# Objektově orientované programování polymorfismus

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 1

**A0B36PR2 – Programování 2**



## Část 1 – Organizace předmětu

Informace o předmětu

Přednášky

Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce

Hodnocení předmětu a zkouška



## Část 2 – Objektově orientované programování v Javě

Objektově orientované programování

Vztahy mezi objekty – dědičnost a polymorfismus

Položky třídy a instance

Konstruktor

Význam metody `main`

Neměnitelné objekty (Immutable objects)



## Část 3 – Polymorfismus

Dědičnost

Polymorfismus

Příklad návrhu a využití polymorfismu

Dispatch

Double Dispatch

# Část I

# Organizace předmětu





## Základní zdroje a webové stránky

### A0B36PR2 - Programování 2

- Webové stránky předmětu
  https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/a0b36pr2
- Odevzdávání domácích úkolů
  https://cw.felk.cvut.cz/upload
- Přednášející:
  - doc. Ing. **Jan Faigl**, Ph.D.

## Organizace a hodnocení předmětu

- A0B36PR2 – Programování 2
- Rozsah: 2p+2c
- Zakončení: Z,ZK

  *Z – zápočet, ZK – zkouška*
- Kredity: 6

  *Po prvním roce studia je nutné získat $\geq$ 30 kreditů*
- Prerekvizity: A0B36PR1 – Programování 1
  - Základy procedurálního a objektově orientovaného programování
  - Přehled o vlastnostech programovacího jazyka Java a virtuálního stroje JVM





## Cíle předmětu

Programování 2

- Prohloubit si pohled na výpočetní prostředky jako „*počítačový vědec*" a naučit se je efektivně používat

  *Computer scientist*
  - Formulovat problém a jeho řešení počítačovým programem
  - Získat povědomí jaké problémy lze výpočetně řešit
- Získat zkušenost s programováním

  *získání vlastní zkušenosti*
  - Programování v jazyku Java a jazyku C

    ***cvičení, domácí úkoly a semestrální práce***
- Prohloubit si schopnost číst, psát a porozumět malých programům
- Osvojit si schopnost samostatně vytvořit větší programový celek

  ***semestrální práce***
- Získat programovací návyky jak psát
  - srozumitelné a přehledné zdrojové kódy;
  - opakovaně použitelné programy.

# Zdroje a literatura

- Přednášky – slidy, poznámky a především **vlastní zápisky**
- Cvičení – získání praktických dovedností řešením domácích úkolů a dalších úloh

*programovat, programovat, programovat*

---

- On-line kurzy programování

`search for programming in Java | programming in C`

- Knihy Java a jazyk C (C++)





# Knihy – Java

- Učebnice jazyka Java 5. v., *Pavel Herout* KOPP, 2010, ISBN 978-80-7232-398-2

- Introduction to Java Programming, 9th Edition, *Y. Daniel Liang*, Prentice Hall, 2012

`http://www.cs.armstrong.edu/liang/intro9e`

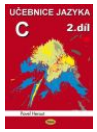
- An Introduction to Object-Oriented Programming with Java, 5th Edition, *C. Thomas Wu*, McGraw=Hill, 2009

`http://it-ebooks.info/book/1908/a`

# Knihy – Jazyk C

- Učebnice jazyka C, VI. vydání, *Pavel Herout*, KOPP, 2010, ISBN 978-80-7232-406-4

- Učebnice jazyka C – 2. díl, IV. vydání, *Pavel Herout*, KOPP, 2008, ISBN 978-80-7232-367-8

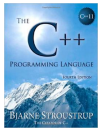



---

- The C Programming Language, 2nd Edition (ANSI C) , *Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie*, Prentice Hall, 1988 (1st edition – 1978)

---

- The C++ Programming Language, 4th Edition (C++11) , *Bjarne Stroustrup*, Addison-Wesley, 2013, ISBN 978-0321563842








# Přednášky – letní semestr (LS) akademického roku 2015/2016

- Harmonogram akademického roku 2015/2016

`http://www.fel.cvut.cz/cz/education/harmonogram1516.html`

- Přednášky:
  - Dejvice, místnost T2:D3-209, čtvrtek, 9:15–10:45
- 14 výukových týdnů

*14 přednášek*

- Rektorské volno – středa 11. 5.

# Cvičící

- Ing. **Petr Váňa** (vedoucí cvičení)

- Ing. **Martin Balík**, Ph.D. (cvičení na Android)

- Ing. **Petr Čížek**

- Ing. **Martin Mudroch**, Ph.D.

- Ing. **Ondřej Hrstka**

- Ing. **Jakub Mrva**

# Počítačové laboratoře

- Síťové bootování a síťové domovské adresáře
- Vývoj v Javě: Owncloud – https://owncloud.cesnet.cz
  - Prostředí NetBeans 8.0, IntelliJ IDEA, Eclipse a Java verze 8.
  - Sestavení projektu nástrojem **maven** http://maven.apache.org
- Vývoj v C:
  - Prostředí NetBeans 8.0 (C/C++) a Eclipse–CDT
    **CLion** – https://www.jetbrains.com/clion
  - C/C++ vývojová prostředí Code::Blocks a CodeLite
    http://www.codeblocks.org a http://codelite.org
  - Překladače **gcc** a **clang**
  - Sestavení projektu nástrojem **make** (GNU make)
  - Textový editor – **vim**
    http://www.root.cz/clanky/textovy-editor-vim-jako-ide
- Odevzdávání domácích úkolů – Upload system
  https://cw.felk.cvut.cz/upload
- Semestrální práce – repozitář systému pro správu verzí Git
  https://gitlab.fel.cvut.cz





# Domácí úkoly a další úlohy

- Samostatná práce s cílem osvojit si praktické zkušenosti
- Odevzdání domácích úkolů prostřednictvím Upload system
  https://cw.felk.cvut.cz/upload
  - Nahrání (upload) archivů s nezbytnými zdrojovými soubory
  - Ověření správnosti implementace automatickými testy
    *detekce plagiátů*
- Úkoly jsou jednoduché a navrhované tak, aby byly stihnutelné
- Klíčem k úspěšnému dokončení předmětu je samostatná práce a osvojení si technik a znalostí
  *průběžná práce a řešení úkolů*
- Pokud něčemu nerozumíte, ptejte se cvičících
  *pokud možno hned a neodkládejte na později*
- Pokud vám přijde úkolů málo, ptejte se po dalších úlohách na procvičování.





# Přehled domácích úkolů

- 5 domácích úkolů po 5 bodech
  1. (7. týden) - UnitTest pro externí knihovnu (Java)
     *Odevzdání nejlépe do dalšího týdne*
  2. (9. týden) - Celulární automaty 1 (Jazyk C)
  3. (10. týden) - Permutace (Jazyk C)
  4. (11. týden) - Celulární automaty 2 (Jazyk C)
  5. (12. týden) - Četnosti (Jazyk C)
- Podmínkou zápočtu je úspěšné odevzdání všech domácích úkolů
- Bodová ztráta za pozdní odevzdání úkolu
  *Maximální počet bodů za úkol klesá s každým týdnem pozdního odevzdání*

## Kontrola znalostí testem

- 1 test na přednášce se ziskem maximálně 10 bodů
  1. (7. týden - 7.4.2016) – test (∼ 60 minut)

     *Objektově orientované programování a jazyk Java*

     *Čas je orientační a spíše odpovídá očekávané náročnosti testu*





## Semestrální práce

- Samostatná práce na větším programovém celku
- Volba tématu práce do 2. cvičení

  *Bodová penalizace -35 bodů.*
- Povinná konzultace semestrální práce do 5. týdne

  *Bodová penalizace -35 bodů.*
- Odevzdání semestrální práce do **1.5.2016** (10. týden)!

  *Termín odevzdání v repositáři, následně budou práce postupně hodnoceny*
- Maximální počet bodů za semestrální práci 35 bodů
- Podmínkou zápočtu je alespoň 20 bodů ze semestrální práce
- Témata semestrální práce:
  - Témata na stránkách předmětu; vlastní téma možné

    *Java, ale po dohodě lze i jiný jazyk*
  - Objektový návrh, GUI, netriviální pokrytí unit testy
  - Použití logování (loggeru) a vláken
  - Projekt je v Maven a vývoj musí probíhat v Git (FEL GitLab)
  - Dokumentace v angličtině viz informace na cvičení

  `https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/a0b36pr2/semester-project/start`





## Hodnocení předmětu

| Zdroj bodů | Maximum bodů | Přípustné minimum bodů |
|---|---|---|
| Domácí úkoly (5×5 bodů) | 25 | 15 |
| Test na přednášce | 10 | **0** |
| Semestrální práce | 35 | 20 |
| Písemný zkouškový test | 20 | 10 |
| Implementační zkouška | 10 | 0 |

- Pro zápočet je minimální počet bodů ze semestru **40**

  *Cvičící může udělit až 5 bonusových bodů (například za výbornou semestrální práci), nejvýše však do celkového součtu 70 bodů.*
- Pro úspěšné absolvování předmětu je nutné získat **zápočet** a vykonat **zkoušku**
- Získání **zápočtu** je podmíněno odevzdáním všech domácích úkolů, úspěšným testem a odevzdáním semestrální práce

  **Nejpozději ve 14. výukovém týdnu**





## Klasifikace předmětu

| Klasifikace | Bodové rozmezí | Hodnocení | Slovní hodnocení |
|---|---|---|---|
| **A** | > 90 | 1 | výborně |
| **B** | 81–90 | 1,5 | velmi dobře |
| **C** | 71–80 | 2 | dobře |
| **D** | 61–70 | 2,5 | uspokojivě |
| **E** | 51–60 | 3 | dostatečně |
| **F** | <51 | 4 | nedostatečně |

- Minimální přípustné body:
  15 (úkoly) + 20 (semestrální práce) + 10 (písemná zkouška) = 45 bodů

# Část II

## Objektově orientované programování v Javě (připomínka)





## 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.





## Třídy a objekty

Objekty - reprezentují základní entity OO systému za jeho běhu.

- Mají konkrétní vlastnosti a vykazují chování
- V každém okamžiku lze popsat jejich stav
- Objekty se v průběhu běhu programu liší svým vnitřním stavem, který se během vykonávání programu mění

Třídy - popisují možnou množinou objektů. Předloha pro tvorbu objektů třídy. Mají:

- Rozhraní - definuje části objektů dané třídy přístupné zvenčí
- Tělo - implementuje operace rozhraní
- Instanční proměnné - obsahují stav objektu dané třídy





## Třídy a objekty - vlastnosti

- **Zapouzdření** (encapsulation) je množina služeb, které objekt nabízí navenek.
  Odděluje rozhraní (**interface**) a jeho implementaci.
- **Stav** je určen daty objektu.
- **Chování** je určeno stavem objektu a jeho službami (metodami).
- **Identita** je odlišení od ostatních objektů (v prog. jazycích pojmenování proměnných reprezentující objekty určité třídy).

# Třída

Popisuje množinu objektů – 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





# Struktura objektu

- Objekt je kombinací dat a funkcí, které pracují nad těmito daty
- Objekt je tvořen
  - **Datovými strukturami** – atributy
    - Ovlivňují vlastnosti objektu
    - Jsou to proměnné různých datových typů
    - Data jsou zpravidla přístupná pouze v rámci daného objektu a zvnějšku jsou skryta před jinými objekty

      *Zapouzdření (encapsulation) / „gettery a settery"*
  - **Metodami** – funkce / procedury
    - Určují chování objektu
    - Definují operace nad daty objektu
    - Metody představují služby objektu, proto jsou často veřejné

      *Mohou být deklarovány jako privátní*
- **Objekt** je instance třídy
  - V Javě lze vytvářet pouze dynamicky operátorem **new**
  - **Referenční proměnná**

    *Hodnota proměnné „odkazuje" na místo v paměti, kde je objekt uložen*





# Princip zapouzdření (Encapsulation)

- „Utajení" vnitřního stavu objektu
- Jiné objekty nemohou měnit stav objektu přímo a způsobit tak chybu
- Metody objektu umožňují objektu komunikovat se svým okolím, tvoří jeho **rozhraní**
- Proměnné (data) objektu nejsou z vnějšku objektu přístupné, pro přístup k nim lze využít pouze metody
- Zapouzdření umožňuje udržovat a spravovat každý objekt nezávisle na jiném objektu. Umožňuje **modularitu** zdrojových kódů.





# Vztahy mezi objekty

- V OO systému interagují objekty mezi sebou prostřednictvím zasílání zpráv (messages) požadavků na provedení služeb poskytovaných objektem
  1. Po obdržení zprávy objekt vyvolá požadovanou metodu
  2. Případně zašle výsledek
- Objekt poskytující službu se často nazývá *server*
- Objekt žádající o službu se nazývá *klient*
- Mezi objekty je relace–asociace, volá-li objekt služby jiného objektu
- S relacemi mezi objekty souvisí viditelnost a vazby mezi objekty

# Agregace / Kompozice

Vztah mezi objekty agregace reprezentuje vztah typu „je tvořeno/je součástí" – **has-a**

## Příklad

Je-li objekt ***A*** agregací ***B*** a ***C***, pak objekty ***B*** a ***C*** jsou obecně obsaženy v ***A***

Hlavním důsledkem je fakt, že ***B*** ani ***C*** nemohou přežít bez ***A***

*V tomto případě hovoříme o kompozici objektů*

## Příklad implementace

```
class GraphK { //kompozice
   private Edge[] edges;
}

class GraphA { //agregace
   private Edge[] edges;
   public GraphA(Edge[] edges) {
      this.edges = edges;
   }
}
```

```
class Edge {
   private Node v1;
   private Node v2;
}

class Node {
   private Data data;
}
```





# Dědičnost – Inheritance

- 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.
- Vztah dědičnosti je také označována jako relace typu **is-a**





# Datové položky třídy a instance

- Datové položky třídy
  - Jsou společné všem instancím vytvořeným z jedné třídy
  - Nejsou vázaný na konkrétní instanci
  - Jsou společné všem instancím třídy
  - V Javě jsou uvozeny klíčovým slovem **static**
- Datové položky instance
  - Tvoří vlastní sadu datových položek objektu
  - Jsou to tzv. proměnné instance
  - Jsou iniciovány při vytvoření instance

    *V konstruktoru při vytvoření instance voláním `new`*
  - Existují po celou dobu života instance
  - Proměnné jedné instance jsou nezávislé na proměnných instance jiné





# Metody třídy a instance

- Metody třídy
  - Nejsou volány pro konkrétní instance
  - Představují zprávu zaslanou třídě jako celku
  - Mohou pracovat pouze s proměnnými třídy

    *Nikoliv s proměnnými instance*
  - V Javě jsou uvozeny klíčovým slovem **static**
  - Jsou to tzv. statické metody
- Metody instance
  - Jsou volány vždy pro konkrétní instanci třídy
  - Představují zprávu zaslanou konkrétní instanci
  - Pracují s proměnnými instance i s proměnnými třídy
  - Lze volat pouze až po vytvoření konkrétní instance

## Přístup ke členům třídy

- Podle principu zapouzdření jsou některé členy třídy označována jako soukromé (privátní) a jiné jako veřejné.
- Programátor předepisuje k jakým položkám lze přistupovat a modifikovat je
- Přístup ke členům třídy je určen modifikátorem přístupu
  - **public:** – přístup z libovolné třídy
  - **private:** – přístup pouze ze třídy, ve které byly deklarovány
  - **protected:** – přístup ze třídy a z odvozených tříd
  - Bez uvedení modifikátoru je přístup povolen v rámci stejného balíčku package





## Řízení přístup ke členům třídy

| Modifikátor | Přístup | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Třída | Balíček | Odvozená třída | „Svět" |
| **public** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **protected** | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| *bez modifikátoru* | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ |
| **private** | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |

http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/javaOO/accesscontrol.html





## Vytvoření objektu – Konstruktor třídy

- Instance třídy (objekt) vzniká voláním operátoru **new** s argumentem jména třídy, který volá **konstruktor** třídy
- Konstruktor nemá návratový typ, jmenuje se stejně jako třída a můžeme jej přetížit pro různé typy a počty parametrů
- Jiný konstruktor třídy lze volat operátorem **this**

  *Operátorem **super** lze volat konstruktor nadřazené třídy*
- Není-li konstruktor předepsán, je vygenerován konstruktor s prázdným seznamem parametrů
  - Je-li konstruktor deklarován, implicitní zaniká
- Přetížení konstruktoru pro různé typy a počty parametrů **overloading**
- Konstruktor je zpravidla vždy **public**
- Privátní (**private**) konstruktor použijeme například pro:
  - Třídy obsahující pouze statické metody nebo pouze konstanty

    *Zakážeme tak vytváření instancí.*
  - Takzvané singletony (singletons)





## 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 ukázku použití metod objektu

# Neměnitelné objekty (Immutable objects)

- Definice neměnitelného objektu
  - Všechny datové položky jsou **final** a **private**
  - V případě objektů jsou odkazy na neměnitelné objekty
  - Neimplementujeme „settery" pro modifikaci položek
  - Zákaz přepisu metod v potomcích (**final** modifikátor u metod)

    *Nebo jednoduše zákaz odvozování uvedením **final class***

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

- Objekty, které v průběhu života nemění svůj stav
- Modifikace objektu není možná a je nutné vytvořit objekt nový
- Mají výhodu v případě paralelního běhu více výpočetních toků

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





# Příklad – **final** nezaručuje neměnitelnost objektu 1/3

- Definujme **final** třídu zapouzdřující referenční **private final** proměnnou `values` typu odkaz na pole `int` hodnot
- Přístup k proměnné `values` je pouze přes *getter* `getArray()`

```
public final class ArrayWrapper {

  private final int[] values;

  public ArrayWrapper(int n) {
    values = new int[n];

    for (int i = 0; i < values.length; i++) {
      values[i] = (int) (Math.random() * n);
    }
  }

  public int[] getArray() {
    return values;
  }

  public String toString() {
    ...
  }
}
```

lec01/ArrayWrapper





# Příklad – **final** nezaručuje neměnitelnost objektu 2/3

- Obsah objektu `ArrayWrapper` vypíšeme metodou `toString()`

```
public final class ArrayWrapper {
  ...
  public String toString() {
    ...
    StringBuilder sb = new StringBuilder(values.length >
    0 ? new Integer(values[0]).toString() : "empty");
    for (int i = 1; i < values.length; i++) {
      sb.append(" ");
      sb.append(values[i]);
    }
    return sb.toString();
  }
}
```

lec01/ArrayWrapper





# Příklad – **final** nezaručuje neměnitelnost objektu 3/3

```
final ArrayWrapper a = new ArrayWrapper(10);

System.out.println("Random final array '" + a + "'");
```

- Po vytvoření objektu `ArrayWrapper` je obsah pole incializován v konstruktoru na náhodná čísla

  `Random final array '1 5 5 9 4 9 7 1 8 1'`
- Přístup k polážkám pole máme přes *getter* `getArray()`

```
final int[] v = a.getArray();
for (int i = 0; i < v.length; i++) {
  v[i] = i;
}
System.out.println("Final object and final array can be
    still modified\n '" + a + "'");
```

- Původní „final" objekt tak můžeme změnit

  `Final object and final array can be still modified`
  `'0 1 2 3 4 5 6 7 8 9'`

lec01/FinalArrayDemo

Referenční datové položky neměnitelných objektů musí odkazovat na **neměnitelné objekty**.

# Část III

# Polymorfismus





## Polymorfismus

- Polymorfismus – mnohoznačnost / mnohotvárnost

  *Vlasnost, která nám umožňuje pojmenovat nějakou konkrétní schopnost (metodu) identickým jménem, přičemž její implementace se může v jednotlivých třídách hierarchie tříd lišit.*
- Základním způsobem realizace polymorfismu jsou
  - **Dědičnost** (inheritance)
  - Virtuální metody – dynamické vázání jména metody ke konkrétnímu objektu
  - Rozhraní (*interface*) a abstraktní třídy (*abstract*)
  - Překrývání metod (**override**)





## Základní vlastnosti dědičnosti

- Dědičnost je mechanismus umožňující
  - Rozšiřovat datové položky tříd nebo je také modifikovat
  - Rozšiřovat nebo modifikovat metody tříd
  - Vytvářet hierarchie tříd
  - „*Předávat*" datové položky a metody k rozšíření a úpravě *protected*
  - **Specializovat** („*upřesňovat*") třídy
- Mezi hlavní výhody dědění patří:
  - Zásadním způsobem přispívá k znovupoužitelnosti programového kódu *Spolu s principem zapouzdření*
  - **Dědičnost je základem polymorfismu**





## Inheritance - dědičnost

Založení definice a implementace jedné třídy na jiné existující třídě
Třída ***B*** dědí od třídy ***A*** pak:

- Třída ***B*** je podtřídou (subclass) nebo odvozenou třídou (derived class) třídy ***A***
- Třída ***A*** je nadtřídou (superclass) nebo základní třídou (base class) třídy ***B***

Podtřída ***B*** má obecně dvě části:

- Odvozená část je zděděna od ***A***
- Nová inkrementální část (incremental part) obsahující definice a kód přidaný třídou ***B***

## Dědičnost (inheritance), pokračování

- Inheritance je také označována jako relace typu **is-a**
  - Objekt typu ***B*** je také instancí objektu typu ***A***
- Vlastnosti z ***A*** zděděné v ***B*** je možné předefinovat:
  - Změna viditelnosti
  - Jiná implementace operací
- Inheritanční relace vytváří objektové hierarchie
  - Funkce podtříd lze soustředit do jejich nadtříd
  - Lze vytvářet abstraktní třídy, ze kterých je možné další třídy vytvářet specializací





## Polymorfismus

- Polymorfismus (mnohotvárnost) se v OOD projevuje tak, že se můžeme stejným způsobem odvolávat na různé objekty
- Pracujeme s objektem, jehož skutečný obsah je dán okolnostmi až za běhu programu
- Polymorfismus objektů - Nechť třída ***B*** je podtřídou třídy ***A***, pak objekt třídy ***B*** můžeme použít všude tam, kde je očekáván objekt třídy ***A***
- Polymorfismus metod - Vyžaduje dynamické vázání, statický a dynamický typ třídy
  - Nechť třída ***B*** je podtřídou třídy ***A*** a redefinuje metodu *m()*
  - Proměnná *x* statického typu ***B***, dynamický typ může být ***A*** nebo ***B***
  - Jaká metoda se skutečně volá pro *x.m()* závisí na dynamickém typu





## Dědičnost, polymorfismus a virtuální metody

- Vytvoření dynamické vazby je zpravidla v OO programovacím jazyce realizováno virtuální metodou
- Redefinované metody, které jsou označené jako virtuální, mají dynamickou vazbu na konkrétní dynamický typ

- V Javě jsou všechny metody deklarovány jako virtuální; „výjimku" tvoří
  - statické metody – volány se jménem třídy
  - skryté metody – pragmaticky na ně není přístup
  - metody deklarované s klíčovým slovem **final**

    *nedovoluje překrývat metody v potomcích*
  - metody deklarované ve třídě **final**

    *nedovoluje od třídy odvozovat další třídy*

    http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/IandI/final.html

*V konstruktoru bychom měli volat pouze **final** metody, tak bude objekt inicializován podle zamýšleného způsobu*





## Příklad přepsání inicializační metody 1/2

- Ve konstruktoru třídy `BaseClass` voláme metodu `doInit()`

```
public class BaseClass {
  public BaseClass() {
    doInit();
  }

  public void doInit() {
    System.out.println("Initialization of BaseClass");
} }
```

lec01/BaseClass

- `doInit()` přepíšeme v odvozené třídě `DerivedClass`

```
public class DerivedClass extends BaseClass {
  public DerivedClass() {
    super();
  }

  @Override
  public void doInit() {
    System.out.println("Init. of DerivedClass");
} }
```

lec01/DerivedClass

## Příklad přepsání inicializační metody 2/2

- Po vytoření objektu třídy DerivedClass voláme konstruktor nadřazené třídy super
- Vlivem dynamické vazby se však volá implementace doInit() třídy DerivedClass a nikoliv původní třídy BaseClass

```
public class ConstructorDemo {
   public static void main(String[] args) {
      System.out.println(
            "Creating new instance of DerivedClass will
    not call the initilization of the BaseClass due to
    overrided doInit() in the DerivedClass");
      DerivedClass obj = new DerivedClass();
   }
}
```

lec01/ConstructorDemo

- Po spuštění se proto vypíše „*Initialization of the DerivedClass*" a nikoliv řetězec uvedený v BaseClass
- Proto pokud je nutné zajistit správnou inicializaci nadřazené třídy voláme v konstruktoru pouze **final** metody.





## Vytvoření dynamické vazby – dědičnost

- Děděním vytváříme vazbu mezi nadřazenou a odvozenou třídou
- Za běhu programu se můžeme na odvozenou třídu „dívat" jako na nadřazenou třídu
  - Voláme metody identického jména za běhu je však určena konkrétní instance třídy a je vykonána příslušná implementace
- Vytvoření vazby můžeme provést:
  - Odvozením třídy od nadřazené třídy
  - Odvozením třídy od **abstraktní** třídy
  - Implementací rozhraní (**interface**)
- Příklad volání metody **doStep** objektu reprezentujícího hráče hrající nějakou konkrétní strategií:

```
Player player = new RandomPlayer();
player.doStep();
player = new BestPlayer();
player.doStep();
```





## Příklad odvození třídy

- Nadřazená třída

```
public class Player {
   public void doStep() {
      // do some default strategy
   }
}
```

- Odvozená třída

```
public class RandomPlayer extends Player {
   public void doStep() {
      // do a random strategy
   }
}
```





## Abstraktní třída

- Deklarace třídy se uvozuje klíčovým slovem **abstract**
- Abstraktní třída umožňuje deklarovat abstraktní metody (opět klíčovým slovem **abstract**)

  *Abstraktní metody se mohou vyskytovat pouze v abstraktních třídách, jsou protikladem finálních metod, které nelze předefinovat.*
- Abstraktní metody nemají implementaci a je nutné ji definovat v odvozených třídách

  *Kontrola a podpora objektového návrhu na úrovni jazyka*
- Lze je využít například pro vytvoření společného předka hierarchie tříd, které mají mít společné vlastnosti (bez konkrétní implementace), případně doplněné o datové položky

## Příklad odvození od abstrakní třídy

- Nadřazená abstrakní třída

```
public abstract class Player {
   public abstract void doStep();
}
```

- Odvozená třída

```
public class RandomPlayer extends Player {
   @Override
   public void doStep() {
      // specific strategy
   }
}
```

- Explicitně uvádíme, že metodu přepisujeme
- Lze vytvořit referenční proměnnou abstraktní třídy, ale vytvořit instanci abstraktní třídy nelze





## 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 (**implemets**) 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 implementace rozhraní

- Rozhraní

```
public interface Player {
   public void doStep();
}
```

- Třída implementující dané rozhraní

```
public class RandomPlayer implements Player {
   @Override
   public void doStep() {
      // specific strategy
   }
}
```





## Abstraktní třída nebo rozhraní

- **Abstraktní třída** je vhodná pro případy:
  - Odvozené třídy sdílejí implementaci
  - Odvozené třídy vyžadují přístup na položky, které nejsou **public**
- **Rozhraní** je výhodné pokud:
  - Očekáváme, že rozhraní bude implementováno v jiných, nesouvisejících třídách
  - Chceme specifikovat chování konkrétního datového typu (dané jménen rozhraní), bez ohledu na konkrétní implementaci chování
  - Chceme využít vícenásobnou dědičnost

http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/IandI/abstract.html

# Zadání úlohy – Rámec pro simulaci strategického rozhodování

- Vytvořte simulátor strategické hry (např. sázení–ruleta)
- K simulátoru se může připojit až 5 účastníků hry
- Jeden simulační krok hry lze vyvolat metodou **nextRound**
- Vytvořte tři ukázkové hráče demonstrující použití rámce
  a. Jeden hráč vždy sazí na červenou (**PlayerRed**)
  b. Druhý hráč sází náhodně na čísla od 1 do 36 (**PlayerRandom**)
  c. Třetí hráč sází vždy na políčko s nejnižší hodnotou (**PlayerMin**)





# Návrh základní struktury

- Rámec se skládá z
  - Herního světa—**World** definující políčka, na která lze vsadit
  - Sázky **Bet** dle pravidel světa
  - Účastníka (**Participant**) hry, který sází na políčka v herním světě
  - Vlastního simulátoru—**Simulator**, který obsahuje svět, hrající hráče a zároveň umožňuje připojení hráčů do hry

    *Kompozice / Agregace*
  - Hráčů (**Player**) hrající strategii a, b nebo c

    *Pro demonstraci použití rámce*





# Sázka

- Sázka – **Bet** – na co hráč sází a kolik

  *Jednou vyřčená sázka platí a je neměnná – **immutable object***

```
public class Bet {
    private final String bet;
    private final int amount;

    public Bet(String bet, int amount) {
        this.bet = bet;
        this.amount = amount;
    }

    public String getBet() { return bet; }
    public int getAmount() { return amount; }

    @Override
    public String toString() {
        return "(" + bet + "," + amount + ")";
    }
}
```

*Pro jednoduchost uvažujeme sázku na políčko jako String*





# Herní svět

- Herní svět **World** definuje políčka a umožňuje účastníkům (**Participant**) položit sázku (**Bet**)

  *Pro jednoduchost uvažujeme pouze políčka s čísly.*

```
public class World {
   private final int MIN_NUMBER = 1;
   private final int MAX_NUMBER = 36;

   public int getMinNumber() {
      return MIN_NUMBER;
   }

   public int getMaxNumber() {
      return MAX_NUMBER;
   }
}
```

- Zapouzdřujeme rozsah číselných políček

## Účastník hry – Participant

- Účastník může být implementován v jiných třídách (někým jiným),
- proto volíme pro účastníka rozhraní interface
- S referenční proměnnou typu Participant můžeme „pracovat" v simulátoru aniž bychom znali konkrétní implementaci
- Účastník má v této chvíli pouze jediné definované chování a to vsadit si (sázku Bet) – metoda doStep pro konkrétní svět

```
public interface Participant {

    public Bet doStep(World world);

}
```

- Předáváme referenční proměnnou World
  - Hráč se tak může informovat o aktuálním stavu světa





## Simulační rámec — Simulator

- Simulátor obsahuje svět World *(agregace)*
- Simulátor obsahuje hráče, ale vytváříme nezávisle mimo simulátor. Hráči se připojují ke hře metodou join. *(agregace)*
- Konkrétní implementace hráče je nezávislá, proto agregujeme účastníka hry Participant

```
public class Simulator {

   World world;
   ArrayList participants;
   final int MAX_PLAYERS = 5;
   int round;

   Simulator(World world) {
      this.world = world;
      participants = new ArrayList();
      round = 0;
   }

   public void join(Participant player) { ... }

   public void nextRound() { ... }
}
```





## Připojení účastníka hry — Simulator – join

- Účastníky hry uložíme v kontejneru ArrayList
- Kontrolujeme maximální počet účastníků hry
- a přidáváme pouze nenulového hráče a to pouze jednou (indexOf)

```
public void join(Participant player) {
   if (participants.size() >= MAX_PLAYERS) {
      throw new RuntimeException("Too many players in the
     game");
   }
   if (player != null && participants.indexOf(player) ==
    -1) {
      participants.add(player);
   }
}
```





## Připojení účastníka hry — Simulator – nextRound

- Rámec odehrátí jednoho kola můžeme implementovat i bez známé implementace konkrétního hráče
- Polymorfismus zajistí dynamickou vazbu na konkrétní objekt a volání příslušné metody objektu, který je uložen v seznamu participants

```
public void nextRound() {
  for(int i = 0; i < participants.size(); ++i) {
    Participant player = (Participant)participants.get(i);
    Bet bet = player.doStep(world);
    System.out.println("Round " + round + " player #" + i
    + "(" + player + ") bet: " + bet);
  }
  round++;
}
```

*ArrayList obsahuje referenční proměnné typu Object, proto musím explicitně přetypovat. Tomu se můžeme vyhnout využitím generických typů, viz 2. přednáška.*

# Hráč – Abstraktní třída **Player**

- Demo hráči mohou sdílet společný kód, např. pro vypsání svého jména,
- proto volíme abstraktní třídu

```
public abstract class Player implements Participant {
   private final String name;

   public Player(String name) {
      this.name = name;
   }

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

*Jedná se o abstraktní třídu, proto nemusíme explicitně uvádět metodu implementující rozhraní **Participant**, která je automaticky abstraktní.*

- Implementace metody **doStep** je „vynucena" v odvozených třídách pro dílčí strategie **RandomPlayer**, **RedPlayer** a **MinPlayer**





# Ukázka hráčů – **RedPlayer**

- **RedPlayer**

```
public class RedPlayer extends Player {
    public RedPlayer() {
        super("Red");
    }
    @Override
    public Bet doStep(World world) {
        return new Bet("red", 1); //always bet 1
    }
}
```





# Ukázka hráčů – **RedPlayer** a **RandomPlayer**

- **RandomPlayer**

```
public class RandomPlayer extends Player {
    Random rand;
    public RandomPlayer() {
        super("Random");
        rand = new Random();
    }
    @Override
    public Bet doStep(World world) {
        Integer bet = rand.nextInt(36)+1;
        return new Bet(bet.toString(), 1); //bet 1
}   }
```





# Ukázka hráče – **MinPlayer**

- **MinPlayer**

```
public class MinPlayer extends Player {
   public MinPlayer() {
      super("Min");
   }
   @Override
   public Bet doStep(World world) {
      Integer bet = world.getMinNumber();
      return new Bet(bet.toString(), 1); //always bet 1
   }
}
```

*V tomto případě hráč interaguje se světem*

## Ukázka použití

```
public class Demo {
   public static void main(String[] args) {
      Simulator sim = new Simulator(new World());
      sim.join(new RandomPlayer());
      sim.join(new RedPlayer());
      sim.join(new MinPlayer());

      for(int i = 0; i < 3; ++i) {
         System.out.println("Round number: " + i);
         sim.nextRound();
      }
   }
}
```

lec01/Simulator





## Polymorfismus a dynamická vazba

- Za běhu programu je vyhodnocen konkrétní objekt a podle toho je volána jeho příslušná metoda
- V příkladu je to metoda **doStep** rozhraní **Participant**
- Zvolený návrh nám umožňuje doplňovat další hráče s různými strategiemi aniž bychom museli modifikovat svět nebo simulátor
- Využitím polymorfismu získáváme modulární a relativně dobře rozšiřitelný (použitelný) rámec
- Uvedené technice se také říká **single dispatch**

  *Předáváme volání funkce dynamicky (za běhu programu) identifikovanému objektu*





## Single Dispatch

- Základním principem tohoto návrhového vzoru je dynamická vazba a vyhodnocení typu za běhu programu
- Voláním identické metody **player.doStep()** získáme pokaždé jinou sázku aniž bychom museli identifikovat příslušného hráče

  *Výhoda dynamické vazby – virtuální funkce*

- Relativně komplexního chování jsme dosáhli interakcí více jednoduchých objektů
- Při vykonání kódu je použita dynamická vazba pouze u jednoho objektu
- Je-li volání funkce závislé na více za běhu detekovaných objektech, hovoříme o **multi dispatch**
- V případě dvou objektů se jedná o **double dispatch**





## Příklad rozšíření – Přidání políčka s hodnotou nula

- Přidání políčka s hodnotou 0 realizujeme vytvořením nové třídy **WorldZero**, která rozšiřuje původní svět **World**

```
public class WorldZero extends World {
   private final int MIN_NUMBER = 0;

   public int getMinNumber() {
      return MIN_NUMBER;
   }

}
```

- Nový svět stačí předat simulátoru v konstruktoru

```
Simulator sim = new Simulator(new WorldZero());
```

- Zbytek programu zůstává identický

Příklad: lec01/Simulator

- Jak definovat nový svět s novými vlastnostmi aniž bychom museli modifikovat kompletně celý program?

Řešení je použit návrhový vzor **double dispatch**

# Double Dispatch

- Principem **double dispatch** je vyhodnocení dvou objektů za běhu programu a automatická volba volání odpovídající funkce
- Podobného efektu lze dosáhnout použitím **instanceof** pro detekci příslušného typu objektu a explicitním voláním příslušné třídy
- Vzor double dispatch je však elegatnější a jednodušší





# Příklad nového světa s novými vlastnostmi

- Nejdříve musíme zajistit identifikaci objektu světa za běhu
- Do světa proto přidáme metodu, ze které budeme volat **doStep** konkrétního hráče

```
public class World {
   ...
      Bet doStep(Participant player) {
         return player.doStep(this);
      }
}
```

*Tak zajistíme identifikaci konkrétní implementace světa*

- Metodu pojmenujeme například **doStep**
- Ve třídě **Simulator** upravíme volání `player.doStep(world)` na **world.doStep(player)**
- Tím zajistíme, že se nejdříve dynamicky identifikuje typ objektu referenční proměnné **world** a následně pak typ objektu v referenční proměnné **player**

*Program nyní funguje jako předtím, navíc nám však umožňuje rozšít simulátor o novou implementaci světa*





# Nový svět – WorldNew

```
public class WorldNew extends World {

   private final String[] fields;

   public WorldNew() {
      super();
      fields = new String[36 + 1 + 4];
      fields[0] = "even";
      fields[1] = "odd";
      fields[2] = "red";
      fields[3] = "black";
      for (int i = 0; i <= 36; ++i) {
         fields[i + 4] = Integer.toString(i);
      }
   }
   Bet doStep(Participant player) { // we need to link
      return player.doStep(this);  //  doStep with this
   }
   public String[] getFields() { //new method
      return fields;
   }
}
```





# Rozšíření účastníka a existujících hráčů

- Účastníka hry **Participant** musíme rozšířit o uvažování nového světa

```
public interface Participant {
   public Bet doStep(World world);
   public Bet doStep(WorldNew world);
}
```

- Implementaci původních hráčů provedeme v abstraktní třídě **Player**

```
public abstract class Player implements Participant {
   ...
   public Bet doStep(WorldNew world) {
      return doStep((World)world); //default behaviour
   }
}
```

*Chování původních hráčů v novém světě neřešíme, proto s výhodou modifikujeme pouze abstraktní třídu **Player**.*

## Nový hráč pro nový svět – PlayerNew

```
import java.util.Random;

public class PlayerNew extends Player {
  Random rand;
  public PlayerNew() {
    super("New player");
    rand = new Random();
  }
  @Override
  public Bet doStep(World world) {
    // strategy for standard world
    return new Bet("black", 1); //always bet 1 gold
  }
  @Override
  public Bet doStep(WorldNew world) {
    // strategy for the new world
    // random choice even or odd
    return new Bet(world.getFields()[rand.nextInt(2)], 1);
  }
}
```

*Nový hráč má jiné chování v původním a novém světě.*





## Použití nového hráče v novém světě – Demo

```
public class Demo {

   public static void main(String[] args) {
      Simulator sim = new Simulator(new WorldNew());
      sim.join(new RandomPlayer());
      sim.join(new RedPlayer());
      sim.join(new MinPlayer());
      sim.join(new PlayerNew());

      for (int i = 0; i < 3; ++i) {
         System.out.println("Round number: " + i);
         sim.nextRound();
      }
   }
}
```

lec01/SimulatorDD

- Pouze rozšíření světa nestačí, je nutné realizovat dynamickou vazbu
- Svět a hráče můžeme nyní rozšiřovat, aniž bychom museli zasahovat do simulačního rámec třídy **Simulator**





## Přetížení metod „overloading" a přepsání metod „overiding"

- Přetížení metody je volba konkrétní implementace na základě typu a počtu parametrů.
- Přetížení je statická vazba a děje se při kompilaci programu
- Volání přepsané metody je vazba dynamická a děje se za běhu programu.
- Identifikovat objekt můžeme také sami operátorem **instanceof**
- Double dispatch obsahuje volání funkce navíc, ale ta je velmi krátká a tak je zpravidla „inlinována" za běhu

*Při načtení programu i za běhu jsou prováděny optimalizace a krátké funkce tak mohou být přímo vloženy do kódu. Odpadá tak režie související s voláním a uložením „program counter" / „instruction pointer"*





## Shrnutí přednášky

# Diskutovaná témata

- Informace o předmětu
- Přehled objektově orientvaného programování v Javě

  *Opakování z PR1*
- Polymorfismus – příklad
- Využití polymorpfismu a návrhový vzor Double dispatch

- Příště: Výjimky, výčtové typy a kontejnery v Javě