Указатели в C

Лекция 5

Указатель — это переменная, которая содержит в качестве своего значения адрес памяти

указатель может хранить адрес:

- переменной
- функции
- массива
- объекта
- другого указателя

Объявление указателя

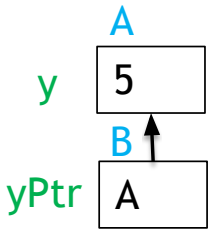
```
int *countPtr = NULL, count = 0;   /* Хорошо! NULL – специальный макрос для
                                      обнуления указателей. */

float *xPtr = 0, *yPtr = 0;        // Можно также воспользоваться числом 0.
```

```
float *xPtr, *yPtr;        // Плохо! Объявлять неинициализированный указатель
int *countPtr;
```

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

- Операция 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

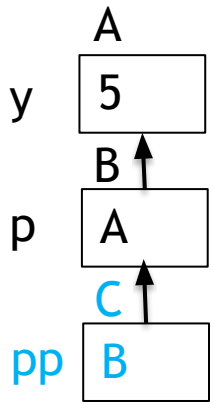
```c
int a = 7;
int *aPtr = &a;
printf("Address a is: %x\n", &a);
printf("Value aPtr is: %x\n", aPtr);
printf("Value a is: %d\n", a);
printf("Value *aPtr is:%d\n", *aPtr);
printf("&*aPtr is %x\n", &*aPtr);
printf("*&aPtr is %x\n", *&aPtr);
```

```
Address a is: 6d3b7638
Value aPtr is: 6d3b7638
Value a is: 7
Value *aPtr is:7
&*aPtr is 6d3b7638
*&aPtr is 6d3b7638
```

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);
```

```
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

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


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

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

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

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

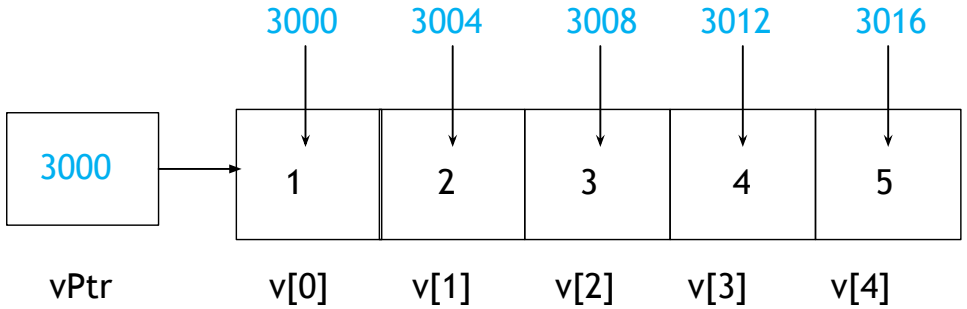
```
#define ROW 5
double arr[ROW] = { 1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5 };
double *p = arr;
```

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

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);
```

```
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;
```

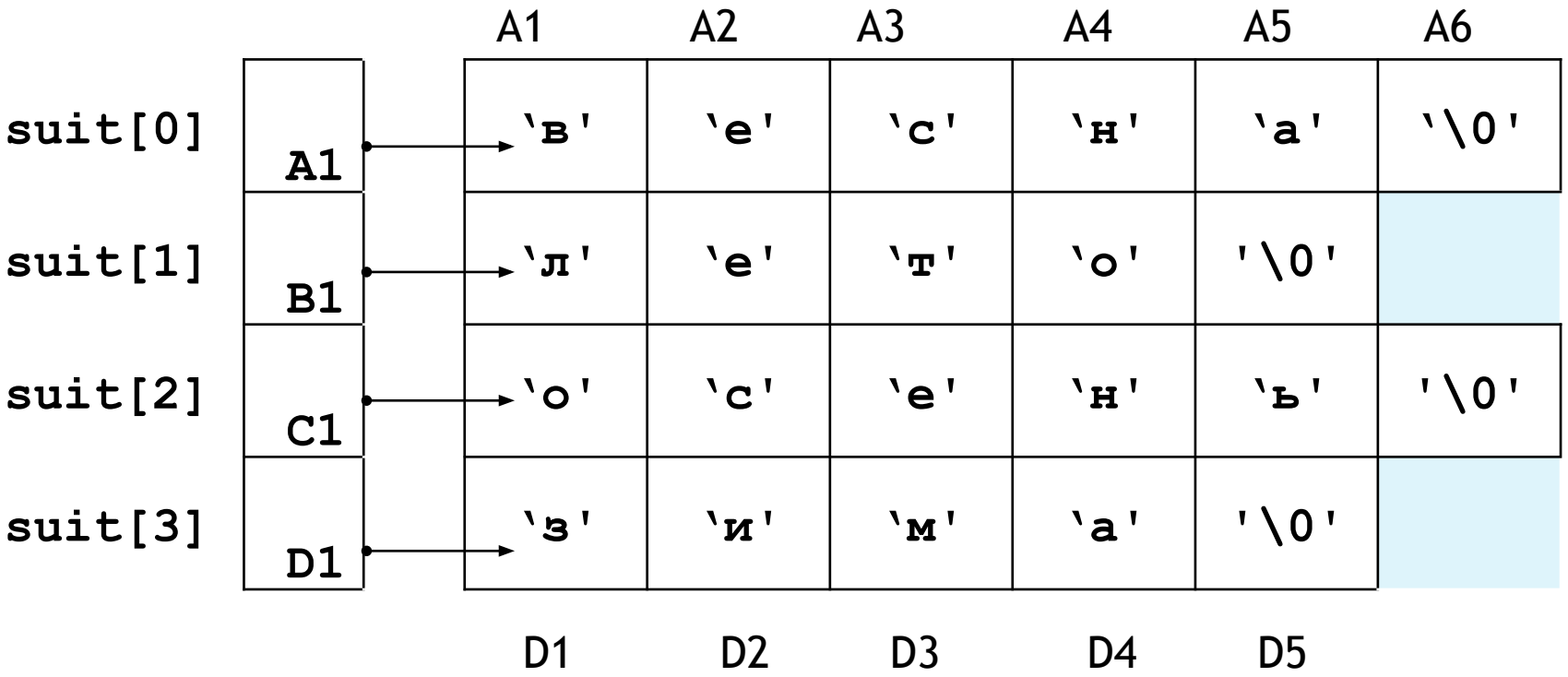
- Эти варианты эквивалентны

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 C
- Массивы указателей можно рассматривать как двумерные массивы. У таких массивов известно количество строк, но неизвестно количество столбцов (оно может быть разным в каждой строке)

Массивы указателей

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



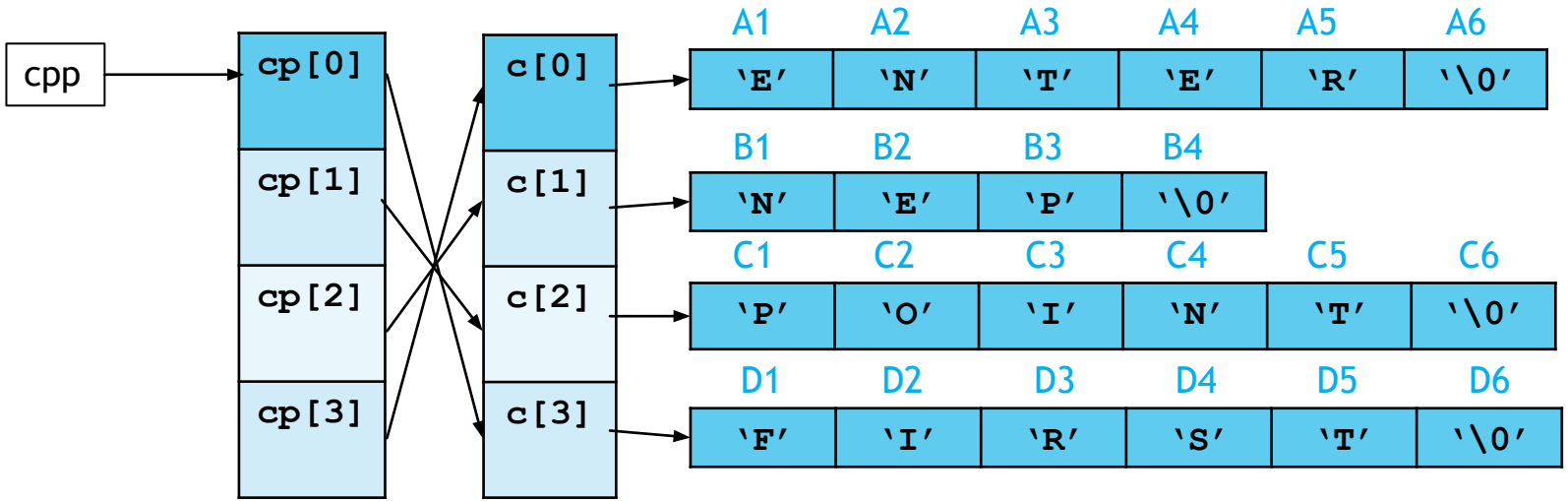
Массивы указателей

```
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);
```

```
POINTER STEP
```

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

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

```
#define ROW 2
#define COLUMN 3
int b[ROW][COLUMN] = { 1,2,3,4,5,6 };
int(*pb)[COLUMN] = 0;
pb = b; /* pb ссылается на первый элемент массива b.
           Теперь через pb можно работать с массивом b */
for (int i = 0; i < ROW; i++) {
    for (int j = 0; j < COLUMN; j++) {
        printf("%d\t", pb[i][j] );    /* Работа как с обычным
                                         двумерным массивом */
    }
    printf("\n");
}
```

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]);
```

```
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

```c
#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) );
```

```
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]++);
```

```
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

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

Выделение блока памяти размера `size`

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

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

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

Перераспределение блока памяти

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

Освобождение памяти

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);
```