

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.

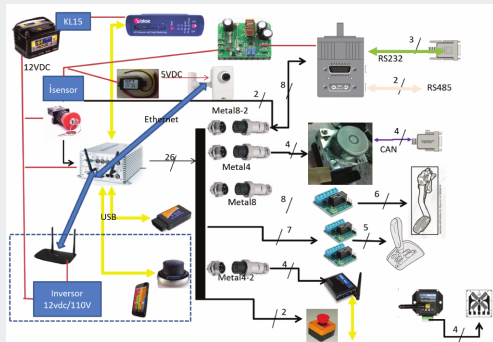


Figura 2: Diagrama de hardware do VILMA01 (BEDOYA, 2016).



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

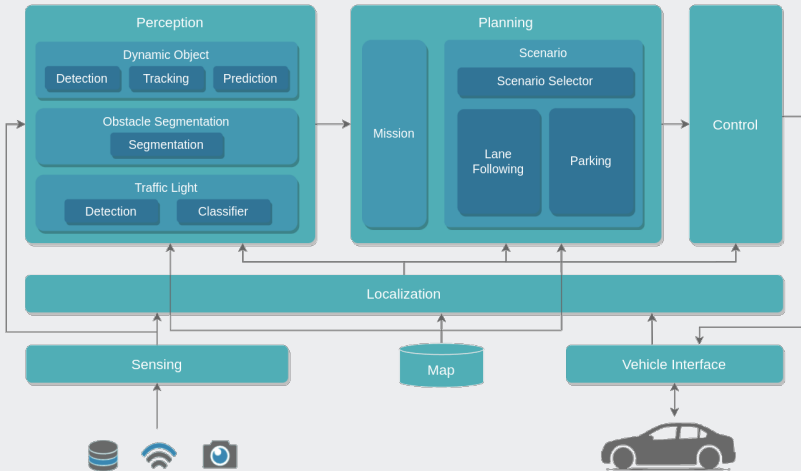


Figura 3: Arquitetura de alto nível (The Autware Foundation, 2023).



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: Ecosystema ROS (Open Robotics, 2021).



micro-ROS

O que é?

- *Framework* que leva o ROS 2 à microcontroladores.

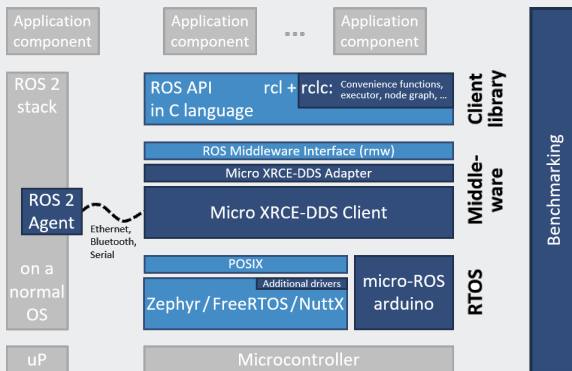


Figura 5: Arquitetura micro-ROS (micro-ROS, 2024).



Proposta



Proposta

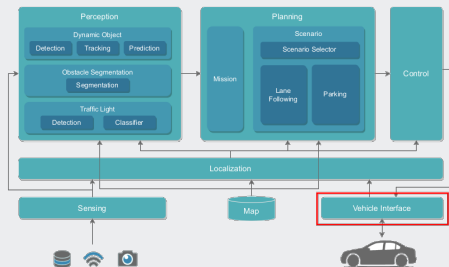


Figura 6: Escopo do projeto na arquitetura Autware.

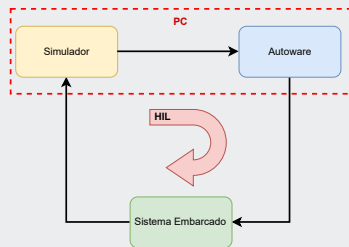


Figura 7: Arquitetura de teste do *hardware*.



Vehicle interface

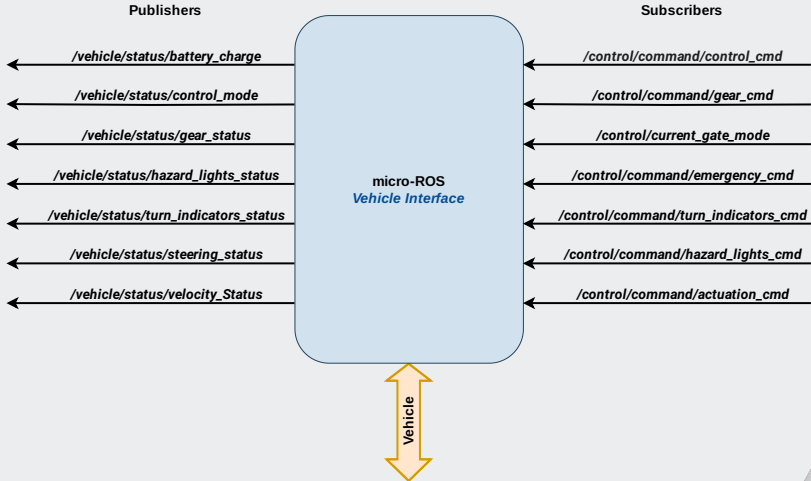


Figura 8: Diagrama de tópicos da *vehicle interface*.



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 ou AWSIM.

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*;
- Troca do modo de operação por meio da *switch* do *joystick*;
- Subscrição por meio do micro-ROS em todos os tópicos necessários do Autoware;
- Publicação a partir micro-ROS em todos os tópicos necessários do Autoware.

Requisitos não-funcionais

- A *vehicle interface* deve ser construída na forma de um pacote portátil 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 abstrair 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.

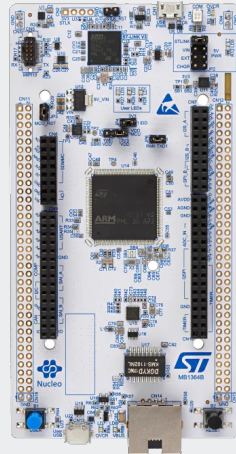


Figura 9: NUCLEO-753ZI.



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

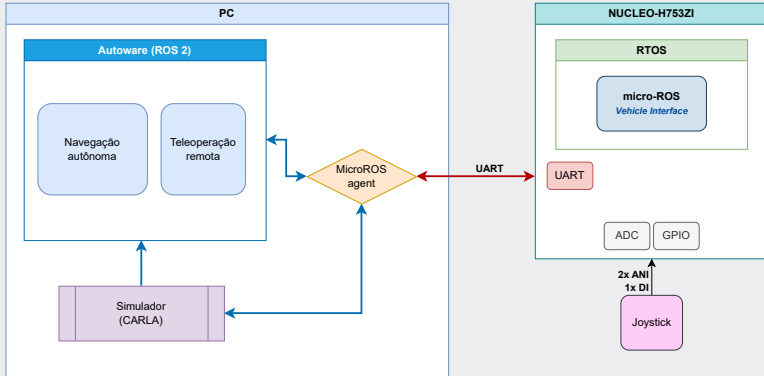


Figura 11: Diagrama de blocos da arquitetura HIL.



Esquemático

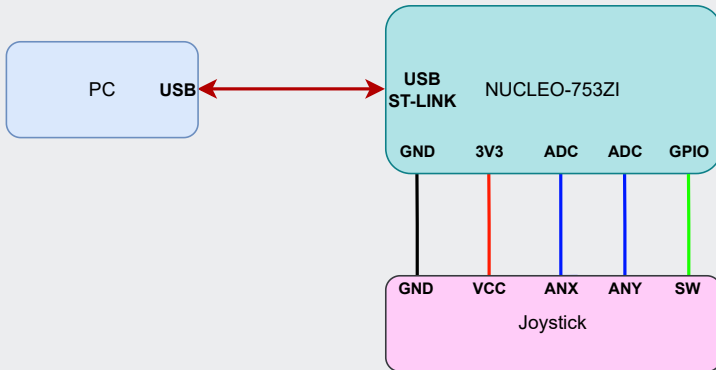


Figura 12: Esquemático de ligações elétricas.



Cronograma



Modelo de desenvolvimento

Modelo V

- Realização e validação de cada etapa do projeto em paralelo.

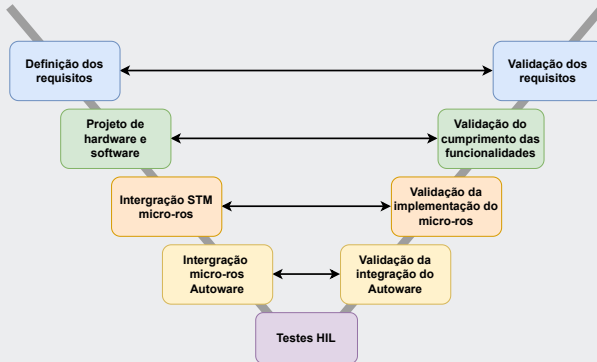


Figura 13: Modelo de execução das atividades do projeto.



Cronograma

| Atividade/Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proposta do projeto | ■ | | | | | | | | |
| Projeto de <i>hardware</i> e <i>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 Foundation. **Architecture overview**. 2023. Disponível em: <<https://autowarefoundation.github.io/autoware-documentation/main/design/autoware-architecture/>>.

