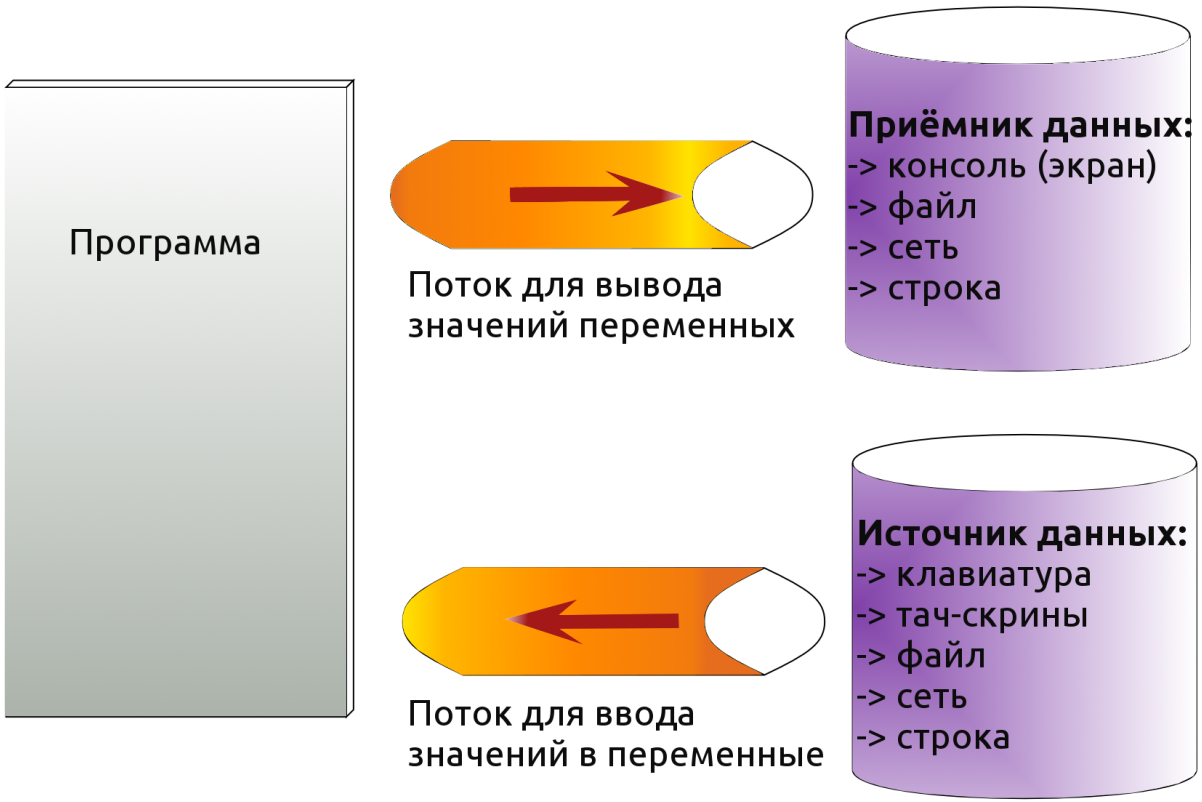
Лекция VII

30 ноября 2018

Ввод - вывод: как работает

Потоковый ввод/вывод



Данные в программе:
* Текст: **char, string**
* Числа: **int, double, size_t**

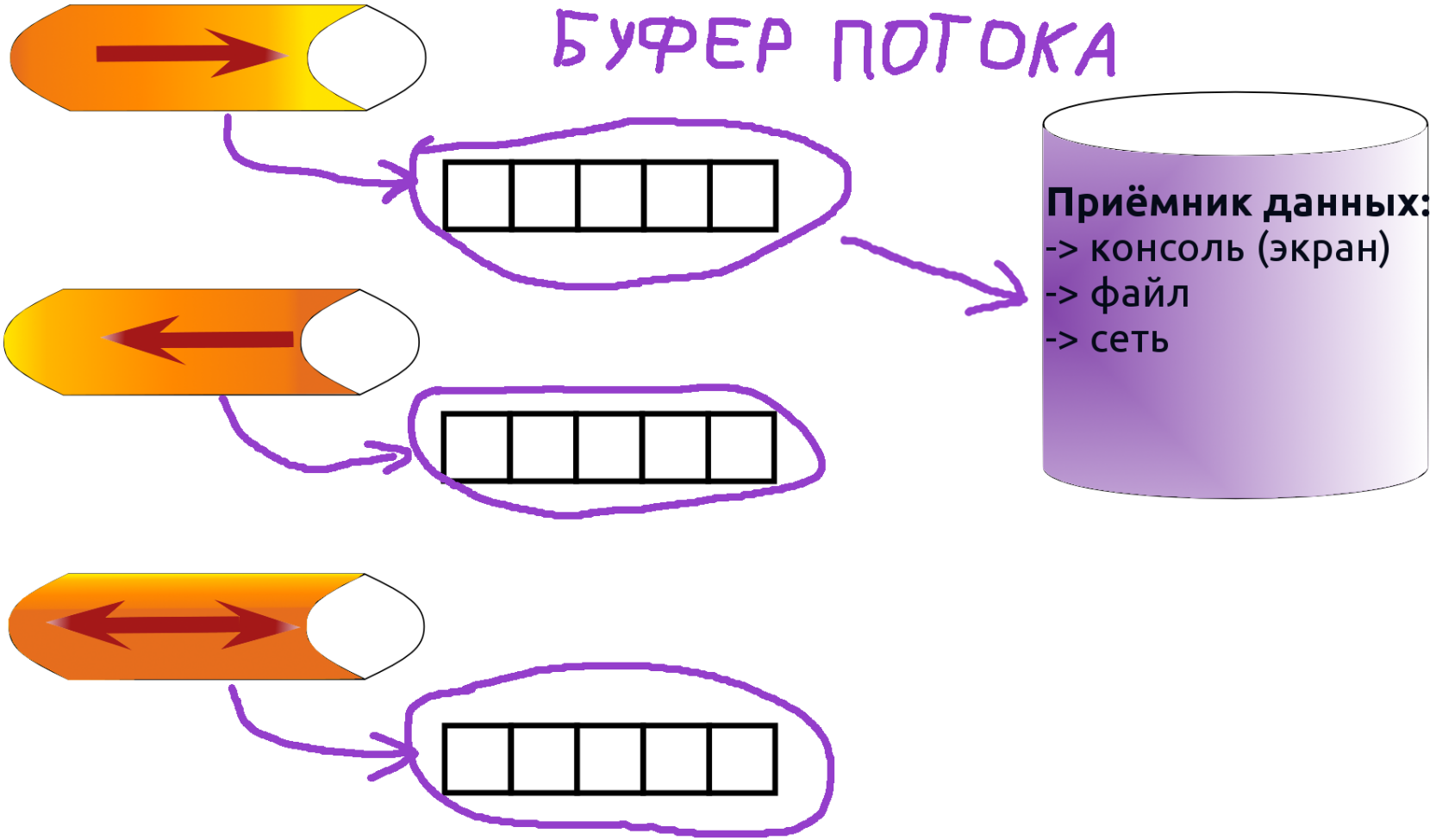
Данные снаружи:
* Байты
  -> текст (ASCII, UTF8, ...)
  -> бинарные данные (raw bytes)

Потоковый ввод/вывод

Концепция **потока данных (stream)**

- Логическая сущность, связывающаяся с одним приёмником или источником данных
- Берёт на себя обязанности по приёму/отправке байт извне
- Преобразует байты в значения требуемых типов при вводе; преобразует значения различных типов в байтовое представление при выводе
- Скрывает взаимодействие с реальным устройством ввода-вывода
- Имеет состояние: готов поток или нет выполнять операций ввода/вывода (корректное / ошибочное)
- Как правило, буферизован

Потоковый ввод/вывод



Потоковый ввод/вывод

В C++ стандартная библиотека предоставляет потоковый ввод/вывод для:

1. **текстового терминала** (консоль, командная строка) - осуществление операций вывода значений/ввода значений с экрана. Используются с помощью библиотеки **<iostream>**
2. **строк** - строки можно создавать или разбирать с помощью потоковых объектов. Подключаемая библиотека - **<sstream>**
3. **файлов** - запись/чтение файлов происходит с помощью библиотеки **<fstream>**

Ввод/вывод данных

Форматированный:
Для чтения: каждая группа символов (разделяемых пробелами) преобразуется в значение требуемого типа.
Для записи: значения конкретного типа преобразуется в текстовый вид самим потоком, и отправляется в файл.

Неформатированный:
читается/записывается строго определённое количество байт (указываемое в программе) и никаких форматных преобразований не происходит

Потоковый ввод/вывод

При запуске каждой программы на C++ для работы с *текстовым терминалом*, ей предоставляется четыре потока (три для вывода, один - для ввода):

- **cout** - стандартный поток вывода, связанный с текстовым терминалом
- **cerr** - стандартный поток вывода для сообщений об ошибках. Перед записью в этот поток любого значения, буфер **cout** - сбрасывается
- **clog** - тоже поток для записи об ошибках, но при записи в него сброса буфера у **cout** не происходит
- **cin** - стандартный поток ввода, связанный с текстовым терминалом

Дополнительные характеристики потоков любых видов

- Есть 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)
- Объекты потоков не являются копируемыми: то есть, нельзя применять *оператор присваивания* к переменным, представляющим собой поток ввода (или вывода)
- Все действия, что можно выполнять для чтения/записи различных значений - одинаковы для потоков всех видов (строковые, терминальные, файловые). Это означает, что операторы и методы для разбора информации - одинаковы для переменных разных типов

Далее идёт демонстрация работы с файловыми потоками ввода-вывода

Файловый ввод/вывод

Стандартная библиотека C++ определяет три основных класса для работы с файлами, определённых в библиотеке <**fstream**>:

1. **ifstream** - для *ввода (чтения)* информации из файла.
2. **ofstream** - для *вывода (записи)* информации в файл.
3. **fstream** - для одновременных операций как *чтения*, так и *записи* из/в файл(а).

которые доступны после следующего include'а:

```
1 #include <fstream>
2
3 using namespace std;
```

Файловый ввод

Создание файлового потока для ввода: два конструктора

```
(1) ifstream stream_var;
(2) ifstream stream_var{file_name,
                        open_mode = ios_base::in};
```

1. (1) - конструктор по умолчанию. Создаёт объект потока для ввода из файла, но не связывает его ни с каким реальным файлом
2. (2) - констурктор с двумя аргументами: **file_name** - имя файла, с которым связывается поток; или C-строка или объект класса **string**. **open_mode** - специальные флаги для выбора режима работы с файлом, по умолчанию - чтение

Файловый ввод

Создание файлового потока для ввода

```
1 // Ни с каким файлом поток не связан ещё
2 ifstream config_file1;
3
4 // Следующий поток будет читать данные из ↩
    config.dat
5 ifstream config_file2{"config.dat"};
6
7 // Для потока ввода можно указывать полный ↩
    путь
8 string file_name = "C:\test\my_config.txt";
9 ifstream config_file3{file_name};
```

Режим открытия файла (**open_mode**) определяется набором флагов

Флаг	Для чего нужен
ios_base::ate	При открытии текущая позиция потока устанавливается в конец файла
ios_base::app	Операции вывода начинаются с конца файла, то есть происходит дозапись
ios_base::binary	Операции ввода/вывода происходят в двоичном режиме
ios_base::out	Открыть поток на запись
ios_base::in	Открыть поток на чтение
ios_base::trunc	При открытиии файла удалить всё его содержимое

Флаги могут комбинироваться с помощью оператора побитового «или» - |

Файловый ввод

Пример изменения режима работы с файлом

```
1 // Открытие в двоичном режиме на чтение
2 // и перемещение в конец файла
3 auto my_mode = ios_base::in
4                | ios_base::binary
5                | ios_base::ate;
6 ifstream in_file{"my_file.txt", my_mode};
```

Файловый ввод

Отложенная связь потока с файлом: метод **open**

```
stream_var.open(file_name,
                open_mode = ios_base::in);
```

- **file_name** - имя файла, с которым связывается поток: или C-строка или объект класса **string**
- **open_mode** - специальные флаги для выбора режима работы с файлом, по умолчанию - режим чтения данных
- Если функция **open** вызвана для потока, который уже открыт - поток переводится в ошибочное состояние

```
1 // Ни с каким файлом поток не связан ещё
2 ifstream config_file1;
3
4 // А теперь — связан с first.log
5 config_file1.open("first.log");
```

Проверка готовности файла, после создания потока

```
(1) bool stream_var.is_open();
(2) if ( stream_var ) { ... };
```

1. Метод **is_open** - возращает значение **true**, если файл существует и с ним установлена связь; **false** - в противном случае

```
1 ifstream in_file1{"data_file.txt"};
2 if ( in_file1.is_open() ) {
3   // Ошибок нет, совершаем операции с файлом
4 }
```

2. Непосредственное использование переменной потока в условных выражениях (более общая форма)

```
1 ifstream in_file2{"another_file.txt"};
2 if ( in_file2 ) {
3   // Ошибок нет, совершаем операции с файлом
4 }
```

Файловый ввод

Форматированный ввод значений нужного типа: оператор ввода

```
ifstream& stream_var.operator>>(Type& value);
```

- Преобразует группу символов в значение **value**. **Type** - известный к моменту вызова оператора тип данных: **int**, **double**, **size_t**, **string**, ...
- Оператор ввода возвращает ссылку на тот поток, из которого происходит чтение

Файловый ввод

Пример оператор ввода: пусть дан файл info.txt

```
45    678.905
1.2387E-3
Строка - просто строка
```

```
1  ifstream in_file{"info.txt"};
2  if ( in_file.is_open() ) {
3    int num1; double real1, real2;
4    in_file >> num1 >> real1;
5    in_file >> real2;
6
7    string word;
8    in_file >> word;
9
10   cout << "Целое: " << num1 << "; вещественные: "
11        << real1 << ", " << real2 << "\n";
12   cout << "Первое слово: " << word << "\n";
13 }
```

Файловый ввод/вывод

Методы для проверки на отсутствие ошибок при операциях ввода/вывода

1. Проверка достижения конца файла

   ```
   bool stream_var.eof();
   ```

2. Проверка успешности операций чтения/записи (не был ли файл удалён, не пропал ли к нему доступ)

   ```
   bool stream_var.bad();
   ```

3. Проверка успешности ввода данных (отсутствие логических ошибок)

   ```
   bool stream_var.fail();
   ```

4. Полное отсутствие любых ошибок - участие переменной потока в условном выражении

   ```
   if ( stream_var ) { /*всё хорошо*/ }
   ```

Если один из первых трёх методов возвращает **true**, то операции ввода/вывода просто не выполняются, сколько бы мы не обращались к объекту потока.

Файловый ввод

Пример оператор ввода: проверка успешности ввода для всех переменных

```
1  ifstream in_file{"info.txt"};
2  if ( in_file.is_open() ) {
3    int num1; double real1, real2;
4    in_file >> num1 >> real1;
5    in_file >> real2;
6
7    string word;
8    in_file >> word;
9
10   if ( in_file ) {
11     cout << "Целое: " << num1
12          << "; вещественные: " << real1
13          << ", " << real2 << "\n";
14     cout << "Первое слово: " << word << "\n";
15   }
16 }
```

Файловый ввод

Пример ввода всех чисел из файла. Пусть дан nums.txt:

```
45.657 6.88 10.56 5.456 8.9905 6.7
7.8 14.5 5.616 8.8888 10.14  7.899
```

```
1  ifstream input_file{"nums.txt"};
2  if ( input_file.is_open() ) {
3    double num;
4    // Прочитать все числа из файла
5    // и напечатать их значения в консоли
6    while ( input_file >> num; ) {
7      cout << '\n' << num;
8    }
9
10   if ( input_file.bad() ) {
11     cerr << "Ошибка операций ввода/вывода";
12   } else if ( input_file.fail() ) {
13     cerr << "В файле есть нечисловые данные";
14   }
15 }
```

Файловый ввод

Посимвольное чтение файла - метод **get**

```
(1) int stream_var.get()
(2) ifstream& stream_var.get(char& symbol)
```

1. Читаем один символ из потока и возвращаем его код (несмотря на то, что возвращается значение типа **int**, фактически каждым символом считается один байт (**char**), то есть код многобайтового символа данный метод не вернёт
2. Читаем один символ из потока и помещаем его в переменную **symbol**

Чтение символов в C-строку

```
istream& stream_var.getline(char *str,
                size_t count, char delim = '\n')
```

- Читаем как максимум **count - 1** символов и записываем их в переменную **str**. В **str** также добавляется символ окончания строки '\0'. **delim** - символ разделитель, по умолчанию - символ переноса строки
- **Важно**: символ-разделитель извлекается из потока и не учавствует в последующих операциях чтения данных.

Файлы. Чтение данных без форматирования

В файле:

```
Very important data
что-то делают
    в нашем файле
```

```
1  ifstream input_file{"data_file.txt"};
2  if ( input_file.is_open() ) {
3    char str[8];
4    input_file.getline(str, 8);
5    // Печатает "Very im"
6    cout << str << '\n';
7
8    char word[5];
9    input_file.getline(word, 5);
10   // Печатает "port"
11   cout << word<< '\n';
12 }
```

Файловый ввод

Посимвольное чтение файла

Что

говорить говорить...

когда нечего

```
1  char sym;
2  ifstream in_file{"my_text.txt"};
3  if ( in_file.is_open() ) {
4    while ( in_file >> sym ) ) {
5      cout << sym;
6    }
7  }
8  // Разница: пропускаем пробелы и переносы или нет
9  ifstream in_again{"my_text.txt"};
10 if ( in_again.is_open() ) {
11   while ( in_file.get(sym) ) ) {
12     cout << sym;
13   }
14 }
```

Файловый ввод

Чтение символов в объект класса **string**

```
ifstream& getline(stream_var, string str,
                  char delim = '\n')
```

Читаем из файла и помещаем все символы в строку **str** до тех пор, пока не встретится разделитель

```
Very important data
что-то делают
    в нашем файле
```

```
1 ifstream in_file{"data_file.txt"};
2 if ( in_file.is_open() ) {
3   string str;
4
5   while ( getline(in_file, str) ) {
6     cout << "[[" << str << "]]" << "\n";
7   }
8 }
```

Файловый ввод

Пример: есть файл text.txt:

```
Файл для посимвольного
чтения информации; #1 2# #3 #4 5
#...#
```

```
1  ifstream in_text{"text.txt"};
2  int symb, sharp_count = 0;
3
4  while ( in_text.get(symb) ) {
5    cout << symb;
6
7    if (symb == '#') { ++sharp_count; }
8  }
9
10 cout << "Найдено " << sharp_count << "решёток\n";
```

Файловый ввод

```
ifstream& stream_var.ignore(size_t count = 1,
                            char delim = '\n')
```

- Метод **ignore** пропускает заданное количество символов (байт) из файла и оставляет их необработанными (то есть не происходит сохранение или преобразование извлечённых символов). Пропуск прекращается или по достижении считывания **count** символов, или при встрече символа-разделителя **delim**.
- Оба параметра метода - **count** и **delim** имеют значения по умолчанию: **count** равен единице, а разделитель **delim** специальному символу, означающему конец файла
- Если пропуск символов прекращается при нахождении разделителя, то он тоже извлекается из потока и не учавствует в дальнейших операциях чтения данных

Файловый ввод

Когда может быть полезен метод **ignore**?
Во многих программах для ввода начальных параметров более уместно использовать *конфигурационные файлы*, вместо ввода значений через консоль. Особенно это относится к вычислительным задачам: граничные условия при расчёте задач по вычислению различных интегралов или систем уравнений; количество частиц и параметры вроде температуры для задач термодинамики; размеры матриц в каких-нибудь вычислениях.
Конфигурационные файлы предпочтительней хотя бы тем, что при изменениях параметров быстрее и надёжнее поменять их в текстовом файле, чем каждый раз сосредотачиваться на консольном вводе.

Файловый ввод

Пример конфигурационного файла некой вычислительной задачи:

```
Максимальное число итераций: 260000
Количество строк матриц: 15
Количество столбцов матриц: 25
Количество слоёв: 5
Сила трения между слоями: -7.8
```

Файловый ввод

Что можно выделить из описания файла на предыдущем слайде?

- Есть повторяющаяся структура: описание параметра - двоеточие - значение
- Программе нужны значения комментарии-описания нужны для человека
- Комментарии нужны для человека

Файловый ввод

Для написания универсального разбора и пригодится метод **ignore**

```
1  const size_t PASS_COUNT = 500;
2  size_t max_iter, cols, rows, layers_count;
3  double fric_force;
4
5  ifstream config_file{"my_config_file.dat"};
6  if ( config_file.is_open() ) {
7    // пропускаем символы до двоеточия
8    config_file.ignore(PASS_COUNT, ':');
9    // безопасно считываем первое значение
10   config_file >> max_iter;
11
12   config_file.ignore(PASS_COUNT, ':');
13   config_file >> cols;
14   // ... Остальные переменные — аналогично
15 }
```

Файловый ввод

Код со слайда **23** разбирает файл со слайда **21** со следующими особенностями:

- Разумно предположить, что более 500 символов в качестве описания параметра человеку будет просто лень набирать
- Перед вводом *каждого* числового значения ищется символ двоеточия
- После нахождения - считываем числовое значение в нужную переменную

Файловый ввод

```
void stream_var.clear()
```

- Метод **clear** позволяет вернуть поток в состояние, пригодное для новых попыток считывания данных.

Выше приводились три метода, которые проверяют, не случилось ли каких либо ошибок при операциях между объектом потока и файлом - **eof()**, **bad() fail()**. Если хотя бы один из этих методов возвращает **true**, то дальнейшие операции получения данных невозможны. Метод **clear** возращает поток в такое состояние, что все методы проверки состояния начинают возвращать значение **false**. Это позволяет попробывать считать какие-нибудь данные снова.

Файловый ввод

Пусть дан файл, нужно считать все числа. Каждое число отделено пробелом, но могут попадаться и нечисловые символы

```
45.657 6.88 6.7 7.856 14.5 asd 5.616fs 8.88 sdsf
```

```cpp
#include <limits>

using ios_lims = numerical_limits<streamsize>;
const size_t MAX_IGNORE = ios_lims::max();

ifstream input_file{"data_file.txt"};
if ( input_file.is_open() ) {
  double num;
  while ( input_file >> num ) {
    if ( input_file.fail() ) {
      input_file.clear();
      input_file.ignore(MAX_IGNORE, ' ');
    }
  }
}
```

Файловый вывод

- Запись данных в файл осуществляется с помощью класса **ofstream** (потоковый класс, осуществляющий только операции вывода). Объекты этого класса связываются с файлом либо через конструктор, либо через функцию **open**, аналогично **ifstream**.
- При связи потока с несуществующим файлом, последний создаётся. Но стандартная библиотека ввода/вывода C++ не умеет создавать директории, если они не существуют
- Также объекты **ofstream** имеют методы **is_open()**, **bad()** и **fail()** - для проверки состояния потока.
- По умолчанию файл всегда создаётся заново, то есть если он существовал, то содержимое будет стёрто. Для предотвращения нужно пользоваться флагом **ios_base::app**

Файловый вывод

Аналогично операциям с консольным выводом через **cout**, запись данных происходит с помощью оператора:

```
ofstream& stream_var.operator<<(Type& value)
```

```
1 ofstream out_file{"D:\test\sq_of_nums.txt"};
2
3 if ( out_file.is_open() ) {
4   // Вывод квадратов чисел от 1 до 100
5   for (size_t i = 1; i <= 100; ++i) {
6     out_file << i << " * " << i
7              << " = " << i * i << '\n';
8   }
9 }
```

```
1 * 1 = 1
2 * 2 = 4
3 * 3 = 9
...
```

Файловый вывод

Пример записи в файл

```
1  #include <iomanip>
2
3  ofstream out("some_results.txt");
4  if ( out.is_open() ) {
5    int i_num = 858;
6    double r_num = 14.8326372364277;
7    string str = "Как всё просто";
8
9    out << boolalpha << showpos;
10   out << "Целое число: " << setfill('#')
11       << setw(8) << i_num << setfill(' ');
12
13   out << "\n  Десятичное: " << r_num << "\n{{";
14   out << str << "}}\n" << true << endl;
15 }
```

Файловый вывод

В файле "some_results.txt"окажется текст:

```
Целое число: +######858
  Десятичное: +14.8326
{{Как всё просто}}
true
```

Что за endl

Использование **endl** - специального значения, означающего переноса строки - приводит к сбросу буфера потока: то есть к реальной записи накопившихся символов в файл.

Справка по форматированному выводу значений - https://github.com/posgen/OmsuMaterials/wiki/Format-output

Файловый вывод

Запись символов как значений типа **char** в файл.

`ostream& stream_var.put(char symbol)`

Пример: посимвольный вывод всех строчных букв английского алфавита в файл

```
1  ofstream out_file{"alphabet.txt"};
2
3  if ( out_file.is_open() ) {
4    for (char sym = 'a'; sym <= 'z'; ++sym) {
5      // Метод put возвращает ссылку
6      // на тот объект, для которого
7      // он был вызван, что позволяет
8      // строить цепочки, подобные следующей
9      out_file.put(sym).put('\n');
10   }
11 }
```

Файловый ввод/вывод

Справка по файловому вводу-выводу доступна в интернете, а также здесь:

https://github.com/posgen/OmsuMaterials/wiki/File-input-output

Методы: **flush**, **tellp**, **seekp**, **tellg**, **seekg**.

Работа со строковыми потоками

Строковые потоки ввода/вывода

Для строковых потоков также определено три основных класса для работы с ними:

1. **istringstream** - для *ввода (чтения)* значений из какой-нибудь строки.
2. **ostringstream** - для *вывода (записи)* значений в строку (фактически - форматирвоанное или неформатированное создание строки).
3. **stringstream** - для одновременных операций как *чтения*, так и *записи* из/в строку.

которые доступны после следующего include'а:

```
1 #include <sstream>
2
3 using namespace std;
```

Сами **операторы и методы** для работы с объектами указанных классов аналогичны приведённым выше для файловых потоков

Строковые потоки ввода

Создание потока для ввода:

```
1 istringstream input;
```

Но созданный такми образом поток не содержит никаких данных, поэтому операции ввода значений из него приведут к ошибке. Обычно, потоку ввода надо предоставить какую-нибудь строку для разбора. Это можно сделать при использовании метода **str**:

```
2 string my_str = "Строка для разбора";
3 input.str(my_str);
```

Альтернативный способ - передать потоку строку в момент создания его объекта (ака переменная):

```
1 istringstream input_nums{"1234.56 -0.567 4.555 ↩
    0.334"};
```

Строковые потоки ввода

Как только поток связан с какой-нибудь строкой - можно начинать операции ввода. Как пример: разбор входящей строки на слова с помощью потока:

```
1  string str;
2  cout << "Введите строку: ";
3  getline(cin, str);
4
5  // Создали строковый поток ввода, который
6  // будет разбирать символы из str
7  istringstream input{str};
8
9  cout << "Введённые слова:\n";
10 string word;
11 while (input >> word) {
12     cout << '{' << word << '}' << endl;
13 }
```

Строковые потоки ввода

Пример: разбор входящей строки на действительные числа с помощью потока:

```
1 istringstream input_nums{"1234.56 -0.567 4.555 ↩
    0.334"};
2
3 double numb;
4 while (input_nums >> numb) {
5   cout << "Получено число: " << numb < endl;
6 }
```

Строковые потоки ввода

Общий подход к разбору строковых или файловых потоков заключается в следующем: выполнить **ожидаемые** операции ввода, а затем - проверить, были ли все из них успешны. Для примера, рассмотрим следующую задачу: пусть есть файл, в котором в каждой строке записаны по 10 чисел. Пусть это будут значения некоторой физической величины в определённые моменты времени. Но некоторые строки могут содержать меньше значений, чем 10. Задача состоит в том, чтобы посчитать средние значения в каждой точке **только** по наборам данных из 10 чисел. Файл, для примера, может выглядеть так:

```
3    -4   2   6    7   -55    7   8   11
6     5   1   9    8
2     3   3   11   4   -23    3
-1   -1   5   12   5   -5    -7   6   14
```

Строковые потоки ввода

Целые числа использованы лишь для наглядности. Вторая и третья строка - не подходят для усреднения.

```
1  const size_t TENTH = 10;
2
3  ifstream in_data{"nums.txt"};
4  if (in_data) { // Если файл найден
5    string data_line;
6    double averegeс[TENTH] = { 0.0 };
7    istringstream input;
8    size_t lines_count = 0;
9    // Начинаем читать из файла строку за строкой
10   while (getline(in_data, data_line) {
11     double arr[TENTH];
12     // Каждую прочитанную строку — передаём
13     // в строковый поток ...
14     input.str(data_line);
15     //... и пытаемся получить именно 10 чисел
16     for (size_t i = 0; i < TENTH; i++) {
17       input >> arr[i];
18     }
```

Строковые потоки ввода

Продолжаем...

```
18      // Проверяем, что 10 чисел введены без проблем
19      if ( input ) {
20          // Всё ок — добавляем к средним
21          for (size_t i = 0; i < TENTH; i++) {
22            averages[i] += arr[i];
23          }
24          lines_count++;
25      } else {
26        input.clear();
27      }
28    }
29    if (lines_count > 0) {
30      // Усредняем и показываем результат
31      for (size_t i = 0; i < TENTH; i++) {
32        averages[i] /= lines_count;
33        cout << "Среденее в " << (i + 1)
34             << "точке: " << averages[i] << endl;
35      }
36    }
37  }
```

Строковые потоки вывода

Строковые потоки для вывода - помогают в некоторых ситуациях создавать строки с нестандартно отформатированными значениями. Создание такого потока делается так:

```
1 ostringstream output;
```

Созданный такми образом поток по умолчанию содержит внутри себя пустую строку, к которой будет добавляться другая текстовая информация. Также можно сразу задать содежимое строки, которую нужно дополнить чемн-нибудь. Это можно сделать при использовании метода **str**:

```
2 string my_str = "Самый лучший заголовок\n";
3 output.str(my_str);
```

Альтернативный способ - передать потоку строку в момент создания его объекта (ака переменная):

```
1 ostringstream output_nums{"1234.56 -0.567"};
```

Строковые потоки вывода

Работа со строковыми потоками вывода - на примере: нужно создать строку, в которой действительные числа будут в *научной нотации*, с **пятью** знаками после запятой и выведенные в столбик. Плюс шапку перед колонкой чисел добавим.

```
1  //Второй аргумент нужен для дозаписи в поток
2  ostringstream output{"Числа по формату:\n",
3                       ios_base::ate};
4  double nums[] = {1.4566723, -567.2334575,
5                   556.623322, 8.90335435,
6                   0.47437, 1000983.1283713831};
7  output << scientific << setprecision(6);
8  for (const double& elem : nums) {
9    output << setw(12) << elem << "\n";
10 }
11 string final_str = output.str();
12 cout << "Полученная строка:\n"
13      << final_str << endl;
```