

Управление на динамичната памет (Rev: 1.7)

Любомир Чорбаджиев¹
lchorbadjiev@elsys-bg.org

¹Технологическо училище “Електронни системи”
Технически университет, София

1 март 2006 г.

Пример: стек

Основните операции, които се извършват със стека са:

- `push()` — поставя елемент на върха на стека;
- `pop()` — изтрива последния елемент, поставен на върха на стека и го връща като резултат от операцията.

Има различни начини да се реализира стек. Нека разгледаме някои от тях.

Пример: стек

```
1 #include <iostream>
2 #include <exception>
3 using namespace std;
4 class Stack {
5     const static int size_=2;
6     int data_[size_];
7     int top_;
8 public:
9     Stack(void)
10        : top_(-1)
11        {}
```

Пример: стек

```
12
13 void push(int v) {
14     if(top_ >=(size_-1)) {
15         throw exception();
16     }
17     data_[++top_]=v;
18 }
19 int pop(void) {
20     if(top_ <0) {
21         throw exception();
22     }
23     return data_[top_--];
24 }
25 };
```

Пример: стек

```
27 int main(void) {
28     Stack st;
29
30     try {
31         st.push(1);
32         st.push(2);
33         st.push(3);
34     } catch(const exception &e) {
35         cout << "exception() caught in push..."
36             << endl;
37     }
```

Пример: стек

```
38     try {
39         cout << st.pop() << endl;
40         cout << st.pop() << endl;
41         cout << st.pop() << endl;
42     } catch(const exception &e) {
43         cout << "exception()_caught_in_pop..."
44             << endl;
45     }
46     return 0;
47 }
```

Пример: стек

Резултатът от изпълнението на програмата е следният:

```
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ g++ code/lecture05-stack01.cpp
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ ./a.out
exception() caught in push...
2
1
exception() caught in pop...
```

Пример: стек

- Основният недостатък на представената реализация е, че размерът на стека (броят на елементите, които можем да поставим в стека), се определя по време на компилация на програмата.
- Ако е необходимо размерът на стека да не е фиксиран по време на компилация, а да нараства в зависимост от броя на поставените в него елементи, то трябва да се използват механизмите за динамично управление на паметта.

Динамична памет: C-стил

- В езика C за динамично управление на паметта се използват функциите `malloc()` и `free()`.
- Работата на `malloc()` е да задели парче от динамичната памет, а с помощта на `free()` заделеното парче памет се освобождава.
- В езика C++ програмистите могат да използват тези функции, но тяхното използване е неудобно и трябва да се избягва. Проблемът е, че при използването на функцията `malloc()` не се извикват конструктори.

Динамична памет: C-стил

```
1 #include <cstdlib>
2 using namespace std;
3 class Foo {
4     int bar_;
5 public:
6     Foo(void) : bar_(0) {}
7 };
```

Динамична памет: C-стил

```
8 int main() {  
9     Foo* ptr=(Foo*)malloc(sizeof(Foo));  
10    //...  
11    free(ptr);  
12    return 0;  
13 }
```

- В ред 9 се заделя памет за обект от типа Foo. Този обект обаче не са инициализира правилно, тъй като за него не се извиква конструкторът Foo().
- Нужен е механизъм, който да обединява заделянето на динамична памет с извикването на конструктор.

Динамична памет

- В езика C++ за работа с динамичната памет се използват операторите **new** и **delete**.
- Нека е дефиниран класът Foo, който има два конструктора — конструктор по подразбиране и конструктор, който приема един аргумент.

```
3 class Foo {  
4     int bar_;  
5 public:  
6     Foo(void) : bar_(0) {}  
7     Foo(int v, int w): bar_(v+w) {}  
8     int get_bar() const {return bar_;}  
9 };
```

Динамична памет

- Ако искаме да създадем обект от типа `Foo` в динамичната памет, трябва да използваме оператора `new`. Операторът `new` заделя необходимата за обекта памет и извиква конструктор, така че създаденият обект е правилно инициализиран.

```
11  Foo* ptr1=new Foo;  
12  Foo* ptr2=new Foo(21,21);  
13  Foo* arr1=new Foo[10];
```

- Когато `new` се използва по начина показан в ред 11, конструкторът, който се извиква, е конструкторът по подразбиране (конструктор без аргументи). Ако конструктор по подразбиране не е дефиниран, то ред 11 ще предизвика грешка при компилация.

Динамична памет

- Другата форма, за използване на оператора **new**, показана в ред 12, позволява да се извика конкретен конструктор и да му се предадат необходимите аргументи.

```
12  Foo* ptr2=new Foo(21,21);
```

- Третият начин за извикване на оператора **new** е показан на ред 13:

```
13  Foo* arr1=new Foo[10];
```

При тази употреба се създава масив от обекти от типа Foo. Размерът на масива се предава в квадратни скоби. Конструкторът, който се извиква за всеки един от създадените обекти е конструкторът по подразбиране.

Динамична памет

- За унищожаване на динамично създадени обекти се използва операторът **delete**.

```
17   delete ptr1;  
18   delete ptr2;  
19   delete [] arr1;
```

- Когато трябва да се унищожи единичен обект, се използва операторът **delete**. Когато трябва да се унищожи масив от обекти се използва операторът **delete []**.

Динамична памет

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 class Foo {
4     int bar_;
5 public:
6     Foo(void) : bar_(0) {}
7     Foo(int v, int w): bar_(v+w) {}
8     int get_bar() const {return bar_;}
9 };
```


Динамична памет

```
10  int main() {
11      Foo* ptr1=new Foo;
12      Foo* ptr2=new Foo(21,21);
13      Foo* arr1=new Foo[10];
14      cout<<"ptr1->get_bar():"<<ptr1->get_bar()<<endl;
15      cout<<"ptr2->get_bar():"<<ptr2->get_bar()<<endl;
16      cout<<"arr1->get_bar():"<<arr1->get_bar()<<endl;
17      delete ptr1;
18      delete ptr2;
19      delete [] arr1;
20      return 0;
21  }
```

Динамична памет

Изходът на представената програма е следният:

```
lubo@dobby:~/school/cpp/notes> g++ code/lecture05-new01.cpp
lubo@dobby:~/school/cpp/notes> a.out
ptr1->get_bar():0
ptr2->get_bar():42
arr1->get_bar():0
```

Конструктори и деструктори

```
1 class Foo {  
2     int size_;  
3     int* bar_;  
4 public:  
5     Foo(int size)  
6         : size_(size),  
7           bar_(new int[size])  
8     {}  
9     //...  
10 };
```

Конструктори и деструктори

```
11 int bar() {  
12     Foo foo(100);  
13     //...  
14     return 42;  
15 }
```

При създаването на обекта `foo` в ред 12 динамично се заделя памет за масив от 100 цели. Тази памет не се освобождава никъде.

Конструктори и деструктори

```
1 #include <cstdio>
2 using namespace std;
3 class Foo {
4     FILE* bar_;
5 public:
6     Foo(const char* filename) :bar_(0) {
7         bar_=fopen(filename,"rw");
8     }
9     //...
10 };
```

Конструктори и деструктори

```
11 int bar() {  
12     Foo foo("temp.txt");  
13     //...  
14     return 0;  
15 }
```

При създаването на обекта `foo` в ред 12 се отваря файл, който не се затваря никъде.

Конструктори и деструктори

- Основната задача на конструктора е да инициализира обекта за да може член-функциите на обекта да работят правилно.
- Коректната инициализация на даден обект понякога включва заделянето на динамична памет (като в разгледания пример), отварянето на файлове или използването на някакъв друг ресурс, който изисква да бъде освободен след приключване на употребата му.

Деструктори

- Именно поради това такива класове се нуждаят от член-функция, която гарантирано се извиква при унищожаването на обектите. Тази функция се нарича *деструктор*.
- Основната задача на деструкторите е да освободят ресурсите, използвани от обекта.
- Деструкторите се извикват автоматично при унищожаването на обекта — при излизането му от областта на действие или при изтриване на обекта от динамичната памет.
- Най-честата употреба на деструктора е да освободи заделената в конструктора динамична памет.

Пример: Деструктор

```
1 class Foo {
2     int size_;
3     int* bar_;
4 public:
5     Foo(int size)
6         : size_(size), bar_(new int[size])
7     {}
8     ~Foo(void) {
9         delete [] bar_;
10    }
11    //...
12 };
```

Пример: Деструктор

```
13 int bar() {  
14     Foo foo(100);  
15     //...  
16     return 0;  
17 }
```

Пример: Деструктор

```
1 #include <cstdio>
2 using namespace std;
3 class Foo {
4     FILE* bar_;
5 public:
6     Foo(const char* filename) : bar_(0) {
7         bar_=fopen(filename,"rw");
8     }
9     ~Foo(void) {
10        fclose(bar_);
11    }
12    //...
13 };
```

Пример: Деструктор

```
14 int bar() {  
15     Foo foo("temp.txt");  
16     //...  
17     return 0;  
18 }
```

Пример: динамичен стек

```
1 #include <iostream>
2 #include <exception>
3 using namespace std;
4 class Stack {
5     const static int chunk_=2;
6     int size_;
7     int *data_;
8     int top_;
```

Пример: динамичен стек

```
9 public:
10     Stack(void)
11         : size_(chunk_),
12           data_(new int [chunk_]),
13           top_(-1)
14     {}
15     ~Stack(void) {
16         delete [] data_;
17     }
```

Пример: динамичен стек

```
18 void push(int v) {
19     if(top_ >=(size_-1)) {
20         resize();
21     }
22     data_[++top_]=v;
23 }
24 int pop(void) {
25     if(top_ <0){
26         throw exception();
27     }
28     return data_[top_--];
29 }
```

Пример: динамичен стек

```
30 private:
31     void resize(void) {
32         cout << "Stack::resize()_called..." << endl;
33         int *temp=data_;
34         data_=new int[size_+chunk_];
35         for(int i=0;i<size_;i++)
36             data_[i]=temp[i];
37         delete [] temp;
38         size_+=chunk_;
39         cout << "Stack::resize()_new_size_is_"
40             << size_ << ">..." << endl;
41     }
42 };
```


Пример: динамичен стек

```
43 int main(void) {
44     Stack st;
45     st.push(1);
46     st.push(2);
47     st.push(3);
48     try {
49         cout << st.pop() << endl;
50         cout << st.pop() << endl;
51         cout << st.pop() << endl;
52     } catch(const exception& e) {
53         cout << "exception() caught in pop..." << endl;
54     }
55     return 0;
56 }
```

Пример: масив с проверка на границите

```
1 #include <iostream>
2 #include <exception>
3 using namespace std;
4
5 class Array {
6     unsigned int size_;
7     int* data_;
8 public:
9     Array(unsigned int size=10)
10         : size_(size), data_(new int[size])
11     {}
12     ~Array(void) {
13         delete[] data_;
14     }
```

Пример: масив с проверка на границите

```
15  int& operator [] (unsigned int index) {
16      if (index < 0 || index >= size_) {
17          cerr << "index out of bounds..." << endl;
18          throw exception();
19      }
20      return data_[index];
21  }
22  unsigned size() const {
23      return size_;
24  }
25  };
```

Пример: масив с проверка на границите

```
26 int main(void) {
27     Array v(3);
28     for(int i=0;i<3;++i) {
29         v[i]=i;
30     }
31     for(int i=0;i<3;i++) {
32         cout << "v[i]=" << v[i] << endl;
33     }
34     try {
35         v[3]=5;
36     } catch(const exception& e) {
37         cout << "exception caught..." << endl;
38     }
39     return 0;
40 }
```

Пример: масив с проверка на границите

```
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ g++ code/lecture08-array02.cpp
lubo@kid ~/school/cpp/notes $ ./a.out
v[i]=0
v[i]=1
v[i]=2
index out of bounds...
exception caught...
```

Копиращ конструктор

- По подразбиране всички обекти могат да бъдат копирани. Всеки клас притежава копиращ конструктор, който е отговорен за копирането на обектите от съответният клас.
- Копиращият конструктор за класа `X` има сигнатура `X::X(const X&)`.
- Ако за даден клас не е дефиниран копиращ конструктор, то компилаторът генерира копиращ конструктор по подразбиране. Семантиката на този конструктор е да копира всички член-променливи на класа.

Копиращ конструктор

- За класа `Point` поведението на генерирания от компилатора копиращ конструктор е еквивалентно на следното:

```
1  class Point {  
2      double x_, y_;  
3  public:  
4      Point(const Point& p)  
5          : x_(p.x_), y_(p.y_)  
6      {}  
7      //...  
8  };
```

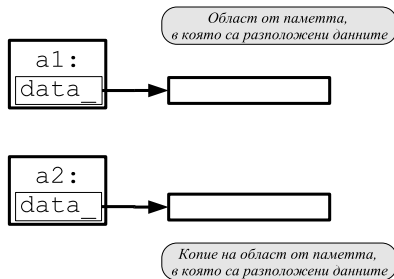
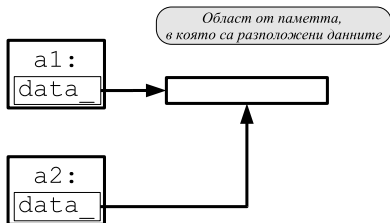
- Ако подразбиращото се поведение на този конструктор е неподходящо за даден клас, то потребителят трябва да дефинира сам копиращ конструктор.

Копиращ конструктор

- В повечето случаи подразбиращото се поведение на копиращия конструктор е напълно удовлетворително.
- Нека отново да разгледаме дефинирания от нас масив, с проверката на границите.

```
5  class Array {  
6      unsigned int size_;  
7      int* data_;  
8  public:  
9      Array(unsigned int size=10)  
10         : size_(size), data_(new int [size])  
11     {}  
12     ~Array(void) {  
13         delete [] data_;  
14     }
```


Копирац конструктор



Копиращ конструктор

- Подразбиращият се копиращ конструктор копира член-променливите на класа. Това означава, че ще се копират член променливите `data_` и `size_`. Областта от паметта, към която сочи `data_`, няма да бъде копирана.
- За да се обезпечи коректно поведение на масива при копиране е необходимо да се предефинира копиращият конструктор.

Копиращ конструктор: пример

```
6 class Array {
7     unsigned int size_;
8     int* data_;
9 public:
10    Array(unsigned int size=10)
11        : size_(size), data_(new int[size_])
12    {}
13    ~Array(void) {
14        delete [] data_;
15    }
```

Копиращ конструктор: пример

```
16 Array(const Array& other)
17     : size_(other.size_), data_(new int[size_])
18     {
19         for(unsigned int i=0; i< size_; i++)
20             data_[i]=other.data_[i];
21     }
22     int& operator[](unsigned int index) {
23         if(index<0 || index>=size_) {
24             cerr << "index out of bounds..." << endl;
25             throw exception();
26         }
27         return data_[index];
28     }
```

Копиращ конструктор: пример

```
29     unsigned size() const {
30         return size_;
31     }
32 };
33 int main(void) {
34     Array a1(3);
35     for(int i=0;i<3;++i) {
36         a1[i]=i;
37     }
38     Array a2=a1;
39     for(int i=0;i<3;i++) {
40         cout << "a2[i]=" << a2[i] << endl;
41     }
42     return 0;
43 }
```

Копиращ конструктор: пример

```
lubo@kid:~/school/notes> ./a.out  
a2[i]=0  
a2[i]=1  
a2[i]=2
```

Копиращ конструктор

- Обърнете внимание, че като аргумент на копиращия конструктор се използва препратка — `X::X(const X& x)`.
- Ако в дефиницията на копиращия конструктор не се използва препратка — `X::X(X x)`, — то това ще доведе до безкрайна рекурсия. Проблемът е, че при предаване на аргумента по стойност, се извършва копиране, което води до извикване на копиращ конструктор.
- Ако е необходимо да се забрани копирането на обектите на даден клас, то копиращият конструктор на класа трябва да се декларира като **private**.

Оператор за присвояване

- По подразбиране за всички обекти може да се използва оператор за присвояване. Всеки клас притежава оператор за присвояване, който е отговорен за присвояване на обекти от съответния клас.
- Операторът за присвояване на класа X има сигнатура $X\& X::operator=(const X\&)$.
- Ако за даден клас не е дефиниран оператор за присвояване, то компилаторът генерира оператор за присвояване по подразбиране. Семантиката на този оператор е да копира всички член-променливи на класа.

Оператор за присвояване

- За класа `Point` поведението на подразбиращия се (генериран от компилатора) оператор за присвояване е еквивалентно на следното:

```
1  class Point {  
2      //...  
3      Point& operator=(const Point& other){  
4          x_=other.x_;  
5          y_=other.y_;  
6          return *this;  
7      }  
8  };
```

- Ако подразбиращото се поведение на този оператор е неподходящо за даден клас, то потребителят трябва да дефинира сам оператор за присвояване.

Оператор за присвояване: пример

- В повечето случаи подразбиращото се поведение на оператора за присвояване е напълно удовлетворително.
- За да се обезпечи коректно поведение на масива при присвояване е необходимо да се предефинира оператора за присвояване.

```
25     Array& operator=(const Array& other) {
26         if(this!=&other) {
27             delete [] data_;
28             size_=other.size_;
29             data_=new int[size_];
30             for(unsigned i=0;i<size_;i++)
31                 data_[i]=other.data_[i];
32         }
33         return *this;
34     }
```