Programmering i C++
EDAF30
Containerklasser och algoritmbibliotek

Containerklasser och algoritmbibliotek

Innehåll

- Containerklasser
- Klasserna `vector` och `deque`
- Iteratorer
- Algoritmer
- Funktionsobjekt
- Standardklassen `list`
- Avbildningar och mängder
- Köer och stackar

Containerklasser – Klassificering

Sekvenser

- `vector`
- `deque`
- `list`

S. k. adapterklasser implementerade med ovanstående klasser

- `queue`
- `priority_queue`
- `stack`

Associativa containers

- `set`
- `multiset`
- `map`
- `multimap`

Klasserna `vector` och `deque`

Med *containerklasser* avses klasser som beskriver datasamlingar av olika slag, t.ex. vektorer, listor, mängder eller avbildningar

Två typiska exempel

- Klassen `vector`
- Klassen `deque`(double-ended queue)

Kräver direktiven (respektive)

```
#include <vector>
#include <deque>
```

Klasserna vector och deque

Operationer i klassen vector

```
v.clear(), v.size(), v.empty()
v.push_back(), v.pop_back()
v.front(), v.back()
v.at(i), v[i]
v.assign(n, e), v.resize(n, e)
```

Ytterligare operationer i klassen deque

```
d.push_front(), d.pop_front()
```

Klasserna vector och deque

Typen av element anges innanför hakar <>

Exempel

```
vector<double> vd1;          // vektor med flyttal
vector<int> vi1;             // vektor med heltal
// Både vd1 och vi1 blir tomma (0 element)
vector<int> vi2(5);          // vektorn {0, 0, 0, 0, 0}
vector<double> vd2(2,1.2);   // vektorn {1.2, 1.2}
vector<int> vi3(vi2);        // vi3 blir kopia av vi2
vi1 = vi3;                   // vi1 blir kopia av vi3
cout << vi3.size() << endl; // skriver ut 5
vd2.resize(4);               // vd2 blir {1.2, 1.2, 0.0, 0.0}
bool tom = vd1.empty();      // ger tom = true
```

Klasserna vector och deque

Fler exempel

```
vector<int> v;
v.assign(3, 1);    // v blir {1, 1, 1}
v.at(1) = 2;       // {1, 2, 1}
v.push_back(9);    // {1, 2, 1, 9}
v.push_back(4);    // {1, 2, 1, 9, 4}
v.pop_back();      // {1, 2, 1, 9}

deque<int> d;
d.push_back(3);    // d blir {3}
d.push_front(2);   // {2, 3}
d.push_front(1);   // {1, 2, 3}
d.pop_back();      // {1, 2}
d.pop_front();     // {2}
```

Iteratorer

Iterator

”Pekarliknande” variabel som används för att genomlöpa en struktur (datasamling)

Exempel

```
vector<double> v(4);
vector<double>::iterator it;
for (it=v.begin(); it != v.end(); it++)
    *it = 0;

// Ekvivalent i C++11
vector<double> v(4);
for (double &e : v)
    e = 0;
```

Iteratorer

Olika typer av iteratorer (*con* symboliserar någon av containertyperna `vektor`, deque eller `list` med elementtypen *typ*)

con`<`*typ*`>::iterator`	löper framåt
con`<`*typ*`>::const_iterator`	löper framåt, endast för avläsning
con`<`*typ*`>::reverse_iterator`	löper bakåt
con`<`*typ*`>::const_reverse_iterator`	löper bakåt, endast för avläsning

Iteratorer

Funktioner som returnerar iteratorer och som finns i alla containerklasser + klassen `string`

`begin()`	ger en iterator som pekar på det första elementet
`end()`	ger en iterator som pekar på ett tänkt element *efter* det sista elementet
`rbegin()`	ger en reverserad iterator som pekar på det sista elementet
`rend()`	ger en reverserad iterator som pekar på ett tänkt element *före* det första elementet

Iteratorer

Operationer med iteratorer som parametrar (iteratorintervallet `[i,j)` betecknar intervallet från och med `i` till och med positionen före `j`)

sekv<typ> `s(i,j);`	skapar en sekvens som initeras med `[i,j)`
`s.assign(i,j);`	tilldelar elem. `i` intervallet `[i,j)` till `s`
`s.insert(p,e);`	inför värdet e i positionen (iterator) p
`s.insert(p,n,e);`	inför n st e i positionen p
`s.insert(p,i,j);`	inför elem. i intervallet `[i,j)` i pos. p
`s.erase(p);`	tar bort elem. i pos. p från s
`s.erase(p,p2);`	tar bort elem. i intervallet `[p,p2)`från s

Exempel med iteratorer som parametrar

```
int a[] = {5, 6, 7, 8, 9};
vector<int> v(a, a+4);     // v = {5, 6, 7, 8}
list<int> l(v.begin(), v.end());//l={5,6,7,8}
l.assign(a, a+2);          // l = {5, 6}
list<int>::iterator it = l.begin();
l.insert(it, 2, 4);        // l = {4, 4, 5, 6}
l.insert(l.begin(), 3);    // l = {3, 4, 4, 5, 6}
it = l.begin();
l.erase(++it);             // l = {3, 4, 5, 6}
l.insert(l.begin(), v.begin(), v.end());
                           // l = {5, 6, 7, 8, 3, 4, 5, 6}
```

Algoritmer

Tillgång till standardalgoritmer i C++ fås med direktivet

```
#include <algorithm>
```

Numeriska algoritmer ingår inte i detta bibliotek utan kräver direktivet

```
#include <numeric>>
```

Ett 30-sidigt appendix (App C) i boken ger detaljer om varje algoritm

Algoritmer

Huvudkategorier av algoritmer (från App C)

1. Söka
2. Jämföra, genomlöpa, räkna
3. Kopiera och flytta element
4. Ändra och ta bort element
5. Generera nya data
6. Sortera
7. Operationer på sorterade datasamlingar
8. Operationer på mängder
9. Numeriska algoritmer
10. Heap-algoritmer

Exempel från kategorierna 3 resp. 1: copy, find

```
int a[] = {5, 6, 7, 8, 9};
vector<int> v(a, a+4);                    // v = {5, 6, 7, 8}
deque<int> d(6, 1);                       // d = {1, 1, 1, 1, 1, 1}
copy(v.begin(), v.end(), d.begin());      // d = {5, 6, 7, 8, 1, 1}

if (find(d.begin(), d.end(), 8) != d.end())
    cout << "finns" << endl;
// d.end() är pos. efter d's sista element
```

Algoritmer

Insättningsiteratorer

```
#include <iterator>
back_inserter, front_inserter, inserter
```

Exempel

```
int a[] = {4, 5, 6, 7, 8, 9};
list<int> e; //Obs! e är tom
copy(a, a+4, back_inserter(e));
// e = {4, 5, 6, 7}
copy(a+2, a+6, front_inserter(e));
// e = {9, 8, 7, 6, 4, 5, 6, 7} (Obs! ordningen)
list<int>::iterator it=e.begin();
it++;
copy(a+1, a+3, inserter(e, it));
// e = {9, 5, 6, 8, 7, 6, 4, 5, 6, 7}
```

Funktionsobjekt

Funktionsobjekt är (som man kan misstänka) släkt med funktionspekare. Algoritmen `transform` (från Kat. 5 i App C) kan hantera båda varianterna.

Först visas ett exempel med funktionspekare

```
int kvad(int x) {
    return x*x;
}

int a[] = {1, 2, 3, 5, 8};
vector<int> v(a, a+5);                    // v = {1, 2, 3, 5, 8}
vector<int> w; // w är tom!
transform(v.begin(), v.end(), inserter(w, w.begin()), kvad);
// w = {1, 4, 9, 25, 64}
```

Funktionsobjekt

Ett funktionsobjekt är ett objekt från en klass som har överlagrat funktionsanropsoperatorn ()

Fortsättning på föregående exempel fast med funktionsobjekt

```
class Kvadrerare {
public:
    int operator() (int x) const {
        return x*x;
    }
};

Kvadrerare k;    // k(x) returnerar x*x
int a[] = {1, 2, 3, 5, 8};
vector<int> v(a, a+5);                  // v = {1, 2, 3, 5, 8}
vector<int> ww;  // ww är också tom!
transform(v.begin(), v.end(), inserter(ww, ww.begin()), k);
// ww = {1, 4, 9, 25, 64}
}
```

Funktionsobjekt

Fördefinierade funktionsobjekt – kräver direktivet

```
#include <functional>
```

Fördefinierat funktionsobjekt skapas med

operation<*typ*>()

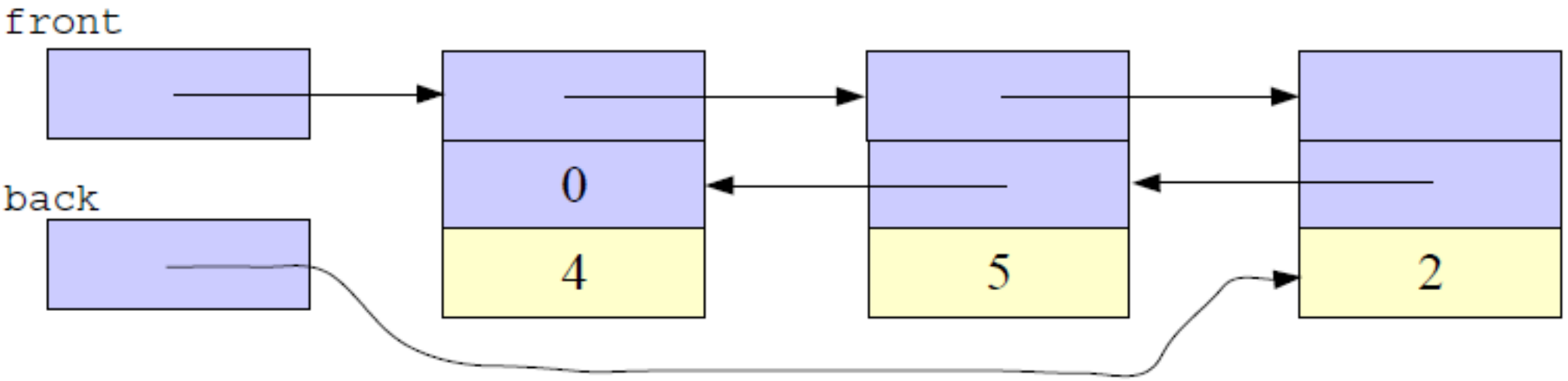
där *operation* är något av följande

plus, minus, multiplies, divides, modulus, negate,
equal_to, not_equal_to, greater, less, greater_equal,
less_equal, logical_and, logical_or, logical_not

Standardklassen `list`

- Liksom `vector` och `deque` utgör `list` en implementering av sekvenser
- Intern representation är en s.k. *länkad lista* (och inte fält som i fallen `vector` och `deque`)

```
list<int> l;
l.push_back(4); l.push_back(5); l.push_back(2);
```



Standardklassen `list`

Operationerna på en `list` är samma som på en `deque` förutom att vektorindexering (`[]` och `at()`) inte är tillåten. Utöver det finns följande operationer

`l.reverse()`	Vänder bak och fram på listan `l`
`l.remove(e)`	Tar bort alla `e`:n från listan `l`
`l.unique()`	Tar bort alla förekomster, utom den första, ur varje sammanhägande grupp av lika element i listan `l`
`l.merge(l2)`	Sorterar in listan `l2` i listan `l`
`l.splice(p,l2)`	Skjuter in elementen i listan `l2` i listan `l`, före platsen `p` (iterator). Listan `l2` blir tom.

\+ varianter av vissa av dessa med fler parametrar

Avbildningar och mängder

Associativa containers

- Tabeller med söknycklar – t.ex. telefonlista med 2 kolumner (namn, telnr) där namnet utgör söknyckel
- Implementering i form av standardklasser

`map`	*nyckel*,*värde*	Varje nyckel förekommer precis en gång
`multimap`	*nyckel*,*värde*	Varje nyckel kan förekomma mer än en gång
`set`	*nyckel*	Varje nyckel förekommer precis en gång
`multiset`	*nyckel*	Varje nyckel kan förekomma mer än en gång

Avbildningar och mängder

Direktiv för klasserna map och multimap

```
#include <map>
```

Exempel: Nummerlogger med <telnr, antal_ggr>

```
map<string, int> numlog;
numlog.insert(make_pair(string("046-112233"), 3));
numlog.insert(make_pair(string("042-123456"), 2));
numlog.insert(make_pair(string("0413-987654"), 3));
numlog.insert(make_pair(string("042-123456"), 4));
// Sista raden ger ingen uppdatering, ty upprepning.
// Vid multimap hade däremot raden lagts till tabellen
// (troligen hade multimap varit ett bättre alternativ här)
cout << numlog.size() << endl;
```

Avbildningar och mängder

Operationer för `map` och `multimap`

`m<ktyp, vtyp, ctyp>`	Anger tabelltyp (`mtyp`) med nyckeltyp `ktyp`, värdetyp `vtyp` jämförartyp `ctyp` (funktionsobjekt)
`m<ktyp, vtyp>`	Som ovan men `ctyp` blir `less<ktyp>`
`mtyp x;`	Skapar tom tabell. Söknycklar jämförs med `ctyp()`
`mtyp x(c);`	Skapar tom tabell. Söknycklar jämförs med `c`
`x.insert(p);`	Lägger in paret `p`.
`x[key] = value;`	Lägger in paret `<key, value>`.

Ytterligare operationer

```
find, count, erase, clear, size, empty,
lower_bound, upper_bound, equal_range
```

Avbildningar och mängder

Operationer för `set` och `multiset`

`s<etyp, ctyp>`	Anger mängdtyp (`styp`) med jämförartyp `ctyp` (funktionsobjekt)
`s<etyp>`	Anger mängdtyp (styp) med jämförartyp `ctyp` = `less<etyp>`
`styp x;`	Skapar tom mängd. Elementen jämförs med `ctyp()`
`styp x(c);`	Skapar tom mängd. Elementen jämförs med `c`
`x.insert(p);`	Lägger in värdet `v` av typen `etyp` i `x`.

Ytterligare operationer

```
find, count, erase, clear, size, empty,
lower_bound, upper_bound, equal_range
```

Exempel med mängder

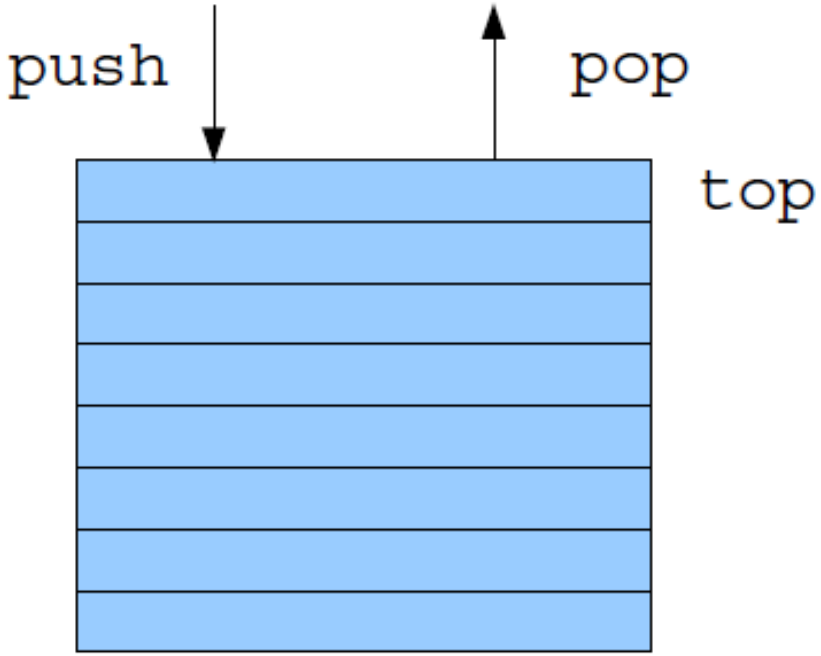
```
int a[] = {3, 8, 2, 0, 9, 6, 3, 4, 5};
set<int> s1(a, a+4);
// s1 innehåller {0, 2, 3, 8}
set<int> s2(a+3, a+6);
// s2 innehåller {0, 6, 9}
s2.insert(1); s2.insert(3);
// s2 innehåller {0, 1, 3, 6, 9}
copy(s1.begin(),s1.end(),inserter(s2,s2.begin()));
// s2 innehåller {0, 1, 2, 3, 6, 8, 9}
set<int> s3(a+5, a+9);
// s3 innehåller {3, 4, 5, 6}
set_intersection(s2.begin(),s2.end(),s3.begin(),
                 s3.end(),inserter(s1, s1.begin()));
// s1 innehåller {0, 2, 3, 6, 8}
```

Köer och stackar

- Förenklade standardklasser, s.k. *adapterklasser*, implementerade med hjälp av någon av de andra standardklasserna:
  `stack, queue`
- Enklare gränssnitt med färre operationer
- Kan inte använda iteratorer

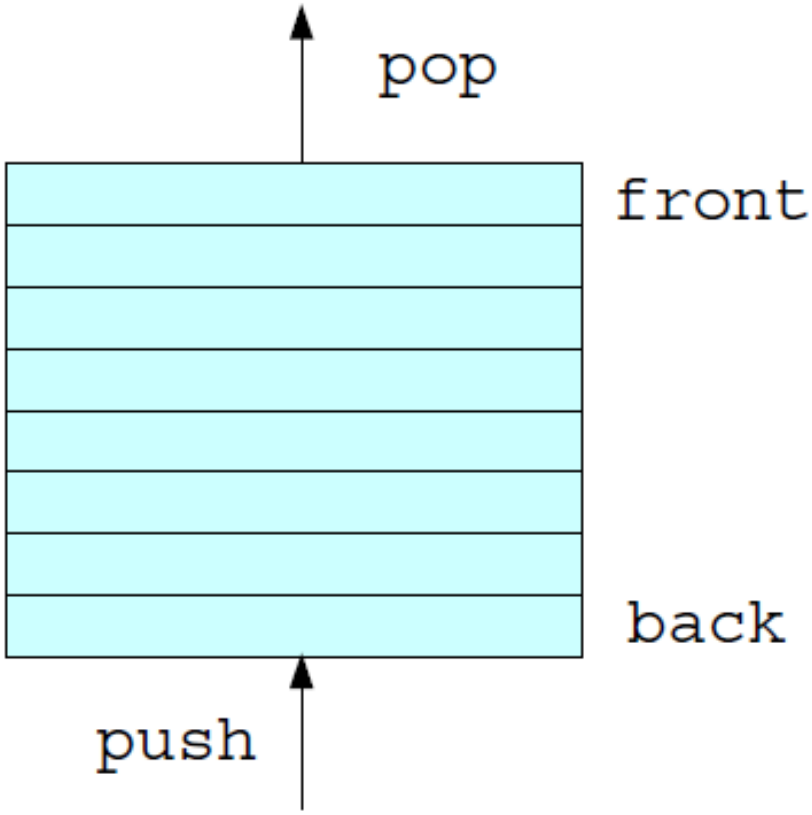
Köer och stackar

- Stack: LIFO-struktur (Last In First Out)
- Operationer: `push`, `pop`, `top`, `size` och `empty`



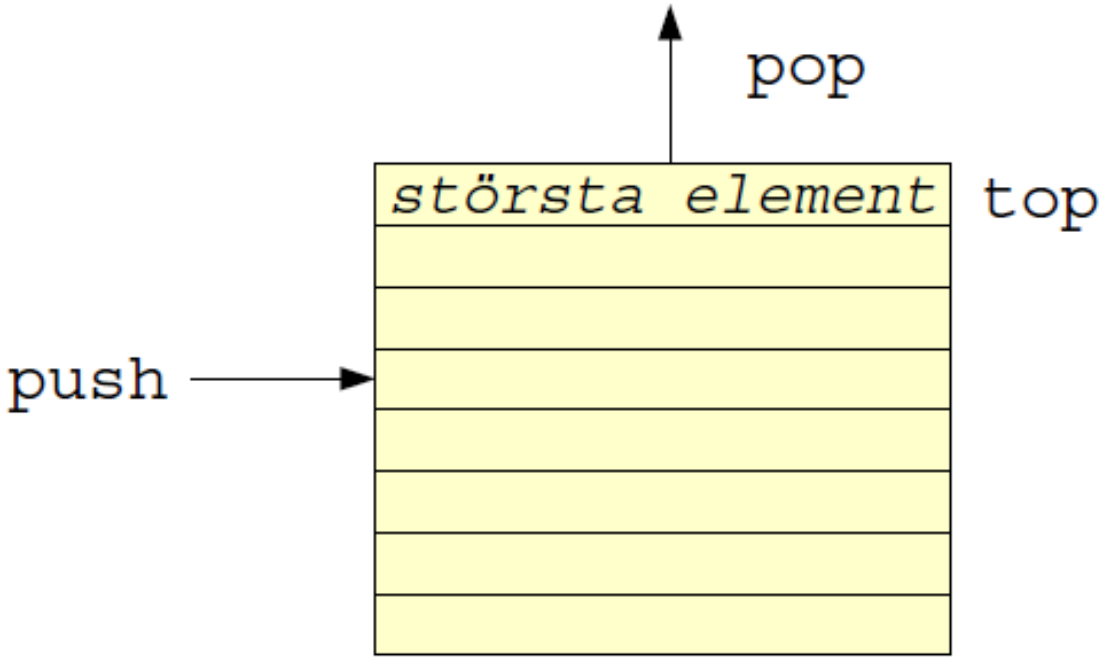
Köer och stackar

- Kö: FIFO-struktur (First In First Out)
- Operationer: `push`, `pop`, `front`, `back`, `size` och `empty`



Köer och stackar

- Prioritetskö: Som kö fast elementen har prioritet. Elementet med högst prioritet ligger först i kön.
- Operationer: `push`, `pop`, `top`, `size` och `empty`



Exempel: Använda stack för baklängesutskrift

```
#include <stack>
#include <iostream>
using namespace std;

int main () {
    stack<char> s;
    char c;
    cout << "Skriv in text och avsluta med <CR>";
    while ((c = cin.get()) != '\n')
        s.push(c);
    while (!s.empty()) {
        cout << s.top();
        s.pop();
    }
}
```

Köer och stackar

Exempel: Lägga in heltal i kö och skriva ut dem

```
#include <queue>
#include <iostream>
using namespace std;

int main () {
    queue<int> q;
    int i;
    cout << "Skriv in tal och avsluta med Ctrl-Z" << endl;
    while (cin >> i)
        q.push(i);
    while (!q.empty()) {
        cout << q.front() << ' ';
        q.pop();
    }
}
```

Köer och stackar

Exempel: Skriva ut tal i storleksordning

```
#include <queue>
#include <iostream>
#include <utility>
using namespace std;
int main () {
    priority_queue<int> p;
    int i;
    cout << "Skriv in tal och avsluta med Ctrl-Z" << endl;
    while (cin >> i)
        p.push(i);
    while (!p.empty()) {
        cout << p.top() << ' ';
        p.pop();
    }
}
```