

# Výčtové typy a kolekce v Javě, generické typy

Jiří Vokřínek

Katedra počítačů  
Fakulta elektrotechnická  
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 3

**B0B36PJV – Programování v JAVA**

## Výčtové typy

## Obsah přednášky

Výčtové typy

Kolekce a JFC

Iterátory

Přehled JFC

Generické typy

Příklad - Spojový seznam

## Pojmenované hodnoty

- Vyjmenované hodnoty reprezentují množinu pojmenovaných hodnot
- Historicky se pojmenované hodnoty dají v Javě realizovat jako konstanty

*Podobně jako v jiných jazycích*

```
public static final int CLUBS = 0;  
public static final int DIAMONDS = 1;  
public static final int HEARTS = 2;  
public static final int SPADES = 3;
```

- Mezi hlavní problémy tohoto přístupu je, že není typově bezpečný

*Jak zajistíme přípustné hodnoty příslušné proměnné?*

- Například se jedná o hodnoty celých čísel
- Dále nemůžeme jednoduše vytisknout definované hodnoty

## Výčtové typy

- Java 5 rozšiřuje jazyk o definování výčtového typu
- Výčtový typ se deklaruje podobně jako třída, ale s klíčovým slovem **enum** místo class

```
public enum Suit { CLUBS, DIAMONDS, HEARTS, SPADES }
```

- V základní podobě se jedná o čárkou oddělený seznam jmen reprezentující příslušné hodnoty
- Výčtové typy jsou typově bezpečné

```
public boolean checkClubs(Suit suit) {
    return suit == Suit.CLUBS;
}
```

*Možné hodnoty jsou kontrolovány kompilátorem při překladu.*

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/java00/enum.html>

## Příklad použití 1/2

```
public class DemoEnum {
    public boolean checkClubs(Suit suit) {
        return suit == Suit.CLUBS;
    }
    public void start() {
        Suit suit = Suit.valueOf("SPADES"); //parse string
        System.out.println("Card: " + suit);

        Suit[] suits = Suit.values();
        for (Suit s : suits) {
            System.out.println(
                "Suit: " + s + " color: " + s.getColor());
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
        DemoEnum demo = new DemoEnum();
        demo.start();
    }
}
```

lec03/DemoEnum

## Vlastnosti výčtových typů

- Uložení dalších informací
- Tisk hodnoty
- Načtení všech hodnot výčtového typu
- Porovnání hodnot
- Výčtový typ je objekt
  - Může mít datové položky a metody
  - Výčtový typ má metodu **values()**
  - Může být použit v řídicí struktuře **switch()**

```
import java.awt.Color;

public enum Suit {

    CLUBS(Color.BLACK),
    DIAMONDS(Color.RED),
    HEARTS(Color.BLACK),
    SPADES(Color.RED);

    private Color color;

    Suit(Color c) {
        this.color = c;
    }

    public Color getColor() {
        return color;
    }

    public boolean isRed() {
        return color == Color.RED;
    }
}
```

lec03/Suit

## Příklad použití 2/2

- Příklad výpisu:

```
java DemoEnum
Card: SPADES color: java.awt.Color[r=255,g=0,b=0]
suit: CLUBS color: java.awt.Color[r=0,g=0,b=0]
suit: DIAMONDS color: java.awt.Color[r=255,g=0,b=0]
suit: HEARTS color: java.awt.Color[r=0,g=0,b=0]
suit: SPADES color: java.awt.Color[r=255,g=0,b=0]
```

- Příklad použití v příkazu **switch**

```
Suit suit = Suit.HEARTS;

switch (suit) {
    case CLUBS:
    case HEARTS:
        // do with black
        break;
    case DIAMONDS:
    case SPADES:
        // do with red
        break;
}
```

## Reference na výčet

- Výčet je jen jeden

*Singleton*

- Referenční proměnná výčtového typu je buď **null** nebo odkazuje na validní hodnotu z výčtu
- Důsledek: pro porovnání dvou referenčních hodnot není nutné používat equals, ale lze využít přímo operátor **==**

*Jak porovnáváme objekty?*

## Kolekce (kontejnery) v Javě

### Java Collection Framework (JFC)

- Množina třídy a rozhraní implementující sadu obecných a znovupoužitelných datových struktur
- Navržena a implementována převážně Joshua Blochem  
*J. Bloch: Effective Java (2nd Edition), Addison-Wesley, 2008*
- Příklad aplikace principů objektově orientovaného programování návrhu klasických datových struktur  
*Dobrý příklad návrhu*
- JFC poskytuje unifikovaný rámec pro reprezentaci a manipulacemi s kolekcemi

## Kolekce a JFC

## Kolekce

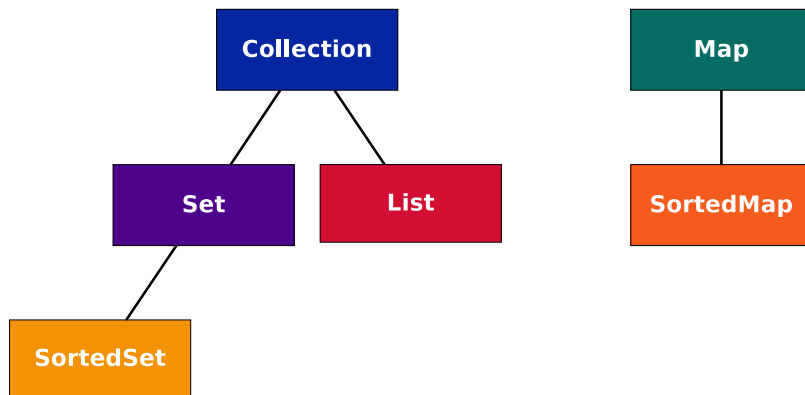
- Kolekce (též nazývaná kontejner) je objekt, který obsahuje množinu prvků v jediné datové struktuře
- Základními datovými strukturami jsou
  - Pole (statické délky) – nevýhody: konečný počet prvků, přístup přes index, implementace datových typů je neflexibilní
  - Seznamy – nevýhody: jednoúčelový program, primitivní struktura
- **Java Collection Framework** – jednotné prostředí pro manipulaci se skupinami objektů
  - Implementační prostředí datových typů **polymorfního charakteru**
  - Typickými skupinami objektů jsou **abstraktní datové typy**: množiny, seznamy, fronty, mapy, tabulky, ...
  - Umožňuje nejen ukládání objektů, získávání a jejich zpracování, ale také výpočet souhrnných údajů apod.
  - Realizuje se prostřednictvím: **rozhraní** a **tříd**

## Java Collection Framework (JFC)

- Rozhraní (interfaces) – hierarchie abstraktních datových typů (ADT)
  - Umožňují kolekci manipulovat s prvky nezávisle na konkrétní implementaci
  - `java.util.Collection`, ...
- Implementace – konkrétní implementace rozhraní poskytují základní podporu pro znovupoužitelné datové struktury
  - `java.util.ArrayList`, ...
- Algoritmy – užitečné metody pro výpočty, hledání, řazení nad objekty implementující rozhraní kolekci.
  - Algoritmy jsou polymorfní
  - `java.util.Collections`

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections>

## Struktura rozhraní kolekce



- `Collection` lze získat z `Map` prostřednictvím `Map.values()`
- Některé operace jsou navrženy jako „optional“, proto konkrétní implementace nemusí podporovat všechny operace

*UnsupportedOperationException*

## JFC – výhody

- Výkonné implementace – umožňují rychlé a kvalitní programy, možnosti přizpůsobení implementace
- Jednotné API (*Application Programming Interface*)
  - Standardizace API pro další rozvoj
  - Generičita
- Jednoduchost, konzistentnost (jednotný přístup), rychlé naučení
- Podpora rozvoje sw a jeho znovupoužitelnost
  - *Jednotné API podporuje interoperabilitu i částí vytvořených nezávisle.*
- Odstínění od implementačních podrobností
  - *Kromě JFC je dobrý příklad kolekci také například knihovna STL (Standard Template Library) pro C++.*
- Nevýhody
  - Rozsáhlejší kód
  - Široká nabídka možností

## Procházení kolekci v Javě

- Iterátory – **iterator**
  - Objekt umožňující procházet kolekci
  - a selektivně odstraňovat prvky
- Rozšířený příkaz **for-each**
  - Zkrácený zápis, který je přeložen na volání s použitím `o.iterator()`

```
public interface Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();
    void remove(); //Optional
}
```

```
Collection collection =
    getCollection();
for (Object o: collection) {
    System.out.println(o);
}
```

# Iterátory

## Iterátor – metody rozhraní

### ■ Rozhraní `Iterator`

```
public interface Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();
    void remove(); //Optional
}
```

- `hasNext()` – `true` pokud iterace má ještě další prvek
- `next()` – vrací aktuální prvek a postoupí na další prvek
  - Vyvolá `NoSuchElementException` pokud již byly navštíveny všechny prvky
- `remove()` – odstraní poslední prvek vrácený `next`
  - Lze volat pouze jednou po volání `next`
  - Jinak vyvolá výjimku `IllegalStateException`
  - Jediný korektní způsob modifikace kolekce během iterování

# Iterátor

- Iterátor lze získat voláním metody `iterator` objektu kolekce
- Příklad průchodu kolekce `collection`

```
Iterator it = collection.iterator();
while(it.hasNext()) {
    System.out.println(it.next());
}
```

### ■ Metoda `next()`:

1. Vrací aktuální prvek iterátoru  
*Po vytvoření iterátoru je to první prvek*
2. Postoupí na další prvek, který se stane aktuálním prvkem iterátoru

## Iterátor a způsoby implementace

- Vytvoření kopie kolekce
  - + vytvořením privátní kopie nemohou jiné objekty změnit kolekci během iterování
  - náročné vytvoření  $O(n)$
- Přímé využití vlastní kolekce *Běžný způsob*
  - + Vytvoření, `hasNext` a `next` jsou  $O(1)$
  - Jiný objekt může modifikovat strukturu kolekce, což může vést na nespecifikované chování operací

## Rozhraní Iterable

- Umožňuje asociovat **Iterator** s objektem
- Především předepisuje metodu

```
public interface Iterable {
    ...
    Iterator iterator();
    ...
}
Iterator: hasNext(); next(); remove(); – jednoduché rozhraní a z toho plynoucí obecnost (genericita).
```

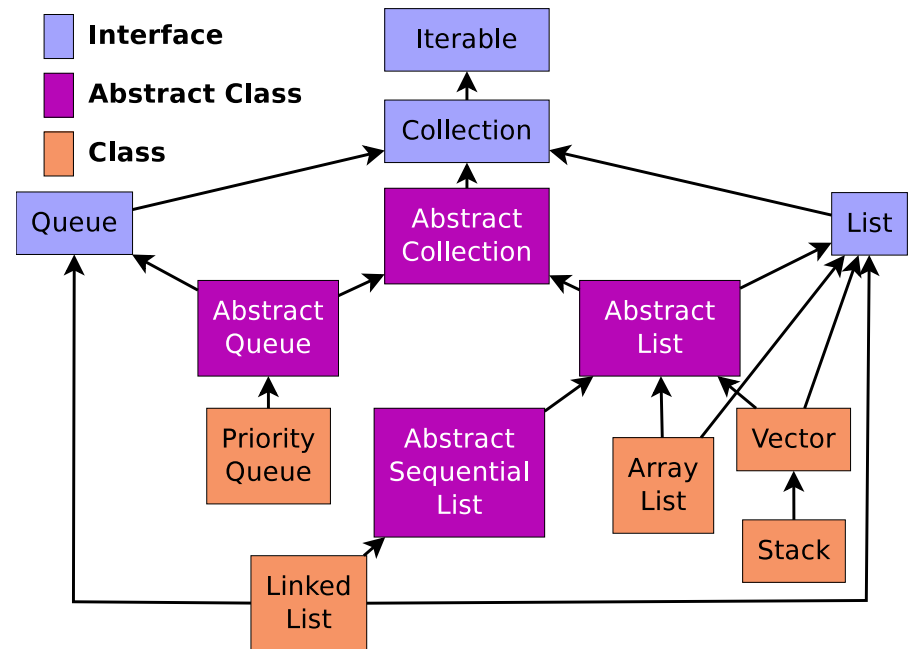
- V Java 8 rozšíření o další metody
  - <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Iterable.html>
- Iterátory v Javě
  - [http://www.tutorialspoint.com/java/java\\_using\\_iterator.htm](http://www.tutorialspoint.com/java/java_using_iterator.htm)
- Iterator Design Pattern
  - [http://sourcecmaking.com/design\\_patterns/Iterator/java/1](http://sourcecmaking.com/design_patterns/Iterator/java/1)
  - <http://java.dzone.com/articles/design-patterns-iterator>

## Přehled JFC

## Iterátory a jejich zobecnění

- Iterátory mohou být aplikovány na libovolné kolekce
- Iterátory mohou reprezentovat posloupnost, množinu nebo mapu
- Mohou být implementovány použitím polí nebo spojových seznamů
- Příkladem rozšíření pro spojové seznamy je **ListIterator**, který umožňuje
  - Přístup k celočíselné pozici (index) prvku
  - Dopředný (forward) nebo zpětný (backward) průchod
  - Změnu a vložení prvků
    - add, hasNext, hasPrevious, previous, next, nextIndex, previousIndex, set, remove*

## JFC overview



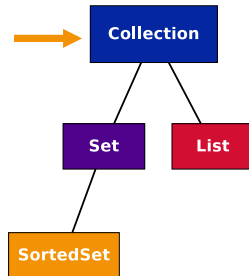
## Rozhraní Collection

- Co možná nejobecnější rozhraní pro předávání kolekcí objektů

```
public interface Collection {
    // Basic Operations
    int size();
    boolean isEmpty();
    boolean contains(Object element);
    boolean add(Object element); // Optional
    boolean remove(Object element); // Optional
    Iterator iterator();

    // Bulk Operations
    boolean containsAll(Collection c);
    boolean addAll(Collection c); // Optional
    boolean removeAll(Collection c); // Optional
    boolean retainAll(Collection c); // Optional
    boolean clear(); // Optional

    // Array Operations
    Object[] toArray();
    <T> T[] toArray(T a[]);
}
```

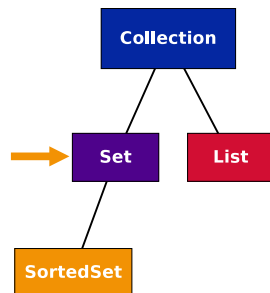


## Třída AbstractCollection

- Základní implementace rozhraní Collection
- Pro **neměnitelnou** kolekci je nutné implementovat
  - iterator spolu s hasNext a next
  - size
- Pro **měnitelnou** kolekci je dále nutné implementovat
  - remove pro iterator
  - add

## Rozhraní Set

- Set je Collection, ve které nejsou duplicitní prvky
- Využívá metod equals a hashCode pro identifikaci stejných prvků
- Dva objekty Set jsou stejné pokud obsahují stejné prvky
- JDK implementace
  - HashSet – velmi dobrý výkon (využívá hašovací tabulku)
  - TreeMap – garantuje uspořádání, red-black strom



- podmnožina**  
s1.containsAll(s2)
- sjednocení**  
s1.addAll(s2)
- průnik**  
s1.retainAll(s2)
- rozdíl**  
s1.removeAll(s2)

## Rozhraní List

- Rozšiřuje rozhraní Collection pro model dat jako **uspořádanou posloupnost** prvků, indexovanou celými čísly udávající pozici prvku (od 0)

```
public interface List extends Collection {
    // Positional Access
    Object get(int index);
    Object set(int index, Object element); // Optional
    void add(int index, Object element); // Optional
    Object remove(int index); // Optional
    abstract boolean addAll(int index, Collection c); // Optional

    // Search
    int indexOf(Object o);
    int lastIndexOf(Object o);

    // Iteration
    ListIterator listIterator();
    ListIterator listIterator(int index);

    // Range-view
    List subList(int from, int to);
}

public interface ListIterator extends Iterator {
    boolean hasNext();
    Object next();

    boolean hasPrevious();
    Object previous();

    int nextIndex();
    int previousIndex();

    void remove(); // Optional
    void set(Object o); // Optional
    void add(Object o); // Optional
}
```

- Většina polymorfních algoritmů v JFC je aplikovatelná na List a ne na Collection.
  - sort(List); shuffle(List); reverse(List); fill(List, Object);
  - copy(List dest, List src); binarySearch(List, Object);

## Rozhraní **AbstractList**

- Základní implementace rozhraní **List**
- Pro **neměnitelný** list je nutné implementovat
  - **get**
  - **size**
- Pro **měnitelný** list je dále nutné implementovat
  - **set**
- Pro měnitelný list **variabilní délky** je dále nutné implementovat
  - **add**
  - **remove**

## Rozhraní **Map**

- **Map** je kolekce, která mapuje klíče na hodnoty
- Každý klíč může mapovat nejvýše jednu hodnotu
- Standardní JDK implementace:
  - **HashMap** – uloženy v hašovací tabulce
  - **TreeMap** – garantuje uspořádání, red-black strom
  - **Hashtable** – hašovací tabulka implementující rozhraní **Map**  
*synchronizovaný přístup, neumožňuje null prvky a klíče*

```
public interface Map {
    // Basic Operations
    Object put(Object key, Object value);
    Object get(Object key);
    Object remove(Object key);
    boolean containsKey(Object key);
    boolean containsValue(Object value);
    int size();
    boolean isEmpty();
    // Bulk Operations
    void putAll(Map t);
    void clear();

    // Collection Views
    public Set keySet();
    public Collection values();
    public Set entrySet();

    // Intergace for entrySet
    // elements
    public interface Entry {
        Object getKey();
        Object getValue();
        Object setValue(Object val);
    }
}
```

## Třída **ArrayList**

- Náhodný přístup k prvkům implementující rozhraní **List**
- Používá pole (array)
- Umožňuje automatickou změnu velikosti pole
- Přidává metody:
  - **trimToSize()**
  - **ensureCapacity(n)**
  - **clone()**
  - **removeRange(int fromIndex, int toIndex)**
  - **writeObject(s)** – zápis seznamu do výstupního proudu **s**
  - **readObject(s)** – načtení seznamu ze vstupního proudu **s**

<http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/ArrayList.html>
- **ArrayList** obecně poskytuje velmi dobrý výkon (využívá hašovací tabulky)
- **LinkedList** může být někdy rychlejší
- **Vector** – **synchronizovaná** „varianta“ **ArrayList**, ale lze též přes **synchronized wrappers**

## Třída **SortedSet**

- **SortedSet** je **Set**, který udržuje prvky v rostoucím pořadí tříděné podle:
  - přirozeného pořadí prvků, nebo dle implementace **Comparator** předaného při vytvoření
- Dále **SortedSet** nabízí operace pro
  - **Range-view** – rozsahové operace
  - **Endpoints** – vrací první a poslední prvek
  - **Comparator access** – vrací **Comparator** použitý pro řazení

```
public interface SortedSet extends Set {
    // Range-view
    SortedSet subSet(Object fromElement, Object toElement);
    SortedSet headSet(Object toElement);
    SortedSet tailSet(Object fromElement);

    // Endpoints
    Object first();
    Object last();

    //Comparator access
    Comparator comparator();
}
```



## Implementace kolekcí

### ■ Obecně použitelné implementace

Veřejné (**public**) třídy, které poskytují základní implementaci hlavních rozhraní kolekcí, například **ArrayList**, **HashMap**

### ■ Komfortní implementace

Mini-implementace, typicky dostupné přes takzvané statické tovární metody (`static factory method`), které poskytují komfortní a efektivní implementace pro speciální kolekce, například **Collections.singletonList()**.

### ■ Zapouzdřující implementace

Implementace kombinované s jinými implementacemi (s obecně použitelnými implementacemi) a poskytují tak dodatečné vlastnosti, např. **Collections.unmodifiableCollection()**

## Generické typy

## Obecně použitelné implementace

- Pro každé rozhraní (kromě obecného rozhraní `Collection`) jsou poskytovány dvě implementace

		Implementace			
		Hašovací tabulky	Variabilní pole	Vyvážený strom	Spojový seznam
	Set	HashSet		TreeSet	
Rozhraní	List		ArrayList, Vector		LinkedList
	Map	HashMap		TreeMap	

## Generické typy a nevýhody polymorfismu

- Flexibilita (znovupoužitelnost) tříd je tradičně v Javě řešena dědičností a polymorfismem
- Polymorfismus nám dovoluje vytvořit třídu (např. nějaký kontejner), která umožňuje uložit libovolný objekt (jako referenci na objekt typu **Object**)

Např. **ArrayList** z JFC

- Dynamická vazba polymorfismu však neposkytuje kontrolu správného (nebo očekávaného) typu během kompilace
- Případná chyba v důsledku „špatného“ typu se tak projeví až za běhu programu
- Tato forma polymorfismu také vyžaduje explicitní přetypování objektu získaného z obecné kolekce

Například zmiňovaný **ArrayList** pro ukládání objektů typu **Object**.

## Příklad použití kolekce `ArrayList`

```
package cz.cvut.fel.pr2;
import java.util.ArrayList;
public class Simulator {
    World world;
    ArrayList participants;
    Simulator(World world) {
        this.world = world;
        participants = new ArrayList();
    }
    public void nextRound() {
        for (int i = 0; i < participants.size(); ++i) {
            Participant player = (Participant) participants.get(i);
            Bet bet = world.doStep(player);
        }
    }
}
```

- Explicitní přetypování ([Participant](#)) je nutné.

## Příklad použití parametrizované kolekce `ArrayList`

```
package cz.cvut.fel.pr2;
import java.util.ArrayList;
public class Simulator {
    World world;
    ArrayList<Participant> participants;
    Simulator(World world) {
        this.world = world;
        participants = new ArrayList();
    }
    public void nextRound() {
        for (int i = 0; i < participants.size(); ++i) {
            Participant player = participants.get(i);
            Bet bet = world.doStep(player);
        }
    }
}
```

- Explicitní přetypování ([Participant](#)) není nutné

## Generické typy

- Java 5 dovoluje použít generických tříd a metod
- Generický typ umožňuje určit typ instance tříd, které lze do kolekce ukládat
- Generický typ tak poskytuje statickou typovou kontrolu během překladu
- Generické typy představují parametrizované definice třídy typu nějaké datové položky
- Parametr typu se zapisuje mezi `<>`, například

```
List<Participant> partList = new ArrayList<Participant>();
```

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/index.html>

## Příklad – generický a negenerický typ

```
ArrayList participants;
participants = new ArrayList();
participants.push(new PlayerRed());
```

```
// vložit libovolny objekt je mozne
participants.push(new Bet());
```

```
ArrayList<Participant> participants2;
participants2 = new ArrayList<Participant>();
participants2.push(new PlayerRed());
```

```
// nelze prelozit
// typova kontrola na urovni prekladace
participants2.push(new Bet());
```

## Příklad parametrizované třídy

```
import java.util.List;
import java.util.ArrayList;

class Library<E> {
    private List<E> resources = new ArrayList<E>();

    public void add(E x) {
        resources.add(x);
    }

    public E getLast() {
        int size = resources.size();
        return size > 0 ? resources.get(size-1) : null;
    }
}
```

## Příklad - Spojový seznam

## Generické metody

- Generické metody mohou být členy generických tříd nebo normálních tříd

```
public class Methods {
    public <T> void print(T o) {
        System.out.println("Print Object: " + o);
    }
    public static void main(String[] args) {
        Integer i = 10;
        Double d = 5.5;

        Methods m1 = new Methods();

        m1.print(i);
        m1.print(d);

        m1.<Integer>print(i);

        /// nelze -- typova kontrola
        m1.<Integer>print(d);
    }
}
```

lec03/Methods

## Příklad implementace spojového seznamu

- Třída **LinkedList** pro uchování objektů
- Implementujeme metody **push** a **print**

```
public class LinkedList {
    class ListNode {
        ListNode next;
        Object item;
        ListNode(Object item) { ... }
    }

    ListNode start;

    public LinkedList() { ... }
    public LinkedList push(Object obj) { ... }
    public void print() { ... }
}
```

lec03/LinkedList

## Příklad použití

- Do seznamu můžeme přidávat libovolné objekty, např. **String**
- Tisk seznamu však realizuje vlastní metodou **print**

```
LinkedList lst = new LinkedList();
lst.push("Joe");
lst.push("Barbara");
lst.push("Charles");
lst.push("Jill");
```

```
lst.print();
```

- Využití konstrukce **for-each** vyžaduje, aby třída **LinkedList** implementovala rozhraní **Iterable**

```
for (Object o : lst) {
    System.out.println("Object:" + o);
}
```

## Implementace rozhraní **Iterator**

- Rozhraní **Iterator** předepisuje metody **hasNext** a **next**

```
private class LLIterator implements Iterator {
    private ListNode cur;

    private LLIterator(ListNode cur) {
        this.cur = cur; // nastavení kurzoru
    }

    @Override
    public boolean hasNext() {
        return cur != null;
    }

    @Override
    public Object next() {
        if (cur == null) {
            throw new NoSuchElementException();
        }
        Object ret = cur.item;
        cur = cur.next; //move forward
        return ret;
    }
}
```

lec03/LinkedListIterable

## Rozhraní **Iterable** a **Iterator**

- Rozhraní **Iterable** předepisuje metodu **iterator**, která vrací iterátor instancí třídy implementující rozhraní **Iterator**
- Iterator** je objekt umožňující postupný přístup na položky seznamu
- Rozšíříme třídu **LinkedList** o implementaci rozhraní **Iterable** a vnitřní třídu **LLIterator** implementující rozhraní **Iterator**

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/java00/innerclasses.html>

```
public class LinkedListIterable extends LinkedList
    implements Iterable {

    private class LLIterator implements Iterator { ... }

    @Override
    public Iterator iterator() {
        return new LLIterator(start); //kurzor <- start
    }
}
```

lec03/LinkedListIterable

## Příklad využití iterátoru v příkazu **for-each**

- Nahradíme implementace **LinkedList** za **LinkedListIterable**

```
// LinkedList lst = new LinkedList();
LinkedListIterable lst = new LinkedListIterable();
lst.push("Joe");
lst.push("Barbara");
lst.push("Charles");
lst.push("Jill");
```

```
lst.print();
```

```
for (Object o : lst) {
    System.out.println("Object:" + o);
}
```

lec03/LinkedListDemo

## Spojový seznam specifických objektů

- Do spojového seznamu `LinkedList` můžeme ukládat libovolné objekty, což má i přes své výhody také nevýhody:
  - Nemáme statickou typovou kontrolu prvků seznamu
  - Musíme objekty explicitně přetypovat, například pro volání metody `toNiceString` objektu `Person`

```
public class Person {

    private final String name;
    private final int age;

    public Person(String name, int age) { ... }
    public String toNiceString() {
        return "Person name: " + name + " age: " + age;
    }
}
```

## Generický typ

- Využitím generického typu můžeme předepsat konkrétní typ objektu
- Vytvoříme proto `LinkedList` přímo jako generický typ deklarací `class LinkedListGeneric<E>` a záměnou `Object` za `E`

```
public class LinkedListGeneric<E> {
    class ListNode {
        ListNode next;
        E item;
        ListNode(E item) { ... }
    }
    ListNode start
    public LinkedListGeneric() { ... }
    public LinkedListGeneric push(E obj) { ... }
    public void print() { ... }
}

lec03/LinkedListGeneric
```

## Příklad přetypování na `Person`

```
LinkedListIterable lst = new LinkedListIterable();
lst.push(new Person("Joe", 30));
lst.push(new Person("Barbara", 40));
lst.push(new Person("Charles", 50));
lst.push(new Person("Jill", 60));

for (Object o : lst) {
    System.out.println("Object: " + ((Person)o).
        toNiceString());
}
```

## Generický typ – `Iterable` a `Iterator`

- Podobně upravíme odvozený iterátor a doplníme typ také v rozhraní `Iterable` a `Iterator`

```
public class LinkedListGenericIterable<E> extends
    LinkedListGeneric<E> implements Iterable<E> {

    // vnitřní třída pro iterátor
    private class LLIterator implements Iterator<E> { ... }

    @Override
    public Iterator iterator() {
        return new LLIterator(start);
    }
}
```

lec03/LinkedListGenericIterable

## Generický typ – Iterator

- Implementace iterátoru je identická jako v případě

`LinkedListIterable`

```
private class LLIterator implements Iterator<E> {
    private ListNode cur;
    private LLIterator(ListNode cur) {
        this.cur = cur;
    }
    @Override
    public boolean hasNext() {
        return cur != null;
    }
    @Override
    public E next() {
        if (cur == null) {
            throw new NoSuchElementException();
        }
        E ret = cur.item;
        cur = cur.next; //move forward
        return ret;
    }
}
```

lec03/LinkedListGenericIterable

## Příklad použití

```
LinkedListGenericIterable<Person> lst = new
    LinkedListGenericIterable();

lst.push(new Person("Joe", 30));
lst.push(new Person("Barbara", 40));
lst.push(new Person("Charles", 50));
lst.push(new Person("Jill", 60));

lst.print();

for (Person o : lst) {
    System.out.println("Object: " + o.toNiceString());
}
```

lec03/LinkedListGenericDemo

## Shrnutí přednášky

## Diskutovaná témata

- Výčtové typy – `enum`
- Kolekce – `Java Collection Framework` (JFC)
- Iterátory
- Generické typy
  
- Příště: Výjimky a soubory