

Výjimky, výčtové typy a kolekce v Javě

Jiří Vokřínek

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 3

B6B36PJV – Programování v JAVA

Obsah přednášky

Výjimky

Výčtové typy

Kolekce a JFC

Iterátory

Přehled JFC

Generické typy

Výjimky

Výjimky (Exceptions)

- Představují mechanismus ošetření chybových (výjimečných) stavů
- Mechanismus výjimek umožňuje metodu rozdělit na hlavní (standardní) část a řešení nestandardní situace

Umožňuje zpřehlednit kód metod

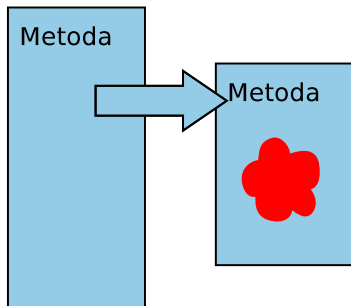
- Chyba nemusí znamenat ukončení programu
 - Chybu je možné ošetřit, zotavit běh programu a pokračovat ve vykonávání dalšího kódu

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/exceptions/index.html>

Výjimka nikoliv výjimka – výjimka označuje název děje nebo výsledku děje, je to podstatné jméno odvozené od slovesa.

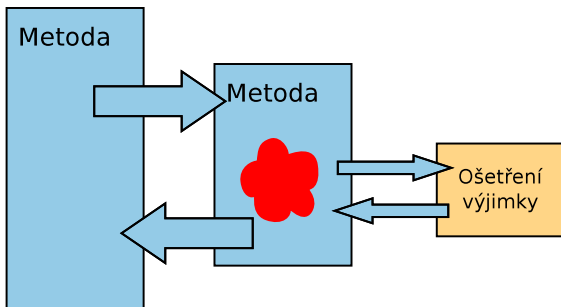
Nestandardní situace

- Vznik nestandardní situace může ukončit program



Princip ošetření výjimky

- Ošetřením výjimky program může pokračovat ve své „standardní“ činnosti



Výjimky (Exceptions)

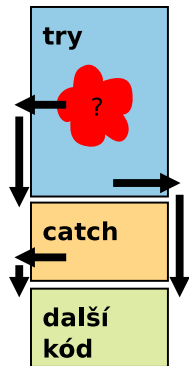
- Mechanismus výjimek umožňuje přenést řízení z místa, kde výjimka vznikla do místa, kde bude zpracována
 - Oddělení *výkonné* části od části *chybu řešící*
- Posloupnost příkazů, ve které může vzniknout výjimka, uzavíráme do bloku klíčovým slovem **try**
- Příslušnou výjimku pak „zachytáváme“ prostřednictvím **catch**
- Metodu můžeme deklarovat jako metodu, která může vyvolat výjimku – klíčovým slovem **throws**
- Java ošetření některých výjimečných situací vynucuje
 - **Reakce na očekávané chyby se vynucuje** na úrovni překladač
- Při vzniku výjimky je automaticky vytvořen **objekt**, který nese informaci o vzniklé výjimce (**Throwable**)
<http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Throwable.html>

Základní ošetření části kódu, kde může vzniknout výjimka

try – catch

- Volání příkazů/metod výkonné části dáváme do bloků příkazu **try**
- V případě vyvolání výjimky se řízení předá konstrukci ošetření výjimky **catch**
- Při předání vyvolání výjimky se ostatní příkazy v bloku **try** nevolají

```
try {  
    //prikazy kde muze vzniknout vyjimka  
} catch (Exception e) {  
    //osetreni vyjimky  
}  
// prikazy
```



Mechanismus šíření výjimek v Javě

Při vzniku výjimky hledá JVM odpovídající řešení, které je schopné výjimku ošetřit (převzít řízení):

- Pokud vzniká výjimka v bloku **try** hledá se odpovídající klauzule **catch** v tomto příkazu
- Pokud výjimka vznikne mimo příkaz **try**, předá se řízení do místa volání metody a pokračuje se podle předchozího bodu
- Pokud konstrukce pro ošetření výjimky v těle metody není, skončí funkce nestandardně a výjimka se šíří na dynamicky nadřazenou úroveň
- Není-li výjimka ošetřena ani ve funkci **main**, vypíše se a program skončí
- Pro rozlišení různých typů výjimek jsou v Javě zavedeny třídy. Výjimky jsou instancemi těchto tříd.

Základní dělení nestandardních situací (výjimek)

1. **RuntimeException** – situace, na které bychom měli reagovat, můžeme reagovat a dokážeme reagovat
 - Situace, kterým se můžeme vyvarovat programově např. kontrolou mezí pole nebo `null` hodnoty
 - Indexování mimo rozsah pole, dělení nulou, ...
ArrayIndexOutOfBoundsException, **ArithmeticException**, **NullPointerException**, ...

<http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/RuntimeException.html>

2. **Exception** – situace, na které musíme reagovat
 - Java vynucuje ošetření nestandardní situace
 - Například **IOException**, **FileNotFoundException**
3. **Error** – situace, na které obecně reagovat nemůžeme – závažné chyby
 - Chyba v JVM, HW chyba: **VirtualMachineError**, **OutOfMemoryError**, **IOError**, **UnknownError**, ...

<http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Error.html>

Příklad – RuntimeException 1/3

Při spuštění sice získáme informaci o chybě, ale bez zdrojového kódu nevíme přesně co a proč program předčasně končilo

- `java DemoException` → **NullPointerException**
- `java DemoException 1` → **ArrayIndexOutOfBoundsException**
- `java DemoException 1 a` → **NumberFormatException**
- `java DemoException 1 1` – program vypíše hodnotu 1

```
public class DemoException {  
    public int parse(String[] args) {  
        return Integer.parseInt(args[1]);  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        DemoException demo = new DemoException();  
        int value = demo.parse(args.length == 0 ? null : args);  
        System.out.println("2nd argument: " + value);  
    } }  
  
1ec03/DemoException
```

Příklad – RuntimeException 2/3

- Explicitní kontrola parametru

```
public class DemoExceptionTest {
    public int parse(String[] args) {
        int ret = -1;
        if (args != null && args.length > 1) {
            ret = Integer.parseInt(args[1]);
        } else {
            throw new RuntimeException("Input argument not set");
        }
        return ret;
    }

    public static void main(String[] args) {
        DemoExceptionTest demo = new DemoExceptionTest();
        int value = demo.parse(args);
        System.out.println("2nd argument: " + value);
    } }
```

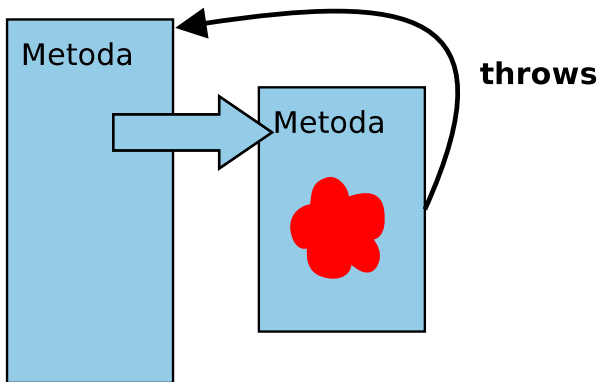
lec03/DemoExceptionTest

- Neřeší však **NumberFormatException**

Předání ošetření výjimky (**Exception**) výš

- Ošetření výjimky lze předat nadřazené metodě deklarací **throws**

```
public void readData(void) throws IOException {  
    ...  
}
```



Příklad – RuntimeException 3/3

- Výjimku **NumberFormatException** odchytíme a „nahradíme“ upřesňující zprávou
- Výjimku propagujeme výše prostřednictvím **throw**

```
public int parse(String[] args) {
    try {
        if (args != null && args.length > 1) {
            return Integer.parseInt(args[1]);
        } else {
            throw new RuntimeException("Input argument not set");
        }
    } catch (NumberFormatException e) {
        throw new RuntimeException("2nd argument must be
int");
    } }
}
```

lec03/DemoExceptionTestThrows

Způsoby ošetření

- Zachytíme a kompletně ošetříme
- Zachytíme, částečně ošetříme a dále předáme výše
Např. Interně v rámci knihovny logujeme výjimku
- Ošetření předáme výše, výjimku nelze nebo ji nechceme ošetřit
- *Bez ošetření výjimky* – **špatně**

- Aspoň výpis na standardní chybový výstup

```
} catch (Exception e) {  
    e.printStackTrace();  
}
```

- Případně logovat (např. do souboru) v případě grafické aplikace nebo uživatelského prostředí

system logger, log4j, ...

Příklad explicitní deklarace propagace výjimky - 1/2

- Hodnota 2. argumentu je pro nás klíčová, proto použijeme výjimku **Exception**, která vyžaduje ošetření
- Výjimku předáváme výš deklarací **throws**

```
public int parse(String[] args) throws Exception {
    try {
        if (args != null && args.length > 1) {
            return Integer.parseInt(args[1]);
        } else {
            throw new Exception("Input argument not set");
        }
    } catch (NumberFormatException e) {
        throw new Exception("2nd input argument must be
integer");
    }
}
```


Příklad explicitní deklarace propagace výjimky - 2/2

- Kompilace třídy však selže, neboť je nutné výjimku explicitně ošetřit

```
DemoExceptionTestThrow.java:18: error: unreported  
exception Exception; must be caught or declared to  
be thrown  
    int value = demo.parse(args)
```

- Proto musí být volání v bloku `try`

```
try {  
    int value = demo.parse(args);  
    System.out.println("2nd argument: " + value);  
} catch (Exception e) {  
    System.out.println("Error: " + e.getMessage());  
}  
                                     lec03/DemoExceptionTestThrow
```

- Nebo `main` musí deklarovat propagaci výjimky výš

```
public static void main(String[] args) throws Exception {  
                                     lec03/DemoExceptionTestThrowMain
```

V tomto případě je použití výjimky `Exception` nevhodné.

Příklad explicitní deklarace propagace výjimky - 2/2

- Kompilace třídy však selže, neboť je nutné výjimku explicitně ošetřit

```
DemoExceptionTestThrow.java:18: error: unreported
exception Exception; must be caught or declared to
be thrown
    int value = demo.parse(args)
```

- Proto musí být volání v bloku **try**

```
try {
    int value = demo.parse(args);
    System.out.println("2nd argument: " + value);
} catch (Exception e) {
    System.out.println("Error: " + e.getMessage());
}
    lec03/DemoExceptionTestThrow
```

- Nebo **main** musí deklarovat propagaci výjimky výš

```
public static void main(String[] args) throws Exception {
    lec03/DemoExceptionTestThrowMain
```

*V tomto případě je použití výjimky **Exception** nevhodné.*

Příklad explicitní deklarace propagace výjimky - 2/2

- Kompilace třídy však selže, neboť je nutné výjimku explicitně ošetřit

```
DemoExceptionTestThrow.java:18: error: unreported  
exception Exception; must be caught or declared to  
be thrown  
    int value = demo.parse(args)
```

- Proto musí být volání v bloku **try**

```
try {  
    int value = demo.parse(args);  
    System.out.println("2nd argument: " + value);  
} catch (Exception e) {  
    System.out.println("Error: " + e.getMessage());  
}  
                                            lec03/DemoExceptionTestThrow
```

- Nebo **main** musí deklarovat propagaci výjimky výš

```
public static void main(String[] args) throws Exception {  
                                            lec03/DemoExceptionTestThrowMain
```

*V tomto případě je použití výjimky **Exception** nevhodné.*

Příklad explicitní deklarace propagace výjimky - 2/2

- Kompilace třídy však selže, neboť je nutné výjimku explicitně ošetřit

```
DemoExceptionTestThrow.java:18: error: unreported  
exception Exception; must be caught or declared to  
be thrown  
    int value = demo.parse(args)
```

- Proto musí být volání v bloku **try**

```
try {  
    int value = demo.parse(args);  
    System.out.println("2nd argument: " + value);  
} catch (Exception e) {  
    System.out.println("Error: " + e.getMessage());  
}  
                                            lec03/DemoExceptionTestThrow
```

- Nebo **main** musí deklarovat propagaci výjimky výš

```
public static void main(String[] args) throws Exception {  
                                            lec03/DemoExceptionTestThrowMain
```

*V tomto případě je použití výjimky **Exception** nevhodné.*

Kdy předávat výjimku výš?

- Pokud je to možné, výjimečnou situaci řešíme co nejbližší místa jejího vzniku
- Výjimkám typu **RuntimeException** můžeme předcházet *NullPointerException, ArrayIndexOutOfBoundsException* typicky *indikují opominutí*.
- Předávání výjimek **throws** se snažíme vyhnout
Zejména na „uživatelskou“ úroveň.
- Výjimky typu **Exception** předáme výš pouze pokud nemá cenu výjimku ošetřovat, např. požadovanou hodnotu potřebujeme a bez ní nemá další činnost programu smysl
- Java při překladu kontroluje kritické části, které vyžadují ošetření nebo deklaraci předání výjimky výš

Kontrolované a nekontrolované výjimky

- **Kontrolované** výjimky musí být explicitně deklarovány v hlavičce metody
 - Jedná se o výjimky třídy **Exception**
 - Označující se také jako **synchronní výjimky**
- **Nekontrolované** výjimky se mohou šířit z většiny metod, a proto by jejich deklarování obtěžovalo
 - Jedná se o **asynchronní výjimky**
 - Rozlišujeme na výjimky, které
 - běžný uživatel není schopen ošetřit (**Error**)
 - chyby, které ošetřujeme podle potřeby; podtřídy třídy **RuntimeException**.

Třída **Error**

- Představuje závažné chyby na úrovni virtuálního stroje (JVM)
- Nejsme schopni je opravit
- Třída **Error** je nadtřída všech výjimek, které převážně vznikají v důsledku sw nebo hw chyb výpočetního systému, které většinou nelze v aplikaci smysluplně ošetřit

Třída `RuntimeException`

- Představuje třídu chyb, kterou lze úspěšně ošetřit
- Je třeba je očekávat—jsou to **asynchronní výjimky**
- Nemusíme na ně reagovat a můžeme je propagovat výše
 - Překladač ošetření této výjimky nevyžaduje
- Reagujeme na ně dle našeho odhadu jejich výskytu
 - Pokud špatně odhadneme a nastane chyba, JVM indikuje místo vzniku chyby a my můžeme ošetření výjimky, nebo ošetření vzniku výjimky implementovat

Zpravidla situace, která „nikdy nenastane“ se jednou stane. Otázkou tak spíše je, jak často to se to stane při běžném použití programu.

- Prakticky není možné (vhodné) ošetřit všechny výjimky **RuntimeException**, protože to zpravidla vede na nepřehledný kód

Vytvoření vlastní výjimky

- Pro rozlišení případných výjimečných stavů můžeme vytvořit své vlastní výjimky
- Buď odvozením od třídy **Exception** – kontrolované (synchronní) výjimky
- Nebo odvozením od třídy **RuntimeException** – asynchronní

Příklad vlastní výjimky – RuntimeException

- Vlastní výjimku **MyRunTimeException** vytvoříme odvozením od třídy **RuntimeException**
- Výjimku **MyRunTimeException** není nutné ošetřovat

```
class MyRuntimeException extends RuntimeException {  
    public MyRuntimeException(String str) {  
        super(str);  
    }  
}  
  
void demo1() {  
    throw new MyRuntimeException("Demo MyRuntimeException");  
}
```

lec03/MyExceptions

Vytvoření vlastní výjimky – Exception

- Vlastní výjimku **MyException** vytvoříme odvozením od třídy **Exception**
- Výjimku **MyException** je nutné ošetřovat, proto metodu **demo2** deklarujeme s **throws**

```
class MyException extends Exception {  
    public MyException(String str) {  
        super(str);  
    }  
}  
  
void demo2() throws MyException {  
    throw new MyException("Demo MyException");  
}
```

lec03/MyExceptions

Ošetřování různých výjimek

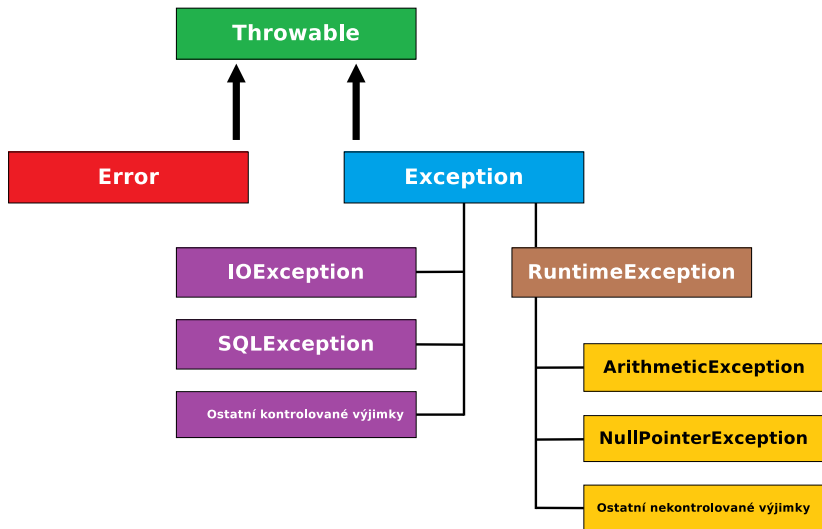
- Příslušná sekce **catch** ošetřuje kompatibilní výjimky
- Můžeme proto na různé chyby reagovat různě

```
public static void main(String[] args) {  
    MyExceptions demo = new MyExceptions();  
    try {  
        if (args.length > 0) {  
            demo.demo1();  
        } else {  
            demo.demo2();  
        }  
    } catch (MyRuntimeException e) {  
        System.out.println("MyRuntimeException:" + e.  
            getMessage());  
    } catch (MyException e) {  
        System.out.println("MyException:" + e.getMessage());  
    }  
}
```

lec03/MyExceptions

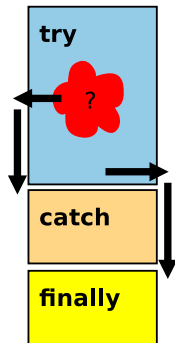
- Při ošetřování výjimek můžeme uplatnit dědické vztahy a hierarchii tříd výjimek

Struktura a hierarchie výjimek



Blok **finally**

- Při běhu programu může být nutné vykonat konkrétní akce bez ohledu na vyvolání výjimky
- Typickým příkladem je uvolnění alokovaných zdrojů, např. souborů
- Příkazy, které se mají vždy provést před opuštěním funkce je možné zapsat do bloku **finally**
- Příkazy v bloku **finally** se provedou i když blok příkazu v **try** obsahuje **return** a k vyvolání výjimečné situace nedojde



<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/exceptions/finally.html>

Příklad – try – catch – finally – 1/2

```
public class BlockFinally {  
    void causeRuntimeException() {  
        throw new RuntimeException("RuntimeException");  
    }  
    void causeException() throws MyException {  
        throw new MyException("Exception");  
    }  
    void start(int v) {  
        ...  
    }  
    public static void main(String[] args) {  
        BlockFinally demo = new BlockFinally();  
        demo.start(args.length > 0 ? Integer.parseInt(args  
            [0]) : 1);  
    }  
}
```

lec03/BlockFinally

Příklad – try – catch – finally – 2/2

```
void start(int v) {  
    try {  
        if (v == 0) {  
            System.out.println("v:0 call runtime");  
            causeRuntimeException();  
        } else if (v == 1) {  
            System.out.println("v:1 call exception");  
            causeException();  
        } else if (v == 2) {  
            System.out.println("v:2 call return");  
            return;  
        }  
    } catch (MyException e) {  
        System.out.println("start handle Exception");  
    } finally {  
        System.out.println("Leave start!");  
    }  
}
```

- Vyzkoušejte pro různá volání: `java BlockFinally 0`; `java BlockFinally 1`; `java BlockFinally 2`

[lec03/BlockFinally](#)

Výjimky a uvolnění zdrojů – 1/2

- Kromě explicitního uvolnění zdrojů v sekci **finally** je možné využít také konstrukce **try-with-resources** příkazu **try**
- Při volání **finally**

```
void writeInt(String filename, int w) throws
    IOException {
    FileWriter fw = null;
    try {
        fw = new FileWriter(filename);
        fw.write(w);
    } finally {
        if (fw != null) {
            fw.close();
        }
    }
}
```

totiž může dojít k výjimce při zavírání souboru a tím potlačení výjimky vyvolané při čtení ze souboru.

Výjimky a uvolnění zdrojů 2/2

- Proto je výhodnější přímo využít konstrukce **try-with-resources** příkazu **try**

```
void writeInt(String filename, int w) throws
    IOException {
    try (FileWriter fw = new FileWriter(filename)) {
        fw.write(w);
    }
}
```

- **try-with-resources** lze použít pro libovolný objekt, který implementuje **java.lang.AutoCloseable**

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/exceptions/tryResourceClose.html>

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

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>

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 znovupoužitelných datových struktur
- Navržena a implementována převážně Joshua Blochem

J. Bloch: Effective Java (2nd Edition), Addison-Wesley, 2008

- Příklad aplikace principů objektivě 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 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 kolekcím manipulovat s prvky nezávislé 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 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

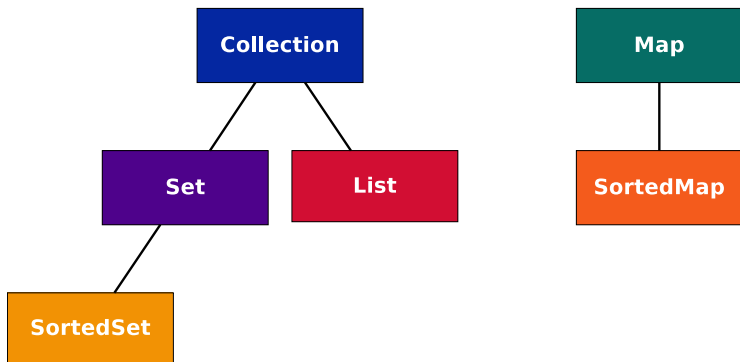
Jednotné API podporuje interoperabilitu i částí vytvořených nezávisle.

- 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 konkrétní 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);  
}
```

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>

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

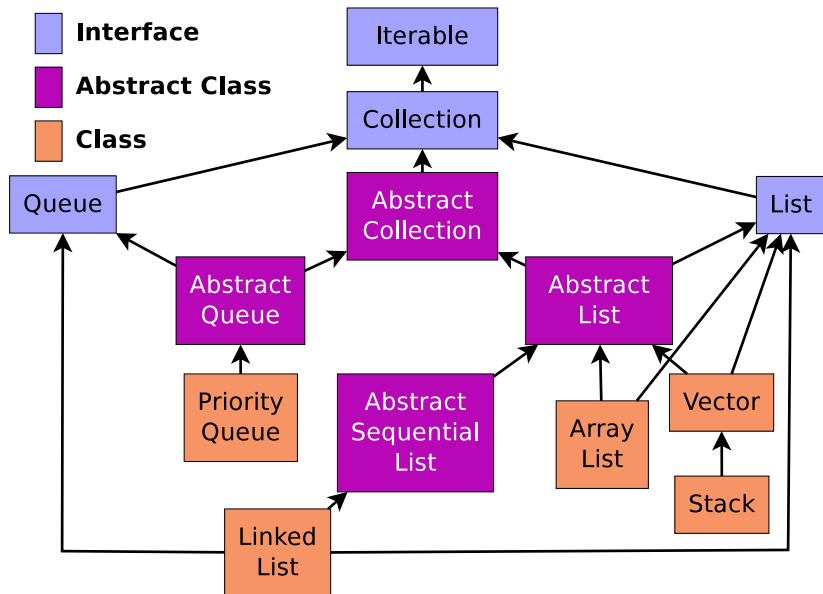
add, hasNext, hasPrevious, previous, next, nextIndex, previousIndex, set, remove

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

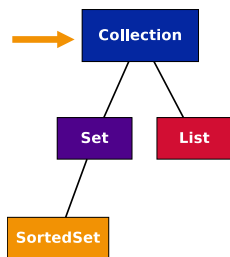
JFC overview



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[]);  
}
```



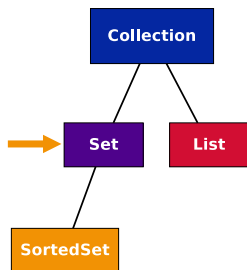
Třída **AbstractCollection**

- 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)`
- **přůnik**
`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**

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 `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 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()`**

Obecně použitelné implementace

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

		<i>Implementace</i>			
		Hašovací tabulky	Variabilní pole	Vyvážený strom	Spojový seznam
	Set	HashSet		TreeSet	
<i>Rozhraní</i>	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 tak dovoluje vytvořit třídu (např. nějaký kontejner), která umožňuje uložit libovolný objekt (jako referenci na objekt **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 nějaké takové obecné kolekce

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 přetytování (`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 překladač.

- 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 přetytování (**Participant**) není nutné.

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;
    }
}
```

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

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Ošetření výjimečných stavů – **exceptions**
- Výčtové typy – **enum**
- Kolekce – **Java Collection Framework (JFC)**
 - Generické typy

- Příště: **Soubory**

Diskutovaná témata

- Ošetření výjimečných stavů – **exceptions**
- Výčtové typy – **enum**
- Kolekce – **Java Collection Framework (JFC)**
 - Generické typy

- **Příště: Soubory**