

Потоци (Rev: 1.3)

Любомир Чорбаджиев¹
lchorbadjiev@elsys-bg.org

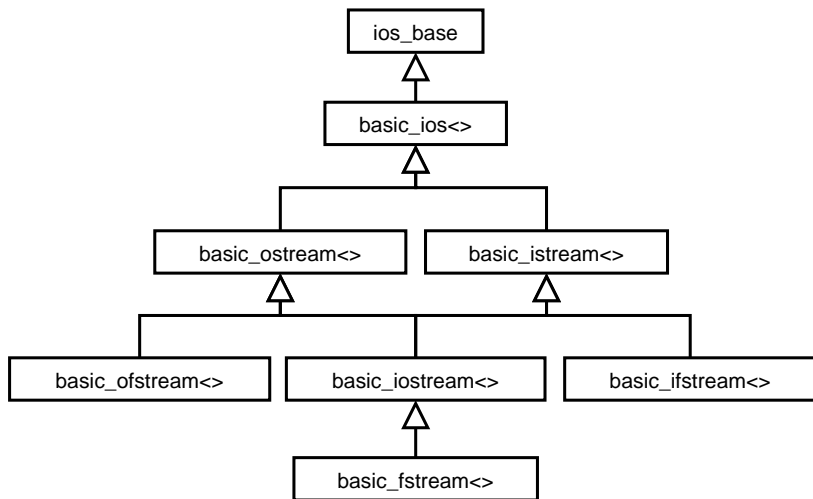
¹Технологическо училище “Електронни системи”
Технически университет, София

12 април 2006 г.

Въведение

- Входно/изходните потоци в C++ са обектно ориентирани.
- Входно/изходните операции в C++ са **строго типизирани**. Това позволява при обработването на данни с различен тип да се използва C++ механизмът за предефиниране на оператори и функции.
- Входно/изходните операции са **разширяеми**. Лесно се реализират входно/изходни операции за типове, дефинирани от потребителя.

Йерархия на потоците за вход/изход



Йерархия на потоците за вход/изход

- Потоците за вход/изход са организирани като йерархия от шаблонни класове.
- Потоците, които се използват обичайно са: `ostream`, `istream`, `ofstream`, `ifstream`. Тези потоци са 8 битови – т.е. последователността от символи, които се четат/пишат са от типа `char`.
- Дефинициите на тези потоци са следните:

```
typedef basic_ostream<char> ostream;  
typedef basic_istream<char> istream;  
typedef basic_ofstream<char> ofstream;  
typedef basic_ifstream<char> ifstream;  
typedef basic_fstream<char> fstream;
```

Йерархия на потоците за вход/изход

- В езика C++ освен типа `char` (8 битов символ) е дефиниран и типа `wchar_t` (16 битов символ);
- Потоците, които работят с типа `wchar_t` са:

```
typedef basic_ostream<wchar_t> wostream;  
typedef basic_istream<wchar_t> wistream;  
typedef basic_ofstream<wchar_t> wofstream;  
typedef basic_ifstream<wchar_t> wifstream;  
typedef basic_fstream<wchar_t> wfstream;
```

Работа с потоците за вход/изход

- Всички потоци за вход/изход са дефинирани в пространството от имена `std`.
- Основните потоци са дефинирани в заглавния файл `<iostream>`. В него са дефинирани обектите:
 - `cin` — обект от класа `istream`, който е свързан със стандартния вход.
 - `cout` — обект от класа `ostream`, който е свързан със стандартния изход.
 - `cerr` — обект от класа `ostream`, който е свързан със стандартната грешка. Този поток е **небуфериран**.

Писане в поток

- За писане в изходен поток се използва операторът **operator<<**. В класа `basic_ostream` този оператор е дефиниран за всички примитивни типове:

```
1  template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
2  class basic_ostream:
3      virtual public basic_ios<Ch, Tr> {
4  public:
5      //...
6      basic_ostream& operator<<(short n);
7      basic_ostream& operator<<(int n);
8      basic_ostream& operator<<(long n);
9      basic_ostream& operator<<(unsigned short n);
10     //...
11 };
```

Писане в поток

- Операторът **operator<<** връща псевдоним, насочен към използвания изходен поток `ostream`. Това дава възможност операторът за изход да се прилага каскадно. Изразът:

```
cout << "x=" << x;
```

е еквивалентен на:

```
(cout . operator <<("x=")) . operator <<(x);
```


Операции за изход, дефинирани от потребителя

- Да разгледаме клас `point`, определен от потребителя:

```
1  class point {  
2      double x_, y_;  
3  public:  
4      point(double x, double y)  
5          : x_(x), y_(y)  
6      {}  
7      double get_x(void) {return x_;}  
8      double get_y(void) {return y_;}  
9      void set_x(double x) {x_=x;}  
10     void set_y(double y) {y_=y;}  
11     //...  
12 };
```

Операции за изход, дефинирани от потребителя

- Операторът `operator<<` за този тип може да бъде дефиниран по следния начин:

```
1 ostream& operator<<(ostream& out,  
2                       const point& p) {  
3     out << '('  
4         << p.get_x() << ','  
5         << p.get_y() << ')';  
6     return out;  
7 }
```

Четене от поток

- За четене от входен поток се използва операторът `operator>>`. В класа `basic_istream` този оператор е дефиниран за всички примитивни типове:

```
1  template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
2  class basic_istream:
3      virtual public basic_ios<Ch, Tr> {
4  public:
5      //...
6      basic_istream& operator>>(short& n);
7      basic_istream& operator>>(int& n);
8      basic_istream& operator>>(long& n);
9      basic_istream& operator>>(unsigned short& n)
10     //...
11 };
```

Четене от поток

- Операторът `operator>>` пропуска символите разделители ('`\n`', '`\r`', '`\t`', '`\f`', '`\v`').

Състояние на потока

- Най-разпространената грешка при използване на потоци за вход `istream`: това, което е в потока се различава от това, което очакваме да бъде в потока. Например: искаме да прочетем променлива от типа `int`, а в потока има букви.
- За да се предпазим от този тип грешки е необходимо преди да се използват прочетените от потока данни да се провери **състоянието** на потока.

Състояние на потока

- Всеки поток `istream` и `ostream` има свързано с него **състояние**. Състоянието на потока е дефинирано в базовия клас `basic_ios<>`.

```
1  template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
2  class basic_ios: public ios_base {
3  public:
4      //...
5      bool good(void) const;
6      bool eof(void) const;
7      bool fail(void) const;
8      bool bad(void) const;
9      //...
10 };
```

Състояние на потока

- `good()` – предходните операции са изпълнени успешно;
- `eof()` – вижда се края на файла;
- `fail()` – следващата операция няма да се изпълни успешно;
- `bad()` – потокът е повреден.

Състояние на потока

- Състоянието на потока представлява набор от флагове, които са дефинирани в базовия клас `ios_base`:

```
1 class ios_base {
2 public:
3     //...
4     typedef ... iostate;
5     static const iostate
6         badbit, // потокът е развален
7         eofbit, // вижда се края на файла
8         failbit, // следващата операция няма да се изпълни
9         goodbit; // потокът е наред
10    //...
11 };
```


Състояние на потока

- В класа `basic_ios<>` са дефинирани следните методи за манипулиране на състоянието на потока:

```
1  template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
2  class basic_ios: public ios_base {
3  public:
4      ...
5      // връща флаговете на състоянието на потока
6      iostate rdstate(void) const;
7      // установява флаговете на състоянието
8      void clear(iostate f=goodbit);
9      // добавя f към флаговете на състоянието
10     void setstate(iostate f) {
11         clear(rdstate()|f);
12     }
13 };
```

СЪСТОЯНИЕ НА ПОТОКА

```
1  template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
2  class basic_ios: public ios_base {
3  public:
4      ...
5      operator void* () const;
6  };
```

Операторът, дефиниран в ред 5, е оператор за преобразуване към **void***. Този оператор връща стойност, различна от **NULL**, ако потокът е наред. Този оператор за преобразуване позволява потоците да участват в условни оператори и оператори за цикъл. Например:

```
while(cin){
    cin >> i;
}
```

Операции за вход, дефинирани от потребителя

Нека формата за въвеждане на променливи от типа `point` е `(x,y)`, където `x` и `y` са числа с плаваща точка. Тогава дефиницията на оператор за четене на обекти от класа `point` може да бъде направена по следния начин:

```
1  istream& operator>>(istream& in, point& p) {  
2      double x,y;  
3      char c;  
4      in >> c;  
5      if(c!='(') {  
6          in.clear(ios_base::badbit);  
7          return in;  
8      }  
9      in >> x >> c;
```

Операции за вход, дефинирани от потребителя

```
10     if (c != ',') {
11         in.clear(ios_base::badbit);
12         return in;
13     }
14     in >> y >> c;
15     if (c != ')') {
16         in.clear(ios_base::badbit);
17         return in;
18     }
19     if (in.good()) {
20         p.set_x(x);
21         p.set_y(y);
22     }
23     return in;
24 };
```

Четене на символи

- Операторът `operator>>` е предназначен за форматиран вход — т.е. за четене на обекти от някакъв очакван тип, в някакъв очакван формат.
- Когато предварително не се знае какви типове ще има във входния поток, то от входния поток обикновено се четат символни низове. За тази цел се използва семейството от методи `get()`, дефинирани в `basic_istream<>`.

Четене на СИМВОЛИ

```
char c;  
cin.get(c);  
  
char buf[100];  
cin.get(buf,100);  
cin.get(buf,100,'\n');  
  
cin.getline(buf,100);  
cin.getline(buf,100,'\n');
```

Четене на символи

- Функциите `in.get(buf,n)` и `in.get(buf,n,term)` прочитат не повече от $n - 1$ символа. Тези методи винаги поставят 0 след прочетените в буфера символи.
- Ако при четене с `get` е срещнат завършващият символ, то той остава в потока. Следващият фрагмент е пример за “хитър” безкраен цикъл:

```
1 char buf[256];  
2 while(cin) {  
3     cin.get(buf,256);  
4     cout << buf;  
5 }
```

- Функцията `getline()` се държи аналогично на `get()`, но прочита от `istream` срещнатия завършващ символ.

Четене на символи

- `in.ignore(max, term)` – пропуска следващите символи докато не срещне символа `term` или не прочете `max` символа.
- `in.putback(ch)` – превръща `ch` в следващия непрочетен символ от потока `in`.
- `in.peek()` – връща следващия символ от потока `in`, но не го изтрива от потока.

Изключения

- Да се проверява за грешки след всяка входно/изходна операция е неудобно. Поради това е предвидена възможност да “помолите” потока да генерира изключения, когато се променя състоянието му.
- В базовия клас `basic_ios<>` са дефинирани две функции:
 - **void** `exceptions(iostate st)` – установява състоянията, при които трябва да се генерира изключение.
 - `iostate exceptions()` **const** – връща набора от флагове на състоянието, при които се генерира изключение.
- Основната роля на генерирането на изключения при вход/изход е да се обработват малко вероятни изключителни ситуации. Изключенията могат да се използват и за контролиране на входно-изходните операции.

Пример: изключения

```
1 #include <iostream>
2 #include <list>
3
4 using namespace std;
5
6 int
7 main(int argc, char* argv[]) {
8     list<int> result;
9     ios_base::iostate oldstate=cin.exceptions();
10    cin.exceptions(ios_base::eofbit
11                  | ios_base::badbit
12                  | ios_base::failbit);
```

Пример: изключения

```
14  try {
15      for(;;){
16          int i;
17          cin >> i;
18          result.push_back(i);
19      }
20  } catch(const ios_base::failure& e) {
21      cout<<"ios_base::failure caught..."<<endl;
22  }
23
24  return 0;
25 }
```

Форматиране

- Форматирането на входно/изходните операции се контролира чрез класовете `basic_ios` и `ios_base`.
- За управление на форматирането на входно/изходните операции се използва набор от флагове, определени в `ios_base`.
- Част от флаговете, определящи състоянието на формата са представени в следния фрагмент:

Форматиране

```
1 class ios_base {
2 public:
3     typedef implementation_dependent fmtflags;
4     static const fmtflags
5         skipws,      // пропуска разделителите при четене
6         boolalpha,  // типа boolean се представят
7                     // като true и false
8         // целочислени типове
9         dec,        // десетична система
10        hex,         // шестнадесетична система
11        oct,         // осмично система
12        showbase,   // поставя префикс,
13                    // обозначаващ системата
```

Форматиране

```
1 // числа с плаваща запетая
2 scientific, // представяне във вида: d.dddddedddd
3 fixed,     // представяне във вида: ddddd.dd
4 showpoint, // незначеща нула пред десетичната точка
5 showpos,   // явен знак '+' пред положителните числа
6 ...;
7 };
```

Състояние на формата

skipws boolalpha	пропускане на разделителните символи представяне на типа boolean
dec hex oct showbase	целочислени типове – в каква бройна система да се извеждат представяне на бройната система
scientific fixed showpoint showpos	как се извеждат типовете с плаваща точка

Форматиране

- За манипулиране на състоянието на формата, в класа `ios_base` са дефинирани следните методи:

```
1 class ios_base {  
2 public:  
3     ...  
4     fmtflags flags() const;  
5     fmtflags flags(fmtflags f);  
6     fmtflags setf(fmtflags f){  
7         return flags(flags()|f);  
8     }
```


Форматиране

```
1  fmtflags setf(fmtflags f, fmtflags mask) {  
2      return flags((flags()&~mask)|(f&mask));  
3  }  
4  void unset(fmtflags mask) {  
5      flags(flags()&~mask);  
6  }  
7  };
```

Форматиране

- Стандартната схема за работа с флаговете за форматиране е следната:
 - запомняме състоянието на формата;
 - променяме състоянието на формата и използваме потока;
 - възстановяваме предишното състояние на потока.

```
1 void foo(void) {  
2     ios_base::fmtflags old_flags=cout.flags();  
3     cout.setf(ios_base::oct);  
4     ...  
5     cout.flags(old_flags);  
6 };
```

Извеждане на цели числа

- Добавянето на флагове чрез метода `setf()` или чрез побитово “ИЛИ” (`|`) е удобно, само когато дадена характеристика на потока се управлява от един бит.
- Тази схема е неудобна в случаи като определяне на бройната система. В такива случаи състоянието на формата не се определя от един бит.
- Решението на този проблем, което се използва в `<iostream>`, е да се предостави версия на `setf()` с втори “псевдо-аргумент”:

```
cout.setf(ios_base::oct, ios_base::basefield);  
cout.setf(ios_base::dec, ios_base::basefield);  
cout.setf(ios_base::hex, ios_base::basefield);
```

Извеждане на цели числа: пример

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3
4 int main(int argc, char* argv[]) {
5     cout.setf(ios_base::showbase);
6     cout.setf(ios_base::oct, ios_base::basefield);
7     cout << 1234 << ' ' << 1234 << endl;
8     cout.setf(ios_base::dec, ios_base::basefield);
9     cout << 1234 << ' ' << 1234 << endl;
10    cout.setf(ios_base::hex, ios_base::basefield);
11    cout << 1234 << ' ' << 1234 << endl;
12
13    return 0;
14 };
```

Извеждане на цели числа: пример

02322 02322

1234 1234

0x4d2 0x4d2

Извеждане на числа с плаваща точка

- Извеждането на числа с плаваща запетая се определя от **формата и точността**.
- Форматите, които се използват за извеждане на числа с плаваща запетая са:
 - *Универсален* — позволява на потока сам да реши в какъв вид да се представи извежданото число. По подразбиране потоците използват този формат.
 - *Научен* — представя числото като десетична дроб с една цифра преди десетичната точка и показател на степента.
 - *Фиксиран* — точността определя максималният брой цифри след десетичната точка.
- По подразбиране точността е 6 цифри.

Извеждане на числа с плаваща точка: пример

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main(int argc, char* argv[]) {
4     cout<<1234.56789<<'_'<<1234.5678901<< endl;
5     cout.setf(ios_base::scientific,
6              ios_base::floatfield);
7     cout<<1234.56789<<'_'<<1234.5678901<<endl;
8     cout.setf(ios_base::fixed,
9              ios_base::floatfield);
10    cout<<1234.56789<<'_'<<1234.5678901<<endl;
11    cout.setf(static_cast<ios_base::fmtflags>(0),
12             ios_base::floatfield);
13    cout<<1234.56789<<'_'<<1234.5678901<<endl;
14    return 0;
15 }
```

Извеждане на числа с плаваща точка: пример

1234.57 1234.57

1.234568e+03 1.234568e+03

1234.567890 1234.567890

1234.57 1234.57

Извеждане на числа с плаваща точка

- За промяна на точността на работа с числа с плаваща запетая се използват следните методи:

```
class ios_base {  
public:  
    ...  
    unsigned precision() const;  
    unsigned precision(unsigned n);  
    ...  
};
```

- Използването на `precision()` влияе на всички входно/изходни операции с потока и действа до следващото използване на метода.

Извеждане на числа с плаваща точка: пример

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main(int argc, char* argv[]) {
4     cout.precision(12);
5     cout << 123456789 << ' ' << 1234.12345 << ' '
6         << 1234.123456789 << endl;
7     cout.precision(9);
8     cout << 123456789 << ' ' << 1234.12345 << ' '
9         << 1234.123456789 << endl;
10    cout.precision(4);
11    cout << 123456789 << ' ' << 1234.12345 << ' '
12        << 1234.123456789 << endl;
13    return 0;
14 }
```

Извеждане на числа с плаваща точка: пример

```
123456789 1234.12345 1234.12345679  
123456789 1234.12345 1234.12346  
123456789 1234 1234
```

Полета за изход

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main(int argc, char* argv[]) {
4     cout << '(';
5     cout.width(5);
6     cout << 12 << ') ' << endl;;
7     cout << '(';
8     cout.width(5); cout.fill('#');
9     cout << 12 << ') ' << endl;;
10    cout << '(';
11    cout.width(5); cout.fill('#');
12    cout << "a" << ') ' << endl;;
13    cout << '(';
```

Полета за изход

```
14     cout.width(0); cout.fill('#');  
15     cout << "a" << ')' << endl;;  
16     return 0;  
17 }
```

(12)

(###12)

(####a)

(a)

Манипулатори

- Да се променя състоянието на потока посредством флаговете на формата е неудобно.
- Стандартната библиотека предоставя набор от функции и обекти за манипулиране на състоянието на потока — **манипулатори**.

Манипулатори

- Основният начин за използване на манипулатори може да се види от следния пример:

```
cout << boolalpha << true << ' '
      << noboolalpha << true;
```

което извежда: true 1.

- Използват се и манипулатори с аргументи:

```
cout << setprecision(10)
      << 1234.12345678 << endl;
```

което извежда: 1234.123457. Манипулаторите с аргументи са дефинирани в `<iomanip>`.

boolalpha showbase showpoint showpos skipws	noboolalpha noshowbase noshowpoint noshowpos noskipws	представяне на типа <code>boolean</code> представяне на бройната система пропускане на разделителните символи
dec hex oct		целочислени типове – в каква бройна система да се извеждат
fixed scientific		как се извеждат типовете с плаваща точка
setprecision(n)		точност на извеждането
setw(int n) setfill(int c)		ширина на полето за извеждане символ за запълване на полето

Файлови потоци

- Потоците за работа с файлове са дефинирани в `<fstream>`.
- Потокът за писане във файл е `basic_ofstream`.

```
template<class Ch, class Tr=char_traits<Ch> >
class basic_ofstream: public basic_ostream<Ch, Tr>
public:
    explicit basic_ofstream(const char* p,
                           openmode m=out|trunc);
    bool is_open() const;
    void open(const char* p,
              openmode m=out|trunc);
    void close();
    ...
};
```

Файлови потоци

```
class ios_base {
public:
    typedef implementation_dependent1 openmode;
    static const openmode app,
        ate, binary, in, out, trunc;
    ...
};
```

in	отваряне за четене
out	отваряне за запис
app	запис на данните в края на файла; предизвиква отваряне на файла в режим out
ate	запис на данните в края на файла
trunc	унищожава предишното съдържание на файла

Файлови потоци

```
1 #include <iostream>
2 #include <fstream>
3 #include <cstdlib>
4 void error(const char* p, const char* p2="") {
5     std::cerr << p << '␣' << p2 << std::endl;
6     std::exit(1);
7 }
```

```
8  int main(int argc, char* argv[]) {
9      if (argc != 3)
10         error("bad number of arguments...");
11         std::ifstream from(argv[1]);
12         if (!from)
13             error("bad input file", argv[1]);
14         std::ofstream to(argv[2]);
15         if (!to)
16             error("bad output file:", argv[2]);
17         char ch;
18         while (from.get(ch))
19             to.put(ch);
20         if (!from.eof() || !to)
21             error("something strange...");
22         return 0;
23     }
```