std::endl;
}

void print_float(float value){
    std::cout << "\nValue as number: " << value << "\n";
    float_union bits;
    bits.float_value = value; // fill `union bits` bites of float value
    std::cout << "Value in binart system: ";
    for(int i=sizeof(float)*8-1; i>=0;i--){ // sizeof return value in bytes
        if(bits.bit_value & (1<<i)) std::cout << 1;
        else std::cout << 0;
        if(i==31) std::cout << " "; // to divide sign bite
```

```
        else if(i==23) std::cout << " "; // to divide `p` and `m`
    }

    std::cout << std::endl;
}

// Task

void unsigned_char_task(unsigned char &value){
    std::cout << "\n";
    int hob = enter_integer("Enter the number of high-order bit: ", 0, sizeof(char)*8-1); // for example 4
    int count = enter_integer("Enter the count of changable bits: ", 0, hob); // for example 2
    int state = enter_integer("Enter the state of bits: ", 0, 1); // for example 1
    unsigned char mask = ((1<<count+1)-1)<<(hob-count); //step by step: 00000001 -> 00001000 -> 00000111 ->
            00011100
    if(state) value |= mask;
    else value &= ~mask; // if state equial zero, then mask transfrom to 11100011
}

void float_task(float &value){
    std::cout << "\n";
    int hob = enter_integer("Enter the number of high-order bit: ", 0, sizeof(float)*8-1); // for exmaple 4
    int count = enter_integer("Enter the count of changable bits: ", 0, hob); // for example 2
    int state = enter_integer("Enter the state of bits: ", 0, 1); // for example 1
    float_union bits;
    bits.float_value = value; // fill `union bits` bites of float value
    int mask = ((1<<count+1)-1)<<(hob-count); //step by step: 000...00001 -> 000...01000 -> 000...00111 ->
            000...11100
    if(state) bits.bit_value |= mask;
    else bits.bit_value &= ~mask; // invert mask
    value = bits.float_value; // bites of `value` take bites of `union bits`
}

int main(){
    int option=0;
    do{
        std::cout << "Choose the option:\n0 - for exit\n1 - for unsigned char\n2 - for float\n";
        option = enter_integer("Enter the option: ",0, 2);
        switch(option){
            case 1: {
                unsigned char uchar_value = input_unsigned_char();
                print_unsigned_char(uchar_value);
                unsigned_char_task(uchar_value);
                print_unsigned_char(uchar_value);
                std::cout << "\n__________\n\n";
                break;
            }
            case 2: {
                float float_value = input_float();
                print_float(float_value);
                float_task(float_value);
                print_float(float_value);
                std::cout << "\n__________\n\n";
```

```
                break;
            }
            case 0:
                option = 0;
                break;
            default:
                break;
        }
    } while(option!=0);
    return 0;
}
```

Примеры выполнения программы

```
Choose the option:
0 - for exit
1 - for unsigned char
2 - for float
Enter the option: 1
Enter the value (unsigned char): 64

Value as symbol: @
Value as number: 64
Value in binary system: 01000000

Enter the number of high-order bit: 4
Enter the count of changable bits: 2
Enter the state of bits: 1

Value as symbol: \
Value as number: 92
Value in binary system: 01011100
```

Пример 1

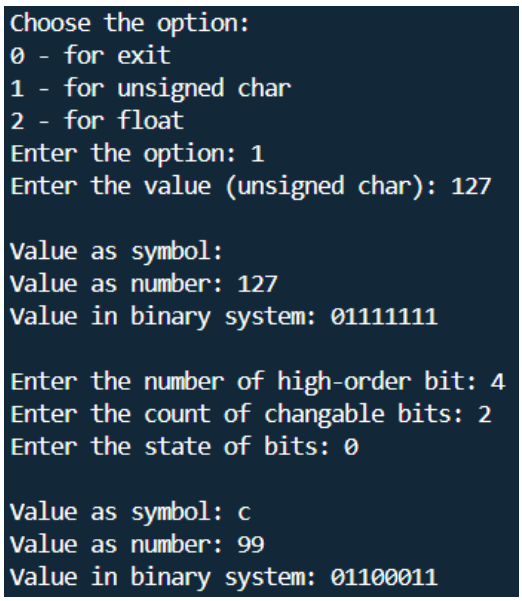
```
Choose the option:
0 - for exit
1 - for unsigned char
2 - for float
Enter the option: 2
Etner the value (float): 13.25

Value as number: 13.25
Value in binart system: 0 10000010 10101000000000000000000

Enter the number of high-order bit: 21
Enter the count of changable bits: 4
Enter the state of bits: 1

Value as number: 15.875
Value in binart system: 0 10000010 11111100000000000000000
```

Пример 2



Пример 3

Выводы.

В ходе выполнения работы мы изучили, как компьютер хранит и обрабатывает различные типы данных, а также подробно рассмотрели двоичное представление целых чисел и операции сдвига битов. Мы узнали и применили следующие ключевые моменты:

Мы изучили, как целые числа хранятся в памяти компьютера в виде двоичных кодов. Для этого было реализовано отображение чисел в двоичном виде, что позволило визуализировать, как каждый бит числа используется для представления данных. Также мы научились работать с побитовыми сдвигами чисел.

В процессе работы мы коснулись темы представления чисел с плавающей запятой, где изучили структуру числа: знак, экспонента и мантисса. Это дало понимание, как числа с плавающей запятой хранятся в двоичной системе.

Был разработан и реализован алгоритм, который позволяет пользователю старший бит, а также количество рядом стоящих битов и состояние, на которое эти биты поменяются.

Таким образом, мы научились эффективно работать с двоичными представлениями данных, узнали, как компьютер хранит целые числа и числа с

плавающей запятой, и реализовали операции сдвига и перестановки битовых групп с учётом внутренней структуры данных.