



11. prednáška (5.12.2022)

Java Collections Framework



***Čo viac si môže
programátor priať pod
stromčekom?***





IS-A, HAS-A vzťahy

- Dedičnosť - **Extends** - jedna trieda rozširuje/vylepšuje inú triedu
 - Pýtame sa: **IS?**
 - Je ZoznamTvarov Tvar? Is Library Book? **NIE**
 - Je Kruh Tvar? Is AudioBook Book? **ÁNO**
- Kompozícia - **Premenné** - objekt triedy si uchováva referencie na objekty inej triedy
 - Pýtame sa: **HAS?**
 - Obsahuje Tvar Kruh? Has PrintedBook Book? **NIE**
 - Obsahuje ZoznamTvarov Tvary? Has Library Books? **ÁNO**



Spomínate si?

```
Turtle[] noveLopty = new Turtle[this.lopty.length+1];  
for (int i=0; i<this.lopty.length; i++)  
    noveLopty[i] = this.lopty[i];  
noveLopty[noveLopty.length-1] = lopta;  
this.lopty = noveLopty;
```

```
public void insertBook(Book book) {  
    Book[] novePole = new Book[books.length+1];  
    System.arraycopy(books, 0, novePole, 0, books.length);  
    books = novePole;  
    books[books.length-1] = book;  
}
```



Polia v Jave (nevýhody?)

- **Dĺžka poľa** (počet políčok/prvkov) je určená **pri** jeho **vytvorení** (cez **new**: **new** `Lopta[5]`)
 - Počet prvkov poľa nemožno zmeniť
- **Finty** na zmenu veľkosti poľa:
 - Vytvoríme nové pole „vhodnej“ veľkosti, vykopírujeme do neho obsah políčok pôvodného poľa a zmeníme referenčnú premennú tak, aby referencovala nové pole
 - Vyrobitíme dostatočne veľké pole (napr. 1000 prvkov) a v nejakej *int* premennej si pamätáme koľko políčok „zlava“ má „platný obsah“ (“platný” počet prvkov)



ArrayList – „dynamické pole“

- Trieda: **java.util.ArrayList<E>**
 - od verzie Java 1.5

“Generická”
trieda

```
ArrayList<String> slova;
```

```
slova = new ArrayList<String>();
```

Typ políček
ArrayList-u



ArrayList – metódy

- **int size()** - vráti dĺžku (počet prvkov)
- **E get(int index)** - vráti obsah políčka na zadanom indexe (číslujeme od 0)
- **void set(int index, E hodnota)** - nastaví obsah políčka na zadanom indexe
- **boolean add(E hodnota)** - na koniec „zoznamu“ pridá zadanú hodnotu (počet prvkov sa zvýši o 1)
- **void clear()** - vyprázdni zoznam (počet prvkov bude 0)



ArrayList – príklad

```
ArrayList<String> slova;
```

```
slova = new ArrayList<String>();
```

Pridávame na
koniec zoznamu
(ArrayList-u)

```
slova.add("Dobry"); slova.add("den");
```

```
System.out.println(slova.toString());
```

```
slova.set(1, "vecer");
```

Meníme obsah
uložený na
indexe 1

```
for (int i=0; i<slova.size(); i++)
```

```
    System.out.println(slova.get(i));
```



Pole vs. ArrayList

<code>String[] slova;</code>	<code>ArrayList<String> slova;</code>
------------------------------	---

<code>slova = new String[10];</code>	<code>slova = new ArrayList<String>();</code>
---	--

<code>slova[2] = "Ahoj";</code>	<code>slova.set(2, "Ahoj");</code>
---------------------------------	------------------------------------

<code>String s = slova[1];</code>	<code>String s = slova.get(1);</code>
-----------------------------------	---------------------------------------

<code>slova.length</code>	<code>slova.size()</code>
---------------------------	---------------------------

ArrayList **má navyše:** add, remove, clear, toString, indexOf, ...

Velkost' ArrayList-u sa **mení len cez** metódy add a remove!!



ArrayList nie je dokonalý?

```
ArrayList<Turtle> turtles =  
    new ArrayList<Turtle>();
```

```
ArrayList<EBook> books =  
    new ArrayList<EBook>();
```

```
ArrayList<int> numbers =  
    new ArrayList<int>();
```

ArrayList<int>
nebude fungovať!

Medzi < > môžeme dať
len triedu, nie
primitívny typ.

ArrayList uchováva
referencie na objekty
zadanej triedy ...

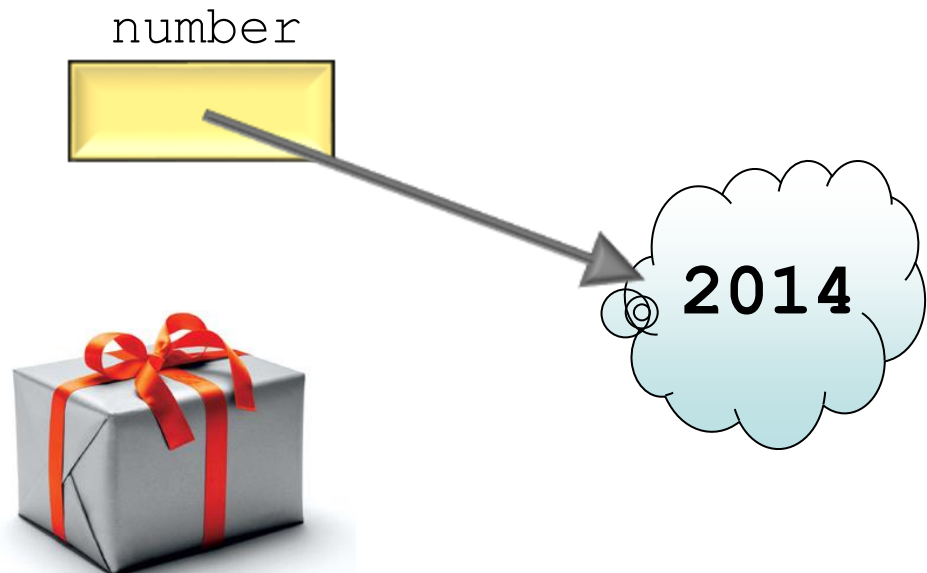


Zabaľme hodnoty do objektov

- Java ponúka **obaľovacie** (wrapovacie) triedy na zabalenie hodnôt primitívnych typov do objektov:

- **Integer** - **int**
- **Long** - **long**
- **Byte** - **byte**
- **Short** - **short**
- **Character** - **char**
- **Boolean** - **boolean**
- **Float** - **float**
- **Double** - **double**

```
Integer number =  
    new Integer(2014);
```





Balíme a vybaľujeme ...

```
Integer cislo1 = new Integer(2014);  
Integer cislo2 = new Integer(2015);
```



Získanie „zabalenej“ hodnoty



```
int c = cislo1.intValue();
```

```
if (cislo1.intValue() < cislo2.intValue()) { }
```

```
if (cislo1.equals(cislo2)) { }
```

```
Character znak = new Character('a');
```

```
char z = znak.charValue();
```



Autoboxing (“tajné” skratky)

- **Autoboxing** - riešenie pre lenivých ...

```
Integer number = new Integer(2014);
```

```
Integer number = 2014;
```

Automatické “zabalenie” do
objektu triedy Integer

Automatické získanie (rozbalenie)
“zabalenej” hodnoty

```
int c = number;
```

```
int c = number.intValue();
```





ArrayList čísel a autoboxing

```
ArrayList<Integer> numbers =  
    new ArrayList<Integer>();
```

Skratka pre:

```
numbers.add(new Integer(10));
```

```
numbers.add(10);
```

```
int first = numbers.get(0);
```

Skratka pre:

```
int first = numbers.get(0).intValue();
```



Algoritmy s ArrayListom

- Vytvorme triedu **ListHandler**, ktorej objekty budú poskytovať pár užitočných metód na spracovanie zoznamov (*ArrayList*-ov) čísel:

```
int sum(ArrayList<Integer> list)
```

- spočíta súčet všetkých čísel v zozname
- **null** hodnoty vynecháva (pozor, **políčka** zoznamu **sú referencie** na objekty triedy *Integer* a teda **môžu byť** aj **null**)



ArrayList nie je jediný!

- Okrem triedy `ArrayList<E>` existuje v Jave aj trieda `LinkedList<E>`, ktorá robí presne to isté ...
- Načo sú 2 triedy, ktoré robia to isté?
 - Keď dvaja robia to isté, nie je to to isté ...
- `ArrayList`-y **skrývajú** v sebe **pole**, ktoré sa pri `add` a `remove` metódach zväčšuje/zmenšuje na základe „finty“ s vytvorením nového poľa
 - v skutočnosti je tam o dost' **chytřejšia** implementácia, než sme používali my (s kapacitou)



ArrayList vs. LinkedList

- $O(1)$ = „rýchlo“, $O(n)$ = „pomaly“ (v najhoršom prípade)

	ArrayList<E>	LinkedList<E>
get	$O(1)$	$O(n)$
add na začiatok alebo koniec	$O(n)$	$O(1)$
remove prvého alebo posledného	$O(n)$	$O(1)$
set	$O(1)$	$O(n)$

- Každý z nich je **výhodnejší pre iné** praktické situácie
 - pri častom vkladaní a odoberaní z konca je lepší `LinkedList`



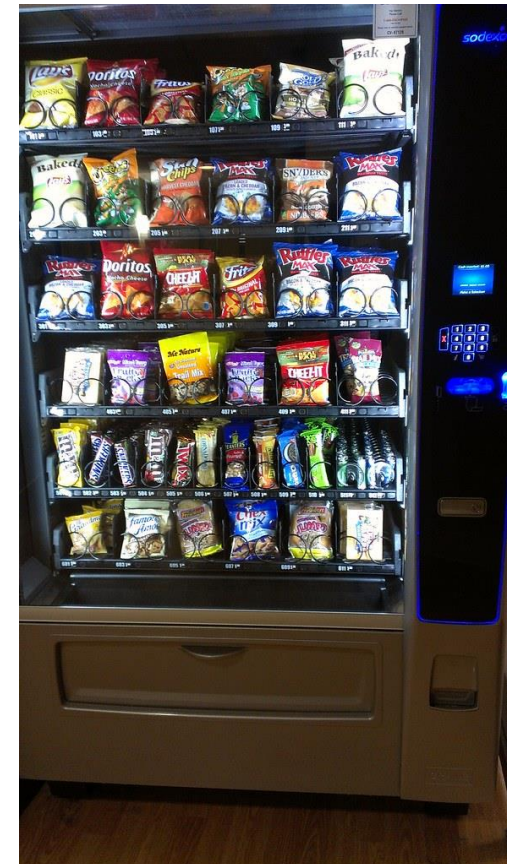
ArrayList + LinkedList = List

- Obe triedy majú spoločné to, že **reprezentujú nejaký zoznam** objektov a majú príslušné „užitočné“ metódy pre zoznamy
- **Rozhranie List<E>** je „zoznam“ tých metód, ktoré by mal každý slušný „zoznamový“ objekt implementovať
- `ArrayList<E>` **aj** `LinkedList<E>` implementujú rozhranie `List<E>!`
 - Upravme triedu `ListHandler...`



Interface - Rozhranie

- Kontrakt, zmluva
- Pomenovaný zoznam hlavičiek metód
- Trieda **implementuje** rozhranie
- Interface a premenná - **ČO**
- Trieda a objekt - **AKO**





Použité rozhrania

- Rozhranie: **List**
 - Vyžaduje metódy: add, remove, set, size, clear...
 - Triedy: **ArrayList**, **LinkedList**, ...
- Rozhranie: **Closeable** resp. **AutoCloseable**
 - Vyžaduje metódy: close
 - Triedy: **Scanner**, **PrintWriter**
- Vlastné rozhrania - už čoskoro

Try with resources



Rozhranie `List<E>`

- Predpisuje základné metódy na prácu so zoznamami:
 - *add, remove, get, set, clear, size, isEmpty*
- Metódy na prácu s väčším počtom prvkov:
 - *addAll, removeAll*
 - *subList* - vráti zoznam reprezentujúci podzoznam prvkov
 - *toArray* - na základe zoznamu vyrobí klasické Java pole a naplní ho podľa zoznamu
- <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/List.html>



Rozhrania v praxi

```
public int sum(ArrayList<Integer> numbers)
```

Kde sa len dá, používame namiesto triedy (implementácie) rozhranie.

```
public int sum(List<Integer> numbers)
```





Množina ($\text{Set}\langle E \rangle$)

- **Množina** je skupina objektov
 - žiadne poradie
 - každý prvok sa tam nachádza len raz
- Rozhranie: **$\text{Set}\langle E \rangle$**
- Implementácie:
 - triedy implementujúce rozhranie $\text{Set}\langle E \rangle$
 - **$\text{HashSet}\langle E \rangle$** , $\text{TreeSet}\langle E \rangle$, $\text{LinkedHashSet}\langle E \rangle$
 - každá z tried robí rôzne veci rôzne efektívne



Množinové záhady?

- Vypíše sa **true** alebo **false**? Prečo?

```
Set<Integer> numbers = new HashSet<Integer>();  
numbers.add(new Integer(2014));
```

2 rôzne objekty s rovnakým obsahom

```
System.out.println(  
    numbers.contains(new Integer(2014)));
```

- Ako overiť, či všetky prvky v množine majú nejakú vlastnosť? Ako sa k nim dostať?
 - máme `size()`, ale nemáme `get(int index)` ako pri zoznamoch `List<E>`



Záhada č. 1: Zhodnosť objektov

- Aj **rôzne objekty**, môžu reprezentovať (uchovávať) **rovnaký obsah**:
 - Príklady: String, Integer, Double, ...

```
String retazec1 = new String("Ahoj");  
String retazec2 = new String("Ahoj");  
retazec1.equals(retazec2);
```



Na zistenie toho, či obsah objektov je rovnaký sa používa metóda `equals` ...



Rodokmeň metódy equals (1)

- Metóda equals je definovaná v triede Object
 - Dôsledok: Každý Java objekt má metódu equals
- equals overuje, či iný objekt má rovnaký obsah ako objekt, nad ktorým túto metódu voláme

```
String retazec1 = new String("Ahoj");
```

```
Turtle k = new Turtle();
```

```
if (retazec1.equals(k)) { ... }
```



Reprezentujú objekty referencované z retazec1 a k ten istý obsah? Určite nie.



Rodokmeň metódy `equals` (2)

- Ako je implementovaný `equals` v `Object-e`?

```
public boolean equals (Object o) {  
    return this == o;  
}
```



Test: Ten istý objekt?

- Niektoré **triedy prekryli metódu** `equals` („preprogramovali“ správanie), tak aby fungovala zmysluplnejšie (napr. `String`, `Integer`, ...)
 - Zvykneme si: **objekty** testujeme **na rovnosť** cez metódu `equals` (spoločnime sa na tvorcu triedy)



Testujeme metódu equals

- Vytvorme triedu **Point**, ktorá bude uchovávať x-ovú a y-ovú súradnicu nejakého bodu:
 - to, aké súradnice má bod reprezentovaný objektom, je určené pri volaní konštruktora (žiadne `setX` a `setY`)
 - náš `Bod` bude podobný `String`-u: po vytvorení objektu jeho obsah nemožno zmeniť
- Preprogramujme metódu `equals` ...
 - dva body sú rovnaké, keď reprezentujú bod s tými istými súradnicami



Equals pre Bod

```
public boolean equals(Object obj) {
    if (obj == null)
        return false;
```

Ja nie som rovnaký ako **null**!

```
    if (obj == this)
        return true;
```

Som rovnaký ako ja sám!

```
    if (!(obj instanceof Point))
        return false;
```

Môžem sa porovnávať iba s iným Point-om!

(upozornenie: vzhľadom na dedičnosť nie je tento test úplne v poriadku)

```
    Point point = (Point)obj;
    return (point.x == this.x) &&
           (point.y == this.y);
```

Pretypujem referenciu...

```
}
```

Porovnáam sa s point (resp. s obj) po „zložkách“



Equals len v tandeme ...

- Aj keď sme prekryli `equals` pre triedu `Bod`, práca s množinou a bodmi nefunguje ...
- Dôvod: `equals` funguje **v tandeme s** metódou `hashCode`
 - metóda `hashCode` definovaná v triede `Object`
- Vždy musí platiť (implikácia):
Ak majú dva objekty rovnaký obsah (`equals` vráti **true**), **potom volania metódy `hashCode` vrátia rovnakú hodnotu.**



Čo s hashCode?

```
public int hashCode () {
    return 0;
}
```

Spĺníme podmienku z predchádzajúceho slajdu.
Pozor: takto sa to v praxi nerobí!!!

- Pamätajte:

Ak `o1.equals(o2)`,

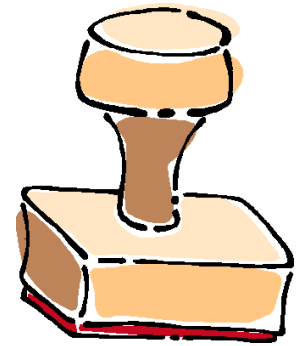
potom `o1.hashCode() == o2.hashCode()`

- `Set<Bod>` už konečne beží ...
- O vygenerovanie metód `equals` a `hashCode` radšej požiadajte Eclipse



Čo je to hashCode?

- hashCode je funkcia, ktorá vráti **odtlačok obsahu** objektu
 - rovnaký obsah znamená rovnaký hashCode (odtlačok)
- Prečo je hashCode **užitočný**?
 - porovnanie cez equals môže byť výpočtovo náročné
 - ak si pamätám hashCode obsahu, viem dať veľmi často rýchlu zápornú odpoveď bez vykonania equals
 - Ak sú hashCode-y rôzne, tak objekty sú rôzne ...
 - hashCode pre String (“naivný“, nie reálny):
 - súčet kódov znakov modulo 1000





Príklad - telefónne čísla

- hashCode - **int** hodnota posledného trojčíslia
- **** * 678 vs. **** * 999
 - hashCode je rôzny
 - Čísla sú rôzne
- **** * 111 vs. **** * 111
 - hashCode je rovnaký
 - 0901 000 111 vs. 0901 111 111
 - Čísla sú rôzne
 - 0901 222 111 vs. 0901 222 111
 - Čísla sú rovnaké



Záhada č. 2: Prvky množiny ...

- Ako zistiť, že všetky prvky množiny majú nejakú vlastnosť, keď k nim **nemáme prístup**?
- Riešenie:
 - **for-each cyklus**
 - **iterátory**
- Poznámka: riešenia fungujú pre všetky triedy implementujúce rozhranie `Iterable<E>`
 - `Iterable<E>` je zdedené v rozhraniach `Set<E>`, `List<E>`, ...



Iterátor

```
Iterator<Bod> it = points.iterator();
```

```
while (it.hasNext()) {  
    Point p = it.next();  
    System.out.println(p);  
}
```

Povieme množine,
aby vytvorila iterátor
Point-ov

Pracujeme podobne
ako so Scanner-om

- Cez metódu `remove` iterátora vieme bezpečne odstrániť prvok naposledy vrátený cez `next` z tej kolekcie (množina, zoznam, ...), ktorú práve iterujeme.



For-each cyklus

Premenná, do ktorej postupne ukladáme prechádzané prvky

Cez prvky čoho prechádzame

for (Point p: points)

System.out.println(p) ;

- For-each cyklus funguje aj pre polia ...



Iterácia – prechod prvkami

- **Kolekcia** - spoločné pomenovanie pre niečo, čo obsahuje nejako nejaké prvky (množina, zoznam, atď.)
- Počas iterácie prvkami kolekcie **nikdy nemodifikujeme** (nepridávame, neodoberáme, nemeníme) iterovanú **kolekciu!!!** (inak je zle)
 - Povolené je len volanie metódy `remove` iterátora
- Finta:
 - Prvky, ktoré chceme odstrániť, uložíme „bokom“ do novej kolekcie (napr. množina) a po skončení iterácie ich (po jednom alebo naraz) odstránime.



Ukážka bezpečného odstránenia

```
public void removeEven (Set<Integer> numbers) {  
    Set<Integer> toRemove =  
        new HashSet<Integer>();  
  
    for (Integer num: numbers)  
        if (num % 2 == 0)  
            toRemove.add(num);  
  
    for (Integer num: toRemove)  
        numbers.remove(num);  
}
```

Vyberieme tie čísla,
ktoré chceme odstrániť

Alternatíva:

```
numbers.removeAll(toRemove);
```

Ak odstraňujeme pomocou iterátora,
voláme metódu *iterator.remove()* namiesto *numbers.remove(num)*



Implementácie $\text{Set}\langle E \rangle$

● $\text{HashSet}\langle E \rangle$

- najčastejšia voľba, založená na tzv. hašovaní
- prvky sa iterujú v bližšie neurčenom poradí



● $\text{TreeSet}\langle E \rangle$

- uchováva prvky množiny usporiadané
 - trieda E musí implementovať rozhranie $\text{Comparable}\langle E \rangle$
alebo
 - musí byť zadaný $\text{Comparator}\langle E \rangle$, ktorý vie porovnávať prvky
- prvky sa iterujú v poradí od najmenšieho



Map<K, V>

- **Mapa** je mapovaním **klúčov** typu K na **hodnoty** typu V
 - Každý kľúč môže mať nanejvýš jednu hodnotu
 - Žiadna duplicita kľúčov
- **Metafory:**
 - Zobrazenie z množiny kľúčov do množiny hodnôt
 - **Asociatívne pole**: hodnoty políček nie sú prístupné cez indexy, ale cez kľúče ľubovoľného typu
 - Množina párov: **<Kľúč, Hodnota>**
 - **Tabuľka s 2 stĺpcami**
 - Frekvenčná tabuľka slov je `Map<String, Integer>`



Map ako tabuľka

Kľúče (bez duplicity)

Hodnoty

Typ kľúčov

Typ hodnôt

Map<Character, Integer>

'a'	3
'x'	0
'e'	10
'r'	1
'w'	3
'q'	1

```
m.put('a', m.get('a')+1);  
m.put('e', 10);  
m.get('e');  
m.remove('z');
```



Metódy rozhrania `Map<K, V>`

- `int size()` - vráti počet kľúčov (párov)
- `V put(K key, V value)` - nastaví novú hodnotu mapovanú ku kľúču `key` a vráti predchádzajúcu hodnotu
- `V get(K key)` - vráti hodnotu mapovanú k danému kľúču (pozrite aj metódu `getOrDefault`)
- `V remove(K key)` - odstráni hodnotu kľúča a aj kľúč samotný z `Map`-u, vráti pôvodne uloženú hodnotu
- `void clear()` - vyprázdni `Map`



Metódy rozhrania *Map*<K, V>

- **boolean containsKey(K key)** - vráti či *Map* obsahuje zadaný kľúč
- **boolean containsValue(V value)** - vráti či *Map* obsahuje zadanú hodnotu pri nejakom kľúči
- **Set<K> keySet()** - vráti množinu kľúčov, ktoré majú v *Map*-e definovanú hodnotu
- **Set<Map.Entry<K, V>> entrySet()** - vráti množinu položiek (párov) uložených v *Map*-e
 - vrátené *Set*-y sú prepojené s *Map*-om (napr. odstránenie prvku z množiny kľúčov vymaže záznam v *Map*-e)



Map v praxi

```
Map<String, Integer> m = new HashMap<String, Integer>();  
m.put("ahoj", 1);  
m.put("ahoj", m.get("ahoj") + 1);  
m.put("java", 1000);
```

```
for (String kluc: m.keySet())  
    System.out.println(kluc + ": " + m.get(kluc));  
m.remove("java");
```

```
// pre pokročilých
```

```
for (Entry<String, Integer> par: m.entrySet())  
    par.setValue(par.getValue() + 1);
```



Implementácie $\text{Map}\langle K, V \rangle$

- **HashMap<K, V>**

- interne využíva `HashSet` na uloženie kľúčov
- najčastejšia voľba



- **TreeMap<K, V>**

- interne využíva `TreeSet`
- kľúče sú vždy usporiadané (K musí implementovať `Comparable` alebo sa musí definovať `Comparator<K>`)

- **LinkedHashMap<K, V>**

- interne využíva `LinkedHashSet`
- kľúče sú v poradí vloženia do Map-u



Java Collections Framework

- Má 3 základné zložky:
 - **rozhrania** (`List`, `Set`, `Map`, ...)
 - **implementácie** rozhraní (`ArrayList`, `HashSet`, `LinkedHashSet`, ...)
 - **algoritmy** (dostupné cez `Collections`.)

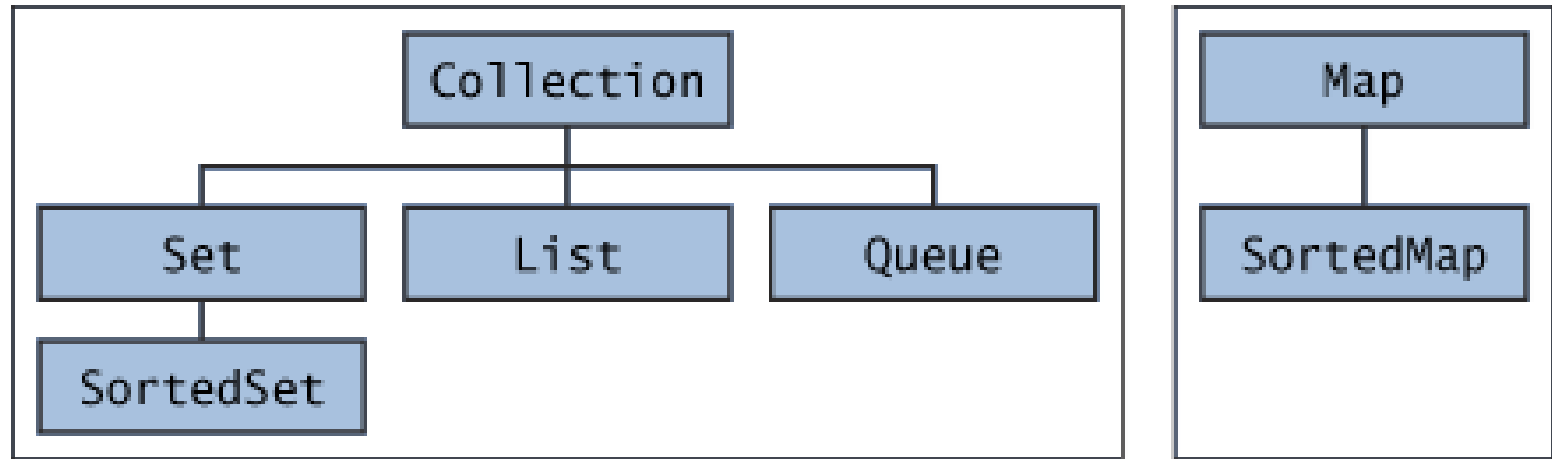
rozhrania

implementácie

algoritmy



Rozhrania JCF



- **Collection<E>**

- najvšeobecnejšia skupina (kolekcia) prvkov typu E
- rozširujú ju rozhrania `Set<E>`, `List<E>` a `Queue<E>`

- **SortedSet/SortedMap** - usporiadané prvky/klúče



Prehľad rozhraní a ich implementácií

Rozhrania	Implementácie (triedy)				
	Hašovacia tabuľka	Pole	Strom	Spájaný zoznam	Hašovacia tabuľka + spájaný zoznam
Set	HashSet		TreeSet		LinkedHashSet
List		ArrayList		LinkedList	
Map	HashMap		TreeMap		LinkedHashMap



Algoritmy

- Tak ako matematické veci sú v Math (Math.abs, Math.min, Math.sin, ...), algoritmy pre kolekcie sú v **Collections** a pre polia v **Arrays**.

- Príklady:

```
List<Integer> cislá = ...;  
Collections.sort(cislá);  
Collections.reverse(cislá);  
int minimum = Collections.min(cislá);  
int pocetVyskytov2 =  
    Collections.frequency(cislá, 2);
```



Take-home message ...

- Skoro **všetko**, čo bežný programátor potrebuje, je **už** v Jave (chytro) **naprogramované**
- Princípy fungovania JCF a jeho ponuku
 - pamätajte na `equals`, `hashCode` a autoboxing
- Detaily jednotlivých rozhraní, metód, tried a algoritmov si netreba pamätať (ale treba mať prehľad), **všetko je v dokumentácii** ku API
 - <http://java.sun.com/javase/6/docs/api/java/util/package-summary.html>
 - <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/collections/index.html>

ak nie sú otázky...

Ďakujem za pozornosť !

