**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 zdravotnictvý

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/a bych poděkoval/a…

Poděkování je nepovinné, ale obvyklé. Vedoucímu práce se zpravidla děkuje, oponentovi zásadně ne. Poraďte se s vedoucím práce, zda by nebylo vhodné uvést v poděkování číslo grantu, ze kterého byla práce podpořena.

**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 a 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 tlaky v různých jednotkách. Mezi tyto jednotky patří stejednotky krokových motorů kroky, tlakové jednotky mBar a také mV. Vedle implementace softwaru je klíčovou součástí práce také tvorba podrobné dokumentace, která usnadní uživatelům orientaci v systému a jeho možnostech. 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 units, mBar pressure units and also mV. In addition to the software implementation, a key part of the work 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 5](#_Toc161396507)

[1 Úvod 6](#_Toc161396508)

[2 Cíle práce 7](#_Toc161396509)

[3 Přehled současného stavu 9](#_Toc161396510)

[3.1 Motivace pro vznik projektu 9](#_Toc161396511)

[3.1.1 Základní principy intubačních přístrojů 9](#_Toc161396512)

[3.1.2 Principy magnetické rezonance 9](#_Toc161396513)

[3.2 Současná pneumatická soustava a její fungování 9](#_Toc161396514)

[3.2.1 Komponenty pneumatické soustavy 9](#_Toc161396515)

[3.2.2 Operační systém pro řízení soustavy 9](#_Toc161396516)

[3.3 Pneumatické svaly a jejich typy 9](#_Toc161396517)

[3.3.1 Popis různých typů pneumatických svalů 9](#_Toc161396518)

[3.3.2 Principy práce pneumatických svalů 9](#_Toc161396519)

[3.4 Softwarové a robotické aspekty 9](#_Toc161396520)

[3.4.1 Vývoj softwaru pro ovládání pneumatických svalů 9](#_Toc161396521)

[3.4.2 Integrace pneumatických svalů do robotických struktur 9](#_Toc161396522)

[3.5 Python 9](#_Toc161396523)

[3.5.1 Výhody a nevýhody oproti ostatním programovacím jazykům 9](#_Toc161396524)

[3.5.2 Proč jsem si ho vůbec vybral a proč se předešlá část soustavy taky programovala v pythonu 9](#_Toc161396525)

[4 Metody (Návrh aplikace) 10](#_Toc161396526)

[5 Implementace 10](#_Toc161396527)

[6 Uživatelská dokumentace 11](#_Toc161396528)

[7 Výsledky (Testování) 12](#_Toc161396529)

[8 Diskuse 14](#_Toc161396530)

[9 Závěr 15](#_Toc161396531)

[Seznam použité literatury 16](#_Toc161396532)

[Příloha A: Požadavky na formátování práce 17](#_Toc161396533)

[Příloha B: Základní typografické zásady 18](#_Toc161396534)

[Příloha C: Další doporučení pro přehlednost textu 19](#_Toc161396535)

[Příloha D: Obsah přiloženého CD 20](#_Toc161396536)

# Seznam symbolů a zkratek

#### Seznam symbolů

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Jednotka | Význam |
| *CDP*end | cmH2O | Střední distenzní tlak po ustálení přechodového děje |
| *f*HFO | Hz | Frekvence vysokofrekvenčních oscilací |
| *N* | 1/s | Parametr dolnopropustního filtru připojeného k PID regulátoru |

#### Seznam zkratek

|  |  |
| --- | --- |
| Zkratka | Význam |
| SW |  |
| GUI  DB | Grafické uživatelské rozhraní |

# Úvod

Tato práce vychází z rozsáhlejšího projektu, který se soustředí na bezpečné poskytování kyslíkové terapie pacientům trpícím respiračními obtížemi nebo pacientům v kómatu, u nichž je vyšetřování prováděno zařízeními, která vyžadují absenci feromagnetických částic. Aby nedošlo k blokaci dýchacích cest a případnému udušení v důsledku nedostatečného zásobování kyslíkem během této procedury je nutnost připojení pacienta k nějakému typu přístroje, který je schopen dodávat pacientovy kyslích a zároven zajistí že nedojde k blokaci jeho dýchacích cest. Vzhledem k přítomnosti feromagnetických částic v tradičních intubačních zařízeních je jejich použití v prostředí magnetické rezonance nebezpečné a nevhodné. Proto jsou pacienti v takových případech připojeni pouze kyslíkovou terapií pomocí nosních kanyl, což však nese riziko obstrukce dýchacích cest. Současně je problém řešen manuální manipulací hlavy pacienta s cílem dosáhnout optimální polohy pro zajištění průchodnosti dýchacích cest. Toto řešení, představuje významné bezpečnostní riziko, zejména z dlouhodobého hlediska v prostředí magnetické rezonance, což přináší nebezpečí spojené s dlouhodobým vystavením tomuto záření.

Projekt, na který navazuje tato bakalářská práce, se věnuje primárně mechanické stránce problému, avšak postrádá softwarovou implementaci. Předchozí pneumatický systém, se kterým tato práce pracuje, umožňuje pouze otáčení krokového motoru na základě zadané funkce a počtu kroků. Tímto způsobem se motor posouvá v určeném směru a interaguje 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 kompletní 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 jednotek pro ovládání. 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.

# Cíle práce

Hlavním cílem této práce bude 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 skládal z mnoha malých podcílů.

Vyhledat knihovnu pro tvorbu grafického uživatelského rozhraní:

* Specifikovat konkrétní kritéria pro výběr knihovny (např. podpora moderních designových prvků, dokumentace, komunitní podpora).
* Provést analýzu dostupných knihoven a vybrat tu nejvhodnější na základě stanovených kritérií.
* Získat a nainstalovat vybranou knihovnu pro další implementaci.

Vyhledat vhodnou databázi pro ukládání dat:

* Stanovit požadavky na databázi
* Provést analýzu různých databázových systémů a vybrat ten nejvhodnější.
* Nainstalovat a nakonfigurovat vybranou databázi pro použití v projektu.

Implementovat GUI aplikaci pomocí vybrané knihovny:

* Navrhnout uživatelské rozhraní zohledňující potřeby uživatelů a požadavky systému.
* Implementovat funkce ovládání pneumatických svalů a jejich kalibrace v rámci GUI.
* Zajištění bezpečnostních prvků v GUI, včetně vizuálního ukazatele tlaku, ochrany před prasknutím svalu, a validace vstupů.

Implementovat autentizaci a oprávnění uživatelů:

* Navrhnout systém autentizace a oprávnění, který rozlišuje mezi běžnými uživateli a administrátory.
* Implementovat přihlašovací okno s ověřením hesla uloženého v databázi a s rozlišením uživatelských rolí.

Kalibrace pneumatických svalů:

* Navrhnout a implementovat funkce pro kalibraci pneumatických svalů pro administrátory.
* Zabezpečit ukládání výsledků kalibrace do formátu .xlsx 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.

# Přehled současného stavu

## Motivace pro vznik projektu

### Základní principy intubačních přístrojů

### Principy magnetické rezonance

#### Vliv magnetické rezonance na lidské tělo

#### Bezpečnostní opatření při práci s magnetickou rezonancí

## Současná pneumatická soustava a její fungování

### Komponenty pneumatické soustavy

#### Popis jednotlivých komponent soustavy

### Operační systém pro řízení soustavy

## Pneumatické svaly a jejich typy

### Popis různých typů pneumatických svalů

### Principy práce pneumatických svalů

## Softwarové a robotické aspekty

### Vývoj softwaru pro ovládání pneumatických svalů

### Integrace pneumatických svalů do robotických struktur

## Python

### Výhody a nevýhody oproti ostatním programovacím jazykům

### Proč jsem si ho vůbec vybral a proč se předešlá část soustavy taky programovala v pythonu

# Návrh aplikace

## Výběr technologií

### 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[1]. 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

A screenshot of a computer

Description automatically generatedKivy je knihovna pro programvací jazyk python. Tato knihovna je pod licencí open-source. ,,Jako open source se označují programy, jejichž zdrojový kód je volně přístupný široké veřejnosti‘‘[2]. 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 knihovan je napsaná v jazyce Python.[3] Knihovna Kivy představuje mocný nástroj, vhodný pro mnohé účely, nicméně v případě tohoto konkrétního projektu je knihovka Kivi příliš komplexní. Ukázka GUI pomocí knihovny Kivy Obrázek 4.1.

Obrázek 4.1

Obrázek 4.2 Zdroj: https://i.stack.imgur.com/y6Hmq.png

Obrázek 4.1.1.1‑1 Zdroj: https://i.stack.imgur.com/y6Hmq.png

Obrázek 4.3

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

#### PyQt

PyQt představuje další významnou knihovnu pro tvorbu grafických uživatelských rozhraní v jazyce Python. Tato knihovna 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‘‘[4]. 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.[5] Knihovna PyQt je velice komplexní a ještě komplexnější 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 knihony PyQt Obrázek 4.2.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

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

#### 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 zvlášť. 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.[6]. 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

Knihovna CustomTkinter je uživatelská nádstavba pro knihovnu tkinter. Tato knihovna byla vytvořena pod licencí MIT – jedná se o open-source knihovnu. Tuto knihovnu vytvořil programátor jménem Tom Schimansky. Tato knihovno vznikla v závislosti na tkinteru přebírá některé její vlastnosti a upravuje je do moderního vzhledu. Knihovny spolu mohou pracovat tudíž je možnost pracovat s oběmi knihovnamy zárověn a z každé si vzít nějaké její vlastnosti, což se ovšem i doporučuje v oficiální dokumenty knihovny custum tkinter. Hlavnímy přednostmi této knihovny je například možnost vybrání si vlastního režimu ('světlý', 'tmavý'). Tento režim se dá nastavit v závisloti nastavení vašeho počítače nebo se dá i ručně měnit. Pro všechny pozitivní vlastnosti se vybrala tato knihovna jako knihovna pomocí které se bude vytvářet grafické uživatelké rozhraní a její nedostatky budou doplněny knihovnou tkinter.[7] [8] Ukázka moderního grafického uživatelské rozhraní vytvořeného pomocí knihovny CustomTkinter Obrázek 4.4.



Obrázek 4.4 Zdroj: https://raw.githubusercontent.com/TomSchimansky/CustomTkinter/master/documentation\_images/complex\_example\_dark\_Windows.png

# Implementace

Kapitola pro SW projekty. Měla by sloužit jako programátorský dokumentace pro programátora, kde by byla popsána jednotlivá rozhraní, konkrétní třídy, struktura programu. Měla by také popsat způsob nasazení a upozornit na místa, kde je možné software modifikovat. Může obsahovat malé kusy kódu, případně zajímavé implementace algoritmů. Mělo by zde být také definováno, pod jakou licenční lze šířit zdrojové kódy. Pro Bc práce se doporučuje jedna z  licencí (MIT, Apache, BSD, GNU GPL, apod.) Zmíněná licence by se také měla zmínit v závěru práce.

Kód 5.1: Výpočet faktoriálu.

int n=10, F=1;

for(int i=2; i<=n; i++){

F = F \* i;

}

|  |
| --- |
|  |
|  |

# Uživatelská dokumentace

Manuál pro práci s aplikaci. Mj. se v této kapitole prezentuje vzhled a ergonomičnost aplikace.

# Výsledky (Testování)

Věnujte kapitolu pouze přehlednému podání výsledků, nikoliv jejich diskusi. Data uvádějte zejména v grafech a tabulkách. Preferovány jsou grafy – tabulky se všemi naměřenými hodnotami, ze kterých grafy vycházejí, lze umístit do příloh práce.

Výsledky mají vždy obsahovat hlavní text, který zasadí prezentované obrázky a tabulky do souvislosti s předchozím textem a čtenáře prezentovanými daty provede. Prezentování výsledků ve formě nekomentovaného obrázkového alba je v drtivé většině případů nevhodné.

Pro SW projekt kapitola popisuje, jak byla aplikace testována, kde byla nasazena.

Na každý obrázek musí být uveden odkaz v textu, který má formát jako v následující větě. Obrázek se vždy čísluje a popisuje pod obrázkem, vkládá pravým tlačítkem na obrázek a vložit titulek, následně se na ně vkládají křížové odkazy Obrázek 7.1.



Obrázek 7.1: Tulipány před ozářením kryptonitem. Fotografie: autor

Obrázky by se měly číslovat automaticky podle hlavní kapitoly, ve které se vyskytují. Podkapitoly se již neuvažují. To znamená, že obrázky v úvodu (typicky kap. 1) budou: Obr. 1.1, Obr. 1.2 atd. V metodách (typicky druhá velká kapitola) budou číslovány Obr. 2.1, Obr. 2.2, Obr. 2.3 atd. Podrobněji viz dokument *Často kladené dotazy týkající se psaní diplomové práce*, dostupný na:

https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17pmbds2

Popis tabulky, na rozdíl od obrázku, je zpravidla nad tabulkou, viz Tabulka 7.1. Není nutné v něm opisovat celý obsah záhlaví tabulky, které následuje hned vzápětí. Jednotlivé proměnné v tabulce jsou řazeny do sloupců. V tabulce jsou nezávislé proměnné, kategorie probandů apod. řazeny vlevo, závislé proměnné vpravo. Jednotky uvádějte v kulatých závorkách v záhlaví tabulky, ne u každého čísla zvlášť. Vysvětlující poznámky (např. dosažená hladina významnosti, zda jsou data udávána jako průměr + směrodatná chyba průměru, jaký statistický test byl použit apod.) jsou umisťovány pod tabulku a odkaz na ně se udává jako horní index (symboly, čísla, písmena) na příslušném místě tabulky. Na každý obrázek a tabulku je třeba odkazovat z hlavního textu.

Tabulka 7.1: Reakční čas *T*20 signálu periferní saturace kyslíkem, *Sp*O2, měřený třemi různými přístroji.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *T*20 (s) | | |
| Fáze | Root Radical-7 | Nellcor N-600 | Carescape B650 |
| Hypoxická | 52±15\* | 65±19\* | 56±15 |
| Hyperoxická | 43±14 | 55±28 | 49±15 |
| Hyperkapnická | 75±23 | 119±47# | 73±41# |

Data byla měřena pro shodnou skupinu 14 probandů a jsou uvedena jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka. Symboly \* a # značí statisticky významný rozdíl (*p*<0,05) časů pro shodnou fázi.

# Diskuse

V této části shrňte získané výsledky (hlavní zjištění práce) a následně tyto výsledky interpretujte s ohledem na cíle práce. Lze též získané výsledky a výstupy konfrontovat s výsledky a výstupy jiných autorů, výrobky jiných společností apod. Nezbytné je správné uvádění zdrojů (citace prací, které jsou zde porovnávány a diskutovány). Diskutují se rovněž limitace práce. Nakonec lze nastínit další směřování práce do budoucna, opatrně spekulovat o klinickém významu práce apod.

# Závěr

Závěr stručně shrnuje splnění vytyčených cílů práce.

Shrnutí splněných (nebo snad v menší míře nesplněných) cílů práce navazuje na úvod práce. Z dalších částí práce (metody, výsledky a diskuse) je přebíráno jen to nejpodstatnější a v minimální nutné míře – závěr práce nemá být zopakováním abstraktu, výsledků nebo diskuse. Konec závěru může obsahovat podložené spekulace o významu práce do budoucna nebo výrazná doporučení pro další výzkum nebo praxi, pokud z výsledků předkládané práce přímo vyplývají.

V závěru by se mělo také zmínit, pod jakou licencí jsou zdrojové kódy a licencí distribuovány.

# Seznam použité literatury

V celém dokumentu je nezbytné dodržovat jednotný styl citací. Pokud jsou odkazy na bibliografické citace v textu práce uváděny v podobě čísel, např. [1], pak se čísla přiřazují jednotlivým citovaným dokumentům v tom pořadí, v jakém se na ně poprvé odkazuje v textu práce, a ve stejném pořadí jsou řazeny citace zdrojů v seznamu použité literatury.

Bibliografické citace doporučujeme formátovat podle normy ČSN ISO 690. Lze případně volit i jiný mezinárodně uznávaný formát citací. Příklady citací lze nalézt např. na následujících odkazech:

http://knihovna.cvut.cz/cs/seminare-a-vyuka/jak-psat/jak-psat-zaverecnou-praci

http://vutium.vutbr.cz/proautory/citace.doc

Pro spravování a formátování citací doporučujeme službu Citace PRO, kterou má ČVUT předplacenou. Služba je dostupná na adrese:

www.citacepro.com

1. GUYTON, Arthur C. a John E. HALL. *Textbook of medical physiology*. 11th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2006. ISBN 07-216-0240-1.

# Příloha A: Požadavky na formátování práce

* Pro hlavní text práce používejte patkové písmo (Times New Roman, Georgia, Garamond apod.), velikost 12. Rovnice, matematické symboly apod. by měly být sázeny stejným, nebo alespoň co nejpodobnějším písmem stejné velikosti. Popisy obrázků a tabulek sázejte stejným písmem se zmenšenou velikostí. Nadpisy, čísla stránek, případné záhlaví či zápatí apod. mohou být sázeny buď stejným písmem jako hlavní text, nebo písmem bezpatkovým (např. Calibri). **Pro text práce mohou být použity maximálně dvě různá písma.** Ukázky kódu pište v písmu Consolas.
* Řádkování práce, odsazení odstavců, velikosti písma v nadpisech apod. definují přímo jednotlivé styly použité v této šabloně.
* Okraje stránek práce jsou vždy 2,5 cm na každé straně plus 1 cm u hřbetu práce (levá strana).
* Práce je tištěna jednostranně, na papír formátu A4.
* Stránky se číslují arabskými číslicemi počínaje první (titulní) stranou. Číslování stránek se zobrazuje až od první stránky obsahu, což znamená, že na titulní straně, v zadání, prohlášení, poděkování a abstraktech se číslo stránky neuvádí.
* Hlavní kapitoly práce, počínaje Úvodem a konče Závěrem, jsou číslovány arabskými číslicemi. Seznam použité literatury číslo nemá. Přílohy označujte velkými písmeny anglické abecedy.
* Každou hlavní kapitolu práce (nadpis 1. úrovně) začínejte na samostatné stránce.

# Příloha B: Základní typografické zásady

* Fyzikální a fyziologické veličiny a matematické proměnné se sázejí proloženě (kurzívou). Zkratky a symboly, pod kterými se neskrývá číselná hodnota, jsou sázeny normálním písmem – stejně jako označení fyzikálních jednotek.
* Jednotky veličin a symboly (například procenta) se v textu od číselných údajů oddělují nezlomitelnou mezerou. Zápis bez mezery má význam přídavného jména. Např. „10 Ω“ čteme „deset ohmů“ a „10Ω“ čteme „desetiohmový“.
* Nezlomitelnou mezeru je nutné v editoru textu vyznačit. Např. v aplikaci Microsoft Word se použije kombinace <Shift> + <Ctrl> + <mezerník>. Nezlomitelnou pomlčku–<Ctrl> + <Shift> + <Pomlčka>
* Neslabičné předložky a spojky (netýká se „a“) nesmí zůstat na konci řádku. Proto za nimi používejte nezlomitelnou mezeru.
* Rozlišujte spojovník a pomlčku. Spojovník je krátká čára používaná ke spojení dvou slov (např. česko-anglický slovník). Pomlčka slouží k vyznačení prodlevy v textu, pak ji obvykle píšeme s mezerami, nebo k vyznačení rozsahu (5–10), kdy se píše bez mezer.
* Pro podrobnější informace k typografii doporučujeme např. dokument Karla Roubíka *Fyzikální veličiny a číselné údaje*, dostupný na stránce:

https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17PMBPIZ

a dokument Jany Borůvkové *Jak napsat bakalářskou práci*, dostupný na stránce:

http://is.mendelu.cz/dok\_server/slozka.pl?id=53294;download=160152;lang=cz

* Pro zajištění jazykové správnosti práce doporučujeme konzultovat Internetovou jazykovou příručku Ústavu pro jazyk český Akademie věd ČR dostupný z:

http://prirucka.ujc.cas.cz/

# Příloha C: Další doporučení pro přehlednost textu

* Obrázky a tabulky sázejte v textu samostatně, bez obtékání textu po stranách. Nevkládejte obrázky a tabulky na stránku před skončením odstavce. Zkontrolujte, že popis obrázku nebo tabulky zůstal na stejné straně jako vlastní obrázek nebo tabulka.
* První řádek odstavce by neměl zůstat sám na konci řádky (tzv. vdova) a poslední řádek odstavce by neměl zůstat sám na začátku nové stránky (tzv. sirotek).
* Veškeré zkratky, s výjimkou těch nejznámějších jako DNA, by měly být v práci vysvětleny při prvním výskytu v hlavním textu a současně také v abstraktu, pokud je nutné je v něm použít.
* Na rovnice odkazujte jejich číslem, a to až za jejich uvedením v textu práce.
* Všechny obrázky a tabulky v práci musí být odkazovány z hlavního textu pomocí svých čísel.

# Příloha D: Obsah přiloženého CD

Poslední přílohou práce je obsah přiloženého datového nosiče. Typ a povinný obsah datového nosiče je specifikován na stránkách FBMI ČVUT v Praze.

Dále na datový nosič umístěte přílohy, které není možné pro jejich rozsah nebo charakter umístit do výtisku práce, ale které mohou být důležité pro posouzení úplnosti a kvality splnění zadání práce, jako jsou různé konstrukční výkresy, zdrojový kód programů pro zpracování naměřených dat apod.

Na CD budou popsané všechny zdrojové kódy, instalace, testovací data, atd.. Aplikaci by mělo být možné si zkompilovat a otestovat, návod nasazení bude v kapitole Implementace případně i na CD u příslušných zdrojových kódů. Pro instalaci a zdrojové kódy musí být definovaná licenční ujednání.