

**UNIVERZITA PARDUBICE**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2024**

**Lukáš Holeka**

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ROBOTICKÁ RUKA OVLÁDANÁ BEZDRÁTOVOU  
RUKAVICÍ**

Lukáš Holeka

Diplomová práce  
2024

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Holeka**  
Osobní číslo: **I21305**  
Studijní program: **N0714A150005 Automatické řízení**  
Téma práce: **Robotická ruka ovládaná bezdrátovou rukavicí**  
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

## Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je návrh a realizace robotické ruky. Pohyb základny ruky bude realizován pomocí krokového motoru. Pohyb ostatních kloubů ruky bude zajištěn vhodnými servopohony. Základem řídicí jednotky bude vybraný typ jednočipového mikropočítače, například řady ATmega. Je možné využít standardní vývojový kit s mikropočítačem, doplněný o příslušné periferní moduly. Ovládání ruky bude umožněno pomocí bezdrátové rukavice. Firmware řídicí jednotky bude realizován ve vývojovém prostředí Arduino IDE. Konečným výsledkem bude funkční prototyp dálkově ovládané robotické ruky. Nedílnou součástí práce bude i podrobná výrobní dokumentace, zdrojové kódy firmware mikropočítače, včetně konstrukčního a uživatelského manuálu.

Rozsah pracovní zprávy: **60**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR – 3. díl – edice uP a praxe 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4  
MATOUŠEK, D., Aplikace ATmega644, BEN – technická literatura, 2013, ISBN 978-80-7300-492-7  
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4  
GREPL, R., Modelování mechatronických systémů v Matlab/SimMechanics, BEN-technická literatura, 2007, ISBN 978-80-7300-226-8

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání diplomové práce: **8. listopadu 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2023**

**Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.** v.r.  
děkan

L.S.

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.** v.r.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. listopadu 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Práci s názvem Robotická ruka ovládaná bezdrátovou rukavicí jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24. 5. 2024

Lukáš Holeka

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D. za pomoc a rady při vymýšlení zadání. Dále chci poděkovat rodině za podporu, a především svému otci za pomoc s konstrukčními věcmi.

V Pardubicích dne 24. 5. 2024

Bc. Lukáš Holeka

## **ANOTACE**

*Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací robotického ramene ovládaného bezdrátovou rukavicí. Systém je řízen dvěma jednočipovými mikropočítači.*

*V teoretické části se práce zabývá jednotlivými typy robotických manipulátorů a jejich možnostmi programování.*

*Praktická část se zaměřuje na realizaci robotického manipulátoru a vysvětlení programu pro manipulátor a bezdrátovou rukavicí.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*Arduino, robotický manipulátor, bezdrátová komunikace, programování*

## **TITLE**

*ROBOTIC HAND CONTROLLED BY WIRELESS GLOVE*

## **ANNOTATION**

*The thesis deals proposal and realization robotic manipulator controlled by a wireless glove.*

*The system uses two single-chip microprocessor.*

*Teoretical part of the work deals with individual types of robotic manipulators and their programming possibilities.*

*The practical part focuses on the realization of the robotic manipulator and the explanation of the program for the manipulator and the wireless glove.*

## **KEYWORDS**

*Arduino, robotic manipulator, wireless communication, programming*

# OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	9
SEZNAM ILUSTRACÍ .....	10
ÚVOD .....	13
1 Robotika.....	14
1.1 Průmyslová robotika .....	15
1.2 Robotický manipulátor .....	15
1.3 Typy paží robotů.....	17
1.3.1 Kloubové robotické rameno.....	17
1.3.2 Kartézský robot.....	18
1.3.3 SCARA robot.....	19
1.3.4 Cylindrický robot.....	19
1.3.5 Sférický robot .....	20
1.3.6 Delta robot .....	21
1.3.7 Kolaborativní robot.....	21
1.3.8 Mobilní robot .....	22
1.4 Programování manipulátorů .....	22
1.4.1 Online programování .....	22
1.4.2 Flexibilní off-line programování .....	23
1.4.3 Ruční programování .....	24
1.4.4 Programování pomocí umělé inteligence .....	24
2 KOMPONENTY ROBOTICKÉ RUKY .....	25
2.1 MIKROKONTROLÉR.....	26
2.1.1 Arduino Nano .....	26
2.1.2 Arduino Mega2560.....	27
2.2 VSTUPNÍ PERIFERIE.....	27
2.2.1 Tlačítko .....	27



2.2.2	Potenciometr .....	28
2.2.3	Flex senzor .....	29
2.2.4	MPU6050 .....	29
2.3	VSTUPNĚ VÝSTUPNÍ PERIFERIE .....	30
2.3.1	nRF24L01 .....	30
2.4	VÝSTUPNÍ PERIFERIE .....	30
2.4.1	Servomotory .....	30
2.4.2	Driver .....	32
2.4.3	Krokový motor .....	33
3	KONSTRUKCE ROBOTICKÉ RUKY .....	34
3.1	Základna robotické ruky .....	34
3.2	Robotické rameno .....	36
3.3	Robotická ruka .....	39
3.4	Bezdrátová rukavice .....	43
3.5	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	44
4	SOFTWARE PROJEKTU .....	46
4.1	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ ARDUINO IDE .....	46
4.2	VÝVOJOVÉ DIAGRAMY .....	47
	ZÁVĚR .....	56
	POUŽITÁ LITERATURA .....	58
	PŘÍLOHY .....	61

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

CAD	Computer-aided design
DC	Direct current
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
PWM	Pulse Width Modulation
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
LED	Light-Emitting Diode

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Příklad robota (Průmyslové roboty a manipulátory, nedatováno).....	14
Obr. 1.2 – Graf zásob průmyslových robotů (Richter, 2021).....	15
Obr. 1.3 – Robot s 6 stupni volnosti (How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components and the Movement of Robot Arms, 2018).....	16
Obr. 1.4 – Příklad robota s otevřeným kinematickým řetězcem (How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components and the Movement of Robot Arms, 2018).....	17
Obr. 1.5 – Kloubové robotické rameno (FAIRCHILD, 2021) .....	18
Obr. 1.6 – Ukázka kartézského robota (FAIRCHILD, 2021).....	18
Obr. 1.7 – SCARA robot (FAIRCHILD, 2021) .....	19
Obr. 1.8 – Cylindrický robot (Kochaníček, Nedatováno).....	20
Obr. 1.9 – Sférický robot (FAIRCHILD, 2021) .....	20
Obr. 1.10 – Delta robot (FAIRCHILD, 2021) .....	21
Obr. 1.11 – Příklad kolaborativního robota (ABB uvádí na trh kolaborativní robot GoFa™ s nosností do 5 kg, 2021).....	21
Obr. 1.12 – Příklad mobilního robota MiR100 od společnosti Mobile Industrial Robots (Klauz, 2018) .....	22
Obr. 1.13 – Online programování (Owen-Hill, 2020) .....	23
Obr. 1.14 – Flexibilní off-line programování (Owen-Hill, 2020) .....	23
Obr. 1.15 – Programování pomocí umělé inteligence (Owen-Hill, 2020). .....	24
Obr. 2.1 – Blokové schéma pro řídicí jednotku Arduino nano.....	25
Obr. 2.2 – Blokové schéma pro řídicí jednotku Arduino Mega2560 .....	26
Obr. 2.3 – Arduino Nano (Smolík, 2011).....	26
Obr. 2.4 – Arduino Mega2560 (Arduino mega 2560, Nedatováno).....	27
Obr. 2.5 – Zapojení tlačítka (Locek, 2013).....	28
Obr. 2.6 – Tlačítko (Taktický spínač, Nedatováno) .....	28
Obr. 2.7 – Potenciometr (Schweber, 2021) .....	28
Obr. 2.8 – Flex senzor (BBOYHO, nedatováno).....	29
Obr. 2.9 – MPU6050 (3osý akcelerometr MPU-6050 a gyroskop I2C, Nedatováno) .....	29
Obr. 2.10 – nRF24L01 (Dejan, Nedatováno) .....	30
Obr. 2.11 – Servo Feetech FC – SRB – 002 (Servo Feetech FC-SRB-002 – standard, Nedatováno).....	31
Obr. 2.12 – Servo LF-20MG (Standard Servo PowerHD LF-20MG, Nedatováno).....	31

Obr. 2.13 – Servo BigHobby (Digitální servo 466-LV180, Nedatováno).....	32
Obr. 2.14 – Driver L9110S (L9110 2-CHANNEL MOTOR DRIVER, 2021) .....	32
Obr. 2.15 – Práce v režimu celého kroku (KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KROKOVÝCH MOTORŮ, 2020).....	33
Obr. 2.16 – Krokový motor NEMA17 (Krokový motor NEMA17 - 33 mm).....	33
Obr. 3.1 – Konstrukce krabice pro uložení mikrokontroleru.....	34
Obr. 3.2 – Rozdělení krabice a uchycení krokového motoru .....	35
Obr. 3.3 – Přední část krabice.....	35
Obr. 3.4 – Sestava první části robotického ramene (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	36
Obr. 3.5 – Sestava základny robotického ramene (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	37
Obr. 3.6 – Sestava lokte robotického ramene (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	37
Obr. 3.7 – Sestava zápěstí robotického ramene (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	38
Obr. 3.8 – Vizualizace ruky pro umístění servomotorů (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	39
Obr. 3.9 – Vyřiznutá dlaň s otvory pro servomotory.....	39
Obr. 3.10 – Vizualizace prstu ze dvou dílů (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	40
Obr. 3.11 – Vizualizace dílů pro ohyb prstu (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	40
Obr. 3.12 – Výsledná konstrukce pro pohyb prstu .....	41
Obr. 3.13 – Model robotické ruky (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical).....	41
Obr. 3.14 – Výsledek konstrukčního řešení prstů.....	42
Obr. 3.15 – Výsledný robotický manipulátor .....	42
Obr. 3.16 – Výsledná bezdrátová rukavice.....	43
Obr. 3.17 – Návrh plošného spoje pro bezdrátovou rukavici (Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE).....	44
Obr. 3.18 – Návrh shieldu pro Arduino Mega2560 (Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE).....	45
Obr. 3.19 – Návrh Plošného spoje pro tlačítko a LED (Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE).....	45
Obr. 4.1 – Hlavní okno Arduina IDE.....	46
Obr. 4.2 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice.....	48

Obr. 4.3 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice (A) .....	48
Obr. 4.4 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice (B) .....	49
Obr. 4.5 – Vývojový diagram robotického ramene (A).....	51
Obr. 4.6 – Vývojový diagram robotického ramene .....	51
Obr. 4.7 - Vývojový diagram robotického ramene (B).....	52
Obr. 4.8 – Vývojový diagram robotického ramene (D).....	54
Obr. 4.9 – Vývojový diagram robotického ramene (C).....	54
Obr. 4.10 – Vývojový diagram robotického ramene (E) .....	55
Obr. 4.11 – Vývojový diagram robotického ramene (F) .....	55

# ÚVOD

Robotika je nedílnou součástí dnešní doby. S robotickými manipulátory se můžeme často setkávat v nejrůznějších výrobních procesech. Výhodou robotizace je nejen zvýšení produktivity, ale také šetření nákladů a času.

Cílem této práce je vytvořit vlastní robotický manipulátor. Je zapotřebí navrhnout a vytvořit vlastní konstrukční řešení manipulátoru, elektronický obvod a program pro správnou funkčnost. Robotický manipulátor bude řízen jednočipovým mikropočítačem Arduino Mega2560. Dalším cílem je vytvořit program pro bezdrátovou rukavici, která bude na dálku robotický manipulátor ovládat. Bezdrátová rukavice bude řízena jednočipovým mikropočítačem Arduino Nano.

Teoretická část se bude zabývat jednotlivými typy paží používané v robotice a jejich vlastnostmi. Bude obsahovat kapitoly o průmyslové robotice a možnostmi programování robotických manipulátorů.

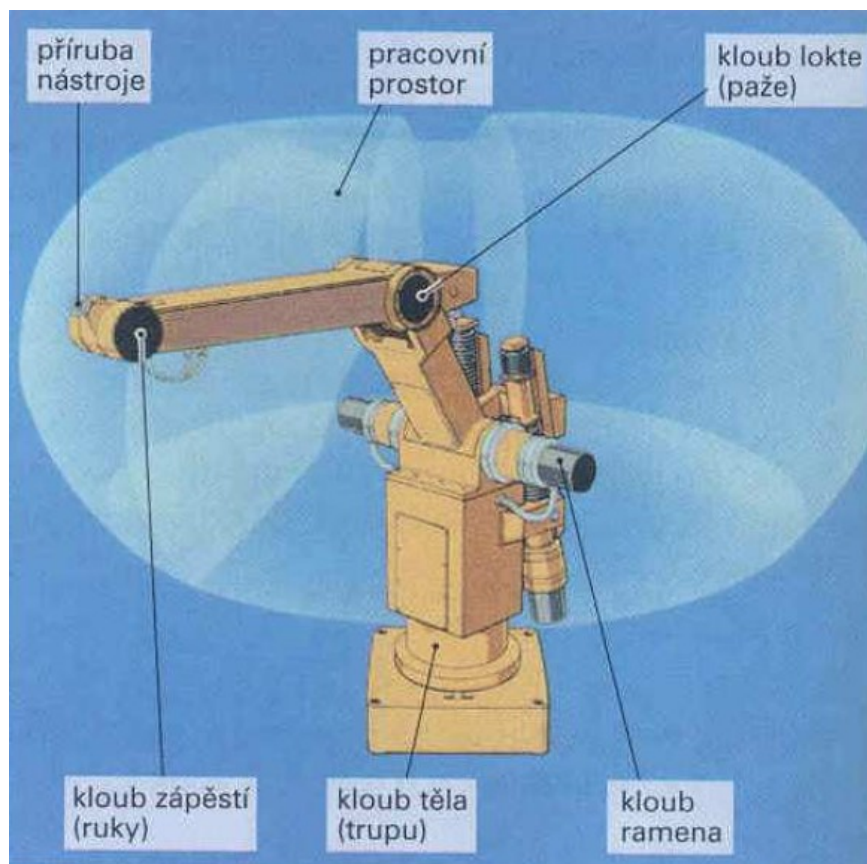
Praktická část bude popisovat využití komponenty v projektu a popis realizace konstrukčního řešení. Další kapitola bude věnována vysvětlení programové části pro robotický manipulátor a bezdrátovou rukavici.

# 1 Robotika

Tato kapitola se zabývá průmyslovou robotikou, robotických manipulátorů a jejich typu paží. Nejčastější definice robotiky je věda zabývající se inteligentním propojením mezi vnímáním a činnostmi (Cvejn, 2023).

Robot je velice komplexní zařízení, které vykonává potřebné úkoly. Dokáže vnímat své okolí pomocí senzorů a také do něho zasahovat. Robotika je interdisciplinární obor, kde je potřeba ovládnout několik potřebných oborů, jako je mechanika, elektronika, kybernetika nebo umělá inteligence (Cvejn, 2023).

Jelikož jde o komplexní zařízení skládá se z několika podsystémů. Prvním je pohybový aparát robota, kam se zařazují například mechanické paže nebo kola. Mechanické části potřebují svůj pohon, proto je potřeba zvolit vhodný hnací aparát. Vnímání zajišťují potřebné senzory. Exteroceptivní vnímání poskytuje informaci o okolí robota a proprioceptivní vnímání poskytuje informaci o vnitřních stavech robota. Pro řízení robota je v neposlední řadě potřebné zvolit řídicí systém (Cvejn, 2023).



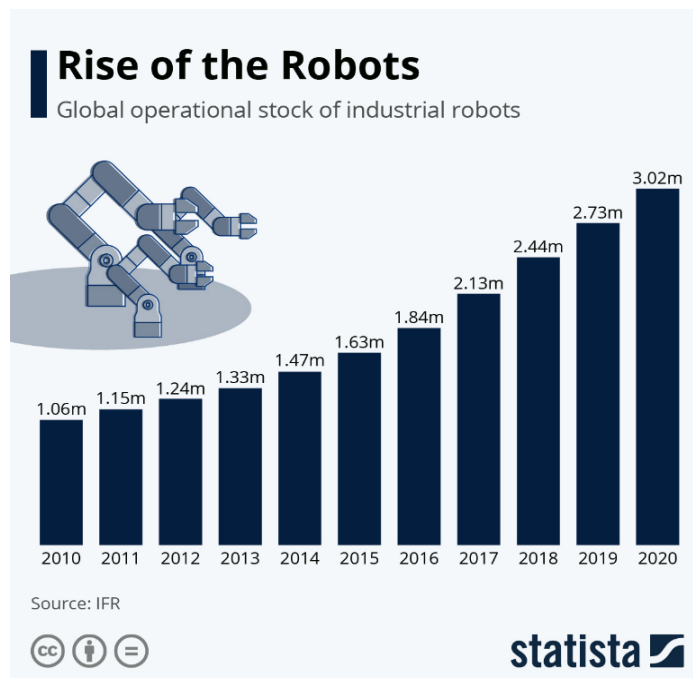
Obr. 1.1 – Příklad robota  
(Průmyslové roboty a manipulátory, nedatováno)

## 1.1 Průmyslová robotika

Průmyslový roboti se za dobu své existence stále rozšiřují. Z údajů Mezinárodní federace robotiky se provozní zásoby průmyslových robotů za deset let ztrojnásobily. V roce 2020 se globální provozní zásoby pohybovaly nad tři miliony kusů (Richter, 2021).

Značnou výhodou průmyslových robotů je vysoká přesnost, jejich tichý provoz, rychlost a flexibilita. Využívají se v několika různých aplikacích. Například pro manipulaci, těsnění a lepení a mnoho dalších činností (Industrial Robots, Nedatováno).

Využití průmyslových robotů má pro firmy řadu výhod. Firmě se zvyšuje jejich produktivita, kvalita a redukuje výrobní náklady. Automatizovaná výroba snižuje námahu pracovníků, které lze využít pro jiné úlohy ve firmě (Industrial Robots, Nedatováno).



Obr. 1.2 – Graf zásob průmyslových robotů (Richter, 2021)

## 1.2 Robotický manipulátor

Robotický manipulátor má tři základní části. Jedná se o paže, zápěstí a koncový efektor. Paže umožňuje dosáhnout potřebné polohy pro zápěstí. Zápěstí napomáhá dosáhnout požadované orientace koncového efektoru. Koncový efektor je potřebný nástroj, který může sloužit k uchopení tělesa nebo vykonávání jiné požadované činnosti. Například sváření, montování nebo vrtání (Cvejn, 2023).

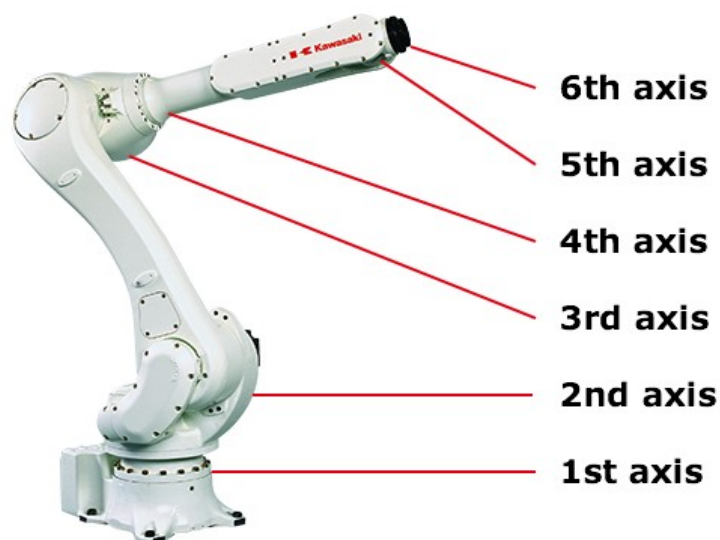


Mobilitu manipulátoru zajišťují jednotlivé klouby. Kloub spojuje dvě ramena a umožňuje jejich volný nebo řízený pohyb. Rozdělují se na posuvné a rotační. U manipulátoru se většinou jedná o otevřený kinematický řetězec, který je možno popsat acyklickým grafem. Acyklický graf neobsahuje žádný cyklus (Smutný, Nedatováno).

V robotice jsou důležitými pojmy počet stupňů volnosti, pracovní prostor robota a přesnost robota. Počet stupňů volnosti označuje maximální počet nezávislých souřadnic, které mají schopnost popsat polohu řetězce. Pro zjištění počtu stupňů volnosti mechanismu, který je označen v rovnici „F“, lze zvolit Grüblerovo kritérium. Kde „f<sub>i</sub>“ vyjadřuje počet stupňů volnosti kloubu „i“, „n“ je počet ramen mechanismu, „j“ označuje počet kloubů mechanismu a „λ“ je počet stupňů volnosti tuhého tělesa v okolním prostoru (Smutný, Nedatováno).

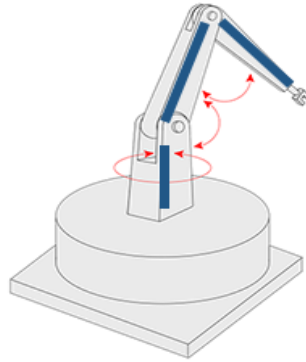
$$F = \lambda(n - j - 1) \sum_{i=1}^j f_i$$

Pracovní prostor robota je souvislá a omezená množina bodů v prostoru, který může koncový efektor zaujmout. Rozsah prostoru závisí na provedení robotického manipulátoru. Pracovní prostor je rozdělen na dosažitelné, a tak zvaný prostor obratnosti. V případě prvně jmenovaného typu prostoru dosahuje efektor do množiny bodů aspoň jednou orientací. Při prostoru obratnosti dosahuje efektor do množiny bodů libovolnou orientací. Poslední jmenovaný pojem přesnost robota se rozlišuje na opakovanou a absolutní přesnost (Cvejn, 2023).



Obr. 1.3 – Robot s 6 stupni volnosti  
(How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components  
and the Movement of Robot Arms, 2018)

### ① Serial link



### Serial joint linkage

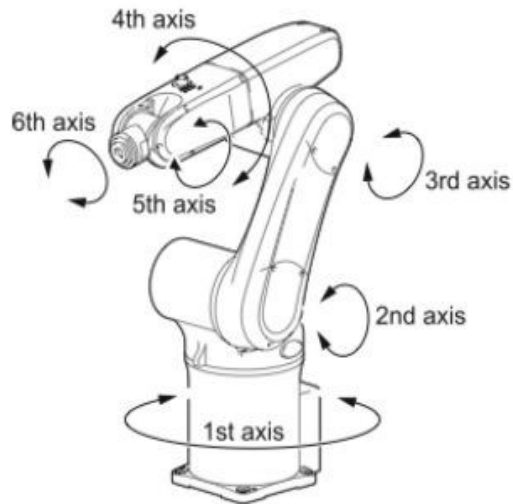
Obr. 1.4 – Příklad robota s otevřeným kinematickým řetězcem (How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components and the Movement of Robot Arms, 2018)

## 1.3 Typy paží robotů

Na trhu existuje několik typů průmyslových manipulátorů. Při výběru robotického manipulátoru musí uživatel vědět v jakém prostředí má robot pracovat a jaký pohyb musí vykonávat. Je zapotřebí mít rozmyšlené konstrukční požadavky na robota, zda bude mobilní nebo pevně připevněn. V případě manipulace s objekty se bere ohled na maximální váhu objektu, kterou musí manipulátor zvládnout a zda pracovní obálka bude kruhová nebo obdélníková. Všechny tyto informace uživateli pomáhají s výběrem při pořizování robotického manipulátoru. Robotické manipulátory rozlišujeme na kartézské, SCARA roboty, cylindrické, sférické, antropomorfní, kolaborativní a delta roboty (FAIRCHILD, 2021).

### 1.3.1 Kloubové robotické rameno

Pohyb kloubového robotického ramene se nejvíce podobá lidskému rameni. Je možno je využívat pro obloukové nebo bodové svařování, uchopení a umístění těžkých břemen nebo obsluhu strojů. Kloubový roboti se často vyskytují například v automobilovém průmyslu. Ze všech typů robotický ramen mají nejflexibilnější pohyb. Nevýhodou je jejich vyšší cena, jelikož ve většině případech využívají sofistikovanější řídicí systémy (FAIRCHILD, 2021).

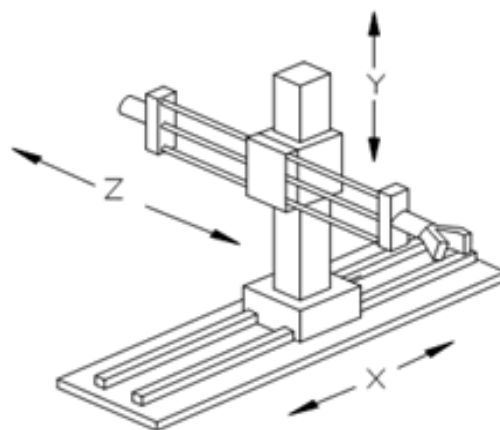


Obr. 1.5 – Kloubové robotické rameno (FAIRCHILD, 2021)

### 1.3.2 Kartézský robot

Tento typ robota je možno nazývat také jako lineární robot, jelikož všechny tři klouby jsou translační. V takovém případě je pohyb kloubu omezen na přímku. Robot využívá kartézský souřadný systém pro lineární pohyb podél tří os (FAIRCHILD, 2021).

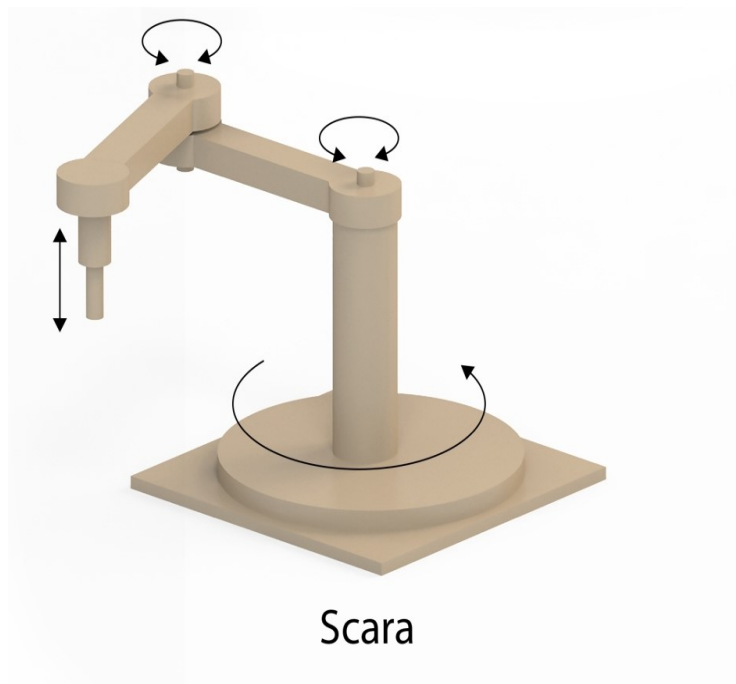
Jelikož je pohyb kloubu omezen pouze na přímku vzniká nemožnost rotačních pohybů. Tím vzniká omezení uchopit předmět z více stran. Výhodou takového typu je tuhost ve všech osách a při správné konstrukci možnost zvedat i velmi těžké objekty (FAIRCHILD, 2021).



Obr. 1.6 – Ukázka kartézského robota (FAIRCHILD, 2021)

### 1.3.3 SCARA robot

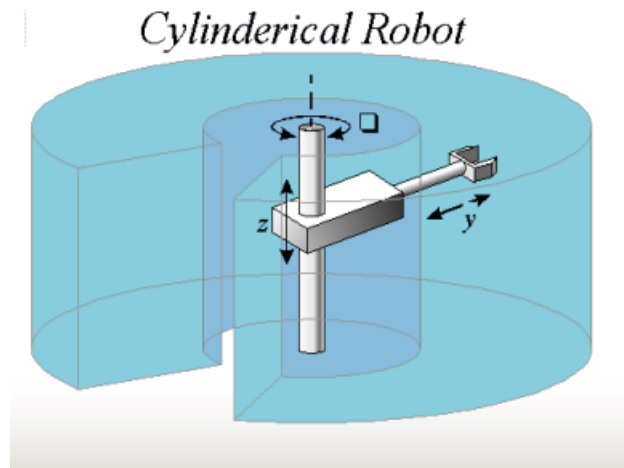
SCARA robot je podobný kartézskému, protože se taky pohybuje ve třech kloubech nebo osách. Rozdíl nastává až v provádění pohybu robota. Ve dvou ze tří os je pohyb SCARA robota rotační. V takovém případě nemá taková omezení v manipulaci jako kartézský robot. Tento se robot využívá často pro montážní aplikace. Mezi nevýhody se řadí nepříliš vysoká přesnost a menší flexibilita oproti kloubovému rameni. Při větší vzdálenosti od vertikální osy se přesnost snižuje (FAIRCHILD, 2021).



Obr. 1.7 – SCARA robot  
(FAIRCHILD, 2021)

### 1.3.4 Cylindrický robot

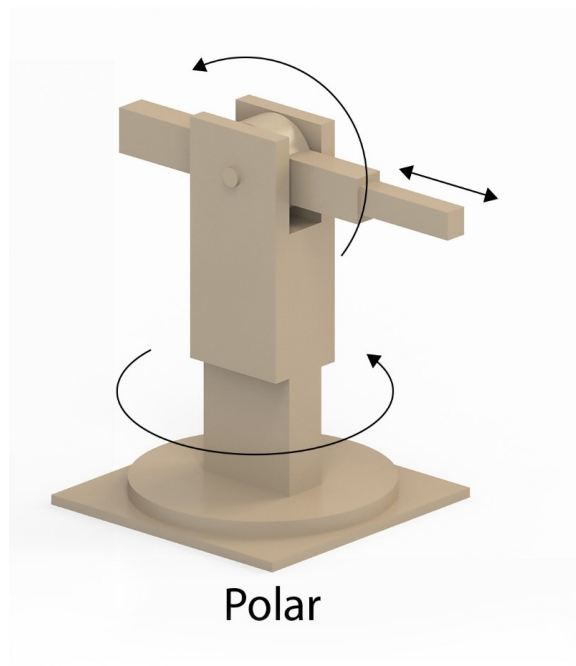
Tento typ obsahuje tři klouby. Jeden rotační kloub u podstavy a dva posuvné klouby. Ve většině případů se využívají pro manipulaci s těžkými objekty. Vytváří válcový souřadný systém. Větší nevýhodou je snižování přesnosti koncového efektoru s vysunutím ramene (Cvejn, 2023).



Obr. 1.8 – Cylindrický robot  
(Kochaniček, Nedatováno)

### 1.3.5 Sférický robot

Oproti cylindrickému robotu obsahuje kombinaci dvou rotačních kloubů a třetí lineární kloub. Sférický robot lze využít k lakování, bodovému svařování nebo obloukovému svařování. Pokud je robot vybaven vhodnou velikostí lineárního ramene může mít vysoký dosah (FAIRCHILD, 2021).



Obr. 1.9 – Sférický robot  
(FAIRCHILD, 2021)

### 1.3.6 Delta robot

Delta robot má tři stupně volnosti. Skládá se ze tří robotických ramen ve tvaru rovnoběžníků. Výhodou Delta robota je jeho lehkost přesný pohyb a vysokorychlostní provoz. Často je využíván pro aplikaci tzv. pick and place neboli v překladu vzít a umístit. Dále je využíván například v dávkování lepidla, montážních prací nebo pájení. Nevýhody robota jsou omezení pro práci s těžkými objekty a malý rozsah pohybu (FAIRCHILD, 2021).



Obr. 1.10 – Delta robot  
(FAIRCHILD, 2021)

### 1.3.7 Kolaborativní robot

Robot umožňuje přímou interakci s uživatelem bez nutnosti bezpečnostních opatření. Velkou výhodou je schopnost uživatele naučit robota potřebné pohyby. Není zapotřebí psát pro robota potřebný programovací kód, ale stačí uchopit rameno robota a fyzicky s ním pohybovat do potřebných poloh. Po skončení interakce s robotem dokáže robotický manipulátor replikovat dané pohyby. Nevýhodou je omezená rychlost a síla robota (FAIRCHILD, 2021).



Obr. 1.11 – Příklad kolaborativního robota  
(ABB uvádí na trh kolaborativní robot GoFa™ s  
nosností do 5 kg, 2021)

### 1.3.8 Mobilní robot

Pod názvem mobilní robot si lze představit klasický robotický manipulátor, který má mobilní základnu. Ta mu umožňuje volný pohyb prostorem. Mobilní roboti jsou většinou vybaveni přídatnými koly, pásy nebo nohama. Existují také létající nebo vodní roboti (Cvejn, 2023).



Obr. 1.12 – Příklad mobilního robota MiR100 od společnosti Mobile Industrial Robots (Klauz, 2018)

## 1.4 Programování manipulátorů

V předchozí kapitole byly vysvětleny jednotlivé typy robotů. Aby manipulátor vykonával požadovanou práci je zapotřebí pomocí operátora uložit potřebný program, který tuto práci definuje. Vytvořený program se ukládá do řídicí jednotky robota, která určitou činnost bude vykonávat. Tato kapitola popisuje možnosti, kterými lze programovat robotické manipulátory. Na výběr je mezi online, ručním a flexibilním off-line programováním nebo za pomoci umělé inteligence.

### 1.4.1 Online programování

V dnešní době je často využívána možnost programovat robota pomocí tzv. „teach pendantu“. Jedná se o ovládací konzoli pro programování robota přímo na místě. Tato konzole je často dodávána s robotem. Každá konzole provádí programování pomocí specifického programovaného jazyka dané značky. V případě robotů od firmy ABB je to programovací jazyk RAPID (Owen-Hill, 2020).

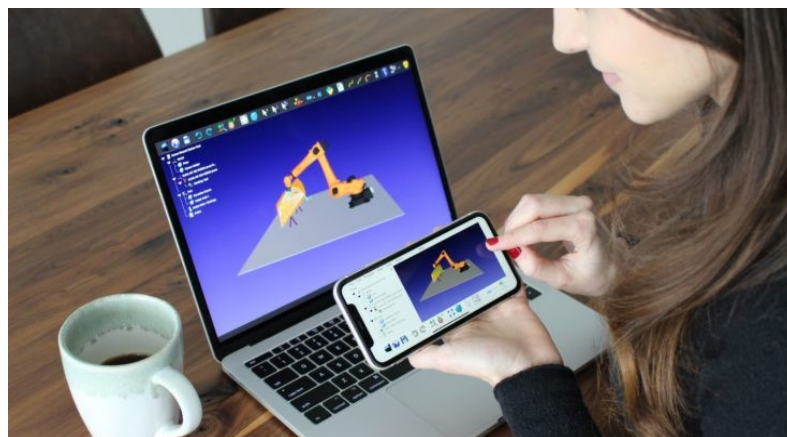


Obr. 1.13 – Online programování  
(Owen-Hill, 2020)

Výhodou je jeho praktičnost, jelikož uživatel stojí vedle robota a pomocí konzole může nastavit potřebné pohyby, ale i nouzově robota zastavit. Další výhodou je nepotřebnost dalšího hardwaru a integrovaný software výrobcem. Nevýhodou spočívá v potřebě naučit pracovníky s daným jazykem pracovat, jelikož pro každou značku robota je jiný programovací jazyk (Owen-Hill, 2020).

#### 1.4.2 Flexibilní off-line programování

náboj o velikosti 5 mm se závity M3 Další typ je off-line programování, které umožňuje naprogramovat robota v simulovaném prostředí. Je potřeba pouze počítač a potřebný software pro programování. Mezi jeho výhody lze zařadit možnost vytvářet program pro jakoukoliv značku nebo model robota se stejným rozhraním. Opadá zde rekvalifikace při přechodu mezi značkami robota. Pomocí pluginů je možnost rozšíření o další funkce, které nebyly součástí základního programu. Pro operátora je možné si předpřipravit program robota z domova nebo kanceláře (Owen-Hill, 2020).



Obr. 1.14 – Flexibilní off-line programování  
(Owen-Hill, 2020)

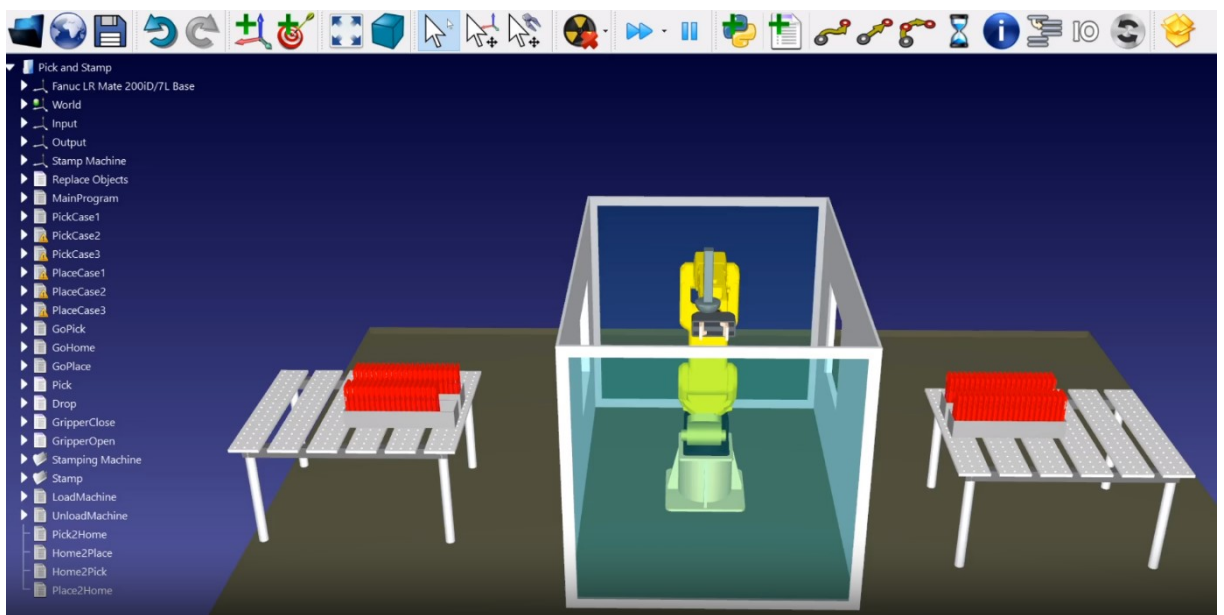


### 1.4.3 Ruční programování

Ruční programování bylo již zmíněno u kolaborativních robotů, které se programovaly pomocí fyzického pohybu robota a zaznamenávaly jednotlivé pozice. Výhodou takového programování je jeho intuitivnost. Oproti prvním dvěma typům je programování rychlejší a dá se dobře využít pro jednoduché úkony. Nevýhodou je velká absence u průmyslových robotů kvůli vyšším nákladům implementace a nedostatečná přesnost (Owen-Hill, 2020).

### 1.4.4 Programování pomocí umělé inteligence

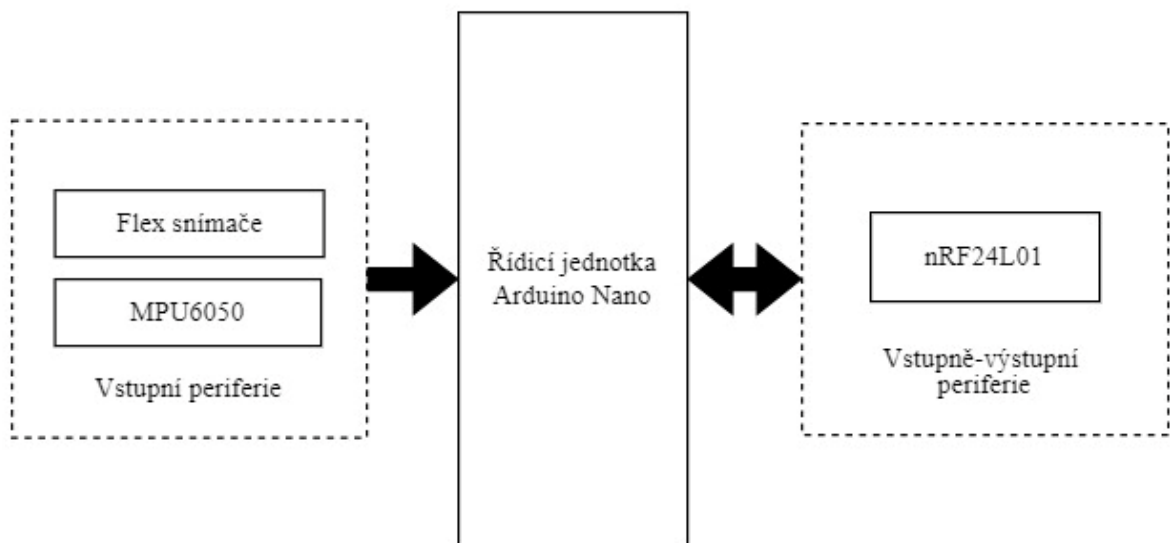
Novější metodou programování je využití pokročilých algoritmů umělé inteligence. Ta umožňuje robotovi se přizpůsobit dosud neznámým situacím nebo úkolům, aniž by bylo potřeba lidského zásahu. Díky schopnosti plánovat pohyb a reagovat na neznámé situace, lze zvýšit efektivitu práce s robotem. Metoda je novější a je stále ve fázi výzkumu, proto se robot dokáže vypořádat pouze s jednoduššími situacemi (Owen-Hill, 2020).



Obr. 1.15 – Programování pomocí umělé inteligence (Owen-Hill, 2020).

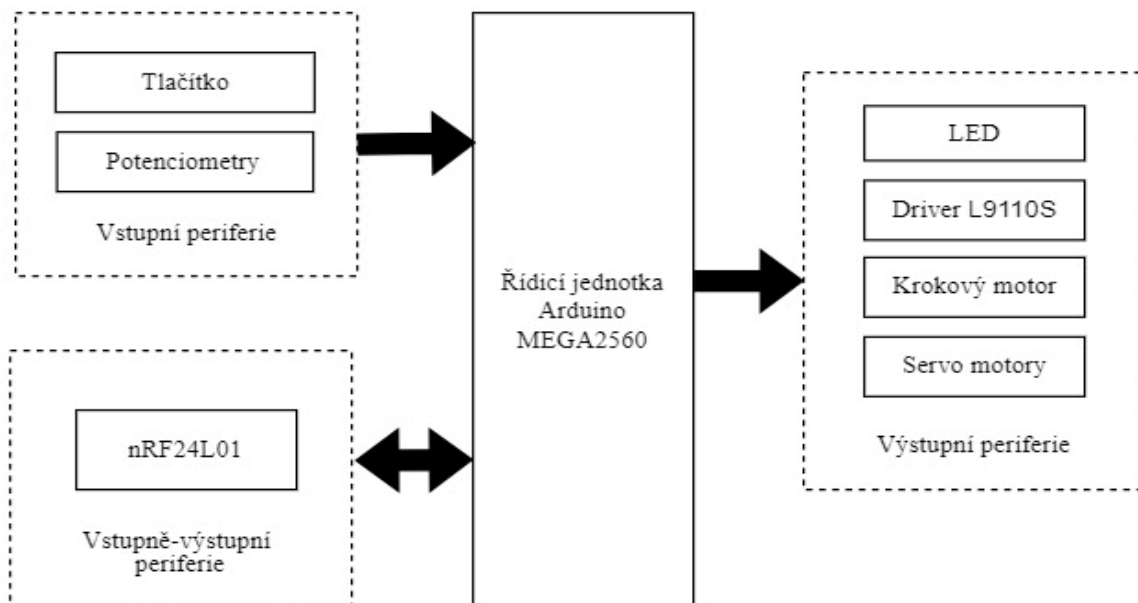
## 2 KOMPONENTY ROBOTICKÉ RUKY

Tato kapitola pojednává o řídicích systémech, které jsou použity pro bezdrátovou rukavici a robotické rameno. Pro bezdrátovou rukavici je využit mikrokontroler Arduino nano, ke kterému jsou připojeny dva typy snímačů a bezdrátový modul nRF24L01. První senzor je 3osý akcelerometr a gyroskop, který se využívá k určení náklonu. Druhým je flex senzor, který detekuje ohýbání v jednom směru. Modul nRF24L01 je určen pro bezdrátovou komunikaci mezi Arduino deskami.



Obr. 2.1 – Blokové schéma pro řídicí jednotku Arduino nano

Řídicí jednotka pro robotické rameno využívá mikrokontroler Arduino Mega2560. Stejně jako Arduino nano využívá modul nRF24L01 pro bezdrátovou komunikaci. Modul čte informace o poloze z gyroskopu MPU6050 a detekce ohýbání flex senzorů. Ty zapisuje a vysílá do bezdrátového modulu připojeného k druhému mikrokontroleru. Mezi vstupní periferie se řadí tlačítko a potenciometry, které ovládají jednotlivé motory v případě ručního ovládání. Výstupní periferie připojené k mikrokontroleru je LED, servomotory a driver L9110S, který ovládá krokový motor.



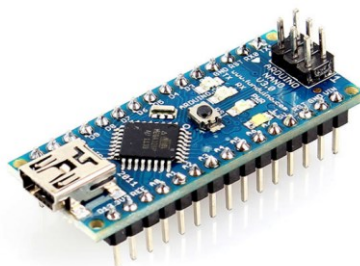
Obr. 2.2 – Blokové schéma pro řídicí jednotku Arduino Mega2560

## 2.1 MIKROKONTROLÉR

### 2.1.1 Arduino Nano

Mikrokontrolér Arduino Nano, který je využit pro bezdrátovou rukavici, je založen na mikroprocesoru Atmel ATmega328. Tato řídicí jednotka byla zvolena z důvodu kompaktních rozměrů, jelikož je umístěna přímo na horní části rukavice.

Provozní frekvence mikroprocesoru je 16 MHz. Obsahuje flash paměť o velikosti 32 kB, kde 2 kB jsou využity pro zavaděč. Obsahuje 8 analogových pinů a 14 digitálních vstupně/výstupních pinů, kde 6 z nich poskytuje PWM výstup. Pracovní napětí je 5 V a každý pin má proudové omezení 40 mA. Vývojová deska postrádá DC napájecí konektor. Pro napájení desky je možné využít Mini-USB konektor nebo externí napájení v rozsahu 6-20 V přes pin 30 (Smolík, 2011).

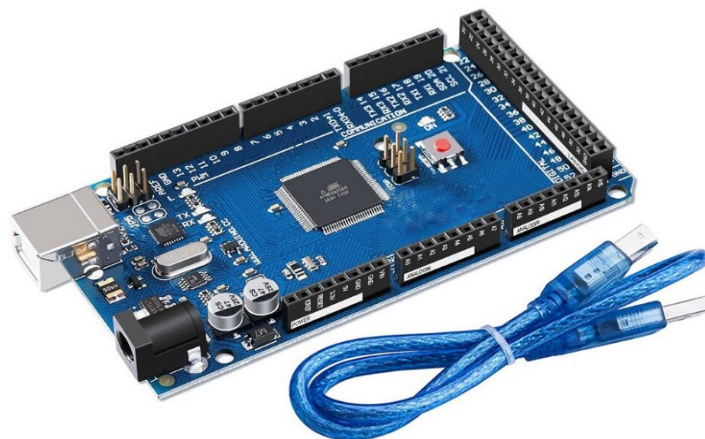


Obr. 2.3 – Arduino Nano (Smolík, 2011)

## 2.1.2 Arduino Mega2560

Robotické rameno je řízeno jednočipovým mikro počítačem Arduino Mega2560 využívající mikroprocesor ATmega2560. Vývojová deska byla zvolena kvůli větší flash paměti pro uložení programu a vyšší výkonosti čipu.

Mikroprocesor obsahuje 256 kB flash paměti, kde 8 kB je využito pro zavaděč mikroprocesoru. Vývojová deska obsahuje 16 analogových vstupů a 54 digitálních vstupně/výstupních pinů, kde 15 pinů je možné využít jako PWM výstupy. Proudové omezení pro jednotlivé piny je 20–50 mA. Dále obsahuje 16 MHz krystalový oscilátor, 4 rozhraní UART, resetovací tlačítko, indikaci napájecího napětí pomocí LED, USB konektor, napájecí konektor a ICSP konektor. Doporučené pracovní napájení je 7 V–12 V a maximální napětí do 20 V (Arduino mega 2560, Nedatováno).

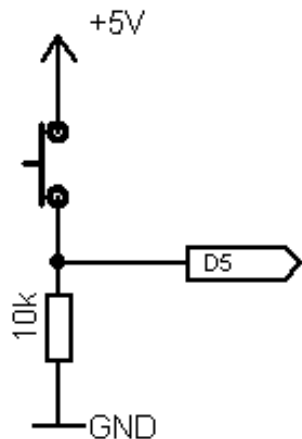


Obr. 2.4 – Arduino Mega2560  
(Arduino mega 2560, Nedatováno).

## 2.2 VSTUPNÍ PERIFERIE

### 2.2.1 Tlačítko

V této práci reprezentuje přepínač. Je využit tzv. pull-down rezistor, který je zapojený mezi vstupní pin a zem. V případě nestisknutého tlačítka se nastaví ruční ovládání, kde robotické rameno bude ovládáno pomocí potenciometrů. Při stisku tlačítka se přepne na ovládání pomocí bezdrátové rukavice. Pro indikaci mezi módy se využívá LED.



Obr. 2.5 – Zapojení tlačítka  
(Locek, 2013)

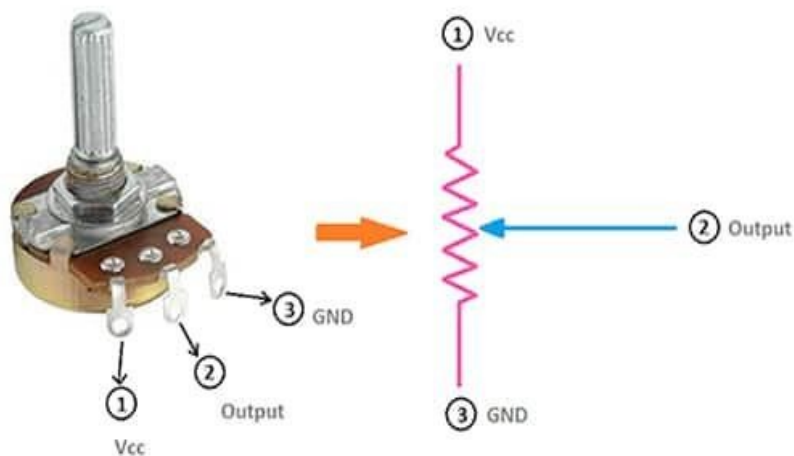


Obr. 2.6 – Tlačítko  
(Taktický spínač, Nedatováno)

## 2.2.2 Potenciometr

V případě ručního ovládání jsou využity potenciometry o velikosti 10 kΩ. Potenciometry jsou připojeny k analogovým vstupům Arduina, kde pro každý motor je využit jeden z nich.

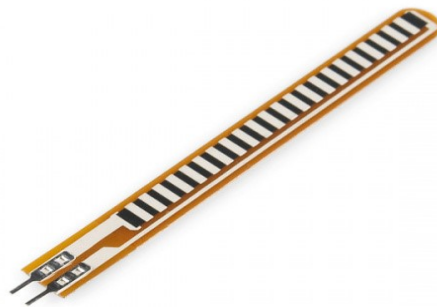
Jde o zařízení s funkcí napěťového děliče prostřednictvím nastavitelného jezce na otočné hřídeli. Tento uživatelsky nastavitelný jezdec se pohybuje po odporové dráze (Schweber, 2021).



Obr. 2.7 – Potenciometr  
(Schweber, 2021)

### 2.2.3 Flex senzor

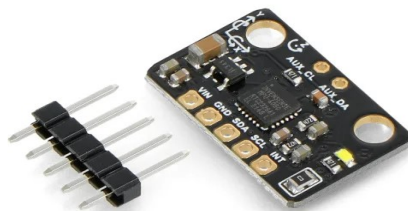
Jedná se o tenzometr, který je variabilní rezistor. Má schopnost měnit svůj odpor při ohybu lineárního povrchu. V případě neohnutého povrchu je jeho odpor 30 k $\Omega$ . Při ohybu se odpor svorek zvyšuje a pod úhlem 90° se odpor může zvýšit až na 70 k $\Omega$ . V této práci je využito pět flex senzorů, každý o velikosti 5,588 cm. Pro čtení analogově-digitálním převodníkem je připojen statický rezistor, díky kterému je vytvořen napěťový dělič (BBOYHO, nedatováno).



Obr. 2.8 – Flex senzor  
(BBOYHO, nedatováno)

### 2.2.4 MPU6050

MPU6050 je 3osý akcelerometr a gyroskop využívající komunikaci po I2C sběrnici. Senzor je využit pro měření náklonu osy x a osy y. Senzor obsahuje 4 hlavní piny pro připojení k Arduino. Pin pro napájení, kde se využívá napájecí napětí 5 V z Arduina, pin pro uzemnění, hodinovou a datovou linku sběrnice I2C (3osý akcelerometr MPU-6050 a gyroskop I2C, Nedatováno).

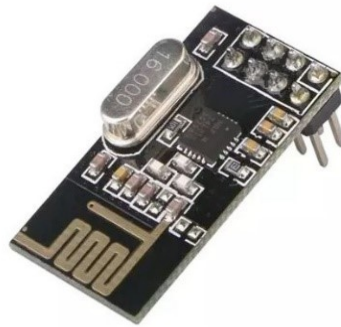


Obr. 2.9 – MPU6050  
(3osý akcelerometr MPU-6050 a  
gyroskop I2C, Nedatováno)

## 2.3 VSTUPNĚ VÝSTUPNÍ PERIFERIE

### 2.3.1 nRF24L01

Bezdrátový modul nRF24L01 je využit pro komunikaci mezi zvolenými mikropočítači. Tato práce využívá dva tyto bezdrátové moduly. Jeden využívá mikropočítač Arduino Nano a druhý Arduino Mega2560. Tento modul v praxi zajistí přenos dat ze senzoru na bezdrátové rukavici do mikropočítače, který řídí robotický manipulátor. Využívá pracovní frekvenci 2,4 GHz a dokáže pracovat s přenosovou rychlostí od 250 kbps až do 2 Mbps. Provozní napětí se pohybuje od 1,9 – 3,6 V a maximální proudový odběr je 12,3 mA. Ve volném prostoru modul dokáže na dálku komunikovat až 100 m (Dejan, Nedatováno).



Obr. 2.10 – nRF24L01  
(Dejan, Nedatováno)

## 2.4 VÝSTUPNÍ PERIFERIE

### 2.4.1 Servomotory

Využity jsou tři typy standardních digitálních servomotorů, který zajišťují ohyb ramene lokte a zápěstí.

Prvním typem pro ohyb lokte je servomotor od firmy Feetech pod označením FC – SRB°–°002. Rozsah serva je od 0 ° do 180 °. Je možno ho napájet od 4,8 V do 7,4 V. Maximální točivý moment je 15 kg\*cm. Jeho hmotnost je 59 g (Servo Feetech FC-SRB-002 – standard, Nedatováno).



Obr. 2.12 – Servo Feetech FC – SRB – 002  
(Servo Feetech FC-SRB-002 – standard, Nedatováno)

Druhým servomotorem je typ LF-20MG od firmy PowerHD. Tento servomotor je využit na otáčení zápěstí robotického ramene. Výhodou jsou jeho hliníkové převody a kuličková ložiska. Oproti prvnímu typu má vyšší točivý moment, který je až 20 kg\*cm. Napájecí napětí je 4,8 V až 6,6 V a rozsah pohybu od 0 ° do 180 ° (Standard Servo PowerHD LF-20MG, Nedatováno).



Obr. 2.11 – Servo LF-20MG  
(Standard Servo PowerHD LF-20MG, Nedatováno).

K ovládní ramene jsou využity dva digitální servomotory od firmy Bishobby. Tyto dva motory jsou usazeny naproti sobě a pracují synchronně. Jejich výhodou je využívání celokovové ozubení a kuličková ložiska. Je možné je napájet 4,8 až 6 V. Jejich točivý moment je 35 kg\*cm (Digitální servo 466-LV180, Nedatováno).





Obr. 2.13 – Servo BigHobby  
(Digitální servo 466-LV180, Nedatováno).

### 2.4.2 Driver

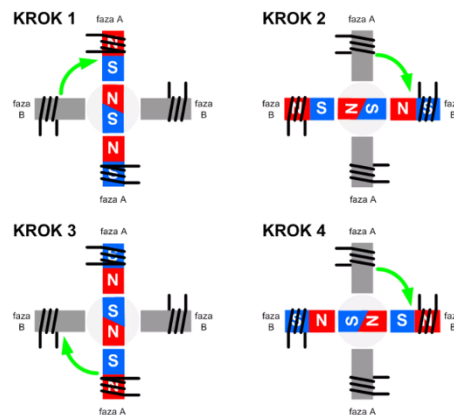
Pro krokový motor se využívá 2 – kanálový modul ovladače motoru L9110S. Lze ho napájet až 12 V a pro připojení k mikrokontroleru využívá sadu zásuvkových kolíků. Je možno ho využít k řízení dvou stejnosměrných motorů ve stejný čas nebo k jednomu dvoufázovému krokovému motoru. Pro připojení motorů disponuje dvěma sadami šroubových svorek. Pro řízení rychlosti motoru je využit PWM signál z Arduina a v případě změny směru digitální výstup (L9110 2-CHANNEL MOTOR DRIVER, 2021).



Obr. 2.14 – Driver L9110S  
(L9110 2-CHANNEL MOTOR DRIVER, 2021)

### 2.4.3 Krokový motor

Krokový motor se skládá z rotoru a statoru. Stator, který je vyroben z kovu je kostrou pro sadu elektromagnetů. Rotor usazený na hřídeli bude rotovat v závěsu za vytvořeným magnetickým polem kolem statoru. V případě úhlu kroku  $1,8^\circ$  je potřeba provést 200 kroků pro úplné pootočení (KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KROKOVÝCH MOTORŮ, 2020).



Obr. 2.15 – Práce v režimu celého kroku (KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KROKOVÝCH MOTORŮ, 2020).

Bipolární dvoufázový krokový motor základny robotického ramene je NEMA17. Disponuje úhlem kroku  $1,8^\circ$  a statickým momentem 280 mN.m. Jmenovitým proudem 1,5 A a jmenovitým napětím 3 V (Krokový motor NEMA17 - 33 mm).



Obr. 2.16 – Krokový motor NEMA17 (Krokový motor NEMA17 - 33 mm)

### 3 KONSTRUKCE ROBOTICKÉ RUKY

Tato kapitola se zabývá konstrukcí robotického ramene, využitých materiálů a zvolených prvků k uchycení motorů.

#### 3.1 Základna robotické ruky

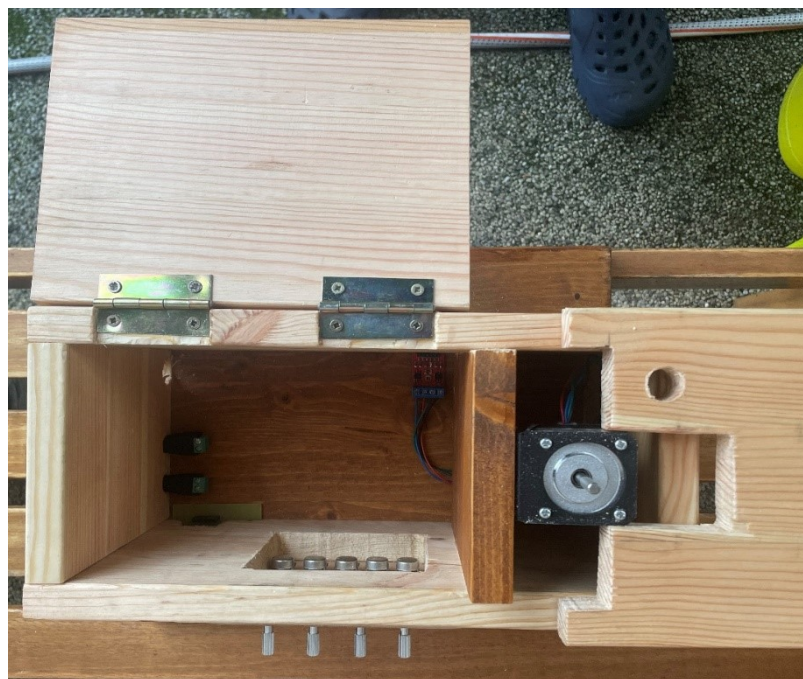
Základna robotického ramene je ze smrkového masivu o rozměrech 30×25 cm. Vyrobená krabička, přidělaná k základně pomocí vrtů je o velikosti 30×15×15 cm.

Do dřevěné krabice je vložena překližka o šířce 2 cm, která rozděluje krabici na dvě části. První část o rozměrech 6,5×11,5 cm se využívá k uchycení držáku pro krokový motor a druhá 18×11,5 cm pro driver krokového motoru a řídicí jednotku.

Pro obě části bylo vyrobeno víko o výšce 2 cm. Víko pro řídicí jednotku je uchyceno pomocí dvou pantů.



Obr. 3.1 – Konstrukce krabice pro uložení mikrokontroleru



Obr. 3.2 – Rozdělení krabice a uchycení krokového motoru

Do druhé části krabice jsou vyvrtány tři díry, dvě o průměru 1 cm a třetí 1,5 cm pro síťové napájecí zdroje. Z boku jsou vyříznuty dva otvory. Jeden o velikosti 9×8 cm pro usazení potenciometrů a druhý pro umístění DPS s tlačítkem a LED. Pro přidělení potenciometru se vytvořila deska o rozměrech 12×12×0,3 cm, do které bylo vyvrtáno 9 otvorů o velikosti 0,8 cm. Po přidělení potenciometrů tato deska zaslepí vyříznutou díru a úchyty pomocí čtyř vrtů.



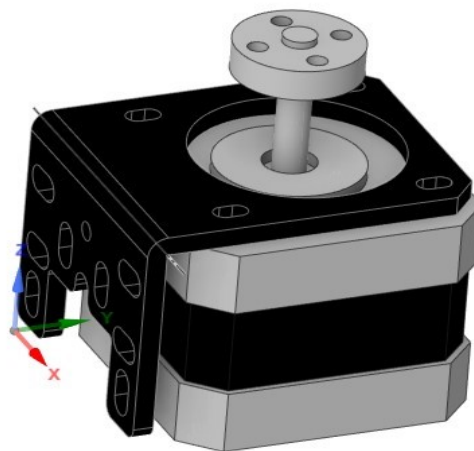
Obr. 3.3 – Přední část krabice

## 3.2 Robotické rameno

Navrhování robotického ramene je vizualizováno v softwarové aplikaci DesignSpark Mechanical. Tento bezplatný program je pro 3D CAD. Využívá se pro návrh a modelování jednotlivých dílů ve 3D prostředí.

Díly jsou vymodelovány v aplikaci a následně spojeny, aby tvořily jednotný celek robotického ramene.

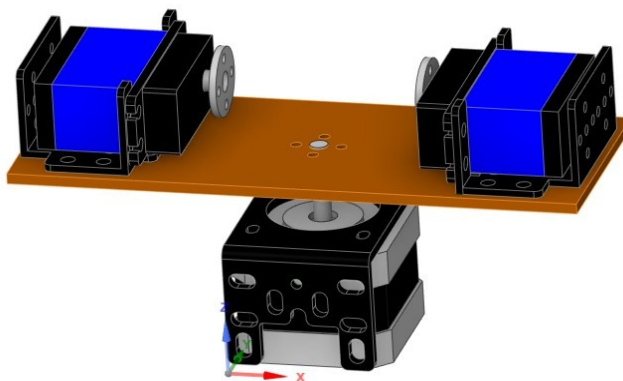
Do menší části dřevěné krabice je umístěn krokový motor NEMA 17. V DesignSpark Mechanical je vymodelován držák krokového motoru, krokový motor a hliníkový montážní náboj s 5 mm rozměrem pro hřídel motoru.



Obr. 3.4 – Sestava první části robotického ramene  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

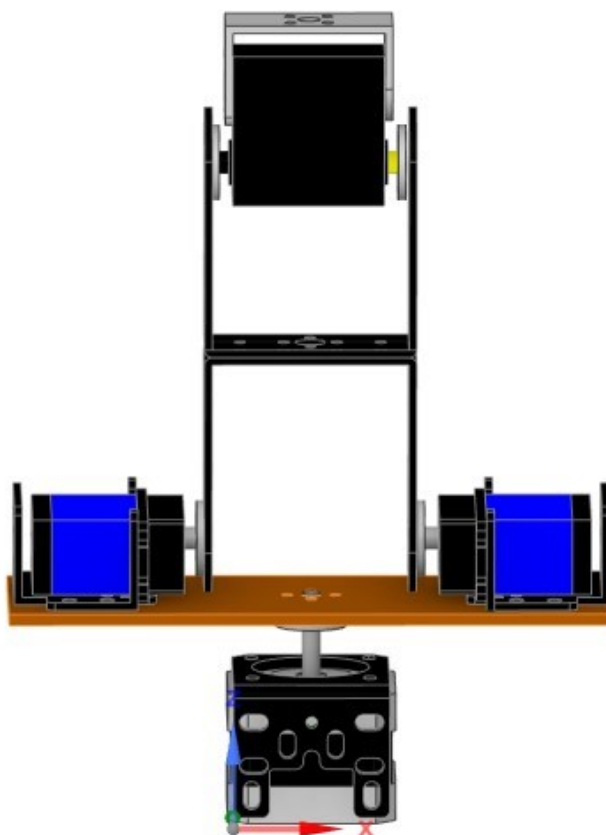
Pro další část je vymodelována dřevěná deska o rozměrech 16×6 cm, dva držáky servomotorů, dva servomotory od firmy BigHobby a dvě kruhové servo páky.

V dřevěné desce je vyříznuto pět otvorů, kde prostřední otvor o rozměrech 5 mm se využívá pro průchod hřídele krokového motoru a zbylé čtyři s rozměrem 3 mm pro přišroubování k náboji. K dřevěné desce jsou z každé strany upevněny dva držáky, do kterých se umístí oba vymodelované servomotory. Na hřídele servomotoru jsou umístěny kulové páky.



Obr. 3.6 - Sestava základny robotického ramene  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

Od základny se konstrukce skládá z dvou U-držáků. První je připevněn ke dvěma kruhovým pákám pomocí šroubů M3. Druhý je otočen o 180° a zarovnan k prvnímu: Oba držáky jsou k sobě uchyceny pomocí šroubů M3. Pro ohyb v lokti je vymodelován servomotor Feetech a dvě kruhové páky, které jsou připevněny na každou stranu motoru. Z druhé strany motoru je upevněn menší U-držák šrouby M2.



Obr. 3.5 - Sestava lokte robotického ramene  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

Pro otáčivý pohyb zápěstí jsou zapotřebí modely držáku servomotoru, servomotor od firmy PowerHD, kulová páka a L-držák sloužící k přimontování koncového efektoru.

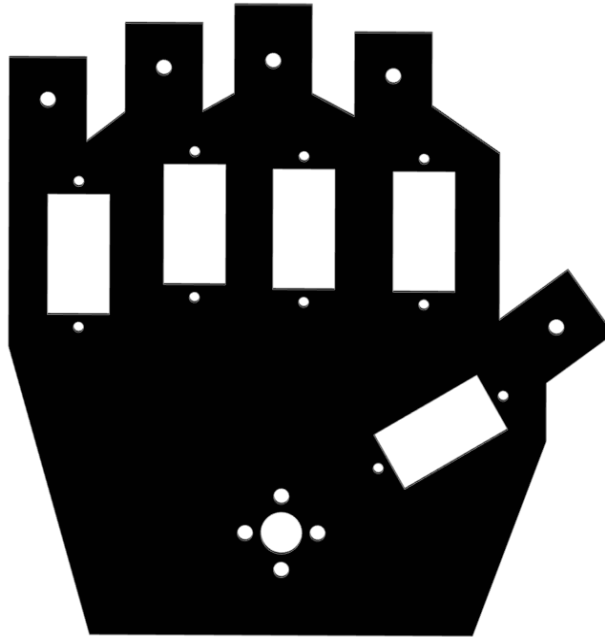
Držák servomotoru je pootočen o  $45^\circ$  a připevněn k U-držáku pomocí čtyř šroubů M3. Do držáku je umístěn servomotor a na jeho hřídel přimontována kulová páka. L-držák je osazen na kulové páce pomocí čtyř šroubů M3.



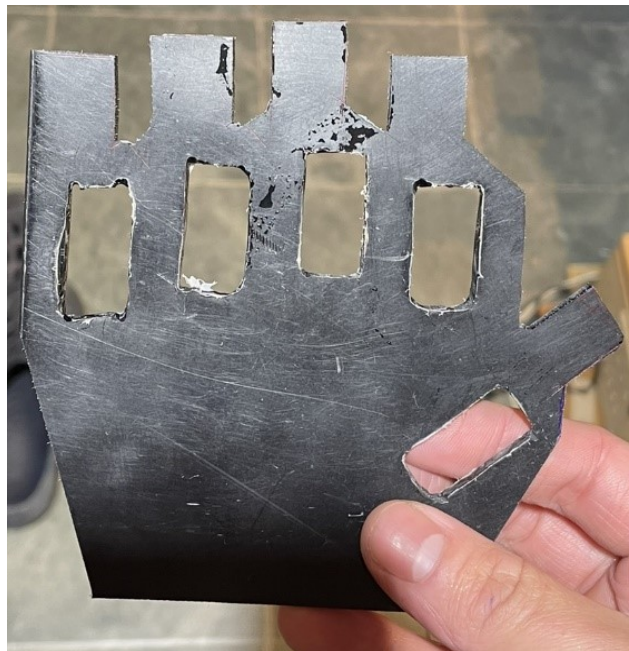
Obr. 3.7 - Sestava zápěstí robotického ramene  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

### 3.3 Robotická ruka

Robotická ruka je tvořena z černého plexi o průměru 3 mm. Vytvořená dlaň disponuje jednotlivými otvory pro servomotory. Otvory mají rozměr 24 mm × 14 mm. Pro uchycení servomotorů jsou vyvrtány díry o rozměru 2,5 mm. Ze stejného materiálu jsou vyříznuty jednotlivé prsty.

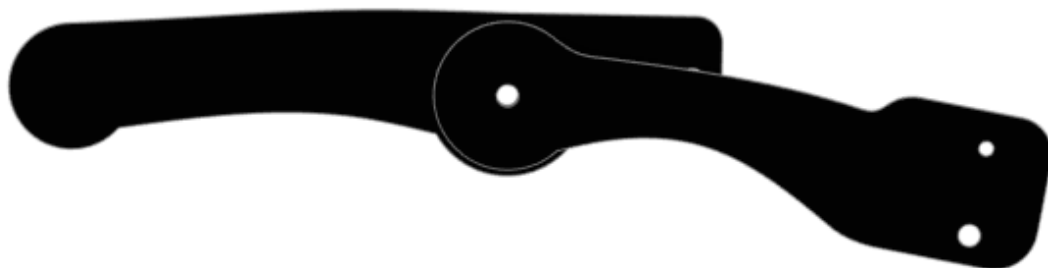


Obr. 3.8 - Vizualizace ruky pro umístění servomotorů (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. 3.9 – Vyříznutá dlaň s otvory pro servomotory

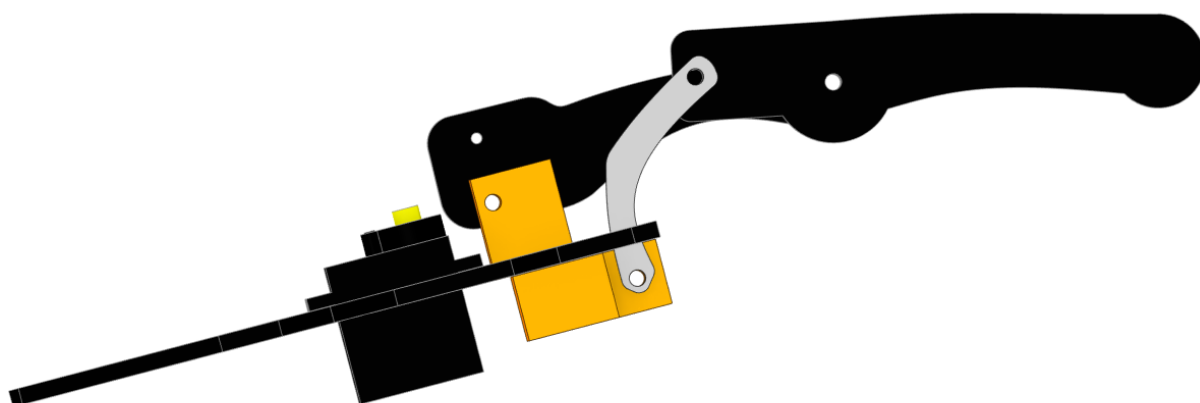




Obr. 3.11 - Vizualizace prstu ze dvou dílů  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

Z bukového dřeva je ke každému prstu vyříznuta kostka o rozměru 1,5×2 cm. Tyto kostky jsou připevněny na hřbetu ruky. Pro vytvoření pákového systému vrchního kloubu jsou z plechu vystříhány jednotlivé zaoblené díly a vyříznuty jednotlivé kostky pro uchycení. Kostky pro pákový systém jsou umístěny zesponu dlaně. Spodní část prstu je přidělána k horní kostce šroubem M3. V druhé části prstu se nachází dvě vyvrtané díry o průměru 3 cm. Jedna je využita ke spojení dvou částí prstu a druhá k přišroubování vystřihnutého plechu. Plech je z druhé strany upevněn ke kostce ve spodní části dlaně.

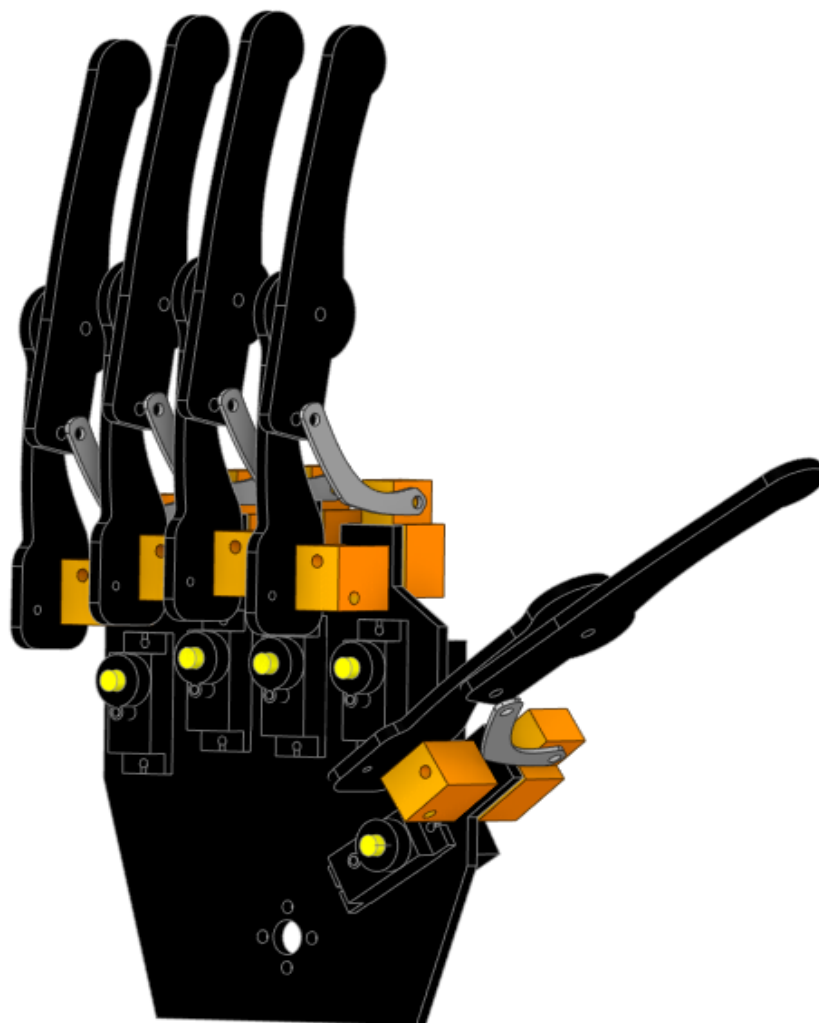
Pro předejití namáhání servomotoru je mezi pákou serva a spodní částí prstu využito dvou kulových kloubů s vnitřním závitem M2. Tím je zajištěn plynulý pohyb servomotoru. Servomotor umožní přemístit daný prstu do výsledné pozice.



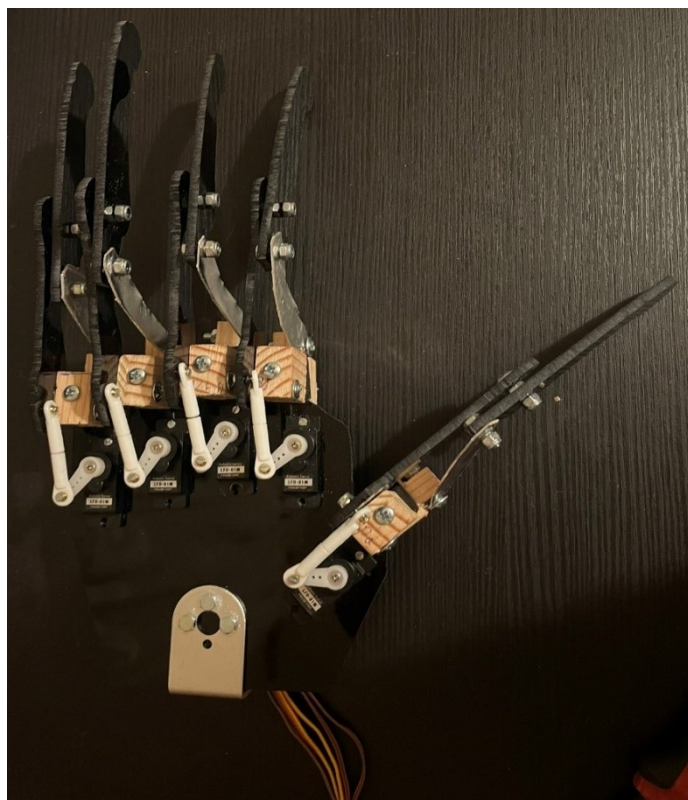
Obr. 3.10 - Vizualizace dílů pro ohyb prstu  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. 3.12 – Výsledná konstrukce pro pohyb prstu



Obr. 3.13 - Model robotické ruky  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. 3.15 - Výsledek konstrukčního řešení prstů

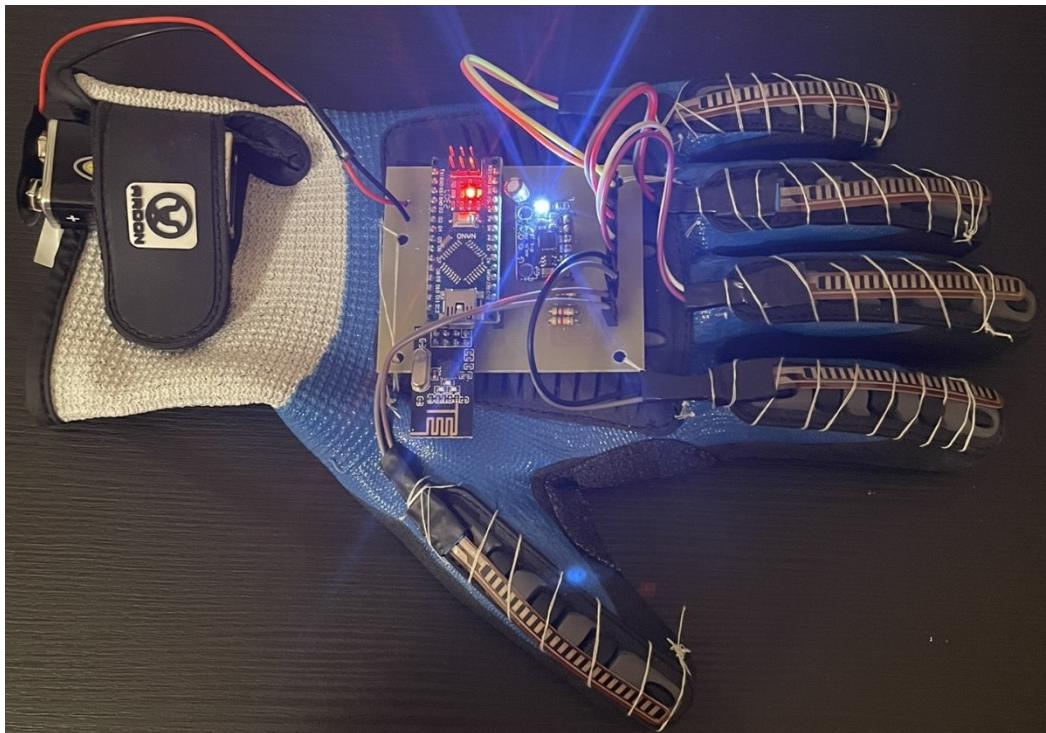


Obr. 3.14 – Výsledný robotický manipulátor

### 3.4 Bezdrátová rukavice

Pro osazení je využita rukavice od firmy Ardon. Výhodou jsou TPR protektory na hřbetu rukavice a prstech. Protektory jsou ideálním podkladem pro osazení, jelikož jsou z tvrdšího materiálu než klasické rukavice.

Rukavice je osazena mikrokontrolerem Arduino nano, gyroskopem, bezdrátovým modulem nRF24L01, jednotlivými flex senzory a 9 V baterií. DPS je umístěna na hřbetu rukavice a přišitá přímo ke rukavici. Na protektorech jednotlivých prstů jsou zašity flex senzory připojené k DPS.



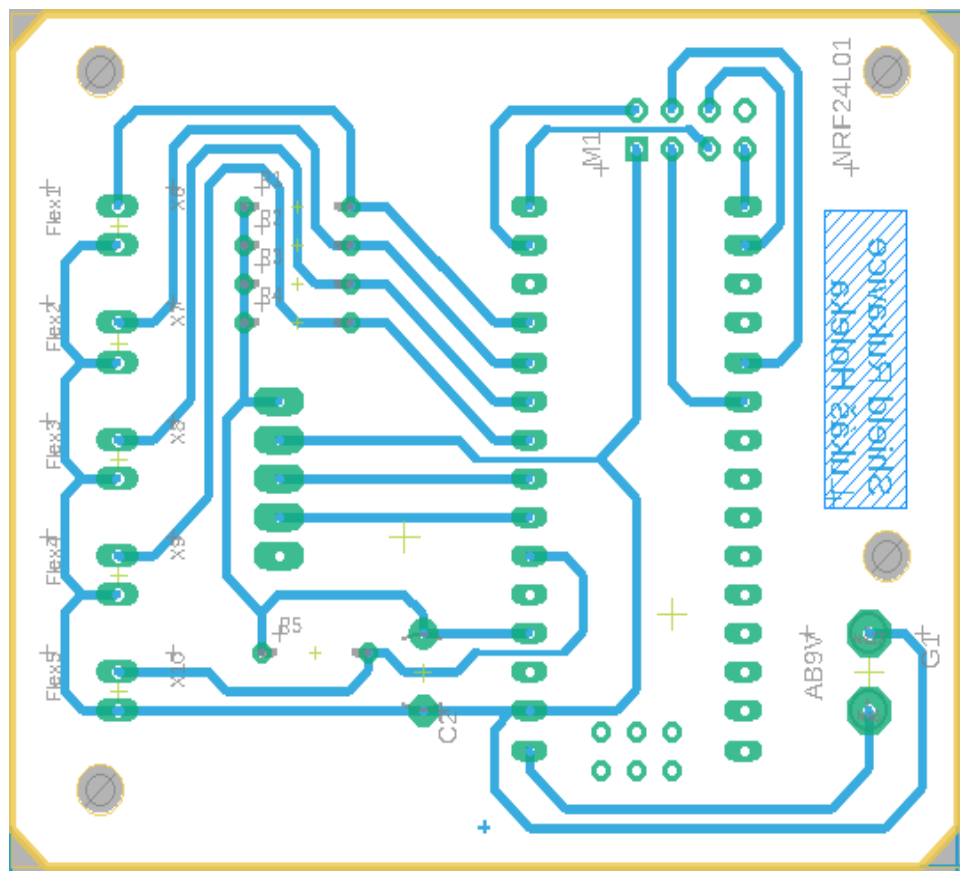
Obr. 3.16 – Výsledná bezdrátová rukavice

### 3.5 DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ

Pro vytvoření DPS je využit software EAGLE, který se používá pro automatizaci elektronických návrhů.

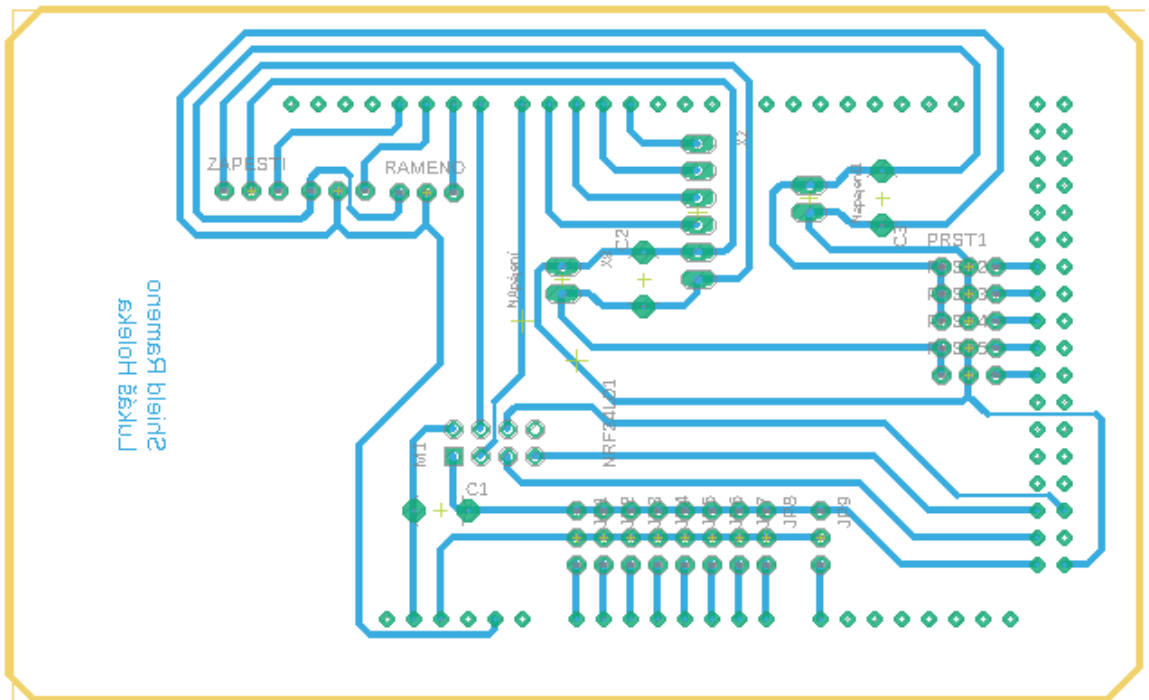
V projektu jsou navrženy tři plošné spoje.

První návrh plošného spoje se využívá jako shield pro Arduino Nano. Obsahuje pouzdra pro bezdrátový modul, gyroskop, jednotlivé svorkovnice pro připojení flex senzorů a připojení napájení mikropočítače.



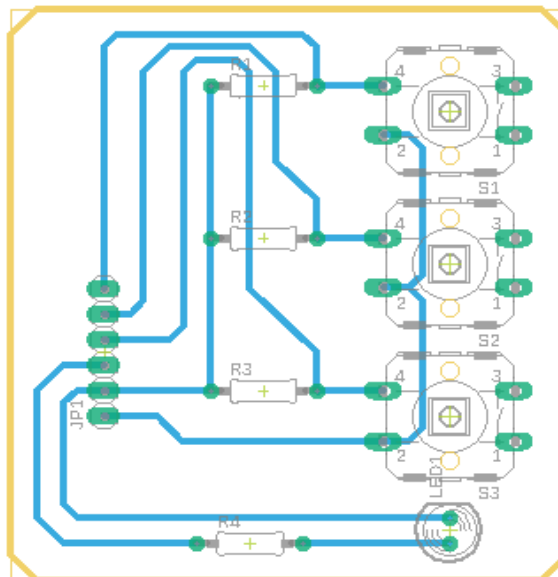
Obr. 3.17 – Návrh plošného spoje pro bezdrátovou rukavici (Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE)

Druhý návrh plošného spoje je shield pro Arduino Mega260. Je osazen dutinami pro připojení servomotorů, potenciometrů, bezdrátového modulu a pro připojení driveru krokového motoru. Dále obsahuje dvě pouzdra pro svorkovnice, které se využijí pro připojení dvou adaptérů.



Obr. 3.19 – Návrh shieldu pro Arduino Mega2560  
(Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE)

Posledním návrhem je plošný spoj pro tlačítka a LED. Plošný spoj je navrhnout pro tři tlačítka, ale v konečné práci se využívá pouze jedno, které funguje jako přepínač mezi ovládním potenciometru nebo bezdrátovým ovládním.



Obr. 3.18 – Návrh Plošného spoje pro tlačítka a LED  
(Vlastní tvorba, navrženo v EAGLE)

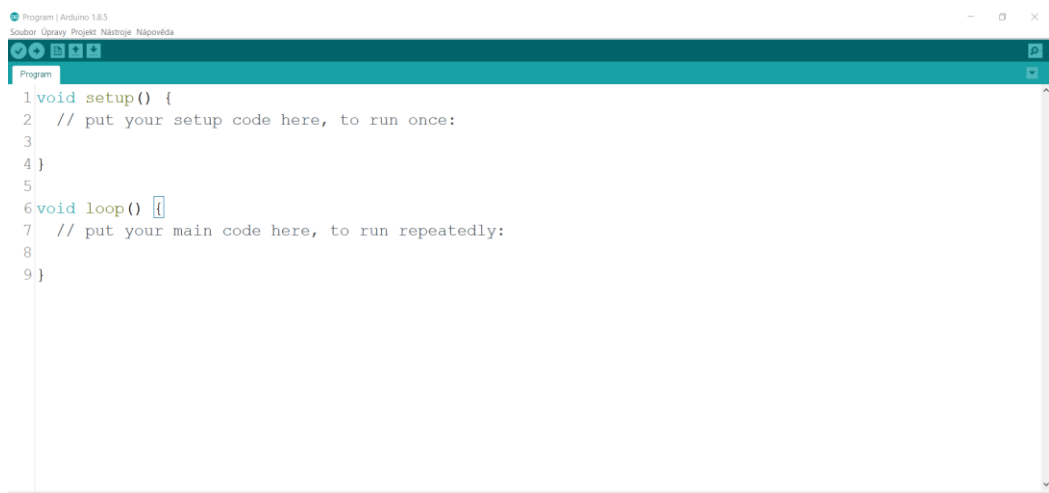
## 4 SOFTWARE PROJEKTU

K návrhu a nahrání softwaru pro vývojové desky Arduino slouží několik vývojových prostředí. Mezi nejznámější je možné zařadit Arduino IDE, psané v jazyce Java. Toto prostředí podporuje nejvíce zastoupené operační systémy, do kterých se řadí Windows Linux nebo Mac OS X. V softwaru je možné napsat potřebný software a nahrát ho do paměti Arduina. Další známější vývojová prostředí jsou Atmel studio nebo Visual studio, u kterých je potřeba doinstalovat plugin Visual Micro (Selecký, 2016).

### 4.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ ARDUINO IDE

Software pro obě Arduina vznikl v open-source vývojovém prostředí Arduino IDE. Po spuštění se zobrazí základní okno vývojového prostředí, kde se zobrazuje pět základních kategorií pro práci se souborem. Dále panel nástrojů, pro ověřování kódu nebo nahrání do paměti Arduina (Selecký, 2016).

V případě nahrání kódu se musí zvolit příslušná deska, procesor a číslo portu, kterým je připojena k počítači. Pokud se tak neučiní stavový řádek vypíše chybu. Toto nastavení obsahuje kategorie „Nástroje“. V případě nového sketchu se v hlavním editoru zobrazí dvě třídy nesoucí název setup a loop. Tyto třídy musí být vždy přítomny při nahrávání kódu i v případě absence kódu v těchto třídách. Třída setup se po spuštění softwaru provede pouze jednou. V této třídě lze nastavit vstupy a výstupy jednotlivých periférií nebo nastavení například rychlosti sériové linky. Třída loop je naopak opakující se smyčka, kde se píše hlavní kód, který bude prováděn po dobu zapnuté vývojové desky.



```
Program | Arduino 1.8.5
Soubor Úpravy Projekt Nástroje Návěda
Program
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

Obr. 4.1 – Hlavní okno Arduina IDE

## 4.2 VÝVOJOVÉ DIAGRAMY

V této kapitole jsou vysvětleny a graficky znázorněny jednotlivé kroky programu bezdrátové rukavice a robotického ramene. Vývojové diagramy se využívají kvůli své jednoduchosti a k snadnému pochopení posloupnosti programu.

V programu bezdrátové rukavice dochází nejdříve k načtení potřebných knihoven. Knihovny se dají označit za balíčky obsahující potřebné funkce. Tím se program pro uživatele usnadní a může využívat předem napsané funkce. Program importuje knihovny pro I2C komunikaci, sériovou linku, matematické funkce a pro periferie MPU6050 a nRF24L01.

Po importování knihoven se definují piny jednotlivých flex sensorů pro čtení pomocí „const int“. Definují se hodnoty flex sensorů, vytvoří konstanty a hodnoty pro sensor MPU6050. V neposlední řadě se vytvoří pole, do kterého se zapisují přečtené hodnoty a nastaví adresa pro bezdrátovou komunikaci nRF24L01.

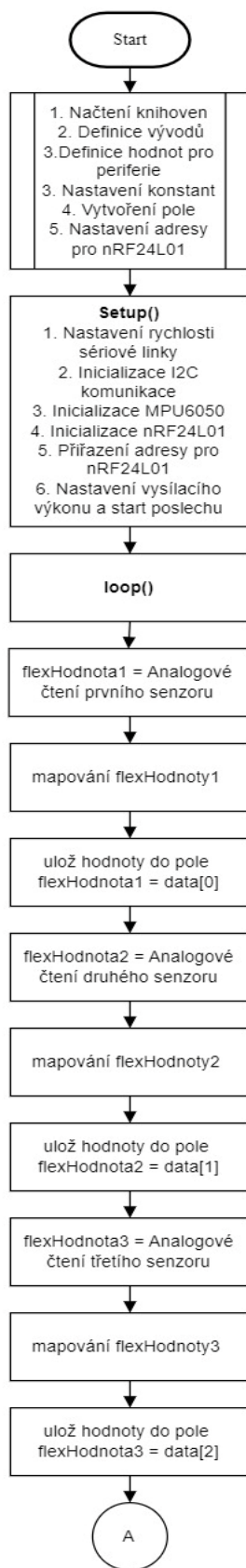
V bloku „setup()“ se nastaví rychlost sériové linky, dojde k inicializaci I2C komunikace a vstupní periferie MPU6050. Pro bezdrátovou komunikaci se periferie inicializuje, přiřadí adresa a nastaví se vysílací výkon.

Hlavní program je uveden v neustále se opakující smyčce „loop()“. Nejdříve dojde k analogovému čtení z prvního senzoru. Přečtená hodnota se zmapuje pomocí funkce „map“. Tato funkce umožní přečtený rozsah hodnot zmapovat na potřebný rozsah. V tomto případě se hodnota z flex senzoru zmatuje na polohu servomotoru od 0 do 25. Čtená hodnota se nadále ukládá do pole s indexem 0.

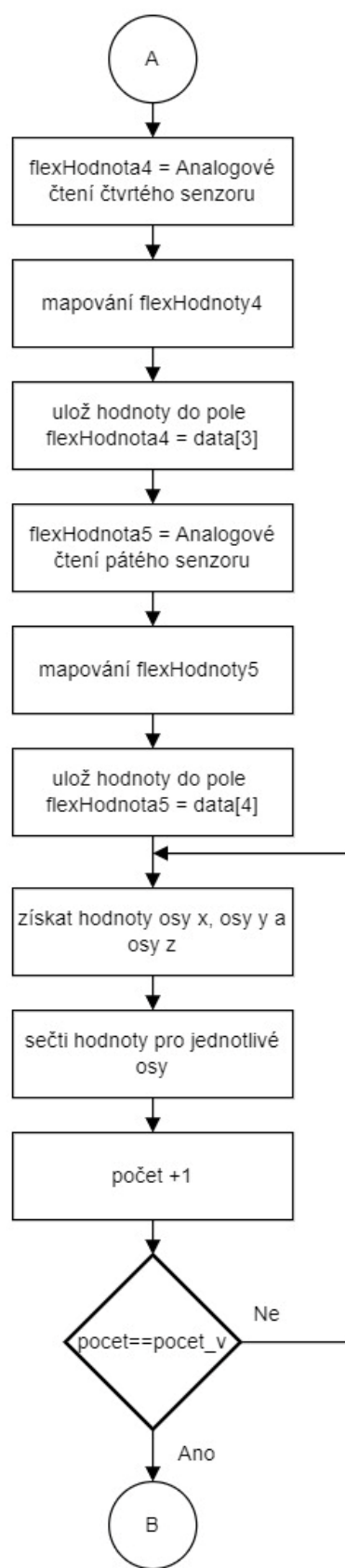
Pro zbylé čtyři senzory jsou funkce pro čtení mapování a zápis stejné jako u výše zmíněného prvního senzoru. Každá další přečtená hodnota je ukládána pod jiným indexem. Hodnota posledního senzoru se ukládá do pole pod indexem 4.

Po přečtení hodnot z flex sensorů dochází k získání jednotlivých os z akcelerometru MPU6050. Pro lepší měření program sčítá deset hodnot, z nichž udělá průměrnou hodnotu.





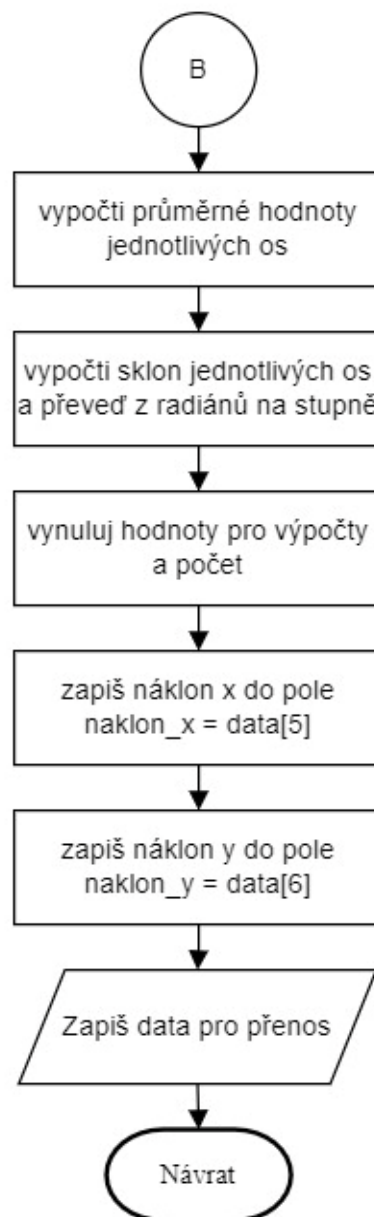
Obr. 4.2 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice



Obr. 4.3 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice (A)

Při každém sečtení hodnot se počet zvyšuje. Když počítadlo měření dosáhne hodnoty 10, je podmínka splněna a ze sečtených hodnot se vypočítá průměr jednotlivých os. Výsledné hodnoty se nedají ideálně využívat, proto dochází pomocí vzorce k výpočtu náklonu a převedení z radiánů na stupně. Tyto hodnoty jsou mnohem přehlednější pro práci. Po výpočtu náklonu jednotlivých os se hodnoty vynulují pro nové měření. Náklon osy x se ukládá do pole s indexem 5 a náklon osy y s indexem 6.

V posledním kroku se data celého pole zapíší do nRF24L01, které bude bezdrátově odesílat do druhého Arduina.



Obr. 4.4 – Vývojový diagram bezdrátové rukavice (B)

Posloupnost programu robotického ramene je podobná jako předešlého programu. Ze začátku dochází k importování knihoven. Importuje se knihovna pro sériovou linku, vstupně-výstupní modul nRF24L01, servomotory a krokový motor.

V další kroku programu se definuje pin pro LED, tlačítko a krokový motor. Následně se definují hodnoty pro potenciometry, vytvoří se konstanty a nastaví se počáteční pozice servomotorů. Je vytvořeno pole pro přijímaná data a přiřadí se stejná adresa pro nRF24L01 jako u druhého programu.

Blok „setup()“ slouží k nastavení rychlosti sériové linky, nastavení input/output periférií, rychlosti krokového motoru, přiřazení pinů pro servomotory a zapsání počátečních pozic. Po přiřazení adresy pro bezdrátovou komunikaci je nastaven začátek poslechu pro přijímání dat z druhého modulu.

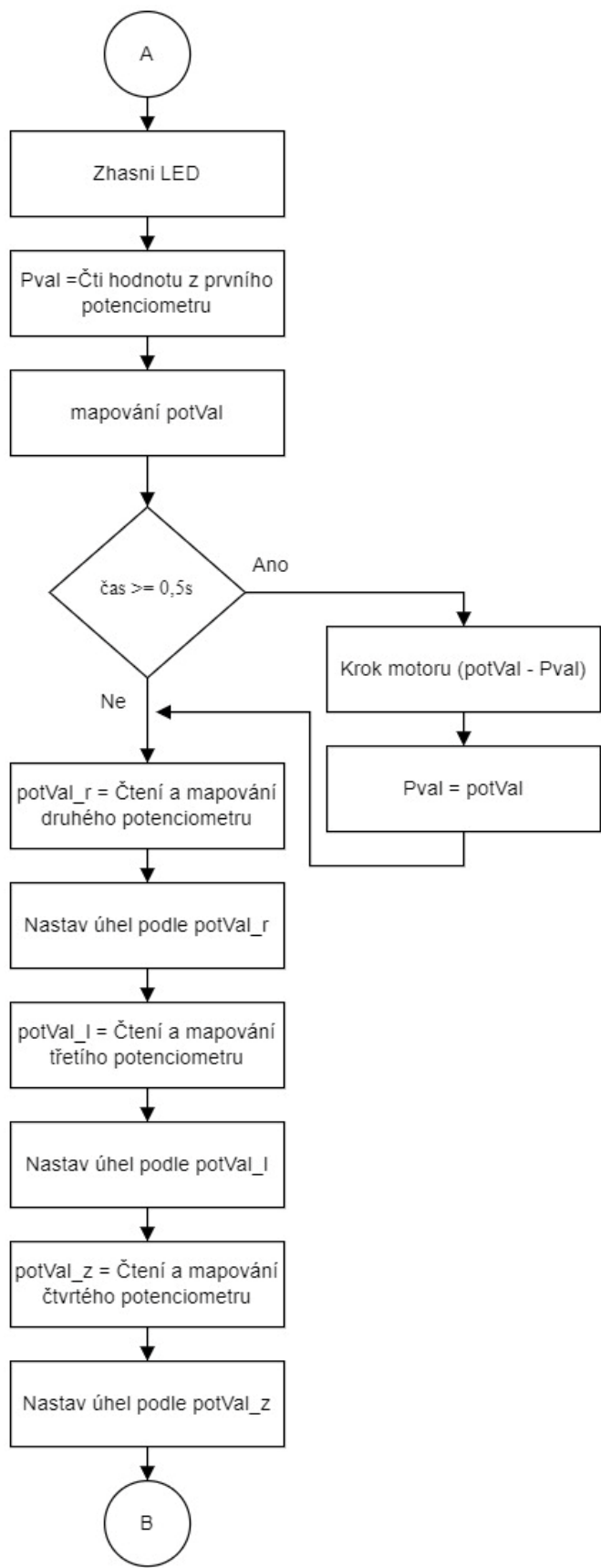
V bloku „loop()“ začne poslech modulu nRF24L01. Tlačítko nastavené jako vstup funguje jako přepínač mezi ručním ovládním pomocí potenciometrů a dálkovým ovládním pomocí bezdrátové rukavice. Řídící jednotka čte hodnotu tlačítka, které je připojeno k digitálnímu pinu. V případě stisku, kde se „val“ bude rovnat „HIGH“, se „stisk = 1“.

U nestisknutého tlačítka, „stisk = LOW“, se nastaví režim ručního ovládním a LED je zhasnutá. V takovém případě program čte jednotlivé hodnoty potenciometrů. U prvního potenciometru se hodnota zmapuje na hodnotu od 0 do 200.

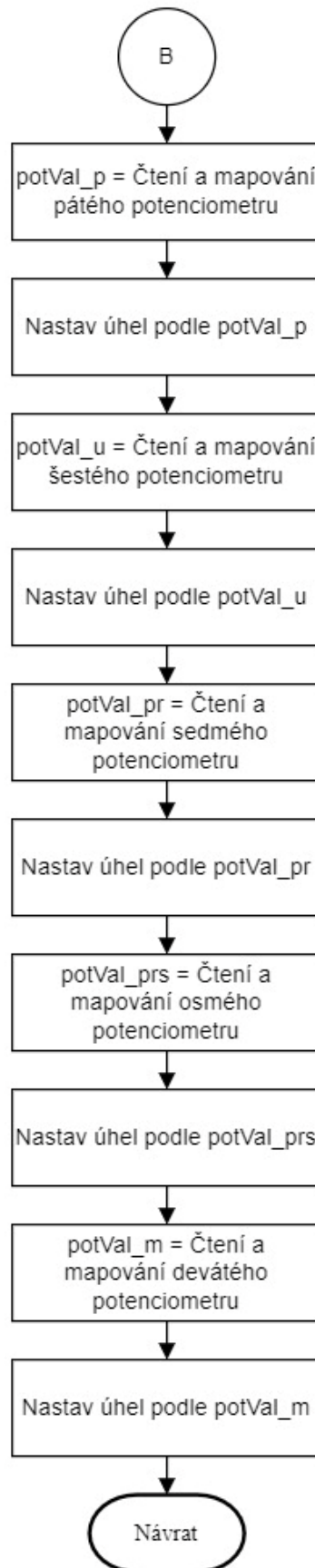
U ostatních osmi potenciometrů, které jsou pro servomotory, se nejdříve přečte aktuální hodnota potenciometru, která se zmapuje do rozsahu od 0 do 180. Program pak tuto hodnotu zapíše na potřebný servomotor.



Obr. 4.6 – Vývojový diagram robotického ramene



Obr. 4.5 – Vývojový diagram robotického ramene (A)



Obr. 4.7 - Vývojový diagram robotického ramene (B)

Při stisku tlačítka, kdy se stisk = HIGH, program přejde do módu ovládání pomocí bezdrátové rukavice. Tento mód je indikován pomocí LED, která se po stisku rozsvítí. V případě platné podmínky, kdy bezdrátový modul bude přijímat data z Arduina Nano, řídicí deska bude číst data ze senzorů rukavice.

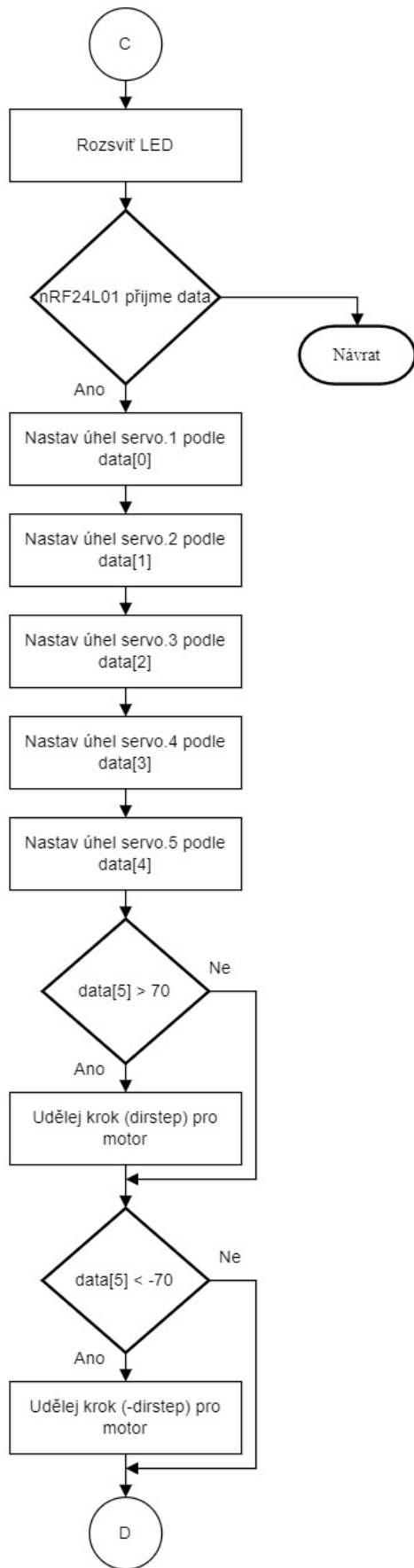
Servomotory pro prsty ruky přijímají data z pole. Indexy přiřazené k hodnotám jednotlivých senzorů se zapisují do pozice daného servomotoru.

Index 5 a 6 jsou hodnoty náklonu osy x a y. Tyto hodnoty za pomoci podmínek ovládají zbylé tři servomotory a jeden krokový motor. Když hodnota náklonu osy x je větší jak  $70^\circ$ , bude udělán krok jedním směrem. Tento příkaz je vykonáván program po dobu platné podmínky. V případě hodnoty náklonu menší jak  $70^\circ$  se krokový motor bude pohybovat druhým směrem.

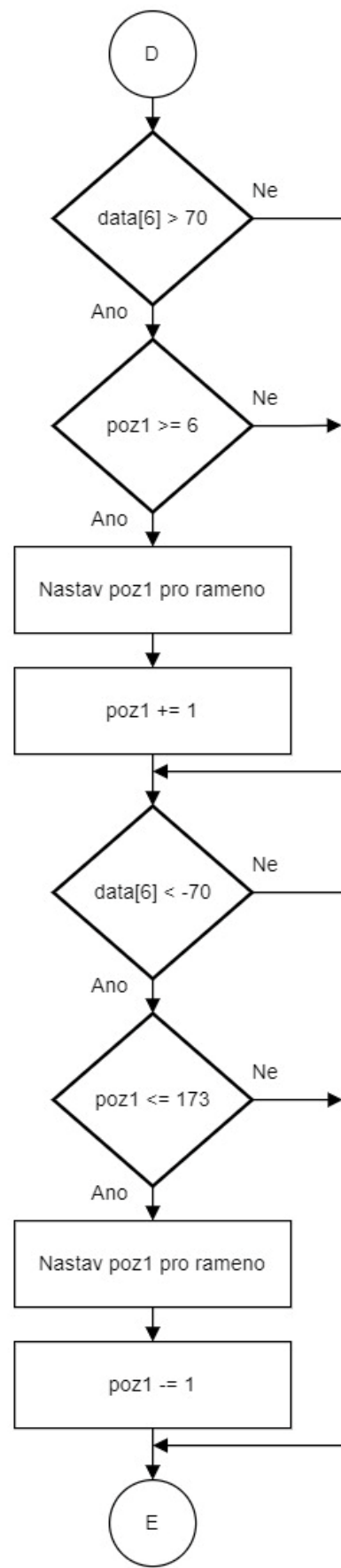
Podmínka pro hodnotu náklonu osy y je stejná s rozdílem ovládání servomotoru. Aby program zamezil poškození servomotoru má nastavené podmínky pro jeho polohu. Pokud je náklon osy y větší jak  $70^\circ$  a pozice servomotoru větší nebo rovna  $6^\circ$ , se servomotor pohybuje jedním směrem. V opačném případě, kdy náklon osy y je menší než  $-70^\circ$  a pozice servomotoru menší nebo rovna  $173^\circ$ , se motor pohybuje v druhém směru.

Pro zbylé dva motory jsou podmínky pozic stejné. Rozdílem jsou podmínky náklonu. Pokud hodnota náklonu osy x a y je větší jak  $30^\circ$  motor se pohybuje jedním směrem. Pro druhý směr je podmínka pro osu y je menší než  $-30^\circ$  a osa x je stále větší jak  $30^\circ$ . U posledního motoru je podmínka pro osu y stejná jako u předposledního motoru a osa x je menší jak  $-30^\circ$ .

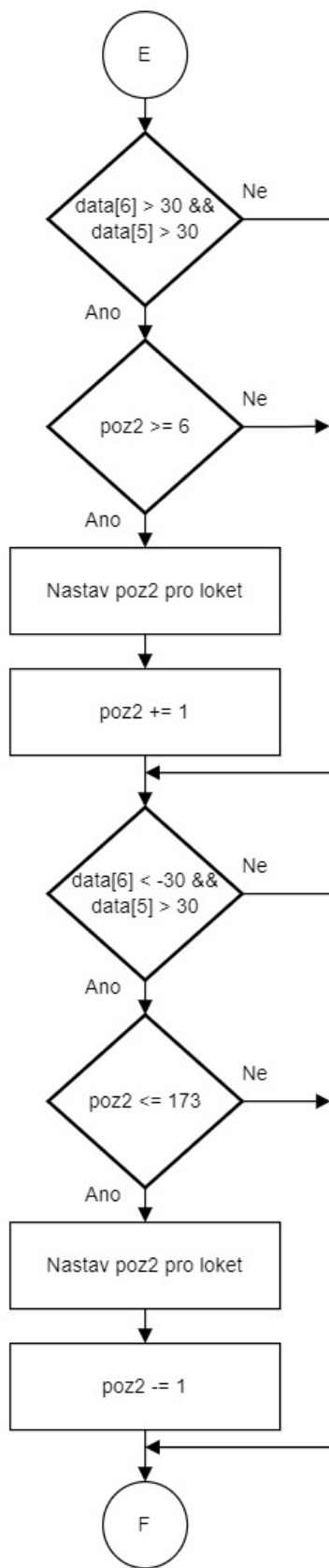
V případě potřeby navrácení do ručního režimu je vyžadováno opětovné stisknutí tlačítka, kdy LED zhasne a uživatel má možnost robotické rameno znovu ovládat pomocí potenciometrů.



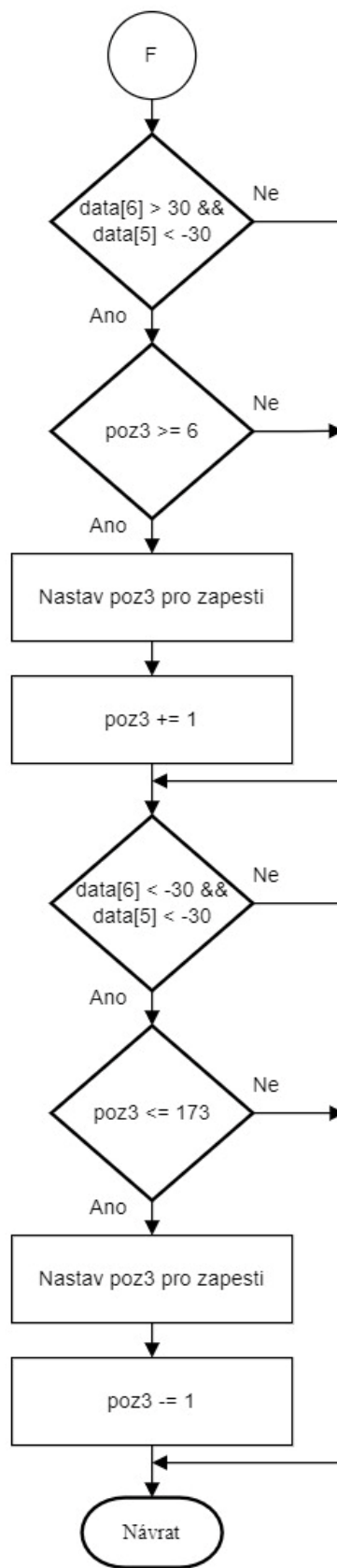
Obr. 4.9 - Vývojový diagram robotického ramene (C)



Obr. 4.8 - Vývojový diagram robotického ramene (D)



Obr. 4.10 - Vývojový diagram robotického ramene (E)



Obr. 4.11 - Vývojový diagram robotického ramene (F)



## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo sestavení robotického ramene, který bude možno ovládat bezdrátovou rukavicí. Bylo zapotřebí sestavit konstrukci robotického ramene, vytvořit shieldy pro obě řídicí jednotky a vytvořit program pro správnou funkčnost.

V prvním kroku se vybraly potřebné elektronické komponenty pro práci. Pro testování a zapojení se využilo nepájivé pole, na kterém se komponenty zapojily. Pro oba mikropočítače bylo potřeba napsat jednotlivé programy. Prvním stěžním bylo špatné zvolení adaptérů pro servomotory. Jelikož docházelo k velkému odběru proudu musely se zvolit lepší adaptéry. Nakonec se využily dva adaptéry s napětím 5 V a 4 A.

Pro psaní programu se zmapovaly jednotlivé flex senzory, aby servomotory správně reagovaly při jejich ohýbáním. Pro přesnější hodnoty z gyroskopu se program upravil, aby se zapisovala pouze průměrná hodnota z deseti měření. Dalším úskalím bylo rozmyšlení jednotlivých gest, kterým se bude rameno ovládat. Pro jednotlivá gesta se využila osa x a osa y.

Po ověření funkčnosti na nepájivém poli se muselo rozmyslet robotické rameno z konstrukčního hlediska. Byly využity jednotlivé typy úchyty pro krokový motor, servomotory a držáky typu U a L. Pro připevnění ramene a uschování elektroniky, se vytvořila dřevěná krabice rozdělená na dvě části. V jedné části je dostatek místa pro mikropočítač se shieldem a driver pro krokový motor. Držák pro krokový motor se uchytil pevně vruty a navazovalo se dalšími zvolenými držáky a servomotory.

Jelikož koncový efektor se skládá z jednotlivých prstů bylo opravdu složité vymyslet mechanismus. Po několika neúspěšných pokusech se základ robotické ruky vytvořil z plechu a jednotlivé prsty z týbla o průměru 1,2 cm. Nápad byl připevnit na týblo kovová očka a pomocí drátku prst ohnout. Zpětné vrácení do výchozí pozice zajišťovaly gumičky připevněné mezi klouby. Tento návrh se po testování zdál poněkud nepřesný, jelikož se prsty ne vždy vracely kvůli zasekávání gumiček a schopnost přitáhnout drátek servomotorem nebyla kvůli jeho rozsahu ideální.

Pro další návrh se tentokrát zvolil jiný materiál. Využilo se černé plexi pro dlaň a jednotlivé části prstů. Vše bylo vyřezáno na pásové pile. Nápad z části vychází z produktů, které jsou dohledatelné v některých obchodech. Výhodou tohoto návrhu je spolehlivější ohýbání. Jelikož motor hýbe pouze se spodní částí prstu a druhý se ohýbá pomocí pákového systému. Problém bylo uchycení táhla k dolní části prstu, jelikož nastávala velká páka mezi spojením. To se eliminovalo, díky využití dvou kulových kloubů. Z konstrukčního hlediska došlo k většímu pokroku, ale stále koncový efektor není ideální a musel by projít ještě spousty

úprav a testování, aby se dal plně využít. Z testování bylo vyzorováno, že by bylo zapotřebí upravit délku prstů pro lepší ohyb a celá ruka by se dala ještě zmenšit čímž by se ušetřilo na váze.

Po smontování se řešil další problém kvůli slabému motoru u ramene, který nevydržel váhu celé ruky. Zkusil se využít silnější motor, který je jinak navržen. Změnil se úchyt motoru a pro úchyt zbytu ramene se využilo kruhové táhlo z jedné strany a z druhé ložisko. Po otestování došlo ke zlepšení a rameno drželo potřebnou pozici. Úskalím byl malý točivý moment. Servomotor zvládl udržet rameno na potřebné pozici, ale nedokázal s ním pohnout směrem nahoru jakmile rameno dosáhlo nižšího úhlu.

Konstrukci základny byla zapotřebí znovu předělat. Tentokrát se vytvořila dřevěná deska, která se připevnila ke krokovému motoru. Dřevěná deska se osadila dvěma držáky krokových motorů. Ohyb zajišťují dva silnější servomotory. Po testování výrobku, byl pohyb ramene už v pořádku.

Po splnění všech potřebných bodů v zadání byla snaha přidat i ruční ovládání. Nápadem bylo přidat jednotlivé potenciometry, které by ovládaly jednotlivé motory. Přidáním tlačítka a LED by se přepínalo mezi režimy a signalizaci daného režimu. Program se rozšířil o naprogramování jednotlivých potenciometrů k ovládání jednotlivých motorů. Po testování na nepájivém poli, kde se ověřila funkce programu, se vytvořila nová deska plošného spoje. Na novou DPS se přidaly dutinové lišty pro připojení potenciometrů. Do dřevěné krabice se vyvrtaly otvory pro usazení potenciometrů. Problém nastal po zapojení potenciometrů, kdy potenciometry reagovaly různě. Některé reagovaly správně a některé vůbec. Nakonec docházelo v motorech spíše stále k přesouvání na různé pozice, aniž by se analogové hodnoty změnily. Došlo ke zkontrolování kabeláže, kde se nezjistil žádný špatný kontakt. Zkoušelo se pozměnit program, aby četl více hodnot, které by zprůměroval a výslednou odeslal výstup servomotoru. Ani tato změna ovládání nepomohla. Poslední shledanou chybou je rušení od přívodního kabelu, díky kterému není čtení přesné. Problém by se mohl vyřešit přidáním kondenzátoru, který by se vložil mezi vstupní analogový pin a zem. Díky tomu by mělo dojít k odfiltrování rušení od přívodního kabelu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- 3osý akcelerometr MPU-6050 a gyroskop I2C. Botland [online]. 2021 [cit. 2023-08-30].  
Dostupné z: <https://botland.cz/gyroskopy/3888-3osy-akcelerometr-mpu-6050-a-gyroskop-i2c-modul-dfrobot-5904422300852.html>
- ABB uvádí na trh kolaborativní robot GoFa™ s nosností do 5 kg. tisková zpráva [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://new.abb.com/news/cs/detail/74832/abb-uvadi-na-trh-kolaborativni-robot-gofa-s-nosnosti-do-5-kg>
- Arduino mega 2560. Sharplayers [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://eshop.sharplayers.cz/p/arduino-mega-2560-r3>
- BBOYHO. Flex Sensor Hookup Guide. Sparkfun [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/flex-sensor-hookup-guide/all>
- CVEJN, Jan. Průmyslové roboty [offline]. Univerzita Pardubice, 2023 [cit. 2023-08-14]
- DEJAN. NRF24L01 – How It Works, Arduino Interface, Circuits, Codes. How to mechatronics [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>
- Digitální servo 466-LV180 [online]. 2021 [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.bighobby.cz/digitalni-servo-466-lv180-57g-0-14s-35kg-180-bh-servo/>
- FAIRCHILD, Mark. Types of Industrial Robots and Their Different Uses. #HowToRobot [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://howtorobot.com/expert-insight/industrial-robot-types-and-their-different-uses>
- How Are Industrial Robots Built? A Guide on the Components and the Movement of Robot Arms. XYZ Your World + Robots [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://robotics.kawasaki.com/ja1/xyz/en/1804-03/>
- Industrial Robots. MHI [online]. [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://www.mhi.org/fundamentals/robots>
- KLAUZ, Milan. Malý mobilní robot vykoná hodně práce a ušetří lidi. DPS Elektronika od A do Z [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/vyroba/novinky/id:57886/maly-mobilni-robot-vykona-hodne-prace-a-usetri-lidi>
- KOCHANÍČEK, Ludvík. Robotika – kinematika robotů, stupně volnosti. Technologie budoucnosti do výuky [online]. [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: [https://coptel.cz/pluginfile.php/14664/mod\\_resource/content/1/kinematika\\_robotu-stupne\\_volnosti-b.pdf](https://coptel.cz/pluginfile.php/14664/mod_resource/content/1/kinematika_robotu-stupne_volnosti-b.pdf)

- KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KROKOVÝCH MOTORŮ.  
TEM Eletronic components [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
<https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/41861/krokovy-motor-druhy-a-priklady-aplikaci-krokovych-motoru/>
- Krokový motor NEMA17 - 33 mm. Dratek.cz [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
[https://dratek.cz/arduino/48391-krokovy-motor-nema17-33mm-42hd2037-01.html?gclid=EAIaIQobChMIi8Ou59z9gAMVwkFBAh1qcgT2EAQYASABEgLp\\_PD\\_BwE](https://dratek.cz/arduino/48391-krokovy-motor-nema17-33mm-42hd2037-01.html?gclid=EAIaIQobChMIi8Ou59z9gAMVwkFBAh1qcgT2EAQYASABEgLp_PD_BwE)
- L9110 2-CHANNEL MOTOR DRIVER. Laskakit [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
[https://www.laskakit.cz/user/related\\_files/l9110\\_2\\_channel\\_motor\\_driver.pdf](https://www.laskakit.cz/user/related_files/l9110_2_channel_motor_driver.pdf)
- LOCKER, Martin. 3. Tlačítko. Robot klub Rychnov [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
<https://robotika.vosrk.cz/guide/arduino/lesson03/c>
- OWEN-HILL, Alex. The Pros and Cons of 5 Robot Programming Methods. RoboDK [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://robodk.com/blog/robot-programming-methods-pros-and-cons/>
- Průmyslové roboty a manipulátory. Prezentace v PowerPointu. [cit. 2023-08-30].
- RICHTER, Felix. Rise of the Robots. Statista Content & Design [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/26210/operational-stock-of-industrial-robots/>
- SELECKÝ, M, 2016. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-4840-2.
- Servo Feetech FC-SRB-002 - standard. Botland [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
<https://botland.cz/standardni-serva/9211-servo-feetech-fc-srb-002-standard-5904422313012.html>
- SHWEBER, Bill. Základy digitálních potenciometrů a jejich použití. Vyvoj.hw.cz [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/zaklady-digitalnich-potenciometru-a-jak-je-pouzivat.html>
- SMOLÍK, Jan. Arduino NANO. Jan Smolík [online]. [cit. 2023-08-23]. Dostupné z:  
<https://honzasmolik.cz/arduino.html>
- SMUTNÝ, Vladimír. Robotika: Úvod do kinematiky [online]. In: s. 29 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z: <http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/ROB/roblec/kinematika-notecz.pdf>
- Standard Servo PowerHD LF-20MG. Botland [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
<https://botland.cz/standardni-serva/3576-standard-servo-powerhd-lf-20mg-6939670200387.html>

Taktický spínač. Botland [online]. 2021 [cit. 2023-08-30]. Dostupné z:  
<https://botland.cz/takticky-spinac/11136-takticky-spinac-12x12mm-s-vickem-cerny-hrib-5-ks-5904422307479.html>

## **PŘÍLOHY**

Příloha A – Konstrukční manuál

Příloha B – Uživatelský manuál

Příloha A

**Příloha k diplomové práci**  
**ROBOTICKÁ RUKA OVLÁDANÁ BEZDRÁTOVOU RUKAVICÍ**  
Lukáš Holeka

**KONSTRUKČNÍ MANUÁL**

## **OBSAH**

SEZNAM ILUSTRACÍ .....	A-2
ÚVOD .....	A-3
1.1 Sestavení základny.....	A-4
1.2 Sestavení lokte .....	A-6
1.3 Sestavení zápěstí .....	A-9



## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. A.1 - Vizualizace uchycení krokového motoru (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-4
Obr. A.2 – Uchycení krokového motoru a náboje .....	A-4
Obr. A.3 - Vizualizace uchycení servomotorů ramene (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-5
Obr. A.4 - Výsledné uchycení servomotorů ramene .....	A-5
Obr. A.5 - Vizualizace připevnění dvou U-držáků (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-6
Obr. A.6 - Úchyt držáku k servo páce .....	A-6
Obr. A.7 – Vizualizace servomotoru lokte (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-7
Obr. A.8 - Uchycení servomotoru Fettech k držákům.....	A-8
Obr. A.9 – Výsledné upevnění držáků pro servomotor Fettech .....	A-8
Obr. A.10 - Výsledné uchycení servomotoru k držáku .....	A-9
Obr. A.11 – Vizualizace připevnění držáku servomotoru k U-držáku (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical).....	A-9
Obr. A.12 - Připevnění L-držáku k servomotoru (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-10
Obr. A.13 - Výsledný robotický manipulátor .....	A-10
Obr. A.14 Vizualizace robotického manipulátoru (Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical) .....	A-11

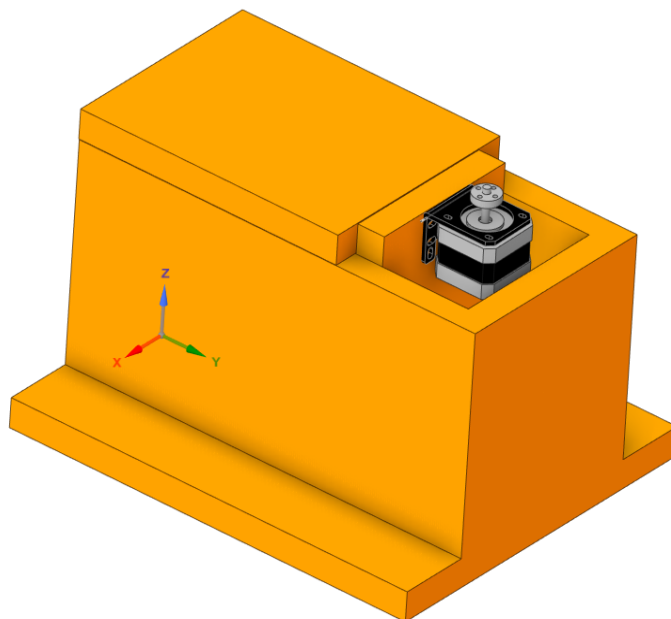
## **ÚVOD**

V této příloze je vysvětleno propojení konstrukčních částí robotického manipulátoru. Typy držáků využívané pro motory a potřebné šrouby pro sestavení konstrukce do finální podoby.

# 1 SESTAVENÍ ROBOTICKÉHO MANIPULÁTORU

## 1.1 Sestavení základny

K sestavení základny je zapotřebí krokový motor Nema17 a držák pro krokový motor. Držák krokového motoru je připevněn pomocí čtyř vrtulů 3×20 doprostřed horní části překližky v levé části dřevěné krabice. Krokový motor je zesponu zasunut do držáku a uchycen pomocí čtyř šroubů M3×7. Náboj o velikosti 5 mm se závity M3 je uchycen na hřídeli krokového motoru.

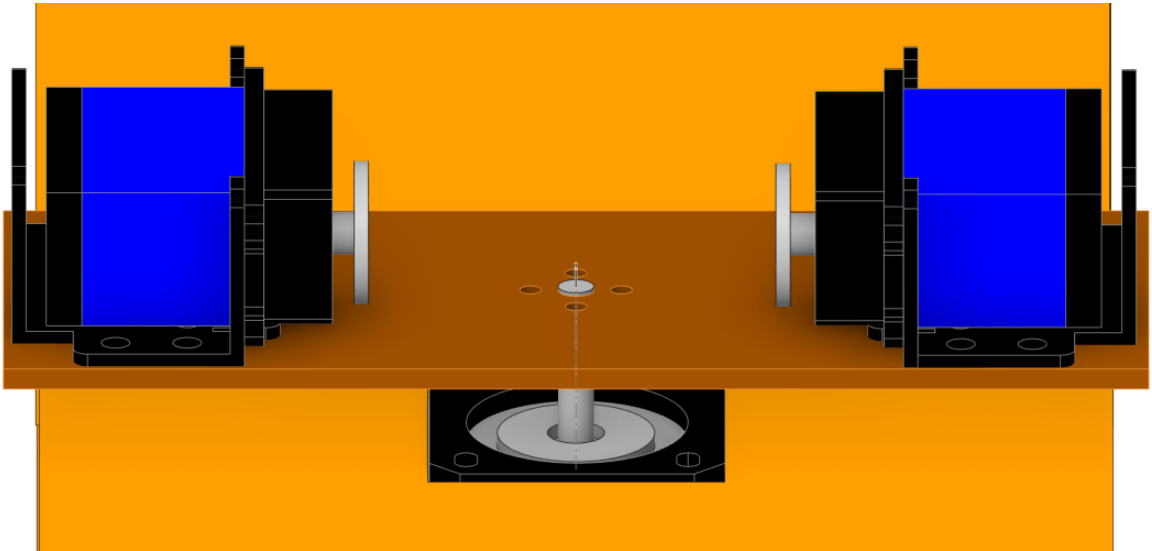


Obr. A.1 - Vizualizace uchycení krokového motoru  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

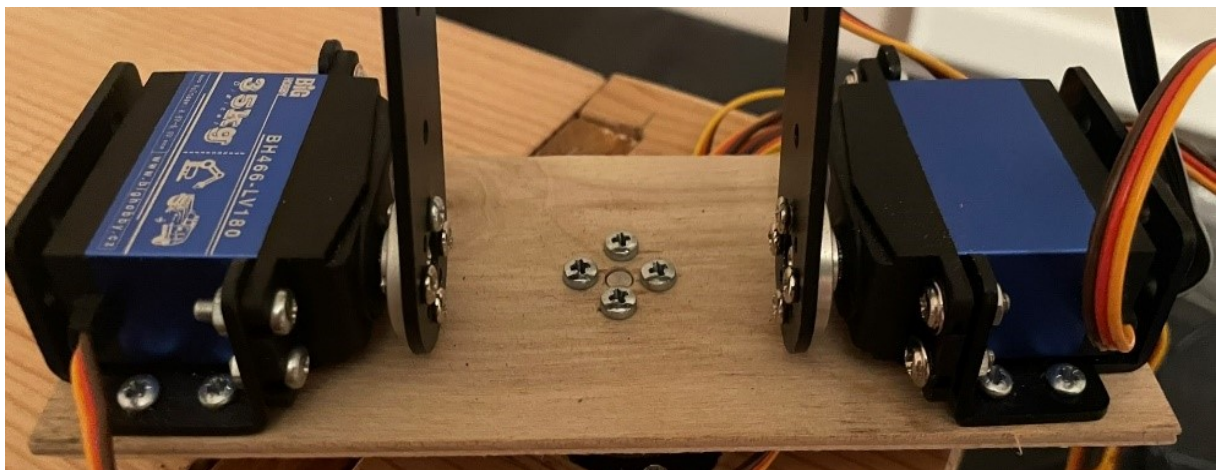


Obr. A.2 – Uchycení krokového motoru a náboje

Pro uchycení dřevěné desky, o rozměrech 16×6 cm, k náboji krokového motoru jsou využity čtyři šrouby M3×7. Oba držáky jsou připevněny pomocí osmi vrtů M3x3 na obě strany dřevěné desky. Do držáků jsou umístěny servomotory od firmy BigHobby. Pro uchycení servomotorů k držáku se využije osm šroubů M3×7, které jsou utaženy převlečnou maticí. K oběma servomotorům se připevní kruhová servo páka.



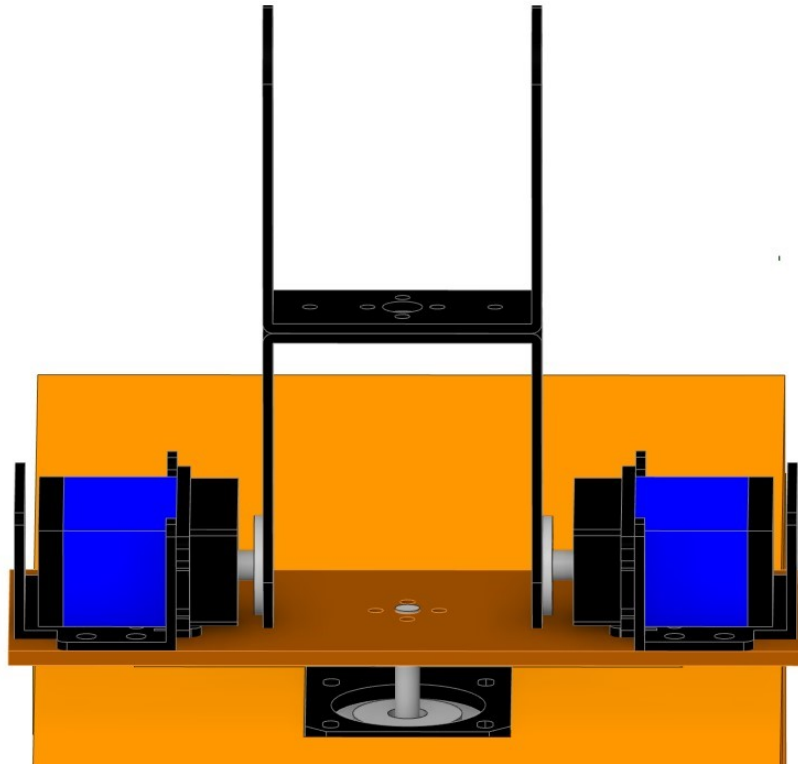
Obr. A.4 - Vizualizace uchycení servomotorů ramene  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



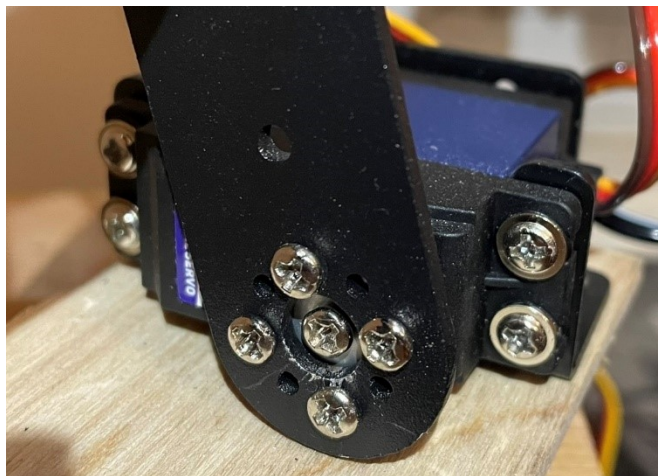
Obr. A.3 - Výsledné uchycení servomotorů ramene

## 1.2 Sestavení lokte

Pro sestavení lokte manipulátoru je zapotřebí dvou U-držáků a deseti šroubů M3×7. Dva U-držáky jsou zarovnány k sobě a minimálně pomocí dvou šroubů s převlečnými maticemi připevněny. Spodní část U-držáku se připevní ke kruhovým pákám servomotorů pomocí zbylých osmi šroubů.

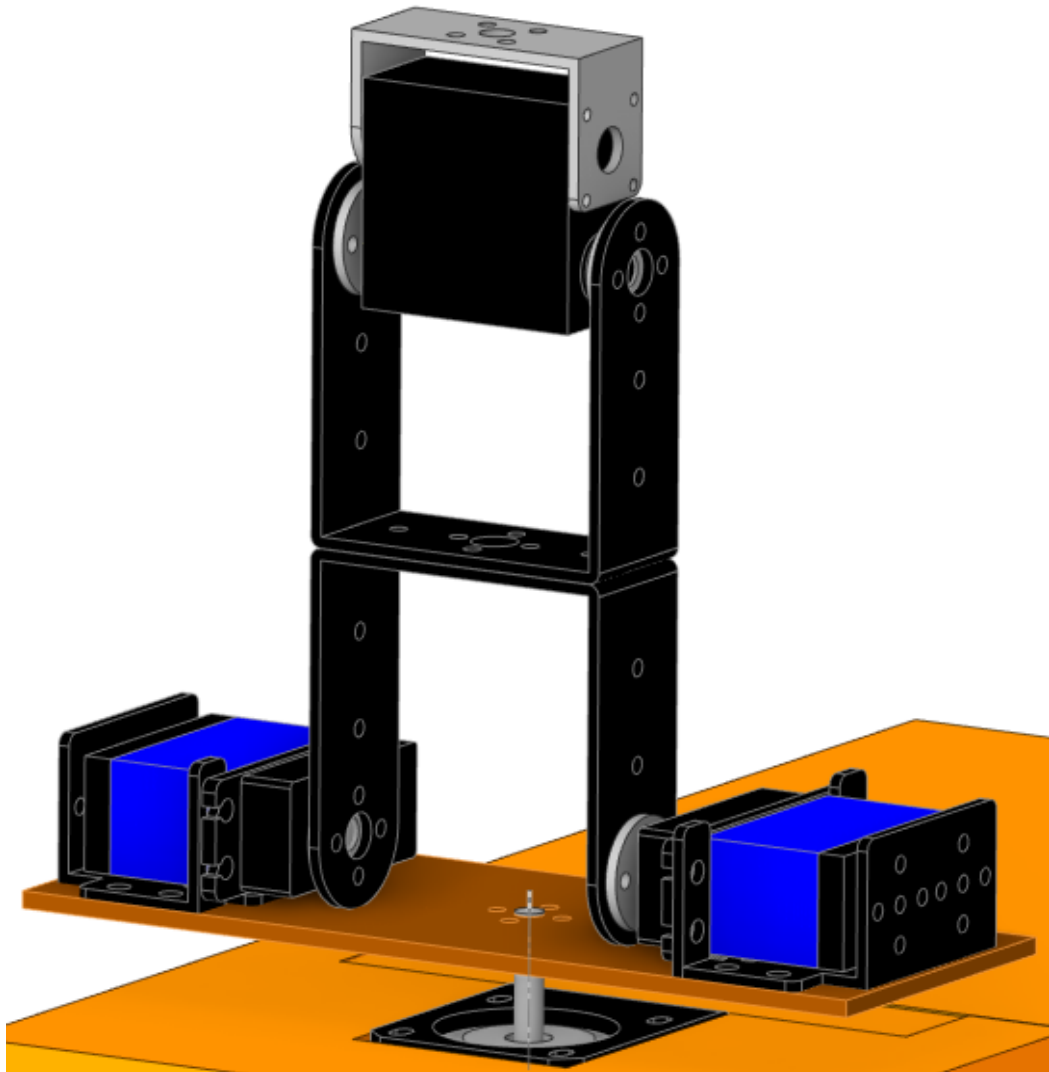


Obr. A.5 - Vizualizace připevnění dvou U-držáků  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. A.6 - Úchyt držáku k servo páce

K vrchní části držáku je uchycen servomotor od firmy Fettech s přimontovanými kruhovými servo pákami. Tento servomotor je přišroubován pomocí osmi šroubů M3×7. Z druhé strany motoru je pomocí vrtů velikosti M2 upevněn menší U-držák.



Obr. A.7 – Vizualizace servomotoru lokte  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. A.9 - Uchycení servomotoru Fettech k držákům



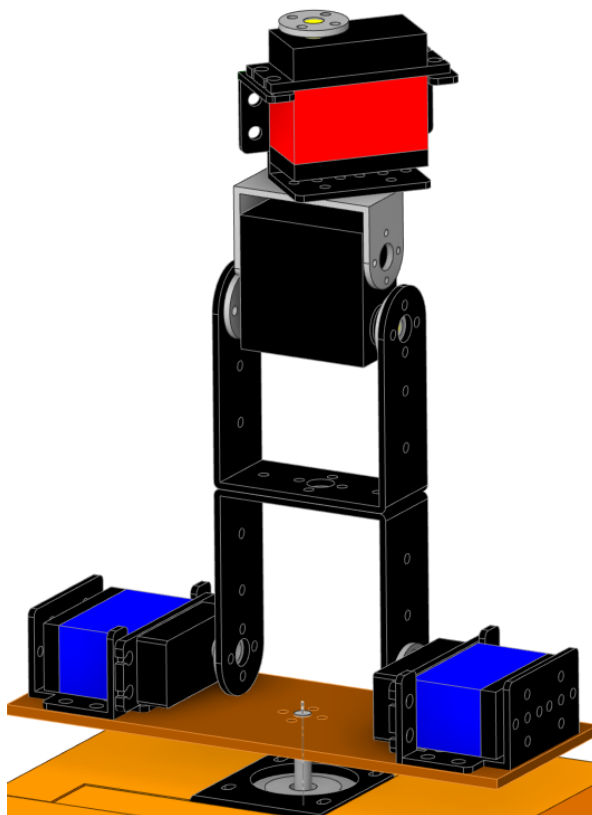
Obr. A.8 – Výsledné upevnění držáků pro servomotor Fettech

### 1.3 Sestavení zápěstí

K sestavení zápěstí je využit jeden držák servomotoru, servomotor od firmy PowerHD a kulová servo páka. Držák serva je připevněn pomocí čtyř šroubů M3×7 s převlečnými matkami k U-držáku, který je umístěný na servu lokte. Servomotor je zasunut do držáku a uchycen pomocí čtyř šroubů M2,5×7 a čtyř převlečných matek. Na servomotor je připevněna kulová páka pomocí jednoho šroubu M3.



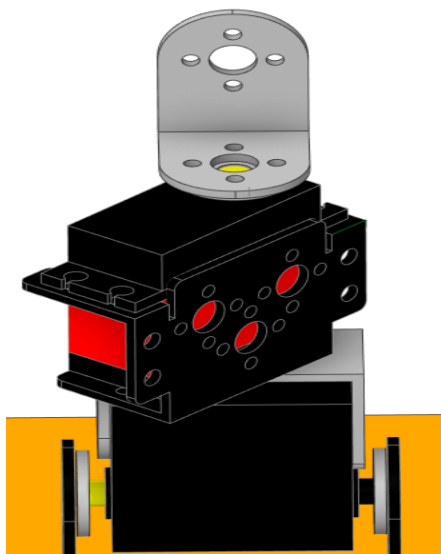
Obr. A.11 - Výsledné uchycení servomotoru k držáku



Obr. A.10 – Vizualizace připevnění držáku servomotoru k U-držáku  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



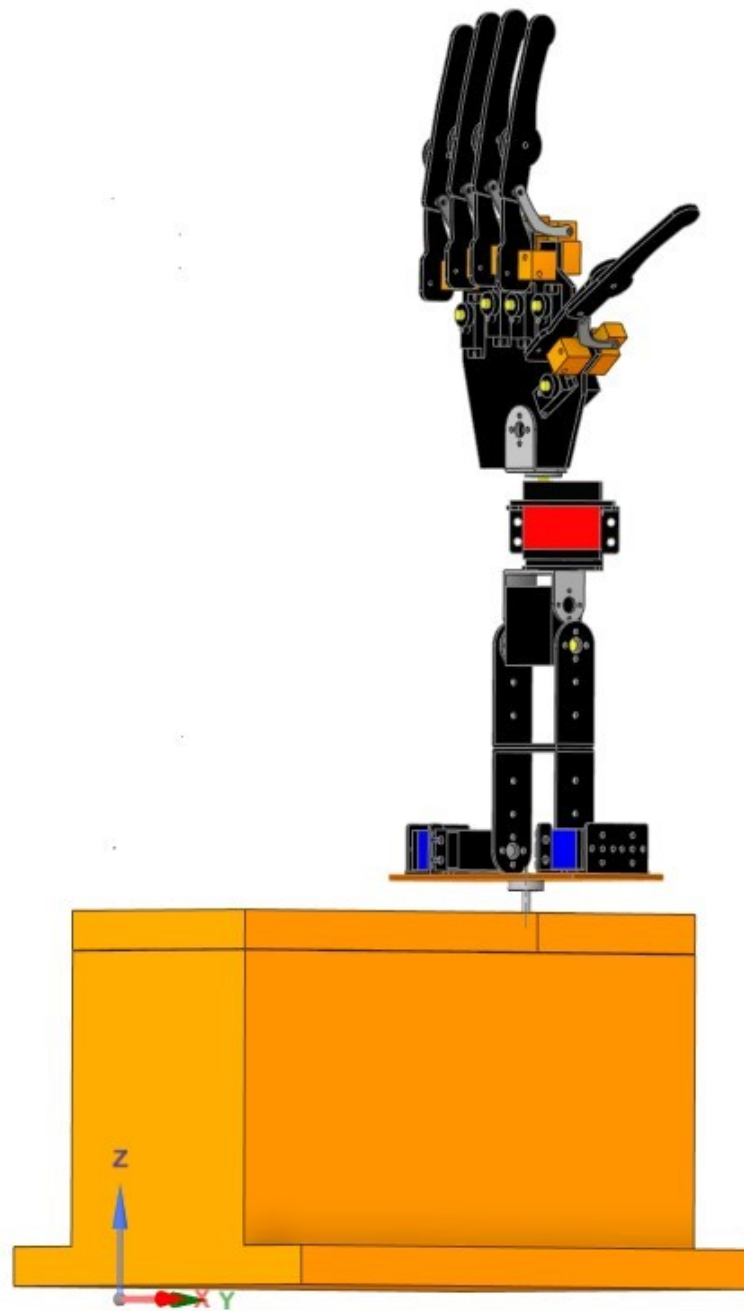
Ke kulové páce je připevněný L-držák čtyřmi šrouby M3×7, ke kterému je připevněna koncová ruka pomocí čtyř šroubů M3×7.



Obr. A.12 - Připevnění L-držáku k servomotoru  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)



Obr. A.13 - Výsledný robotický manipulátor



Obr. A.14 Vizualizace robotického manipulátoru  
(Vlastní tvorba, navrženo v DesignSpark Mechanical)

Příloha B

**Příloha k diplomové práci**  
**ROBOTICKÁ RUKA OVLÁDANÁ BEZDRÁTOVOU RUKAVICÍ**  
Lukáš Holeka

**Uživatelský manuál**

## **OBSAH**

ÚVOD .....	B-3
2 ROBOTICKÝ MANIPULÁTOR.....	B-4
2.1 ZPROVOZNĚNÍ ROBOTICKÉHO MANIPULÁTORU.....	B-4
2.2 OVLÁDACÍ GESTA MANIPULÁTORU.....	B-5

## **SEZNAM ILUSTRACÍ**

Obr. B.1 - Adaptéry a USB kabel .....	B-4
Obr. B.2 – Zapojení bezdrátové rukavice .....	B-4
Obr. B.3 - Vyobrazení obou osazení obou os .....	B-5

## **ÚVOD**

Tato příloha obsahuje uživatelský manuál pro robotický manipulátor. Bude zde vysvětleno zprovoznění robotického manipulátoru a jeho ovládání pomocí bezdrátové rukavice.

## 2 ROBOTICKÝ MANIPULÁTOR

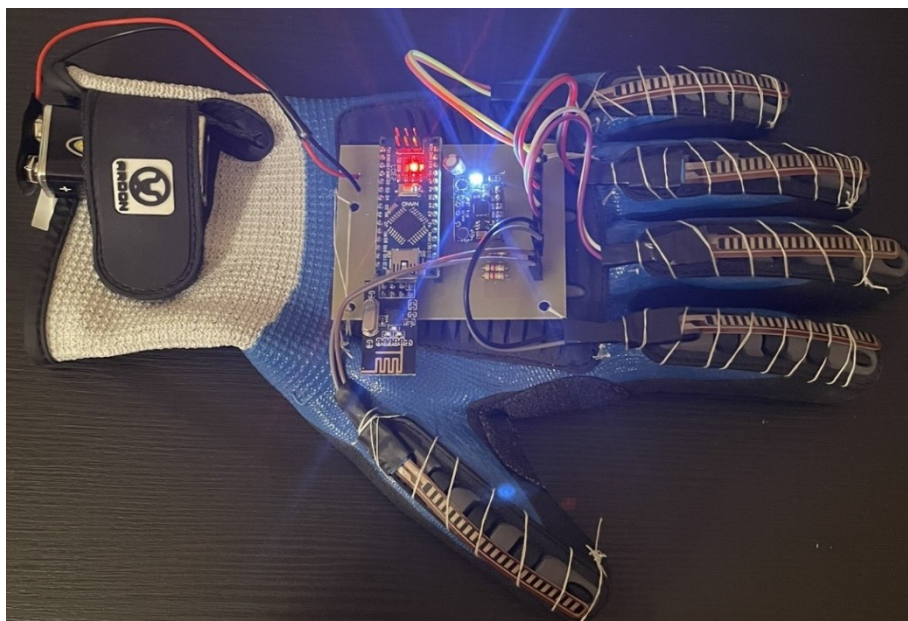
### 2.1 ZPROVOZNĚNÍ ROBOTICKÉHO MANIPULÁTORU

Pro zprovoznění robotického ramene je potřeba zapojit dva přídavné 5 V síťové adaptéry, který napájí jeden krokový motor a devět servomotorů. K řídicí jednotce robotického ramene je potřeba zapojit 5 V adaptér nebo USB kabel.



Obr. B.1 - Adaptéry a USB kabel

Pro ovládání manipulátoru pomocí bezdrátové rukavice je zapotřebí 9 V baterie. Ta se připojí k druhé řídicí jednotce, která se nachází na rukavici.



Obr. B.2 – Zapojení bezdrátové rukavice

## 2.2 OVLÁDACÍ GESTA MANIPULÁTORU

Bezdrátová rukavice umožňuje pomocí gyroskopu ovládat jeden krokový motor a 4 servomotory. Zbýlých pět servomotorů, které zajišťují pohyb jednotlivých prstů, ovládají flex senzory. Tyto senzory jsou vsity na jednotlivé prsty rukavice.

Pro pohyb krokového motoru je zapotřebí rukavici nahnout po ose x o více jak  $70^\circ$ . Při pohybu o víc jak  $70^\circ$  se základna bude pohybovat na pravou stranu. V opačném případě, bude-li rukavice nahnuta o více jak  $-70^\circ$ , krokový motor se pohybuje doleva.

Po ose y jsou ovládány naráz dva servopohony. V náklonu přes  $70^\circ$  se robotické rameno bude pohybovat směrem dolů a při opačném náklonu zase nahoru.

Pro loketní kloub manipulátoru ovládaný jedním servopohonem, je využita kombinace obou souřadnic. V případě náklonu gyroskopu o více jak  $30^\circ$  na ose x a ose y nastává pohyb v lokti směrem dolů. Pro pohyb nahoru zůstává podmínka pro osu x stejná, ale osa y musí být menší jak  $-30^\circ$ .

Servomotor zápěstí umožňuje pohyb doleva a doprava. Pro pohyb doleva musí být souřadnice na obou osách větší jak  $30^\circ$ . Pohyb doleva je podmíněn pro osu y větší jak  $30^\circ$  a pro osu x menší jak  $-30^\circ$ .

Ohyb prstů robotické ruky zajišťují tenzometry na rukavici. Jednotlivé prsty robotické ruky jsou ovládány pomocí ohybu daného prstu v rukavici. Tím se ohne vsity flex senzor, čímž se pohne daný servomotor.

Na obrázku B.3 čtverec reprezentuje rukavici a jsou vyobrazeny osy x a y.



Obr. B.3 - Vyobrazení obou os