

Desenvolvimento de Gateway de rede automotivo e sistema de monitoramento para protótipo do tipo Formula SAE

Gabriel Bayer da Silva¹, Murilo Cervi¹

¹Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria - RS - Brasil

gbayer.formula@gmail.com, cervi@redes.ufsm.br

Abstract. *Student competitions such as Formula SAE allow the students to immerse in an experimental learning process, where they have to complete all the steps of a project development, such as design, manufacture and validation of a Formula-style racing car prototype. The Formula UFSM Team detected the need for a system that brings real time critical informations vehicle status to the driver. This purpose requires monitoring systems and a network gateway development, in order to interconnect different automotive protocols such as CAN, I²C and UART, besides alert driver about critical situations of the prototype.*

Resumo. *Dentro do ambiente universitário, competições estudantis como a Formula SAE proporcionam aos alunos uma imersão em um ambiente semelhante ao encontrado em empresas, onde todas as etapas de desenvolvimento de um produto são aplicadas no projeto, fabricação e validação de um veículo de corrida do tipo Formula. A equipe Formula UFSM identificou a necessidade de um sistema que apresente informações críticas do veículo ao piloto em tempo real, e para tal foi necessário o desenvolvimento de uma solução própria, com um gateway para gerenciar os diversos protocolos de comunicação encontrados no ambiente automotivo, como CAN, I²C e UART, e o projeto do sistema de monitoramento com telas e luzes de alerta.*

1. Introdução

Em competições de esporte a motor, a busca pela performance só é superada pela necessidade de proporcionar segurança a todos os envolvidos. Dentro das mudanças e revoluções do esporte nos últimos anos, o acesso a dados do veículo em tempo real, tanto pela equipe quanto pelos pilotos, foi um destes sistemas onde segurança e performance se uniram, permitindo a todos os envolvidos verificarem informações de saúde e segurança do veículo, além de fornecer informações críticas ao piloto para melhorar sua performance em pista. Estas inovações só foram possíveis com o avanço das tecnologias de comunicação automotivas, que permitem que os diversos sistemas de um veículo possam se comunicar de forma eficiente e confiável.

1.1. A competição Formula SAE e a Equipe Formula UFSM

A Fórmula SAE é uma competição organizada pela Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade que permite que alunos do ensino superior projetem, construam, validem e competam com protótipos do tipo Formula, fomentando o conhecimento e o desenvolvimento

de tecnologias no setor automobilístico desde o início da graduação. A equipe Formula UFSM compete nesta categoria desde 2010, obtendo resultados significativos e espalhando o conhecimento multidisciplinar entre os alunos desta instituição.

2. Objetivos e Justificativa

O projeto atual busca desenvolver um sistema que interconecte os diversos protocolos de comunicação existentes no veículo, permitindo a exibição em tempo real ao piloto de dados críticos de performance, e à equipe, de forma sem fio, informações de saúde e segurança do veículo e de todos os envolvidos.

2.1. Justificativa

Enquanto o veículo está na pista, participando de testes ou etapas dinâmicas da competição, é fundamental que o piloto esteja a par da situação atual do protótipo, assim como a equipe estar ciente dos parâmetros básicos de saúde e segurança do veículo. Por meio de um sistema de telemetria e comunicação via rádio, é possível que a equipe informe ao piloto a ocorrência de alguma situação potencialmente perigosa, mas ainda assim, é importante que o piloto tenha acesso a algumas informações por meio de marcadores de performance para manter sua consciência situacional e obter o máximo de desempenho do veículo. Para tal, é essencial que haja um sistema de monitoramento que o informe intuitivamente e seja de fácil acesso durante todo o decorrer das provas.

3. Desenvolvimento

Nesta seção serão apresentadas as etapas do desenvolvimento deste sistema.

3.1. Arquitetura de redes automotivas no protótipo

No projeto da Equipe Formula UFSM, contamos com uma ECU MoTeC M800, que atua como nó principal de um barramento CAN. Esta ECU é responsável pelo recebimento dos sinais dos principais sensores instalados no veículo, assim como controla todos os seus acionamentos, enquanto os dispositivos embarcados desenvolvidos pela equipe se conectam ao barramento para envio e recebimento de dados. As conexões e dispositivos estão apresentados na Figura 1, na qual estão destacados o dispositivo e as conexões a serem apresentadas neste artigo.

O CAN é o principal protocolo utilizado no veículo, que realiza a interconexão de todos os dispositivos embarcados do veículo e permite a troca de informações entre eles. Os dados de sensores lidos pela ECU ou pelo Expansor de Entradas são publicados no barramento para acesso por todos os dispositivos, sem a necessidade de cabeamento individual para cada item.

3.2. Escolha de componentes

3.2.1. ESP32 e TJA1050

O microcontrolador ESP32-DevKitC, desenvolvido pela ESPRESSIF, foi empregado no controle local do sistema, devido às suas características de alta capacidade de processamento e grande número de portas I/O programáveis, além de possuir controladores CAN e DAC integrados [ESPRESSIF 2022].

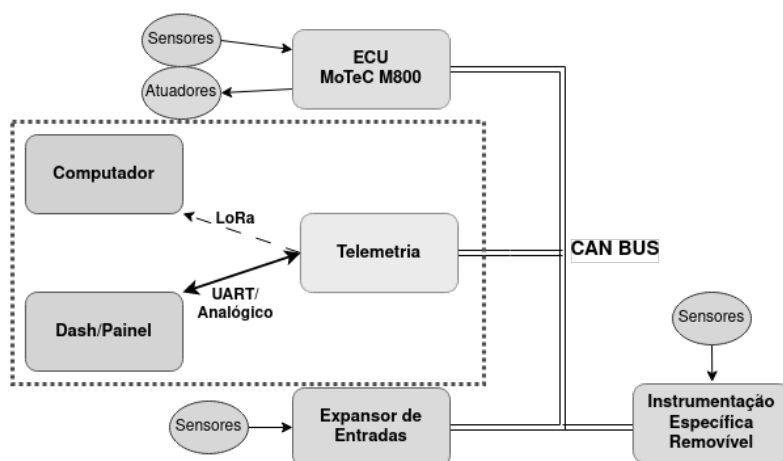


Figura 1. Diagrama de Rede e Embarcados do protótipo FU23

O circuito integrado TJA1050, da NXP Components, foi utilizado na conexão do microcontrolador com o barramento CAN do protótipo. Ele proporciona uma interface entre o controlador CAN do microcontrolador com o barramento físico, sendo o responsável pelo envio e recebimento do sinal diferencial no barramento. As principais características que levaram ao emprego deste CI são a sua aplicação em sistemas automotivos de alta velocidade, com frequências de *baud* entre 60k e 1Mbaud, além de compatibilidade com o padrão ISO 11898 [NXP 2003].

3.2.2. Display Nextion e LM3914

Para a interface de monitoramento, foi empregada uma tela de 5 polegadas com *touchscreen* resistivo, permitindo ao piloto operá-la mesmo utilizando luvas, além de brilho ajustável de ao menos 280 nit, a fim de permitir uma adequada visualização das informações mesmo em condições de ofuscação pelo sol. Para tal, foi selecionado o *display* Nextion NX8048P050, que cumpre com os requisitos mínimos e possui comunicação via UART com o microcontrolador.

Na parte superior da tela foi adicionada uma barra de LEDs de acendimento progressivo de acordo com a velocidade atual do motor. Utilizando as informações de RPM publicadas no barramento pela ECU, o microcontrolador envia, por meio de seu DAC, um sinal analógico para o CI LM3914, que realiza o acendimento progressivo dos LEDs. Tal acionamento permite ao piloto uma informação rápida e intuitiva da condição atual do motor, o que traz maior consciência situacional e um ganho em ergonomia e performance durante eventos dinâmicos. Além disso, por conta do CI realizar também o controle da corrente fornecida aos LEDs, não é necessária a instalação de resistores individuais, simplificando o circuito [Texas 2013].

3.2.3. LoRa SX1276

Para a comunicação sem fio, foi empregado o módulo LoRa SX1276 de 915MHz, de desenvolvimento da Semtech. O sistema de comunicação sem fio já foi desenvolvido e

descrito por [Tier 2019], porém foi alterado para se adaptar aos novos requisitos deste projeto. A opção pelo uso do LoRa se deu por conta do alcance elevado, baixo consumo energético e largura de banda adequada para o enlace [SEMTECH 2020], e a opção pelos 915MHz se deu por esta faixa se encontrar dentro da banda ISM para a região das Américas, permitindo seu uso sem necessidade de licença [ITU 2020].

3.3. Desenvolvimento do Circuito Elétrico

Definidos os componentes, foram utilizadas as fórmulas disponíveis em [Texas 2013] e as limitações do DAC do microcontrolador ESP32, disponíveis em [ESPRESSIF 2022], para dimensionamento dos componentes auxiliares, como resistores e capacitores para controle dos Circuitos Integrados presentes no projeto. Os valores obtidos em cálculos foram adaptados para valores comerciais destes componentes.

O circuito elétrico foi desenvolvido e simulado em software computacional, a fim de identificar vícios e erros em seu funcionamento. Aliado à simulação foram realizados testes em bancada com o objetivo de encontrar o melhor equilíbrio entre performance, custo e *packaging*. Nesta etapa foi definido que o sistema seria dividido em duas unidades separadas, uma conectada diretamente ao chicote do veículo, sendo responsável pelo recebimento dos dados do barramento CAN e tratamento destes, enquanto a segunda parte se conectaria diretamente a esta primeira, em paralelo ao chicote do veículo, sendo responsável pelo controle das luzes indicadoras.

A Figura 2 apresenta um esquemático simplificado do sistema. Os LEDs RGB possuem acionamento sequencial conforme a RPM do motor pelo CI LM3914, que controla a progressão por meio das saídas de L1 a L10, controlando os 10 LEDs instalados respectivamente. Os transistores de seleção de modo atuam para definir se os LEDs serão acionados nas cores vermelha e verde em regime normal de operação do motor, ou na cor Azul para indicação do momento ideal da troca de marchas.

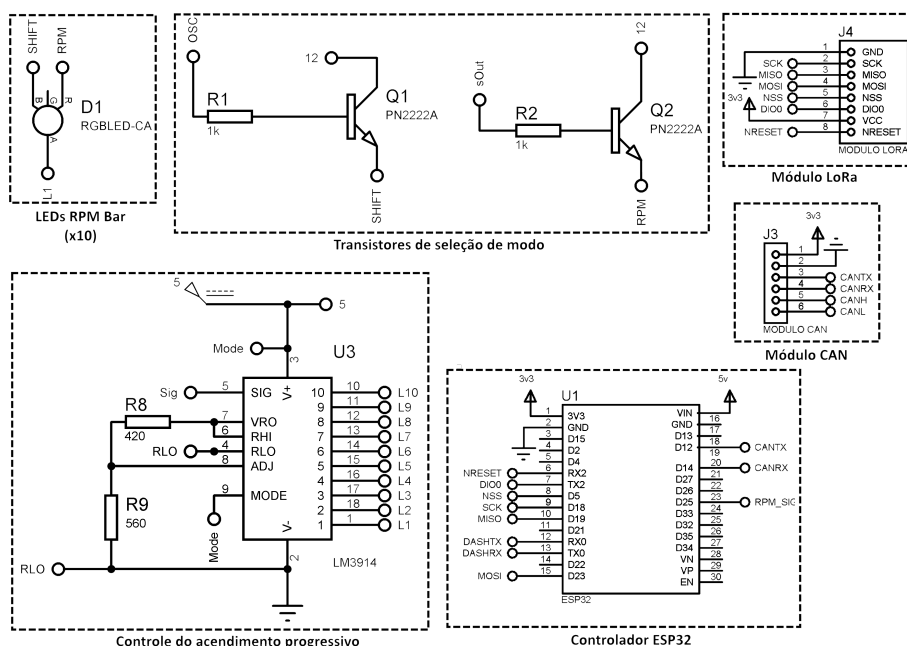


Figura 2. Esquemático simplificado dos circuitos

3.4. Projeto de PCI e Encapsulamentos

Levando em consideração as dimensões do *display* e a área disponível no painel do veículo, foram definidas as dimensões máximas para o projeto da PCI. Com o auxílio do software SolidWorks foi realizado um esboço com as dimensões externas da placa, e este foi enviado para o software Proteus para o projeto do circuito eletrônico.

Os componentes foram posicionados na área delimitada, buscando permitir um melhor roteamento e aproveitamento do espaço disponível. Durante este processo também foi preciso alocar pontos para fixação da placa na caixa, limitando ainda mais o espaço disponível para as trilhas de alimentação e sinal. A fim de minimizar o espaço necessário sem abrir mão de confiabilidade ou boas práticas, foram utilizados como base os padrões descritos em [IPC 2003] para largura mínima de trilhas e separação entre elas.

Finalizada esta etapa e de posse dos modelos 3D gerados das placas, deu-se início ao projeto dos encapsulamentos no software SOLIDWORKS, buscando proteger os circuitos e fornecer pontos de fixação ao veículo. A Figura 3 apresenta os modelos dos componentes do projeto.



Figura 3. Vista explodida dos componentes do projeto

3.5. Integração com o Veículo

Para a interface entre microcontrolador e os CI foram utilizadas bibliotecas disponíveis online. Para o transceiver TJA1050 foi utilizada a biblioteca desenvolvida por [Michael Wagner 2019], já para comunicação com o módulo LoRa foi utilizada a biblioteca desenvolvida por [Sandeep Mistry 2019], para uso com a família SX127x. A interface entre o microcontrolador e o *display* foi realizada utilizando uma biblioteca própria, desenvolvida buscando reduzir o tempo necessário para o envio de mensagens e melhorando sua estabilidade, pontos onde as bibliotecas disponíveis mostraram-se insuficientes.

O desenvolvimento da interface gráfica foi realizado utilizando o software Nextion Editor, disponibilizado pela fabricante do display para este fim. As variáveis a serem exibidas foram definidas com base no descrito por [Segers 2014] e em avaliações realizadas entre os pilotos da equipe, enquanto a tipografia e posicionamento no veículo foram definidos com base em [Tilley et al. 2001].

4. Resultados

O sistema descrito foi fabricado e validado durante a realização da 19ª Competição de Fórmula SAE Brasil, ocorrida em Piracicaba, SP no mês de Agosto de 2023. Durante

o evento o projeto apresentou um comportamento satisfatório, sendo elogiado pelos pilotos e pelos juizes da prova de Design de Engenharia, além de ter sido essencial para identificação de situações anormais pelo piloto e equipe durante a execução das provas dinâmicas. Para verificar a performance do sistema também foram realizados testes utilizando um botão conectado simultaneamente ao microcontrolador e à ECU do protótipo, que recebe esta informação e envia pelo barramento CAN. O intervalo de tempo entre o recebimento do sinal conectado diretamente ao microcontrolador e de forma lógica, pela rede CAN, foi inferior a 100ms em todas as situações, o que é aceitável para a aplicação.



Figura 4. Sistema instalado no protótipo durante a 19ª FSAEB

Referências

- ESPRESSIF (2022). *ESP32*, 4.7 edition. Acesso em 13 ago. 2023. Disponível em < <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation> >.
- IPC (2003). *2221A Generic Standard on Printed Board Design*. IPC, a edition.
- ITU (2020). *Radio Regulations*, 2020 edition.
- Michael Wagner (2019). Arduino library for the esp32 can bus. Acesso em 15 ago. 2023. Disponível em < <https://github.com/miwagner/ESP32-Arduino-CAN> >.
- NXP (2003). *TJA1050*, 1 edition. Acesso em 10 ago. 2023. Disponível em < <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/TJA1050.pdf> >.
- Sandeep Mistry (2019). Arduino lora. Acesso em 15 ago. 2023. Disponível em < <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa> >.
- Segers, J. (2014). *Analysis Techniques for Racecar Data Acquisition*. SAE international.
- SEMTECH (2020). *SX1276/77/78/7*, 7 edition. Acesso em 22 ago. 2023. Disponível em < <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-connect/sx1276> >.
- Texas (2013). *LM3914 Dot/Bar Display Driver*, 4 edition. Acesso em 22 ago. 2023. Disponível em < <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3914.pdf> >.
- Tier, E. G. (2019). Desenvolvimento de sistemas de monitoramento empregando tecnologia lora em um prototipo tipo formula sae.
- Tilley, A. R. et al. (2001). *The measure of man and woman: human factors in design*. John Wiley & Sons.