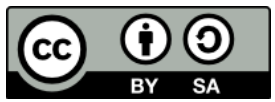
Управление на динамичната памет

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

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

29 март 2009 г.



Съдържание

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

```
1
2   void push(int v) {
3     if(top_>=(size_-1)) {
4       throw exception();
5     }
6     data_[++top_]=v;
7   }
8   int pop(void) {
9     if(top_<0) {
10      throw exception();
11    }
12    return data_[top_--];
13  }
14 };
```

Пример: стек

```
1  int main(void) {
2    Stack st;
3
4    try {
5      st.push(1);
6      st.push(2);
7      st.push(3);
8    } catch(const exception &e) {
9      cout << "exception() catched in push..."
10          << endl;
11   }
```

Пример: стек

```
1   try {
2     cout << st.pop() << endl;
3     cout << st.pop() << endl;
4     cout << st.pop() << endl;
5   } catch(const exception &e) {
6     cout << "exception() catched in pop..."
7          << endl;
8   }
9   return 0;
10 }
```

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() catched in push...
2
1
exception() catched in pop...
```

Пример: стек

- Основният недостатък на представената реализация е, че размерът на стека (броят не 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

```
1 int main() {
2   Foo* ptr=(Foo*)malloc(sizeof(Foo));
3   //...
4   free(ptr);
5   return 0;
6 }
```

- В ред 2 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 два аргумента.

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

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.

```
1  Foo* ptr1=new Foo;
2  Foo* ptr2=new Foo(21,21);
3  Foo* arr1=new Foo[10];
```

- Когато **new** се използва по начина показан в ред 2, конструкторът, който се извиква, е конструкторът по подразбиране (конструктор без аргументи). Ако конструктор по подразбиране не е дефиниран, то ред 2 ще предизвика грешка при компилация.

Динамична памет

- Другата форма, за използване на оператора **new**, показана в ред 3, позволява да се извика конкретен конструктор и да му се предадат необходимите аргументи.

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

- Третият начин за извикване на оператора **new** е показан на ред 4:

```
1   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**.

```
1  delete ptr1;
2  delete ptr2;
3  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

```
1  int main() {
2    Foo* ptr1=new Foo;
3    Foo* ptr2=new Foo(21,21);
4    Foo* arr1=new Foo[10];
5    cout<<"ptr1->get_bar():"<<ptr1->get_bar()<<endl;
6    cout<<"ptr2->get_bar():"<<ptr2->get_bar()<<endl;
7    cout<<"arr1->get_bar():"<<arr1->get_bar()<<endl;
8    delete ptr1;
9    delete ptr2;
10   delete [] arr1;
11   return 0;
12 }
```

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

```
1 int bar() {
2   Foo foo(100);
3   //...
4   return 42;
5 }
```

При създаването на обекта `foo` в ред 2 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

```
1 int bar() {
2   Foo foo("temp.txt");
3   //...
4   return 0;
5 }
```

При създаването на обекта `foo` в ред 2 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

```
1 int bar() {
2   Foo foo(100);
3   //...
4   return 0;
5 }
```

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

```
1 int bar() {
2   Foo foo("temp.txt");
3   //...
4   return 0;
5 }
```

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

```
1 public:
2   Stack(void)
3     : size_(chunk_),
4       data_(new int[chunk_]),
5       top_(-1)
6   {}
7   ~Stack(void) {
8     delete [] data_;
9   }
```

Пример: динамичен стек

```
1  void push(int v) {
2    if(top_>=(size_-1)) {
3      resize();
4    }
5    data_[++top_]=v;
6  }
7  int pop(void) {
8    if(top_<0){
9      throw exception();
10   }
11   return data_[top_--];
12 }
```

Пример: динамичен стек

```
1  private:
2    void resize(void) {
3      cout << "Stack::resize() called..." << endl;
4      int *temp=data_;
5      data_=new int[size_+chunk_];
6      for(int i=0;i<size_;i++)
7        data_[i]=temp[i];
8      delete [] temp;
9      size_+=chunk_;
10     cout << "Stack::resize() new size is <"
11          << size_ << ">..." << endl;
12   }
13 };
```

Пример: динамичен стек

```
1  int main(void) {
2    Stack st;
3    st.push(1);
4    st.push(2);
5    st.push(3);
6    try {
7      cout << st.pop() << endl;
8      cout << st.pop() << endl;
9      cout << st.pop() << endl;
10   } catch(const exception& e) {
11     cout<<"exception() catched in pop..."<<endl;
12   }
13   return 0;
14 }
```

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

```
1   int& operator[](unsigned int index) {
2     if(index>=size_) {
3       cerr << "index␣out␣of␣bounds..." << endl;
4       throw exception();
5     }
6     return data_[index];
7   }
8   unsigned size() const {
9     return size_;
10  }
11 };
```

Пример: масив с проверка на границите

```
1  int main(void) {
2    Array v(3);
3    for(int i=0;i<3;++i) {
4      v[i]=i;
5    }
6    for(int i=0;i<3;i++) {
7      cout << "v[i]=" << v[i] << endl;
8    }
9    try {
10     v[3]=5;
11   } catch(const exception& e) {
12     cout << "exception␣catched..." << endl;
13   }
14   return 0;
15 }
```

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 catched...
```

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 };
```

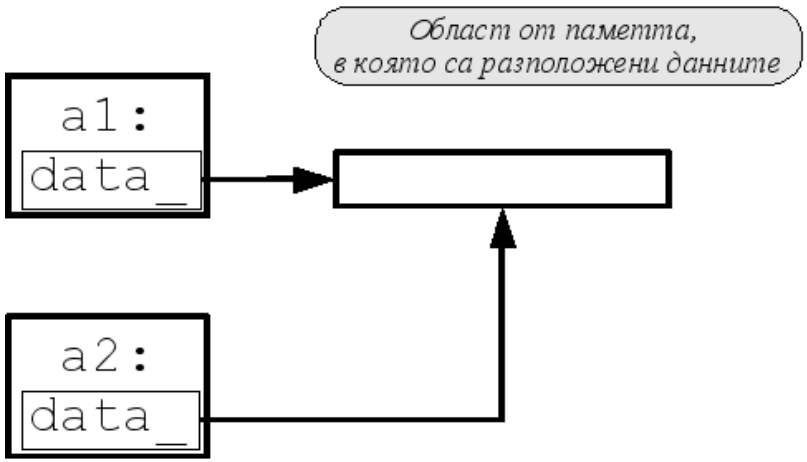
- Ако подразбиращото се поведение на този конструктор е неподходящо за даден клас, то потребителят трябва да дефинира сам копиращ конструктор.

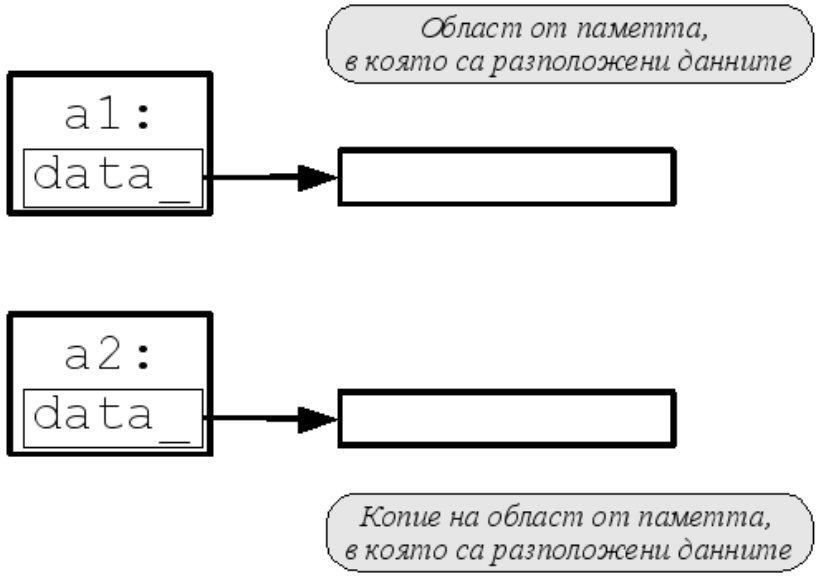
Копиращ конструктор

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

```
1  class Array {
2    unsigned int size_;
3    int* data_;
4  public:
5    Array(unsigned int size=10)
6      : size_(size), data_(new int[size])
7    {}
8    ~Array(void) {
9      delete[] data_;
10   }
```

Копиращ 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

```
1  class Array {
2    unsigned int size_;
3    int* data_;
4  public:
5    Array(unsigned int size=10)
6      : size_(size), data_(new int[size_])
7    {}
8    ~Array(void) {
9      delete[] data_;
10   }
```

Копиращ конструктор: пример

```
1  Array(const Array& other)
2    : size_(other.size_), data_(new int[size_])
3  {
4    for(unsigned int i=0; i< size_; i++)
5      data_[i]=other.data_[i];
6  }
7  int& operator[](unsigned int index) {
8    if(index>=size_) {
9      cerr << "index␣out␣of␣bounds..." << endl;
10     throw exception();
11   }
12   return data_[index];
13 }
```

Копиращ конструктор: пример

```
1   unsigned size() const {
2     return size_;
3   }
4 };
5 int main(void) {
6   Array a1(3);
7   for(int i=0;i<3;++i) {
8     a1[i]=i;
9   }
10  Array a2=a1;
11  for(int i=0;i<3;i++) {
12    cout << "a2[i]=" << a2[i] << endl;
13  }
14  return 0;
15 }
```

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.

```
1  Array& operator=(const Array& other) {
2    if(this!=&other) {
3      delete [] data_;
4      size_=other.size_;
5      data_=new int[size_];
6      for(unsigned i=0;i<size_;i++)
7        data_[i]=other.data_[i];
8    }
9    return *this;
10 }
```