

Наставак вектора

Промена величине вектора

```
vector v(n); // v.size() == n
```

Величину можемо променити на три начина

- Директно
 - `v.resize(10);`
- Додавањем елемента
 - `v.push_back(7);`
- Доделом
 - `v = v2; // v је копија v2`
`// v.size() је сада једнако v2.size()`

Представа вектора

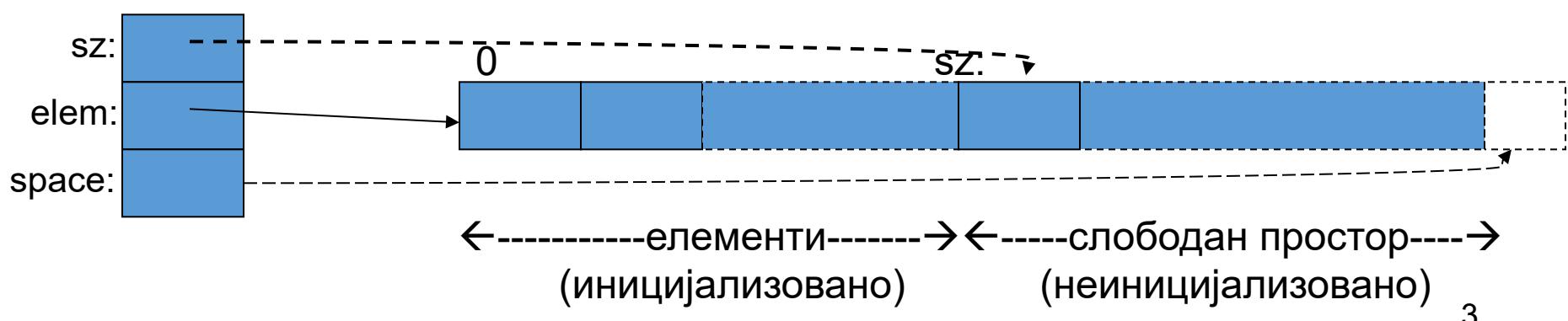
- Претпоставка (која можда није увек тачна, али верујемо да је већином тачна): уколико користите **resize()** или **push_back()** једном, вероватно ћете то урадити поново

```
class vector
{
    int sz;
    double* elem;
    int space;      // број елемената, плус „слободан простор“
```

```
public:
```

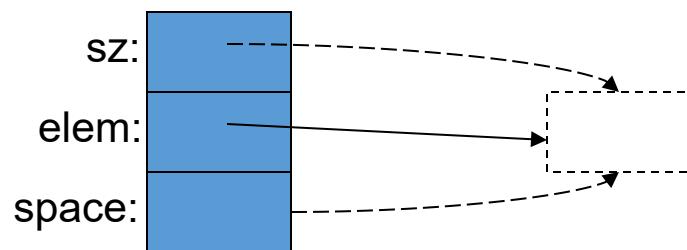
```
// ...
```

```
};
```

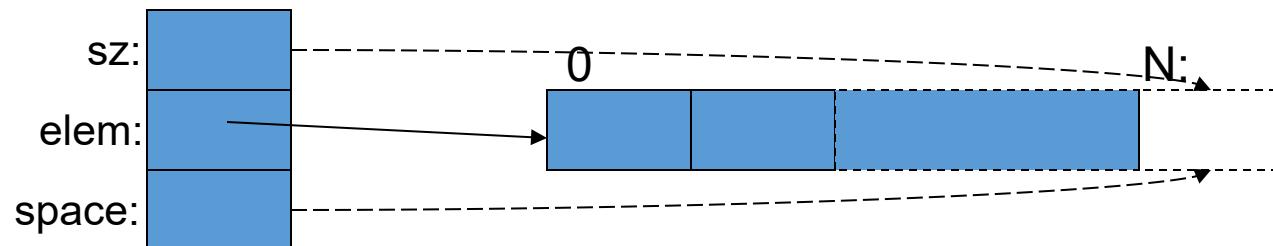


Представа вектора

- Празан вектор:



- `vector(N)` (нема празног простора):



vector::reserve()

- Метода за експлицитно заузимање меморије
 - `reserve()` не мења величину нити вредности елемената

```
void vector::reserve(int newalloc)
{
    if (newalloc <= space)
        return;

    double* p = new double[newalloc];
    for (int i = 0; i < sz; ++i)
        p[i] = elem[i];

    delete[] elem;

    elem = p;
    space = newalloc;
}
```

vector::resize()

- Тривијална имплементација на основу методе **reserve()**

```
void vector::resize(int newsize)
{
    reserve(newsize);
    for(int i = sz; i < newsize; ++i)
        elem[i] = 0;
    sz = newsize;
}
```

vector::push_back()

```
void vector::push_back(double d)
{
    reserve(sz + 1);

    elem[sz] = d;
    ++sz;
}
```

vector::push_back()

```
void vector::push_back(double d)
{
    if (sz == 0)
        reserve(8);
    else if (sz == space)
        reserve(2 * space);

    elem[sz] = d;
    ++sz;
}
```

resize() и push_back()

```
class vector {  
    int sz;  
    double* elem;  
    int space;  
public:  
    vector() : sz(0), elem(nullptr), space(0) {}  
    explicit vector(int s) : sz(s), elem(new double[s]), space(s) {}  
    vector(const vector&);  
    vector& operator=(const vector&);  
    ~vector() { delete[] elem; }  
  
    double& operator[](int n) { return elem[n]; }  
    int size() const { return sz; }  
  
    void resize(int newsize);  
    void push_back(double d);  
  
    void reserve(int newalloc);  
    int capacity() const { return space; }  
};
```

resize() и push_back()

```
class vector {  
    int sz = 0;  
    double* elem = nullptr;  
    int space = 0;  
  
public:  
    vector() {}  
    explicit vector(int s) : sz(s), elem(new double[s]), space(s) {}  
    vector(const vector&);  
    vector& operator=(const vector&);  
    ~vector() { delete[] elem; }  
  
    double& operator[](int n) { return elem[n]; }  
    int size() const { return sz; }  
  
    void resize(int newsize);  
    void push_back(double d);  
  
    void reserve(int newalloc);  
    int capacity() const { return space; }  
};
```

resize() и push_back()

```
class vector {  
    int sz = 0;  
    double* elem = nullptr;  
    int space = 0;  
public:  
    vector() {}  
    explicit vector(int s) : sz(s), elem(new double[s]), space(s) {}  
    vector(const vector&);  
    vector& operator=(const vector&);  
    ~vector() { delete[] elem; }  
  
    double& operator[](int n) { return elem[n]; }  
    int size() const { return sz; }  
  
    void resize(int newsize);  
    void push_back(double d);  
  
    void reserve(int newalloc);  
    int capacity() const { return space; }  
};
```

Додела

```
vector& vector::operator=(const vector& a)
{
    // Копирај
    double* p = new double[a.sz];
    for (int i = 0; i < a.sz; ++i)
        p[i] = a.elem[i];

    delete[] elem;

    // Замени
    sz = a.sz;
    elem = p;

    return *this;
}
```

Функције и методе

```
struct Date {  
    int y, m, d;  
    void add_day(int n) {  
        ...  
        m = n;  
        ...  
    }  
};  
  
void add_day(Date& dd, int n) {  
    ...  
    dd.m = n;  
    ...  
}
```

```
Date x;  
x.add_day(5);  
add_day(x, 5);
```

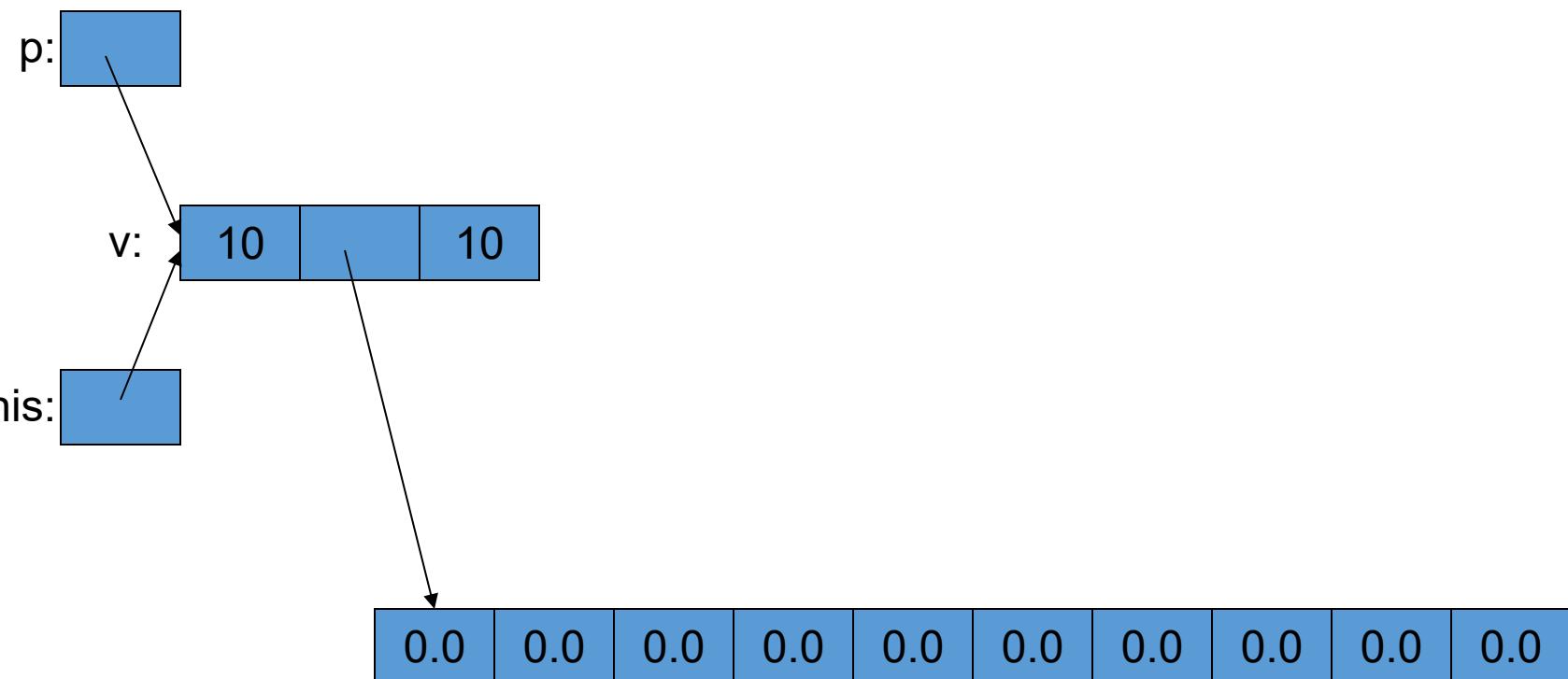
Функције и методе

```
struct Date {  
    int y, m, d;  
    void add_day(int n) {  
        ...  
        this->m = n;  
        ...  
    }  
};  
  
void add_day(Date& dd, int n) {  
    ...  
    dd.m = n;  
    ...  
}
```

```
Date x;  
x.add_day(5);  
add_day(x, 5);
```

this показивач

- `vector v(10);`
- `vector* p = &v;`
- У неким случајевима потребно је да се из метода класе обрати показивачу на тај објекат.
 - Назив тог „показивача на себе“ је **this**



this показивач

```
vector& vector::operator=(const vector& a)
{
    // ...
    return *this; // уобичајено је да додела враћа референцу на себе
                  // то је потребно за уланчавање додела
}

void f(vector v1, vector v2, vector v3)
{
    // ...
    v1 = v2 = v3;
    // ...
}
```

Додела

```
vector& vector::operator=(const vector& a)
{ // Код са експлицитним this->, али то није уобичајено
// Копирај
double* p = new double[a.sz];
for (int i = 0; i < a.sz; ++i)
    p[i] = a.elem[i];

delete[] this->elem;

// Замени
this->sz = a.sz;
this->elem = p;

return *this;
}
```

Додела

```
vector& vector::operator=(const vector& a)
{
    delete[] elem; // Зашто није добро да буде овде?

    // Копирај
    double* p = new double[a.sz];
    for (int i = 0; i < a.sz; ++i)
        p[i] = a.elem[i];

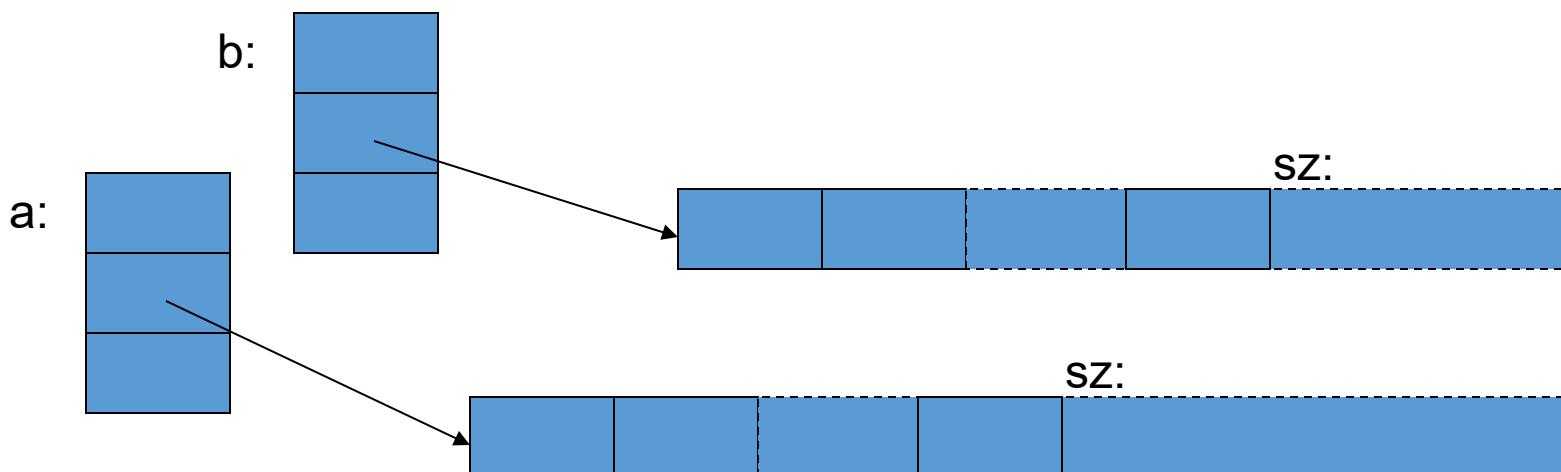
    delete[] elem;

    // Замени
    sz = a.sz;
    elem = p;

    return *this;
}
```

Оптимизована додела

- „Копирај и замени“ је добар општи концепт
 - али није увек најефикаснији
 - Шта ако у одредишном вектору већ имаовољно места?
 - Онда напрости скопирај.
 - Шта ако вектор додељујемо самом себи?
 - Онда не ради ништа.



Оптимизована додела

```
vector& vector::operator=(const vector& a) {
    if (this == &a) return *this;

    if (a.sz <= space) {
        for (int i = 0; i < a.sz; ++i)
            elem[i] = a.elem[i];
        sz = a.sz;
        return *this;
    }

    double* p = new double[a.sz];
    for (int i = 0; i < a.sz; ++i)
        p[i] = a.elem[i];
    delete[] elem;
    sz = a.sz;
    space = a.sz;
    elem = p;
    return *this;
}
```

Вектор чији су елементи другог типа

- До сада смо свашта научили што нам је потребно за изградњу вектора:
 - Функције
 - Класе, кориснички типови
 - Показивачи и низови
 - Трајност (животни век)
 - Досег
 - Конструктор, деструктор
 - Динамичко заузимање меморије (new и delete)
 - Преклапање оператора
 - Референце
 - Изузетци
 - ...

Вектор чији су елементи другог типа

- До сада смо свашта научили што нам је потребно за изградњу вектора:
 - Функције
 - Класе, кориснички типови
 - Показивачи и низови
 - Трајност (животни век)
 - Досег
 - Конструктор, деструктор
 - Динамичко заузимање меморије (new и delete)
 - Преклапање оператора
 - Референце
 - Изузети
 - ...
 - + Шаблони („темплејти“)



vector_of_double

```
class vector_of_double
{
    int sz;
    double* elem;
    int space;
public:
    vector() : sz(0), elem(0), space(0) {}
    explicit vector(int s)
        : sz(s), elem(new double[s]), space(s) {}
    vector(const vector&);
    vector& operator=(const vector&);
    ~vector() { delete[] elem; }

    double& operator[](int n) { return elem[n]; }
    int size() const { return sz; }

    // ...
};
```

vector_of_double

```
class vector of double
{
    int sz;
    double* elem;
    int space;
public:
    vector() : sz(0), elem(0), space(0) {}
    explicit vector(int s)
        : sz(s), elem(new double[s]), space(s) {}
    vector(const vector&);
    vector& operator=(const vector&);
    ~vector() { delete[] elem; }

    double& operator[](int n) { return elem[n]; }
    int size() const { return sz; }

    // ...
};
```

vector_of_char

```
class vector of char
{
    int sz;
    char* elem;
    int space;
public:
    vector() : sz(0), elem(0), space(0) {}
    explicit vector(int s)
        : sz(s), elem(new char[s]), space(s) {}
    vector(const vector&);
    vector& operator=(const vector&);
    ~vector() { delete[] elem; }

    char& operator[](int n) { return elem[n]; }
    int size() const { return sz; }

    // ...
};
```

Неформални шаблон класе вектор

```
class Name
{
    int sz;
    T* elem;
    int space;
public:
    vector() : sz(0), elem(0), space(0) {}
    explicit vector(int s)
        : sz(s), elem(new T[s]), space(s) {}
    vector(const vector&);
    vector& operator=(const vector&);
    ~vector() { delete[] elem; }

    T& operator[](int n) { return elem[n]; }
    int size() const { return sz; }

    // ...
};
```

Неформални шаблон класе вектор

- Када имамо шаблон класе вектор онда можемо применити следећу логику:
- Ако ми треба променљива типа вектор чији су елементи **double**:
 - Ископирам шаблон
 - Заменим свако **T** са **double**
 - Дам класи (типу) неки јединствени назив
 - Ставим да је споменута променљива тог типа
- Ако ми треба променљива типа вектор чији су елементи **char**:
 - Ископирам шаблон
 - Заменим свако **T** са **char**
 - Дам класи (типу) неки јединствени назив
 - Ставим да је споменута променљива тог типа
- Ако ми треба још једна променљива типа вектор чији су елементи **double**:
 - Пошто сам већ једном направио жељени тип по шаблону, сада могу одмах да направим само променљиву тог типа.

Формални шаблон класе вектор

```
template<typename /*или class*/ T> class vector
{
    int sz;
    T* elem;
    int space;
public:
    vector() : sz(0), elem(0), space(0) {}
    explicit vector(int s)
        : sz(s), elem(new T[s]), space(s) {}
    vector(const vector&);
    vector& operator=(const vector&);
    ~vector() { delete[] elem; }

    T& operator[](int n) { return elem[n]; }
    int size() const { return sz; }

    // ...
};
```

Параметризација са типом елемената

```
template<typename T> class vector
{
    // ...
};

vector<double> vd;
vector<int> vi;
vector<vector<int>> vvi;
vector<char> vc;
vector<double*> vpd;
vector<vector<double*>> vvpd;
```

Формални шаблон класе вектор

- Механизам темплејта у Це++-у обавља исте активности као код неформалног шаблона, само што се то дешава аутоматски.

```
vector<double> x;  
vector<char> y;  
vector<double> z;  
...
```

Формални шаблон класе вектор

- Механизам темплејта у Це++-у обавља исте активности као код неформалног шаблона, само што се то дешава аутоматски.

```
class vector<double> {  
    ...  
    double* elem;  
    double& operator[](int n) { return elem[n]; }  
    ...  
};  
  
class vector<char> {  
    ...  
    char* elem;  
    char& operator[](int n) { return elem[n]; }  
    ...  
};  
...  
vector<double> x;  
vector<char> y;  
vector<double> z;  
...
```

Темплејти (шаблони)

- Основа генеричког програмирања у Це++-у
 - Велика флексибилност и перформансе
- До сада смо видели да су функција и класа два важна појма у Це++-у
- И једно и друго може бити направљено на основу шаблона.
- Дефиниција шаблона класе:

```
template<class T, int N> class Buffer { /* ... */ };
```

- Дефиниција шаблона функције:

```
template<class T, int N> void foo(T x) { /* ... */ };
```

- Специјализација (инстанцирање)

// за шаблон класе:

```
Buffer<char, 1024> buf; // за buf, T је char и N је 1024
```

// за шаблон функције:

```
foo<char, 1024>(c); // за foo(), T је char и N је 1024
```

Темплејти (шаблони)

- Постоје три врсте шаблонских параметара:

- Типови
- Не-типови
- Шаблони
 - О томе касније

```
template<typename T, int N> class Buffer  
{ /* ... */ };
```

- У почетку ћемо највише виђати типове као параметре шаблона

Темплејти (шаблони)

- Постоје још и
 - шаблони променљивих
- Као и
 - шаблони надимака (алијаса), тј. других назива типова
 - То је оно са употребом кључне using, нпр.: **using Tip = int;**
- Али о томе неки други пут...

Појмовник

- Најбоље је прихватити овакву употребу појмова:
 - Исправно: шаблон класе, class template, темплејт класе, класни шаблон
 - **Неисправно: шаблонска класа, template class, тамплејт класа**
 - Исто је и за шаблон функције.
 - „vector је шаблон класе.“ – исправно.
 - **„vector је шаблонска класа.“ – неисправно.**
- Врло често ћете наилазити на неисправну употребу појмова. Није само по себи страшно, али може подсвесно створити погрешну слику о томе шта се заправо дешава.
- Сам шаблон није класа, или функција, већ се по том шаблону могу правити класе, или функције (множина!)
- У том смислу, појмови као што су „шаблонска класа“ могу се употребити да означе појединачну инстанцу шаблона („класа која је настала од шаблона“), нпр. „vector<int> је шаблонска класа“.

Темплејти (шаблони)

- Проблеми

- Лоше пријављивање грешака
 - Али доста се поправило и поправља се
- Касно пријављивање грешака
 - Некада тек током повезивања
- Сви шаблони морају бити дефинисани у свакој јединици превођења (у свакој датотеци)
 - Могући екстерни шаблони од Це++11
 - Дефиниција шаблона мора бити у заглављу

- Препорука

- Са разумевањем користите библиотеке шаблона
 - рецимо Це++ стандардна библиотека
 - *Нпр., vector, sort()*
- У почетку пишите само једноставне шаблоне
 - док не стекнете више искуства

Проверка опсега

```
struct out_of_range { /* ... */ };

template<class T> class vector
{
    // ...
    T& operator[](int n);
    // ...
};

template<class T> T& vector<T>::operator[](int n)
{
    if (n < 0 || sz <= n) throw out_of_range();
    return elem[n];
}
```

Провера опсега

```
void fill_vec(vector<int>& v, int n)
{
    for (int i = 0; i < n; ++i) v.push_back(factorial(i));
}

int main()
{
    vector<int> v;
    try {
        fill_vec(v, 10);
        for (int i = 0; i <= v.size(); ++i)
            cout << "v[" << i << "]==" << v[i] << '\n';
    }
    catch (out_of_range) {           // доћи ћемо овде... зашто?
        cout << "out of range error";
        return 1;
    }
}
```

Руковање изузетцима (примитивно)

```
vector<int>* some_function()
{
    vector<int>* p = new vector<int>;
    try {
        fill_vec(*p, 10); // може да баци изузетак
        // ...
        return p;
    }
    catch (...) {
        delete p;
        throw;
    }
}
```

Руковање изузетцима

```
// Када користимо променљиве аутоматске трајности
// ослобађање ресурса је аутоматско (кроз деструктор)

vector<int> glob;

void some_other_function()
{
    vector<int> v;

    fill_vec(v, 10); // може да баци изузетак
    // ...
    fill_vec(glob, 10); // може да баци изузетак
    // ...
}
```

Шта стандард гарантује

```
// не гарантује проверу опсега у функцији operator[ ]
// шта више, обично је нема:

template<class T> class vector {
    // ...
    T& at(int n);           // гарантује проверу опсега
    T& operator[](int n); // нема провере опсега, јер то кошта
};

template<class T> T& vector<T>::at (int n)
{
    if (n<0 || sz<=n) throw out_of_range();
    return elem[n];
}

template<class T> T& vector<T>::operator[](int n)
{
    return elem[n];
}
```

Приступ const вектору

```
template<class T> class vector {
    // ...
    T& at(int n);

    T& operator[ ](int n);

    // ...
};

void f(const vector<double>& cvd, vector<double>& vd)
{
    // ...
    double d1 = cvd[7];
    double d2 = vd[7];
    cvd[7] = 9;
    vd[7] = 9;
}
```

Приступ const вектору

```
template<class T> class vector {  
    // ...  
    T& at(int n);  
    const T& at(int n) const;  
  
    T& operator[](int n);  
    const T& operator[](int n) const;  
    // ...  
};  
  
void f(const vector<double>& cvd, vector<double>& vd)  
{  
    // ...  
    double d1 = cvd[7]; // вызови const версию []  
    double d2 = vd[7]; // вызови не-const версию []  
    cvd[7] = 9;         // вызови const версию [] -> ошибка!  
    vd[7] = 9;          // вызови не-const версию []: ОК  
}
```

Приступ const вектору

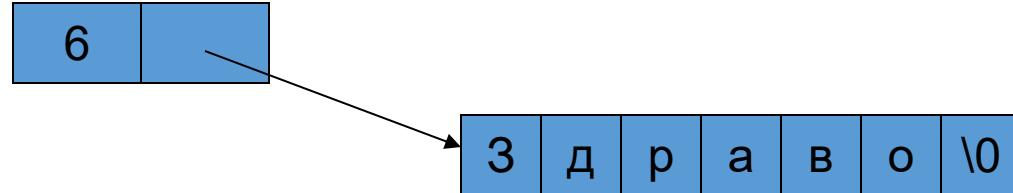
```
template<class T> class vector {
    // ...
    T& at(int n);
    const T& at(int n) const;

    T& operator[](int n);
    const T& operator[](int n) const;
    // ...
};

void f(const vector<double>& cvd, vector<double>& vd)
{
    // ...
    double d1 = cvd[7];
    double d2 = vd[7];
    cvd[7] = 9;           // const double& temp_cr = cvd[7]; <- OK
    vd[7] = 9;           // temp_cr = 9; <- грешка!
}
```

Стринг (string)

- **string** је врло сличан класи `vector<char>`
 - Нпр. `size()`, [], `push_back()`
 - На исти начин је изграђен као и вектор
- **string** је оптимизован за манипулисање знаковним низовима
 - Спајање низова (+)
 - Нуди коришћење Цеовског низа (`c_str()`)
 - Оператор уноса (>>)



Од конкретног ка апстрактном

```
int r1 = 3 * 3 + 4 * 4 * 4;
```

```
int a, b;
```

```
int r2 = a * a + b * b * b;
```

Од конкретног ка апстрактном

```
int r1 = 3 * 3 + 4 * 4 * 4;
```

```
int a, b;
```

```
int r2 = a * a + b * b * b;
```

```
int c, d;
```

```
int r3 = c * c + d * d * d;
```

Од конкретног ка апстрактном

```
int sumPow23(int x, int y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

```
int r1 = sumPow23(3, 4);
```

```
int a, b;  
int r2 = sumPow23(a, b);
```

```
int c, d;  
int r3 = sumPow23(c, d);
```

Од конкретног ка апстрактном

```
int sumPow23(int x, int y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

```
int r1 = sumPow23(3, 4);
```

```
int a, b;  
int r2 = sumPow23(a, b);
```

```
double c, d;  
double r3 = ?
```

Од конкретног ка апстрактном

```
int sumPow23(int x, int y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

```
double sumPow23(double x, double y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

```
int r1 = sumPow23(3, 4);
```

```
int a, b;  
int r2 = sumPow23(a, b);
```

```
double c, d;  
double r3 = sumPow23(c, d);
```

Од конкретног ка апстрактном

```
int sumPow23(int x, int y) {           double sumPow23(double x, double y) {  
    return x * x + y * y * y;          return x * x + y * y * y;  
}  
  
mov eax, DWORD PTR [rbp-4]           movsd xmm0, QWORD PTR [rbp-8]  
imul eax, DWORD PTR [rbp-4]           movapd xmm1, xmm0  
mov edx, eax                         mulsd xmm1, QWORD PTR [rbp-8]  
mov eax, DWORD PTR [rbp-8]           movsd xmm0, QWORD PTR [rbp-16]  
imul eax, DWORD PTR [rbp-8]           mulsd xmm0, QWORD PTR [rbp-16]  
imul eax, DWORD PTR [rbp-8]           mulsd xmm0, QWORD PTR [rbp-16]  
add eax, edx                         addsd xmm0, xmm1
```

Тип је важан, јер смисао и извршавање зависе од тога.
Машински код је врло различит за различите типове!

(Корисна страница на интернету: Compiler Explorer godbolt.org)

Од конкретног ка апстрактном

```
template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}  
  
int r1 = sumPow23<int>(3, 4);  
  
int a, b;  
int r2 = sumPow23<int>(a, b);  
  
double c, d;  
double r3 = sumPow23<double>(c, d);
```

Али...

Од конкретног ка апстрактном

```
template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}  
  
int r1 = sumPow23(3, 4);  
  
int a, b;  
int r2 = sumPow23(a, b);  
  
double c, d;  
double r3 = sumPow23(c, d);
```

...шаблони функције могу се инстанцирати и без експлицитног навођења стварних параметара шаблона, јер се типови као шаблонски параметри могу закључити на основу типова функцијских стварних параметара.

(Могу се на сличан начин инстанцирати и шаблони класе, али то је мааало сложенија тема, па ћемо оставити за касније)

Од конкретног ка апстрактном

```
template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

// или:

```
int x;  
float y;  
int z = sumPow23(x, y);
```

```
string e, f;  
string r4 = sumPow23(e, f);
```

Од конкретног ка апстрактном

```
template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

// али:

```
int x;  
float y;  
int z = sumPow23(x, y); // грешка!!! x и y нису истог типа  
                        // проблем код закључивања параметара  
  
string e, f;  
string r4 = sumPow23(e, f); // грешка!!! * недефинисано  
                            // проблем код инстанцирања шаблона  
                            // (тј. код превођења функције  
                            // настале инстанцирањем шаблона)
```

Од конкретног ка апстрактном

```
template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {  
    return x * x + y * y * y;  
}
```

Овај шаблон се може инстанцирати за било који тип T над којим је:

- дефинисана операција множења
- дефинисана операција сабирања

(Такође, претпоставка је да је резултат израза у **return** наредби таквог типа који се може имплицитно конвертовати у T , и сл.)

Ови услови нису експлицитно наведени и то је главни разлог зашто када погрешимо при раду са шаблонима врло често добијемо тешко разумљиве поруке о грешкама.

Али, постоји механизам који омогућава експлицитно исказивање оваквих услова код шаблона. Тада механизам се назива „концепти“. (Ово је само информативно, за оне који гледају иза хоризонта, али неће бити на испиту :))

cppinsights.io



[C++ Standard: C++ 2a]



Default



More

Source:

```
1 #include <cstdio>
2 #include <vector>
3
4 template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {
5     return x * x + y * y * y;
6 }
7
8 int main()
9 {
10    int r1 = sumPow23<int>(3, 4);
11
12    int a, b;
13    int r2 = sumPow23<int>(a, b);
14
15    double c, d;
16    double r3 = sumPow23<double>(c, d);
17 }
```

Insight:

```
1 #include <cstdio>
2 #include <vector>
3
4 template<typename T> T sumPow23(T x, T y) {
5     return x * x + y * y * y;
6 }
7
8 /* First instantiated from: insights.cpp:14 */
9 #ifdef INSIGHTS_USE_TEMPLATE
10 template<>
11 int sumPow23<int>(int x, int y)
12 {
13     return (x * x) + ((y * y) * y);
14 }
15 #endif
16
17
18 /* First instantiated from: insights.cpp:20 */
19 #ifdef INSIGHTS_USE_TEMPLATE
20 template<>
21 double sumPow23<double>(double x, double y)
22 {
23     return (x * x) + ((y * y) * y);
24 }
25 #endif
26
27
```