Основы Программирования

Лекция #3

21/09/2019

Темы:

1. Ссылки
2. Динамическая память
3. Многомерные массивы
4. Константные указатели

Недостатки указателей

- Использование указателей синтаксически загрязняет код и усложняет его понимание. (Приходится использовать операторы * и &)
- Указатели могут быть неинициализированными (некорректный код).
- Указатель может быть нулевым (корректный код), а значит указатель нужно проверять на равенство нулю.
- Арифметика указателей может сделать из корректного указателя некорректный (легко промахнуться).

Ссылки

- Для того, чтобы исправить некоторые недостатки указателей, в C++ введены ссылки.

```
void swap(int &a, int &b)
{
        int t = b;
        b = a;
        a = t;
}
int main()
{
        int k = 10, m = 20;
        swap(k, m);
        cout << k << ’ ’ << m << endl; // 20 10
        return 0;
}
```

Различия ссылок и указателей

- Ссылка не может быть неинициализированной.

```
int *p; // OK
int &l; // ошибка
```

- У ссылки нет нулевого значения.

```
int *p = nullptr; // OK
int &l = 0; // ошибка
```

- Ссылку нельзя переинициализировать.

```
int a = 10, b = 20;
int *p = &a; // p указывает на a
p = &b; // p указывает на b
int &l = a; // l ссылается на a
l = b; // a присваивается значение b
```

Различия ссылок и указателей

- Нельзя получить адрес ссылки или ссылку на ссылку.

```
int a = 10;
int *p = &a; // p указывает на a
int **pp = &p; // pp указывает на переменную p
int &l = a; // l ссылается на a
int *pl = &l; // pl указывает на переменную a
int &&ll = l; // ошибка
```

- Нельзя создавать массивы ссылок.

```
int *mp[10] = {}; // массив указателей на int
int &ml[10] = {}; // ошибка
```

- Для ссылок нет арифметики.

lvalue и rvalue

- Выражения в C++ можно разделить на два типа:
  1. lvalue — выражения, значения которых являются ссылкой на переменную/элемент массива, а значит могут быть указаны слева от оператора =
  2. rvalue — выражения, значения которых являются временными и не соответствуют никакой переменной/элементу массива
- Указатели и ссылки могут указывать только на lvalue.

```
int a = 10, b = 20;
int m[10] = {1, 2, 3, 4, 5, 5, 4, 3, 2, 1};
int &l1 = a; // OK
int &l2 = a + b; // ошибка
int &l3 = *(m + a / 2); // OK
int &l4 = *(m + a / 2) + 1; // ошибка
int &l5 = (a + b > 10) ? a : b; // OK
```

Время жизни переменной

```
int *foo()
{
        int a = 10;
        return &a;
}
int &bar()
{
        int b = 20;
        return b;
}

//....

int *p = foo();
int &l = bar();
```

Динамическая память

- Стек программы ограничен. Он не предназначен для хранения больших объемов данных.

```
// Не умещается на стек
double m[10000000] = {}; // 80 Mb
```

- Время жизни локальных переменных ограничено временем работы функции.
- Динамическая память выделяется в сегменте данных.
- Структура, отвечающая за выделение дополнительной памяти, называется кучей (heap) (не нужно путать с одноимённой структурой данных).
- Выделение и освобождение памяти управляется вручную.

Выделение памяти в стиле C

- Стандартная библиотека cstdlib предоставляет четыре функции для управления памятью:

```
void *malloc(size_t size);
void *calloc(size_t nmemb, size_t size);
void *realloc(void *ptr, size_t size);
void free(void *ptr);
```

- size_t — специальный целочисленный беззнаковый тип, может вместить в себя размер любого типа в байтах.
- Тип size_t используется для указания размеров типов данных, для индексации массивов и пр.
- void* — это указатель на нетипизированную память.

Выделение памяти в стиле C

```
void *malloc(size_t size);
void *calloc(size_t nmemb, size_t size);
void *realloc(void *ptr, size_t size);
void free(void *ptr);
```

- malloc — выделяет область памяти размера ≥ size. Данные не инициализируются.
- calloc — выделяет массив из nmemb размера size. Данные инициализируются нулём.
- realloc — изменяет размер области памяти по указателю ptr на size (если возможно, то это делается на месте).
- free — освобождает область памяти, ранее выделенную одной из функций malloc/calloc/realloc.

Выделение памяти в стиле C

```
// создание массива из 1000 int
int *m = (int *)malloc(1000 * sizeof(int));
m[10] = 10;
// изменение размера массива до 2000
m = (int *)realloc(m, 2000 * sizeof(int));
// освобождение массива
free(m);
// создание массива нулей
m = (int *)calloc(3000, sizeof(int));
free(m);
m = 0;
```

Выделение памяти в стиле C++

- Язык C++ предоставляет два набора операторов для выделения памяти:
  1. new и delete — для одиночных значений,
  2. new[] и delete[] — для массивов.
- Версия оператора delete должна соответствовать версии оператора new

```
// выделение памяти под один int со значением 5
int *m = new int(5);
delete m; // освобождение памяти
// создание массива значений типа int
m = new int[1000];
delete[] m; // освобождение памяти
```

Типичные проблемы при работе с памятью

- Проблемы производительности: создание переменной на стеке намного “дешевле” выделения для неё динамической памяти.
- Проблема фрагментации: выделение большого количества небольших сегментов способствует фрагментации памяти.
- Утечка памяти:

```
// создание массива из 1000 int
int *m = new int[1000];
// создание массива из 2000 int
m = new int[2000]; // утечка памяти
// Не вызван delete [] m, утечка памяти
```

Неправильное освобождение памяти

```
int *m1 = new int[1000];
delete m1; // должно быть delete [] m1

int *p = new int(0);
free(p); // совмещение функций C++ и C

int *q1 = (int *)malloc(sizeof(int));
free(q1);
free(q1); // двойное удаление

int *q2 = (int *)malloc(sizeof(int));
free(q2);
q2 = 0; // обнуляем указатель (или nullptr)
free(q2); // правильно работает для q2 = 0
```

Многомерные массивы

- Двумерный массив – объект данных T a[N][M], который:
  - Содержит N последовательно расположенных в памяти строк по M элементов типа T в каждой;
  - В общем и целом инициализируется аналогично одномерным массивам;
  - По характеристикам выравнивания идентичен объекту T a[N * M], что сводит его двумерный характер к удобному умозрительному приему, упрощающему обсуждение и визуализацию порядка размещения данных
- Массивы размерности больше двух считаются **многомерными**, при этом (N+1)-мерные массивы индуктивно определяются как линеаризованные массивы N-мерных массивов, для которых справедливо все сказанное об одно- и двумерных массивах

Многомерные массивы

```
int a[2][3] = {{1, 2, 3}, {4, 5, 6}};
int b[2][3] = {{0, 1}, {2, 3, 4}};
int c[2][3] = {0, 1, 2, 3, 4};

//результаты:
a: {1, 2, 3, 4, 5, 6}
b: {0, 1, 0, 2, 3, 4}
c: {0, 1, 2, 3, 4, 0}

// определение массивов размерности больше 2
double d[3][5][10];
```

Многомерные массивы и указатели

- Для многомерных массивов справедлив ряд тождеств, отражающих эквивалентность соответствующих выражений языка C. Так для двумерного массива T a[N][M] справедливо:
  - a == &a[0]; a + I == &a[i];
  - *a = a[0] == &[0][0];
  - **a == *&a[0][0] == a[0][0];
  - a[i][j] == *(*(a + i) + j);
- Использование операции разыменования * не имеет каких-либо преимуществ перед доступом по индексу, и наоборот.

Многомерные массивы и указатели

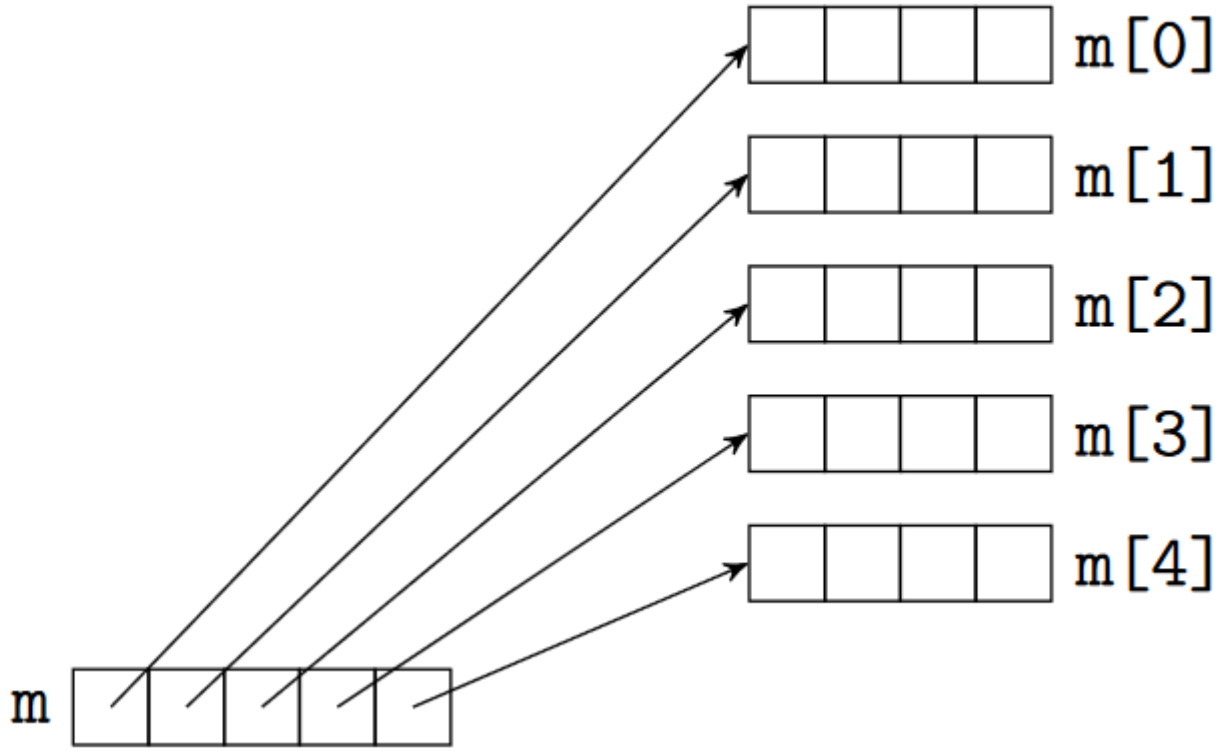
```
// указатели на массивы и массивы указателей
 int k[3][5];
 int (*pk)[5]; // указатель на массив int[5]
 int *p[5]; // массив указателей (int*)[5]

// примеры использования (все – допустимы)
 pk          = k; // аналогично: pk = &[0];
 pk[0][0]    = 1; // аналогично: k[0][0] = 1;
 *pk[0]      = 2; // аналогично: k[0][0] = 2;
 **pk        = 3; // аналогично: k[0][0] = 3;
```

Совместимость указателей: пример

```
// определения
 double *pd, **ppd;
 double (*pda)[2];
 double dbl32[3][2];
 double dbl23[2][3];
// допустимые примеры использования
 pd = &dbl32[0][0];          // double* -> double*
 pd = dbl32[1];              // double[] -> double*
 pda = dbl32;                // double(*)[2] -> double(*)[2];
 ppd = &pd;                          // double** -> double**
// недопустимые примеры использования
 pd = dbl32;                         // double[][] -> double*
 pda = dbl23;                // double(*)[3] -> double(*)[2]
```

Двумерный массив




```
int **m = new int *[5];
for (int i = 0; i < 5; i+)
        m[i] = new int[4];
```

Модификатор const

```
const int p = 4;
p = 5; // ошибка
```

Указатели на константы и константные указатели

- Различное положение квалификатора const в определении указателя позволяет вводить в исходном коде программ 4 разновидности указателей:
  1. “обычный” указатель – изменяемый указатель на изменяемую через него область памяти;
  2. Указатель на константу – изменяемый указатель на неизменяемую область памяти;
  3. Константный указатель – неизменяемый указатель на изменяемую через него область памяти;
  4. Константный указатель на константу – неизменяемый указатель на неизменяемую через него область памяти.

Указатели на константы и константные указатели

```
// пример 1: определение
 int* p1;                                  // обычный указатель
 const int* pc2;                           // указатель на константу
 int* const cp3;                           // константный указатель
 const int* const cpc4;            // константный указатель на константу
// пример 2: совместимость T*, const T* и const T**
 int*              pi;
 const int*        pci;
 const int**       ppci;
 pci = pi;                 // допустимо: int* -> const int*
 pi = pci;                 // недопустимо:       const int* -> int*
 ppci = &pi;               // недопустимо:       int** -> const int**
```

Указатели на константы и константные указатели

```
// можно использовать со ссылками:
 int p = 4;
 const int& x= p; // нельзя через x поменять значение p;
 x = 5; // ошибка

// константная ссылка – нонсенс
 int& const x; // не имеет смысла

 int* const cpi = &i;
// идентичен
 int& ri = i;
```

Указатели на константы и константные указатели

```
// гарантия, что переданный параметр не будет изменен
 void f1(const string& s);
 void f2(const string* sptr);
 void f3(string s); // будет работа с локальной копией
```