Программирование на C++

Лекция 3

ПМИ 2 курс

Демяненко Я.М.

ЮФУ 2025

Перечисления в C++98

enum DayOfWeek {MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN};

Каждый элемент перечисления — это целое число: MON = 0, TUE = 1, …
При этом существует возможность явно задавать значения элементов enum. Например:

enum DayOfWeek {MON, TUE = 3, WED, THU, FRI, SAT, SUN};
Тогда MON = 0, TUE = 3, WED = 4, …

Благодаря тому, что все имена перечисления являются целыми числами, возможно следующее присваивание:

```
int day = MON;     // Ok, day == 0;

DayOfWeek dow = 5;  // Ошибка компиляции

DayOfWeek wod1 = (DayOfWeek)5;

DayOfWeek wod2 = static_cast<DayOfWeek>(5);
```

Перечисления в C++11

При объявлении **enum** все имена перечисления экспортируются во внешнюю область видимости, это приводит к проблеме коллизии имен в крупных проектах.

Для решения данной проблемы в C++11 был введен **enum class** — строго типизированные перечисления с ограниченной областью видимости.

Объявление enum class происходит следующим образом:
enum class DayOfWeek {MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT = 6, SUN};

Особенности работы с перечислениями в C++11

```
enum class DayOfWeek {MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT = 6, SUN};

// Ошибка: WED нет в области видимости
int wday = WED;
// Ошибка при преобразовании DayOfWeek к int
int day = DayOfWeek::WED;

// Присваивание переменной значения из множества имен перечисления DayOfWeek
DayOfWeek dow = DayOfWeek::FRI;

// При необходимости присваивания переменной типа DayOfWeek целого числа
// можно воспользоваться оператором static_cast<type>(object);

DayOfWeek sat = static_cast<DayOfWeek>(6);
```

Использование перечислений

Часто имена перечислений используются в операторе switch.

```
dayOfWeek day;
…
switch (day) {
    case DayOfWeek::MON: cout << "Monday\n"; break;
    case DayOfWeek::TUE: cout << "Tuesday\n"; break;
    case DayOfWeek::WED: cout << "Wedesday\n"; break;
    case DayOfWeek::THU: cout << "Thusday\n"; break;
    case DayOfWeek::FRI: cout << "Friday\n"; break;
    case DayOfWeek::SAT: cout << "Satuday\n"; break;
    case DayOfWeek::SUN: cout << "Sunday\n"; break;
}
```

Массивы. Особенности массивов в C/C++:

- Элементы массивов индексируются с нуля
- **Нет контроля выхода за пределы массива**
- Высокая скорость работы с массивом (как следствие предыдущего)
- Массив не хранит свой размер

Работа с массивами в C/C++

<тип> <имя>[<размерность>];

```
// Создание массива из 5 элементов типа int
int b[5];

// Создание и инициализация массива из 4 элементов
int a[] = {2, 3, 5, 7};

// Запись в последний элемент массива
a[3] = 1;

// Так нельзя копировать, только в цикле
b = a;
```

Размеры массивов в C/C++

Так как массивы в C/C++ не помнят своего размера, то его необходимо определять вручную след. образом:

```
int size = sizeof(arr2) / sizeof(int);

// sizeof(arr2) возвращает размер массива в байтах
// sizeof(int) возвращает размер элемента массива
```

Цикл по массиву (for)

```
 int a[10], n,k;


for(int i=0; i<n; ++i) {
   cout<<i<<" array element ";
   cin>>a[i];
 }
```

Цикл по массиву (foreach)

```
int a[] = {3, 7, 9, 5, 7, 2, 7};

for (int x : a)     // Доступ к x только на чтение
   cout << x;

for (int &x : a)    // x передается по ссылке, поэтому
   x += 1;         // доступ есть на чтение и запись
```

Передача массива в функцию

В C/C++ массив всегда передается по ссылке, поэтому использование оператора sizeof() для определения его размера бесполезно.

При передаче массива в функцию следует явно передавать и его размер

```
const int n = 5;
int a[n] = {1, 3, 5, 6, 1};  // создали массив фиксированной длины 5
// …
void f(int a[], int len) {
 // создали функцию для работы с массивами любой заданной длины len
}

// …

f(a, n);                    // вызвали функцию для нашего массива длины 5
```

Функции могут изменять значения элементов массива.

Для предотвращения модификации исходного массива внутри тела функции можно в определении функции применять к параметру-массиву спецификатор типа **const**

Функции не должны модифицировать массивы без крайней необходимости (принцип наименьших привилегий):

```
int check_null(const int a[], int n)
```

Двумерные массивы

Двумерные массивы определяются как массив массивов.
Вот как будет выглядеть двумерный массив int a[3][4].

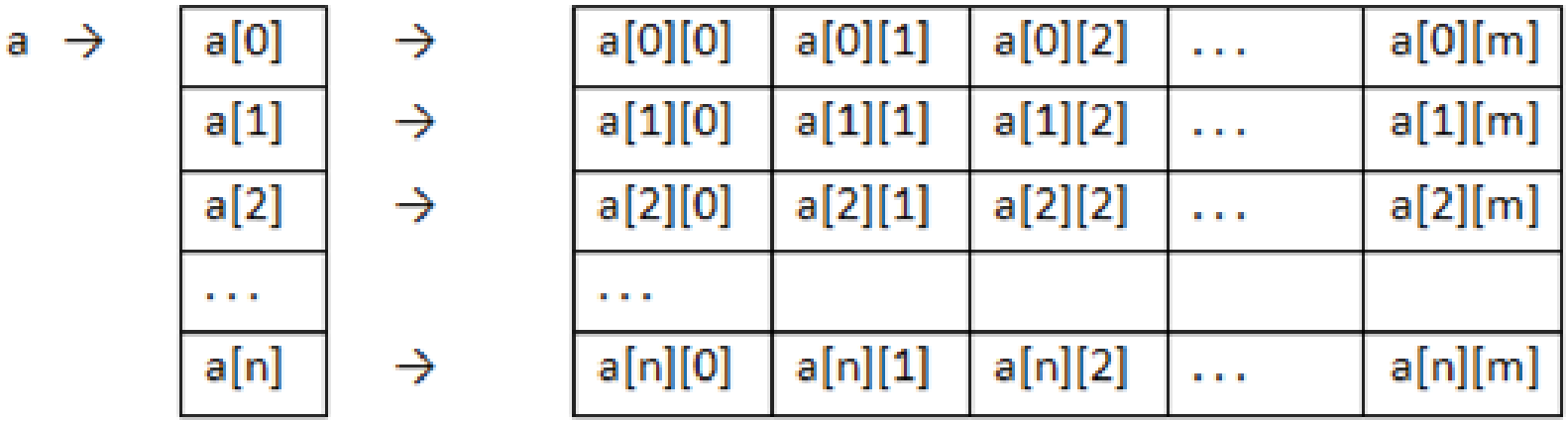
…	**a[ ][0]**	**a[ ][1]**	**a[ ][2]**	**a[ ][3]**
a[0][ ]	a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]	a[0][3]
a[1][ ]	a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]	a[1][3]
a[2][ ]	a[2][0]	a[2][1]	a[2][2]	a[2][3]

Передача в функции двумерных массивов

```
void print(int a[3][4], int m, int n) {
   for (int i = 0; i < n; i++)
       ...
}
```

При передаче массива в функцию сохранится размер массива **a[][4]**:
размер внешнего массива потеряется, а размер внутренних массивов сохранится.

Организация двумерного массива



Указатель

C++ унаследовал от C возможность работы на низком уровне

Пусть мы имеем ячейку памяти int i = 5

Объявление
 int *p;
вводит указатель, то есть переменную, которая может хранить адрес ячейки памяти с любым int, например, i

```
int i = 5;
int *p;
p = &i     // В указателе p хранится адрес ячейки памяти i
```

Можно использовать **нулевой указатель**, чтобы показать, что переменная-указатель пока не хранит никакого адреса

Для этого есть несколько способов

```
p = NULL;      // Так часто делали в C. Макрос NULL определён в <cstdlib>.
p = 0;         // Так советует Страуструп для C++98.
p = nullptr;   // C++11
```

Объявление vs разыменование

Если * после типа переменной, то это объявление указателя

int *p;

Если * пишется перед именем переменной, то эта переменная — указатель,
а * — операция разыменования

*p = 6 // Операция разыменования

Указатели и ссылки

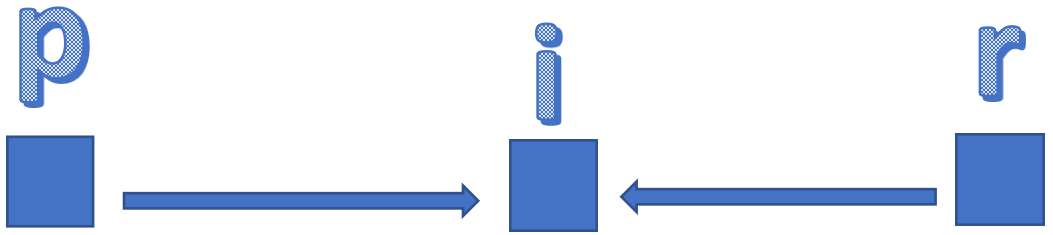
```
//Указатели
int *p = &i;
*p = 6;

// Ссылки
int &r = i;   // i и r — одна ячейка памяти
r = 6;
```

Если & пишется после названия типа, то это ссылка.

В противном случае, если он пишется перед именем переменной, то это адрес этой переменной.

Ссылку можно трактовать, как указатель, который постоянно находится в разыменованном состоянии.



Передача параметров в функции

По ссылке:

```
void q(int &r) {
   r++;
}

int i = 5;
q(i);     // i == 6
```

По указателю:

```
void q(int *p) {
   (*p)++;   // Скобочки
важны!!!
}

int i = 5;
q(&i);    // i == 6
```

Производительность в обоих случаях **одинаковая**.

Указатель void*

```
void *p;    // указатель на область памяти

int i = 5;
p = &i;

double d = 3.14;
p = &d;
```

т.е. **p может хранить адрес любого объекта**

void *p = &i

// Ошибка компиляции: **нельзя разыменовать** p
*p = 6

// Явное приведение к типу int* в стиле C
(int)p = 6;

// Использование представляет опасность, если i не является int
// Стиль C++ более явно заявляет об этой опасности:
static_cast<int>(p) = 6; // но работает точно так же, как и выше

double d = 3.14;
p = &d;
static_cast<double>(p) = 2.8;

Приведение типов

Невозможно выполнить:

```
int *pa;
double *pb;
pa = pb;
pb = pa;
```

Но можно с помощью явного приведения типов:
в стиле C или
в стиле C++, но **не static_cast, а reinterpret_cast**

```
pa = reinterpret_cast< int * > (pb);
```

Определение типов в C++ до стандарта C++11

Синонимы (псевдонимы) типов определяются с помощью typedef

```
typedef unsigned char byte;

typedef int Arr[3];     // Arr имя типа
typedef int Matr[3][4]; // Matr имя типа

// Теперь можно использовать

void print(Matr a, int m, int n);
```

По сути объявление переменной Matr a будет заменено на int a[3][4]

Определение типов в C++ начиная со стандарта C++11

using Uint = unsigned int;
В результате чего тип UInt можно применять точно так же, как тип unsigned int.

using byte = unsigned char;

typedef double (*fType)(double x); // старый стиль
using fType = double (*)(double x); // новый стиль

typedef int Arr[3]; // старый стиль
using Arr = int [3]; // новый стиль

typedef int Matr[3][4]; // старый стиль
using Matr = int [3][4]; // новый стиль

Указатели на структуры

```
struct Person {
    string name;
    int age;
};

Person p {"Иванов", 19};
Person *pp = &p;
(*pp).age = 20;
pp -> age = 20;   // Операция доступа к полю в памяти
```

Указатели и константность

```
int i = 5;
int *p = &i;

const int *cp = &i;       // Указатель на константу
cout << *cp;
(*cp)++;                  // Ошибка компиляции
```

Это используется при передаче аргументов в функции.
Объявление const int *p заведомо не позволяет написать функцию, которая изменяет переменную, переданную через указатель.

```
void q(const int *p) {
  (*p)++;      // Ошибка компиляции
  cout << *p;
}
```

Константные указатели

```
int i = 5;
int j = 7;
const int n = 10;          // Обычная константа
int* const pc = &i;        // Константный указатель
pc = &j;                   // Ошибка компиляции
(*pc)++;                   // А здесь ошибки не будет
```

Другой пример. Нельзя обычному указателю присваивать адрес константы:

```
const int n = 10;
int* pn = &n;              // Ошибка компиляции

const int *pn = &n;
*pn = 11;                  // Ошибка компиляции
cout << *pn;
```

Однако возможно заставить компилятор **снять константность**:

```
*const_cast<int*>(pn) = 11;
```

Константные указатели на константу

```
const int* const pn = &n;
```

Константный указатель и указатель на константу

```
int a=100;     //два обычных объекта типа int
int b=222;

int *const P2=&a; //Константный указатель
*P2=987;          //Менять значение разрешено
//P2=&b;          //Но изменять адрес не разрешается

const int *P1=&a; //Указатель на константу
//*P1=110;        //Менять значение нельзя
P1=&b;            //Но менять адрес разрешено

const int *const P3=&a;    //Константный указатель на константу
//*P3=155;                 //Изменять нельзя ни значение
//P3=&b;                   //Ни адрес к которому такой указатель привязан
```

Ссылки на константы

```
int i = 5;
int& ci = i;

const int& cci = i; // Здесь все будет нормально

const int n = 10;
int& cn = n; // Такое компилятор запретит
int& cn = const_cast<int&>(n);

const int& ccn = n;
```

Указатели и массивы

В C++ указатели и массивы тесно связаны
int a[10];

int* p = &a[0]; // адрес первого элемента
*p = 5;

a[0] a[1] a[2] a[3] a[4] a[5] a[6] a[7] a[8] a[9]
5
*p

p=a

Операции при работе с указателями

Выполним следующую операцию p++;
Теперь указатель p указывает на следующий (второй) элемент массива.

a[0] a[1] a[2] a[3] a[4] a[5] a[6] a[7] a[8] a[9]
5
*p

Операция p++ увеличивает адрес в зависимости от типа указателя т.е.
p++ равносильно тому, что p передвинется на sizeof(int) байт

Операции при работе с указателями

```
p += 1;       // Переход на следующий элемент массива
p += n;       // Увеличение на n элементов массива
p+1           // Адрес следующего элемента
p1 = p+n;   // Записать в p1 адрес n-го элемента
p1 - p = n;  // Количество элементов между указателями
```

А вот складывать указатели нельзя!!!

Связь массивов и указателей

*(p+0) и a[0] - являются ссылками на первый элемент массива
*(p+1) и a[1] - являются ссылками на второй элемент массива
*(p+2) и a[2] - являются ссылками на третий элемент массива

a[0] a[1] a[2] a[3] a[4] a[5] a[6] a[7] a[8] a[9]
5
*(p+0)

a[0] a[1] a[2] a[3] a[4] a[5] a[6] a[7] a[8] a[9]
5
*(p+1)

Связь массивов и указателей

Имя массива **a** может быть неявно преобразовано к указателю на свой первый элемент.

Можно сказать, **a** — это указатель на первый элемент массива.
Значит, мы можем написать проще:
int* p = a;

a является **константным** указателем на свой первый элемент, т. е он как бы описан таким образом
int* const a;

Отсюда становится понятно, почему **нельзя** писать **a = a1**.
Т.к. имя массива константный указатель, то нельзя присваивать один массив другому.

Связь массивов и указателей

Вообще говоря, более строгая связь массивов и указателей выглядит следующим образом:
a[n] == *(a+n)

Отсюда следует вывод (крамольная истина):
В языке C/C++ массивов нет - есть только указатели!!!

Следствие 1. Понятно, почему нет контроля выхода за границы массива.

Следствие 2. Понятно, почему массивы индексируются с нуля. Это самое эффективное по этой формуле.

Следствие 3. **a[n] == *(a+n) == *(n+a) == n[a]**

```
int a[]={1,2,3,4,5};
int n = 2;
cout<<a[n]<<' '<< *(a+n)<<endl;
cout<< *(n+a)<<' '<< n[a]<<endl;
```

Идиома *p++

Идиома - устойчивое выражение, которое воспринимается как единое целое.

Теперь допустим, нам необходимо сделать следующее:

```
int a[10];
int* p = a;
*p = 3;
p++;
```

А что, если записать *p++=3 ?

Как это можно воспринимать?

В C/C++ унарные операции ассоциируются справа налево,
поэтому в данном случае ++ относится к указателю,

```
// *p++ ~ *(p++) верно!!!
// *p++ ~ (*p)++ неверно!!!
```

Пример 1. Заполнить массив a нулями

```
int a[10];

for(int* p = a; p != a+10; *p++ = 0);

for(int* p = a; p != a+10; p++)
 *p = 0;

for(int* p = a; p != a+10; ++p)
 *p = 0;
```

Пример 2

Даны 2 массива int a[10], b[10].
Необходимо заполнить 3-й массив c[10] суммой элементов массивов a[10] и b[10].

```
int *pa = a, *pb = b, *pc = c;

//for(; pa != a + 10;)
while(pa != a + 10)
    *pc++ = *pa++ + *pb++;
```

Передача массива в функцию с помощью указателя

```
void InitZero(int* a, int n) {
  for(int* p = a; p != a+n;)
      *p++ = 0;
}

// int* a ~ int a[]  ?
```

Как читать сложные объявления

Функция и указатель на функцию

```
void (*funcPtr)();
void *funcPtr();
```

Правило прочтения объявлений

Используйте для прочтения сложных объявлений прием «движения изнутри наружу чередуя направо и налево».

Перенасыщенные скобками объявления

- int (*pf)(); // *pf; указатель на функцию, возвращающую int
- char ** argv;
- int (* daytab)[13];
- void *comp();
- void (*comp)();

```
char (*(*x[3])())[5];

char (*(*pArrPChar ())[])();

void *(*(*fp1)(int))[10];
```

fp1 – указатель на функцию, которая получает аргумент типа int и возвращает указатель на массив из 10 указателей типа void;

```
float (*(*fp2)(int,int,float))(int);
```

fp2 – указатель на функцию, которая получает три аргумента (int, int и float) и возвращает указатель на функцию, получающую аргумент int и возвращающую float;

```
int (*(*fp3())[10])();
```

fp3 – функция, которая возвращает указатель на массив из 10 указателей на функции, возвращающие значения типа int

в конструкции typedef

```
typedef double (*(*(*fp4)())[10])();

fp4 a,b,c;

typedef double (*f) (int a, int b);
f  x, y;
```