
Указатели



Зачем нужны указатели

Существует три причины, по которым невозможно написать хорошую программу без использования указателей:

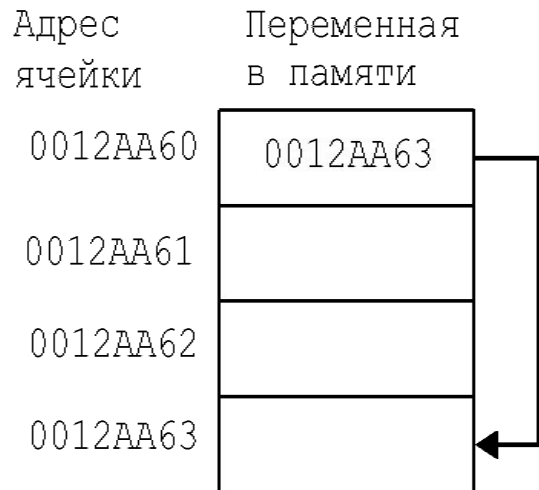
- указатели позволяют функциям изменять свои аргументы
- с помощью указателей осуществляется динамическое распределение памяти;
- указатели повышают эффективность многих процедур.

Кроме того, использование указателей при обращении к элементам массива или структуры делают программу более эффективной.



Что такое указатель

- *Указатель* (pointer) – переменная, в которой хранится адрес другого объекта. Обычно – это адрес другой переменной.
- Если одна переменная содержит адрес другой, то говорят, что первая переменная ссылается на вторую, как это изображено на рисунке.



Объявление указателя

Переменная, содержащая адрес ячейки памяти, должна быть объявлена как *указатель*.

Объявление указателя состоит из имени базового типа, символа * и имени переменной.

В общем виде объявление указателя записывается в виде:

тип_указателя *имя_указателя;

Базовый тип указателя определяется типом переменной, на которую он может ссылаться. Им может быть любой допустимый тип.

Например,

int *pointer, *mas[10];

float *pointer;



Операторы для работы с указателями

Оператор

`m = &count;`

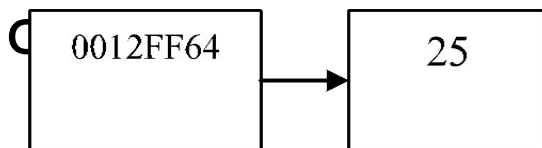
присваивает переменной `m` адрес переменной `count`.

Этот адрес относится к ячейке памяти, которую занимает переменная `count`. Если переменная занимает несколько ячеек памяти, ее адресом считается адрес первого байта.

Если `m` содержит адрес переменной `count`, то оператор

`q = *m;`

присваивает переменной `q` значение переменной `count`. Предположим, переменная `count` хранится в



ячейке памяти под номером 0012FF64, а ее значение равно 25. Тогда переменной `m` будет присвоено значение 0012FF64.



Инициализировать указатель можно

- используя адрес уже объявленной переменной с помощью оператора взятия адреса &
- выделяя под него память функцией malloc()



Пример

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
void main() {
int someVariable = 4; //объявляем и инициализируем переменную someVariable
int *pointer; //объявляем указатель
pointer = &someVariable; //инициализируем его адресом переменной someVariable
*pointer=*pointer+1; // изменяем значение, находящееся по адресу, на который ссылается
    указатель pointer
printf("Текущее значение переменной someVariable = %d\n", someVariable);
printf("Текущее значение переменной *pointer = %d", *pointer);
getch();
}
```

Выведет строки:

Текущее значение переменной someVariable = 5

Текущее значение переменной *pointer = 5



Присваивание указателей

Указатель можно использовать в правой части оператора присваивания для присваивания его значения другому указателю. Если оба указателя имеют один и тот же тип, то выполняется простое присваивание, без преобразования типа. В следующем примере

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    int x = 99; int *p1, *p2;
    p1 = &x; p2 = p1;
    printf("Значение по адресу p1 и p2: %d %d\n", *p1, *p2); /* печать значение x дважды */
    printf("Значение указателей p1 и p2: %p %p", p1, p2); /* печать адреса x дважды */
    return 0;
}
```

после присваивания

```
p1 = &x;
```

```
p2 = p1;
```

оба указателя (p1 и p2) ссылаются на x. То есть, оба указателя ссылаются на один и тот же объект. Программа выводит на экран следующее:

Значения по адресу p1 и p2 : 99 99

Значения указателей p1 и p2: 0063FDF0 0063FDF0



Преобразование типа указателя

Указатель можно преобразовать к другому типу

Эти преобразования бывают двух видов:

- с использованием указателя типа `void *`
- без его использования.

В языке C допускается присваивание указателя типа `void *` указателю любого другого типа (и наоборот) без явного преобразования типа указателя

Тип указателя `void *` используется, если тип объекта неизвестен. Например, использование типа `void *` в качестве параметра функции позволяет передавать в функцию указатель на объект любого типа, при этом сообщение об ошибке не генерируется. Также он полезен для ссылки на произвольный участок памяти, независимо от размещенных там объектов. Например, функция размещения `malloc()` возвращает значение типа `void *`, что позволяет использовать ее для размещения в памяти объектов любого типа.



В отличие от `void *`, преобразования всех остальных типов указателей должны быть всегда явными

Т.е должна быть указана операция приведения типов
(тип *)

В языке C++ требуется явно указывать преобразование типа указателей, в том числе указателей типа `void *`.



Однако следует учитывать, что преобразование одного типа указателя к другому может вызвать непредсказуемое поведение программы.

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    double x = 100.1, y;
    int *p;
    /* В следующем операторе указателю на целое p
       присваивается значение, ссылающееся на double. */
    p = (int *) &x;
    /* Следующий оператор работает не так, как ожидается. */
    y = *p; /* attempt to assign y the value x through p */
    /* Следующий оператор не выведет число 100.1. */
    printf("Значение x равно: %f (Это не так!)", y);
    return 0;
}
```



Адресная арифметика

В языке C допустимы только две арифметические операции над указателями:

- суммирование
- вычитание

Предположим, текущее значение указателя `p1` типа `int *` равно 2000.

Предположим также, что переменная типа `int` занимает в памяти 2 байта.

Тогда после операции увеличения

```
p1++;
```

указатель `p1` принимает значение 2002, а не 2001. То есть, при увеличении на 1 указатель `p1` будет ссылаться на следующее целое число. Это же справедливо и для операции уменьшения. Например, если `p1` равно 2000, то после выполнения оператора

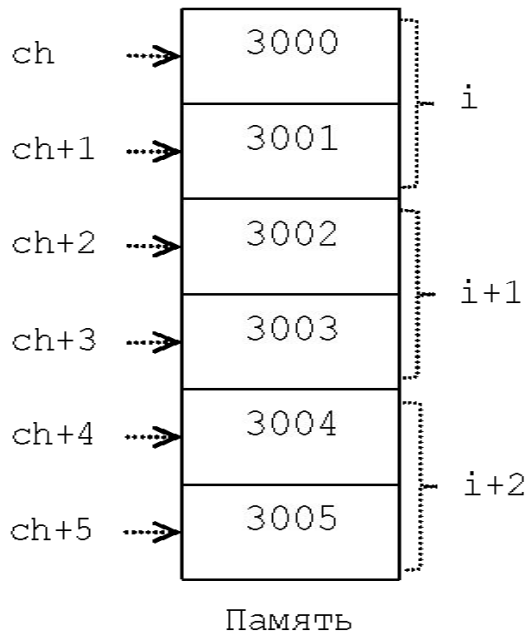
```
p1--;
```

значение `p1` будет равно 1998.

Операции адресной арифметики подчиняются следующим правилам. После выполнения операции увеличения над указателем, данный указатель будет ссылаться на следующий объект своего базового типа. После выполнения операции уменьшения — на предыдущий объект



```
char *ch = (char *) 3000;  
int *i = (int *) 3000;
```



Применительно к указателям на `char`, операций адресной арифметики выполняются как обычные арифметические операции, потому что длина объекта `char` всегда равна 1. Для всех указателей адрес увеличивается или уменьшается на величину, равную размеру объекта того типа, на который они указывают. Поэтому указатель всегда ссылается на объект с типом, тождественным базовому типу указателя. На рисунке приведен пример размещения в памяти переменных `char` (слева) и `int` (справа) (предполагается, что длина целочисленной переменной равна 2 байтам).

К указателям можно добавлять целые числа или вычитать из них целые числа. Выполнение оператора

$p1 = p1 + 12;$

"передвигает" указатель $p1$ на 12 объектов в сторону увеличения адресов.

Кроме суммирования и вычитания указателя и целого, разрешена еще только одна операция адресной арифметики: можно вычитать два указателя.

Благодаря этому можно определить количество объектов, расположенных между адресами, на которые указывают данные два указателя; правда, при этом считается, что тип объектов совпадает с базовым типом указателей. Все остальные арифметические операции запрещены.

Сравнение указателей

Стандартом C допускается сравнение двух указателей.

Например, если объявлены два указателя `p` и `q`, то следующий оператор является правильным:

```
if(p < q) printf("p ссылается на меньший адрес, чем q\n");
```

Однако, сравнение указателей может оказаться полезным, только тогда, когда два указателя ссылаются на общий объект, например, на массив.



Указатели и массивы



Доступ к элементам массива с помощью адресной арифметики

Рассмотрим следующий фрагмент программы:

```
char str[80], *p1;
```

```
p1 = str;
```

Имя массива без индекса возвращает адрес первого элемента массива. Поэтому здесь p1 указывает на первый элемент массива str. Обратиться к пятому элементу массива str можно с помощью любого из двух выражений:

```
str[4]
```

или

```
*(p1+4)
```



Обращение к элементам массива

В языке C существуют два метода обращения к элементу массива:

- адресная арифметика
- индексация массива

Стандартная запись массивов с индексами наглядна и удобна в использовании, однако с помощью адресной арифметики иногда удастся сократить время доступа к элементам массива. Поэтому адресная арифметика часто используется в программах, где существенную роль играет быстродействие.

/ Индексация указателя s как массива. */*

```
void putstr(char *s) {  
    register int t;  
    for(t=0; s[t]; ++t) putchar(s[t]);  
}
```

/ Использование адресной арифметики. */*

```
void putstr(char *s) {  
    while(*s) putchar(*s++);  
}
```



Пример работы с массивами через указатели

```
#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#define SIZE 10
int main(void) {
int mass[SIZE], *p, *first,*max; first=mass;
for (p=mass; p<mass+SIZE; p++) scanf("%d", p);
p=mass; max=first;
while (p<first+SIZE) {
    if (*p>*max) max=p;
    p++;
}
printf("max = %d", *max);
for (p=first; p<first+SIZE; p++)
printf("%d ", *p);
getch();
return 0;
}
```



Индексация указателей на многомерные массивы

Например, если a – это указатель на двухмерный массив целых размерностью 10×10 , то следующие два выражения эквивалентны:

$a == \&a[0][0]$

Более того, к элементу (0,4) можно обратиться двумя способами:

либо указав индексы массива: $a[0][4]$,

либо с помощью указателя: $*((\text{int}^*)a+4)$.

Аналогично для элемента (1,2): $a[1][2]$ или $*((\text{int}^*)a+12)$.

В общем виде для двухмерного массива справедлива следующая формула:

$a[j][k]$ эквивалентно $*((\text{базовый_тип}^*)a+(j*\text{кол-во_столбцов})+k)$

Правила адресной арифметики требуют явного

- ▶ преобразования указателя на массив в указатель на базовый тип

Массивы указателей

Как и обычные переменные, указатели могут быть собраны в массив. В следующем операторе объявлен массив из 10 указателей на объекты типа `int`:

```
int *x[10];
```

Для присвоения, например, адреса переменной `var` третьему элементу массива указателей, необходимо написать:

```
x[2] = &var;
```

В результате этой операции, следующее выражение принимает то же значение, что и `var`:

```
*x[2]
```

Для передачи массива указателей в функцию используется тот же метод, что и для любого другого массива: имя массива без индекса записывается как формальный параметр функции.

Например, следующая функция может принять массив `x` в качестве аргумента:

```
void display_array(int *q[])
```

```
{
```

```
    int t;
```

```
    for(t=0; t<10; t++)
```

```
        printf("%d ", *q[t]);
```

```
}
```

Необходимо помнить, что `q` – это не указатель на целые, а указатель на массив указателей на целые.

Указатели и строки



Указатели и строки

Большинство операций языка Си, имеющих дело со строками, работают с указателями. Рассмотрим, например, приведенную ниже бесполезную, но поучительную программу:

```
/* Указатели и строки */
#define PX(X) printf("X = %s; значение = %u; &X = %u\n", X, X, &X)
main( )
{
    static char *mesg = "Сообщение";
    static char *copy;
    copy = mesg;
    printf("%s\n", copy);
    PX(mesg);
    PX(copy);
}
```



Массив и указатель: различия

Возможны два способа объявления массива:

```
static char heart[ ]="Я люблю язык Си!";
```

```
char *head = "Я люблю язык Pascal!";
```

Основное отличие состоит в том, что указатель `heart` является константой, в то время как указатель `head` - переменной. Посмотрим, что на самом деле дает эта разница.

Во-первых, и в том и в другом случае можно использовать операцию сложения с указателем:

```
for(i=0;i<7;i++)  
    putchar(* (heart+i));
```

```
putchar('\n');
```

```
for(i=0;i<7;i++)  
    putchar(* (head+i));
```

```
putchar('\n');
```

В результате получаем:

Я люблю

Я люблю



Но операцию увеличения можно использовать только с указателем:

```
while ((*head) != '\0') /* останов в конце строки */  
  putchar(*(head++)); /* печать символа и перемещение  
указателя */
```

В результате получаем:

Я люблю язык Pascal!



Предположим, мы хотим изменить head на heart.

Можно так:

```
head=heart; /* теперь head указывает на массив heart */
```

но теперь можно и так

```
heart = head; /* запрещенная конструкция */
```

Ситуация аналогична $x = 5$ или $5 = x$. Левая часть оператора присваивания должна быть именем переменной. В данном случае `head = heart`, не уничтожит строку про язык Си, а только изменит адрес, записанный в head.



Вот каким путем можно изменить обращение к head
и проникнуть в сам массив:

```
heart[13] = 'C';
```

или

```
*(heart+8) = 'C';
```

**Обратите внимание, переменными являются
элементы массива, но не имя!**



Массивы указателей часто используются при работе со строками

Например, можно написать функцию, выводящую нужную строку с сообщением об ошибке по индексу `num`:

```
void syntax_error(int num)
{
    static char *err[] = {
        "Нельзя открыть файл\n",
        "Ошибка при чтении\n",
        "Ошибка при записи\n",
        "Некачественный носитель\n"
    };
    printf("%s", err[num]);
}
```

- Массив `err` содержит указатели на строки с сообщениями об ошибках. Здесь строковые константы в выражении инициализации создают указатели на строки. Аргументом функции `printf()` служит один из указателей массива `err`, который в соответствии с индексом `num` указывает на нужную строку с сообщением об ошибке. Например, если в функцию `syntax_error()` передается `num` со значением 2, то выводится сообщение Ошибка при записи.

