Лабораторна робота № 1

Робота з базовими типами даних

Мета роботи: отримати практичні навички по роботі з базовими типами даних (простими і складними типами даних).

Методичні вказівки

Тип даних визначає множину значень, набір операцій, які можна застосовувати до таких значень, а також спосіб реалізації зберігання значень і виконання операцій.

Розрізняють прості, складові та інші типи даних.

Прості типи даних можна розділити на:

- цілочисельні;
- дійсні;
- символьні;
- перерахування;
- логічні.

Складові (складні) типи даних можна розділити на:

- масиви;
- строкові;
- структури,
- об'єднання,
- класи.

Також існують інші типи даних:

- покажчики;
- посилання.

Коротко згадаємо основні типи даних.

Цілочисельні дані можуть бути представлені в знаковій та беззнаковій формі.

Беззнакові цілі числа можуть бути представлені у вигляді послідовності бітів в діапазоні від 0 до 2^n-1, де n-кількість розрядів.

Знакові цілі числа можуть бути представлені в діапазоні -2^{n-1} ... + 2^{n-1}-1. При цьому старший біт даних відводиться під знак числа («0» відповідає позитивному числу, «1» - негативному).

Дійсний тип призначений для представлення дробових чисел. Дійсні числа представляються в розрядної сітці обчислювальної машини у нормованої форми. *Нормована форма* числа передбачає наявність однієї значущої цифри до поділу цілої і дробової частини та множиться на основу системи числення у відповідній степені числа. Наприклад, число 12345,678 у нормованій формі для десяткової системи числення можна представити як:

$12345{,}678 = 1{,}2345678 \cdot 10^4$.

Або число 0,009876 у нормованій формі для десяткової системи числення можна представити як:

$0{,}009876 = 9{,}876 \cdot 10^{-3}$.

У двійковій системі числення значущий розряд, який розташовується перед роздільником цілої і дробової частини, може бути лише 1. У разі коли число не можна представити у нормованій формі (наприклад, число 0), тоді значущий розряд перед

роздільником цілої і дробової частини дорівнює 0. Значущі розряди числа в нормованій формі, які стоять після роздільника цілої та дробової частини, називають мантисою числа.

Приклад: представимо дійсне число -178,125 у 32-розрядній сітці (тип float). Для цього виконаємо перетворення окремо цілої та дробової частин у двійкову систему числення:

$178_{10} = 10110010_2$.

$0{,}125_{10} = 0{,}001_2$.

Тоді

$178{,}125_{10} = 10110010{,}001_2$.

Для перетворення числа у нормовану форму здійснюється зсув коми на 7 розрядів вліво, щоб залишився один розряд.

$178{,}125_{10} = 10110010{,}001_2 = 1{,}0110010001 \cdot 2^{111}$

Для визначення степеню числа виконаємо збільшення числа на 127, щоб уникнути від'ємних чисел:

0111111+00000111 = 10000110.

Таким чином, число -178,125 можна представити у 32-розрядній сітці як:

Зн.	Степень								Мантисса																					
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Перерахування — тип даних у якого множина значень являє собою обмежений список ідентифікаторів.

Загальний синтаксис визначення шаблону перераховується типу має вигляд:

```
enum ім’я_шаблону {
  ідентіфікатор1,
  ідентіфікатор2,
// інші ідентифікатори
};
```

Приклад визначення типу перерахування для днів тижня:

```
enum days_of_week {
  Mon,
  Tue,
  Wed,
  Thu,
  Fri,
  Sat,
  Sun
};
```

Замість типу перерахування можна було б використовувати оголошення констант наступним чином:

```
const char Mon = 0;
const char Tue = 1;
const char Wed = 2;
```

тощо.

Подібне рішення допустимо, але не цілком прийнятно, оскільки ми не можемо, наприклад, гарантувати, що аргумент, який передається в функцію, буде дорівнювати лише 0, 1 або 6. Використання типу перерахування вирішує дану проблему, тобто тепер змінні можуть приймати лише значення, які вказанні у перерахуванні.

Якщо необхідно, щоб перерахування відповідали певним значенням, наприклад, починалися з одиниці, константи перерахування необхідно ініціалізувати. У цьому випадку попередній приклад можна записати в наступному вигляді:

```
enum days_of_week {
  Mon=1,
  Tue,
  Wed,
  Thu,
  Fri,
  Sat,
  Sun
};
```

Структури — набір різних типів даних, що зберігаються як єдине ціле, але передбачають доступ до окремих полів структури. Для доступу до полів структури використовується точкова нотація.

Структури:

- полегшують написання і розуміння програм;
- допомагають згрупувати дані, що об'єднуються будь-яким загальним поняттям;
- дозволяють групу пов'язаних між собою змінних використовувати як множина окремих елементів, а також як єдине ціле.

Структури доцільно використовувати там, де необхідно об'єднати дані, що відносяться до одного об'єкту.

Визначення структури складається з двох кроків:

- визначення шаблону структури (задання нового типу даних, що визначається користувачем);
- оголошення змінних визначеного шаблону.

Загальний синтаксис визначення шаблону структури має вигляд:

```
struct ім’я_шаблону {
  тип1 назва_змінної1;
  тип1 назва_змінної2;
  // інші ідентифікатори даних;
};
```

Назва шаблонів повинна бути унікальною в межах області визначення для того, щоб компілятор міг розрізняти різні типи шаблонів. Задання шаблону здійснюється за допомогою ключового слова *struct*, за яким слідує ім'я шаблону структури і список елементів, що розміщений у фігурних дужках.

Назви елементів в одному шаблоні також повинні бути унікальними. Однак в різних шаблонах можна використовувати однакові назви елементів.

Задання тільки шаблону не потребує резервування пам'яті компілятором. Шаблон надає компілятору необхідну інформацію про елементи змінної структурного типу для

резервування місця в оперативній пам'яті, організацію доступу до змінної і використання окремих елементів структурної змінної.

Приклад оголошення шаблону структури типу *date*:

```
struct date {
  unsigned char nWeekDay
  unsigned char nMonthDay;
  unsigned char nMonth;
  unsigned char nYear;   //останні 2 цифри року
};
```

Багато задач вимагають створення мінімальних за розміром програм. Один із способів економії пам'яті у програмах, використовуючи мову програмування C/C++, полягає в використанні *бітових полів* для представлення сукупності даних цілого типу.

В цьому випадку синтаксис визначення шаблону структури матиме вигляд:

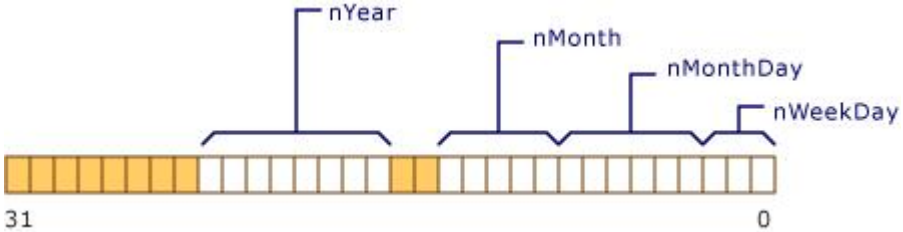
```
struct ім’я_шаблону {
  тип1 назва_змінної1 : r1;
  тип1 назва_змінної 1: r2;
  // інші ідентифікатори : r3;
};
```

де r1, r2, r3 — розрядність полів структури.

У наступному прикладі визначається структура типу *date*, яка аналогічна попередньому прикладу, але містить бітові поля:

```
struct date {
  unsigned short nWeekDay  : 3;    // 0..7   (3 bits)
  unsigned short nMonthDay : 6;    // 0..31  (6 bits)
  unsigned short nMonth    : 5;    // 0..12  (5 bits)
  unsigned short nYear     : 8;    // 0..100 (8 bits)
};
```

На наступному рисунку показана структура пам'яті для типу *date*.



Структура займає у пам’яті 32 біти (2 слова *unsigned short*). Перші 4 поля розміщені у першому слові *unsigned short* (сума розрядів усіх полів дорівнює 14 біт, що не перевищує 16 біт). Зверніть увагу, що поле *nYear* має розрядність 8 біт і не може бути розміщене в останіх 2 бітах *unsigned short*, тому воно перебуває на початку нового слова *unsigned short*. Зовсім не обов'язково, щоб всі бітові поля поміщалися в один об'єкт базового типу. Допускається використання анонімних бітових полів (тобто бітові поля без ідентифікатору). Неіменоване бітове поле шириною 0 забезпечує вирівнювання наступного бітового поля по кордону типу члена структури.

Об'єднання є значення або структура даних, яке може мати кілька різних представлень даних.

Об'єднання схожі на структури, з тією різницею, що всі поля розміщуються за однією адресою. Це означає, що розмір об'єднання дорівнює розміру найбільшого його полю.

Об'єднання можуть бути корисні для економії пам'яті при наявності множини об'єктів і/або обмеженій кількості пам'яті. Однак для їх правильного використання потрібна підвищена увага.

Загальний синтаксис оголошення шаблону об'єднання має вигляд:

```
union ім’я_шаблону {
  тип1 назва_змінної1;
  тип1 назва_змінної2;
  // інші ідентифікатори даних;
};
```

Розглянемо приклад. Припустимо, що необхідно до 16-розрядного значення мати можливість звертатися побайтово. В цьому випадку можна оголосити об'єднання:

```
union data16 {
  struct {
    unsigned char low;
    unsigned char high;
  } bytes;
  unsigned short word;
};
```

Порядок виконання роботи

1. Стандартна бібліотека *time.h* мови програмування *C* використовує структуру для зберігання компонентів дати і часу. Однак ця структура не є оптимальною з точки зору використовуваної пам'яті.

Завдання – розробити власну структуру даних для зберігання дати і часу (день, місяць, рік, години, хвилини, секунди), яка буде займати мінімально можливий обсяг пам'яті в байтах.

Необхідно написати програму, яка зчитує зі стандартного потоку введення (клавіатури) дату і час, зберігає їх у вашій структурі, а також заповнює стандартну структуру struct tm. Потім програма повинна вивести збережений час у красивому форматі на стандартний потік виведення (монітор) і порівняти розміри пам'яті, зайнятої вашою структурою і стандартною struct tm.

Формат вхідних даних:

Єдиний рядок вхідних даних містить шість цілих чисел, розділених пробілами:

D M Y H M S

де:

D – день (1..31)

M – місяць (1..12)

Y – рік (наприклад, 2026)

H – години (0..23)

M – хвилини (0..59)

S – секунди (0..59)

Гарантується, що введені дата і час є коректними.

Формат вихідних даних:

У першому рядку виведіть введені дату і час у форматі DD.MM.YYYY HH:MM:SS.

У другому рядку виведіть розмір вашої структури в байтах.

У третьому рядку виведіть розмір стандартної структури struct tm в байтах.

Ось так повинен виглядати вивід:

Date and Time now: DD.MM.YYYY HH:MM:SS

My struct size: X bytes

Standard struct tm size: Y bytes

де X та Y – числа, які показують розмір вашої і стандартної структур відповідно.

2. Реалізувати введення цілочисельного значення типу *signed short*. Визначити знак числа, використовуючи: 1) структури даних та об'єднання; 2) побітові логічні операції.

Формат вхідних даних:

Ціле число.

Формат вихідних даних:

Знак числа. Виводити символ “-” або “+”.

3. Виконати операції:

а) 5 + 127; б) 2-3; в) -120-34; г) (unsigned char) (- 5); д) 56 & 38; е) 56 | 38.

Всі значення (константи) повинні зберігатися в змінних типу *signed char*.

Формат вхідних даних:

Відсутні.

Формат вихідних даних:

A B C D E F G

де A B C D E F G – числа, які показують результат обчислення 6 прикладів.

Виконати перевірку результату в ручну. Пояснити результат, використовуючи двійкову систему числення.

4. Завдання – прочитати і заповнити структуру даних (об'єднання) для зберігання дійсного числа типу *float* в найбільш компактному вигляді. Проаналізувати структуру даних та вивести у стандартний потік виведення (монітор): 1) значення побітово; 2) значення побайтово у шістнадцятковій системі числення; 3) значення знака, мантиси і степінь числа. Виконати перевірку результату в ручну. Визначити обсяг пам'яті, яку займає змінна користувацького типу.

Формат вхідних даних:

Єдиний рядок вхідних даних містить одне дійсне число типу *float*.

Формат вихідних даних:

Програма повинна вивести чотири рядки:

1) *Побітове представлення*: рядок з 32 символів “0” і “1”, що представляє всі біти числа.

2) *Побайтове представлення*: 4 значення в шістнадцятковому форматі (два символи на байт), розділені пробілами.

3) Компоненти числа: інформація про знак, зміщену експоненту і мантису в форматі:

Sign: S Exponent: E Mantissa: M

де

S: символ «+» або «-»;

E: ціле число (експонента);

M: рядок з 23 бітів мантиси (символи “0” і “1”).

4) Розмір вашої структури даних (об'єднання) в байтах у форматі:

Union size: X bytes

Приклад результату виведення:

```
11000001010010000000000000000000
C1 4A 00 00
Sign: - Exponent: 3 Mantissa: 10010000000000000000000
Union size: 4 bytes
```