

Java Collections



Peter Borovanský
KAI, I-18

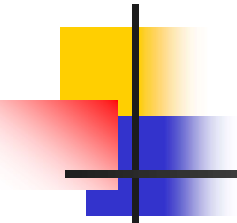
borovan 'at' ii.fmph.uniba.sk
<http://dai.fmph.uniba.sk/courses/JAVA/>



Vo štvrtok Quadterm

Vždy píšete kód tak, ako by ten chlapík, čo ho po vás bude udržiavať, mal byť násilnícky psychopat, ktorý bude vedieť, kde bydlíte.

- internet bude, o.i. JAVA API, SO, GfG, prednášky, cvičenia, ..., USB
- fair hru
- všetky bodovacie testy (zo servera) sú zverejnené
- nie sú záťažové, ale jeden nikdy nevie, čo je komu záťaž...
- obsahujú viac testovacích vstupov ako zadanie...
- zostava obsahuje zdrojáky, DO KTORÝCH dopisujete vaše metódy
- stiahnite si ich (na vrchu zostavy Quadterm hľadajte link na src.zip)
- je dobré vedieť drag&drop zdrojáky do workspace, a mám to...
- je dobré vedieť pridať si junit4 do classpath
- nezabudnite, že LIST nenávidí **package**, riešenia musia byť v src foldri
- reťazce, polia, triedy-objekty-dedenie-abstraktná ... príkladov bolo dosť...
- pozrite si String/StringBuffer/StringBuilder, Arrays, niečo sa môže hodiť
- všetky 3 príklady preriešili/pretestovali všetci cvičiaci
- záver Q1 bude 11:20 panika, testovací ošial LIST padne/nestíha
- CHRÁNIM SI SVOJE ZDROJÁKY, SUBMITUJEM AJ POČAS QUADTERMU

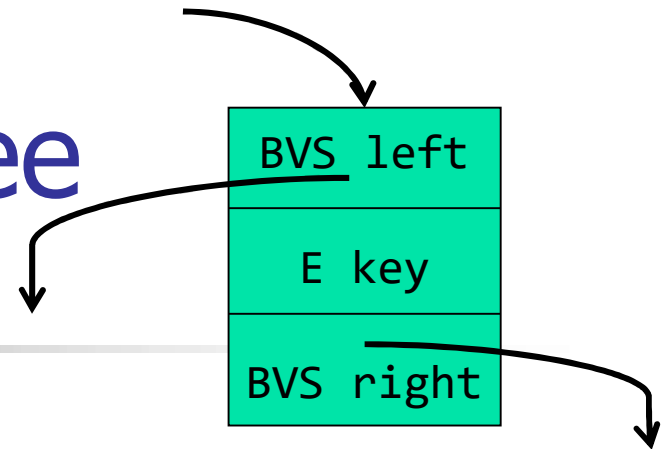
- 
- Neberte si kľúčiky od veľkej miešačky, kým neviete robiť s malou lopatou
 - všetky príklady sú riešiteľné bez ArrayListu



BVSTree

(Binárny vyhľadávací/vyvážený strom
býva Midterme)

Polymorfný/parametrizovateľný model:



```
public class BVSTree<E extends Comparable<E>> {
    BVSTree<E> left;
    E key;
    BVSTree<E> right;
    public BVSTree(E key) {                // konštruktor
        this.key = key;
        left = right = null;
    }
}
```

- Comparable (**Comparable<E>**) je interface predpisujúci jedinú metódu:
int compareTo(Object o), <E>int compareTo(E e)
- základné triedy implementujú interface Comparable (ak to dáva zmysel):
Integer, Long, ..., String, Date, ...
- pre iné triedy môžeme dodefinovať metódu **int compareTo()**

Súbory: BinaryNode.java, BVSTree.java

Klonovanie

(trieda Hruska)



```
interface Clonable {           // vlastná analógia clon(e)able
    public Object copy();      // z istého dôvodu úplne vo vlastnej réžii
}

public class Hruska implements Comparable<Hruska>, Clonable {
    static int allInstances = 0;    // počítadlo všetkých inštancií
    private int instanceIndex;      // koľkatá inštancia v poradí
    private int size;              // veľkosť hrušky

    public Hruska(int size) { this.size = size;
        instanceIndex = allInstances++;
        System.out.println("create Hruska " + instanceIndex);
    }

    public Hruska copy() {
        System.out.println("copy Hruska " + instanceIndex);
        return new Hruska(size);
    }

    public int compareTo(Hruska inaHruska) {
        return Integer.compare(this.size, inaHruska.size);
    }
}
```



Klonovanie

(trieda BVSTNode)

```
class BVSTNode<E extends Comparable<E> & Clonable> implements Clonable {
    BVSTNode<E> left, right; E key;

    static int allInstances = 0;           // počítadlo všetkých inštancií
    private int instanceIndex;           // koľkatá inštancia v poradí

    public BVSTNode(E theKey) { key = theKey; left = right = null;
        instanceIndex = allInstances++;
        System.out.println("create BVSTNode " + instanceIndex);
    }

    public BVSTNode<E> copy() {
        System.out.println("copy BVSTNode " + instanceIndex);
        BVSTNode<E> clone = new BVSTNode<E>(
            (key!=null)?(E)(key.copy()):null    );

        clone.left  = (left != null) ? left.copy():null;
        clone.right = (right != null) ? right.copy():null;
        return clone;
    }
}
```



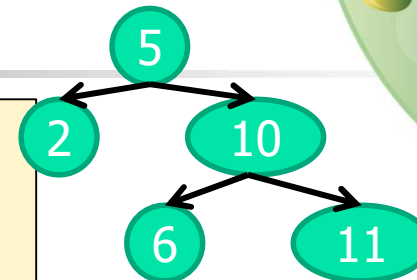
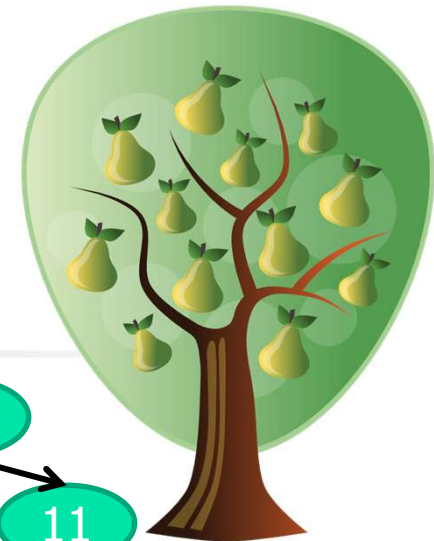
Klonovanie

(trieda BVSTree)

```
class BVSTree<E extends Comparable<E> & Clonable> implements Clonable {  
    BVSTree<E> root;    // pointer na koreň stromu  
  
    static int allInstances = 0;  
    private int instanceIndex;  
  
    public BVSTree () {  
        instanceIndex = allInstances++;  
        System.out.println("create BVSTree " + instanceIndex);  
        root = null;  
    }  
  
    public BVSTree<E> copy() {  
        System.out.println("copy BVSTree " + instanceIndex);  
        BVSTree<E> clone = new BVSTree<E>();  
        clone.root = (root != null)?root.copy():null;  
        return clone;  
    }  
}
```

Pear Tree Copy

(Klonovanie stromu hrušiek)



```
create BVSTree 0
create Hruska 0
create BVSNODE 0
create Hruska 1
create BVSNODE 1
create Hruska 2
create BVSNODE 2
create Hruska 3
create BVSNODE 3
create Hruska 4
create BVSNODE 4
```

```
<key:som hruska 5:> - <left:som hruska 2>, <right:som hruska 10>
<key:som hruska 2:> - <x>, <x>
<key:som hruska 10:> - <left:som hruska 6>, <right:som hruska 11>
<key:som hruska 6:> - <x>, <x>
<key:som hruska 11:> - <x>, <x>
```

```
BVSTree<Hruska> s =
    new BVSTree<Hruska>();
Random r = new Random();
for(int i=0; i<5; i++)
    s.insert(new Hruska(r.nextInt(19)));
```

(BVSTree<Hruska>)

s.copy();

```
copy BVSTree 0
create BVSTree 1
copy BVSNODE 0
copy Hruska 0
create Hruska 5
create BVSNODE 5
copy BVSNODE 3
copy Hruska 3
create Hruska 6
create BVSNODE 6
```

```
copy BVSNODE 1
copy Hruska 1
create Hruska 7
create BVSNODE 7
copy BVSNODE 4
copy Hruska 4
create Hruska 8
create BVSNODE 8
copy BVSNODE 2
copy Hruska 2
create Hruska 9
create BVSNODE 9
```


Java Collections



dnes bude:

- podtriedy Collection
 - množiny (sets)
 - zoznamy (lists)
 - fronty (queues)
 - zobrazenia (maps) – asociativne polia, adš

Cvičenie:

- HashSet, ArrayList, HashMap, ...

literatúra:

- Thinking in Java, 3rd Ed. (<http://www.ibiblio.org/pub/docs/books/eckel/TIJ-3rd-edition4.0.zip>) – 11:
Collections of Objects

Slajd < Java 8
(všade)

Slajd = Java 8

Slajd = Java 9

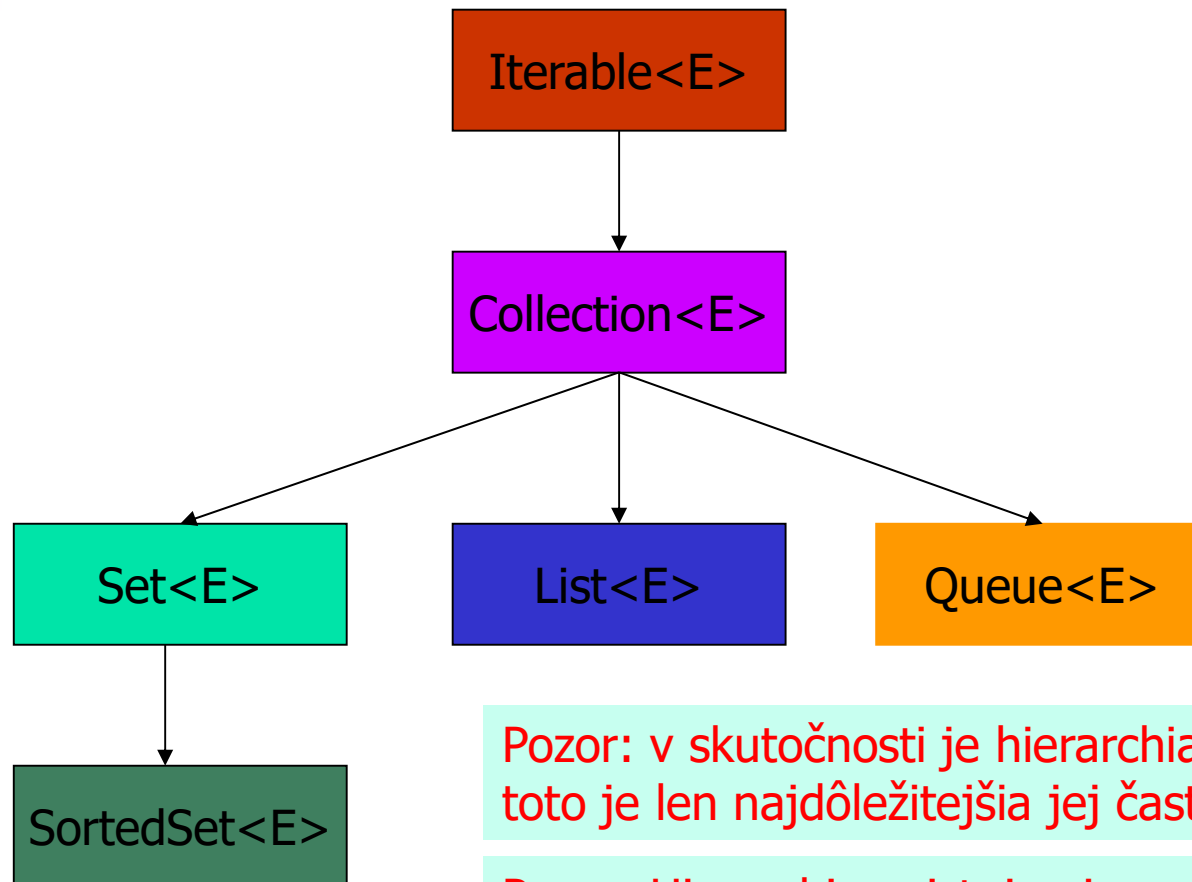
Slajd = Java 10



Java Collections

- ~~s poliami by sme si ešte dlho vystačili~~, **JAVA Collections** patria k **používaným triedam zručného programátora** - podobne ako C++ kontajnery v STL,
- Hoc ide len o knižničné triedy, budeme sa im venovať z troch pohľadov:
 1. **interface** - aký ADT definujú
 2. **implementation** - zvolená reprezentácia pre ADT
 3. **algorithm** - ako efektívne sú realizované metódy
- pre **eleganciu kódovania**: treba mať prehľad v kolekciách po kontajneroch STL nás neprekvapí, že najpoužívanejšie z nich sú:
 1. set=množina
 2. list=zoznam
 3. queue=front
 4. map=zobrazenie
- pre **efektívnosť kódu**: treba mať predstavu o ich implementácii

Iterable interface hierarchy



Pozor: v skutočnosti je hierarchia oveľa košatejšia
toto je len najdôležitejšia jej časť

Pozor: Hierarchia existuje aj v negenerickej verzii,
neradno ich miešať (heterogénne kolekcie z Object)

```
public interface Iterable<T> {  
    public Iterator<T> iterator();  
}
```



Iterable/Iterator interface

Iterable/Iterator interface umožňuje sekvenčný prechod ľubovoľnou collection:

```
public interface Iterator<E> {  
    boolean hasNext();           // true, ak som na poslednom prvku  
    E next();                   // choď na ďalší prvok  
    void remove();              // vyhoď ten, na ktorom stojíš-  
                                // voliteľné  
  
    // ako prejsť collection, nechať x také, že platí cond(x)  
    static <E> void filter(Collection<E> c) {  
        for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )  
            if (!cond(it.next())) // cond je logická podmienka  
                it.remove();  
    }  
  
    static <E> void printCollection(Collection<E> c) {  
        for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )  
            System.out.println(it.next());  
    }  
}
```



Generické vs. negenerické

(homogénne vs. heterogénne)

```
// generická kolekcia neznámeho typu
static void printCollection(Collection<E> c) {
    for (Iterator<E> it = c.iterator(); it.hasNext(); )
        System.out.println(it.next());
}

// negenerická (hetero-Any) kolekcia
static void printCollection(Collection c) {
    for (Iterator it = c.iterator(); it.hasNext(); )
        System.out.print(it.next());
}

// cyklus for-each na homogénnych kolekciach
static <E> void printCollection(Collection<E> c) {
    for (E elem : c) System.out.print(elem);
}

// cyklus for-each na heterogénnych kolekciach
static void printCollection(Collection c) {
    for (Object o : c) System.out.print(o);
}
```

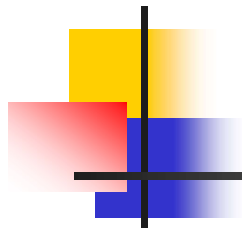
Interface Collection<E>

Spoločné minimum pre všetky triedy implementujúce Collection:

```
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {  
    int size(); // veľkosť  
    boolean isEmpty(); // či je prázdna  
    boolean add(E element); // pridaj do nej  
    boolean contains(Object element); // nachádza sa v nej  
    boolean remove(Object element); // vyhoď prvok  
    Iterator<E> iterator(); // iterátor cez collection  
    ...  
    Object[] toArray(); // konverzia do poľa Objectov  
    <T> T[] toArray(T[] a); // konverzia do poľa T[]  
}
```

Ďalšie pod-interfaces prikazujú implementovať iné partikulárne metódy:

....., Deque<E>, List<E>, Queue<E>, Set<E>, SortedSet<E>,

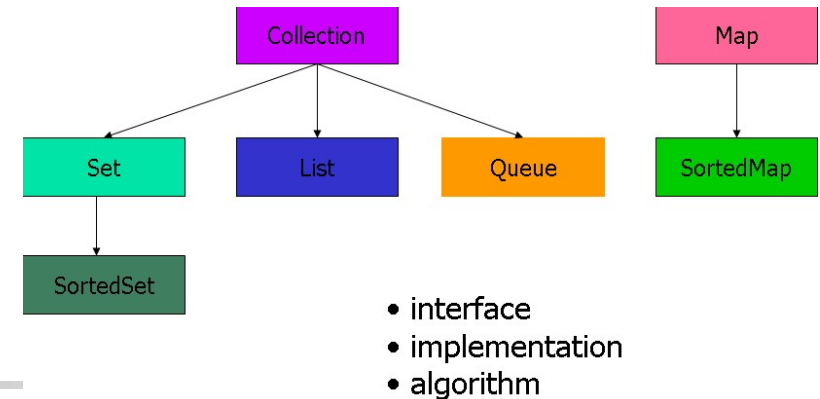


Implementácie Collection<E>

.. je ich veľa, všimnime si dôležitejšie ..

AbstractCollection, AbstractList, AbstractQueue, AbstractSequentialList, AbstractSet, ArrayBlockingQueue, ArrayDeque, ArrayList , AttributeList, BeanContextServices Support,	BeanContextSupport, ConcurrentLinked Queue, ConcurrentSkipListSet, CopyOnWriteArrayList, CopyOnWriteArraySet, DelayQueue, EnumSet, HashSet , JobStateReasons, LinkedBlockingDeque, LinkedBlockingQueue, LinkedHashSet , LinkedList ,	PriorityBlocking Queue, PriorityQueue , RoleList, RoleUnresolvedList, Stack , SynchronousQueue, TreeSet , Vector
---	---	--

Implementation



Inter faces	Implementations				
	Hash table	Resizable array	Tree	Linked List	Hash table + Linked list
Set	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
List		ArrayList		LinkedList	
Queue		ArrayList		LinkedList	
Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap

Najčastejšia implementácia

Dôležité vedieť:

1. Set a Map nemôžu obsahovať duplikáty (pre kľúče), porovnanie na rovnosť
2. TreeMap a TreeSet sú usporiadané (podľa kľúča), potrebujú usporiadanie na prvkoch (na kľúčoch)
3. zobrazenie Map obsahuje páry (*key;object*) prístupné cez kľúč *key = dictionary*



Množina - Set

prvky sa neopakujú

implementácie:

- HashSet
- LinkedHashSet
- TreeSet - usporiad
- EnumSet

```
public interface Set<E> extends Collection<E> {  
    int size();  
    boolean isEmpty();  
    boolean add(E element);           // pridaj  
    boolean contains(Object element); // nachádza sa  
    boolean remove(Object element);   // vyhoď  
    boolean containsAll(Collection<?> c); // podmnožina  
    boolean addAll(Collection<? extends E> c); // zjednotenie  
    boolean removeAll(Collection<?> c); // rozdiel  
  
    Iterator<E> iterator();  
    Object[] toArray();           // konverzia do  
    <T> T[] toArray(T[] a);      // poľa  
}
```

Príklad HashSet (Set)

- HashSet negarantuje poradie pri iterácii
- LinkedHashSet iteruje v poradí insertu prvkov

```
import java.util.HashSet;  
import java.util.Set;
```

```
// >= Java 1.5, zaviedla generics  
Set<String> s = new HashSet<String>();  
// >= Java 1.7, zaviedla diamond operator <>  
Set<String> s = new HashSet<>();  
Set<String> s = new HashSet<~>(); // špecialitka IntelliJ
```

```
for (String a : args)  
    if (!s.add(a))// nepodarilo sa pridať  
        System.out.println("opakuje sa: " + a);
```

```
System.out.println(s.size() + " rozne: " + s);  
Object[] poleObj = s.toArray();  
for(Object o:poleObj) System.out.print(o);
```

Konverzia do poľa
Podhodím mu typ
poľa, aby vedel...

```
String[] poleStr = s.toArray(new String[0]);  
for(String str:poleStr) System.out.print(str);
```

Súbor: HashSetDemo.java

```
HashSetDemo a b b a  
opakuje sa: b  
opakuje sa: a  
2 rozne: [a, b]  
abab
```

< Java 8

Java 8

Java 9

Java 10

Množinová konstanta

```
Set<Integer> s = new HashSet<>();  
s.add(1); s.add(2); s.add(3);
```

```
Set<String> strs = new HashSet<>(    // <> Java 7  
    Arrays.asList("Java", "Kawa"));  
alebo..  
Arrays.asList(new String[]{"Java", "Kawa"}));
```

```
Set<Integer> r = Set.of(1,2,3);  
Set<String> r = Set.of("Java", "Kawa");
```

```
var q = Set.of(true, false);
```

```
// Set<Set<Integer>> powerSet matematicky {{},{0},{1},{0,1}}  
var powerSet = Set.of(  
    Set.of(), Set.of(0), Set.of(1), Set.of(0,1) );
```

Java 10



Implicitná typová deklarácia-typ premennej si domyslí s inicializačnej hodnoty

```
var a = 0;  
var h = new Hruska();  
var pole = new String[10];  
var list = new ArrayList<String>();  
var map = new HashMap<String, String>();  
class Hruska { ... }
```

Nič to nemení na fakte, že Java zostáva staticky typovaná
nikdy z toho nebude JavaScript, var-podobnosť je čisto náhodná...

Množina definovaných objektov

```
Hruska h1 = new Hruska(1);  
Hruska h2 = new Hruska(1);  
Set<Hruska> hrusky = new HashSet<>(Arrays.asList(h1, h2));  
"size = " + hrusky.size()  
"==" + (h1 == h2)  
".equals " + (h1.equals(h2))
```



```
size    -> 2  
==      -> false  
.equals -> false
```

Asi Hruske chýba náš vlastný .equals

```
class Hruska {  
    int veľkost;  
  
    ...  
    @Override  
    public boolean equals(Object obj) {  
        return  
            (obj instanceof Hruska)?(velkost==((Hruska) obj).velkost)  
                :false;  
    }  
}
```

```
size    -> 2  
==      -> false  
.equals -> true
```



Množina definovaných objektov

Asi Hruske chýba náš vlastný .hashCode, ale ako napísať hašovaciú funkciu ?

```
class Hruska {  
    int velkost;  
    ...  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return 1984; //Orwellova konštanta ☺  
    }  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return velkost;  
        return 17*velkost;  
    }  
    @Override  
    public int hashCode() {  
        return super.hashCode();  
    }  
}
```

size	-> 1
==	-> false
.equals->	true

size	-> 1
==	-> false
.equals->	true

size	-> 2
==	-> false
.equals->	true



Ako teda pracuje HashSet

- žiadne duplikáty

`Set.add(key)`, `contains(key)`, ...

- interne volá `hashCode(key)`
- všetky prvky s rovnakým `hashCode` sú v jednom (!) spájanom zozname,
 - to vysvetľuje, že `return super.hashCode();` lebo sú všetky rôzne
- prebehne tento spájaný zoznam a porovnáva objekty pomocou `.equals()`
 - preto konštanta 1984 degraduje `HashSet` na `LinkedList`...
- Analogicky bude fungovať `HashMap` alias dictionary



Usporiadaná množina - SortedSet

- TreeSet iteruje podľa usporiadania

prvky sa neopakujú a navyše sú usporiadané
okrem toho, čo ponúka Set<E> dostaneme:

```
public interface SortedSet<E> extends Set<E> {  
    SortedSet<E> subSet(E from, E to); // vykusne podmnožinu  
                                         // prvkov od >=from a <to  
    SortedSet<E> headSet(E toElement); // podmnožina prvkov  
                                         // od začiatku až po toElement  
    SortedSet<E> tailSet(E fromElement); // podmnožina prvkov  
                                         // od fromElement až po koniec  
    E first(); // prvý  
    E last();  // posledný prvok usp.množiny  
}
```

headSet(to)
subSet(from, to)

```
{ first < ... < from < ... < to < ... < last }
```

tailSet(from)



Príklad TreeSet (SortedSet)

```
import java.util.TreeSet;

List<String> list = Arrays.asList( // rozdelí reťazec na slová
    "jedna dva tri styri pat sest sedem osem devat"
    .split(" ")); // do poľa, z ktorého vyrobí List

TreeSet<String> sortedSet = new TreeSet<>(list); // vyrobí SortedSet
System.out.println(sortedSet);
    // [devat, dva, jedna, osem, pat, sedem, sest, styri, tri]

String low = sortedSet.first(), // devat
String high = sortedSet.last(); // tri

sortedSet.subSet("osem", "sest") // [osem, pat, sedem]
sortedSet.headSet("sest")        // [devat, dva, jedna, osem, pat, sedem]
sortedSet.tailSet("osem")        // [osem, pat, sedem, sest, styri, tri]
```

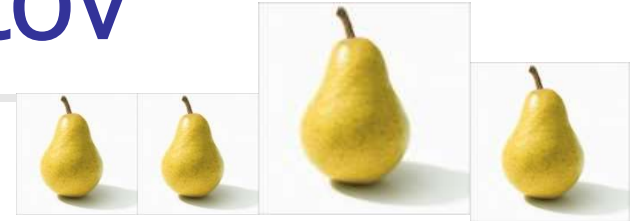
Usporiadana množina definovaných objektov

< Java 8

Java 8

Java 9

```
Hruska h1 = new Hruska(1), h2 = new Hruska(1);  
Hruska h3 = new Hruska(4), h4 = new Hruska(3);  
Set<Hruska> hrusky = new TreeSet<>(Arrays.asList(h4,h1,h2,h3));  
Set<Hruska> hrusky = new TreeSet<>(Set.of(h4,h1,h2,h3));
```



Hruska cannot be cast to java.base/java.lang.Comparable

Asi Hruske chýba náš `implements Comparable<Hruska>` a `.compareTo()`

```
class Hruska implements Comparable<Hruska> {
```

```
    int velkost;
```

```
    ...
```

```
    @Override
```

```
    public int compareTo(Hruska o) {
```

```
        return (velkost<o.velkost)?-1:(velkost==o.velkost)?0:1; ☹
```

```
        return new Integer(velkost).compareTo(new Integer(o.velkost)); ☹
```

```
        return Integer.compare(velkost, o.velkost); ☺
```

```
    }
```

```
[Hruska{velkost=1}, Hruska{velkost=3}, Hruska{velkost=4}]
```



Zoznam - List

implementácie:

- ArrayList
- LinkedList
- Vector
- Stack

prvky sa môžu opakovať a majú svoje poradie, resp. usporiadanie
ListIterator okrem next()/hasNext(), pozná aj previous()/hasPrevious()

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
    E get(int index);                // prístup cez index-getter
    E set(int index, E element);     // prístup cez index- setter
    boolean add(E element);          // pridaj
    void add(int index, E element);  // pridaj na pozíciu
    E remove(int index);             // vyhoď
    boolean addAll(int index, Collection<? extends E> c);
                                    // vsuň celú collection
    int indexOf(Object o);           // hľadá o, vráti index, ak nájde
    int lastIndexOf(Object o);
    ListIterator<E> listIterator(); // iterátor, vie ísť od zadu
    ListIterator<E> listIterator(int index); // iteruj od indexu
    List<E> subList(int from, int to); // podzoznam
}
```



Príklad ArrayList (List)

```
import java.util.*;

String[] p = {"a","b","c","d"};
ArrayList<String> s = new ArrayList<>(); // prázdny zoznam
for (String a : p) s.add(a);           // nasyp doň prvý poľa p

List<String> s = List.of("a","b","c","d");
ArrayList<String> s = new ArrayList<>(List.of("a","b","c","d"));

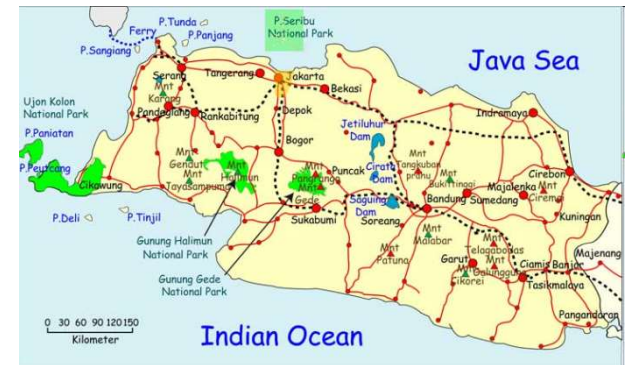
for (Iterator<String> it = s.iterator(); it.hasNext(); )
    System.out.println(it.next());      // vypíš zoznam, abcd
s.set(1,"99");s.remove(2);              // prepíš 1. "99", vyhoď 2., a99d

for (ListIterator<String> it = s.listIterator(s.size());
     it.hasPrevious(); )
    System.out.println(it.previous()); //vypíš zoznam opačne d99a

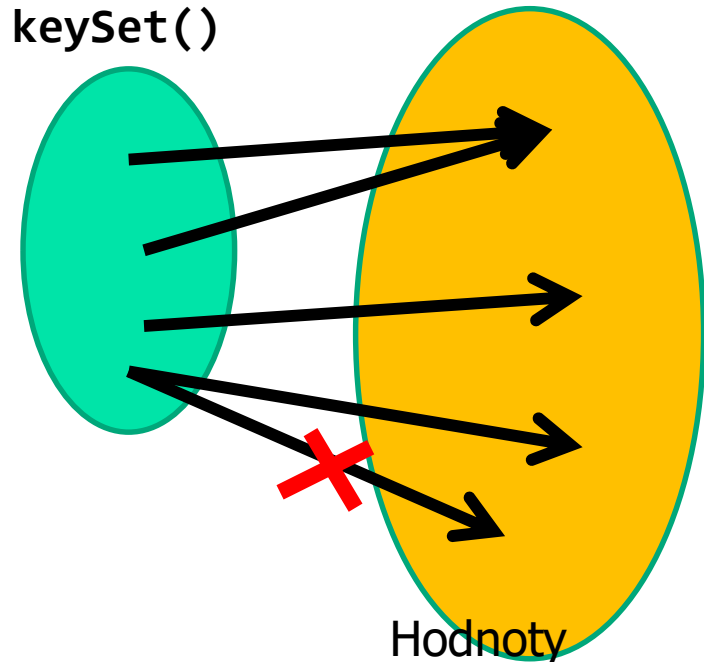
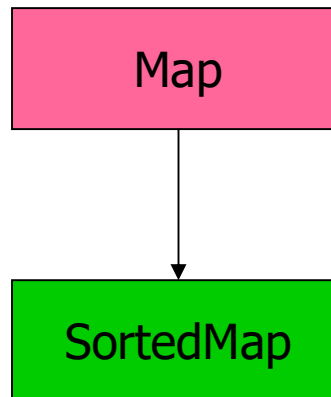
Set<String> hs = new HashSet<String>();
hs.add("A");      hs.add("B");          // množina [A, B]
s.addAll(2,hs);    // vsunutá množina[a, 99, A, B, d]
```

Map interface

(Map je zobrazenie, nie mapa)
(map je dictionary)



Kľúče
definičný obor
`keySet()`



Hodnoty
Obor hodnôt
`values()`



Interface Map<K,V>

implementácie:

- HashMap
- LinkedHashMap
- EnumMap
- TreeMap

```
public interface Map<K,V> {
```

Zobrazenie:K->V

Python: m[key]=value

```
V put(K key, V value); // pridaj dvojicu [key;value] do  
                        zobrazenia, ak už key->value', tak prepíš
```

Python: m[key]

```
V get(Object key); // nájdí obraz pre key, ak neexistuje->null  
V remove(Object key);  
boolean containsKey(Object key); // patrí do definičného oboru  
boolean containsValue(Object value); // patrí do oboru hodnôt  
int size();  
boolean isEmpty();  
. . . .  
// Collection Views  
public Set<K> keySet(); // definičný obor, množina kľúčov  
public Collection<V> values(); // obor hodnôt, nemusí byť množina  
                                hodnôt  
}
```

Príklad HashMap (Map)

```
import java.util.HashMap;
```

Zobrazenie:String->Integer

```
Map<String, Integer> m = new HashMap<>();
for (String a : args) { // frekvenčná tabuľka slov v riadku
    Integer freq = m.get(a); // počet doterajších výskytov
    m.put(a, (freq == null) ? 1 : // ak sa ešte nenachádzal, 1
            freq + 1);           // ak sa nachádzal, +1
}
System.out.println(m);
```

```
java HaspMapDemo x d o k o l a o k o l o k o l a
{a=2, d=1, x=1, k=3, l=3, o=6}
```

```
HashMap<String, Integer> m = new HashMap<>();
```

```
Map<String, Integer> m = Map.of(
    "one", 1, // key, value
    "two", 2,
    "three", 3
);
```

Súbor: HashMapDemo.java



Ako prejsť cez Map

```
HashMap<String, Integer> m = new HashMap<String, Integer>();
```

```
// z predošlého príkladu
```

```
{a=2, d=1, x=1, k=3, l=3, o=6}
```

- Ľahší spôsob - cez definičný obor, cez kľúče

```
for(String key : m.keySet())
```

```
    System.out.println "[" + key + "]=" + m.get(key));
```

- Ťažší spôsob - iterátorom

```
for(
```

```
var Iterator<Map.Entry<String, Integer>> it =
```

```
        m.entrySet().iterator();
```

```
    it.hasNext(); ) {
```

```
        Map.Entry<String, Integer> item = it.next();
```

```
        System.out.println "[" + item.getKey() + "]=" +  
            item.getValue());
```

```
}
```

```
[a]=2  
[d]=1  
[x]=1  
[k]=3  
[l]=3  
[o]=6
```

```
[a]=2  
[d]=1  
[x]=1  
[k]=3  
[l]=3  
[o]=6
```




Ak to bude TreeMap

(bude to utriedené podľa kľúča)

```
TreeMap<String, Integer> m = new TreeMap<String, Integer>();
```

```
// z predošlého príkladu
```

```
{a=2, d=1, k=3, l=3, o=6, x=1}
```

■ Ľahší spôsob

```
for(String key : m.keySet())
```

```
    System.out.println "[" + key + "]=" + m.get(key));
```

```
[a]=2  
[d]=1  
[k]=3  
[l]=3  
[o]=6  
[x]=1
```

■ Ťažší spôsob

```
for(
```

```
var Iterator<Map.Entry<String, Integer>> it =
```

```
        m.entrySet().iterator());
```

```
    it.hasNext(); ) {
```

```
        Map.Entry<String, Integer> item = it.next();
```

```
        System.out.println "[" + item.getKey() + "]=" +  
            item.getValue());
```

```
[a]=2  
[d]=1  
[k]=3  
[l]=3  
[o]=6  
[x]=1
```

```
}
```

TreeMap (Map)

```
import java.util.TreeMap;
```

```
public class CountryCapitals {  
    public static final String[][] AFRICA = {  
        {"ALGERIA", "Algiers"},  
        {"ANGOLA", "Luanda"},  
        {"BENIN", "Porto-Novo"},  
        {"BOTSWANA", "Gaberone"},  
        {"BURKINA FASO", "Ouagadougou"},  
    }  
}
```

```
public static TreeMap<String,String> getTreeMap(String[][] p) {  
    TreeMap<String,String> tmp = new TreeMap();  
    for(int i=0; i<p.length; i++)  
        tmp.put(p[i][0], p[i][1]);  
    return tmp;  
}  
public static void main(String[] args) {  
    TreeMap<String,String> europe = getTreeMap(CountryCapitals.EUROPE);  
    TreeMap<String,String> america = getTreeMap(CountryCapitals.AMERICA);
```

```
System.out.println(europe);           // {ALBANIA=Tirana, ANDORRA=Andorra la Vella, ARMENIA=...  
System.out.println(europe.keySet()); // [ALBANIA, ANDORRA, ARMENIA, AUSTRIA, ...  
System.out.println(europe.values()); // [Tirana, Andorra la Vella, ...  
europe.putAll(america);  
System.out.println(europe);           // {ALBANIA=Tirana, ..., ARGENTINA=Buenos Aires,
```



TreeMap (Map)

(inverzia zobrazenia)

Pre ilustráciu práce so štruktúrou TreeMap vytvoríme inverziu zobrazenia (hl.mesto->štát)

```
TreeMap<String,String> inverseEurope = new TreeMap();
```

```
for(String state : europe.keySet())
```

```
    inverseEurope.put(europe.get(state),state);
```

```
System.out.println(inverseEurope);
```

```
{... Belgrade=SERBIA, Berlin=GERMANY, Berne=SWITZERLAND,  
    Bratislava=SLOVAKIA,...
```



TreeMap (Map)

(skladanie zobrazení)

// skladanie zobrazení (hl.mesto->štát) x (štát->prezident) = (hl.mesto->prezident)

inverseEurope **europePresidents**

TreeMap<String,String> **sefHlavnehoMesta** = **new** TreeMap();

```
for(String capital : inverseEurope.keySet()) {  
    String state = inverseEurope.get(capital);  
    if (state != null) {  
        String president = europePresidents.get(state);  
        if (president != null)  
            sefHlavnehoMesta.put(capital,president);  
    }  
}  
System.out.println(sefHlavnehoMesta);  
{Bratislava=Caputova, Moscow=Putin, Prague=Zeman}
```



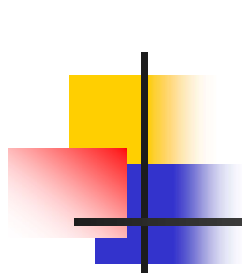
TreeMap (Map)

(inverzia zobrazenia – oveľa ťažkopádnejšie)

Pre ilustráciu práce so štruktúrou TreeMap vytvoríme inverziu zobrazenia (hl.mesto->štát)

```
TreeMap<String,String> inverseEurope = new TreeMap();

for(Iterator<Map.Entry<String,String>> it = europe.entrySet().iterator();
    it.hasNext(); ) {
    Map.Entry<String,String> item = it.next(); // prechádzam prvky
                                              // pôvodného zobrazenia
    inverseEurope.put(item.getValue(),item.getKey()); // čo bolo kľúč je
                                                    // hodnota a naopak
}
System.out.println(inverseEurope);
{... Belgrade=SERBIA, Berlin=GERMANY, Berne=SWITZERLAND,
    Bratislava=SLOVAKIA,...}
```



TreeMap (Map)

(skladanie zobrazení – oveľa ťažkopádnejšie)

// skladanie zobrazení (hl.mesto->štát) x (štát->prezident) = (hl.mesto->prezident)

```
TreeMap<String,String> sefHlavnehoMesta = new TreeMap();
```

```
for(Iterator<Map.Entry<String,String>> it= inverseEurope.entrySet().iterator();  
    it.hasNext();){  
    Map.Entry<String,String> item = it.next(); // prechádzame jedno zobrazenie  
    String president = europePresidents.get(item.getValue()); // hodnotu zobrazíme v  
                                                                // druhom zobrazení  
    if (president != null) // ak v druhom má hodnotu, tak  
        sefHlavnehoMesta.put(item.getKey(),president);  
                                                                // pôvodný kľúč a zobrazenú hodnotu  
                                                                // pridáme do zloženého zobrazenia  
}  
System.out.println(sefHlavnehoMesta);  
{Bratislava=Caputova, Moscow=Putin, Prague=Zeman}
```

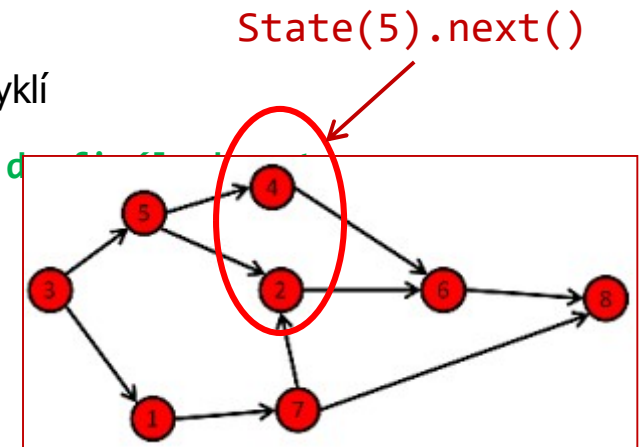
DFS/BFS/Bactracking

Ide o prehľadávanie stavového priestoru, abstrakcia pre stav môže byť:

```
interface State {  
    public State(); // počiatočný stav hľadania  
    abstract boolean isFinalState(); // test na koncový stav hľadania  
    abstract State[] next(); // nasledujúce/susedné stavy  
    abstract Set<State> next(); // nasledujúce/susedné stavy  
    abstract boolean isCorrect(); // test na korektnosť stavu  
}
```

Naivné prehľadávanie pre acyklický graf, ktoré sa na cyklickom zacyklí

```
public class Search<S extends State> // hľadáme cestu d  
public void searchWhichLoops(S s) {  
    if (s.isFinalState())  
        add(s); // pridaj do zoznamu riešení  
    else  
        for (State ns : s.next())  
            search(ns); // rekurzia do susedov  
}
```



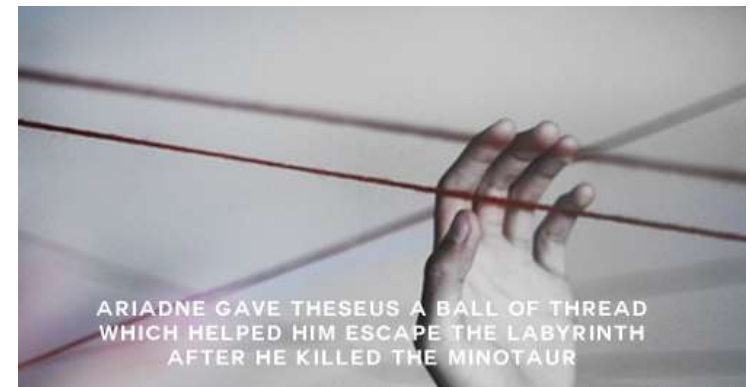
Aby sa to nezacyklilo

(objavila to už Ariadna pri hľadaní Thezea v labyrinte s Minotaurom)

```
public void search(S s, ArrayList<S> visited) {  
    if (s.isFinalState())  
        add(s); // pridaj do zoznamu riešení  
    else  
        for (State ns : s.next()) {  
            if (!visited.contains(ns)) { // nebol si ?  
                visited.add(ns); // označ  
                search(ns, visited);  
                visited.remove(ns); // odznač  
            }  
        }  
    }  
}
```



BTW, je to depth-first alebo breadth-first ?



ARIADNE GAVE THESEUS A BALL OF THREAD
WHICH HELPED HIM ESCAPE THE LABYRINTH
AFTER HE KILLED THE MINOTAUR

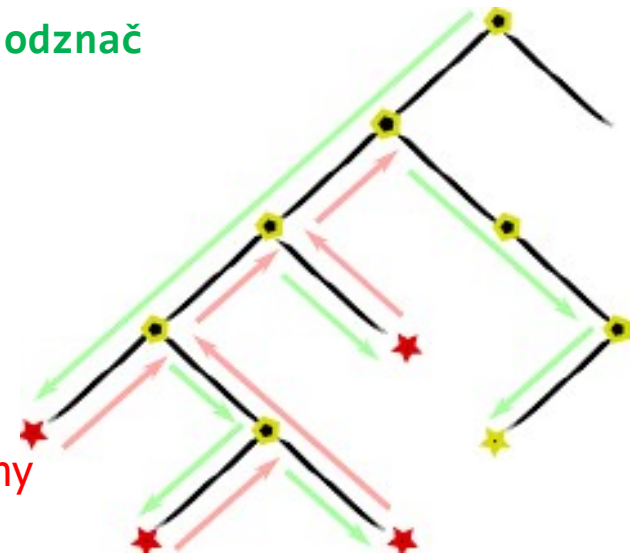
Backtracking

(orezáva podstromy určite neobsahujúce riešenie)

```
public void search(S s, ArrayList<S> visited) {  
    if (s.isFinalState())  
        add(s);  
    else  
        for (State ns : s.next()) { // môže to viesť k riešeniu ?  
            if (!visited.contains(ns) && ns.isCorrect()) {  
                visited.add(ns); // označ  
                search((S) ns, visited);  
                visited.remove(ns); // odznač  
            }  
        }  
}
```

Šikovný `isCorrect` výrazne zredukuje zväčša exponenciálny priestor stavov, ale ten aj tak zostane exponenciálny

Preto: backtrack nepoužívame na neexponenciálne problémy





Ako by vyzeral BFS

```
private void search(ArrayList<S> queue, ArrayList<S> visited, boolean DFS) {  
    while (queue.size() > 0) {  
        S s = queue.remove(0);    // vyber prvý z fronty  
        if (s.isFinalState())    // ak si už v cieli  
            add(s);              // pridaj do zoznamu riešení  
        else  
            for (State ns : s.next()) {  
                if (!visited.contains(ns) && ns.isCorrect()) {  
                    visited.add(ns);  
                    if (DFS)                // ak depth-first search  
                        queue.add(0, ns); // pridaj na začiatok fronty  
                    else                    // ak breadth-first search  
                        queue.add(queue.size(), ns); // pridaj na koniec  
                }  
            }  
    }  
}
```