

# IX

# C++: какую часть изучили

На настоящий момент были разобраны следующие возможности C++ для написания программ<sup>1</sup>

- фундаментальные типы (**char**, **int**, **double** и другие);
- специальные типы: статические массивы, ссылки и указатели;
- управляющие конструкции: условный переход, **switch** и циклы;
- определение собственных функций: передача параметров и возвращаемые значения;
- пользовательские типы: псевдонимы и составные типы (структуры<sup>2</sup>, перечисления, объединения).

---

<sup>1</sup>не забываем ещё про пространства имён и препроцессорные директивы

<sup>2</sup>как составные объекты, включающие в себя набор значений других различных типов

Всех перечисленных возможностей языка программирования достаточно для написания программ в *процедурном стиле*. Под этим словосочетанием понимают подход, в котором для решения конкретной задачи выбираются подходящие типы (встроенные или пользовательские, в зависимости от возможностей языка) и для операций над значениями переменных используется набор функций (определяемых самостоятельно или взятых из библиотек). В рамках такого стиля реализована вся текущая стандартная библиотека языка C, которая доступна и из C++.

# C++: различия с языком C. Часть I

Кроме того, перечисленные выше возможности это всё, что предоставляет **язык программирования C** (не C++, не путать) для написания программ. За исключением следующих различий с C++:

- отсутствие ссылочных типов: только указатели;
- только одна форма для инициализации переменных — использование оператора «=»:

```
1 int value = 10;  
2  
3 double reals[] = {1.0, 2.0, 3.0};
```

- работа с функциями: аргументы в функцию передаются **только по значению** (передача статических массивов по значению происходит аналогично таковой в C++);

## C++: различия с языком C. Часть II

- в языке C отсутствует перегрузка функций — каждая функция должна иметь уникальный идентификатор. Другими словами, на сигнатуру функции не влияет список её параметров. Для примера,

```
1 int balance = -5;  
2 printf("|%d| = %d\n", balance, abs(balance));  
3  
4 double rate = -0.3;  
5 printf("|%.2f| = %.2f\n", rate, fabs(rate));
```

В C для вычисления модуля числа с плавающей точкой используется функция **`fabs`**, тогда как в C++ реализована перегруженная версия для **`abs`**;

- для того, чтобы определить функцию, не принимающую никаких значений, необходимо в списке параметров явно использовать ключевое слово **`void`**:

## C++: различия с языком C. Часть III

```
1 int f1(void) { return 10; }
2 int f2() { return 5; }
3
4 printf("f1() = %d\n", f1());
5 //printf("f1() = %d\n", f1(2, 3));
6 printf("f2() = %d\n", f2());
7 printf("f2() = %d\n", f2(1, 'c', "str"));
```

Пятая строка вызовет ошибку компиляции в C, но седьмая — вполне корректна. В C функция с пустым списком параметров может принимать вообще любые аргументы. C++ такого не позволяет.

- только один способ создания псевдонимов — ключевое слово **typedef**;
- **полностью отсутствуют** пространства имён;
- ключевое слово **struct** входит в полное название структурного типа:

## C++: различия с языком C. Часть IV

```
1 struct Account
2 {
3     int balance;
4     char name[80];
5     char address[200];
6 };
7
8 struct Account item = {25, "Joe", "Green st, ↵
    10"};
```

Не всегда хочется в каждом месте набирать слово «**struct**», поэтому один из популярных подходов к определению структурного типа состоит в одновременном определении и псевдонима на создаваемый тип:

```
1 typedef struct Account
2 {
3     int balance;
4     char name[80];
5     char address[200];
6 } Account;
7
8 Account item = {25, "Joe", "Green st, 10"};
```

Формально, в C был создан структурный тип «**struct Account**» и для него объявлен псевдоним с названием «**Account**»;

- инициализация структур с использованием имён полей:

```
1 Account item = { .name = "agent Smith",
2                 .balance = 100,
3                 .address = "whole world"};
```



## C++: различия с языком C. Часть VI

Как показывает пример, при такой инициализации не обязательно сохранять порядок полей. В C++ подобный синтаксис официально станет доступным только с выходом стандарта C++20 (в конце 2020 года), но будет ограничен: порядок следования полей не может быть нарушен в инициализаторе.

- для явного приведения типов используется единственная конструкция:

```
1 int ival = 5;  
2 double real = (int) ival;
```

- для работы с динамической памятью в стандартной библиотеке C определены функции **malloc**, **calloc**, **realloc** и **free**;
- отсутствует ключевое слово **nullptr**. Для обозначения нулевого указателя используется макрос **NULL**.

Были перечислены основные синтаксические различия. С их учётом, разобравшись в ограниченной части языка C++, вы имеете возможность и изучать, и реализовывать программы на языке C. Два в одном, так сказать. В дополнении, тот же препроцессор работает в обоих языках одинаково.

Упоминание **C** обусловлено тем, что далее переходим к рассмотрению основ работы системы ввода-вывода в C++. И практическая часть по работе с вводом-выводом будет разобрана с использованием средств из библиотеки `<cstdio>`, оставаясь в рамках процедурного подхода.

# Основы ввода - вывода в C++

В далёкие до-дистанционные времена как-то раз разговор заходил о выделении общности у различных программ: они все получают некоторые входные данные, применяют набор вычислений, выдают в качестве результата набор выходных данных. В рамках лабораторных и источником входных данных, и приёмником выходных — выступала консоль (командная строка в терминах ОС Windows). Очевидно, это не является единственным способом: программы с графическим интерфейсом на различных устройствах, работа с файлами, работа с сетью представляют собой другие способы получения/отправки некоторых данных. И в языках программирования при проектировании стандартной библиотеки ставится вопрос: можно ли каким-нибудь образом обобщить работу с различными источниками/приёмниками данных?

# Ввод/вывод: что происходит



## Данные в программе:

- \* Текст: `char`
- \* Числа: `int`, `double`, `size_t`

## Данные снаружи:

- \* Байты
  - > текст (ASCII, UTF8, ...)
  - > бинарные данные (raw bytes)

Есть условная программа на C++, есть источник/приёмник данных. В рамках программы все значения типизированы, вне её — фактически все данные являются набором байт, которые необходимо получить, преобразовать и сохранить в переменные.

Для получения-преобразования C++, как и многие другие языки программирования, использует концепцию **ПОТОКОВ данных**.

Идея в следующем:

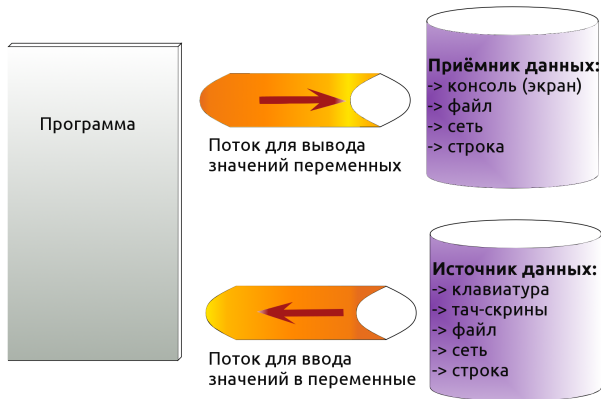
## Концепция **потока данных (stream)**

- Логическая сущность, связывающаяся с одним приёмником и/или источником данных
- Берёт на себя обязанности по приёму/отправке байт
- Преобразует байты в значения требуемых типов при вводе; преобразует значения различных типов в байтовое представление при выводе
- Скрывает взаимодействие с реальным устройством ввода-вывода

Ничего не говорим о конкретной реализации. Пока поток выступает как некоторая абстракция.

Соответственно, общая диаграмма становится яснее.

# Потоковый ввод/вывод



## Данные в программе:

- \* Текст: `char`, `char[]`
- \* Числа: `int`, `double`, `size_t`

## Данные снаружи:

- \* Байты
  - > текст (ASCII, UTF8, ...)
  - > бинарные данные (raw bytes)

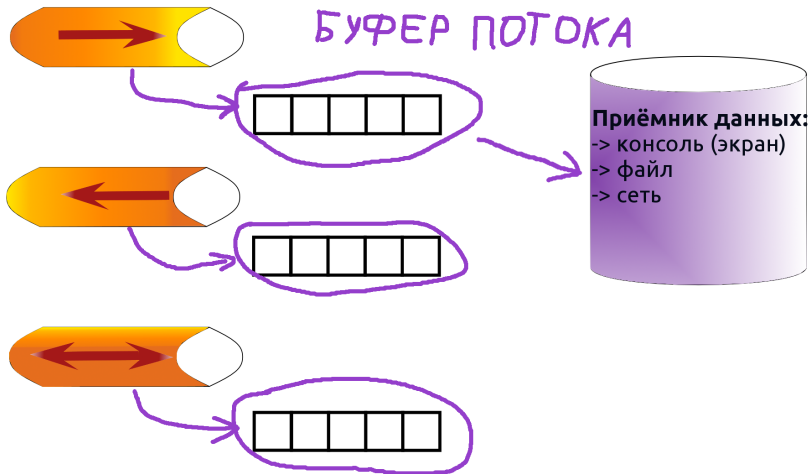


По направлению передачи информации, можно выделить три вида потоков:

- ➊ **поток вывода** используется только для вывода информации из программы во внешнее устройство. На предыдущем слайде стрелка от программы к приёмнику данных;
- ➋ **поток ввода** — соответственно только ввод данных откуда-нибудь. Противоположная стрелка;
- ➌ **двухсторонний поток** или поток ввода-вывода: позволяет одновременно и загружать данные из некоторого условного хранилища, и записывать данные в него. На предыдущем слайде не представлен.

Кроме того, возвращаясь к C++, потоки по умолчанию являются **буферизованными**.

Сначала схема



Теперь пояснения.

Под **буфером** потока понимается некоторый промежуточный массив байт, куда данные будут записаны перед тем, как произойдёт нужная операция с ними (в случае потока ввода под операцией понимается разбор данных программой; в случае потока вывода — реальная запись данных в приёмник). В общем случае, можно считать, что буфер служит для оптимизации низкоуровневых операций ввода-вывода в ОС. На примере записи в файл, гораздо оптимальнее накопить некоторый массив байт, скажем размера 1024, и за одну операцию его записать на реальное устройство (жесткий диск, флеш-память, всякие микро SD), чем 1024 раз вызывать операцию записи для каждого байта.

Неявно с буфером ввода сталкивались и при запросе данных с консоли. Вот есть код:

```
1 int val1, val2;  
2 printf("Enter two numbers: ");  
3 scanf("%d %d", &val1, &val2);
```

Если при запуске программы сделать ввод таким:

Enter two numbers: 4 -5 101 8.8 102

То все символы, начиная с **101**, останутся в связанном с консольным вводом буфере после вызова функции **scanf**. Если больше запроса данных не происходит, буфер будет отчищен по завершении работы программы.

И здесь первый факт, связанный с потоками в C++: при запуске программы ей предоставляется **три** потока ввода/вывода, связанные с консолью.

# ПОТОКОВЫЙ ВВОД/ВЫВОД

При использовании библиотеки **<stdio>** эти потоки будут связаны со следующими идентификаторами:



**stdout:** printf, putc, puts



**stdin:** scanf, getc, fgetc



**stderr:** perror

Технически говоря, **stdout**, **stdin** и **stderr** это три макроса, которые разворачиваются в указатели на объекты структуры из **<stdio>**. Каждый объект и представляет собой поток.

- **stdout** — стандартный поток вывода, используется, как правило, для печати информации в консоли;
- **stdin** — стандартный поток ввода, используется, как правило, для ввода информации из консоли;
- **stderr** — стандартный поток вывода, используется для сообщения об ошибочной работе программы. По умолчанию, этот поток выводит символы в консоль, аналогично **stdout**.

Выше оговорка «как правило» использовалась из-за того, что операционные системы позволяют при запуске программы перенаправлять стандартные потоки ввода/вывода. Например, сделать вывод в файл, вместо окна консоли. Кому интересно, терзайте поисковики запросами вида «перенаправление стандартных потоков ввода вывода в C++».

На слайде 21 для каждого потока указаны функции стандартной библиотеки, которые эти потоки используют. Так, **printf** всегда неявно использует поток **stdout**.

С потоком **stderr** связана функция **perror**. Она позволяет в некоторых случаях напечатать произвольное сообщение (строкового типа) с дополнительной информацией, что же произошло. Для примера,

```
1 double real = sqrt(-5.5);
2 if (std::isnan(real)) {
3     perror("NAN");
4 } // NAN: Numerical argument out of domain
5
6 real = std::pow(100000000.5, 1000000000);
7 if (std::isinf(real)) {
8     perror("Infinity");
9 } // Infinity: Numerical result out of range
```

Комментарии на 4 и 9 строках показывают возможный вывод при запуске.

Переходим к рассмотрению потокового ввода/вывода в файлы. Функции для создания файловых потоков ввода-вывода в стиле языка C определены в файле **<stdio>**, также как **printf** или **scanf**.

Тип, с помощью которого происходят все манипуляции с потоком, это структура **FILE**. Она содержит набор полей, с помощью которых происходят действия с файлами. Сами по себе поля не предназначены для прямого обращения (и, в общем случае, набор полей может различаться у разных компиляторов), операции с файлами происходят через определяемые стандартной библиотекой функции.

Из макросов, объявленных внутри **<stdio>**, будет полезен **EOF**. Это макрос, разворачивающийся в *целое отрицательное число*. Согласно своему названию (EOF => End Of File) служит индикатором того, что все байты файла были считаны. Однако, в некоторых случаях он используется как индикатор того, что произошла ошибочная ситуация.



Функция **fopen** - создание потока для работы с конкретным файлом

```
FILE* fopen(const char *file_name,  
            const char *mode);
```

- параметр **file\_name** — название файла (полный путь)
- параметр **mode** — режим работы потока, состоящий из **типа операции** (ввод, вывод, всё вместе) и **дополнительных модификаторов** (читать информацию как текст или двоичные данные)
- возвращаемое значение: указатель на объект структуры **FILE** (представляющий поток), если создание потока прошло успешно, и **нулевой указатель** - в противном случае

# Потоковый ввод/вывод: файлы

Функция **fopen** - режимы открытия (1):

mode	Что означает
"r", "rb"	<b>read</b> : создание потока для ввода (чтения) данных. Файл <b>должен</b> существовать, чтение начинается с начала. Если файл не существует — ошибка открытия
"w", "wb"	<b>write</b> : создание потока для вывода (записи) данных. Если файл уже существует, то всё его содержимое <b>удаляется</b> . Если не существует - создаётся новый файл
"a", "ab"	<b>append</b> : создание потока для вывода данных в конец файла (дозапись). Если файл не существует - создаётся новый. Невозможно записать в произвольное место в файле

Функция **fopen** - режимы открытия (2):

mode	Что означает
"r+", "rb+"	<b>update</b> : создание потока для одновременного ввода/вывода. Файл <b>должен</b> существовать, иначе — ошибка открытия. Запись возможна в произвольное место файла
"w+", "wb+"	<b>update</b> : одновременный ввод/вывод. Создаётся новый файл, либо удаляется содержимое существующего
"a+", "ab+"	<b>update</b> : одновременный ввод/вывод, но операции вывода осуществляются <b>только</b> в конец файла

Буква «**b**» в значениях параметра **mode** означает открытие файлового потока в **двоичном (бинарном)** режиме. Без его указания подразумевается, что файл открыт в *текстовом режиме*. Любой файл представляет собой набор строк. В C++ в качестве разделителя строк используется символ «**\n**». Но различные ОС могут использовать другую комбинацию символов для переноса строк в текстовых файлах. Так, ОС Windows использует два символа «**\r \n**» для обозначения переноса строки. Для того, чтобы соответствовать различным представлениям, потоки, открытые в *текстовом режиме*, преобразуют ОС-специфичную комбинацию в «**\n**» при чтении файла, и осуществляют обратное преобразование при выводе информации в файл.

В отличие от текстового, в *двоичном режиме* никаких текстовых замен, аналогичных рассмотренной, производиться не будет при любых операциях с потоком ввода или вывода.

В отличие от ОС Windows, альтернативные ОС (основанные на Linux, MacOS, производные от BSD) не делают различий между текстовым и двоичным режимом (в них, как и в C++, перенос строки всегда осуществляется с помощью символа «\n»).

Противоположная открытию потока, функция **fclose** — закрытие существующего файлового потока (прекращение связи с файлом)

```
int fclose(FILE *stream);
```

- параметр **stream** — указатель на поток, подлежащий закрытию. **Не пытайтесь** передать в функцию нулевой указатель.
- возвращаемое значение: **нуль**, если закрытие прошло успешно; иначе — значение **EOF**

Прежде, чем переходить к примерам.

### Замечание об именах файлов

В зависимости от ОС, в именах файлов можно использовать как абсолютные, так и относительные пути, включающие в себя набор директорий (каталогов). Однако, функция **fopen** может создать файл только в **уже существующих** директориях. Если хоть одна директория, входящая в имя файла, не существует — функция **fopen** вернёт *нулевой указатель*. Если имя файла указано без пути (не включает никаких директорий), файл создаётся в той же директории, в которой запускается программа.

Прежде, чем переходить к примерам.

## Дополнительные характеристики потоков

Среди полей структуры **FILE** есть некоторые, отвечающие за «состояние» потока.

- В первую очередь, это индикатор текущего положения потока: количество прочитанных (ввод)/записанных (вывод) байт в текущий момент.
- Такой индикатор позволяет в случае необходимости перемещаться по потоку (например, записывать значения в середину файла, а не в конец).
- Во вторую, структура скрывает индикатор ошибки при операциях ввода-вывода на потоке. Если такой индикатор установлен, все вызовы последующих операций на потоке закончатся неуспешно.

Создание/закрытие файловых потоков: один из вариантов общего шаблона для работы

```
1 FILE *f_in_data = fopen("my_data_file.txt", "r");
2 if (f_in_data != nullptr) {
3     // Работаем с данными из файла
4     fclose(f_in_data);
5 } else {
6     perror("Open error");
7 }
```

Попытались установить связь с конкретным файлом через вызов **fopen**, проверили на нулевой указатель, если всё хорошо — после работы с данными закрыли связь с файлом через **fclose**.



Можно выделить следующие типы ввода/вывода:

## Ввод/вывод данных



**Форматированный**  
Для чтения: группа символов преобразуется в значение требуемого типа.  
Для записи: значения конкретного типа преобразуются в текстовый вид.



**Неформатированный**  
посимвольный ввод или вывод (как отдельных символов, так и группы)



**Прямой**  
читается или записывается строго определённое количество байт

Функция **fprintf** - форматирование и вывод значений всех фундаментальных типов и строк в заданный файл

```
int fprintf(FILE *stream,  
            const char *format_str, ...);
```

- параметр **stream** — указатель на поток, в который осуществляется запись. Должен быть открыт в соответствующем режиме
- параметр **format\_str** — форматная строка, содержащая произвольные символы и спецификаторы выводимых значений (**%**-последовательности)
- ... — переменное количество параметров, равное количеству указанных в **format\_str** спецификаторов, и соответствующие значения для вывода
- возвращаемое значение: в случае успеха - количество записанных байт; иначе - некоторое отрицательное значение.

Пример **fprintf** (название не зря похоже на **printf**)

```
1 FILE *f_out = fopen("some_results.txt", "w");
2
3 if (f_out != nullptr) {
4     int i_num = 567;
5     double r_num = 14.8326372364277;
6     char str[] = "This is so simple";
7
8     fprintf(f_out, "Integer: %+08d\n", i_num);
9     fprintf(f_out, "  Float: %+5f\n", r_num);
10    fprintf(f_out, "String: {{%s}}\n", str);
11    fprintf(f_out, "%d * %d = %d", 4, 5, 20);
12
13    fclose(f_out);
14 } else {
15     perror("Open error");
16 }
```

В файле «some\_results.txt» окажется текст:

```
Integer: +0000567
```

```
Float: +14.83264
```

```
String: {{This is so simple}}
```

```
4 * 5 = 20
```

За исключением первого параметра (самого потока, в который осуществляем вывод), функция **fprintf** форматирует значение с помощью того же синтаксиса, что и **printf**.

Функция **fscanf** - форматированный ввод значений различных типов из файлового потока

```
int fscanf(FILE *stream,  
           const char *format_str, ...);
```

- параметр **stream** — указатель на поток, из которого осуществляется чтение
- параметр **format\_str** — форматная строка, содержащая произвольные символы и спецификаторы вводимых значений (%-последовательности)
- ... — переменное количество аргументов, равное количеству указанных в **format\_str** спецификаторов, и соответствующие адреса переменных для записи вводимых значений
- возвращаемое значение: в случае успеха - количество записанных значений, равное количеству дополнительных аргументов; иначе - либо константа **EOF**, либо число меньшее количества доп. аргументов

# Форматированный ВВОД/ВЫВОД

Пример **fscanf**: дан файл my\_data.txt

45      678.905

1.2387E-3

Text, just ordinary text

```
1 FILE *f_data = fopen("my_data.txt", "r");
2 if (f_data != nullptr) {
3     int num1;
4     double real1, real2;
5
6     fscanf(f_data, "%d %lf", &num1, &real1);
7     fscanf(f_data, "%le", &real2);
8
9     printf("Integer: %d\n", num1);
10    printf("Reals: %f, %f\n", real1, real2);
11
12    char word[50];
13    fscanf(f_data, "%50s", word);
14    fclose(f_data);
```

```
15
16 puts("First word from file text line:");
17 puts(word);
18 } else {
19     perror("Open error");
20 }
```

За исключением создания потокового объекта и проверок, пример показывает, что работа функции **fscanf** полностью аналогична **scanf**. Преобразование групп символов в значения идёт по тем же самым правилам.

Справка по форматированный ввод/вывод есть много где в интернете, в том числе и здесь:

<https://github.com/posgen/OmsuMaterials/wiki/Format-output-in-C>

Как сказано выше, неформатированный ввод/вывод оперирует отдельными символами. В C++ для этого используется тип **char** и его вариации, например беззнаковый вариант **unsigned char**. С другой стороны, среди фундаментальных типов нет такого, который бы представлял значение отдельного байта. Поэтому, для манипулирования байтами также используется **char**.



Функция **fputc** - запись одного символа в файл

```
int fputc(int character, FILE *stream);
```

- параметр **character** - символ для записи. Принимается целочисленный код символа, но внутри функции происходит явное преобразование к **unsigned char**. Из-за этого, ожидаемое поведение будет только в том случае, если используются символы, чьи целочисленные коды не превышают значения **255**.
- параметр **stream** - указатель на поток, в который происходит запись
- возвращаемое значение: в случае успеха — код символа; иначе — значение макроса **EOF** (которое в данном случае используется как индикатор неудачной записи)

Пример **fputc** - запись цифр в файл

```
1 FILE *f_digits = fopen("all_digits.dat", "w");
2 if (f_digits != nullptr) {
3     for (char sym = '0'; sym <= '9'; sym++) {
4         fputc(sym, f_digits);
5     }
6
7     fclose(f_digits);
8 } else {
9     perror("Open error");
10 }
```

Функция **fputs** - запись строк в файл

```
int fputs(const char *str, FILE *stream);
```

- параметр **str** — строка для записи. Функция записывает всю переданную строку (до символа окончания строки). В отличие от **puts**, *не добавляет* символа переноса `'\n'`
- параметр **stream** — указатель на поток, в который происходит запись
- возвращаемое значение: в случае успеха — некоторое неотрицательное число; иначе — константа **EOF**

## Пример `fputs`

```
1 FILE *f_log = fopen("logfile.dat", "w");
2 if (f_log != nullptr) {
3     fputs("simulation part 1: success\n", f_log);
4     fputs("simulation part 2: success\n", f_log);
5     fputs("simulation part 3: failure\n", f_log);
6
7     fclose(f_log);
8 } else {
9     perror("Open error");
10 }
```

Уверен, после запуска примера с предыдущего слайда, не будет неожиданностью, что в файле «logfile.dat» окажутся три строки:

```
simulation part 1: success  
simulation part 2: success  
simulation part 3: failure
```

Аналогично выводу в файлы, определены функции для посимвольного ввода содержимого файлов.

Функция **fgetc** - ввод одного символа из файла

```
int fgetc(FILE *stream);
```

- параметр **stream** - указатель на поток, из которого осуществляется чтение
- возвращаемое значение: в случае успеха — код текущего символа в файле; иначе — значение **EOF**. Опять же, внутри потока символ будет представлен значением типа **char**. Тип **int** используется только потому, что стандарт не гарантирует того, что символьный тип всегда будет знаковым. А макрос **EOF** производит подстановку отрицательного целого числа

# Неформатированный ВВОД/ВЫВОД

Пусть есть файл text.txt с содержимым:

```
File with text info #1 2# #3 #4 5  
#...#
```

```
1 FILE *f_text = fopen("text.txt", "r");  
2 if (f_text != nullptr) {  
3     int symb, sharp_count = 0;  
4  
5     do {  
6         symb = fgetc(f_text);  
7         putc(symb);  
8  
9         if (symb == '#') { ++sharp_count; }  
10    } while (symb != EOF);  
11    fclose(f_text);  
12    printf("Sharp sign count: %d\n", sharp_count);  
13 } else {  
14     perror("Open error");  
15 }
```

Функция **fgets** - ввод строки из файла

```
char* fgets(char *str, int max_count, FILE *stream)
```

- параметр **str** — указатель на массив типа **char**, в который записываются извлекаемые символы
- параметр **max\_count** — максимально возможное количество символов, для записи в **str** с учётом символа окончания строки. Символ переноса строки `'\n'` - также может быть записан в **str**
- параметр **stream** — указатель на поток, из которого осуществляется чтение
- возвращаемое значение: в случае успеха — указатель на **str**; иначе — **нулевой указатель**

Данная функция уже рассматривалась при разборе работы с текстом.



Пример **fgets**: дан файл vip\_text.txt с текстом:

```
Morbi vitae nibh sed nisl bibendum imperdiet.
```

```
Morbi tincidunt ut lorem quis mollis. In  
ligula nisl, sollicitudin et rutrum sed,  
consectetur vitae libero.
```

```
Donec porta enim sem, vel interdum nisl  
dapibus vitae. Vestibulum tempus scelerisque  
blandit. Nunc posuere odio urna, eu ornare  
urna ornare id. Phasellus imperdiet velit  
viverra justo sodales efficitur. Donec a  
aliquam urna, quis suscipit quam.
```

# Неформатированный ввод/вывод

Так можно получить информацию порциями по 30 символов за одну операцию чтения:

```
1 const int BUF_SZ = 30;
2
3 FILE *f_text = fopen("vip_text.txt", "r");
4 if (f_text != nullptr) {
5     char buf[BUF_SZ];
6
7     while (fgets(buf, BUF_SZ, f_text) != nullptr) {
8         printf("<<%s>>\n", buf);
9     }
10
11     fclose(f_text);
12 } else {
13     perror("Error again");
14 }
```

Функции для проверки состояния потока ввода-вывода.

- Достигнут ли конец файла?

```
int feof(FILE *stream);
```

- Произошли ли какие-либо ошибки при операциях ввода-вывода?

```
int ferror(FILE *stream);
```

Обе функции принимают в качестве параметра указатель на поток. И возвращают **нуль**, если ответ на соответствующий вопрос отрицательный, и **не нулевое целое число** — если утвердительный.

Задача: есть текстовый файл «source.dat» со случайными действительными числами. Нужно посчитать статистику, например - среднее и медиану

```
3.43434 53.5 43.546 4 6.776 0.86  
1.546E2 8.986E-5 5.55 3.01  
2.32 6.777
```

Для начала - выведем все числа из файла на экран.  
На словах алгоритм действий таков: загружаем последовательно по одному действительному числу и печатаем с помощью **printf**

С учётом знаний об **feof** - реализация в лоб выглядит как

```
1 FILE *f_stat = fopen("source.dat", "r");
2
3 if (f_stat != nullptr) {
4     double cur_num;
5
6     while ( !feof(f_stat) ) {
7         fscanf(f_stat, "%lf", &cur_num);
8         printf("Number: %f\n", cur_num);
9     }
10 }
```

А вывод будет таков:

```
Number: 3.434340
Number: 53.500000
Number: 43.546000
...
Number: 2.320000
Number: 6.777000
Number: 6.777000
```

Притом, что в исходном файле число **6.777** представлено в единственном экземпляре. Так происходит, потому что после чтения последнего числа сам поток ещё «не знает», закончились ли символы в файле. Индикатор **EOF** будет установлен только при последующей попытке чтения из файла.

# Потоковый ввод/вывод: файлы

Для того, чтобы чтение прошло так, как задумывалось, нужно быть уверенным в том, что **fscanf** завершилась без ошибок:

```
1 FILE *f_stat = fopen("source.dat", "r");
2
3 if (f_stat != NULL) {
4     double cur_num;
5
6     while ( !feof(f_stat) ) {
7         if ( fscanf(f_stat, "%lf", &cur_num) == 1 ) {
8             printf("Текущее число: %f\n", cur_num);
9         }
10    }
11 }
```

Будет выведено ровно то количество чисел, что записаны в файле.

# ПОТОКОВЫЙ ВВОД/ВЫВОД: файлы

Исходная задача: среднее + медиана

```
1 size_t collect_nums(const char *f_name, double *&reals)
2 {
3     FILE *f_stat = fopen(f_name, "r");
4     if (f_stat == nullptr) { return 0; }
5     double cur_num; size_t cur_index = 0;
6     size_t nums_count = 0;
7
8     while ( !feof(f_stat) ) {
9         if (fscanf(f_stat, "%lf", &cur_num) == 1) {
10             nums_count++;
11             if (reals == nullptr) {
12                 allocate(reals, nums_count) } else {
13                     reallocate(reals, cur_index, nums_count);
14             }
15             reals[cur_index++] = cur_num;
16         }
17     }
18     fclose(f_stat);
19     return nums_count;
20 }
```



# ПОТОКОВЫЙ ВВОД/ВЫВОД: файлы

```
21 struct Stat
22 {
23     double average;
24     double median;
25 };
26
27 Stat compute_stat(double *reals, size_t count)
28 {
29     double sum = 0.0;
30     for (size_t i = 0; i < count; i++) {
31         sum += reals[i];
32     }
33
34     std::sort(reals, reals + count);
35
36     return Stat{sum / count, reals[count / 2]};
37 }
```

# Потоковый ввод/вывод: файлы

Первая функция читает числа из файла в динамический массив, вторая — подсчитывает статистику. Применение:

```
1 double *values = nullptr;
2 size_t count = collect_nums("source.dat", values);
3
4 if (count > 0) {
5     Stat result = compute_stat(values, count);
6     printf("average: %f\n", result.average);
7     printf("median: %f\n", result.median);
8 }
```

Для исходного файла с числами, вывод будет похож на:

```
average: 23.656119
median: 5.550000
```

Были использованы функции **allocate** / **realloc** — это аналоги таковых из четвёртой лекции, только для указателей на **double**.

Ещё пример: дан текстовый файл, запомнить все числа из него

В работе [60] проведено численное исследование равновесной динамики неупорядоченной модели Изинга с некоррелированными дефектами для спиновых концентраций  $p = +0.8$ ,  $+0.85$  и  $+0.65$ . При использовании конечномерного скейлингового анализа для решеток с  $12 < L < 64$  получено значение критического показателя  $z = 2.35(2)$  для системы с концентрацией спинов  $p = 1 - 0.2$ . Спадание корреляционной функции происходило с показателем  $-1.578$ .

Будут использованы ещё две функции из стандартной библиотеки:

- Вернуть уже прочитанный символ в поток:

```
int ungetc(int character, FILE *stream);
```

- Убрать индикатор конца файла и/или индикатор ошибки операций ввода/вывода:

```
void clearerr(FILE *stream );
```

- Проверить, является ли переданный символ - цифрой:

```
#include <cctype>
```

```
int isdigit(int character);
```

# Потоковый ввод/вывод: файлы

Здесь уже не будет разбиения на функции, код представлен последовательно, как общая идея к решению подобной задачи.

```
1 FILE *source = fopen("text.txt", "r");
2
3 if (source == nullptr) {
4     perror("Open error");
5     return EXIT_FAILURE;
6 }
7
8 double *reals = nullptr;
9 size_t reals_cnt = 0, cur_index = 0;
10 char symb;
11
12 while ( (symb = fgetc(source)) != EOF ) {
13     if (isdigit(symb) || symb == '+'
14         || symb == '-') {
15         ungetc(symb, source);
```

## ПОТОКОВЫЙ ВВОД/ВЫВОД: файлы

```
16 double tmp;
17 if (fscanf(source, "%lf", &tmp) == 1) {
18     reals_cnt = cur_index + 1;
19     if (reals == nullptr) {
20         allocate(reals, reals_cnt)
21     } else {
22         reallocate(reals, cur_index, reals_cnt);
23     }
24
25     reals[cur_index++] = tmp;
26 } else {
27     clearerr(source);
28     fgetc(source);
29 }
30 } // if (isdigit(...) ... )
31 } // while
```

```
39 fclose(source);  
40  
41 if (reals != nullptr) {  
42     printf("Retrived numbers: ");  
43     for (size_t i = 0; i < reals_cnt; ++i) {  
44         printf("%.5f ", reals[i]);  
45     }  
46 }
```

И вывод:

```
Retrived numbers: 60.000 0.800 0.850 0.650 12.000  
64.000 2.350 2.000 1.000 0.200 -1.578
```

**Прямой ввод/вывод** предназначен для записи/чтения строго определённого количества байт. Стандартная библиотека предоставляет следующие функции:

- Записать байты в файл

```
size_t fwrite(const void *ptr, size_t elem_sz,  
              size_t elems_count, FILE *stream);
```

- Прочитать байты из файла:

```
size_t fread(void *ptr, size_t elem_sz,  
             size_t elems_count, FILE *stream);
```

, где параметр **ptr** — указатель на начало блока памяти (либо куда записываются байты, либо откуда берутся для вывода в файл); **elem\_sz** - размер (в байтах) одного элемента для ввода/вывода, **elems\_count** - общее количество элементов, **stream** - поток ввода/вывода.

**Возвращаемое значение:** число, которое равно **elems\_count** в случае успеха и не равно, иначе.



Пример: одной программой записать в файл заданное количество массивов целых чисел из 10 элементов. Второй программой - определить количество записанных массивов (сколько штук) и загрузить один из них по выбору

Запись 10-элементных массивов в файл. Здесь-то двоичный режим и пригодится.

```
1 const size_t SZ = 10;
2 FILE *out_stream = fopen("arrays.bin", "wb");
3
4 if (out_stream != nullptr) {
5     int arr[SZ]; size_t how_many;
6     printf("Введите количество массивов: ");
7     scanf("%lu", &how_many);
8
9     for (size_t att = 1; att <= how_many; ++att) {
10         for (size_t i = 0; i < SZ; ++i) {
11             arr[i] = rand();
12         }
13         size_t recorded = fwrite(arr, sizeof(int), SZ, ↵
14             out_stream);
15         if (recorded != SZ) { break; }
16     }
17     fclose(out_stream);
18 }
```

Чтение 10-элементных массивов из файла. Напомним, каждый экземпляр структуры **FILE** имеет поле, сохраняющее **позицию** в файле: на каком байте от начала файла находится связанный с ним поток (смещение происходит в результате операций ввода/вывода).

- Узнать текущую позицию потока

```
long ftell(FILE *stream);
```

В случае ошибки - функция вернёт значение **-1L**.

- Изменить позицию потока

```
int fseek(FILE *stream, long offset, int from);
```

**offset** — отступ от некоторой позиции в файле, заданной параметром **from**. В качестве позиции используются три константы: **SEEK\_SET** (начало файла), **SEEK\_CUR** (текущая позиция), **SEEK\_END** (конец файла).

Чтение 10-элементных массивов из файла.

Что нужно для второй программы?

- 1 Узнать количество массивов в файле
- 2 Запросить номер загружаемого массива
- 3 Считать нужный массив из файла

Чтение 10-элементных массивов из файла.

```
1 const size_t SZ = 10, ARR_BYTES = sizeof(int) * SZ;
2 FILE *in_stream = fopen("arrays.bin", "rb");
3
4 if (in_stream != nullptr) {
5     fseek(in_stream, 0, SEEK_END); // Шаг (1) начал
6     long how_many = ftell(in_stream) / ARR_BYTES;
7     if (how_many < 1) {
8         perror("No arrays in file"); exit(1);
9     }
10    fseek(in_stream, 0, SEEK_SET); // Шаг (1) выполнен
11
12    int arr_num = 0; // Шаг (2) начал
13    do {
14        printf("Array number (total - %ld): ", how_many);
15        scanf("%d", &arr_num);
16    } while (arr_num < 1 || arr_num > how_many);
17    // Шаг (2) выполнен
```

```
18  arr_num--; // Для вычисления смещения. Шаг (3) начат
19  int arr[SZ];
20  fseek(in_stream, arr_num * ARR_BYTES, SEEK_SET);
21  size_t read = fread(arr, sizeof(int), SZ, in_stream);
22  fclose(in_stream); // Шаг (3) выполнен
23
24  if (read != SZ) {
25      perror("Elements count less than 10");
26      exit(1);
27  }
28
29  printf("Loaded array:\n ");
30  for (size_t i = 0; i < SZ; ++i) {
31      printf("%d ", arr[i]);
32  }
33 }
```

Ещё примеры на **ftell/fseek** и неформатированный ввод/вывод

[github.com/posgen/OmsuMaterials/blob/master/2course/Programming/examples/8\\_file\\_operations\\_example/rewrite\\_example.c](https://github.com/posgen/OmsuMaterials/blob/master/2course/Programming/examples/8_file_operations_example/rewrite_example.c)

[github.com/posgen/OmsuMaterials/blob/master/2course/Programming/examples/8\\_file\\_operations\\_example/save\\_and\\_get\\_structs.c](https://github.com/posgen/OmsuMaterials/blob/master/2course/Programming/examples/8_file_operations_example/save_and_get_structs.c)

Правда, оба примера реализованы на языке C, но преобразование к C++ версии не должно стать преградой для понимания.

Пара полезных функций:

- передвинуть позицию потока в начало и убрать индикаторы конца файла и/или ошибок для потока:

```
void rewind(FILE *stream);
```

Фактически, делает аналог следующих вызовов:

```
fseek(stream, 0, SEEK_SET);
```

```
clearerr(stream);
```

- сброс буфера для потоков вывода:

```
int fflush(FILE *stream);
```

Принудительно записывает символы из буфера в файл. Возвращает значение **нуль**, если операция прошла без ошибок, и **EOF** в противном случае.

И более полная справка по использованию потоков в стиле C в C++: [en.cppreference.com/w/cpp/io/c](http://en.cppreference.com/w/cpp/io/c)



И в заключение, **<stdio>** предоставляет функции для форматированного ввода/вывода в массивы типа **char**. Одной такой функцией пользовались в пятой лекции: **sprintf**. Она позволяет записывать в строку отформатированные значения. Также стандартная библиотека предоставляет и функцию **sscanf** — для получения каких-нибудь значений из строкового объекта. При этом, сами по себе эти функции похожи на пару **fprintf/fscanf**, за исключением того, что источником или приёмником данных выступает строка. На уровне концепции можно считать, что строки (ака массивы **char**) выступают в виде потоков данных для указанных функций.

# Форматированный ввод/вывод: строки

Пример на использование **sscanf**:

```
1 char str_of_values[] = "3 -4.567 life it's bigger↵  
   ";  
2  
3 int ival;  
4 double rval;  
5 char word[10], rest[20];  
6 sscanf(str_of_values, "%d %lf %s %20[^\n]",  
7        &ival, &rval, word, rest);  
8  
9 printf("Numbers: %d, %f\n", ival, rval);  
10 printf("First word: <<%s>>\n", word);  
11 printf("Rest text: <<%s>>\n", rest);
```

Рекомендуется в форматной строке функции **sscanf** убрать пробелы и выяснить, изменится ли ввод значений в указанные переменные.