

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra informatiky

# **Tvorba aplikace pro simulaci problémů v databázovém systému**

## **Application for Simulation of Database Problems**



# Zadání bakalářské práce

Student:

**Lukáš Hanusek**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma:

Tvorba aplikace pro simulaci problémů v databázovém systému  
Application for Simulation of a Database Problems

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářského studia je vyučován předmět Administrace databázových systémů, kde se zaměřujeme na typické úkoly spojené s administrací relační databáze. Cílem této práce je vytvoření aplikace, která by umožnila vytěžování více databázových systémů. Mezi hlavní funkce bude patřit zaznamenávání informací o úspěšnosti provádění jednotlivých SQL příkazů a zaznamenávání důležitých událostí v databázových systémech.

Mezi hlavní funkce aplikace bude patřit:

1. Možnost zadat seznam databázových systémů v předdefinovaném formátu.
2. Otestování možnosti otevřít připojení k databázi a hromadné spuštění vytížení.
3. Zaznamenávat důležité události jako je například nedostupnost databázového systému.
4. Modulárnost definice vytížení. Bude tedy možné jednoduše přidávat nové posloupnosti SQL příkazů (tzn. nové vytížení).
5. Validace vstupních SQL skriptů.

Práce bude probíhat v následujících krocích:

1. Analýza, návrh a implementace požadované aplikace.
2. Vytvoření dokumentu popisující danou aplikaci.
3. Vytvoření vzorové posloupnosti SQL příkazů pro základní testování.

Seznam doporučené odborné literatury:

[1] Adam Jorgensen, Bradley Ball, Steven Wort, Ross LoForte, Brian Knight. Professional Microsoft SQL Server 2014 Administration. John Wiley & Sons, 2012.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Bača, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Jan Platoš, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární  
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 1. dubna 2019

.....



Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 1. dubna 2019

.....





Rád bych zde poděkoval vedoucímu této bakalářské práce doc. Ing. Radimovi Bačovi Ph.D. za jeho cenné rady a konzultace během tvorby práce.



## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá simulováním problémů, které mohou nastat na databázovém serveru. Cílem práce je vytvořit aplikaci, která umožní definovat způsob vytížení databáze a simulovat reálný provoz. Správce databázového serveru tak má možnost vyzkoušet a odladit problémy, ještě před tím, než se databázový server uvede do reálného provozu.

**Klíčová slova:** SQL, databáze, simulace vytížení, validace SQL

## **Abstract**

The purpose of this bachelor thesis is to simulate problems that could take place on a production database server. The objective is to create an application that will allow database administrators to specify the type of workload and simulate real database traffic. This way database administrators can find and solve performance problems that might come up during the test before using the database in a production environment.

**Key Words:** SQL, database, workload simulation, SQL validation



# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>15</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>17</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>19</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>21</b>
<b>2 DBMS</b>	<b>23</b>
2.1 Obecné vlastnosti DBMS . . . . .	23
2.2 Jazyk SQL (Structured Query Language) . . . . .	23
2.3 Vytížení databázového serveru . . . . .	23
<b>3 Použitá technologie pro implementaci aplikace</b>	<b>25</b>
3.1 Programovací jazyk Java . . . . .	25
3.2 JDBC (Java Database Connectivity) . . . . .	25
3.3 Knihovna JavaFX pro grafické rozhraní . . . . .	25
3.4 JAXB . . . . .	25
3.5 SceneBuilder . . . . .	26
<b>4 Datová vrstva</b>	<b>27</b>
4.1 Diagram tříd . . . . .	27
4.2 Datové struktury . . . . .	28
4.3 XML datové soubory . . . . .	30
4.4 Log a CSV soubory . . . . .	32
<b>5 Prezentací vrstva</b>	<b>33</b>
5.1 Diagram tříd . . . . .	33
5.2 Hlavní okno aplikace . . . . .	34
5.3 Okno monitoru úloh . . . . .	38
<b>6 Logická vrstva</b>	<b>39</b>
6.1 Diagramy průběhu úlohy . . . . .	39
6.2 Funkce . . . . .	43
6.3 Rozšíření aplikace . . . . .	43
<b>7 Validace SQL dotazů - SQL Lexer / Parser</b>	<b>45</b>
7.1 Projekt ANTLR (ANother Tool for Language Recognition) . . . . .	45
7.2 Testy ANTRL . . . . .	47

7.3	Projekt Jsqlparser . . . . .	48
7.4	Testy Jsqlparser . . . . .	48
7.5	Srovnání parser knihoven . . . . .	49
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>51</b>
	<b>Literatura</b>	<b>53</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>53</b>
<b>A</b>	<b>Zdrojový kód pro testování ANTRL - MySQL</b>	<b>55</b>
<b>B</b>	<b>Zdrojový kód pro testování ANTRL - T-SQL</b>	<b>57</b>
<b>C</b>	<b>Zdrojový kód pro testování ANTRL - PL-SQL</b>	<b>59</b>
<b>D</b>	<b>Zdrojový kód pro testování JsqlParser</b>	<b>61</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

API	– Application Programming Interface
CSV	– Comma-separated values
DB	– Databáze
DBMS	– Database Management system (Systém řízení báze dat)
IDE	– Integrated Development Environment
JAXB	– Java Architecture for XML Binding (3.4)
JDBC	– Java Database Connectivity (3.2)
JRE	– Java Runtime Environment
JVM	– Java Virtual Machine
SQL	– Structured Query Language - Dotazovací jazyk pro manipulaci s daty na databázovém systému založeném na SQL
SŘBD	– Systém řízení báze dat
UML	– Unified Modeling Language
XML	– eXtensible Markup Language





## Seznam obrázků

1	Rozhraní nástroje SceneBuilder . . . . .	26
2	UML Diagram tříd datové vrstvy aplikace . . . . .	27
3	UML Diagram tříd prezentační vrstvy aplikace . . . . .	33
4	Okno editoru údajů k připojení k databázovému serveru . . . . .	35
5	Okno editoru SQL dotazů s parametry . . . . .	36
6	Okno editoru spustitelných úloh . . . . .	37
7	Sekvenční diagram vytvoření spustitelné úlohy . . . . .	39
8	Sekvenční diagram vytvoření objektu typu Var . . . . .	40
9	Sekvenční diagram průběhu úlohy . . . . .	41
10	Sekvenční diagram sestavení Statement objektu a jeho parametrů . . . . .	42



## Seznam tabulek

1	Počet řádků vygenerovaných zdrojových kódů ANTRL pro jazyk Java . . . . .	45
2	ANTRL Test 1 . . . . .	47
3	ANTRL Test 2 . . . . .	47
4	ANTRL Test 3 . . . . .	47
5	ANTRL Test 4 . . . . .	47
6	JSqlparser test 1 . . . . .	48
7	JSqlparser test 2 . . . . .	48
8	JSqlparser test 3 . . . . .	48
9	JSqlparser test 4 . . . . .	49



# 1 Úvod

Databáze dnes stojí v pozadí téměř každé webové stránky, počítačového programu nebo mobilní aplikace.

Cílem práce je vytvořit aplikaci pro simulaci problémů v databázovém systému, aplikace bude simulovat reálné situace, ve kterých se může databáze nacházet. Správce databáze tak může odhalit chyby nebo případné nedostatky ještě před nasazením systému do produkčního prostředí a předejít výpadkům dostupnosti databáze. V rámci bakalářského studijního plánu *Informační a komunikační technologie* je vyučován předmět *Administrace databázových systémů*, který je zaměřen právě na řešení těchto problémů.

Tato práce se zabývá databázemi založených na SQL, veškeré operace nad databází tedy probíhají pomocí SQL. Aplikace, tvořena v rámci této práce, používá k simulaci reálného provozu na databázi sekvenci uživatelem definovaných SQL dotazů, které jsou na databázi zasílané v definovaném pořadí s určitým intervalem. Aplikace průběžně měří a zobrazuje výsledky testu.

Při ukládání dat do databáze předpokládáme, že data musí být přístupná nepřetržitě, a že k datům bude přistupovat více vzdálených zařízení najednou. Proto jsou databáze často provozovány na samostatném počítači, pracovní stanici nebo serveru s velmi dobrou konektivitou do sítě a záložním zdrojem energie. Nicméně výkonný hardware nám v případě špatného fyzického návrhu struktury databáze nepomůže.



## 2 DBMS

### 2.1 Obecné vlastnosti DBMS

Database Management System (Systém řízení báze dat) je software pro správu dat, který umožňuje vytváření, editování, mazání a procházení dat, tato práce se zabývá systémy založené na dotazovacím jazyce SQL.

### 2.2 Jazyk SQL (Structured Query Language)

Jazyk SQL je doménově specifický jazyk standardizován organizací ISO (International Organization for Standardization) pod označením ISO/IEC 9075:2016. Samotný jazyk SQL se dá rozdělit do 4 kategorií:

- **Data Query Language (DQL)** slouží pro procházení a čtení dat.
- **Data Definition Language (DDL)** se používá pro definování datových struktur.
- **Data Manipulation Language (DML)** aktualizuje, maže a přidává data.
- **Data Control Language (DCL)** se používá pro správu přístupu k datům.

V komplexnějších DBMS nalezneme ještě 5. kategorii **Declarative Language (deklarativní jazyk)**, také označován jako **procedurální rozšíření SQL**. Procedurální rozšíření jednotlivých DBMS se liší v syntaxi a neřídí se jednotným standardem. V případě Microsoft SQL Serveru se jazyk nazývá TransactSQL (T-SQL) a v případě Oracle Databáze se jazyk jmenuje PL/SQL.

### 2.3 Vytížení databázového serveru

Aplikace, tvořena v rámci této práce, bude databázový server zatěžovat opakovaným zasíláním sekvencí SQL dotazů, během doby, kdy tyto dotazy DBMS zpracovává bude aplikace zobrazovat průběžné výsledky úspěšnosti prováděných SQL dotazů a také jejich průměrnou dobu. Další parametry monitorujeme pak přímo na databázovém serveru, případně v operačním systému, na kterém běží:

- **Počet dotazů za vteřinu** - Počet dotazů za vteřinu je důležitý údaj, podle kterého můžeme porovnávat další parametry jako například vytížení procesoru, počet přístupů na disk nebo vytížení sítě. Toto číslo však nikdy nebude přímým ukazatelem vytížení, protože každý dotaz provádí odlišně náročné operace.
- **Doba zpracování dotazu** - Tento údaj je velmi důležitý, pokud monitorujeme dotazy na databázi, jejichž zpracování trvá dlouho. Můžeme tak odhalit problémy, zejména v samotném návrhu struktury databáze, nebo špatnou konstrukci SQL dotazů, které jsou na

databázi zasílány. Nejdéle trvající operace budou z pravidla ty, které potřebují data číst, řadit nebo porovnávat sekvenčně.

- **Vytížení procesoru** - Je základní údaj, který je možné porovnávat s počtem dotazů na databázi.
- **Počet přístupů na disk** - Každý správně navržený DBMS se snaží omezit počet přístupů na disk tím, že často používaná data načítá do části operační paměti nazývané jako vyrovnávací paměť. Při nedostatku operační paměti je databázový server nucen z disku opakovaně načítat stránky před vyhodnocením dotazu, které by jinak mohly být při dostatku operační paměti uloženy ve vyrovnávací paměti. Výsledkem je vysoký počet přístupů na disk a pomalý přístup k datům.
- **Počet SQL kompilací / rekompilací** - Pro každý SQL dotaz je na databázovém serveru sestavován plán jeho vykonání. Správně navržené aplikace by na databázový server měly posílat předem připravené SQL dotazy a za běhu aplikace zasílat na databázový server opakovaně stejně strukturované SQL dotazy jen s jinými argumenty. Protože sestavit plán vykonání dotazu je pro databázový server časově náročná operace, mělo by k sestavování docházet co nejméně.
- **Vytížení sítě** - Při monitorování sítě sledujeme parametry:
  - **Délka fronty na síťovém rozhraní** - Pokud fronta na síťovém rozhraní dosahuje vysokých hodnot a kapacity linky není plně využita, může se jednat o problém s nedostatečným výkonem hardware síťového rozhraní (síťová karta).
  - **Rychlost odesílání / přijímání dat** - Tento parametr je nutné porovnávat v celkovou propustnost linky, kterou má databázový server k dispozici.



## 3 Použitá technologie pro implementaci aplikace

### 3.1 Programovací jazyk Java

Pro implementaci aplikace jsem zvolil programovací jazyk Java. Hlavní výhodou tohoto jazyka je přenositelnost aplikace mezi různými operačními systémy bez nutnosti úprav zdrojového kódu nebo jeho opětovného překladu. Tuto funkcionalitu zajišťuje prostředí JVM (Java Virtual Machine), které je součástí každé instalace JRE (Java Runtime Environment). Díky virtualizovanému prostředí JVM je zajištěno, že se aplikace bude chovat shodně pod různými operačními systémy.

### 3.2 JDBC (Java Database Connectivity)

JDBC je API pro programovací jazyk Java, které definuje způsob, jak přistupovat k databázi. JDBC se používá na straně aplikace, která chce s databází komunikovat. JDBC požadavky aplikace přeloží na protokol, který využívá daný databázový systém. Výhodou JDBC je, že jeho zdrojový kód je veřejně dostupný, proto si každý výrobce databázového systému může JDBC implementovat. Tím je zajištěno, že k různým databázovým systémům se v prostředí programovacího jazyka Java přistupuje přes jednotné API.

### 3.3 Knihovna JavaFX pro grafické rozhraní

JavaFX je platforma pro tvorbu grafických uživatelských rozhraní aplikací v programovacím jazyce Java. JavaFX se liší od ostatních grafických platforem, dostupných v základní instalaci Java Standard Edition, především tím, že grafické komponenty, jejich rozmístění a chování se definuje v odděleném souboru s příponou `.FXML`, tento soubor má formát XML. Každý FXML soubor definuje jedno grafické rozhraní (okno / scénu) a každý FXML soubor má přidruženou jednu nebo více tříd, které se označují jako "Controller". Tyto třídy pak zajišťují propojení grafických komponent se zbytkem aplikace. JavaFX se tak blíží návrhovému vzoru MVC (Model-View-Controller), ten je rozšířený zejména v oblasti web technologií.

### 3.4 JAXB

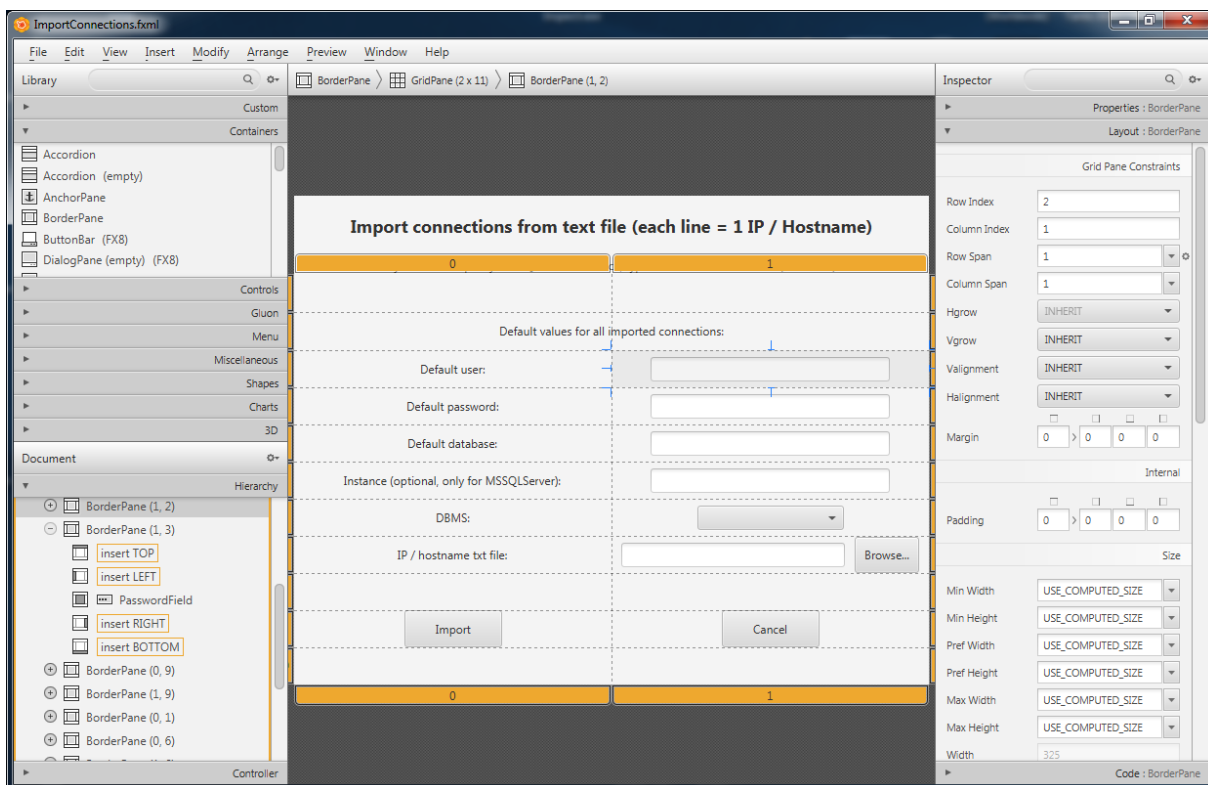
Java Architecture for XML Binding (JAXB) je obsaženo v balíku *javax.xml.bind*. JAXB umožňuje serializovat Java objekty do formátu XML a uložit je na disk. Aby bylo možné objekt pomocí JAXB serializovat, všechny datové typy, které objekt obsahuje musí implementovat rozhraní *java.io.Serializable*. Chování serializace a de-serializace konkrétního objektu můžeme ovlivnit přidáním anotací do třídy, která objekt definuje. Anotace pro JAXB najdeme v balíku *javax.xml.bind.annotation*. V aplikaci jsou použity tyto anotace:

- **@XmlRootElement** umožňuje pojmenovat kořenový element XML pomocí argumentu *name*.

- **@XmlElement** označuje XML Element, pomocí nepovinného argumentu *name* je možno element pojmenovat ve formátu XML. Bez použití této anotace budou všechny XML Elementy pojmenovány podle názvu třídních proměnných.
- **@XmlElementWrapper** obalí XML Element dalším XML Elementem, v aplikaci použito především pro obalení seznamu elementů.
- Proměnná označená anotací **@XmlTransient** se do XML formátu nebude serializovat.
- **@XmlAttribute** umožňuje serializovat danou třídní proměnnou jako XML atribut.

### 3.5 SceneBuilder

JavaFX Scene Builder je nástroj pro vytváření uživatelských grafických rozhraní pro JavaFX. Jedná se o nástroj typu "WYSIWYG", což je zkratka pro "What You See Is What You Get", přeloženo "To co vidíte, to dostanete". Nástroj SceneBuilder umožňuje grafické komponenty "přetahovat", editovat jejich parametry jako odsazení od krajů, minimální, maximální a preferovanou velikost v interaktivním grafickém rozhraní. V prostředí SceneBuilder lze rovněž propojit grafické prvky s událostmi, jako například kliknutí na tlačítko, a nastavit odchycení této události v přidružené Controller třídě. Výstupem z tohoto programu je soubor formátu FXML, který je načten JavaFX aplikací. [6]

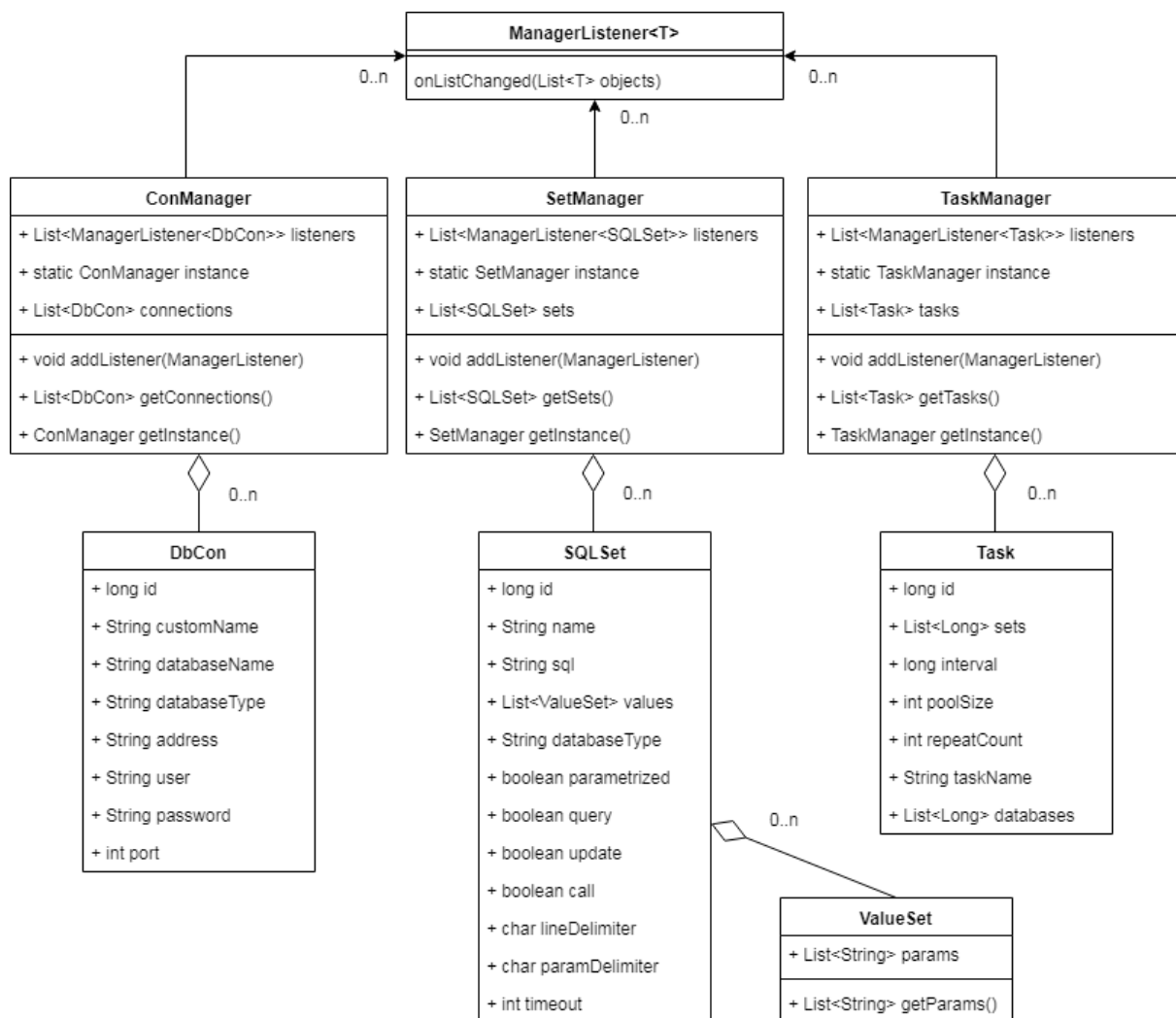


Obrázek 1: Rozhraní nástroje SceneBuilder

## 4 Datová vrstva

Pro lepší přehlednost a jednodušší úpravy zdrojového kódu je aplikace rozdělena do více vrstev. **Datová vrstva** se stará o ukládání, načítání a editování perzistentních dat v aplikaci. Datová vrstva je umístěna v balíku (Java package) *dbstresstest.data*.

### 4.1 Diagram tříd



Obrázek 2: UML Diagram tříd datové vrstvy aplikace

## 4.2 Datové struktury

Aplikace perzistentně ukládá tyto datové struktury:

1. **Údaje k připojení k databázovému serveru** - Tento typ dat je v aplikaci reprezentován třídou **DbCon**. Načítání a ukládání objektů, vytvořených z této třídy, do perzistentního úložiště provádí třída **ConManager** (formát popsán v sekci 4.3). Třída je realizována podle návrhového vzoru Singleton, aby bylo zaručeno, že za běhu aplikace bude existovat pouze jedna kopie dat v operační paměti aplikace. Třída **DbCon** zapouzdřuje tyto data:

- *id* - unikátní identifikátor na logické a datové vrstvě aplikace (viz sekce 6.1)
- *customName* - unikátní jméno definované uživatelem, slouží jako identifikátor na prezentační vrstvě (více v sekci 5.1)
- *databaseName* - jméno databáze
- *databaseType* - rozšíření aplikace, které bude použito pro připojení k databázovému serveru
- *address* - adresa databázového serveru (v případě Microsoft SQL Server může obsahovat jméno instance)
- *user* - databázový uživatel
- *password* - heslo databázového uživatele, používá kódování Base64
- *port* - číslo portu databáze, hodnota 0 značí výchozí hodnotu v JDBC řadiči

2. **SQL dotazy s parametry** - Tento typ dat reprezentuje třída **SQLSet**. Načítání a ukládání objektů těchto tříd realizuje třída **SetManager** (formát popsán v sekci 4.3), která je taktéž implementována podle návrhového vzoru Singleton. Třída **SQLSet** zapouzdřuje tyto data:

- *id* - unikátní identifikátor na logické a datové vrstvě aplikace (6.1)
- *name* - unikátní jméno definované uživatelem, slouží jako identifikátor na prezentační vrstvě (více v sekci 5.1)
- *sql* - SQL dotaz v textové podobě
- *values* - pole objektů **ValueSet**, každý objekt reprezentuje jednu sadu parametrů SQL dotazu
- *databaseType* - rozšíření aplikace, které bude kontrolovat syntaxi SQL dotazu
- *query* - označuje, zda se jedná o SQL dotaz, který bude číst data
- *update* - označuje, zda se jedná o SQL dotaz, který bude zapisovat nebo modifikovat data
- *call* - označuje, zda se jedná o SQL dotaz, který bude volat uloženou proceduru nebo funkci

- *lineDelimiter* - znak, který označuje konec řádku s parametry
- *paramDelimiter* - znak, který odděluje jednotlivé parametry od sebe
- *timeout* - limit v milisekundách pro vykonání dotazu

3. **Spustitelné úlohy** - Tyto data jsou reprezentovány třídou **Task**. O načítání a ukládání do perzistentního úložiště se opět stará Singleton třída **TaskManager** (formát popsán v sekci 4.3). Objekty třídy **Task** obsahují tyto data:

- *id* - unikátní identifikátor na logické a datové vrstvě aplikace (viz sekce 6.1)
- *taskName* - unikátní jméno definované uživatelem, slouží jako identifikátor na prezentační vrstvě (více v sekci 5.1)
- *sets* - posloupnost ID odkazující na objekty *SQL dotazů s parametry* (viz bod 2. v tomto seznamu)
- *databases* - pole ID odkazující na objekty *údajů k připojení k databázovému serveru* v této úloze (viz bod 1. v tomto seznamu)
- *interval* - interval v milisekundách, ve kterém se bude úloha opakovat
- *poolSize* - maximální počet spojení s databázovým serverem, které může úloha v jednu chvíli využívat
- *repeatCount* - počet opakování úlohy, hodnota *-1* značí nekonečný počet opakování

Všechny Singleton Manager třídy (popsané na začátku této sekce) mají možnost zaregistrovat posluchače událostí pomocí generické třídy **ManagerListener** pomocí volání metody *addListener(listener)*, která je součástí každé Manager třídy, jako argument je předaná vytvořená instance generického posluchače. Třída posluchače je generická, aby mohla být použita pro všechny Manager třídy (ConManager, SetManager, TaskManager). Tyto posluchače jsou v aplikaci využity v Prezentační vrstvě pro aktualizaci seznamů vytvořených entit, zachycuje se událost *onListChanged(List<T> objects)* vyvolávaná Manager třídami při editaci uložených datových struktur aplikace.

### 4.3 XML datové soubory

Perzistentní data aplikace jsou uložena ve formátu XML, vyjma Log a CSV souborů, ty jsou popsány v sekci 4.4.

---

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<connections>
  <connection id="1548773964597">
    <address>127.0.0.1</address>
    <customName>Test</customName>
    <databaseName>Test</databaseName>
    <databaseType>MSSQL</databaseType>
    <password></password>
    <port>0</port>
    <user>Test</user>
  </connection>
</connections>
```

---

Výpis 1: Údaje k připojení k databázovému serveru ve formátu XML

Všechny **údaje k připojení k databázovému serveru** (bod 1. v sekci 4.2) jsou uloženy v jednom XML souboru. Standardní umístění tohoto souboru je *data/connections.xml*, kde adresář *data* je umístěna v pracovním adresáři aplikace. Důvodem uložení do jednoho souboru je možnost přímé editace tohoto XML pomocí jiného externího nástroje. Formát tohoto XML souboru byl stanoven vedoucím této práce.

---

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<sql call="false" type="MSSQL" id="1549662678705" lineDelimiter="59" name="
  MujSelect" paramDelimiter="44" parametrized="true" query="true" text="
  select * from test;" timeout="100" update="false"/>
```

---

Výpis 2: SQL dotazy s parametry ve formátu XML

Sady **SQL dotazů s parametry** (bod 2. v sekci 4.2) jsou uloženy ve více XML souborech, umístěných v adresáři *data/sql/*, adresář *data* je umístěn v pracovním adresáři aplikace. Každý soubor reprezentuje jeden uložený SQL dotaz, případně jeho parametry, pokud se jedná o parametrizovaný dotaz. Jméno souboru se shoduje s parametrem ID (Identity), které slouží jako unikátní identifikátor daného uloženého SQL dotazu. Aplikace generuje tyto ID na základě aktuálního času v milisekundách od 1.1.1970 v době vytváření SQL dotazu v rozhraní aplikace.

---

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<workload id="1552506883608" interval="1000" poolSize="1" repeatCount="-1"
  taskName="SuperTest">
  <databases>
    <database>1548773964597</database>
    <database>1550072873964</database>
  </databases>
  <sql>1549662678705</sql>
  <sql>1550513479135</sql>
</workload>
```

---

### Výpis 3: Spustitelná úloha ve formátu XML

Každá **spustitelná úloha** (bod 3. v sekci 4.2) je uložena v samostatném XML souboru v adresáři *data/tasks/*, adresář *data* je umístěn v pracovním adresáři aplikace. Soubor obsahuje reference pomocí ID.

## 4.4 Log a CSV soubory

Během spouštění úloh v aplikaci jsou generovány log soubory, obsahují informace a všech chybách, které nastaly za běhu dané úlohy. Log soubory jsou umístěny v adresáři */logs*, ten je umístěn v pracovním adresáři aplikace. Log soubory jsou rozděleny podle jména uložených údajů k připojení k databázovému serveru a dále pak podle data spuštění úlohy, aby bylo možné dobře v log souborech vyhledávat a případně mazat nepotřebné adresáře s log soubory.

Pokud úloha skončí nebo je zastavená uživatelem, aplikace nabídne možnost výsledky testu exportovat do CSV souboru. Do souboru jsou exportovány časy vykonávání jednotlivých SQL dotazů. Díky CSV formátu je možno s daty dále pracovat v jiném nástroji, například

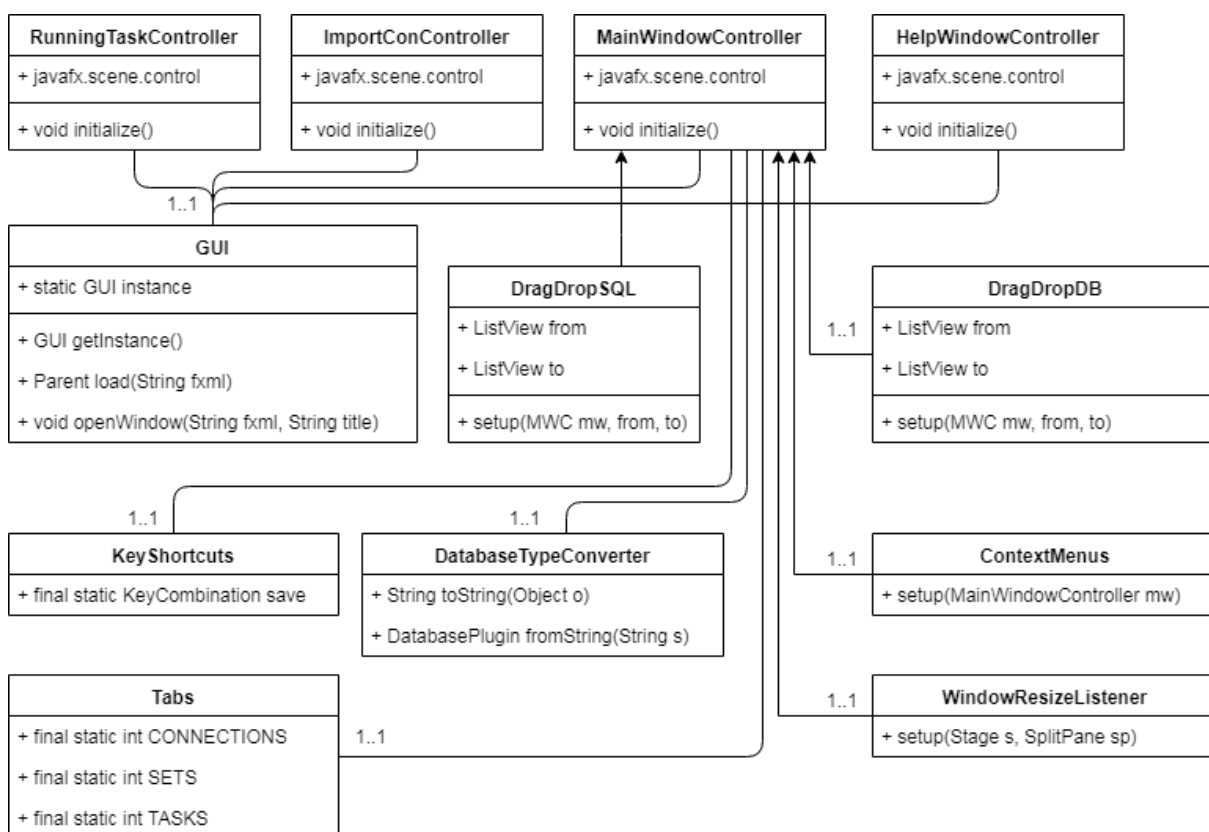


## 5 Prezentační vrstva

**Prezentační vrstva** poskytuje uživatelské rozhraní aplikace, ve kterém je možno vytvářet, editovat a mazat data aplikace. Dále pak spouštět a monitorovat úlohy. Prezentační vrstva je umístěna v balíku *dbstresstest.gui*.

### 5.1 Digram tříd

Z důvodu velkého počtu metod v třídách *MainWindowController* a *RunningTaskController* nejsou metody těchto tříd zahrnuty v tomto diagramu.



Obrázek 3: UML Diagram tříd prezentační vrstvy aplikace

Uživatelské rozhraní aplikace je definováno v FXML souborech. Tyto soubory jsou umístěny v balíku *dbstresstest.gui.fxml*. Každý FXML soubor tvoří jedno okno aplikace a je mu přiřazena právě jedna JavaFX Controller třída pomocí argumentu *fx:controller* v FXML souboru. Controller třída propojuje uživatelské rozhraní s logickou vrstvou aplikace, reaguje na akce uživatele a zpracovává události vyvolané během práce s grafickým rozhraním aplikace, pracuje tedy na pomezí prezentační a logické vrstvy.

Controller třída obsahuje referenci na všechny prvky uživatelského rozhraní, pomocí které lze k prvkům přistupovat a měnit jejich vlastnosti za běhu aplikace. Reference se předává do třídních

proměnných jejichž název se musí shodovat s *fx:id* prvku definovaného v FXML souboru. Reference na aktuální instanci prvku rozhraní JavaFX předává během inicializace controller třídy, aby předávání fungovalo, controller třída musí implementovat rozhraní *javafx.fxml.Initializable*.

Aplikace celkem obsahuje 4 hlavní okna a k nim jsou přiřazeny 4 Controller třídy

**MainWindowController**, **RunningTaskController**, **HelpWindowController** a **Import-ConController**. Všechny Controller třídy mají vazby na Singleton třídu GUI, tato třída obsahuje pomocné funkce pro vyvolávání dodatečných dialogových oken.

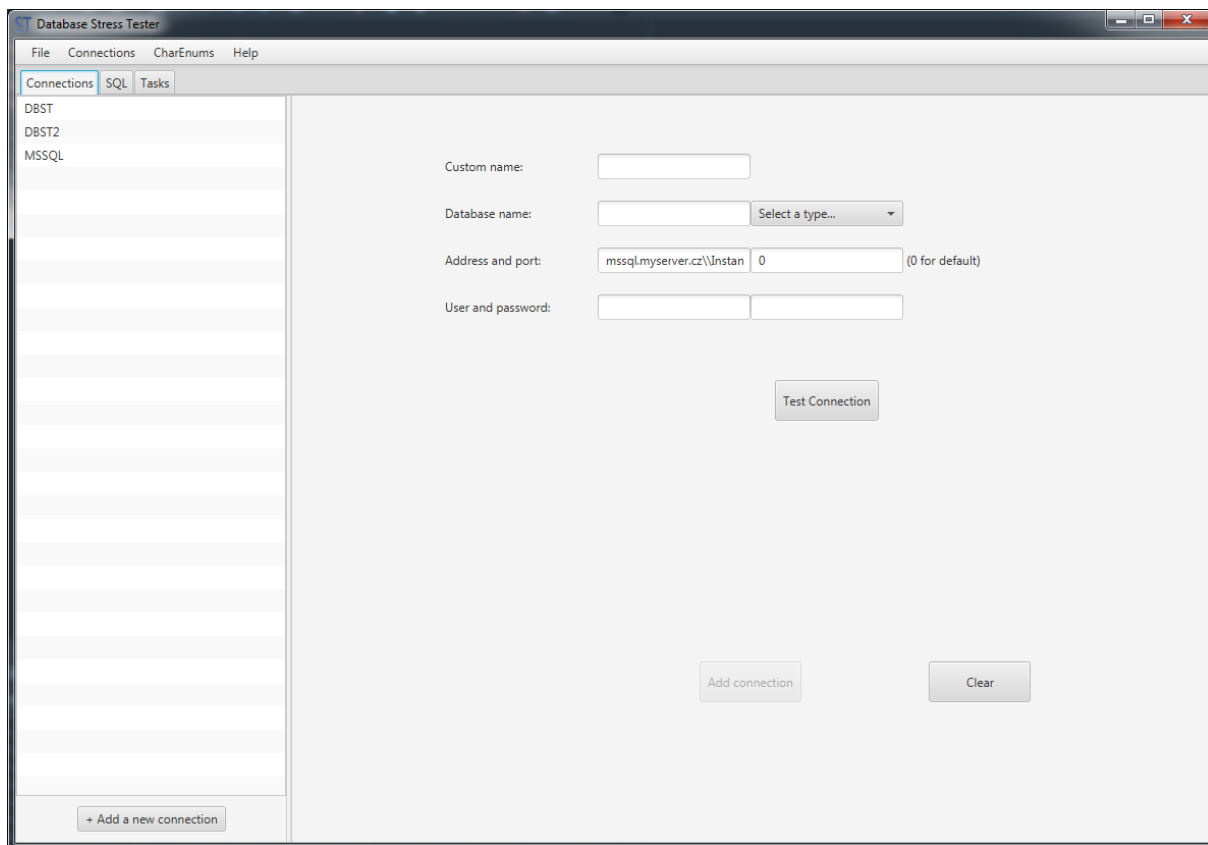
Třída **MainWindowController** dále využívá pomocné třídy pro ovládání některých složitějších komponent. Třídy **DragDropDB** a **DragDropSQL** zajišťují funkcionalitu přetahování prvků sql a údajů k připojení k databázi v editoru úloh. Třída **ContextMenus** vytváří kontextové nabídky v hlavním okně. V diagramu tříd prezentační vrstvy aplikace se dále nachází statické výčtové třídy **KeyShortcuts** (obsahuje výčet klávesových zkratk) a **Tabs** (obsahuje výčet záložek hlavního okna aplikace, jejich pořadí a jména).

**DatabaseTypeConverter** rozšiřuje třídu *javafx.util.StringConverter* a upravuje její funkcionalitu pro **DatabasePlugin** třídy v naší aplikaci (viz sekce 6.3).

Třída **WindowResizeListener** reaguje na události spojené s změnou velikosti okna aplikace a přizpůsobuje tomu velikost některých grafických prvků. Jedná se především o ovládací prvky *javafx.scene.control.SplitPane*, které ve výchozím stavu nereagují na změny velikosti okna a nezachovávají si proporční velikosti nastavené uživatelem. Třída se inicializuje společně s **MainWindowController** třídou, tyto třídy tak na sebe nemají přímou vazbu.

## 5.2 Hlavní okno aplikace

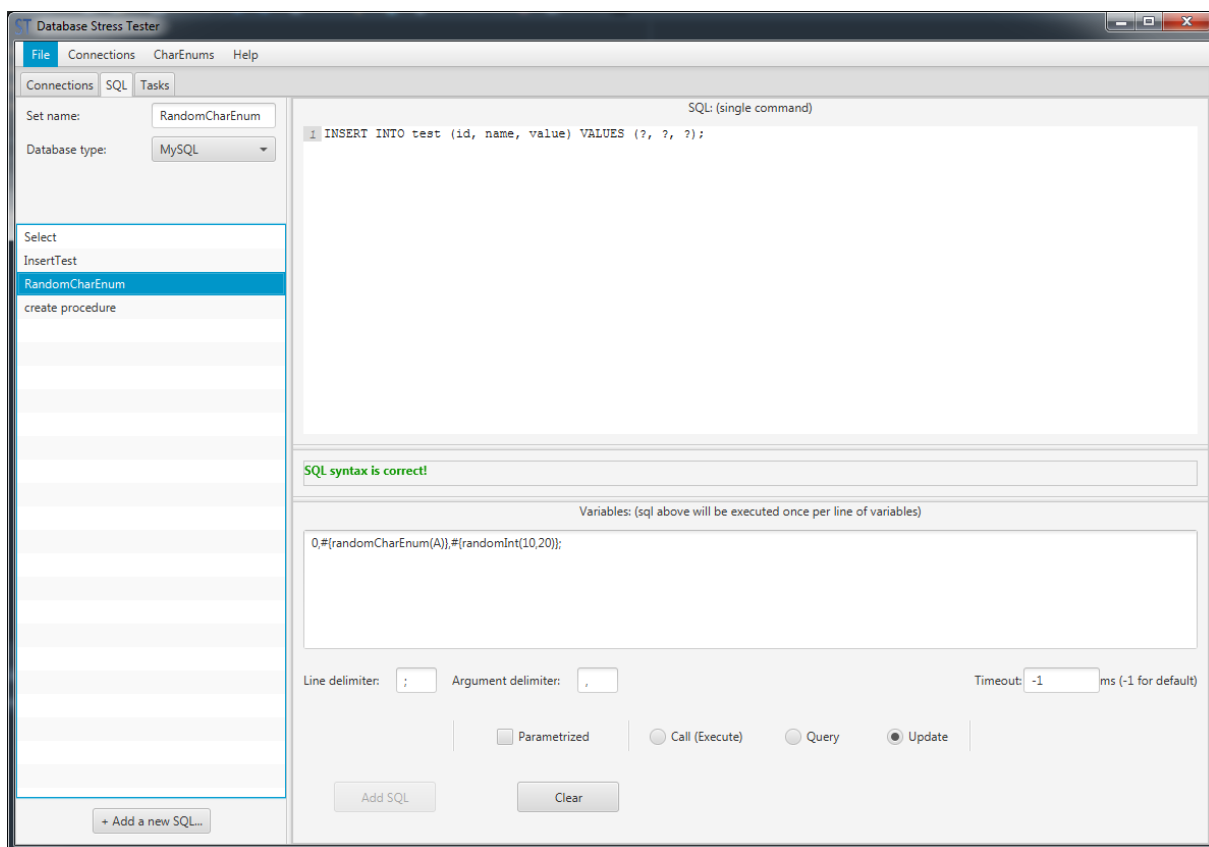
Po spuštění aplikace je spuštěno hlavní grafické uživatelské rozhraní, to je rozděleno do tří podsekcí pomocí *javafx.scene.control.TabPane*.



Obrázek 4: Okno editoru údajů k připojení k databázovému serveru

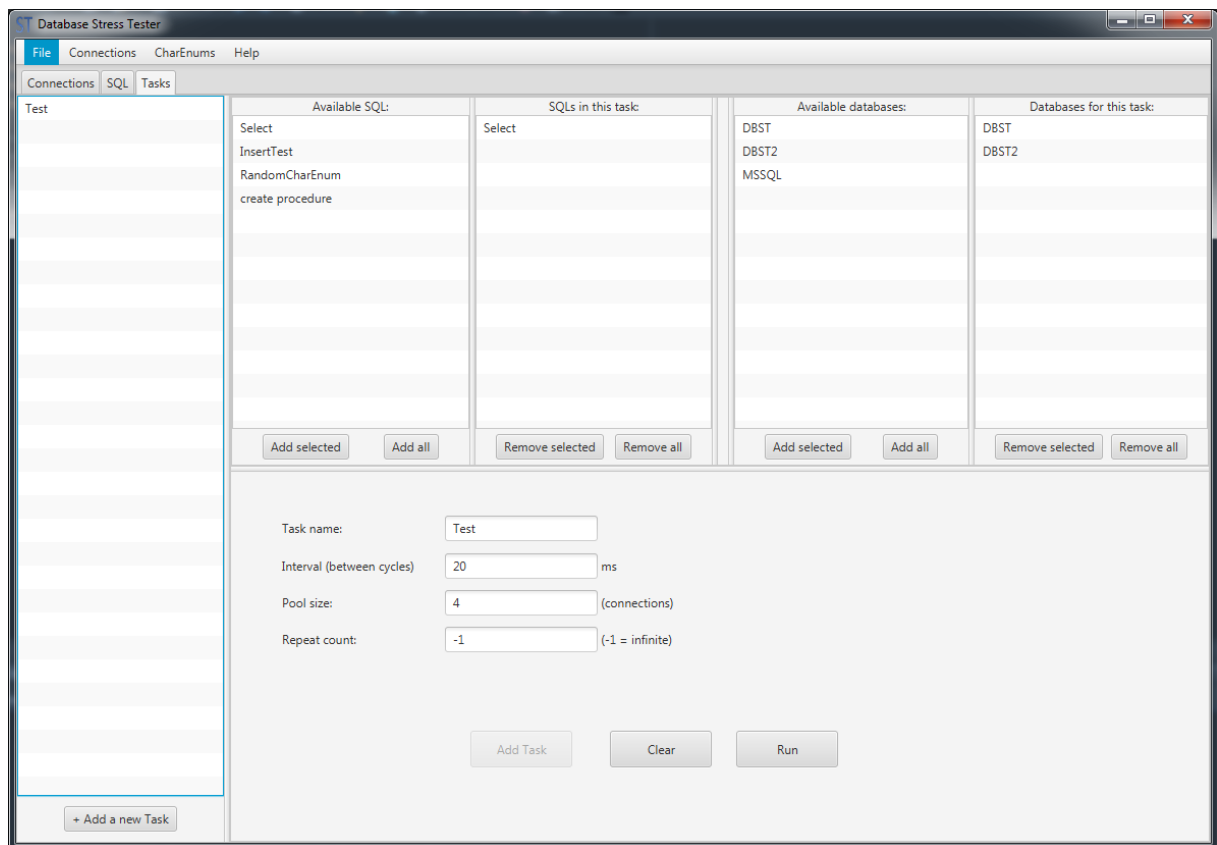
Okno editoru (obrázek 4) pro správu údajů k připojení k databázovému serveru umožňuje přidávat nové položky pomocí tlačítka umístěného pod seznamem položek, nebo přes hlavní kontextovou nabídku aplikace. Existující položky lze editovat po kliknutí na jejich jméno v seznamu umístěného na levé straně okna. Pravým kliknutím na jméno položky, lze položku trvale odstranit. Samotný formulář odpovídá datové struktuře třídy *DbCon* (viz sekce 4.1). Heslo databázového uživatele se zadává do vstupního pole typu *javafx.scene.control.PasswordField*, díky tomu se na monitor renderují pouze zástupné znaky '●', místo skutečných znaků hesla.

Nad uloženými údaji lze provést test, tento test ověří, zda se k danému databázovému serveru lze připojit.



Obrázek 5: Okno editoru SQL dotazů s parametry

TODO: popis



Obrázek 6: Okno editoru spustitelných úloh

TODO: popis

### 5.3 Okno monitoru úloh

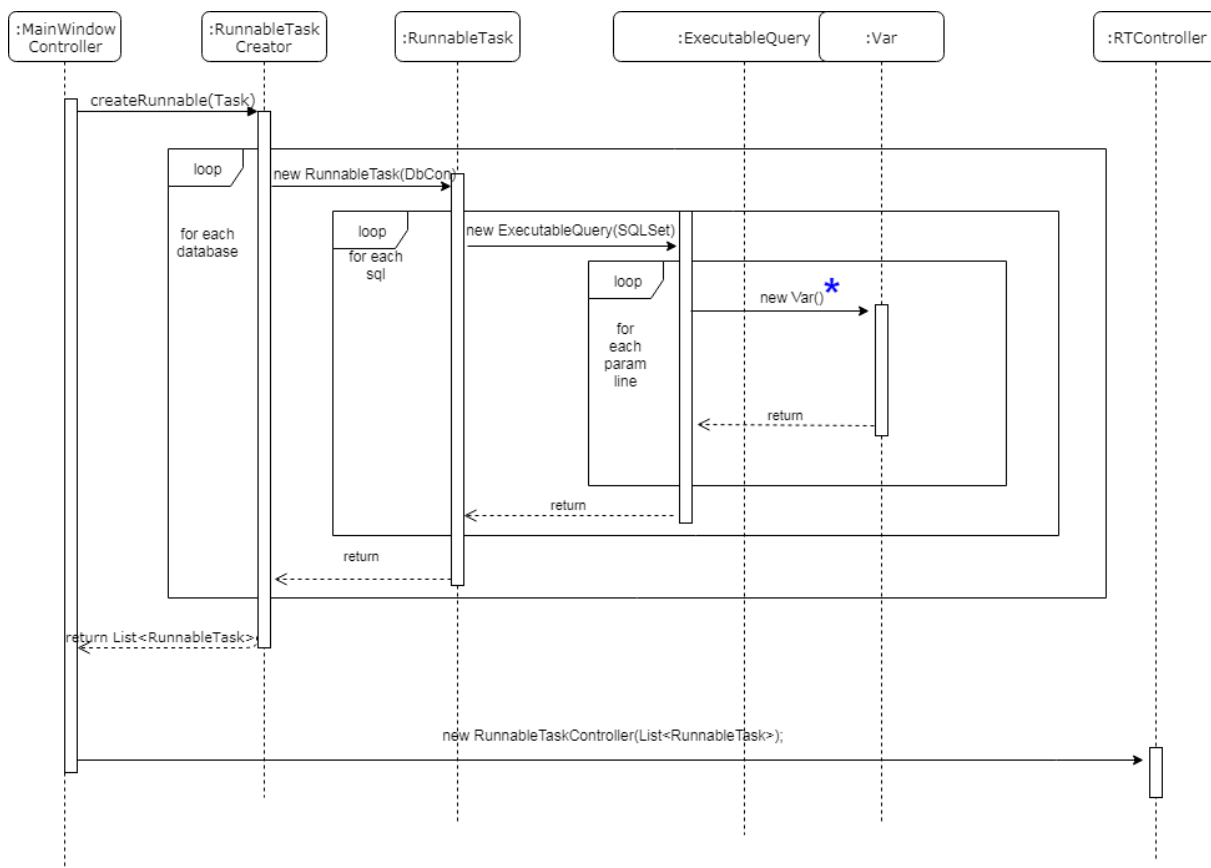
TODO:

## 6 Logická vrstva

**Logická vrstva** zajišťuje vykonávání uživatelem spuštěných úloh, kontrolu uživatelského vstupu a komunikaci mezi datovou a prezentační vrstvou aplikace. Logická vrstva je umístěna v balíku *dbstresstest.logic*.

### 6.1 Diagramy průběhu úlohy

Pro popis logické vrstvy jsem zvolil sekvenční diagram. Následující sekvenční diagram demonstuje proces vytvoření spustitelné úlohy v aplikaci.



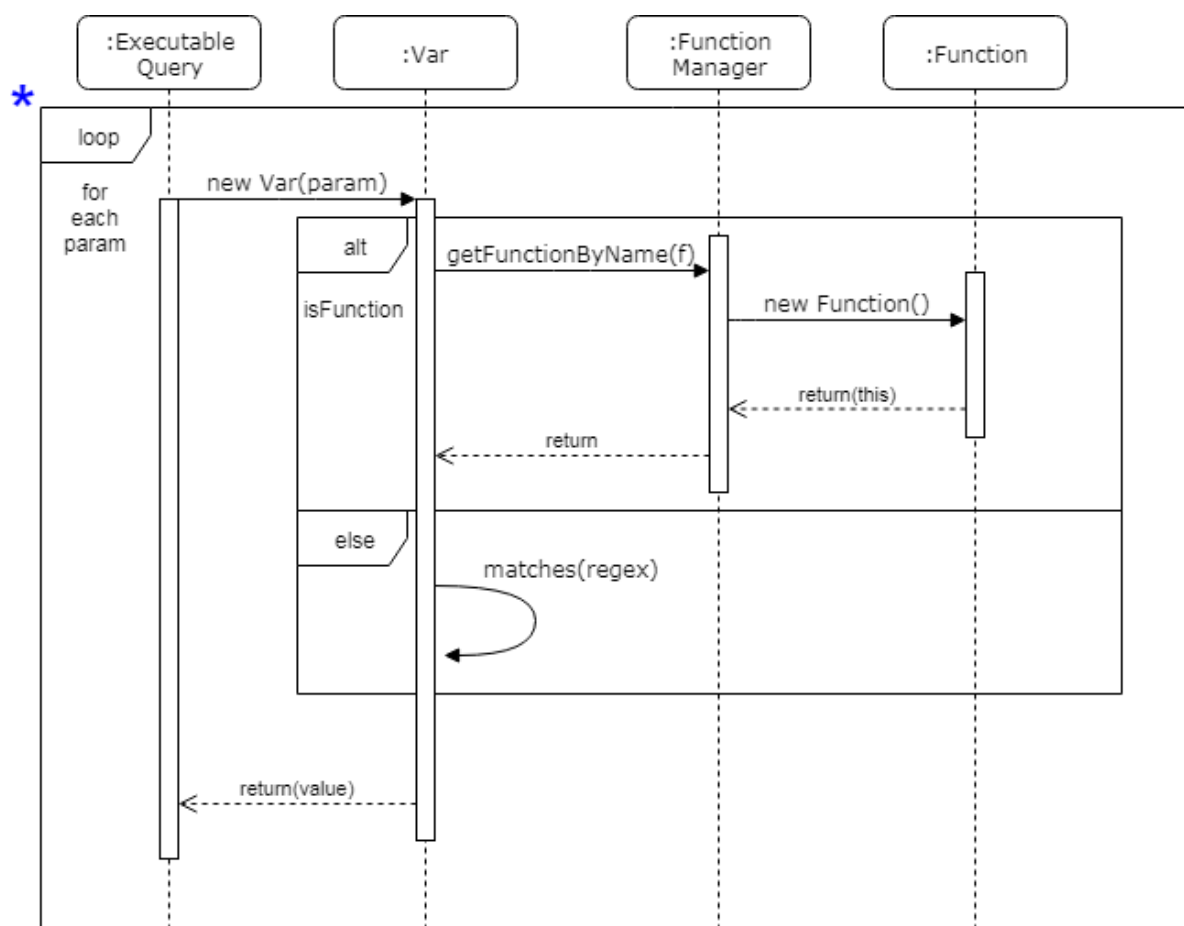
Obrázek 7: Sekvenční diagram vytvoření spustitelné úlohy

**MainWindowController** je třída spojující prezentační a logickou vrstvu aplikace (viz sekce 5.1). Po vyvolání události pro spuštění vybrané úlohy v prezentační vrstvě tato třída volá statickou metodu *createRunnable(Task)* umístěnou ve statické třídě **RunnableTaskCreator**, která vytvoří pole objektů **RunnableTask**, pro každou databázi v této úloze je vytvořen právě jeden tento objekt.

Objekty typu **RunnableTask** vytváří v konstruktoru sadu objektů, které implementují rozhraní **ExecutableQuery** (implementace rozhraní se liší podle typu dotazu), pro každý samo-

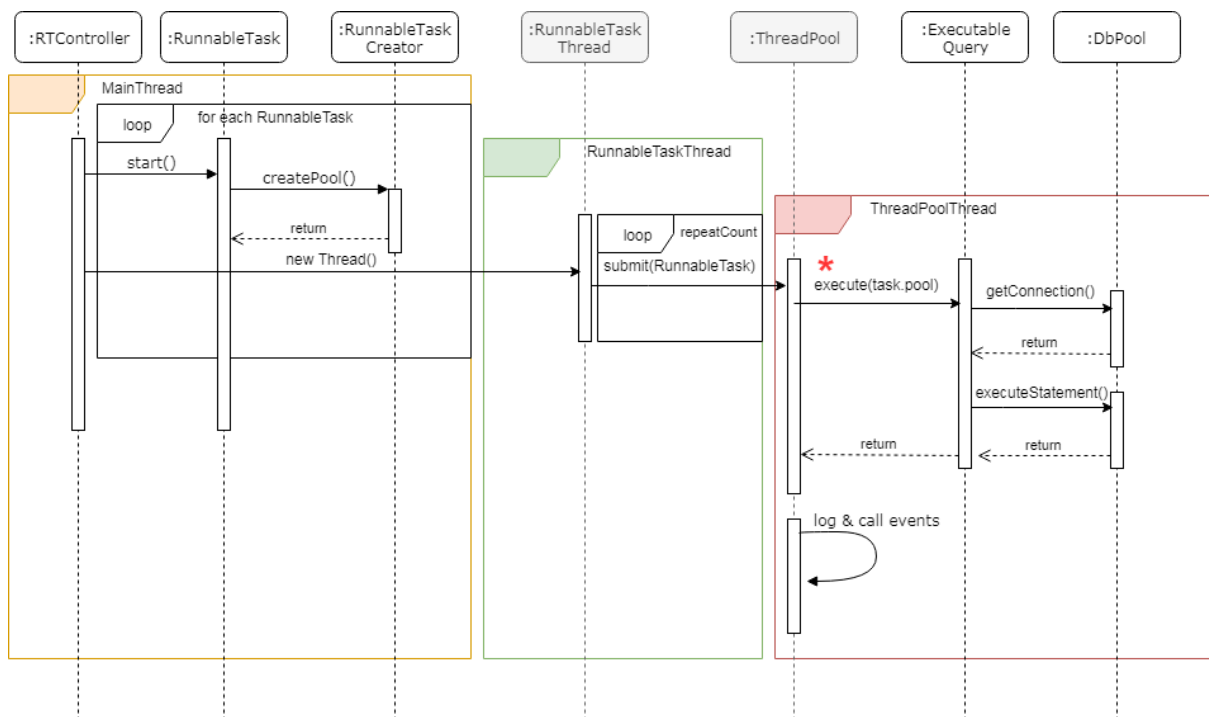
statný SQL dotaz v dané úloze, je vytvořen právě jeden objekt. Pokud se jedná o parametrizovaný SQL příkaz, pak se pro každou sadu parametrů, se kterou se má dotaz spouštět, vytvoří pole objektů typu **Var**. Tyto objekty zapouzdřují veškeré chování proměnných, rozpoznávají datové typy a vyhodnocují hodnoty funkcí. Během vytváření objektů typu **Var** je určen datový typ parametru, který objekt uchovává, pokud se jedná o funkci, dochází k rozpoznání funkce a argumentů, tento proces je popsán diagramem 8 (propojení diagramů je označeno znakem modré hvězdy).

Na konci diagramu je vytvořené pole objektů RunnableTask předáno v konstruktoru třídy **RunnableTaskController** (v diagramu zkráceno na *RTController*). Daná úloha je v tuto chvíli připravena ke spuštění. Průběh úlohy je dále znázorněn diagramem 9.



Obrázek 8: Sekvenční diagram vytvoření objektu typu Var





Obrázek 9: Sekvenční diagram průběhu úlohy

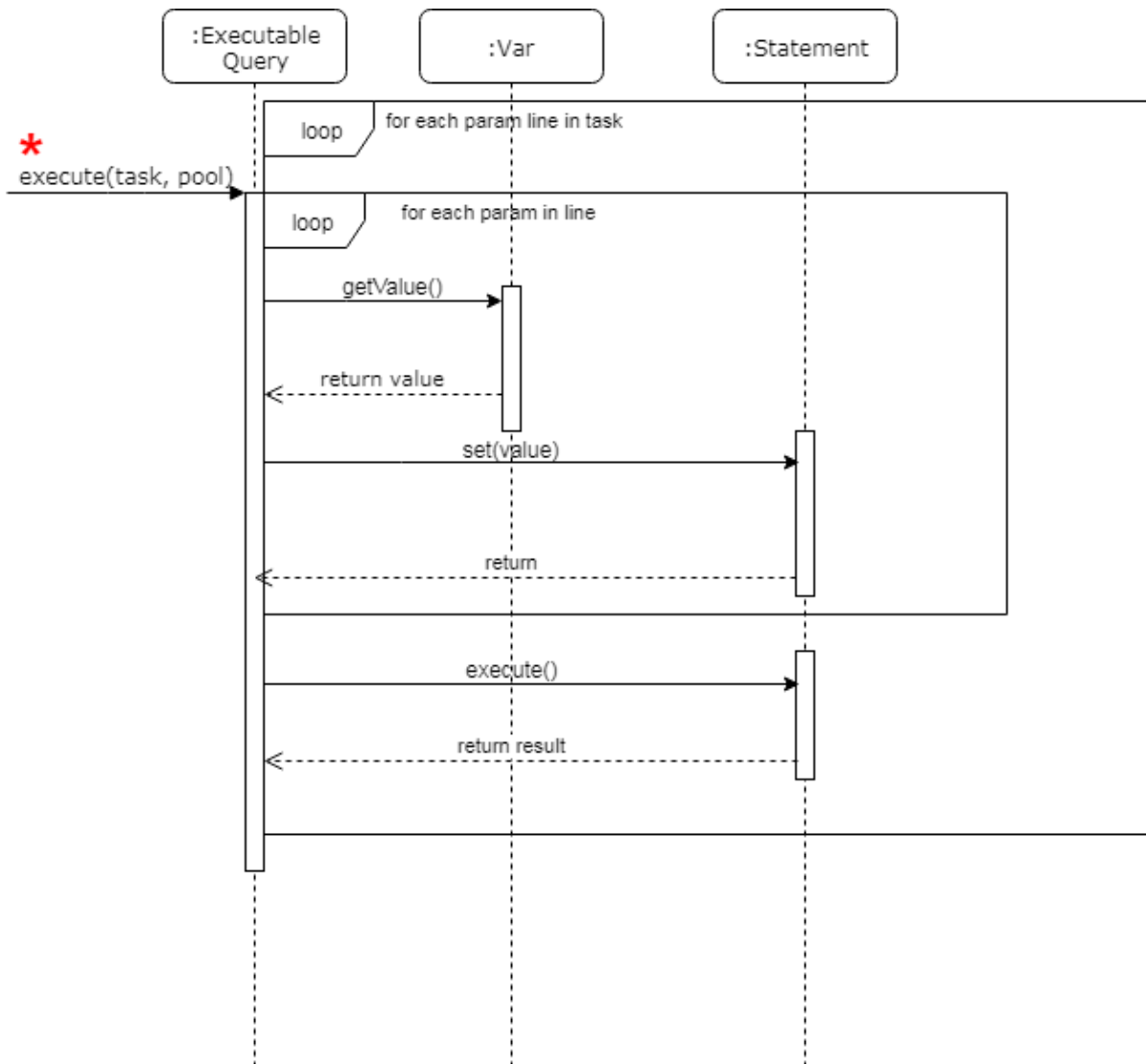
*ThreadPool a RunnableTaskThread (označeny šedým pozadím) nejsou samostatné třídy, jsou součástí třídy **RunnableTask**, v diagramu jsou zobrazeny na samostatných osách, aby bylo možné lépe popsat, operace prováděné na jednotlivých vláknech aplikace.*

Diagram 9 popisuje průběh spuštění úlohy od chvíle, kdy uživatel klikne na tlačítko start, tuto akci zachytí posluchač ve třídě **RunnableTaskController** (v diagramu zkráceno na *RT-Controller*) a v cyklu spustí úlohu pro všechny definované databáze v úloze metodou *start()* volanou na objekty **RunnableTask**, jejich vytvoření popisuje předchozí diagram 7. Dále je v rámci objektu **RunnableTask** vytvořen objekt typu *DbPool* pomocí statické třídy **RunnableTaskCreator**, *DbPool* je rozhraní, které definuje operace pro *Connection Pool* (posloupnost předem vytvořených spojení s databázovým serverem). Implementace třídy *DbPool* se liší v závislosti na typu databáze. Jednotlivé DBMS spravují samostatné rozšíření hlavní aplikace (viz sekce 6.3).

Před samostatným spuštěním je ještě potřeba vytvořit Thread pool (posloupnost předem vytvořených vláken, v diagramu označeno jako *ThreadPool*, pro implementaci je použit *java.util.concurrent.ExecutorService*), velikost je shodná s velikostí Connection poolu. Aby bylo možné zajistit funkcionalitu neomezeného počtu spuštění, které je ukončeno až akcí uživatele, je potřeba vytvořit další vlákno (v diagramu označeno jako *RunnableTaskThread* (zelené ohraničení v diagramu), které bude časovat a odesílat jednotlivé SQL dotazy k vykonání do *Thread Poolu* pomocí metody *submit(RunnableTask)* (třída rozšiřuje rozhraní *java.lang.Runnable* a proto může být předána do *ThreadPoolu*).

V jednotlivých vláknech *Thread Poolu* (označeno červenou barvou v diagramu) je spouštěna

metoda *execute(task, pool)*. Tato požádá o volné připojení k databázovému serveru pomocí *getConnection()*. Následuje vytvoření samotného SQL příkazu, který se bude zasílat na databázový server. Z důvodu rozsáhlosti diagramu je tato operace znázorněna v samostatném diagramu 10. Jako poslední operace ve vlákne *thread poolu* se vyvolají události a uloží se informace o vykonaném SQL dotazu.



Obrázek 10: Sekvenční diagram sestavení Statement objektu a jeho parametrů

Diagram 10 popisuje průběh metody *execute()* z předchozího diagramu 9 (označeno znakem červené hvězdy). Pro každou sadu parametrů SQL dotazu se volá postupně pro každý parametr metoda *getValue()* na objekty **Var**, jejich vytvoření bylo popsáno v předchozím diagramu 8. Získaná hodnota je poté dosazena do *java.sql.Statement*, po dosazení všech hodnot je **Statement** odeslán na databázový server pomocí vlastní metody *execute()*.

## 6.2 Funkce

TODO: implementace vlastních funkcí popis

## 6.3 Rozšíření aplikace

Aby bylo možné zajistit kompatibilitu s více DBMS bez nutnosti zasahovat do zdrojového kódu aplikace je tato funkcionality zajištěna pomocí rozšíření hlavní aplikace. Každé rozšíření aplikace obsahuje následující komponenty:

- **JDBC řadič** - implementace JDBC pro daný DBMS, jedná se o externí knihovnu přibalenou uvnitř JAR souboru rozšíření
- **Connection pool** - umožňuje předpřipravit posloupnost spojení s databázovým serverem
- **SQL Parser** - každý DBMS může vyžadovat jiný SQL Parser, proto je umístěn v rozšíření, nikoliv v hlavní aplikaci. Více v sekci 7.

TODO: třídní diagram rozhraní pro implementaci pluginu



## 7 Validace SQL dotazů - SQL Lexer / Parser

Jeden z cílů této práce je validovat SQL zadané uživatelem. Aby bylo možné zkontrolovat správnost zadaného SQL dotazu, potřebujeme znát kompletní gramatiku jazyka SQL a nad touto gramatikou postavit validátor (parser). Protože tohle téma je tak rozsáhlé, že by mohlo pokrýt celou samostatnou práci, použijeme na validaci SQL příkazů již existující knihovny. Před samotným výběrem knihovny, jsem prováděl testy volně dostupných knihoven pro zpracovávání SQL. Pro jazyk Java, co se volně dostupných knihoven týká, máme pouze 2 projekty, které jsou aktuální a stále se rozvíjí, projekt ANTRL a projekt jsqparser.

### 7.1 Projekt ANTLR (ANother Tool for Language Recognition)

Projekt ANTRL je nástroj na čtení, zpracovávání, vykonávání nebo překládání strukturovaného textu nebo binárních souborů. Je velmi rozšířený pro budování jazyků, nástrojů a knihoven. ANTRL vygeneruje ze zadané gramatiky parser, který umožňuje sestavovat a procházet sestavené stromy ze zadané posloupnosti výrazů. [1]

ANTLR využívá pro psaní gramatiky 2 soubory, aktuální verze ANTRL je 4, proto tyto soubory mají koncovku .g4. Soubor Lexer.g4 obsahuje veškerou gramatiku, kterou daný jazyk využívá, druhý soubor Parser.g4 obsahuje pravidla zpracovávaného jazyka. Jako jsou například posloupnosti klíčových slov jazyka a hodnoty mezi klíčovými slovy. Tyto soubory mají specifickou syntaxi ANTRL, tuto gramatiku ANTRL překladač zpracuje a vygeneruje zdrojový kód v programovacím jazyce Java, nebo jiném, který požadujeme. Vygenerované zdrojové kódy poté vložíme do naší aplikace. [2]

Výhoda ANTRL spočívá v tom, že gramatiky jsou umístěny na serveru github.com a jsou tak otevřené k editaci pro širokou veřejnost vývojářů. Případné chyby, které se v gramatice mohou objevit může opravit kdokoliv. ANTRL navíc nabízí gramatiky specifické pro různé verze jazyka SQL jako T-SQL, PL-SQL, MySQL a SQLite, které se liší především ve svých procedurálních rozšířeních. [3]

Největším problémem ANTRL je samotná práce programátora s vygenerovanými zdrojovými kódy, pokud se jedná o velmi rozsáhlý jazyk jako SQL. Pro jazyk Java a gramatiku pro PL-SQL ANTRL vygeneruje soubor PISqlParser.java, který má více než 167 000 řádků kódu. Ve vývojovém prostředí NetBeans IDE 8.2, pro jazyk Java, takto velký soubor nelze otevřít z důvodu nedostatku paměti, kterou nástroj potřebuje při načítání souboru.

Tabulka 1: Počet řádků vygenerovaných zdrojových kódů ANTRL pro jazyk Java

Parser	Lexer.java	Parser.java
PL-SQL	13 540	167 114
T-SQL	4 611	98 484
MySQL	5 108	60 411

Problémem existujících gramatik na oficiální github.com stránce projektu ANTRL je to, že k nim existuje pouze minimální nebo žádná dokumentace a tím, že každá gramatiku byla psána jinými lidmi, vznikají poté ve vygenerovaných zdrojových kódech odlišnosti. Například pokud chceme zobrazit stromovou strukturu SQL DML (Data Manipulation Language) dotazu, v každé gramatice je vygenerovaná metoda s odlišným názvem, kde *parser* je reference na instanci parser třídy (tabulka 1) vygenerované z dané gramatiky:

---

```
parser.dml_clause().toStringTree();
```

---

Výpis 4: T-SQL Parser

---

```
parser.data_manipulation_language_statements().toStringTree();
```

---

Výpis 5: PL-SQL Parser

---

```
parser.dmlStatement().toStringTree();
```

---

Výpis 6: MySQL Parser

## 7.2 Testy ANTRL

Právě díky tomu, že automaticky vygenerované třídy pomocí ANTRL jsou tak rozsáhlé, první vytvoření instance tříd v JVM je velmi pomalé, protože dochází k překladu Java kódu (bytecode). Opakované spouštění, nad již vytvořenými instancemi parser tříd, je již podstatně rychlejší, protože kód je již uložen v paměti JVM (v části paměti pojmenované jako *Code Cache*), kde je uložen již přeložený Java kód (bytecode) na nativní strojový kód.

Tabulka 2: ANTRL Test 1

Výsledky pro dotaz: 'SELECT \* FROM TEST'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
PL-SQL	1831 ms	2 ms	Ano
T-SQL	525 ms	1 ms	Ano
MySQL	428 ms	1 ms	Ano

Tabulka 3: ANTRL Test 2

Výsledky pro dotaz: 'SELECT \*\* FROM TEST'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
PL-SQL	1207 ms	68 ms	Ano
T-SQL	416 ms	31 ms	Ne
MySQL	322 ms	1 ms	Ne

Tabulka 4: ANTRL Test 3

Výsledky pro dotaz: 'SELECT COUNT(\*) FROM TEST WHERE CID = 5 AND PRICE < 100 GROUP BY NAME ORDER BY PRICE'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
PL-SQL	2556 ms	5 ms	Ano
T-SQL	450 ms	6 ms	Ano
MySQL	364 ms	6 ms	Ano

Tabulka 5: ANTRL Test 4

Výsledky pro dotaz: 'SELECT COUNT(\*) FROM TEST WHERE CID = 5 AND PRICE < 100 GROUP BY NAME ORDER PRICE'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
PL-SQL	2522 ms	6 ms	Ano
T-SQL	479 ms	6 ms	Ne
MySQL	364 ms	5 ms	Ano

Z testů je vidět, že T-SQL a MySQL ANTRL parser nedokázal odhalit chybu ve špatné syntaxi dotazu *SELECT \*\* FROM TEST* (viz tabulka 3). T-SQL parser poté opakovaně selhal (viz tabulka 5).

### 7.3 Projekt Jsqlparser

Projekt jsqparser je postavený na knihovně JavaCC, která je vyvíjena samotnou společností Oracle. JavaCC je nástroj, který ze specifikace gramatiky dokáže vygenerovat zdrojové kódy v programovacím jazyce Java, umožňuje také sestavování stromové struktury jazyka pomocí nástroje JJTree, který je součástí JavaCC knihovny [4].

Nástroj Jsqparser překládá dotaz jazyka SQL na ekvivalentní hierarchii Java tříd. Jsqparser podporuje speciální SQL syntaxi pro Oracle, SqlServer, MySQL a PostgreSQL. Výsledek zpracovaného dotazu je možné strukturovaně procházet pomocí návrhového vzoru Visitor [5].

### 7.4 Testy Jsqparser

Pro možnost testy porovnat, jsou v testu použity stejné SQL dotazy, jako v předchozím testu ANTRL. Díky tomu, že Jsqparser je univerzální a nemá gramatiky pro různé variace jazyka SQL nijak odděleny, nemůžeme porovnat rychlost zpracovávání dotazů pro PL-SQL, T-SQL a MySQL odděleně, jako v předchozím ANTRL testu. Pro měření opakovaného spouštění pro stejný dotaz bylo nutné použít v tomto testu měření v nanosekundách.

Tabulka 6: Jsqparser test 1

Výsledky pro dotaz: 'SELECT * FROM TEST'			
Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
Jsql	30 ms	0.26 ms	Ano

Tabulka 7: Jsqparser test 2

Výsledky pro dotaz: 'SELECT ** FROM TEST'			
Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
Jsql	29 ms	0.34 ms	Ano

Tabulka 8: Jsqparser test 3

Výsledky pro dotaz: 'SELECT COUNT(\*) FROM TEST WHERE CID = 5 AND PRICE < 100 GROUP BY NAME ORDER BY PRICE'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
Jsql	33 ms	0.59 ms	Ano



Tabulka 9: JSqlparser test 4

Výsledky pro dotaz: 'SELECT COUNT(\*) FROM TEST WHERE CID = 5 AND PRICE < 100 GROUP BY NAME ORDER PRICE'

Parser	První spuštění	Opakované spuštění	Správnost vyhodnocení
Jsql	33 ms	0.75 ms	Ano

## 7.5 Srovnání parser knihoven

Výsledky testování prokázaly, že JSqlparser bude pro naše účely vhodnější. Hlavním důvodem proč jsem se rozhodl v aplikaci použít JSqlparser je fakt, že ANTRL parser vyhodnocuje dotaz při prvním spuštění více než vteřinu a v případě delších SQL dotazů až více než 2 vteřiny, jak ukazují předchozí testy. Taková doba je nepřijatelná, pokud chceme SQL validovat v reálném čase během doby, kdy uživatel SQL zadává do aplikace. Doba, kterou ANTRL parser vyžaduje, by způsobila pozastavení reakcí celé aplikace na akce uživatele během zadávání SQL dotazu, pokud by měla aplikace validovat SQL a v reálném čase zobrazovat výsledek. Díky rychlým odpovědím z JSqlParser je možné implementovat tento parser synchronně, ANTRL parser by vyžadoval asynchronní implementaci a výsledky by se zobrazovaly s prodlevou, výsledek validace by tak nemusel vždy odpovídat momentálnímu vstupu od uživatele.



## 8 Závěr

TODO:



## Literatura

- [1] Terence Parr. ANTLR (ANother Tool for Language Recognition) [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://wwwantlr.org/>
- [2] ANTRL Docs [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://github.com/antlr/antlr4/blob/master/doc/index.md>
- [3] ANTRL přehled dostupných gramatik [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://github.com/antlr/grammars-v4>
- [4] The Java Parser Generator [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <https://javacc.org/>
- [5] JSql parser dokumentace [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://github.com/JSQParser/JSqParser/wiki>
- [6] Cindy Castillo. JSBGS.BOOK: JavaFX Scene Builder Getting Started with JavaFX Scene Builder Release 2.0 2014 [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://docs.oracle.com/javase/8/scene-builder-2/JSBGS.pdf>
- [7] A Brief History of NetBeans [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://netbeans.org/about/history.html>
- [8] Information technology – Database languages – SQL [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/63555.html>



## A Zdrojový kód pro testování ANTRL - MySQL

---

```
import antlr.mysql.MySqlParser;
import antlr.mysql.MySqlLexer;
import org.antlr.v4.runtime.*;

static boolean mysqlresult = true;

public static boolean mysql(String args) {
    mysqlresult = true;
    long start = System.currentTimeMillis();
    System.out.println("MySQL Check: " + args);
    CharStream stream = new ANTLRInputStream(args);
    MySqlLexer lexer = new MySqlLexer(stream);
    CommonTokenStream tokens = new CommonTokenStream(lexer);

    MySqlParser parser = new MySqlParser(tokens);

    parser.addErrorListener(new BaseErrorListener() {
        @Override
        public void syntaxError(Recognizer<?, ?> recognizer, Object
            offendingSymbol, int line, int pos, String msg,
            RecognitionException e) {
            System.out.println("Failed to parse at " + line + ", " + pos + ":
                " + msg);
            mysqlresult = false;
        }
    });

    parser.dmlStatement().toStringTree(parser);
    System.out.println("MySQL Result: " + mysqlresult + ", took: " + (
        System.currentTimeMillis()-start) + "ms");
    return mysqlresult;
}
```

---

Výpis 7: ANTRL MySQL





## B Zdrojový kód pro testování ANTRL - T-SQL

---

```
import antlr.sql.TSqlLexer;
import antlr.sql.TSqlParser;
import org.antlr.v4.runtime.*;

static boolean tsqresult = true;

public static boolean tsq(String args) {
    tsqresult = true;
    long start = System.currentTimeMillis();
    System.out.println("TSQL Check: " + args);
    CharStream stream = new ANTLRInputStream(args);
    TSqlLexer lexer = new TSqlLexer(stream);
    CommonTokenStream tokens = new CommonTokenStream(lexer);

    TSqlParser parser = new TSqlParser(tokens);

    parser.addErrorListener(new BaseErrorListener() {
        @Override
        public void syntaxError(Recognizer<?, ?> recognizer, Object
            offendingSymbol, int line, int pos, String msg,
            RecognitionException e) {
            System.out.println("Failed to parse at " + line + ", " + pos + ":
                " + msg);
            tsqresult = false;
        }
    });

    parser.dml_clause().toStringTree(parser);
    System.out.println("TSQL Result: " + tsqresult + ", took: " + (System.
        currentTimeMillis()-start) + "ms");
    return tsqresult;
}
```

---



## C Zdrojový kód pro testování ANTRL - PL-SQL

---

```
import antlr.plsql.PlSqlLexer;
import antlr.plsql.PlSqlParser;
import org.antlr.v4.runtime.*;

static boolean plsqlresult = true;

public static boolean plsql(String args) {
    plsqlresult = true;
    long start = System.currentTimeMillis();
    System.out.println("PLSQL Check: " + args);
    CharStream stream = new ANTLRInputStream(args);
    PlSqlLexer lexer = new PlSqlLexer(stream);
    CommonTokenStream tokens = new CommonTokenStream(lexer);

    PlSqlParser parser = new PlSqlParser(tokens);

    parser.addErrorListener(new BaseErrorListener() {
        @Override
        public void syntaxError(Recognizer<?, ?> recognizer, Object
            offendingSymbol, int line, int pos, String msg,
            RecognitionException e) {
            System.out.println("Failed to parse at " + line + ", " + pos + ":
                " + msg);
            plsqlresult = false;
        }
    });

    parser.data_manipulation_language_statements().toStringTree();
    System.out.println("PLSQL Result: " + plsqlresult + ", took: " + (
        System.currentTimeMillis()-start) + "ms");
    return plsqlresult;
}
}
```

---



## D Zdrojový kód pro testování JsqlParser

---

```
public static boolean parse(String sql) {  
    try {  
        Statements st = CCJSqlParserUtil.parseStatements(sql);  
        st.getStatements().get(0);  
        return true;  
    } catch (Exception ex) {  
        System.out.println(ex.getCause().getMessage());  
        return false;  
    }  
}
```

---

Výpis 10: ANTRL JSQL