**Ovládací software pro nezávislé ovládání pěti pneumatických svalů v robotické struktuře**

**Control software for independent control of five pneumatic muscles in a robotic structure**

Bakalářská práce

Studijní program: Informatika a kybernetika ve zdravotnictví

Studijní obor: Biomedicínská informatika

Autor bakalářské práce: Marek Darsa

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Bejtic

**Zadání práce**

Místo této stránky umístěte zadání bakalářské práce, které si stáhnete z databáze Projects ve formátu PDF. Zadání je nezbytnou součástí nerozebíratelné vazby závěrečné práce. Na zadání je uvedena platnost – relevantní jsou pouze platná zadání závěrečných prací. Při hodnocení práce je posuzována míra splnění zadání.

**PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Ovládací software pro nezávislé ovládání pěti pneumatických svalů v robotické struktuře“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci. Prohlašuji, že tato práce je přesnou kopií odevzdané elektronické verze.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona   
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 Kladně datum …...….………...………………...

Marek Darsa

**PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce Ing. Martinu Bejticovi, který mi byl velice nápomocen při jakémkoliv dotazu a problému.

**ABSTRAKT**

**Ovládací software pro nezávislé ovládání pěti pneumatických svalů v robotické struktuře**

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem ovládacího softwaru pro pneumatickou soustavu s pěti svaly. Cílem práce bylo vytvořit sofistikovaný a uživatelsky přívětivý software umožňující ovládání a kalibraci svalů s důrazem na přesnost, bezpečnost a adaptabilitu systému. Software byl vyvinut v programovacím jazyce Python. Disponuje moduly pro správu uživatelských rolí, nastavení hodnot na technickou nulu a integraci bezpečnostních omezení, jako je validace vstupů a omezení maximálního tlaku v pneumatických svalech. Funkce softwaru zahrnují přihlašování uživatelů, individuální ovládání svalů, nastavení bezpečnostních limitů a transformaci požadovaných pohybů na odpovídající výstupy v různých jednotkách. Mezi ty patří, jednotky krokových motorů – kroky, tlakové jednotky – mbar a také elektrické výstupy – mV. Vedle implementace softwaru je klíčovou součástí práce také tvorba podrobné dokumentace, která usnadní uživatelům orientaci v systému a jeho využitelnosti. Softwarové řešení představuje kombinaci přívětivého uživatelského rozhraní a robustních funkcí, umožňující efektivní ovládání pneumatické soustavy v robotických aplikacích.

**Klíčová slova**

Pneumatické svaly

Ovládací software

Robotická struktura

Uživatelská dokumentace

**ABSTRACT**

**Control software for independent control of five pneumatic muscles in a robotic structure.**

This bachelor thesis deals with the development of control software for a pneumatic system with five muscles. The aim of the thesis was to develop sophisticated and user-friendly software that allows control and calibration of the muscles with emphasis on accuracy, safety, and adaptability of the system. The software was developed in the Python programming language and has modules for managing user roles, setting values to technical zero and integrating safety constraints such as input validation and maximum pressure limitations in the pneumatic muscles. Software features include user login, individual muscle control, setting safety limits, and transforming desired movements into corresponding pressures in different units. These units include stepper motor step units, mbar pressure units and mV. The key part of the work, in addition to the software implementation, is the creation of detailed documentation to help users navigate the system and its capabilities. The software solution is a combination of a user-friendly interface and robust features, enabling efficient control of the pneumatic system in robotic applications.

**Keywords**

Pneumatic muscles

Control software

Robotic structure

User documentation

Obsah

[Seznam symbolů a zkratek 4](#_Toc166085158)

[1 Úvod 5](#_Toc166085159)

[2 Přehled současného stavu 6](#_Toc166085160)

[2.1 Motivace pro vznik projektu 6](#_Toc166085161)

[2.2 Současná pneumatická soustava a její fungování 6](#_Toc166085162)

[2.2.1 Operační systém pro řízení soustavy 7](#_Toc166085163)

[2.2.2 Komponenty pneumatické soustavy 7](#_Toc166085164)

[2.3 Pneumatické svaly a jejich typy 8](#_Toc166085165)

[2.4 Python 10](#_Toc166085166)

[3 Cíle práce 14](#_Toc166085167)

[4 Návrh aplikace 16](#_Toc166085168)

[4.1 Funkční specifikace 16](#_Toc166085169)

[4.1.1 Knihovna pro GUI 16](#_Toc166085170)

[4.1.2 Databázová knihovna 20](#_Toc166085171)

[5 Implementace 26](#_Toc166085172)

[5.1 Pneumatická soustava 26](#_Toc166085173)

[5.2 DeviceLoader 27](#_Toc166085174)

[5.3 Main 28](#_Toc166085175)

[5.4 AdminWindow 31](#_Toc166085176)

[5.5 UserWindow 37](#_Toc166085177)

[6 Uživatelská dokumentace 41](#_Toc166085178)

[6.1 Dokumentace pro uživatele 41](#_Toc166085179)

[6.2 Dokumentace pro administrátora 44](#_Toc166085180)

[7 Výsledky (Testování) 49](#_Toc166085181)

[8 Diskuse 50](#_Toc166085182)

[9 Závěr 51](#_Toc166085183)

[Seznam použité literatury 52](#_Toc166085184)

# Seznam symbolů a zkratek

#### Seznam symbolů

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Jednotka | Význam |
| *CDP*end | cmH2O | Střední distenzní tlak po ustálení přechodového děje |
|  |
|  |  |  |

#### Seznam zkratek

|  |  |
| --- | --- |
| Zkratka | Význam |
| SW | Software (Program) |
| GUI  DB  SQL  CMD  MVCC  CLI | Graphical User Interface (Grafické uživatelské rozhraní)  Database (Databáze)  Structured Query Language (Strukturovaný dotazovací jazyk)  Command Prompt (Příkazový řádek)  Multi-Version Concurrency Control (Kontrola konkurence více verzí)  Command Line Interface (Rozhraní příkazového řádku) |

# Úvod

Projekt, na který navazuje tato bakalářská práce, se věnuje primárně mechanické stránce problému, avšak postrádá softwarovou implementaci. Předchozí pneumatický systém, se kterým tento projekt pracuje, umožňuje pouze otáčení krokového motoru na základě zadané funkce a počtu kroků. Tímto způsobem se motor posouvá v určeném směru a interaguje (působí na sebe navzájem) s ventilem, který reguluje tlak v systému. Takovéto řešení ovšem není dostatečně přesné, neboť nastavení tlaku v systému je možné pouze prostřednictvím neintuitivních jednotek krokového motoru, což může být pro obsluhujícího lékaře obtížné a neefektivní. Navíc by bylo nutné ovládání softwaru provádět přímo z vývojového prostředí, což by znamenalo velkou možnost chyby. Nedostatek pokročilých funkcí v softwaru by omezoval efektivitu systému, neboť uživatel by musel provádět všechny činnosti ručně a opakovaně.

Zde prezentovaná práce představuje komplexní softwarové řešení pro eliminaci nedostatků současného systému. Zahrnuje vytvoření grafického uživatelského rozhraní s využitím moderních knihoven, které umožňuje ovládání až pěti pneumatických svalů současně, a to s možností volby různých ovládacích jednotek. Kromě toho je implementována funkce kalibrace soustavy a tvorba nových převodních vzorců. Důležitou součástí je také přístup do databáze obsahující veškeré potřebné informace pro správný provoz systému, včetně uvedených převodních vzorců a informací o aktuálně nastaveném výchozím převodním vzorci.

# Přehled současného stavu

## Motivace pro vznik projektu

Soustava vzniká v rámci studentského grantového fondu s cílem řešit problematiku ochrany anesteziologů při katetrizačních procedurách, během nichž jsou vystaveni radiačnímu záření. Tato iniciativa reagovala na zjištěnou potřebu minimalizovat riziko expozice anesteziologů tomuto typu záření, které se vyskytuje při provádění těchto zákroků. Princip fungování této soustavy spočívá v monitorování expozice anesteziologů radiačnímu záření prostřednictvím speciálních prstenů, které sledují, jaká dávka záření je absorbována během určitého časového intervalu.

Zdravotničtí pracovníci, včetně anesteziologů, jsou podrobeni přísným normativům, které stanovují maximální přípustné úrovně expozice záření. I přes dodržování těchto limitů jsou vystaveni riziku škodlivých účinků radiačního záření. Hlavním cílem navrhované soustavy je eliminovat nutnost přímé přítomnosti anesteziologa během katetrizačních procedur, čímž by se minimalizovala jeho expozice radiačnímu záření.

Dalším z hlavním cílem navrhované soustavy je poskytnout možnost využití při procedurách v prostoru magnetické rezonance. Práce v těchto prostorách často čelí výzvám spojeným s omezeným prostorem, což může ztížit provádění zdravotnických procedur. Zvláště problematické je manipulace s pacientem a přístupnost k určitým částem těla, které jsou umístěny v těsné blízkosti magnetického pole.

Dále se setkáváme s výzvou zachování kvality obrazových dat získaných během magnetické rezonance. Existuje riziko, že pohyby rukou lékaře mohou způsobit artefakty na snímcích, což může vést ke snížení jejich kvality nebo dokonce k úplné znehodnocení. V této situaci by navržená soustava poskytovala možnost operátorovi přesně nastavit polohu pacientovy hlavy do požadované pozice, a to bez rizika vnesení rušivých prvků do snímku.

Využití navrhované soustavy není omezeno pouze na původní účel, pro který byla vyvíjena. Existují další perspektivy využití, které zahrnují aplikace v oblasti fyzioterapie krku a dalších odvětvích, kde je zapotřebí manipulace s polohou pacienta a generování nakloněných rovin.

## Současná pneumatická soustava a její fungování

Jedná se o pneumatickou soustavu, která je schopna v jednu chvíli ovládat 5 na sobě nezávislých pneumatických svalů, tyto svaly ovládá pomocí samostatných komponent, proto je možné ovládat soustavu stylem, že jeden sval se bude tlakem plnit a druhý na druhou stranu jednomu bude tlak ubírán. Pneumatická soustava funguje na principu přeměny tlakové energie vzduchu na mechanickou energii nějakého média, které vykonává pohyb. V rámci tohoto projektu se jedná o pneumatické svaly.

Hlavní výhodou pneumatické soustavy je čistota. Pokud by došlo k poruše potrubí, které povede stačený vzduch z kompresu do pneumatického svalu a někde by došlo k přerušení této hadičky začal by vzduch unikat, to se ovšem dá vyřešit pouze jednoduchou výměnou již zmíněné hadičky. Po výměně je přístroj opět schopen znovu fungovat bez jakýkoliv problémů, čistota spočívá v tom, že když uniká do okolí stačený vzduch tak to nemá žádné negativní účinky na prostředí, do kterého uniká. Naproti tomu například pokud by soustava byla řešena pomocí hydraulického pohonu, jenž má ve svých trubičkách natlakovanou hydrauličtí kapalinu, která by v případě úniku mohla udělat veliké škody. Po tomto uniku nejen že by se musela veškerá kapalina vyčistit z místa kam unikla, ale musela by se vyměnit hadička a soustava by se musela znovu natlakovat a odvzdušňovat, aby fungovala správně. [1]

Hlavní nevýhodou pneumatické soustavy je ten že díky stroji, který vytvoří stačený vzduch – kompresoru, je prostředí velice hlučné. Pokud se ovšem tento kompresor odstraní z přímé blízkosti operátora tento nedostatek se odstraní.

### Operační systém pro řízení soustavy

Pro tuto soustavu byl zvolen open source operační systém LXQt. Jedná se o rychlé a efektivní desktopové prostředí postavené na základech frameworku Qt. Jeho hlavní výhodou oproti ostatním prostředím je poskytnout uživatelům snadno ovladatelné prostředí, které zároveň spotřebovává minimální množství systémových prostředku.[2]

Pro tyto své vlastnosti je tento operační systém oblíbeny nejen mezi lidmi, kteří potřebují systém s co největším výkonem, bez zbytečných ztrát na pokročilé grafické uživatelské rozhraní. Je ovšem oblíbený také u uživatelů, kteří nedisponují zařízeními s takovým výpočetním výkonem. [2]

### Komponenty pneumatické soustavy

#### Řídící počítač

Jako řídící počítač byl zvolen PAC-STM32 od výrobce Prokyber s.r.o. Tento počítač poskytuje široké možnosti komunikace a ovládání díky integrovaným komunikačním rozhraním, včetně USB, RS-485, UART, SPI a I2C. Díky svým expanzním slotům a podpoře připojení rozšiřujících modulů je možné tento systém snadno rozšiřovat a přizpůsobovat konkrétním potřebám projektu.

#### Krokový motor

V tomto projektu se využil krokový motor PK245-01A. Krokový motor je typem elektrických motoru které se využívají pro přesné pohyby v robotice, strojírenství a mnoho dalších.

Krokový motor disponuje možností pohybovat jak ve směru, tak v protisměru hodinových ručiček.

Krokový motor a servomotor jsou často zaměňovány, hlavním rozdílem mezi těmito dvěma součástkami je ten, že krokový motor se může točit kolem své osy podle libosti, jelikož nemá omezený pohyb v úhlech. Na rozdíl od toho servomotor má nastavenou uhlovou výseč, ve které se mohou pohybovat.

Dalším velkým rozdílem mezi těmito dvěma motory je ten, že servomotor obsahuje zpětnou vazbu, která mu umožňuje zjistit v jaké poloze se přesně nachází a s touto informací dále pracovat. Krokový motor tuto schopnost většinou nemá, a tudíž je pouze schopen reagovat na impulzy a ty vykonat.

#### Talkový snímač

#### Tlakový spínač

#### Pneumatický regulátor

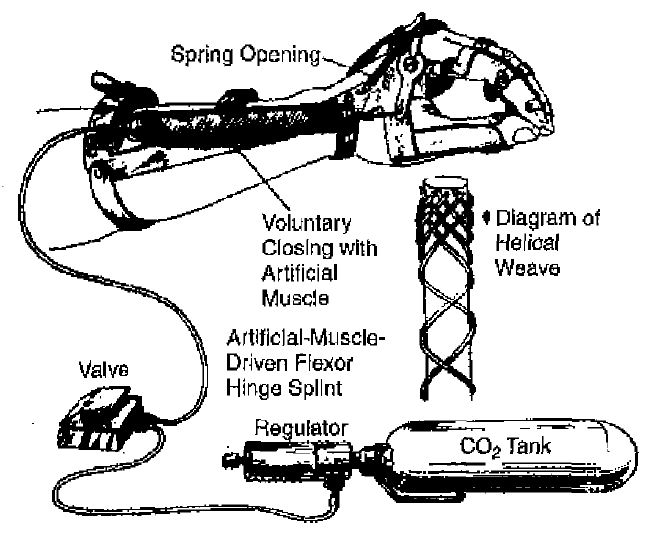
V tomto projektu byl jako regulátor tlaku využit pneumatický regulátor IR1010-01BG.

Pneumatický regulátor je zařízení používané k řízení tlaku v pneumatických systémech. Jeho hlavní funkcí je udržovat požadovaný tlak vzduchu v určeném rozsahu, aby zajistil správné fungování pneumatických zařízení a komponent.

## Pneumatické svaly a jejich typy

Pneumatické svaly představují významnou inovaci v oblasti biomechanických systémů a jejich vznik sahá až do 30. let 20. století. Ruský fyzik S. Garasiev se věnoval zkoumání a konstrukci pneumatických svalů s cílem poskytnout alternativní pohon pro bioprotézy. Jeho koncept vycházel z potřeby vytvořit umělý sval, který by mohl interagovat s lidským organismem podobně jako přirozené svalové tkáně.[3; 4]

Centrálním prvkem lidských svalů je jejich schopnost kontrakce a expanze. Při konstrukci pneumatického svalu pro bioprotézu byl klíčovým prvkem elastický materiál, který utvářel měchýřovitou strukturu. Tato struktura byla schopna se rozpínat a stahovat v závislosti na tlaku vzduchu uvnitř měchýřku. Pro správnou expanzi a kontrakci byly implementovány paralelní pevné vlákna, která zajistila, že měchýřek se rozšíří do šířky a zkrátí svoji délku, simulující tak pohyb lidského svalu.

Další, kdo se také zabýval využitím pneumatických svalů pro řízení biologických protéz Obrázek 2.1 byl Joseph L. McKibben. Jeho přístup spočíval v konstrukci pneumatických svalů, které omezují pohyb svalu v různých směrech, čímž dosáhl požadovaného typu pohybu. McKibbenovy svaly jsou charakterizovány opletením z drátů, kde dva dráty jsou křížené, vytvářející pletení Obrázek 2.2, které transformuje pneumatickou energii na mechanickou energii.[4]

Obrázek 2.2 Oplet McKibbenova pneumatického svalu Zdroj: https://web.archive.org/web/20070927065220im\_/http://www.shadowrobot.com/images/airmuscle-rubber-tube-braid.jpg

Obrázek 2.1 Návrh McKibbenovy biologické protézy pomocí peneumatické svalu

Zdroj: https://dwindra.id/blog/assets/images/pam/pam.jpg

Hlavní výhodou těchto pneumatických svalů spočívá především v jejich jednoduchosti. Svaly mohou být vyráběny v různých délkách a velikostech a mohou být rozpínány různým způsobem v závislosti na stylu opletení. Například rozdíl mezi Yarlotovým a McKibbenovým svaly spočívá v tom, že Yarlotův sval se při expanzi roztahuje do sférického tvaru, zatímco McKibbenův sval spíše do tvaru válce.[3; 4]

Dalším typem pneumatického svalu je Kukoljův sval, který se odlišuje v způsobu opletení pneumatického měchýřku. U Kukoljova svalu je toto opletení provedeno pomocí spojených drátů, které zůstávají pevně spojené i při nafukování a vyfukování pneumatického měchýřku. Tento princip se liší od McKibbenova svalu, který využívá pletení, kde dochází k posunu jednotlivých drátů při nafukování a vyfukování pneumatického měchýřku.

Dalším rozdílem mezi Yarlotovými, Kukoljovi a McKibbenovými svaly a je v hustotě pletení mřížky, zatímco McKibbenový sval patří do pletených pneumatických svalů, tyto svaly se vyznačují hustě pleteným opletem. Yarlotovův a Kukoljovův sval patří do skupiny takzvaných síťovaných svalů, tyto svaly mají mnohem řídčeji proveden svůj oplet.[3; 4]

V této bakalářské práci jsou využívány pneumatické svaly speciálně vytvořené pro tuto soustavu. Tyto pneumatické svaly jsou nejblíže podobné pneumatickým svalům navrženým vědeckou skupinou Greer a spol. Tento typ pneumatického svalu se vyznačuje tím, že na jedné straně je přiváděn tlak a na druhé straně je sval uzavřen. Konstrukce svalu je navržena tak, aby na rozdíl od McKibbenových pneumatických svalů, které se smršťují a rozšiřují při přivedení tlaku, tento pneumatický sval prodlužoval svůj tvar. V této soustavě slouží tento sval jako zvedací mechanismus, kde je potřeba plynule regulovat výšku. Dalším významným rozdílem mezi tímto svalovým mechanismem a McKibbenovým pneumatickým svalem je absence opletu kolem svalu, který by zajišťoval jeho pohyb. Směr pohybu je zajištěn tvarem svalu samotného. Sval je odléván z latexu pomocí formy, která byla vyrobena speciálně pro tento projekt. Tvar tohoto svalu Obrázek 2.3 je navržen tak, aby se napínal v jeho slabých místech a tímto napínáním zvětšoval svoji délku. [4]

## Python

Programovací jazyk python patří k jedněm z nejpopulárnějších programovacích jazyků v dnešní době obrázek 2.3.

A pie chart with different colored circles

Description automatically generated

Obrázek 2.3 Graf popularity programovacích jazyků v roce 2023 Zdroj: https://hitech-us.com/wp-content/uploads/2023/01/image-2.png

Python je vysokoúrovňový programovací jazyk s dynamickým typováním, který byl vyvinut v roce 1991. Vysokoúrovňový charakter tohoto jazyka představuje vyšší úroveň abstrakce, která umožňuje programátorům psát kód na základě konceptů blízkých lidskému myšlení, spíše, než aby se zabývali detaily implementace na úrovni hardware, jako je manipulace s pamětí, která je typická pro nízko úrovňové jazyky, například assembler.

Dalším velice populárním jazykem je programovací jazyk C#. Tento programovací jazyk je často využíván při vývoji her, například v rámci herního enginu Unity, který se rozšířil jako platforma pro vytváření her pro různá zařízení, včetně počítačů, herních konzolí, mobilních zařízení a v dnešní době velice rozšířené a populární virtuální realitě.

JavaScript široce využíván, zejména v oblasti webového vývoje. Node.js představuje platformu založenou na JavaScriptu, která umožňuje provádět JavaScriptový kód mimo prostředí webového prohlížeče, což poskytuje ideální prostředí pro tvorbu serverových aplikací a síťových služeb. Knihovna React, je framework pro tvorbu uživatelských rozhraní, který se často využívá ve spojení s JavaScriptem pro vytváření interaktivních webových stránek a aplikací.

Každý z uvedených programovacích jazyků má své vlastní výhody a nevýhody, které mohou ovlivnit rozhodnutí vývojáře při výběru vhodného nástroje pro konkrétní úkol.

Například, C# je obecně považován za jazyk s vysokou úrovní abstrakce, což umožňuje vývojářům psát čistý a čitelný kód. Je také silně typovaný, což může vést k menšímu množství chyb za běhu programu. Nicméně, v některých případech může být vyžadována vyšší úroveň znalostí a zkušeností s platformou, na které se vyvíjí (například s Unity), což může zvýšit obtížnost vývoje.

Na druhou stranu JavaScript je populární pro svou univerzálnost a širokou podporu ve webovém prostředí. Jeho flexibilita umožňuje vývojářům psát kód pro frontend (uživatelské rozhraní) i backend (serverová část) aplikace, a to prostřednictvím frameworků jako je React nebo Node.js. Nicméně, dynamická povaha jazyka může vést k obtížím s udržováním a laděním větších projektů, a některé jeho vlastnosti, jako například nedostatečná kontrola typů, mohou způsobit nechtěné chyby za běhu.

Při výběru mezi technologiemi jako Blazor a React je rozhodnutí často ovlivněno konkrétními potřebami a znalostmi vývojáře. Blazor, který umožňuje psát webové aplikace s použitím C# a .NET, může být atraktivní pro vývojáře s již existující znalostí a zkušenostmi v těchto technologiích. Na druhou stranu, React je často preferován pro svou jednoduchost a popularitu ve webovém vývoji, což může vést k rychlejšímu vývoji a snazšímu nalezení podpory a zdrojů.

Python získal především na své popularitě díky své komunitě, která vytvořila pro python nesčetně knihoven, díky kterým je python jedním z nejuniverzálnějších programovacích jazyků.

,,Professional programmers often quickly discover that they like Python - They appreciate its expressive power, readability, conciseness and interactivity. They like world of open-source software development that’s generating an ever-growing base of reusable software for an enormous range of application areas“[5].

Pythonovské knihovny jako NumPy, Pandas a Matplotlib poskytují programátorům mnoho mocných nástrojů pro manipulaci s čísly, tabulkami a vizualizací dat. Díky nim odpadá potřeba využívat náročného softwaru jako je Matlab, který je sice ve svém oboru špičkový, avšak jeho použití v běžné praxi je omezené především kvůli své vysoké ceně. Naopak Python je kompletně zdarma.[5]

V oblasti umělé inteligence je Python rovněž silným hráčem. Knihovna PyTorch slouží pro vývoj umělé inteligence a je považována za jeden z nejmocnějších nástrojů v tomto směru. Jedním z konkrétních příkladů je použití PyTorch pro vytváření MlAgents v Unity. MlAgents jsou agenti schopní operovat v prostředí vytvořeném programátorem, provádět definované akce, a dokonce se učit na základě interakce s prostředím. Tato interakce může být pozitivně či negativně ohodnocena, což umožňuje trénovat agenty k dosahování určitých cílů.

Dále, i v oblasti webového vývoje, Python nabízí silné nástroje. Knihovna Django umožňuje vytváření webových stránek s vysokou úrovní flexibility a škálovatelnosti. S pomocí Django je možné rychle a efektivně vytvářet webové aplikace s komplexními funkcionalitami.

Herní vývoj v Pythonu rovněž není problematický. Knihovna PyGame poskytuje herním vývojářům prostředí pro vytváření her s různými úrovněmi složitosti. PyGame umožňuje tvorbu 2D her s intuitivním rozhraním a širokými možnostmi pro implementaci herní logiky a grafiky.

# Cíle práce

Hlavním cílem této práce je vytvořit sofistikovaný a uživatelsky přívětivý software, který bude sloužit k ovládání a kalibraci pneumatických svalů, přičemž důraz bude kladen na přesnost, bezpečnost a adaptabilitu systému. Tento jeden hlavní cíl se skládá z mnoha malých podcílů.

Vyhledat knihovnu pro tvorbu grafického uživatelského rozhraní:

* Primárním kritériem je moderní estetika. Knihovna by měla nabízet moderně vypadající prvky a možnost konfigurace barevného schématu.
* Preferovaná knihovna by měla být jednoduchá a optimálně komplexní. Měla by se jednat spíše o kolekci widgetů a nástrojů pro rychlé vytvoření uživatelského rozhraní než o rozsáhlý framework optimalizovaný pro vytváření grafiky pro hry.

Vyhledat vhodnou databázi pro ukládání dat:

* Lokálnost je primárním požadavkem na databázi. Systém by měl být schopen fungovat i bez přístupu k internetu, což vyžaduje vyřazení databázových systémů pracujících na principu klient-server. Proto je vhodné zvolit databázi, která ukládá své záznamy lokálně.
* Databáze musí být schopna provádět základní operace pomocí SQL jazyka nebo jeho nadstaveb. Vybraný databázový systém by neměl být příliš komplexní a měl by být schopen základního odkazování mezi tabulkami pomocí vedlejších klíčů.

Implementovat GUI aplikaci pomocí vybrané knihovny:

* Navržení jednoduchého a intuitivního rozhraní komponent pro snadnou práci uživatele.
* Implementace mechanismu automatické validace vstupů na základě definovaných pravidel.
* Přidání možnosti potvrzování vstupů pomocí klávesy "Enter" na vhodných místech uživatelského rozhraní.
* Rozšíření funkcionalit tak, aby uživatel mohl interagovat s aplikací nejen prostřednictvím tlačítek, ale také klávesovými zkratkami.

Implementovat autentizaci a oprávnění uživatelů:

* Uživatelé se dostali do uživatelské části po zadání uživatelského hesla a administrátoři se dostali do administrátorské části po zadání administrátorského hesla.
* Implementovat do systému autentizace hashovací funkci, která zabezpečení integritu dat v databázi v případě hackerského útoku.

Kalibrace pneumatických svalů:

* Navrhnout a implementovat funkce pro kalibraci pneumatických svalů pro administrátory.
* Zabezpečit ukládání výsledků kalibrace, ve formátu .xlsx na domovskou obrazovku, pro další analýzu.

GUI pro správu databáze a převodních vzorců:

* Navrhnout uživatelské rozhraní pro správu databáze, které zobrazí hodnoty převodních vzorců pro každý sval.
* Implementovat možnost úpravy převodních vzorců a volbu aktuálního vzorce pro použití v aplikaci.

# Návrh aplikace

## Funkční specifikace

### Knihovna pro GUI

Programovací jazyk Python obsahuje jednu integrovanou knihovnou pro grafické uživatelské rozhraní ta je rovněž i nejpoužívanější a jedná se o knihovnu tkinter[6]. Dalšími velice populárními knihovnami jsou Kivy a PyQt. Tyto knihovny nalézají uplatnění zejména u uživatelů, kteří preferují modernější vzhled jejich uživatelského rozhraní. Nicméně, Tkinter zůstává stále nejpopulárnější volbou. Tento fakt je zčásti důsledkem skutečnosti, že uživatelé, kteří usilují o vytvoření výkonné a moderní okenní aplikace, často volí jiný programovací jazyk než Python. Proto se v Pythonu často využívá Tkinter pro jednoduché formy grafických uživatelských rozhraní.

#### Kivy

Kivy je knihovna pro programovací jazyk python. Tato knihovna je pod licencí open-source. ,,Jako open source se označují programy, jejichž zdrojový kód je volně přístupný široké veřejnosti‘‘[7]. Hlavní výhodou Kivy je její multiplatformnost, umožňující spouštění aplikací na různých operačních systémech včetně Windows, Linuxu, macOS, a také na mobilních zařízeních jako jsou Android a iOS. Kivy vyniká zejména v oblasti vývoje 2D her, kde poskytuje pokročilé možnosti tvorby simulací a grafiky. Samotná knihovna je napsaná v jazyce Python.[8]

Knihovna Kivy představuje mocný nástroj, vhodný pro mnohé účely, nicméně v případě tohoto konkrétního projektu je knihovna Kivi příliš komplexní. Ukázka GUI pomocí knihovny Kivy Obrázek 4.1.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázek 4.1 Zdroj: <https://i.stack.imgur.com/y6Hmq.png>

GUI vytvořené pomocí knihovny Kivy

#### PyQt

PyQt představuje další významnou knihovnu pro tvorbu grafických uživatelských rozhraní v jazyce Python. Tato knihovna umožnuje využívat Qt aplikační framework. ,,Framework (Programovací rámec) jedná se o sadu hotových bloků. Programátorovy ulehčí práci především v tom, že nemusí své programy začínat vždy od nuly‘‘[9]. Qt framework je implementován v jazyce C++ a umožňuje psaní multiplatformních aplikací, které jsou kompatibilní s hlavními operačními systémy pro počítače i mobilní zařízení.

PyQt knihovna poskytuje výhodu v tom, že není nutné využívat celý Qt framework pro konkrétní projekt. Místo toho se může využít pouze grafické vlastnosti frameworku a případně kombinovat s jinými frameworky nebo pracovat bez nich.[10]

Knihovna PyQt je velice komplexní, a ještě sofistikovanější je, když se využívá přímo framework Qt. Ovšem v tomto projektu není takto komplexní framework potřeba proto se ani tato knihovna nevyužila. Ukázka grafického uživatelského rozhraní v pythonu pomocí knihovny PyQt Obrázek 4.2.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázek 4.2 Zdroj: <https://i.imgur.com/QN8YUZW.png>

GUI vytvořené pomocí knihovny PyQt.

#### Tkinter a CustomTkinter

Tkinter je knihovna pro tvorbu grafických uživatelských rozhraní, která je zabudována přímo do distribuce programovacího jazyka Python. Tím pádem je tato knihovna automaticky dostupná při stažení Pythonu z oficiálních zdrojů a není nutné ji instalovat samostatně. Pro programátora stačí pouze inicializovat Tkinter a může s ním ihned začít pracovat. Díky těmto vlastnostem je Tkinter zvláště populární mezi začátečníky a programátory, kteří upřednostňují jednoduchost před moderním vzhledem grafických uživatelských rozhraní, které nabízejí ostatní knihovny jako Kivy nebo PyQt.[11]. Ukázka GUI vytvořeného pomocí knihovny tkinter Obrázek 4.3.



Obrázek 4.3 Zdroj: <https://static.wixstatic.com/media/90b6f2_3041927f0a11481a995dde96b3e2b01d~mv2.jpg/v1/fill/w_703,h_547,al_c,q_90/90b6f2_3041927f0a11481a995dde96b3e2b01d~mv2.jpg>

GUI vyhotovené pomocí knihovny tkinter

Knihovna CustomTkinter je uživatelská nadstavba pro knihovnu tkinter. Tato knihovna byla vytvořena pod licencí MIT – jedná se o open-source knihovnu. Tuto knihovnu vytvořil programátor jménem Tom Schimansky. Tato knihovna vznikla v závislosti na tkinteru přebírá některé její vlastnosti a upravuje je do moderního vzhledu. Knihovny spolu mohou pracovat, tudíž je možnost pracovat s oběma knihovnami zároveň a z každé si vzít některé její vlastnosti, což se ovšem i doporučuje v oficiální dokumentaci knihovny custumtkinter. Hlavními přednostmi této knihovny je například možnost vybrání si vlastního režimu ('světlý', 'tmavý'). Tento režim se dá nastavit v závislosti nastavení vašeho počítače nebo se dá i ručně měnit.[12] [13]

Pro všechny pozitivní vlastnosti se vybrala tato knihovna jako nástroj, pomocí kterého se bude vytvářet grafické uživatelské rozhraní a jeho nedostatky budou doplněny knihovnou tkinter. Ukázka moderního grafického uživatelské rozhraní vytvořeného pomocí knihovny CustomTkinter Obrázek 4.4.



Obrázek 4.1 Zdroj: <https://raw.githubusercontent.com/TomSchimansky/CustomTkinter/master/documentation_images/complex_example_dark_Windows.png>

GUI vyhotovené pomocí knihovny customtkinter

### Databázová knihovna

,,Databáze je organizovaný soubor strukturovaných informací neboli dat, které se obvykle ukládají v elektronické podobě v počítačovém systému‘‘[14].

Existuje velké množství různých databází a každá tato databáze má svoje vlastní vhodné využití, jedním z nejkomplexnějších typů databázových systémů jsou distribuované databáze.

#### Distribuované databáze

Distribuované databáze představují významný typ databázových systémů, který je vhodný pro velké databázové systémy. Jednou z hlavních vlastností distribuovaných databází je možnost distribuce dat mezi více serverů umístěných na různých místech. Tato schopnost umožňuje efektivní zpracování a správu velkého objemu dat prostřednictvím víceuživatelské sítě, kde každý uzel může provádět operace na své části databáze.[14]

V rámci bakalářské práce nebyl použit tento databázový systém z důvodu jeho značné komplexity a schopnosti pracovat s velkým objemem dat distribuovaných na více serverech. Požadavky na databázový systém v daném projektu se soustředily především na lokální databázi s omezeným počtem tabulek.

#### Databáze typu NoSQL

NoSQL databáze představují moderní přístup k ukládání a manipulaci s daty, který se odlišuje od tradičních relačních databází. Zkratka NoSQL znamená "Not only SQL", což naznačuje, že tyto databáze nejsou omezeny pouze na strukturovaný SQL jazyk. Jedním z hlavních rysů NoSQL databází je schopnost pracovat s nestrukturovanými daty a umožňovat ukládání různých typů informací, včetně binární reprezentace multimediálního obsahu, jako jsou obrázky, videa nebo zvukové stopy.

Díky této flexibilitě jsou NoSQL databáze ideální pro aplikace, které vyžadují škálovatelnost a možnost pracovat s různými typy obsahu. Například pro sociální sítě, e‑commerce platformy nebo systémy pro správu obsahu, kde je potřeba efektivně pracovat s velkým objemem dat a zároveň udržovat vysoký výkon systému.[14]

Tento databázový systém poskytuje optimální řešení pro aplikace vyžadující ukládání rozmanitých typů dat, včetně textových, číselných a multimediálních souborů, jako jsou obrázky nebo celé soubory. Nicméně, v rámci tohoto konkrétního projektu není nutné implementovat takovou rozsáhlou funkcionalitu. Z daných požadavků vyplývá, že databáze bude využívána primárně pro uchovávání textových a číselných dat.

#### Relační databáze:

Relační databáze představují jeden z nejrozšířenějších typů databází, který se opírá o strukturu tabulek s řádky a sloupci. Jejich klíčovým prvkem jsou primární klíče, které jednoznačně identifikují každý záznam v tabulce. Tento typ databáze je ideální pro ukládání strukturovaných dat s definovanými vztahy mezi nimi, což umožňuje efektivní správu informací v rámci organizace.

Jednou z klíčových výhod relačních databází je možnost propojování tabulek pomocí vedlejších klíčů. To znamená, že v jiné tabulce může být uložen například úplný profil pacienta včetně adresy, a na tuto adresu se může odkazovat pomocí vedlejšího klíče v tabulce, kde jsou uloženy informace o pacientech. Tento přístup umožňuje efektivní a flexibilní správu dat, jelikož adresu může mít jak pacient, tak i lékař, nebo může být sdílena mezi různými tabulkami v rámci databáze.[14]

Další výhodou relačních databází je schopnost jedné tabulky sloužit pro více účelů. Například, místo trvalého bydliště pacienta může být definováno jako trvalé bydliště, ale také jako přechodné bydliště, a tato informace může být využita ve více kontextech, což zvyšuje flexibilitu a použitelnost dat v databázi.

Tento databázový systém byl vybrán pro účely této bakalářské práce s přihlédnutím k jeho jednoduchému uživatelskému rozhraní a dostatečnému pokrytí funkcionalit. Specifikace požadavků explicitně stanovují nutnost ukládání výhradně textových a číselných dat.

#### MySQL

Rozhodnutí o typu databáze pro implementaci v bakalářské práci nyní přechází k specifikaci konkrétního relačního databázového systému. Jedním z nejvyužívanějších a dobře etablovaných systémů v této oblasti je MySQL.

MySQL je open-source databázový systém postavený na jazyce SQL, což jej činí vhodným pro široké spektrum aplikací. Jeho architektura byla navržena tak, aby nebyla omezena na žádnou konkrétní platformu, což znamená, že je schopný provozu na různých operačních systémech. Primárním cílem jeho vývoje bylo vytvoření databázového systému optimalizovaného pro webové aplikace.[14]

MySQL se vyznačuje vysokou úrovní výkonu a škálovatelnosti, což mu umožňuje efektivně zpracovávat velké množství dotazů a obsluhovat tisíce paralelních procesů. Tyto vlastnosti jsou klíčové zejména pro webové obchody, kde je nezbytné zajistit rychlé a spolehlivé odezvy databázových operací při zpracování transakcí a udržování stability systému. Z tohoto důvodu je MySQL často preferovanou volbou pro implementaci databázového řešení v prostředí webových aplikací.

MySQL databáze, s ohledem na svou vysokou komplexitu a využitelnost v oblastech vyžadujících online přístup k datům, se vyznačuje prominentním postavením na poli relačních databázových systémů. Nicméně, v kontextu našeho specifického projektu, který postrádá potřebu pro tuto charakteristickou vlastnost, byla tato platforma záměrně vyloučena z uvažovaných variant.

#### ProstegreSQL

PostgreSQL je relační databázový systém, který je vyvíjen komunitou, nikoli velkou korporací, což přispívá k jeho popularitě. Jedná se o klient-server architekturu, kde veškerá data jsou uchovávána na serveru a klienti se k němu připojují, často prostřednictvím příkazové řádky (CLI). PostgreSQL disponuje širokou škálou pokročilých funkcí, které převyšují možnosti MySQL, avšak na druhou stranu není tak rychlý jako zmíněný konkurenční systém.

Hlavní výhodou PostgreSQL je jeho využití metody MVCC (Multi-Version Concurrency Control). Tato technika opravňuje databázi umožnit přístup k datům více uživatelům současně, aniž by docházelo k blokaci. To znamená, že čtenáři neblokují zapisovatele a zapisovatelé neblokují čtenáře. Tento efekt je dosažen tím, že databáze udržuje informace o tom, která data byla poskytnuta klientům a tyto informace udržuje až do konce transakce. Tímto způsobem se minimalizují konflikty a umožňuje se efektivní manipulace s daty.[15]

Vzhledem k vysoké komplexitě a rozmanitosti možností, které relační databázový systém PostgreSQL nabízí, není vhodnou volbou pro tento projekt. Hlavními kritérii výběru databázového systému jsou jednoduchost a lokalita, což vylučuje nasazení PostgreSQL pro tuto konkrétní aplikaci.

#### SQLite3

SQLite3 je relační databázový systém, který se odlišuje od tradičních server-klient modelů tím, že veškerá data jsou uložena lokálně na disku v jediném souboru, což představuje podobnost s běžnými soubory, jako jsou například textové soubory ve svém formátu .doxc, které můžeme otevírat a následně s nimi pracovat například pomocí aplikace ,,Word‘‘. Databázové systémy mají také svůj vlastní formát .db, s tímto formátem se dá pracovat například v aplikaci ,, SQLite Database Browser‘‘. SQLite3 je schopen ukládat a manipulovat se strukturovanými daty, což jej činí mocným nástrojem pro práci s databázemi.[16]

Tento typ databáze je zahrnut v základní distribuci jazyka Python. To znamená, že programátoři, kteří používají Python, nemusí instalovat žádné dodatečné knihovny pro práci s SQLite3, stačí pouze inicializovat tuto knihovnu a mohou začít vytvářet vlastní databáze.

Díky své jednoduchosti je SQLite3 vhodný pro širokou škálu uživatelů, od začátečníků, kteří se teprve seznamují s práci s databázemi, až po zkušené programátory hledající výkonnou a jednoduchou databázi pro lokální projekty.

Je však třeba poznamenat, že kvůli své povaze lokální databáze a absenci serverového modelu, SQLite3 neposkytuje pokročilé mechanismy jako je například MVCC (Multiversion Concurrency Control). Avšak, tato jednoduchost neznamená, že SQLite3 je omezený pouze na základní operace ukládání a načítání dat. Databázový systém je také schopen pracovat se složitějšími procesy, včetně triggerů, což umožňuje vytvářet dynamické a komplexní aplikace. ,, Některé aplikace mohou používat SQLite pro interní ukládání dat. Je také možné vytvořit prototyp pomocí SQLite a pak portovat kód do větší databáze, jako je PostgreSQL nebo Oracle‘‘[16].

Pro účely této bakalářské práce byl jako databázový systém zvolen SQLite3. Tato volba byla motivována především její jednoduchostí a vysokou rychlostí. Vzhledem k tomu, že soustava, na níž je tato bakalářská práce vypracovávána, nenabízí přístup k internetu, bylo nevhodné zvolit databázový systém založený na klient-server architektuře. Proto byla vlastnost SQLite3 umožňující lokální uložení dat na disku považována za vhodnou volbu.

#### Hashovací knihovna

Hashovací knihovna je nedílnou součástí této bakalářské práce, kvůli správné autentizaci uživatelů. V kontextu zabezpečení je běžnou praxí ukládat hesla do databází ve formě zahashovaného textu. Tento proces slouží k ochraně hesel uložených v databázi před hackerským útokem. Hash je řetězec o pevné délce, který vzniká z libovolně dlouhého vstupního řetězce. Důležitou vlastností této procedury je, že je jednosměrná – z hashové hodnoty není možné zpětně získat původní heslo. Dokonce i prázdný řetězec má svou jedinečnou hashovou hodnotu, "e3b0c44298fc1c149afbf4c8996fb92427ae41e4649b934ca495991b7852b855". Tento fakt výrazně komplikuje útoky na hesla, neboť útočník nemá jinou možnost, než zkoušet náhodná hesla a provádět bruteforce útoky.

Tato knihovna nabízí spoustu různých hashovacích algoritmů jako jsou ,,sha384, whirlpool, sha256, atd.‘‘. V tomto projektu se využívá hashovací funkce sha256. ,,Důvodem pro použití SHA-256 je, že se jedná o jeden z nejznámějších a nejbezpečnějších hashovacích algoritmů, které se v současné době používají, a zároveň nabízí méně času potřebného k výpočtu hashe‘‘[17].

#### Knihovna time

Tato knihovna je nástrojem primárně určeným pro manipulaci s časem v programovacím prostředí. Poskytuje rozsáhlou funkcionalitu pro práci s časem, včetně získání aktuálního času, manipulace s kompletními daty ve formátu "%Y-%m-%d %H:%M:%S", a umožňuje řízení časových prodlev pomocí funkce `time.sleep(X)`, kde programátor může nastavit hodnotu proměnné X na požadovanou dobu spánku programu v milisekundách.[18]

V tomto projektu byla knihovna ,,time‘‘ využita zejména pro regulaci časové odezvy na změny tlaku v pneumatických svalech. Pomocí funkce ,,time.sleep(X)‘‘ bylo možné definovat dobu čekání programu mezi jednotlivými čtecími časy, což umožnilo citlivě reagovat na dynamiku změn tlaku v daném systému.

#### Knihovna openpyxl

Vzhledem k tomu, že tato knihovna není součástí základního balíčku Pythonu, je nutné ji doinstalovat, aby s ní mohl uživatel pracovat. Tato knihovna je navržena k manipulaci se soubory s příponami „.xlsx“, „.xlsm“, „.xltx“ a „.xltm“, což jsou typy souborů spojené s programem Excel od společnosti Microsoft. Nicméně tato označení jsou poněkud zavádějící, neboť „Excel“ je pouze název softwaru vyvíjeného společností Microsoft, který je schopen pracovat s těmito soubory.[19]

Je třeba si uvědomit, že mnoho uživatelů nemusí používat program Excel, zejména kvůli nemožnosti pracovat off-line bez zakoupení drahé licence. Existují však alternativy, jako například „Google Sheets“ od společnosti Google, které poskytují podobné funkce a jsou zdarma k dispozici online, nebo z celkového balíčku LibreOffice aplikace ,,Calc‘‘ tento sw je dostupný zdarma i pro off-line práci.

Vzhledem k této problematice je vhodné použít obecnější termín pro označení tohoto typu softwaru, a to „Tabulkový editor“. Tento termín lépe odráží povahu programů, které umožňují vytvářet, editovat a analyzovat tabulková data bez ohledu na konkrétní platformu nebo poskytovatele softwaru.

Tato knihovna představuje významný nástroj díky svým mnohostranným funkcím, které umožňují nejen základní manipulaci s daty, jako je jejich vkládání na specifická místa a následné načítání, ale také jejich formátování. Jednou z významných a pokročilých vlastností této knihovny je schopnost vytvářet grafy z poskytnutých dat.

#### Knihovna pathlib

Tato knihovna je součástí standardní distribuce programovacího jazyka Python a zaujímá klíčové postavení při manipulaci s cestami v Python programování. Její využití je obzvláště efektivní díky široké škále předdefinovaných cest, jako je například funkce "Path.home()", která umožňuje snadný přístup k domovské složce uživatele a ukládání souborů na tuto lokaci. Tato knihovna se stává mocným nástrojem v programování díky své schopnosti poskytnout uživatelům flexibilitu při určování umístění uložení souborů. Výhodou je, že každý uživatel má možnost volby umístění a uložení souborů dle vlastní preference, což by nebylo možné s pevně stanovenou cestou, která by neodpovídala individuálním potřebám uživatelů. [20]

#### Knihovna re

Jedná se o další knihovnu ze základní distribuce programovacího jazyka Python. Tato knihovna slouží především pro práci s regulárními výrazy. ,, Regulární výrazy, známé také jako regex nebo regexp, jsou nástroji pro práci s textem, které umožňují vyhledávání, nahrazování a manipulaci s textovými řetězci na základě definovaného vzoru (patternu)‘‘[21]. V rámci této bakalářské práce byla knihovna použita k validaci vstupních dat, kde byl specifikován regulární výraz, akceptující pouze čísla a znaménko mínus. Veškeré jiné znaky byly automaticky označeny jako neplatné a tímto způsobem byla implementována efektivní ochrana proti nevalidním vstupům.[22]

#### Knihovna PneumoCVUTFBMI.DeviceLoader

Tato knihovna byla speciálně vytvořena se soustavou, pro niž je v rámci této práce navržen grafický uživatelský rozhraní (GUI). Účelem této knihovny je usnadnit komunikaci s dalšími knihovnami, jako je sériová sběrnice či krokové motory, v rámci dané mechanické soustavy.

Tato knihovna představuje klíčový spojovací prvek mezi GUI a jednotlivými mechanickými součástmi daného systému. Její návrh a implementace jsou klíčovými kroky pro efektivní a intuitivní ovládání a monitorování soustavy pomocí uživatelsky přívětivého rozhraní.

# Implementace

Tento projekt byl rozčleněn do jednotlivých komponent (modulů) s cílem zvýšit přehlednost a usnadnit správu výsledného softwarového produktu. Tento přístup byl zvolen zejména s ohledem na rozsah a komplexnost projektu, stejně jako na potřebu spolupráce více jednotlivců, kteří se na projektu podílejí. Je třeba zdůraznit, že tým pracoval na této soustavě již před zahájením této bakalářské práce, a bude i nadále po jejím ukončení, přičemž se plánuje neustálé udržování a vylepšování softwarového produktu. Proto je klíčové, aby byla struktura projektu správně navržena s ohledem na snadnou budoucí údržbu a rozšiřitelnost. Projekt byl rozdělen do šesti hlavních komponent, jak je znázorněno na Obrázku 5.1.



Obrázek 5.1 Zdroj: Vlastní

Komponent diagram soustavy této bakalářské práce vyhotoven v jazyce UML.

## Pneumatická soustava

Pneumatická soustava není předmětem této bakalářské práce. Jedná se o autonomní systém, který umožňuje nezávislé ovládání pěti krokových motorů, jež řídí ventily a tím mění tlak na jednotlivých výstupech. Tyto výstupy jsou navrženy tak, aby umožňovaly připojení pneumatických svalů, což jsou zařízení schopná konvertovat tlakovou energii vzduchu na mechanický pohyb. Tento systém poskytuje robustní řízení a flexibilitu při manipulaci s pneumatickými svaly a dalšími příslušenstvími v rámci příslušné aplikace.

## DeviceLoader

Tato komponenta je navržena tak, aby mohla efektivně komunikovat se zbytkem softwarového systému a řídit jednotlivé krokové motory prostřednictvím interakce se systémem. Tato třída slouží jako rozhraní pro komunikaci se soustavou, přičemž její hlavní funkcí je ovládání krokových motorů. Zbytek softwarového systému interaguje s touto komponentou jako prostředníkem pro komunikaci se soustavou. Přestože se tato komponenta skládá z řady funkcí, pro potřeby projektu je využívána především jedna základní funkce, která umožňuje řízení krokových motorů.

#### getBoardX()

X - > číslo desky. Příklad getBoard1() nám dovolí přistupovat k jednotlivým funkcím ovládací desky. Mezi tyto funkce patří:

* on() – Tato funkce, která je zásadní pro aktivaci a přípravu desky pro další operace, musí být deklarována na začátku každého programu, ve kterém je tato soustava používána. Její účelem je inicializovat desku a nastavit ji do aktivního stavu, aby bylo možné provádět další operace v rámci programu. Tato inicializační funkce zajišťuje správnou funkci celé soustavy a připravuje ji k provádění požadovaných úkolů.
* readA0() – Tato funkce je určena k odečtení hodnoty v mV z integrovaného voltmetru v rámci soustavy. S každou deskou je spojen svůj vlastní voltmetr, proto je nutné specifikovat desku, pro kterou se měření bude provádět. Každé měření vyžaduje tedy specifikaci cílové desky, aby bylo zajištěno správné odečtení hodnoty z odpovídajícího voltmetru. Tímto způsobem se zajišťuje přesnost a spolehlivost měření v rámci celé soustavy.
* go\_forward(speed, steps) – Tato funkce představuje základní pracovní mechanismus, který umožňuje softwaru nastavit požadovaný posun krokového motoru. Její parametry zahrnují dvě proměnné: speed (rychlost) a steps (kroky).

Proměnná speed určuje rychlost, s jakou se provede jednotlivá akce. Například, pokud je hodnota speed nastavena na 20, znamená to, že se krokový motor se bude točit rychlostí 20 kroků za sekundu.

Druhá proměnná, steps, určuje, o kolik kroků se má krokový motor posunout. Pokud tedy bude funkce volána s parametry go\_forward(20, 100), znamená to, že se krokový motor bude pohybovat vpřed po dobu 5 sekund, přičemž jedna operace bude odpovídat 100 krokům.

* go\_backward(speed, steps) – Tato funkce je analogií předchozí funkce, avšak s tím rozdílem, že umožňuje provádět jednotlivé kroky pozpátku. Stejně jako předchozí funkce, i tato má schopnost přijímat záporné hodnoty, což umožňuje flexibilitu v použití. V některých případech může být jedna z těchto funkcí redundantní, protože obě mají podobnou funkčnost. Nicméně, v závislosti na konkrétním použití může být jedna z funkcí preferována před druhou.

## Main

Tato první komponenta, vyvinutá v rámci této bakalářské práce, představuje základní kámen celého grafického uživatelského rozhraní. Právě v této komponentě probíhá inicializace a vytváření grafického uživatelského rozhraní (GUI). Komponenta navíc komunikuje s dalšími třemi komponentami: AdminWindow, UserWindow a databází.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedV této komponentě se nachází základní třída nazvaná App. Tato třída slouží k inicializaci hlavní okenní aplikace, jak je znázorněno na Obrázku 5.2. Jejím úkolem je zahájit proces vytváření uživatelského rozhraní a umožnit interakci s ním prostřednictvím různých funkcionalit poskytovaných dalšími komponentami.

Obrázek 5.2 Zdroj: Vlastní

Základní okno grafického uživatelské rozhraní

Prvním oknem, které se zobrazí při spuštění aplikace, je zároveň autentizačním oknem. Toto okno je vytvořeno pomocí grafické knihovny CustomTkinter. Jeho pozice, stejně jako pozice všech ostatních oken, je vypočítávána dynamicky. Kód 5.1 obsahuje parametry width (šířka) a height (výška), které slouží k nastavení velikosti okna.

Kód 5.1: Výpočet pozice okna

# Zjištění šířky okna

screen\_width = self.winfo\_screenwidth()

# Zjištění výšky okna

screen\_height = self.winfo\_screenheight()

# Vypočet prostředku obrazovky

screen\_x = (screen\_width - width) // 2

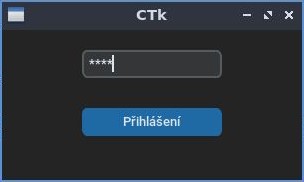
screen\_y = (screen\_height - height) // 2

# Nastavení jednotlivých parametrů

self.geometry(f"{width}x{height}+{screen\_x}+{screen\_y}")

Na Obrázku 5.2 v pravém horním rohu je zobrazena trojice základních tlačítek, která slouží k manipulaci s oknem, jako je minimalizace na lištu, přizpůsobení obrazovce a zavření okna. Tyto funkce jsou automaticky vytvořeny prostřednictvím grafické knihovny CustomTkinter, a proto se v kódu nenachází žádný specifický kód spojený s těmito tlačítky. Tato funkčnost je standardní součástí grafického uživatelského rozhraní a umožňuje uživatelům snadnou interakci s oknem aplikace.

Oknu obrázek 5.2. dominují dvě hlavní widgety (prvky).

 Prvním widgetem je CTkEntry pole. Jedná se o políčko, do kterého může uživatel zapisovat znaky. Následně je možné pomocí funkce get() získat tyto znaky jako řetězec a pracovat s nimi v rámci projektu. Tato komponenta má dva parametry.

Obrázek 5.3 Zdroj: Vlastní

GUI v tmavém režimu

Prvním z nich je placeholder\_text, což je text, který je uvnitř pole a slouží jako nápověda pro uživatele, co má do daného pole zadat. Tento placeholder se smaže poté, co uživatel začne vyplňovat hodnoty. Druhým parametrem je parametr show. Tento parametr je především vhodný v případě, kdy je potřeba skrýt, co uživatel do pole zadává, jako například při zadávání hesla.

Druhým widgetem je CTkButton, což je tlačítko, které má dva parametry. Prvním parametrem je text, který umožňuje napsat do tlačítka libovolný text. Druhým parametrem je command (příkaz), který slouží k přiřazení specifického příkazu k tlačítku.

self.bind("<Return>", lambda event: self.login())

Kód 5.2: přiřazení funkce login() fyzické klávese enter.

Například v tomto případě je tlačítko použito k provedení série akcí, které autentizují uživatele. Tato funkce je současně přiřazena speciální bindovací funkci, která umožňuje určit, jakou klávesovou zkratku použijeme pro vyvolání tohoto úkonu. V tomto kódu byla zvolena standardní klávesa Enter.

Autentizační mechanismus byl navržen jednoduše: pokud pracovník zadá uživatelské heslo, dostane se na uživatelské okno; pokud zadá heslo pro administrátora, dostane se do administrátorské části. Tato hesla jsou ověřována v databázi a pokud databáze najde shodu, uživateli je umožněn přístup na základě informace, kterou mu databáze vrátí.

Pro zajištění bezpečnosti uložených hesel je heslo v databázi hashováno. To znamená, že když uživatel potvrdí své heslo, nejprve se převede na hash a až poté je posláno na ověření do databáze. Pokud uživatel zadá špatné přístupové heslo, obdrží odpovídající hlášku, jak je znázorněno na Obrázku 5.4.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Obrázek 5.4 Zdroj Vlastní

GUI v případě že uživateli bude odepřen přístup

Pokud uživatel zadá správné heslo, program vytvoří nové okno typu CTkToplevel, buď pro administrátorskou nebo uživatelskou část. Toto nové okno se otevře a současné okno, ve kterém probíhalo zadávání hesla, bude automaticky zavřeno.

CTkToplevel je speciální typ okna, který uchovává informace o svém nadřazeném okně. Díky tomu je schopno se k nadřazenému oknu vrátit, aniž by muselo být vytvořeno nové okno. To umožňuje efektivněji spravovat okna v aplikaci a poskytuje uživateli plynulý zážitek z používání.

## AdminWindow

Komponenta AdminWindow je přístupná pouze po zadání správného administrátorského hesla. Administrátor by měl být osobou, které lze svěřit náročnější úkoly bez takové míry kontroly jako u normálních uživatelů. Tato premisa byla zohledněna i v tomto projektu, což umožňuje administrátorovi provádět změny v systému.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedPo úspěšném přihlášení pomocí správného hesla uvidí administrátor první obrazovku, kde bude moci vybrat mezi dvěma úkony, jak je znázorněno na Obrázku 5.5. Tato obrazovka mu poskytuje možnost provést specifické úkony v rámci svých administrátorských práv.

Obrázek 5.5 Zdroj: Vlastní

GUI pro administrátora pro výběr jeho činnosti

V nejspodnější části okna se nachází tlačítko s názvem "Hlavní Stránka". Toto tlačítko umožňuje návrat zpět na autentizační obrazovku. Je vhodné především pro administrátory, kteří chtějí například otestovat nový převodní vzorec po jeho nastavení. Tlačítko jim poskytuje možnost vrátit se na autentizační obrazovku, aniž by museli celou aplikaci vypínat a znovu spouštět. Po stisknutí tlačítka se aktivuje funkce, která zavře aktuální okno a znovu otevře autentizační obrazovku.

V prostřední části okna se nachází 5 tlačítek. Tyto tlačítka umožňují administrátorovi přistoupit k databázovému oknu, jak je znázorněno na Obrázku 5.6. Byla zvolena metoda vytvoření tlačítka pro každý sval z důvodu, že jméno tohoto tlačítka je předáno do dalšího okna, jak je uvedeno v Kódu 5.3, a následně s těmito hodnotami lze pracovat.

command=lambda: self.databaseWindow("sval1")



Obrázek 5.6 Zdroj: Vlastní

Grafické uživatelské rozhraní pro databázi

Hodnota svalu je následně využívána k vybrání požadovaných tabulek z databáze, jak je znázorněno v Kódu 5.4. V jazyce Python je k dispozici funkce f-string, která umožňuje vkládat proměnné přímo do řetězců pomocí složených závorek {} před nimi. Tím se kód stává přehlednější, než je tomu u klasického zápisu, kdy se musí jednotlivé řetězce a proměnné spojovat pomocí logického operátoru plus +. V tomto případě byla tato metoda použita pro všechny čtyři převodní vzorce, což usnadňuje čitelnost a údržbu kódu.

Kód 5.3: Nastavení parametr tlačítka command na lambda funkci která je schopná předávat string

Toto okno (Obrázek 5.6) je rozděleno do pěti hlavních částí. První část obsahuje tlačítko pro návrat na hlavní administrátorskou obrazovku, kde si uživatel může vybrat jiný sval pro práci s jeho databází nebo provést jinou akci.

Kód 5.4: Zavolání funkce pro načtení požadované tabulky z databáze

self.load\_table(f"{sval}\_mm", 0)

Dále jsou zde čtyři téměř identické části, lišící se pouze tím, z jaké tabulky v databázi načítají data. Význam jednotlivých převodních vzorců je dále vysvětlen v kapitole 5.5 UserWindow. Tyto části slouží k práci s databází a umožňují administrátorovi provádět různé operace v závislosti na zvoleném svalu.

Vedle názvu tabulky se nachází číslo, které indikuje, který převodní vzorec je zrovna aktivní. Například na obrázku 5.6, vedle vzorce pro sval1 pro převodní vzorec mezi kroky a mV je číslo 1. To značí, že pokud se uživatel rozhodne využít výpočet, který bude počítat s tímto vzorcem, bude použit právě tento převodní vzorec z databáze.

Každá část okna obsahuje tři prvky. Prvním prvkem jsou vstupní pole, ve kterých se nachází sklon, posun a popis funkce. Tento prvek byl záměrně zvolen jako vstupní pole, aby administrátor nemusel složitě spouštět editování jednotlivých vzorců. Stačí pouze změnit libovolnou část převodního vzorce na požadovanou hodnotu a následně využít druhý prvek, kterým je tlačítko "upravit".

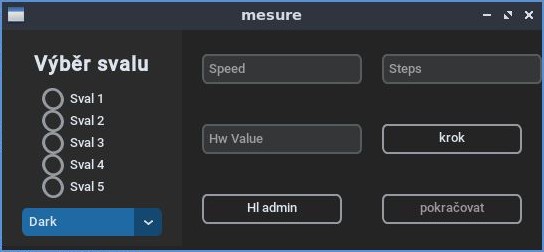
Toto tlačítko slouží k uložení provedených změn do databáze. Zároveň disponuje funkcí, pomocí které se volí aktuální převodní vzorec. V prostředí, kde soustava obsahuje mnoho převodních vzorců pro různě těžké hlavy pacientů, je rychlá změna mezi těmito vzorci nezbytná. Stačí jednoduše zmáčknout tlačítko "upravit" a tím se nastaví nový aktuálně používaný převodní vzorec. Tímto způsobem je administrátor schopen rychle a efektivně pracovat s různými převodními vzorci v systému.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedPosledním prvkem je tlačítko "nový". Pomocí tohoto tlačítka je administrátor schopen vytvářet nové převodní vzorce. Po stisknutí tlačítka se objeví nová vstupní pole spolu s tlačítkem "uložit", jak je znázorněno na Obrázku 5.7. Zde musí administrátor vyplnit vstupní pole příslušnými hodnotami. Po dokončení vyplnění stiskne tlačítko "uložit" a tím se nový převodní vzorec uloží do databáze. Tímto způsobem je umožněno administrátorovi snadno a rychle přidávat nové převodní vzorce do systému.

Obrázek 5.7 Zdroj: Vlastní

GUI databáze, když administrátor vytváří nový převodní vzorec.



Obrázek 5.8 Zdroj: Vlastní

Grafické uživatelské rozhraní pro administrátora pro vytváření měření.

Druhé pracovní okno administrátorské části slouží k vytváření měření pro následnou práci na vytvoření nových převodních vzorců (viz Obrázek 5.8). Toto okno je rozděleno do dvou rámců, což umožnilo vytvoření přehledného uživatelského prostředí s jasně rozdělenými prvky.

V levé části okna se nachází CtkRadioButton, což je speciální typ tlačítka, který kombinuje vlastnosti tlačítka a výběrového pole. Uživatel má možnost vybrat jednu možnost ze seznamu, ale na rozdíl od běžného výběrového pole může vybrat pouze jednu možnost. Tato komponenta je velmi vhodná pro případy, kdy je třeba uživateli umožnit vybrat pouze jednu možnost, jako například v tomto případě, kde je nutné zajistit, aby uživatel mohl ovládat pouze jeden sval.

Ve spodní části tohoto rámu se nachází komponenta CtkOptionMenu. Tato komponenta představuje rozbalovací seznam, který zobrazuje pouze aktivní prvek. Když je tato komponenta rozkliknuta, zobrazí všechny možnosti nastavení, jako jsou "Dark, Light, System". Tato nastavení určují barevné schéma aplikace. Díky CustomTkinteru je možné nastavit tmavý nebo světlý režim manuálně nebo automaticky podle systému. V tomto projektu byla vybrána možnost automatického barevného režimu podle systému, což umožňuje aplikaci automaticky přizpůsobit nastavení systému, na kterém je spuštěna.

V druhém fragmentu se nachází hlavní pracovní část tohoto okna. Zde jsou umístěna tři vstupní pole, do kterých uživatel musí zadat číselnou hodnotu.

Prvním vstupním polem je pole speed, kam administrátor musí zadat požadovanou rychlost, kolik kroků chce, aby soustava vykonala.

Druhým vstupním polem je pole steps, kam administrátor musí zadat, kolik kroků má soustava vykonat.

Posledním vstupním polem je pole s place holder textem "HW Value", kam administrátor musí ručně zadávat hodnoty z externího tlakoměru v jednotkách mbar.

Tato vstupní pole také disponují validačním mechanismem, který zamezuje zadání jiného vstupu než čísla. Tím je zajištěna integrita dat a správnost vstupů od uživatele.

Tlačítko "Krok" je schopno potvrdit celý proces a provést měření provedením požadovaného postupu na krokovém motoru.

S tímto tlačítkem "Krok" je spojeno také tlačítko "Pokračovat". Toto tlačítko slouží jako bezpečnostní prvek pro ověření, zda administrátor připojil všechny potřebné části a je připraven provádět měření na novém svalu. Po stisknutí tlačítka "Pokračovat" je provedena kontrola správnosti nastavení a připojení součástí a teprve poté je umožněno provést krokové měření. Tímto způsobem je zajištěna bezpečnost a spolehlivost celého procesu měření.

Proces měření dat je navržen tak, aby administrátor měl k dispozici jeden externí tlakoměr, pomocí kterého může měřit tlak v jednotlivých svalech soustavy. Proto soustava potřebuje určité zajištění, aby se zabránilo situacím, kdy by administrátor začal provádět měření na svalu, aniž by například již měl přepojený tlakoměr na nový sval.

Toto tlačítko slouží jako pojistka: když se administrátor rozhodne měřit jiný sval, soustava v programu ověří, zda je současný sval jiný než minulý sval, a tím spustí sérii akcí. Soustava aktivuje tlačítko pro potvrzení, že vše je připraveno k měření. Dokud toto tlačítko nebude stisknuto, soustava nedovolí administrátorovi pokračovat v práci na soustavě, čímž zajišťuje bezpečnost a správnost prováděných operací.

Další akcí, která se spustí, je automatické navrácení původního měřeného svalu na technickou nulu. Program si pamatuje, kolik kroků od začátku udělal, a poté, když uživatel zvolí jiný sval, program začne automaticky sjíždět na technickou nulu. Až poté, co soustava sjede na technickou nulu, bude administrátorovi umožněno stisknout tlačítko "Pokračovat" a provést následné měření.

Tímto způsobem je zajištěno, že soustava se před každým novým měřením vrátí do výchozí polohy, což je důležité pro správnost a konzistenci prováděných měření. Administrátor je také chráněn před nechtěnými chybami, protože soustava automaticky provádí proces nastavení technické nuly, než mu umožní pokračovat v další práci.

Hlavní funkcí tohoto měření je zaznamenávání jednotlivých hodnot měření do souboru .xlsx. Tuto funkcionalitu zajišťuje knihovna openpyxl. Program do tohoto souboru ukládá následující informace:

* Počet kroků motoru od začátku měření
* Aktuální hodnota interního voltmetru v mV
* Hodnota fyzického tlakoměru v mbar
* Rychlost, jakou se v danou chvíli krokový motor pohyboval

Všechny tyto hodnoty jsou ukládány do souboru, dokud administrátor nezmění sval. Poté soustava provádí všechny kroky spojené s tímto úkonem a uloží tento soubor na plochu počítače, aby byl snadno dostupný pro další práci. Tím je zajištěno, že veškerá data jsou systematicky zaznamenána a uložena pro budoucí použití.

Tento program je navržen tak, aby fungoval pro 5 jednotlivých svalů, přičemž každý z nich funguje úplně stejným způsobem, s výjimkou jejich názvu. Existuje však riziko vážné redundance kódu, pokud by se každý sval musel řešit individuálně, což by mohlo vést k duplikaci kódu a zvýšení náročnosti na údržbu.

Aby se tomu předešlo, vytvořil se slovník, ve kterém jsou definovány jednotlivé desky, které komunikují s jednotlivými svaly. Poté se ze slovníku vybírá ta správná deska podle čísla svalu. Tímto způsobem se minimalizuje duplikace kódu a zajišťuje se, že veškeré operace se svaly jsou prováděny efektivně a jednotně.

Kód 5.5 obsahuje tuto logiku, která umožňuje programu dynamicky pracovat s více svaly a minimalizuje riziko chyb spojených s duplikací kódu.

Kód 5.5: Využití slovníku pro omezení redundance kódu

b\_objects = {1: b1, 2: b2, 3: b3, 4: b4, 5: b5}

b\_objects[Minuly\_Sval].go\_backward(Speed, Steps)

V kódu 5.5 je vidět, že se vybírá ten sval, který odpovídá hodnotě minulého svalu. Tento kód byl vyjmut z části programu, kde program pohyboval minulým svalem na technickou nulu.

## UserWindow

UserWindow představuje poslední část této bakalářské práce a je určena pro uživatele (user). Tato komponenta je spuštěna pouze v případě, že se uživatel přihlásí pomocí správného uživatelského hesla, které odpovídá heslu uloženému v databázi a je označeno jako uživatelské. UserWindow komunikuje s hlavním modulem (main), databází a modulem pro načítání zařízení (deviceloader).

A screenshot of a computer

Description automatically generatedToto okno se skládá ze tří rámců (framů), které jsou zobrazeny na Obrázku 5.9. Každý z těchto rámců slouží k organizaci a přehlednému zobrazení různých funkcí a informací, které jsou uživateli k dispozici. UserWindow je navrženo tak, aby uživatel mohl snadno a efektivně pracovat s aplikací a využívat všechny její funkcionality v souladu s jeho oprávněními a potřebami.

Obrázek 5.9 Zdroj: vlastní

Uživatelské GUI pro nezávislé ovládání 5 svalů

První frame jménem ,,Left Frame‘‘ obsahuje tlačítka pro jednotlivé akce. …

Druhým typem widgetu je CTkSwitch, což je komponenta umožňující uživateli zapnout nebo vypnout určitou funkci. V tomto případě slouží k přepínání mezi light mode a dark mode. Když uživatel poprvé spustí toto okno, automaticky se mu zapne režim, který je předvolený podle systému. Avšak uživatel má možnost tuto volbu změnit podle svých preferencí.

CTkSwitch poskytuje uživateli snadný způsob, jak přizpůsobit zobrazení aplikace svým potřebám a vkusu. Tímto způsobem může uživatel přizpůsobit prostředí aplikace tak, aby mu co nejlépe vyhovovalo a usnadňovalo práci či interakci s aplikací.

Druhým rámcem je "Right Frame". Tato část obsahuje radiobuttony pro výběr jednotek, které uživatel může vybrat podle svých preferencí ohledně ovládání pneumatické soustavy. Radiobuttony byly zvoleny, protože je nutné zajistit, aby uživatel vybral pouze shodnou jednotku pro ovládání. Výběr pomocí chechboxů by vyžadoval další funkce, které by zajistily, že každý nový výběr uživatele automaticky zruší předchozí výběr. Radiobuttony řeší tuto potřebu automaticky tím, že uživatel může vybrat pouze jednu možnost ze seznamu.

Tento radiobutton má také vlastní validaci, která zajišťuje, že uživatel, který nevybere žádnou jednotku, bude upozorněn na tuto skutečnost. Uživateli zároveň nebude umožněno pokračovat dále, dokud neodklikne toto vyskakovací okno. Tím je zajištěno, že uživatel bude informován o nutnosti vybrat jednotky pro zadávání a že nebude možné pokračovat v procesu, dokud tato podmínka není splněna.

Druhým prvkem v tomto rámu je tlačítko "Main". Pomocí tohoto tlačítka se uživatel může vrátit zpět na první okno, kde zadával heslo pro přihlášení. Toto tlačítko je vhodné především pro administrátory, kteří současně pracují jako uživatelé a mohli by zapomenout změnit převodní vzorce. Díky tomuto tlačítku se eliminuje potřeba vypnout a znovu spustit aplikaci, což uživatelům ušetří čas a zlepší jejich uživatelskou zkušenost.

Hlavním prvkem okna je "main frame". V tomto prvku bude uživatel schopen zadávat hodnoty, které ovlivní tlak pneumatické soustavy. Každé entry pole je označeno názvem příslušného svalu jako placeholder. Pro zajištění bezpečnosti a správného zadávání čísel byla provedena validace vstupu. Program je schopen přijímat pouze číselné hodnoty, protože neví, na jakou hodnotu by měl převést text. Stejný typ validace se používá i v dalších částech programu pomocí regulárních výrazů.

Dalším bezpečnostním prvkem, který tento rámec obsahuje, je CTkProgressBar, který se nachází nad entry polem. Tato komponenta zobrazuje aktuální stav tlaku pneumatického svalu. Slouží jako informační prvek pro uživatele, který jim umožňuje určit, jaký je momentální stav natlakování soustavy a kolik je ještě možné přidat nebo ubrat tlaku. Tento prvek není pouze vizuální kontrolou, ale je také nastaven tak, aby upozornil uživatele, pokud se pokusí překročit povolenou hranici tlaku svalu. To je důležité zejména pro ochranu pacienta, který je v blízkosti těchto svalů.

Horní hranice je nastavena tak, aby se zabránilo možnému nevratnému poškození pneumatického svalu a tím i ohrožení pacienta. Spodní hranice je stanovena tak, aby se zabránilo poškození ventilu v případě, že by uživatel neustále snižoval tlak, i když by byl ventil již zavřen. Tím se minimalizuje riziko poškození ventilu a zajišťuje bezpečnost a spolehlivost systému.

Tento rámec obsahuje jediné tlačítko, které spouští celkový krok celé soustavy najednou. Soustava je konfigurována tak, že pokud by měla být posunuta o 0 kroků, tento krok se vůbec neuskuteční a přeskočí se.

V UserWindow bylo nejdůležitější a zároveň nejsložitější částí navrhnout výpočet pro správné přepočty mezi jednotlivými jednotkami. Důležité bylo zaměřit se na omezení redundance, která hrozila zejména ve dvou případech. V této soustavě se nachází 5 svalů, pro její správné fungování jsou potřeba 3 převodní vzorce.

Nejjednodušší jednotkou pro práci jsou kroky, protože se nemusí nijak upravovat. Stačí pouze přenést jejich přesnou hodnotu do funkce go\_forward nebo go\_backward.

V tomto projektu byla možnost zadávání záporných hodnot řešena tak, že byla nastavena podmínka, která rozděluje tyto hodnoty na kladné a záporné. Pokud se jednalo o zápornou hodnotu, která měla vstoupit do funkce go\_backward(), byla tato hodnota vložena jako záporná, čímž se její zápornost zneplatnila a hodnota tak vstupovala do funkce jako kladná. Tímto způsobem byla zachována konzistence a správné fungování funkce pro pohyb krokových motorů.

Redundance v této části kódu byla elegantně vyřešena pomocí jednoho slovníku a jednoho pole, jak je patrné z Kódu 5.6. Tímto způsobem je program schopen na jednom řádku dosáhnout stejného výsledku, kterého by jinak dosáhl opakovaným psaním téže funkce pro každý sval. Stačí použít jeden for cyklus, který provede akci pro každý sval, což výrazně zjednodušuje a zkracuje kód.

Kód 5.6: Omezení redundance

svaly[i].go\_forward(10, results[i])

Pro změnu tlaku za pomoci milivoltů je nutné použít převodní rovnici z databáze. Vzhledem k tomu, že v databázi není pouze jedna převodní rovnice, program musí zjistit, jaký převodní vzorec má načíst z dané tabulky. K tomu slouží Kód 5.6. Tento kód omezuje redundanci tím, že načítá informace pro každý index, který může nabývat hodnot od 1 do 5. Poté se tyto informace spojí se stringem "sval" a dále se spojí s příslušnou jednotkou, kterou získáme z radiobuttonu. Následně se může provést výběr celého požadovaného řádku s příslušným svalem. Tímto způsobem je zajištěno efektivní a dynamické načítání převodních vzorců bez zbytečné redundance v kódu.

Kód 5.7: Výběr příslušné rovnice z databáze

cur.execute(f"SELECT sval{index}\_{jednotka} FROM sval{index}")

# Spojení navráceného SQL příkazu do stringu

cislo\_vzorce = cur.fetchone()

cur.execute(f"SELECT \* FROM sval{index}\_{jednotka} WHERE id IN ({int(cislo\_vzorce[0])})")

Po načtení příslušného převodního vzorce program provádí výpočet konečné hodnoty, na kterou má dojet. Toho dosahuje pomocí aktuální hodnoty v mV načtené z tlakoměru, ke které přičítá posun, který si uživatel sám volí.

Následně je nutné převést startovní a konečné hodnoty v mV na jednotky, které je krokový motor schopný přijmout. Pro toto je potřeba spočítat startovní kroky, tedy kolik kroků bylo provedeno od začátku procesu. Funkce v rámci DeviceLoaderu uchovávající informace o počtu provedených kroků se vymaže pokaždé, když motor provede krok zpět, proto je nepoužitelná. Alternativní možností by bylo uchovávat tuto informaci v programu, ale kvůli přesnosti nastavení hodnot je tato hodnota počítána pokaždé znovu.

Poté se vypočítá, kolik kroků motor musí provést, aby se dostal do této pozice z technické nuly. Nakonec se tyto dvě hodnoty odečtou a program si tento výsledek uloží do pole, do kterého se ukládají veškeré hodnoty svalů. Po naplnění tohoto pole program začne provádět pohyb krokových motorů, čímž dosáhne požadovaného tlakového stavu.

Vyřešení dvou jednotek, které nemají žádné referenční hodnoty ze soustavy, bylo zásadním úkolem. Pro milivoltovou jednotku je soustava schopna odečíst hodnoty z integrovaných voltmetrů, což je relativně snadné. Ovšem pro jednotky tlaku a vzdálenosti tato možnost neexistuje. Jednou z možností by bylo přidání senzorů, které by dodaly referenční hodnoty, ale to by nejen bylo ekonomicky náročné, ale také by vyžadovalo přepracování celé soustavy.

Proto byla zvolena metoda, kdy se jako referenční hodnoty využívají hodnoty v mV, které se následně převedou na příslušné jednotky pomocí převodní funkce. Obě tyto metody fungují na stejném principu: pomocí referenční hodnoty se vypočítají počáteční a konečný krok, které se následně odečtou a získá se výsledek. Pouze u jednotek mbar je potřebný ještě jeden mezistupeň, kdy se aktuální hodnota z mV převede na požadovanou jednotku, čímž se vytvoří referenční hodnota.

Po provedení veškerých úprav tlaků se přepočítají hodnoty progress barů na nové hodnoty, aby se zajistilo, že při dalším opakování měření nedojde k jejich překročení. Tímto způsobem je zajištěno, že proces měření probíhá bezpečně a spolehlivě.

# Uživatelská dokumentace

Tento dokument slouží jako uživatelský manuál pro práci se systémem. Je rozdělen do dvou částí: jedna je určena uživatelům a druhá administrátorům. Pro optimální fungování systému je zásadní provést kontrolu všech komponent a zajistit jejich správné spuštění. Zvláště je důležité věnovat pozornost kompresoru, který není přímou součástí systému, avšak hraje klíčovou roli v jeho činnosti.

## Dokumentace pro uživatele

1. Spuštění programu:

* Metoda 1: Přes ikonu programu
  + Najeďte kurzorem myši na ikonu programu.
  + Dvakrát zmáčkněte levé tlačítko myši.
* Metoda 2: Alternativní možnost
  + Klikněte pravým tlačítkem myši na ikonu programu.
  + Z nabídky vyberte možnost "Otevřít program" a klikněte levým tlačítkem myši.

1. Autentizační okno:

* Po úspěšném spuštění programu se zobrazí autentizační okno (viz Obrázek 6.1).
* Toto okno slouží k ověření uživatele/administrátora.

1. Zadání hesla:

* V poli označeném červeným čtvercem (viz Obrázek 6.2) vložte své heslo.
* Pro zadaní hesla do tohoto pole:
  + Klikněte levým tlačítkem myši na toto pole.
  + Nebo použijte klávesu "Tab" pro přesun na toto pole a poté zadejte heslo.

1. Potvrzení hesla:

* Pro potvrzení a ověření zadaného hesla klikněte na tlačítko "Přihlášení" označené červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.3).
* Potvrzení lze provést dvěma způsoby:
  + Klikněte levým tlačítkem myši na tlačítko "Přihlášení".
  + Použijte klávesu "Enter" na klávesnici. (Poznámka: Numerický Enter není pro tuto činnost naprogramován.)

1. Zpráva o neúspěšném přihlášení:

* Pokud se přihlášení nezdaří, budete o této skutečnosti informováni (viz Obrázek 6.4).

1. Úspěšné přihlášení:

* Při úspěšném přihlášení se ověřovací okno zavře.
* Otevře se nové okno, které je zároveň hlavním pracovním oknem uživatelské části (viz Obrázek 6.5).

1. Volba akcí v levé části:

* V levé části rozhraní můžete vidět tlačítka s názvy "Akce X", kde X označuje různá čísla.
* Tyto akce můžete vybírat podle svého uvážení.
* Podrobnosti o každé akci naleznete v tlačítku "Nápověda" označeném červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.6). Po kliknutí na toto tlačítko se zobrazí vyskakovací okno s detailním popisem každé akce.

1. Přepínání mezi módy v levé části:

* Nejspodnější komponentou v levé části je switch označený červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.7).
* Tento switch slouží k přepínání mezi "light" a "dark" modem (viz Obrázek 6.6 a Obrázek 6.8).

1. Volba jednotek v pravé části:

* V pravé části se nacházejí Radiobuttony označené červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.9) pro výběr jednotek, ve kterých chcete zadávat hodnoty.
* Můžete si vždy vybrat pouze jednu jednotku, ve které budete měnit tlak v jednotlivých svalech soustavy.
* Pokud se rozhodnete změnit jednotky, pouze klikněte na novou jednotku, kterou si přejete používat, a program automaticky vybere novou a zruší výběr minulé.

1. Návrat na hlavní obrazovku:

* Pod radiobuttony se nachází tlačítko "Main" označené červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.10).
* Pomocí tohoto tlačítka se můžete vrátit zpět na hlavní obrazovku.
* Například můžete použít toto tlačítko k návratu na hlavní obrazovku pro zadání hesla pro administrátora, pokud jste administrátor.

1. Hlavní pracovní jednotka:

* Hlavní pracovní oblastí programu je prostřední část, kde jsou zobrazeny 5 různých skupin komponentů.
* Tyto skupiny komponentů jsou identické, liší se pouze názvem svalu.

1. Rozdělení svalů:

* Svaly jsou rozděleny podle funkce:
  + Sval 1 až Sval 4 zvedají hlavu.
  + Sval 5 provádí pohyby od těla k tělu.
* Svaly jsou dále rozděleny v GUI:
  + Svaly 1 a 2 jsou umístěny dál od pacientova těla
  + Svaly 3 a 4 jsou umístěny blíže k pacientovým ramenům.

1. Funkce komponenty progress bar:

* Všechna políčka fungují na stejném principu, proto se postup práce vysvětlí na jednom z nich. Pro ilustraci práce je zvolen Sval 1. Pod označením svalu se nachází komponenta progress bar označená červeným čtvercem (viz Obrázek 6.11), která slouží jako signalizace aktuálního procentuálního tlaku ve svalech.
* Svaly jsou nastaveny tak, aby měly jak horní, tak dolní možnou hranici tlaku.
  + Horní hranice je nastavena tak, aby nedošlo k přetlakování svalu a jeho následnému prasknutí.
  + Dolní hranice je zde pro zabránění přetočení ventilu regulujícího tlak v jednotlivých svalech.
  + Tato mez není pouze optická, ale je také softwarově nastavená. To znamená, že pokud se rozhodnete změnit tlak tak, že by tato hodnota překročila tuto mez, budete o této skutečnosti informováni.
* Pokud se pokusíte provést sérii akcí a tlak by překročil určenou mez v jednom nebo více svalech, program vás informuje o tom, že série akcí nemohla být provedena z důvodu překročení limitu tlaku.

1. Zadávání hodnot do entery polí:

* Hodnoty, které chcete zadávat jednotlivým svalům, se zadávají do jednotlivých entry polí, která se nachází pod již zmíněnými progress bary.
* Do těchto polí zadáváte vždy kladnou číselnou hodnotu, pokud chcete tlak zvyšovat. Pokud chcete tlak v jednotlivých svalech snižovat, zadáte do požadovaného entry pole hodnotu s mínusem na začátku.
* Jednotlivé svaly můžete ovládat nezávisle na sobě, což znamená, že klidně dva svaly můžete nechat zvýšit svůj tlak a u dalších dvou tento tlak snížit.
* Jednotlivá políčka obsahují validaci, což znamená, že pokud se rozhodnete zadat hodnotu, kterou soustava není schopna zapsat do svalu (například písmeno nebo speciální znak), budete upozorněni. Totéž platí, pokud necháte pole prázdné.
* Soustava je nastavena tak, aby bylo vždy nutné vyplnit všechna pole. Pokud nechcete měnit tlak na určitém svalu, zadáte do pole jednoduše nulu.
* Pokud se programu nebude líbit vaše zadaná hodnota, budete na tuto skutečnost upozorněni buď ihned po kliknutí mimo pole nebo poté, co zmáčknete tlačítko "Spustit".
* V soustavě není možné zadávat desetinná místa.
* Mezi jednotlivými entry poli můžete normálně přecházet pomocí levého tlačítka myši nebo jednoduše stisknutím klávesy "Tab", což vás automaticky přesune na další entry pole.

1. Spouštění akce "Spustit":

* Poté, co jste spokojeni se všemi zadanými hodnotami, můžete zmáčknout tlačítko "Spustit" označené červeným rámečkem (viz Obrázek 6.12). Toto tlačítko nejprve znovu zvaliduje všechna entry pole, aby nedošlo k chybnému fungování soustavy.
* Poté se provedou veškeré potřebné výpočty a soustava změní tlaky v jednotlivých svalových skupinách.
* Toto tlačítko lze spustit dvěma různými způsoby:
  + Základní způsob: Zmáčkněte tlačítko pomocí levého tlačítka myši.
  + Alternativní způsob: Stiskněte klávesu "Enter". V tomto případě funguje jak numerický Enter, tak i obyčejný Enter na klávesnici.

## Dokumentace pro administrátora

1. Spuštění programu:

* Metoda 1: Přes ikonu programu
  + Najeďte kurzorem myši na ikonu programu.
  + Dvakrát zmáčkněte levé tlačítko myši.
* Metoda 2: Alternativní možnost
  + Klikněte pravým tlačítkem myši na ikonu programu.
  + Z nabídky vyberte možnost "Otevřít program" a klikněte levým tlačítkem myši.

1. Autentizační okno:

* Po úspěšném spuštění programu se zobrazí autentizační okno (viz Obrázek 6.1).
* Toto okno slouží k ověření uživatele/administrátora.

1. Zadání hesla:

* V poli označeném červeným čtvercem (viz Obrázek 6.2) vložte své heslo.
* Pro zadaní hesla do tohoto pole:
  + Klikněte levým tlačítkem myši na toto pole.
  + Nebo použijte klávesu "Tab" pro přesun na toto pole a poté zadejte heslo.

1. Potvrzení hesla:

* Pro potvrzení a ověření zadaného hesla klikněte na tlačítko "Přihlášení" označené červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.3).
* Potvrzení lze provést dvěma způsoby:
  + Klikněte levým tlačítkem myši na tlačítko "Přihlášení".
  + Použijte klávesu "Enter" na klávesnici. (Poznámka: Numerický Enter není pro tuto činnost naprogramován.)

1. Zpráva o neúspěšném přihlášení:

* Pokud se přihlášení nezdaří, budete o této skutečnosti informováni (viz Obrázek 6.4).

1. Úspěšné přihlášení:

* Při úspěšném přihlášení se ověřovací okno zavře. Otevře se nové okno, které umožní administrátorovy vybrat si další možnost práce (viz Obrázek 6.12).

1. Tlačítko "Hlavní stránka":

* Tlačítko "Hlavní stránka" slouží administrátorovi k návratu zpět na hlavní přihlašovací okno.

1. Tlačítko "Měření":

* Po zvolení tlačítka "Měření" se dostanete do okna měření.
* Toto okno slouží k provádění měření, a na základě tohoto měření se automaticky vytváří soubor typu .xlsx.
* Tento soubor se ukládá na plochu pro snadnou manipulaci.
* Vždy se vytváří soubor s odpovídajícím jménem svalu.
* Jednotlivé soubory se při více násobném měření na jednom svalu přepisují, proto je důležité buď tyto soubory zpětně nepožadovat, nebo je ukládat na jiné místo, kde budou dlouhodobě uchovány.

1. Výběr svalu pro měření:

* V levé části se nacházejí Radiobuttony, pomocí kterých můžete vybrat sval, na kterém budete provádět měření.
* Vybrán může být vždy pouze jeden sval, tato podmínka je již zabudovaná v Radiobuttonech, protože se jedná o komponentu, která automaticky nastaví předchozí výběr do výchozího nevybraného stavu, pokud je vybrán jiný sval

1. Komponenta Option Menu:

* Spodní prvek na levé straně je komponenta Option Menu označená červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.13).
* Po kliknutí se rozbalí možnosti, ze kterých si můžete vybrat vaši preferovanou možnost.
* Základní možností je možnost "Systém", která je nastavena ze základu. Tato možnost je zvolena tak, aby ladila s nastavením systému a přizpůsobila se tématu nastavenému na počítači.
* Dalšími možnostmi jsou možnosti pevného nastavení vašeho preferovaného stylu.

1. Návrat na rozhodovací okno administrátora:

* Tlačítko "HL admin" slouží k návratu na rozhodovací okno administrátora

1. Zadávání hodnot do entry polí:

* V pravé části se nacházejí tři entry pole, která slouží k zadávání jednotlivých potřebných hodnot.
* Mezi těmito entry poli můžete proklikávat pomocí levého tlačítka myši nebo klávesou "Tab".
* Obě pole disponují validační schopností, která se aktivuje poté, co z označeného pole kliknete jinam.
* Do pole je nutné zadávat pouze kladné celočíselné hodnoty. Veškeré ostatní možnosti jsou chybné, a na tuto skutečnost budete upozorněni pomocí vyskakovacího okna.
* První hodnotou je rychlost, která určuje, kolik kroků se krokový motor bude pohybovat, což je tedy úhlová rychlost krokového motoru. Doporučená hodnota je 10.
* Druhou hodnotou jsou kroky, které určují, kolik kroků provede krokový motor kolem své osy. Hodnoty jsou volitelné, ale pro co nejpřesnější měření se doporučuje nezadávat příliš velké skoky.
* Poslední hodnotou, která se v tomto měření využívá, je hodnota externího tlakoměru. Tato hodnota se zadává ručně. Tuto hodnotu odečtete z displeje na soustavě (viz Obrázek 6.13). Na displeji se ukazují hodnoty ve formátu .XXX. Pro co nejpřesnější měření je důležité zadávat celé číslo, ale bez tečky. Například, pokud tlakoměr ukáže hodnotu .023, do pole pro tlak zadáte pouze 23

1. Tlačítko "Krok":

* Tlačítko "Krok" slouží k provedení měření.
* Toto tlačítko obsahuje validační funkci, která se aktivuje po stisknutí tlačítka.
* Tlačítko provádí dvě základní funkce:
  + Zapisuje do souboru všechny definované hodnoty.
  + Posouvá vámi nastavenou rychlostí a počtem kroků motor, který otáčí s tlakovým ventilem, a tím zvyšuje tlak.
* Toto tlačítko lze ovládat jak pomocí numerického Enteru, tak Enteru na klávesnici.

1. Tlačítko "Pokračovat":

* Tlačítko "Pokračovat" se aktivuje pouze v případě, že se rozhodnete využít jiný sval než předtím.
* Slouží jako pojistka, abyste potvrdili, že vše je připraveno na měření na jiném svalu.
* Pokud provádíte první měření, potvrdíte tlačítkem "Pokračovat" a poté znovu tlačítkem "Krok".
* Po provedení měření se automaticky smaže hodnota tlaku a vy zadáte pouze aktuální hodnotu a potvrdíte.
* Poté, co se rozhodnete měřit nový sval, zvolíte nový sval, který chcete měřit, a stisknete tlačítko "Krok". Automaticky se spustí snížení tlaku na předchozím měřeném svalu. Poté, co tento tlak klesne na hodnotu technické nuly, se vám spřístupní tlačítko "Pokračovat". Nyní přepojíte tlakoměr na nový sval, stisknete tlačítko "Pokračovat" a můžete opět provádět měření pomocí tlačítka "Krok".

1. Výběr svalu pro měření:

* Druhou možností je výběr jednoho z pěti svalů v okně (viz Obrázek 6.12).
* Všechny tlačítka fungují na stejném principu s jediným rozdílem, že každé pracuje s databází příslušného svalu

1. Uživatelské rozhraní databáze pro sval 1:

* Po kliknutí na tlačítko s názvem "Sval 1" se zobrazí grafické uživatelské rozhraní databáze.
* Zde se zobrazují tři základní vzorce, přičemž se budeme věnovat možnosti "sval1\_mv".
* Tato možnost slouží k převodu mezi kroky a milivolty a obráceně.
* Nacházejí se zde tři hlavní entry pole označené červeným obdélníkem (viz Obrázek 6.14).
  + Prvním polem je sklon.
  + Druhým polem je posun rovnice.
  + Posledním polem je pole, ve kterém si můžete dát nějaký popis, například pro jak těžkou hlavu pacienta je tento vzorec vhodný.
* Pole jsou záměrně volena jako entry pole, aby nebylo potřeba řešit složité nastavení. Stačí přepsat hodnotu, kterou chcete, a zmáčknout tlačítko "Upravit". Tím se tyto hodnoty uloží do databáze a zároveň se změní aktuálně používaný převodní vzorec označený červeným obdélníkem, který se nachází vedle názvu vzorce (viz Obrázek 6.15).
* Tento údaj slouží především k tomu, abyste viděli, jaký je aktuálně využívaný převodní vzorec. Pokud například posledním pacientem byl dospělý muž a nyní na proceduru má být dětský pacient, stačí pouze kliknout na tlačítko "Upravit", a tím se zvolí nový převodní vzorec.
* Pokud chcete zadat nový převodní vzorec, stačí kliknout na tlačítko "Nový" v příslušném sloupci a následně zadat veškeré potřebné informace. Pozor, tento vzorec se ovšem po zmáčknutí tlačítka "Uložit" nenastaví automaticky jako aktuální. To je potřeba udělat znovu tlačítkem "Upravit"

# Výsledky (Testování)

# Diskuse

# Závěr

# Seznam použité literatury

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Úvod do pneumatiky. Online. In: . S. 4. Dostupné z: <https://coptel.cz/pluginfile.php/15746/mod_resource/content/1/tkm-uvod_do_pneumatiky.pdf>. [cit. 2024-05-08]. |
| [2] | BORISOV, Bobby. *LXQt 1.0.0 Lightweight Desktop Arrived, Here’s How it Looks Like*. Online. Linuxiac. 2021. Dostupné z: <https://linuxiac.com/lxqt-1-0-0/>. [cit. 2024-05-08]. |
| [3] | KOPEČNÝ, Lukáš. *MCKIBBENŮV PNEUMATICKÝ SVAL - MODELOVÁNÍ A POUŢITÍ V HMATOVÉM ROZHRANÍ*. Doktorská práce. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2009. |
| [4] | KALITA, Bhaben; LEONESSA, Alexander a DWIVEDY, Santosha K. A Review on the Development of Pneumatic Artificial Muscle Actuators: Force Model and Application. Online. *Actuators*. 2022, roč. 11, č. 10. ISSN 2076-0825. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/act11100288>. [cit. 2024-03-31]. |
| [5] | DEITEL, P. J. a DEITEL, H. M. *Intro to Python: for computer science and data science : learning to program with AI, big data and the cloud*. Deitel. United States of America: Pearson Education, 2020. ISBN 978-0-13-540467-6. |
| [6] | BANSAL, Rishabh. *Python GUI – tkinter*. Online. GeeksforGeeks. 2023. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/python-gui-tkinter/>. [cit. 2024-03-15]. |
| [7] | *Co je to Open source? Zdroj: https://it-slovnik.cz/pojem/open-source/?utm\_source=cp&utm\_medium=link&utm\_campaign=cp*. Online. IT SLOVNÍK. Dostupné z: <https://it-slovnik.cz/pojem/open-source>. [cit. 2024-03-15]. |
| [8] | ALI, Francis. *Začínáme s Kivy pro vývoj grafického uživatelského rozhraní*. Online. Python GUIs. 2023. Dostupné z: <https://www.pythonguis.com/tutorials/getting-started-kivy/>. [cit. 2024-03-15]. |
| [9] | *Co je to Framework?* Online. A star search. 2021. Dostupné z: <https://a-starsearch.cz/blog/co-je-to-framework>. [cit. 2024-03-15]. |
| [10] | VIKTORIN, Petr a HRONČOK, Miro. *GUI v Pythonu: PyQt5*. Online. Nauč se Python!. 2017. Dostupné z: <https://naucse.python.cz/lessons/intro/pyqt/>. [cit. 2024-03-15]. |
| [11] | GEON. *Co je to Tkinter?* Online. PY.CZ. 2005. Dostupné z: <https://www.py.cz/Tkinter>. [cit. 2024-03-15]. |
| [12] | SCHIMANSKY, Tom. *CustomTkinter*. Online. Git Hub. 2021. Dostupné z: <https://github.com/TomSchimansky/CustomTkinter/tree/master>. [cit. 2024-03-15]. |
| [13] | SCHIMANSKY, Tom. *Documentation Introduction*. Online. CustomTkinter. 2021. Dostupné z: <https://customtkinter.tomschimansky.com/documentation/>. [cit. 2024-03-15]. |
| [14] | *Co je to databáze?* Online. Oracle. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/database/what-is-database/>. [cit. 2024-03-16]. |
| [15] | MIHALCEA, Vlad. *How does MVCC (Multi-Version Concurrency Control) work*. Online. Vlad Mihalcea. 2022. Dostupné z: <https://vladmihalcea.com/how-does-mvcc-multi-version-concurrency-control-work/>. [cit. 2024-03-16]. |
| [16] | *Rozhraní DB-API 2.0 pro SQLite databáze¶*. Online. Python. Dostupné z: <https://docs.python.org/3/library/sqlite3.html>. [cit. 2024-03-16]. |
| [17] | VASUDEV4. *Modul hashlib v Pythonu*. Online. GeeksforGeeks. 2023. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/hashlib-module-in-python/>. [cit. 2024-03-16]. |
| [18] | *Časový přístup a převody*. Online. Python. Dostupné z: <https://docs.python.org/3/library/time.html>. [cit. 2024-03-16]. |
| [19] | *Openpyxl 3.1.2*. Online. Pypi. Dostupné z: <https://pypi.org/project/openpyxl/>. [cit. 2024-03-16]. |
| [20] | IHRITIK. *Modul Pathlib v Pythonu*. Online. GeeksforGeeks. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/pathlib-module-in-python/>. [cit. 2024-03-16]. |
| [21] | SEOPRAKTICKY.CZ. *Co je to regulární výraz a k čemu se používá*. Online. Collabim. 2023. Dostupné z: <https://www.collabim.cz/akademie/knihovna/co-je-to-regularni-vyraz-a-k-cemu-se-pouziva/#:~:text=Už%20víme%2C%20že%20se%20regulární%20výrazy%20skládají%20ze,3%20závorky%20se%20používají%20pro%20seskupování%20množin%20znaků.>. [cit. 2024-03-16]. |
| [22] | *Operace s regulárními výrazy*. Online. Python. Dostupné z: <https://docs.python.org/3/library/re.html>. [cit. 2024-03-16]. |