

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A  
INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Lukáš Kafka

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Robotický had  
Bakalářská práce

2024

Lukáš Kafka

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Kafka**  
Osobní číslo: **I21047**  
Studijní program: **B0714A150008 Automatizace**  
Téma práce: **Robotický had**  
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

## Zásady pro vypracování

Cílem práce je konstrukce robotického hada s vestavěným řídicím systémem realizovaném na bázi mikrokontroléru. Tělo hada bude navrženo pomocí vhodného 3D návrhového systému a bude realizováno převážně technologií 3D tisku.

**Teoretická část:** Stručná rešerše problematiky týkající se zadaného tématu se zaměřením na hlavní směry konstrukčního řešení srovnatelných zařízení a ve vlastním návrhu použitých konstrukčních prvků.

**Implementační část:** Podrobný popis konstrukce jednotlivých částí robotického hada a jejich následného testování, včetně zhodnocení dosažených výsledků. Návrh mechanické části hada ve formě 3D modelů ve vybraném návrhovém software s následnou realizací s využitím 3D tisku. Realizace řídicího systému s využitím zvoleného vývojového kitu. Návrh a realizace firmware mikropočítače.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BANZI, Massimo, 2011. Getting Started with Arduino. 2nd Ed. Sebastopol (USA), O'Reilly Media, Inc. ISBN: 978-1-449-30987-9.  
From the Makers of HackSpace Magazine, 2019. Get Started with Arduino: Robots, Musical Instruments, Smart Displays and More. Cambridge: Raspberry Pi Press. ISBN 978-1-912047-63-5.  
VODA, Zbyšek a kol., 2017. Průvodce světem Arduina. Bučovice, Nakladatelství Martin Stříž. ISBN 978-80-87106-93-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Kupka, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

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

L.S.

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

V Pardubicích dne 12. ledna 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Robotický had 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., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 05. 2024

Lukáš Kafka v.r

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych vyjádřit svou upřímnou vděčnost Ing. Liboru Kupkovi za jeho cenné rady, trpělivost a podporu během mého studia a práce na bakalářské práci. Jeho odborné znalosti a cenné rady mi poskytly klíčové směry a inspiraci pro úspěšné dokončení tohoto projektu. Jeho vstřícnost a ochota sdílet své znalosti mi umožnily prozkoumat nové perspektivy a získat hlubší porozumění dané problematice. Díky jeho vedení jsem nejen rozšířil své odborné znalosti, ale také jsem posílil své dovednosti a sebejistotu ve svém oboru. Za všechno jeho úsilí a angažovanost mu patří mé upřímné díky.

Děkuji také všem svým přátelům a rodině za jejich neustálou podporu a povzbuzení během celého procesu psaní bakalářské práce. Bez jejich podpory by tento úspěch nebyl možný.

V Pardubicích dne 10.05.2024

Lukáš Kafka

## **ANOTACE**

*Tato bakalářská práce zkoumá proces návrhu a výroby robotického hada s cílem dosáhnout co nejautentičtějšího pohybu a vzhledu. Práce se zaměřuje na modelování kloubů pro optimální funkčnost. Dále popisuje aplikaci šupin a kůže hada a integraci elektroniky. Práce se také zabývá synchronizací servomotorů a mikropočítače pro koordinovaný pohyb hada. Výsledný robotický had má potenciál být využit v oblastech jako je výzkum, vzdělávání a zábava.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*pohyb, estetika, elektronika, servomotor, funkčnost, materiály, kompatibilita*

## **TITLE**

*The Robotic snake*

## **ANNOTATION**

*This bachelor thesis explores the process of designing and manufacturing a robotic snake in order to achieve the most authentic movement and appearance. The work focuses on modelling the joints for optimal functionality. It also describes the application of snake scales and skin and the integration of electronics. The thesis also discusses the synchronization of servo motors and microcomputer for coordinated movement of the snake. The resulting robotic snake has the potential to be used in areas such as research, education and entertainment.*

## **KEYWORDS**

*movement, aesthetics, electronics, servomotor, functionality, materials, compatibility*

# ***OBSAH***

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	12
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	14
TERMINOLOGIE .....	16
ÚVOD.....	17
1 HISTORIE A VÝVOJ ROBOTIKY.....	18
1.1 Průlomové momenty v historii robotiky.....	18
1.1.1 Antické a středověké mechanické zařízení.....	18
1.1.2 Průmyslová revoluce a první mechanické automaty .....	18
1.1.3 Počátky moderní robotiky a pojetí robotů v literatuře.....	19
1.1.4 Rozvoj průmyslových robotů v 20. století.....	19
1.2 Technologické inovace a významné milníky.....	19
1.2.1 Vynález prvního programovatelného robota .....	19
1.2.2 Průlom v oblasti umělé inteligence a autonomních robotů.....	19
1.2.3 Vliv robotiky na průmyslové odvětví a společnost jako celek .....	19
2 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ A JEJICH STRUKTURY .....	20
2.1 Definice průmyslových robotů .....	20
2.2 Typy průmyslových robotů.....	20
2.2.1 Adaptivní roboty .....	21
2.2.2 Kognitivní roboty.....	21
2.2.3 Konativní roboty .....	21
2.2.4 Mobilní roboty .....	21
2.3 Kategorizace Konstrukcí Průmyslových Robotů.....	22
2.3.1 Karteziánské roboty .....	22
2.3.2 SCARA roboty.....	22
2.3.3 Kloubové roboty .....	23
2.3.4 Dvouramenné roboty .....	23
2.3.5 Šestiosé roboty .....	24
2.3.6 Delta roboty .....	24
2.4 Rozdělení průmyslových robotů na základě použití.....	25



2.4.1 Svařovací roboty .....	25
2.4.2 Lakovací roboty .....	25
2.4.3 Paletizační roboty .....	25
2.4.4 Kolaborativní roboty .....	25
2.5 Plazící roboti .....	27
2.5.1 Vývoj robotů typu Had .....	27
2.5.2 Mechanický design robotů typu Had .....	27
2.5.3 Simulační platformy pro roboty .....	28
2.5.4 Druhy pohybu hadů .....	28
3 MOTORY ROBOTŮ .....	30
3.1 Typy motorů v robotice .....	30
3.2 Asynchronní Motory .....	31
3.3 Stejnoseměrné Motory .....	32
3.3.1 Konstrukce Stejnoseměrných Motorů .....	32
3.3.2 Principy Provozu Stejnoseměrných Motorů .....	33
3.4 Krokové Motory .....	33
3.4.1 Anatomie a Funkce .....	33
3.4.2 Metody Řízení .....	34
3.4.3 Metody v Praxi .....	34
3.5 Servomotory .....	34
3.5.1 Princip fungování .....	35
3.5.2 Kontinuální servomotory .....	35
3.5.3 Servomotor MG90S 180° .....	35
4 ARDUINO – MCU .....	37
4.1 Úvod do světa mikrokontrolérů .....	37
4.2 Přehled oficiálních desek Arduino .....	37
4.2.1 Arduino Uno .....	37
4.2.2 Arduino Mega .....	37
4.2.3 Arduino Due .....	38
4.2.4 Arduino Micro .....	38
4.3 Arduino Shieldy a Klony .....	38
4.3.1 Co jsou Arduino Shieldy? .....	38

4.3.2 Populární Arduino Shieldy .....	38
4.3.3 Arduino Klony .....	39
4.4 Program Arduino IDE.....	39
4.4.1 Jak funguje Arduino IDE? .....	39
4.4.2 Základy programování v Arduino IDE .....	39
4.4.3 Nahrávání programu do Arduina .....	40
4.5 Arduino Nano ATmega328 .....	40
4.5.1 Co je Arduino Nano ATmega328? .....	40
4.5.2 Specifikace Arduino Nano ATmega328.....	40
5. 3D TISK.....	41
5.1 Historie 3D tisku.....	42
5.2 Princip 3D tisku .....	42
5.3 Druhy materiálů .....	43
5.3.1 Tiskové struny.....	43
5.3.2 Fotopolymery / Resiny / Pryskyřice .....	45
5.3.3 Barevný FFF tisk .....	46
6. VÝBĚR MATERIÁLU PRO STAVBU KONSTRUKCE.....	47
6.1 Polykarbonát .....	47
6.2 Polyuretanová pěna.....	47
6.3 Nylon .....	47
6.4 PLA (kyselina polymléčná) .....	48
7. KONSTRUKCE HADA .....	49
7.1 Kloub .....	49
7.2 Hlava.....	50
7.3 Šupiny .....	51
7.4 Kůže.....	53
8 MOTORICKÁ A ELEKTRICKÁ VÝBAVA .....	55
8.1 Servomotor MG90S 180° .....	55
8.2 Mini Micro kovový převodový motor .....	57
8.3 Měnič napětí (7V–22V na 5V 3A) .....	58

8.5 Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G.....	59
9 STAVBA ROBOTICKÉHO HADA .....	60
9.1 Stavba hada .....	60
9.2 Napájení a kabeláž .....	61
9.3 Úpravy modelu .....	62
9.4 Změna vývojové desky .....	63
10 ZMĚNY MODELŮ V PRŮBĚHU STAVBY.....	64
10.1 Změna modelu kloubů .....	64
10.2 Změna modelu šupin.....	65
10.3 Změna modelu kůže.....	66
10.4 Změna modelu hlavy .....	67
11 SOFTWARE.....	68
11.1 Vývojový diagram .....	68
11.2 Globální proměnné .....	70
11.3 Funkce setup().....	70
11.4 Funkce slither(int Speed) .....	71
11.5 Funkce loop().....	72
12 PROBLEMATIKA .....	73
12.1 Problematika při tvorbě návrhu .....	73
12.2 Stavba.....	73
12.3 Problematika s komponentami.....	74
12.4 Problematika softwaru .....	74
ZÁVĚR .....	76
POUŽITÁ LITERATURA .....	77
SEZNAM PŘÍLOH.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1.1 –Blokové schéma průmyslového robota (Churý, 2006).....	18
Obrázek 2.1 – Základní charakteristiky průmyslových robotů (Kolíbal, 2000).....	20
Obrázek 2.2 – Karteziánský robot Lexium MAXR3 (WURST, 2012) .....	22
Obrázek 2.3 –SCARA robot G3-301 S (EPSON) .....	22
Obrázek 2.4 – Kloubový robot série M-20 (Kovanda).....	23
Obrázek 2.5 –Dvouramenný robot Yaskawa Motoman v biologické verzi (MM SCIENCE JOURNAL, 2014).....	23
Obrázek 2.6 – Šestiosý robot TX2-40, TX2-60 a TX2-90 (MM SCIENCE JOURNAL, 2021) .....	24
Obrázek 2.7 –Delta robot KR 3 D1200 (Kovanda, 2021) .....	24
Obrázek 2.8 – Boční ohýbání hada (Encyclopædia Britannica, 2004).....	29
Obrázek 2.9 – Přímočarý pohyb hada (Encyclopædia Britannica, 2004).....	29
Obrázek 2.9 – Harmonikový pohyb hada (Encyclopædia Britannica, 2004) .....	29
Obrázek 3.1 – Asynchronní Motor s kotvou nakrátko (Bešta, 2017).....	31
Obrázek 3.2 –Principiální schéma stejnosměrného motoru (Roubíček, 2008).....	32
Obrázek 3.3 – Řez krokovým motorem (EUFACTORY, 2018) .....	33
Obrázek 3.4 – Lineární servo servomotory (LINEARNISERVOMOTORY, 2018) .....	34
Obrázek 3.5 –Servomotor MG90S 180° (Martin S.).....	36
Obrázek 4.1 – Arduino Uno.....	37
Obrázek 4.2 – Arduino Due (Voda, 2017).....	38
Obrázek 4.3 – Arduino Ethernet Shield(Voda, 2017) .....	39
Obrázek 4.4 – Arduino Nano ATmega328 .....	40
Obrázek 5.1 –3D Tiskárna Creality ENDER 3 S1 (CREALITY) .....	41
Obrázek 5.2 –Tabulka materiálů tiskových strun (MCAE, 2020).....	43
Obrázek 7.1 – Vnitřní kloub .....	50
Obrázek 7.2 – Ocasní kloub.....	50
Obrázek7.3 – Původní hlava bez motoru a nynější hlava s motorem.....	51
Obrázek 7.4 –Šupiny ocasního kloubu s výstulkami a se silikonovou gumou.....	52
Obrázek 7.5 –Šupiny vnitřního kloubu s výstupkama a se silikonovou gumou.....	52

Obrázek 7.6 –Kůže na vnitřní klouby a na hlavu .....	54
Obrázek 7.7 – Kůže na ocasní kloub .....	54
Obrázek 8.1 – Servomotor MG90S 180° .....	56
Obrázek 8.2 –Mini Micro kovový převodový motor.....	57
Obrázek 8.3 – Měnič napětí.....	58
Obrázek 8.5 – Vývojová deska Arduino Nano ATmega328 .....	59
Obrázek 9.1 – Zapojení kabeláže.....	61
Obrázek 11.1 – Vývojový diagram kódu.....	69
Obrázek 11.2 – Globální proměnné.....	70
Obrázek 11.3 – Funkce setup() .....	71
Obrázek 11.4 – Funkce slither(int Speed) .....	71
Obrázek 11.5 – Funkce loop() .....	72

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

SCARA – Selective Compliance Assembly Robot Arm. Jedná se o typ robotického ramene, které se využívá při automatizaci výrobních procesů, například ve 3D tiskárnách nebo v montážních linkách.

ARM – Advanced RISC Machine. Jedná se o rodinu procesorů s redukovanou instrukční sadou (RISC), které se používají v mobilních zařízeních, vestavěných systémech, tabletech, a dalších zařízeních.

ABS – Akrylonitril-Butadien-Styren. Jedná se o termoplastický polymer, který se běžně využívá ve 3D tiskárnách. Je odolný vůči nárazům a teple, čímž je vhodný pro výrobu pevných a odolných předmětů.

PETG – Polyethylentereftalátglykol. PETG je termoplastický polyester využívaný ve 3D tisku. Je odolný vůči chemikáliím a má vysokou pevnost, což jej činí vhodným pro tisk funkčních prototypů a mechanických součástí.

TPU – Termoplastický polyuretan. TPU je elastomer využívaný ve 3D tisku pro výrobu pružných a flexibilních předmětů, jako jsou těsnění, obaly nebo boty.

HIPS – High Impact Polystyrene. HIPS je termoplastický polymer, který se využívá jako podpůrný materiál při 3D tisku. Je lehký, snadno se odstraňuje rozpouštědlem a lze ho recyklovat.

V – Volt. Volt je základní jednotka elektrického napětí v mezinárodním systému jednotek (SI). Udává rozdíl elektrického potenciálu mezi dvěma body obvodu.

μs – Mikrosekunda. Mikrosekunda je jednotka času, která odpovídá jedné milióntině sekundy.

W – Watt. Watt je základní jednotka výkonu v mezinárodním systému jednotek (SI). Udává rychlost, s jakou se vykoná práce.

BluePill – BluePill je název vývojové desky založené na mikrokontroléru STM32, která je populární mezi nadšenci pro elektroniku a vývoj embedded systémů.

3D – Trojrozměrný. Zkratka označující trojrozměrné objekty nebo technologie, jako je 3D tisk.

PLA – Polylaktid. V tomto kontextu se jedná o stejný materiál jako v předchozím bodě – biologicky rozložitelný materiál používaný ve 3D tisku.

PWM – Pulse Width Modulation. PWM je technika regulace výkonu, kdy je pulzní signál měněn tak, že se zvyšuje nebo snižuje šířka jednotlivých pulzů.

PCB – Printed Circuit Board. PCB je tištěná deska s obvody, na kterou jsou tištěny vodiče a komponenty, které slouží k propojení a realizaci elektronických obvodů.

BLDC – Brushless Direct Current. BLDC je typ elektromotoru, který nemá kartáčky a komutátor jako klasické stejnosměrné motory. Používá se například v modelářství, průmyslových aplikacích nebo v elektromobilních pohonech.

STM32 – STM32 je rodina mikrokontrolérů vyráběná společností STMicroelectronics. Jsou hojně využívány v elektronice, vestavěných systémech, průmyslové automatizaci a dalších aplikacích.

## TERMINOLOGIE

*Klouby:* klouby jsou spojovací prvky v robotickém hadovi, které umožňují pohyb jednotlivých částí hada vůči sobě. Tyto klouby jsou navrženy tak, aby simulovaly přirozený pohyb hada a umožnily mu plynulé pohyby. V bakalářské práci jsou klouby klíčovými komponenty, které umožňují hadovi flexibilitu a pohyblivost.

*Šupiny:* šupiny představují vnější obal robotického hada, který napodobuje vzhled a strukturu šupin skutečného hada. Tyto šupiny mohou být navrženy různými způsoby a materiály a slouží nejen k estetickému vzhledu hada, ale také k ochraně a pokrytí kloubů a mechanismů uvnitř hada.

*Kůže:* kůže je další vrstvou vnějšího obalu hada, který může být použit k pokrytí šupin nebo kloubů. Kůže může být vyrobena z různých materiálů, jako je například PLA (polylaktid), a může mít různé textury a struktury, které přidávají autentičnost a estetickou hodnotu robotickému hadovi.

*Servomotor:* servomotor je elektrický motor, který umožňuje přesné ovládání polohy a pohybu v rámci kloubů robotického hada. Tyto servomotory jsou umístěny uvnitř hada a jsou propojeny s klouby, aby umožnily plynulé a přesné pohyby hada. V bakalářské práci jsou servomotory klíčovými součástmi, které umožňují hadovi reagovat na povel a simulovat přirozený pohyb.

*Arduino Nano:* Typ mikrokontroléru založeného na platformě Arduino, často využívaný pro ovládání elektronických zařízení.

*3D tisk:* Metoda výroby, při které se tisknou třírozměrné objekty postupným nanášením materiálu vrstva po vrstvě.

*Sériová komunikace:* Metoda komunikace mezi elektronickými zařízeními, při níž se data posílají sériově po jednom bitu nebo bytu za druhým.

*Pečlivá kontrola:* Důkladné ověření nebo monitorování, obvykle s cílem zjistit chyby nebo nedostatky.



## ÚVOD

Robotické hady představují fascinující oblast v oboru robotiky, která kombinuje inovativní technologie s inspirací z přírody. Tyto hadovité roboty mají široké spektrum aplikací, včetně průzkumu terénu, záchranných operací, průmyslové automatizace, a dokonce i zábavních účelů. Bakalářská práce se zaměřuje na konstrukci a sestavení robotického hada, který využívá pokročilého designu, materiálů a technologií k napodobení pohybu a vzhledu skutečného hada.

Tento projekt se zabývá návrhem a vývojem klíčových komponent robotického hada, včetně kloubů, šupin, kůže a servomotorů. Proces návrhu a konstrukce robotického hada vyžaduje systematický přístup k řešení technických výzev spojených s pohyblivostí, stabilitou a estetikou. Kombinace CAD modelování, 3D tisku a elektronických komponent umožňuje vytvořit funkční a atraktivní zařízení, které může sloužit jako platforma pro další výzkum a aplikace v oblasti robotiky.

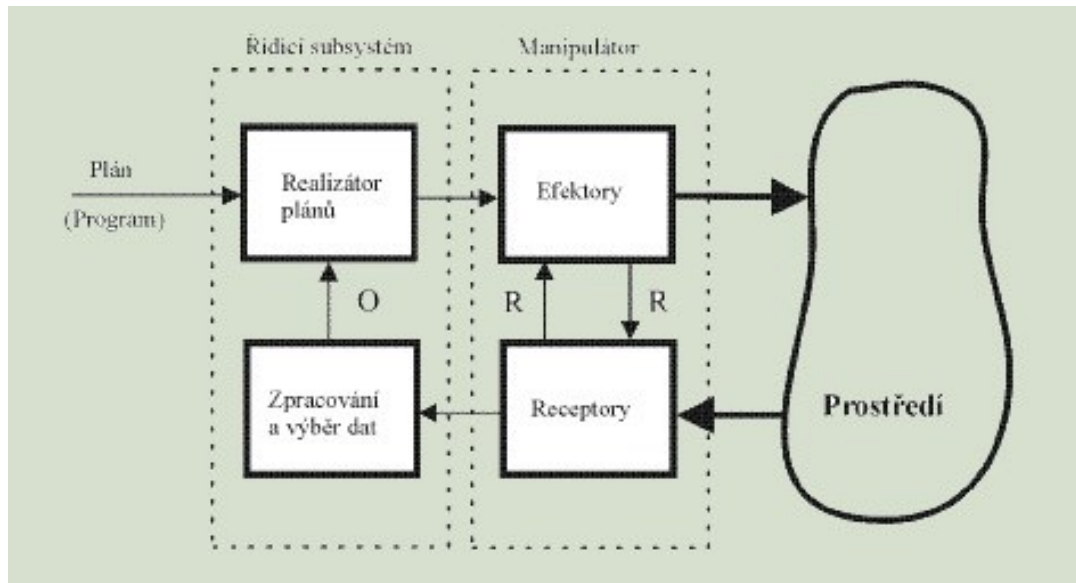
Cílem této práce je prezentovat postup konstrukce a sestavení robotického hada od návrhu jednotlivých komponent až po finální montáž a testování. Práce se dále zaměřuje na analýzu vlivu jednotlivých faktorů na pohyblivost a stabilitu hada, stejně jako na možnosti jeho budoucího vylepšení a rozšíření.

Tato práce je určena nejen pro studenty a odborníky v oblasti robotiky, ale i pro širokou veřejnost, která se zajímá o inovativní technologie a aplikace inspirované přírodou. Práce poskytuje ucelený pohled na proces vývoje a výroby robotického hada a přispívá k dalšímu rozvoji této fascinující oblasti.

# 1 HISTORIE A VÝVOJ ROBOTIKY

Robotika, jako vědecký obor zabývající se vývojem, konstrukcí, provozem a aplikacemi robotů, má své kořeny hluboko zasazené v historii. Už od starověku byli lidé fascinováni myšlenkou vytváření mechanických zařízení a automatů, které by napodobovaly pohyby lidí nebo zvířat a plnily různé úkoly. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

## 1.1 Průlomové momenty v historii robotiky



Obrázek 1.1 –Blokové schéma průmyslového robota (Churý, 2006)

### 1.1.1 Antické a středověké mechanické zařízení

V antických civilizacích, jako byli Řekové a Římané, byly vytvářeny automatizované sochy a mechanická zařízení, která projevovala určitou míru autonomie v pohybu. Tyto inovace často sloužily k dekorativním účelům nebo byly využívány při náboženských obřadech.

Středověk přinesl další pokrok v oblasti mechanických zařízení. Objevily se mechanické hodiny a automaty, které se staly populárními atrakcemi na veřejných tržišťích a v sídlech šlechticů. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

### 1.1.2 Průmyslová revoluce a první mechanické automaty

Během průmyslové revoluce v 18. a 19. století začaly vznikat první mechanické automaty, které byly navrženy k provádění opakujících se úkonů v průmyslové výrobě. Tyto stroje představovaly počáteční kroky směrem k automatizaci výrobních procesů. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

### **1.1.3 Počátky moderní robotiky a pojetí robotů v literatuře**

Ve 20. století začalo vznikat moderní pojetí robotů, přičemž literatura, zejména sci-fi žánr, sehrála v tomto procesu klíčovou roli. Díla jako R.U.R. od Karla Čapka nebo sbírka povídek Já, robot od Isaaca Asimova představovala koncepty autonomních a inteligentních strojů, které zásadně ovlivnily myšlení lidí o budoucnosti technologie. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

### **1.1.4 Rozvoj průmyslových robotů v 20. století**

Během 20. století docházelo k prudkému rozvoji průmyslových robotů, kteří se stávali schopnými vykonávat širokou škálu úkolů v průmyslové výrobě. První programovatelné roboty byly primárně využívány k jednoduchým a opakujícím se úkonům, avšak jejich význam v průmyslu neustále narůstal. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

## **1.2 Technologické inovace a významné milníky**

### **1.2.1 Vynález prvního programovatelného robota**

Zlomovým okamžikem v historii robotiky byl objev prvního programovatelného robota, který umožnil strojům přizpůsobitelně plnit různé úkoly podle aktuálních potřeb. Tento krok položil základy pro další rozvoj robotických technologií a jejich široké uplatnění v průmyslu i ve společnosti. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

### **1.2.2 Průlom v oblasti umělé inteligence a autonomních robotů**

Dalším zásadním milníkem byl průlom v oblasti umělé inteligence a autonomních robotů. Díky pokroku v algoritmizaci a výpočetní technice se roboti stali schopni učení a adaptace na nové situace, což otevřelo nové možnosti jejich využití v různých oblastech, od průmyslu po zdravotnictví. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011))

### **1.2.3 Vliv robotiky na průmyslové odvětví a společnost jako celek**

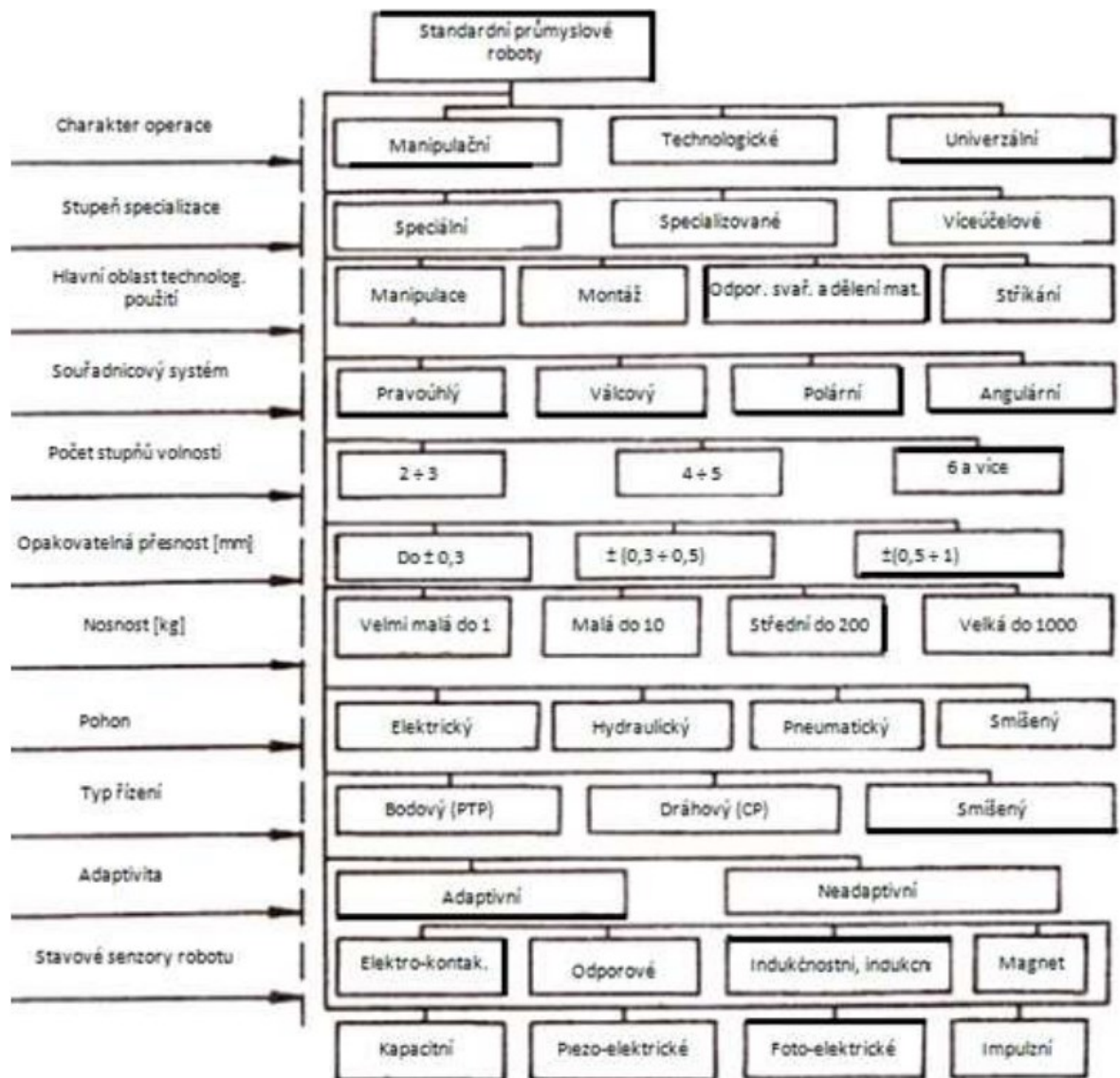
Rozvoj robotiky měl zásadní dopad na průmyslová odvětví a společnost jako celek. Automatizace výroby vedla k zvyšování efektivity, snižování nákladů a zlepšování kvality výrobků. Avšak současně se objevily otázky týkající se dopadu automatizace na pracovní trh a sociální struktury, což vyžaduje hlubokou diskusi a zvažování dalšího vývoje. (Skařupa, 2007; Miekisch, 2011)

## 2 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ A JEJICH STRUKTURY

### 2.1 Definice průmyslových robotů

Průmyslový robot je zařízení, které dokáže provádět autonomní operace nebo operace řízené počítačem v průmyslovém prostředí. Tyto zařízení jsou konstruována s cílem manipulovat s materiály, výrobky nebo nástroji s minimální nebo žádnou potřebou lidského zásahu. (Factory Automation, 2018)

### 2.2 Typy průmyslových robotů



Obrázek 2.1 – Základní charakteristiky průmyslových robotů (Kolíbal, 2000)

### **2.2.1 Adaptivní roboty**

Adaptivní roboty jsou schopny flexibilně reagovat na změny v prostředí a úkolech, které mají provádět. Tyto roboty dokážou reagovat na nepředvídané události a přizpůsobit své chování podle aktuální situace. (Factory Automation, 2018)

### **2.2.2 Kognitivní roboty**

Kognitivní roboty jsou schopné vnímat své prostředí, porozumět mu a reagovat na něj. Tyto roboty dokážou vytvářet modely svého okolí a využívat je k plánování a provádění svých úkolů. (Factory Automation, 2018)

### **2.2.3 Konativní roboty**

Konativní roboty mají schopnost samostatně volit a provádět své činnosti na základě svých cílů a motivací. Tyto roboty jsou schopny se rozhodovat a jednat nezávisle na externích podnětech. (Factory Automation, 2018)

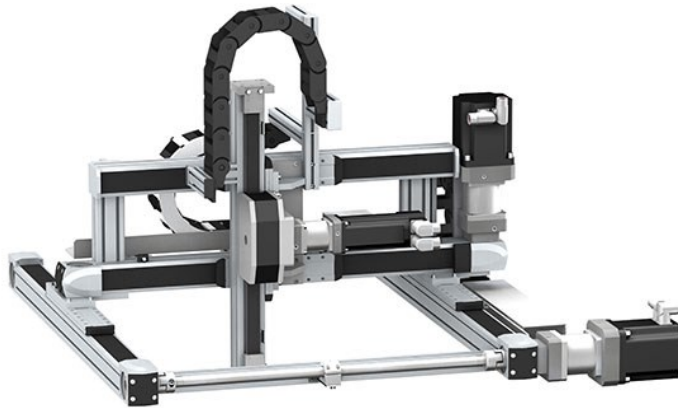
### **2.2.4 Mobilní roboty**

Mobilní roboty jsou nasazovány do prostředí, která jsou nebezpečná nebo obtížně dostupná, aby vykonávaly širokou škálu úkolů, včetně inspekce, monitorování a manipulace s předměty. Tyto roboty jsou vybaveny různými manipulačními nástavbami a moduly, které umožňují provádět různé operace. (Kolíbal, 2016)

## 2.3 Kategorizace Konstrukcí Průmyslových Robotů

### 2.3.1 Karteziánské roboty

Průmyslové roboty se dělí do různých kategorií podle jejich konstrukce. Karteziánské roboty mají tři lineární osy pohybu, což jim umožňuje pohyb ve třech rozměrech. Tato konstrukce je často využívána pro aplikace, které vyžadují přesný a opakovaný pohyb v jednoduchém geometrickém prostoru. (Rumíšek, 2003)



Obrázek 2.2 – Karteziánský robot Lexium MAXR3 (WURST, 2012)

### 2.3.2 SCARA roboty

SCARA roboty disponují čtyřmi osami pohybu, což jim umožňuje manévrovat ve dvou rovinách ve svislém směru a jedné horizontální ose. Tato konstrukce je optimální pro aplikace, které požadují rychlý a přesný pohyb v rovině. (Kolíbal, 2016)



Obrázek 2.3 –SCARA robot G3-301 S (EPSON)

### 2.3.3 Kloubové roboty

Kloubové roboty jsou vybaveny otočnými klouby, které jim umožňují pohyb v různých směrech. Tento typ robotů je vhodný pro aplikace, které vyžadují pohyb v různých úhlech a směrech. (Rumíšek, 2003)



Obrázek 2.4 – Kloubový robot série M-20 (Kovanda)

### 2.3.4 Dvouramenné roboty

Dvouramenné roboty mají dvě ramena spojená kloubem, což jim umožňuje pohyb v různých směrech a úhlech. Tento typ robotů je často využíván pro manipulaci s těžkými náklady nebo ve stísněných prostorech, kde je potřeba flexibilita a síla. (Rumíšek, 2003)



Obrázek 2.5 – Dvouramenný robot Yaskawa Motoman v biologické verzi (MM SCIENCE JOURNAL, 2014)

### 2.3.5 Šestiosé roboty

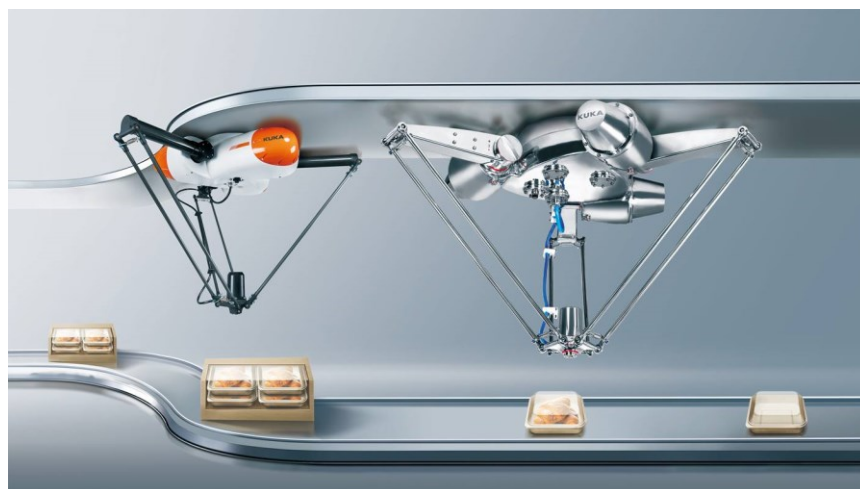
Šestiosé roboty disponují šesti rotačními osami, což jim umožňuje pohyb ve všech směrech a úhlech. Tento typ robotů je velmi univerzální a může být použit pro širokou škálu aplikací, včetně montáže, manipulace s materiály a sváření. Jsou ideální pro úkoly, které vyžadují precizní a plynulý pohyb v trojrozměrném prostoru. (Rumíšek, 2003)



Obrázek 2.6 – Šestiosý robot TX2-40, TX2-60 a TX2-90 (MM SCIENCE JOURNAL, 2021)

### 2.3.6 Delta roboty

Delta roboty jsou vybaveny specifickou paralelní kinematikou, která jim umožňuje rychlý a přesný pohyb. Tento typ robotů je často využíván pro aplikace, které vyžadují vysokou rychlost a přesnost, jako je například balení nebo plnění. Díky své schopnosti dosáhnout vysokého výkonu jsou delta roboty ceněny zejména v průmyslovém prostředí, kde je potřeba efektivní manipulace s malými a lehkými předměty. (Rumíšek, 2003)



Obrázek 2.7 –Delta robot KR 3 D1200 (Kovanda, 2021)



## **2.4 Rozdělení průmyslových robotů na základě použití**

### **2.4.1 Svařovací roboty**

Svařovací roboty jsou vyvinuty speciálně pro provádění svařovacích úkonů. Tyto roboty jsou vybaveny svářečkami a senzory, které umožňují precizní a opakovatelné svařování s vysokou přesností. Tímto způsobem zajistí konzistentní kvalitu svařených spojů a zvyšují efektivitu v průmyslových procesech svařování. (Rumíšek, 2003)

### **2.4.2 Lakovací roboty**

Lakovací roboty jsou navrženy pro aplikaci laku nebo jiných povlaků na povrchy výrobků. Tyto roboty jsou vybaveny specializovanými tryskami a senzory, které umožňují precizní a efektivní aplikaci laku. Díky nim je dosažena konzistentní kvalita povlaků a optimalizace lakovacích procesů v průmyslových aplikacích. (Rumíšek, 2003)

### **2.4.3 Paletizační roboty**

Paletizační roboty jsou navrženy pro manipulaci s paletami a nákladem. Jsou schopny automaticky skládat a manipulovat s paletami v souladu s určenými vzory a pořadím, což umožňuje efektivní manipulaci s materiály v logistických a distribučních centrech. Tímto způsobem paletizační roboty zvyšují produktivitu a minimalizují riziko lidských chyb při manipulaci s paletami a nákladem. (Rumíšek, 2003)

### **2.4.4 Kolaborativní roboty**

Kolaborativní roboty, často označované jako coboti, jsou navrženy tak, aby mohly bezpečně spolupracovat s lidskými operátory a pracovat v blízkém kontaktu s lidmi. Tyto roboty jsou vybaveny senzory a sofistikovanými algoritmy, které jim umožňují identifikovat a reagovat na přítomnost lidí a adaptovat své chování podle aktuální situace. Díky tomu mohou coboti bezpečně a efektivně spolupracovat s lidmi při provádění různorodých úkolů v průmyslových i jiných prostředích. (ROBOTIQ,2021(6)).

#### **2.4.4.1 Aplikační potenciál a výhody v průmyslové sféře**

Aplikační potenciál kolaborativních robotů je obrovský a zahrnuje širokou škálu odvětví, od automobilového průmyslu po farmaceutický průmysl. Jejich schopnost efektivně spolupracovat s lidmi umožňuje dosažení vyšší produktivity a efektivity výroby. Díky nim mohou podniky dosáhnout lepší kvality výrobků a zkrácení výrobních cyklů, což přispívá k celkové konkurenceschopnosti a úspěchu podniku na trhu. (Kolíbal, 2016)

#### **2.4.4.2 Klíčové faktory kolaborativních robotů**

Aplikační potenciál kolaborativních robotů Pracovní prostor (maximální dosah) je klíčovým parametrem pro kolaborativního robota, určujícím oblast, ve které může operovat a vykonávat své úkoly. Tento parametr definuje rozsah pohybu robota a jeho schopnost manipulovat s předměty v různých částech pracovního prostoru.

Počet os a stupně volnosti jsou další důležité faktory, které ovlivňují pohybové možnosti robota. Více os umožňuje složitější manipulace s předměty a lepší přizpůsobení se různým pracovním prostředím. Stupně volnosti rovněž ovlivňují flexibilitu a efektivitu robotických operací.

Opakovatelnost je schopnost robota dosáhnout přesného výsledku při opakovaných operacích. Vysoká opakovatelnost je klíčová pro dosažení konzistentních výsledků v průběhu času a minimalizaci chyb v produkci.

Hmotnost robota má vliv na jeho stabilitu, pohyblivost a náklady na instalaci a provoz. Lehčí roboti jsou obvykle snáze přemísťovatelní a flexibilnější, zatímco těžší roboti mohou mít vyšší nosnost a větší stabilitu.

Maximální rychlost pohybů je dalším důležitým faktorem pro stanovení výkonnosti robota v průběhu operací. Vyšší rychlosti umožňují rychlejší a efektivnější provádění úloh, což přispívá k zvýšení celkové produktivity a výkonu výrobních linek.

Cena a bezpečnost jsou klíčovými aspekty při rozhodování o nákupu a nasazení kolaborativního robota. Cena ovlivňuje celkovou návratnost investice, zatímco bezpečnost zajišťuje ochranu zaměstnanců a minimalizaci rizika pracovních úrazů, což má dlouhodobé dopady na efektivitu a spolehlivost provozu robotických systémů. (ROBOTIQ,2021(6)).

## **2.5 Plazící roboti**

### **2.5.1 Vývoj robotů typu Had**

Při detailním rozebrání vývoje robotů typu had jsme svědky široké škály inovací a technologických pokroků. Například výzkumné instituce, jako je University of Michigan, se zaměřily na vytváření pokročilých hadovitých robotů s aktivními pásy a klouby poháněné pneumatickými bubny. Tyto roboty vynikají svou schopností nabídnout vysoký poměr pohonné síly a adaptovat se na různé terény. Ostatní skupiny výzkumníků přišly s novými inovativními přístupy, včetně využití chytrých materiálů pro flexibilní hadovité roboty, modulárních konstrukcí s elastickými aktuátory nebo pohonem pomocí kabelů. Tyto inovace nejen zlepšují schopnosti pohybu a adaptace robotů typu had, ale také posouvají hranice jejich komercializace pro konkrétní účely. Například společnost Sarcos vyvinula komerčně dostupného robota nazvaného "Guardian", který nabízí živý video přenos, 3D mapování a obousměrnou komunikaci v reálném čase, a to za cenu 60 000 USD. V roce 2020 tvůrci robota Kulko představili nové designy pro průzkum nestrukturovaného prostředí, které zahrnují nové přístupy k sensorice a pohonu, jako je detekce síly kontaktu s prostředím a využití otáčení válcového povrchu každého segmentu hadovitého robota ke generování předních pohonných sil. Tyto inovace ve vývoji hadovitých robotů otevírají nové možnosti v oblasti průzkumu a interakce s prostředím a posouvají hranice jejich možností ještě dál. (SEEJA G. 2022)

### **2.5.2 Mechanický design robotů typu Had**

Mechanický design hadovitých robotů hraje klíčovou roli v jejich schopnosti dosáhnout plynulé kontroly a spolehlivého provozu. Tato část poskytuje podrobný přehled o materiálech, výrobních metodách a strukturálních komponentech používaných při výrobě těchto robotů. Je zde také zdůrazněna důležitost odolnosti vůči vodě a prachu, která je nezbytná pro úspěšné nasazení v různých prostředích. Například hadovitý robot MAMBA má všechny své moduly utěsněny gumou pro odolnost proti vodě a může být používán až do hloubky 2 metry pod hladinou vody. Další inovací je zavedení elastického aktuátoru založeného na pružině, který poskytuje precizní řízení točivého momentu za nízkou cenu a s využitím technologie 3D tisku. Nedávná přestavba tohoto elastického kloubu zahrnovala přidání tlumičového prvku, který umožňuje zvýšit odolnost vůči bočnímu tlaku a vylepšit mechanismus bezšroubové montáže. Tato úsilí o inovace v mechanickém designu hadovitých robotů přispívají k jejich robustnosti, spolehlivosti a schopnosti přizpůsobit se různým podmínkám prostředí. (SEEJA G. 2022)

### 2.5.3 Simulační platformy pro roboty

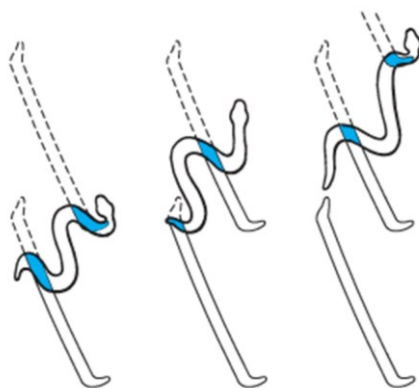
Simulační platformy hrají klíčovou roli v analýze a vývoji pohybových schopností hadovitých robotů a poskytují prostředí pro testování jejich chování v různých scénářích. Tato část se zaměřuje na výzvy a požadavky na dynamické simulace robotů, které musí brát v úvahu fyzikální realitu a vysokou výpočetní náročnost. Například je zde zmíněn problém numerické nestability během řízení v reálném čase a vysoká časová náročnost při použití simulací jako prediktivních modelů. Mezi populární simulační platformy používané v robotice patří Gazebo, V-rep a Webots, které umožňují výzkumníkům zkoumat pohyb a chování hadovitých robotů v simulovaném prostředí. Tyto simulační nástroje jsou nezbytné pro vývoj a optimalizaci řídicích algoritmů a chování robotů typu had a poskytují prostředí pro testování jejich schopností v různých situacích a podmínkách prostředí. (SEEJA G. 2022)

### 2.5.4 Druhy pohybu hadů

Hadí roboti se inspirojí různými druhy pohybu hadů, což představuje fascinující oblast v robotice. Existují různé typy hadího pohybu, včetně krouživého, válcového a plazivého pohybu. Každý z těchto druhů má své vlastní charakteristiky a využití v kontextu robotiky.

- **Boční ohýbání hada:** je charakteristickým způsobem pohybu, při kterém se had otáčí kolem svého těla, aby se posunul kupředu. Tento typ pohybu je často využíván hadími roboty, protože umožňuje pohyb ve ztíženém terénu a překonávání překážek.
- **Přímočarý pohyb hada:** je dalším zajímavým způsobem pohybu, při kterém se had zužuje a roztahuje, aby se pohyboval dopředu. Tento typ pohybu je často využíván hadími roboty při průzkumu potrubí nebo jiných úzkých prostor.
- **Harmonikový pohyb hada:** je typickým způsobem pohybu, při kterém se had klouže po zemi pomocí svalů a stále se přesouvá vpřed. Tento druh pohybu je často využíván hadími roboty při průzkumu různých povrchů a terénů.

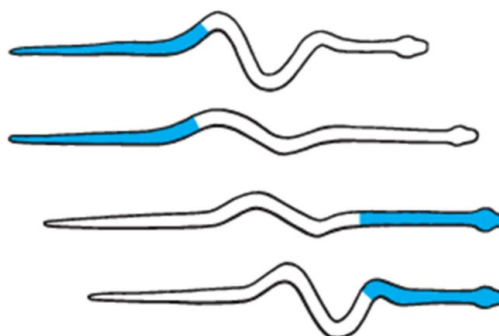
Zahrnutí těchto různých typů pohybu hadů do návrhu hadích robotů umožňuje vytvářet roboty schopné přizpůsobit se různým prostředím a úkolům. Díky této diverzitě pohybu mohou hadí roboti dosahovat úspěchu v široké škále aplikací, včetně průzkumu, záchranných operací a průmyslových úkolů. (SEEJA G. 2022)



Obrázek 2.8 – Boční ohýbání hada (Encyclopædia Britannica, 2004)



Obrázek 2.9 – Přímočarý pohyb hada (Encyclopædia Britannica, 2004)



Obrázek 2.9 – Harmonikový pohyb hada (Encyclopædia Britannica, 2004)

## 3 MOTORY ROBOTŮ

### 3.1 Typy motorů v robotice

V oblasti robotiky, elektrické pohony vytvořily revoluci v efektivitě automatizace výroby. Jejich rostoucí význam v nedávné době nahrazuje tradiční tekutinové motory, jako jsou pneumatické a hydraulické systémy. Existuje široká škála typů elektrických pohonů, z nichž každý nabízí specifické výhody a je vhodný pro určité aplikace.

- 1) **Asynchronní Motory** – Asynchronní motory jsou jedním z nejběžnějších typů elektrických pohonů v průmyslovém prostředí. Jejich spolehlivost a odolnost jsou klíčové pro mnoho automatizovaných procesů.
- 2) **Stejnoseměrné Motory (DC Pohony)** - DC motory poskytují vysokou přesnost a možnost řízení rychlosti. Jsou ideální pro aplikace, které vyžadují jemné řízení a konzistentní otáčky.
- 3) **Krokové Motory** – Krokové motory jsou vhodné pro aplikace, které vyžadují přesné polohování a řízení. Jejich schopnost pohybovat se po pevných krocích umožňuje precizní a opakované operace.
- 4) **Servomotory** – Servomotory jsou pokročilé motory poskytují precizní řízení polohy a rychlosti ve strojích a robotických aplikacích. Jejich výkonný design umožňuje přesné pohyby s minimálním třením a odezvou v reálném čase.

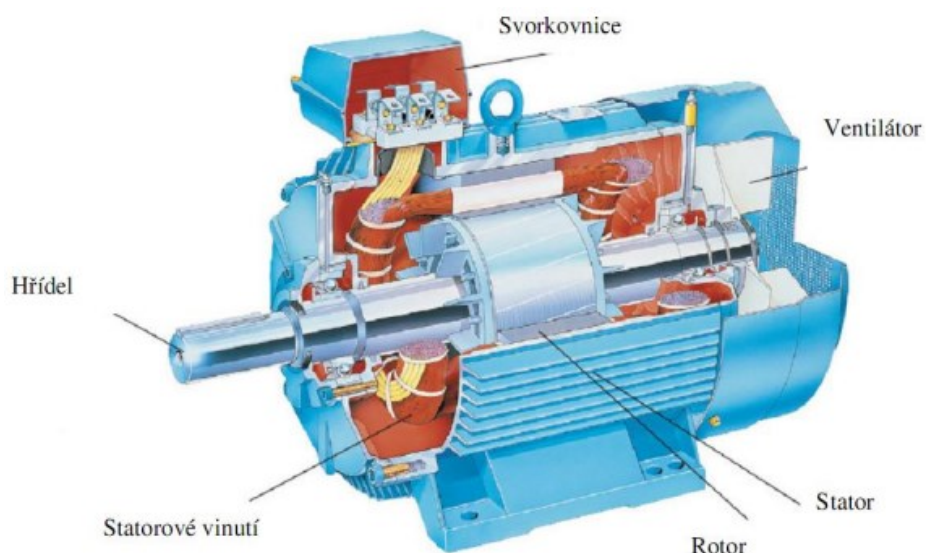
Každý typ motoru má specifické vlastnosti a výhody, které určují jeho účinnost v různých aplikacích v robotice. Při výběru správného motoru je důležité zvážit požadavky na výkon, přesnost a spolehlivost konkrétní aplikace. (Novotný, F, Hotař V., Horák M., Stará M. a Starý M., 2020)

## 3.2 Asynchronní Motory

Asynchronní motory jsou klíčovou součástí elektrických systémů díky své jednoduchosti, spolehlivosti a nízkým nákladům na údržbu. Jejich široké využití zahrnuje různé typy zařízení, od domácích spotřebičů až po průmyslová zařízení, což odráží jejich schopnost pohánět různorodé aplikace. Díky možnosti regulace otáček se staly preferovanou volbou i pro situace vyžadující variabilní rychlost, jako jsou elektrické lokomotivy.

Asynchronní stroje se skládají ze dvou základních částí: statoru a rotoru. Stator obsahuje vinutí připojené k elektrické síti, zatímco rotor může mít buď kotvu nakrátko nebo kroužkovou kotvu. Typ rotoru ovlivňuje vlastnosti motoru, zejména spouštěcí proud a moment otáčení. Magnetický obvod je tvořen elektrotechnickou ocelí s optimálně velkou vzduchovou mezerou mezi rotorem a státorem. Fungování asynchronního stroje spočívá v elektromagnetickém působení točivého magnetického pole statoru na rotor. Rotor není elektricky spojen se státorem, ale energie se do něj přenáší elektromagnetickou indukcí. Točivé pole statoru vyvolává proudy v rotorovém vinutí, což generuje moment otáčení. Je důležité si uvědomit, že otáčky asynchronního stroje jsou vždy o něco nižší než synchronní otáčky točivého pole.

Dalším významným rysem asynchronních strojů je jejich vratnost, což znamená, že mohou fungovat jak jako motory, tak jako generátory, a přechod mezi těmito režimy je hladký. Tato komplexní elektromechanická schopnost umožňuje asynchronním strojům excelovat v různých aplikacích a prostředích. (Chmelík, 2001)



Obrázek 3.1 – Asynchronní Motor s kotvou nakrátko (Bešta, 2017)

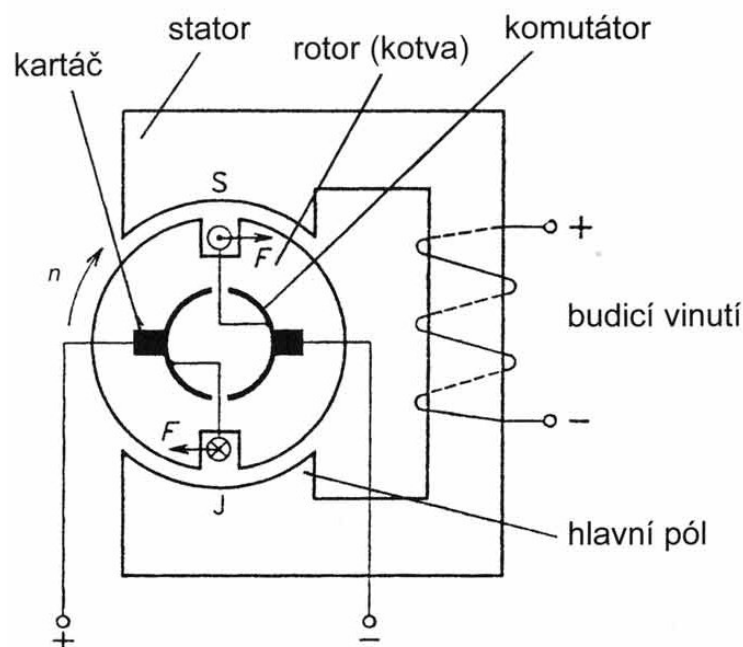
### 3.3 Stejnospěrné Motory

Stejnospěrné motory jsou základním prvkem v mnoha průmyslových a technických aplikacích, díky jejich schopnosti poskytovat stabilní točivý moment a plynulé řízení otáček. Jejich konstrukce a princip činnosti jsou založeny na principu elektromagnetismu a zahrnují stator, rotor, komutátor a kartáče. (Koval, 2014)

#### 3.3.1 Konstrukce Stejnospěrných Motorů

Stator stejnosměrného motoru obvykle sestává z tělesa s vnitřními póly, které mohou mít různé formy, včetně plných prstencových ocelových jader. Vedle hlavních pólů statoru se nacházejí i pomocné (komutační) póly, které mohou obsahovat kompenzační vinutí. Některé motory jsou navrženy bez výrazných statorových pólů; v těchto případech stator obsahuje drážky pro vinutí, obdobně jako u trojfázových motorů. Budicí vinutí statoru často sestává z elektro-plechů, což umožňuje přesnější regulaci magnetického pole.

Rotor (kotva) stejnosměrného motoru je tvořen ocelovým hřídelem a svazkem rotorových plechů nalisovaných na tomto hřídeli. Vinutí na rotorových pleších je spojeno s komutátorem, který je rovněž umístěn na hřídeli motoru. Komutátor sestává z lamel z tvrdé měděné slitiny oddělených slídou, přičemž každá lamela je spojena s jedním vinutím rotoru. (Koval, 2014)



Obrázek 3.2 –Principiální schéma stejnosměrného motoru (Roubíček, 2008)



### 3.3.2 Principy Provozu Stejnosměrných Motorů

Stejnosměrné motory fungují na principu elektromagnetické indukce. Když je na rotor aplikováno napětí a proud, vytváří se magnetické pole, které interaguje s magnetickým polem statoru, což vede k otáčení rotoru. Točivý moment rotoru je generován díky interakci mezi magnetickými poli statoru a rotoru. (Koval, 2014)

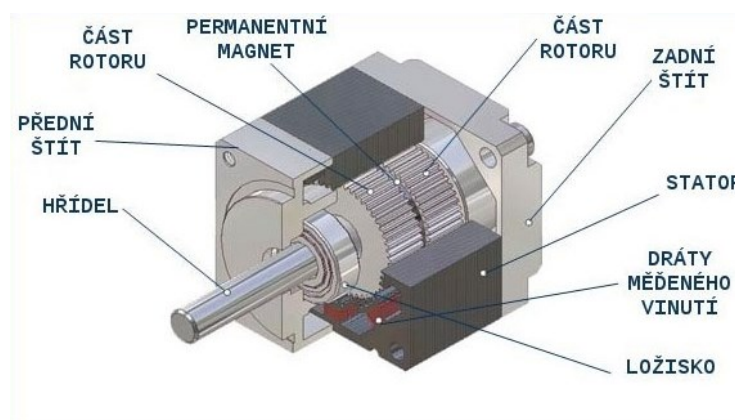
### 3.4 Krokové Motory

Krokové motory představují inovativní zařízení, která hrají klíčovou roli v mnoha průmyslových odvětvích a technologických aplikacích. Jejich schopnost přesného řízení polohy a plynulého pohybu je nezbytná pro mnoho zařízení, od souřadnicových zapisovačů až po počítačem řízené obráběcí stroje. Díky nim je dosažení vysoké přesnosti a spolehlivosti v širokém spektru aplikací klíčové pro současný technologický pokrok. (JeDe Robot s.r.o, 2021)

#### 3.4.1 Anatomie a Funkce

Anatomie krokového motoru představuje sofistikovanou a zároveň elegantní konstrukci. Tento motor se skládá ze dvou hlavních částí – statoru a rotoru. Stator, běžně pevně umístěný, nese cívky s pólovými nástavci, které vytvářejí magnetické pole. Rotor, umístěný uvnitř statoru, je vybaven permanentními magnety a hřídelí, která je opřena o ložiska. Princip jeho funkce spočívá v průchodu proudu cívkami statoru, čímž se generuje magnetické pole, jež interaguje s permanentními magnety rotoru, což indukuje otáčení rotoru.

Krokový motor operuje jako synchronní stroj, běžně napájený pulsy stejnosměrného proudu. Magnetické pole je vytvářeno postupným impulsivním napájením jednotlivých párů pólů. Pohyb rotoru krokového motoru je při nízkých rychlostech diskretní, přičemž rotor přechází mezi stabilními polohami, což označujeme jako krokový pohyb. (Řezáč, 2002)



Obrázek 3.3 – Řez krokovým motorem (EUFACTORY, 2018)

### 3.4.2 Metody Řízení

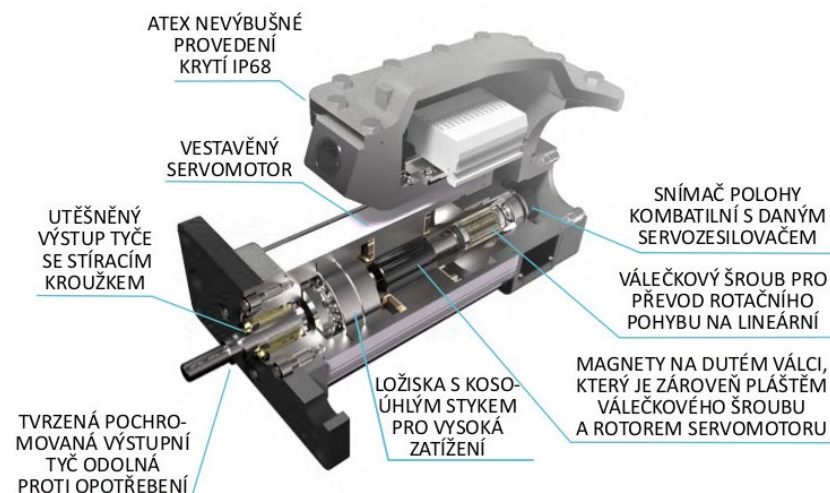
Existuje několik metod řízení krokových motorů, které se liší v závislosti na požadovaných vlastnostech a aplikacích. Například unipolární řízení umožňuje provozovat motor s nižším odběrem proudu, zatímco bipolární řízení poskytuje vyšší kroutící moment. Dvoufázové řízení může zvýšit kroutící moment motoru, ale za cenu vyšší spotřeby energie. Řízení s plným krokem využívá všechny cívky, zatímco řízení s polovičním krokem zvyšuje přesnost, ale zvyšuje spotřebu energie. (JeDe Robot s.r.o, 2021)

### 3.4.3 Metody v Praxi

Pro řízení krokových motorů se využívá budič krokového motoru, což je speciální elektronický obvod, jenž generuje impulsy v pečlivě stanoveném sledu a délce. Tyto impulsy determinují pořadí aktivace cívek a tím ovlivňují pohyb rotoru. Krokový motor se přesouvá mezi ustálenými polohami, označovanými jako kroky, přičemž počet kroků je dán konstrukcí motoru a způsobem jeho řízení. (Řezáč, 2002)

### 3.5 Servomotory

Servomotory představují klíčovou součást mnoha mechanických systémů, kde je klíčové dosáhnout přesné kontroly polohy. Jejich základním účelem je nastavení určité polohy mechanismu a její udržení s vysokou přesností. Tyto motory najdou uplatnění v širokém spektru odvětví, včetně robotiky, modelářství, průmyslové automatizace a dalších. Jejich výhodou je kompaktní konstrukce, nízká hmotnost a současně relativně vysoký kroutící moment, což je obzvláště výhodné v mnoha aplikacích. Díky těmto charakteristikám představují ideální volbu pro mechanické systémy, kde je kladen důraz na přesnost a spolehlivost. (ADAFRUIT, 2014)



Obrázek 3.4 – Lineární servo servomotory (LINEARNISERVOMOTORY, 2018)

### **3.5.1 Princip fungování**

Princip fungování servomotorů je založen na zpětnovazebním mechanismu, což znamená, že disponují zařízením, které jim umožňuje sledovat svou aktuální polohu. Tento mechanismus často zahrnuje potenciometr, který přesně měří polohu motoru v daném okamžiku. Řídící obvod poté porovnává tuto aktuální polohu s požadovanou a generuje signál pro motor, aby se pohyboval směrem k cíli.

Tradiční servomotory mají určitý rozsah otáčení a pracují na základě impulzů o určité délce, což umožňuje nastavení konkrétního úhlu. Tyto impulzy jsou vytvářeny pomocí techniky pulzně šířkové modulace (PWM), což zajistí přesné řízení motoru s vysokou přesností. Navíc k schopnosti nastavit požadovaný úhel otáčení, servomotory jsou schopny udržet tuto pozici i za působení vnějších sil. (ADAFRUIT, 2014)

### **3.5.2 Kontinuální servomotory**

Kontinuální servomotory představují upravenou variantu tradičních servomotorů, které umožňují nepřetržité otáčení. Tento druh servomotorů se často využívá tam, kde je potřeba kompaktního a výkonného stejnosměrného motoru s integrovaným H-můstkem a možností řízení otáček. Jejich aplikace jsou rozmanité a nalezneme je v mnoha odvětvích. Servomotory jsou důležitou součástí široké škály aplikací, včetně robotických ramen, modelů letadel nebo automobilů. Jejich precizní řízení a kompaktní design je činí ideální volbou pro různé mechanické úkoly. Díky své flexibilitě jsou kontinuální servomotory optimálním řešením pro aplikace vyžadující neustálé a přesné pohyby. (ADAFRUIT, 2014)

### **3.5.3 Servomotor MG90S 180°**

Servomotor MG90S 180° představuje kompaktní a výkonný servo, které se vyznačuje svou univerzálností a spolehlivostí. Jeho kompaktní rozměry a lehká konstrukce ho činí optimální volbou pro řízení RC modelů letadel, vrtulníků, quadcopterů a robotů. Díky schopnosti rotace přibližně o 180 stupňů a odolným kovovým převodům je vhodný pro širokou paletu aplikací v oblasti robotiky. (Martin S.)

### 3.5.3.1 Specifikace a technické parametry servomotoru MG90S 180°

Servomotor MG90S 180° je vybaven kovovými převody a jedním ložiskem, což zaručuje vysokou pevnost a odolnost. S hmotností pouhých 13.4 g a rozměry 22.5 x 12 x 35.5 mm se jedná o malé, avšak výkonné zařízení. Moment zastavení dosahuje 1.8 kg/cm při napětí 4.8V a nabízí rychlost pohybu 0.1 s/60 stupňů. Servomotor lze napájet v rozmezí 4.8 V–6.0 V a má šířku dead bandu 5  $\mu$ s. Jeho výkonnostní parametry umožňují přesné a dynamické pohyby, což je klíčové pro úspěšné využití v oblasti robotiky. (Martin S.)

### 3.5.3.2 Princip fungování a použití servomotoru MG90S 180° v robotice

Servomotor MG90S 180° pracuje na bázi ovládacích impulsů, které určují jeho polohu. Díky schopnosti rotace přibližně o 180 stupňů umožňuje plynulé a přesné pohyby, což je klíčové pro různé aplikace v oblasti robotiky. Nachází uplatnění v pohyblivých ramenech, řídicích mechanismech a autonomních vozidlech, kde poskytuje spolehlivý a přesný výkon. Základem jeho fungování je elektronické zpracování příchozích signálů a jejich převod na konkrétní polohu servomotoru. Tento proces je zásadní pro dosažení požadovaného chování a funkčnosti robotického systému. (Martin S.)



Obrázek 3.5 –Servomotor MG90S 180° (Martin S.)

## 4 ARDUINO – MCU

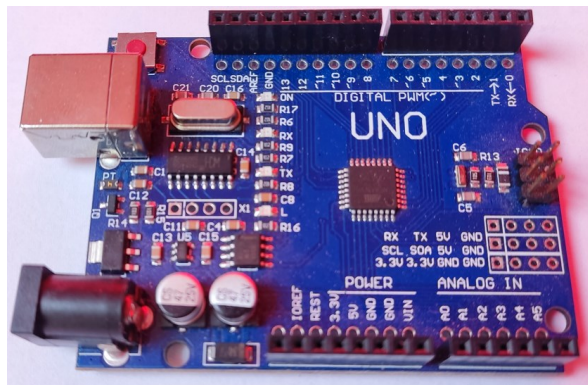
### 4.1 Úvod do světa mikrokontrolérů

Arduino je open-source platforma, která zahrnuje jak hardware, tak software, určená pro vývoj interaktivních elektronických zařízení. Jeho hlavním prvkem je mikrokontrolér, který je programovatelný pomocí jednoduchého vývojového prostředí. Tato platforma nabízí uživatelům možnost vytvářet různé projekty od jednoduchých interaktivních hraček až po složité robotické systémy. Arduino se zakládá na několika základních principech, včetně jednoduchosti, dostupnosti, flexibility a komunitní podpory. Jedním z klíčových prvků Arduina je jeho otevřenost a sdílení znalostí mezi uživateli. Tato kombinace umožňuje rychlý vývoj a prototypování elektronických projektů pro široké spektrum uživatelů. (Voda, 2017)

### 4.2 Přehled oficiálních desek Arduino

#### 4.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno je jedna z nejpopulárnějších a základních desek Arduino. Nabízí dostatečný výkon a vstupy/výstupy pro většinu projektů. S touto deskou mohou uživatelé snadno začít s vývojem elektronických projektů díky její jednoduchosti a dostupnosti. (Voda, 2017)



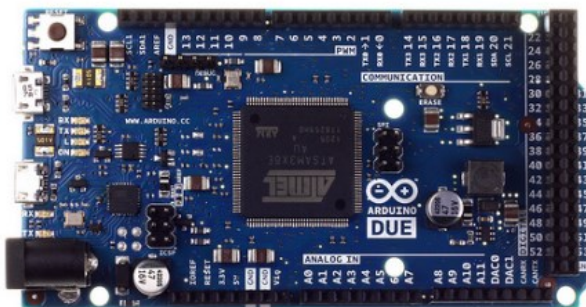
Obrázek 4.1 – Arduino Uno

#### 4.2.2 Arduino Mega

Arduino Mega poskytuje více vstupů/výstupů a paměťových prostorů než Arduino Uno, což je ideální pro rozsáhlejší projekty. Tato deska je vhodná pro uživatele, kteří potřebují více prostoru pro své programy nebo potřebují řídit více periférií současně. (Voda, 2017)

### 4.2.3 Arduino Due

Arduino Due je založeno na rychlejším procesoru ARM Cortex-M3, což je vhodné pro projekty vyžadující vysoký výkon. Tato deska je oblíbená mezi pokročilými uživateli a vývojáři, kteří potřebují výkonnější mikrokontrolér pro své aplikace. (Voda, 2017)



Obrázek 4.2 – Arduino Due (Voda, 2017)

### 4.2.4 Arduino Micro

Arduino Micro je kompaktní deska Arduino s podobnými funkcemi jako Arduino Uno, ale ve zmenšeném provedení, což je ideální pro projekty s omezeným prostorem. Tato deska je vhodná pro mobilní aplikace nebo projekty, kde je důležitý malý formát desky. (Voda, 2017)

## 4.3 Arduino Shieldy a Klony

### 4.3.1 Co jsou Arduino Shieldy?

Arduino Shieldy jsou modulární rozšiřující desky, které se připojují přímo na desku Arduino a poskytují další funkce jako například komunikaci přes WiFi, Bluetooth, ovládání motorů nebo snímání senzorů. Tyto moduly umožňují uživatelům snadno rozšířit funkčnost jejich projektů bez nutnosti složitého zapojování a propojování. Existuje široká škála různých typů Shieldů, které pokrývají potřeby od začátečníků po pokročilé uživatele. (Voda, 2017)

### 4.3.2 Populární Arduino Shieldy

Mezi populární Arduino Shieldy patří například Ethernet Shield pro připojení k internetu, Motor Shield pro ovládání motorů nebo LCD Shield pro připojení displeje. Ethernet Shield umožňuje Arduino připojit se k internetu a provádět komunikaci přes TCP/IP protokol, což je užitečné pro vzdálené monitorování a řízení zařízení. Motor Shield poskytuje snadné ovládání různých typů motorů včetně krokových motorů a DC motorů. LCD Shield umožňuje připojení LCD displeje k Arduino a zobrazování informací nebo uživatelského rozhraní. (Voda, 2017)



Obrázek 4.3 – Arduino Ethernet Shield(Voda, 2017)

### 4.3.3 Arduino Klony

Arduino Klony jsou desky, které jsou kompatibilní s Arduino, ale jsou vyráběny jinými výrobci než společnost Arduino. Mohou nabízet podobné funkce jako originální desky Arduino, ale za nižší cenu nebo s odlišným designem. Existuje mnoho různých typů Arduino klonů od různých výrobců, které se liší výkonem, funkcemi a cenou. Uživatelé by měli být opatrní při výběru klonu a zkontrolovat jeho kompatibilitu a kvalitu. (Voda, 2017)

## 4.4 Program Arduino IDE

### 4.4.1 Jak funguje Arduino IDE?

Arduino IDE (Integrated Development Environment) je vývojové prostředí navržené speciálně pro programování desek Arduino. Poskytuje uživatelům jednoduché prostředky pro psaní kódu, kompilaci a nahrávání programů do desek Arduino. Toto prostředí je optimalizováno pro začátečníky i pokročilé uživatele, kteří mohou snadno vytvářet a ladit své programy. Arduino IDE obsahuje také různé nástroje a knihovny pro usnadnění vývoje a poskytuje uživatelsky přívětivé rozhraní pro práci s Arduinem. (Opensource.com, 2024)

### 4.4.2 Základy programování v Arduino IDE

Programování v Arduino IDE se provádí pomocí jazyka C/C++, ale s jednodušší syntaxí a knihovny specifickými pro Arduino. Uživatelé mohou psát kód pro ovládání vstupů/výstupů, práci se senzory, komunikaci po sériové lince a mnoho dalšího. Toto prostředí je navrženo tak, aby bylo přístupné a intuitivní pro každého uživatele. Arduino IDE poskytuje uživatelům bohatý vývojový prostředek včetně funkce automatického doplňování kódu, kontrolních struktur a možností ladění. (Opensource.com, 2024)

### 4.4.3 Nahrávání programu do Arduina

Po napsání kódu v Arduino IDE se program kompiluje a nahrává do desky Arduino pomocí USB kabelu. Arduino IDE obsahuje vestavěný programovací nástroj, který umožňuje snadné nahrání programu do desky. Tento proces je jednoduchý a rychlý, což umožňuje uživatelům rychle testovat své aplikace a provádět potřebné úpravy. Po nahrání programu do desky Arduino může uživatel sledovat výstup svého kódu pomocí sériové komunikace nebo připojení periférií k desce. (Voda, 2017)

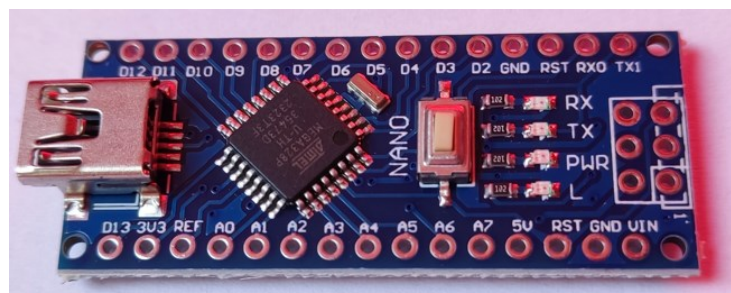
## 4.5 Arduino Nano ATmega328

### 4.5.1 Co je Arduino Nano ATmega328?

Arduino Nano ATmega328 je kompaktní verze desky Arduino, která využívá mikrokontrolér ATmega328. Její malé rozměry a snadná přenosnost ji činí ideální volbou pro různé projekty, jako jsou například elektronické hračky, měřicí a řídicí zařízení, malé roboty, interaktivní instalace a aplikace v IoT (Internetu věcí), kde je omezený prostor nebo kde je potřeba mobilního řízení. Tato deska je oblíbená mezi vývojáři, kteří potřebují malou a výkonnou desku pro své aplikace. Arduino Nano ATmega328 nabízí stejné funkce a výkon jako ostatní verze Arduina, ale ve zmenšeném provedení. (DATASHEET A000005, 2024) (Voda, 2017)

### 4.5.2 Specifikace Arduino Nano ATmega328

Specifikace Arduino Nano ATmega328 zahrnuje mikrokontrolér ATmega328 s frekvencí 16 MHz, 32 KB flash paměti, z toho 2 KB je využito pro bootloader, 2 KB SRAM a 1 KB EEPROM. Tato deska disponuje 14 digitálními vstupně/výstupními piny, z nichž 6 může být využito jako PWM výstupy, a 8 analogovými vstupními piny. Kromě toho je vybavena integrovaným USB rozhraním pro programování a napájení. (DATASHEET A000005, 2024)



Obrázek 4.4 – Arduino Nano ATmega328



## 5. 3D TISK

V dnešní době je život doprovázen rychlým rozvojem technologií, které zásadně mění náš pohled na svět a způsob, jak s ním interagujeme. Mezi tyto technologické inovace patří i 3D tisk, který umožňuje lidem vytvářet fyzické objekty prostřednictvím digitálního modelování. Tato nová technologie otevírá dveře k nekonečnému moři možností a přináší revoluci v oblasti výroby a designu. Díky 3D tisku je nyní možné vytvářet složité objekty s ohromnou přesností a efektivitou přímo na pracovním stole, což má potenciál výrazně změnit způsob, jakým společnost navrhuje a vyrábí produkty. Tento technologický posun má hluboké dopady na ekonomiku, kreativitu a celkově na způsob, jakým lidé vnímají a interagují se světem kolem sebe. (Kloski, Nick; Goner Jakub, 2017)



Obrázek 5.1 –3D Tiskárna Creality ENDER 3 S1 (CREALITY)

## 5.1 Historie 3D tisku

Historie 3D tisku sahá až do osmdesátých let dvacátého století, kdy byly vyvinuty první průmyslové 3D tiskárny. Tyto zařízení se zpočátku používala především pro prototypování a výrobu součástek pro různá průmyslová odvětví, jako je automobilový nebo letecký průmysl. Nicméně průlom v dostupnosti této technologie pro širší publikum přišel v roce 2009 s projektem RepRap. RepRap byl prvním open-source projektem 3D tisku, který umožnil lidem stavět si vlastní 3D tiskárny pomocí otevřené kódové báze a sdílení návrhů. To umožnilo 3D tisk dostat do rukou nadšenců, vývojářů a amatérských výrobců po celém světě. Tento průlom v otevřené dostupnosti technologie 3D tisku znamenal revoluci v oblasti výroby, která umožnila rychlý vývoj nových nápadů a inovací. Postupně se tato technologie rozšířila do průmyslové sféry, kde se stala nepostradatelným nástrojem pro vývoj nových produktů a rychlou prototypizaci. Díky historii 3D tisku můžeme sledovat postupný vývoj a zdokonalování této technologie, která dnes proniká do každodenního života lidí a zásadním způsobem ovlivňuje průmysl a design. (Kloski, Nick; Goner Jakub, 2017)

## 5.2 Princip 3D tisku

Princip 3D tisku spočívá v aditivním procesu tvorby objektů, což znamená, že se materiál postupně přidává vrstva po vrstvě, dokud není vytvořen konečný tvar objektu. Jedním z nejpopulárnějších a nejrozšířenějších typů 3D tisku je FDM (fused deposition modeling) nebo také FFF (fused filament fabrication). Tato technologie funguje tak, že plastový materiál ve formě filamentu je zahříván a následně extrudován přes trysku na tiskovou plochu. Zde se materiál postupně chladí a tuhne, čímž vytváří jednotlivé vrstvy objektu. Tento proces umožňuje vytvářet objekty s různými tvary a složitostmi, které by nebylo možné vytvořit tradičními metodami výroby. Klíčovou vlastností 3D tisku je také možnost vytvářet objekty přímo z digitálních modelů, což umožňuje rychlou a flexibilní výrobu personalizovaných výrobků a prototypů. Proces 3D tisku je řízen digitálním modelem, který určuje tvar a parametry tisku. Tímto způsobem se vytváří široká škála produktů od prototypů až po hotové výrobky pro spotřebitele, což má obrovský dopad na průmysl, design a inovace. (Kloski, Nick; Goner Jakub, 2017)

### 5.3 Druhy materiálů

Ve světě 3D tisku jsou materiály základním kamenem pro vytváření třírozměrných objektů z digitálního modelu. Mezi klíčové materiály patří PLA, známý pro svou ekologickou povahu a schopnost tisku při nižších teplotách, ABS s vysokou pevností a odolností, PETG s vylepšenými mechanickými vlastnostmi a průhledností, Nylon pro náročné aplikace, TPU pro pružné díly, HIPS pro podpěry a prototypování a kompozitní materiály pro estetické efekty a vylepšené vlastnosti. Porozumění těmto materiálům je klíčové pro úspěch v oblasti 3D tisku. (MCAE, 2020)

#### 5.3.1 Tiskové struny

	Konceptní prototypování	Funkční prototypování	Výrobní přípravky	Koncové díly
ASA	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
ABS	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
NYLON	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
PET-G	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
TOUGH	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
PLA	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
PC-ABS	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
PC-ABS FR	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Nylon Carbon Fiber	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Obrázek 5.2 – Tabulka materiálů tiskových strun (MCAE, 2020)

### **5.3.1.1 PLA**

Kyselina mléčná polymer (PLA) představuje bio-odvozený termoplastický materiál, jenž se získává z obnovitelných surovin, jako jsou například kukuřičný škrob či cukrová třtina. Jeho vynikající vlastnosti zahrnují nízkou toxicitu a schopnost biodegradace, čímž se stává ekologickou alternativou k tradičním plastům. PLA je známý díky své schopnosti tisku při nižších teplotách, což umožňuje použití tiskáren s omezenou regulací teploty. S ohledem na svůj nízký bod tání je PLA ideální pro tisk jemných detailů a modelů s vysokým rozlišením. Tento materiál je rovněž odolný vůči UV záření, což z něj činí oblíbenou volbu pro venkovní aplikace. (Průša, 2019)

### **5.3.1.2 PETG a ASA / ABS**

Akrylonitril-butadien-styren (ABS) představuje technický termoplastický polymer s vysokou pevností a odolností vůči nárazům. Jeho schopnost odolávat teple a chemikáliím činí z ABS vhodnou volbu pro inženýrské aplikace, jako jsou například autodíly a mechanické součásti. Tento materiál se vyznačuje vynikajícími povrchovými vlastnostmi a je snadno upravitelný pomocí acetonových paramů, což umožňuje lepší spojení tisknutých dílů a dosažení hladšího povrchu. Při tisku vyžaduje ABS vyšší teploty a je citlivý na deformace během chladnutí, což vyžaduje pečlivé řízení teplotního prostředí tiskárny. Polyethylentereftalát glykol (PETG) je dalším technickým termoplastickým materiálem, který se vyznačuje vylepšenými mechanickými vlastnostmi ve srovnání s běžným PET. PETG nabízí vysokou pevnost, odolnost vůči tření a průhlednost, čímž se stává ideálním materiálem pro funkční prototypy a modely vyžadující průhlednost. Jeho odolnost vůči UV záření a chemikáliím z něj dělá vhodnou volbu pro venkovní aplikace a modely vystavené náročným podmínkám. (Průša, 2019)

### **5.3.1.3 Nylon**

Nylon představuje technický termoplastický polymer, který se vyznačuje vysokou pevností a odolností vůči tření. Jeho schopnost odolávat chemikáliím a vlhkosti z něj činí ideální materiál pro aplikace v náročných prostředích, jako jsou autodíly a inženýrské součásti. Díky své elasticitě a vysoké odolnosti vůči nárazům je Nylon vhodný i pro tisk flexibilních dílů a gumových těsnění. Je však důležité zdůraznit, že tento materiál je náchylný k absorpci vlhkosti, což může vést ke změnám rozměrů a dalším potenciálním problémům během tisku. Proto je nezbytné pečlivě řídit teplotní a vlhkostní prostředí tiskárny při práci s Nylonem. (MCAE, 2020)

#### **5.3.1.4 Kompozitní materiály**

Kompozitní materiály jako woodfill, copperfill a bronzefill spojují základní plastovou složku s prachem sekundárního materiálu, jako je dřevo nebo kov. Tato spojení poskytují estetické vlastnosti primárního materiálu spolu s vylepšenými mechanickými vlastnostmi a povrchovými efekty sekundárního materiálu. Tyto materiály jsou ideální pro tisk dekorativních prvků, uměleckých děl a prototypů s vysokou estetickou hodnotou. (Průša, 2019)

#### **5.3.1.5 TPU (termoplastický polyuretan)**

Termoplastický polyuretan (TPU) představuje elastomer s vynikajícími elastickými vlastnostmi a odolností vůči opotřebení. Díky své měkkosti a pružnosti je TPU ideálním materiálem pro tisk pružných dílů, jako jsou těsnění a pružiny. Tento materiál je odolný vůči olejům a chemikáliím a disponuje nízkou tvrdostí Shore, což znamená, že je příjemný na dotek a má vynikající tvarovou paměť. TPU je vhodný pro tisk vysokého rozlišení a složitých geometrií s minimálním rizikem deformace. (MCAE, 2020)

#### **5.3.1.6 HIPS (High Impact Polystyrene)**

High Impact Polystyrene (HIPS) je lehký a odolný plast využívaný pro tisk podpěr a prototypování. Díky své vysoké pevnosti a odolnosti vůči nárazům je HIPS ideálním materiálem pro tisk funkčních prototypů a modelů s vysokým rozlišením. Tento materiál je snadno tisknutelný a rozpustný v limonénovém roztoku, což umožňuje jednoduché odstranění podpěr a následnou úpravu povrchu tisknutých dílů. (MCAE, 2020)

### **5.3.2 Fotopolymery / Resiny / Pryskeřice**

Tekuté tiskové materiály, známé jako fotopolymery, nacházejí své uplatnění v technologiích SLA a DLP. Tyto materiály se vytvrzují za pomoci světelného paprsku, což umožňuje vytvářet detailní a složité geometrie s vysokým rozlišením. Existuje široká škála fotopolymerů, zahrnující standardní varianty, pružné polymery, odolné varianty a ty odolné vysokým teplotám. Každý typ poskytuje specifické vlastnosti, které se hodí pro různé aplikace. Fotopolymery jsou ideální pro tisk prototypů, modelů a funkčních součástí v různých odvětvích, včetně automobilového průmyslu, zdravotnictví a průmyslového designu. (Průša, 2019)

### **5.3.3 Barevný FFF tisk**

Inovativní metoda barevného FFF tisku představuje revoluční způsob vytváření vícebarevných modelů pomocí víceextruzních tiskáren nebo systémů pro smíchání filamentů. Tento postup otevírá široké možnosti pro kreativitu, kde lze dosáhnout různých barevných efektů a detailů. Existuje několik přístupů k barevnému tisku, včetně ruční výměny filamentů během tisku, automatických systémů pro změnu filamentu a smíchání základních barev přímo v extruderu. To umožňuje tisk vícebarevných modelů bez ruční intervence a s větší efektivitou a přesností. Tato technologie nachází využití v různých odvětvích, od tvorby uměleckých děl až po průmyslové prototypování. (Průša, 2019; MCAE, 2020)

## **6. VÝBĚR MATERIÁLU PRO STAVBU KONSTRUKCE**

### **6.1 Polykarbonát**

Polykarbonát byl vážně zvažován jako potenciální materiál pro konstrukci robotického hada, zejména kvůli své vynikající kombinaci vlastností, které jsou důležité pro tuto aplikaci. Jeho vysoká pevnost a odolnost vůči nárazům jsou klíčové pro ochranu interních komponentů před poškozením během provozu, a transparentnost polykarbonátu by mohla být esteticky atraktivní a funkční, umožňující snazší diagnostiku a údržbu zařízení v případě potřeby rychlé identifikace problémů nebo poruch. Nicméně, i přesto, že polykarbonát nabízí mnoho výhod, jeho relativně vysoká hmotnost může být nevýhodou pro aplikaci, která vyžaduje pohyblivost a efektivitu, jako je konstrukce robotického hada. Navíc, zatímco transparentnost může být esteticky přitažlivá a funkční, polykarbonát může být náchylný k poškrábání, což by mohlo ovlivnit jeho estetiku a funkčnost po delší době používání.

### **6.2 Polyuretanová pěna**

Polyuretanová pěna byla jednou z možností, které jsem zvažoval při konstrukci robotického hada, zejména kvůli jejím vlastnostem tlumení vibrací a flexibilitě. Tyto charakteristiky jsou zásadní pro zajištění ochrany elektronických součástek hada před nárazy a vibracemi, které mohou nastat během pohybu a provozu hada. Možnost absorbovat vibrace a tlumit nárazy by mohla vést k větší stabilitě a pohyblivosti hada, což jsou klíčové faktory pro jeho úspěšné fungování. Nicméně, i přes své výhody, polyuretanová pěna má několik nevýhod, které mě vedly k rozhodnutí nepoužít ji pro konstrukci hada. Jednou z hlavních nevýhod je její tendence k deformaci pod vlivem tepla a tlaku. To znamená, že při vystavení vyšším teplotám nebo tlaku může měnit svůj tvar a ztrácet svou původní flexibilitu a účinnost. Dále, její absorpce vlhkosti by mohla způsobit problémy s trvanlivostí a stabilitou konstrukce v dlouhodobém horizontu.

### **6.3 Nylon**

Nylon byl další z materiálů, který jsem zvažoval pro konstrukci hada, zejména díky své vysoké pevnosti, flexibilitě a odolnosti vůči opotřebení. Tyto vlastnosti jsou klíčové pro konstrukci pohyblivých částí hada, jako jsou klouby a spoje, které musí být schopny odolávat opakovanému pohybu a nárokům provozu. Díky své odolnosti vůči opotřebení a trvanlivosti by nylon mohl prodloužit životnost hada a snížit potřebu údržby, což by mohlo vést k celkově spolehlivějšímu zařízení. Nicméně, přestože nylon nabízí mnoho výhod, má i několik nevýhod, které mě vedly k rozhodnutí nepoužít ho pro konstrukci hada. Jednou z těchto nevýhod je jeho

absorpce vlhkosti, která by mohla vést k problémům s trvanlivostí a stabilitou konstrukce v extrémních podmínkách. Dále, zpracování nylonu může být složité a vyžaduje speciální techniky tisku, což by mohlo zvýšit náklady a složitost výrobního procesu až do takové míry, že by nebylo ekonomicky efektivní.

## **6.4 PLA (kyselina polyléčná)**

Po důkladném zvážení různých možností jsem se rozhodl pro PLA jako hlavní materiál pro konstrukci robotického hada. Existuje několik důvodů, proč jsem se rozhodl pro tento materiál. Za prvé, PLA nabízí dostatečnou pevnost a tvrdost pro vytvoření stabilní a funkční konstrukce hada. Jeho mechanické vlastnosti jsou ideální pro požadavky konstrukce, jako jsou klouby a spoje, a zajišťují spolehlivost a trvanlivost zařízení. PLA je snadno zpracovatelný pomocí běžných technik 3D tisku, což umožňuje rychle a efektivně vytvářet složité geometrické tvary a struktury, které jsou nezbytné pro konstrukci hada. Jeho schopnost být tisknut v různých formách a vrstvách umožňuje dosáhnout požadovaných vlastností konstrukce a maximalizovat efektivitu výrobního procesu. PLA je biologicky odbouratelná, což z něj činí ekologickou volbu v porovnání s některými jinými plastovými materiály. Tato ekologická ohleduplnost je důležitá z hlediska udržitelnosti a snahy o minimalizaci environmentálního zatížení. Díky své široké dostupnosti a relativně nízké ceně je PLA cenově dostupný pro většinu lidí a usnadňuje výrobní proces. Jeho široká dostupnost zajišťuje, že je snadno dostupný na trhu a není problém ho získat pro výrobu hada v požadovaném množství. PLA je odolný vůči deformacím pod vlivem vlhkosti, což znamená, že si udržuje svou pevnost a integritu i v prostředí s vysokou vlhkostí. Tato vlastnost je důležitá zejména pro aplikace, které vyžadují odolnost vůči vnějším vlivům a dlouhodobou trvanlivost. Kromě toho je PLA k dispozici v široké škále barev a variant, což umožňuje vytvářet esteticky přitažlivé a individuálně přizpůsobené konstrukce. To je užitečné zejména pro projekty, které vyžadují estetický design a osobitý vzhled. Všechny tyto faktory společně činí PLA ideální volbou pro konstrukci robotického hada, který má být stabilní, spolehlivý, ekologický a cenově dostupný.

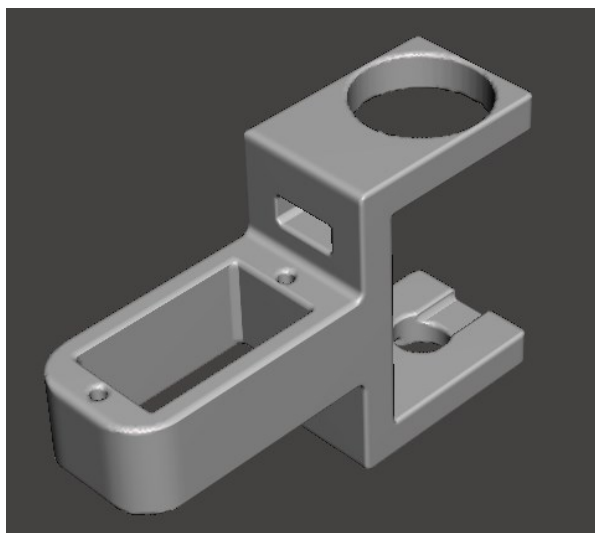


## 7. KONSTRUKCE HADA

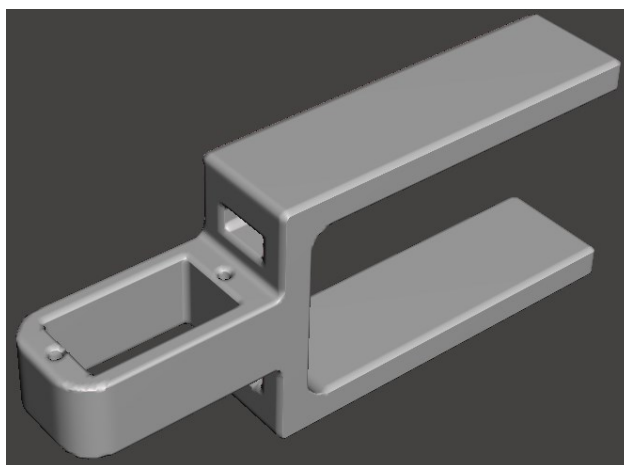
Při tvorbě konstrukce robotického hada jsem se nejprve musel věnovat experimentování s různými modely a koncepty. Po několika iteracích jsem dospěl k funkčnímu návrhu, který simuluje pohyb hada. Pro vytvoření návrhů a simulací jsem využil vývojové prostředí Design Spark Mechanical 5.0.

### 7.1 Kloub

Během fáze detailního modelování hada v programu Designspark Mechanical jsem čelil několika výzvám, které vyžadovaly inovativní a systematický přístup. První komplikace se objevila při zkoumání různých typů kloubů. Na začátku jsem experimentoval s více variantami, než jsem dospěl k definitivnímu designu. Tato iterativní metoda mi však poskytla cenné poznatky o optimální kombinaci kloubů pro dosažení požadovaného pohybu hada. Během návrhu a modelování kloubů jsem se v programu Designspark Mechanical potýkal s několika výzvami, které vyžadovaly kreativní přístup a systematické řešení. Jedním z klíčových problémů bylo nalézt optimální kombinaci kloubů pro dosažení přirozeného pohybu hada. Experimentoval jsem s různými tvary a rozměry kloubů, abych zjistil, který design bude nejvhodnější pro simulaci hadího pohybu. Pro dosažení co nejpřesnější simulace jsem podrobně analyzoval anatomii hada a jeho přirozené pohybové schopnosti. Postupně jsem skládal jednotlivé části do celkové struktury hada a průběžně kontroloval, zda splňují požadavky na pohyblivost a stabilitu. Během tohoto procesu jsem kladl důraz na optimální umístění servomotorů, abych zajistil jejich efektivní funkčnost. V této fázi jsem identifikoval výzvu spojenou s potřebou zajistit dostatečnou stabilitu struktury hada při zachování maximální pohyblivosti. Některé kombinace kloubů omezovaly pohyb, zatímco jiné nedosahovaly požadované stability. To vyžadovalo opakované úpravy a optimalizace designu, abych dosáhl harmonického spojení obou aspektů. Další problém se týkal strategického umístění servomotorů v rámci každého kloubu. Zajištění optimálního umístění motorů pro efektivní pohyb a minimalizaci mechanických nárazů bylo klíčovým úkolem. Rovněž jsem se potýkal s otázkou, jak integrovat elektroniku a napájecí zdroje tak, aby co nejméně ovlivnily pohyblivost hada. Umístění mikropočítače a napájení do ocasu bylo strategickým rozhodnutím, které vyžadovalo přesné plánování a testování. Celkově lze konstatovat, že vytvoření efektivního a funkčního modelu kloubu hada bylo procesem, který vyžadoval nejen technické dovednosti, ale i tvůrčí přístup k překonání několika technických překážek a dosažení optimálního výsledku.



Obrázek 7.1 – Vnitřní kloub

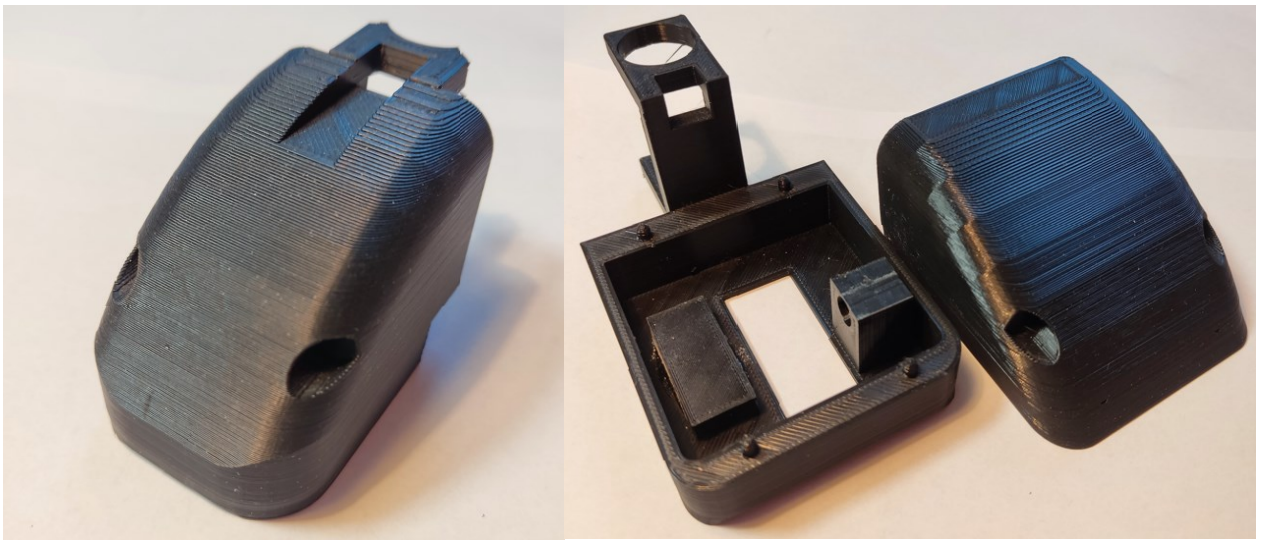


Obrázek 7.2 – Ocasní kloub

## 7.2 Hlava

Během vývoje hlavy hada jsem čelil řadě technických výzev, které vyžadovaly inovativní přístup a systematické řešení. Prvním krokem bylo zkoumání různých možností, jak integrovat pohybový mechanismus do struktury hlavy. Po několika iteracích návrhu jsem dospěl k definitivnímu designu, který kombinoval efektivitu s estetikou. První prototyp hlavy neobsahoval motor, ale po testování různých variant jsem se rozhodl vložit do hlavy Micro kovový převodový motor s kolem, který zajišťuje plynulý pohyb hadí hlavy. Během procesu modelování hlavy jsem se zaměřil na optimální umístění motoru a jeho integraci do celkové struktury. Experimentoval jsem s různými polohami a úhly, abych zajistil maximální efektivitu

pohybu a minimalizoval potenciální mechanické konflikty. Díky důkladné analýze anatomie hada a jeho přirozeného pohybu jsem dosáhl harmonického spojení mezi estetikou a funkcionalitou. Po vytisknutí hlavy jsem prováděl ruční úpravy, abych dosáhl perfektního tvaru a velikosti, které odpovídaly požadavkům na stabilní a pohyblivou konstrukci. Montáž motoru do hlavy byla pečlivě plánovaná fáze, která vyžadovala precizní přizpůsobení každé součástky. Strategické umístění motoru a jeho připojení k elektronickým součástkám bylo důležité pro zachování optimálního pohybu a minimalizaci případných mechanických problémů. Celkově lze konstatovat, že vytvoření funkční hlavy hada bylo náročným procesem, který kombinoval technické dovednosti s kreativním designem. Díky inovativnímu přístupu a systematickému řešení jsem dosáhl cíle vytvořit autentický a pohyblivý model hadí hlavy, který plně odpovídá požadavkům na estetiku a funkcionalitu.

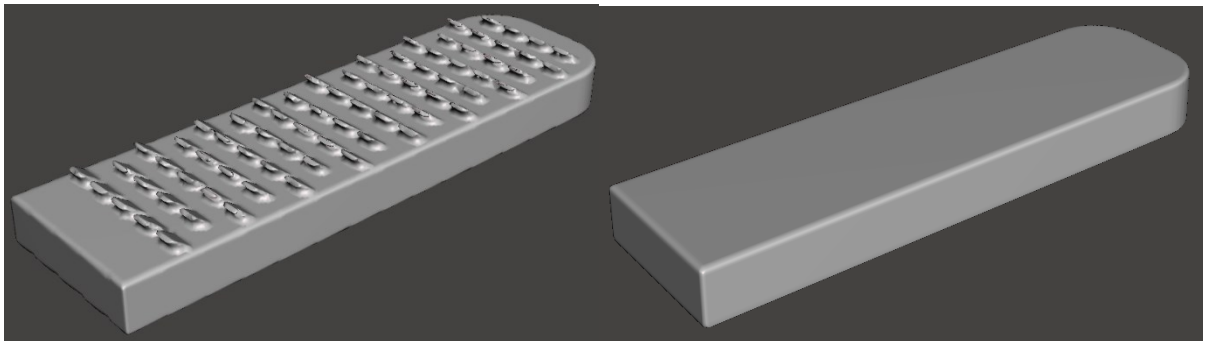


Obrázek 7.3 – Původní hlava bez motoru a nyníjší hlava s motorem

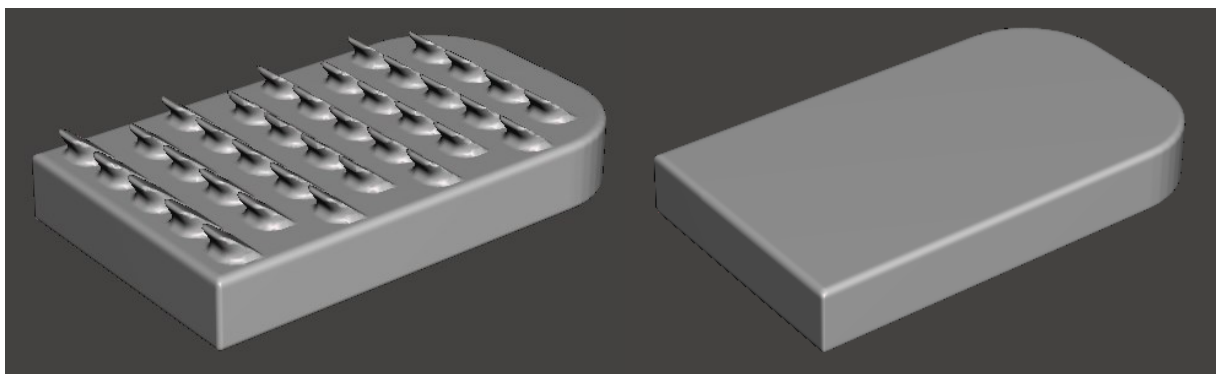
### 7.3 Šupiny

Během vývoje robotického hada jsem se soustředil na pečlivé navržení jeho spodní části, nazývané "šupiny". Tyto šupiny nejenže poskytují stabilitu a flexibilitu spojení ze spodní strany kloubů, ale také simulují přirozený vzhled a pohyb hadích šupin, což je klíčové pro autentické chování hada. V průběhu návrhu prvního pokusu jsem se setkal s několika výzvami. Jednou z nich bylo nalezení optimálního tvaru šupin, který by esteticky odpovídal přirozenému vzhledu hadích šupin a zároveň byl funkční pro plynulost pohybu hada. Experimentoval jsem s různými tvary a umístěním výstupků na šupinách, abych minimalizoval tření s povrchem a zajistil maximální efektivitu při simulaci hadího pohybu. Avšak, i přes veškerou pečlivost, tento pokus se nakonec klouzal po povrchu, neboť některé varianty šupin vykazovaly nadměrný odpor, což omezovalo plynulost pohybu hada na různých typech terénu. Přistoupil jsem tedy k druhému

pokusu, při kterém jsem se zaměřil na nalezení vhodného materiálu pro šupiny. Po experimentování jsem se rozhodl pro použití silikonové gumy, která ideálně simulovala pohyb hadích šupin a minimalizovala tření s povrchem, čímž přispěla k plynulosti pohybu hada. Dalším klíčovým aspektem bylo nalézt optimální velikost a hustotu šupin, abych dosáhl rovnováhy mezi realistickým vzhledem a praktickým využitím. Tento proces vyžadoval pečlivé promyšlení každého detailu s cílem zajistit, že šupiny spolupracují s klouby a silikonová guma, přispívající k plynulosti a eleganci pohybu hada. Celkově tedy druhý pokus přinesl úspěch, kdy navržená spodní část hada s pečlivě modelovanými šupinami ze silikonové gumy není pouze esteticky přitažlivým prvkem, ale také plní klíčovou roli v celkové funkčnosti a autenticitě projektu robotického hada.



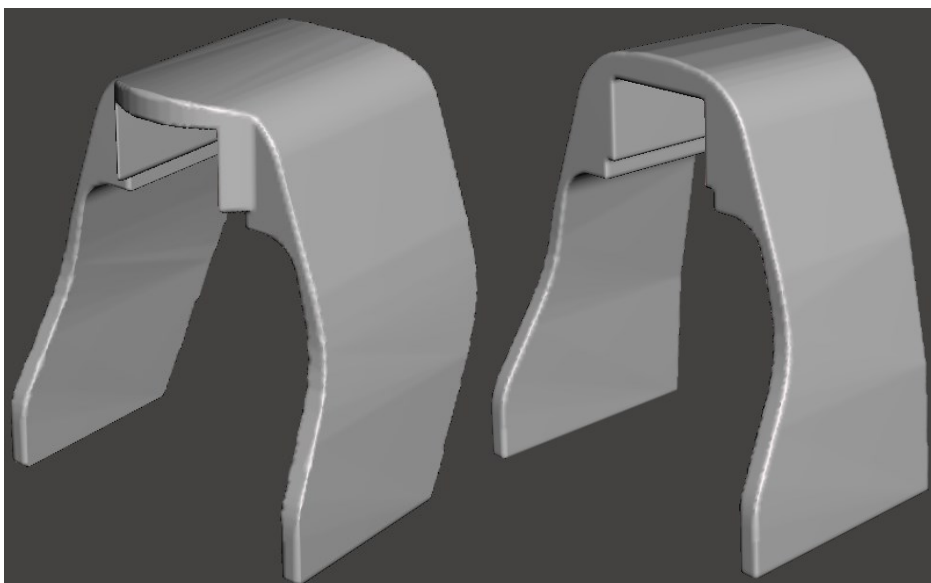
Obrázek 7.4 –Šupiny ocasního kloubu s výstulkami a se silikonovou gumou



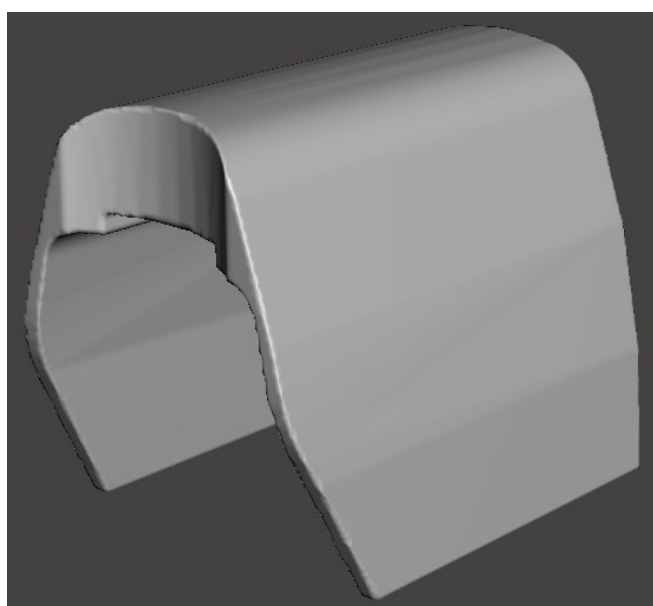
Obrázek 7.5 –Šupiny vnitřního kloubu s výstupkama a se silikonovou gumou

## 7.4 Kůže

Během dlouhého procesu výroby kůže pro mého robotického hada jsem se soustředil na detaily, které zajistí nejen estetický vzhled, ale i optimální funkčnost a praktičnost celé konstrukce. Každý segment kůže byl navržen a modelován s ohledem na specifika daného kloubu hada, přičemž jsem využil program Designspark Mechanical k vytvoření precizních modelů. Výběr materiálu byl klíčový pro dosažení požadovaných vlastností kůže. Nakonec jsem se rozhodl pro PLA, který je odolný, ale zároveň dostatečně flexibilní pro umožnění plynulého pohybu hada. Při tisku jednotlivých segmentů jsem dbal na maximální kvalitu a přesnost provedení, což vyžadovalo opakované nastavení tiskárny a testování různých parametrů. Po vytisknutí každého segmentu následovala fáze úprav, kdy jsem ručně doladil jejich tvar a velikost tak, aby dokonale odpovídaly danému kloubu. To zahrnovalo také přidání otvorů a kanálů pro průchod drátů k ovládání servomotorů, což bylo klíčové pro správnou funkčnost hada. Díky těmto úpravám bylo možné zajistit optimální funkčnost a kompatibilitu mezi kůží a mechanismem pohybu. Samotná montáž kůže na hada byla pečlivým procesem, který vyžadoval precizní přizpůsobení každého segmentu. Nasazovací systém umožnil snadnou instalaci, přičemž jsem se zaměřil na to, aby kůže dosahovala až k zemi, čímž byl zajištěn autentický a realistický vzhled hada. Celkově tedy proces výroby kůže pro robotického hada byl dlouhý a náročný, ale výsledek stál za to. Kůže nejen dodává hadovi autenticitu a estetickou přidanou hodnotu, ale zároveň plní klíčovou funkci v ochraně a zakrytí kloubů a vedení drátů. Je to skvělý příklad kombinace technického know-how s kreativitou a estetikou, kterým se podařilo vytvořit dokonalý model robotického hada.



Obrázek 7.6 – Kůže na vnitřní klouby a na hlavu



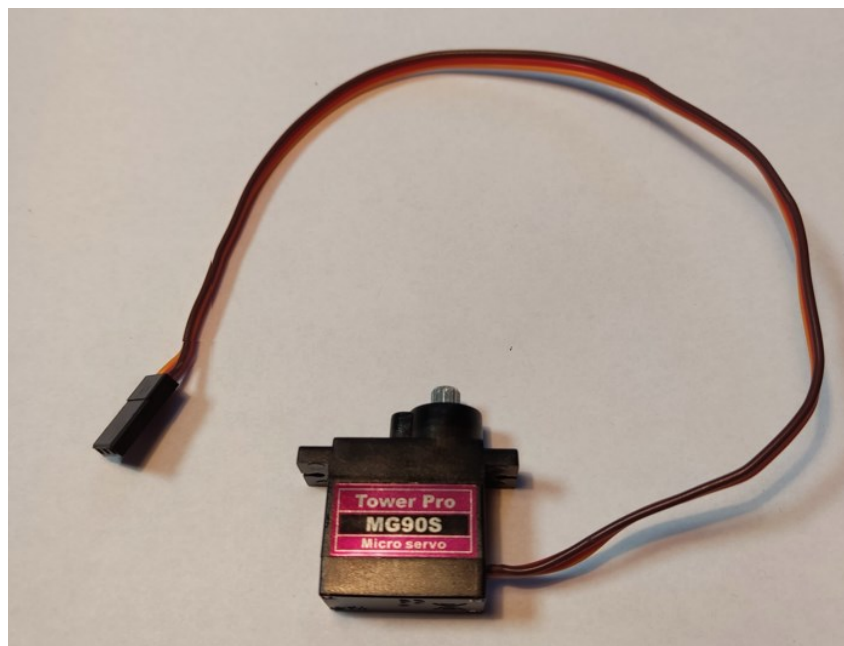
Obrázek 7.7 – Kůže na ocasní kloub

## 8 MOTORICKÁ A ELEKTRICKÁ VÝBAVA

Tato část se zaměřuje na klíčové motorické a elektrické komponenty našeho robotického hada. Servomotory a krokový motor umožňují plynulý a přesný pohyb hada. Stavba modelu hada je detailně popsána z mechanického hlediska pro zajištění stability. Miniaturní měnič napětí pak zajišťuje spolehlivé napájení mikrokontroleru. Tyto prvky jsou základem funkčnosti a pohybu našeho projektu.

### 8.1 Servomotor MG90S 180°

Servomotor MG90S 180° hraje klíčovou roli jako spojovací článek mezi klouby robotického hada, což umožňuje přesné ovládání polohy a pohybu v každém kloubu. Zde je rozepsaný popis tohoto servomotoru a jeho role ve struktuře hada: Servomotor MG90S 180°, využitý jako spojovací část mezi klouby hada, je zvláště navržený servomotor umožňující plynulý a omezený pohyb v rozsahu 180 stupňů. Jeho kompaktní rozměry a nízká hmotnost jsou ideální pro integraci do struktury hada, kde každý kloub vyžaduje přesné ovládání. Rozměry servomotoru jsou pečlivě zohledněny při designu kloubů hada. Délka a šířka servomotoru jsou faktory, které ovlivňují celkový rozměr kloubu, a umožňují tak plynulý přechod mezi jednotlivými částmi hada. Napájení tohoto servomotoru, obvykle v rozmezí 4,8 - 6 V, bylo integrováno do celkového napájecího systému hada. To zajišťuje jednoduchou a efektivní správu energie v rámci celé konstrukce. Signál pulzu, kterým se ovládá poloha servomotoru, je důkladně synchronizován s pohybem hada. Šířka pulzu, typicky v rozmezí 500  $\mu$ s až 2400  $\mu$ s, byla nastavena tak, aby odpovídala potřebám autentické simulace hadího pohybu. Při designu kloubů bylo pečlivě zvažováno umístění a propojení servomotorů, aby se dosáhlo maximální pohyblivosti a stability v každém kloubu. Spojující vlastnosti servomotoru MG90S 180° přispívají k tomu, že každý kloub reaguje na povel s přesností a rychlostí, což umožňuje plynulý a přirozený pohyb hada. Celkově je Servomotor MG90S 180° klíčovým prvkem ve struktuře hada, který umožňuje koordinovaný a realistický pohyb každého kloubu, čímž přispívá k celkovému úspěchu mého projektu robotického hada.

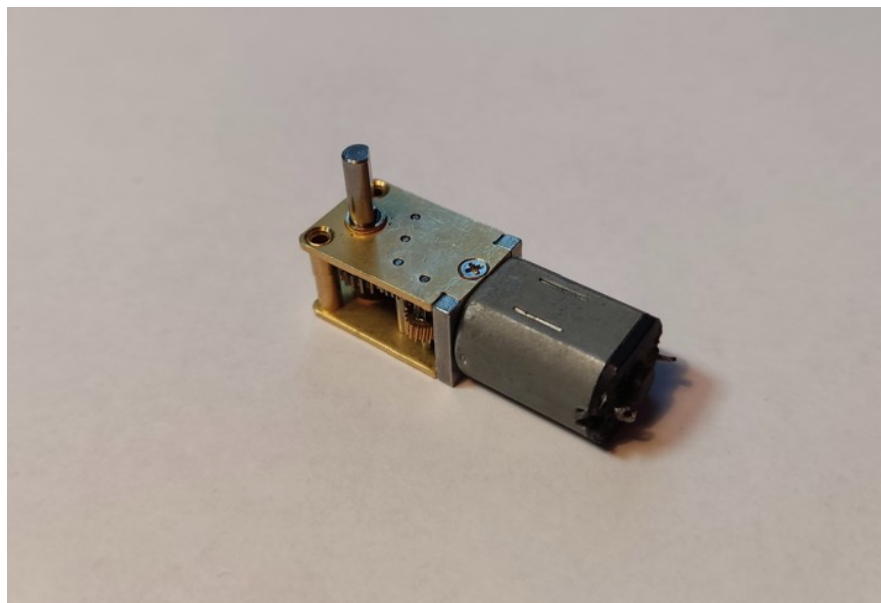


Obrázek 8.1 – Servomotor MG90S 180°



## 8.2 Mini Micro kovový převodový motor

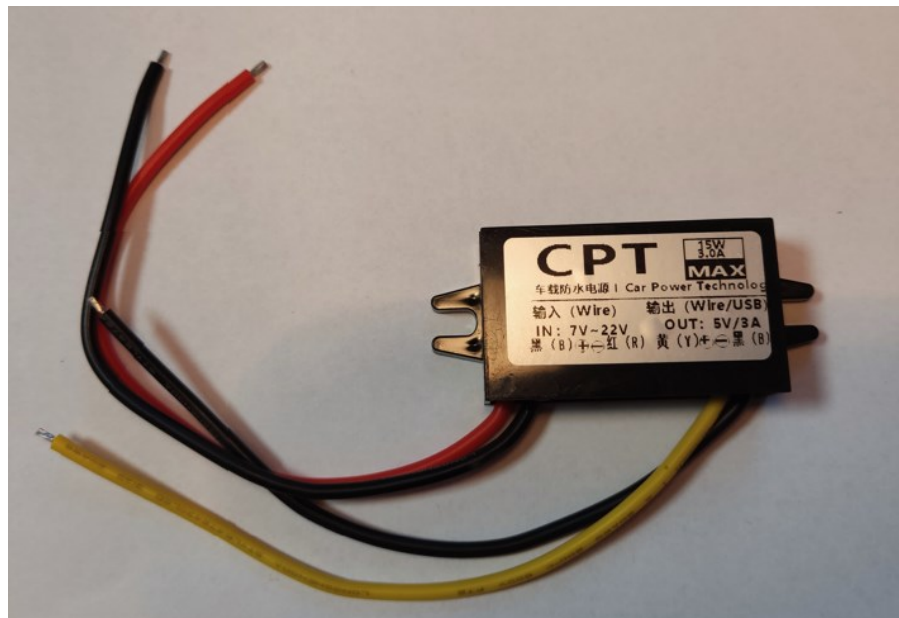
Mini Micro kovový převodový motor N20 DC12V je klíčovým prvkem mého projektu robotického hada, který se zaměřuje na vylepšení pohybových schopností hada. Jeho umístění uvnitř hlavy hada umožňuje optimalizaci prostoru a minimalizaci rozměrů hlavy, což je klíčové pro estetiku a funkčnost celého zařízení. Díky tomu je had schopen pohybovat se rychle a efektivně vpřed bez zbytečného zvětšování svého profilu. Při integraci tohoto motoru do hlavy hada jsem zvážil možnosti umístění a orientace, abych zajistil maximální účinnost a stabilitu. Zvolil jsem boční výstup motoru, což umožňuje snadnou instalaci poháněcího kola, které bude odpovědné za pohyb hada vpřed. Tento krok umožnil zjednodušení designu a usnadnil montáž motoru do hlavy hada. Napájení motoru pomocí 5V poskytuje dostatečnou sílu pro pohyb hada, zatímco možnost regulace rychlosti pomocí rezistorů mi umožňuje přesně přizpůsobit rychlost pohybu hada různým podmínkám a potřebám projektu. Tímto způsobem mám plnou kontrolu nad chováním hada a mohu dosáhnout optimálního výkonu v různých situacích. Kromě toho, speciálně vytisknutá hřídel na 3D tiskárně spojuje motor s poháněcím kolem. Tato hřídel poskytuje spolehlivé spojení mezi motorem a kolem, což zajišťuje přenos síly a umožňuje plynulý a efektivní pohyb hada vpřed. Celkově je Mini Micro kovový převodový motor N20 DC12V spolu s 3D tištěnou hřídelí klíčovým prvkem, který umožňuje plynulý a efektivní pohyb hada vpřed. Jeho kompaktní velikost, spolehlivost a možnost regulace rychlosti ho činí ideální volbou pro mé robotické projekty, které klade důraz na výkon a estetiku.



Obrázek 8.2 –Mini Micro kovový převodový motor

### 8.3 Měnič napětí (7V–22V na 5V 3A)

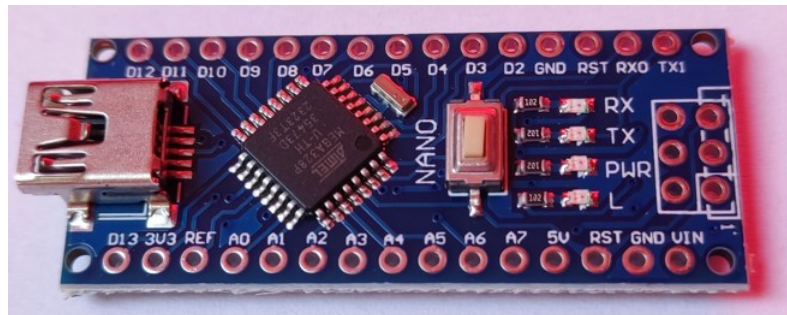
Měnič napětí (step-down) voděodolný s výkonem 15W představuje jeden z nezbytných prvků mého projektu robotického hada. Jeho voděodolný design je klíčový pro ochranu před nepříznivými povětrnostními podmínkami a vlhkostí, což je zásadní pro spolehlivý provoz v různých prostředích. Tento měnič bude připojen k zdroji s napětím 12V, které půjde do jeho vstupu. Z výstupu měniče bude následně napájeno 8 servomotorů, které budou umístěny v kloubech hada. Tyto servomotory budou zprostředkovávat pohyb hada a jejich spolehlivé napájení je klíčové pro dosažení přesných a koordinovaných pohybů. Pro řízení všech servomotorů a správu napájení bude použita univerzální deska plošných spojů. Tato deska bude umístěna uvnitř posledního kloubu hada, konkrétně na vnitřní vrchní stěně kloubu. Na této desce budou zapojeny všechny servomotory, stejně jako vstupní i výstupní vodiče z měniče. Tímto způsobem je zajištěno, že každý servomotor bude mít stabilní a spolehlivé napájení, a zároveň budou všechny komponenty hada řízeny jedním centrálním systémem. To usnadní správu a koordinaci pohybů hada, a tím i jeho celkovou funkčnost a efektivitu. Celkově lze tedy říci, že voděodolný měnič napětí spolu s univerzální deskou plošných spojů představují důležité prvky mého projektu robotického hada. Jejich správná integrace a funkce jsou klíčové pro dosažení spolehlivého a efektivního provozu hada v různých podmínkách.



Obrázek 8.3 – Měnič napětí

## 8.5 Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G

Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G je nedílnou součástí architektury mého robotického hada, který jsem navrhoval a vyvíjel. Jeho umístění na spodní vnitřní části posledního kloubu hada, tedy jeho ocasu, mu umožňuje plnit klíčovou úlohu v řízení a koordinaci pohybů. Jedním z klíčových prvků je stabilní 5V napájení, které Arduino Nano poskytuje. Toto napětí je zásadní pro spolehlivý provoz všech elektronických komponentů hada a zajišťuje ochranu před nežádoucími výkyvy. Pro vývoj firmware a programování jsem přešel na intuitivní prostředí Arduino IDE, které mi umožňuje snadno a rychle vytvářet a upravovat kód přímo pro Arduino Nano. Důvodem pro zvolení Arduino Nano byla potřeba jednoduššího a kompaktnějšího řešení, které přesto poskytuje dostatečný výkon pro požadované úlohy mého projektu. Jednou z hlavních výhod je také široká dostupnost a podpora komunity, což mi usnadňuje nalezení informací a řešení případných problémů. Připojení servomotorů k Arduino Nano umožňuje diferencované ovládání pohybů hada. Každý servomotor může být individuálně řízen, což mi umožňuje simulovat různé typy pohybů s různou intenzitou a rychlostí, čímž zvyšují realismus a účinnost celého projektu. Celkově lze konstatovat, že Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G je klíčovým prvkem mého projektu robotického hada. Jeho jednoduchost, spolehlivost a dostatečný výkon poskytují základ pro efektivní a precizní řízení pohybů hada, přispívající k úspěchu a kvalitě celého projektu.



Obrázek 8.5 – Vývojová deska Arduino Nano ATmega328

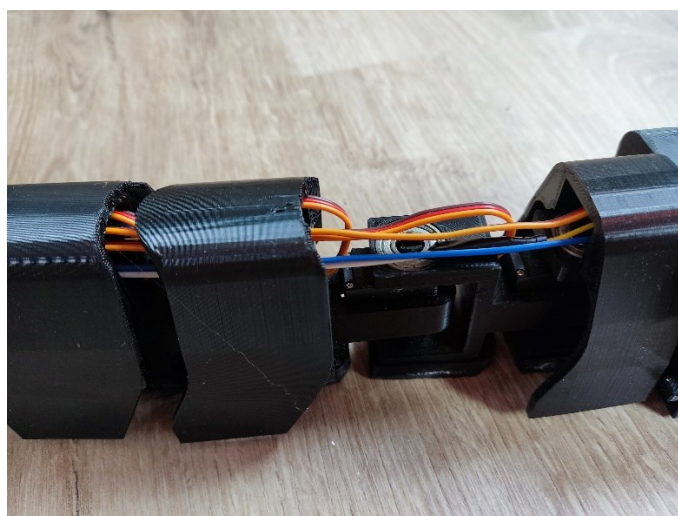
## 9 STAVBA ROBOTICKÉHO HADA

### 9.1 Stavba hada

Po sběru všech komponent jsem začal s montáží hada. Nejprve jsem si vytvořil přesný plán, jak budu jednotlivé části spojovat, aby výsledný robot měl optimální stabilitu a funkčnost. Přistoupil jsem k montáži těla hada, které jsem tištěné díly spojil dohromady pomocí speciálních spojovacích prvků, které jsem si navrhl tak, aby byly odolné a pevné. Při montáži jsem se setkal s menšími problémy, jako například nutností doladit některé rozměry dílů pro optimální zapojení servomotorů. Nicméně jsem tyto úpravy provedl bez větších obtíží a pokračoval jsem dál v procesu. Jednotlivé klouby hada jsem vybavil kvalitními servomotory, které jsem pečlivě instaloval do připravených prostorů. Při montáži jsem dbal na správnou pozici servomotorů a zajištění, aby se předešlo jejich pohybu či vibracím během provozu hada. Dalším krokem byla montáž hlavy hada. Do této části jsem s pečlivostí umístil krokový motor s kolem, který zajišťuje plynulý a přesný pohyb hlavy. Tento krokový motor byl vybrán s ohledem na jeho vysokou spolehlivost a přesnost, což jsou klíčové faktory pro správné fungování hada. Při integraci krokového motoru jsem dbal na to, aby byl umístěn tak, aby mohl efektivně řídit pohyb hlavy hada ve všech směrech. Pevně jsem ho zajišťoval do konstrukce hlavy, aby nedocházelo k jeho pohybu nebo vibracím během provozu hada. Důkladně jsem také ověřoval kompatibilitu krokového motoru částmi hlavy hada, abych zajistil bezproblémovou integraci a optimální fungování celého modelu. Poté jsem se zaměřil na ocas hada, kde jsem umístil univerzální desku plošných spojů na vnitřní vrchní část posledního kloubu, do kterého jsou připojeny všechny servomotory. Tento krok byl klíčový pro optimalizaci napájení hada a zajištění stability jeho elektrického systému. Dále jsem do spodní vnitřní části tohoto kloubu umístil vývojovou desku Arduino Nano V3.0 ATmega328, která fungovala jako centrální řídicí jednotka hada. Během montáže jsem se potýkal s drobnými technickými problémy, jako například nekompatibilitou rozměrů některých komponent. Nicméně jsem tyto problémy vyřešil pomocí úprav dílů či použitím adaptérů a pokračoval jsem dál v procesu sestavování hada. Po dokončení mechanické části jsem přešel k elektrickému zapojení. Pečlivě jsem propojil všechny komponenty pomocí kvalitních kabelů a zajišťovacích prvků, abych minimalizoval riziko poruchy spojení během provozu hada. A konečně jsem přistoupil k programování hada. Vytvořil jsem kompletní software pro řízení pohybu hada, detekci překážek a komunikaci s okolím. Sledoval jsem funkčnost každé části programu a prováděl jsem nezbytné úpravy pro dosažení požadovaného chování hada.

## 9.2 Napájení a kabeláž

Pro zajištění spolehlivého napájení a bezproblémového fungování hada jsem využil sofistikovaný systém napájení, který se skládal z několika klíčových komponent. Nejprve jsem se zaměřil na miniaturní měnič napětí umístěný v posledním kloubu hada, tedy v jeho ocasu. Tento měnič dokázal efektivně převádět rozsah vstupního napětí (5V-30V) na stabilní výstupní napětí v rozmezí 3.3V až 3A. Jeho umístění na vnitřní vrchní části ocasu bylo strategické, aby byl snadno dostupný pro potřebnou údržbu a servis. Pro napájení Mini Micro kovového převodového motoru v hlavě hada jsem využil právě tento miniaturní měnič napětí. To mi umožnilo efektivně využít 12V zdroj a zároveň zajistit stabilní napájení pro klíčové části hada, které vyžadovaly nižší napětí. Dalším důležitým prvkem v napájecím systému byl měnič napětí, který jsem využil pro přeměnu vstupního napětí (7V–22V) na stabilní výstupní napětí 5V s proudovou kapacitou 3A. Tento měnič jsem také napájel ze zdroje 12V a využil jsem ho k napájení vývojové desky Arduino Nano V3.0 ATmega328 a všech 8 servomotorů umístěných v různých částech hada. Tyto servomotory jsem zapojil do univerzální desky plošných spojů, která byla pevně připevněna na vrchní vnitřní části kloubu v ocasu hada. Při vedení kabeláže jsem dbal na maximální efektivitu a bezpečnost. Kabeláž všech servomotorů a krokového motoru jsem pečlivě vedl nad klouby hada a umístil jsem ji mezi kloubem a kůží hada. Tímto způsobem jsem vytvořil stabilní a chráněnou cestu pro kabeláž, která zůstala odolná vůči vnějším vlivům, ale zároveň nebránila plynulému pohybu hada. Pro zajištění lepšího přístupu k potenciálním problémům jsem v kůži hada vytvořil speciální otvor určený pro průchod kabeláže, což usnadnilo údržbu a opravy.



Obrázek 9.1 – Zapojení kabeláže

### 9.3 Úpravy modelu

Během konstrukce modelu hada jsem čelil několika technickým výzvám, které vyžadovaly důkladné řešení a úpravy. Jedním z hlavních problémů byla nekompatibilita rozměrů některých komponent, což si vyžádalo úpravy a přizpůsobení, aby se vešly do předem navržených prostor. Kromě toho jsem se setkal s problémem děr v kloubech, kterými jsem protahoval kabely ze servomotorů a následně vedl kabeláž nad klouby. Tato situace způsobila složitosti při manipulaci s kabely a vyžádala si opatření, aby nedošlo k jejich zamotání nebo zablokování pohybu kloubů. Dalším problémem byl nedostatek místa pro kabeláž, což komplikovalo upevňování tak, aby nebránila plynulému pohybu kloubů. Musel jsem plánovat trasu kabelů a zvětšit prostor mezi kloubem a kůží pro neefektivnost. Napájení servomotorů a řídicí elektroniky bylo dalším aspektem, který vyžadoval pozornost. Původně jsem měl problém s nestabilitou napájení, které vedlo k nespolehlivému provozu hada. Problém jsem vyřešil použitím miniaturního měniče napětí pro stabilizaci dodávky energie pro jednotlivé komponenty hada, což zajistilo stabilní provoz a optimální funkčnost. Dalším problémem, se kterým jsem se setkal, byla nestabilita pohybu hada způsobená nerovnoměrným rozložením hmotnosti nebo nesprávným umístěním komponent. Tento problém jsem řešil vyvážením hmotnosti a úpravou rozmístění komponent tak, aby byl dosažen co nejlepší a nejstabilnější pohyb hada. Problém s komunikací mezi jednotlivými komponenty hada a řídicí jednotkou byl také výzvou, kterou jsem musel překonat. Některé prvky hada měly potíže s komunikací nebo synchronizací signálů, což mělo za následek nespolehlivý provoz. Pro řešení tohoto problému jsem prováděl důkladné testování a ladění komunikačních protokolů a nastavení. Nakonec jsem se potýkal s problémem s programováním a laděním software hada. Některé části programu měly chyby nebo nedostatečnou funkcionalitu, což vyžadovalo úpravy a optimalizaci kódu pro dosažení požadovaného chování a výkonu hada.

## 9.4 Změna vývojové desky

Rozhodnutí přejít z BluePill STM32 a programátoru discovery kit stm32f0discovery na Arduino Nano V3.0 ATmega328 16M 5V CH340G bylo pro mě důležité z několika důvodů. První věcí, která mě k tomuto kroku vedla, byla potřeba jednodušší integrace do mého projektu robotického hada. BluePill STM32, i když poskytoval dostatečný výkon, vyžadoval složitější zapojení a konfiguraci, zatímco Arduino Nano nabízel kompaktnější a snadněji integrovatelné řešení, které lépe zapadalo do architektury mého projektu. Dále jsem ocenil širokou dostupnost a podporu Arduino platformy. Díky tomu jsem měl snadný přístup k potřebným komponentům a informacím, což mi usnadnilo vývoj a ladění projektu. Byl jsem schopen rychleji najít řešení a inspiraci díky rozsáhlé komunitě uživatelů Arduino. Dalším důležitým faktorem bylo snadnější programování. Použití Arduino IDE bylo intuitivní a jednoduché, což mi umožnilo rychleji psát a upravovat kód pro mého hada. Tato snadnost programování mi dala větší volnost a flexibilitu při implementaci nových funkcí a algoritmů. Na druhou stranu, přechod na Arduino Nano znamenal také několik nevýhod. Jednou z nich byla nižší výkonová kapacita oproti BluePill STM32. I když Arduino Nano poskytovalo dostatečný výkon pro běžné úlohy mého projektu, měl jsem menší rezervy pro případné náročnější operace. Další nevýhodou byla menší flexibilita v konfiguraci a rozšiřitelnosti. BluePill STM32 měl širší možnosti programování a ladění, což mi umožňovalo více přizpůsobit desku specifickým požadavkům projektu. S Arduino Nano jsem byl omezenější v možnostech konfigurace a rozšiřitelnosti. Nicméně, i přes tyto nevýhody, přechod na Arduino Nano byl pro mě správným rozhodnutím. Jeho jednodušší integrace, snadnější programování a široká dostupnost a podpora v komunitě mi poskytly stabilní základ pro úspěšný vývoj mého projektu robotického hada.

## 10 ZMĚNY MODELŮ V PRŮBĚHU STAVBY

### 10.1 Změna modelu kloubů

První konceptem kloubu byl pantový spoj. Kloub s pantovým spojem byl navržen s ohledem na jednoduchou konstrukci a snadnou výrobu pomocí 3D tisku. Kloub byl tvořen dvěma díly spojenými pantovým spojem, který umožňoval pohyb pouze ve směru osy spoje. Během testování prvního prototypu kloubu s pantovým spojem jsem si všiml několika klíčových výzev. Jednou z nich byla omezená flexibilita a rozsah pohybu, který kloub poskytoval. Kvůli jeho jednoduché konstrukci byl pohyb omezen pouze ve směru osy spoje, což mohlo vést k omezenému pohybu hada a jeho schopnosti adaptovat se na různé terény. Dalším problémem byla potřeba pečlivého nastavení a utažení pantového spoje, aby se minimalizovalo tření a zajištěna plynulost pohybu. Nesprávné nastavení spoje mohlo vést k nežádoucímu zaseknutí nebo odříznutí pohybu hada. Navzdory těmto problémům měl kloub s pantovým spojem několik klady. Jednalo se o jednoduchou a levnou konstrukci, která umožňovala rychlou výrobu a montáž. Kloub také poskytoval spolehlivost a stabilitu ve směru osy spoje, což bylo výhodné pro určité aplikace robotického hada. K pohonu kloubu s pantovým spojem byl by zvolen krokový motor, který by umožňoval přesnou kontrolu pohybu kolem osy spoje. Problémem však byla potřeba pečlivě synchronizovat pohyb motoru s pohybem ostatních kloubů, aby nedocházelo k narušení chodu hada. Vzhledem k těmto problémům jsem se rozhodl pro nynější typ kloubů a provést na nich potřebné úpravy pro zlepšení výkonu a spolehlivosti. Přestože původní typ kloubů sliboval větší rozsah pohybu, jeho nedostatky v stabilitě a flexibilitě představovaly příliš velký kompromis ve srovnání s nynějším modelem. Navíc by úpravy a adaptace kloubů vyžadovaly značné investice času a zdrojů, což by mohlo zpomalit celkový průběh projektu.



## 10.2 Změna modelu šupin

Během vývoje alternativního návrhu šupin pro robota hada jsem vytvořil několik iterací s cílem dosáhnout optimálního výsledku. Na začátku jsem zkoumal různé tvary, velikosti a textury šupin, abych dosáhl co nejuvěrnější simulace hadích šupin a zároveň zajistil potřebnou flexibilitu a stabilitu. Experimentoval jsem s různými materiály pro 3D tisk a nastaveními tiskárny, abych získal požadované vlastnosti. Nicméně, během testování prvních prototypů jsem identifikoval několik problémů, které bylo třeba řešit. Jedním z hlavních problémů byla nedostatečná pevnost a odolnost materiálu, který jsem použil pro tisk šupin. Šupiny často praskaly nebo se deformovaly pod nápořem opakovaných pohybů, což ovlivňovalo jak estetiku, tak i funkčnost robota hada. Dalším významným problémem byla nedostatečná adheze mezi šupinami a povrchem hada. I přes použití různých metod pro zlepšení přilnavosti, jako je texturování povrchu a speciální lepidla, jsem stále zaznamenával problémy s odvalováním nebo odlupováním šupin během pohybu hada. Tato nekonzistence vedla ke snížení estetického dojmu a funkčnosti modelu. Vzhledem k těmto zjištěným nedostatkům jsem se rozhodl provést další úpravy a experimenty. Zaměřil jsem se na vylepšení materiálů pro 3D tisk a optimalizaci designu šupin tak, aby lépe vyhovoval požadavkům projektu. Současně jsem zkoumal možnosti pro zlepšení adheze šupin k povrchu hada, abych minimalizoval jejich odlupování a zajištění plynulosti pohybu. Tento proces vyžadoval systematické testování a iterativní přístup k návrhu, ale moje úsilí bylo zaměřeno na dosažení co nejlepšího výsledku pro funkčnost a estetiku robota hada. Tyto finální šupiny se silikonovou gumou se ukázaly jako efektivní, jak z hlediska funkčnosti, tak i estetiky, a přispěly k celkovému úspěchu projektu robotického hada.

### 10.3 Změna modelu kůže

Během procesu vývoje kůže pro mého robotického hada jsem se potýkal s několika výzvami, které vyžadovaly inovativní řešení a zdokonalení původního konceptu. Původní návrh kůže byl založen na jednoduché struktuře, která měla poskytnout základní ochranu kloubů a umožnit průchod drátů pro ovládání servomotorů. Avšak během realizace jsem si uvědomil několik nedostatků. Jedním z hlavních problémů byla nekonzistence rozměrů a nedostatečná přesnost při tisku kůže z PLA materiálu. Toto vedlo k obtížím při přizpůsobení jednotlivých segmentů jednotlivým kloubům hada. Různorodost velikostí a tvarů segmentů dále komplikovala montáž a měla negativní vliv na celkovou estetiku a funkčnost hada. Dalším problémem bylo nedostatečné provedení otvorů a kanálů pro průchod drátů, což způsobilo tření a překážky v pohybu hada. Pro zdokonalení kůže jsem se rozhodl přejít na finální model, který by lépe vyhovoval požadavkům projektu. Při navrhování finálního modelu jsem kladl důraz na přesnost a konzistenci rozměrů jednotlivých segmentů. Zvolil jsem materiál s lepší flexibilitou a odolností, což umožnilo snadnější přizpůsobení kůže kloubům a minimalizaci rizika poškození při pohybu hada. Navíc jsem vylepšil provedení otvorů a kanálů pro průchod drátů, aby byla zajištěna bezproblémová integrace s mechanismem pohybu hada. Finální model kůže představuje komplexnější a technicky vyspělejší konstrukci, která splňuje nejen požadavky na ochranu a estetiku, ale také přispívá k optimální funkčnosti a pohybu robotického hada. Tyto inovace vycházely z pečlivé analýzy a testování, které měly za cíl dosáhnout maximální efektivity a spolehlivosti celého systému. Celkově tedy inovace a zdokonalení kůže přinesly významné vylepšení projektu a posunuly ho k dosažení jeho stanovených cílů.

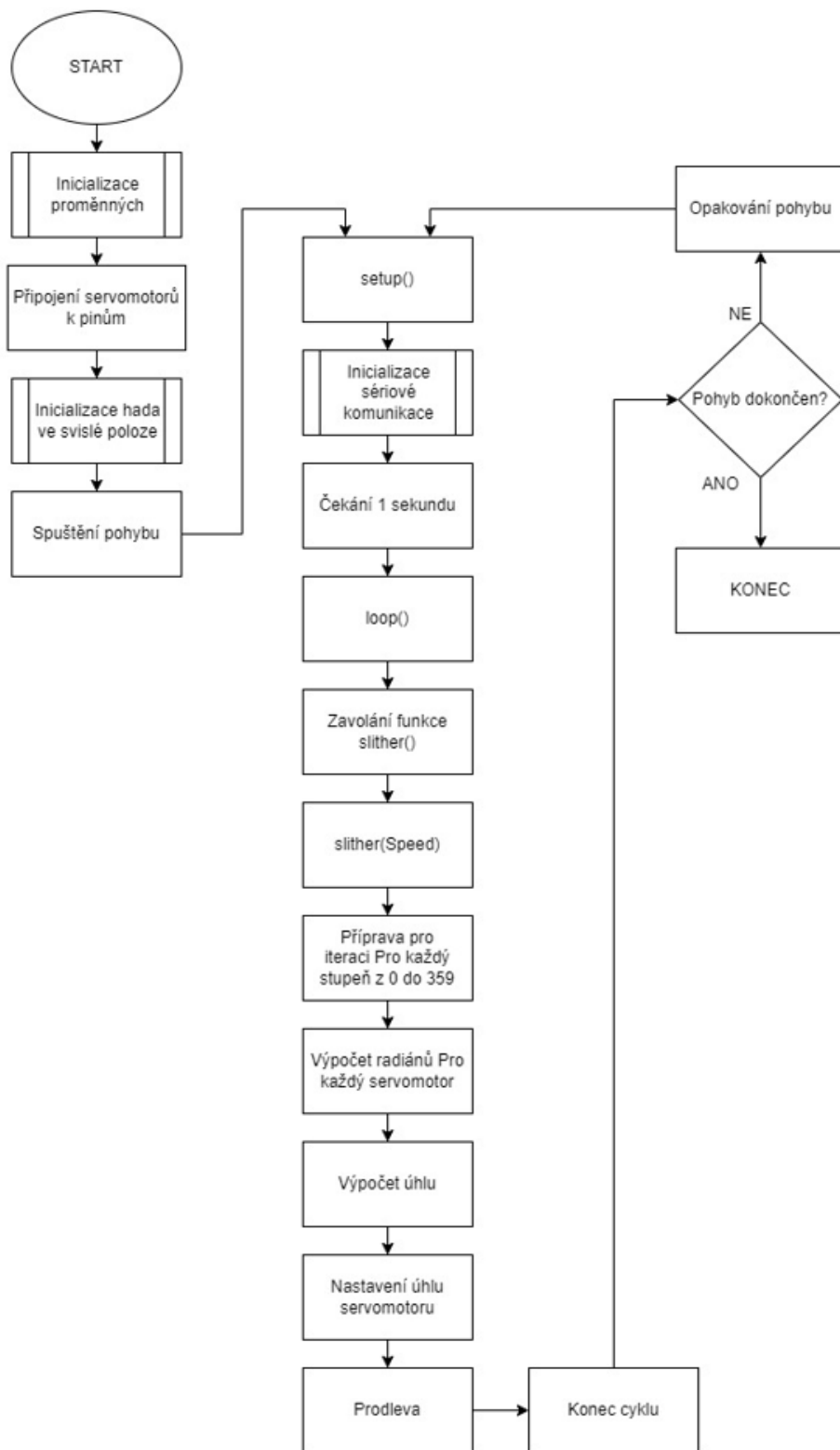
## 10.4 Změna modelu hlavy

Původní návrh hlavy hada měl několik nedostatků, které bylo třeba řešit. Jedním z hlavních problémů byla složitost geometrie a struktury hlavy, což mělo za následek obtíže při 3D tisku a vedlo k nedokonalým výsledkům. Vzhledem k tomu, že předchozí model nebyl optimálně navržen pro tisk, docházelo k deformacím nebo nekvalitním spojům mezi jednotlivými částmi, což snižovalo stabilitu a pevnost hlavy. Dalším problémem bylo umístění motoru v původním návrhu. Motor nebyl optimálně umístěný, což způsobovalo mechanické konflikty a omezovalo plynulost pohybu hlavy. Tento nedostatek vyžadoval úpravu a přehodnocení umístění motoru, aby bylo dosaženo bezproblémového a plynulého pohybu. Estetické hledisko bylo také důležité. Původní design nedosahoval dostatečné autenticity a realismu, což ovlivňovalo celkový vzhled hadí hlavy. Bylo třeba provést úpravy tvarů a textur, aby byl výsledný model vizuálně přitažlivější a přirozenější. Pro dosažení lepších výsledků jsem provedl několik inovací. Nejprve jsem přepracoval geometrii a strukturu hlavy tak, aby byla jednodušší a lépe optimalizovaná pro 3D tisk. Dále jsem přehodnotil umístění motoru a provedl úpravy, které zajistily bezproblémový pohyb hlavy. Estetické úpravy zahrnovaly změny tvarů a textur, které přispěly k vyšší autentičnosti a realismu. Tyto úpravy a inovace vedly k vytvoření finálního modelu hlavy hada, který kombinoval funkčnost, stabilitu a estetiku. Nový design byl lépe přizpůsoben pro výrobu a dosahoval vyšší míry realismu a autenticity, což přispělo k celkovému zlepšení výsledného produktu.

## 11 SOFTWARE

### 11.1 Vývojový diagram

Jak lze vidět v mém vývojovém diagramu popisují proces pohybu hada, který je ovládán servomotory. Proces začíná spuštěním programu, což zahrnuje inicializaci proměnných, připojení servomotorů k pinům Arduina a nastavení výchozí polohy servomotorů. Tímto zajišťuje konzistenci pohybu hada před samotným spuštěním. Po inicializaci program spustí pohyb hada pomocí funkce `slither()`. Tato funkce provádí komplexní výpočty pro pohyb hada, včetně výpočtu úhlů jednotlivých servomotorů na základě aktuálního času a nastavených amplitud pohybu. Program neustále kontroluje, zda je pohyb hada dokončen. Pokud je pohyb dokončen, program končí svůj běh a had zůstává v poslední poloze. Pokud pohyb není dokončen, program opakuje pohyb hada, aby dosáhl cílové polohy. Během běhu programu dochází k dalším důležitým krokům, jako je inicializace sériové komunikace pro možnost interakce s externími zařízeními a čekání na začátku programu, aby se ujistil, že všechny systémové procesy jsou připraveny k provozu. Celkově tento vývojový diagram poskytuje strukturovaný a snadno čitelný pohled na proces pohybu hada a jeho ovládání pomocí Arduina a servomotorů.



Obrázek 11.1 – Vývojový diagram kódu

## 11.2 Globální proměnné

Globální proměnné v kódu zahrnují pole objektů typu Servo, které reprezentuje 8 servomotorů, a je pojmenováno jako myServos[8]. Proměnná TotalNumberOfServos obsahuje celkový počet servomotorů, který je v tomto případě 8, a je používána pro iterační operace v programu. Konstanta pi obsahuje přibližnou hodnotu čísla pi a je využívána pro výpočty ve spojení s úhly v radiánech. Proměnná Shift obsahuje fázový posun mezi segmenty hada, který je vypočítán na základě počtu servomotorů. Wavelengths určuje délku vlny pro výpočet pohybu hada a definuje, jak daleko se had posune při každém cyklu pohybu. Pole Amplitudes[8] obsahuje amplitudy pohybu pro jednotlivé klouby hada, kde každý kloub má svou vlastní amplitudu určující rozsah pohybu v daném směru.

```
#include <Servo.h>

Servo myServos[8];
int TotalNumberOfServos = 8;
float pi = 3.14159;
float Shift = 2 * pi / TotalNumberOfServos;
float Wavelengths = 1.5;
int Amplitudes[8] = {50, 47, 44, 41, 38, 35, 32, 29};
```

Obrázek 21.2 – Globální proměnné

## 11.3 Funkce setup()

Funkce setup() je určena k inicializaci programu. Nejprve zahájí sériovou komunikaci na rychlosti 9600 baudů pomocí Serial.begin(9600). Dále následuje přiřazení pinů servomotorům. Prvních 6 servomotorů je tradičně připojeno k pinům A0 až A5. Tento proces je realizován pomocí cyklu for, který prochází prvky pole myServos a postupně jim přiřazuje odpovídající piny. Nicméně z důvodu nefunkčních pinů A6 a A7 jsou poslední 2 servomotory připojeny k pinům D4 a D5. Tyto servomotory jsou přímo přiřazeny k určeným pinům, což umožňuje specifické ovládání těchto motorů. Nakonec je provedena inicializace hada ve svislé poloze. Každý servomotor je nastaven do výchozí polohy 90 stupňů pomocí metody write(90), čímž se had dostane do výchozího stavu.

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i = 0; i < 6; i++) {
    myServos[i].attach(A0 + i);
  }
  myServos[6].attach(4);
  myServos[7].attach(5);

  for (int i = 0; i < TotalNumberofServos; i++) {
    myServos[i].write(90);
    delay(15);
  }
  delay(1000);
}

```

Obrázek 31.3 – Funkce setup()

## 11.4 Funkce slither(int Speed)

Funkce slither(int Speed) slouží k provádění pohybu hada. Parametr Speed určuje rychlost pohybu hada. V rámci této funkce je proveden cyklus for, který prochází 360 stupňů. V každé iteraci se vypočítá úhel pro každý servomotor na základě sinusové funkce, která ovlivňuje pohyb hada. Tento výpočet závisí na aktuálním úhlu  $i$ , rychlosti Speed a dalších faktorech. Poté se pomocí metody write(angle) nastaví odpovídající úhel pro každý servomotor, což způsobí plynulý pohyb hada. Na konci každé iterace je provedena krátká prodleva pomocí delay(15), aby byl pohyb plynulý.

```

void slither(int Speed) {
  for (int i = 0; i < 360; i++) {
    float rads = i * pi / 160.0;
    for (int j = TotalNumberofServos - 1; j >= 0; j--) {
      int amplitude = Amplitudes[j];
      int angle = 90 + amplitude * sin(Speed * rads + j * Wavelengths * Shift);
      myServos[j].write(angle);
    }
    delay(15);
  }
}

```

Obrázek 41.4 – Funkce slither(int Speed)

## 11.5 Funkce loop()

Funkce loop() představuje hlavní smyčku programu, ve které je definováno opakované chování hada. V této funkci se volá funkce slither(2), což simuluje pohyb hada vpřed s pomalejším tempem. Tato funkce se neustále opakuje, což umožňuje hadovi provádět pohyb a reagovat na případné změny nebo vstupy.

```
void loop() {  
  slither(2);  
}
```

Obrázek 51.5 – Funkce loop()



## 12 PROBLEMATIKA

Při návrhu a stavbě hada se naskytlo několik problémů. Tyto problémy bylo zapotřebí vyřešit či odstranit. Jedním z problémů byla problematika elektronických komponent, které se týkala jejich dostupnosti a kompatibility s ostatními částmi hada. Další výzvou byla tvorba návrhu, kde jsme se potýkali s nutností zohlednit různorodé požadavky na mechanickou pevnost. Tyto aspekty představovaly klíčové překážky, které bylo třeba překonat v procesu vývoje robotického hada.

### 12.1 Problematika při tvorbě návrhu

V rámci mé práce se zabývám problematikou při návrhu konstrukce robotického hada. Jsem konfrontován s řadou výzev, které zahrnují potřebu zohlednit rozmanité požadavky na výkon, pevnost a flexibilitu hadího těla při tvorbě návrhu. Dále se zaměřuji na optimalizaci designu pro efektivní výrobu pomocí 3D tisku a minimalizaci potenciálních vad či chyb v hotovém výrobku. Mezi časté problémy spojené s 3D tiskem patří například nekvalitní výstupní materiál, který může vést k nedostatečnému spojení vrstev a následně ke snížení pevnosti a odolnosti tisknutých součástí. Další výzvou může být nevhodné nastavení tiskových parametrů, což může vést k deformacím, ztrátě detailů či jiným vadám v hotovém výrobku. Tyto aspekty vyžadují pečlivou kontrolu a optimalizaci procesu tisku. Řešení těchto problémů vyžaduje komplexní přístup a odborné rady pracovníků zaměřené na 3D tiskárny.

### 12.2 Stavba

Při stavbě mého robotického hada se vynořily několik problémů, které vyvolala volba materiálů, konstrukce modelu a vlastní omezená zkušenost s tvorbou robotů. Jedním z hlavních problémů bylo, jak zajistit pevné a spolehlivé uchycení pohyblivých částí hadího těla, aby bylo zajištěno plynulé a přesné provedení pohybu. Tento problém se ukázal jako obtížně řešitelný vzhledem k potřebě nalezení vhodného kompromisu mezi pevností a flexibilitou materiálů. Další výzvou bylo navrhnout a implementovat efektivní rozvod kabelů pro napájení a řízení jednotlivých částí hadího robota. Nutno přitom brát v úvahu nejen praktické aspekty spojené s umístěním a upevněním kabelů, ale i jejich odolnost vůči opakovaným pohybům a ohybu. Velkým problémem byla i mechanika pohyblivých částí hadího těla, zejména pak otázkou spolehlivého pohybu kloubů. Přestože byly mechanismy navrženy tak, aby teoreticky

fungovaly, použití určitých materiálů a technologií, například 3D tisku, mohlo způsobit nečekané potíže. Jedním z možných problémů může být nedostatečná pevnost nebo přesnost tištěných součástí, což může mít za následek nepřesné provedení pohybu nebo dokonce selhání mechanismu. Tato problematika při stavbě robotického hada vyžadovala kombinaci kreativity, technického know-how a trpělivosti při hledání efektivních řešení pro dosažení požadovaných výsledků.

### **12.3 Problematika s komponentami**

Při práci na projektu jsem se potýkal s řadou problémů ohledně komponent, což výrazně ovlivnilo průběh a efektivitu mé práce. Prvním problémem bylo zajištění Mini Micro kovového převodového motoru N20 DC12V, který jsem potřeboval do hlavy hadího robota. Tento motor byl k dostání pouze v Číně a jeho dodací lhůta byla uváděna jako 13 až 20 dní. Bohužel, když mi motor dorazil, byl poškozený, což mě přinutilo objednat nový. Tento incident nejenže způsobil zpoždění v projektu, ale také zvýšil náklady a vyžadoval další administrativní úsilí spojené s reklamací a novou objednávkou. Další výzvou byla vývojová deska Arduino Nano, kterou jsem použil pro řízení hadího robota. Po zapojení desky jsem však zjistil, že není funkční, což byl další nečekaný zádrhel v průběhu projektu. Abych mohl pokračovat, musel jsem znovu investovat do nové desky, což opět znamenalo další náklady a zpoždění. Posledním problémem, který jsem musel řešit, byly servomotory, které jsem potřeboval pro pohyb kloubů hadího robota. Po zakoupení osmi servomotorů jsem je nasadil do kloubů, ale brzy jsem zjistil, že u tří z nich se utrhalý dráty, což znemožnilo jejich správnou funkci. Tato situace nejenže způsobil další zpoždění v pracovním postupu, ale také vyžádala další finanční investici do náhradních dílů a opětovné nasazení. Tyto problémy s komponentami nejen zpomalily postup projektu, ale také přinesly finanční a organizační výzvy, které bylo třeba řešit. Klíčem k úspěchu v této situaci bylo flexibilně reagovat na nečekané události, spolupracovat s dodavateli a hledat alternativní řešení pro pokračování v projektu.

### **12.4 Problematika softwaru**

Při vývoji softwaru pro pohyb robotického hada pomocí Arduina vzniklo několik problémů, které bylo zapotřebí řešit. Prvním problémem byla nesprávná inicializace servomotorů. Zpočátku nebyly servomotory správně připojeny k pinům Arduina, a inicializační sekvence nebyla správně definována. Problém byl vyřešen pečlivou kontrolou zapojení servomotorů a upravením inicializačního kódu tak, aby odpovídal fyzickému zapojení. Dalším problémem byla chybná konfigurace proměnných pro nastavení pohybu hada. Proměnné pro nastavení úhlů a rychlosti pohybu nebyly správně definovány, což vedlo k nepřesnému pohybu

nebo dokonce k chaotickému chování hada. Problém byl vyřešen úpravou hodnot proměnných tak, aby odpovídaly potřebám konkrétního pohybu hada. Třetím problémem byla chybná implementace časových prodlev mezi jednotlivými pohyby hada. Prodlevy byly buď příliš krátké nebo příliš dlouhé, což vedlo k nežádoucímu chování hada. Problém byl vyřešen pečlivou úpravou časování v kódu tak, aby odpovídalo potřebám plynulého pohybu hada. Dalším problémem byly obtíže s komunikací přes sériové rozhraní. Nepřesně nastavená sériová komunikace nebo chybné interpretace přenášených dat způsobily potíže při sledování chodu programu a ladění. Problém byl vyřešen pečlivým nastavením parametrů sériové komunikace a upravením způsobu zobrazování dat v sériovém monitoru. Nakonec se ukázalo, že knihovna Servo.h není kompatibilní s konkrétní verzí Arduino IDE nebo s použitou deskou. To způsobilo chyby kompilace nebo běhu programu. Problém byl vyřešen aktualizací Arduino IDE na kompatibilní verzi a použitím kompatibilní knihovny Servo.h. S těmito problémy se softwarovým řešením jsem se setkal při vývoji a ladění kódu pro pohyb hada pomocí Arduina. Každý z těchto problémů byl úspěšně identifikován a vyřešen, což nakonec vedlo k funkčnímu chodu a pohybu hada.

## ZÁVĚR

Projekt vývoje robotického hada byl fascinujícím a komplexním úkolem, spojujícím široké spektrum disciplín od mechaniky a elektroniky po softwarové inženýrství. Během celého procesu jsem čelil několika výzvám a problémům, které jsem musel systematicky řešit. Moje úsilí vedlo k dosažení funkčního a elegantního výsledku. V mechanické části mého projektu jsem se zaměřil na návrh a konstrukci pohyblivého hadího těla, které muselo splňovat požadavky stability, flexibilitu a estetického designu. Proces zahrnoval pečlivý výběr materiálů a optimalizaci konstrukce pro výrobu pomocí techniky 3D tisku. Bylo nezbytné provést opakované testování pro zajištění spolehlivého uchycení a plynulého pohybu jednotlivých segmentů hada. V elektronické části projektu jsem se zaměřil na integraci servomotorů a mikrokontroleru Arduino pro řízení pohybu hada. Přestože jsem čelil problémům s dostupností a kompatibilitou komponent, systematickým laděním a testováním jsem dosáhl správného fungování elektronického systému. Softwarová část mého projektu se soustředila na vývoj algoritmů pro plynulý a přesný pohyb hada. I přes vzniklé problémy jsem pomocí systematického ladění a testování dosáhl žádaného výsledku. Vylepšením softwaru bychom mohli dosáhnout ještě plynulejšího a přesnějšího pohybu hada. Pro budoucí úpravy a změny vidíme několik možností, jak vylepšit náš robotický had a posunout ho na vyšší úroveň. Jednou z klíčových oblastí je posílení uchycení segmentů hada, aby byla zajištěna stabilita a spolehlivost pohybu. Toto lze dosáhnout použitím vyšší kvality materiálů nebo optimalizací designu uchycení pro snížení rizika jejich selhání. Dalším možným směrem pro zdokonalení je optimalizace komunikace mezi elektronickými částmi. Použití spolehlivějších komunikačních protokolů a kvalitnějších elektronických součástek by mohlo vést k větší spolehlivosti celého systému a snížení rizika vzniku chyb. Co se týče softwarového řešení, existuje prostor pro jeho vylepšení s cílem zajistit ještě plynulejší a přesnější pohyb hada. To může zahrnovat optimalizaci algoritmů pro lepší synchronizaci jednotlivých částí hada, ladění rychlosti a zrychlení pohybu, nebo dokonce implementaci pokročilejších technik umělé inteligence pro adaptivní chování hada v různých prostředích. A neposlední možností by mohlo být rozšíření funkcionalit hada o další senzory nebo nástroje, které by mu umožnily lépe interagovat s okolním prostředím nebo plnit specifické úkoly. Například bychom mohli zvážit implementaci mechanismu, který by umožňoval hadovi zvedat se a rozpínat jako kobra a další hadi. Tato schopnost by mohla být užitečná pro lepší manipulaci s předměty nebo pro zaujetí určitých pozic ve specifických situacích. Celkově jsou možnosti pro další vylepšení mého robotického hada velmi rozmanité a inspirující.

## POUŽITÁ LITERATURA

- SKAŘUPA, Jiří, 2007. *Průmyslové roboty a manipulátory*. [Online] Ostrava. [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta\\_PRaM.pdf](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf)
- MIEKISCH, Jiří, 2011. *Robotika*. [Online] SŠPU Opava – učebna IT [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/\\_sablony/AUT\\_IV/VY\\_32\\_INOVACE\\_E-15-20.pdf](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/AUT_IV/VY_32_INOVACE_E-15-20.pdf)
- FACTORY AUTOMATION, 2018. *Průmyslové roboty: jaké jsou jejich druhy?* [Online] Factory automation [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/prumyslove-roboty-2/>
- RUMÍŠEK, Pavel, 2003. *Automatizace*. [Online] Brno [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm\\_mechanizace\\_a\\_automatizace\\_roboty\\_rumisek.pdf](https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm_mechanizace_a_automatizace_roboty_rumisek.pdf)
- KOLÍBAL, Zdeněk, 2016. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, ISBN 978-80-214-4828-5.
- ROBOTIQ, 2021(6). *COBOTS EBOOK* [Online] Robotiq [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.edig.nu/assets/images/content/COBOT-EBOOK-FINAL6.pdf>
- NOVOTNÝ, F, HOTAŘ V., HORÁK M., STARÁ M. A STARÝ M. 2020. *ÚVOD DO AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE VE STROJÍRENSTVÍ*. [Online] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://publi.cz/download/publication/1275?online=1>
- CHMELÍK, Karel, 2001. *ASYNCHRONNÍ A SYNCHRONNÍ ELEKTRICKÉ STROJE* VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA ISBN 80–7078–857–7 Dostupné z: <https://homel.vsb.cz/~ber30/stroje/AMaSMstroje.pdf>
- KOVAL, Zdeněk, 2014. *Stejnosměrné stroje, rozdělení, význam, princip činnosti ss motoru, generátory na ss proud*. [Online] Střední průmyslová škola Ostrava [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/Ele-1-stejnosm%C4%9Brn%C3%A9-stroje-rozd%C4%9Blen%C3%AD-v%C3%BDznam-princip-%C4%8Dinnosti-ss-motor%C5%AF-gener%C3%A1tory-na-ss-proud\\_UT.pdf](https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/Ele-1-stejnosm%C4%9Brn%C3%A9-stroje-rozd%C4%9Blen%C3%AD-v%C3%BDznam-princip-%C4%8Dinnosti-ss-motor%C5%AF-gener%C3%A1tory-na-ss-proud_UT.pdf)
- JEDE ROBOT s.r.o, 2021. *Krokové motory* [Online] JeDe Robot s.r.o [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.dps-az.cz/getFile/id:84935/\[4\]%20%20Krokov%C3%A9%20motory.pdf](https://www.dps-az.cz/getFile/id:84935/[4]%20%20Krokov%C3%A9%20motory.pdf)

- ŘEZÁČ, Kamil, 2002. *Krokové motory – princip funkce, metody řízení*. [Online] Robotica.cz [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://robotika.cz/articles/steppers/cs>
- MARTIN, S., *Servo motor* [Online] dratek.cz [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/arduino-projekty/servo-motor.html>
- ADAFRUIT, 2014. *Servo motor* [Online] adafruit.com [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-selection-guide/continuous-rotation-servos>
- VODA, Zbyšek. 2017. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, ISBN isbn978-80-87106-93-8.
- DATASHEET A000005, 2024 [Online] Arduino® Nano [cit. 2024-03-24] Dostupné z: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>
- Opensource.com, 2024. *What is an Arduino?* [Online] opensource.com [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://opensource.com/resources/what-arduino>
- KLOSKE, Nick; GONER Jakub, 2017. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, ISBN 978-80-251-4876-1
- PRŮŠA, Josef, 2019. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. [Online] Praha [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/ped/jaro2021/TI9009/111101390/zaklady-3d-tisku.pdf>
- MCAE, 2020. *Průvodce materiály pro 3D tisk. Jak vybrat správný materiál pro správnou aplikaci* [Online] MarkerBot [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material\\_Guide\\_CZ\\_A4\\_7-2021\\_V20.pdf](https://www.mcae.cz/wp-content/uploads/2021/08/Material_Guide_CZ_A4_7-2021_V20.pdf)
- SEEJA G. 2022. *A Survey on Snake Robot Locomotion* [Online] IEEE Acces [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/365105040\\_A\\_Survey\\_on\\_Snake\\_Robot\\_Locomotion](https://www.researchgate.net/publication/365105040_A_Survey_on_Snake_Robot_Locomotion)
- CHURÝ, Lukáš, 2006. *Základní pojmy a práce průmyslových robotů*. [Online] programujte.com [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <http://programujte.com/clanek/2006032007-robotika-ii/>
- KOLÍBAL, Zdeněk, 2000. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. Košice: ISBN: 80-88922-27-5
- WURST, David, 2012. *Lexium – dokonalá symbióza rychlosti, přesnosti robustnosti a variability*. [Online] schneider electric cz, s.r.o. [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/linearni-pohony-lexium-dokonala-symbioza-rychlosti-presnosti-robustnosti-a-variability>

- EPSON, 2006. *SCARA robot*. [Online] Opticontrol s.r.o. Lelekovice, Czech Republic [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/epson-robotic-solutions/product-13733-1668900.html>
- KOVANDA, *FANUC 6-5 AXIS\_KLOUBOVÉ ROBOTY*. [Online] PP Kovanda [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <http://ppkovanda.cz/fanuc-m-20-kloubovy-robot-serie-m-20>
- MM SCIENCE JOURNAL, 2014. *Dvouramenný robot s programem pro biolaboratoře* [Online] mmspektrum [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/technicke-novinky/dvouramenny-robot-s-programem-pro-biolaboratore>
- MM SCIENCE JOURNAL, 2021. *Premiéra tří šestiosých robotů* [Online] mmspektrum [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/premiera-tri-sestiosych-robotu>
- KOVANDA, *FANUC ROBOTS*. [Online] PP Kovanda [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <http://ppkovanda.cz/fanuc-delta-roboty-delta-roboty>
- BEŠTA, M., 2017. *ASYNCHRONNÍ STROJ* [Online] Studijní materiály pro učební obor elektrikář – slaboproud [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2016/04/T2-asynchronn%C3%AD-stroj.pdf>
- ROUBÍČEK, Ota, 2008. *Princip a uspořádání stejnosměrných motorů* [Online] profi Elekrika.cz [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/princip-stejnosmernych-motoru>
- EUFACTORY, 2018 *KROKOVÝ MOTOR - CO TO JE A JAK FUNGUJE*. [Online] EU Factory.com [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://shop.eufactory.com/blog/12\\_krokovy-motor-uvod](https://shop.eufactory.com/blog/12_krokovy-motor-uvod)
- LINEARNISERVOMOTORY, 2018 *Nevýbušné lineární servo servomotory - servo aktuátory*. [Online] LinearniServomotory.CZ [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: [https://www.linearniservomotory.cz/linearni\\_servomotory\\_nevybusne\\_servoaktuatory.php](https://www.linearniservomotory.cz/linearni_servomotory_nevybusne_servoaktuatory.php)
- CREALITY, *Creality ENDER 3 S1*. [Online] CreaLitystore.cz [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.crealitystore.cz/produkt/creality-ender-3-s1/>
- VODA, Zbyšek. 2017. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, ISBN isbn978-80-87106-93-8.
- Encyclopædia Britannica, 2004 *Snake: Locomotion..* [Online] kids.britannica.com [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://kids.britannica.com/students/assembly/view/171904>