

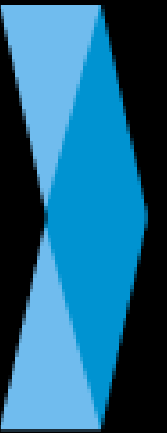
SKYRATS

EQUIPE DE DRONES INTELIGENTES DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

patrocinadores

fundo patrimonial

amigosdaPoli



SKYRATS

patrocinadores



SKYRATS

apoio institucional

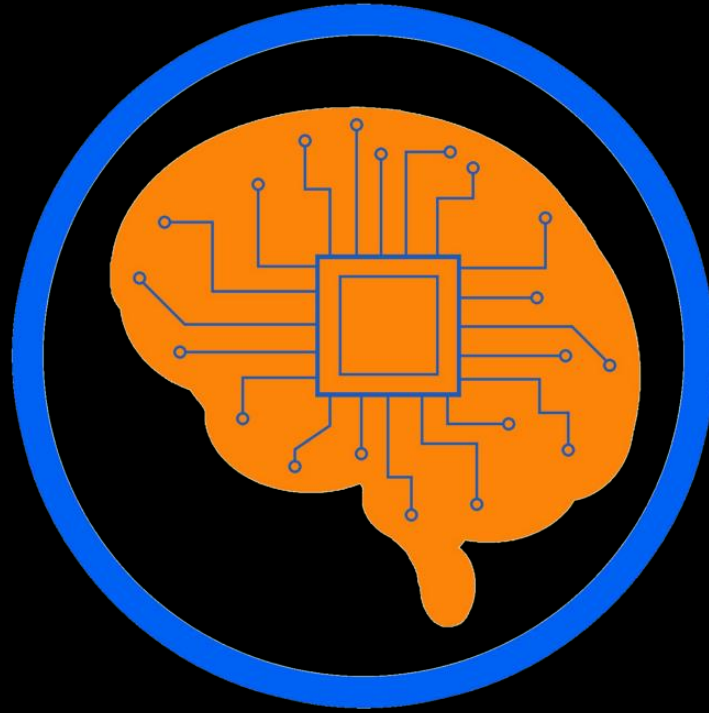


USP

POLI USP

SKYRATS

apoio institucional



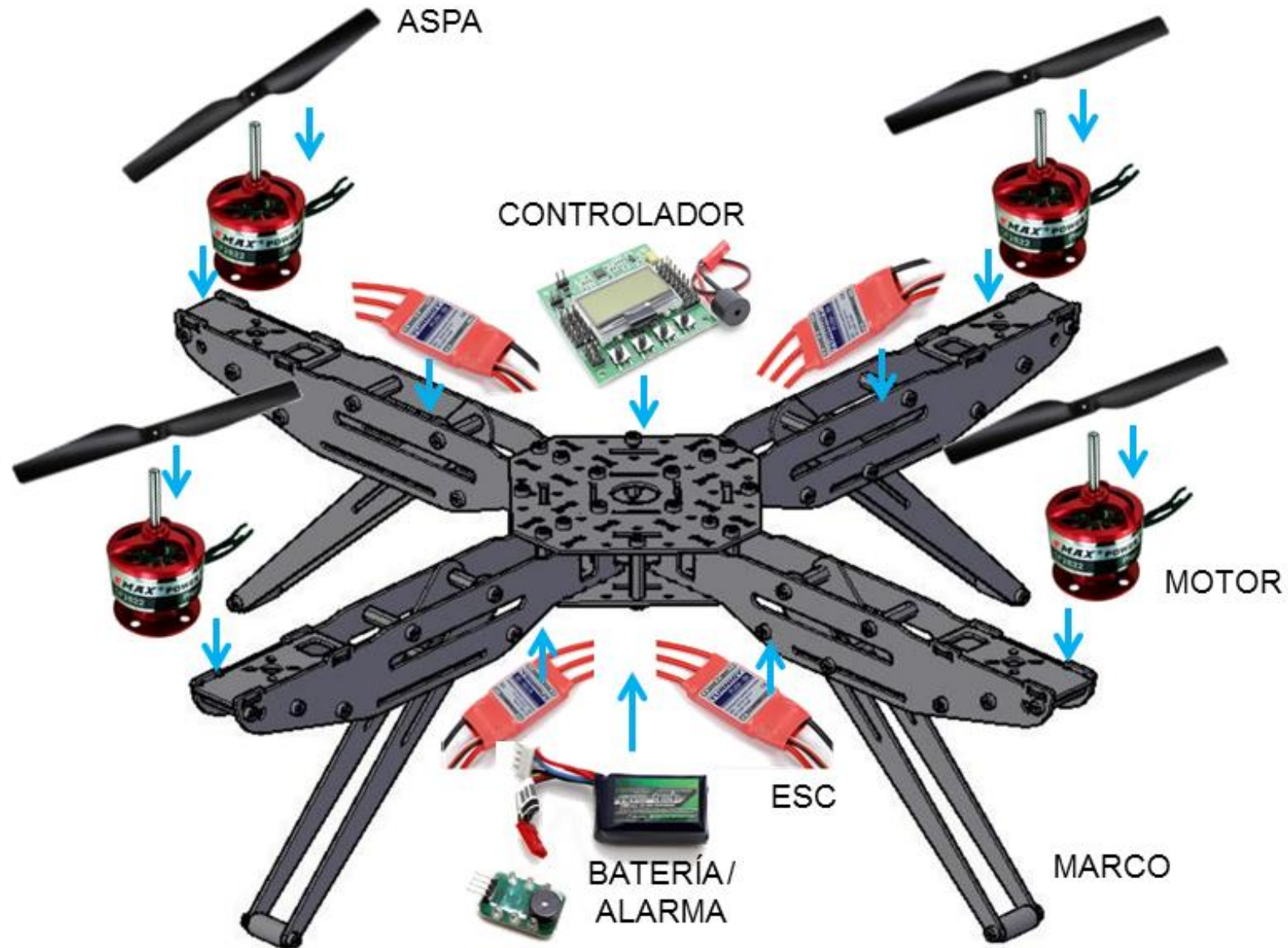
GRUPO
TURING

SKYRATS

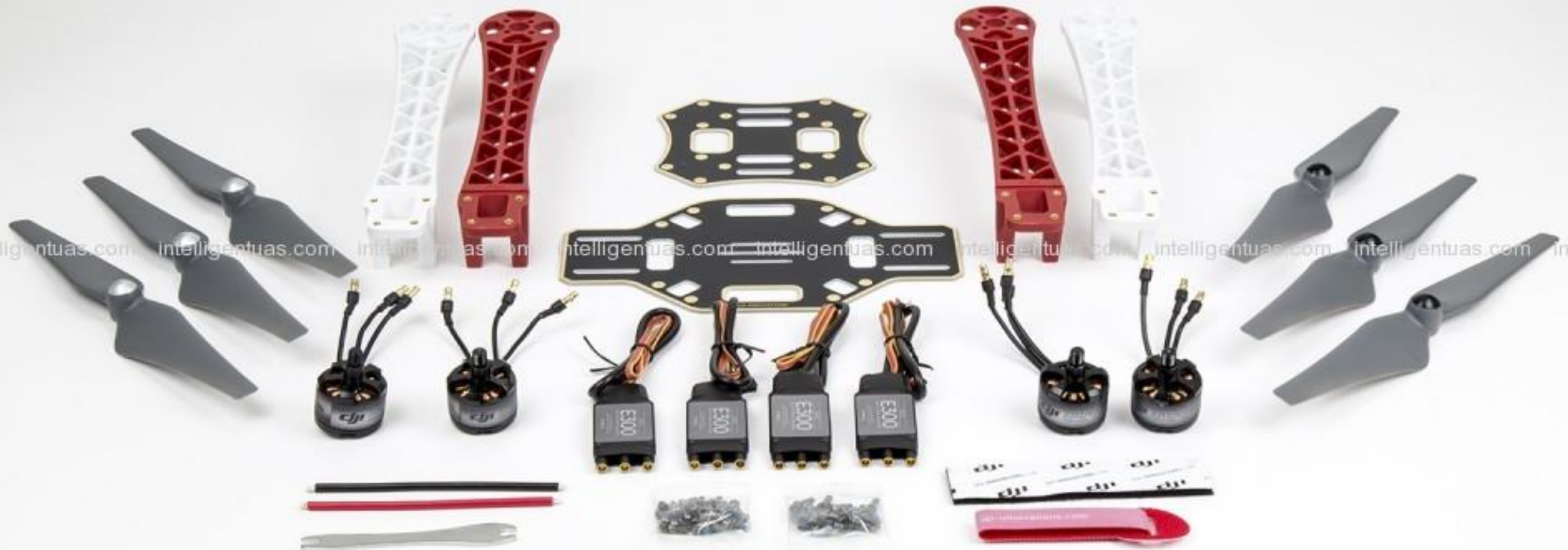
índice

1. Dinâmica de vôo e elementos físicos do drone
2. Eletrônica por trás do vôo
3. Arquitetura de software
- 4 Referências

1.1 elementos físicos do drone SKYRATS



1.1 elementos físicos do drone SKYRATS



kit utilizado para desenvolvimento na disciplina

1.1 elementos físicos do drone

SKYRATS

DJI F450



kit de desenvolvimento
de drones
comercializado pela
DJI (maior fabricante
de drones do mundo)

1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS

- a força de empuxo, gerada pela rotação das hélices, é responsável pela sustentação do drone;
- a variação da força de empuxo nos rotores do drone é responsável pelos movimentos do drone;

1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS

→ A equação de Bernoulli explica como as asas garantem sustentação para a aeronave:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

ρ : densidade do ar

P : pressão

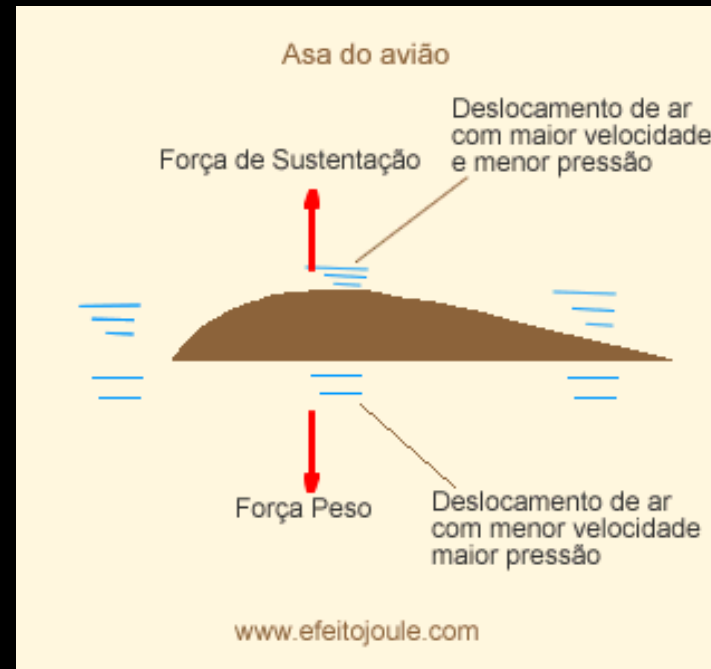
v : velocidade de escoamento do fluido

h : altura do fluido deslocado

1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS

→ A equação de Bernoulli explica como as asas garantem sustentação para a aeronave:



1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS

→ equação para determinar o módulo do empuxo E de uma hélice:

$$E = \frac{1}{2} \rho \int v^2(r) c(r) (C_l \sin(\theta(r)) - C_d \cos(\theta(r))) dr$$

ρ : densidade do ar

r : raio de giração (medido em relação ao eixo de rotação da hélice)

$v(r)$: velocidade do fluido no ponto da hélice

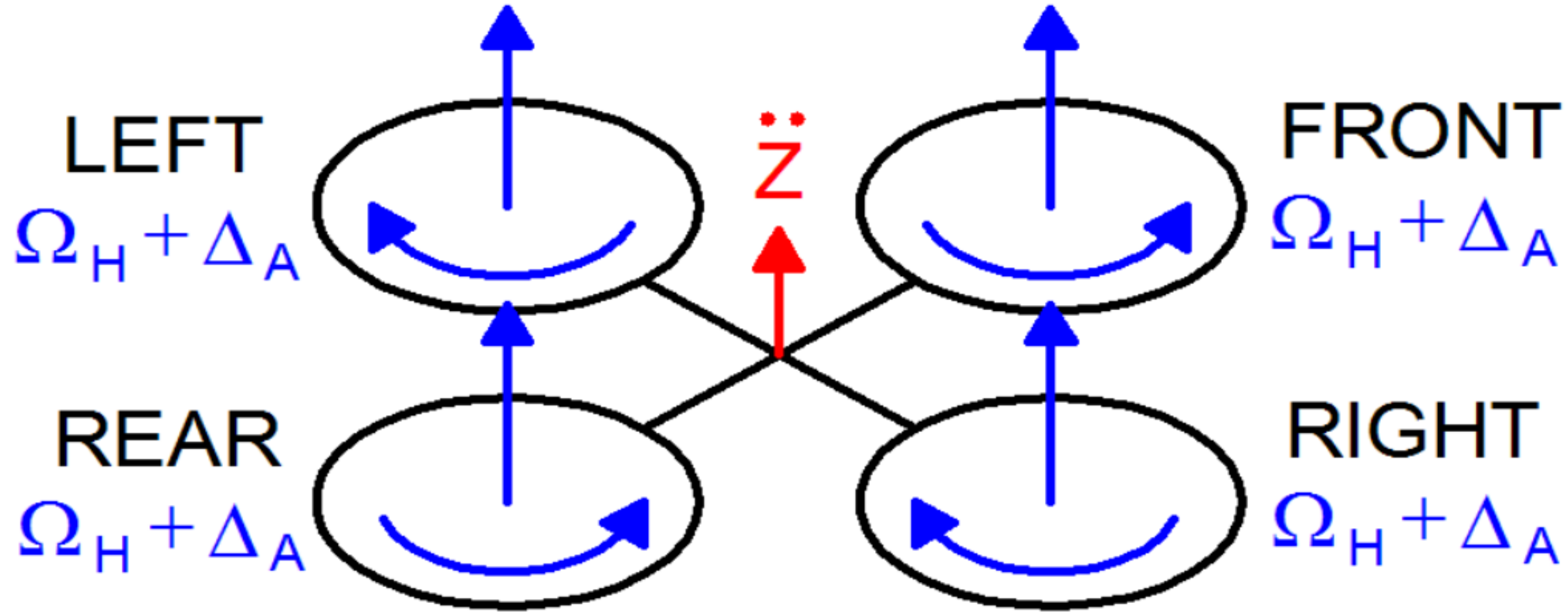
$c(r)$: altura da corda da hélice

C_l : coeficiente de *lift* (sustentação)

C_d : coeficiente de *drag* (arrasto)

1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS

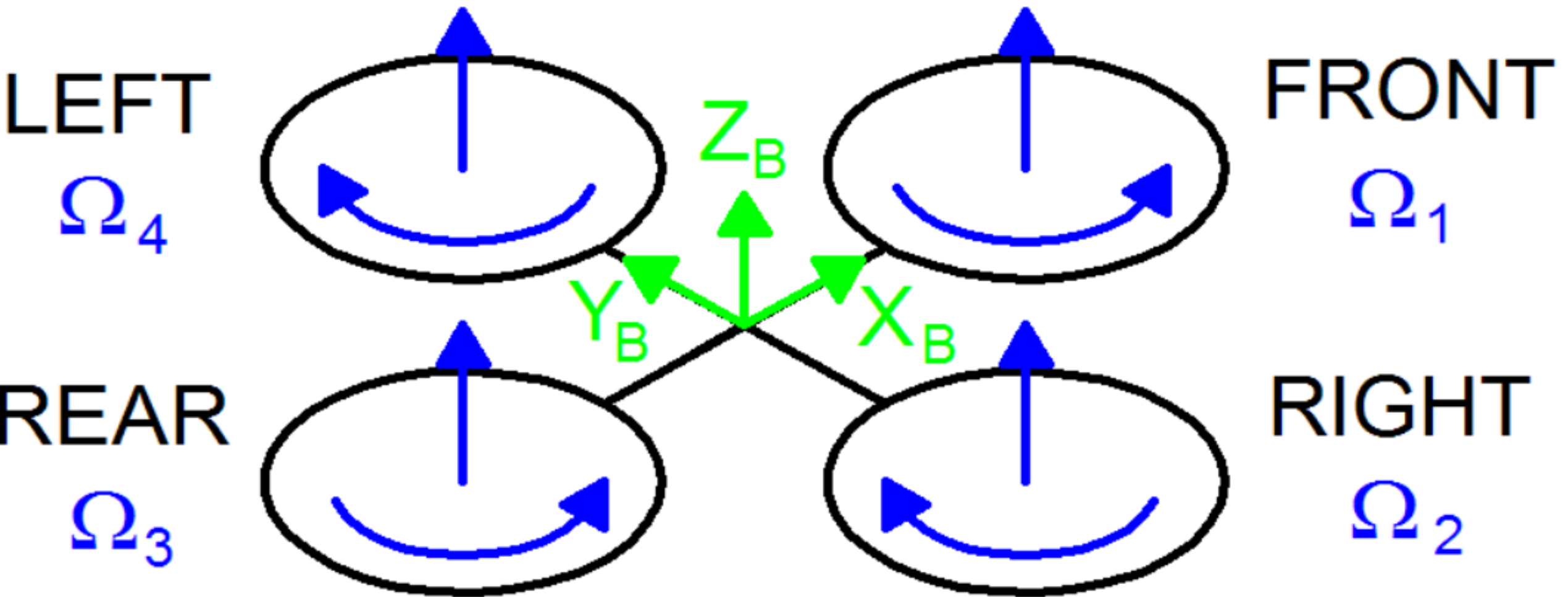


Throttle movement

decola

1.2 Dinâmica de vôo

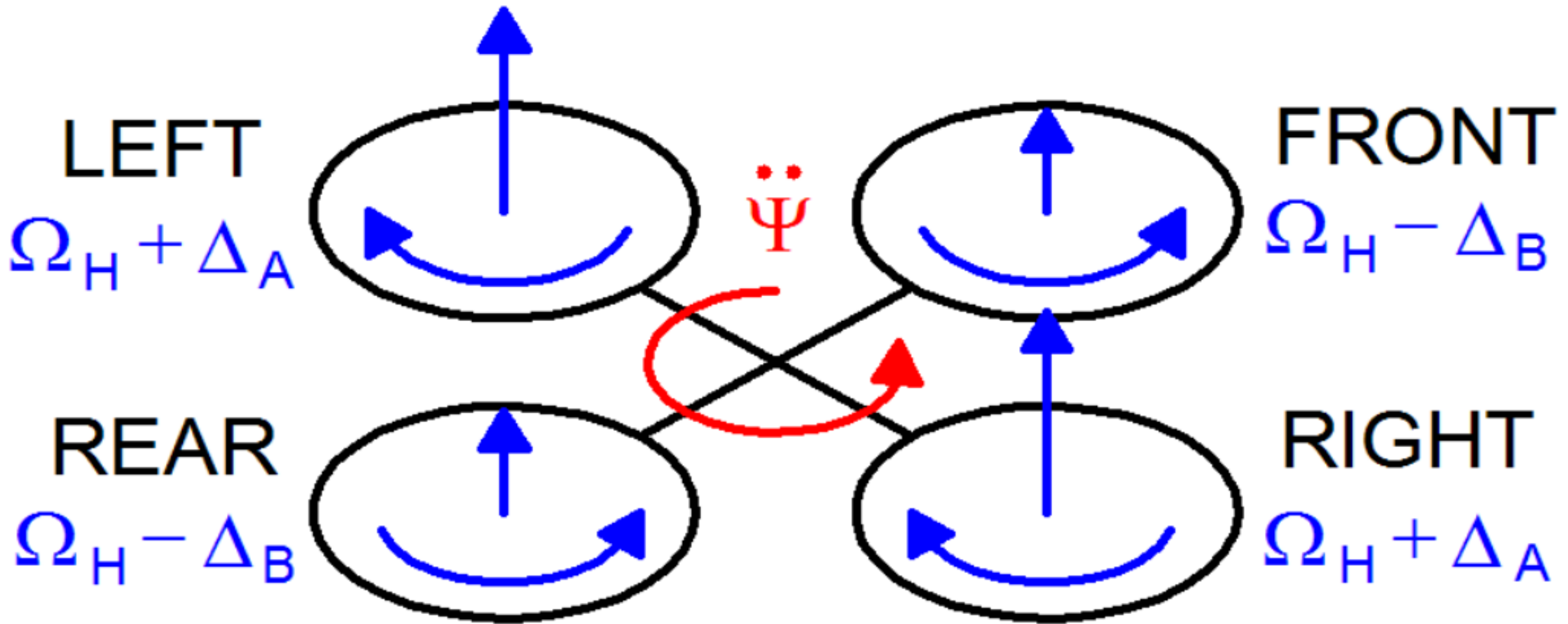
SKYRATS



Simplified quadrotor motor in hovering flutuar

1.2 Dinâmica de vôo

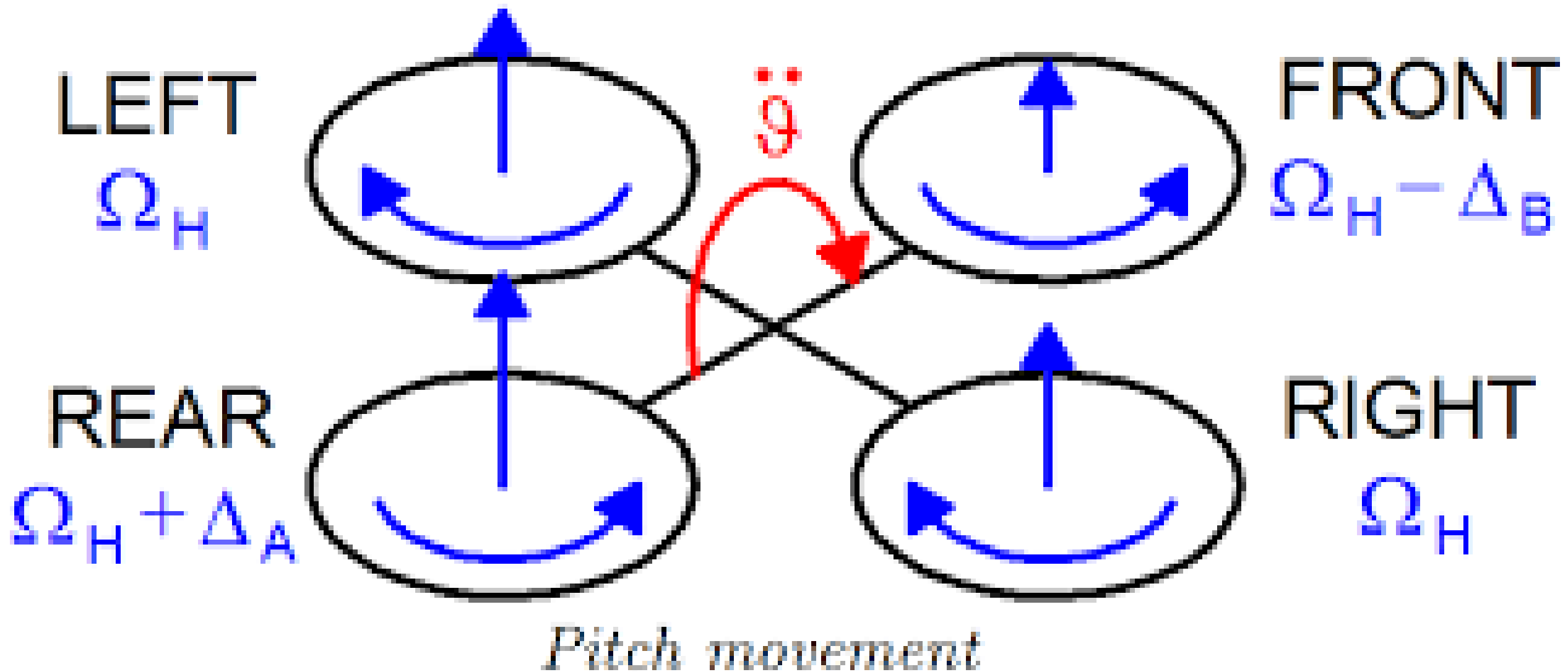
SKYROOTS



Yaw movement

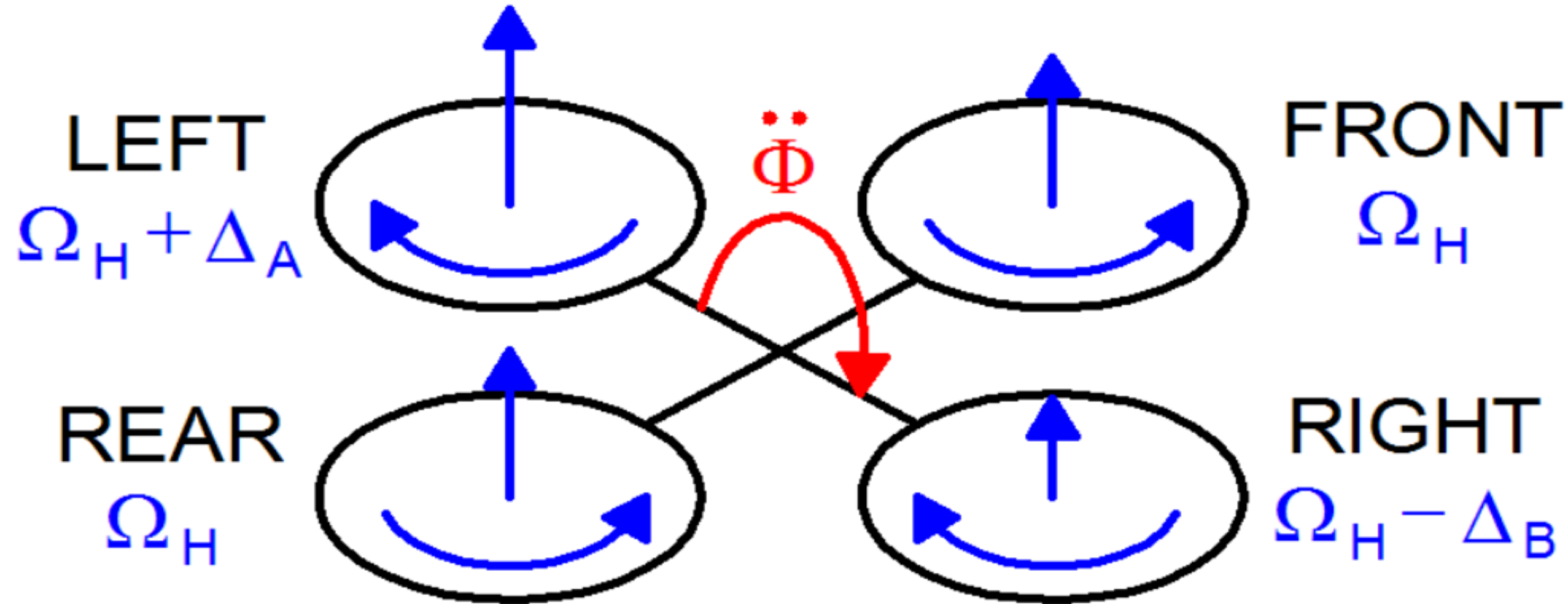
1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS



1.2 Dinâmica de vôo

SKYRATS



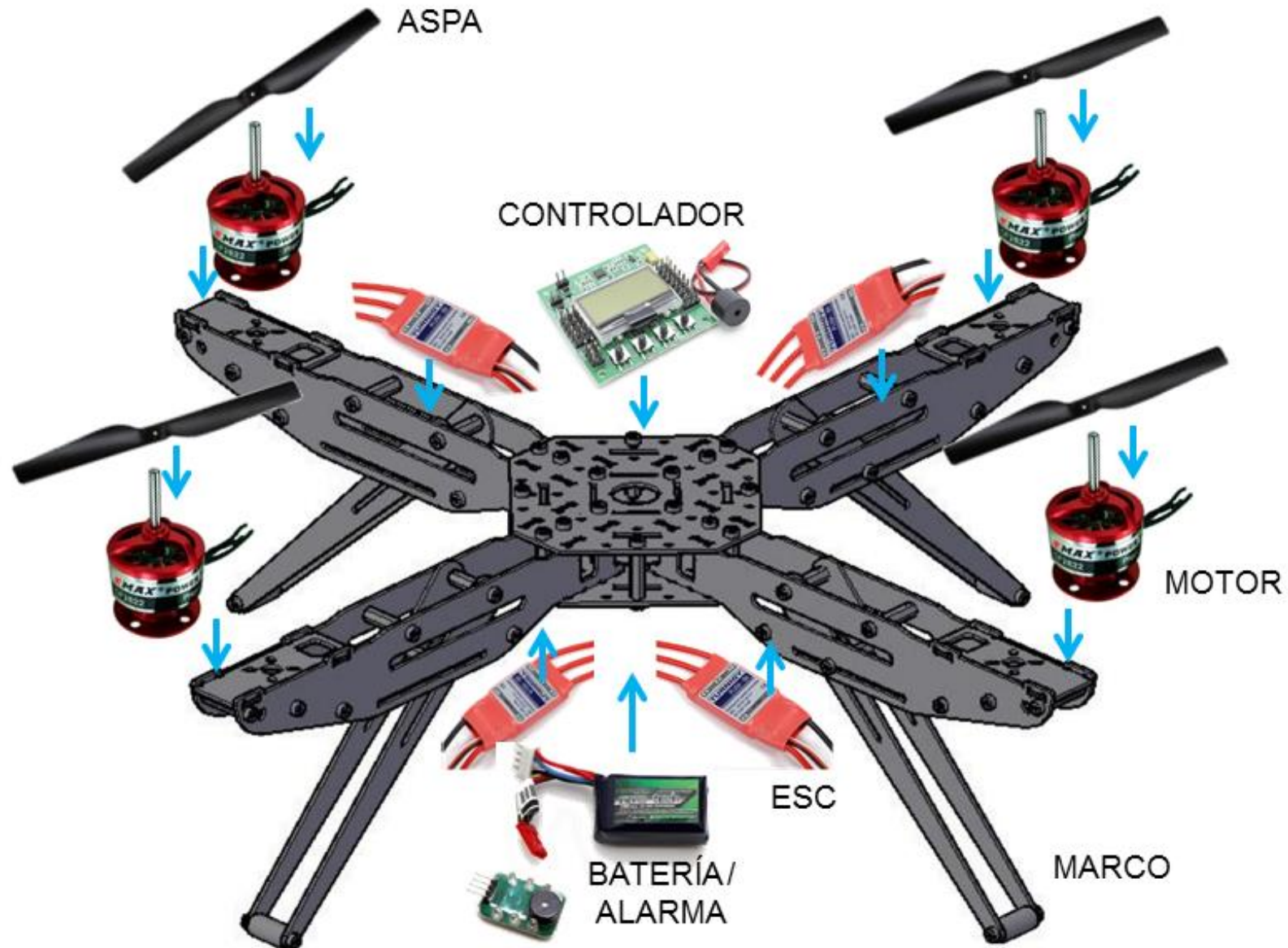
Roll movement

índice

1. ~~Dinâmica de voo e elementos físicos do drone~~
2. **Eletrônica por trás do voo**
3. Arquitetura de software
- 4 Referências

2.1 Motores e ESCs

SKYRATS



2.1 Motores e ESCs

SKYRATS



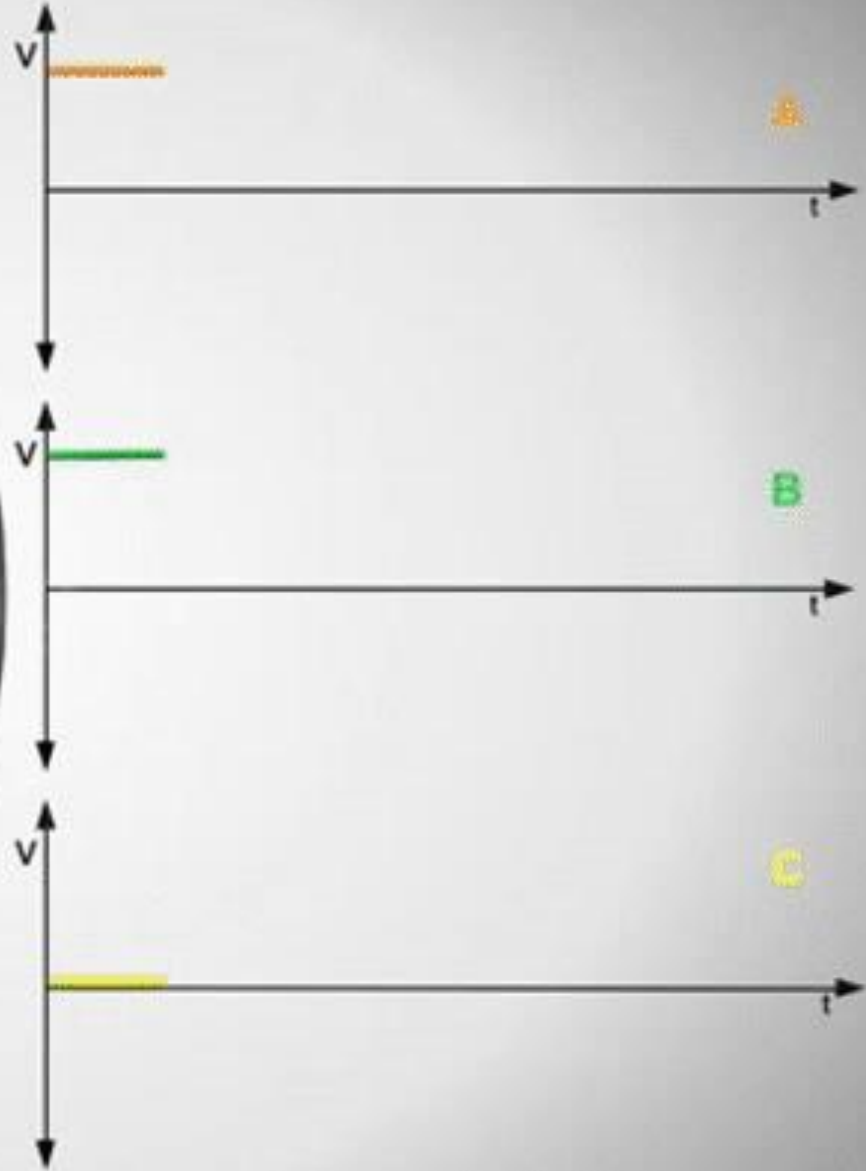
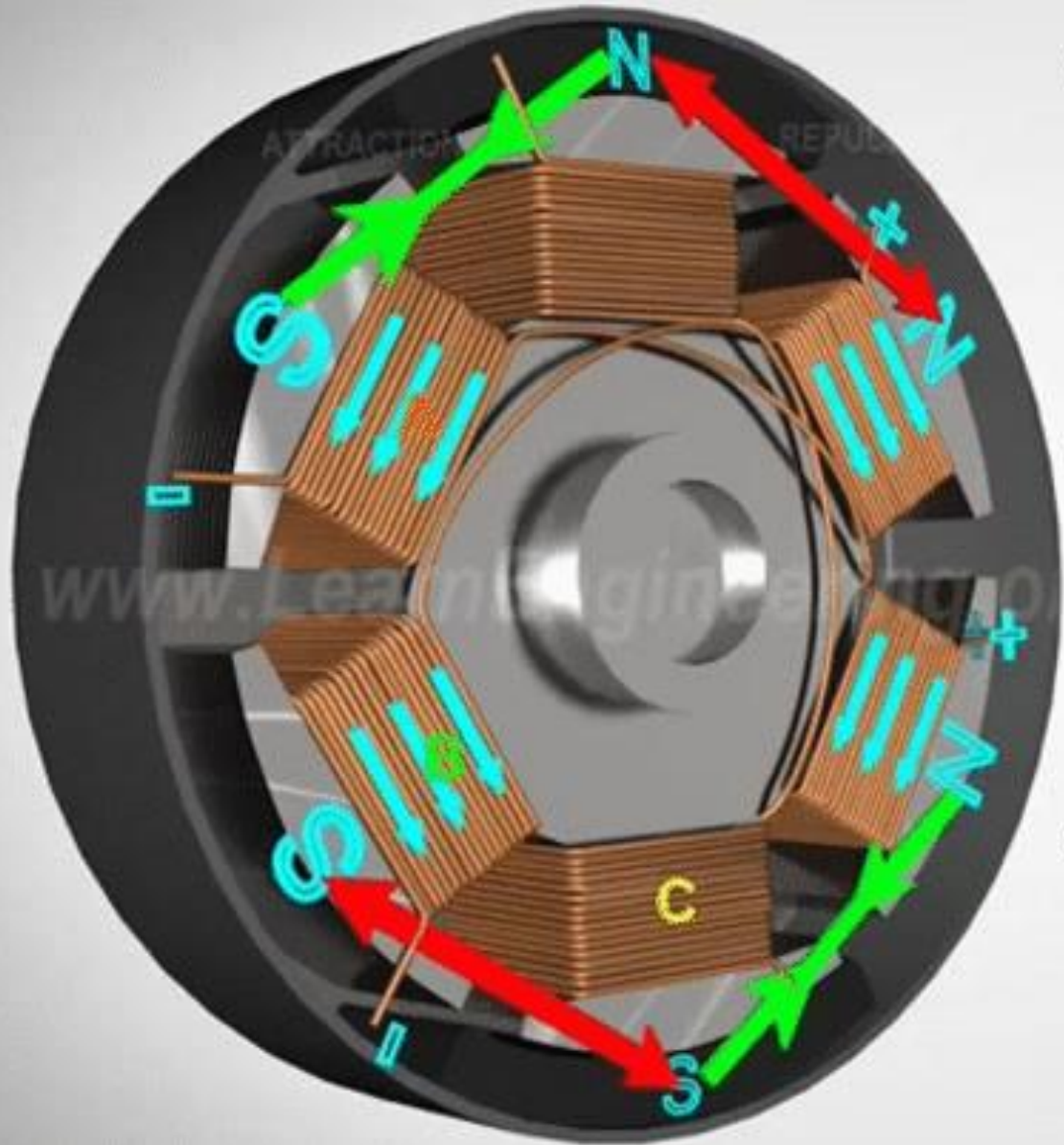
electronic
speed
controllers



brushless
motors

2. Eletrônica

SKYRATS



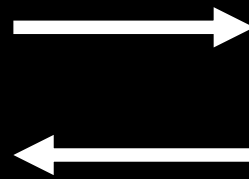
motor brushless
como funciona?

2.2 Hardware

SKYRATS



Computador de bordo



Controladora de vôo

NuttX RTOS

2.2 Hardware

SKYRATS

-> Responsável pelo controle direto dos sensores e atuadores diretamente vinculados ao bom funcionamento do voo

-> NuttX é o RTOS responsável por gerenciar e interfacear o firmware (PX4)



Controladora de voo
NuttX RTOS

2.2 Hardware

SKYRATS



Computador de bordo



-> Camada mais alta de abstração do sistema embarcado

-> Interface de desenvolvimento de alto nível

-> Processamento de imagens e máquinas de estado, por exemplo

2.3 Sensores

SKYRATS

→ GPS "normal" vs GPS RTK



VS

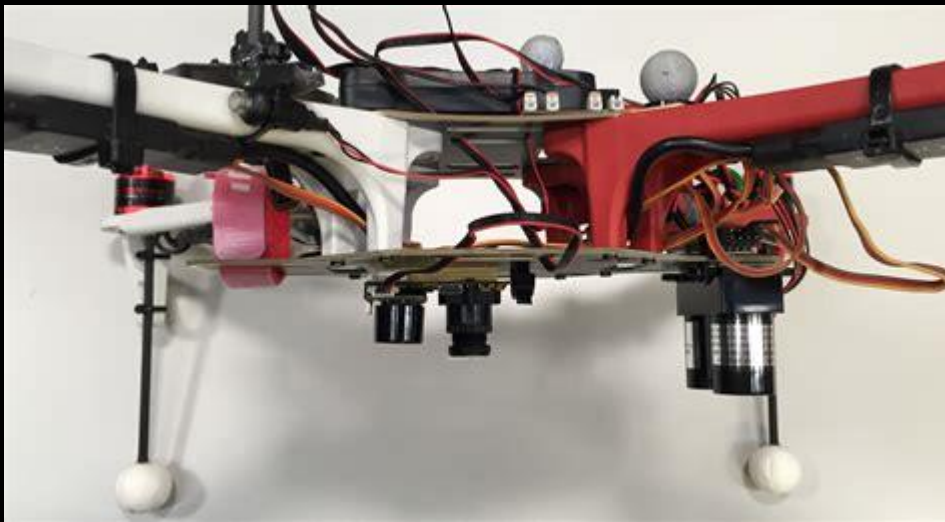


Convencional: precisão de ordem métrica

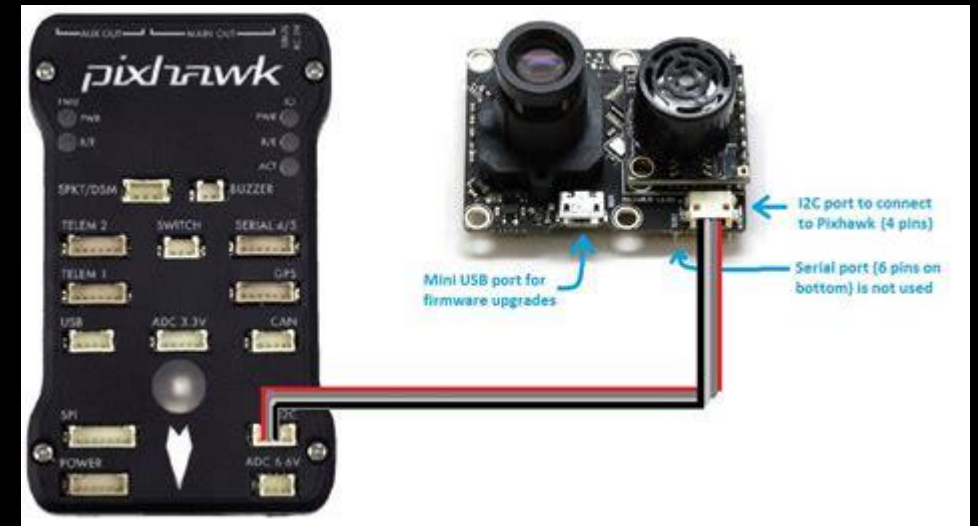
Tecnologia RTK: precisão de ordem centimétrica

2.3 Sensores

→ PX4 Optical Flow:
estabilização do drone por meio de imagens;



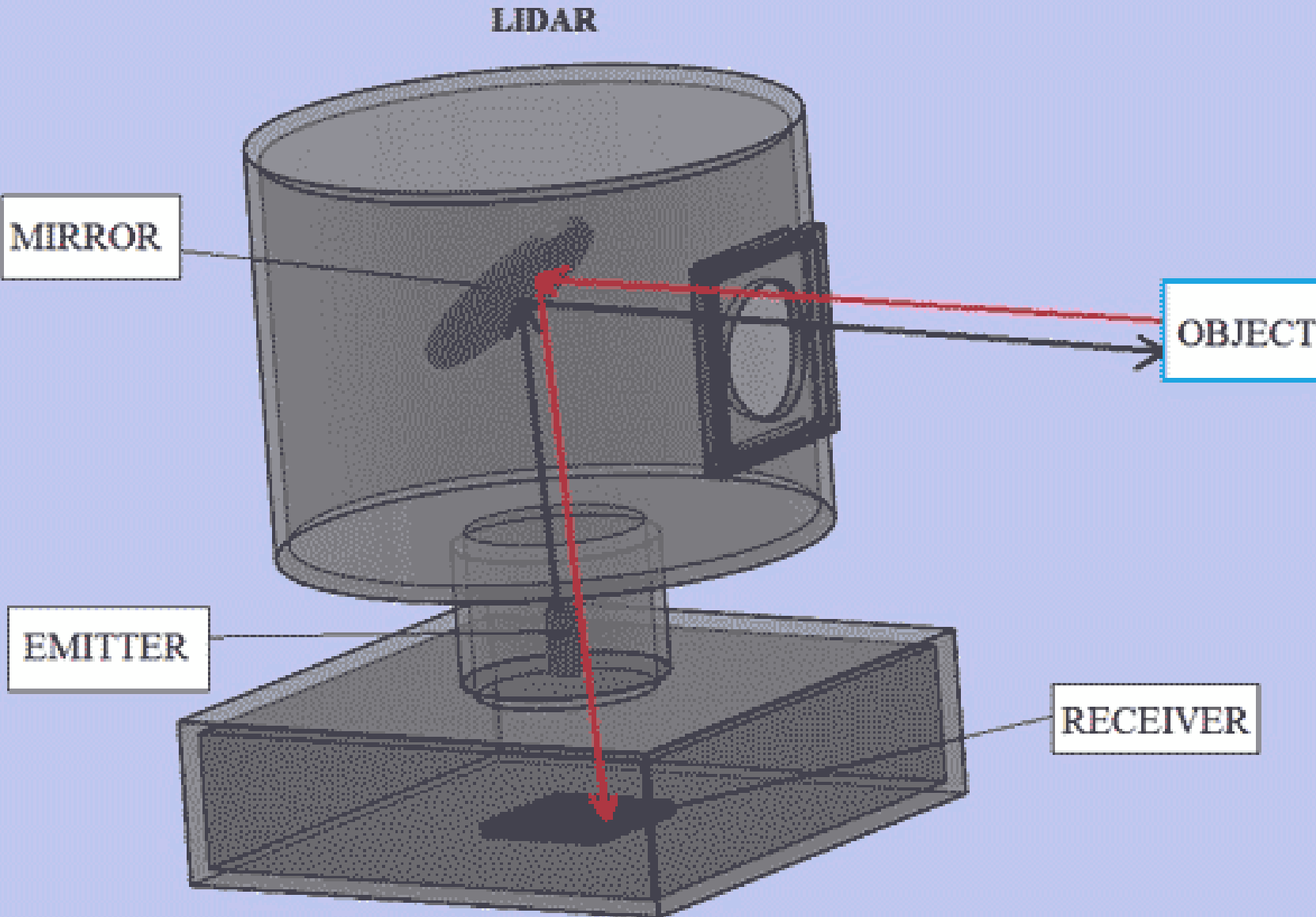
PX4 Optical Flow localizado no drone



PX4 Optical Flow conectado via I2C

2.3 Sensores

SKYRATS



sensor
lidar

2.3 Sensores

SKYRATS



câmera



sensor ultrassônico

índice

1. ~~Dinâmica de voo e elementos físicos do drone~~
2. ~~Eletrônica por trás do voo~~
3. **Arquitetura de software (e um pouco de controle!)**
- 4 Referências

3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

→ plataformas de desenvolvimento:



3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

PX4 – Firmware (software de baixo nível):

- comumente denominado *flight stack*;
- escolhemos esse firmware dada a sua facilidade de integração com o Robotic Operating System;



"NuttX is a real-time operating system (RTOS) with an emphasis on standards compliance and small footprint. Scalable from 8-bit to 32-bit microcontroller environments,"
(PX4 Developer Guide)

3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

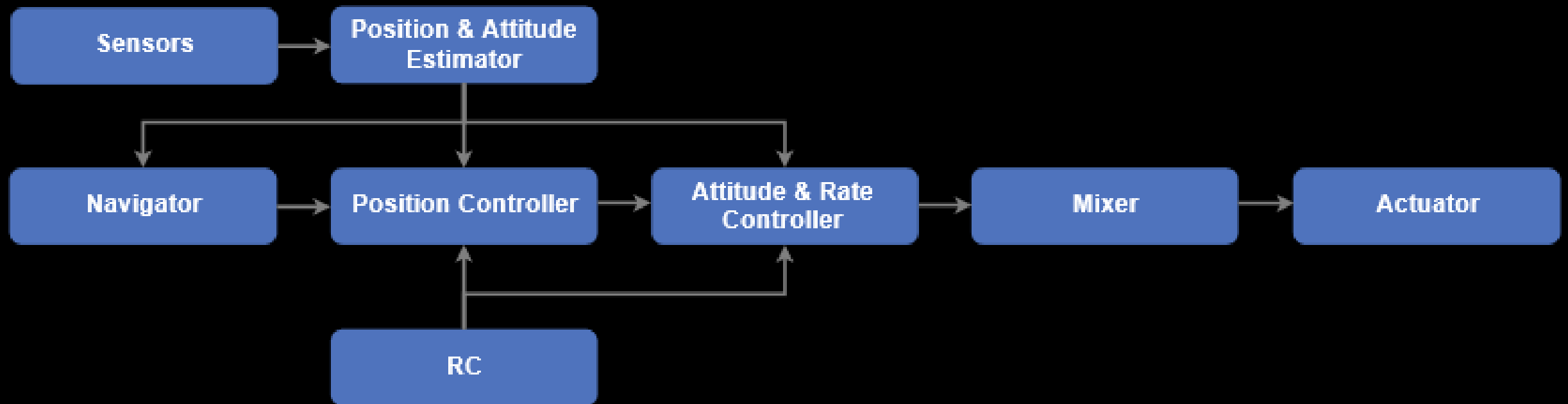
→ Flight stack:

"The flight stack is a collection of guidance, navigation and control algorithms for autonomous drones. It includes controllers for fixed wing, multirotor and VTOL airframes as well as estimators for attitude and position." (PX4 Developer Guide)

3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

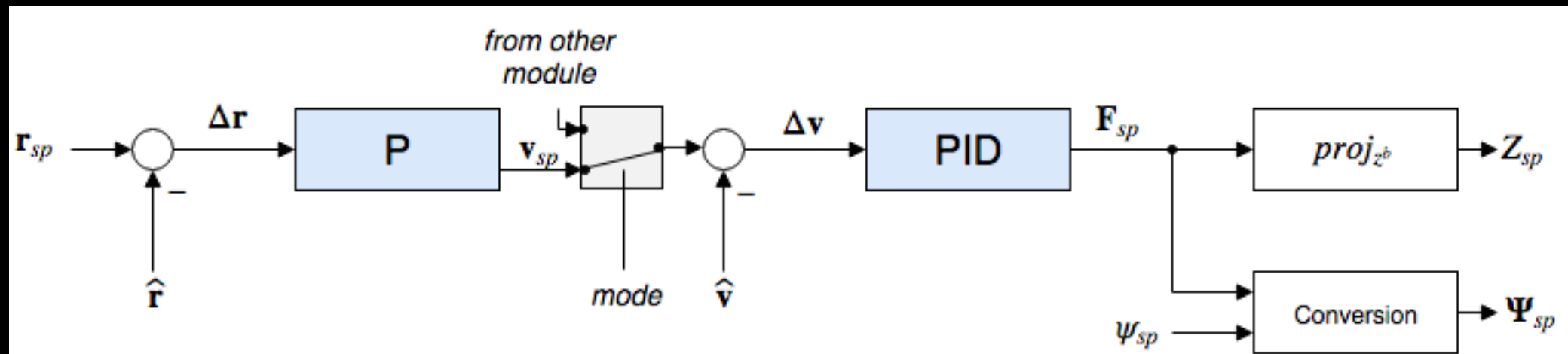
→ Diagrama da *flight stack* para drones autônomos:



3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

→ Diagrama de controle do PX4 para multirotores:

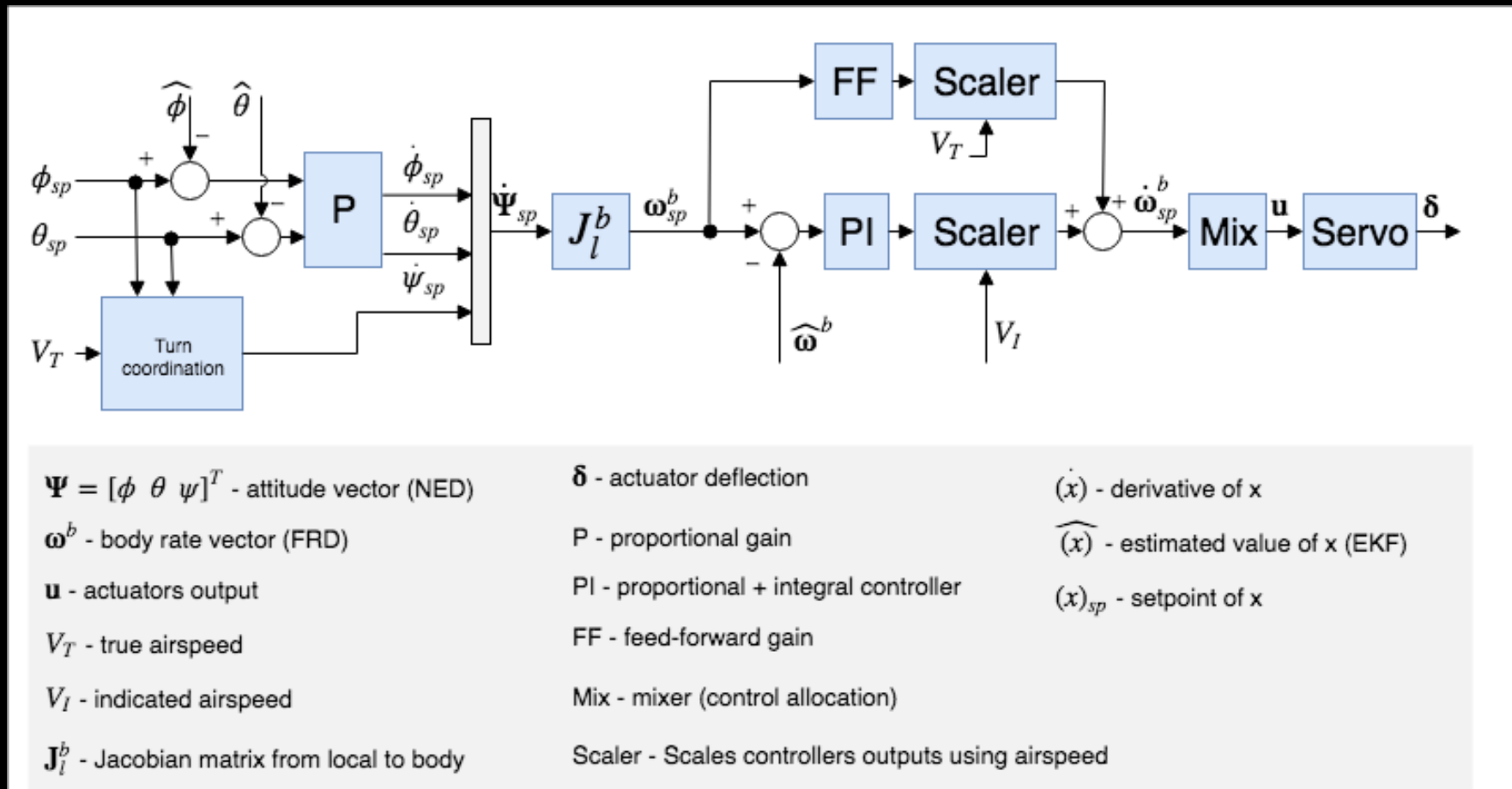


r - position		Δ - difference
v - velocity	Z - body vertical thrust	$\widehat{(x)}$ - estimated value (of x)
Ψ - attitude	ψ - yaw angle	$(x)_{sp}$ - setpoint (of x)
F - thrust		$proj_{z^b}$ - vector projected onto body Z-axis

3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

→ O diagrama para drones de asa-fixa é mais complexo...



3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

plataformas de desenvolvimento:



3.1 Camada de baixo nível

SKYRATS

→ *“MAVLink or Micro Air Vehicle Link is a protocol for communicating with small unmanned vehicle. It is designed as a header-only message marshaling library. MAVLink was first released early 2009 by Lorenz Meier.”*

(PX4 Developer Guide)

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS

→ plataformas de desenvolvimento:

 ROS



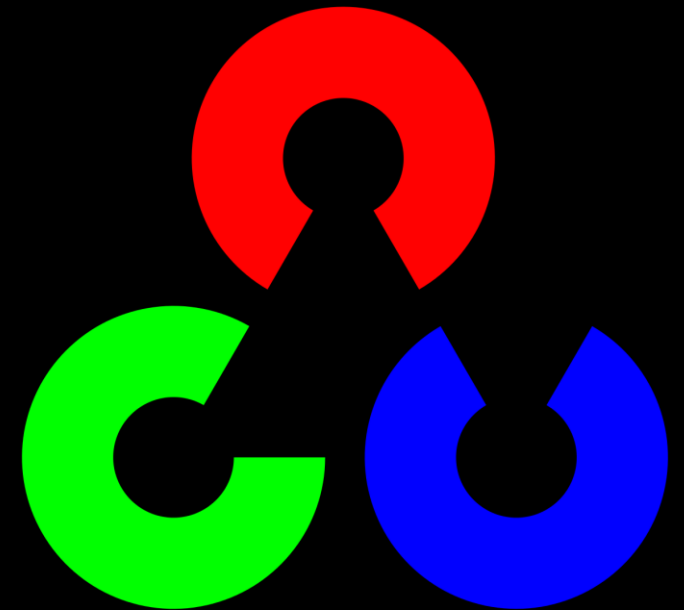
3.2 Camada de alto nível

SKYRATS

→ plataformas de desenvolvimento:



GAZEBO



OpenCV

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS



- No computador de bordo do drone optamos por rodar o sistema operacional Debian Jessie;
- Essa decisão de projeto se deu pelo fato de ser um sistema operacional leve (demanda baixo processamento e uso de memória RAM, recursos escassos nas SBCs) bem como ser um SO perfeitamente compatível com o Robotic Operating System;

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS

 ROS

"ROS (Robot Operating System) provides libraries and tools to help software developers create robot applications. It provides hardware abstraction, device drivers, libraries, visualizers, message-passing, package management, and more."

(ROS Wiki)

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS

ROS

- No projeto, o ROS é utilizado, dentre outras *tasks*, a descrição da máquina de estados do drone.
- Ferramenta, portanto, indispensável ao se projetar um veículo autônomo.

ROS

- No ROS há um node desenvolvido chamado MAVROS, Ele é responsável por fazer a comunicação entre as mensagens de aplicações desenvolvida em ROS e as mensagens do tipo MAVLink;
- Permite-se assim fácil integração com o *Firmware* (e o controle da aeronave)

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS



GAZEBO

O Gazebo é o ambiente de simulação integrado ao ROS;
Utilizado para validar os modelos de máquina de estados desenvolvidos em ROS;

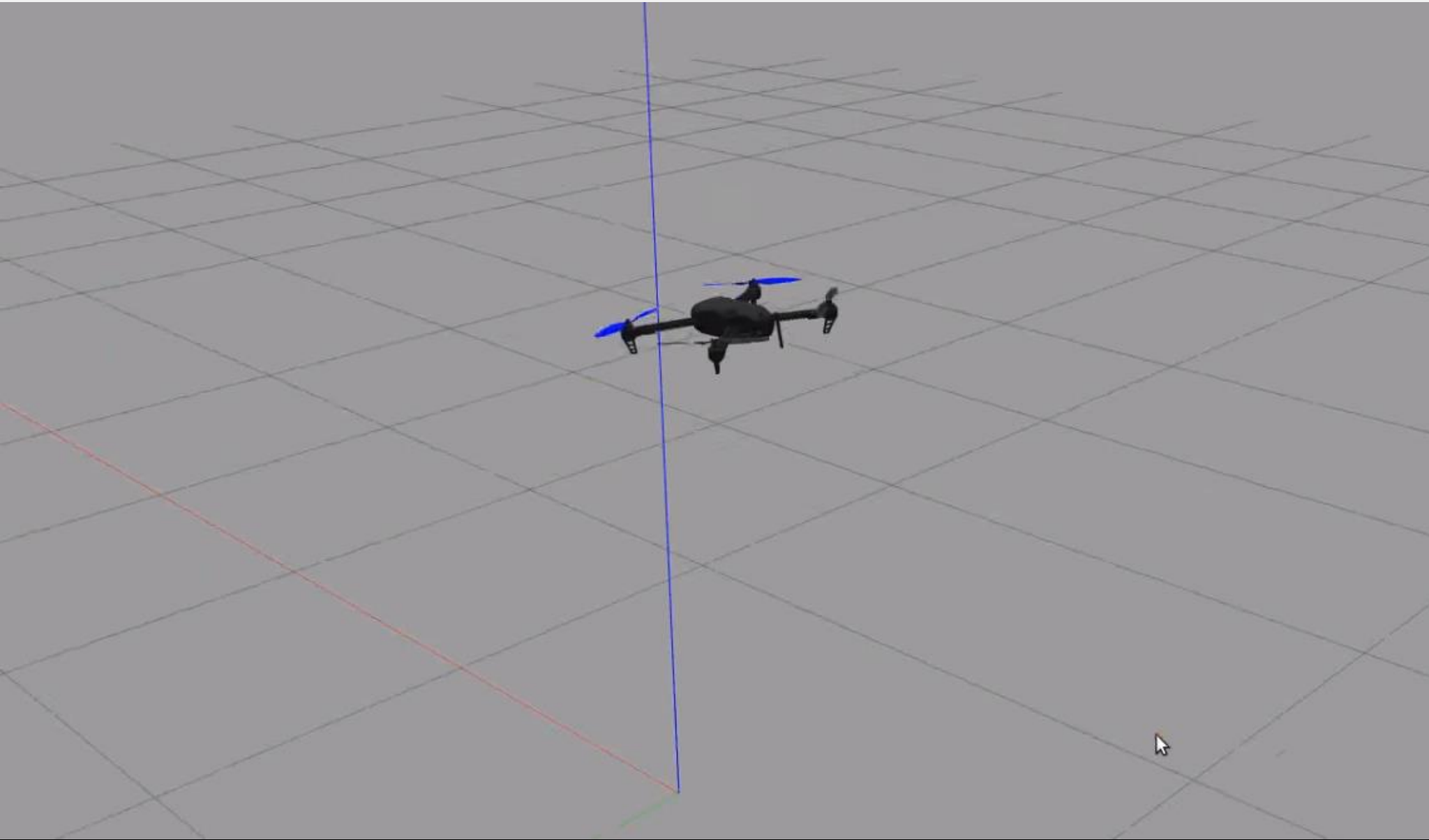


OpenCV

OpenCV é uma biblioteca *open-source* para desenvolvimento de aplicações em visão computacional;
É frequentemente utilizada para prover visão inteligente às câmeras da aeronave;

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS



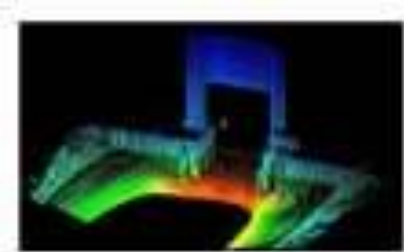
simulação

3.2 Camada de alto nível

SKYRATS

O PRÓXIMO SLIDE É FUNDAMENTAL POIS RESUME TODOS OS ELEMENTOS DE BAIXO NÍVEL E ALTO NÍVEL EM APENAS UMA IMAGEM!

UAV to Robots



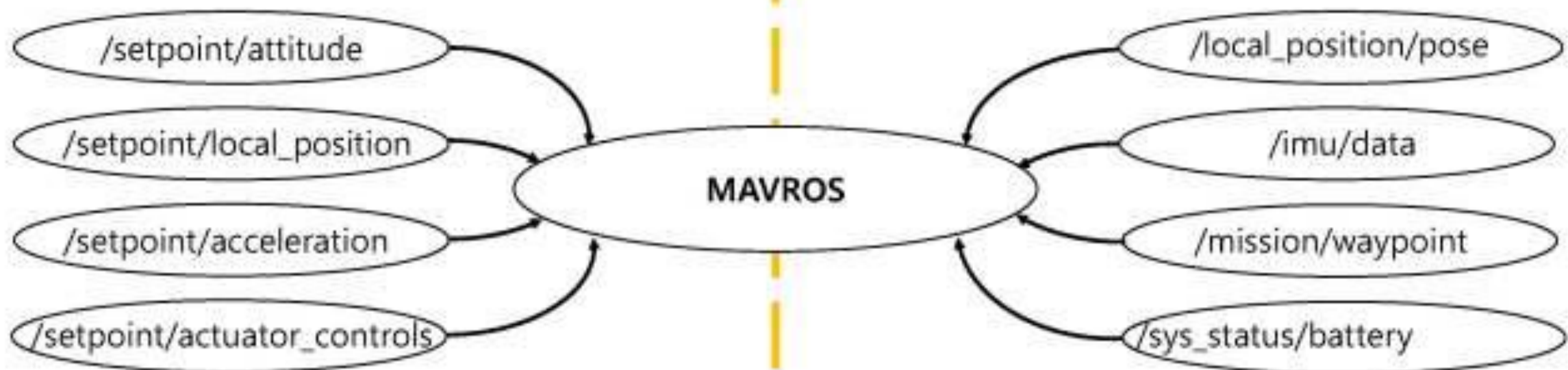
MAVLINK

MICRO AIR VEHICLE COMMUNICATION PROTOCOL

MAVLink Frame - 8-263 bytes



ROS



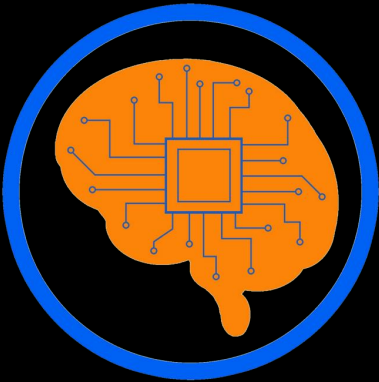
índice

1. ~~Dinâmica de voo e elementos físicos do drone~~
2. ~~Eletrônica por trás do voo~~
3. ~~Arquitetura de software (e um pouco de controle!)~~
- 4 **Referências**

4. Referências

SKYRATS

- PX4 Developer Guide
- ROS Wikipedia
- Notas de aula da disciplina PME2553 – Elementos de Aeronaves e Dinâmica de Vôo (EPUSP, 2017)
- Notas pessoais



GRUPO
TURING



POLI USP

USP

SKYRATS

EQUIPE DE DRONES INTELIGENTES DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP



amigosdaPoli 

