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

Obsah přednášky

Výčtové typy

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 podobně 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/javaOO/enum.html

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 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

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 a JFC

Kolekce (kontejnery) v Javě

Java Collection Framework (JFC)

- Množina třídy a rozhraní implementující sadu obecných a znovupožitelných 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

- Kolekce (též nazývaná kontejner) je objekt, který obsahuje množinu prvků v jediné datové struktuře
- Základními datovými struktury 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 kolekcím manipulovat s prvky nezávislé na konkrétní implementaci
  - `java.util.Collection`, ...
- Implementace – konkretní implementace rozhraní poskytují základní podporu pro znovupoužitelné datové struktury
  - `java.util.ArrayList`, ...
- Algoritmy – užitečné metody pro výpočty, hledání, řazení nad objekty implementující rozhraní kolekcí.
  - Algoritmy jsou polymorfní
  - `java.util.Collections`

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

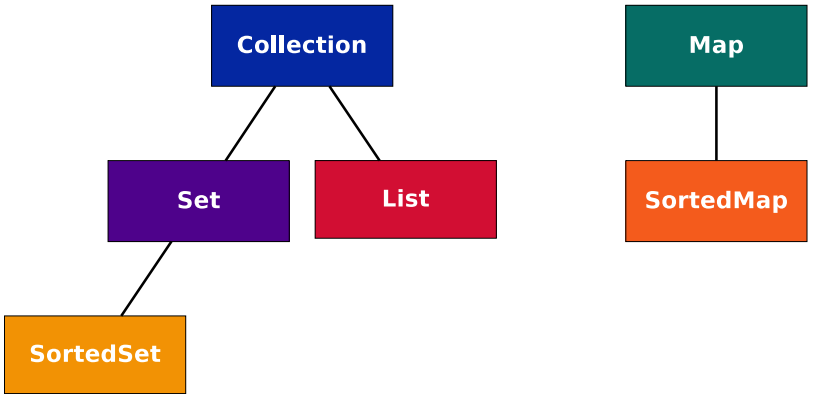
JFC – výhody

- Výkonné implementace – umožňují rychlé a kvalitní programy, možnosti přizpůsobení implementace
- Jednotné API (*Application Programming Interface*)
  - Standardizace API pro další rozvoj
  - Genericita
- 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

Struktura rozhraní kolekce



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

  UnsupportedOperationException

Procházení kolekcí 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

- 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 – 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 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

- Iterator Design Pattern

  http://sourcemaking.com/design_patterns/Iterator/java/1

  http://java.dzone.com/articles/design-patterns-iterator

Iterátory a jejich zobecnění

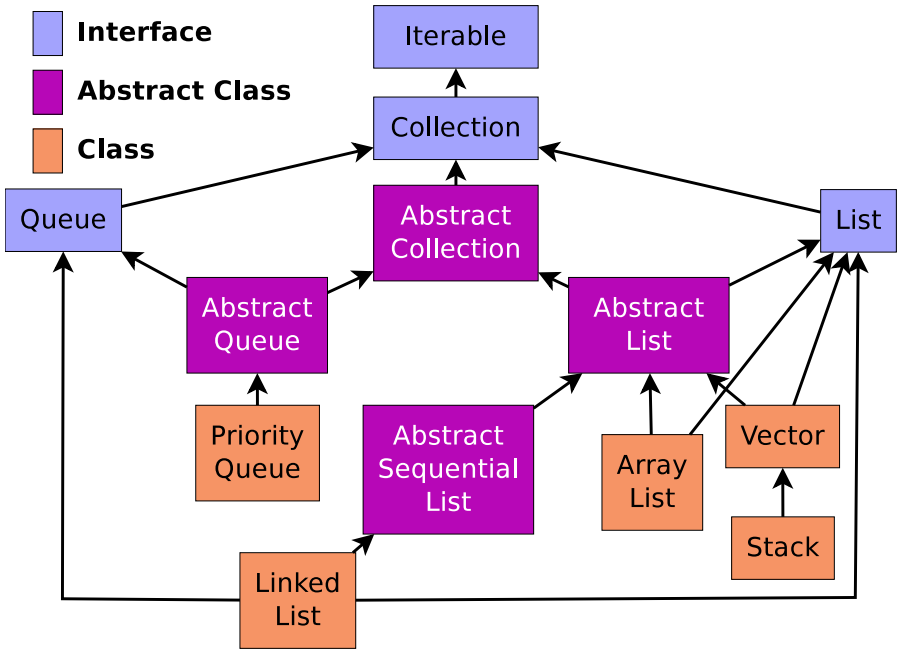
- Iterátory mohou být aplikovány na libovolné kolekce
- Iterátory mohou reprezentovat posloupnost, množinu nebo mapu
- Mohou být implementovány použitím polí nebo spojových seznamů

- 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

Přehled JFC

JFC overview



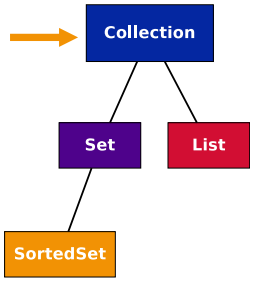
Rozhraní Collection

- 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[]);
```



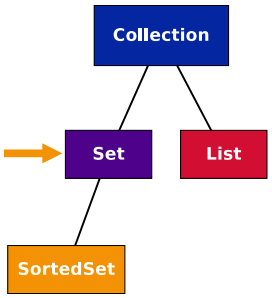
Třída AbstractCollection

- 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); binarySeach(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

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*

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 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 implementací 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()**

Obecně použitelné implementace

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

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

Generické typy

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.

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 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

Příklad – generický a negenerický typ

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

// vlozit 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;
   }
}
```


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);
}
```

Rozhraní **Iterable** a **Iterator**

- Rozhraní **Iterable** předepisuje metodu **iterator**, která vrací iterátor instanci 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/javaOO/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

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; // nastaveni 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

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;
   }
}
```

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

- 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

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> {

  // vnitni trida pro iterator
  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