



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**SÉRGIO RICARDO DE OLIVEIRA BRANDÃO**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Campina Grande, Brasil

Agosto de 2022

**SÉRGIO RICARDO DE OLIVEIRA BRANDÃO**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrônica

Professor Orientador: Raimundo Carlos S. Freire

Campina Grande, Brasil

Agosto de 2022

# SÉRGIO RICARDO DE OLIVEIRA BRANDÃO

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrônica

Aprovado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

Professor Dr. Raimundo Carlos S. Freire

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço à minha família por todo suporte e dedicação a este filho que teve tantos percalços dentro da graduação, sempre batalhando e vencendo os desafios pelo, e tão somente, esforço. À Dona Maria de Fátima, minha mãe, e ao Senhor Petrônio Brandão, meu pai, me faltam as devidas palavras para tanta fé em um filho. Para vocês, dedico as minhas lágrimas de agradecimento.

Agradeço à todo o corpo de professores do DEE, meus grandes mestres, em especial, ao Professor Raimundo Carlos Silvério Freire, pela imensa gentileza de me conceder uma oportunidade em fazer parte do Laboratório de Metrologia e Instrumentação Científicas – LIMC -, onde tive meu primeiro contato com pesquisas acadêmicas relacionadas à eletrônica e interações com o mundo profissional, me possibilitando o aprendizado de habilidades humanas e técnicas, vitais ao engenheiro, e que hoje, fazem parte do meu repertório.

Por fim, agradeço ao CEO da LIENO TECNOLOGIA, Jonas de Luna Ieno, pela generosidade me conceder uma oportunidade dentro de um espaço de desenvolvimento de tecnologia no intuito de dar solução a vários desafios da indústria e do mercado. Dentro da LIENO TECNOLOGIA fiz grandes amigos, ampliei meus horizontes sobre a vida profissional, e adquiri maior robustez em torno de minhas habilidades técnicas.

## **RESUMO**

Este relatório apresenta as atividades realizadas pelo aluno Sérgio Ricardo de Oliveira Brandão durante o estágio integrado, realizado na LIENO TECNOLOGIA, na cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Palavras-chave: Microcontrolador, Protocolo, Firmware, Hardware.

## **ABSTRACT**

This report presents the activities carried out by student Sérgio Ricardo de Oliveira Brandão during his integrated internship, carried out at LIENO TECNOLOGIA, in the city of João Pessoa, capital of Paraíba, as part of the requirements for obtaining the degree of Bachelor of Science in Electrical Engineering.

Keywords: Microcontroller, Protocol, Firmware, Hardware.

## Lista de Figuras

Figura 1: <i>Liv Mall</i>	11
Figura 2: <i>Caterpillar 797F</i>	12
Figura 3: Formato Padrão	14
Figura 4: Formato Estendido	16
Figura 5: Cabos do tipo par-trançado	18
Figura 6: Testes com o <i>Gateway</i>	19

# Sumário

1	Introdução	9
1.1	O Plano de Estágio	9
1.2	Principais Atividades	9
1.2	Cronograma	10
1.3	Local do Estágio	11
2	Atividades Realizadas	12
2.1	<i>Case: Input Module</i>	12
	Fonte: <i>Caterpillar</i>	12
2.2	Barramento e Protocolo CAN: Overview	13
2.2.1	Introdução	13
2.2.2	O Padrão CAN	13
2.2.3	CAN: Padrão e Estendido	14
2.2.4	Campos de Bits	14
2.2.5	A Mensagem CAN	16
3	O Projeto	18
4	Conclusão	19



# 1 Introdução

O objetivo deste relatório é apresentar as atividades desenvolvidas e os resultados alcançados pelo estagiário Sérgio Ricardo de Oliveira Brandão na LIENO TECNOLOGIA, situada na cidade de João Pessoa, capital da Paraíba. O período de vigência do estágio integrado foi de 17/01/2022 até 16/07/2022, totalizando uma carga horária total de 775 horas, sob a supervisão do Professor Raimundo Carlos S. Freire.

## 1.1 O Plano de Estágio

A elaboração do plano de estágio foi concebida de forma a possibilitar o desenvolvimento de um amplo leque de sistemas embarcados fazendo uso de tecnologias de conectividade física e *wireless*, requerendo do estagiário a aplicação de inúmeros conhecimentos adquiridos no escopo das disciplinas integralizadas durante a graduação, tais como: Circuitos Elétricos I e II, Dispositivos Eletrônicos, Eletrônica, Eletrônica de Potência, Introdução à Programação e Técnicas de Programação.

## 1.2 Principais Atividades

- I. Desenvolvimento de esquemáticos de circuitos eletrônicos.
- II. Simulação de circuitos eletrônicos.
- III. Implementação de esquemáticos e projeto de PCBs para aplicações industriais.
- IV. Validação de hardware em bancada de testes.

V. Desenvolvimento de antenas e estudos de integração.

VI. Desenvolvimento de Firmware em Linguagem C para microcontroladores: ESP32, STM e AVR.

## 1.2 Cronograma

Atividades	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho
01	■ ■ ■ ■					
02		■ ■ ■				
03			■ ■ ■			
04				■ ■		
05				■ ■		
06				■ ■		
07					■ ■	
08					■ ■	
09						■ ■ ■ ■
10						■ ■ ■ ■

### 1.3 Local do Estágio

A LIENO TECNOLOGIA localiza-se na cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, no empresarial Liv Mall. É uma empresa de base tecnológica, fundada em 2016, com experiências e competências para especificar, desenvolver e fornecer sistemas eletrônicos, *web* e *mobile*. Conta com um ambiente de negócios e um núcleo de P&D próprio, com ilha de desenvolvimento de software, laboratório de hardware, laboratório de prototipagem de placas de circuito impresso, ambiente para montagem e testes de equipamentos eletrônicos e de quadros elétricos de controle.

Figura 1: *Liv Mall*



Fonte: Autoria própria

## 2 Atividades Realizadas

Dentro do escopo de atividades realizadas, o *case* escolhido para apresentação no presente relatório é denominado “*Input Module (IM)*”. O IM constitui um módulo de hardware desenvolvido para realizar conectividade CAN com veículos de mineração, e assim receber e transmitir dados para uma central de tratamento de sinais (*Gateway*) e por conseguinte, destiná-los ao cliente por meio de interface *web*.

### 2.1 Case: *Input Module*

No decorrer das atividades de estágio, o time de desenvolvimento de *hardware* e *firmware* foi requisitado para encontrar uma solução que adotasse *IoT (Internet of the Things)* para um problema de tecnologia de uma mineradora. O cliente necessitava que dados de motorização dos veículos de mineração fossem transmitidos para um dispositivo de conexão com a internet, denominado *Gateway*, e por conseguinte, tratados e fornecidos a uma interface *web* para constantemente avaliar a condição física do ativo. Uma solução embarcada foi desenvolvida e denominada *Input Module (IM)*. O IM faz a captura de dados dos veículos por meio do barramento e protocolo CAN disponibilizado nas máquinas, processa essas informações em um microcontrolador, e as envia, devidamente tratadas, para o *Gateway*.

Figura 2: Caterpillar 797F



Fonte: Caterpillar

## 2.2 Barramento e Protocolo CAN: Overview

### 2.2.1 Introdução

O barramento e protocolo CAN automotivo (*Controller Area Network*) foi originalmente desenvolvido pela empresa alemã BOSCH em 1983. Sua aplicação inicialmente foi realizada em ônibus e caminhões. Por possuir mais de 30 anos de validação, a tecnologia CAN atualmente é adotada por várias montadoras ao redor do mundo, como: Audi, BMW, Porsche, Citroen, Renault, Saab, Volkswagen, Volvo, dentre outras.

### 2.2.2 O Padrão CAN

CAN é um protocolo de comunicação serial definido originalmente pela Organização Internacional de Normalização (ISO), desenvolvido para a indústria automotiva no intuito de substituir um complexo sistema de fiação, outrora, adotado nesse tipo de aplicação.

A especificação exige alta imunidade à interferência elétrica e a capacidade de autodiagnosticar e reparar erros de dados. Estas características levaram à popularidade do CAN em uma variedade de indústrias.

O protocolo CAN, ISO-11898: 2003, descreve como a informação é comunicada entre uma rede e em conformidade com o modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) que é definido em termos de camadas. A comunicação real entre dispositivos conectados pelo meio físico é definida pela camada física do modelo. A arquitetura ISO 11898 define as duas camadas mais baixas das sete camadas do modelo OSI/ISO como camada de ligação de dados e a camada física.

### 2.2.3 CAN: Padrão e Estendido

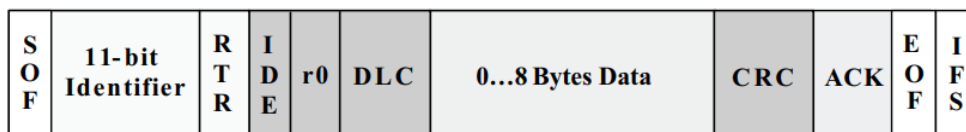
O protocolo de comunicação CAN é de acesso múltiplo com detecção de colisão e arbitragem sobre prioridade de mensagens. Cada nó no protocolo deve esperar por um período prescrito de inatividades antes de tentar enviar uma mensagem. Eventuais colisões são resolvidas baseadas numa arbitragem em que a prioridade pré-programada de cada mensagem no campo identificador continua a transmitir porque é a prioridade mais alta. Uma vez que cada nó participa da escrita a cada bit, um nó arbitrário sabe se colocou um bit lógico alto ativo.

A norma ISO-11898:2003, com o identificador padrão de 11 bits, prevê taxas de sinalização a partir de 125 kbps a 1 Mbps. O padrão foi posteriormente emendado com o identificador “estendido” de 29 bits. O padrão de 11 bits campo identificador provê 2048 mensagens diferentes, enquanto o padrão de 29 bits prevê 537 milhões de identificadores.

### 2.2.4 Campos de Bits

#### A. CAN Padrão

Figura 3: Formato padrão



Fonte: *Texas Instruments*

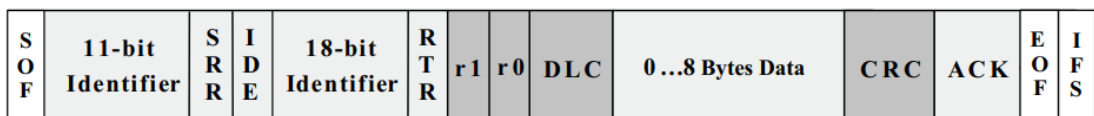
- I. SOF: O único bit dominante de início de quadro marca o início de uma mensagem, e é usado para sincronizar os nós em um barramento após estar ocioso.

- II. *Identifier*: O identificador padrão CAN de 11 bits estabelece a prioridade da mensagem.
- III. RTR: O bit de pedido único de transmissão remota (RTR) é dominante quando a informação é requerida de outro nó. Todos os nós recebem a solicitação, mas o identificador determina o nó especificado. Os dados de resposta também são recebidos por todos os nós e utilizados por qualquer nó interessado. Desta forma, todos os dados a serem usados no sistema são uniformes.
- IV. IDE: Uma extensão de identificador único (IDE) dominante significa que um identificador CAN padrão sem extensão está sendo transmitido.
- V. R0: Bit reservado.
- VI. DLC: O código de comprimento de dados de 4 bits (DLC) contém o número de bytes de dados que estão sendo transmitidos.
- VII. Data: Até 64 bits de dados de aplicação podem ser transmitidos.
- VIII. CRC: A verificação de redundância cíclica (CRC) de 16 bits contém o *checksum* dos dados da aplicação anterior para detecção de erros.
- IX. ACK: Cada nó que recebe uma mensagem precisa sobrescrever esse bit recessivo na mensagem original com um bit de domínio, indicando que uma mensagem sem erros foi enviada.
- X. EOF: Este campo de fim que quadro (EOF) de 7 bits marca o fim de um quadro CAN e desabilita o "*bitstuffing*", indicando um erro de enchimento quando dominante. Quando 5 bits do mesmo nível lógico ocorrem em sucessão durante a operação normal, um bit de nível lógico oposto é colocado nos dados.

- XI. IFS: Este espaço de 7 bits (IFS) contém o tempo requerido pelo controlador para mover um frame recebido para sua posição adequada em uma área de *buffer* de mensagens.

## B. CAN Estendido

Figura 4: Formato Estendido



Fonte: *Texas Instruments*

- I. SRR: O bit de pedido remoto substituto (SRR) substitui o bit RTR no local padrão da mensagem como um espaço reservado no formato estendido.
- II. IDE: Um bit recessivo na extensão do identificador (IDE) indica que mais bits identificadores se seguem.
- III. R1: Seguindo o RTR e o r0 bits, um bit de reserva adicional foi incluído antes do bit DLC.

### 2.2.5 A Mensagem CAN

Uma característica fundamental do CAN é o estado lógico oposto entre o barramento e o driver de entrada e saída. Normalmente, uma lógica de nível alto é associada a 1 e uma lógica de nível baixo a 0.

O acesso ao barramento é realizado por eventos e ocorre de forma aleatória. Se dois nós tentarem ocupar o barramento simultaneamente, o acesso é implementado com uma arbitragem não-destrutiva. A arbitragem não-destrutiva significa que o nó



vencedor apenas continua com a mensagem, sem a mensagem ser corrompida ou destruída por outro nó.

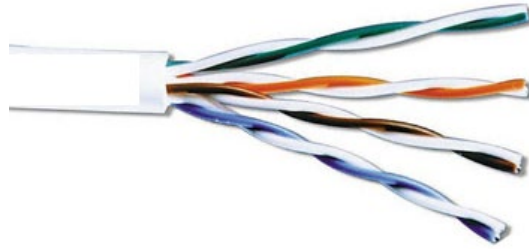
A atribuição de prioridade às mensagens no identificador é uma característica do CAN que a torna particularmente atraente para uso dentro de um ambiente de controle em tempo real. Quanto mais baixo o número de identificação da mensagem binária, maior é sua prioridade. Um identificador composto inteiramente de zeros é a mensagem de maior prioridade em uma rede porque é o que mais tempo detém o barramento. Portanto, se dois nós começam a transmitir simultaneamente, o nó que envia um último bit identificador como zero (dominante), enquanto os outros nós enviam um (recessivo) mantém o controle do CAN e continua a complementar sua mensagem. Um bit dominante sempre sobrescreve um recessivo.

Usualmente, o tráfego de dados da conectividade CAN é acessível por meio de fios disponíveis nos veículos. Existem três maneiras de projetar um barramento CAN para transmissão e recepção de dados: 1, 2 ou 4 fios. As redes com 2 ou 4 fios trabalham com sinais de dados do tipo *CAN\_High* e *CAN\_Low*. Para 4 fios, existem os sinais de VCC e GND. A rede de 2 fios foi a escolhida para os requisitos do presente projeto.

Na conectividade CAN, os dados são interpretados como bits dominantes e recessivos, criados a partir dos sinais *CAN\_High* e *CAN\_Low*, emitidos pela arquitetura da tecnologia.

Para a escolha de rede de 2 fios, os fios por onde trafegam os dados devem ser trançados (*twisted pair*), isto é, pares de fios entrelaçados, um ao redor do outro, para cancelar as interferências eletromagnéticas, usualmente conhecidas como *EMI* (*Electromagnetic Interference*). O par trançado diminui este tipo de interferência, pois quando os fios estão torcidos juntos, os campos magnéticos em meias-torções adjacentes estão em direções opostas e tendem a se cancelar. Dessa forma, torcer os fios juntos faz com que os campos magnéticos incidentes induzam a tensão tendo polaridade oposta em meias-torções adjacentes. O efeito resultante é uma menor tensão induzida e atenuação de ruído.

Figura 5: Cabos do tipo par trançado



Fonte: Autoria própria

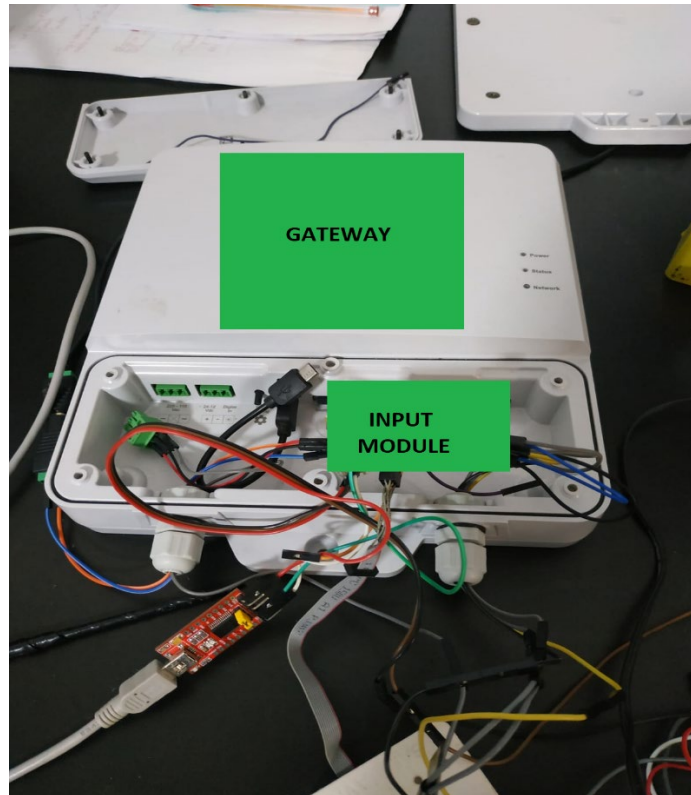
### 3 O Projeto

O projeto do IM faz uso essencialmente de dois circuitos integrados:

- I. CI A: Uma interface entre a tecnologia CAN e o barramento físico, necessário para traduzir os sinais, no intuito de que eles sejam acessíveis ao microcontrolador.
- II. CI B: Microcontrolador usado para realizar o tratamento de dados e enviá-los ao *Gateway*.

Os circuitos periféricos do projeto dizem respeito a conectores para possibilitar a gravação do *firmware* no microcontrolador e sistemas de alimentação e conectividade para os cabos de dados.

Figura 6: Testes com o Gateway



Fonte: Autoria própria

## 4 Conclusão

O desenvolvimento do projeto apresentou um conjunto de desafios, nos quais se fez necessário o conhecimento técnico adquirido em disciplinas cursadas durante a graduação de engenharia elétrica relacionadas à eletrônica. Uma vez vencidos esses desafios, foi possível vislumbrar de forma prática, o repertório adquirido.

A experiência de estágio, para além de atividades técnicas, também proporcionou o desenvolvimento de habilidades, também, igualmente úteis à vida profissional, como: inteligência emocional, gestão de tempo, trato com pessoas, dentre outras. Tudo isto, portanto, aumentando o leque de competências que um engenheiro precisa desenvolver.