



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ**

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

# **KOMPONENTNÍ SYSTÉM PRO HERNÍ GRAFICKÝ ENGINE**

GRAPHIC ENGINE BASED ON ENTITY COMPONENT SYSTEM

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**TOMÁŠ POLÁŠEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**MICHAL ŠPANĚL, Ing., Ph.D.**

**BRNO 2017**

## Abstrakt

Cílem této práce je návrh a implementace knihovny pro správu entit tvořených pomocí kompozice z menších částí. Součástí práce je analýza dnes používaných technik pro práci s entitami – *objektově orientovaná dědičnost*, *objektově orientovaná kompozice* a *datově orientovaná kompozice* – a jejich porovnání.

Práce navrhuje komponentní systém pro jazyk C++, který je možno začlenit do existujících projektů. Vytvořené řešení umožňuje dynamickou kompozici entit za běhu aplikace z komponent definovaných za překladač. Systém je navržen s ohledem na snadnou paralelizaci a je uživatelsky rozšiřitelný.

Výsledná knihovna umožňuje návrh aplikací za použití techniky *datově orientované kompozice*.

## Abstract

The goal of this bachelor thesis is to design and implement a library for management of entities created using *data-oriented composition*. Analysis of the ways entities are used in todays software is performed – *object-oriented inheritance*, *object-oriented composition* and *data-oriented composition*.

Thesis proposes component system for C++ programming language, which can be easily integrated into existing projects. Presented solution allows dynamic composition of entities during application runtime from components defined at compile-time. System is designed with parallelization and user customization in mind.

Resulting library allows experimentation and designing of applications using *data-oriented composition* pattern, without the need to implement the whole system.

## Klíčová slova

Komponentní systém, Entitní systém, ECS, Kompozice, Data-oriented design, Paralelizmus, C++

## Keywords

Component system, Entity-component system, ECS, Composition, Data-oriented design, Parallel, C++

## Citace

POLÁŠEK, Tomáš. *Komponentní systém pro herní grafický engine*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Španěl Michal.

# Komponentní systém pro herní grafický engine

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana X... Další informace mi poskytli... Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Tomáš Polášek

19. dubna 2017

## Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant, apod.).

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Teoretický rozbor</b>	<b>4</b>
2.1	Entitní systémy a jejich historie . . . . .	4
2.2	Požadavky na návrh . . . . .	4
2.3	Architektura moderních počítačů . . . . .	5
2.4	Datově orientovaný návrh . . . . .	5
2.5	Reprezentace entit . . . . .	6
2.6	Entity-Component-System . . . . .	16
2.7	Paralelizmus . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Návrh entitního systému</b>	<b>22</b>
3.1	Přehled a komunikace . . . . .	22
3.2	Komponenty a jejich nosiče . . . . .	24
3.3	Systémy a skupiny . . . . .	25
3.4	Reprezentace entit . . . . .	26
3.5	Paralelní přístup . . . . .	26
3.6	Tok řízení . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Implementace</b>	<b>30</b>
4.1	Použité knihovny a přenositelnost . . . . .	30
4.2	Komponenty . . . . .	31
4.3	Systémy a skupiny . . . . .	31
4.4	Správa entit . . . . .	32
4.5	Obnovovací fáze . . . . .	33
4.6	Podpora paralelismu . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Použití knihovny</b>	<b>35</b>
5.1	Demo hra . . . . .	35
5.2	Návrh . . . . .	35
5.3	Zhodnocení . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Vyhodnocení</b>	<b>37</b>
6.1	Testování knihovny . . . . .	37
6.2	Testované sestavy . . . . .	38
6.3	Výkonnostní testy . . . . .	38
6.4	Porovnání . . . . .	39

<b>7 Závěr</b>	<b>41</b>
<b>Literatura</b>	<b>43</b>
<b>Přílohy</b>	<b>45</b>
<b>A Jak pracovat s touto šablonou</b>	<b>46</b>

# Kapitola 1

## Úvod

Díky rostoucím požadavkům na moderní hry – jak ve složitosti herních principů, tak i věrnosti grafické reprezentace – se stále zvyšují požadavky na *herní engine*, použitých v jejich tvorbě. Mezi hlavní požadavky patří široké využití v mnoha herních žánrech, možnosti multiplatformního nasazení, efektivní použití dostupného hardware, ale také jednoduchost a efektivita práce ve velkých týmech. Tyto, ale i další problémy řeší návrhový vzor *entity-component-system*, který v základu používá *kompozici* místo *dědičnosti*.

Jelikož je tato metoda vcelku nová, širší využití začíná až v posledních letech, existuje mnoho návrhů, jak by *entitní systém* založený na kompozici měl vypadat. Nejčastěji je návrh rozdělen do tří celků – *entita*, *komponent* a *systém*. Často se také využívá tzv. *datově orientovaného návrhu* [15], který specifikuje návrh aplikace za použití analýzy vstupních a výstupních dat jednotlivých částí.

Cílem práce je návrh a implementace *entitního systému* založeného na *datově orientované kompozici*. Hlavními požadavky na tento systém jsou:

- Použitelnost ve vícevláknových aplikacích.
- Efektivní využití hardwarových prostředků.
- Jednoduché rozhraní a integrace do existujících projektů.

Mezi další požadavky, z pohledu *herního engine*, jsou efektivní práce s velkým množstvím *entit*, kde většina z nich nemusí být aktuálně používána a také komunikace mezi jednotlivými *komponenty* a *entitami*.

Práce je rozdělena do čtyř logických celků – teoretická část, návrh systému, implementace a vyhodnocení. Kapitola ?? popisuje aktuální stav návrhu *software*, primárně z pohledu herního vývoje. Nejdříve zde jsou přiblíženy požadavky na *entitní systémy*. Následuje porovnání aktuálně používaných způsobů reprezentace *entit*, jejich výhody a nevýhody. Závěr obsahuje způsoby využití vícevláknových konfigurací. Kapitola ?? zahrnuje kompletní návrh *entitního systému*, který je obecný – nezávislý na implementačním jazyce. Nejdříve je uveden přehled celého systému, následuje podrobnější popis jeho částí a rozbor různých způsobů řešení. Další kapitola (??) je věnována implementaci v jazyce C++. Následuje kapitola ??, ve které je předvedena funkčnost systému na návrhu a implementaci demo hry. Poslední kapitola shrnuje výsledný systém z pohledu výkonosti a srovnává jej s podobnými *open-source* knihovnami.

## Kapitola 2

# Teoretický rozbor

Tato se věnuje teorii *entitních systémů*, jejich historii a požadavkům na ně kladeným. Dále obsahuje rozbor běžně používaných způsobů reprezentace *entit* a srovnává jejich výhody a nevýhody. Následuje popis vlastního *entitního systému* založeného na kompozici, definice hlavních pojmů – *entita*, *kompoment* a *systém*. Na závěr se věnuje metodám paralelizmu, které jsou dnes používány.

### 2.1 Entitní systémy a jejich historie

*Entitní systém* je část herního enginu, který zprostředkovává zprávu *entit* – objektů ve virtuálním světě. Alternativní název, který se také často používá, je *herní objekt* (*Game Object* [6]). Primární funkcí *entit* je propojení jednotlivých modulů a částí aplikace, které jsou vyvíjeny odděleně – např. herní logika a simulace fyziky.

[[historie]]

### 2.2 Požadavky na návrh

Stále zvyšující se požadavky na složitost herních principů, věrnost grafické reprezentace a velikost virtuálních světů mnohonásobně ztěžují návrh *herních enginů*, na kterých jsou hry stavěny. Dalším problémem je znovupoužitelnost již vytvořených částí, nejen ve stejném projektu, ale stále častěji i v dalších hrách. Z výše zmíněných důvodů vznikají techniky pro organizaci kódu a knihy *návrhových vzorů* [16][18], které obsahují zkušenosti a prověřené způsoby jak navrhovat *software*. Důležitou vlastností správného návrhu, je také modularita – oddělení částí systému. Tyto techniky umožňují pracovat velkému množství programátorů na jednom projektu.

Mezi techniky dnes používané patří primárně *objektově orientované návrh*, ale stále častěji také návrh *datově orientovaný*, kterým se zabývá část 2.4.

Způsob reprezentace *entit* – objektů ve virtuálním světě – je jedním z důležitých rozhodnutí v návrhu *herního enginu*. Entity jsou často používány pro komunikaci mezi jednotlivými podsystémy – např. vykreslení efektu, který vznikl v *gameplay* kódu. Přílišná provázanost však většinou znamená zvýšený výskyt programovacích chyb (*bugs*) [18]. Podrobněji se tímto zabývá sekce ??.

## 2.3 Architektura moderních počítačů

Důležitou součástí tvorby her je analýza cílového hardware, na kterém hra poběží. Velkou výhodou je v dnešní době velmi vysoká podobnost všech různých herních systémů. Stolní počítače, ale i některé nové konzole (*Playstation 4* a *Xbox One* [19]), již všechny používají architekturu procesorů *x86* [11] [8]. Stále důležitější platformou jsou také mobilní zařízení, které používají architekturu procesorů *ARM* [7]. Výhodou, z pohledu návrhu *software*, je velmi podobná architektura paměti, která umožňuje optimalizace, které fungují na všech často používaných platformách.

Moderní procesory dokáží velmi rychle vykonávat jednoduché instrukce a za použití mechanismů (např. *pipelining* [5]) se stále zvyšuje počet instrukcí za jeden cyklus (*Instructions per Cycle* [3]). Problém nadchází v případě, kdy procesor operuje s daty, které nejsou k dispozici v jeho registrech. Rozdíl v rychlosti procesorů a paměti stále roste [20], způsobem minimalizace tohoto rozdílu jsou procesorové *cache* (*vyrovnávací paměť*).

Právě díky rozdílům rychlostí jednotlivých typů pamětí [17] vznikají nové způsoby, jak navrhovat aplikace, které umožňují efektivně využívat hierarchii procesorových *cache*. Jedním z nich je *datově orientovaný návrh*, kterým se zabývá následující sekce. Mezi důležité parametry pro efektivní využití *cache* patří lokalita odkazů [2] a udržování jejich koherence [1]. Lokalita odkazů je primárně dělena na 2 typy – časová a prostorová. Časovou lokalitou je myšleno opakované používání stejných dat, kdy se data při prvním použití zapisí do *cache* a dále již není třeba přístup k hlavní paměti. Načítání dat do *cache* je prováděno v blocích (*cache line*), které jsou specifikovány pro každý procesor. Program, který využívá data, které jsou v paměti blízko (vejdou se do jedné *cache line*) má dobrou prostorovou lokalitu odkazů. Udržování koherence procesorových *cache* se primárně projevuje ve více-jádrových systémech a podrobněji se jím zabývá sekce 2.7.

## 2.4 Datově orientovaný návrh

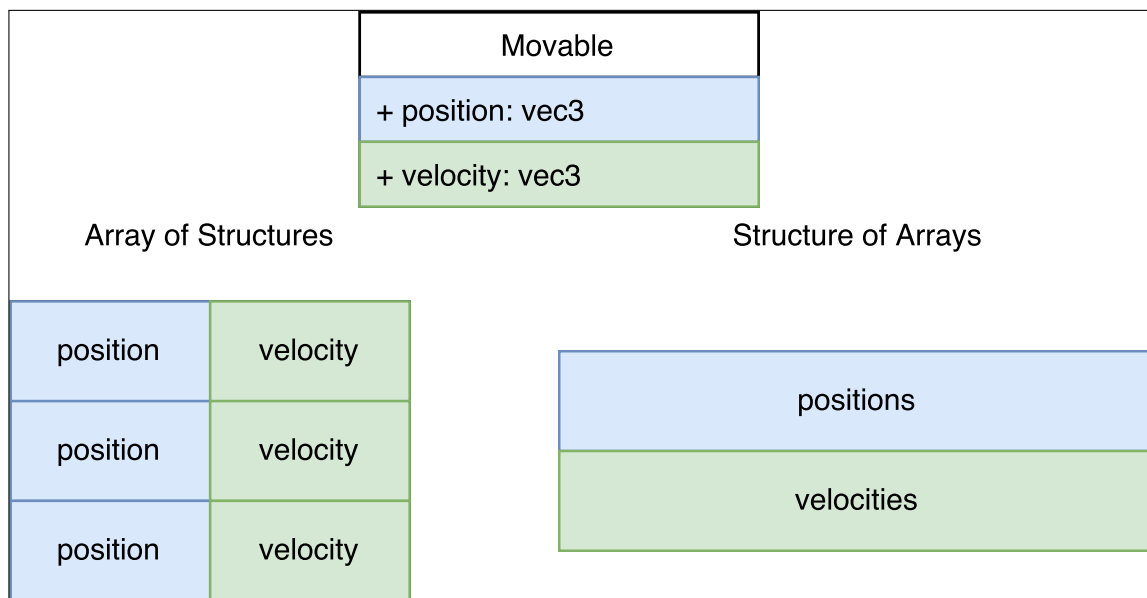
Dnes nejpoužívanější způsob návrhu – *objektově orientovaný* (*OOD*) – umožňuje abstrahovat od fyzického hardware, na kterém výsledná aplikace běží a řešit daný problém jeho dekompozicí do objektů. Základní stavební kámen je v tomto případě objekt – agregace hodnot a proveditelných operací. Toto umožňuje řešení problémů transformací objektů z reálného světa na objekty virtuální, se kterými dokáží lidé pracovat a zároveň jsou interpretovatelné i překladači programovacích jazyků. Toto je však problematické pro moderní výpočetní hardware, který je optimalizovaný na jednoduché datové transformace.

Kvůli výše zmíněnému problému a stále vyšší potřebě optimalizace se objevuje *datově orientovaný návrh* [15] (*DOD*), který se naopak zaměřuje na data, které aplikace používá. Nevýhodou je snížení čitelnosti výsledného kódu a složitější transformace návrhu aplikace – řešení problému – ve výsledný program. Základní myšlenkou je oddělení dat a operací nad nimi, toto umožňuje efektivnější využití paměti a procesorových *cache*.

Častým příkladem rozdílů mezi *OOD* a *DOD* je transformace seznamu struktur (*SOA*) ve strukturu seznamů (*AOS*), který lze vidět na obr. 2.1.

Základem *DOD* je důkladná analýza aplikačních dat – jejich obor hodnot, transformace, definice vstupních dat, požadovaný výstup atp. Často je využíváno datové struktury pole, jehož vlastnosti umožňují rychlou iteraci. Mezi výhody *DOD* patří také dobrá lokalita dat a odkazů, což umožňuje efektivní využití procesorových *cache*. Díky těmto vlastnostem se *DOD* stále častěji používá v herním průmyslu [4] [12].





Obrázek 2.1: Příklad transformace pole struktur na strukturu polí.

Entitní systém navržený v této práci vychází z principů *DOD* – *datově orientovaná kompozice*[14]. Blíže se tímto způsobem skládání *entit* zabývá sekce 2.5.3.

## 2.5 Reprezentace entit

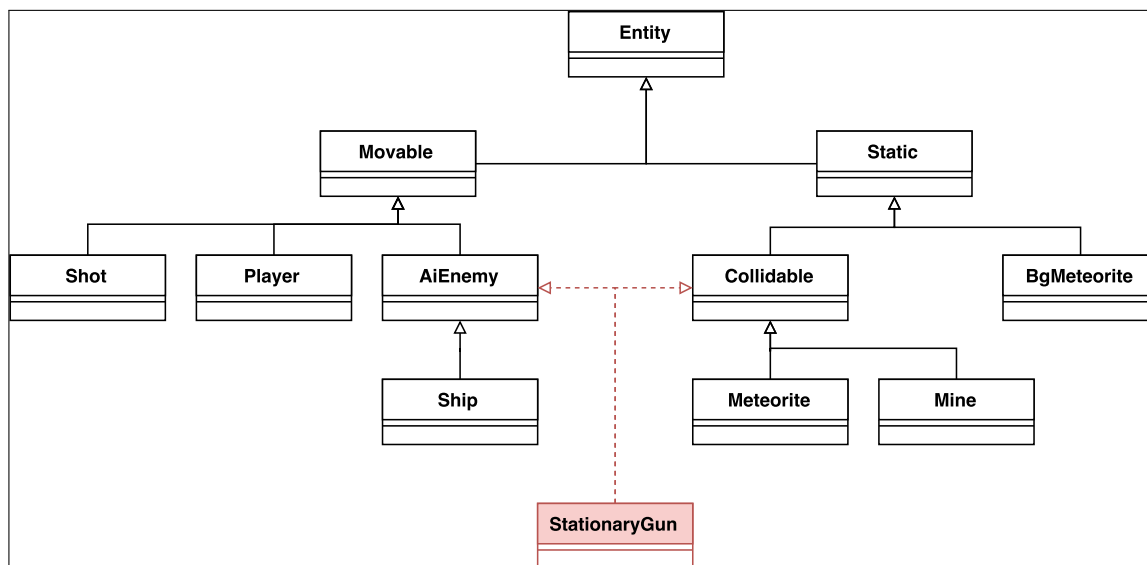
Tato sekce obsahuje rozbor nejpoužívanějších způsobů reprezentace *entit*[21] a jejich *chování*. Pod pojmem *entita* je myšlen objekt ve virtuálním světě a *chování* jsou operace, které *entita* dokáže provést – pohyb, vykreslení, kolize atp.

Jednotlivé reprezentace jsou srovnány na příkladu jednoduché 2D *shoot'em up* hry. Metody jsou hodnoceny na základě složitosti implementace, návrhu s jejich použitím a výhodnosti z pohledu hardware. Závěry zde vyvozené jsou primárně zaměřené na *třídní* objektově orientované jazyky (*C++*, *JAVA*, *Python* atp.), ale částečně je lze aplikovat i na *objektově orientované* programovací jazyky obecně.

### 2.5.1 Objektově orientovaná hierarchie

Pod pojmem *objektově orientovaná hierarchie* (*OOH* [18]) je míněn způsob skládání nových typů entit za využití *dědičnosti* a často také *polymorfismu*. Příklad hierarchie, navržené pro ukázkovou 2D hru, lze vidět na obr. 2.2. V kořenu stromu hierarchie je, v případě *OOH*, *bázová* třída, která umožňuje uniformní skladování entit. Konkrétní entity, které existují v herním světě, jsou listy ve stromu dědičnosti.

Množina akcí entity je nastrádána průchodem stromu dědičnosti od kořene k listu, kde se konkrétní entita nachází. Existují dva často používané způsoby definice těchto akcí. První z nich je přímá definice metody v děděné třídě, tohoto je využíváno v případě akcí, které nezávisí na typu entity – např. vykreslení. Druhým je potom využití *polymorfismu* – virtuálních metod.



Obrázek 2.2: Příklad objektově orientované hierarchie.

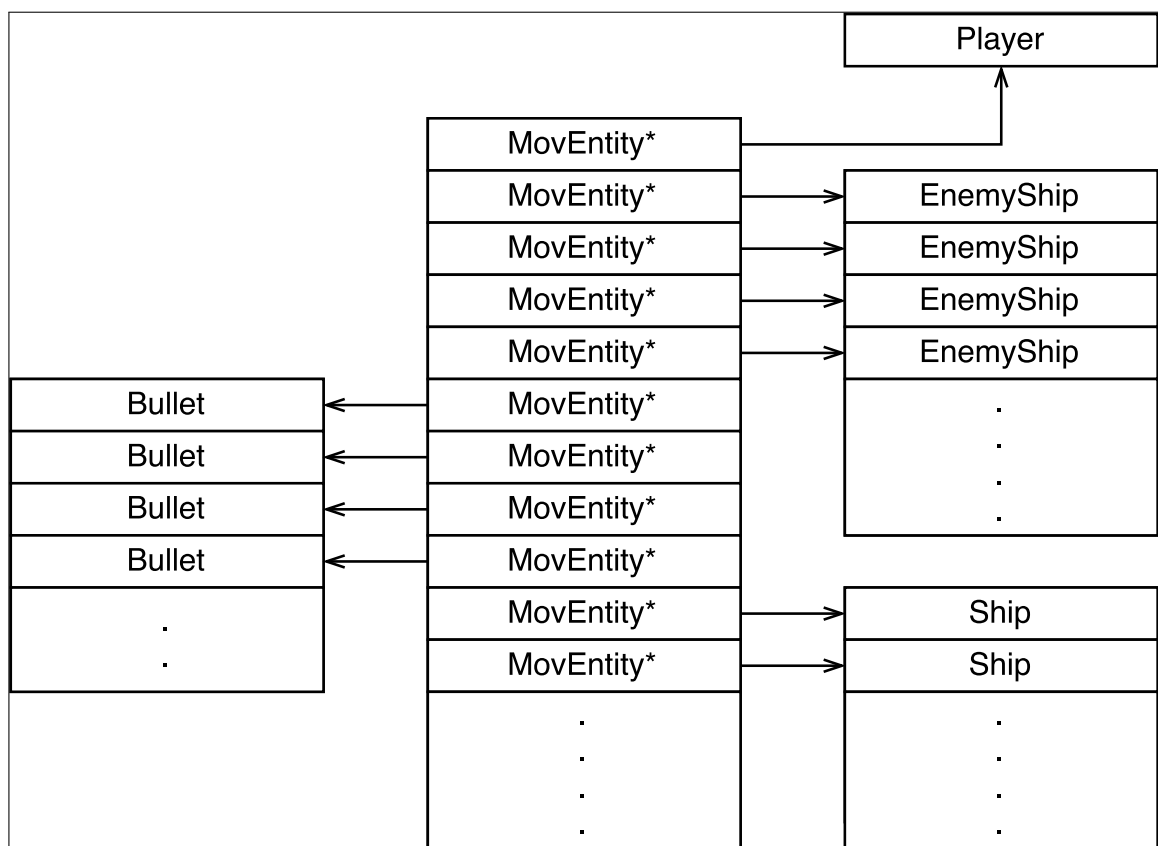
Hierarchie dědičnosti, která je v tomto příkladě použita lze vidět na obr. 2.2 – pouze ilustrační, pro předvedení problémů. Bázová třída **Entity** obsahuje kód pro vykreslování, dále se hierarchie dělí na entity pohyblivé a statické. Prvním problémem je umístění entit, které jsou v pozadí – nelze do nich narazit. Dalším příkladem problémů s *OOH* je přidání třídy **StationaryGun** (nepohyblivá zbraň), u které není optimální třída, ze které by měla dědit.

Pro příklad využití paměti je využit seznam pohybujících se entit, jejichž pozice musí být každý snímek hry aktualizována o jejich rychlost. Ilustrace možné organizace paměti lze vidět na obr. 2.3. Hlavní seznam obsahuje ukazatele na entity, které je potřeba aktualizovat. Instance jednotlivých konkrétních typů jsou uloženy ve vlastních seznamech.

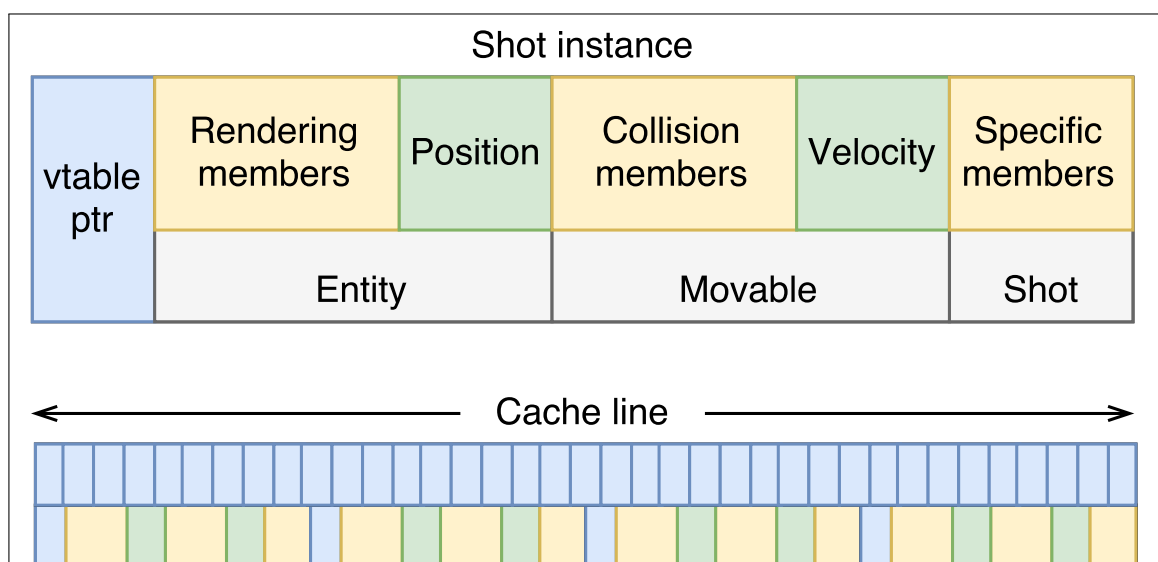
Při operaci aktualizace je iterováno přes hlavní seznam ukazatelů a na každý objekt je zavolána metoda, která aktualizuje pozici o jeho rychlost. Postup práce s hlavní pamětí a *cache* je následující <sup>1</sup>. Prvním krokem je načtení bloku paměti o velikosti řádku vyrovnávací paměti (*cache*), který obsahuje požadované ukazatele. Následuje dereference prvního z ukazatelů, která zapříčiní čtení dalšího řádku paměti, který již obsahuje iterované objekty. Ilustrace obsahu paměti *cache* lze vidět na obr. 2.4. Díky způsobu, kterým jsou entity skládány, obsahují jednotlivé objekty kromě požadovaných informací – pozice a rychlost – také data, která nejsou používána. Výsledkem je neoptimální využití procesorových *cache* [4].

Komunikace jednotlivých částí je při použití *OOH* implicitní – pomocí *public* a *protected* členů.

<sup>1</sup>Postup neuvažuje různé vrstvy paměti *cache* a předpokládá, že k požadovanému bloku paměti zatím nebylo přistoupeno. Velikost řádku vyrovnávací paměti je nastavena tak, aby nedošlo k překrytí paměti ukazatelů a paměti instancí.



Obrázek 2.3: Obsah paměti u objektově orientovaných hierarchií.



Obrázek 2.4: Využití procesorové *cache* při použití objektově orientované entitní hierarchie.

Mezi výhody *OOH* patří:

- Jednoduchá implementace.
- Podpora tříd zabudována do mnoha programovacích jazyků.
- Použití standardních návrhových metod z objektově orientovaného návrhu.
- Implicitní propojení a komunikace mezi děděnými částmi.

Její nevýhody jsou:

- Akumulace stavu a chování, které není nutně entitou vyžadováno.
- Duplikace kódu v různých větvích stromu dědičnosti.
- Zvyšující se složitost umísťování nových typů entit.
- Typy entit jsou specifikovány ve zdrojovém kódu.
- Statické typování<sup>2</sup>, nemožnost tvorby nových typů za běhu programu.

### 2.5.2 Objektově orientovaná kompozice

Pod pojmem *objektově orientovaná kompozice* (*OOC* [18]) je myšlena tvorba entit z menších částí – komponent – kde komponenty obsahují data i množinu proveditelných akcí. Entita je při použití *OOC* kontejner, který obaluje seznam komponent (kompozice). Příklad návrhu množiny komponent lze vidět na obr. 2.5, kontejnerovou třídu je v tomto případě **Entity**.

Množinu akcí, které lze nad entitou provést je definována komponenty, které jsou v entitě přítomny. Každá komponenta obsahuje, kromě dat, také akce, které lze nad entitou, která danou komponentu obsahuje, provést.

Tato metoda je často používaná (*composition over inheritance*) v návrhu software a je mezikrokem od *objektově orientované hierarchie* k *datově orientované kompozici*.

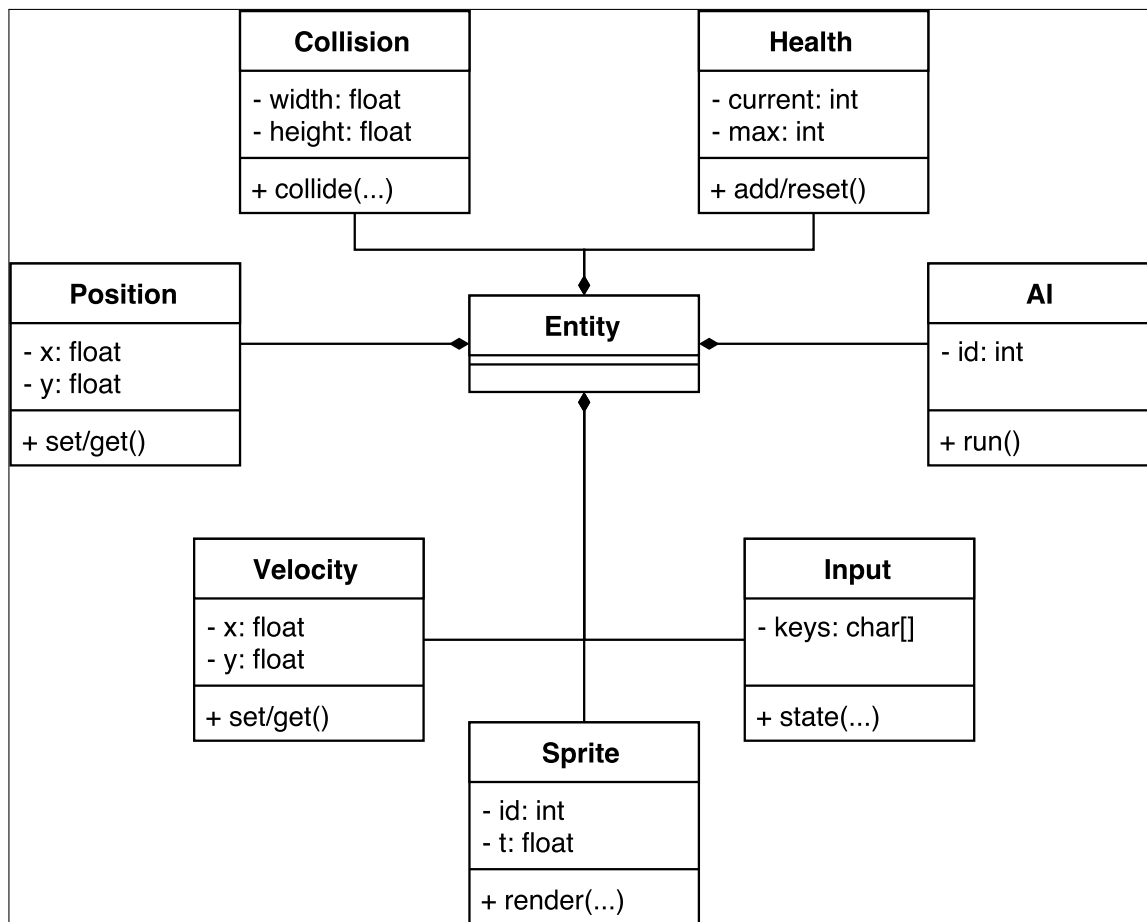
Příkladem využití těchto komponent, pro implementaci stejné množiny konkrétních entit, jako v případě použití *OOH*, lze vidět na obr. 2.6. Oproti využití dědičnosti se zde již lze jednoduše vyhnout problému s umístěním entit do stromu dědičnosti. Přidání typu **StationaryGun** je již také bezproblémové, díky možnosti libovolné kombinace jednotlivých komponent.

Existuje mnoho způsobů, jak tuto základní myšlenku kompozice z menších částí implementovat. Jednou z možností je vyhradit pro každý typ komponenty pozici v seznamu ukazatelů<sup>3</sup>. V tomto návrhu je entita redukována na seznam ukazatelů, kde každá komponenta je buď přítomna (ukazatel je nastavený), nebo nepřítomna (ukazatel je *NULL*). Výhodou této implementace je rychlost. Primární nevýhodou je potom neefektivní využití paměti, pro větší množství druhů komponent. Ilustraci této implementace lze vidět na obr. 2.7.

Jako příklad práce s pamětí je použita iterace nad seznamem entit, u kterých je nutno provést aktualizaci pozice, podle jejich rychlosti. V tomto příkladě je použita implementace pomocí statického seznamu ukazatelů, podle obr. 2.7.

<sup>2</sup>Může být výhodou v některých případech, např. optimalizace, které vykonává překladač.

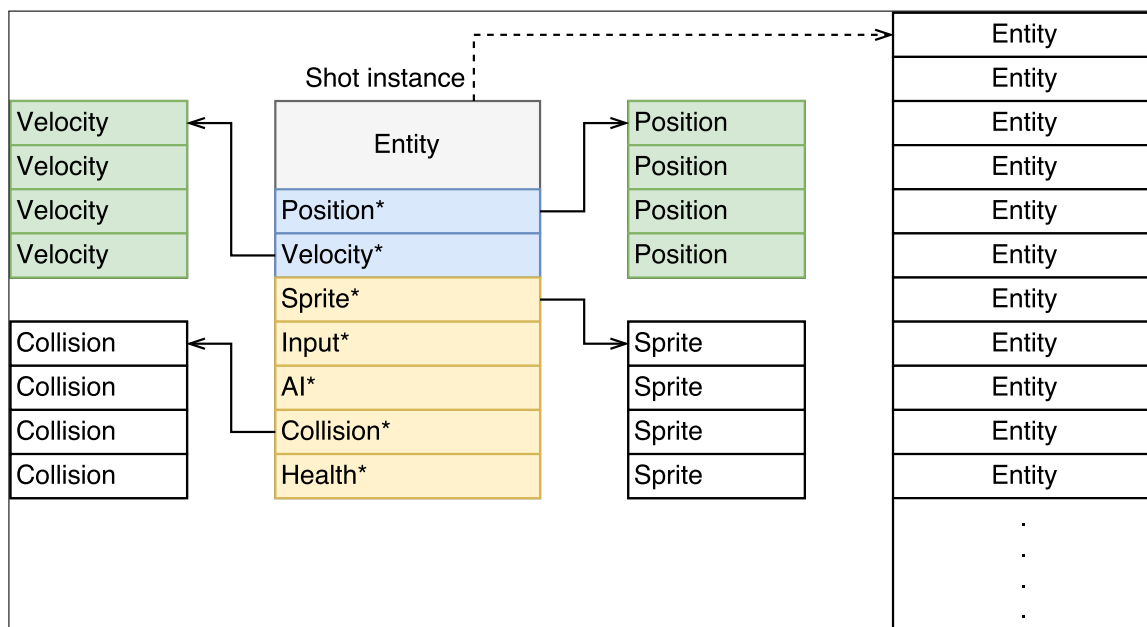
<sup>3</sup>Mezi další způsoby patří mapy nebo dynamické seznamy. Možným řešením je také použití obecných ukazatelů a typových proměnných.



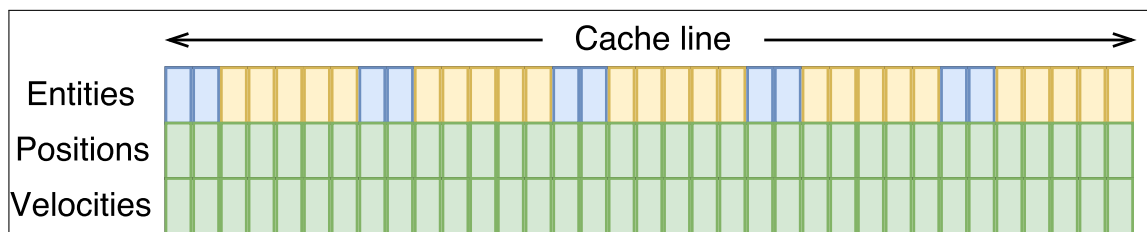
Obrázek 2.5: Příklad objektově orientované kompozice.

	Position	Velocity	Sprite	Input	AI	Collision	Health
Shot	x	x	x			x	
Player	x	x	x	x		x	x
Ship	x	x	x		x	x	
Meteorite	x		x			x	
Mine	x		x			x	
BgMeteorite	x		x				
StationaryGun	x		x		x	x	

Obrázek 2.6: Využití kompozice pro tvorbu herních objektů. Konkrétní typy entit jsou zde reprezentovány řádky, jednotlivé komponenty jsou potom sloupce. Přítomnost komponenty je vyznačena znakem „x“.



Obrázek 2.7: Obsah paměti u objektově orientované kompozice. Zde je entita implementována pomocí seznamu ukazatelů.



Obrázek 2.8: Využití procesorové *cache* při použití objektově orientované kompozice.

Podobně, jako u použití *OOH*, je zde iterováno přes seznam, který však tentokrát obsahuje již jednotlivé instance typu **Entity**<sup>4</sup>. Využití vyrovnávací paměti, za stejných předpokladů, jako u příkladu v případě *OOH*, je následující. Nejdříve je načten seznam entit a jejich ukazatelů na jednotlivé komponenty. Požadovaná operace potřebuje pouze ukazatele na komponenty typu **Position** a **Velocity**, ostatní jsou v tomto případě zbytečné<sup>5</sup>. Následuje přístup k požadovaným komponentám skrz ukazatele v první entitě. Tímto je načten blok paměti, pro každou komponentu, do vyrovnávací paměti. Po provedení operace nad první entitou a přístupu k dalším jsou již následující komponenty přístupné z *cache*.

Komunikace mezi jednotlivými komponenty je při použití *objektově orientované kompozice* problematické. Příkladem by mohla být *umělá inteligence*, která potřebuje změnit rychlost entity. Jelikož jsou jednotlivé komponenty samostatné (*encapsulation*) objekty, oddělené od ostatních komponent, které jsou součástí stejné entity, není mezi nimi možná přímá komunikace. Jedním možným řešením je přidání systému zpráv<sup>6</sup>, který má přístup k entitě, jako celku a předat odkaz na tento systém jednotlivým komponentám. Mezi výhody *OOO* patří:

- Uniformní instance všech typů entit, liší se pouze v přítomných komponentách.
- Lepší využití procesorových *cache*.
- Možnost definování nových typů entit za běhu, použitím kompozice.
- Definice typů entit v datech.
- Komponenty, které entita vlastní, jsou přístupny z jednoho místa.
- Odstraněna duplikace kódu a akumulace nechtěného stavu.

Její nevýhody jsou:

- Složitější implementace, většinou bez podpory v programovacím jazyce.
- Komunikace mezi komponentami není implicitní, je nutno ji implementovat.

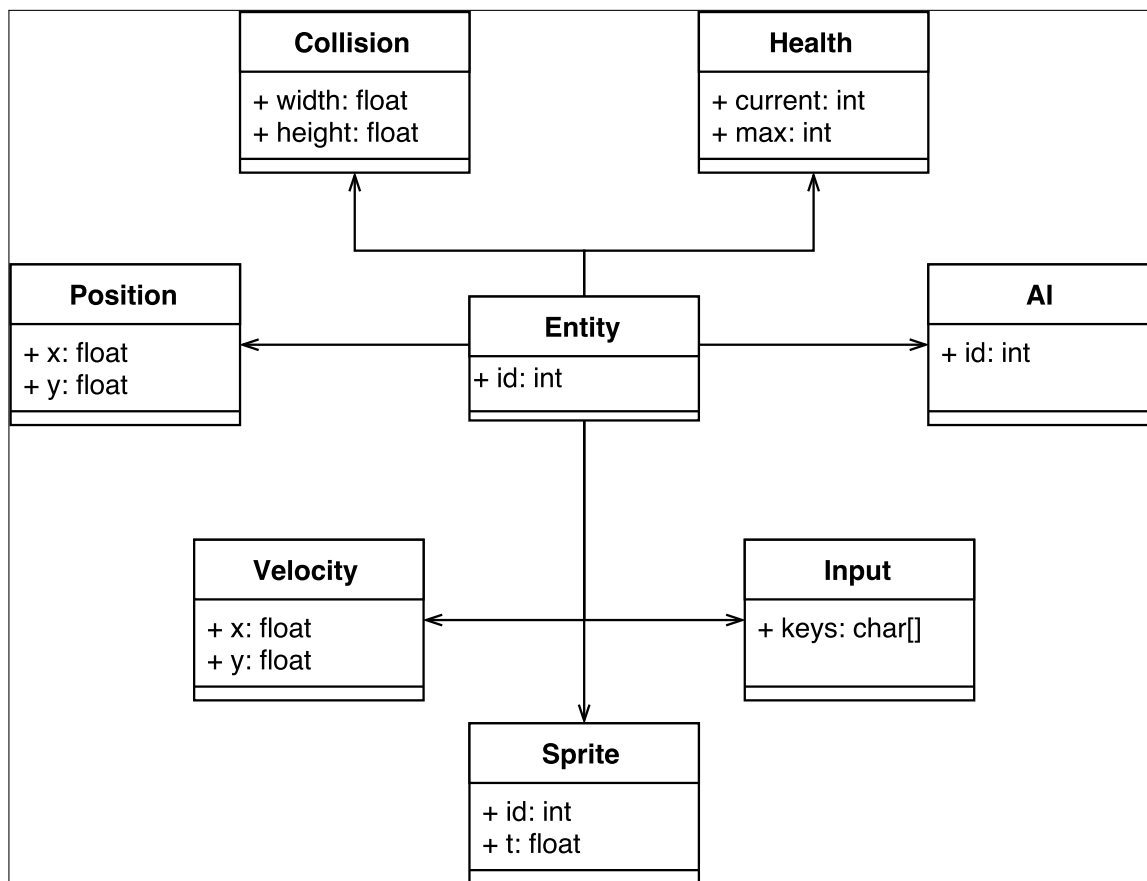
### 2.5.3 Datově orientovaná kompozice

*Datově orientovaná kompozice (DOC)* je dalším krokem v rozdělování entit do logických celků – do komponent. Podobně, jako *objektově orientovaná kompozice*, *DOC* rozděluje

<sup>4</sup>Předpokládá se, že všechny entity obsahují komponenty typu **Position** a **Velocity**

<sup>5</sup>Záleží na implementaci, tuto neefektivitu je možné řešit optimalizacemi.

<sup>6</sup>Zprávy, ale i události jsou možným řešením.



Obrázek 2.9: Příklad datově orientované kompozice.

entity do menší části (komponenty), což umožňuje lepší modularitu výsledného software. Oproti *OO* však jednotlivé komponenty neobsahují žádnou logiku <sup>7</sup>.

Množinu akcí, kterou lze nad entitou vykonat, je opět definována přítomnými komponentami. Jelikož komponenty samy o sobě neobsahují logiku, je nutno akce definovat v okolním kódu. Jedním způsobem je přímý přístup ke komponentám a jejich datům, tato metoda bude použita v následujícím příkladě. Pro rozsáhlejší aplikace, kde je třeba lepší kontrola nad přístupy k jednotlivým komponentám, lze například využít *systemy*, které implementují akce nad komponenty <sup>8</sup>. Tento způsob je využit i v návrhu *entitního systému*, o kterém je napsána tato práce.

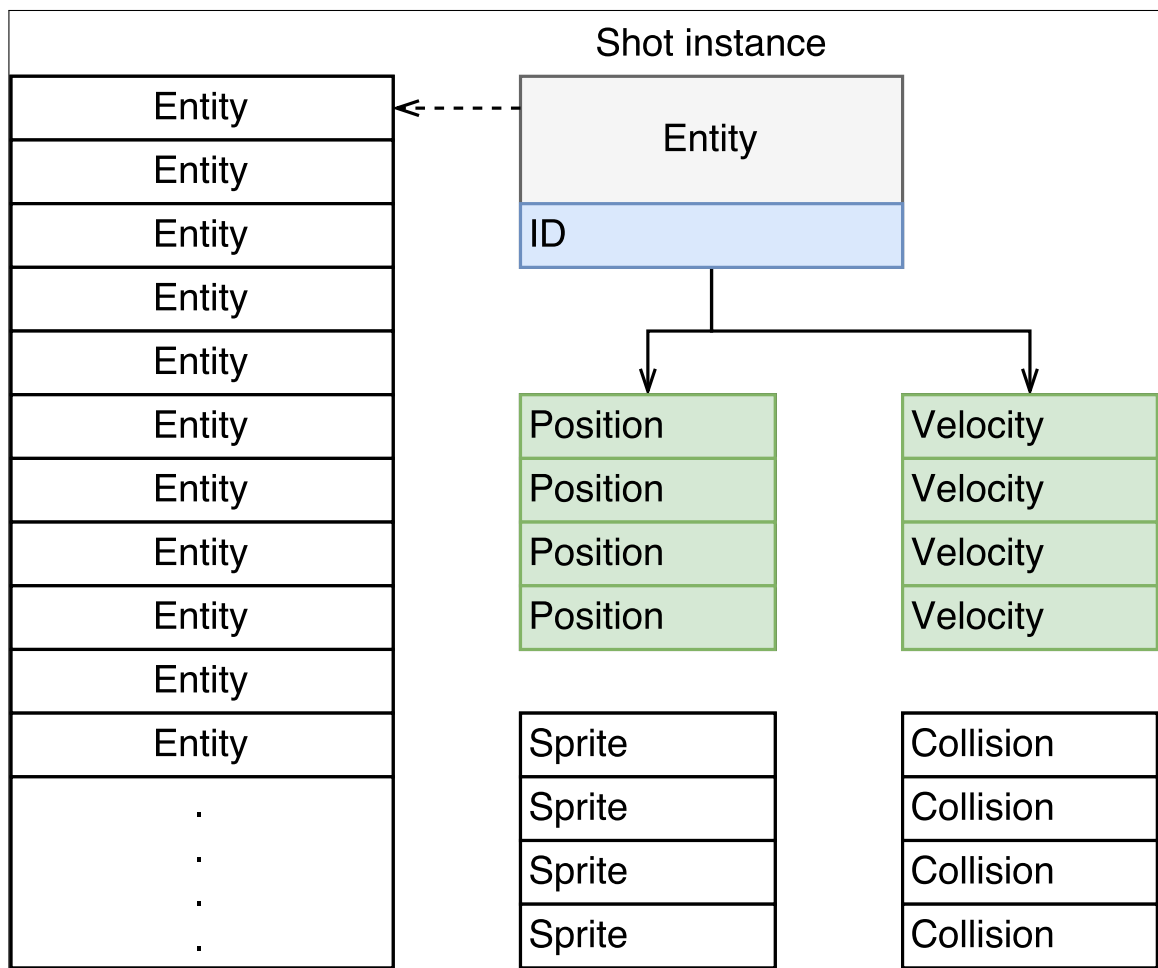
Příklad návrhu entity a komponent lze vidět na obr. 2.9. Mezi důležité změny, oproti *OO*, patří veřejný (*public*) přístup ke členům entit. Entita je v tomto návrhu <sup>9</sup> reprezentována číslem (identifikátor), pomocí kterého lze komponenty jednoznačně přiřadit k entitám, které je vlastní. Implementace konkrétních entit je konceptuálně stejná, jako při použití *objektově orientované kompozice*, příklad lze vidět na obr. 2.6.

<sup>7</sup>Logikou je v tomto případě myšleno kód, který pracuje na vyšší úrovni, než pouze s daty dané komponenty. Blíže k tomuto v 2.6

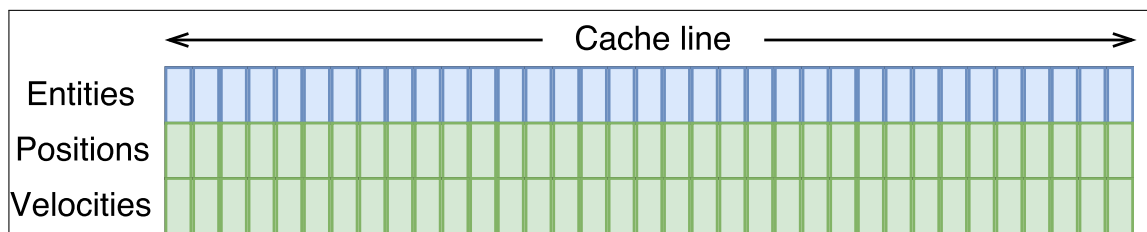
<sup>8</sup>Tato metoda je blíže popsána v sekci 2.6

<sup>9</sup>Toto je pouze jeden způsob implementace *datově orientované kompozice*.





Obrázek 2.10: Obsah paměti u datově orientované kompozice.



Obrázek 2.11: Využití procesorové *cache* při použití datově orientované kompozice.

Příklad organizace paměti, při použití *DOC*, lze vidět na obr. 2.10. Entity jsou uchovávány v homogenním seznamu. Jednotlivé identifikátory entit je možné mapovat na komponenty přímou indexací polí komponent.

Pro ukázkou práce s vyrovnávací pamětí je opět použit příklad iterace nad seznamem entit, které je nutno posunout v prostoru, podle jejich rychlosti. Pro vykonání této akce je tedy nutný přístup ke komponentám typu **Position** a **Velocity**. Nejdříve je opět přistoupeno k poli entit, čímž je načten příslušný řádek do vyrovnávací paměti. Jelikož je mapování identifikátorů entit realizováno pomocí přímé indexace<sup>10</sup> je možné po načtení řádku *cache* pro dané dva typy komponent již následující přístupy do paměti realizovat přímo z vyrovnávací paměti. Obrázek 2.11 obsahuje ilustraci stavu procesorové *cache*.

Komunikace mezi jednotlivými částmi je v případě *datově orientované kompozice* rozdělená do dvou úrovní. První z nich, komunikace mezi komponentami, je vyřešena implicitně, jelikož akce mohou přistupovat k několika komponentám. Druhou je potom komunikace mezi zprostředkovateli akcí (např. *systémy*). Tento typ komunikace je možné opět řešit pomocí systému zpráv, nebo událostí.

Mezi výhody *DOC* patří:

- Efektivní skladování entit, které jsou reprezentovány identifikátorem.
- Lepší využití procesorových *cache*.
- Možnost definování nových typů entit za běhu, použitím kompozice.
- Definice typů entit v datech.
- Odstraněna duplikace kódu a akumulace nechtěného stavu.
- Možnost efektivní implementace akcí, mimo komponenty.
- Možná vysoká úroveň optimalizace celého systému.

Její nevýhody jsou:

- Bez podpory v programovacích jazycích<sup>11</sup>.
- Náročná implementace.

<sup>10</sup>Za předpokladu, že identifikátory všech iterovaných entit nedovolují díry v poli komponent.

<sup>11</sup>Vzniká programovací jazyk, který bude tento typ kompozice podporovat [13].

Mezi další vlastnosti patří:

- Ztráta abstrakce při práci s komponentami.
- Možnosti *serializace* entit a komponent.
- Akce mohou přistupovat k několika komponentám.

## 2.6 Entity-Component-System

Entitní systémy, postavené za použití *datově orientované kompozice*, s využitím *systémů* pro generování chování, se nazývají *Entity-Component-System* (ECS [10] [9])<sup>12</sup>. Tato část obsahuje popis obecných konceptů tohoto typu systémů, a vlastností, které z nich vyplývají.

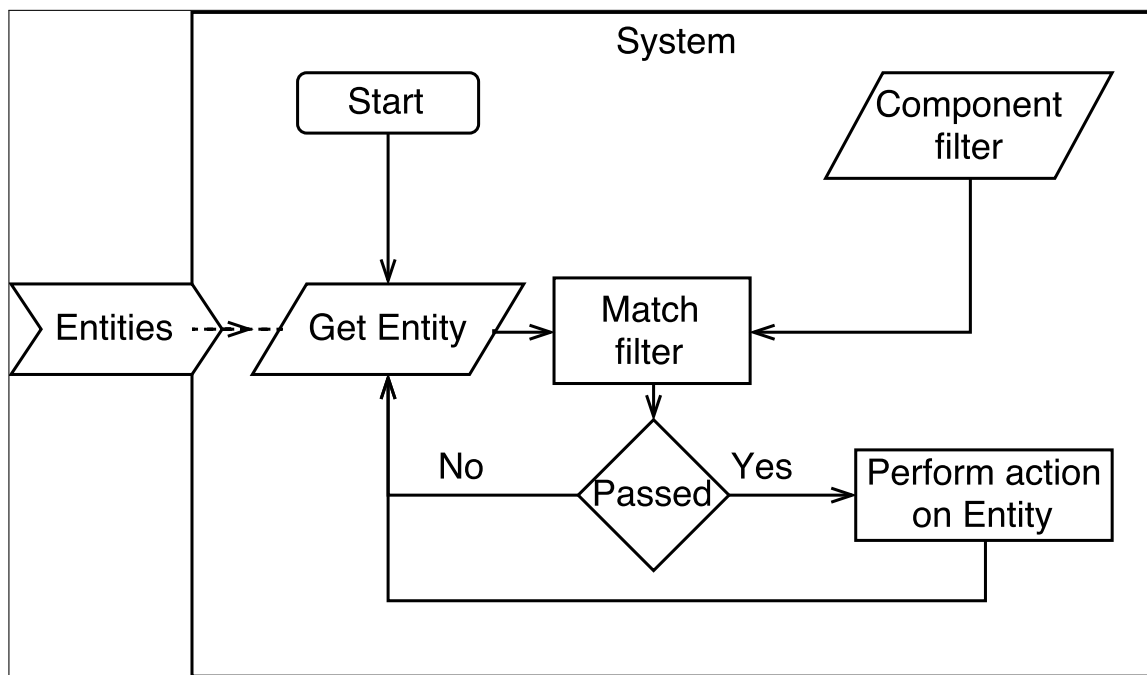
### 2.6.1 Koncept

[[Představení základní architektury návrhového vzoru - entity, komponenty, systémy]]

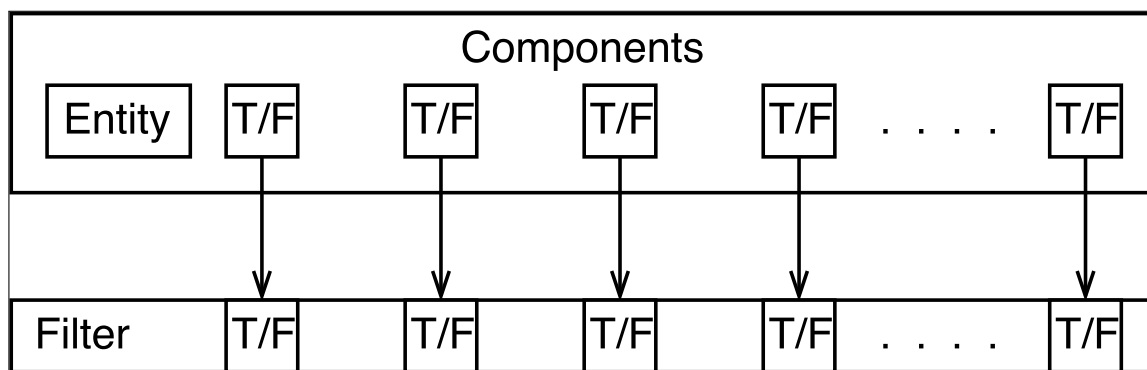
	Comp 0	Comp 1	Comp 2	Comp 3	. . . .	Comp M
Entity 0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	. . . .	<input type="checkbox"/>
Entity 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	. . . .	<input type="checkbox"/>
Entity 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	. . . .	<input type="checkbox"/>
Entity 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	. . . .	<input type="checkbox"/>
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
Entity N	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	. . . .	<input type="checkbox"/>

Obrázek 2.12: Entita reprezentována jako řádek v databázi.

<sup>12</sup>Často používaným označením je také „component base entity system“, nebo „Component-Entity-System“.



Obrázek 2.13: Vstupem *systemu* jsou entity, ze kterých si vybere pouze ty, které mají odpovídající komponenty. Na vybraných entitách provádí požadované akce.



Obrázek 2.14: Filtr operuje nad entitou a informací o přítomnosti komponent.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus pla-

cerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 2.6.2 Výhody zvolené reprezentace

**[[Lokalita dat, instrukcí. Cache. Dynamičnost, prototypování. Serializace. Embedded skriptovací jazyky.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullam-

corper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 2.7 Paralelizmus

**[[Důležitost, hardware - cache, popis možnosti paralelizace.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



Obrázek 2.15: Paralelizmus uvnitř systémů. [\[\[Vytvořit\]\]](#)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



Obrázek 2.16: Paralelizmus na úrovni systémů. **[[Vytvořit]]**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



## Kapitola 3

# Návrh entitního systému

[[Co by to melo umet, priority]]

### 3.1 Přehled a komunikace

[[Postup seznámení s návrhem top -> down]]



Obrázek 3.1: Návrhový diagram komponentního systému. [[Vytvořit]]

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris.

Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

[[High-level design, propojení. Universe, action-cache.]]



Obrázek 3.2: Přehled návrhu komponentního systému a komunikace mezi jeho částmi. [[Vytvořit - HLB diagram]]

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor.

Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 3.2 Komponenty a jejich nosiče

**[[Komponenta POD. Trivial constructor, copy. Paměť a typy nosičů. Typy komponent - tag, normal.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.3 Systémy a skupiny

**[[Volnost použití systémů. Uživatelem definované chování. Filtry - require, reject. Cache pomocí skupin entit.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.4 Re prezentace entit

**[[Entita, id, generace. Alternativy a důvody.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.5 Paralelní přístup

**[[Podporované způsoby paralelizace, návrh, zdůvodnění. Entity paralellization. System parallelization. Diskuze na téma, zda je paralelní přístup potřeba.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor.

Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 3.6 Tok řízení

[[Popsat předpokládaný tok řízení, jak se bude používat. Registrace. Iterace. Refresh.]]



Obrázek 3.3: Digram toku řízení komponentního systému. **[[Vytvořit - Control flow diagram]]**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris.

Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



## Kapitola 4

# Implementace

**[[Shrnutí návrhu]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 4.1 Použité knihovny a přenositelnost

**[[zduvodneni pouziti c++ Zdůvodnění nepoužití knihoven. C++14, Linux, Windows. Header-only]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus pla-

cerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 4.2 Komponenty

**[[Rekapitulace vlastností, které komponenta musi splnit. Registrace, generování identifikátorů. Uživatelské nosiče]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 4.3 Systémy a skupiny

**[[Super třída, filtry, přístup - iterace. Přidání systému, volitelná skupina - added/removed.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam

rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 4.4 Správa entit

**[[Potřebné informace, implementace, datové struktury, optimalizace]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla

tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 4.5 Obnovovací fáze

**[[Pořadí refresh. Obnovení aktuality skupin.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 4.6 Podpora paralelizmu

**[[2 způsoby paralelizmu - dělení skupin, change-sety]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris.

Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## Kapitola 5

# Použití knihovny

### 5.1 Demo hra

**[[Popis principů hry]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 5.2 Návrh

**[[Komponentní návrh]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullam-

corper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 5.3 Zhodnocení

**[[Výkon, návrh, jednoduchost]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## Kapitola 6

# Vyhodnocení

**[[Shrnutí, popis co bude v této kapitole]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 6.1 Testování knihovny

**[[Unit testing, benchmarky]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



## 6.2 Testované sestavy

**[[Hardware sestavy - PC, notebook. Tabulka identifikace]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 6.3 Výkonnostní testy

**[[Výkon při různých zatíženích - procenta přidáných/odebraných. Grafy.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Porovnání nosičů komponent. Grafy.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Seriové vs paralelní - počet vláken. Grafy.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 6.4 Porovnání

**[[Výkonostní porovnání oproti jiným ECS knihovnám, Unity? Grafy.]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 6.4.1 Implementace

**[[Použití knihovny, základní popis implementace]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 6.4.2 Výsledek

**[[Poznatky a výsledky získané ze hry. Grafy?]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo,

lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

# Kapitola 7

## Závěr

**[[Využití komponentních systémů a aktuální stav]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Návrh, prototypy, priority]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Implementace, rozšířitelnost, přenositelnost]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Experimenty, srovnání, demo hra]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut

metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

**[[Možnosti rozšíření]]** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

# Literatura

- [1] *Cache Coherence*. [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <https://www.d.umn.edu/~gshute/arch/cache-coherence.xhtml>
- [2] *Data Locality*. [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL [http://docs.roguewave.com/threadspotter/2011.2/manual\\_html\\_linux/manual\\_html/ch\\_intro\\_locality.html](http://docs.roguewave.com/threadspotter/2011.2/manual_html_linux/manual_html/ch_intro_locality.html)
- [3] *Instruction scheduling*. [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1617/OptComp/slides/lecture14.pdf>
- [4] *Introduction to Data-Oriented Design*. [Online; navštíveno 13.04.2017].  
URL [http://www.dice.se/wp-content/uploads/2014/12/Introduction\\_to\\_Data-Oriented\\_Design.pdf](http://www.dice.se/wp-content/uploads/2014/12/Introduction_to_Data-Oriented_Design.pdf)
- [5] *Pipelining*. [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL [https://web.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/PIPELINE/pipe\\_title.html](https://web.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/PIPELINE/pipe_title.html)
- [6] *Unity GameObject*. [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/GameObject.html>
- [7] *ARM Architecture*. 2005, [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL [https://www.scss.tcd.ie/~waldroj/3d1/arm\\_arm.pdf](https://www.scss.tcd.ie/~waldroj/3d1/arm_arm.pdf)
- [8] *AMD64 Architecture Programmer's Manual*. 2013, [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <https://support.amd.com/TechDocs/24592.pdf>
- [9] *Understanding Component-Entity-Systems*. 2013, [Online; navštíveno 19.04.2017].  
URL [https://www.gamedev.net/resources/\\_/technical/game-programming/understanding-component-entity-systems-r3013](https://www.gamedev.net/resources/_/technical/game-programming/understanding-component-entity-systems-r3013)
- [10] *What is an Entity System?* 2014, [Online; navštíveno 19.04.2017].  
URL <http://entity-systems.wikidot.com/>
- [11] *Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual*. 2016, [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/manuals/64-ia-32-architectures-software-developer-vol-1-manual.pdf>
- [12] Acton, M.: *Data-Oriented Design and C++*. 2014, [Online; navštíveno 13.04.2017].  
URL <https://www.youtube.com/watch?v=rX0ItVEVjHc>

- [13] Blow, J.: *New programming language for games*. 2014, [Online; navštíveno 19.04.2017].  
URL <https://www.youtube.com/watch?v=TH9VCN6UkyQ>
- [14] Fabian, R.: *Component Based Objects*. 2013, [Online; navštíveno 13.04.2017].  
URL <http://www.dataorienteddesign.com/dodmain/node5.html>
- [15] Fabian, R.: *Data-Oriented Design*. 2013, [Online; navštíveno 12.04.2017].  
URL <http://www.dataorienteddesign.com/dodmain/>
- [16] Gamma, E.: *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston:Addison-Wesley, 1995, ISBN ISBN 0-201-63361-2.
- [17] Norvig, P.: *Approximate timing for various operations on a typical PC*. 2001, [vid. 13.04.2017].  
URL <http://norvig.com/21-days.html#answers>
- [18] Nystrom, R.: *Game Programming Patterns*, [Online; navštíveno 12.04.2017].  
URL <http://gameprogrammingpatterns.com/contents.html>
- [19] Shimp, A. L.: *Xbox One: Hardware Analysis & Comparison to Playstation 4*. 2013, [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <http://www.anandtech.com/show/6972/xbox-one-hardware-compared-to-playstation-4/2>
- [20] Trancoso, P.: *How L1 and L2 CPU caches work*. 2014, [Online; navštíveno 14.04.2017].  
URL <http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL605/Fall2014Files/Chapter5-Memory-Cache2.pdf>
- [21] West, M.: *Evolve Your Hierarchy*, 2007, [Online; navštíveno 12.04.2017].  
URL <http://cowboyprogramming.com/2007/01/05/evolve-your-heirachy/>

# Přílohy



# Příloha A

## Jak pracovat s touto šablonou

V této kapitole je uveden popis jednotlivých částí šablony, po kterém následuje stručný návod, jak s touto šablonou pracovat.

Jedná se o přechodnou verzi šablony. Nová verze bude zveřejněna do konce roku 2016 a bude navíc obsahovat nové pokyny ke správnému využití šablony, závazné pokyny k vypracování bakalářských a diplomových prací (rekapitulace pokynů, které jsou dostupné na webu) a nezávazná doporučení od vybraných vedoucích. Jediné soubory, které se v nové verzi změní, budou `projekt-01-kapitoly-chapters.tex` a `projekt-30-prilohy-appendices.tex`, jejichž obsah každý student vymaže a nahradí vlastním. Šablonu lze tedy bez problémů využít i v současné verzi.

### Popis částí šablony

Po rozbalení šablony naleznete následující soubory a adresáře:

**bib-styles** Styly literatury (viz níže).

**obrazky-figures** Adresář pro Vaše obrázky. Nyní obsahuje `placeholder.pdf` (tzv. TODO obrázek, který lze použít jako pomůcku při tvorbě technické zprávy), který se s prací neodevzdává. Název adresáře je vhodné zkrátit, aby byl jen ve zvoleném jazyce.

**template-fig** Obrázky šablony (znak VUT).

**fitthesis.cls** Šablona (definice vzhledu).

**Makefile** Makefile pro překlad, počítání normostran, sbalení apod. (viz níže).

**projekt-01-kapitoly-chapters.tex** Soubor pro Váš text (obsah nahradte).

**projekt-20-literatura-bibliography.bib** Seznam literatury (viz níže).

**projekt-30-prilohy-appendices.tex** Soubor pro přílohy (obsah nahradte).

**projekt.tex** Hlavní soubor práce – definice formálních částí.

Výchozí styl literatury (`czechiso`) je od Ing. Martínka, přičemž anglická verze (`englishiso`) je jeho překladem s drobnými modifikacemi. Oproti normě jsou v něm určité odlišnosti, ale na FIT je dlouhodobě akceptován. Alternativně můžete využít styl od Ing. Radima Loskota

nebo od Ing. Radka Pyšného<sup>1</sup>. Alternativní styly obsahují určitá vylepšení, ale zatím nebyly řádně otestovány větším množstvím uživatelů. Lze je považovat za beta verze pro zájemce, kteří svoji práci chtějí mít dokonalou do detailů a neváhají si nastudovat detaily správného formátování citací, aby si mohli ověřit, že je vysázený výsledek v pořádku.

Makefile kromě překladu do PDF nabízí i další funkce:

- přejmenování souborů (viz níže),
- počítání normostran,
- spuštění vlny pro doplnění nezlomitelných mezer,
- sbalení výsledku pro odeslání vedoucímu ke kontrole (zkontrolujte, zda sbalí všechny Vámi přidané soubory, a případně doplňte).

Nezapomeňte, že vlna neřeší všechny nezlomitelné mezery. Vždy je třeba manuální kontrola, zda na konci řádku nezůstalo něco nevhodného – viz Internetová jazyková příručka<sup>2</sup>.

**Pozor na číslování stránek!** Pokud má obsah 2 strany a na 2. jsou jen „Přílohy“ a „Seznam příloh“ (ale žádná příloha tam není), z nějakého důvodu se posune číslování stránek o 1 (obsah „nesedí“). Stejný efekt má, když je na 2. či 3. stránce obsahu jen „Literatura“ a je možné, že tohoto problému lze dosáhnout i jinak. Řešení je několik (od úpravy obsahu, přes nastavení počítadla až po sofistikovanější metody). **Před odevzdáním proto vždy přezkontrolujte číslování stran!**

## Doporučený postup práce se šablonou

1. **Zkontrolujte, zda máte aktuální verzi šablony.** Máte-li šablonu z předchozího roku, na stránkách fakulty již může být novější verze šablony s aktualizovanými informacemi, opravenými chybami apod.
2. **Zvolte si jazyk,** ve kterém budete psát svoji technickou zprávu (česky, slovensky nebo anglicky) a svoji volbu konzultujte s vedoucím práce (nebyla-li dohodnuta předem). Pokud Vámi zvoleným jazykem technické zprávy není čeština, nastavte příslušný parametr šablony v souboru projekt.tex (např.: `documentclass[english]{fitthesis}`) a přeložte prohlášení a poděkování do angličtiny či slovenštiny.
3. **Přejmenujte soubory.** Po rozbalení je v šabloně soubor projekt.tex. Pokud jej přeložíte, vznikne PDF s technickou zprávou pojmenované projekt.pdf. Když vedoucímu více studentů pošle projekt.pdf ke kontrole, musí je pracně přejmenovávat. Proto je vždy vhodné tento soubor přejmenovat tak, aby obsahoval Váš login a (případně zkrácené) téma práce. Vyhněte se však použití mezer, diakritiky a speciálních znaků. Vhodný název tedy může být např.: „xlogin00-Cisteni-a-extrakce-textu.tex“. K přejmenování můžete využít i přiložený Makefile:

```
make rename NAME=xlogin00-Cisteni-a-extrakce-textu
```

---

<sup>1</sup>BP Ing. Radka Pyšného <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php?id=7848>

<sup>2</sup>Internetová jazyková příručka <http://prirucka.ujc.cas.cz/?id=880>

4. Vyplňte požadované položky v souboru, který byl původně pojmenován `projekt.tex`, tedy typ, rok (odevzdání), název práce, svoje jméno, ústav (dle zadání), tituly a jméno vedoucího, abstrakt, klíčová slova a další formální náležitosti.
5. Nahraďte obsah souborů s kapitolami práce, literaturou a přílohami obsahem svojí technické zprávy. Jednotlivé přílohy či kapitoly práce může být výhodné uložit do samostatných souborů – rozhodnete-li se pro toto řešení, je doporučeno zachovat konvenci pro názvy souborů, přičemž za číslem bude následovat název kapitoly.
6. Nepotřebujete-li přílohy, zakomentujte příslušnou část v `projekt.tex` a příslušný soubor vyprázdníte či smažete. Nesnažte se prosím vymyslet nějakou neúčelnou přílohu jen proto, aby daný soubor bylo čím naplnit. Vhodnou přílohou může být obsah přiloženého paměťového média.
7. Nascanované zadání uložte do souboru `zadani.pdf` a povolte jeho vložení do práce parametrem šablony v `projekt.tex` (`\documentclass[zadani]{fitthesis}`).
8. Nechcete-li odkazy tisknout barevně (tedy červený obsah – bez konzultace s vedoucím nedoporučuji), budete pro tisk vytvářet druhé PDF s tím, že nastavíte parametr šablony pro tisk: (`\documentclass[zadani,print]{fitthesis}`). Barevné logo se nesmí tisknout černobíle!
9. Vzor desek, do kterých bude práce vyvázána, si vygenerujte v informačním systému fakulty u zadání. Pro disertační práci lze zapnout parametrem v šabloně (více naleznete v souboru `fitthesis.cls`).
10. Nezapomeňte, že zdrojové soubory i (obě verze) PDF musíte odevzdat na CD či jiném médiu přiloženém k technické zprávě.

## Pokyny pro oboustranný tisk

- Zapíná se parametrem šablony: `\documentclass[twoside]{fitthesis}`
- Po vytištění oboustranného listu zkontrolujte, zda je při prosvícení sazební obrazec na obou stranách na stejné pozici. Méně kvalitní tiskárny s duplexní jednotkou mají často posun o 1–3 mm. Toto může být u některých tiskáren řešitelné tak, že vytisknete nejprve liché stránky, pak je dáte do stejného zásobníku a vytisknete sudé.
- Za titulním listem, obsahem, literaturou, úvodním listem příloh, seznamem příloh a případnými dalšími seznamy je třeba nechat volnou stránku, aby následující část začínala na liché stránce (`\cleardoublepage`).
- Konečný výsledek je nutné pečlivě přezkontrolovat.

## Užitečné nástroje

Následující seznam není výčtem všech využitelných nástrojů. Máte-li vyzkoušený osvědčený nástroj, neváhejte jej využít. Pokud však nevíte, který nástroj si zvolit, můžete zvážit některý z následujících:

**MikTeX** L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X pro Windows – distribuce s jednoduchou instalací a vynikající automatizací stahování balíčků.

**TeXstudio** Přenositelné opensource GUI pro  $\text{\LaTeX}$ . Ctrl+klik umožňuje přepínat mezi zdrojovým textem a PDF. Má integrovanou kontrolu pravopisu, zvýraznění syntaxe apod. Pro jeho využití je nejprve potřeba nainstalovat MikTeX.

**JabRef** Pěkný a jednoduchý program v Javě pro správu souborů s bibliografií (literaturou). Není potřeba se nic učit – poskytuje jednoduché okno a formulář pro editaci položek.

**InkScape** Přenositelný opensource editor vektorové grafiky (SVG i PDF). Vynikající nástroj pro tvorbu obrázků do odborného textu. Jeho ovládnutí je obtížnější, ale výsledky stojí za to.

**GIT** Vynikající pro týmovou spolupráci na projektech, ale může výrazně pomoci i jednomu autorovi. Umožňuje jednoduché verzování, zálohování a přenášení mezi více počítači.

**Overleaf** Online nástroj pro  $\text{\LaTeX}$ . Přímě zobrazuje náhled a umožňuje jednoduchou spolupráci (vedoucí může průběžně sledovat psaní práce), vyhledávání ve zdrojovém textu kliknutím do PDF, kontrolu pravopisu apod. Zdarma jej však lze využít pouze s určitými omezeními (někomu stačí na disertaci, jiný na ně může narazit i při psaní bakalářské práce) a pro dlouhé texty je pomalejší.

## Užitečné balíčky pro $\text{\LaTeX}$

Studenti při sazbě textu často řeší stejné problémy. Některé z nich lze vyřešit následujícími balíčky pro  $\text{\LaTeX}$ :

- `amsmath` – rozšířené možnosti sazby rovnic,
- `float`, `afterpage`, `placeins` – úprava umístění obrázků,
- `fancyvrb`, `alltt` – úpravy vlastností prostředí Verbatim,
- `makecell` – rozšíření možností tabulek,
- `pdflscape`, `rotating` – natočení stránky o 90 stupňů (pro obrázek či tabulku),
- `hyphenat` – úpravy dělení slov,
- `picture`, `epic`, `eepic` – přímé kreslení obrázků.

Některé balíčky jsou využity přímo v šabloně (v dolní části souboru `fitthesis.cls`). Nahlédnutí do jejich dokumentace může být rovněž užitečné.

Sloupec tabulky zarovnaný vlevo s pevnou šířkou je v šabloně definovaný „L“ (používá se jako „p“).