**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра информационных систем**

отчет

**по практической работе №1**

**по дисциплине «Программирование»**

Тема: Типы данных и их внутреннее представление в памяти

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 4372 |  | Демьяненко И.А. |
| Преподаватель |  | Глущенко А. Г. |

Санкт-Петербург

2024

**Цель работы.**

Разработать алгоритм и создать программу, которая будет отображать объем памяти, выделяемой для различных типов данных. Программа должна выводить на экран двоичное представление целого числа во всех его разрядах, а также аналогичные данные для типов float и double.

**Основные теоретические положения.**

Внутреннее представление величин целого типа – целое число в двоичном коде. При использовании спецификатора signed старший бит числа интерпретируется как знаковый (0 – положительное число, 1 – отрицательное). Для кодирования целых чисел со знаком применяется прямой, обратный и дополнительный коды.

Представление положительных и отрицательных чисел в прямом, обратном и дополнительном кодах отличается. В прямом коде в знаковый разряд помещается цифра 1, а в разряды цифровой части числа – двоичный код его абсолютной величины. Прямой код числа -3 (для 16-разрядного процессора):



Обратный код получается инвертированием всех цифр двоичного кода абсолютной величины, включая разряд знака: нули заменяются единицами, единицы – нулями. Прямой код можно преобразовать в обратный, инвертировав все значения всех битов (кроме знакового). Обратный код числа -3:



Дополнительный код получается образованием обратного кода с последующим прибавлением единицы к его младшему разряду. Дополнительный код числа -3:



Увидеть, каким образом тип данных представляется на компьютере, можно при помощи логических операций: побитового сдвига (<<) и поразрядной конъюнкции (&).

putchar(value & mask ? '1' : '0'); // если 1, то возвращается 1, иначе 0

value <<= 1; // побитовый сдвиг влево на 1 бит

Putchar возвращает один символ в консоль. Альтернатива - cout. В представленном способе, маска - то, с чем сравнивается значение. И побитовый сдвиг применяется для value. Таким образом 1 бит будет сравниваться с каждым битом числа. Альтернатива - побитовый сдвиг вправо, но при этом нужно проводить данную операцию не над значением(единицей), а над маской (исходым числом, битовое представление которого нужно получить).

При сдвиге вправо для чисел без знака позиции битов, освобожденные при операции сдвига, заполняются нулями. Для чисел со знаком бит знака используется для заполнения освобожденных позиций битов. Другими словами, если число 25 является положительным, используется 0, если число является отрицательным, используется 1. При сдвиге влево позиции битов, освобожденных при операции сдвига, заполняются нулями. Сдвиг влево является логическим сдвигом (биты, сдвигаемые с конца, отбрасываются, включая бит знака).

Вещественные типы данных хранятся в памяти компьютера иначе, чем целочисленные. Внутреннее представление вещественного числа состоит из двух частей – мантиссы и порядка.

Для 32-разрядного процессора для float под мантиссу отводится 23 бита, под экспоненту – 8, под знак – 1. Для double под мантиссу отводится 52 бита, под экспоненту – 11, под знак – 1:



Увидеть, каким образом вещественные типы данных представляются в компьютере немного сложнее. Логические операции, которые использовались с int, для вещественных типов данных не подходят. Но это ограничение можно легко обойти, использовав объединения.

Объединения – это две или более переменных расположенных по одному адресу (они разделяют одну и ту же память). Объединения определяются с использованием ключевого слова union. Объединения не могут хранить одновременно несколько различных значений, они позволяют интерпретировать несколькими различными способами содержимое одной и той же области памяти.

С объединениями нужно быть острожным. Вся работа с памятью требует грамотного подхода. Более подробно с объединениями можно будет ознакомиться при изучении структур. Пока что объедения будут служить инструментом для работы с float и double.

#include <iostream>

using namespace std;

int main()

{

union {

int tool;

float numb\_f = 3.14;

};

cout << tool << endl; // 1078523331

cout << numb\_f << endl; // 3.14

tool = tool >> 1; // побитовый сдвиг вправо

cout << tool << endl; // 5392261665

cout << numb\_f; // 1.3932e-19

return 0;

}

Подобные манипуляции возможны благодаря тому, что int и float занимают 4 байта. Проводя манипуляции над tool, мы изменяем значение numb\_f. Таким образом, алгоритм, который использовался для представления в памяти int может использоваться и для float.

Алгоритм представления double немного отличается. Под вещественное число с двойной точностью отводится 8 байт, в то время как под int всего 4 байта. Но и это ограничение можно легко обойти. Так как данные любой линейной структуры в память записываются последовательно (друг за другом), можно использовать массив из двух int, под который будет отведено 8 байт.

#include <iostream>

using namespace std;

int main()

{

int value = -127; // Значение числа

unsigned int order = 32; // Количество разрядов

unsigned int mask = 1 << order – 1; // Маска побитового сравнения

for (int i = 1; i <= order; i++)

{

putchar(value & mask ? '1' : '0');

value <<= 1; // Побитовый сдвиг числа

if (i % 8 == 0)

{

putchar(' ');

}

if (i % order – 1 == 0)

{

putchar(' ');

}

}

return 0;

}

В консоль будет выведено: 1 1111111 11111111 11111111 10000001.

**Постановка задачи.**

Необходимо разработать алгоритм и написать программу, которая будет определять и выводить на экран объём памяти (в байтах), выделяемой на компьютере для различных типов данных:

* int, short int, long int;
* float, double, long double;
* char;
* bool.

Также программа должна выводить на экран двоичное представление (все разряды) целых чисел, чисел типа float и double.

**Выполнение работы.**

| Ввод пользователем и обработка данных | | Работа алгоритма и вывод на экран |
| --- | --- | --- |
| Вывод количества памяти (в байтах), отводимого под различные типы данных со спецификаторами и без. | | |
| При запуске программы перед пользователем появляется размер стандартных типов данных С++ | | Размер типа определяется оператором sizeof(), вывод представлен на рисунке: |
| Вывод на экран двоичного представления в памяти целого числа | | |
| Пользователь вводит целое число | | Применение битового умножения и сдвигов позволяет вывести на экран отображение целого числа в памяти: |
| Вывод на экран двоичного представления в памяти вещественного числа | | |
| Пользователь вводит вещественное число | Применение битового умножения и сдвигов позволяет вывести на экран отображение вещественного числа в памяти: | |
| Вывод на экран двоичного представления в памяти (все разряды) типа double. | | |
| Пользователь вводит вещественное число двойной точности | Применение битового умножения и сдвигов позволяет вывести на экран отображение вещественного числа двойной точности в памяти. Используется массив из двух целый чисел, размер которого равен типу double: | |
| Инвертирование всех битов | | |
| Пользователь вводит цифру, которая решает, будут ли изменены биты у числа. | Неоднократное инвертирование всех битов | |

**Выводы.**

В ходе работы были изучены различные типы данных, включая те, что не имеют спецификаторов, а также разряды чисел. Также были освоены логические операции, такие как побитовый сдвиг (<<) и поразрядная конъюнкция (&).

Кроме того, была создана программа, способная определять объем памяти (в байтах), выделяемый для различных типов данных. Она выводит на экран двоичное представление целых чисел, а также типов float и double в памяти.

Приложение А

рабочий код

#include <iostream>

using namespace std;

int main() {

setlocale(0, "";

// Задание 1

cout << "int = " << sizeof(int) << " байт" << "\n";

cout << "short int = " << sizeof(short int) << " байт" << "\n";

cout << "long int = " << sizeof(long int) << " байт" << "\n";

cout << "float = " << sizeof(float) << " байт" << "\n";

cout << "double = " << sizeof(double) << " байт" << "\n";

cout << "long double = " << sizeof(long double) << " байт" << "\n";

cout << "char = " << sizeof(char) << " байт" << "\n";

cout << "bool = " << sizeof(bool) << " байт" << "\n" << endl;

// Задания 2,3,4

int dtypes;

do {

cout << "Задания на двоичное представление" << "\n" << "Для представления числа типа int введите 1" << "\n" << "Для представления числа типа float введите 2" << "\n" << "Для представления числа типа double введите 3" << "\n" << "Для выхода введите 0" << "\n";

cin >> dtypes;

while (dtypes != 1 && dtypes != 2 && dtypes != 3 && dtypes != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> dtypes;

}

int number1, rep = 0, inverted = 0, inv = 1, newn = 1;

unsigned int mask;

switch (dtypes) {

case 1:

// Задание 2

do {

cout << "Число типа int: ";

cin >> number1;

do {

mask = 1 << (sizeof(int) \* 8 - 1);

if (inverted == 1) {

number1 = ~number1;

}

for (int i = 0; i < sizeof(int) \* 8; i++, mask >>= 1) {

if (number1 & mask) {

cout << '1';

}

else {

cout << '0';

}

if (i % 8 == 0) {

cout << " ";

}

}

cout << "\n" << "Число: " << number1;

cout << "\n" << "Вы хотите инвертировать данное число? [1/0]" << "\n";

cin >> inv;

while (inv != 1 && inv != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> inv;

}

if (inv == 1) {

inverted = 1;

}

else {

inverted = 0;

cout << "\n" << "Выбрать новое число типа int? [1/0]" << "\n";

cin >> newn;

while (newn != 1 && newn != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> newn;

}

}

} while (inv == 1);

} while (newn == 1);

cout << "\n";

break;

case 2:

// Задание 3

union {

float number2;

int in2;

};

do {

cout << "Введите число типа float: ";

cin >> number2;

do {

mask = 1 << (sizeof(float) \* 8 - 1);

if (inverted == 1) {

in2 = ~in2;

}

for (int i = 0; i < sizeof(float) \* 8; i++, mask >>= 1) {

if (in2 & mask) {

cout << '1';

}

else {

cout << '0';

}

if (i == 0 || i == 8) {

cout << " ";

}

}

cout << "\n" << "Число: " << number2;

cout << "\n" << "Вы хотите инвертировать данное число? [1/0]" << "\n";

cin >> inv;

while (inv != 1 && inv != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> inv;

}

if (inv == 1) {

inverted = 1;

}

else {

inverted = 0;

cout << "\n" << "Выбрать новое число типа float? [1/0]" << "\n";

cin >> newn;

while (newn != 1 && newn != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> newn;

}

}

} while (inv == 1);

} while (newn == 1);

break;

cout << "\n";

case 3:

// Задание 4

union {

double number3;

int d[2];

};

do {

cout << "Введите число типа double: ";

cin >> number3;

do {

mask = 1 << (sizeof(int) \* 8 - 1);

if (inverted == 1) {

d[1] = ~d[1];

d[0] = ~d[0];

}

for (int i = 0; i < sizeof(int) \* 8; i++, mask >>= 1) {

if (d[1] & mask) {

cout << '1';

}

else {

cout << '0';

}

if (i == 0 || i == 11) {

cout << " ";

}

}

mask = 1 << (sizeof(int) \* 8 - 1);

for (int i = 0; i < sizeof(int) \* 8; i++, mask >>= 1) {

if (d[0] & mask) {

cout << '1';

}

else {

cout << '0';

}

}

cout << "\n" << "Число: " << number3;

cout << "\n" << "Вы хотите инвертировать данное число? [1/0]" << "\n";

cin >> inv;

while (inv != 1 && inv != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> inv;

}

if (inv == 1) {

inverted = 1;

}

else {

inverted = 0;

cout << "\n" << "Выбрать новое число типа double? [1/0]" << "\n";

cin >> newn;

while (newn != 1 && newn != 0) {

cout << "Некорректный ввод" << "\n";

cin >> newn;

}

}

} while (inv == 1);

} while (newn == 1);

break;

cout << "\n";

}

} while (dtypes != 0);

}