

Как пользоваться подготовкой

Все пункты, которые описаны в вопросе, надо прописать в билете. То, что именно написать, взято со слов Ломовского И.В. на консультациях. Желаем успехов в подготовке!

1 - Указатель на void. Стандартные функции обработки областей памяти

Для чего используется указатель на void, примеры.

Тип указатель void (обобщенный указатель, англ. generic pointer) используется, если тип объекта неизвестен:

- полезен для ссылки на произвольный участок памяти, независимо от размещенных там объектов;

```
void *a;
int num = 52;
a = &num;
printf("%d", *(int*)a);
```

- позволяет передавать в функцию указатель на объект любого типа.

```
void print(void *ptr, char type)
{
    if (type == 'i')
        printf("%d\n", *(int*)ptr);
    if (type == 'f')
        printf("%.2f\n", *(float*)ptr);
}
```

Особенности использования + примеры

Указатель типа void нельзя разыменовывать.

```
void *a;
int num = 52;
a = &num;
printf("%d", *a); // ПИСЮН - логично так как не понятно к какому типу мы приведём переменную
```

К указателям типа void не применима адресная арифметика

```
void *a;
int woodstock_data[6] = {1969, 1979, 1989, 1994, 1999, 2009};
a = woodstock_data;
a++; // ПИСКУН - логично так как не понятно на сколько ячеек памяти мы должны
двинуться (size же разный)
```

memcpy

`memcpy` копирует данные побайтово

Сигнатура

```
void *memcpy(void *dest, const void *src, size_t count);
```

- `dest` — указатель на область памяти, куда будут скопированы данные.
- `src` — указатель на область памяти, откуда будут скопированы данные.
- `count` — количество байт для копирования.

Если области памяти `src` и `dest` перекрываются, поведение `memcpy` не определено

Пример

```
int src[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int dest[5];

// Копируем 5 элементов (по размеру int) из src в dest
memcpy(dest, src, 5 * sizeof(int));
```

memset

`memset` заполняет блок памяти указанным значением.

Сигнатура

```
int memcmp(const void *s1, const void *s2, size_t n);
```

- `s1` и `s2` — указатели на блоки памяти для сравнения.
- `n` — количество байт для сравнения.

Полезен для работы с сырыми данными.

memmove

Сигнатура

```
void *memmove(void *destptr, const void *srcptr, size_t num);
```

Переместить блок памяти. Функция копирует `num` байтов из блока памяти источника, на который ссылается указатель `srcptr`, в блок памяти назначения, на который указывает указатель `destptr`. Копирование происходит через промежуточный буфер, что, в свою очередь, не позволяет `destptr` и `srcptr` пересекаться.

Пример

```
int src[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int dest[5];

// Копируем 5 элементов (по размеру int) из src в dest
memmove(dest, src, 5 * sizeof(int));
```

2 - Функции динамического выделения памяти

Особенности malloc, calloc, realloc

Библиотека `#include <stdlib.h>`

- 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`.
- 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

Сигнатура

```
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»).

Пример

```
void *a = malloc(sizeof(int) * 3);
```

malloc и явное приведение типа

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

Преимущества явного приведения типа:

- компиляции с помощью с++ 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.

Примеч. редактора:

Короче щас это не нужно, это нужно было только до стандарта `ANSI C` из за другой сигнатуры функции `malloc`

Нужно только если мы хотим делать какие либо шуры муры с с++

`calloc`

Сигнатура

```
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. (и дальше уже будет преобразование в зависимости от типа, то есть если будет массив `char`-ов, то он будет заполнен символами `'\0'`)

Пример

```
a = calloc(n, sizeof(int));
```

`realloc`

Перевыделение памяти

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

- `ptr == NULL && size != 0` Выделение памяти (как `malloc`)
- `ptr != NULL && size == 0` Освобождение памяти (как `free`).
- `ptr != NULL && size != 0` Перевыделение памяти

Перевыделение памяти (в худшем случае)

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

Если мы хотим оставить первые n байт из m уже выделенных байт, где $m \geq n$, то с большой вероятностью `realloc` воспользуется уже выделенной памятью и отработает сильно быстрее, чем `malloc + memset + free`

Возвращает указатель на новую ячейку памяти

Если выделение не удалось возвращает `NULL`

При использовании обязательно нужно сделать вспомогательный указатель, в который передать возвращаемое значение `realloc` и в случае если значение не `NULL` присвоить указатель

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

Что будет, если запросить 0 байт?

Зависит от реализации (implementation-defined C99 7.20.3)

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

Короче или `NULL` или норм указатель но с которым ничего нельзя сделать

free

```
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.
- Если попытаться освободить дважды указатель выделенные одной из функций выделения памяти, то UB

3 - Выделение памяти под динамический массив. Типичные ошибки при работе динамической памяти.

Выделение памяти под динамический массив делается с помощью `malloc` / `calloc` / `realloc`:

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

2 способа возврата динамического массива из функции. Реализовать функции.

- Как возвращаемое значение

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

- Как параметр функции

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

О типичных ошибках при работе с динамической памятью.

- Неверный расчет количества выделяемой памяти.
- Отсутствие проверки успешности выделения памяти
- Утечки памяти
- Логические ошибки

Логические ошибки

- Wild (англ., дикий) pointer: использование непроинициализированного указателя.
- Dangling (англ., висящий) pointer: использование указателя сразу после освобождения памяти.
- Изменение указателя, который вернула функция выделения памяти
- Двойное освобождение памяти.
- Освобождение невыделенной или нединамической памяти.
- Выход за границы динамического массива.

Подходы к обработке ситуации, когда функции динамической памяти вернули NULL.

- 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

4 - Указатели на функции. Функция qsort

Для чего в Си используются указатели на функции + примеры

- функции обратного вызова (англ., callback);
- таблицы переходов (англ., jump table);
- динамическое связывание (англ., binding).

Callback (англ, функция обратного вызова) - передача исполняемого кода в качестве одного из параметров другого кода.

Пример

qsort

Jump table (или таблица переходов) — это структура данных, которая используется для быстрого перехода между различными точками в программе.

Пример

```
void func1() {
    printf("Function 1\n");
}

void func2() {
    printf("Function 2\n");
}

int main() {
    void (*jumpTable[3])() = {func1, func2}; // Jump table

    int choice;
    printf("Enter a number (0-1): ");
    scanf("%d", &choice);

    if (choice >= 0 && choice < 2) {
        jumpTable[choice](); // Вызов функции по индексу
    }
}
```

```

    } else {
        printf("Invalid choice\n");
    }

    return 0;
}

```

Binding - это процесс связывания имен (или переменных) с объектами, функциями или значениями

Как описывается, инициализируется указатель на функцию

Общее описание

```
to_return_t (*pointer_name)(parameter_types);
```

Инициализация

```

int add(int a, int b)
{
    return a + b;
}

int (*func_ptr)(int, int) = add; // Инициализация указателя адресом функции

```

Как с его помощью вызывается сама функция.

Как та же функция только с другим именем

Про qsort, примеры использования.

```
void qsort(void *base, size_t nmem, size_t size, int (*comparator)(const void*,
const void*));
```

Для функции `qsort` необходимо разработать свой comparator (очевидно который соответствует сигнатуре, приведённой в функции)

Пример:

```

int compare_int_1(const void *l, const void *r)
{
    int *ll = (int *)l;
    int *rr = (int *)r;
    return *ll - *rr;
} // сравнивает инты как обычно

```



```
int compare_int_2(const void *l, const void *r)
{
    int *ll = (int *)l;
    int *rr = (int *)r;
    return (*ll * *ll) - (*rr * *rr);
} // сравнивает инты по модулю
```

`qsort` может обрабатывать любой тип данных так как мы передаём размер одной ячейки нашего массива и функцию для сравнения этих чисел. Смена происходит побайтово

```
void swap(void *l, void *r, size_t size)
{
    char c;
    char *ll = (char *)l;
    char *rr = (char *)r;
    for (size_t i = 0; i < size; i++, ll++, rr++)
    {
        c = *ll;
        *ll = *rr;
        *rr = c;
    }
}
```

Особенности использования указатель на функцию (про адресную арифметику).

Операция `&` для функции возвращает указатель на функцию, но из-за 6.7.5.3 #8 это лишняя операция. То, что это лишняя операция в C99 не означает, что в других стандартах она лишняя.

```
int (*p2)(int, int) = &add;
```

Операция `*` для указателя на функцию возвращает саму функцию, которая неявно преобразуется в указатель на функцию.

```
int (*p3)(int, int) = *add;
int (*p4)(int, int) = *****add;
```

Указатель на функцию может быть типом возвращаемого значения функции

```
#include <stdio.h>

// Функции
int add(int a, int b) { return a + b; }
```

```

int multiply(int a, int b) { return a * b; }

// Функция, возвращающая указатель на функцию
// то что передалось в саму изначальную функцию и её название
//
// |
// то соответствует | сигнатуре возвращаемой функции
// | | | |
// v v v v
int (*get_operation(char op))(int, int)
{
    return (op == '+') ? add : multiply;
}

int main()
{
    // Получаем указатель на функцию add
    int (*operation)(int, int) = get_operation('+');

    // Вызов функции через указатель
    printf("%d\n", operation(3, 4)); // Вывод: 7

    // Получаем указатель на функцию multiply
    operation = get_operation('*');

    // Вызов функции через указатель
    printf("%d\n", operation(3, 4)); // Вывод: 12

    return 0;
}

```

Про указатели на функцию и указатели на void

Функция - не объект в терминологии стандарта.

Указатель на функцию одного типа может быть преобразован в указатель на функцию другого типа и обратно; результат должен быть равен исходному указателю. Если преобразованный указатель используется для вызова функции, тип которой несовместим с указанным типом, поведение не определено.

Указатели на функцию можно сравнивать.

Согласно [C99 6.3.2.3 #1](#) и [C99 6.3.2.3 #8](#), указатель на функцию не может быть преобразован к указателю на void и наоборот.

Но POSIX требует, чтобы такое преобразование было возможно при работе с динамическими библиотеками.

5 - Утилита make. Назначение, простой сценарий сборки

Утилита make

Автоматизирует процесс преобразования файлов из одной формы в другую.

Разновидности:

- GNU Make (наша радость)
- BSD Make
- Microsoft Make

Для утилиты `make` входным данным является `makefile` - текстовый файл определенного формата, описывающий

- отношения между файлами программы
- команды для обновления каждого файла

Также `make` использует время последнего изменения файла чтобы решить, какие файлы надо обновить

Простой сценарий сборки:

```
app.exe: main.o list.o
    gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -Wextra -o app.exe main.o list.o

main.o: main.c list.h
    gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -Wextra -c main.c

list.o: list.c list.h
    gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -Wextra -c list.c

clean:
    rm *.o *.exe
```

Как работает данный `makefile`:

Пока что в программе находятся только исходники. По запуску утилиты

```
make
```

она по умолчанию выполняет первую цель (`app.exe`). Видит зависимости, которые должны присутствовать в проекте, но их пока что нет, поэтому идет по очереди их выполнять.

Для зависимости `main.o` есть все необходимое (`main.c`, `list.h`), поэтому сначала выполнится команда цели `main.o`.

После этого выполнится `list.o`, затем `app.exe`.

Допустим, мы поменяли файл `list.c` и собираем программу. Программа `make` проверит, что цели содержат актуальные файлы. Для цели `main.o` все так, для `list.o` нет, так как `list.c` был изменен позже, чем имеющийся `list.o` -> он не актуальный и нужно его обновить. После обновления все объектники актуальные и тогда соберется `app.exe`.

Ключи утилиты

Указание конкретного мейкфайла

```
make -f makefile_2
```

Безусловное выполнение правил

```
make -B
```

Вывод команд без их выполнения

```
make -n
```

Игнорирование ошибок при выполнении команд

```
make -i
```

6 - Утилита make. Назначение, переменные, шаблонные правила

Важно: упомяните алгоритм работы мейкфайла (см. вопрос 5): если все обновлено, если что-то не обновлено и тд.

Утилита make

Автоматизирует процесс преобразования файлов из одной формы в другую.

Разновидности:

- GNU Make (наша радость)
- BSD Make
- Microsoft Make

Для утилиты `make` входным данным является `makefile` - текстовый файл определенного формата, описывающий

- отношения между файлами программы
- команды для обновления каждого файла

Также `make` использует время последнего изменения файла чтобы решить, какие файлы надо обновить

Переменные в make

Бывают явные, неявные, автоматические.

Явные:

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror
```

Неявные:

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror
app.exe: main.c
    $(CC) $(CFLAGS) -o app.exe main.c
```

Неявная потому что она преднаписана уже в самой утилите. `$(CC)` будет равно `cc`.

Автоматические:

- `$$` - список зависимостей
- `$$` - имя цели
- `$$` - первая зависимость

Было:

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror
app.exe: main.c
    $(CC) $(CFLAGS) -o app.exe main.c
```

Стало:

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror
app.exe: main.c
    $(CC) $(CFLAGS) -o $$ $$
```

Шаблонные правила

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror
CFILES := list.c kchaow.c
OFILES := $(CFILES:.c=.o)
app.exe: $(OFILES)
    $(CC) $(CFLAGS) -o $$ $$

%.o: %.c %.h
    $(CC) $(CFLAGS) -c $$
```

Шаблонное правило это `%.o` - утилита понимает, что ей нужно выполнить какую-то цель, и если название цели подходит под шаблон `%.o`, то она его выполняет, подставляя вместо знака `%` то, что стоит перед `.o` (в данном случае если правило `list.o`, то вместо `%` везде подставится `list`).

7 - Утилита make. Назначение, условные конструкции, анализ зависимостей

Важно: упомяните алгоритм работы мейкфайла (см. вопрос 5): если все обновлено, если что-то не обновлено и тд.

Утилита make

Автоматизирует процесс преобразования файлов из одной формы в другую.

Разновидности:

- GNU Make (наша радость)
- BSD Make
- Microsoft Make

Для утилиты `make` входным данным является `makefile` - текстовый файл определенного формата, описывающий

- отношения между файлами программы
- команды для обновления каждого файла

Также `make` использует время последнего изменения файла чтобы решить, какие файлы надо обновить

Реализация условных конструкций в make

Есть две идеи: использовать условные директивы или использовать переменные, которые зависят от целей.

Директивы

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -Wextra

ifeq ($(mode), debug)
    CFLAGS += -g3
endif

ifeq ($(mode), release)
    CFLAGS += -DNDEBUG -g0
endif
```

Переменные, зависящие от цели

```
CFLAGS := -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -Wextra

debug: CFLAGS += -g3
debug: app.exe

release: CFLAGS += -DNDEBUG -g0
release: app.exe
```

Анализ зависимостей

Есть 3 подхода анализа зависимостей в makefile

- ручной анализ
- любой С файл зависит от всех заголовочных
- автоматическая генерация зависимостей

Ручной анализ

Мы обязаны контролировать, где находятся наши заголовочные файлы и знать, от каких заголовочников зависит каждый исходник. В очень маленьком проекте пойдет.

Любой С файл зависит от всех заголовочных

Все заголовочные файлы предоставляются Си файлу. Но если у нас есть два разных хедера с одним названием и разным содержанием, то возможна несостыковка. + а что если мы изменим хедер, а у нас уже собрано приложение? Оно посчитается актуальным, поэтому изменение хедера не изменит приложение, значит нам нужно пересобирать приложение вручную

Автоматическая генерация зависимостей

Следовать идее о том что мы не должны прописывать зависимость от определенных хедеров в зависимостях цели мейкфайла. Вместо этого мы с помощью компилятора создадим зависимости, которые помогут актуализировать приложение даже когда меняется хедер.

```
CFILES := $(wildcard *.c)
%.d: %.c
    $(CC) -M $< > $@

include $(CFILES:.c=.d)
clean:
    rm *.o *.exe *.d
```

Ненулевой код возврата может прервать выполнение сценария.
Каждая команда выполняется в своем shell.

8 - Динамические матрицы.

Представление в виде одномерного массива и в виде массива указателей на строки. Анализ преимуществ и недостатков

Матрица как одномерный массив

Если матрица размера $n * m$ где n - кол-во строк а m - кол-во столбцов, то надо выделить блок размером `sizeof(type) * n * m`

	строка 1					строка 2					строка 3				
	$m * \text{sizeof}(T)$					$m * \text{sizeof}(T)$					$m * \text{sizeof}(T)$				

```
int *a = malloc(sizeof(int) * m * n);
int *b = calloc(n * m, sizeof(int));
```

Для обращения к элементу i, j введём переменную k , $k = i * m + j$

```
int i = 3, j = 4;
int k = i * m + j;
printf("%d\n", a[k]);
```

Освобождение памяти просто функцией `free`

```
free(a);
```

+

-

Простота выделения и освобождения памяти.

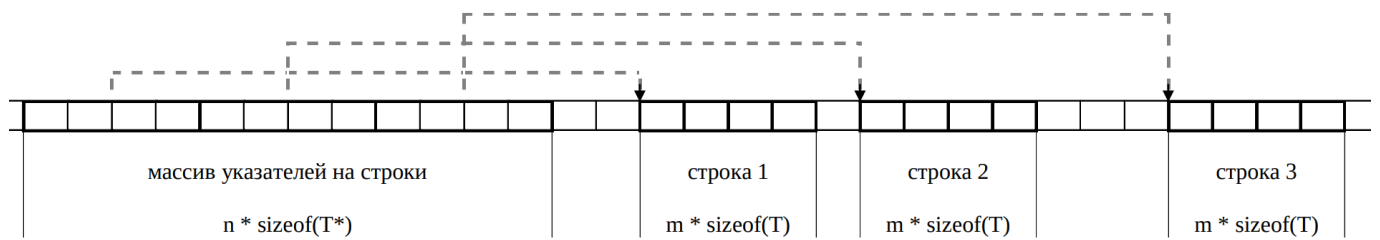
Нужно писать $i * m + j$, где m – число столбцов

Возможность использовать как одномерный массив

Отладчик использования памяти (например, valgrind) не может отследить выход за пределы строки.

9 - Матрица как массив указателей

По сути мы создаём n одномерных массивов и делаем массив указателей на эти массивы



Алгоритм выделения памяти

Вход: количество строк (n) и количество столбцов (m)

Выход: указатель на массив строк матрицы (p)

1. Выделить память под массив указателей (p)
2. Обработать ошибку выделения памяти
3. В цикле по количеству строк матрицы ($0 \leq i < n$)
 - Выделить память под i -ую строку матрицы (q)
 - Обработать ошибку выделения памяти
 - $p[i]=q$

Выделение матрицы double

```
double** allocate_matrix(size_t n, size_t m)
{
    double **data = calloc(n, sizeof(double*));

    if (!data)
        return NULL;

    for (size_t i = 0; i < n; i++)
    {
        data[i] = malloc(m * sizeof(double));
        if (!data[i])
        {
            free_matrix(data, n);
            return NULL;
        }
    }
    return data;
}
```

Обращение к элементам

Как в обычной матрице

```
for (size_t i = 0; i < n; i++)
{
```

```

for (size_t j = 0; j < m; j++)
{
    printf("%lf ", data[i][j]);
}
printf("\n");
}

```

Алгоритм освобождения памяти

Вход: указатель на массив строк матрицы (p) и количество строк (n)

1. В цикле по количеству строк матрицы ($0 \leq i < n$)
 - Освободить память из-под i-ой строки матрицы
2. Освободить память из-под массива указателей (p)

Освобождение матрицы double

```

void free_matrix(double **data, size_t n)
{
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        // free можно передать NULL
        free(data[i]);
    free(data);
}

```

+

Возможность обмена строки через обмен указателей.

Отладчик использования памяти может отследить выход за пределы строки.

-

Сложность выделения и освобождения памяти.

Память под матрицу "не лежит" одной областью.

10-11 - Динамические матрицы. Объединенный способ

Выделяем память под массив указателей и массив данных

n = 3 – количество строк
m = 4 – количество столбцов
T – тип элементов матрицы



```
double **allocate_matrix(size_t n, size_t m)
{
    double **ptrs, *data;
    ptrs = malloc(n * sizeof(double *));
    if (!ptrs)
        return NULL;

    data = malloc(n * m * sizeof(double))
    if (!data)
    {
        free(ptrs);
        ptrs = NULL;
        return NULL;
    }
    for (size_t i = 0; i < n; i++)
        ptrs[i] = data + i * m;

    return ptrs;
}

void free_matrix(double **ptrs, size_t n)
{
    (void) n;
    free(ptrs[0]);
    ptrs[0] = NULL;
    free(ptrs);
    ptrs = NULL;
}
```

+

-

Относительная
простота выделения
и освобождения
памяти

Относительная сложность начальной инициализации

Возможность
использовать как
одномерный массив

Отладчик использования памяти не отследит выход за пределы строки

Перестановка строк
через обмен
указателей

но в этом возможна ошибка (потому что после перестановки `ptrs[0]`
может указывать не на начало блока памяти, поэтому есть идея найти
самый малый адрес, перебрав все адреса, и зачистить его)

12-13 - Динамические матрицы. Объединенный способ 2

Выделяем память разом и под массив указателей, и под данные

$n = 3$ — количество строк
 $m = 4$ — количество столбцов
 T — тип элементов матрицы



```
double **allocate_matrix(int n, int m)
{
    double **matrix = malloc(n * sizeof(double*) + n * m * sizeof(double));
    if (matrix == NULL)
        return NULL;

    matrix[0] = (double *) (matrix + n);
    for (int i = 1; i < n; i++)
        matrix[i] = matrix[0] + m * i;

    return matrix;
}

void free_matrix(double **ptrs, size_t n)
{
    (void)n;
    free(ptrs);
}
```

+	-
Простота выделения и освобождения памяти	Сложность начальной инициализации
Возможность использовать как одномерный массив	Отладчик использования памяти не отследит выход за пределы строки
Перестановка строк через обмен указателей	

14 - Чтение сложных объявлений

О правилах чтения сложных объявлений в Си.

Обозначение	Наименование
-------------	--------------

Обозначение	Наименование
<code>[]</code>	массив типа ...
<code>[N]</code>	массив из N элементов типа...
<code>(type)</code>	функция, принимающая аргумент типа type и возвращающая ...
<code>*</code>	указатель на

«Декодирование» объявления выполняется «изнутри наружу». При этом отправной точкой является идентификатор.

Идентификатор - проще говоря название (в билете это лучше не писать)

Когда сталкиваетесь с выбором, отдавайте предпочтение `[]` и `()`, а не `*`, т.е.

`*name[]` – «массив типа», не «указатель на»

`*name()` – «функция, принимающая», не «указатель на»

При этом `()` могут использоваться для изменения приоритета.

Примеры чтения данных объявлений.

1. `int>(*x[10])(void);`

- `x[10]` - это массив из 10 элементов
- `*x[10]` - массив состоит из указателей
- из указателей на функции с сигнатурой `int *name(void);`

2. `char *(*(**foo[][8])())[];`

- `foo[][8]` - матрица
- `**foo[][8]` - матрица указателей
- `(**foo[][8])()` - матрица двойных (которые преобразуются просто в одинарные) указателей на функцию которая принимает ничего
- Итог: `foo` это матрица двойных указателей на функцию, принимающую ничего, возвращающих указатель на массив указателей на `char`

3. `void (*signal(int, void (*fp)(int)))(int);`

- `signal(int, void (*fp)(int))` - функция которая принимает `int` и указатель на функцию
- функция возвращает указатель на функцию с сигнатрой `void a(int)`

Остановиться на ситуациях, которые в процессе чтения возникнуть не должны

1. Невозможно создать массив функций.

```
int a[10](int);
```

2. Функция не может возвращать функцию.

```
int g(int)(int);
```

3. В массива только левая лексема [] может быть пустой.

4. Тип void ограниченный.

```
void x; // ошибка  
void x[5]; // ошибка
```

15 - Строки в динамической памяти, функции POSIX, расширение GNU

3 функции, которые относятся к POSIX и GNU: strdup, getline, sprintf.

Все эти функции работают только при подключении `-std=gnu99`

strdup

Копирует строку в новую область памяти возвращает указатель на новую область памяти

Если память выделить не удалось, возвращает `NULL`

```
char *name = strdup(NAME);
```

```
char *my_strdup(const char *s)
{
    if (s == NULL)
        return NULL;

    size_t len = strlen(s) + 1;

    char *copy = malloc(len);

    if (copy == NULL)
        return NULL;

    memcpy(copy, s, len);
    copy[len] = '\0';

    return copy;
}
```

getline

Возвращает количество записанных символов

- `lineptr` - куда будет записанна строка
- `n` - размер выделенной памяти (**при этом количество выделенной памяти может не соответствовать количеству символов**)
- `stream` - поток ввода

```
size_t getline(char **lineptr, size_t *n, FILE *stream)
```

```
ssize_t my_getline(char **lineptr, size_t *n, FILE *stream)
{
    if (lineptr == NULL || n == NULL || stream == NULL)
        return -1;

    if (*lineptr == NULL)
    {
        *n = 128;
        *lineptr = malloc(*n);
        if (*lineptr == NULL)
            return -1;
    }

    size_t pos = 0;
    int c;
    while ((c = fgetc(stream)) != EOF)
    {
        if (pos + 1 >= *n)
        {
            *n *= 2;
            char *new_ptr = realloc(*lineptr, *n);
            if (new_ptr == NULL) {
                return -1;
            }
            *lineptr = new_ptr;
        }

        (*lineptr)[pos++] = c;
        if (c == '\n')
            break;
    }

    if (pos == 0 && c == EOF)
        return -1;

    (*lineptr)[pos] = '\0';
    return pos;
}
```

sprintf

Делает вывод согласно строке форматирования

```
int sprintf(char *str, const char *format, ...);
```

Далее идет не идеальный вариант реализации идеи `sprintf`, но суть заключена в использовании функции `snprintf`

```
int n, m;
n = snprintf(NULL, 0, "My name is %s. I live in %s.", NAME, CITY);
if (n > 0)
{
    char *line = malloc((n + 1) * sizeof(char));
    if (line)
    {
        m = snprintf(line, n + 1, "My name is %s. I live in %s.", NAME, CITY);
        printf("%s\n", line);
        free(line);
    }
}
```

Про Feature Test Macro: что это такое, для чего нужно.

Feature Test Macros (FTM) используются для включения или выключения определенных функциональных возможностей или расширений в стандартной библиотеке

```
#define _POSIX_C_SOURCE 200809L // Включаем POSIX.1-2008
#define _GNU_SOURCE // до glibc 2.10
```

16 - Особенности использования структур с полями-указателями

Нужны примеры.

Фраза о том, что операция присваивание в Си для структурных переменных по сути выполняет побитовое перемещение 1 структурной переменной в область другой -> выводы о том, к чему приводит такое копирование в случае, если одно из полей - указатель.

Рассказать о поверхностном и глубоком копировании.

Про рекурсивное освобождение памяти из под структурных переменных (память под структуру динамическая и внутри нее есть динамические поля) ++Поверхностное - не всегда плохо

Операции присвоения

В Си определена операция присваивания для структурных переменных одного типа. Эта операция фактически эквивалентна копированию области памяти, занимаемой одной переменной, в область памяти, которую занимает другая.

При этом реализуется стратегия так называемого **«поверхностного копирования»** (англ., shallow copying), при котором копируется содержимое структурной переменной, но не копируется то, на что могут ссылаться поля структуры. То есть если у нас присваиваются указатели, то они будут указывать на одно и то же

Из за **«поверхностного копирования»** могут происходить ошибки, использовать его можно только если у нас нет динамических полей в структуре (ну или же мы действительно хотим ссылаться всегда к одной области памяти), стоит понимать, что при переприсвоении указателя мы теряем доступ памяти, на которую он указывал.

Стратегия так называемого **«глубокого копирования»** (англ., deep copying) подразумевает создание копий объектов, на которые ссылаются поля структуры. То есть создаётся новое поле.

Освобождение памяти из под структуры

Если поле структуры содержит указатель на динамическую память то эту память нужно очищать отдельно перед тем как очистить память из под структуры

```
void qg_free(book_t *dst)
{
    free(dst->title);
    free(dst);
}
```

17 - Структуры переменного размера

Про поле типа flexible array member (появился в Си 99, но до этого тоже что-то было, КАК): все его особенности. Пример работы с подобной структурой (пример есть в лекции). Сравнить поле flexible array member с обычным указателем: + и -.

18 - Динамически расширяемый массив

Определение массива. Чем динамический массив отличается от динамически расширяемого. Описание типа, функции добавления и удаления. Особенности использования. ++Почему при перевыделении памяти эту память следует перевыделять крупными блоками.

19 - Линейный односвязный список. Добавление удаление элемента

Узел

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```
typedef struct node
{
    type_t data;
    struct node *next;
    // struct node *prev;
} node_t;
```

Список. Линейный односвязный список.

Связный список - набор элементов, каждый из них является частью узла, который также содержит ссылку на другой узел.

Линейный односвязный список - структура данных, состоящая из узлов, каждый из которых ссылается на следующий узел списка.

Что	Массив	Список
Хранение в памяти	Одним блоком	Разбросаны по всей памяти
Доступ к элементу	$O(1)$	$O(n)$ (или $O(1)$, если первая вершина)
Затраты памяти	Память выделяется на все элементы, надо знать заранее максимальное количество	Память ограничена оперативной памятью
Вставка/ удаление элемента	$O(n)$	$O(1)$, если в начало, иначе $O(n)$
Поиск	$O(n)$	$O(n)$

Основные функции над списками:

- создание/удаление элемента
- добавление элемента
- удаление элемента
- поиск элемента
- применение действия ко всем элементам

Создание и удаление

```
typedef struct node
{
    int data;
    struct node *next;
} node_t;

node_t *create_node(int data)
{
    node_t *new = malloc(sizeof(new));
    if (!new)
        return NULL;

    new->data = data;
    new->next = NULL;
    return new;
}

void free_node(node_t *node)
{
    free(node);
}
```

Добавление в начало

```
void list_push_front(node_t **head, node_t *to_add)
{
    to_add->next = *head;
    *head = to_add;
}
```

Добавление в конец

```
void list_push_back(node_t **head, node_t *to_add)
{
    if (*head == NULL)
    {
        *head = to_add;
        to_add->next = NULL;
        return;
    }

    node_t *cur = *head;
    while (cur && cur->next)
        cur = cur->next;
```

```
    cur->next = to_add;
}
```

Поиск элемента

```
node_t *find(node_t *head, int data)
{
    for (; head; head = head->next)
        if (comparator(data, head->data) == 0)
            return head;

    return NULL;
}
```

Удаление элемента

```
void del_node(node_t **head, int data)
{
    node_t *cur = *head, *prev = NULL;
    while (cur && comparator(cur->data, data) != 0)
    {
        prev = cur;
        cur = cur->next;
    }

    if (prev == NULL)
        *head = cur->next;
    else
        prev->next = cur->next;

    free_node(cur);
    cur = NULL;
}
```

Освобождение списка

```
void free_list(node_t *head)
{
    node_t *buf = head;
    while (buf)
    {
        head = head->next;
        free_node(buf);
        buf = head;
    }
}
```

```
}  
}
```

20 - Линейный односвязный список. Вставка элемента

Узел

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```
typedef struct node  
{  
    type_t data;  
    struct node *next;  
    // struct node *prev;  
} node_t;
```

Список. Линейный односвязный список.

Связный список - набор элементов, каждый из них является частью узла, который также содержит ссылку на другой узел.

Линейный односвязный список - структура данных, состоящая из узлов, каждый из которых ссылается на следующий узел списка.

Что	Массив	Список
Хранение в памяти	Одним блоком	Разбросаны по всей памяти
Доступ к элементу	$O(1)$	$O(n)$ (или $O(1)$, если первая вершина)
Затраты памяти	Память выделяется на все элементы, надо знать заранее максимальное количество	Память ограничена оперативной памятью
Вставка/удаление элемента	$O(n)$	$O(1)$, если в начало, иначе $O(n)$
Поиск	$O(n)$	$O(n)$

Основные функции над списками:

- создание/удаление элемента
- добавление элемента
- удаление элемента

- поиск элемента
- применение действия ко всем элементам

Вставка перед данным

```
void add_before(node_t **head, node_t *to_add, node_t *after_to_add)
{
    if (*head == after_to_add)
    {
        to_add->next = *head;
        *head = to_add;
        return;
    }

    node_t *buf = *head;

    while (buf && buf->next != after_to_add)
        buf = buf->next;

    if (buf == NULL)
        return;

    to_add->next = buf->next;
    buf->next = to_add;
}
```

Вставка после данного

```
void add_after(node_t *before_to_add, node_t *to_add, )
{
    to_add->next = before_to_add->next;
    before_to_add->next = to_add;
}
```

Освобождение списка

```
void free_list(node_t *head)
{
    node_t *buf = head;
    while (buf)
    {
        head = head->next;
        free_node(buf);
        buf = head;
    }
}
```

21 - Линейный односвязный список. Обход

Узел

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```
typedef struct node
{
    type_t data;
    struct node *next;
    // struct node *prev;
} node_t;
```

Список. Линейный односвязный список.

Связный список - набор элементов, каждый из них является частью узла, который также содержит ссылку на другой узел.

Линейный односвязный список - структура данных, состоящая из узлов, каждый из которых ссылается на следующий узел списка.

Что	Массив	Список
Хранение в памяти	Одним блоком	Разбросаны по всей памяти
Доступ к элементу	$O(1)$	$O(n)$ (или $O(1)$, если первая вершина)
Затраты памяти	Память выделяется на все элементы, надо знать заранее максимальное количество	Память ограничена оперативной памятью
Вставка/удаление элемента	$O(n)$	$O(1)$, если в начало, иначе $O(n)$
Поиск	$O(n)$	$O(n)$

Основные функции над списками:

- создание/удаление элемента
- добавление элемента
- удаление элемента
- поиск элемента
- применение действия ко всем элементам

Поиск элемента

```
node_t *find(node_t *head, int data)
{
    for (; head; head = head->next)
        if (comparator(data, head->data) == 0)
            return head;

    return NULL;
}
```

Применение действия к элементам

```
void map(node_t *head, void (*f)(node_t *, void *), void *)
{
    for(; head; head = head->next)
        f(head, arg);
}
```

Освобождение списка

```
void free_list(node_t *head)
{
    node_t *buf = head;
    while (buf)
    {
        head = head->next;
        free_node(buf);
        buf = head;
    }
}
```

22 - Бинарное дерево поиска. Добавление элемента

Определение

Дерево - связный ациклический граф.

Двоичным деревом поиска называют дерево, все вершины которого упорядочены, каждая вершина имеет не более двух потомков (левого и правого) и все вершины, кроме корня, имеют родителя. Основное свойство бинарного дерева: все левые потомки узла **меньше** его, все правые - **больше**.

Про узлы

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной


```
typedef struct node
{
    type_t data;
    struct node *next;
    // struct node *prev;
} node_t;
```

Базовые операции

- добавление узла
- поиск узла
- удаление узла
- обход дерева

Описание ДДП в Си:

```
typedef struct tree_node
{
    int data;
    struct tree_node *left;
    struct tree_node *right;
} tree_node_t;
```

Опишем основные действия в дереве

- создание/очистка узла

```
tree_node_t *create_node(int data)
{
    tree_node_t *new = malloc(sizeof(tree_node_t));
    if (!new)
        return NULL;

    new->data = data;
    new->left = NULL;
    new->right = NULL;

    return new;
}

void free_node(tree_node_t *node)
{
    // free(data); // в случае, если наша data была бы указателем на
    // динамические данные
    free(node);
}
```

```

int main()
{
    tree_node_t *node = create_node(5);
    printf("%d\n", node->data);
    free_node(node);
    node = NULL;
    return 0;
}

```

- добавление узла в дерево

```

int compare_nodes(const void *l, const void *r)
{
    ...
}

tree_node_t *insert(tree_node_t *tree, tree_node_t *node)
{
    if (tree == NULL)
        return node;
    int cmp = compare_nodes(tree->data, node->data);
    if (cmp < 0)
        tree->left = insert(tree->left, node);
    else
        tree->right = insert(tree->right, node);

    return tree;
}

```

- очистка дерева

```

void free_tree(tree_node_t *tree)
{
    if (tree)
    {
        free_tree(tree->left);
        free_tree(tree->right);
        free_node(tree);
        tree = NULL;
    }
}

```

23 - Бинарное дерево поиска. Поиск элемента

Определение

Дерево - связный ациклический граф.

Двоичным деревом поиска называют дерево, все вершины которого упорядочены, каждая вершина имеет не более двух потомков (левого и правого) и все вершины, кроме корня, имеют родителя. Основное свойство бинарного дерева: все левые потомки узла **меньше** его, все правые - **больше**.

Про узлы

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```
typedef struct node
{
    type_t data;
    struct node *next;
    // struct node *prev;
} node_t;
```

Базовые операции

- добавление узла
- поиск узла
- удаление узла
- обход дерева

Описание ДДП в Си:

```
struct tree_node
{
    int data;
    struct tree_node *left;
    struct tree_node *right;
} tree_node_t;
```

Опишем поиск в дереве

```
int compare_nodes(const void *l, const void *r)
{
    ...
}
...c
tree_node_t *find(tree_node_t *tree, int data)
{
    int cmp;

    while (tree)
    {
```

```

        cmp = compare_nodes(data, tree->data);
        if (cmp == 0)
            return tree;
        if (cmp > 0)
            tree = tree->right;
        else
            tree = tree->left;
    }
    return NULL;
}

tree_node_t *find2(tree_node_t *tree, int data)
{
    int cmp;
    if (tree == NULL)
        return NULL;

    cmp = compare_nodes(data, tree->data);
    if (cmp == 0)
        return tree;
    if (cmp < 0)
        return find2(tree->left, data);
    else
        return find2(tree->right, data);
}

```

Опишем очистку дерева

```

void free_tree(tree_node_t *tree)
{
    if (tree)
    {
        free_tree(tree->left);
        free_tree(tree->right);
        free_node(tree);
        tree = NULL;
    }
}

```

24 - Бинарное дерево поиска. Обход

Определение

Дерево - связный ациклический граф.

Двоичным деревом поиска называют дерево, все вершины которого упорядочены, каждая вершина имеет не более двух потомков (левого и правого) и все вершины, кроме корня, имеют родителя. Основное свойство бинарного дерева: все левые потомки узла **меньше** его, все правые - **больше**.

Про узлы

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```
typedef struct node
{
    type_t data;
    struct node *next;
    // struct node *prev;
} node_t;
```

Базовые операции

- добавление узла
- поиск узла
- удаление узла
- обход дерева

Описание ДДП в Си:

```
struct tree_node
{
    int data;
    struct tree_node *left;
    struct tree_node *right;
} tree_node_t;
```

Опишем обходы в дереве

```
int compare_nodes(const void *l, const void *r)
{
    ...
}
```c
void inorder(tree_node_t *tree, void (*f)(tree_node_t, void *), void *arg)
{
 if (tree = NULL)
 return;
 inorder(tree->left, f, arg);
 f(tree, arg);
 inorder(tree->right, f, arg);
}

void preorder(tree_node_t *tree, void (*f)(tree_node_t, void *), void *arg)
{
 if (tree = NULL)
 return;
 f(tree, arg);
```

```

 preorder(tree->left, f, arg);
 preorder(tree->right, f, arg);
}

void postorder(tree_node_t *tree, void (*f)(tree_node_t, void *), void *arg)
{
 if (tree = NULL)
 return;
 postorder(tree->left, f, arg);
 postorder(tree->right, f, arg);
 f(tree, arg);
}

```

Инфиксный нужен чтобы получить отсортированные данные из дерева.

Префиксный нужен чтобы копировать дерево или префиксное выражение.

Постфиксный нужен чтобы удалять дерево, освобождать все ресурсы верно.

Опишем очистку дерева

```

void free_tree(tree_node_t *tree)
{
 if (tree)
 {
 free_tree(tree->left);
 free_tree(tree->right);
 free_node(tree);
 tree = NULL;
 }
}

```

## 25 - Бинарное дерево поиска. Удаление элемента

### Определение

**Дерево** - связный ациклический граф.

**Двоичным деревом поиска** называют дерево, все вершины которого упорядочены, каждая вершина имеет не более двух потомков (левого и правого) и все вершины, кроме корня, имеют родителя.

Основное свойство бинарного дерева: все левые потомки узла **меньше** его, все правые - **больше**.

### Про узлы

Узел - единица хранения данных, несущая в себе ссылки на связанные с ней узлы.

Узел обычно состоит из двух частей: информационной и ссылочной

```

typedef struct node
{

```

```

type_t data;
struct node *next;
// struct node *prev;
} node_t;

```

## Базовые операции

- добавление узла
- поиск узла
- удаление узла
- обход дерева

## Описание ДДП в Си:

```

struct tree_node
{
 int data;
 struct tree_node *left;
 struct tree_node *right;
} tree_node_t;

```

Опишем удаление в дереве

```

tree_node_t* delete_node(tree_node_t *root, int key) {
 if (root == NULL) return NULL;

 if (key < root->data)
 {
 root->left = delete_node(root->left, key);
 }

 else if (key > root->data)
 {
 root->right = delete_node(root->right, key);
 }

 else
 {
 if (root->left == NULL && root->right == NULL) {
 free_node(root);
 return NULL;
 }

 if (root->left == NULL) {
 tree_node_t *temp = root->right;
 free_node(root);
 return temp;
 }
 }
}

```

```

 if (root->right == NULL) {
 tree_node_t *temp = root->left;
 free_node(root);
 return temp;
 }

 tree_node_t *current = root->right;
 while (current != NULL && current->left != NULL) {
 current = current->left;
 }
 root->data = current->data;
 root->right = delete_node(root->right, current->data);
}

return root;
}

```

Опишем очистку дерева

```

void free_tree(tree_node_t *tree)
{
 if (tree)
 {
 free_tree(tree->left);
 free_tree(tree->right);
 free_node(tree);
 tree = NULL;
 }
}

```

## 26 - Куча в программе на Си. Алгоритм работы функций malloc free

//Скорее всего будет разделено на 3 вопроса: 1) malloc, 2) free, 3) выравнивание  
 Когда описывается алгоритм работы malloc или free нужно не только словесное описание но и сама реализация соответствующей функции (как на лекции). Лучше сразу реализацию и потом как комментарии писать общий алгоритм.

### Куча

**Куча** – часть абстрактной памяти, которую используют для хранения динамических переменных. В куче нет определенного порядка в расположении элементов.

Создать переменную в “куче” нельзя, но можно выделить память под нее.



- "+"
  - размер таких данных становится известен на этапе выполнения программы
  - размер данных, которые можно разместить в куче на несколько порядков больше размеров данных, которые можно разместить на стеке
  - время жизни данных в куче никак не связано с временем жизни блока, в котором были выделены данные
- "-"
  - ручное управление временем жизни

## Организация кучи

Организована как свободный пул памяти с разделением на выделенные блоки и свободные

Основные элементы:

- свободные и выделенные блоки
- метаданные

## Свойства памяти, которая выделяется динамически

- malloc выделяет по крайней мере указанное количество байт (меньше нельзя, больше можно)
- Указатель, возвращенный malloc, указывает на выделенную область (т.е. область, в которую программа может писать и из которой может читать данные)
- Ни один другой вызов malloc не может выделить эту область или ее часть, если только она не была освобождена с помощью free

*malloc*

## Реализация

```
struct block
{
 size_t size; // размер
 int free; // состояние занятости
 struct block *next; // следующая область
};

#define MY_HEAP_SIZE 1000000

// пространство под "кучу"
static char my_heap[MY_HEAP_SIZE];

// список свободных/занятых областей
static struct block *free_list = (struct block *) my_heap;

// начальная инициализация списка свободных/занятых областей
static void initialize(void)
{
 free_list->size = sizeof(my_heap) - sizeof(struct block);
 free_list->free = 1;
 free_list->next = NULL;
}
```

```

static void split_block(struct block *block, size_t size)
{
 size_t rest = block->size - size;
 if (rest > sizeof(struct block))
 {
 struct block *new = (void*)((char*)block + size + sizeof(struct block));

 new->size = block->size - size - sizeof(struct block);
 new->free = 1;
 new->next = block->next;

 block->size = size;
 block->free = 0;
 block->next = new;
 }
 else
 block->free = 0;
}

void* my_malloc(size_t size)
{
 struct block *cur;
 void *result;

 if (!free_list->size)
 initialize();

 cur = free_list;
 while (cur && (cur->free == 0 || cur->size < size))
 cur = cur->next;

 if (!cur)
 {
 result = NULL;
 printf("Out of memory\n");
 }
 else if (cur->size == size)
 {
 cur->free = 0;
 result = (void*) (++cur);
 }
 else
 {
 split_block(cur, size);
 result = (void*) (++cur);
 }
 return result;
}

```

## Алгоритм

Выделение области памяти (malloc)

- Просмотреть список занятых/свободных областей памяти в поисках свободной области подходящего размера.
- Если область имеет точно такой размер, как запрашивается, пометить найденную область как занятую и вернуть указатель на начало области памяти.
- Если область имеет больший размер, разделить ее на части, одна из которых будет занята (выделена), а другая останется в свободной.
- Если область не найдена, вернуть нулевой указатель.

*free*

## Реализация

```
struct block
{
 size_t size; // размер
 int free; // состояние занятости
 struct block *next; // следующая область
};

#define MY_HEAP_SIZE 1000000

// пространство под "кучу"
static char my_heap[MY_HEAP_SIZE];

// список свободных/занятых областей
static struct block *free_list = (struct block *) my_heap;

static void merge_blocks(void)
{
 struct block *cur = free_list;

 while (cur && cur->next != NULL)
 {
 if (cur->free && cur->next->free)
 {
 cur->size += cur->next->size + sizeof(struct block);
 cur->next = cur->next->next;
 }
 else
 cur = cur->next;
 }
}

void my_free(void *ptr)
{
 if (my_heap <= (char*) ptr && (char*) ptr < my_heap + sizeof(my_heap))
 {
 struct block *cur = ptr;

 --cur;
 cur->free = 1;
 }
}
```

```

 merge_blocks();
 }
 else
 printf("Wrong pointer\n");
}

```

## Алгоритм

Освобождение области памяти (free)

- Просмотреть список занятых/свободных областей памяти в поисках указанной области.
- Пометить найденную область как свободную.
- Если освобожденная область вплотную граничит со свободной областью с какой-либо из двух сторон, то объединить их в единую область большего размера.

## Выравнивание

Выравнивание в языке C относится к размещению данных в памяти таким образом, чтобы адреса переменных и объектов соответствовали требованиям процессора. Эти требования зависят от архитектуры системы и могут влиять на производительность и корректность работы программы.

Каждый тип данных в C имеет **требование выравнивания**. Это означает, что адрес переменной такого типа должен быть кратен определённому числу байтов, чтобы процессор мог эффективно считывать или записывать данные.

По Кернигану, Ритчи

Для хранения произвольных объектов блок должен быть правильно выровнен. В каждой системе есть самый «требовательный» тип данных – если элемент этого типа можно поместить по некоторому адресу, то любые другие элементы тоже можно поместить туда.

```

typedef long align_t; // сейчас Long уже не самый требовательный
union block
{
 struct
 {
 size_t size;
 int free;
 union block *next;
 } block;
 align_t x;
};

```

Запрашиваемый размер области обычно округляется до размера кратного размеру заголовка.

```

n_blocks = (size + sizeof(union block) - 1) / sizeof(union block) + 1;
alloc_size = n_blocks * sizeof(union block);
// ⌈ a / b ⌉ == (a + b - 1) / b

```

## 27 - Variable length array VS Fixed length array.

### Функция `alloca`

---

#### *Fixed Length Array*

Массив фиксированной длины, размер задаётся на этапе **компиляции** и не может быть изменён во время выполнения программы

#### **Особенности**

1. статический размер, задаваемый числом или `define`-ом
2. выделение памяти:
  - если массив определён в глобальной области или со спецификатором `static`, память выделяется в статической области памяти
  - если массив локальный, память выделяется в стеке
3. производительность: доступ в FLA выполняется быстро, т.к. их размер и адресация известны компилятору заранее
4. ограничения:
  - невозможно изменить размер массива после его создания
  - размер должен быть известен на этапе компиляции

#### *Variable Length Array*

- Длина такого массива вычисляется во время выполнения программы, а не во время компиляции.
- Память под элементы массива выделяется на стеке, поэтому объём доступной памяти ограничен
- Массивы переменного размера нельзя инициализировать при определении.
- Массивы переменной длины могут быть многомерными.
- Адресная арифметика справедлива для массивов переменной длины.
- Массивы переменной длины облегчают описание заголовков функций, которые обрабатывают массивы.

#### Сравнение FLA и VLA

Характеристика	FLA	VLA
Размер	Известен на этапе компиляции	Задаётся во время выполнения
Гибкость	Фиксированный размер	Динамический размер
Выделение памяти	Стек	Стек
Производительность	Быстрее т.к. адреса известны заранее	Чуть медленнее из-за вычисления адреса

Характеристика	VLA	VLA
Замечания	Более надёжный, т.к. размер известен компилятору, что исключает ошибки переполнения или некорректного выделения памяти. Используется, когда размер данных фиксирован (таблица, матрица)	Подходит, когда размер данных не известен заранее (ввод пользователя или результат вычисления)
Характеристика	VLA	alloca
Место хранения	Стек	Стек
Синтаксис	Определяется как массив с размером, известным во время выполнения ( <code>int arr[n];</code> )	Вызывается, как функция ( <code>void *ptr = alloca(size);</code> )
Доступность	в стандарте C99 (не поддерживается в C++ и опционально в C11)	Не входит в стандарт C/C++, является расширением (GCC)
Автоматическое освобождение памяти	Да, при выходе из блока, где объявлен	Да, при выходе из области видимости (например функции)
Размер	Задаётся во время выполнения	Задаётся во время выполнения
Удобство использования	Прямой доступ к элементам массива	Требуется приведение указателя к нужному типу
Применение	Локальные массивы переменной длины	Локальное выделение памяти произвольного типа
sizeof	выдаст размер всего массива	выдаст размер указателя 😊

## alloca

```
#include <alloca.h>
void *alloca(size_t size);
```

Функция `alloca` выделяет область памяти, размером `size` байт, на стеке. Функция возвращает указатель на начало выделенной области. Эта область автоматически освобождается, когда функция, которая вызвала `alloca`, возвращает управление вызывающей стороне.

**! Если выделение вызывает переполнение стека, поведение программы не определено.**

Пример:

```
#include <alloca.h>
#include <stdio.h>
```

```

int main(void)
{
 int n;

 printf("n: ");
 scanf("%d", &n);

 int *a = alloca(n * sizeof(int));

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

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

 return 0;
}

```

- "+"
  - выделение памяти происходит быстро
  - выделенная область памяти освобождается автоматически
- "-"
  - функция **нестандартная**
  - серьёзные ограничения по размеру области

## 28 - Функции с переменным числом параметров

---

Изложить идею, которая лежит в основе реализации функции с переменным числом параметров, потом сказать что так делать нельзя. Рассказать как правильно реализовывать функции с переменным числом параметров с помощью стандартной библиотеки.

```

int f(int n, ...);

```

- Во время компиляции компилятору не известны ни количество параметров, ни их типы.
- Во время компиляции компилятор не выполняет никаких проверок. НО список параметров функции с переменным числом аргументов совсем пустым быть не может. (хоть один параметр нужен)

**Можно реализовать через получение адреса первого аргумента, и прибавление его типа для получения следующих элементов, но так делают только чмони (также выравнивание может сломать нашу гениальную идею), поэтому работаем только через `va_list`**

```
double avg(int n, ...)
{
 va_list vl; // объявляем объект
 double sum = 0, num;
 if (!n)
 return 0.0;

 va_start(vl, n); // инициализируем, начиная с последнего фиксированного
// элемента
 for (int i = 0; i < n; i++)
 {
 num = va_arg(vl, double); // извлекаем следующий аргумент нужного нам
// типа
 printf("%f \n", num);
 sum += num;
 }
 va_end(vl); // завершаем работу, высвобождение всех ресурсов связанных с
// va_list
 return sum / n;
}
```

### Важно!

- Правильный порядок вызовов: всегда вызывайте `va_start` перед использованием `va_arg` и завершайте работу с помощью `va_end`
- Тип данных: вы должны точно знать типы переданных аргументов, т.к. `va_arg` не может их определить автоматически
- Безопасность: если кол-во или тип аргументов указаны неверно, поведение неопределенно

## 29 - Препроцессор. Общие понятия. Директива `include`, простые макросы, predefined макросы.

---

### Препроцессор

Это часть компилятора, которая обрабатывает исходный код перед основной компиляцией.

1. Обработка директив препроцессора (команды начинаются с символа `#`)
2. Включение заголовочных файлов (замена директив `#include` на содержимое этих файлов)
3. Определение и замена макросов (на их значения)
4. Условная компиляция (включение, исключение частей кода на основе условий (`#if`, `#ifdef`, `#ifndef`))
5. Генерация предупреждений или ошибок (`#warning`, `#error`)
6. Передача дополнительных настроек компилятору (`#pragma`)
7. Упрощение кода (удаление комментариев и текстовые преобразования)



## Директива #include

1. `#include <filename>` - включает файл, используя стандартные системные директории поиска (например для стандартных библиотек)
2. `#include "filename"` - включает файл, сначала ищет его в текущей директории, а затем в системных папках

Когда препроцессор встречается директиву `#include`, он заменяет её содержимым указанного файла, что позволяет организовать повторное использование кода и разделение программ на модули.

Важно:

- препроцессор не выполняет обработку кода из включаемых файлов, а просто вставляет его в места вызова
- файла включаются рекурсивно, и если файл уже был включен, он не будет включен снова (предотвращение циклической зав-ти)

## Простой макрос

Это директива, которая используется для подстановки значений или выражений на этапе препроцессинга. Это позволяет заменить текст в коде до того, как он будет передан компилятору.

Синтаксис:

```
#define NAME value

#define PI 3.14
```

Каждый раз, когда в коде встречается `PI`, препроцессор заменяет его на `3.14`

### Ограничения:

Макросы не имеют типа и проверяются только на уровне текста. Важно соблюдать осторожность при использовании, чтобы избежать неожиданных побочных эффектов. Например, если они не заключены в скобки.

```
// например
#define SQUARE(x) x * x
int result = SQUARE(1 + 2);
// проблема: 1 + 2 * 1 + 2 = 5, а не 9
```

## Предопределённые макросы

Это макросы, которые автоматически определяются компилятором на этапе препроцессинга. Эти макросы могут использоваться для получения информации о текущем окружении, платформе и процессе компиляции.

- `__FILE__` - представляет строку, содержащую имя исходного файла.

```
printf("This code is in file %s\n", __FILE__);
```

- `__LINE__` - представляет номер строки в исходном файле, на которой он встречается.

```
printf("This is line number %d\n", __LINE__);
```

- `__DATE__` - представляет строку, содержащую дату компиляции исходного файла (Месяц, дата, год).

```
printf("Compiled on %s\n", __DATE__);
```

- `__TIME__` - представляет строку, содержащую время компиляции (часы:минуты:секунды).

```
printf("Compiled at %s\n", __TIME__);
```

- другие: `__STDC__` - если компилятор поддерживает ANSI - 1,  
`__GNUC__`, `__clang__` и тп - версия компилятора и его особенности

## 30 - Препроцессор. Макросы с параметрами

---

### *Препроцессор*

Выше (29)

### *Макросы с параметрами*

Это расширенный вид макросов, которые позволяют передавать параметры. Они определяются с использованием директивы `#define` и принимают аргументы, как функции, но обрабатываются на этапе препроцессинга

Синтаксис:

```
#define MACRO_NAME(param_list) replacement_text
```

Пример простого макроса с параметром:

```
#define SQUARE(x) ((x) * (x))
```

```
int res = SQUARE(6);
int a = SQAURE(1 + 2);
```

#### Плюсы:

- нет накладных расходов функций (нет стека для функции, просто подставляем текст в код)
- универсальность. Параметры макросов могут быть любого типа, так как типы не проверяются
- упрощение кода
- динамическая подстановка. Аргументы могут быть любыми выражениями, и они динамически подставляются в текст макроса

#### Минусы:

- отсутствие проверки типов. Не проверяются типы аргументов, что может приводить к трудноуловимым ошибкам.
- проблема с приоритетом операций. Без использования скобок, возможны ошибки, связанные с неправильным порядком выполнения операций:

```
#define SQUARE(x) x * x

int res = SQUARE(6);
int a = SQAURE(1 + 2);
// 1 + 2 * 1 + 2 = 5, а не 9
```

- сложности в отладке, так как макросы заменяются текстом до компиляции, их трудно отлаживать

## 31 - Препроцессор. Общие понятия, директивы условной компиляции, директивы error и pragma

---

Указать проблему использования директивы if и ifdef.  
// Не было обсуждено на лекции, но в примерах лежит файл,  
на основе которого нужно сделать выводы самому (?)

### Препроцессор

Выше (29)

### Директивы условной компиляции

Они позволяют управлять включением или исключением фрагментов кода на основе заданных условий.  
Основные директивы:

- #if - условная проверка с логическим выражением

```
#define DEBUG 1
#ifdef DEBUG
 printf("DEBUG mode is active\n");
#endif
```

- #ifdef - проверяется, **определён** ли макрос

```
#ifdef FEATURE_X
 printf("Feature X is enabled\n");
#endif
```

- #ifndef - проверяет, **не определён** ли макрос

```
#ifndef CONFIG_H
#define CONFIG_H
 //содержимое
#endif
```

- #else - альтернативная ветвь выполнения, если одно из условий выше не выполняется

```
#ifdef DEBUG
 printf("DEBUG\n");
#else
 printf("DEFAULT\n");
#endif
```

- #elif - *иначе если*, позволяет проверить дополнительное условие

```
#if DEBUG == 1
 printf("DEBUG 1\n");
#elif DEBUG == 2
 printf("DEBUG 2\n");
#else
 printf("NO DEBUG\n");
#endif
```

- #endif - завершает блок условной компиляции

## *pragma и error*

Эти директивы позволяют разработчику генерировать ошибки или предупреждения на этапе препроцессинга

- `#pragma` - используется для передачи специальных команд (инструкций) компилятору, обычно используется для включения/отключения определённых функций.

- 1 Отключение предупреждений

```
#pragma warning(disable: 4996) //отключить предупреждение 4996
```

- 2 Выравнивание данных

```
#pragma pack(push, 1) //включить выравнивание данных по 1-му байту
struct Example {
 char c;
 int i;
}
#pragma pack(pop) // вернуть выравнивание по умолчанию
```

- 3 Управление оптимизацией

```
#pragma optimize("", off) // отключить оптимизацию
#pragma optimize("", on) // включить оптимизацию
```

- 4 Указание процессора или архитектуры

```
#pragma GCC target("avx2") // использовать инструкции AVX2 (GCC)
```

- 5 Отключение определённых функций

```
#pragma GCC poison malloc // запрет использовать malloc
```

- `#error` - выводит сообщение об ошибке и завершает компиляцию

```
#ifndef CONFIG
#error "CONFIG must be defined!"
#endif
```

- `#warning` - выводит предупреждение, но не прерывает компиляцию

```
#ifdef DEPRICATED_FEATURE
#warning "depricated_feature is being used!"
#endif
```

## Проблема использования директивы *if* и *ifdef*

Хз насколько верно:

1. компилятор не может проверить на ошибки директивы, т.е. где-то `#define CL_O_WN`, а в другом файле `ifdef CL_A_WN`. Т.е. синтаксические ошибки мы можем не заметить и часть кода никогда не исполнится
2. проблемы с переносимостью, если условная компиляция зависит от платформоспецифичных макросов (`_WIN32`, `__linux` и тд)
3. сложность отладки. Различные ветви кода активируются в зав-ти от компилятора, платформы или флагов.
4. возможная путаница в больших проектах при наличии сложных связей
5. неявные зав-ти между модулями

## 32 - Препроцессор. Общие понятия, операция `#` и

---

### Препроцессор

Выше (29)

### Операция `#`

Операция `#` конвертирует аргумент макроса в строковый литерал.

```
#define PRINT_INT(n) printf(#n " = %d\n", (n))
Где-то в программе
PRINT_INT(i / j);
// printf("i/j " = %d", i/j);
```

### Операция `#`

Операция `##` объединяет две лексемы в одну.

```
#define MK_ID(n)
Где-то в программе
i##n
int MK_ID(1), MK_ID(2);
// int i1, i2;
```

## 33 - Встраиваемые функции.

---

### Почему появилось слово *inline*

- Уменьшение накладных расходов на вызов функции, особенно небольших, часто вызываемых функций
- предоставление более гибкого контроля над тем, где функция должна быть встраиваемой

## Особенности с точки зрения стандарта

- `inline` – пожелание компилятору заменить вызовы функции последовательной вставкой кода самой функции. Компилятор может проигнорировать `inline` и не встраивать функцию.
- Не создаёт внешнее определение функции, которые можно использовать в других модулях, она становится локальной для текущего модуля
- Для использования в нескольких модулях нужно использовать комбинацию `extern inline`, после `inline` и определения
- `inline` не гарантирует отсутствие определения: если не ключевого слова `extern`, компилятор может сгенерировать отдельную реализацию функции на случай, если она вызвана по адресу.

```
inline double average(double a, double b)
{
 return (a + b) / 2;
}
```

`inline`-функции по-другому называют встраиваемыми или подставляемыми.

В C99 `inline` означает, что определение функции предоставляется только для подстановки и где-то в программе должно быть другое такое же определение этой же функции.

## Способы исправления проблемы *unresolved reference*

- 1 - Использовать ключевое слово `static` (Такая функция доступна только в текущей единице трансляции.)

```
static inline int add(int a, int b) {return a + b;}
```

- 2 - Использовать ключевое слово `extern` (Такая функция доступна из других единиц трансляции.)

```
extern inline int add(int a, int b) {return a + b;}
```

- 3 - Добавить еще одно **такое же не-`inline`** определение функции **где-нибудь** в программе. Самый **плохой** способ решения проблемы, потому что реализации могут не совпасть.
- 4 - Убрать ключевое слово `inline` из определения функции. (Цитата: **Компилятор «умный»** 😊, **сам разберется.**)

```
int add(int a, int b) {return a + b;}
```

## 34 - Библиотеки. Статические библиотеки. Порядок компоновки библиотек в linux

```
// Текст далее относится в целом про библиотеки:
Особенности работы компоновщика, проблема видимости функций, что такое position
independent code и как он устроен в Linux в ELF, LD_LIBRARY_PATH и R PATH (2
подхода), LD_PRELOAD и все что было на лекции.
```

```
// Может быть отдельным вопросом (если нет, то тоже указываем):
Про 2 подхода к функциям, которые выделяют динамическую память: либо выделяем в
библиотеке и пишем там функцию для очистки, либо все вопросы с выделением и
освобождением памяти перекладываем на вызывающую сторону.
```

### Библиотека

Библиотека - набор специальным образом оформленных объектных файлов Библиотеки распространяются обычно откомпилированными – двоичный вид

Библиотека включает в себя:

- заголовочный файл: описываются типы и функции, которые будут доступны в приложении
- откомпилированный файл самой библиотеки
  - библиотеки меняются редко – нет причин перекомпилировать каждый раз
  - двоичный код предотвращает доступ к исходному коду

### Виды библиотек:

- статические
- динамические

### Сравнение статических и динамических библиотек:

Статические библиотеки.

Связываются с программой в момент компоновки. Код библиотеки помещается в исполняемый файл.

		+	-
Исполняемый файл включает в себя всё необходимое		Размер	
Не возникает проблем с использованием не той версии библиотеки		При обновлении библиотеки программу нужно пересобрать	

Динамические библиотеки.



Подпрограммы из библиотеки загружаются в приложение во время выполнения. Код библиотеки не помещается в исполняемый файл.

+		-	
Несколько программ могут «разделять» одну библиотеку		Требуется наличие библиотеки на компьютере	
Меньший размер приложения (по сравнению с приложением со статической библиотекой)		Версионность библиотек	
Модернизация библиотеки не требует перекомпиляции программы			
Могут использовать программы на разных языках			

## Сборка статической библиотеки

- Сборка библиотеки  
– компиляция

```
+ gcc -std=c99 -Wall -Werror -c arr_lib.c- упаковка
+ ar cr libarr.a arr_lib.o- индексирование
+ ranlib libarr.a
```

- Сборка приложения

```
+ gcc -std=c99 -Wall -Werror main.c libarr.a -o app.exe
```

или

```
+ gcc -std=c99 -Wall -Werror main.c -L. -larr -o app.exe
```

Флаг `-L`: в каком каталоге находится библиотека

## Порядок компоновки библиотек в Linux

Компилятор gcc однопроходный и обрабатывает библиотеки слева направо. Если функции одной из библиотек вызываются в другой, то последняя должна быть указана позже

Если мы хотим, чтобы компилятор сам разбирался в каком порядке расставить библиотеки:

```
gcc -o app.exe -L. -Wl,-\(-la -lb main.o -Wl,-\)
```

## Решение проблемы «*No such file or directory*» при работе с динамической библиотекой в Linux.

Ошибка возникает, так как система не может найти динамическую библиотеку по системным путям. Есть два способа решения проблемы:

- При запуске приложения: используем переменную `LD_LIBRARY_PATH` (переменная окружения, которая указывает пути, где динамический загрузчик ищет библиотеки перед запуском программы):

```
LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:. ./app.exe
```

- При сборке приложения: используем ключ `-rpath` (это опция компоновщика `ld`, которая встраивает и исполняемый файл список директорий для поиска динамических библиотек, при запуске проги, динамический загрузчик смотрит пути, указанные в `rpath`):

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror main.c -L. -larr -o app.exe -Wl,-rpath,.
```

**LD\_PRELOAD** позволяет загружать пользовательскую библиотеку перед другими. Используется для: подмены стандартных функций, отладки программы

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -fPIC -c libname.c
gcc -o libname.so -shared libname.o
gcc -o app.exe main.o -L. -lname
```

Вызов:

```
LD_PRELOAD=./libname.so ./app.exe
```

## 35 - Библиотеки. Динамические библиотеки. Динамическая компоновка. Видимость функций в Linux и Windows

---

*Библиотеки, статические библиотеки, динамические библиотеки из (34)*

### Способы использования динамических библиотек

- динамическая компоновка
- динамическая загрузка

## Сборка динамической библиотеки (при динамической компоновке):

- Сборка библиотеки
  - компиляция

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -fPIC -c arr_lib.c
```

Ключ `-fPIC`: динамическая библиотека может разделяться несколькими приложениями. Когда она попадает в абстрактную память приложения, она может находиться в абстрактной памяти в любом месте с точки зрения адреса, значит в ней нельзя использовать абсолютные адреса. Значит библиотеку нужно собрать таким образом, чтобы она не зависела от адреса

- компоновка

```
gcc -o libarr.so -shared arr_lib.o
```

Ключ `-shared`: указывает, что мы создаем разделяемую библиотеку

- (наше)->Сборка приложения !!!(при динамической компоновке)!!!

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -c main.c
gcc -o app.exe main.o -L. -larr
```

`-larr` "-l(+название библиотеки)"

- Сборка приложения (при динамической загрузке)

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -c main.c
gcc -o app.exe main.o -ldl
```

## Динамическая компоновка

Это процесс связывания исполняемого файла с динамической библиотекой во время выполнения программы.

+

-

---

не требует специальной настройки функций      необходима установка библиотек на всех системах

## Оформление функций, которые входят в состав динамической библиотеки

- Для Linux: не нужно
- Для Windows:
  - в библиотеке: `__declspec(dllexport) void __cdecl f(...);`
  - в приложении: `__declspec(dllimport) void __cdecl f(...);`

## Использование `dllimport/dllexport`

В Windows

`__declspec(dllexport)` – указывает, что данная функция динамической библиотеки должна быть доступна снаружи

`__declspec(dllimport)` – говорим приложению, что нужно импортировать функции из библиотеки

`__cdecl` – указывается явно (соглашение о вызове) `__declspec(dllexport) void __cdecl f(...);`

## Использование `__attribute__((visibility("default")))`

Указываем, что функция или переменная должна быть видна за пределами библиотеки:

```
__attribute__((visibility("default")))
void f(...) {};
```

Чтобы с помощью gcc задать visibility при компоновке библиотеки: ключ `-fvisibility=hidden`

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -fPIC -c *.c -fvisibility=hidden
Функции, у которых значение этого атрибута не установлено default, будут
спрятаны
```

Функция не видна за пределами библиотеки:

```
__attribute__((visibility("hidden")))
void f(...) {};
```

## 36 - Библиотеки. Динамические библиотеки. Динамическая загрузка.

*Библиотеки, статические библиотеки, динамические библиотеки из (34)*

### Способы использования динамических библиотек:

- динамическая компоновка
- динамическая загрузка

Сборка динамической библиотеки (при динамической загрузке):

- Сборка библиотеки
  - компиляция

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -fPIC -c arr_lib.c
```

Ключ `-fPIC`: динамическая библиотека может разделяться несколькими приложениями. Когда она попадает в абстрактную память приложения, она может находиться в абстрактной памяти в любом месте с точки зрения адреса, значит в ней нельзя использовать абсолютные адреса. Значит библиотеку нужно собрать таким образом, чтобы она не зависела от адреса

- компоновка

```
gcc -o libarr.so -shared arr_lib.o
```

Ключ `-shared`: указывает, что мы создаем разделяемую библиотеку

- Сборка приложения (при динамической компоновке)

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wpedantic -c main.c
gcc -o app.exe main.o -L. -larr
```

`-larr` "-l(+название библиотеки)"

- (наше)->Сборка приложения !!!(при динамической загрузке)!!!

```
gcc -std=c99 -Wall -Werror -c main.c
gcc -o app.exe main.o -ldl
```

## API Linux для работы с динамическими библиотеками

`dlfcn.h`

- `void *dlopen(const char *file, int mode);`
  - позволяет загрузить динамическую библиотеку в память компьютера.
    - Вход: имя библиотеки, режим ее открытия (обычно `RTLD_NOW`).
    - Выход: дескриптор библиотеки.
- `void *dlsym(void *restrict handle, const char *restrict name);`
  - находит нужную функцию в библиотеке
    - Вход: дескриптор библиотеки, имя функции.
    - Выход: указатель на функцию.
- `int dlclose(void *handle);`
  - завершение работы с библиотекой
    - Вход: дескриптор библиотеки.
    - Выход: 0 в случае успеха, не 0 в случае ошибки.
- `char *dlerror(void);`
  - возвращает строку с описанием ошибки, возникшей при работе с библиотекой.

## API Windows для работы с динамическими библиотеками

- HMODULE LoadLibrary(LPCSTR);  
– открытие библиотеки
- FARPROC GetProcAddress(HMODULE, LPCSTR); – находит нужную функцию
- FreeLibrary(HMODULE);  
– закрытие библиотеки

Пример:

```
#include <dlfcn.h>
void *handle = dlopen("lib.so", RID_LAZY);
void (*func)() = dlsym(handle, "foo"); func(); dclose(handle);
```

Но надо отключить *-pedantic*, т.к. по стандарту указатели на функцию нельзя приводить к void

+

-

**гибкость:** можно загружать библиотеку  
только при необходимости

**ручная настройка указателей** по функции а также  
открытие библиотеки, ошибки, закрытие

## 37 - Библиотеки. Динамические библиотеки на Си, приложение на Питоне

### 37.1 - ctypes

Про ctypes подробно. Как модулем ctypes пользоваться на примерах функции целочисленного сложения и целочисленного деления.

### 37.2 - ctypes

Про ctypes немного. Как с его помощью реализовать функции, которые работают с массивами.

### 37.3 - функции модули расширения. Разработка модуля расширения

Какие шаги нужно выполнить, чтобы реализовать модуль расширения. Подключить Python.h, все функции имеют один и тот же заголовок, как из аргументов, переданных императором, достать переменные в Си, как потом сформировать результат, что есть за метаинформация и т.д.

37.4 - все из 37.1-37.3 + разработка функции модуля расширения, которая обрабатывает последовательность.

## 38 - Абстрактный тип данных. Понятие модуль. Разновидности модулей. Абстрактный объект стек.

Определение модуля. Какие разновидности модулей бывают. Какие есть средства для реализации модулей в Си. Далее про абстрактный объект с примером реализации. // Если не успеваете, то начинаете с примера: реализация, а потом уже туда докинуть что-то из теории.

## Определение

**Модуль** - это несколько файлов, состоит из двух частей: интерфейса и реализации.

**Интерфейс** описывает, что модуль делает. Он определяет идентификаторы, типы и подпрограммы, которые будут доступны коду, использующему этот модуль.

**Реализация** описывает, как модуль выполняет то, что предлагает интерфейс.

У модуля обычно 1 интерфейс и несколько реализаций, клиент должен зависеть только от интерфейса, но не от деталей реализации.

## Как это делать в Си

Интерфейс описывается в заголовочном файле (\*.h), здесь описываются макросы, типы, переменные, функции, которые клиент может использовать. Клиент импортирует интерфейс с помощью `#include`

Реализация интерфейса в Си представляется одним или несколькими файлами с расширением \*.c. Она определяет переменные и функции, необходимые для обеспечения возможностей, описанных в интерфейсе. Реализация обязательно должна включать файл описания интерфейса, чтобы гарантировать согласованность интерфейса и реализации.

## Стек с примером

`stack.h`

```
#ifndef STACK_H_
#define STACK_H_

#include <stdbool.h>
#include "tree_node.h"

#define ERR_OK 0
#define ERR_EMPTY 1
#define ERR_FULL 2

typedef struct tree_node_t* item_t;

bool is_empty(void);

bool is_full(void);

int init(void);

int push(item_t item);
```

```
int pop(item_t *pitem);

#endif
```

#### stack.c

```
#include <assert.h>
#include <stddef.h>
#include "stack.h"

#define N 100

static item_t g_stack[N];
static size_t g_top;

bool is_empty(void)
{
 return g_top == 0;
}

bool is_full(void)
{
 return g_top > N;
}

int init(void)
{
 g_top = 0;

 return ERR_OK;
}

int push(item_t item)
{
 if (is_full())
 return ERR_FULL;

 g_stack[g_top] = item;
 g_top++;

 return ERR_OK;
}

int pop(item_t *pitem)
{
 assert(pitem);

 if (is_empty())
 return ERR_EMPTY;
```



```

 g_top--;
 *pitem = g_stack[g_top];

 return ERR_OK;
}

```

## 39 - Абстрактный тип данных. Понятие модуль. Разновидности модулей. Абстрактный тип данных стек целых чисел

---

Определение модуля. Какие разновидности модулей бывают. Какие есть средства для реализации модулей в Си. Далее про абстрактный тип данных с примером реализации.  
 // Если не успеваете, то начинаете с примера: реализация, а потом уже туда докинуть что-то из теории.

См. вопрос 38.

### Стек целых чисел с примером

stack.h

```

#ifndef STACK_H_
#define STACK_H_
#include <stddef.h>
#include <stdbool.h>

#define ERR_OK 0
#define ERR_EMPTY 1
#define ERR_FULL 2

typedef int item_t;

typedef struct stack_stack_t;

bool is_empty(const stack *s);

bool is_full(const stack *s);

int init(stack_t *s);

int push(stack_t *s, item_t item);

int pop(stack_t *s, item_t *pitem);

stack_t *create(void);

```

```
void destroy(stack_t *s);

#endif
```

## stack.c

```
#include <assert.h>
#include <stdlib.h>
#include "stack.h"

#define N 100

struct stack_
{
 item_t stack[N];
 size_t top;
};

bool is_empty(const stack_t *s)
{
 assert(s);
 return s->top == 0;
}

bool is_full(const stack_t *s)
{
 assert(s);
 return s->top > N;
}

int init(stack_t *s)
{
 assert(s);
 s->top = 0;
 return ERR_OK;
}

int push(stack_t *s, item_t item)
{
 assert(s);
 if (is_full(s))
 return ERR_FULL;

 s->stack[s->top] = item;
 (s->top)++;

 return ERR_OK;
}

int pop(stack_t *s, item_t *pitem)
{

```

```

 assert(s);
 assert(pitem);

 if (is_empty(s))
 return ERR_EMPTY;

 (s->top)--;
 *pitem = s->stack[s->top];

 return ERR_OK;
}

stack_t *create(void)
{
 stack_t *s = malloc(sizeof(stack_t));

 if (s)
 (void) init(s);

 return s;
}

void destroy(stack_t *s)
{
 free(s);
}

```

## 40 - Списки ядра Линкус (горите в 9 кругах ада). Идеи, основные моменты использования.

---

Реализовать приложение по примеру того, что было в лекции (простейший список целых чисел с добавлением элемента, обходом списка, удалением элемента и освобождением памяти).

### Определение

**Список Беркли** - циклический двусвязный список, в основе которого лежит следующая структура:

```

struct list_head
{
 struct list_head *next, *prev;
}

```

В отличие от обычных списков, где данные содержатся в элементах списка, структура `list_head` должна быть частью самих данных.

Отметим следующее:

- Структуру `list_head` можно поместить в любом месте в определении структуры
- `struct list_head` может иметь любое имя
- В структуре может быть несколько полей типа `struct list_head`

+

-

Одно выделение памяти на  
узел списка

Независимо от того в списке узел или нет присутствуют два  
дополнительных указателя

Универсальная реализация достигается макросами

```
struct data_t
{
 int num;
 struct list_head list;
}

int main(void)
{
 LIST_HEAD(num_list);
 // добавление данных
 struct data_t *item;
 for (int i = 0; i < 10; ++i)
 {
 item = malloc(sizeof(struct data_t));
 if (!item)
 break;
 item->num = i;
 // Инициализируем ссылочную часть данных
 INIT_LIST_HEAD(&(item->list));
 list_add(&(item->list), &num_list);
 }

 // 1. each (print)
 struct list_head *iter;
 list_for_each(iter, &num_list)
 {
 item = list_entry(iter, struct data, list);
 printf("LIST: %d\n", item->num);
 }

 // 2. each (print)
 list_for_each_entry(item, &num_list, list)
 printf("LIST: %d\n", item->num);

 // free
 struct list_head *iter_safe; // Нужен для
 list_for_each_safe(iter, iter_safe, &num_list)
 {
 item = list_entry(iter, struct data, list);
```

```
 list_del(iter);
 free(item);
 }

 return 0;
}
```

// Должна быть предоставлена шпаргалка с названиями макросов. Если ее нет, напомнить

## 41 - Списки ядра Линкус. Идея, основные моменты реализации.

---

Сосредоточиться на реализации макроса `container_of`. (как по указателю на поле структуры можно получить указатель на саму структуру).

// Должна быть предоставлена шпаргалка с названиями макросов. Если ее нет, напомнить

Надеюсь, конец 😊

Лом шпаргалку обещал и не дал. Или учите, или забейте. Успехов Вам!

---