Языки программирования

Лекция 3

ПМИ 2 курс

Демяненко Я.М.

ЮФУ 2023

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

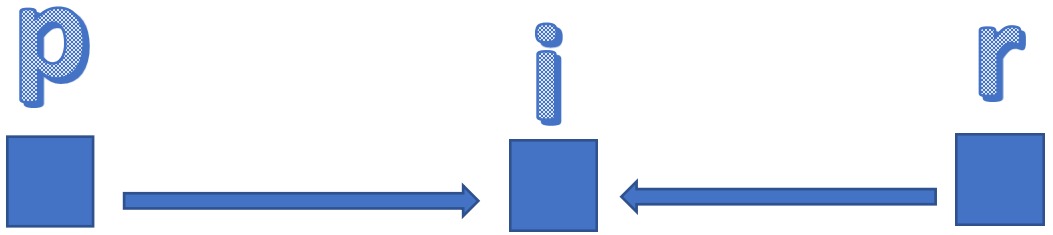
```
//Указатели
int *p = &i;
*p = 6;

// 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);
```

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
```

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.

Т.е на самом деле, **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? Как *(p++) или как *(p)++ или как (*p)++ ?

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];
//int* p = a; // Однако, это можно перенести в раздел инициализации
for(;;)

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;
```

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;
```