

Objektově orientované programování polymorfismus

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 1

A0B36PR2 – Programování 2

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 1 / 96

Část 1 – Organizace předmětu

Informace o předmětu

Přednášky

Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce

Hodnocení předmětu a zkouška

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 2 / 96

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)

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 3 / 96

Informace o předmětu Přednášky Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce Hodnocení předmětu a zkouška

Část 3 – Polymorfismus

Dědičnost

Polymorfismus

Příklad návrhu a využití polymorfismu

Dispatch

Double Dispatch

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 4 / 96

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 5 / 96

Informace o předmětu Přednášky Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce Hodnocení předmětu a zkouška

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 7 / 96

Informace o předmětu Přednášky Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce Hodnocení předmětu a zkouška

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 ≥ 30 kreditů

- Prerekvizity: A0B36PR1 – Programování 1
 - Základy procedurálního a objektově orientovaného programování
 - Přehled o vlastnostech programovacího jazyka Java a virtuálního stroje JVM

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 8 / 96

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.

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 9 / 96

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.



Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 7 / 96







Informace o předmětu Přednášky Cvičení, domácí úkoly a semestrální práce Hodnocení předmětu a zkouška

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++)

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 10 / 96

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>

Cvičení

■ 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



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

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 

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>

Kontrola znalostí testem

- 1 test na přednášce se získkem 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

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
- Rektorské volno – středa 11. 5.

14 přednášek

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](#).

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 repozitáři, 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 zvenjšku jsou skryta před jinými objekty
Zapouzdření (encapsulation) / „getter a setter“
 - **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 nadřídí, ale také může přidávat položky nové
 - Můžeme rozšiřovat a specializovat schopnosti třídy
 - Můžeme modifikovat implementaci metod
- Objekt odvozené třídy může „vystupovat“ místo objektu nadřídí
 - Můžeme například využít efektivnější implementace aniž bychom modifikovali celý program.
- Vztah dědičnosti je také označován jako relace typu **is-a**

Datové položky třídy a instance

- **Datové položky třídy**
 - Jsou společné všem instancím vytvořeným z jedné třídy
 - Nejsou vázány 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 konstrukturu 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 instanci
 - Představují zprávu zaslouanou 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 zaslouanou 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 označovány 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	✓	✓	✓	✗
<i>bez modifikátoru</i>	✓	✓	✗	✗
private	✓	✗	✗	✗

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/java00/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 přetížít 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 ukázkou 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 3/3

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

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

- Po vytvoření objektu **ArrayWrapper** je obsah pole inicializován v konstruktoru na náhodná čísla
Random final array '1 5 5 9 4 9 7 1 8 1'

- Přístup k políčkám 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**.

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

- **Specializovat** („upřesňovat“) třídy

protected

- Mezi hlavní výhody dědění patří:

- Zásadním způsobem přispívá k znovupoužitelnosti programového kódu

Spolu s principem zapouzdření

- **Dědičnost je základem polymorfismu**

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

- Definujeme **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

Část III

Polymorfismus

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 přidány třídou **B**

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

Polymorfismus

- Polymorfismus – mnohoznačnost / mnohotvárnost

Vlastnost, 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**)

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

- Inherenční relace vytváří objektové hierarchie

- Funkce podtříd lze soustředit do jejich nadtříd
- Lze vytvářet abstraktní třídy, ze kterých je možné další třídy vytvářet **specializaci**

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** - Necht' 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
 - Necht' 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 označeny jako virtuální, mají dynamickou vazbu na konkrétní dynamický typ
 - V Javě jsou všechny metody deklarované 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
 - nedovoluje od třídy odvozovat další třídy
 - metody deklarované ve třídě **final**
- <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/1andI/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");
    }
}
```
- doInit()** přepíšeme v odvozené třídě **DerivedClass**

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

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

Příklad přepsání inicializační metody 2/2

- Po vytvoření 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 initialization of the BaseClass due to
            overridden doInit() in the DerivedClass");
        DerivedClass obj = new DerivedClass();
    }
}
```
- 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 strategii:


```
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 doplnění o datové položky

Příklad odvození od abstraktní třídy

- Nadřazená abstraktní 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 (**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 implementace rozhraní

■ Rozhraní

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

■ Třída implementující dané rozhraní

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

Návrh základní struktury

■ Rámec se skládá z

- Herního světa—**World** definující políčka, na která lze vsadit
- Sázků **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 strategií a, b nebo c

*Pro demonstraci použití rámce*Účastník hry – **Participant**

- Účastník může být implementován v jiných třídách (někdy 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

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 jménem rozhraní), bez ohledu na konkrétní implementaci chování
- Chceme využít vícenásobnou dědičnost

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

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*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() { ... }
}
```

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
 - Jeden hráč vždy sází na červenou (**PlayerRed**)
 - Druhý hráč sází náhodně na čísla od 1 do 36 (**PlayerRandom**)
 - Třetí hráč sází vždy na políčko s nejnižší hodnotou (**PlayerMin**)

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

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 odehrání 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.

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
    }
}
```

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

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 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

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**

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 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`

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 použít 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 elegantnější a jednodušší

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 88 / 96

Dedičnost Polymorfismus Příklad návrhu a využití polymorfismu Dispatch Double Dispatch

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**.*

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 91 / 96

Dedičnost Polymorfismus Příklad návrhu a využití polymorfismu Dispatch Double Dispatch

Přetížení metod „overloading“ a přepsání metod „overriding“

- 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“

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 94 / 96

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 rozšířit simulátor o novou implementaci světa

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 89 / 96

Dedičnost Polymorfismus Příklad návrhu a využití polymorfismu Dispatch Double Dispatch

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.

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 92 / 96

Diskutovaná témata

Shrnutí přednášky

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 95 / 96

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;
    }
}
```

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 90 / 96

Dedičnost Polymorfismus Příklad návrhu a využití polymorfismu Dispatch Double Dispatch

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**

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 93 / 96

Diskutovaná témata

Diskutovaná témata

- Informace o předmětu
- Přehled objektově orientovaného programování v Javě
- Polymorfismus – příklad
- Využití polymorfismu a návrhový vzor Double dispatch

Opakování z PR1

- Příště: Výjimky, výčtové typy a kontejnery v Javě**

Jan Faigl, 2016 A0B36PR2 – Přednáška 1: OOP – Polymorfismus 96 / 96