



## MATURITNÍ PRÁCE

Konstrukce dronu

Kryštof Maxera

vedoucí práce: Dr.rer.nat Michal Kočer

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s vyznačením všech použitých pramenů.

V Českých Budějovicích dne ..... podpis .....

Kryštof Maxera

# Abstrakt

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## Klíčová slova

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

# Poděkování

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

# Obsah

<b>I</b>	<b>Úvod do světa dronů</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Definice a charakteristika dronů</b>	<b>3</b>
1.1	Bezpilotní letadla . . . . .	4
1.2	Bezpilotní pozemní vozidla . . . . .	5
1.3	Hladinové plavidla bez posádky . . . . .	5
1.4	Dálkově ovládané podvodní vozidla . . . . .	6
1.5	Bezpilotní kosmické lodě . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Anatomie multikoptéry</b>	<b>7</b>
2.1	Rám . . . . .	7
2.1.1	Tvar . . . . .	7
2.1.2	Materiál . . . . .	7
2.1.3	Velikost . . . . .	8
2.2	Motory . . . . .	8
2.2.1	Inrunner a outrunner . . . . .	8
2.2.2	Kartáčové a bezkartáčové motory . . . . .	9
2.2.3	AC a DC . . . . .	9
2.3	Vrtule . . . . .	9
2.4	Flight controller . . . . .	10
2.5	Komunikační systém . . . . .	10
2.6	Baterie . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Fyzika letu dronu</b>	<b>12</b>
3.1	Vertikální pohyb . . . . .	12
3.2	Laterální pohyb . . . . .	12

3.3 Rotační pohyb . . . . .	13
<b>II Konstrukce kvadrokoptéry</b>	<b>14</b>
4 Součástky	15
5 Průběh Konstrukce	16
6 Vývoj flight controlleru	17
7 Program	19
8 Schéma zapojení	20
Bibliografie	23
Přílohy	26
A Fotografie zkonstruované kvadrokoptéry	27
B Kód programu Raspberry Pi Pico	28

# Úvod

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

# Část I

## Úvod do světa dronů



# 1 Definice a charakteristika dronů

Dron je definován jako zařízení nebo stroj schopný vykonávat úkoly bez nutnosti přímé fyzické přítomnosti člověka. Tato zařízení lze rozdělit do dvou základních kategorií.

První kategorii tvoří plně autonomní roboti, u nichž je přítomnost člověka vyžadována primárně z kontrolních a bezpečnostních důvodů. Pilot nebo operátor zde většinou nezasaahuje do aktivního řízení, ale v případě potřeby může převzít kontrolu. Typickým příkladem jsou autonomní bezpilotní letadla s možností vzdáleného ovládání nebo samořízené motorové vozidlo, které ke svému provozu nepotřebuje řidiče přítomného ve vozidle.

Druhá kategorie je pro veřejnost známější. Ta je také nazývána drony, přestože její součástí jsou dálkově ovládaná zařízení, která nejsou plně autonomní. Do této skupiny patří široce známé kvadrokoptéry a další multikoptéry, stejně jako autíčka na dálkové ovládání.

Důvodem časté záměny těchto dvou kategorií je překrývání některých funkcí, neboť i dálkově ovládané kvadrokoptéry využívají automatické systémy, například pro samovyvažování, které jsou nezbytné pro jejich stabilní let.

Drony lze obecně rozdělit do několika hlavních skupin na základě prostředí, ve kterém operují:

- **Bezpilotní letadla** (UAVs - Unmanned Aerial Vehicles)
- **Bezpilotní pozemní vozidla** (UGV - Unmanned Ground Vehicle)
- **Hladinové plavidla bez posádky** (USV - Unmanned Surface Vehicle)
- **Dálkově ovládané podvodní vozidla** (ROUV - Remotely Operated Underwater Vehicles)
- **Bezpilotní kosmické lodě** (Uncrewed spacecraft)

Přestože označení dron lze použít pro širokou škálu zařízení, pro širokou veřejnost je toto slovo primárně spjaté s dálkově ovládanými bezpilotními letadly. Samo o sobě však toto

označení není chybné. V této práci se zaměřujeme na konstrukci kvadrokoptéry, která spadá do kategorie bezpilotních letadel. O té práci pojednává podrobněji. [2]

## 1.1 Bepilotní letadla

Bepilotní letadlo je definováno jako zařízení určené k provozu ve vzdušném prostředí, které je buď řízeno dálkově operátorem, nebo schopno autonomního letu díky integrovanému softwaru a palubním senzorům.

Tato zařízení využívají pokročilé technologie pro navigaci, stabilizaci, komunikaci a sběr dat, přičemž jejich provozní komponenty se liší v závislosti na specifickém účelu použití. Obecně však tato zařízení zahrnují senzory nezbytné pro stabilizaci letu, jako je gyroskop a akcelerometr, spolu se senzory či moduly umožňujícími komunikaci. Komunikační technologie obvykle zahrnují přenos dat prostřednictvím rádiových vln, Wi-Fi, nebo mobilních sítí.

Tato zařízení lze dále klasifikovat na základě specifických parametrů, jako je typ konstrukce křídla, hmotnost, zdroj napájení či funkční zaměření.

Při klasifikaci na základě typu konstrukce křídla lze bepilotní letadla rozdělit do dvou hlavních skupin:

- Rotorová letadla - zahrnující jednorotorové a vícerotorové varianty, jako jsou trikopty, kvadrokoptéry, hexakoptéry a oktokopty.
- Letadla s pevnými křídly - zahrnují drony, které vyžadují pohyb vpřed k generování vztlaku pomocí křídel. Patří sem také hybridní drony s vertikálním vzletem a přistáním, jež nevyžadují přistávací dráhu.

Zařazení na základě zdroje napájení:

- Bateriový pohon - nejčastěji lithium-polymerové (Li-Po) nebo lithium-iontové (Li-Ion) baterie
- Benzinový pohon - spalovací motor poháněný benzinem
- Vodíkový pohon - napájení je zajištěno vodíkovými palivovými články, které generují elektrickou energii chemickou reakcí

- Solární pohon - solární panely umístěné na povrchu dronu zajišťují nepřetržité nabíjení během letu

Zařazení na základě nejběžnějších funkčních kategorií:

- rekreační využití
- letecká fotografie a videografie
- pátrací a záchranné operace
- vojenský průmysl
- stavební průmysl, monitorování a měření
- zemědělství
- dopravní a logistické služby

Tato skupina zařízení byla po dlouhou dobu spojována především s vojenským průmyslem. V současnosti však díky široké škále aplikací nacházejí stále větší uplatnění i v civilních oblastech, jako je průmysl, zemědělství nebo vědecký výzkum. Díky klesajícím cenám se osobní kvadrokoptéry stávají stále populárnějšími také pro rekreační účely. [2] [6]

## 1.2 Bezpilotní pozemní vozidla

Jedná se o pozemní vozidla bez potřebné fyzické přítomnosti člověka. Ve srovnání se vzdušnými bezpilotními drony jsou mnohem jednodušší na konstrukci, protože nevyžadují překonávání fyzikálních zákonů spojených s letem. Tato vlastnost přispívá k jejich širokému využití napříč různými sektory. Lze je nalézt například v zemědělství jako samosklízecí traktory, v oblasti samořídících dopravních prostředků, v těžebním průmyslu, v automatizovaných skladech s roboty pro transport zboží nebo v úklidovém sektoru, kde se využívají autonomní vysavače. Své uplatnění nacházejí také ve vojenském sektoru. [2]

## 1.3 Hladinové plavidla bez posádky

Plavidla pohybující se po mořské nebo sladkovodní hladině. Často jsou využívána pro těžební operace na moři, vědecký výzkum či monitorování vodních ekosystémů. Nelze opomenout

jejich vojenské využití. Tato zařízení používají pro komunikaci obdobné technologie jako bezpilotní letadla. [2]

## 1.4 Dálkově ovládané podvodní vozidla

Podvodní zařízení, určená převážně pro průzkumné a vědecké účely, představují klíčový nástroj pro studium mořského prostředí. Jejich fungování se však výrazně liší od ostatních autonomních systémů, a to kvůli technickým výzvám spojených s provozem ve velkých hloubkách. V těchto podmínkách je použití rádiových vln pro komunikaci téměř nemožné kvůli jejich omezené prostupnosti vodou. Namísto bezdrátové komunikace jsou proto tato zařízení často spojena s mateřskou lodí nebo ponorkou pomocí robustního kabelu, který slouží nejen jako přenosové médium pro data, ale i jako zdroj energie. [2]

## 1.5 Bepilotní kosmické lodě

Vesmír představuje ideální prostředí pro využití dronů, neboť je pro lidskou přítomnost extrémně nehostinný. Vesmírné drony nabízejí méně rizikové řešení pro dosažení různých cílů bez nutnosti návratu zařízení zpět na Zemi. Jejich využití zahrnuje kosmický prostor, kde slouží k prozkoumávání vzdálených objektů, povrchy nehostinných planet, kde fungují jako rovery, a oběžnou dráhu Země, kde podporují fungování klíčových technologií, jako je například GPS. [2]

Využití všech těchto typů dronů má společnou vlastnost. Jejich využití je na místech, kde lze pracovní sílu člověka nahradit automatickým zařízením nebo místech, které jsou příliš riskantní pro přítomnost člověka. Jejich nasazení se neustále rozšiřuje a lze bez pochybností předpokládat, že v budoucnu bude jejich význam dále narůstat.

## 2 Anatomie multikoptéry

Každá multikoptéra, ať už profesionálně vyrobená nebo sestavená v domácích podmínkách, se liší svým konstrukčním hardwarem. Nicméně většinu těchto zařízení spojuje použití podobných klíčových komponent. Tato kapitola se zaměřuje na podrobný popis nejběžnějších součástí, které byly využity při konstrukci kvadrokoptéry v praktické části práce.

### 2.1 Rám

Rám dronu tvoří základní konstrukční prvek, který drží všechny komponenty pohromadě. Typ rámu použitý u dronu má zásadní vliv na jeho celkové vlastnosti. Klíčovým aspektem při výběru a návrhu rámu je nalezení optimálního poměru mezi hmotností, velikostí a pevností, aby konstrukce byla co nejvíce odolná vůči nárazům a pádům, zároveň však nezvyšovala zbytečně hmotnost zařízení. Tento vyvážený design hraje významnou roli ve stabilitě, ovladatelnosti a životnosti dronu.

#### 2.1.1 Tvar

První klíčovou vlastností rámu, na kterou je třeba se zaměřit, je jeho tvar. Konstrukce rámu musí odpovídat počtu vrtulí, což vyžaduje adekvátní počet ramen. Například trikoptéry disponují třemi rameny, hexakoptéry šesti, zatímco nejběžnější kvadrokoptéry mají čtyři ramena. Důležitým konstrukčním aspektem je také úhel mezi jednotlivými rameny, který ovlivňuje nejen stabilitu a letové vlastnosti dronu, ale také případné zorné pole připevněné kamery.

#### 2.1.2 Materiál

Výběr materiálu rámu výrazně ovlivňuje dvě klíčové vlastnosti dronu: hmotnost a odolnost. Existuje široká škála materiálů vhodných pro konstrukci rámu. Základním kritériem

je dostatečná pevnost materiálu, která umožňuje jeho použití jako nosné struktury. Některé materiály poskytují výrazné výhody, díky nimž jsou preferovány.

Nejčastěji používané materiály zahrnují:

- Uhlíkové vlákno - vynikající pevnost a nízká hmotnost, vysoká cena, pro profesionální konstrukce
- Dřevo - snadná dostupnost, výborná tvarovatelnost, vhodné pro malé multikoptéry
- Hliník - vysoká pevnost a odolnost, nízká cena, vysoká hmotnost
- Pěna - převážně u malých dronů díky své nízké hmotnosti, omezená stabilita
- Plast - levný, lehký a snadno tvarovatelný materiál, možné použití 3D tisku

### 2.1.3 Velikost

V neposlední řadě je potřeba zvolit správnou velikost dronu. Obecně platí, že s rostoucí velikostí dronu se zvyšuje jeho hmotnost, ale zároveň i stabilita. Volba optimální velikosti závisí na požadovaných letových vlastnostech a plánovaném zatížení dronu. [2] [3] [4]

## 2.2 Motory

Existuje mnoho různých variant ze kterých vybírat. Každá se však svým provedením liší. Motor se skládá ze dvou částí, rotoru a statoru. Rotor je ta část motoru, která při používání rotoru točí a stator je ta část, která vždy stojí na jednom místě.

### 2.2.1 Inrunner a outrunner

Motory lze rozdělit do dvou podkategorií: inrunner a outrunner, přičemž klíčový rozdíl spočívá v uspořádání rotoru a statoru.

**Inrunner motory** mají rotor uvnitř statoru, otáčí se pouze hřídel motoru a vnější plášť zůstává statický. Tyto motory se vyznačují vysokými otáčkami (vyšší kV) a nízkým točivým momentem, což je ideální pro situace vyžadující rychlost.

**Outrunner motory** mají rotor na vnější straně statoru, takže se otáčí celý plášť motoru.

Tento design poskytuje nižší otáčky (nižší kV), ale vyšší točivý moment, což je ideální pro přímý pohon bez převodovky, například u vrtulí dronů nebo elektrokol.

### 2.2.2 Kartáčové a bezkartáčové motory

Jedná se o dvě hlavní konstrukce motorů, lišící se způsobem přenosu energie a účinností.

**Kartáčové motory** používají mechanické kartáče k přenosu elektrické energie na rotor, kde jsou umístěny cívky. Stator je tvořen permanentními magnety. Proud procházející cívkami vytvoří magnetické pole, které odpuzuje celý rotor tak, aby generoval točivý moment. Tento design je jednoduchý a levný, ale méně účinný kvůli tření kartáčů, což způsobuje vyšší opotřebení a ztráty energie.

**Bezkartáčové motory** mají cívky na statoru a rotor tvořený permanentními magnety. Energie je přenášena elektronicky pomocí regulátoru otáček (ESC), který ve správný čas mění polaritu cívky tak, aby odpuzovala permanentní magnety na rotoru. Tento způsob eliminuje tření kartáčů. Bezkartáčové motory jsou účinnější, spolehlivější a vhodné pro aplikace vyžadující vysoký výkon a přesnost, například drony nebo moderní elektromobily.

### 2.2.3 AC a DC

V neposlední řadě je klíčové správné spárování baterie s motorem. Baterie obvykle využívají stejnosměrný proud (DC), zatímco bezkartáčové motory povětšinou vyžadují střídavý proud (AC). V takových případech je nezbytné zvolit vhodný regulátor otáček (ESC), který zajistí správnou transformaci a distribuci elektrického proudu odpovídající požadavkům motoru. Kartáčové motory povětšinou ke svojí funkci vyžadují stejnosměrný proud. [2] [3] [4] [9]

## 2.3 Vrtule

Vrtule fungují podobně jako šroub. Jejich lopatky při otáčení “zavrtávají” do vzduchu a vytvářejí sílu, která pohání objekt vpřed nebo vzad.

Existují dva hlavní typy vrtulí: tažné (regular propellers) a tlačné (pusher propellers)

Tažné vrtule generují tah směrem dopředu a jsou navrženy tak, aby se otáčely po směru hodinových ručiček (CW). Naproti tomu tlačné vrtule vytvářejí sílu tlačící systém vpřed a otáčejí se proti směru hodinových ručiček (CCW). Kombinace těchto dvou typů vrtulí zajišťuje vyvážený, stabilní a snadno ovladatelný systém. [2] [3]

## 2.4 Flight controller

Často se označuje jako jeho „mozek“ celého dronu. Hlavní funkcí flight controlleru je automatické vyvažování dronu. Vyrovnává změny v pohybu, naklánění a rotaci, aby dron zůstal stabilní i v obtížných podmínkách, jako je vítr nebo nerovnoměrné rozložení hmotnosti. Díky tomu se pilot nemusí soustředit na neustálé drobné korekce, což usnadňuje manévrování.

Nejběžnější senzory součástí flight controlleru:

- Akcelerometr - Měří zrychlení ve třech osách (x, y, z) a pomáhá určit směr gravitace, což je nezbytné pro vyhodnocení naklonění dronu.
- Gyroskop - Sleduje rotaci a úhlové změny dronu, což umožňuje rychlé a přesné úpravy pro udržení stability.

Flight controller přijímá data ze senzorů a na jejich základě upravuje výkon jednotlivých motorů. [2]

## 2.5 Komunikační systém

Komunikační systém dronu slouží k přenosu informací mezi pilotem a samotným zařízením. Základem je RC ovladač, který se skládá z vysílače (drženého pilotem) a přijímače umístěného na dronu. Přijímač je přímo propojen s řídicí jednotkou (Flight Controllerem), která interpretuje přijaté signály a převádí je na odpovídající povely pro motory a další komponenty.

Pro základní ovládání jsou využívány minimálně čtyři komunikační kanály, které odpovídají následujícím funkcím: náklon do stran (Roll), náklon vpřed a vzad (Pitch), otáčení kolem svislé osy (Yaw) a regulace výkonu motorů (Throttle). Alternativně může být pro komunikaci využita technologie Bluetooth, která umožňuje ovládání dronu prostřednictvím mobilních zařízení.

## 2.6 Baterie

Baterie je zdrojem energie pro celý dron. Nejčastěji používané jsou lithiumpolymerové (LiPo) a lithium-iontové (Li-ion) baterie díky jejich vysoké energetické hustotě, nízké hmotnosti



a schopnosti dodávat vysoký proud. Alternativně se u některých systémů využívají nikel-metalhydridové (NiMH) baterie. NiMH baterie jsou odolné vůči hlubokému vybití a mechanickému namáhání. Při vysokém zatížení však poskytují nižší výkon ve srovnání s LiPo bateriemi.

Baterie mohou být zapojeny sériově nebo paralelně v závislosti na požadovaném výkonu a kapacitě. Sériové zapojení zvyšuje výsledné napětí při zachování stejné kapacity, což umožňuje vyšší výkon motorů. Paralelní zapojení naopak zvyšuje kapacitu při zachování stejného napětí, což prodlužuje dobu letu dronu.

Pro drony jsou ideální baterie s dostatečnou kapacitou (mAh), odpovídajícím počtem článků (S) a vysokým C-ratingem, který udává maximální proudový odběr. Tyto parametry je nutné sladit s výkonovými požadavky dronu.

## 3 Fyzika letu dronu

K zajištění letu kvadrokoptéry je nezbytné, aby byla schopna vykonávat tři základní typy pohybu: vertikální pohyb, laterální pohyb a rotační pohyb. Na základě třetího Newtonova zákona lze každý z těchto pohybů realizovat prostřednictvím čtyř rotorů kvadrokoptéry.

### 3.1 Vertikální pohyb

Newtonův třetí zákon pohybu stanovuje, že každé akci odpovídá stejně velká, avšak opačně orientovaná reakce.

V případě kvadrokoptéry dochází při rotaci jejích rotorů k vytlačování vzduchu směrem dolů, což představuje akční sílu. Na základě uvedeného zákona musí existovat odpovídající reakční síla, která působí směrem vzhůru na kvadrokoptéru. Jakmile velikost této vztlakové síly převyší gravitační sílu působící na kvadrokoptéru, dojde k jejímu vertikálnímu pohybu směrem vzhůru.

### 3.2 Laterální pohyb

Pokud vztlaková síla působí kolmo vzhůru, kvadrokoptéra se pohybuje vertikálně. Pokud však působí pod úhlem, dochází i k laterálnímu pohybu. Tento jev nastává v důsledku rozkladu vztlakové síly, která působí na dron jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru. To způsobuje pohyb kvadrokoptéry do stran nebo ve směru dopředu a dozadu.

Laterální pohyb je realizován změnou rychlosti otáčení rotorů. Zvýšení rychlosti dvou rotorů na jedné straně kvadrokoptéry vede k nerovnoměrnému rozložení vztlakové síly. Strana s rychleji rotujícími rotory generuje větší vztlak než opačná strana, což způsobí, že se nakloněná kvadrokoptéra pohybuje směrem k oblasti s nižším vztlakem.

### 3.3 Rotační pohyb

Posledním typem pohybu kvadrokoptéry je rotace, která je výsledkem působení točivého momentu. Tento moment vzniká v důsledku otáčení rotorů, přičemž podle třetího Newtonova zákona se současně generuje síla stejné velikosti, avšak opačného směru.

Točivý moment ovlivňuje kvadrokoptéru při rotaci rotorů, neboť každý jednotlivý rotor generuje svůj vlastní moment síly. Celkový točivý moment působící na kvadrokoptéru je součtem momentů všech čtyř rotorů. Pro eliminaci tohoto momentu se využívá konstrukční řešení, při němž se dva rotory otáčejí ve směru hodinových ručiček a dva v protisměru. Tyto momenty se vzájemně vyruší, čímž se eliminuje nekontrolovaná rotace kvadrokoptéry.

Točivý moment lze však také využít k řízené rotaci kvadrokoptéry. Pokud se například rotory 1 a 3 otáčejí rychleji než rotory 2 a 4, výsledný moment síly proti směru hodinových ručiček převáží nad momentem síly ve směru hodinových ručiček, což způsobí rotaci kvadrokoptéry proti směru hodinových ručiček. Naopak, pokud se rotory 2 a 4 otáčejí rychleji než rotory 1 a 3, kvadrokoptéra se začne otáčet ve směru hodinových ručiček.

Pro správné fungování je potřeba mít dva druhy vrtulí tak, aby všechny tlačily vzduch směrem k zemi. Jak je patrné na obrázku 9, jeden typ rotoru má levý okraj listu výše v přední části, zatímco druhý typ má výše pravý okraj.

## Část II

### Konstrukce kvadrokoptéry

## 4 Součástky

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 5 Průběh Konstrukce

text Odkaz v závorkách: (see 5, page 900)

Odkaz: [8]

A odkaz pod čarou:<sup>1</sup>

Dobrý den, ahoj, atd.

Praha, tj. hlavní město ČR text

---

<sup>1</sup>see 7, s. 42.

## 6 Vývoj flight controlleru

Obrázek 6.1 ukazuje Shanghai z Pixabay.

Tabulka ?? ukazuje hádejte, co.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Výpis programu hello.c naleznete ve výpise 6.1.

```
1 #include <stdio.h>
2 #define CISLO 10
3
4 int main(void) {
5     int i = CISLO;
6
7     print("Hello World!\n");
8     print("%d", i);
9
10    return (0);
11 }
```

Zdrojový kód 6.1: hello.c

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus



Obrázek 6.1: Testovací

eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

```
11.0524
5.5954
6.7996
13.8584
15.1357
Soucet: 52.4415
```

Příklad výstupního souboru



## 7 Program

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 8 Schéma zapojení

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## Závěr

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

# Bibliografie

1. AERONAUTICS, National; ADMINISTRATION, Space. *Advanced Air Mobility: The Science Behind Quadcopters Reader Student Guide*. 04.2020 [cit. 2024-02-14]. Dostupné také z: [https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2020/05/aam-science-behind-quadcopters-reader-student-guide\\_0.pdf](https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2020/05/aam-science-behind-quadcopters-reader-student-guide_0.pdf).
2. BAICHTAL, John. *Building your own drones: A Beginner's Guide to Drones, UAVs, and ROVs*. Indianapolis, Indiana: Que Publishing, 2016.
3. BERGQUIST, Caleb. *How to Build a Drone / A DIY Guide*. 23.03.2019 [cit. 2024-02-14]. Dostupné také z: <https://dojofordrones.com/build-a-drone/>.
4. DAKCHEUNGCHENG. *The Ultimate Guide to Building a Quadcopter From Scratch*. [cit. 2024-02-14]. Dostupné také z: <https://www.instructables.com/The-Ultimate-Guide-to-Building-a-Quadcopter-From-S/>.
5. EINSTEIN, Albert. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]. *Annalen der Physik*. 1905, roč. 322, č. 10, s. 891–921. Dostupné z DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/andp.19053221004>.
6. GILLIS, Alexander S. *What is a drone (UAV)?* 07.2024 [cit. 2024-02-14]. Dostupné také z: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/drone>.
7. GOOSSENS, Michel; MITTELBACH, Frank; SAMARIN, Alexander. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1993.
8. KNUTH, Donald. *Knuth: Computers and Typesetting*. [B.r.]. Dostupné také z: <http://www-cs-faculty.stanford.edu/~uno/abcde.html>.
9. PITTMAN, Haydon Kerk. *What is the Difference Between a Brush and a Brushless Motor?* [cit. 2024-02-14]. Dostupné také z: <https://www.haydonkerkpittman.com/learningzone/blog/2023/august/what-is-the-difference-between-a-brush-and-a-brushless-motor>.



## Seznam obrázků

6.1	Testovací . . . . .	18
-----	---------------------	----

## Seznam tabulek

# Přílohy



# A Fotografie zkonstruované kvadroptéry

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## B Kód programu Raspberry Pi Pico