

Основы программирования

Статические массивы в C/C++

Описание и индексация

Общий формат описания одномерного статического массива: **тип имя_массива [длина] ;**

тип – тип отдельных элементов

имя_массива – идентификатор (имя переменной)

длина – число элементов (константа)

Примеры описания и использования:

```
int i, j, k, a[100]; double x[20], y[10];
j = a[i]; cin >> a[5]; a[i+1] = k + 1;
a[j++] = a[k++];
if (a[k] < 0) a[k] = 0;
cout << x[i]; y[k+2] = x[i-1] * 2.71;
if (y[i] >= a[i]) cout << y[i] << endl;
```

Пример ввода и вывода массива

```
#define N 10
```

```
...
```

```
...
```

```
int i, arr[N];
```

```
for (i = 0; i < N; i++)
```

```
    cin >> arr[i];
```

```
i = 0;
```

```
while (i < N)
```

```
    cout << arr[i++] << " ";
```

Генерация случайных чисел

Компьютер – детерминированная система, он в принципе не допускает никаких случайностей, случайности он может лишь имитировать!

Для получения последовательности **псевдослучайных чисел** (выглядит, как случайная) в C++ определены:

- константа **RAND_MAX** (обычно она равна 32767)
- стандартная функция **rand()**, которая генерирует случайные целые числа по формуле:

$$x_{i+1} = (a \cdot x_i + c) \bmod (\text{RAND_MAX} + 1),$$

где a , c – особые константы (целые числа),

x_i , x_{i+1} – предыдущий и последующий элементы последовательности, $0 \leq x_i \leq \text{RAND_MAX}$.

- стандартная функция **srand(rand_value)**, которая задает начальный элемент последовательности

Примеры генерации

```
#include <ctime>
```

```
int k, mas[20]; double arr[50];
```

1. Целые числа в диапазоне [0, RAND_MAX]:

```
for (k = 0; k < 20; k++)  
    mas[k] = rand();
```

2. Целые числа в диапазоне [10, 30]:

```
srand(7);  
for (k = 0; k < 20; k++)  
    mas[k] = rand() % 21 + 10;
```

3. вещественные числа в диапазоне [0.0, 1.0]:

```
srand(time(0));  
for (k = 0; k < 50; k++)  
    arr[k] = (double)(rand()) / RAND_MAX;
```

Использование части массива

```
#define N 10000
#include <ctime>
...
int n, x[N], a, b;
cout << "Input array length: ";
cin >> n;
cout << "Input value range: ";
cin >> a >> b;
srand(time(0));
for (int k = 0; k < n; k++)
    x[k] = rand() % (b - a + 1) + a;
```

Пример: сумма элементов массива

Сумму S_n n элементов массива x можно представить рекуррентным соотношением:

$$\begin{cases} S_0 = 0, \\ S_i = S_{i-1} + x_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Алгоритм (i – число элементов в сумме):

```
for (S = 0, i = 1; i <= n; i++)  
    S += x[i-1];
```

или эквивалентный:

```
S = i = 0;  
while (i < n)  
{ S += x[i]; i++; }
```

Трудоёмкость $T(n) = O(n)$

Пример: поиск минимума в массиве

Для минимального элемента $minval_n$ в массиве x длины n выполняется рекуррентное соотношение:

$$\begin{cases} minval_1 = x_0, \\ minval_i = \min(minval_{i-1}, x_{i-1}), & i = 2, \dots, n. \end{cases}$$

Алгоритм (переменная **minval** содержит текущее значение минимума):

```
minval = x[0];  
for (i = 1; i < n; i++)  
    if (minval > x[i]) minval = x[i];
```

Трудоёмкость $T(n) = O(n)$

Примеры тестов

Тесты по методу **черного ящика** (внутренняя структура программы неизвестна):

- минимальное $n=1$, например, $x[1]=10$;
- n на 1 больше минимального, $n=2$, например:
 - 1) $x[0]=10, x[1]=5$;
 - 2) $x[0]=5, x[1]=10$;
- n большее, например, $n=4$, например:
 - 1) $x[0]=10, x[1]=5, x[2]=1, x[3]=-2$;
 - 2) $x[0]=-5, x[1]=0, x[2]=1, x[3]=7$;
 - 3) $x[0]=5, x[1]=5, x[2]=5, x[3]=5$;(значения по убыванию, по возрастанию, одинаковые)

Примеры тестов

Тесты по методу **белого ящика** (на основе известной внутренней структуры программы):

- такое n , чтобы цикл ни разу не выполнялся, $n=1$;
- $n=2$, чтобы цикл выполнялся 1 раз, такой массив, чтобы:
 - 1) условие `minval > x[i]` было истинным ;
 - 2) условие `minval > x[i]` было ложным ;
- n большее, например, $n=4$, такой массив, чтобы:
 - 1) условие `minval > x[i]` всегда было истинным ;
 - 2) условие `minval > x[i]` всегда было ложным ;

Пример: поиск номера минимального элемента

Данный алгоритм практически совпадает с алгоритмом поиска минимального значения. Нужно только учесть связь номера **`nmin`** и значения **`minval`** минимального элемента массива **`x`**: **`minval = x[nmin]`**.

Алгоритм (переменная **`nmin`** содержит текущее значение **номера** минимального элемента):

```
nmin = 0;  
for (i = 1; i < n; i++)  
    if (x[nmin] > x[i]) nmin = i;
```

Трудоемкость $T(n) = O(n)$

Полином от x степени n в виде формулы Горнера

$$\begin{aligned} P_n(x) &= a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = \\ &= (\dots(a_n x + a_{n-1})x + \dots + a_1)x + a_0 \end{aligned}$$

где $a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0$ – коэффициенты

Рекуррентное соотношение:

$$\begin{cases} P_0 = a_n, \\ P_i = P_{i-1}x + a_{n-i}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Алгоритм:

```
P = a[n];  
for (i = 1; i <= n; i++)  
    P = P * x + a[n-i];
```

Трудоемкость $T(n) = O(n)$

Позиционные системы счисления

Любое **целое неотрицательное число** имеет различные **представления** в разных **позиционных системах счисления**.

В каждой системе счисления определены:

- **основание системы p**
- **“цифры” – целые числа в диапазоне $[0, p-1]$.**

Если целое число $V \geq 0$ представляется в системе с основанием p последовательностью цифр $a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$, $0 \leq a_i < p$, то это значит, что **значение** числа равно:

$$V = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0.$$

Примеры систем счисления

Десятичная: $p = 10$, цифры 0, 1, ..., 8, 9

Двоичная: $p = 2$, цифры 0, 1

Шестнадцатеричная: $p = 16$,

цифры 0, 1, ..., 8, 9, A, B, C, D, E, F (буквенные обозначения для “цифр” от 10 до 15)

Примеры представления чисел:

Десятичные	Двоичные (8 бит)	16-ричные	Константы в C
10	00001010	A	0x0A
30	00011110	1E	0x1E
64	01000000	40	0x40
127	01111111	7F	0x7F
240	11110000	F0	0xF0

Целые неотрицательные числа

Числа типа **int** занимают 4 байта. Число является неотрицательным, если старший (самый левый) бит в его записи равен 0. **Максимально возможное число** содержит 1 нуль и 31 единицу, его значение:

$$2^{31} - 1 = 2147483647 = 0x7FFFFFFF$$

Числа типа **unsigned int** всегда неотрицательные. **Максимальное значение:**

$$2^{32} - 1 = 4294967295 = 0xFFFFFFFF$$

Числа типа **short int** аналогичны **int**, но занимают 2 байта. **Максимальное значение:**

$$2^{15} - 1 = 32767 = 0x7FFF$$

Отрицательные целые числа

Если старший бит числа типа `int` равен 1, то считается, что число является отрицательным и заданным в дополнительном коде.

Перевод числа $N = 32$ в дополнительный код для получения представления $-N$ (в пределах байта):

- в двоичном виде $N = 00100000$
- инвертируем все биты числа и получаем 11011111
- прибавляем 1 к этому значению, получим 11100000

Минимальное целое число = -2147483648 , единица и 31 нуль или $0x80000000$ в дополнительном коде

Максимальное отрицательное число = -1 , 32 единицы или $0xFFFFFFFF$ в дополнительном коде ₁₆

Вычисление цифр a_0, a_1, \dots, a_n целого числа $V_n > 0$ в системе счисления с основанием p

Рекуррентное соотношение:

$$\begin{cases} a_i = V_{n-i} \bmod p, \\ V_{n-i-1} = V_{n-i} / p, \quad i = 0, 1, \dots, n, \quad V_{n-i} > 0, \end{cases}$$

Алгоритм:

```
for (i = 0; v > 0; i++)
{
    a[i] = v % p;
    v /= p;
}
n = i - 1;
```

Двумерные статические массивы

Общий формат описания двумерного статического массива (матрицы):

тип имя_массива [число_строк] [число_столбцов] ;

тип – тип отдельных элементов

имя_массива – идентификатор (имя переменной)

число_строк и **число_столбцов** – константы

Примеры описания и использования:

```
int i, j, k, a[10][10]; double x[20][5], z;  
k = a[i][j]; cin >> a[5][0];  
a[i][i+2] = k + 1; a[i][j] = a[j][i];  
if (a[k][k] < 0) a[k][k] = 0;  
cout << x[i+1][4]; z = x[i+j][j+2] * 2.71;  
if (y[i] >= a[i]) cout << y[i] << endl;
```

Использование части массива

```
#define ROW 100
```

```
#define COL 100
```

```
...
```

```
int n, m, x[ROW][COL], a, b, i, j;
```

```
cout << "Number of rows and cols: ";
```

```
cin >> n >> m;
```

```
cout << "Value range: ";
```

```
cin >> a >> b;
```

```
for (i = 0; i < n; i++)
```

```
    for (j = 0; j < m; j++)
```

```
        x[i][j] = rand() % (b-a+1) + a;
```

Транспонирование квадратной матрицы

Исходная

11 12 13 14
21 22 23 24
31 32 33 34
41 42 43 44

Транспонированная матрица

11 21 31 41
12 22 32 42
13 23 33 43
14 24 34 44

Меняем элементы выше и ниже главной диагонали:

```
for (i = 0; i < n - 1; i++)  
    for (j = i+1; j < n; j++)  
    {  
        z=x[i][j]; x[i][j]=x[j][i];  
        x[j][i] = z;  
    }
```

Трудоемкость: $T(n) = O(n^2)$