Лекция 10

Потоковые классы.
Ошибки потоков ввода-вывода.
Файловый ввод-вывод.
Строковые потоки.

Потоки

Система ввода-вывода языка C++ основывается на концепции потока. **Поток** в C++ – это абстрактное понятие, относящееся к любому переносу данных от источника к приемнику. В качестве синонимов вывода данных используются термины **извлечение**, **прием**, **получение**, а синонимов ввода – **вставка**, **помещение**, **заполнение**.

В языке C++ вся передаваемая/принимаемая информация рассматривается как последовательность символов, поскольку любое двоичное представление может быть рассмотрено как неотображаемая последовательность байт.

Перенос данных от источника к приемнику чаще всего осуществляется через временное хранение в некоторой области памяти, называемой **буфером**.

Система ввода-вывода C++ состоит из четырех основных библиотек: **iostream**, **fstream**, **strstream** и **constream**.

Потоки

Библиотека **iostream** обеспечивает ввод-вывод, связанный со стандартными потоками. Библиотека **fstream** поддерживает работу с файлами, **strstream** – со строками символов, а **constream** обеспечивает работу с консолью. Все эти библиотеки позволяют выполнять форматный ввод-вывод с контролем типов как для предопределенных, так и для определяемых пользователем типов данных с помощью перегруженных операций и других объектно-ориентированных методов.

Для поддержки потоков библиотека C++ содержит иерархию классов, построенную на основе двух базовых классов – ***ios*** и ***streambuf***.

Класс ***streambuf*** обеспечивает буферизацию потоков и их взаимодействие с физическими устройствами.

Стандартные потоки ввода-вывода

Класс **ios** предназначен для форматного ввода-вывода через класс **streambuf**. Из него производятся три класса **istream**, **ostream** и **iostream** соответственно для ввода, вывода и одновременного ввода-вывода.

В C++ предопределенны четыре стандартных потока: **cin**, **cout**, **cerr** и **clog**. Эти потоки автоматически открываются при запуске программы, содержащей файл **iosrteam.h**:

cin – стандартный ввод (обычно с клавиатуры);

cout – стандартный вывод (обычно на экран);

cerr – вывод сообщений об ошибках на экран;

clog – буферированный вывод сообщений об ошибках на экран.

Неформатный ввод-вывод

Компоненты-функции **put**() и **write**() класса **ostream** обеспечивают неформатный вывод данных в стандартные потоки.

```
ostream & put (char);
```

Функция **put**() позволяет вывод двоичных данных или отдельного символа, получаемого в качестве аргумента, в указанный поток, например:

```
int ch = 'a';
cout.put(ch);
```

выводит символ **'a'** в поток **cout**.

Большие по размерам объекты выводятся с помощью функции **write**():

```
ostream & write (char *p, int n);
```

где **p** указывает на выводимые данные; **n** - размер в байтах.

Их использование ограничено простыми примерами ввода-вывода, когда предъявляются жесткие требования к быстродействию и размеру абсолютного кода программы.

Неформатный ввод-вывод

Для неформатного ввода данных из стандартного потока в C++ служит компонента-функция **get**() класса **istream**:

```
istream & get(char *str, int max, int term = '\n');
```

Функция **get**() считывает символы из входного потока в массив **str** до тех пор, пока не будет прочитано **max-1** символов, либо пока не встретится символ, заданный терминатором (ограничителем) **term**. К прочитанным данным автоматически добавляется символ конца строки **'\0'**. По умолчанию значением терминатора является символ новой строки **'\n'**, который в **str** не считывается и из **istream** не удаляется.

Для корректной работы программы массив **str** должен иметь размер не менее **max** символов, например:

```
char s[81]; cin.get(s,81);  // ввод строки с терминала
```

Функция **get**() в классе **istream** перегружена и имеет несколько реализаций, например,

```
istream & get(streambuf & buf, char term = '\n');
```

позволяет читать символы в некоторый буфер потока **buf**.

Неформатный ввод-вывод

Для неформатного ввода блока данных служит функция **read()**, определенная в классе **istream**:

```
istream & read(char *p, int n);
```

где **p** указывает на вводимые данные, а **n** - размер данных в байтах

Пример: вводит и выводит непреобразованное значение последовательности символов:

```
int main(){
char s[80]={0};
cout << "Введите пять символов\n";
cin.read(s, sizeof(s));
cout << "Было введено: ";
cout.write(s, sizeof(s));
}
```

Стандартные потоки **cin** и **cout** осуществляют последовательный символьный ввод-вывод. Функции же **read**() и **write**() наиболее эффективны при вводе-выводе двоичных блоков данных, поэтому их часто используют для работы с бинарными файлами.

Неформатный ввод-вывод

В библиотеке **iostream** имеются еще несколько полезных функций неформатного ввода-вывода:

istream & getline(char *str, int max, int term = '\n');

подобна функции **get**() за исключением того, что ограничивающий символ **term** извлекается, но не копируется в **str** (удобна для чтения строк);

int peek(); - возвращает следующий символ без извлечения из потока (просмотр вперед);

int gcount(); - возвращает число символов последнего извлечения;

istream & putback(char ch); - возвращает обратно во входной поток символ **ch**;

istream & ignore(int n = 1, int term = EOF); - пропускает **n** символов во входном потоке, останавливается, когда встретится **term**;

ostream & flush(); - разгружает поток (т.е. выводит содержимое) на связанное с ним устройство.

Форматный ввод-вывод

В языке C++ форматный вывод в поток выполняется с помощью перегруженной операции сдвига "**<<**" (оператором вставки или помещения); форматный ввод - "**>>**" (оператором извлечения или просто извлечением).

```
ostream& ostream::operator<<(Тип Op)
istream& istream::operator>>(Тип Op)
```

где типы: **char, signed и unsigned short, int, long, float, double, long double, char *(строка), void *(адрес).**

Первый параметр – поток, второй – данные указанных типов, результат – ссылка на тот же поток, что позволяет строить выражения для ввода и вывода По умолчанию извлечение опускает пробельные символы ('**\v**', '**\t**', **'\n'** и пробел), а затем считывает символы, соответствующие типу объекта ввода. Это позволяет объединить в одном операторе несколько операций ввода, например:

```
int k;
float y;
cin >> k >> y;
```

Форматирование ввода и вывода

определяется форматирующими флагами, представляющими собой биты числа типа **long int**, определенного в классе **ios** следующим образом:

```
enum
{ skipws      = 0x0001, // пропустить пробелы при вводе
  left        = 0x0002, // выполнять по левой гр. при выводе
  rigth       = 0x0004, // выполнять по правой гр. при выводе
  interval    = 0x0008, // дополнить пробелами при выводе
  dec         = 0x0010, // преобразовать в десятичную с/с
  oct         = 0x0020, // преобразовать в восьмиричную с/с
  hex         = 0x0040, // преобразовать в шестнадцатир. с/с
  showbase    = 0x0080, // показывать основание с/с при выводе
  showpoint   = 0x0100, // показывать дес. точку при выводе
  uppercase   = 0x0200, // вывод шестн. цифр в верхнем р-ре
  showpos     = 0x0400, // выводить + перед полож. числами
  scientific  = 0x0800, // вывод в формате с плав. точкой
  fixed       = 0x1000, // вывод в формате с фикс. точкой
  unitbuf     = 0x2000, // стереть все потоки после вставки
  stdio       = 0x4000  // стереть после вставки stdin, stdout
};
```

Форматирование ввода и вывода

Флаги вместе с другими управляющими полями объявлены в классе **ios**:

```
class ios{
private:
 long x_flags;          // флаги
 int x_width;           // ширина поля вывода
 int x_precision;       // число цифр дробной части
 int x_fill; …}         // символ-заполнитель при выводе
```

Для работы с полями используют специальные методы:

```
long setf(long flags);
```

функция возвращает предыдущую установку флагов и изменяет флаги, определенные в **flags**.

```
long unsetf(long flags);
```

функция возвращает предыдущую установку и сбрасывает флаги, определенные в **flags.**

```
long flags(void);
long flags(long bits);
```

функция определяет значения флагов без их изменения.

Форматирование ввода и вывода

Следующие три функции библиотеки **iostream** позволяют устанавливать ширину поля, заполняющий символ и число цифр, показываемых после запятой:

```
int width(int len);
char fill(char ch);
int precision(int num);
```

где **len** - ширина поля, **ch** - символ заполнения, **num** - число цифр после запятой в отображении числа с плавающей точкой. Функции возвращают предыдущие значения соответствующих параметров.

По умолчанию ширина поля равна нулю, т.е. будет выведено минимальное число символов, которыми может быть представлено выводимое значение. В избыточных позициях выводится символ заполнителя, заданный функцией **fill**(), по умолчанию – это пробел.

Если указанная ширина не достаточна для представления выводимого значения, то она будет проигнорирована и вывод выполняется как для нулевой ширины. Вызов функций **width**(), **fill**() и **precision**() без аргументов возвращает предыдущее значение соответствующих параметров без их изменения.

Пример

```
#include <iostream.h>
int main() {
 cout.setf(ios::hex);
 cout.setf(ios::scientific);
 cout << 365 << " " << 365.78 << "\n";
 cout.precision(2);
 cout.width(10);
 cout << 365 << " " << 365.78 << "\n";
 cout.fill('*');cout.width(10);
 cout << 365 << " " << 365.78 << "\n";
}
```

```
365 3.657800e+02
       365 3.66e+02
365 3.66e+02

-------------------------
```

```
365 3.657800e+02
       365 3.66e+02
*******365 3.66e+02
```

Форматирование с помощью манипуляторов

Манипуляторы – это специальные функции, которые принимают в качестве аргументов ссылку на поток и возвращают ссылку на тот же поток.

Они могут объединяться в цепочку вместе с операторами ввода-вывода. Сами манипуляторы никаких действий по вводу или выводу не выполняют, однако, осуществляют "побочный" эффект, воздействуя на флаги формата и другие параметры ввода-вывода.

Таблица манипуляторов

Манипулятор Операторы Действие

dec <<,>> десятичное представление чисел

oct <<,>> восьмеричное представление чисел

hex <<,>> шестнадцатеричное представление чисел

ws >> извлечение пробельных символов

endl << вставка символа новой строки `'\n'` и разгрузка потока

ends << вставка в строку символа `'\n'` конца строки

flush << очистка потока **ostream**

setbase(int n) <<,>> установка системы счисления с основанием `n`, где `n` - одно из {0,8,10,16}; ноль означает десятичную систему счисления при выводе и правила C для литералов целых чисел при вводе

setiosflags(long f) <<,>> установка флагов, указанных в `f`

resetiosflags(long f) <<,>> сброс флагов, указанных в `f`

setfill(int ch) <<,>> установка символа-заполнителя в `ch`

setprecision(int n) <<,>> установка числа цифр после запятой в представлении чисел с плавающей запятой

setw(int l) <<,>> установка ширины поля в l

Форматирование с помощью манипуляторов

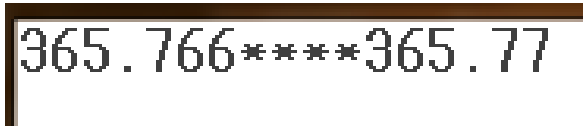
```
cout << setw(10) << setprecision(2) << setfill('*') << 365.766;
```

Создание собственных манипуляторов:

```
ostream & <имя_манипулятора>(ostream & stream)
{  // необходимый код
   return stream;
}
```

Пример:

```
#include <iomanip.h>
ostream & my_manip(ostream & stream){
 stream << setw(10) << setprecision(2) << setfill('*');
 return stream;
}
int main() {
 cout << 365.766 << my_manip << 365.766 << endl;
}
```



Форматирование с помощью манипуляторов

Заказные манипуляторы являются полезными в двух случаях.

Во-первых, когда осуществляется вывод на устройство, которое не выполняет применяемые манипуляторы, например, плоттер. В этом случае создание собственных манипуляторов позволяет выполнять необходимые преобразования во время вывода.

Во-вторых, когда часто повторяется последовательность одних и тех же манипуляторов.

Определение собственных манипуляторов пользователя для ввода имеет следующую структуру:

```
istream & <имя_манипулятора>(istream & stream){
// необходимый код
 return stream;
}
```

Форматирование с помощью манипуляторов

Пример:

```
istream & manip_in_hex(istream & stream){
 cout << "Введите число, используя шестнадцатеричный формат";
 cin >> hex;
 return stream;
}

int main(void){
 int i;
 cin >> manip_in_hex >> i;
 cout << i << endl;
}
```

```
Введите число, используя шестнадцатеричный формат
F
15
```

Ошибки потоков ввода-вывода

С каждым открытым потоком в C++ связывается перечислимая переменная **io_state**, определяющая биты состояния потока. Она объявлена в классе **ios** и может рассматриваться как целая величина:

```
public:
enum io_state{
 goodbit = 0x00, // если бит не установлен, то ошибок нет
 eofbit = 0x01, // обнаружен конец файла
 failbit = 0x02, // сбой в последней операции ввода-вывода
 badbit = 0x04, // попытка недопустимой операции
 hardfail = 0x80 // в потоке невосстанавливаемая ошибка
};
```

В случае установки **eofbit** игнорируются попытки выполнить операции извлечения; бит **failbit** может быть сброшен и продолжено использование потока; после сброса **badbit** не всегда можно восстановить работоспособность потока; перед сбросом **hardfail** требуется установить причину, вызвавшую ошибку.

Ошибки потоков ввода-вывода

После того как для некоторого потока возникло состояние ошибки, все попытки ввода-вывода будут игнорироваться до тех пор, пока не будет устранена причина, вызвавшая ошибку, а биты ошибки не сброшены с помощью функции **clear**(), например:

in.clear(0); // очистка всех бит ошибок

in.clear(ios::eofbit); // очистка бита **eofbit**

Хорошим стилем программирования считается проверка состояния ошибки в наиболее ответственных точках программы. Это можно выполнить с помощью следующих функций, возвращающих ненулевые значения, если:

good() - не было ошибки;

eof() - обнаружен конец файла;

fail() - был установлен один из битов **failbit**, **badbit**, **hardfail**;

bad() - был установлен бит **badbit** или **hardfail**.

Пример

```
double d; cin>>d;
```

/* 1) **2** - преобразуется к **d=2.0**

2) **2A - d=2.0** - значение сформировано, но <**A**> еще осталось в буфере потока и ждет приема **char**

3) **3,3** вместо **3.3 - d=3.0**, но запятая и вторая **3** осталась в буфере ввода и ждет ввода

4) вводим **AAA** - поток испорчен, вырабатывается флаг ошибки, пользоваться **d** нельзя! Значение **d** не изменилось!!! Весь последующий ввод (**cin**>>) будет проигнорирован! */

```
if( !cin ) {
```

/* Сюда попадем, если только поток ввода Ваш ввод никаким образом проинтерпретировать не может (случай 4). Для того, чтобы программу можно было выполнять дальше необходимо:

1) сбросить ошибки */

```
cin.clear();
```

// иначе весь последующий ввод будет проигнорирован

// 2) очистить буфер ввода

```
cin.ignore(MAXINT,'\n');
cin>>d;
```

Ошибки потоков ввода-вывода

Текущее состояние ошибки можно получить с помощью функции **rdstate**(), которая возвращает номер бита ошибки, например :

```
cout << "Состояние потока cin: " << cin.rdstate() << endl;
cout << "Состояние потока cout: " << cout.rdstate() << endl;
cout << "Состояние потока cerr: " << cerr.rdstate() << endl;
cout << "Состояние потока clog: " << clog.rdstate() << endl;
```

Пример:

```
double d;
 cin>>d;
  cout << "Состояние потока cin: " << cin.rdstate() << endl;
```

```
7.0
Состояние потока cin: 0
```

```
aaa
Состояние потока cin: 2
```

Ошибки потоков ввода-вывода

Кроме того, в классе **ios** имеются перегруженные операции

int operator !();

operator void *();

Операция **void** *() определяет преобразование потока в указатель, который будет равен нулю в случае установления бит **failbit**, **badbit** или **hardfail** и ненулевому значению в противном случае.

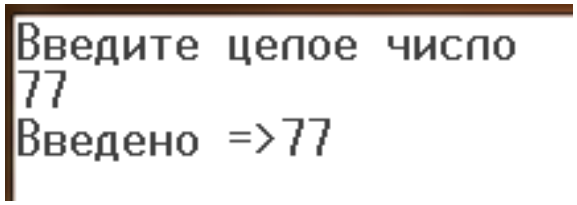
Операция "**!**" наоборот возвращает ненулевое значение, если установлен один из бит **failbit, badbit** или **hardfail**, и возвращает нулевое значение в противном случае.

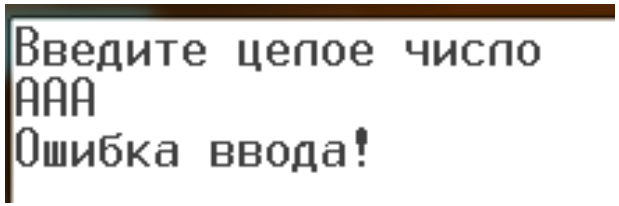
Это позволяет рассматривать в логических выражениях в качестве переменной непосредственно сами потоки ввода-вывода, например:

Ошибки потоков ввода-вывода

Пример:

```
int main(){
int x;
 if (!cout) return -1; // ошибка вывода!
cout << "Введите целое число\n";
if (cin >> x)
      cout << "Введено" << x << endl; // все в порядке!
      else{
            cout << "Ошибка ввода!\n"; // ошибка вывода!
            return -1;
          }
return 0;
}
```





Достоинства и недостатки

Основным **преимуществом** потоков по сравнению с функциями ввода/вывода, унаследованными из библиотеки C, является **контроль типов**, а также расширяемость, то есть **возможность работать с типами, определенными пользователем** (для этого требуется переопределить операции потоков).

К **недостаткам** потоков можно отнести **снижение быстродействия** программы, которое в зависимости от реализации компилятора может быть весьма значительным.

Файловый ввод-вывод

Под **файлом** обычно подразумевается именованная информация на внешнем носителе, например, на жестком или гибком магнитном диске. Устройства такие, как дисплей, клавиатуру и принтер рассматривают как частные случаи файлов.

По способу доступа файлы можно разделить на

— **последовательные,** чтение и запись в которых производятся последовательно от начала, байт за байтом, и

— файлы с **произвольным** доступом, допускающие чтение и запись в указанную позицию.

Стандартная библиотека содержит три класса для работы с файлами:

ifstream — класс входных файловых потоков;

ofstream — класс выходных файловых потоков;

fstream — класс двунаправленных файловых потоков.

Эти классы являются производными от классов **istream**, **ostream** и **iostream** соответственно, поэтому они наследуют перегруженные операции << и >>, флаги форматирования, манипуляторы, методы, состояние потоков и т. д.

Файловый ввод-вывод

При работе с файлами в программе должны присутствовать следующие операции:

- создание потока;
- открытие потока и связывание его с файлом;
- обмен (ввод/вывод);
- уничтожение потока;
- закрытие файла.

Каждый класс файловых потоков содержит конструкторы, с помощью которых можно создавать объекты этих классов различными способами:

- ***конструкторы без параметров*** создают объект соответствующего класса, не связывая его с файлом:

ifstream();
ofstream();
fstream();

Файловый ввод-вывод

- конструкторы с параметрами создают объект соответствующего класса, открывают файл с указанным именем и связывают файл с объектом:

ifstream(const char *name, int mode = ios::in);
ofstream(const char *name, int mode = ios::out | ios::trunc);
fstream(const char *name, int mode = ios::in | ios::out);

Пример:

```
#include <fstream.h>
int main(){ //…
ifstream f1("1.txt", ios::in);
ofstream f2("2.txt", ios::out | ios::trunc);
fstream f3("3.txt", ios::in | ios::out);
```

Вторым параметром конструктора является режим открытия файла. Если установленное по умолчанию значение не устраивает программиста, можно указать другое, составив его из битовых масок, определенных в классе **ios**:

Файловый ввод-вывод

```
enum open_mode{
in      = 0x01   // Открыть для чтения
out     = 0x02   // Открыть для записи
ate     = 0x04   // Установить указатель на конец файла
app     = 0x08   // Открыть для добавления в конец
trunc = 0x10   // Если файл существует, удалить
nocreate= 0x20          // Если файл не существует, выдать ошибку
noreplace= 0x40         // Если файл существует, выдать ошибку
binary= 0x80 // Открыть в двоичном режиме
};
```

Открыть файл в программе можно с использованием либо конструкторов, либо метода **open**, имеющего такие же параметры, как и в соответствующем конструкторе, например:

```
ifstream f1 ("input.txt", ios::in|ios::nocreate);
if(!f1){  cout << "Невозможно открыть файл для чтения";
          return 1; }
```

Файловый ввод-вывод

```
//…
ofstream f2;
   f2.open("output1.txt"); // Использование метода open
  if (!f2){
   cout << "Невозможно открыть файл для записи";
   return 1;}
```

void open (const char* filename, int mode);

где **mode** - режим ввода/вывода:

in - открыть поток для ввода;

out - открыть поток для вывода;

ate - установить указатель потока на конец файла (отсчет позиции с конца),

app - открыть поток для добавления,

trunc - удалить содержимое файла, если он уже существует,

binary - открыть в двоичном режиме.

Файловый ввод-вывод

Примеры:

fstream f; // объявление переменной-потока без открытия файла

а)

f.open("simple.txt", ios::in); // открыть поток для ввода

б)

f.open("simple.txt", ios::out|ios::trunc); /* открыть поток для вывода и стереть файл с указанным именем, если он существует */

в)

f.open("simple.txt", ios::in|ios::out|ios::binary); /* открыть двоичный файл для ввода и вывода */

Файловый ввод-вывод

Закрытие файла

void close();

Пример :

```
fstream f;
f.open("simple.txt", ios:: in);
/*Обработка компонентов файла*/
f.close();
```

Чтение и запись выполняются либо с помощью операций чтения и извлечения, аналогичных потоковым классам, либо с помощью методов классов.

Пример файлового ввода-вывода

Опишем программу, которая выводит на экран содержимое файла:

```
int main(){
char text[81], buf[81];
cout << "Введите имя файла:";
cin >> text;
ifstream f(text, ios::in|ios::nocreate);  // для чтения
if (!f){ cout << "Ошибка открытия файла"; return 1; }
while (!f.eof()){
        f.getline(buf, 80);
        cout << buf << endl;
        }
return 0;
}
```

Для закрытия потока определен метод **close**(), но поскольку он неявно выполняется деструктором, явный вызов необходим только тогда, когда требуется закрыть поток раньше конца его области видимости.

Пример использования write()

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <fstream>
using namespace std;
int main(){
	const int MAX = 80;
	char buff[MAX+1] = "Hello World!";
	int len = strlen (buff) + 1;
	fstream f;
	f.open("CALC.DAT", ios::out|ios::binary);
	f.write((const char*) &len, sizeof(len));
	f.write((const char*) buff, len);
	f.close();
}
```

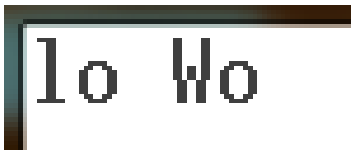
Пример использования read()

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
using namespace std;
int main(){
    const int MAX = 80;
    char buff [MAX+1];
    int len;
    fstream f;
    f.open("CALC.DAT", ios::in|ios::binary);
    f.read((char *) &len, sizeof(len));
    f.read((char *) buff, len);
    cout << len << ' ' << buff << endl;
    f.close();
}
```

```
13 Hello World!
```

Пример прямого доступа

```
#include <iostream.h>
#include <fstream.h>
#include <string.h>
using namespace std;
int main() {
    char bbb[80]={0}, buff[80] = "Hello World!";
    fstream f,f1;
    f.open("CALC.DAT", ios::out | ios::binary);
    f.write(buff,strlen(buff));
    f.close();
    f1.open("CALC.DAT", ios::in|ios::binary);
    f1.seekg(3); // переставить указатель чтения через 3 байта на 4
    f1.read(bbb, 5);
    cout << bbb << endl;
    f1.close();
}
```



Строковые потоки

Строковые потоки позволяют считывать и записывать информацию из областей оперативной памяти так же, как из файла, с консоли или на дисплей. В стандартной библиотеке определено три класса строковых потоков:

istringstream — входные строковые потоки;

ostringstream — выходные строковые потоки;

stringstream — двунаправленные строковые потоки.

Эти классы определяются в заголовочном файле <**sstream**> и являются производными от классов **istream**, **ostream** и **iostream** соответственно, поэтому они наследуют перегруженные операции << и >>, флаги форматирования, манипуляторы, методы, состояние потоков и т. д. Участки памяти, с которыми выполняются операции чтения и извлечения, по стандарту определяются как строки C++ (класс **string**). Строковые потоки создаются и связываются с этими участками памяти с помощью конструкторов.

Строковые потоки

Строковые потоки являются некоторым аналогом функций **sscanf** и **sprintf** библиотеки **C** и могут применяться для преобразования данных, когда они заносятся в некоторый участок памяти, а затем считываются в величины требуемых типов. Эти потоки могут применяться также для обмена информацией между модулями программы.

В строковых потоках описан метод **str**, возвращающий копию строки или устанавливающий ее значение:

string str() const;

void str(const string & s);

Проверять строковый поток на переполнение не требуется, поскольку размер строки изменяется динамически.

В приведенном ниже примере строковый поток используется для формирования сообщения, включающего текущее время и передаваемый в качестве параметра номер:

Строковые потоки

Пример:

```
#include <sstream>
#include <iostream>
#include <time.h>
using namespace std;
string me(int i) {
 ostringstream os;    // поток строкового вывода
 time_t t;
 time(&t); // записать текущее время в t
 os << " time: " << ctime(&t) << " number: " << i <<endl;
 return os.str(); //вернуть выведенную в поток информацию как строку
}
int main(){
 cout<<me(22);
 return 0;
}
```

```
time: Mon Dec 04 20:52:36 2017
number: 22
```