

# GYMNASIUM JANA KEPLERA

Parléřova 2/118, 169 00 Praha 6



## Zařízení pro realizaci chytré domácnosti

Maturitní práce

Autor: Vladislav Aulich

Třída: 4.C

Školní rok: 2020/2021

Předmět: Informatika

Vedoucí práce: Bc. Emil Miler

Praha, 2021





**GYMNASIUM JANA KEPLERA**  
*Kabinet informatiky*

## **ZADÁNÍ MATURITNÍ PRÁCE**

*Student:* Robot Karel  
*Třída:* 4.Z  
*Školní rok:* 2020/2021  
*Platnost zadání:* 30. 9. 2021  
*Vedoucí práce:* Šimon Schierreich

*Název práce:* **Název maturitního projektu.**

*Pokyny pro vypracování:*

**Zde popište, čeho se chystáte v práci dosáhnout.**

*Doporučená literatura:*

**Zde bude vedoucím práce doplněna doporučená literatura.**

*URL repozitáře:*

**<https://gitlab.com/gjk/maturitni-projekt>**

---

*vedoucí práce*

---

*student*

*V Praze dne 10. 3. 2021*



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů. Nemám žádné námitky proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 15. března 2021

Vladislav Aulich



## **Poděkování**

Poděkování.





## **Abstrakt**

Abstrakt.

## **Klíčová slova**

klíčové slovo, další pojem, jiný důležitý termín, a ještě jeden

## **Abstract**

Abstract.

## **Keywords**

keyword, important term, another topic, and another one



# Obsah

<b>1</b>	<b>Teoretická část</b>	<b>3</b>
1.1	Úvod . . . . .	3
1.2	Cíl práce . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Implementace</b>	<b>5</b>
2.1	Schéma řešení . . . . .	5
2.1.1	Centrála . . . . .	5
2.1.2	Koncové zařízení . . . . .	7
2.2	Kalkulace nákladů . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Technická dokumentace</b>	<b>9</b>
3.1	Ukázka sekce . . . . .	9
3.1.1	A jedné podsekce . . . . .	9
3.2	A další sekce . . . . .	10
	<b>Závěr</b>	<b>13</b>
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>15</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>17</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>18</b>



# 1. Teoretická část

V první části maturitní práce by se měla objevit informace o tom, jaký problém řešíte. Co si Váš projekt klade za cíl?

## 1.1 Úvod

Toto téma jsem si zvolil, protože jsem chtěl blíže prozkoumat práci s platformou Arduino a ESP32. S programováním těchto zařízení jsem měl minimální zkušenosti, proto pro mě byla práce na projektu výzvou k objevování nového. Použití komunikace na rádiové frekvenci jsem zvolil z důvodu široké škály použití a velkého množství příkladů. Zároveň jsem měl doma nevyužívaný ovladač pracující s touto frekvencí.

Motivací k výběru tématu „chytré domácnosti“ mi bylo její čím dál větší nasazování v domácnostech a snaha vytvořit si ji po svém. Na mnohých komerčních řešeních mi totiž nevyhovoval způsob ovládání, stejně jako velký zásah do soukromí uživatelů.

## 1.2 Cíl práce

Cílem této práce je vytvořit zařízení pro realizaci chytré domácnosti. Zařízení si klade za cíl ovládat spotřebiče uživatele na tzv. „na dálku“. Součástí řešení musí být uživatelské rozhraní, možnost další automatizace a možnost ovládání „offline“.



## 2. Implementace

Druhá kapitola obsahuje detailní informace o tom, jak probíhala implementace. Zde se objeví zdůvodnění výběru technologií, řešení problémů, na které jste narazili, informace o použitých knihovnách apod. Pochvalte se, nikdo to za Vás neudělá. Přiznejte chyby, není to ostuda.

### 2.1 Schéma řešení

Pro dosažení cíle práce jsem projekt rozdělil na dvě nezávislá zařízení:

- Centrály - brány ovládající další zařízení
- Koncového zařízení ovládajícího spotřebič

Pro každé zařízení jsem pak implementoval potřebné funkce. Dále bylo potřeba zajistit jejich vzájemnou komunikaci.

#### 2.1.1 Centrála

Pro „centrálu“ jsem si vybral platformu ESP32 a to hned z několika důvodů. Čip má integrovanou wifi, k dispozici je velké množství dokumentace, hardwaru s příklady a knihovnamí. Další výhodou je velká komunita, což může pomoci při řešení problémů. Čip lze také integrovat do prostředí Arduino IDE, což umožňuje snadnější práci při tvorbě kódu.

Při výběru jsem zvažoval i platformu raspberry pi, ale odradila mě přítomnost operačního systému, který je zbytečný pro tak malý projekt a velké pořizovací náklady oproti ESP32.

Centrála zajišťuje několik funkcí:

- Komunikace s uživatelem
- Komunikace mezi zařízeními
- Správa uložených zařízení

#### Komunikace s uživatelem

Pro komunikaci s uživatelem je vytvořeno jednoduché webové rozhraní umožňující dynamicky vypsat uložená zařízení a přidat nové. Pro tvorbu webového rozhraní jsem zvolil knihovnu ESPAsyncWebServer<sup>1</sup>. Tato knihovna má dobře zpracovanou dokumentaci a pro nasazení v projektu se hodí svými funkcemi. Samotné připojení čipu k Wi-Fi je realizováno pomocí knihovny WiFi<sup>2</sup>.

První verze kódu měly implementovaný jednoduchý synchronní webserver pomocí knihovny WiFi, obsažené v základní verzi Arduina IDE. Toto řešení nebylo vhodné, protože numožňovalo připojení více uživatelů k rozhraní naráz.

---

<sup>1</sup><https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer>

<sup>2</sup><https://github.com/arduino-libraries/WiFi>

Další implementovanou funkcí byla autentifikace uživatele. Tato funkce je zajištěná při odesílání requestu pomocí knihovny ESPAsyncWebServer.

Pro zjednodušení přístupu k uživatelskému rozhraní je na zařízení spuštěn mDNS server na adrese <http://esp32.local>. Tato funkce je realizována pomocí knihovny ESPmDNS<sup>3</sup>.

Uživatelské rozhraní je vytvořeno pomocí HTML. HTML soubor je uložen ve vnitřní flash paměti čipu ESP. K ovládání filesystému SPIF je užito knihovny SPIFFS<sup>4</sup>. Tato knihovna obsahuje všechny potřebné funkce.

Pro přidání nového zařízení má uživatel na výběr mezi přidáním koupeného komerčního zařízení nebo přidáním zařízení vyrobeného v rámci tohoto projektu. Postup při zadávání nového zařízení je nastíněn ve webovém rozhraní.

Komunikace programu a webového rozhraní je zajištěna pomocí HTTP GET requestů, které program zpracuje a provede potřebné akce.

### Komunikace mezi zařízeními

Komunikace mezi zařízeními je realizovaná bezdrátově po frekvenci 433 MHz. Tento druh jsem zvolil z důvodu rozšířenosti a nízkých pořizovacích nákladů modulů. Další nespornou výhodou je dosah, který v optimálním prostředí může být až 200 m.

Další ze zvažovaných řešení byla realizace pomocí Wi-Fi nebo GSM modulu. V prvním případě jsem jako nevýhodu viděl dosah (závislost na dostupnosti připojení). Dále by nebylo tak snadné ovládat zařízení pomocí ovladače. V druhém případě byla nevýhoda cena a potřeba realizace připojení pomocí telefonního operátora.

Ovládání modulů jsem chtěl realizovat pomocí jednoduché knihovny VirtualWire, ale zjistil jsem, že není funkční na čipech ESP. K ovládání jsem tak použil knihovnu RadioHead.

Pro ovládání „Koncového zařízení“ je vyslána zpráva obsahující ID zařízení a tag ON nebo OFF, „koncové zařízení“ následně odchytí ID a provede příkaz. Tento systém je do budoucna rozšiřitelný o další tagy pro zařízení, které potřebují k ovládní více příkazů než ON nebo OFF.

Tento navržený systém jsem implementoval, nicméně jsem narazil na problém s ovládáním pomocí komerčního ovladače. K tomuto účelu jsem začlenil knihovnu RCswitch<sup>5</sup>, která umožňuje zobrazit protokol, na jehož základě zařízení komunikují. Poté dokáže vysílat tímto protokolem.

Ve svém řešení jsem chtěl použít knihovny obě a rozdělit tak ovládání na dvě části, podle toho, jakým způsobem mají komunikovat. Při realizaci tohoto jsem však narazil na problém, že není možné bezdrátově vysílat ovládat dvěma knihovnami současně.

Nakonec jsem vybral knihovnu RCswitch z důvodu větší spolehlivosti při přenosu vysílání a možného rozšíření na ovládání komerčních zařízení (nebo ovládání komerčními zařízeními). Toto řešení sebou nese nutnost dvou kódů, pro zapnutí a vypnutí.

---

<sup>3</sup><https://github.com/esp8266/arduino-esp8266/tree/master/libraries/ESPmDNS>

<sup>4</sup><https://github.com/esp8266/arduino-esp8266/tree/master/libraries/SPIFFS>

<sup>5</sup><https://github.com/sui77/rc-switch>



## Správa uložených zařízení

Zařízení se ukládají přímo do flash paměti ESP32 o velikosti 4 MB. Soubor je nazván „zarizeni.csv“.

Do sloupce „název“ se uloží název, který si zadá sám uživatel v uživatelském rozhraní. Do sloupce „kod\_ovladac“ se v případě zařízení vyrobeného v rámci projektu uloží „x“, protože k ovládání stačí ID zařízení, které je v tomto případě ve sloupci „kod\_zarizeni“.

Při zadávání komerčního zařízení záleží na způsobu ovládání daného zařízení. Při tvorbě jsem vycházel z mého ovladače, který má zvlášť kód pro vypnutí a zapnutí. Jiná zařízení mají odlišná schémata.

Pro implementaci takového typu zařízení je za potřebí analyzovat, jaký způsob ovládání zařízení používá. K tomu slouží example kód knihovny, který jsem nahrál na jedno ze svých zařízení. Pro funkčnost ovládání je také potřeba prostudovat dokumentaci k této knihovně a dopsat správný typ ovládání do místa v kódu (Toto místo je označeno přímo v kódu).

### 2.1.2 Koncové zařízení

Toto je hlavní částí mého projektu. Koncové zařízení provádí následující funkce:

- přijímá požadavek od centrály
- zapne/vypne spotřebič
- reaguje na pohyb
- obsahuje senzor světla
- reaguje na vstup uživatele z tlačítka

Pro „koncová zařízení“ jsem zvolil jako vývojovou platformu Arduino uno. Po odladění kódu a hardwaru jsem vyrobil prototyp, který již využíval Arduino Pro mini.

Pro realizaci zapínání a vypínání spotřebičů jsem zvolil ovládání pomocí relé. Pro snadnější ovládání jsem vybral již hotový modul pro arduino<sup>6</sup>, který pokud je na vstupu logická 1 vypnutý, pokud je přítomna zem, tak je zapnutý (je tzv. negovaný).

Reakce na pohyb je zajišťována PIR senzorem. Opět byl zakoupen modul, který bylo snazší implementovat. Aby nedocházelo k zapnutí světla ve dne, byl k senzoru přidán fotorezistor, který reaguje na hladinu světla v místnosti.

---

<sup>6</sup><https://dratek.cz/arduino/2954-modul-rele-5v-1-kanal-opticky-oddeleno.html>

## Tvorba prototypu

### 2.2 Kalkulace nákladů

Počet kusů	Název	Cena [Kč]
1	NodeMCU-32S ESP32	249
2	433 MHz vysílač a přijímač	79
2	Spirálová anténa 433 MHz	10
1	Mikrospínač	4
2	Relé modul s optickým oddělením	65
1	Rezistor 10k	1
1	Arduino Pro Mini	98
1	Arduino uno	599
1	PCB prototypová deska	18
1	PIR detektor pohybu	38

Celkové náklady na „centrálu“ jsou přibližně 290 Kč. Celkové náklady za prototyp „koncového zařízení“ jsou 265 Kč.

## 3. Technická dokumentace

Poslední kapitola obsahuje informace o tom, jak projekt, který v rámci maturitní práce vznikl, nainstalovat, spustit a používat.

### 3.1 Ukázka sekce

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

#### 3.1.1 A jedné podsekce

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem

ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

## 3.2 A další sekce

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.



# Závěr

Závěr obsahuje shrnutí práce a vyjadřuje se k míře splnění jejího zadání. Dále by se zde mělo objevit sebehodnocení studenta a informace o tom, co nového se naučil a jak vnímal svou práci na projektu.





# Seznam použité literatury

- [Ein05] Albert Einstein. “Zur Elektrodynamik bewegter Körper”. In: *Annalen der Physik* 322.10 (1905), s. 891–921. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/andp.19053221004>.
- [GMS93] Michel Goossens, Frank Mittelbach a Alexander Samarin. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1993.
- [Knu] Donald Knuth. *Knuth: Computers and Typesetting*. URL: <http://www-cs-faculty.stanford.edu/%5C~%7B%7Duno/abcde.html>.



# Seznam obrázků

# Seznam tabulek