

Department of Computer Science  
Faculty of Science  
Palacký University Olomouc

# BACHELOR THESIS

Visualization of Sorting Algorithms



2019

Mykhailo Klunko

Supervisor: Mgr. Tomáš Kühn,  
Ph.D.

Study field: Computer Science, full-  
time form

## **Bibliografické údaje**

Autor: Mykhailo Klunko  
Název práce: Vizualizace třídících algoritmů  
Typ práce: bakalářská práce  
Pracoviště: Katedra informatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci  
Rok obhajoby: 2019  
Studijní obor: Informatika, prezenční forma  
Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Kühn, Ph.D.  
Počet stran: 14  
Přílohy: 1 CD/DVD  
Jazyk práce: anglický

## **Bibliographic info**

Author: Mykhailo Klunko  
Title: Visualization of Sorting Algorithms  
Thesis type: bachelor thesis  
Department: Department of Computer Science, Faculty of Science, Palacký University Olomouc  
Year of defense: 2019  
Study field: Computer Science, full-time form  
Supervisor: Mgr. Tomáš Kühn, Ph.D.  
Page count: 14  
Supplements: 1 CD/DVD  
Thesis language: English

## Anotace

*Cílem práce bylo vytvořit software pro podporu výuky třídících algoritmů pomocí vizualizace průběhu třídění nejznámějšími algoritmy a jejich variantami. Program byl vytvořen s podporou názorné vizualizaci vybraných algoritmů na zadaném či vygenerovaném vstupním poli a krokování průběhu výpočtu se souběžným zobrazením pseudokódu použitého algoritmu a aktuálních hodnot použitých proměnných.*

## Synopsis

*The main goal of the thesis was to create a learning support software with visualization of the most known sorting algorithms and their variations. The application has to support a graphic visualization of selected algorithms on randomly generated or manually created array, step-by-step execution possibility, pseudocode and current state of variables.*

**Klíčová slova:** třídící algoritmus; třídění; vizualizace; program

**Keywords:** sorting algorithm; sorting; visualization; software

Děkuji, děkuji, děkuji.

*I hereby declare that I have completed this thesis including its appendices on my own and used solely the sources cited in the text and included in the bibliography list.*

date of thesis submission

author's signature

# Contents

<b>1</b>	<b>Styly pro psaní bakalářských a diplomových prací</b>	<b>1</b>
1.1	Požadavky a podprovaná prostředí . . . . .	1
1.2	Přepínače . . . . .	1
1.3	Geometrie stránky . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Sazba částí dokumentu</b>	<b>3</b>
2.1	Sazba úvodní strany či obsahu . . . . .	3
2.2	Závěry . . . . .	3
2.3	Matematika . . . . .	3
2.4	Sazba literatury . . . . .	4
2.4.1	Sazba bibliografie přes BIB <sub>Λ</sub> T <sub>E</sub> X . . . . .	4
2.4.2	Manuální sazba bibliografie . . . . .	5
2.5	Drobná makra . . . . .	5
2.6	Sazba rejstříku . . . . .	5
2.7	Sazba zdrojových kódů . . . . .	5
	<b>Conclusions</b>	<b>10</b>
	<b>Conclusions</b>	<b>11</b>
<b>A</b>	<b>První příloha</b>	<b>12</b>
<b>B</b>	<b>Druhá příloha</b>	<b>12</b>
<b>C</b>	<b>Obsah přiloženého CD/DVD</b>	<b>12</b>
	<b>Acronyms</b>	<b>14</b>

## List of Figures

## List of Tables

1	Seznam přepínačů . . . . .	2
2	Seznam přepínačů . . . . .	6

## List of theorems

1	Definition (Název definice) . . . . .	7
	Proof (Název důkazu) . . . . .	7
2	Remark (Pumpovací věta) . . . . .	7
3	Example (Pumpovací věta) . . . . .	7
4	Lemma (Název definice) . . . . .	7
5	Corollary (Název důkazu) . . . . .	7
6	Theorem (Pumpovací věta) . . . . .	7

## List of source codes

1	Volání třídy <b>kidiplom</b> . . . . .	3
2	Sazba závěrů . . . . .	4
3	C++ . . . . .	8
4	JS . . . . .	8
5	C# . . . . .	8
6	SQL . . . . .	9
7	TutorialD . . . . .	9

Upozornění: Následující text dokumentace stylu, vyjma přílohy C, je rozpracovaná a (značně) neúplná verze!!!

## 1 Styly pro psaní bakalářských a diplomových prací

Toto jsou styly pro psaní bakalářských a diplomových prací přes typografický systém L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, tedy **kistyles**.

### 1.1 Požadavky a podpořovaná prostředí

Sada balíku **kistyles** podporuje následující distribuce systému L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X:

- T<sub>E</sub>X Live.

Jsou podporovány všechny výstupní ovladače, tedy jak **dvi**, tak **pdf** i **ps**. Funkčnost zmiňovaných distribucí byla ověřena na několika operačních systémech, mezi které patří:

1. Windows 8.1,
2. Archlinux,
3. Debian.

Důrazně se doporučuje používat aktuální verzi dané distribuce systému L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

### 1.2 Přepínače

Styl kidiplom je z hlediska uživatele zastoupen ekvivalentně nazvanou třídou, kterou je třeba volat na začátku dokumentu:

Následuje přehled přepínačů, je vždy uvedeno jméno přepínač, včetně výchozí hodnoty. Přepínače uvádí tabulka 1.

### 1.3 Geometrie stránky

Tento styl používá list velikosti A4. Pro sazbu prací je třeba použít jednostrannou sazbu. Levý okraj je rozšířen s ohledem na vazbu výsledné knižní podoby práce.

Table 1: Seznam přepínačů

Přepínač	Výchozí hodnota	Popis
<b>master</b>	<code>false</code>	Povolí nebo zakáže režim diplomové práce. Výchozí režim je tedy bakalářská práce.
<b>field</b>	<code>ainfp</code>	Specifikuje studijní obor:  <b>ainf</b> Aplikovaná informatika – prezenční, <b>ainfk</b> Aplikovaná informatika – kombinovaná, <b>inf</b> Informatika – prezenční, <b>infv</b> Informatika ve vzdělávání – kombinovaná, <b>binf</b> Bioinformatika – prezenční.
<b>font</b>	<code>serif</code>	Zapne či vypne podporu pěkného bezpatkového fontu. Možné hodnoty jsou:  <b>sans</b> Bezpatkové písmo (písmo Iwona). <b>serif</b> Patkové písmo (písmo Computer Modern).
<b>encoding</b>	<code>utf8</code>	Kódování souboru dokumentu, doporučuje se ponechat výchozí hodnotu.
<b>bibencoding</b>	<code>utf8</code>	Kódování souboru bibliografie. Tato volba má smysl pouze, pokud je použita bibliografie skrze balíček BIB <sub>Λ</sub> T <sub>E</sub> X.
<b>language</b>	<code>czech</code>	Jazyk práce.
<b>printversion</b>	<code>false</code>	Je-li zapnuto, pak budou odkazy vysázeny optimalizovaně pro knižní sazbu. Tuto volbu je nutno použít pro tisk práce.
<b>joinlists</b>	<code>true</code>	Je-li zapnuto, pak seznamy obrázků, tabulek, vět a zdrojových kódů sázené za obsahem nebudou rozděleny na samostatné stránky.
<b>figures</b>	<code>true</code>	Je-li zapnuto, pak v seznamech položek bude zahrnut seznam obrázků.
<b>tables</b>	<code>true</code>	Je-li zapnuto, pak v seznamech položek bude zahrnut seznam tabulek.
<b>theorems</b>	<code>false</code>	Je-li zapnuto, pak v seznamech bude zahrnut seznam teorémů.
<b>sourcecodes</b>	<code>false</code>	Je-li zapnuto, pak v seznamech bude zahrnut seznam zdrojových kódů.
<b>glossaries</b>	<code>false</code>	Je-li zapnuto, pak na konci dokumentu bude vysázen seznam zkratk.
<b>index</b>	<code>false</code>	Zapíná podporu sazby rejstříku.
<b>biblatex</b>	<code>true</code>	Zapne sazbu bibliografie přes balík BIB <sub>Λ</sub> T <sub>E</sub> X.



```

1 \documentclass[
2   master=true,
3   font=sans,
4   printversion=false,
5   joinlists=true,
6   glossaries=true,
7   figures=true,
8   tables=true,
9   sourcecodes=true,
10  theorems=true,
11  bibencoding=utf8,
12  language=czech,
13  encoding=utf8,
14  field=inf,
15  index=true,
16  biblatex=true
17 ]{kidiplom}

```

Source code 1: Volání třídy **kidiplom**

## 2 Sazba částí dokumentu

### 2.1 Sazba úvodní strany či obsahu

Vysázení všech podstatných částí úvodu práce obstará makro `\maketitle`. Pro správné vysázení všech částí a meta-informací je potřeba použít makra `\title`, `\author` a další. Jejich přehled lze najít ve zdrojovém souboru tohoto dokumentu. V případě použití **pdf** výstupu se generuje i dodatečná hlavička souboru s meta-informacemi jako je autor dokumentu, název práce či dalšími.

### 2.2 Závěry

Závěr práce by se měl poskytnout jak v původním jazyce práce, tak v jazyce anglickém. Pro sazbu závěru jsou k dispozici příslušná makra. Berte na vědomí, že v anglickém závěru se aktivuje plně anglická sazba se všemi konvencemi. Tedy je třeba používat anglické uvozovky a další správné typografické prvky.

### 2.3 Matematika

Pro sazbu matematiky je k dispozici sada standardních maker.

$$\langle f \rangle, [g], [h], \lceil i \rceil$$

$$\left\{ \frac{x^2}{y^3} \right\}$$

```

1 % Tiskne český závěr práce.
2 \begin{kiconclusions}
3 Závěr práce v \uv{českém} jazyce.
4 \end{kiconclusions}
5
6 % Tiskne anglický závěr práce.
7 \begin{kiconclusions}[english]
8 Thesis conclusions written in \uv{English}.
9 \end{kiconclusions}

```

Source code 2: Sazba závěrů

$$A_{m,n} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} \frac{5}{6} & \frac{1}{6} & 0 \\ \frac{5}{6} & 0 & \frac{1}{6} \\ 0 & \frac{5}{6} & \frac{1}{6} \end{bmatrix}$$

## 2.4 Sazba literatury

Pro sazbu literatury má uživatel dvě možnosti. Může použít služeb balíků **BIB<sub>La</sub>TEX**, který je pro **kistyles** zapnutý, či lze použít manuální sazbu bibliografie.

### 2.4.1 Sazba bibliografie přes Bib<sub>La</sub>TEX

Při použití tohoto balíku se data o použité literatuře ukládají do dedikovaného textového souboru, ukázkou najdete i v tomto stylu pod jménem bibliografie.bib.

Formát daného souboru je nad rámec této dokumentace a je na každém uživateli, aby si jej nastudoval. Bibliografie se tiskne makrem `\printbibliography`. Taktéž v preambuli dokumentu je třeba definovat, který soubor data bibliografie obsahuje, tedy například `\bibliography{bibliografie.bib}`.

Dokument, který využívá **BIB<sub>La</sub>TEX** je následně nutné přeložit jak pomocí překladače zvoleného ovladače, tak pomocí aplikace `biber`. Více informací poskytne soubor `Makefile` z distribuce tohoto stylu.

Výhodou tohoto přístupu je, že bibliografie se vysází automaticky a (obvykle) není třeba manuální úprava formátování.

### 2.4.2 Manuální sazba bibliografie

Manuální sazba obnáší vysázení prostředí `thebibliography` ručně. To je nad rámec tohoto dokumentu. Ukázku tohoto přístupu lze samozřejmě nalézt ve zdrojovém souboru tohoto dokumentu nebo také [zde](#).

Pro aktivaci manuální sazby bibliografie je třeba volat třídu `kidiplom` s parametrem `biblatex=false`. Mějte, prosím, na paměti, že v tomto módu jsou makra `\bibliography` a `\printbibliography` nedostupná.

## 2.5 Drobná makra

Základní styl definuje hned několik maker pro usnadnění práce. Například makro `\buno` vysází řetězec “bez újmy na obecnosti”. Je k dispozici i verze s prvním velkým písmenem, `\Buno`.

Je rovněž možno přidávat položky do seznamu zkratk. K tomu slouží makro `\newacronym`, které lze použít například jednoduše jako `\newacronym{UPOL}{UPOL}{\kitextunivcz}`. Na danou zkratku se pak lze odkazovat jednoduše, `\gls{UPOL}`.

Sazba uvozovek respektuje nastavení částí dokumentu, a proto se doporučuje používat makro `\uv`. V anglické závěru práce toto platí taky, viz tato PDF ukázka.

Styl podporuje sazbu odstavců v tabulkách, více obsahuje tabulka [2](#).

K dispozici jsou také makra pro sazbu C# (`\csharp`) či C++ (`\cpp`).

## 2.6 Sazba rejstříku

Sazba rejstříku sestává z několika kroků:

1. Je třeba přes volbu `index=true` rejstříkování povolit.
2. Použitím makra `\index` rejstříkovat vybrané pojmy.
3. Kompilovat s použitím utility `makeindex`. Pro specifika tohoto kroku si stačí prohlédnout soubor `Makefile`.

Makro `\index` je redefinováno tak, že sází klikací odkaz na výraz v rejstříku. Je doporučeno jej použít ihned za výrazem [{1}](#).

**Omezení redefinovaného makra `\index`:** klikací odkaz nefunguje, pokud použijete konstrukci `\index{výraz|makro}` (resp. `\index{výraz|(makro)}`), např. `\index{výraz|textit}`.

Rejstřík lze vysázet pomocí makra `\printindex`.

## 2.7 Sazba zdrojových kódů

Styl nabízí dva způsoby sazby zdrojových kódů:

Table 2: Seznam přepínačů

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.	Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.	Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.
---	--	--

1. Sazbu řádkových kódů, například **background-color: white;**. K tomu slouží makro formátu `\kiinlinecode{jazyk}{separátor}{kód}`. Za separátor je vhodné volit jakýkoliv znak, který se nevyskytuje v samotném sázeném zdrojovém kódu. Za jazyk je nutno dosadit jeden z těchto: C, TeX, PHP, HTML, Lisp, SQL, TeX, Python, Java, TutorialD, text, csharp, cpp, JavaScript, CSS.
2. Sazbu zdrojových kódů do separátních prostředí. Takto vytištěný kód se objeví v seznamu zdrojových kódů. Ukázka například zdrojový kód [3](#). Ukázku sazby naleznete ve zdrojovém kódu tohoto dokumentu.

### Definition 1 (Název definice)

Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. **Univerzita Palackého**  
**v Olomouci (UPOL)**

*Proof (Název důkazu)*

Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  $\square$

## REMARK 2 (PUMPOVACÍ VĚTA)

Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.

### EXAMPLE 3 (PUMPOVACÍ VĚTA)

Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.  
Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.

### Lemma 4 (Název definice)

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*  
*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*  
*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

**Corollary 5 (Název důkazu)**

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

### Theorem 6 (Pumpovací věta)

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*  
*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

*Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd. Abcd.*

```
1 int main("cs acsa") // komentar  
2 int main("cs acsa") // komentar  
3 int main("cs acsa") // komentar  
4 int main("cs acsa") // komentar  
5 int main("cs acsa") // komentar
```

Source code 3: C++

```
1 new object() // komentar
```

Source code 4: JS

```
1 public static int main("cs acsa") // komentar
```

Source code 5: C#

```
1 SELECT * FROM table_1; /* komentar */
```

Source code 6: SQL

```
1 table_1 AND table_2;
```

Source code 7: TutorialD

## Conclusions

Závěr práce v “českém” jazyce.



## Conclusions

Thesis conclusions in “English”.

## A První příloha

Text první přílohy

## B Druhá příloha

Text druhé přílohy

## C Obsah přiloženého CD/DVD

Na samotném konci textu práce je uveden stručný popis obsahu přiloženého CD/DVD, tj. jeho závazné adresářové struktury, důležitých souborů apod.

### **bin/**

Instalátor `INSTALATOR` programu, popř. program `PROGRAM`, spustitelné přímo z CD/DVD. / Kompletní adresářová struktura webové aplikace `WEBOVKA` (v ZIP archivu) pro zkopírování na webový server. Adresář obsahuje i všechny runtime knihovny a další soubory potřebné pro bezproblémový běh instalátoru a programu z CD/DVD / pro bezproblémový provoz webové aplikace na webovém serveru.

### **doc/**

Text práce ve formátu PDF, vytvořený s použitím závazného stylu KI PřF UP v Olomouci pro závěrečné práce, včetně všech příloh, a všechny soubory potřebné pro bezproblémové vygenerování PDF dokumentu textu (v ZIP archivu), tj. zdrojový text textu, vložené obrázky, apod.

### **src/**

Kompletní zdrojové texty programu `PROGRAM` / webové aplikace `WEBOVKA` se všemi potřebnými (příp. převzatými) zdrojovými texty, knihovnami a dalšími soubory potřebnými pro bezproblémové vytvoření spustitelných verzí programu / adresářové struktury pro zkopírování na webový server.

### **readme.txt**

Instrukce pro instalaci a spuštění programu `PROGRAM`, včetně všech požadavků pro jeho bezproblémový provoz. / Instrukce pro nasazení webové aplikace `WEBOVKA` na webový server, včetně všech požadavků pro její bezproblémový provoz, a webová adresa, na které je aplikace nasazena pro účel testování při tvorbě posudků práce a pro účel obhajoby práce.

Navíc CD/DVD obsahuje:

### **data/**

Ukázková a testovací data použitá v práci a pro potřeby testování práce při tvorbě posudků a obhajoby práce.

**install/**

Instalátory aplikací, runtime knihoven a jiných souborů potřebných pro provoz programu PROGRAM / webové aplikace WEBOVKA, které nejsou standardní součástí operačního systému určeného pro běh programu / provoz webové aplikace.

**literature/**

Vybrané položky bibliografie, příp. jiná užitečná literatura vztahující se k práci.

U veškerých cizích převzatých materiálů obsažených na CD/DVD jejich zahrnutí dovolují podmínky pro jejich šíření nebo přiložený souhlas držitele copyrightu. Pro všechny použité (a citované) materiály, u kterých toto není splněno a nejsou tak obsaženy na CD/DVD, je uveden jejich zdroj (např. webová adresa) v bibliografii nebo textu práce nebo v souboru `readme.txt`.

