

# Arquitetura HIL para teste de sistemas embarcados como *vehicle interfaces* de veículos autônomos baseados no Autoware

## Projeto – Etapa 1

Gabriel Toffanetto França da Rocha  
g289320@dac.unicamp.br

Professor Dr. Rodrigo Moreira Bacurau  
IM420X – Projeto de Sistemas Embarcados de Tempo Real

Faculdade de Engenharia Mecânica  
Universidade Estadual de Campinas

8 de outubro de 2024



# Schedule

- 1** Introdução
- 2** Proposta
- 3** Arquitetura
- 4** Cronograma
- 5** Referências bibliográficas



# Introdução



# Contextualização



Figura 1: Veículo Autônomo do LMA.

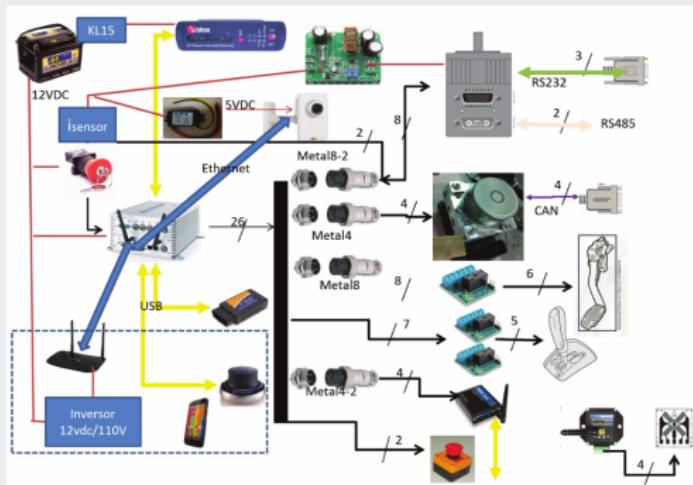
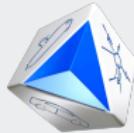


Figura 2: Diagrama de *hardware* do VILMA01 (BEDOYA, 2016).



# Autoware

## O que é?

- Projeto de software *open-source* que consiste em todas as funcionalidades requeridas para condução autônoma, em uma arquitetura modular com interfaces e APIs bem definidas;
- Primeiro "*all-in-one*" *open-source software* para veículos autônomos.

## Princípios

- Projetado para suprir as necessidades de diferentes aplicações autônomas;
- Desenvolvido com as melhores práticas e padrões para alcançar alta qualidade e segurança em produtos para o mundo real.

**"Autoware continuously evolves to offer more capability towards curb-to-curb Level 4 autonomous driving."**



# Arquitetura

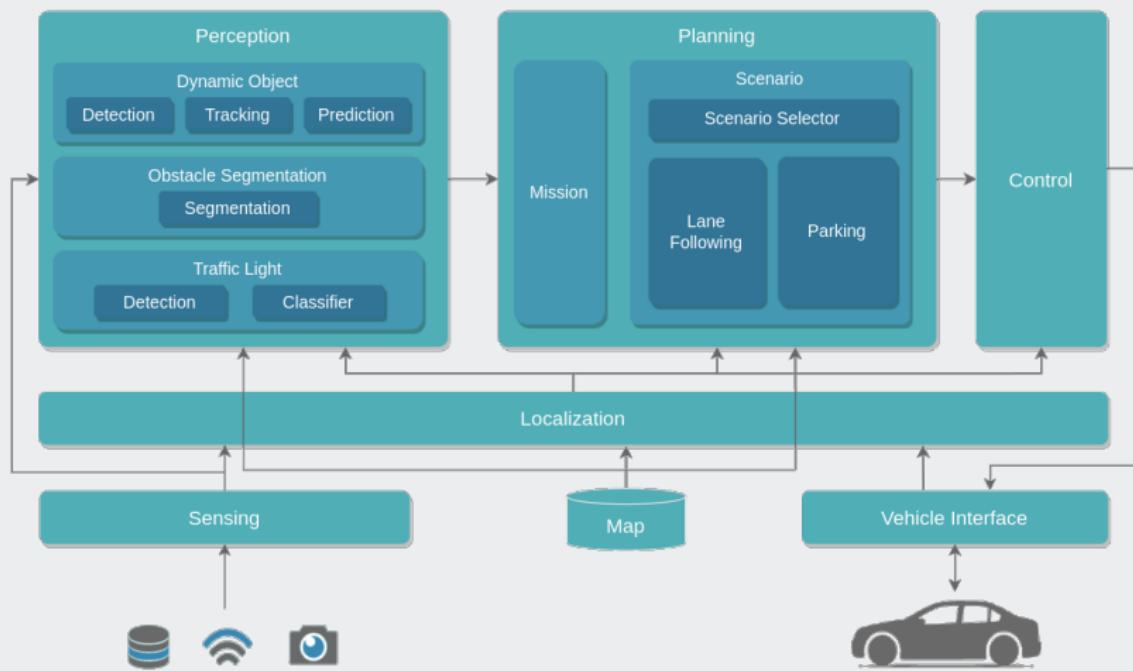


Figura 3: Arquitetura de alto nível (The Autoware Fundation, 2023).



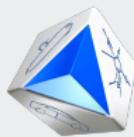
# ROS – Robot Operation System

## O que é?

- Framework para robótica que contempla toda estrutura que um robô precisa;
  - Ferramentas e bibliotecas;
  - Protocolos de comunicação;
  - Interfaceamento.
- Arquitetura baseada em sistema distribuído (ROS 2);
- Alta modularização com reaproveitamento de código próprio ou da comunidade;
- Portabilidade simulação/hardware.



Figura 4: Ecossistema ROS (Open Robotics, 2021).



# micro-ROS

## O que é?

- Framework que leva o ROS 2 à microcontroladores.

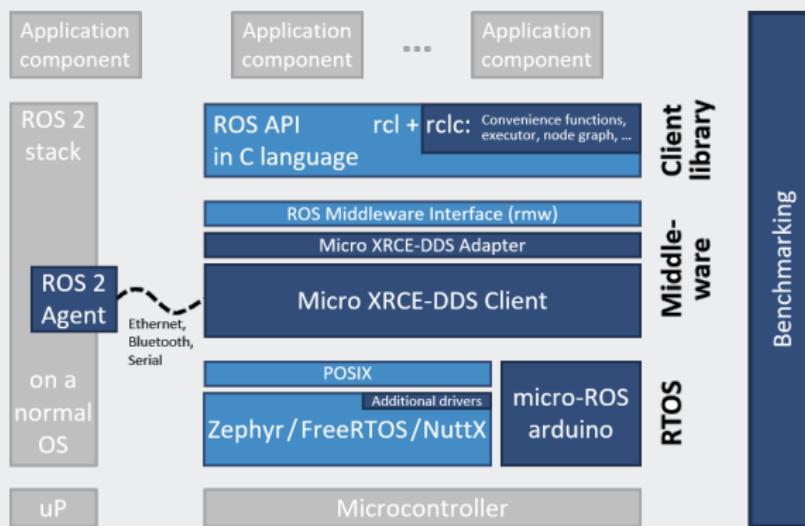
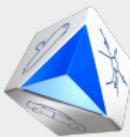
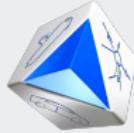


Figura 5: Arquitetura micro-ROS (micro-ROS, 2024).



# Proposta



# Proposta

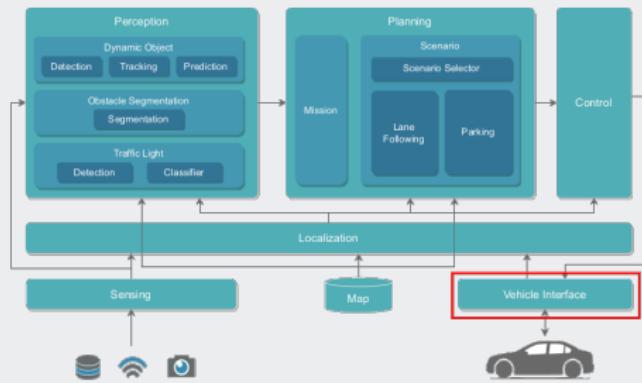


Figura 6: Escopo do projeto na arquitetura Autoware.

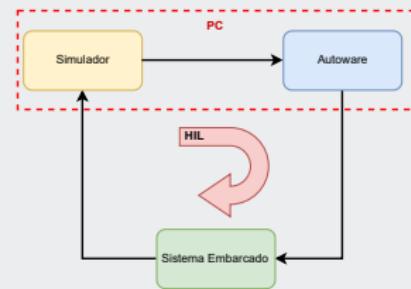


Figura 7: Arquitetura de teste do hardware.



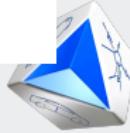
# Proposta

## Objetivos

- Desenvolvimento de um sistema embarcado capaz de agir como *vehicle interface* para um veículo autônomo compatível com o Autoware utilizando o micro-ROS;
- Teste do sistema embarcado por meio de *Hardware-In-the-Loop* com o simulador CARLA.

## Justificativa

- O Autoware é um sistema para carros autônomos em ascensão, sendo importante que sistemas embarcados presentes nesses veículos sejam capazes de se integrar com ele. Dessa forma, a proposta da implementação de um sistema embarcado como *vehicle interface* garante a interligação entre microcontroladores STM32 ao *framework*. A validação por meio de HIL se faz interessante por substituir a necessidade de um protótipo real para testes, garantindo mais segurança, praticidade e redução de custos no desenvolvimento do projeto.



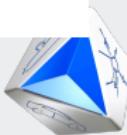
# Requisitos

## Requisitos funcionais

- Comunicação com o Autoware;
- Controle da aceleração, frenagem e direção do veículo;
- Controle dos faróis e luzes de sinalização (seta) do veículo;
- Teleoperação do veículo por um joystick em hardware.

## Requisitos não-funcionais

- A *vehicle interface* deve ser construída na forma de um pacote portável para outros microcontroladores STM32;
- O interfaceamento com o veículo deve ser intercambiável com diferentes configurações;
- Deve-se garantir sincronização de *timestamp* entre o Autoware e o microcontrolador;
- O sistema embarcado deve abstraír o veículo como um sistema *Drive-By-Wire* (DBW) para o Autoware.



# Componentes

## Placa de desenvolvimento NUCLEO-H753ZI

- Microcontrolador STM32H753ZI;
- ARM Cortex-M7;
- 1 MB RAM;
- 2 MB Flash;
- 480 MHz (max) CPU;
- DMA;
- Comunicação:
  - UART/USART;
  - Ethernet;
  - USB.
- Custo: US\$ 27,00.

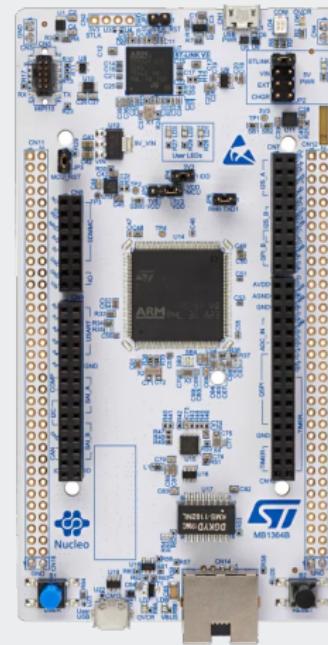
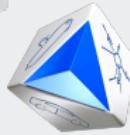


Figura 8: NUCLEO-753ZI.



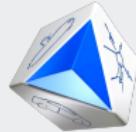
# Componentes

## Servidor

- Custo: 27 dolares.



Figura 9: Servidor.



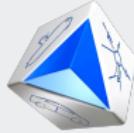
# Componentes

## Joystick

- Tensão de operação: 3V3 – 5V;
- Saída analógica referente ao eixo x;
- Saída analógica referente ao eixo y;
- Saída digital referente ao eixo z;
- Custo: R\$ 10,00.



Figura 10: Joystick 2 eixos.



# Arquitetura



# Diagrama de blocos

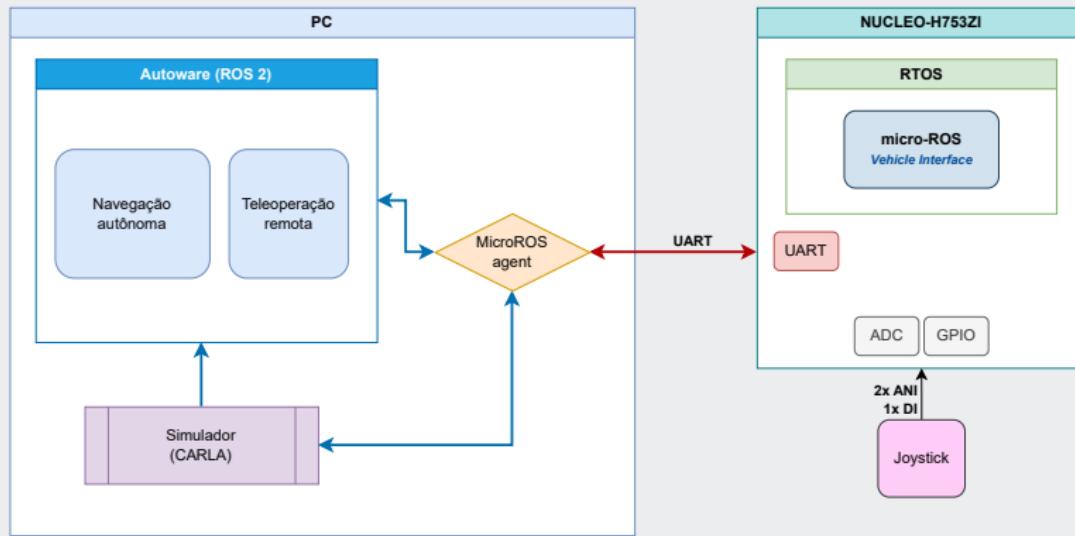
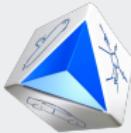


Figura 11: Diagrama de blocos da arquitetura HIL.



# Esquemático

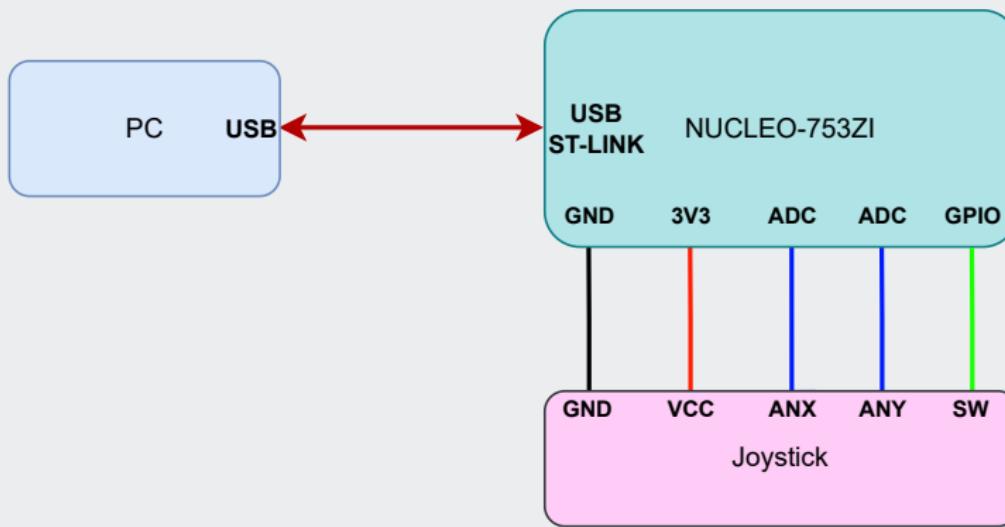


Figura 12: Esquemático de ligações elétricas.



## Cronograma

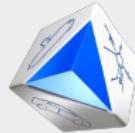


# Cronograma

| Atividade/Semana                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proposta do projeto                            | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Projeto de <i>hardware e software</i>          |   | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |
| Integração do STM com o micro-ROS              |   | ■ |   |   |   |   |   |   |   |
| Integração do micro-ROS com o Autoware         |   |   | ■ | ■ |   |   |   |   |   |
| Implementação das tarefas do sistema embarcado |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |
| Construção do ambiente de testes               |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ |   |   |
| Realização dos testes                          |   |   |   |   |   | ■ |   | ■ | ■ |
| Escrita do relatório                           |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |

Tabela 1: Cronograma de atividades.

- **Semana 2:** Apresentação Etapa 1
- **Semana 4:** Apresentação Etapa 2
- **Semana 7:** Apresentação Etapa 3
- **Semana 9:** Apresentação Final



## Referências bibliográficas



# Referências bibliográficas

-  **BEDOYA, O. G.** **Análise de risco para a cooperação entre o condutor e sistema de controle de veículos autônomos.** Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, fev. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=471471>>.
-  **micro-ROS.** **Overview: Features and Architecture.** 2024. Disponível em: <<https://micro.ros.org/docs/overview/features/>>.
-  **Open Robotics.** **The ROS Ecosystem.** 2021. Disponível em: <<https://www.ros.org/blog/ecosystem/>>.
-  **The Autoware Fundation.** **Architecture overview.** 2023. Disponível em: <<https://autowarefoundation.github.io/autoware-documentation/main/design/autoware-architecture/>>.

