

Objektově orientované programování

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 8

A0B36PR1 – Programování 1

Část 2 – Příklad tříd geometrických objektů a jejich vizualizace

Zadání

Popis výchozích rozhraní a tříd

Návrh řešení

Implementace

Příklad použití

Část 1 – Třídy a objekty

Třídy a objekty – shrnutí 7. přednášky

Význam metody `main`

Objekty základních typů

Neměnitelné objekty (Immutable objects)

Dědičnost

Příklad

Hierarchie tříd

Část I Třídy a objekty

Objektově orientované programování (OOP)

OOP je přístup jak správně navrhnout strukturu programu tak, aby výsledný program splňoval funkční požadavky a byl dobře udržovatelný.

- **Abstrakce** – koncepty (šablony) organizujeme do tříd, objekty jsou pak instance tříd.
- **Zapouzdření** (encapsulation)
 - Objekty mají svůj stav skrytý, poskytují svému okolí **rozhraní**, komunikace s ostatními objekty zasíláním zpráv (volání metod)
- **Dědičnost** (inheritance)
 - Hierarchie tříd (konceptů) se společnými (obecnými) vlastnostmi, které se dále specializují
- **Polymorfismus** (mnohotvárnost)
 - Objekt se stejným rozhraním může zastoupit jiný objekt téhož rozhraní.

Struktura objektu

- Hodnota objektu je strukturovaná, tj. skládá se z dílčích hodnot, které mohou být obecně různého typu

Heterogenní datová struktura – na rozdíl od pole
- Objekt je abstrakcí paměťového místa skládajícího se z částí, ve kterých jsou uloženy dílčí hodnoty – **položky objektu**
 - atributy, instanční proměnné
- Datové položky jsou označeny jmény a mohou být třídou zveřejněny

Dle principu zapouzdření se však zpravidla nezveřejňují.

Objekt:

- Instance třídy – lze vytvářet pouze dynamicky operátorem **new**

v Javě
- **Referenční proměnná**

Hodnota proměnné „odkazuje“ na místo v paměti, kde je objekt uložen
- K atributům a metodám se přistupuje prostřednictvím `.`

Třída

Popisuje množinu objektu – je jejich vzorem (předlohou) a definuje:

- **Rozhraní** – části, které jsou přístupné zvenčí

public, protected, private, package
- **Tělo** – implementace operací rozhraní (metod), které určují schopnosti objektů dané třídy

instanční vs statické (třídní) metody
- **Datové položky** – atributy základních i složitějších datových typů a struktur

kompozice objektů

 - Instanční proměnné – určují stav objektu dané třídy
 - Třídní (statické) proměnné – společné všem instancím dané třídy

Statické datové položky a metody

- Statické datové položky „patří“ třídě
 - Jsou součástí třídy, existují i bez (objektu) instance třídy
 - Vznikají při startu programu („nahrání“ třídy)
- Statické metody jsou metody třídy
 - Mají přístup ke statickým položkám třídy
- **Důsledek:**
 - Metody můžeme volat i bez vytvoření objektu
 - Představují *procedure* a *funkce*

Příklad

- Datové položky třídy **Math**, např. **Math.E**, **Math.PI** nebo matematické funkce **Math.sin()**, **Math.sqrt()**
- Konverzní funkce třídy **String**, např. **String.valueOf()** nebo konverzní metody třídy **Integer** pro parsování řetězce **Integer.parseInt(String s)**

Vytvoření objektu – Konstruktor třídy

- Instance třídy (objekt) vzniká voláním operátoru **new** s argumentem jména třídy
- Při vzniku je volána speciální metoda třídy zvaná **konstruktor**, ve které můžeme nastavit hodnoty instančních proměnných
- Konstruktor nemá návratový typ, jmenuje se stejně jako třída a můžeme jej přetížit pro různé typy a počty parametrů
- V konstrukturu můžeme volat jiný konstruktor prostřednictvím operátoru **this**

*Další speciální operátor je **super***

- Zpravidla je **public**, ale může být i **private**

Private používáme např. pro „knihovny“ statickým metod

Datové položky objektů

- Dle principu zapouzdření jsou datové položky zpravidla **private**
- Přístup k položkám je přes metody, tzv. „accessory“, které vrací/-nastavují hodnotu příslušné proměnné („getter“ a „setter“)

```
public class DemoGetterSetter {
    private int x;
}
```

- „Accessory“ lze vytvořit mechanicky a vývojová prostředí zpravidla nabízí automatické vygenerování jejich zdrojového kódu

```
public class DemoGetterSetter {
    private int x;

    public int getX() {
        return x;
    }

    public void setX(int x) {
        this.x = x;
    }
}
```

Viz Alt+Insert v Netbeans

Vztahy mezi objekty

- Objekty mohou obsahovat jiné objekty
- Agregace / kompozice
- Definice třídy může být založena na definici již existující třídy vzniká tak vztah mezi třídami
 - Základní třída (nadtřída/super class) a odvozená třída (derived class)
 - Dědičný vztah se přenáší i na objekty jako instance příslušných tříd
Důsledek je, že můžeme objekty přetypovat na instance třídy předka.
- Objekty mezi sebou komunikují prostřednictvím metod, které mají vzájemně přístupné

Statická metoda **main**

- Deklarace hlavní funkce
public static void main(String[] args) { ... }
představuje „spouštěč“ programu
- Musí být statická, je volána dříve než se vytvoří objekt
- Třída nemusí obsahovat funkci **main**
 - Taková třída zavádí prostředky, které lze využít v jiných třídách
 - Jedná se tak o „knihovnu“ funkcí a procedur nebo datových položek (konstant)
- Kromě spuštění programu může funkce **main** obsahovat například testování funkčnosti objektu nebo ukázkou použití metod objektu

Např. jak je použito v příkladech na přednáškách a cvičení

*Třída s hlavní funkcí **main** tvořící základ programu je specialitou jazyka Java. V jiných jazycích např. C/C++, lze program vytvořit bez použití třídy.*

Objekty pro základní typy

- Každý primitivní typ má v Javě také svoji třídu:
 - Char, Boolean
 - Byte, Short, Integer, Long
 - Float, Double
- Třídy obsahují metody pro převod čísel a metody pro parsování čísla z textového řetězce
 - např. `Integer.parseInt(String s)`
- Dále také rozsah číselného typu minimální a maximální hodnoty
 - např. `Integer.MAX_VALUE`, `Integer.MIN_VALUE`

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

Neměnitelné objekty (Immutable objects)

- Objekty, které v průběhu života nemění svůj stav
- Například instance třídy `String`
- Modifikace objektu není možná a je nutné vytvořit objekt nový
- Mají výhodu v případě paralelního běhu více výpočetních toků
- Vytváření nových objektů je zpravidla spojeno s režii

Ta však může být zanedbatelná

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/immutable.html>

- Definice neměnitelného objektu
 - Všechny datové položky jsou **final** a **private**

Reference na neměnitelné objekty!
 - Neimplementujeme „settery“ pro modifikaci položek
 - Zákaz přepisu metod v potomcích (**final** modifikátor u metod)

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/imstrat.html>

Referenční proměnné objektů tříd primitivních typů

- Referenční proměnné objektů pro primitivní typy můžeme používat podobně jako základní typy

```
Integer a = 10;
Integer b = 20;

int r1 = a + b;
Integer r2 = a + b;
System.out.println("r1: " + r1 + " r2: " + r2);
```

- Stále to jsou však referenční proměnné (odkazující na adresu v paměti)
- Obsah objektu nemůžeme měnit, jedná se o tzv. **immutable** objekty
- Příklad volání funkce / metody

Porovnejte s voláním a předáváním hodnoty prostřednictvím třídy `DoubleValue` ze 7. cvičení

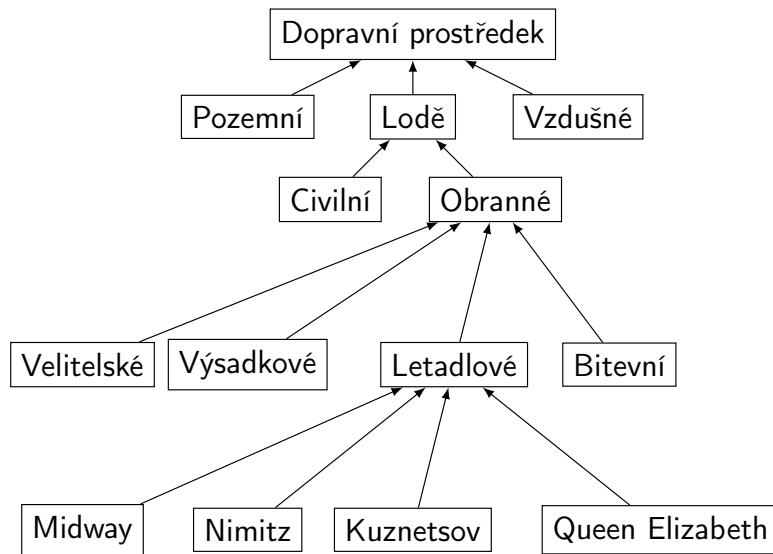
`lec08/DemoObjectsOfBasicTypes.java`

Základní vlastnosti dědičnosti

- Dědičnost je mechanismus umožňující
 - Rozšiřovat datové položky tříd nebo je také modifikovat
 - Rozšiřovat nebo modifikovat metody tříd
- Dědičnost umožňuje
 - Vytvářet hierarchie tříd
 - „Předávat“ datové položky a metody k rozšíření a úpravě
 - Specializovat („upřesňovat“) třídy
- Mezi hlavní výhody dědění patří:
 - Zásadním způsobem přispívá ke znovupoužitelnosti programového kódu

Spolu s principem zapouzdření.
 - Dědičnost je základem polymorfismu

Příklad hierarchie tříd



Třída zapouzdřující maticové operace

- Naším úkolem je provést sadu maticových výpočtů, např.:

```

public Matrix compute(int n, Matrix matrix) {
    Matrix m1 = matrix.createMatrix(n, n);
    Matrix m2 = matrix.createMatrix(n, n);
    m1.fillRandom();
    m2.fillRandom();

    Matrix semiResult1 = m1.sum(m2);
    Matrix semiResult2 = m1.difference(m2);
    return semiResult1.product(semiResult2);
}

```

viz [lec08/**/Matrix.java](#), [lec08/**/DemoMatrix.java](#)

- Pro začátek implementuje přímočaré násobení matice

Už však tušíme, že se to dá také udělat jinak, proto navrhne třídu Matrix „rozšířitelnou“.

Odvozené třídy, polymorfismus a praktické důsledky

- Odvozená třída dědí metody a položky nadtřídy, ale také může přidávat položky nové
 - Můžeme rozšiřovat a specializovat schopnosti třídy
 - Můžeme modifikovat implementaci metod
- Objekt odvozené třídy může „vystupovat“ místo objektu nadtřídy
 - Můžeme například využít efektivnější implementace aniž bychom modifikovali celý program.
 - Příklad různé implementace maticového násobení

viz [lec07/Matrix.java](#), [lec07/DemoMatrix.java](#)

Třída reprezentující matici

- Volání metody konkrétní třídy závisí jakého typu je referenční proměnná (objekt)

Jaké jméno třídy použijeme při volání operátoru `new`

- Proto ve třídě Matrix vytvoříme metodu pro vytvoření instance konkrétní třídy, kterou bude možné v odvozených třídách předefinovat a vytvářet tak instance odvozených tříd

```

class Matrix {
    ...
    protected Matrix createMatrix(int rows, int cols) {
        return new Matrix(rows, cols);
    }
    ...
}

```

Vystupovat však budou tyto instance „rozhráním“ třídy Matrix

- Tuto metodu pak v odvozených třídách modifikujeme, aby vytvářela instance odvozené třídy.

To teď ještě udělat nemůžeme, protože odvozené třídy ještě neexistují.

Třída Matrix – operace součtu

- Při implementaci operací pak **důsledně používáme** pro vytvoření nových objektů (matic) metodu createMatrix

```
public class Matrix {
    ...
    public Matrix sum(Matrix a) {
        if (!(rows == a.rows && cols == a.cols)) {
            return null;
        }
        Matrix ret = createMatrix(this);
        for (int r = 0; r < rows; ++r) {
            for (int c = 0; c < cols; ++c) {
                ret.values[r][c] = values[r][c] + a.values[r][c];
            }
        }
        return ret;
    }
    ...
}
```

Příklad použití třídy Matrix

- Při výpočtu pak využíváme předaného parametru pro vytvoření matice pro mezi výsledky

```
public Matrix compute(int n, Matrix matrix) {
    Matrix m1 = matrix.createMatrix(n, n);
    Matrix m2 = matrix.createMatrix(n, n);
    m1.fillRandom();
    m2.fillRandom();

    Matrix semiResult1 = m1.sum(m2);
    Matrix semiResult2 = m1.difference(m2);
    return semiResult1.product(semiResult2);
}

Matrix matrix = new Matrix(1, 1);
Matrix results = compute(1000, matrix);
```

Třída Matrix – operace násobení

- Podobně také v implementaci operace násobení

```
public Matrix product(Matrix a) {
    Matrix ret = createMatrix(this);
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        for (int j = 0; j < n; ++j) {
            ret.values[i][j] = 0.0;
            for (int k = 0; k < n; ++k) {
                ret.values[i][j] +=
                    values[i][k] * a.values[k][j];
            }
        }
    }
    return ret;
}
```

Vytváření matice metodou createMatrix místo volání new Matrix je důležité, aby v odvozených třídách nabízející nové implementace metod vytvářely instance právě těchto odvozených tříd.

Odvozená třída MatrixExtended

- Pokud nejsme spokojeni s rychlostí násobení odvodíme novou třídu MatrixExtended od třídy Matrix
- Přepíšeme pouze metody createMatrix a product
- V konstruktoru zajistíme volání konstruktoru předka přes **super**

```
public class MatrixExtended extends Matrix {
    public MatrixExtended(int rows, int cols) {
        super(rows, cols);
    }
    @Override
    protected Matrix createMatrix(int rows, int cols) {
        return new MatrixExtended(rows, cols);
    }
    @Override
    public Matrix product(Matrix a) {
        ...
    }
}
```

lec08/**/MatrixExtended.java

Výpočet s Matrix nebo MatrixExtended

```
public void start(String[] args) {
    final int N = 1000;
    final boolean FAST_MATRIX = true;

    Matrix matrix = FAST_MATRIX ?
        new MatrixExtended(1, 1) : new Matrix(1, 1);

    long t1 = System.currentTimeMillis();
    Matrix results = compute(1000, matrix);
    long t2 = System.currentTimeMillis();
    System.out.printf("Time is %6d ms%n", (t2 - t1));
}

    lec08/**/DemoMatrix.java
```

- Do kódu funkce compute již nezasahujeme

Uvedený příklad slouží k demonstraci jakým způsobem lze využít odvození třídy a její specializace. Zároveň také demonstruje polymorfismus, neboť ve výpočtu funkce compute přistupujeme k maticím prostřednictvím rozhraní třídy Matrix avšak vlastní objekty mohou být buď instance třídy Matrix tak odvozené třídy MatrixExtended.

Hierarchie tříd v knihovně JDK

- V dokumentaci jazyka Java můžeme najít následující obrázek

Overview of the `String` class in the Java Platform Standard Ed. 8 documentation. The page shows the class hierarchy, implemented interfaces, and the class definition.

```
public final class String
    extends Object
    implements Serializable, Comparable<String>, CharSequence

The String class represents character strings. All string literals in Java programs, such as "abc", are implemented as instances of this class.

Strings are constant; their values cannot be changed after they are created. String buffers support mutable strings. Because String objects are immutable they can be shared. For example:

    String str = "abc";

is equivalent to:

    char data[] = {'a', 'b', 'c'};
    String str = new String(data);
```

<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/index.html?java/lang/String.html>

Hierarchie tříd

- V uvedeném příkladu je třída `MatrixExtended` podtřídou třídy `Matrix`
- Podtřída dědí vlastnosti nadtřídy a rozšiřuje třídu o nové vlastnosti
- Zděděné vlastnosti mohou být v podtřídě modifikovány
- Pro instanční metody to znamená:
 - Každá metoda třídy `Matrix` je i metodou třídy `MatrixExtended`
V podtřídě však může mít jinou implementaci (@Override)
 - V podtřídě mohou být definovány nové metody
- Pro strukturu objektu to znamená
 - Instance třídy `MatrixExtended` mají všechny členy třídy `Matrix` a případně další části

Některé však mohou být nepřístupné (private)

Třída String

- Třída `String` je odvozena od třídy `Object`
- Třída implementuje rozhraní `Serializable`, `CharSequence` a `Comparable<String>`
- Třída je **final** – tj. nemůže být od ní odvozena jiná třída
- Třída je **Immutable** – její datové položky nelze měnit

```
public final class String extends Object {
```

Třída Object

- Třída Object tvoří počátek hierarchie tříd v Javě
- Tvoří nadtřidu pro všechny třídy
- Každá třída je podtřídou (je odvozena od) Object
 - `class A {}` je ekvivalentní s `class A extends Object {}`
- Třída Object implementuje několik základních metod:
 - `protected Object clone();`

Vytváří kopii objektu

- `public boolean equals(Object o);`
- `Class<?> getClass();`
- `int hashCode();`
- `public String toString(o);`

Vrací textovou reprezentaci objektu

- Také implementuje metody pro synchronizaci vícevláknových programů: `wait`, `notify`, `notifyAll`

Každý objekt je také tzv. „monitorem“.

<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Object.html>

Metoda equals()

- Standardní chování neporovnává obsah datových položek objektu, ale reference (adresy)

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

- Při zastínění můžeme porovnávat obsah datových položek, např.

```
public class Complex {
    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (!(o instanceof Complex)) {
            return false;
        }
        Complex c = (Complex)o;
        return re == c.re && im == c.im;
    }
}
```

- Pro zjištění, zdali je referenční proměnná instancí konkrétní třídy můžeme použít operátor `instanceof`

Metoda toString()

- Metodou je zavedena implicitní typová konverze z typu objektu na řetězec reprezentující konkrétní objekt, např. pro tisk objektu metodou `print`

Lze využít automatické vytvoření v Netbeans

- Například metoda `toString` ve třídách `Complex` a `Matrix`

```
public class Complex {
    ...
    @Override
    public String toString() {
        if (im == 0) {
            return re + "";
        } else if (re == 0) {
            return im + "i";
        } else if (im < 0) {
            return re + " - " + (-im) + "i";
        }
        return re + " + " + im + "i";
    }
}
```

*lec07/Complex.java, lec08/**/Matrix.java*

Metody equals() a hashCode()

- Pokud třída modifikuje metodu `equals()` je vhodné také modifikovat metodu `hashCode()`
- Metoda `hashCode()` vrací celé číslo reprezentující objekt, které je například použito v implementaci datové struktury `HashMap`
- Pokud metoda `equals()` vrací pro dva objekty hodnotu `true` tak i metoda `hashCode()` by měla vracet stejnou hodnotu pro oba objekty
- Není nutné, aby dva objekty, které nejsou totožné z hlediska volání `equals`, měly nutně také rozdílnou návratovou hodnotu metody `hashCode()`

Zlepší to však efektivitu při použití tabulek `HashMap`, viz dokumentace nebo PR2.

Operátor `super`

- Pokud je potřeba zavolat v podtřídě metodu nebo konstruktor z nadtřídy, je možné využít operátor `super`
- V konstruktoru lze volat buď `super` nebo jiný konstruktor `this`
Řešíme například tak, že v obecném konstruktoru se všemi parametry voláme `super` a ve specializovaných konstruktorech voláme obecný konstruktor operátorem `this`.
- Příklad:
 - Třída `Appender`, která je dále rozšířena ve třídě `AppenderExtended`

`lec08/DemoSuper.java`

Příklad – `AppenderExtended`

```
class AppenderExtended extends Appender {

    public AppenderExtended(String s) {
        super(s); // call constructor of the super class
    }

    @Override
    public void append(String s) {
        str = str + "\n Append in class B '" + s + "'";
        super.append(s); // call super class method append
    }
}
```

Příklad – `Appender`

```
class Appender {

    protected String str;

    public Appender(String s) {
        this.str = s + "\nConstructor of class A";
    }

    public void append(String s) {
        str = str + "\n Append in class A '" + s + "'";
    }

    @Override
    public String toString() {
        return str;
    }
}
```

Příklad volání konstruktorů a metody třídy `AppenderExtended`

- Vytvoření instance třídy `AppenderExtended`
`AppenderExtended a = new AppenderExtended("This is B object");`
`a.append("Text");`
`System.out.println(a);`

- Příklad výstupu:

```
java DemoSuper
This is B object
Constructor of class A
Append in class B 'Text'
Append in class A 'Text'
```

`lec08/DemoSuper.java`

Hierarchie tříd – třída ArrayList

■ V případě knihovni třídy ArrayList

The screenshot shows the Java API documentation for the `ArrayList` class. It includes navigation tabs (Overview, Package, Class, Use, Tree, Deprecated, Index, Help), a breadcrumb trail (Previous Class, Next Class, Frames, No Frames, All Classes), and a summary of nested elements. The main content area shows the class signature `Class ArrayList<E>`, its inheritance hierarchy (from `java.lang.Object` to `java.util.AbstractCollection`), implemented interfaces (`Serializable`, `Cloneable`, `Iterable`, `Collection`, `List`, `RandomAccess`), and direct known subclasses (`AttributeList`, `RoleList`, `RoleInResolvedList`). A code block shows the class definition: `public class ArrayList<E> extends AbstractList<E> implements List<E>, RandomAccess, Cloneable, Serializable`. Below the code, there are several paragraphs of text explaining the class's behavior, including its role as a resizable array implementation, its performance characteristics (constant time for most operations), and its capacity management.

<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/ArrayList.html>

■ Hierarchie nadtříd je větší.

V nadtřídách se objevuje také abstraktní třída.

Příklad abstraktní třídy

```
abstract class Geom {
    public abstract boolean intersect(Geom obj);
}

class Segment extends Geom {
    public boolean intersect(Geom obj) {
        ...
    }
}

class Circle extends Geom {
    public boolean intersect(Geom obj) {
        ...
    }
}
```

Abstraktní třída

- Chceme-li předepsat, že odvozená třída musí implementovat metodu, specifikujeme tento požadavek klíčovým slovem **abstract**
- Abstraktní metody se mohou vyskytovat pouze v abstraktních třídách

Jsou protikladem finálních metod, které nelze předefinovat.

- Abstraktní metody nemají implementaci

- Použití například pro vytvoření společného předka hierarchie tříd, které mají mít společné vlastnosti, případně doplněné o datové položky

Rozhraní třídy – interface

- V případě potřeby „dědění“ vlastností více předků lze využít rozhraní **interface**

Řeší vícenásobnou dědičnost

- Rozhraní definuje množinu metod, které třída musí implementovat, pokud implementuje (**implements**) dané rozhraní

*Garantuje, že daná metoda je implementována, **neřeší však jak***

- Rozhraní poskytuje specifický „pohled“ na objekty dané třídy

Můžeme přetypovat na objekt příslušného rozhraní

- Třída může implementovat více rozhraní

Na rozdíl od dědění, u kterého může dědit pouze od jediného přímého předka

- Případnou „kolizi“ shodných jmen metod více rozhraní řeší programátor

Příklad rozhraní

- Rozhraní definující schopnost objektu vykreslit se na plátno (canvas)

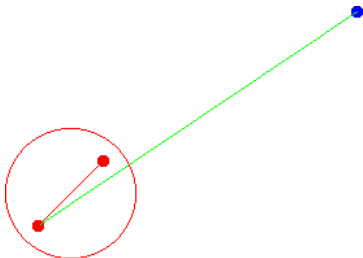
```
public interface Printable {
    public void printToCanvas(Canvas canvas);
}
```

- Geometrický objekt třídy Segment je odvozen od společné abstraktní třídy Geom a implementuje rozhraní Printable

```
class Segment extends Geom implements Printable {
    @Override
    public boolean intersect(Geom obj) {
        ...
    }
    @Override
    public void printToCanvas(Canvas canvas) {
        ...
    }
}
```

Zadání problému

- Cílem je vytvořit datovou reprezentaci základních geometrických objektů (bod, úsečka, kružnice, ...) a relačních operací nad těmito objekty, např. zdali se některý objekt nachází uvnitř jiného objektu
- Dále chceme objekty umět vizualizovat v rastrovém obrázku
- Příklad: zobrazení všech objektů uvnitř kružnice červeně



Část II

Příklad geometrických objektů a jejich vizualizace

Co je k dispozici

- Elementární rozhraní pro bod v rovině **Coords**
- Zobrazení:
 - Rozhraní plátna (**Canvas**) a základní implementace realizována polem polí (**ArrayBackedCanvas**)
 - Základní rasterizační funkce pro vykreslení úsečky a kružnice na mřížce (**GridCanvasUtil**)
 - Rozhraní pro zobrazitelné objekty **Printable**
 - Rozhraní pro uchování zobrazitelných objektů **ObjectHolder** a jeho základní implementace **ObjectHolderImpl**
- Elementární geometrické funkce pro testování, zdali jsou tři body kolineární a jestli bod leží na úsečce (**GeomUtil**)
- Implementace je součástí knihovny `lec08-simple_gui.jar`

Rozhraní Coords

- Bod v rovině je dán souřadnicemi x a y
- Rozhraní je dostatečné obecné, abychom jej mohli použít jak pro geometrický bod, tak pro pozici v mřížce obrázku
- Potřebujeme umět vytvořit bod a přečíst hodnoty x a y

```
public interface Coords {

    public int getX();
    public int getY();
    public Coords createCoords(int x, int y);

}
```

Pro jednoduchost uvažujeme pouze celá čísla

Rozhraní Printable

- Od rozhraní **Printable** požadujeme pouze jedinou vlastnost a to umět se vykreslit na plátno (**Canvas**)

```
public interface Printable {

    public void printToCanvas(Canvas canvas);

}
```

- Způsob jakým se objekt vykreslí je závislý na konkrétním geometrickém objektu

Zde neřešíme a ani nemůžeme, protože nevíme jaké geometrické objekty budou definovány.

Rozhraní Canvas

- Plátno (canvas) má své rozměry, které potřebujeme znát
Například abychom nevykreslovali mimo rozsah rastrového obrázku!
- Kreslení do rastrového obrázku nám postačí pouze změna barvy pixelu na příslušném políčku
- Pro barvu využijeme třídy **Color** z JDK

```
import java.awt.Color;

public interface Canvas {

    public int getWidth();
    public int getHeight();
    public void setColorAt(int x, int y, Color color);

}
```

Rozhraní ObjectHolder

- Rozhraní **ObjectHolder** deklaruje metody pro přidání objektu a vykreslení všech uložených objektů

```
public interface ObjectHolder {

    public ObjectHolder add(Printable object);
    public void printToCanvas(Canvas canvas);

}
```

- Pořadí vykreslení v rozhraní neřešíme

Základní implementace ObjectHolderImpl

- Pro jednoduchou implementaci vystačíme s před alokovaným polem pro uložení zobrazitelných objektů

```
public class ObjectHolderImpl implements ObjectHolder {
    private final Printable[] objects;
    private int size; // the number of stored objects

    public ObjectHolderImpl(int max) {
        objects = new Printable[max];
        size = 0;
    }
    @Override
    public ObjectHolder add(Printable object) {
        if (object != null && size < objects.length) {
            objects[size++] = object;
        }
        return this;
    }
    @Override
    public void printToCanvas(Canvas canvas) {
        for (int i = 0; i < size; ++i) {
            objects[i].printToCanvas(canvas);
        }
    }
}
```

Knihovna geometrických funkcí GeomUtil

- Podobně pro geometrické funkce v rovině

```
public class GeomUtil {
    private GeomUtil() {}
    /**
     * Compute the winding number
     *
     * @param a point forming a line
     * @param b point forming a line
     * @param c testing point for the wind number
     * @return 0 if c is on the line a-b, <0 if c is on the left of
     * the line
     * a-b, >0 if c is on the right of the line a-b
     */
    public static int wind(Coords a, Coords b, Coords c) { ... }
    /**
     *
     * @param a
     * @param b
     * @param c
     * @return true if point c is in between points a and b
     */
    public static boolean inBetween(Coords a, Coords b, Coords c) {
        ... }
}
```

Knihovna rasterizačních funkcí GridCanvasUtil

- Využijeme rozhraní **Coords**
- Metody představují sadu utilit, proto volíme statické metody

```
public class GridCanvasUtil {
    private GridCanvasUtil() {} // library, no instance allowed

    /**
     * Bresenham's line algorithm to raster a straight-line segment
     * into a grid
     * http://en.wikipedia.org/wiki/Bresenham%27s_line_algorithm
     *
     * @param p0
     * @param p1
     * @return array of Coords representing rasterized segment from
     * p0 to p1
     */
    public static Coords[] drawGridLine(Coords p0, Coords p1) {
        ...
    }
    public static Coords[] drawGridCircle(Coords ct, int radius) {
        ...
    }
}
```

Jednoduchá realizace plátna – ArrayBackedCanvas

- Plátno je dvourozměrné pole barev

```
public class ArrayBackedCanvas implements Canvas {
    private final int width, height;
    private final Color[][] canvas;

    public ArrayBackedCanvas(int width, int height) {
        this.width = width;
        this.height = height;
        canvas = new Color[width][height];
        clearCanvas(Color.WHITE);
    }

    public void clearCanvas(Color color) { ... }

    @Override
    public void setColorAt(int x, int y, Color color) {
        canvas[x][y] = color;
    }

    public void writeToFile(String fileName) throws IOException {
        ...
    }
    private BufferedImage generateBufferedImage() { ... }
}
```

Návrh řešení

- Řešení založíme na rozhraní z balíku `lec08-simple_gui.jar` jehož implementace nám zajistí, že bude moci použít plátno pro zobrazení geometrických objektů
- Zároveň se pokusíme „oddělit“ vizualizaci od vlastních geometrických operací, proto se nejdříve zaměříme na geometrické objekty
- Geometrické objekty však anotujeme barvou
 - Tedy, každý geometrický objekt má kromě svého popisu také barvu
- Postup návrhu
 1. Návrh hierarchie tříd geometrických objektů
 2. Návrh „testovací“ funkce pro ověření funkčnosti
 3. Rozšíření návrhu o vizualizaci

Abstraktní třída **Geom** 1/2

- Základní geometrický objekt představuje společnou abstraktní třídu
- Deklarujeme dvě základní geometrické operace **isEqual** a **isInside**
isEqual použijeme pro předefinování metody equals

```
public abstract class Geom {
    protected Color color;

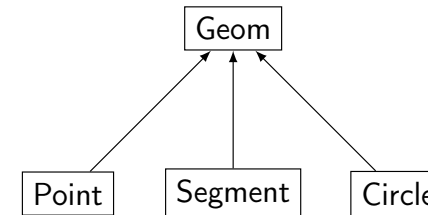
    public Geom(Color color) {
        this.color = color;
    }

    public abstract boolean isEqual(Geom geom);
    public abstract boolean isInside(Geom geom);

    public Color getColor() {
        return color;
    }

    public void setColor(Color color) {
        this.color = color;
    }
}
```

Hierarchie tříd geometrických objektů



Abstraktní třída **Geom** 2/2

- Dále předefinuje metody třídy `Object`

```
import java.util.Objects;

public abstract class Geom {
    @Override
    public String toString() {
        return "Geom{shape="+ getShapeName() + ",color=" + color + '}';
    }
    // @return string representation of the shape name
    public abstract String getShapeName();
    @Override
    public int hashCode() { ... }
    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        if (obj == null) { return false; }
        if (getClass() != obj.getClass()) { return false; }
        final Geom other = (Geom) obj;
        if (!Objects.equals(this.color, other.color)) {
            return false;
        }
        return isEqual(other); // isEqual is defined in derived class
    }
}
```

Třída Point 1/3

- Pro třídu **Point** připravíme několik konstruktorů
- Point** také použijeme pro implementaci rozhraní **Coords** používané v metodách knihovny **GeomUtil**

```
public class Point extends Geom implements Coords {
    private final int x; // for simplicity we use int
    private final int y; // as coords in plane

    public Point(int x, int y) {
        this(x, y, Color.BLUE);
    }

    public Point(int x, int y, Color color) {
        this(x, y, color);
    }

    public Point(int x, int y, Color color) {
        super(color);
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    @Override
    public String getShapeName() {
        return "Point";
    }
}
```

Třída Point 3/3

- Implementace geometrických operací je omezena pouze na relace s jiným bodem

```
public class Point extends Geom implements Coords {

    @Override
    public boolean isEqualTo(Geom geom) {
        boolean ret = geom == this;
        if (!ret && geom instanceof Point) {
            Point pt = (Point) geom;
            ret = x == pt.x && y == pt.y;
        }
        return ret;
    }

    @Override
    public boolean isInside(Geom geom) {
        boolean ret = false; // A geom object cannot be inside a
        // point
        return ret;
    }
}
```

Třída Point 2/3

- Rozhraní **Coords** předepisuje metody `getX()`, `getY()` a `createCoords()`

```
public class Point extends Geom implements Coords {
    ...
    @Override
    public int getX() {
        return x;
    }

    @Override
    public int getY() {
        return y;
    }

    @Override
    public Coords createCoords(int x, int y) {
        return new Point(x, y);
    }
    ...
}
```

Třída Segment 1/3

- Úsečka je definována dvěma body

```
public class Segment extends Geom {
    private final Point p0;
    private final Point p1;

    public Segment(Point pt1, Point pt2) {
        this(pt1, pt2, Color.GREEN);
    }

    public Segment(Point pt1, Point pt2, Color color) {
        super(color);
        if (pt1 == null || pt2 == null || pt1.equals(pt2)) {
            throw new IllegalArgumentException();
        }
        p0 = pt1;
        p1 = pt2;
    }

    @Override
    public String getShapeName() {
        return "Segment";
    }
}
```

Třída Segment 2/3

- Implementace geometrických operací je vztažena na **Point** i **Segment**

```
public class Segment extends Geom {
    ...
    @Override
    public boolean isInside(Geom geom) {
        if (geom == null) {
            return false;
        }
        boolean ret = this == geom;
        if (!ret && geom instanceof Point) {
            ret = isInside((Point) geom);
        } else if (!ret && geom instanceof Segment) {
            ret = isInside((Segment) geom);
        }
        return ret;
    }
    ...
}
```

Třída Circle 1/3

- Pro kružnice volíme základní barvu červenou

```
public class Circle extends Geom {
    private final Point center;
    private final int radius;

    public Circle(Point center, int radius) {
        this(center, radius, Color.RED);
    }
    public Circle(Point center, int radius, Color color) {
        super(color);
        if (center == null || radius <= 0) {
            throw new IllegalArgumentException();
        }
        this.center = center;
        this.radius = radius;
    }
    @Override
    public String getShapeName() {
        return "Circle";
    }
}
```

Třída Segment 3/3

- Pro testování, zdali bod leží na úsečce, využijeme funkce z **GeomUtil**

```
public class Segment extends Geom {
    ...
    public boolean isInside(Point pt) {
        if (pt == null) {
            return false;
        }
        boolean collinear = GeomUtil.wind(p0, p1, pt) == 0;
        return collinear && GeomUtil.inBetween(p0, p1, pt);
    }
    public boolean isInside(Segment s) {
        if (s == null) {
            return false;
        }
        return isInside(s.p0) && isInside(s.p1);
    }
    ...
}
```

Třída Circle 2/3

- Pro test **isInside** rozlišujeme už tři objekty

```
public class Circle extends Geom {
    ...
    @Override
    public boolean isInside(Geom geom) {
        if (geom == null) {
            return false;
        }
        boolean ret = this == geom;
        if (ret) {
            return ret;
        }
        if (geom instanceof Point) {
            ret = isInside((Point) geom);
        } else if (geom instanceof Segment) {
            ret = isInside((Segment) geom);
        } else if (geom instanceof Circle) {
            ret = isInside((Circle) geom);
        }
        return ret;
    }
    ...
}
```


Třída Circle 3/3

- Testujeme bod, úsečku a také jinou kružnici

```
public class Circle extends Geom {
    ...
    public boolean isInside(Point pt) {
        if (pt == null) { return false; }
        int dx = pt.getX() - center.getX();
        int dy = pt.getY() - center.getY();
        return ((dx * dx + dy * dy) <= radius * radius);
    }

    public boolean isInside(Segment sg) {
        if (sg == null) { return false; }
        return isInside(sg.getP0()) && isInside(sg.getP1());
    }

    public boolean isInside(Circle c) {
        if (c == null) { return false; }
        int rd = radius - c.radius;
        if (rd > 0) {
            return new Circle(center, rd).isInside(c.center);
        }
        return false;
    }
}
```

Ověření funkčnosti knihovny

- Pečlivě navrhne konfigurace, pro které ověříme, že implementované řešení dává správný výsledek
- Hodnoty můžeme vypsát na standardní výstup nebo program „krokovat“
- Oba způsoby jsou sice funkční, ale přehlednější bude zobrazit výstup graficky
- Jednotlivým geometrickým objektům proto implementujeme rozhraní **Printable**, tj. rozšíříme je o metodu **printToCanvas**

Příklad použití

- Zjištění, zdali testovací body leží uvnitř kružnice

```
Point pt1 = new Point(320, 240);
Circle c1 = new Circle(new Point(100, 100), 50);
Point pt2 = new Point(75, 75);
Point pt3 = new Point(125, 125);

Segment s1 = new Segment(pt1, pt2);
Segment s2 = new Segment(pt2, pt3);

System.out.println("pt1: " + pt1);

System.out.println("pt1 is inside circle: " + c1.isInside(pt1));
System.out.println("pt2 is inside circle: " + c1.isInside(pt2));

System.out.println("s1 is inside circle: " + c1.isInside(s1));
System.out.println("s2 is inside circle: " + c1.isInside(s2));
```

- Příklad výstupu

```
pt1: Geom{shape=Point,color=java.awt.Color[r=0,g=0,b=255]}
pt1 is inside circle: false
pt2 is inside circle: true
s1 is inside circle: false
s2 is inside circle: true
```

Třída Point jako Printable 1/2

- Bod budeme vykreslovat nikoliv jako jeden pixel, ale jako malý disk o poloměru radius

Doplníme položku a rozšíříme konstruktor

```
public class Point extends Geom implements Coords,
    Printable {
    ...
    private int radius;

    public Point(int x, int y, Color color, int radius)
    {
        super(color);
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.radius = radius;
    }
    ...
}
```

Třída `Point` jako `Printable` 2/2

- Implementujeme vykreslení disku o poloměru `radius`

```
public void printToCanvas(Canvas canvas) {
    if (canvas == null) { return; }
    final int w = canvas.getWidth();
    final int h = canvas.getHeight();
    final int r2 = radius * radius;
    for (int i = x - radius; i <= x + radius; ++i) {
        for (int j = y - radius; j <= y + radius; ++j) {
            if (i >= 0 && i < w && j >= 0 && j < h) {
                final int dx = (x - i);
                final int dy = (y - j);
                final int r = dx * dx + dy * dy;
                if (r < r2) {
                    canvas.setColorAt(i, j, color);
                }
            }
        }
    }
}
```

Třída `Circle` jako `Printable`

- Implementujeme vykreslení s využitím rasterizační funkce `drawGridLine` z `GridCanvasUtil`

```
public class Circle extends Geom implements Printable {
    @Override
    public void printToCanvas(Canvas canvas) {
        if (canvas == null) { return; }
        Coords[] pts =
            GridCanvasUtil.drawGridCircle(center, radius);
        if (pts == null) { return; }
        final int w = canvas.getWidth();
        final int h = canvas.getHeight();

        for (int i = 0; i < pts.length; ++i) {
            Coords pt = pts[i];
            if (
                pt.getX() >= 0 && pt.getX() < w &&
                pt.getY() >= 0 && pt.getY() < h
            ) {
                canvas.setColorAt(pt.getX(), pt.getY(), color);
            }
        }
    }
}
```

Třída `Segment` jako `Printable`

- Implementujeme vykreslení s využitím rasterizační funkce `drawGridLine` z `GridCanvasUtil`

```
public class Segment extends Geom implements Printable {
    @Override
    public void printToCanvas(Canvas canvas) {
        if (canvas == null) { return; }
        Coords[] line = GridCanvasUtil.drawGridLine(p0, p1);
        if (line == null) { return; }
        final int w = canvas.getWidth();
        final int h = canvas.getHeight();

        for (int i = 0; i < line.length; ++i) {
            Coords pt = line[i];
            if (
                pt.getX() >= 0 && pt.getX() < w &&
                pt.getY() >= 0 && pt.getY() < h
            ) {
                canvas.setColorAt(pt.getX(), pt.getY(), color);
            }
        }
    }
}
```

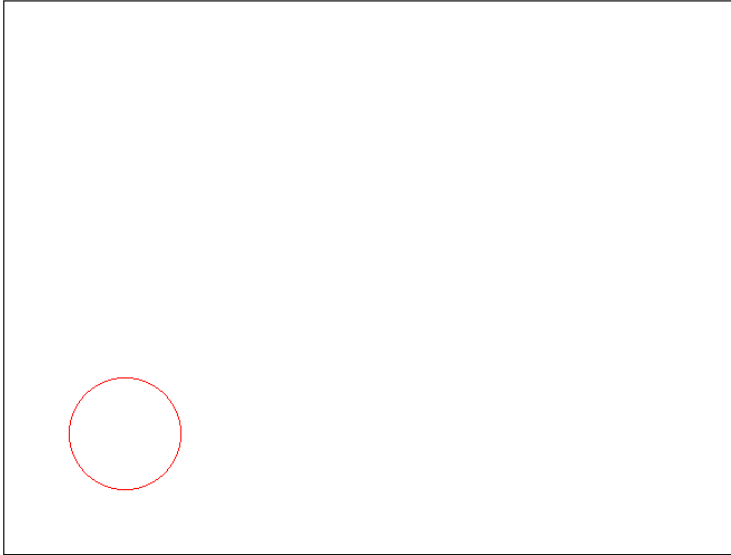
Příklad vykreslení objektů

- Geometrické objekty se už umí vykreslit na plátno (canvas)
- Vytvoříme instanci `ArrayBackedCanvas`
- „Zašleme“ zprávu příslušnému objektu, aby se vykreslil
- Obsah plátna následně uložíme do souboru

```
Circle c1 = new Circle(new Point(100, 100), 50);
ArrayBackedCanvas canvas =
    new ArrayBackedCanvas(640, 480);

c1.printToCanvas(canvas);
canvas.writeToFile("circle.png");
```

Vykreslená kružnice v souboru circle.png



Shrnutí přednášky

Další úkoly

- Máme implementovány základní funkčnosti pro zobrazení
- Vykreslení objektů však není příliš pohodlné
- Vytvoříme proto „kontejner“ pro reprezentaci scény a hromadnější dotazy, zdali jsou objekty scény uvnitř zvoleného geometrického objektu
- Scénu realizujeme jako třídu **GeomObjectArray**, která bude poskytovat pole aktuálních objektů

```
public class GeomObjectArray {
    ...
    public Geom[] getArray() { ... }
    ...
}
```

Dokončení příště

Diskutovaná témata

- Třídy a objekty
- Metoda main
- Objekty základních typů
- Immutable objekty
- Dědičnost a hierarchie tříd
- Příklad geometrických objektů, jednoduchých operací s nimi a jejich vykreslení
- **Příště: Dokončení příkladu, kompozice objektů, balíčky, kompilace a spouštění Java programu**