

Указатели

Тема 5

Указатель

- ▶ это переменная, которая содержит в качестве своего значения **адрес памяти**
- ▶ указатель может хранить адрес:
 - ▶ переменной
 - ▶ функции
 - ▶ массива
 - ▶ объекта
 - ▶ другого указателя

Объявление указателя

Объявление указателя на целое и целого числа:

```
int *countPtr = NULL, count = 0;
```

Объявление двух указателей типа float:

```
float *xPtr = 0, *yPtr = 0;
```

Хорошо!
NULL - специальный макрос для обнуления указателей.

Можно также воспользоваться числом 0.

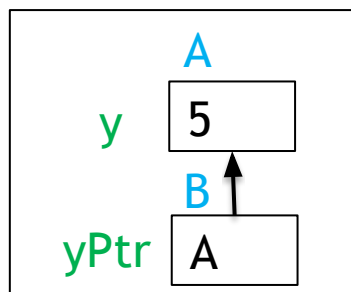
```
float *xPtr, *yPtr;  
int *countPtr;
```

Плохо!
Объявлять неинициализированный указатель

Операция адресации

- ▶ **Взятия адреса или адресации &** – унарная операция, которая возвращает адрес своего операнда

```
int y = 5;  
int *yPtr = 0;  
yPtr = &y;
```



- ▶ **Операнд операции** адресации должен **быть L-величиной** (т.е. чем-то таким, чему можно присвоить значение так же, как переменной)
- ▶ **Операция адресации не** может быть **применена к константам, к выражениям, не дающим результат**, на который можно сослаться

Операция разыменования

- ▶ Разыменования или косвенной адресации * - возвращает значение объекта, на который указывает ее операнд (т.е. указатель)

```
printf("%d\n", *yPtr); //5
```

- ▶ Применяется только к переменным, хранящим адрес (либо к выражениям, результатом которых будет адрес)

Операции с указателями

```
int a = 7;
int *aPtr = &a;
printf("Address a is: %x\n", &a);
printf("Value aPtr is: %x\n", aPtr);
printf("Value a is: %d\n", a);
printf("Value *aPtr is:%d\n", *aPtr);
printf("&*aPtr is %x\n", &*aPtr);
printf("*&aPtr is %x\n", *&aPtr);
```

Результат:

0012FF7C

0012FF7C

7

7

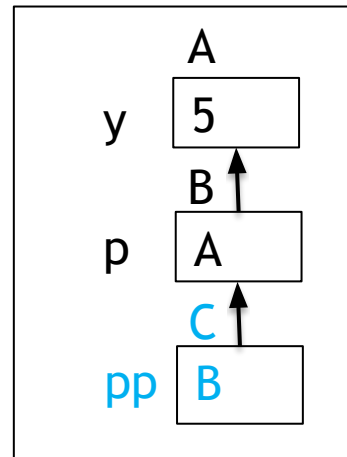
0012FF7C

0012FF7C

Указатель на указатель

- ▶ Позволяет хранить **адрес переменной**, хранящей **адрес**
- ▶ При объявлении нужно использовать **две звездочки**
- ▶ Для получения **значения** нужно использовать **операцию разыменования дважды**

```
int y = 5;  
int *p = 0;  
p = &y;  
int **pp = 0;  
pp = &p;
```



Указатель на указатель

```
int a = 5;
int * p = &a;
int ** pp = &p;
printf("%d\n", a);
printf("%d\n", *p);
printf("%d\n", **pp);
printf("%x\n", &a);
printf("%x\n", p);
printf("%x\n", *pp);
printf("%x\n", &p);
printf("%x\n", pp);
printf("%x\n", &pp);
```

Результат:

```
5
5
5
0012FBA0
0012FBA0
0012FBA0
0012FB94
0012FB94
0012FB88
```


Взаимосвязь указателей и массивов

- ▶ **Имя массива** - это **адрес первого элемента массива**
- ▶ **Имя массива** - это **постоянный указатель**
- ▶ Можно объявить **указатель на первый элемент массива** и **использовать его вместо имени массива**
- ▶ **Указатель на первый элемент массива** и **имя массива** могут использоваться **практически эквивалентно**

Взаимосвязь указателей и массивов

```
#define SIZE 5
int b[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int* bPtr = 0;

bPtr = b;
bPtr = &b[0];
```

Эти строчки
эквивалентны

```
for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
    printf("%d\n", b[i]);
}
```

```
for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
    printf("%d\n", bPtr[i]);
}
```

После
инициализации
указателя работать с
массивом можно
через его имя, а
можно через
указатель

Арифметика указателей

Возможные действия:

`<указатель> = <указатель> + <целое число>`

`<указатель> = <указатель> - <целое число>`

`<указатель> = <указатель> ++`

`<указатель> = <указатель> --`

`<целое число> = <указатель> - <указатель>`

Арифметические действия с указателями имеют смысл, только если указатель ссылается на массив

Арифметика указателей

```
#define ROW 5  
double arr[ROW] = { 1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5 };  
double *p = arr;
```

Код программы	Преобразует компилятор
<code>p + 3</code>	<code>p + 3 * sizeof (double)</code>
<code>p += 4</code>	<code>p += 4 * sizeof (double)</code>
<code>p - 3</code>	<code>p - 3 * sizeof (double)</code>
<code>p -= 2</code>	<code>p -= 2 * sizeof (double)</code>
<code>p++</code>	<code>p += sizeof (double)</code>
<code>--p</code>	<code>p -= sizeof (double)</code>
<code>p - arr</code>	<code>(p - arr) / sizeof (double)</code>

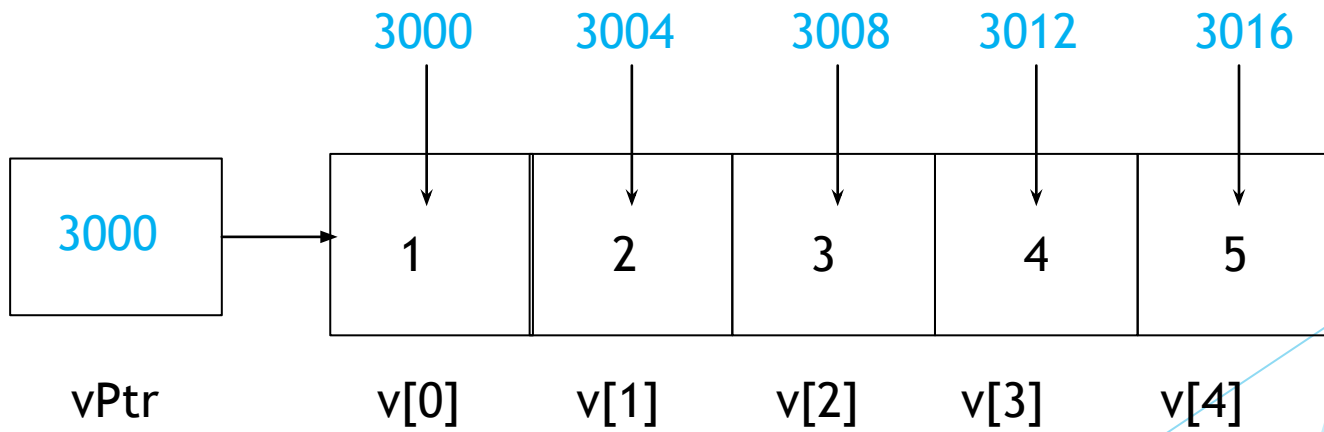
Арифметика указателей

```
#define SIZE 5
int v[SIZE] = { 1, 2, 3, 4, 5 };
int *vPtr = &v[0];
printf("%x\n", vPtr++);
vPtr +=2;
printf("%x\n", vPtr);
printf("%d\n", vPtr - v);
```

Результат:
3000

3012

3



Взаимосвязь указателей и массивов

```
int b[5] = {1, 2, 3, 4, 5};  
int* bPtr = 0;  
  
bPtr = b;  
  
bPtr = &b[0];
```

Имя массива - это постоянный указатель, значит, оно **не** является L-величиной:

```
bPtr +=3; //OK  
b    += 3; //error  
bPtr ++; //OK  
b    ++;  //error
```

Операция индексации и запись указатель-смещение

- ▶ Для доступа к элементу массива или для сдвига указателя по массиву можно использовать два варианта обращения:
 - ▶ Через операцию индексации:

```
printf("%d\n", b[3] );  
bPtr[3] = 5;
```

- ▶ Через запись указатель-смещение

```
printf("%d\n", *(bPtr+3) );  
*(b+3) = 5;
```

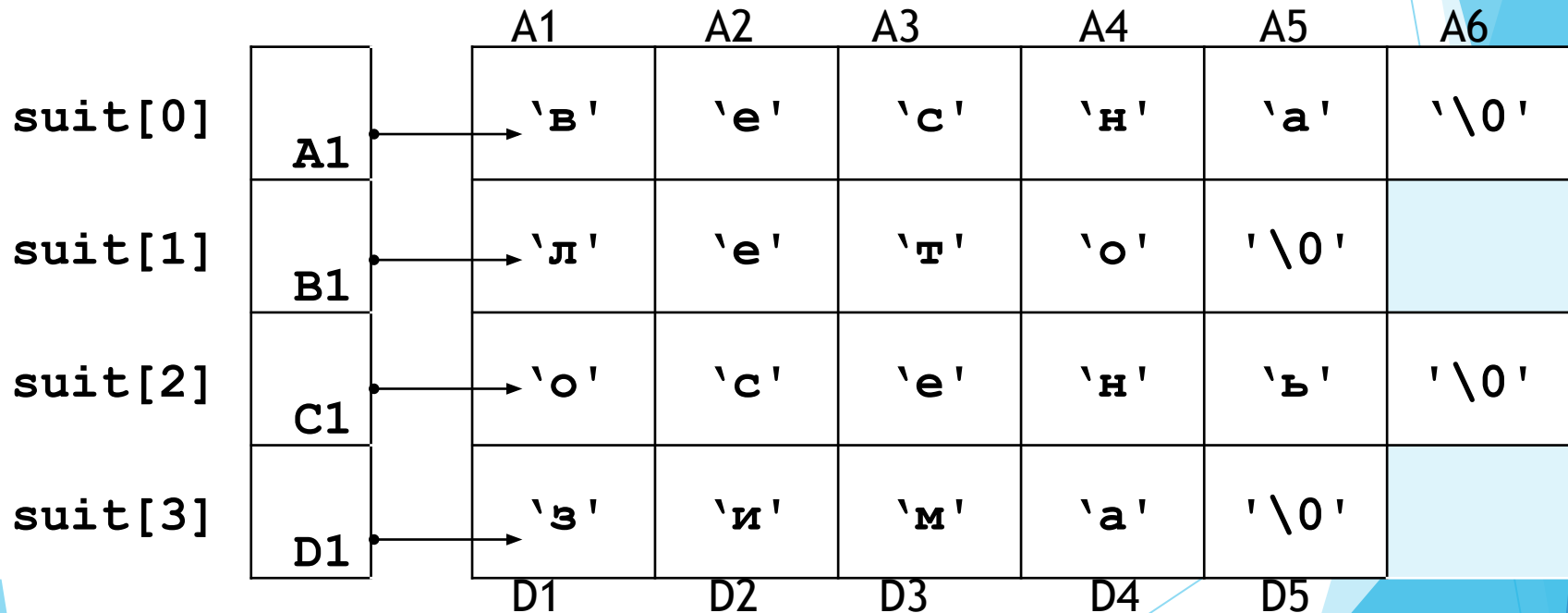
- ▶ Эти варианты эквивалентны

Массивы указателей

- ▶ Это массивы, элементами которых являются **указатели**
- ▶ Используются при работе с **динамическими объектами**
- ▶ Указатели внутри массива могут ссылаться на **массивы переменной длины**
- ▶ Часто используются при работы со строками формата Си
- ▶ Массивы указателей можно рассматривать как **двумерные массивы**. У таких массивов **известно количество строк, но не известно количество столбцов** (оно может быть разным в каждой строке)

Массивы указателей

```
char *suit[4] = { "весна",  
                 "лето",  
                 "осень",  
                 "зима" };
```



Массивы указателей

```
char* c[] = {"ENTER",  
            "NEP",  
            "POINT",  
            "FIRST"};
```

Массив указателей

```
char **cp[] = {c+3, c+2, c+1, c};
```

Массив указателей
на указатели

```
char *** cpp = cp;
```

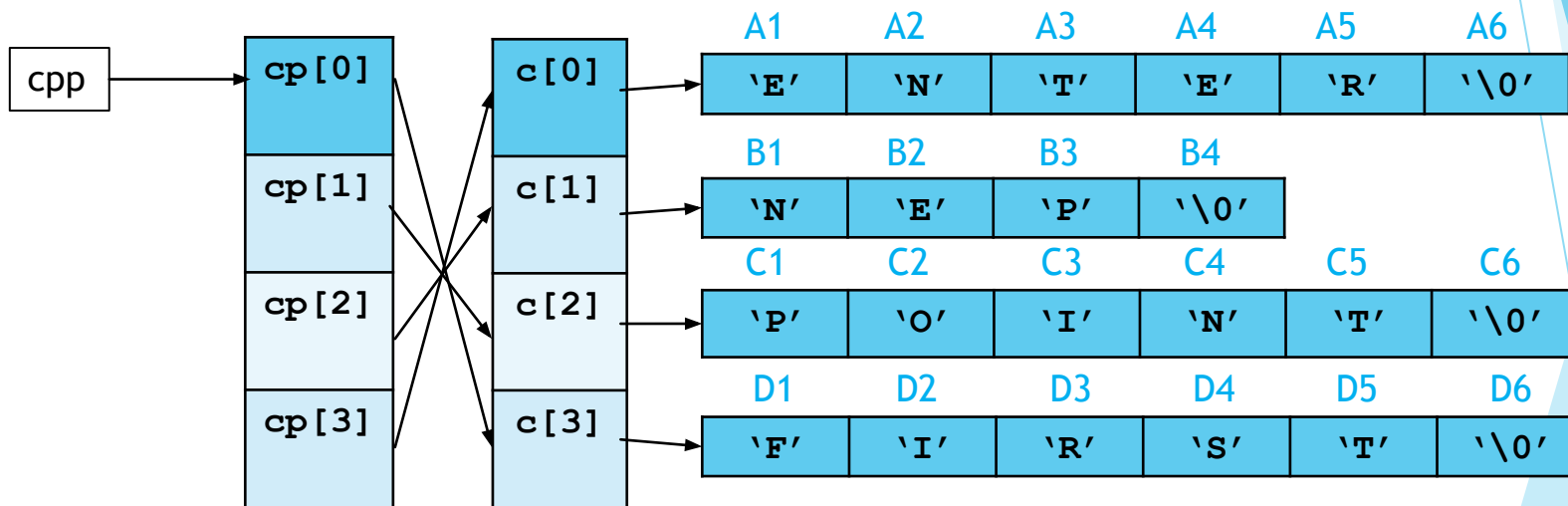
Указатель на указатель на указатель

```
printf("%s", * * ++ cpp);  
printf("%s ", * -- * ++ cpp + 3);  
printf("%s", *cpp[ -2 ] + 3);  
printf("%s\n", cpp[ -1 ] [ -1 ] + 1);
```

Что будет напечатано?

Массивы указателей

Распределение памяти в задаче с предыдущего слайда



Указатели на массивы

- ▶ Это указатели, которые **ссылаются на целый массив**, а не на отдельный элемент
- ▶ Используются **при передаче многомерных массивов в функции**
- ▶ При арифметике указателей **смещаются на размер всего массива**, на который ссылаются
- ▶ Указатели на массивы также можно рассматривать как двумерные массивы. У таких массивов может быть **неизвестное число строк**, но **число столбцов фиксировано и не меняется**

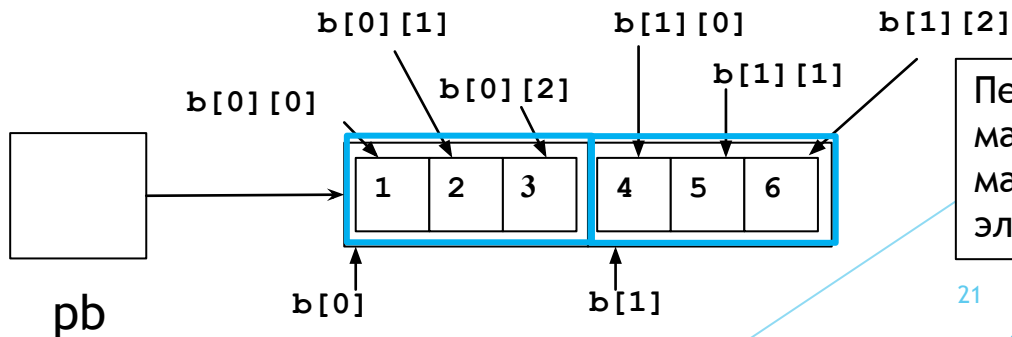
Указатели на массивы

```
#define ROW 2
#define COLUMN 3
int b[ROW][COLUMN] = { 1,2,3,4,5,6 };
int(*pb)[COLUMN] = 0;
pb = b;
for (int i = 0; i < ROW; i++) {
    for (int j = 0; j < COLUMN; j++) {
        printf("%d\t", pb[i][j] );
    }
    printf("\n");
}
```

`pb` ссылается на первый элемент массива `b`.
Теперь через `pb` можно работать с массивом `b`

Работа как с обычным двумерным массивом

`pb` хранит адрес первого элемента массива `b`.



Первый элемент массива `b` - это массив из трех элементов {1, 2, 3}

Указатели на массивы

```
#define ROW 2
#define COLUMN 3
int b[ROW][COLUMN] = { 1,2,3,4,5,6 };
int(*pb)[COLUMN] = 0;
pb = b;
printf("%x\n", pb);
printf("%x\n", b);
printf("%x\n", b[0]);
```

Результат:

0028F914

0028F914

0028F914

pb имеет тип `int (*) [3]`

b имеет тип `int [2] [3]`

b[0] имеет тип `int * const`

При этом адрес, на который они ссылаются - одинаковый

Указатели на массивы

```
#define ROW 2
#define COLUMN 3
int b[ROW][COLUMN] = { 1,2,3,4,5,6 };
int(*pb)[COLUMN] = 0;
pb = b;

printf("%x\n", (pb + 1) );
printf("%x\n", (b + 1) );
printf("%x\n", (b[0] + 1) );
```

Результат:

0028F920

0028F920

0028F918

Смещение указателей дает разные результаты:

Указатели `pb` и `b` хранят адрес массива и сдвигаются на `sizeof(int)[COLUMN]`

Указатель `b[0]` хранит адрес одного целого числа и сдвигается на `sizeof(int)`

Указатели на массивы

```
#define ROW 2
#define COLUMN 3
int b[ROW][COLUMN] = { 1,2,3,4,5,6 };
int(*pb)[COLUMN] = 0;
pb = b;
printf("%x\n", pb++);
printf("%x\n", b++);
printf("%x\n", b[0]++);
```

Результат:

0028F914

ошибка

ошибка

Указатели `b` и `b[0]` являются постоянными указателями на первый элемент массива, поэтому к ним нельзя применять операцию инкремента / декремента

Динамические массивы

- ▶ Их **размер** может **меняться** в процессе работы программы
- ▶ Память под них **выделяется** и **освобождается** только **по запросу** пользователя (программиста)
- ▶ Место выделяется в специальной памяти - **динамической**
- ▶ Динамические массивы работают **медленнее** обычных (статических)

Функции для работы с динамической памятью

- ▶ Выделение блока памяти размера `size`

```
void * malloc (size_t size);
```

- ▶ Выделение блока для хранения `n`-элементов по `size` байт

```
void * calloc(size_t n, size_t size);
```

- ▶ Перераспределение блока памяти

```
void * realloc(void* ptr, size_t size);
```

- ▶ Освобождение памяти

```
void free(void *ptr);
```

Выделение памяти под динамические массивы

```
char * MyArr = 0;
int n = 0;
puts("Enter a number");
scanf("%d", &n);
//выделение памяти под массив символьного типа
MyArr = (char *) calloc(n, sizeof(char) );
...
//освобождение памяти из-под массива
free(MyArr);
```

Выделение памяти под двумерный массив

```
int ** MyArr = 0, n, m;
puts("Enter two numbers");
scanf("%d%d", &n, &m);
//выделение памяти под двумерный массив
//сначала под массив указателей
MyArr = (int **) calloc(n, sizeof(int *) );
//потом под каждый из подмассивов
for (int i=0; i<n; i++)
{
    MyArr[i] = (int *) calloc(m, sizeof(int) );
}
```

Освобождение памяти из-под двумерного массива

```
//сначала из-под каждого подмассива  
for (int i=0; i<n; i++)  
    free (MyArr[i]);  
//потом из-под массива указателей  
free (MyArr);
```

Конец