Указатели и одномерные динамические массивы

Динамическое выделение памяти

Иногда в процессе выполнения программы удобно «создавать» переменные.

Для выделения памяти необходимо вызвать одну из трех функций (C99 7.20.3), объявленных в заголовочном файле stdlib.h:

- malloc (выделяет блок памяти и не инициализирует его);
- calloc (выделяет блок памяти и заполнят его нулями);
- realloc (перевыделяет предварительно выделенный блок памяти).

Особенности malloc, calloc, realloc (1)

- Указанные функции не создают переменную, они лишь выделяют область памяти. В качестве результата функции возвращают адрес расположения этой области в памяти компьютера, т.е. указатель.

- Поскольку ни одна из этих функций не знает данные какого типа будут располагаться в выделенном блоке все они возвращают указатель на void.

Особенности malloc, calloc, realloc (2)

- В случае если запрашиваемый блок памяти выделить не удалось, любая из этих функций вернет значение NULL.

- После использования блока памяти он должен быть освобожден. Сделать это можно с помощью функции free.

malloc (1)

```
#include <stdlib.h>

void* malloc(size_t size);
```

- Функция *malloc (C99 7.20.3.3)* выделяет блок памяти указанного размера size. Величина size указывается в байтах.
- Выделенный блок памяти не инициализируется (т.е. содержит «мусор»).
- Для вычисления размера требуемой области памяти необходимо использовать операцию sizeof.

malloc (2)

```
int *a = NULL;
int n = 5;

// Выделение памяти
a = malloc(n * sizeof(int));
// Проверка успешности выделения
if (a == NULL)
{
    return ...
}

// Использование памяти
for (int i = 0; i < n; i++)
    a[i] = i;

// Освобождение памяти
free(a);
```

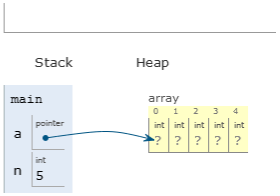
malloc (3)

1. Перед выделением памяти

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main(void)
5  {
6      int *a = NULL;
7      int n = 5;
8
9      // Выделение памяти
10     a = malloc(n * sizeof(int));
11
12     printf("a %p\n", a);
13
```

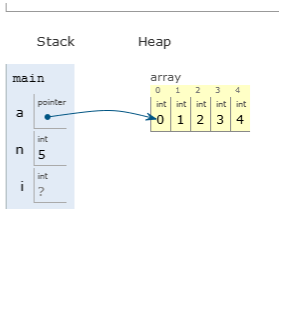
2. Сразу после выделения памяти

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main(void)
5  {
6      int *a = NULL;
7      int n = 5;
8
9      // Выделение памяти
10     a = malloc(n * sizeof(int));
11
12     printf("a %p\n", a);
13
14     // Проверка успешности выделения
```



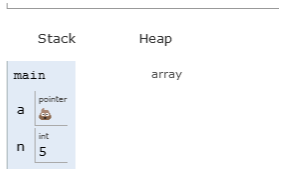
3. Использование выделенной памяти

```
14     // Проверка успешности выделения
15     if (a == NULL)
16     {
17         fprintf(stderr, "Memory allocation error\n");
18         return -1;
19     }
20
21     // Использование памяти
22
23     for (int i = 0; i < n; i++)
24         a[i] = i;
25
26     for (int i = 0; i < n; i++)
27         printf("%d ", a[i]);
```



4. Сразу после освобождения

```
15     if (a == NULL)
16     {
17         fprintf(stderr, "Memory allocation error\n");
18         return -1;
19     }
20
21     // Использование памяти
22
23     for (int i = 0; i < n; i++)
24         a[i] = i;
25
26     for (int i = 0; i < n; i++)
27         printf("%d ", a[i]);
28
29     // Освобождение памяти
30     free(a);
31
32     return 0;
```



malloc и явное приведение типа

```
a = (int*) malloc(n * sizeof(int));
```

Преимущества явного приведения типа:

- компиляции с помощью c++ компилятора;
- у функции malloc до стандарта ANSI C был другой прототип (char* malloc(size_t size));
- дополнительная «проверка» аргументов разработчиком.

Недостатки явного приведения типа:

- начиная с ANSI C приведение не нужно;
- может скрыть ошибку, если забыли подключить stdlib.h;
- в случае изменения типа указателя придется менять и тип в приведении.

calloc (1)

```
#include <stdlib.h>

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

- Функция *calloc (C99 7.20.3.1)* выделяет блок памяти для массива из nmemb элементов, каждый из которых имеет размер size байт.

- Выделенная область памяти инициализируется таким образом, чтобы каждый бит имел значение 0.

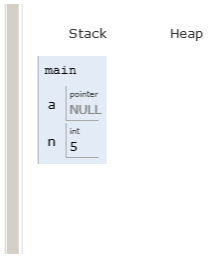
calloc (2)

```
int *a;
int n = 5;

// Выделение памяти
a = calloc(n, sizeof(int));
// Проверка успешности выделения
if (a == NULL)
{
    return ...
}

// Использование памяти
for (int i = 0; i < n; i++)
    printf("%d ", a[i]);

// Освобождение памяти
free(a);
```

calloc (3)

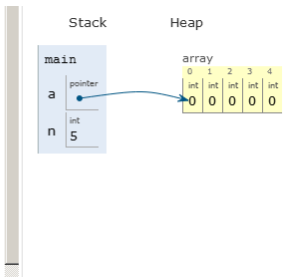
1. Перед выделением памяти

```
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main(void)
5  {
6      int *a = NULL;
7      int n = 5;
8
9      // Выделение памяти
10     a = calloc(n, sizeof(int));
11
12     printf("a %p\n", a);
13
```



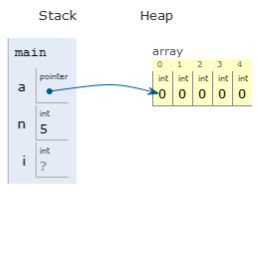
2. Сразу после выделения памяти

```
3
4  int main(void)
5  {
6      int *a = NULL;
7      int n = 5;
8
9      // Выделение памяти
10     a = calloc(n, sizeof(int));
11
12     printf("a %p\n", a);
13
14     // Проверка успешности выделения
```



3. Использование выделенной памяти

```
12     printf("a %p\n", a);
13
14     // Проверка успешности выделения
15     if (a == NULL)
16     {
17         fprintf(stderr, "Memory allocation error\n");
18         return -1;
19     }
20
21     // Использование памяти
22     for (int i = 0; i < n; i++)
23         printf("%d ", a[i]);
```



4. Сразу после освобождения

```
12     printf("a %p\n", a);
13
14     // Проверка успешности выделения
15     if (a == NULL)
16     {
17         fprintf(stderr, "Memory allocation error\n");
18         return -1;
19     }
20
21     // Использование памяти
22     for (int i = 0; i < n; i++)
23         printf("%d ", a[i]);
24
25     // Освобождение памяти
26     free(a);
27
28     return 0;
```

free

```
#include <stdlib.h>

void free(void *ptr);
```

- Функция *free (C99 7.20.3.2)* освобождает (делает возможным повторное использование) ранее выделенный блок памяти, на который указывает ptr.
- Если значением ptr является нулевой указатель, ничего не происходит.
- Если указатель ptr указывает на блок памяти, который не был получен с помощью одной из функций malloc, calloc или realloc, поведение функции free не определено.

realloc

```
#include <stdlib.h>

void* realloc(void *ptr, size_t size);  // C99 7.20.3.4
```

- ptr == NULL && size != 0

  Выделение памяти (как malloc)

- ptr != NULL && size == 0

  Освобождение памяти (как free).

- ptr != NULL && size != 0

  Перевыделение памяти. В худшем случае:

  - выделить новую область
  - скопировать данные из старой области в новую
  - освободить старую область

Типичная ошибка вызова realloc

Неправильно

```
// pbuf и n имеют корректные значения
pbuf = realloc(pbuf, 2 * n);
```

Что будет, если realloc вернет NULL?

Правильно

```
void *ptmp = realloc(pbuf, 2 * n);
if (ptmp)
    pbuf = ptmp;
else
    // обработка ошибочной ситуации
```

Что будет, если запросить 0 байт?

Результат вызова функций malloc, calloc или realloc, когда запрашиваемый размер блока равен 0, зависит от реализации (implementation-defined C99 7.20.3):

- вернется нулевой указатель;
- вернется «нормальный» указатель, но его нельзя использоваться для разыменования.

ПОЭТОМУ перед вызовом этих функций нужно убедиться, что запрашиваемый размер блока не равен нулю.

Возвращение динамического массива из функции (прототип)

- Как возвращаемое значение

  *int** create_array(FILE *f, *int *n*);

- Как параметр функции

  int create_array(FILE *f, *int **arr*, *int *n*);

Возвращение динамического массива из функции (вызов)

- Как возвращаемое значение

```
int *arr, n;
arr = create_array(f, &n);
```

- Как параметр функции

```
int *arr, n, rc;
rc = create_array(f, &arr, &n);
```

Типичные ошибки (1)

- Неверный расчет количества выделяемой памяти.
- Отсутствие проверки успешности выделения памяти
- Утечки памяти
- Логические ошибки
  - Wild (англ., дикий) pointer: использование непроинициализированного указателя.
  - Dangling (англ., висящий) pointer: использование указателя сразу после освобождения памяти.

Типичные ошибки (2)

- Логические ошибки (продолжение)
  - Изменение указателя, который вернула функция выделения памяти.
  - Двойное освобождение памяти.
  - Освобождение невыделенной или нединамической памяти.
  - Выход за границы динамического массива.
  - И многое другое ☹

Отладчик использования памяти (англ. memory debbuger)

Отладчик использования памяти – специальное программное обеспечение для обнаружения ошибок программы при работе с памятью, например, таких как утечки памяти и переполнение буфера. [wiki]

- **Dr. Memory**
- valgrind

Подходы к обработке ситуации отсутствия памяти (англ., OOM)

- Возвращение ошибки (англ., return failure)
  - Подход, который используем мы
- Ошибка сегментации (англ., segfault)
  - Обратная сторона - проблемы с безопасностью
- Аварийное завершение (англ., abort)
  - Идея принадлежит Кернигану и Ритчи (xmalloc)
- Восстановление (англ., recovery)
  - xmalloc из git