Въведение в стандартната C++ библиотека
(Rev: 1.2)

Любомир Чорбаджиев[1]
lchorbadjiev@elsys-bg.org

[1]Технологическо училище "Електронни системи"
Технически университет, София

9 октомври 2007 г.

Съдържание

Шаблони

- Шаблоните обезпечават непосредствената поддръжка на така нареченото *обобщено програмиране*, т.е. програмиране, при което като параметри се използват типове.
- Механизмът на шаблоните в C++ позволява използването на типове в качеството на параметри при дефинирането на функции и класове.
- Шаблонът зависи само от тези свойства на параметъра-тип, които явно използва. Поради това не е необходимо различните типове, които се използват като параметри на шаблона да бъдат свързани по какъвто и да било начин.

Дефиниране на шаблон

```
template<class T> class Stack {
  T data_[10];
public:
  T pop(void);
  void push(T val);
  ...
};
```

- Префиксът **template<class** T> се използва за дефиниране на шаблон (**template**).
- При използване на шаблона на мястото на "формалния параметър" **class** T се предава фактическият тип.
- В дефиницията на шаблона името на формалния параметър-тип T се използва точно по същия начин, по който се използват и имената на другите типове.

Дефиниране на шаблон

```
template<class T> class Stack {
  T data_[10];
public:
  T pop(void);
  void push(T val);
  ...
};
```

- Областта на видимост за T завършва в края на обявата, започнала с **template<class** T>.
- В дефиницията на шаблона T е име на произволен тип; не е задължително T да бъде име на клас.

Екземпляри на шаблона

```
Stack<double> doubleStack;
Stack<int> intStack;
```

- Процесът на генериране на клас от шаблон на клас се нарича **създаване на екземпляр на шаблона (template instantiation)**.
- Генерирането на клас от шаблон на клас се изпълнява от компилатора.
- Класът, генериран от шаблон на клас, е обикновен C++ клас. Използването на шаблони не предполага допълнителни механизми по време на изпълнение на кода.
- Шаблоните обезпечават ефективен начин за генериране на код.

Пример: стек

```
1  #ifndef STACK_HPP__
2  #define STACK_HPP__
3
4  #include <exception>
5
6  template<class T>
7  class stack {
8    static const unsigned size_=128;
9    T data_[size_];
10   int top_;
11 public:
12   stack(void);
13   const T& top(void) const;
14   void pop(void);
15   void push(const T& val);
16   bool empty(void) const;
17 };
```

Пример: стек

```
19 template<class T>
20 stack<T>::stack(void)
21   : top_(-1)
22 {}
23
24 template<class T> const T&
25 stack<T>::top(void) const {
26   if (top_ < 0) {
27     throw std::exception();
28   }
29   return data_[top_];
30 }
```

Пример: стек

```
31 template<class T> void
32 stack<T>::pop(void) {
33   if (top_<0){
34     throw std::exception();
35   }
36   top_--;
37 }
38 template<class T> void
39 stack<T>::push(const T& val){
40   if( size_ <= top_+1 ) {
41     throw std::exception();
42   }
43   data_[++top_]=val;
44 }
```

Пример: стек

```
45 template<class T> bool
46 stack<T>::empty(void) const {
47   return top_<0;
48 }
49 #endif
```

Пример: стек

```
1 #include <iostream>
2 #include "stack.hpp"
3
4 int main(void) {
5   stack<int> si;
6
7   for(int i=0;i<10; ++i){
8     si.push(i);
9   }
10
11  while(! si.empty() ){
12    std::cout << si.top() << "␣";
13    si.pop();
14  }
```

Пример: стек

```
15   std::cout << std::endl;
16
17   stack<float> sf;
18   for(int i=0; i<10; ++i){
19     sf.push(10.0*i);
20   }
21   while(! sf.empty() ){
22     std::cout << sf.top() << "␣";
23     sf.pop();
24   }
```

Пример: стек

```
25  std::cout << std::endl << std::endl;
26
27  stack<stack<int> > ssi;
28  for(int i=0;i<5;++i){
29    stack<int> temp;
30    for(int j=0;j<10;++j){
31      temp.push(i);
```

Пример: стек

```
33      ssi.push(temp);
34    }
35
36    while(!ssi.empty()){
37      stack<int> ts=ssi.top();
38      while(!ts.empty()){
39        std::cout << ts.top() << "␣";
40        ts.pop();
41      }
42      std::cout << std::endl;
43      ssi.pop();
44    }
45
46    return 0;
47  }
```

Проверка на типовете

- Проверка в точката на дефиниция: проверка за синтактични грешки и грешки, които не зависят от фактическите параметри-типове на шаблона.
- Проверка при създаване на екземпляр на шаблона: проверка за съответствие на фактическите типове, предадени на шаблона.

Проверка на типовете: пример

```
21 class Foo {
22   int bar_;
23 public:
24   Foo(int bar) {
25     bar_=bar;
26   }
27 };
```

```
40   Stack<Foo> fooStack;// грешка!!
```

Проверка на типовете: пример

```
1  template<class T> class Stack {
2  ...
3    void print_all(void) {
4      for(int i=0;i<top_;i++) {
5        cout << data_[i] << "␣";
6      }
7      cout << endl;
8    }
9  ...
10 };
```

Проверка на типовете: пример

```
29 class Bar {
30   int foo_;
31 public:
32   Bar(int foo=0) {
33     foo_=foo;
34   }
35 };
```

```
42   Stack<Bar> barStack;
43   barStack.print_all();// грешка!!
```

Въведение в стандартната шаблонна библиотека

- STL (Standard Template Library) - стандартна шаблонна библиотека.
- Съдържа мощни компоненти, базирани върху шаблони:
  - Контейнери — шаблонни реализации на основните структури от данни.
  - Итератори — аналог на указателите. Предоставят достъп до елементите, които се съхраняват в контейнерите.
  - Алгоритми — търсене, сортиране, манипулиране на данните и т.н.
- Предоставя голямо количество компоненти, които са много мощни и лесни за използване.

Контейнери

- Стандартната шаблонна библиотека предоставя три типа контейнери:
  - Последователни контейнери — линейни структури от данни (вектори, свързани списъци).
  - Асоциативни контейнери — нелинейни структури;
    - Дават възможност за бързо търсене на елементи;
    - Съхраняват се двойки ключ/стойност.
  - Адаптери — класове, които позволяват модифициране на поведението на други контейнери.
- Контейнерите имат ред общи функции.

Контейнери

- Последователни контейнери:
  - `vector`
  - `deque`
  - `list`
- Асоциативни контейнери:
  - `set`
  - `map`
  - `multiset`
  - `multimap`
- Адаптери:
  - `stack`
  - `queue`
  - `priority_queue`

Последователен контейнер `vector`

- Дефиниран е в заглавния файл `<vector>` в стандартното пространство от имена `std`.
- Структура от данни, при която елементите са разположени последователно в една област от паметта.
- Има достъп до елементите на вектора чрез оператора за индексиране `[]`.
- Използва се когато данните трябва да се сортират и да са лесно достъпни.
- Векторът `std::vector` е динамична структура, т.е. при необходимост неговият размер може да се променя по време на изпълнение на програмата. Промяната на размера на вектора обаче, е тежка операция.

Член-функции на класа `vector`

Нека е дефинирана променливата `v` от типа `vector`. Тогава:

- `v.size()` — връща текущия размера на масива.
- `v.capacity()` — връща капацитета на масива, т.е. колко елемента могат да се добавят към масива, преди да се наложи ново заделяне на памет.
- `v.front()` — връща първия елемент на масива.
- `v.back()` — връща последния елемент на масива.
- `v.push_back(<value>)` — добавя елемент в края на масива.
- `v.pop_back()` — изтрива последния елемент в масива.

Член-функции на класа `vector`

Нека дефинирана променливата `v` от типа `vector`. Тогава:

- `v[<index>]=<value>` — присвоява нова стойност `<value>` на елемента с индекс `<index>`. Не проверява индекса за коректност.
- `v.at(<index>)=<value>` — присвоява нова стойност `<value>` на елемента с индекс `<index>`. Проверява индекса за коректност и ако той е извън границите на масива генерира изключение `out_of_range`.

Пример за използване на vector

```
1 #include <iostream>
2 #include <vector>
3 using namespace std;
4
5 int main(int argc, char* argv[]) {
6   vector<int> array;
7
8   cout << "Начален размер на масива: "
9        << array.size() << endl
10       << "Начален капацитет на масива: "
11       << array.capacity() << endl;
```

Пример за използване на vector

```
13   array.push_back(2);
14   array.push_back(3);
15   array.push_back(4);
16
17   cout << "Размер на масива: "
18        << array.size() << endl
19        << "Капацитет на масива: "
20        << array.capacity() << endl;
21
22   return 0;
23 }
```

Пример за използване на `vector`

```
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ ./a.out
Начален размер на масива: 0
Начален капацитет на масива: 0
Размер на масива: 3
Капацитет на масива: 4
lubo@kid ~/school/cpp/notes $
```

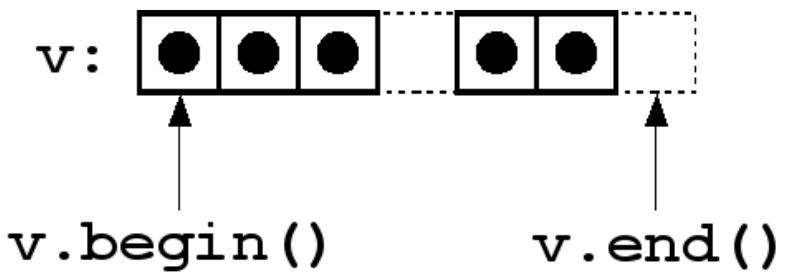
Пример за обхождане на елементите на `vector`

```
1  vector<int> v;
2  ...
3  int sum=0;
4  for(int i=0;i<v.size();i++) {
5    cout << v[i] << endl;
6    sum+=v.at(i);
7  }
8  cout << "sum=" << sum << endl;
```

Итератори

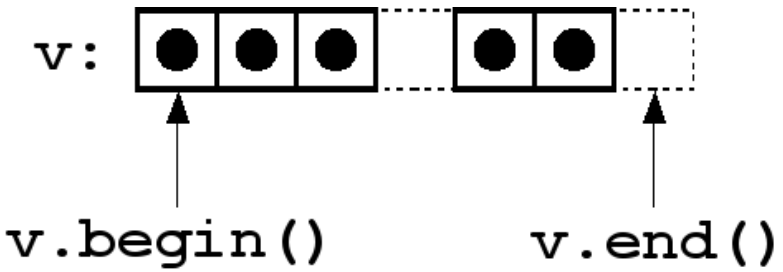
- Всеки контейнер от стандартната библиотека дефинира спомагателен тип `iterator`.
- Обектите от типа `iterator` се използват за последователно обхождане на елементите на контейнера.
- Итераторите могат да се разглеждат като "указатели" към елементите на контейнера.
- За итераторите е дефиниран операторът `*`. Този оператор връща елемента, към който "сочи" итераторът.
- За всички итератори е дефиниран операторът `++`, който премества итератора към следващия елемент от контейнера. Итераторите на някои контейнери поддържат и операцията `--`.

Итератори



- Всеки контейнер има член-функция `begin()`, която връща итератор, насочен към първия елемент на контейнера.
- Всеки контейнер има член-функция `end()`, която връща итератор, насочен с едно след последния елемент на контейнера.

Пример за използване на iterator




```
1  vector<int> v;
2  ...
3  int sum=0;
4  for(vector<int>::iterator it=v.begin();
5      it!=v.end();it++) {
6    cout << *it << endl;
7    sum+=*it;
8  }
9  cout << "sum=" << sum << endl;
```

Итератори и контейнери

Голяма част от операциите с контейнери очакват като параметри итератори.

- `v.insert(<iterator>,<value>)` — вмъква елемент със стойност `<value>` преди елемента, сочен от итератора `<iterator>`.
- `v.erase(<iterator>)` — изтрива елемента, сочен от итератора `<iterator>`.
- `v.erase(<iterator1>, <iterator2>)` — изтрива елементите, които се намират между `<iterator1>` и `<iterator2>`. Например `v.erase(v.begin(),v.end())` изтрива всички елементи в контейнера.
- `v.clear()` — изтрива всички елементи в контейнера.

Конструктори на `vector`

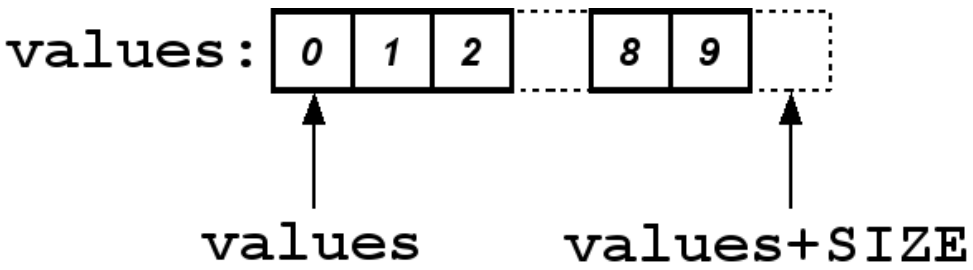
- `vector<type> v(<size>,<initial value>)`

```
vector<int> v1(10,0);
```

Векторът `v1` има десет елемента, като всеки елемент има стойност, равна на 0.

- `vector<type> v(<iterator1>,<iterator2>)`

```
const int SIZE=10;
int values[SIZE]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
vector<int> v2(values,values+SIZE);
```



Пример за използване на vector

```
1 #include <iostream>
2 #include <vector>
3 #include <stdexcept>
4 using namespace std;
5
6 void print_all(vector<int>& v){
7   cout << "v.size()=" << v.size() << endl;
8   for(vector<int>::iterator it=v.begin();
9       it!=v.end(); ++it) {
10    cout << (*it) << "␣";
11  }
12  cout << endl;
13 }
```

Пример за използване на vector

```
14 int main(int argc, char* argv[]) {
15
16   const int SIZE=10;
17   int values[SIZE]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
18   vector<int> v(values,values+SIZE);
19   print_all(v);
20
21   v.insert(v.begin(),-1);
22   v.insert(v.end(),10);
23   print_all(v);
```

Пример за използване на `vector`

```
25  v.erase(v.begin());
26  v.erase(v.end()-1);
27  print_all(v);
28
29  v.erase(v.begin(),v.end());
30  cout << "v.empty()="
31       << boolalpha << v.empty() << "="
32       << noboolalpha << v.empty() << endl;
```

Пример за използване на vector

```
34   try {
35     v.at(1)=10;
36   } catch(out_of_range e) {
37     cout << "out_of_range␣exception␣catched:␣"
38          << e.what() << endl;
39   }
40   return 0;
41 }
```

```
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ ./code/vector-example-05
v.size()=10
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
v.size()=12
-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
v.size()=10
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
v.empty()=true=1
out_of_range exception catched: vector [] access out of range
```

Последователен контейнер `list`

- В стандартната библиотека е дефиниран последователен контейнер `list`. Дефиниран е в заглавния файл `<list>`.
- Списъкът в стандартната библиотека е реализиран като двусвързан списък.
- Списъкът е контейнер, при който операциите вмъкване и изтриване на елемент са бързи.
- За разлика от вектора, при списъка няма операция за достъп до елементите по индекс.

Пример за използване на list

```
1 #include <iostream>
2 #include <list>
3 #include <stdexcept>
4 using namespace std;
5
6 void print_all(list<int>& l){
7   for(list<int>::iterator it=l.begin();
8       it!=l.end(); ++it) {
9     cout << (*it) << " ";
10  }
11  cout << endl;
12 }
```

Пример за използване на list

```
13 int main(int argc, char* argv[]) {
14
15   const int SIZE=10;
16   int values[SIZE]={0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
17   list<int> l(values,values+SIZE);
18   print_all(l);
19
20   l.insert(l.begin(),-1);
21   l.insert(l.end(),10);
22   print_all(l);
23
24   l.erase(l.begin());
25   list<int>::iterator last=l.end();
26   l.erase(--last);
27   print_all(l);
```

Пример за използване на list

```
29   l.erase(l.begin(),l.end());
30   cout << "l.empty()="
31        << boolalpha << l.empty() << "="
32        << noboolalpha << l.empty() << endl;
33
34   l.push_back(10);
35   l.push_front(1);
36   l.push_front(0);
37   print_all(l);
38
39   l.pop_front();
40   print_all(l);
41   return 0;
42 }
```

Символни низове string

- Дефинирани са в заглавния файл <string>.
- Поддържат основните операции със стрингове — копиране, търсене и т.н.
- Класът string поддържа автоматично управление на паметта, използвана от стринговете.
- Конструктори:

```
string str1("Hello ");
string str2="world!";
string str;
```

Основни операции със string

Нека str е обект от типа string. Тогава:

- str.length() — връща дължината на стринга.
- str.empty() — връща **true**, ако стринга е празен.
- str[<index>] — връща символа с индекс <index>. Валидните стойности на индекса са в интервала от 0 до (str.length()-1).
- str.at(<index>) — връща символа с индекс <index>. Валидните стойности на индекса са в интервала от 0 до (str.length()-1). Ако индексът е извън допустимия интервал генерира изключение out_of_range.
- str.c_str() — връща терминиран с '\0' символен низ от типа **char***

Присвояване и конкатенация

Нека str1 и str2 са обекти от типа string. Тогава:

- str2=str1 — копира стойността на стринга str1 като стойност на str2.
- str2.assign(str1) — същото като str2=str1.
- str2.assign(str1,<start>,<count>) — копира <count> на брой символа започвайки от символа с индекс <start> от стринга str1.

```
string str1,str2;
str1="Hello";
str2.assign(str1,0,4);
```

Присвояване и конкатенация

Нека str1, str2 и str3 са обекти от типа string. Тогава:

- str2.append(str1) — добавя стринга str1 в края на стринга str2.
- str2+=str1 — същото като str2.append(str1).
- str2.append(str1,<start>,<count>) — добавя <count> на брой символа от стринга str1, като започва от символа с индекс <start>.
- str3=str1+str2 — създава нов стринг, който е резултат от добавянето на str2 към края на str1, и го присвоява като стойност на str1.

Входно-изходни операции

- Обектите от типа `string` могат да участват във входно-изходни операции.

```
6   string str;
7   while(cin >> str)
8     cout << str << endl;
```

- Когато обект от типа стринг се чете от входния поток `cin >> str` интервалите се разглеждат като разделители.
- Когато е необходимо да се прочете цял ред от входния поток се използва функцията `getline(cint,str)`:

```
6   string str;
7   while(cin) {
8     getline(cin,str);
9     cout << str << endl;
10  }
```

Изходни операции в паметта

- Потоците от типа `ostringstream` се асоциират с област от паметта, в която се записват резултатите от извършените изходни операции. Тази област от паметта е достъпна като стринг.
- Потоците от типа `ostringstream` са дефинирани в заглавния файл `<sstream>`.
- Потокът `ostringstream` е изходен поток. Върху него могат да се извършват всички изходни операции, допустими за изходен поток. Резултатът от тези операции се записва в специално създадена област от паметта.

Изходни операции в паметта

```
1 #include <iostream>
2 #include <string>
3 #include <sstream>
4 #include <iomanip>
5 using namespace std;
6
7 int main(int argc,char* argv[]) {
8   ostringstream ostr;
9   ostr << "|" << setw(5) << 42
10        << "|" << setw(5) << 42 << "|";
11  string result=ostr.str();
12  cout << "result: <" << result
13       << ">..." << endl;
14  return 0;
15 }
```

Входни операции от паметта

- В заглавния файл <sstream> е дефиниран и потокът istringstream. Това е входен поток, който е асоцииран с област от паметта.
- При създаване на обект от типа istringstream на конструктора се предава обект от типа string. Операциите за четене от входния поток използват символи от предадения стринг.
- Потоците от типа istringstream са входни потоци. Върху тях могат да се изпълняват всички входни операции.

Изходни операции в паметта

```
1 #include <iostream>
2 #include <string>
3 #include <sstream>
4 using namespace std;
5
6 int main(int argc,char* argv[]) {
7   string input("42␣4.2");
8   istringstream istr(input);
9   int i;
10  double d;
11  istr >> i >> d;
12  cout << "i=" << i << ";␣d=" << d << endl;
13  return 0;
14 }
```