

Trabalho de Conclusão de Curso: Sistema de telemetria para veículo off-road baseado em protocolo CAN

Matheus Torres Rocha

DEE - Departamento de Engenharia Elétrica
UFCG - Universidade Federal de Campina Grande
matheus.rocha@ee.ufcg.edu.br

20 de Agosto de 2019

- 1 Objetivo
- 2 SAE Baja BRASIL
- 3 Protocolo de comunicação CAN
- 4 Sistema implementado
- 5 Implementação
 - Implementação em Bancada
 - Confecção das Placas
 - Implementação no Baja
- 6 Resultados
- 7 Referências

Objetivo

Objetivo

- O TCC tem como objetivo:
 - Obter dados para uma análise detalhada do funcionamento do veículo Baja desenvolvido pela equipe ParahyBaja;
 - Possibilitar comunicação precisa e segura, de forma a garantir confiabilidade e qualidade do sistema implementado ao Baja;
 - Possibilitar à equipe ParahyBaja uma boa colocação nas competições futuras.

SAE Baja BRASIL

SAE Baja BRASIL

- A competição SAE Baja Brasil tem o intuito de projetar, desenvolver e criar carros tipo baja que possam:
 - Suportar condutor de 42 kg até 109 kg;
 - Acomodar condutor de 1,45 m até 1,90 m de altura;
 - Suportar lama;
 - Suportar chuva;
 - Suportar trepidações.

Figura 1: Fotografia do veículo baja do ParahyBaja.



Fonte: Próprio autor.

Protocolo de comunicação CAN

Protocolo de comunicação CAN

- Decorrente do grande número de sensores e atuadores nos veículos automotivos, o número de cabos para conexões aumentaram, acarretando:
 - Problemas para a manutenção;
 - Problemas para a detecção de falhas muito complexas.
- Para solucionar o problema o protocolo de comunicação CAN foi criado;
- Desenvolvido pela empresa Robert Bosch na década de 80 (ETSCHBERGER, 2003);
- O protocolo de comunicação CAN possui como principais vantagens:
 - Robustez;
 - Redução de ruídos eletromagnéticos;
 - Diminuição da complexidade de conexões entre sensores e atuadores.

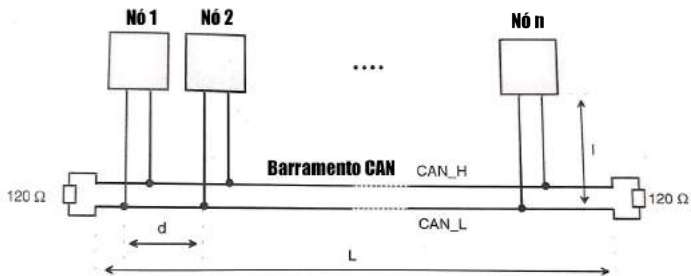
Protocolo de comunicação CAN

- Foi definido pela resolução ISO 11898 e traz consigo um modelo de referencia tipo OSI (*Open System Interconnection*);
- Possui três camadas:
 - Camada física;
 - Camada de enlace de dados;
 - Camada de aplicação.
- Sua camada de enlace e física não podem ser modificadas e são diretamente implementadas no microchip de controle, já a camada de aplicação fica a critério do desenvolvedor.

Camada física

- A camada física é responsável pela transmissão de dados do protocolo CAN;
- É composta por um par de fios trançados possuindo uma resistência de 120 Ohms nas pontas do seu barramento;
- Seu nível lógico é medido decorrente da diferença de potencial entre os fios.

Figura 2: Topologia de barramento de rede CAN de acordo com a norma ISO 11898-2.



Fonte: Adaptado de ETSCHBERGER (2001).

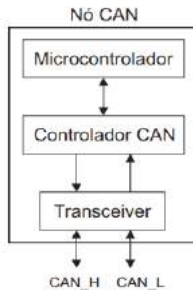
Camada de enlace de dados

- A camada de enlace de dados é responsável pela estrutura dos dados transmitidos através da rede CAN, sendo classificados como:
 - Mensagem de dados;
 - Mensagem de requisição remota de dado;
 - Mensagem de erro;
 - Mensagem de sobrecarga.

Nó CAN

- A implementação do nó CAN possui três componentes básicos:
 - **Microcontrolador** - Responsável por configurar os periféricos (sensores e atuadores);
 - **Controlador** - Responsável por disponibilizar as funções para uma possível implementação;
 - **Transceiver** - Responsável por traduzir os dados que chegam através do barramento CAN.

Figura 3: Diagrama de blocos de um nó CAN.

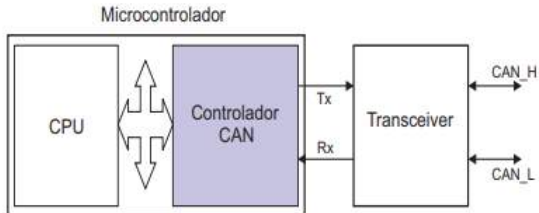


Fonte: SÁ (2007).

Microcontroladores para rede CAN

- Os microcontroladores para rede CAN são classificados em três tipos:
 - *Stand-Alone*;
 - *Integrada*;
 - *Single-Chip*;

Figura 4: Diagrama de blocos de um nó CAN com a arquitetura Integrada.



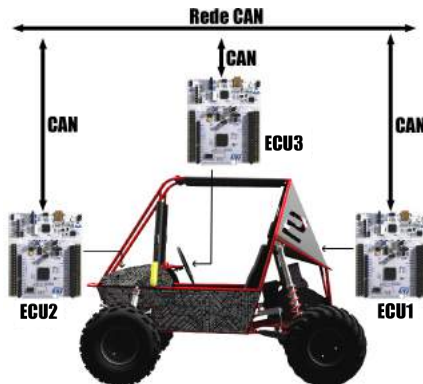
Fonte: SÁ (2007).

Sistema implementado

Sistema implementado

- O sistema foi implementado possuindo como base a rede CAN;
- O sistema possui:
 - Três ECU (unidade de controle eletrônico) interligadas entre si;
 - Sensor de velocidade;
 - Sensor de rotações por minuto;
 - Sensor de combustível.
 - Conectividade ao um banco de dados e uma página *web*

Figura 5: Representação esquemática da vista lateral do Baja ParahyBaja e locais propostos para ECU.

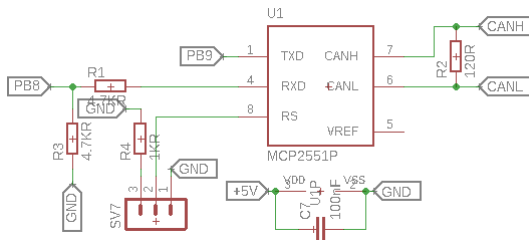


Fonte: Próprio autor
TCC

ECU

- Todas as ECU utilizadas tem como base o microcontrolador NUCLEO-F303RE que possui uma arquitetura integrada;
- Possuem o *Transiver* MCP2551;

Figura 6: Circuito implementado na utilização do *transiver* MCP2551.

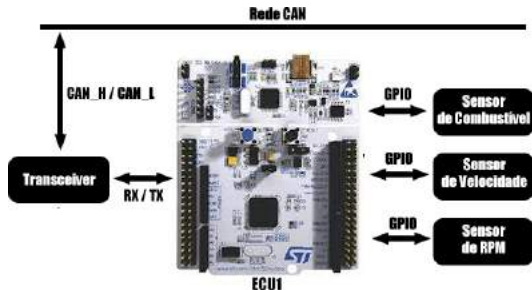


Fonte: Próprio autor.

ECU1

- A ECU1 tem como objetivo:
 - Obter e tratar as informações dos sensores implementados no carro;
 - Repassar as informações tratadas ao longo do barramento CAN;

Figura 7: Representação esquemática da ECU1.



Fonte: Próprio autor.

Sensor de velocidade

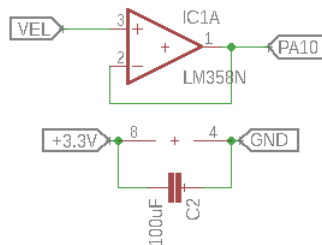
- Para o sensor de velocidade, utiliza-se o sensor indutivo (LJ12A3-4-Z/BX) decorrente de seu baixo custo de mercado, precisão e robustez.
- Foi desenvolvido um circuito condicionamento para regular a tensão de saída e proteger o resto do circuito.

Figura 8: Fotografia do sensor indutivo LJ12A3-4-Z/BX.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9: Circuito implementado na utilização do sensor indutivo.



Fonte: Próprio autor.

Sensor de velocidade

- Para uma leitura efetiva do sensor foi anexado ímã ao eixo do carro;
- Utilizou o conceito do movimento retilíneo e uniforme (MRU) para obtenção da velocidade, decorrente da aceleração no intervalo de tempo da interrupção temporal ser irrisória;
- A velocidade é obtida por meio da equação (1).

$$V_m = 3,6 \frac{P_v}{P_e} C_p \quad (1)$$

Velocidade (V_m); Contador referente a interrupção digital do sensor de velocidade (P_v); Quantidade de ímãs no eixo (P_e); Tempo da interrupção temporal em segundos (T_v); Comprimento do pneu (C_p)

Sensor de RPM

- Para o sensor de RPM, utiliza-se uma bobina já acoplado ao motor e disponibilizado pelo fabricante.

Figura 10: Fotografia da bobina acoplada ao eixo do motor.

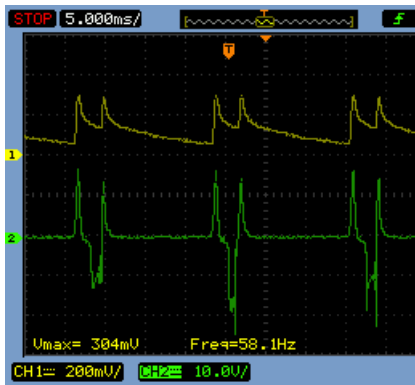


Fonte: Próprio autor.

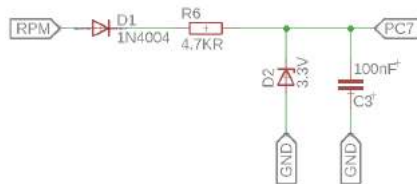
Sensor de RPM

- A bobina acoplada ao motor gera um sinal de saída a cada volta que o eixo do motor realiza, devido ao ímã acoplado ao seu corpo;
- Foi desenvolvido um circuito condicionamento para retificar e regular a tensão de saída.

Figura 11: Curvas da saída do sensor de rpm puro (2) e **Figura 12:** Circuito implementado na utilização do saída do sensor de rpm tratado (1).



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor.

Sensor de RPM

- Por meio de uma interrupção externa, é possível contar o número de variações do nível lógico apresentado pela bobina em um intervalo de tempo e calcular o RPM mediante equação (2).

$$RPM = \frac{60}{P_v} P_{rpm} T_{rpm} \quad (2)$$

Rotação do motor (RPM); Valor de pulsos por volta (P_v); Tempo da interrupção (T_{rpm}); Contador (P_{rpm}).

Sensor de Combustível

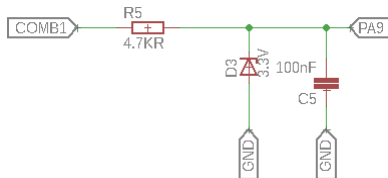
- Para o sensor de combustível, utiliza-se dois sensores capacitivos (LJC18A3-B-Z/BY).
- Foi desenvolvido um circuito condicionamento para retificar e regular a tensão de saída.

Figura 13: Fotografia do sensor capacitivo LJC18A3-B-Z/BY.



Fonte: Próprio autor.

Figura 14: Circuito implementado na utilização do sensor de combustível.



Fonte: Próprio autor.

Sensor de Combustível

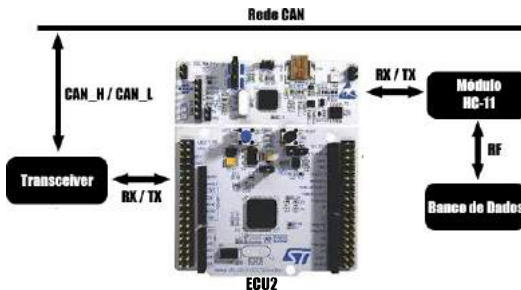
- A cada interrupção temporal, o estado do sensor é verificado;
- Existem três estados no algoritmo implementado para o sensor de combustível, são eles:
 - Primeiro caso: Quando os dois sensores estão ativados, é identificado que o tanque de combustível está cheio.
 - Segundo caso: Quando o sensor inferior está ativado e o sensor superior desativado é identificado que o tanque de combustível está com metade de sua capacidade.
 - Terceiro caso: Quando ambos os sensores estão desativos é identificado que o tanque está na reserva e precisa ser abastecido urgentemente.

ECU2

- A ECU2 tem como objetivo:

- Tratar os dados enviados via rede CAN;
- Enviar dados, através de um módulo de radio frequência (HC-11), para um computador a fim de salvar os dados em banco de dados.

Figura 15: Representação esquemática da ECU2.

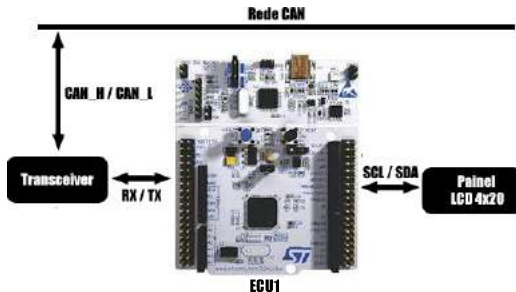


Fonte: Próprio autor.

ECU3

- A ECU3 tem como objetivo:
 - Tratar os dados enviados via rede CAN;
 - Exibir dados em um *display* de cristal líquido.

Figura 16: Representação esquemática da ECU3.

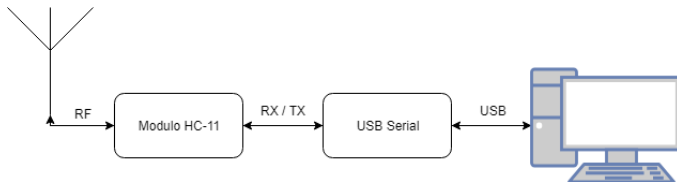


Fonte: Próprio autor.

Interface Homem-Máquina

- A interface desenvolvida tem como objetivo salvar os dados em um banco de dados e amostrear em plataforma WEB com compatibilidade em qualquer dispositivo que possua acesso à internet.

Figura 17: Diagrama do recebimento de dados para plataforma WEB.



Fonte: Próprio autor.

Interface Homem-Máquina

- Para implementação do *back-end*, foi escolhido o banco de dados *MongoDB* por possuir:
 - Formato *JSON*;
 - Estrutura não relacional;
 - Maior escalabilidade;
 - Possível replicação para outro servidor.
- Para *front-end*, foi escolhido uma plataforma dentro do *Amazon WEB* para criação da página *WEB* utilizando as seguintes bibliotecas:
 - *Chart.js*;
 - *jQuery*;
 - *HTML5*;
 - *Bootstrap*.

Figura 18: Escopo da mensagem *JSON* dentro do *MongoDB*.

```
_id: ObjectId("5caf7d41c027f221a8d0ac4f")  
RPM: 4775  
Velocidade: 42  
Tempo: 52  
Distancia: 66  
index: 1
```

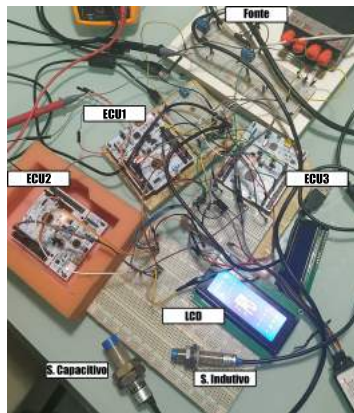
Fonte: Próprio autor.

Implementação

Implementação em Bancada

- Primeiramente o sistema foi implementado em código C/C++, montado em *protoboard* e testado;

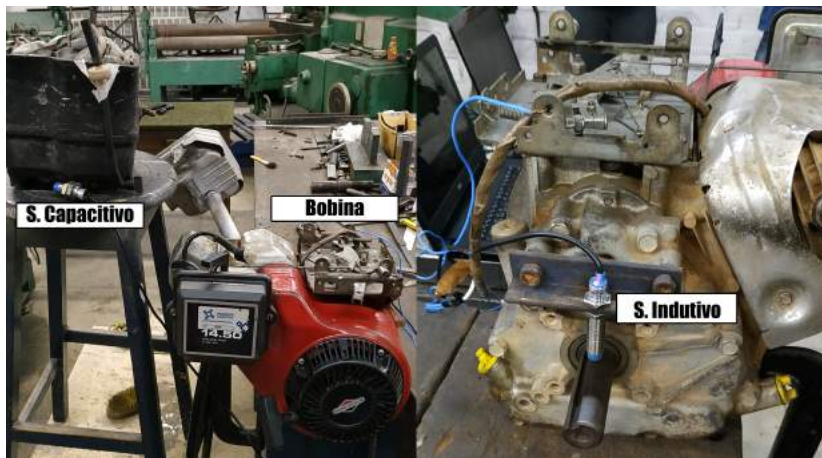
Figura 19: Fotografia do sistema implementado em *protoboard*.



Fonte: Próprio autor.

Implementação em Bancada

Figura 20: Fotografia da montagem do motor e sensores em bancada.

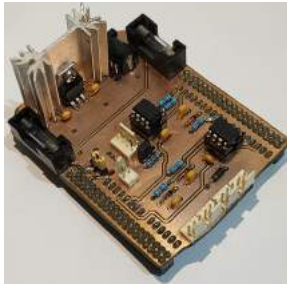


Fonte: Próprio autor.

Confecção das Placas

- Após a implementação em bancada, o circuito foi:
 - Desenvolvido no *software* Eagle;
 - Confeccionados no laboratório *embedded*;
 - Soldados todos os componentes.

Figura 21: Fotografia da placa final ECU1.



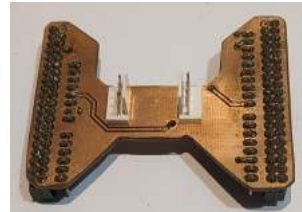
Fonte: Próprio autor.

Figura 22: Fotografia da placa final ECU2.



Fonte: Próprio autor.

Figura 23: Fotografia da placa final ECU3.

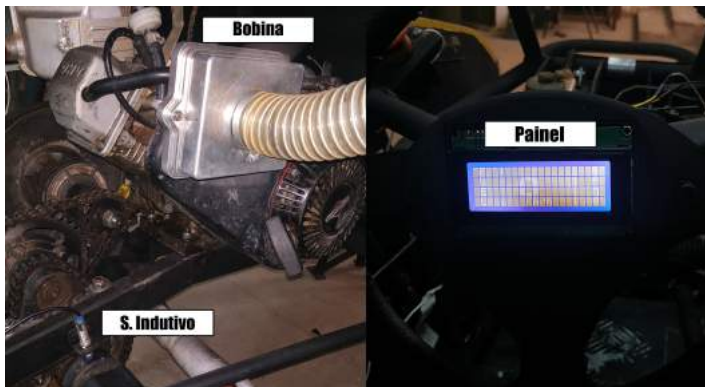


Fonte: Próprio autor.

Implementação no Baja

- Por fim, todo o sistema foi posto em seu devido lugar no veículo Baja e testado em campo.

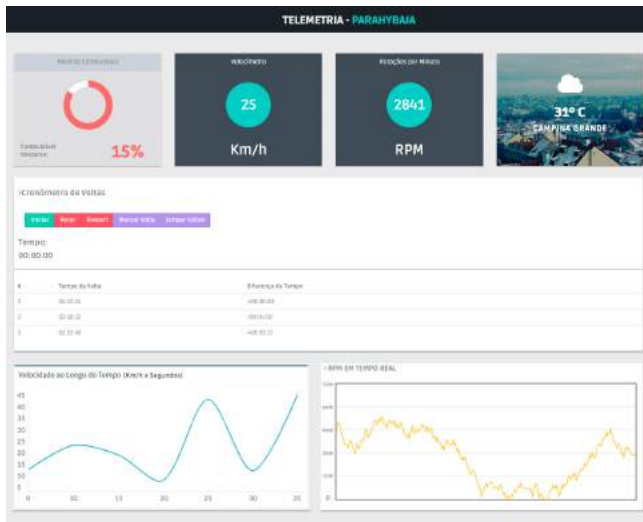
Figura 24: Fotografia do painel e sensores localizados no Baja.



Fonte: Próprio autor.

Implementação no Baja

Figura 25: Plataforma WEB.



Fonte: Próprio autor.

Resultados

Resultados

- Após a criação, os testes e a implementação do sistema chegamos aos seguintes resultados:
 - O sistema trata-se de um projeto robusto, confiável e eficaz;
 - O sistema foi desenvolvido respeitando os requisitos e restrições do regulamento da competição;
 - O projeto se tornou-se responsável por toda a telemetria do equipe ParahyBaja até a data presente.
- Também, o sistema possibilita que o trabalho seja continuado, possuindo como sugestão uma futura implementação dos seguintes dispositivos:
 - GPS;
 - Sensor de óleo;
 - Sensores de temperatura;
 - Sensor de vibração.

Referências

Referências

ALMEIDA, G. A. de *O Protocolo CAN Bus nas Aplicações Off-Road: Uma Análise Comparativa entre os Padrões Existentes.* Society of Automotive Engineers, 2001.

WANG, K. C. *'Embedded and Real-Time Operating Systems'*, Springer, 2017.

TEXEIRA, F. C. R.; OLIVEIRA, M. C. de; HELENO, A. L. "Telemetria Automotiva Via Internet Móvel," *Revista Ciência e Tecnologia*, vol. 16, 2013.

PFEIFFER, O.; AYRE, A.; KEYDEL, C. *"Embedded Networking with CAN and CANopen"*, RTC Books, 2003.

ETSCHBERGER, K. *"Controller Area Network: Basics, Protocols, Chips and Applications"*, IXXAT Automation GmbH, 2001

SÁ, J. da S. *"Projeto e Análise de um Sistema de Aquisição de Dados Distribuído para Aplicações em Tempo Real"*, Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

ESRO, M.; BASARI, A. A.; S, S. K.; A. SADHIQIN, A. M. I.; SYARIFF, Z. *"Controller Area Network (CAN) Application in Security System"*, World Academy of Science, Engineering and Technology 35, 2009.

Referências

BAUMER, "Capacitive sensors: Versatile, contactless, durable", Edition 2012/2013, 2012.

BOSCH, R. "Manual de Tecnologia Automotiva", Editora Edgard Blucher, Tradução da 25ª edição alemã, 2004.

SAE BRASIL "Regulamento Baja SAE Brasil", 2019.

SEDRA, A. S., SMITH, K. C. "Microeletrônica", Editora Edgard Blucher, Quarta Edição, Makron Books, 2000.

ETT CO., LTD. "Datasheet: LJ12A3-4-Z/BX", Disponível em:
http://www.ett.co.th/productSensor/LJ12A3-4-Z_BX/LJ12A3-4-Z_B%20SENSOR.pdf
Acesso: 18/06/2019.

HWE "Datasheet: LJC18A3-B-Z/BY", Disponível: <http://files.microjpm.webnode.com/200003722-858c88684b/Conductive%20Proximity%20Switch%20Series.pdf> Acesso: 18/06/2019.

SYSTRONIX "Datasheet: LCD 4x20", Disponível:
http://www.systronix.com/access/Systronix_20x4_lcd_brief_data.pdf Acesso: 20/06/2019.

Obrigado pela atenção!