

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
FATEC SANTO ANDRE**

**Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**ALISSON BARBOSA PERDÃO  
RICARDO VIEIRA BRUM**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
CONTROLE/MONITORAMENTO DE LÂMPADAS DE LANTERNAS  
DO VEÍCULO.**

**Santo André  
2020**

**Alisson Barbosa Perdão**  
**Ricardo Vieira Brum**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
CONTROLE/MONITORAMENTO DE LÂMPADAS DE LANTERNAS  
DO VEÍCULO**

Trabalho de Conclusão de curso entregue a FATEC  
Santo André como requisito parcial para obtenção  
de título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Profº Me Wesley Medeiros Torres

**SANTO ANDRÉ**  
**2020**

## Ficha Catalográfica

P433d

Perdão, Alisson Barbosa

Desenvolvimento de um sistema de controle / monitoramento de lâmpadas de lanternas do veículo / Alisson Barbosa Perdão, Ricardo Vieira Brum. - Santo André, 2020. – 71f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2020.

Orientador: Prof. Wesley Medeiros Torres

1. Eletrônica. 2. Veículos. 3. Sistema de controle. 4. Desenvolvimento. 5. Monitoramento de lâmpadas. 6. Tecnologia. 7. Lanternas. 8. Segurança. 9. Legislação. I. Brum, Ricardo Vieira. II. Desenvolvimento de um sistema de controle / monitoramento de lâmpadas de lanternas do veículo.

621.38153

ALISSON BARBOSA PERDÃO  
RICARDO VIEIRA BRUM

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
CONTROLE/MONITORAMENTO DE LÂMPADAS DE LANTERNAS  
DO VEÍCULO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

**BANCA EXAMINADORA**

**Local: Fatec Santo André**

**Horário: 20:00**

**Data: 04/12/2020**

Prof. Me Wesley Medeiros Torres  
Presidente da Banca  
Fatec Santo André

Prof. Me Paulo Tetsuo Hoashi  
Primeiro membro da Banca  
Fatec Santo André

Prof. Fernando Garup  
Segundo Membro da Banca  
Fatec Santo André

SANTO ANDRÉ  
2020

*Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, as nossas famílias, aos amigos que estiveram próximos e professores da FATEC Santo André.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus o qual tem nos ajudado em todos os momentos que passamos, nos dando saúde, fé e sabedoria para passar por todos os obstáculos que temos nos deparados nessa longa jornada.

Aos nossos familiares que em todo momento estiveram próximos nos ajudando e compreendendo as nossas faltas em algumas festas da família.

Aos colegas da FATEC Santo André e outros amigos particulares que de algum jeito tem nos ajudado com apoio técnico ou mental.

Aos professores das FATEC Santo André que em todo esse tempo de curso passaram seus conhecimentos em aula e assim possibilitaram a nossa chegada até o presente momento.

Ao nosso Prof. Orientador Wesley Medeiros Torres que tem nos ajudado tecnicamente com a realização do nosso projeto.

Ao nosso Prof. Fernando Garup Dalbo, que tem nos ajudado em todos os passos para tornar nosso projeto uma realidade.

Ao nosso amigo, Robson Soares pela ajuda e atenção dada nas dificuldades encontradas para a realização do software do nosso projeto.

*“O sucesso nasce do querer,  
da determinação e persistência em se  
chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo  
o alvo, quem busca e vence obstáculos, no  
mínimo fará coisas admiráveis.”*

*(José de Alencar)*

## RESUMO

Neste trabalho será apresentado um protótipo de monitoramento de lâmpadas das lanternas do veículo, dessa forma automatizando a verificação de funcionamento das lâmpadas e reduzindo a possibilidade de multas de trânsito devido à lâmpada queimada e aumentando a segurança do condutor e de outros que trafegarem na via, com esse sistema, será possível ao condutor do veículo realizar a verificação das lâmpadas sem precisar de ajuda de outra pessoa, facilitando a verificação e também realizando a verificação toda vez que for dada a ignição do veículo.

As lâmpadas automotivas utilizadas no veículo são de grande importância já que são itens de segurança para os ocupantes do veículo e para os outros veículos, melhoraram a visão noturna do motorista e facilitam a visualização e identificação da direção de outro veículo na via, em pistas de mão única pode ajudar a identificar se o veículo está indo na mesma direção ou no sentido contrário.

Palavras chaves: Lâmpadas automotivas. Faróis. Legislação. Segurança.



## **ABSTRACT**

In this work, a prototype for monitoring the lamps of the vehicle's lamps will be presented, thus automating the checking of the lamps' operation and reducing the possibility of traffic fines due to the burnt-out lamp and increasing the safety of the driver and others who travel on the road, With this system, it will be possible for the driver of the vehicle to check the lamps without needing the help of another person, facilitating the verification and also carrying out the verification every time the vehicle is ignited.

The automotive lamps used in the vehicle are of great importance since they are safety items for the occupants of the vehicle and for other vehicles, they improve the driver's night vision and facilitate the visualization and identification of the direction of another vehicle on the road, in traffic lanes. One way can help identify whether the vehicle is going in the same direction or in the opposite direction.

Key words: Automotive lamps. Headlights. Legislation. Safety.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Thomas Edison .....	17
Figura 2: Lâmpada Incandescente .....	18
Figura 3: Farol “Silbim” blindado .....	18
Figura 4: Modelo de lâmpada halógena super branca. ....	19
Figura 5: Farol utilizando lâmpada de Xênon .....	20
Figura 6: Exemplo de reator utilizado em lâmpadas de xenônio .....	21
Figura 7: Tensão e Corrente no período de aquecimento .....	22
Figura 8: Modelos de Lâmpadas de LED .....	23
Figura 9: Iluminação automotiva nas estradas .....	24
Figura 10: Veículo trafegando com os faróis queimados a noite .....	25
Figura 11: Espectro visível da luz.....	25
Figura 12: Filamento Incandescente .....	26
Figura 13: Luz irradiada e fração visível.....	27
Figura 14: Lâmpada com evaporação dos átomos de tungstênio .....	27
Figura 15: Exemplo de algumas luzes ligadas de sinalização do veículo .....	29
Figura 16: Itens de inspeção .....	30
Figura 17: Diagrama em blocos da sequência de funcionamento .....	32
Figura 18: Exemplo de arquitetura centralizada .....	33
Figura 19: Exemplo de arquitetura distribuída.....	34
Figura 20: Exemplo de módulos automotivos conectados na rede CAN.....	35
Figura 21 : Exemplo de arbitragem dos nós.....	36
Figura 22: Velocidade de transmissão X Comprimento .....	36
Figura 23: Níveis de tensão no barramento e bits dominantes e recessivos. ....	37
Figura 24: Tela Inicial MPLABX IDE.....	39
Figura 25: Configuração de escrita do MCP 2515.....	40
Figura 26: Configuração de endereço MCP 2515 .....	40
Figura 27: Configuração de leitura do MCP 2515 .....	42
Figura 28: Lâmpada de 5W .....	43
Figura 29: Circuito montado em protoboard e fonte de alimentação 12V .....	43
Figura 30: Placa ECU Fatec.....	44
Figura 31: Circuito esquemático detecção de lâmpada.....	45
Figura 32: Fluxograma do Software de monitoramento de corrente .....	45

Figura 33: Fluxograma enviar dados pela CAN.....	47
Figura 34: Fluxograma recebimento de dados pela CAN.....	47
Figura 35: Transmissão de dados UART .....	49
Figura 36: Transmissão em série de dados .....	49
Figura 37: Ligação entre microcontroladores .....	49
Figura 38: Circuito esquemático montado com o software Protheus .....	50
Figura 39: Simulação de lâmpada queimada .....	51
Figura 40: Teste com lâmpada funcional .....	51
Figura 41: Montagem circuito transmissor.....	52
Figura 42: Montagem do circuito receptor.....	53
Figura 43: Montagem final do projeto .....	53
Figura 44: Fluxograma com padrão UART.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**V** - Unidade de medida para tensão elétrica (Volts)

**Hz** - Hertz

**K** - Unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza temperatura termodinâmica (Kelvin)

**kV** - Unidade de medida de tensão (KiloVolt)

**CONTRAN** - Conselho Nacional de Trânsito

**DETRAN** - Departamento Estadual de Trânsito

**LED** - *Light Emitting Diode*, em português, diodo emissor de luz

**DLR** - *Daytime running light*, em português, farol de rodagem diurna

**HID** - *High Intensity Discharge*.

**PIC** - *Programmable Integrated Circuit*.

**LCD** - *Liquid Crystal Display*

**DATASHEET** - Documento que especifica o esquema elétrico do funcionamento de um componente eletrônico

**MASTER** - Mestre

**SLAVE** - Escravo

**CAN** - *Controller Area Network*

**UART** - *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Motivação .....	16
1.3 Metodologia e estrutura do trabalho .....	16
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 História da lâmpada Incandescente .....	17
2.1.1 Utilização das lâmpadas Incandescentes no meio automotivo.....	18
2.2 Lâmpadas Halógenas .....	19
2.3 Lâmpadas de Xenônio .....	20
2.3.1 Funcionamento da lâmpada de xenônio.....	20
2.3.2 Utilização de lâmpadas de xenônio nos veículos .....	22
2.4 Lâmpadas de LED.....	23
2.4.1 Utilização das lâmpadas de LED nos veículos .....	23
2.5 Importância da iluminação nos veículos .....	24
2.5.1 Tipos de luzes de sinalização automotiva.....	28
2.6 Verificação Automática de Lâmpadas.....	29
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1 Arquiteturas Eletrônicas .....	33
3.2 Protocolo CAN .....	34
3.3 Cálculo para desenvolvimento do circuito de monitoramento.....	37
3.4 Desenvolvimento do software e simulação do hardware.....	38
3.5 MCP 2515.....	39
<b>4. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>42</b>
4.1 Circuito para identificar queima da lâmpada.....	42
4.2 Comunicação CAN entre as placas .....	46

<b>4.3</b>	<b>Teste do circuito de detecção automática de queima da lâmpada.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Teste da comunicação UART entre as placas.....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>6.1</b>	<b>Propostas futuras .....</b>	<b>58</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>8.</b>	<b>Apêndices.....</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A visão é um sentido muito importante para quem dirige e por isso devemos compreender a importância das lâmpadas utilizadas nos faróis dos veículos, com o avanço da tecnologia ocorrem modificações nas lâmpadas automotivas para obter-se maior vida útil das lâmpadas, proporcionar mais visibilidade noturna aos usuários, aumentando assim a segurança de todos que utilizam esse meio de transporte.

Com a invenção dos veículos logo surgiu a necessidade de criar algo que permitisse garantir a visibilidade à noite, ocorreu o aparecimento das primeiras lanternas a óleo ou a querosene no século XIX, de acordo com Ivanenko (2018), no século XX ocorreu o aparecimento de lâmpadas incandescentes utilizadas no farol selado conhecido como “silibim” garantindo maior visibilidade. Na década de 90, o destaque foi para as lâmpadas de descarga de gás, que foi possível melhorar a visão noturna e ajudar a visibilidade em dias chuvosos ou em neblinas, segundo Lopes (2012). De acordo com Eduarda (2018), as lâmpadas halógenas possuem o mesmo princípio das lâmpadas incandescentes, mas possuem luzes mais brilhantes, mais econômicas e maior vida útil. Mais tarde surgiram as lâmpadas xênon, esse tipo de lâmpada não possui filamento, a luz é emitida pelo aquecimento do gás xenônio, com maior capacidade de emissão de luz, sendo possível notar o farol de uma distância maior promovendo mais segurança, Guimarães (2016). Atualmente, as lâmpadas mais modernas empregam tecnologia de *Light Emitting Diodes* (LED), que geram economia lâmpadas de filamento, e o aumento da vida útil, Ribeiro (2019).

A iluminação dos faróis é um item de grande importância que está sempre sendo ajustado pelas normas de trânsito.

### 1.1 Objetivo

Os faróis são itens de segurança indispensáveis para o setor automotivo e de acordo com ICETTRAN (2019), trafegar com os faróis ligados de dia em rodovias é uma norma do Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Quem não utilizar tais equipamentos em perfeito estado pode receber multas e até o recolhimento do veículo e a noite os faróis são utilizados para melhorar a visibilidade do condutor. Baseado nessa norma, será desenvolvido um protótipo que notifique ao motorista se

as lâmpadas dos faróis e lanternas estão operando normalmente e enviará uma mensagem para um “cluster” por meio de uma comunicação *Controller Area Network* (CAN), para informar o condutor sobre o funcionamento das lâmpadas do seu veículo.

## **1.2 Motivação**

A garantia funcional do sistema de iluminação automotiva garante a segurança do condutor do veículo e veículos terceiros, através da sinalização correta do veículo e evitando cobrança de multas de trânsito ao condutor do veículo, devido à não verificação funcional das lâmpadas de sinalização durante o processo de partida do veículo. A partir desse preceito, o presente trabalho tem como objetivo a construção de um sistema de monitoramento de condições funcionais das lâmpadas do veículo e comunicação CAN com o painel de instrumentos, dessa forma, a cada ciclo de ignição do veículo, o motorista irá receber a informação sobre as condições funcionais das lâmpadas do veículo.

## **1.3 Metodologia e estrutura do trabalho**

O trabalho será dividido em 5 capítulos. Na Fundamentação Teórica há uma análise de toda a fundamentação utilizada no trabalho, contendo referências de artigos de assuntos correlatos ao tema de iluminação voltada para a área automotiva.

No capítulo de Metodologia, é explicado os métodos empregados para o desenvolvimento do projeto. No capítulo de Desenvolvimento todas as etapas percorridas para a elaboração do trabalho, são apresentados. No capítulo de Resultados e Discussões são demonstrados os resultados dos ensaios realizados com o sistema de monitoramento de lâmpadas, suas funcionalidades e resultados de medição obtidos. Finalizando com as Considerações Finais do trabalho de conclusão de curso e as propostas de trabalhos futuros.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 História da lâmpada Incandescente

Thomas Edison, representado na figura 1, foi o primeiro a fazer experiências e projetar lâmpadas incandescentes, ilustrada na figura 2, cujo início de comercialização ocorreu no ano de 1879, segundo a Fazio (2019). A sua construção foi realizada com uma haste de carvão, que quando aquecida pela corrente elétrica passava a emitir luz, antes de esquentar e chegar na cor amarelada que proporcionava boa luminosidade, ficava avermelhada e muito fraca, passando algum tempo emitia uma cor alaranjada até chegar na cor amarelada, próximo ao ponto de fusão do carbono e da sua temperatura onde emitia a máxima quantidade de luz.

Figura 1: Thomas Edison



Fonte: Spartancast, Gabriel Menezes, 2020

Caso o filamento da lâmpada entrasse em contato com o ar externo, ocorria uma oxidação do filamento devido ao oxigênio, diminuindo a vida útil da lâmpada, por esse fato, as lâmpadas possuíam o meio interno sob vácuo, mas isso também ocasionava um problema pois a baixa pressão favorecia a vaporização do filamento. Com o passar dos anos e estudos, utilizava-se gases inerentes que promovia uma maior pressão dentro do bulbo da lâmpada e assim não ocasionava nenhum malefício ao filamento.

Figura 2: Lâmpada Incandescente



Fonte: Pensamento verde,2020

### 2.1.1 Utilização das lâmpadas Incandescentes no meio automotivo

As lâmpadas incandescentes foram utilizadas no meio automotivo nos faróis conhecidos como “Silibim”, demonstrado na figura 3, era um farol que quando queimava deveria ser trocado por inteiro e não só a lâmpada como é convencionalmente utilizado. O filamento da lâmpada era selado a vácuo dentro do farol, a desvantagem desse farol era que as lâmpadas evoluíam rapidamente proporcionando maior potência e com esse tipo de farol era impossível a troca das lâmpadas e o farol não possuía regulagem. Com isso o farol que utilizava lâmpada incandescente foi esquecido do mercado, pois quando comparado com lâmpadas halógenas proporcionava baixa luminosidade e alto custo, para a realização de manutenção, segundo Ivanenko (2018).

Figura 3: Farol “Silbim” blindado



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1284441718-farol-dodge-6981-selado-sealed-beam-180mm-12v-siribim->

## 2.2 Lâmpadas Halógenas

São lâmpadas incandescentes mas com o seu filamento de tungstênio, possuem em seu interior um halógeneo, que são elementos que formam íons com facilidade e com as transformações químicas e físicas que ocorrem na lâmpada esse halógeno faz com que preserve o filamento da lâmpada, obtendo-se como resultado maior vida útil.

Na década de 1920, ocorreu o lançamento das lâmpadas de duplo filamento com intuito de solucionar o problema dos faróis Silibim, que não tinham regulagem e eram pouco eficientes, segundo Alves (2017). O motorista poderia escolher farol alto e baixo com a mesma lâmpada que tinha duplo filamento.

A vantagem da lâmpada halógena em relação a lâmpada incandescente normal é que é mais eficiente e econômica podendo chegar a altas temperaturas produzindo mais luz, é o tipo mais comum utilizado na área automotiva. A maioria dessas lâmpadas chegam à temperatura de cor de 3.500 Kelvin (K) obtendo a cor comum amarelada e há outros tipos dessas lâmpadas que são chamadas de super brancas, representada na figura 4, possuem um brilho intenso, é possível encontrar esses tipos de lâmpadas entre temperaturas de cores de 4.200 K até 8.000 K, Oliveira (2018) e PHILIPS (2018).

Figura 4: Modelo de lâmpada halógena super branca.



Fonte: [portaldaautopeca.com.br/philips-inova-em-lampadas-halogenas-automotivas/](http://portaldaautopeca.com.br/philips-inova-em-lampadas-halogenas-automotivas/)

## 2.3 Lâmpadas de Xenônio

Nesse tipo de lâmpada a luz passou a ser gerada pelo efeito de um gás ao invés do aquecimento dos filamentos da lâmpada, segundo Guimarães (2016), a lâmpada tem capacidade de iluminar até três vezes mais que uma lâmpada comum e emite uma luz mais branca, com isso, proporciona maior segurança, já que é possível enxergar o veículo com uma distância maior ou fazer com que o motorista enxergue um obstáculo com uma distância maior, e com isso, ter mais tempo para reagir e fazer algum desvio. É chamada convencionalmente de lâmpada de xênon, representada na figura 5, mas possui nome técnico de lâmpada de descarga de alta intensidade (HID), segundo Reatti (2000).

Figura 5: Farol Xênon

utilizando lâmpada de



Fonte: [canaldapeca.com.br/blog/guia-completo-lampada-xenon/](http://canaldapeca.com.br/blog/guia-completo-lampada-xenon/)

### 2.3.1 Funcionamento da lâmpada de xenônio

Para o funcionamento da lâmpada de xenônio é necessário transformar os 12 Volts do veículo na ordem de KiloVolts (Kv), por isso esses tipos de lâmpadas possuem o reator, representado na figura 6, essa tensão é utilizada para ionizar o gás de xenônio contido na lâmpada só para dar a partida, “Através da alta tensão de ignição, os elétrons (leves) movem-se rapidamente e colidem com os lentos íons (pesados) e inicia-se aí o processo de ionização que gera a luz” Vilanova (2015), isso leva poucos segundos, após isso recebe tensão de 80 Volts com frequência de 300 Hz para continuar funcionando e emitindo luz.

Figura 6: Exemplo de reator xenônio

utilizado em lâmpadas de

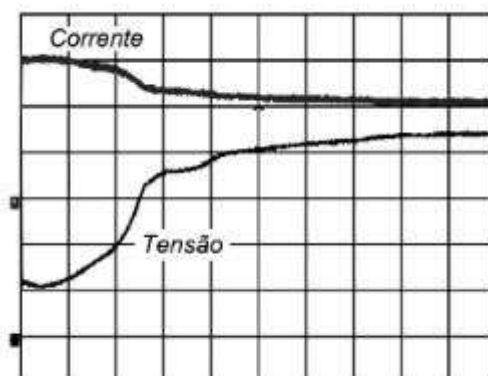


Fonte: [carangoautoparts.blogspot.com](http://carangoautoparts.blogspot.com)

Segundo Reatti (2000), esse tipo de lâmpada emite mais luz do que uma lâmpada halógena de 50W e sua vida útil pode ser estimada até 5000h, se a tensão nos terminais de alimentação da lâmpada tiver uma forma de onda simétrica. Caso as lâmpadas de HID trabalhem fora da faixa de operação de frequência ou tensão sofrem com o efeito de “ressonância acústica” que causa a destruição da lâmpada.

De acordo com Dalla (2009), “a ressonância acústica é um fenômeno que produz a geração de ondas instáveis de pressão no plasma, tendo por resultado a flutuação do arco no interior do bulbo que, por sua vez, pode causar cintilação luminosa ou mesmo a extinção do arco”, para evitar tal fenômeno, é necessário utilizar reatores que tenham capacidade de fornecer de alimentação para a lâmpada uma corrente de onda quadrada de baixa frequência, devido a potência desta forma de onda ser quadrada. Os reatores devem ter controle nas três (3) fases operacionais da lâmpada HID, são elas: partida, aquecimento e regime permanente. Na partida a lâmpada recebe um pulso de aproximadamente 3 Kv quando fria e 30 Kv quando quente, essa alta tensão é necessária para promover o colapso dos gases, esse processo é rápido para não prejudicar a vida útil da lâmpada. Na fase de aquecimento as colisões dos elétrons faz com que a temperatura interna continue em elevação aumentando a pressão do bulbo, chegando na fase de regime permanente onde, a tensão da lâmpada aumenta e a corrente se estabelece a figura 7 demonstra um gráfico com os valores de tensão e corrente nesta etapa, alcançando o brilho nominal da lâmpada, (DALLA, 2009).

Figura 7: Tensão e Corrente no período de aquecimento



Fonte: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-17592009000300011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592009000300011)

### 2.3.2 Utilização de lâmpadas de xenônio nos veículos

Devido à alta luminosidade das lâmpadas de xenônio, órgãos fiscalizadores tornaram proibido seu uso / instalação em veículos que não possuíam a lâmpada de xenônio originalmente, com isso foi criada a resolução do CONTRAN nº 384 onde altera a Resolução nº 292, de 29 de agosto de 2008, do CONTRAN, que dispõe sobre modificações de veículos previstas nos artigos. 98 e 106 da Lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997, CONTRAN (2011).

**Art. 98.** Nenhum proprietário ou responsável poderá, sem prévia autorização da autoridade competente, fazer ou ordenar que sejam feitas no veículo modificações de suas características de fábrica.

**Art. 106.** No caso de fabricação artesanal ou de modificação de veículo ou, ainda, quando ocorrer substituição de equipamento de segurança especificado pelo fabricante, será exigido, para licenciamento e registro, certificado de segurança expedido por instituição técnica credenciada por órgão ou entidade de metrologia legal, conforme norma elaborada pelo CONTRAN. CONTRAN (2017).

Modificações podem oferecer riscos de acidentes, tanto para o condutor do sentido contrário que é ofuscado pela luz, como também para o próprio proprietário, pois equipamentos de baixa qualidade podem causar incêndios, com isso lâmpadas xênon só é permitida em veículos que saíram de fábrica com elas originalmente.

## 2.4 Lâmpadas de LED

As lâmpadas de LED, ilustrada na figura 8, é a tecnologia mais recente no mercado automotivo, não possui filamentos como nas lâmpadas convencionais, seu funcionamento se dá por um diodo emissor que transforma energia em luz, com isso a tecnologia de LED permite grande economia de energia quando comparada aos outros tipos de lâmpadas, a vida útil do LED é maior do que as lâmpadas convencionais, possui mais brilho e com isso ajuda muito na visualização do veículo ou da via, não tem perda de energia por calor como as outras lâmpadas e atualmente é uma das grandes apostas no mercado automotivo de iluminação, PHILIPS (2019) .

Figura 8: Modelos de Lâmpadas de LED



Fonte: Philips, 2020

### 2.4.1 Utilização das lâmpadas de LED nos veículos

É possível trocar as lâmpadas halógenas originais do veículo para lâmpadas de LED de acordo com a resolução 227 do Contran (2007), mas o proprietário deve seguir algumas determinações, pois para ser regulamentado deverá passar por uma vistoria do Detran onde serão verificados se todos os itens de segurança foram respeitados, dentre eles a regulagem dos faróis com intuito de não ofuscar a visão de terceiros, após aprovado é realizada alteração no documento do veículo. Mas de acordo com a resolução 667 do Contran de 2017, a partir de janeiro de 2021 não será mais permitido a substituição de qualquer lâmpada do sistema de iluminação (CZERWONKA, 2017).

## 2.5 Importância da iluminação nos veículos

A iluminação automotiva, ilustrada na figura 9, é um item de segurança para os condutores dos veículos e outros veículos que trafegam na via, (LOPES, 2012), possuem a função de fazer com que motorista enxergue a pista ou algo que pode estar na pista, e possibilita que outros veículos saibam qual o sentido em que o carro está trafegando, sinalização de acidentes e alertar outros motoristas sobre eventuais problemas na via que impossibilite o tráfego, com isso prevenir a ocorrência de acidentes.



Fonte: Rafael Martins, 2018

As lâmpadas halógenas sofrem desgaste devido ao aquecimento do filamento que ocorre na passagem da corrente elétrica para emitir luz e ocorre a evaporação do tungstênio de acordo que a lâmpada fica em operação, ou seja, quanto maior o tempo de utilização da lâmpada mais rapidamente ocorrerá a queima da mesma, pois as lâmpadas possuem em média 450 horas ano de vida útil dependendo do modelo de lâmpada utilizada, PHILIPS (2018), sem o aviso ao motorista que a lâmpada de seu veículo está queimada, representada na figura 10, além de não ser seguro ainda pode ter o prejuízo de um multa de trânsito e pode ocorrer que o veículo seja utilizado sem os faróis funcionando por muitos dias até alguém avisar o motorista ou ele perceber que seu veículo possui alguma lâmpada queimada.



Figura 10: Veículo trafegando com os faróis queimados a noite



Fonte: [tabelademultas.com.br/multa-por-dirigir-com-farol-queimado/](http://tabelademultas.com.br/multa-por-dirigir-com-farol-queimado/)

Segundo Maclsaac, Kanner e Anderson (1999), a incandescência acontece quando há um aquecimento resistivo e assim surge uma excitação térmica dos átomos, quando a emissão de radiação estiver em um espectro visível, isso é considerado incandescente, a figura 11, ilustra a parte do espectro visível ao olho humano e a figura 12 mostra um filamento incandescente.

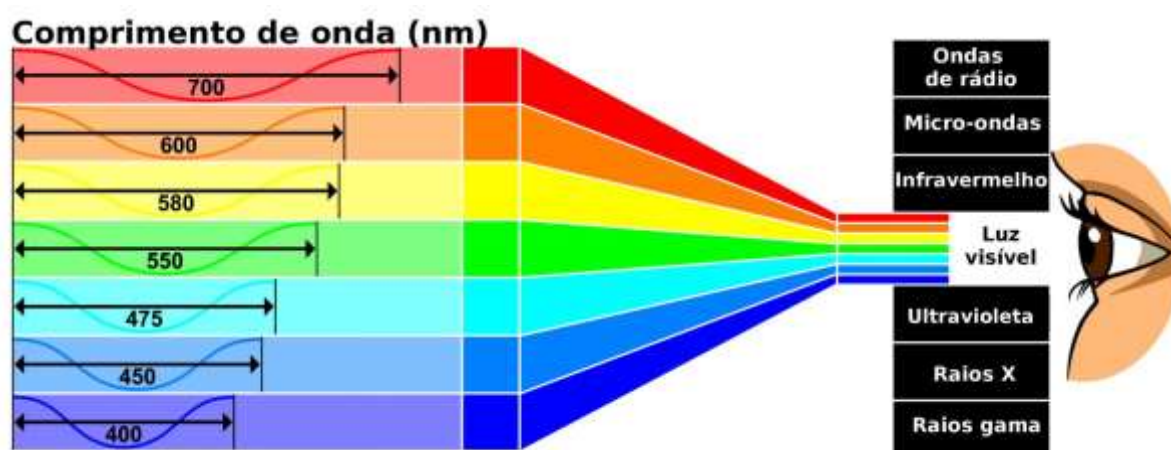


Figura 11: Espectro visível da luz

Fonte: [conhecimentocientifico.r7.com/luz-visivel/](http://conhecimentocientifico.r7.com/luz-visivel/)

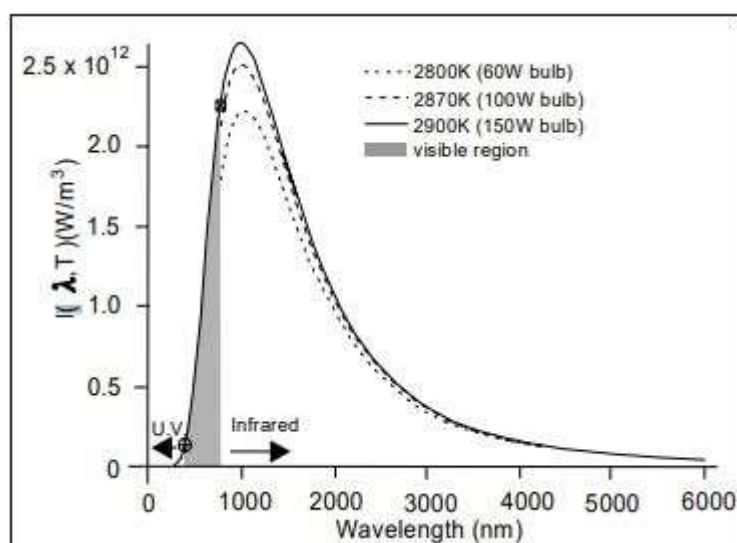
Figura 12: Filamento Incandescente



Fonte: [www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm](http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm)

Para emitir luz visível um sólido deve ser aquecido a mais de 850 K, se comparado esse valor de temperatura com a luz do Sol, que é de 6000K, ainda é pouco, portanto, não existe comparação da luz elétrica com a luz do Sol devido a não existência de substâncias que sejam resistentes a altas temperaturas e se mantenham no estado sólido. Atualmente o tungstênio é o material de filamento sólido que possui a característica de mais alta temperatura de fusão conhecida, que é por volta de 3680K e a menor taxa de evaporação dos metais puros, o carbono suporta maior temperatura do que o tungstênio, mas evapora rapidamente. O ponto de fusão com valor elevado e baixa pressão de vaporização torna o tungstênio o metal escolhido para a utilização em lâmpadas halógenas. A temperatura máxima útil do filamento de tungstênio é de 3000 K e manter a temperatura média superior acima de 2900K é relativamente difícil para lâmpadas incandescentes padrão. Conforme ilustrado na figura 13, menos de 10% da fração de energia irradiada ocorre nos comprimentos de onda visíveis ao olho humano e a maior parte da energia é irradiada em comprimentos de ondas de infravermelho. Filamentos de baixas temperaturas variam de 2500K a 2700K e irradiam as cores mais avermelhadas, já filamentos de alta temperatura variam de 2800K a 2900K são chamados de luzes frias e proporcionam maior claridade, (MACISAAC; KANNER; ANDERSON, 1999).

Figura 13: Luz irradiada e fração visível



Fonte: [physlab.org/wp-content/uploads/2016/03/Planck\\_ref8.pdf](http://physlab.org/wp-content/uploads/2016/03/Planck_ref8.pdf)

A maioria das lâmpadas de halógeno utilizam o gás de argônio como gás inerte que por sua vez não provoca a combustão ou reação química em contato com outras substâncias (SOUZA,2020). O gás inerte presente no interior da lâmpada faz com que o tungstênio quando evaporado do filamento não entre em combustão e vão parar no vidro da lâmpada, conforme ilustrado na figura 14, e esse processo ajuda na vida útil da lâmpada já que os átomos colidem no gás e podem voltar para o filamento, lâmpadas menores que 25 W não requerem o gás inerte, utilizam apenas vácuo de oxigênio e vapor de água, (MACISAAC; KANNER; ANDERSON, 1999).

Figura 14: Lâmpada com evaporação dos átomos de tungstênio



Fonte: [www.invivo.fiocruz.br](http://www.invivo.fiocruz.br)

As lâmpadas halógenas variam entre 3000K e 3500K sendo assim são mais brancas e mais quentes do que as lâmpadas incandescentes comuns, o sistema das lâmpadas halógenas é mais eficiente de 10 a 12% da energia espectral está em comprimento de ondas visíveis, portanto as lâmpadas halógenas se tornaram padrão em faróis automotivos, (MACISAAC; KANNER; ANDERSON, 1999).

### 2.5.1 Tipos de luzes de sinalização automotiva

De acordo com Auto papo (2018), os veículos existem diferentes tipos de luzes tais como:

- **Lanternas:** sinalizam a presença do veículo, também pode indicar a outros motoristas a largura da carroceria.
- **Farol baixo:** É obrigatório a utilização em rodovias de dia ou a noite, serve para iluminar a via na frente do veículo mas é projetado para que não ocorra ofuscamento aos motoristas que trafegam no sentido contrário desde que as lâmpadas utilizadas sejam as indicadas pelo fabricante e o farol esteja corretamente alinhado e em boas condições de uso.
- **Farol alto:** Seu uso é permitido em vias que não possuem iluminação pública, ao se deparar com outro veículo a sua frente ou em sentido contrário é necessário desligar o farol alto pois provoca ofuscamento da visão dos outros motoristas, o farol alto faz com que seja possível enxergar a um longo alcance.
- **Farol de neblina:** Este não é um item obrigatório por lei então não são todos os modelos de veículos que possuem este item. É projetado para melhorar a visualização do motorista em condições de neblina por isso é posicionado em um local mais baixo e tem seu fecho de luz mais aberto.
- **Farol de milha:** deve ser utilizado junto com a luz alta, não é permitido sua utilização em vias de mão dupla, deve ser usado apenas em lugares que não possuem iluminação pública.
- **Luz de rodagem diurna (DLR):** Não é obrigatória e a maioria só é utilizada em carros mais novos, ao virar a ignição a luz acende-se sozinha e ao ligar o farol geralmente é apagada.
- **Luz de Ré:** Acionada quando o motorista engata a marcha ré e serve para sinalizar a outras pessoas que aquele veículo irá executar uma reversão de sentido,

geralmente os veículos andam para a frente e por realizar alguma manobra vai andar para trás.

- **Luzes de direção:** Mais conhecida como setas, devem ser acionadas quando o condutor do veículo irá realizar alguma conversão sinalizando assim o sentido que vai fazer a conversão para outros motoristas.
- **Pisca – alerta:** Deve ser acionada para sinalizar aos outros motoristas alguma emergência, como um acidente ou problemas mecânicos, ao ser acionada faz com que ambas as luzes de direção comecem a piscar.

Na figura 15 é apresentado um modelo representando as lanternas e farol baixo do veículo ligados.

Figura 15: Exemplo de algumas luzes ligadas de sinalização do veículo



Fonte:

[abcdoabc.com.br/caderno](http://abcdoabc.com.br/caderno)

## 2.6 Verificação Automática de Lâmpadas

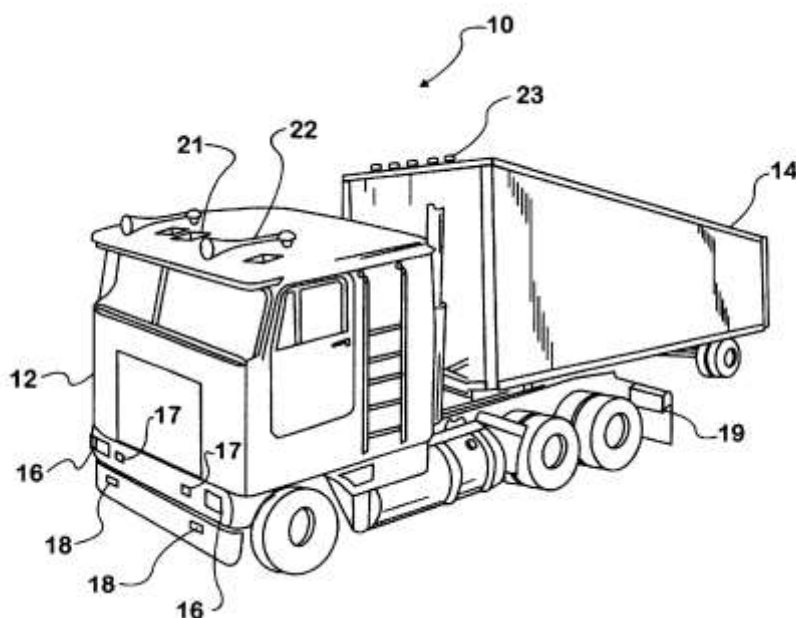
Usualmente a verificação funcional das lâmpadas é realizada por duas pessoas, onde uma das pessoas circula o veículo a procura de lâmpadas defeituosas e a outra, realiza os diversos comandos para o acendimento das lâmpadas, esse processo de forma geral, é realizado de forma ad hoc. Invariavelmente o motorista acaba deixando de lado a verificação das lâmpadas no dia a dia.

Pensando em um sistema que possa otimizar a inspeção Gumbel e Bell (2004), implementaram um sistema voltado para caminhões que realizasse testes de funcionamento em alguns itens que deveriam ser inspecionados, funcionamento de

lâmpadas e buzinas, com isso, o motorista inspecionará os itens apenas com a ajuda do sistema tornando a realização da inspeção mais rápida e prática.

O sistema basicamente funciona com um microcontrolador que é programado para executar as funções de testes em determinado tempo, transistores para ligar e desligar os itens de inspeção através do sinal que é dado pelo microcontrolador, o início da inspeção é dado pela posição da ignição “On” e outros comandos que fará o microcontrolador a iniciar a rotina de inspeção e pode ser interrompida quando a posição da ignição for “Off” ou por exemplo, o interruptor do freio for acionado no meio da inspeção. Na figura 16 é mostrado os itens que o microcontrolador tem controle de ativar e desativar conforme o tempo da rotina de inspeção.

Figura 16: Itens de inspeção



Fonte: Gumbel e Bell (2004)

Utilizando este conceito em nosso projeto, ocorrerá um processo automático de inspeção a cada início de ciclo do sistema, ou seja, toda vez que houver a ignição do motor, ocorrerá uma verificação funcional das lâmpadas, realizará uma varredura em todas as lâmpadas do veículo analisando e apontando, se houver, lâmpadas com defeito e em qual posição ocorreu a falha.

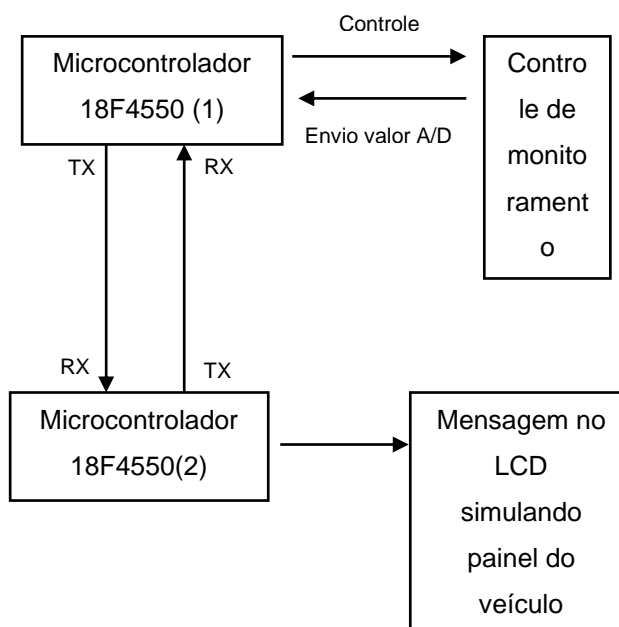
Outro sistema que foi implementado para a facilidade em verificação das lâmpadas Lahr et al. (2006), onde a ideia principal é fazer a inspeção visual de todas as lâmpadas, mas sem a ajuda de terceiros, o operador conseguirá realizar essa

função sozinho. Nesse sistema foi utilizado um quadro que terá um interruptor para dar início a inspeção das lâmpadas. Com rotinas de inspeção pré planejadas que serão controladas por um microcontrolador que em um tempo pré determinado manda pulsos para transistores para iniciar a ligação das lâmpadas, podendo também ser inspecionado a buzina do veículo fazendo com que os transistores energizem a bobina. Para ocorrer o início da inspeção, a chave de ignição deve estar na posição "ON", o veículo esteja parado com o freio de estacionamento aplicado e pressionar o interruptor de início da inspeção, isso é necessário para que não ocorra nenhum início acidental da verificação, como por exemplo, o veículo estar em movimento. As rotinas de inspeção podem ter o tempo ajustado pelo motorista pois será necessário sair do veículo e inspecionar se todas as lâmpadas foram testadas e estão funcionando corretamente. Cada sub rotina do sistema define um grupo de lâmpadas a serem ligadas com padrões únicos de iluminação isso faz com que o vistoriados não perca nenhum dos conjuntos funcionais, por exemplo, primeiro serão ligadas as luzes da parte traseira do veículo, depois as luzes da lateral direita e assim por diante, após todas as rotinas serem realizadas, o microcontrolador manda um sinal e o teste de inspeção de lâmpadas é finalizado, a rotina de inspeção pode ser interrompida se acionar o pedal de freio, soltar o freio de estacionamento, apertar o botão de início da inspeção ou mover a chave para a posição "OFF" ou partida.

### 3. METODOLOGIA

A partir do embasamento na fundamentação teórica, iniciou-se o desenvolvimento do projeto seguindo algumas etapas pré-planejadas pelo orientador e o orientado. A proposta deste trabalho é desenvolver um sistema microcontrolado que realizará a verificação das lâmpadas do veículo a cada ciclo de ignição e comunicação Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) com o painel de instrumentos. O painel de instrumentos irá mostrar ao motorista a condição atual das lâmpadas. O projeto funcionará da seguinte maneira: Sempre que o motorista ligar o veículo, o sistema irá ligar por um intervalo de tempo curto cada uma das lâmpadas do veículo e medir a corrente, e informará sua condição ao painel de instrumentos do veículo através do padrão de comunicação UART, a Figura 17 representa a sequência de execução.

Figura 17: Diagrama em blocos da sequência de funcionamento



Fonte: Dos autores



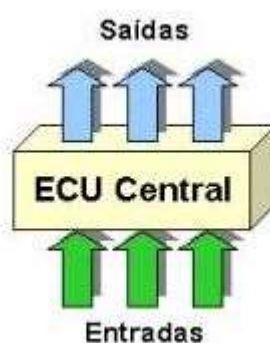
A sequência de funcionamento inicia-se ao pressionar o botão 2 da placa do microcontrolador (1), através desse comando o microcontrolador envia um bit de controle para o circuito de controle de monitoramento, após realização do teste, o resultado é enviado para a entrada do conversor analógico/digital que realiza a comunicação com o microcontrolador (2) através da comunicação serial UART e envia a informação para o display informando ao operador o estado que a lâmpada está, funcional ou não. O papel do microcontrolador (2) é simular o painel de instrumentos do veículo, processar os dados enviados pela comunicação serial UART e mostrar resultado no display.

### 3.1 Arquiteturas Eletrônicas

Arquiteturas eletrônicas automotivas são como os gerenciadores são conectados com seus implementos portanto, como a Unidade Eletrônica de Controle (ECU) é conectada com seus atuadores e sensores. No setor automotivo, vale destacar a arquitetura centralizada e a arquitetura distribuída sendo as mais utilizadas convencionalmente, Alexag (2018).

Na arquitetura centralizada, ilustrada na figura 18, uma única ECU é responsável por fazer o controle e leitura de todos os dados dos componentes embarcados no veículo e com as informações obtidas através dos sensores realizar o processamento das informações e enviar dados de saídas.

Figura 18: Exemplo de arquitetura centralizada

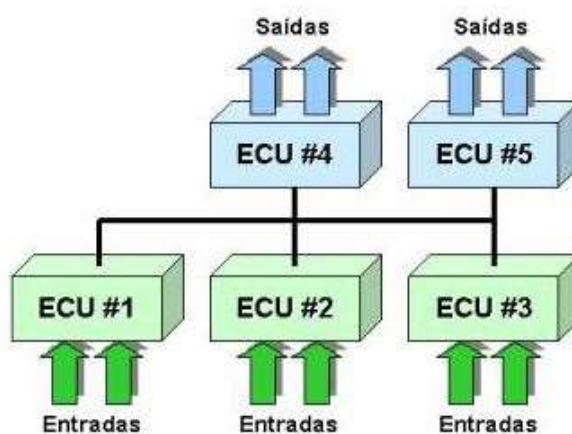


Fonte: pcs.usp.br (2004).

Como esse tipo de arquitetura pode-se ter um hardware mais simples pois, todos os sensores e atuadores serão ligados em um única ECU e a mesma fará o processamento dos sinais, mas também ocorrem desvantagens como, utilizar muitos cabos e qualquer modificação realizada ocorrerá uma mudança em todo o hardware e software do sistema.

Na arquitetura distribuída, várias unidades de controle podem ser interligadas entre si, e então é dividido as funções entre elas. A figura 19 ilustra o modo de ligação da arquitetura distribuída.

Figura 19: Exemplo de arquitetura distribuída



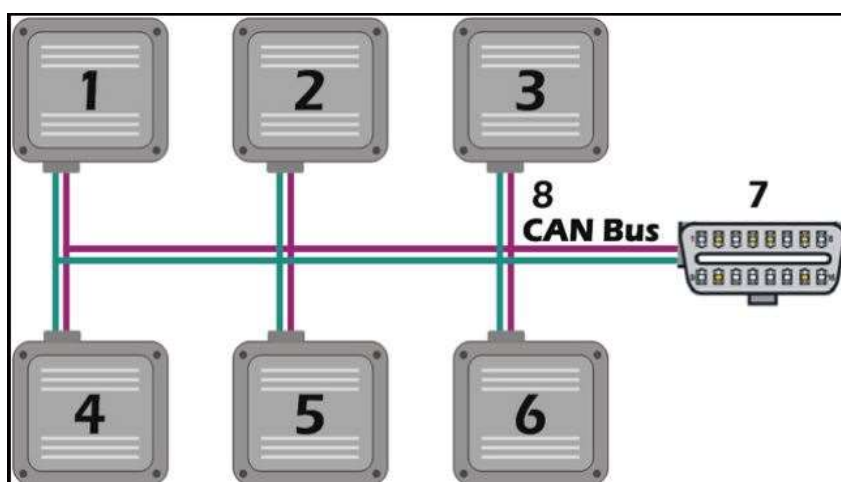
Fonte: [www.alexag.com.br/CAN\\_Bus\\_Parte\\_1.html](http://www.alexag.com.br/CAN_Bus_Parte_1.html)

Com esse tipo de arquitetura a quantidade de cabos utilizada no projeto é reduzida pois, as unidades de comandos poderão ser instaladas próximos aos sensores e atuadores controlados por cada ECU, a robustez do sistema é maior devido a utilização de menos conectores, caso seja necessário realizar uma implementação no sistema, não é necessário mexer em todo o software e sim apenas naquele que será modificado. Para realizar essa interligação entre os módulos de controle é necessário utilizar-se um protocolo de comunicação para que ocorra a comunicação corretamente entre as unidades de controle, onde o protocolo de comunicação mais utilizado na área automotiva é o protocolo CAN.

### 3.2 Protocolo CAN

O protocolo CAN (*Controller Area Network*) foi desenvolvido pela BOSCH por volta dos anos 80, com o propósito de interconectar dispositivos eletrônicos de um automóvel e simplificar os diversos fios que eram utilizados na época para conectar os módulos de controle presente nos carros, segundo Alexag (2018), a figura 20 ilustra as interligações dos módulo utilizando o protocolo de comunicação CAN.

Figura 20: Exemplo de módulos automotivos conectados na rede CAN



Fonte: [edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3391891/mod\\_resource/content/1/1.%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20CAN%20%202017%20%20v1.pdf](http://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3391891/mod_resource/content/1/1.%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20CAN%20%202017%20%20v1.pdf)

O CAN é um protocolo síncrono e é baseado no conceito multi-escravo, Campos (2005), ou seja, os módulos que estão conectados através de nós podem ser mestres e escravos em determinados momentos, as mensagens são enviadas para todos os módulos mas o hardware filtra as mensagens e faz com que cada módulo responda a mensagem de seu interesse, através do campo identificador que é mandado na mensagem do barramento.

O protocolo CAN é um sistema arbitrário onde os módulos conectados nos nós verificam se há algum nó enviando mensagens no barramento, e então, o nó que tiver menos prioridade espera a mensagem de maior prioridade ser transmitida. A figura 21, ilustra a arbitragem das mensagens realizados pelo protocolo CAN, onde o A, B e C representam módulos que querem se comunicar com a ECU central.

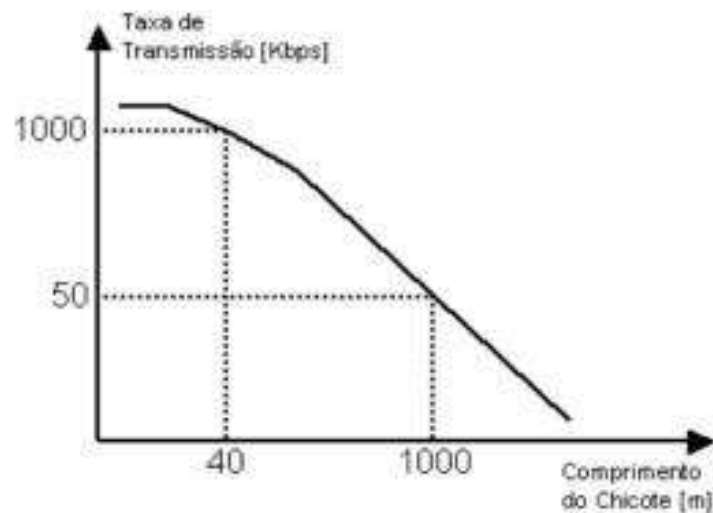
Figura 21 : Exemplo de arbitragem dos nós

Nós da Rede	ID												
<b>A</b>	<b>205</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>B</b>	<b>250</b>	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<b>C</b>	<b>400</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ganha Barramento</b>	<b>205</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Fonte: [edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3391891/mod\\_resource/content/1/1.%20Apresentação%20CAN%20%202017%20%20v1.pdf](http://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3391891/mod_resource/content/1/1.%20Apresentação%20CAN%20%202017%20%20v1.pdf)

A velocidade de transmissão de dados no barramento CAN é inversamente proporcional ao comprimento do barramento e a maior taxa de transmissão é de 1Mbps tendo um comprimento de 40 metros, de acordo com Alexag (2018). A figura 22 demonstra a relação de velocidade de transmissão por comprimento.

Figura 22: Velocidade de transmissão X Comprimento

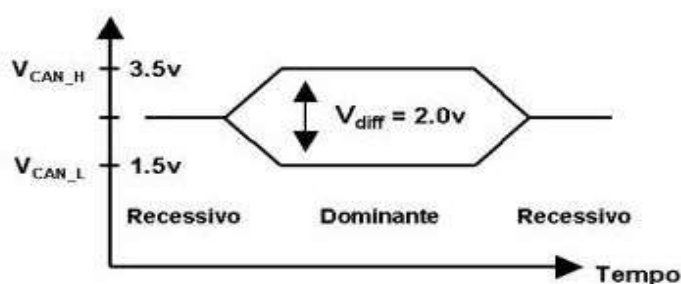


Fonte: [www.alexag.com.br/CAN\\_Bus\\_Parte\\_2.html](http://www.alexag.com.br/CAN_Bus_Parte_2.html)

Existem três maneiras de se estruturar uma rede CAN, com um (1) fio que é exclusivamente rede CAN, rede com dois (2) fios que trabalha com *CAN HIGH* (*CAN\_H*) e *CAN LOW* (*CAN\_L*) e com quatro (4) fios que além do *CAN\_H* e *CAN\_L*

tem um fio pra alimentação e outro para aterramento. O protocolo CAN é classificado como “par diferencial trançado”, (ALEXAG 2018), pois os dados enviados no barramento são analisados pela diferença entre CAN-H e CAN\_L, os fios são trançados para atenuar o fenômeno de interferência eletromagnética, caso um fio tenha interferência eletromagnética o outro fio por estar trançado também sentirá a magnitude da interferência, e isso fará com que não ocorra erro na leitura entre CAN\_H e CAN\_L. Os dados do barramento são binários nível zero “0” (dominante) e nível um “1” (recessivo). A figura 23 demonstra os níveis de tensão e especifica os bits dominantes e recessivo.

Figura 23: Níveis de tensão no barramento e bits dominantes e recessivos.



Fonte: [www.alexag.com.br/CAN\\_Bus\\_Parte\\_2.html](http://www.alexag.com.br/CAN_Bus_Parte_2.html)

### 3.3 Cálculo para desenvolvimento do circuito de monitoramento

O conversor Analógico/Digital (A/D) do microcontrolador 18F4550 é um conversor de precisão de 10 bits, para realizar o cálculo para identificar o valor de tensão para cada bit utiliza - se a equação que relaciona a tensão máxima com o número de bits de precisão. Como nosso projeto foi utilizado um microcontrolador de 10 bits, temos uma tensão de 4,88 mV por bits. Segue cálculos:

Tensão por bit = Tensão de referência/  $2^{\text{número de bits}}$ .

Tensão por bit =  $5/2^{10} = 0,0048$  V ou 4,88 mV.

Para dimensionar o circuito de detecção automática de queima da lâmpada, utilizamos a primeira Lei de Ohm, para calcular a corrente de pico e com esse valor, após passar pelo resistor de shunt, que é uma resistência bem baixa, valor teórico

de  $1 \Omega$ , para ler a tensão no resistor que será o mesmo valor da corrente do circuito. A seguir são apresentados os cálculos:

Corrente de pico (I) = Potência da lâmpada / Tensão de alimentação

$$I = 5W/12V = 0,416 \text{ Amper.}$$

Com esse dado de pico de corrente a tensão máxima medida pelo conversor A/D será de 0,416 V ou 416 mV, devido ao cálculo usando o resistor de shunt. Segue o cálculo:

Tensão do A/D = Resistência de Shunt \* Corrente do circuito

$$\text{Tensão do A/D} = 1\Omega * 0,416 \text{ A} = 0,416 \text{ V}$$

Com o valor de tensão calculado do A/D calculamos o valor binário que será registrado pelo conversor A/D do microcontrolador. Utilizando a regra de três:

$$\begin{array}{l} 1024 \text{ ----- } 5V \\ X \text{ ----- } 0,416V \end{array} \quad X = 85$$

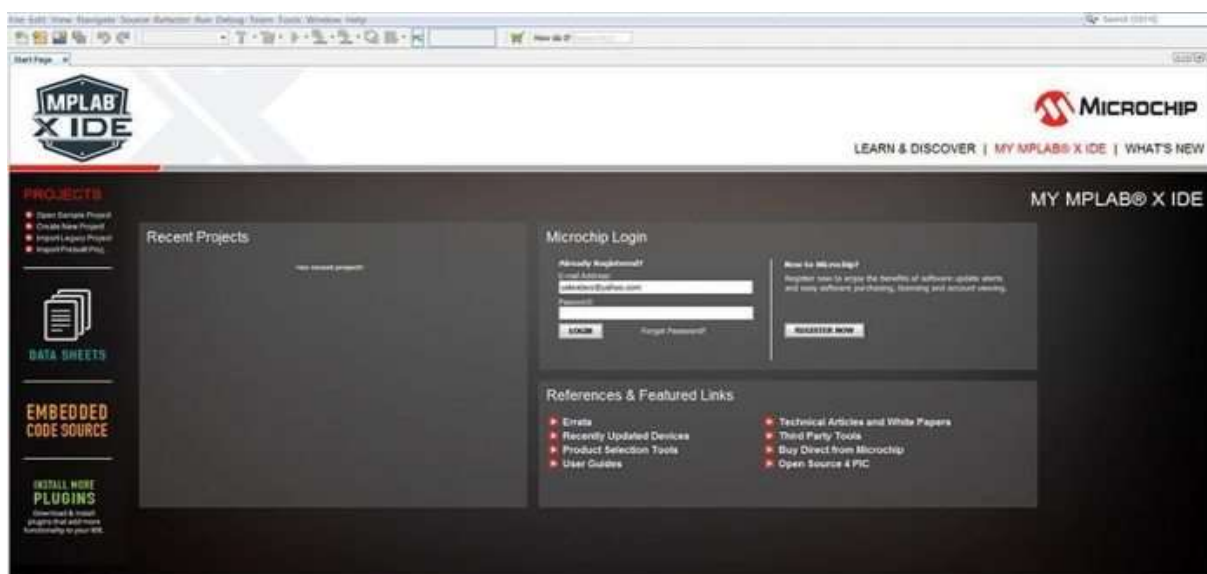
Esse valor de 85 foi utilizado na detecção da corrente pelo circuito, utilizamos 80, caso o valor lido em binário seja  $\geq 80$  o microcontrolador processa a mensagem que o circuito está funcional caso o valor seja  $< 80$  o microcontrolador processa a informação e enviar via rede CAN para outra placa ECU FATEC simulando o painel de instrumentos do veículo e mostra no LCD que a lâmpada está queimada ou funcional sendo o valor  $\geq 80$ .

### 3.4 Desenvolvimento do software e simulação do hardware

Segundo Artimar (2016), o MPLAB X *Integrated Development Environment* (IDE), é um software que é utilizado para se trabalhar com os microcontroladores do microchip, nele é possível realizar programações com linguagens em *assembly*, C ou BASIC. Possui *debugger* para ser utilizado com ferramentas externas, como por exemplo, o Protheus que é um simulador de projetos. Através do MPLAB escrevemos o software e com o compilador foi gerado um arquivo hexadecimal.

Esse arquivo é carregado no software Protheus que realiza as simulações do projeto. A figura 24 ilustra a página inicial do MPLAB X e a figura 32 representa uma parte de simulação do nosso projeto no software Protheus.

Figura 24: Tela Inicial MPLABX IDE

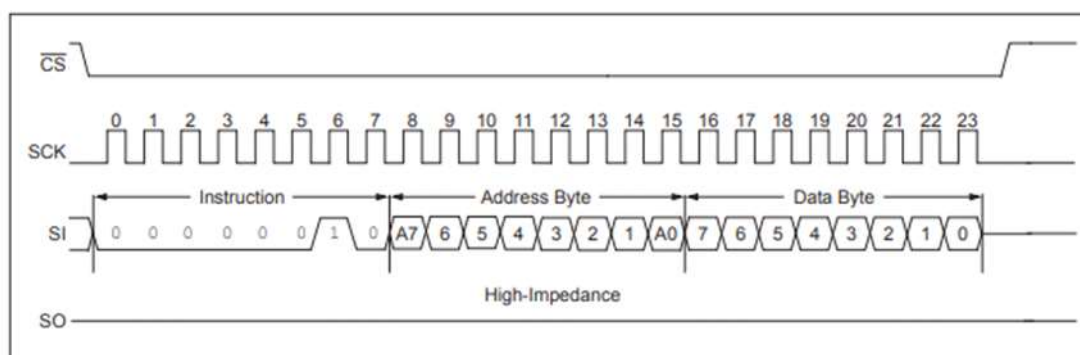


Fonte: [www.embarcados.com.br/mplab-x-ide/](http://www.embarcados.com.br/mplab-x-ide/)

### 3.5 MCP 2515

No projeto seria utilizado o microcontrolador CAN MCP2515 com interface SPI da empresa Microchip, esse chip pode implementar o protocolo CAN padrão, estendido e remote frames, no projeto foi utilizado o CAN padrão que possui seu identificador de 11 bits para a disputa no barramento.

Segundo Microchip (2005), o MCP2515 tem 3 buffers de envio de mensagem e 2 buffers de recebimento, todos os controles para envio e recebimento das mensagens são feitas acessando os registradores internos do MCP2515 por meio do BUS SPI, para iniciar a transmissão de mensagem do buffer TXB0, deve-se



carregar no registrador de endereço 30 Hexadecimal (TXB0CTRL) o valor 00001011 binário. Para carregar o valor no registrador o Microcontrolador PIC18F4550 que está sendo usado no projeto, deve seguir uma sequência, primeiro habilita Chip Select do MCP2515 colocando o nível logico em *low* e manda o comando de escrita 02 Hexadecimal (valor retirado do datasheet do MCP2515), logo em seguida envia o endereço do registrador a ser acessado, no caso do exemplo o 30 Hexadecimal, e por último, o dado a ser escrito no endereço, e retornando o *Chip Select* do MCP2515 para nível logico *high*, desabilitando a comunicação, como mostra figura 25.

Figura 25: Configuração de escrita do MCP 2515

Fonte: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf)

Os bits TXP1 e TXP0, que estão representados na figura são responsáveis por definir a prioridade da mensagem a ser enviada, no caso sendo carregado com o valor 11 binário, definindo como prioridade máxima. O bit TXREQ é o bit que avisa que tem mensagem pendente a ser transmitida, esse bit é limpo automaticamente pelo MCP2515 após o envio da mensagem.

Figura 26: Configuração de endereço MCP 2515

**REGISTER 3-1: TXBnCTRL: TRANSMIT BUFFER n CONTROL REGISTER  
(ADDRESS: 30h, 40h, 50h)**

U-0	R-0	R-0	R-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
—	ABTF	MLOA	TXERR	TXREQ	—	TXP1	TXP0
bit 7							bit 0

Fonte: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf)

Os registradores CNF3 com endereço 28 Hexadecimal (h), o CNF2 com endereço 29h e o CNF1 com o endereço 2Ah, são configuradores da taxa de transmissão do BUS CAN, esses registradores só podem ser configurados no modo de configuração que é definido no registrador CANCTRL no endereço 0Fh. No registrador CNF1 do [bit0 : bit5] configura o time quantum(TQ) que de acordo com datasheet do MCP2515 é o tempo real de cada bit e deve levar em consideração a



soma de 4 segmentos, segmento de sincronização, de propagação, de fase 1 e fase 2, é baseado na frequência do oscilador do microcontrolador e em um *prescaler*, que é a subdivisão da frequência do mesmo oscilador do microcontrolador, com a função de obter maiores tempos.

A equação abaixo demonstra o cálculo de um (1) TQ baseado na frequência do oscilador ( $F_{osc}$ ) e o *prescaler* (BRP).

$$TQ = 2 \times (BRP[\text{bit}0 : \text{bit}5]) / F_{osc}$$

Os bits 6 e 7 do registrador CNF1, define-se o segmento de sincronismo, baseado no TQ, como demonstrado no exemplo abaixo:

$$1\ 1 = \text{comprimento} = 4 \times TQ$$

$$1\ 0 = \text{comprimento} = 3 \times TQ$$

$$0\ 1 = \text{comprimento} = 2 \times TQ$$

$$0\ 0 = \text{comprimento} = 1 \times TQ$$

No registrador CNF2 configura-se o comprimento do segmento da fase1(PHSEG1), baseado no tempo de TQ e é utilizada a equação abaixo:

$$PHSEG1 = (PHSEG1[\text{bit} 2 : \text{bit} 0] + 1) \times TQ$$

No registrador CNF3 configura-se o comprimento do segmento da fase2(PHSEG2), baseado no tempo de TQ, e é utilizada a equação abaixo:

$$PHSEG2 = (PHSEG2[\text{bit}2 : \text{bit}0] + 1) \times TQ$$

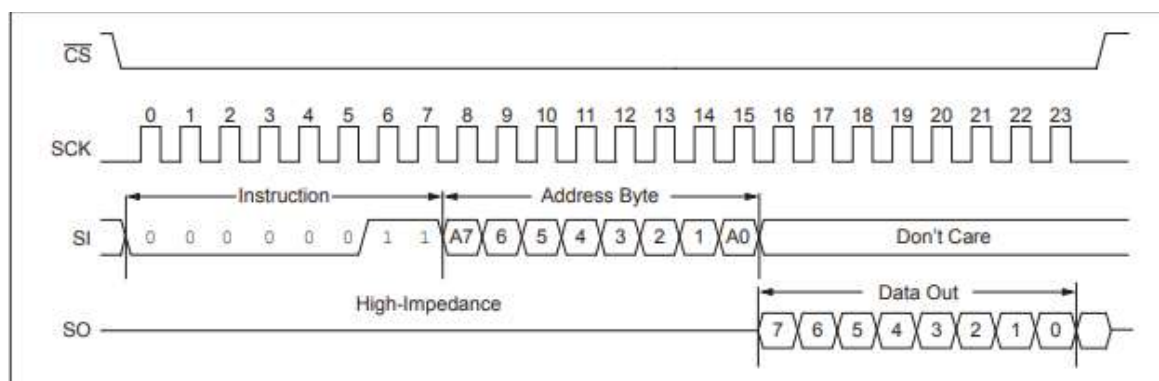
E no bit 7 do registrador configura-se CNF3 e start of frame(SOF), se o bit 2 do registrador CANCTRL estiver em nível lógico baixo, não é necessário se preocupar com SOF.

Após a configuração dos registradores CNF1, CNF2 e CNF3, deve-se colocar o MCP2515 em modo normal, no registrador CANCTRL, e configurar no mínimo os

registradores TXBnSIDH de endereço 31h, TXBnSIDL de endereço 32h e TXBnDLC de endereço 35h para realizar uma transmissão (informação retirada do datasheet do MCP2515).

Para realizar a Leitura do MCP2515 o microcontrolador deve seguir uma sequência para realizar a leitura correta dos dados, primeiro deve se checar se o *buffer* de recebimento tem mensagem, e em seguida, realiza o processo, coloca o pino *Chip Select* do MCP2515 em nível logico baixo e envia pela BUS SPI o comando de leitura 03h, e em seguida, o endereço a ser lido e retorna o valor do registrador após realizar essa sequência, finaliza a comunicação colocando o *Chip Select* em nível logico alto, como mostra a figura 27.

Figura 27: Configuração de leitura do MCP 2515



Fonte: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf)

## 4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado os circuitos e testes realizados para a implementação do monitoramento de lâmpada da lanterna e a automatização do sistema.

### 4.1 Circuito para identificar queima da lâmpada

Foi desenvolvido um circuito que tem como função a detecção automática da queima da lâmpada da lanterna do veículo. Foi utilizado uma lâmpada halógena de 5W simulando a lanterna do veículo ilustrado na figura 28 e através da placa ECU Fatec foi desenvolvido um *software* simulando a ignição do veículo.

Figura 28: Lâmpada de 5W



Fonte: Dos autores

O projeto consiste em que cada ignição será realizado um teste de funcionamento da lâmpada, na figura 29 é representado o circuito de queima da lâmpada montado no *protoboard* e na figura 30 é apresentado a placa ECU Fatec. Após os testes serem finalizados e mostrado a mensagem considerando os dados captados pelo circuito de monitoramento o teste é finalizado automaticamente.

Figura 29: Circuito montado em protoboard e fonte de alimentação 12V



Fonte: Dos autores

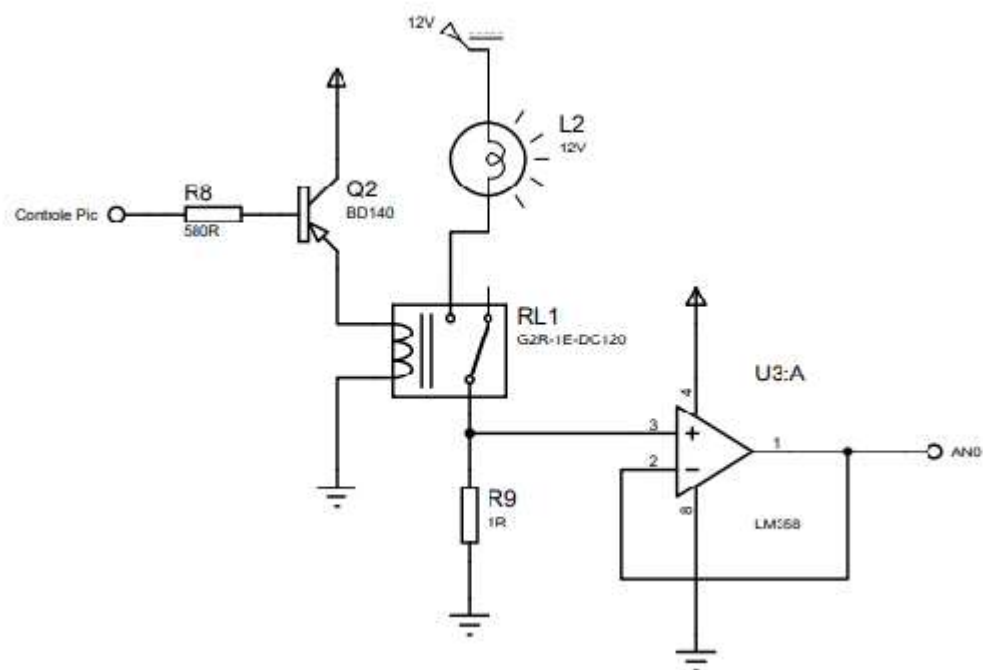
Figura 30: Placa ECU Fatec



Fonte: Dos autores

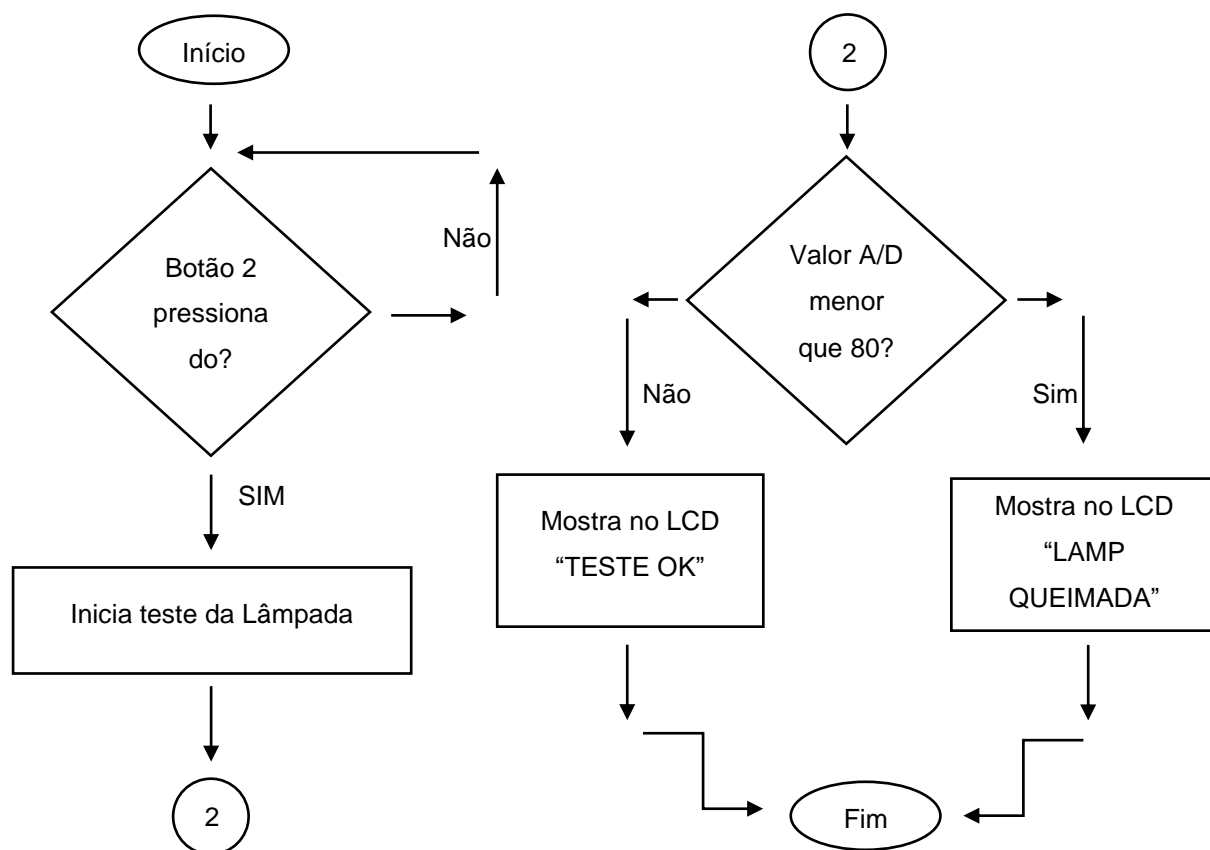
O circuito esquemático está representado na figura 31, possui função automática de teste da lâmpada, a cada ciclo de liga e desliga o circuito monitora a corrente da lâmpada e envia para o módulo de processamento (figura 30), para iniciar o processo de teste é dado a ignição pressionando o botão 2 da placa e a lâmpada vai ligar e desligar fazendo com que a corrente que passe pela lâmpada seja capturada pelo resistor de shunt, que é um resistor de baixa resistência que está ligado em série com a carga e por meio da queda de tensão que ali ocorre, é possível capturar uma variação de corrente. Por ser um resistor com um valor baixo, o valor de a tensão será o mesmo valor da corrente que irá passar pela lâmpada, ao simular o valor de corrente que passa pelo circuito é de 0,41 Amperes e o valor simulado medido no resistor é de 0,41 Volts, também realizamos esse teste medindo a corrente no circuito real, obtivemos uma corrente de 0,39 Amperes e no resistor 0,39 Volts, analisamos os resultados e concluímos que devido ao material de construção do filamento da lâmpada, cabos para realizar as ligações do circuito provoca uma pequena diferença entre o valor teórico que é o simulado com o valor real. Na figura 32 é representado o fluxograma do software de monitoramento de corrente.

Figura 31: Circuito esquemático detecção de lâmpada



Fonte: Dos autores

Figura 32: Fluxograma do Software de monitoramento de corrente



Fonte: Dos autores

## **4.2 Comunicação CAN entre as placas**

A comunicação entre as placas seria realizada pelo protocolo CAN devido ser o protocolo utilizado na área automotiva, (ALEXAG 2018). O conceito seria realizar a comunicação simulando o painel de instrumentos do carro, no caso, que vai receber a mensagem se o sistema de lâmpada está funcional ou não. A placa que irá simular o painel de instrumentos seria outra placa ECU Fatec idêntica a figura 27. Em nosso projeto utilizaríamos o CAN padrão de 11 bits no identificador (tabela 1). Na figura 33 será apresentado o fluxograma para o envio de dados utilizando o protocolo CAN e na figura 34 o fluxograma para recebimento dos dados pela placa que simularia o painel de instrumentos do veículo.

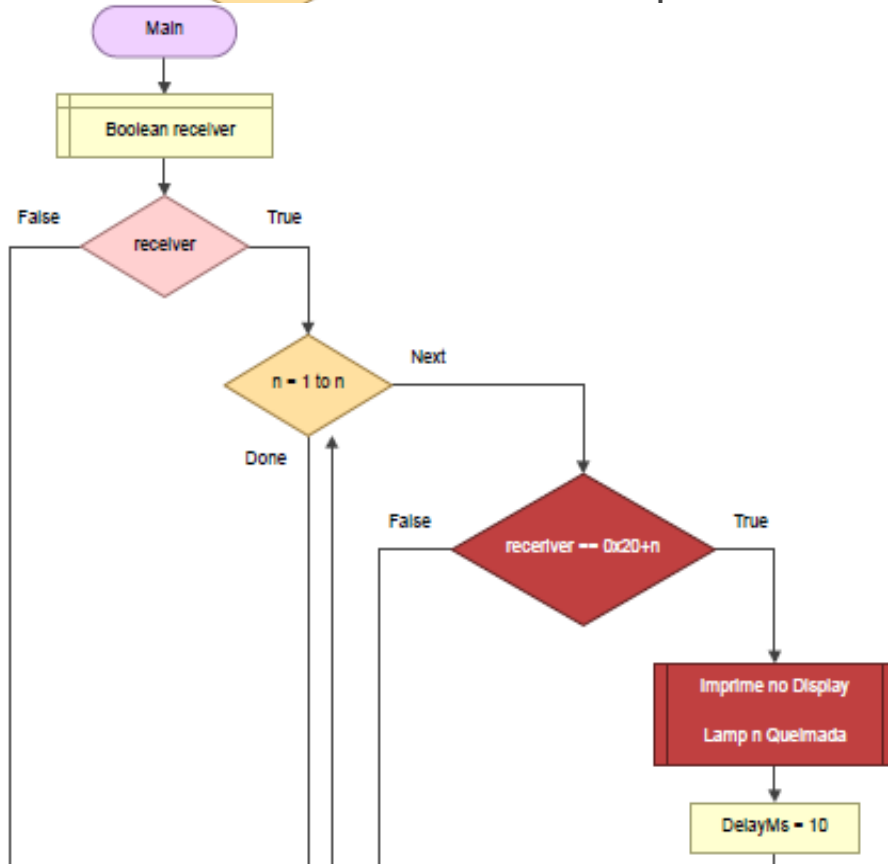
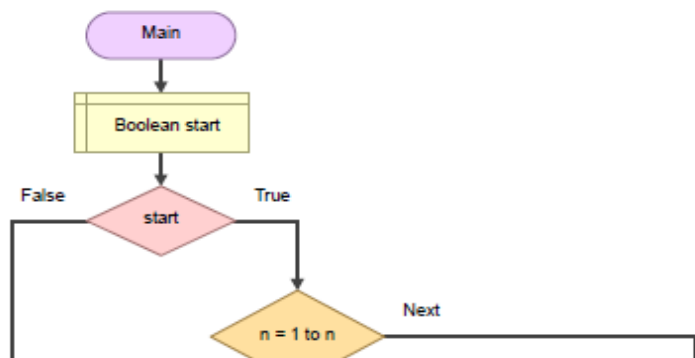
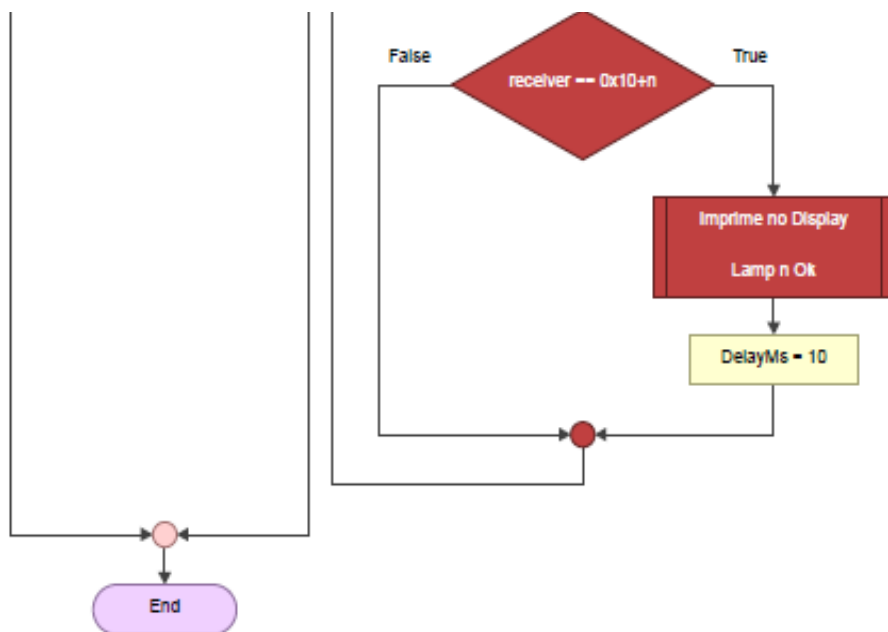
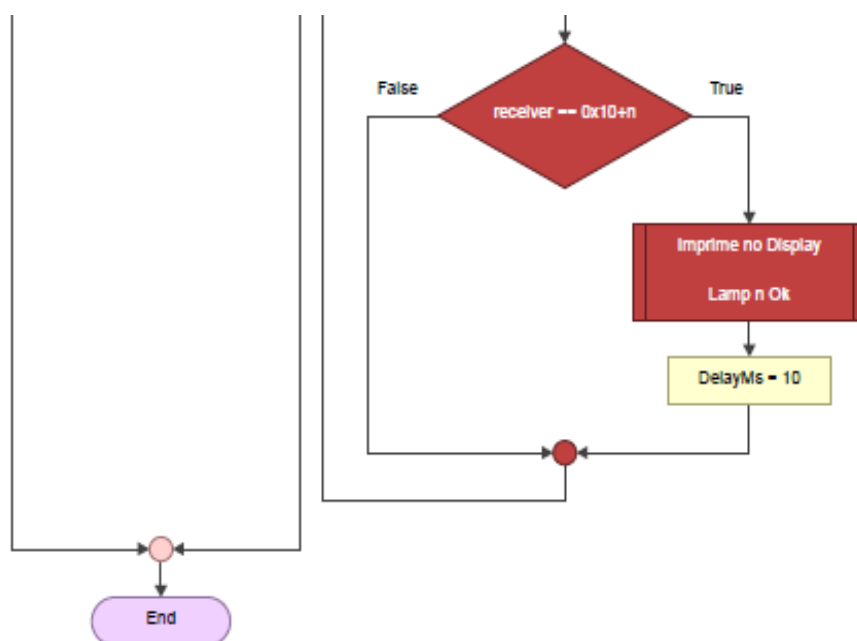


Figura 34: Fluxograma recebimento de dados pela CAN

Figura 33: Fluxograma enviar dados pela CAN



Fonte: Dos autores



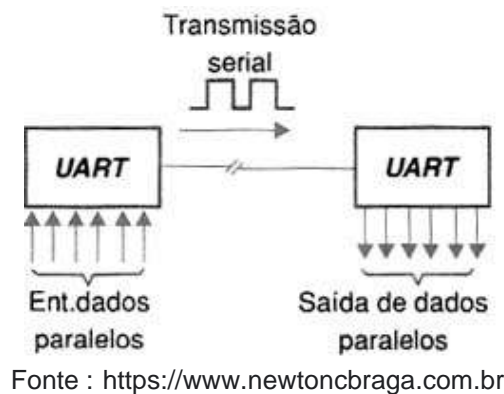
Fonte: Dos autores

Como não foi possível testar a comunicação CAN pois não tínhamos equipamentos para analisar o que estava acontecendo, utilizamos a comunicação serial UART, que é um hardware de comunicação para transferir dados em série entre dispositivos, realiza transição assíncrona e síncrona, em nosso projeto os dados estão sendo transmitidos de maneira assíncrona, ou seja, os dados são enviados sem sinal de *clock* do transmissor para o receptor, a transmissão UART



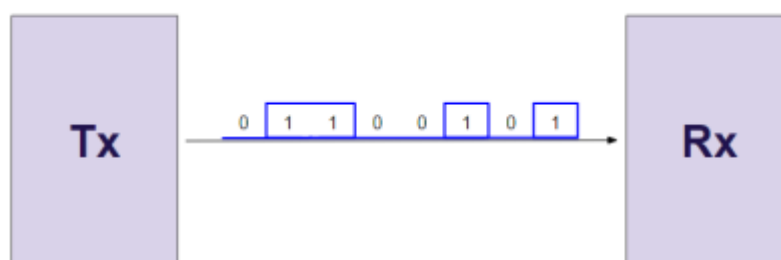
recebe os dados de forma paralela e converte esses dados para transmitir de forma serial entre os microcontroladores, a figura 35 ilustra essa forma de transmissão.

Figura 35: Transmissão de dados UART



Nosso projeto consiste na forma de transmissão em série, nesse tipo de transmissão, junto com os dados são enviados alguns bits de controle, como por exemplo o *star bit* e o *stop bit*, que são bits que tem a função, assim como na rede CAN, de indicar para o receptor quando a mensagem está começando a ser enviada e quando a mensagem acabou de ser transmitida, os dados são enviados sequencialmente, a figura 36 ilustra o modo de transmissão em série.

Figura 36: Transmissão em série de dados

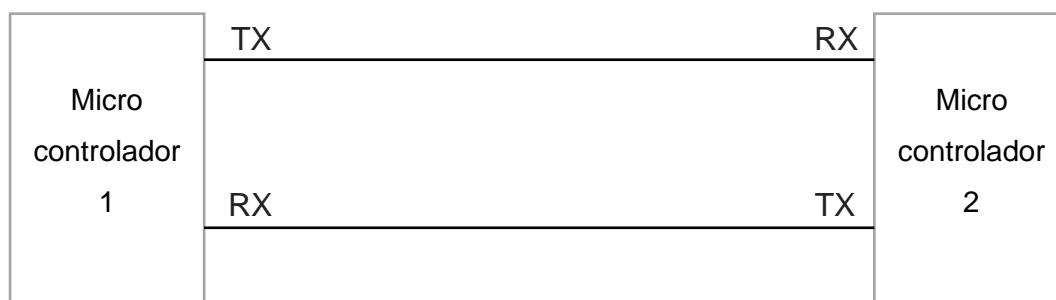


Fonte: [www.bosontreinamentos.com.br/hardware/metodos-de-transmissao-de-dados-hardware/](http://www.bosontreinamentos.com.br/hardware/metodos-de-transmissao-de-dados-hardware/)

De acordo Reis (2016), a vantagem nesse tipo de transmissão comparado com a transmissão em paralelo, é utilizar menos fios para a transmissão de dados então esse tipo de transmissão apresenta menos problemas relacionados a interferência eletromagnética.

A figura 37 demonstra a realização de ligação entre as placas para realizar a transmissão.

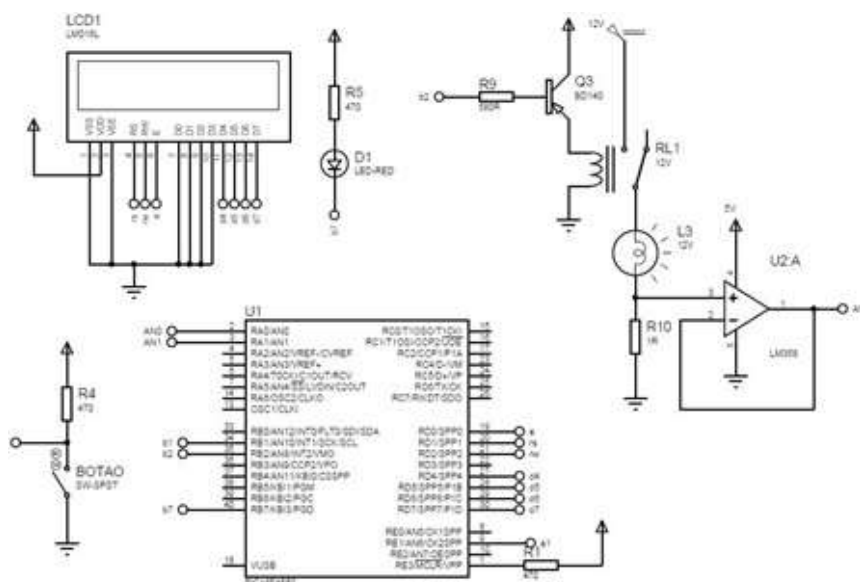
Figura 37: Ligação entre microcontroladores



Fonte: Dos autores

### 4.3 Teste do circuito de detecção automática de queima da lâmpada.

Foi utilizado um resistor de shunt para capturar a corrente que atravessa a lâmpada. Com o teste do circuito, apresentou-se um problema no software, a corrente que passava pela lâmpada era capturada com a medição de tensão em cima do resistor de shunt pelo multímetro, mas não era capturada pela placa ECU Fatec na entrada do conversor analógico. Após várias medições e testes no software, foi modificado o tempo de aquisição dos dados no conversor A/D. Após realização dessa modificação o circuito apresentou resultados esperados de acordo com o funcionamento da lâmpada, circuito esquemático ilustrado na figura 38.



Fonte: Dos autores

Na figura 39 e 40 é mostrado o resultado no display da situação de operação da lâmpada após o a ignição do veículo, simulado na placa pelo botão 2 (B2). Vale ressaltar que, na figura 40 é mostrado o teste com a lâmpada em funcionamento, o tempo que a lâmpada liga é quase imperceptível, após a ignição é dado um pulso na ordem de 20 mili segundos onde a lâmpada cicla rapidamente, para realizar a captura do teste o valor foi aumentado para 1000 mili segundos.

Figura 39: Simulação de lâmpada queimada



Fonte: Dos autores

Figura 40: Teste com lâmpada funcional

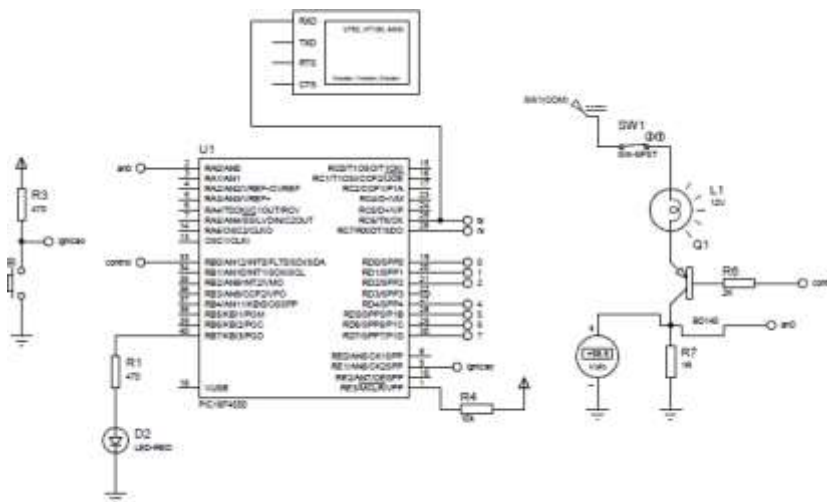


Fonte: Dos autores

#### 4.4 Teste da comunicação UART entre as placas

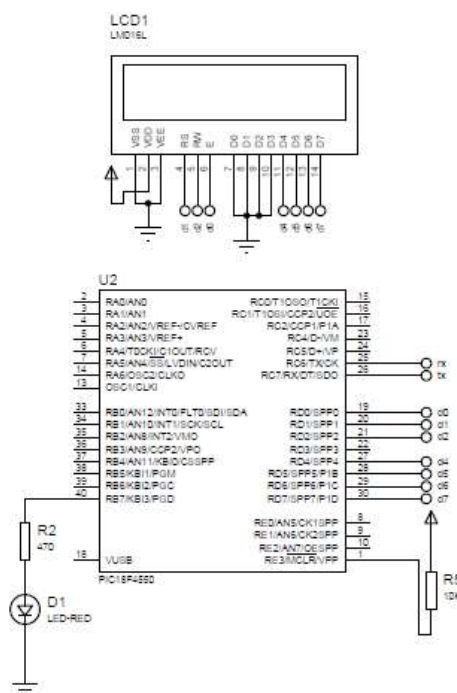
Modificamos a maneira de realizar a comunicação entre as placas devido a falta de equipamentos para analisarmos os parâmetros na rede CAN, com o padrão UART, é possível simular e realizar testes e medições através de *software*, possibilitando assim maiores facilidades para analisar o que estava acontecendo entre a comunicação do transmissor e receptor. Na figura 41 é apresentado a montagem do circuito transmissor e na figura 42 o circuito receptor, ambos simulados pelo software Protheus.

Figura 41: Montagem circuito transmissor



Fonte: Dos autores

Figura 42: Montagem do circuito receptor



Fonte: Dos autores

O objetivo principal do projeto era realizar a comunicação CAN devido ser uma comunicação mais utilizada entre a área automotiva, mas, como já mencionada devido a falta de suporte para realizar os testes nesse protocolo de comunicação, utilizamos o padrão UART, que de acordo com Santos (2010):

São redes de comunicação com baixa largura de banda utilizada em funções de conforto e diagnóstico ( geralmente para essas funções a tendência é ter como acessar uma das redes padrão do veículo), como vidro elétrico, retrovisor, controle de bancos, lâmpadas etc. Alguns exemplos de redes automotivas Classe A são UART, I<sup>2</sup>C, BEAN, A-BUS, LIN, TTP/A e outras. (SANTOS,2010,p.72).

A figura 43 ilustra a montagem e demonstra finalização do projeto com todas as placas interligadas entre si.

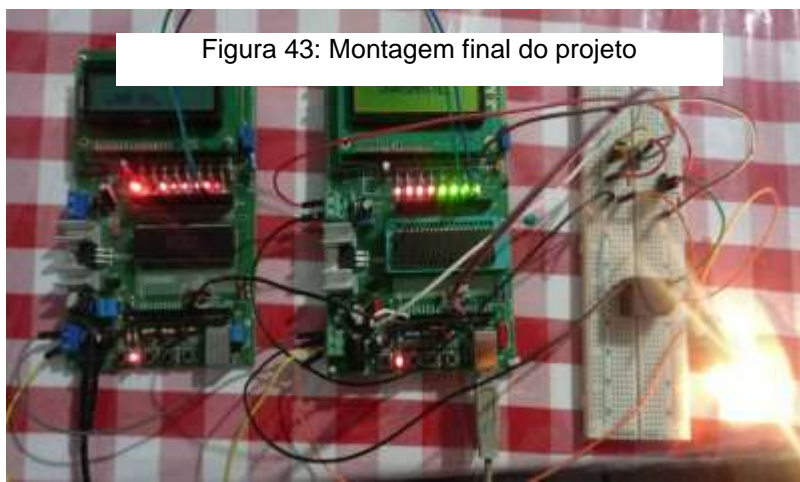
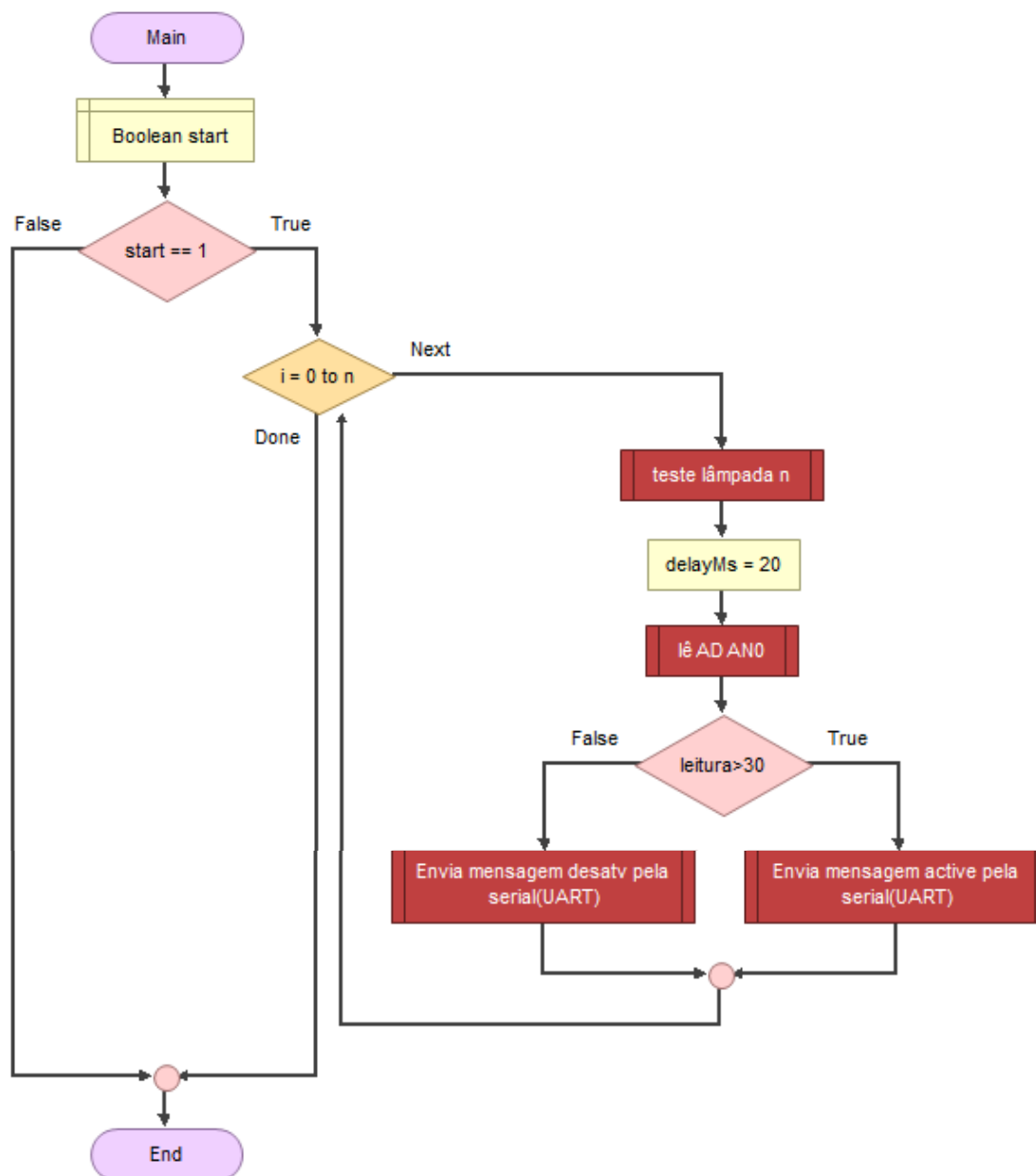


Figura 43: Montagem final do projeto

Fonte: Dos autores

A figura 44 ilustra o fluxograma para a realização do software com padrão UART, comparando com os fluxogramas apresentado nas figuras 33 e 34 é possível notar que a lógica de programação entre o protocolo CAN com o padrão UART são parecidos.

Figura 44: Fluxograma com padrão UART



Fonte: Dos autores

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro passo do projeto foi realizar simulações virtuais para testar o funcionamento do circuito de monitoramento da lâmpada, foi realizado um circuito com transistores para ficar chaveando e ciclando a lâmpada, mas com esse método não era possível a detecção da corrente que passava no circuito e com isso não conseguimos captar se a lâmpada estava funcionando ou não, após várias tentativas utilizamos o circuito com um resistor de shunt, é um resistor com baixo valor de resistência. A partir deste conceito, iniciaram os testes monitorando a queda de tensão dada pelo resistor no circuito, os resultados foram conforme o esperado, quando havia corrente na lâmpada era possível captar esse valor através da tensão no resistor, nos primeiros testes realizados a corrente que era capturada pelo circuito era de 0,39 Amperes, após alguns testes utilizando a lâmpada repetidamente, podemos observar e comprovar realizando medições com o amperímetro que, o valor de corrente cai de acordo com a temperatura da lâmpada, isso comprova na prática a pesquisa realizada, a resistência da lâmpada aumenta de acordo com a temperatura do filamento. Concluído essa parte do experimento, começamos a implementar o *software* para controlar esse circuito, a partir do sinal que é dado pelo operador o microcontrolador envia sinal para o circuito de monitoramento e os testes são iniciados. Nessa fase de automatização do sistema tivemos um problema que não conseguíamos captar a variação de tensão pelo resistor de shunt na entrada do conversor analógico/digital, iniciamos os testes medindo com um multímetro todo o circuito de monitoramento e analisando os valores obtidos, concluímos que o problema não estava no circuito mas sim no *software* de controle. Analisamos o *software* passo a passo, e observamos que o tempo de captação do conversor analógico/digital não estava pré-definido, com esse dado concluímos que a leitura realizada pelo microcontrolador na entrada do conversor analógico/digital era tão rápida que não havia tempo dos dados do circuito de monitoramento chegar até a entrada do conversor analógico/digital do microcontrolador, o tempo de aquisição da captação da entrada do conversor analógico/digital foi ajustada e então os resultados obtidos nessa primeira parte do projeto foram conforme o esperado e satisfatórios.

A segunda parte do projeto previa a comunicação via CAN entre a placa que fazia a leitura do conversor analógico/digital com uma outra placa que simularia o painel de instrumentos do veículo e mostraria a mensagem indicando se as lâmpadas estão funcionais ou qual lâmpada estava queimada para o motorista, essa



parte da implementação era a mais preocupante pois não tínhamos experiência com esse protocolo de comunicação. Os testes foram realizados virtualmente já que estamos passando por tempos difíceis e não disponibilizávamos de medidores de precisão como por exemplo um osciloscópio, nos testes não era possível testar a comunicação CAN, mas conseguíamos realizar testes com a comunicação UART entre as placas, enviamos endereço e verificamos se chegava na placa que simularia o painel de instrumentos do veículo, após vários testes e modificações no *software* tivemos o resultado de mandar endereço e receber corretamente na outra placa, finalizado está parte foi implementado todo o conjunto do sistema, o circuito de monitoramento da lâmpada e a comunicação UART realizada entre as placas e dessa forma realizamos a conclusão de todas as partes do projeto.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados do trabalho foram satisfatórios, podemos colocar em prática o conhecimento que foi adquirido ao longo do curso, analisando e projetando circuitos e as técnicas de programação. Em relação ao protocolo de comunicação CAN, tivemos conhecimento teórico sobre os cálculos que são necessários para realizar as configurações, a identificar os campos de mensagens e como esses dados são decodificados em uma rede de comunicação. Colocamos em prática outro modo de comunicação para substituir a comunicação CAN e obtivemos êxito em nosso trabalho. Os estudos realizados com as lâmpadas halógenas nos esclareceu fenômenos físicos que era presenciado em nosso cotidiano como por exemplo, o porquê de as lâmpadas ficarem mais escuras e o fenômeno físico que a por trás desse acontecimento.

Sobre o protocolo UART, concluímos que a transmissão em série de dados é menos susceptíveis a erros pois, como utiliza menos cabos para realizar a comunicação entre transmissor (tx) e receptor (rx) não haverá tanta interferência eletromagnética quanto a transmissão em paralelo dos dados, e dessa forma, como não haverá diferença entre o tamanho dos cabos o problema de atraso de propagação é extinto nesse tipo de transmissão.

## **6.1 Propostas futuras**

Como proposta futuras, sugeridos a real implementação do protocolo de comunicação CAN, adaptação do circuito de monitoramento de lâmpadas ao veículo e realizar a comunicação com o painel de instrumentos via protocolo CAN.

## **7. REFERÊNCIAS**

RIBEIRO, Rodrigo. **Quanto gastam as diferentes lâmpadas do farol do carro?:** Consumo elétrico varia de acordo com a tecnologia usada na iluminação automotiva. [S. l.], 6 dez. 2019. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/correio-tecnico-quanto-gastam-as-diferentes-lampadas-do-farol-do-carro/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

EDUARDA, Maria. **HISTÓRIA DAS LÂMPADAS: ENTENDA A SUA CRIAÇÃO E EVOLUÇÃO.** [S. l.], 8 maio 2018. Disponível em: <https://blog.iluminim.com.br/historia-das-lampadas-entenda-a-sua-criacao-e-evolucao/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ICETRAN. **Aceso ou apagado? Alto ou baixo? Saiba tudo sobre o uso do farol.** [S. l.], 23 out. 2019. Disponível em: <https://icetran.com.br/blog/tudo-sobre-o-uso-do-farol/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FAZÃO, Dilva. **Thomas Edison:** Inventor norte-americano. [S. l.], 11 jun. 2019. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/thomas\\_edison/](https://www.ebiografia.com/thomas_edison/). Acesso em: 19 abr. 2020.

IVANENKO, Fernando. **FAROL SILIBIM.** [S. l.], 5 fev. 2018. Disponível em: <https://www.maosaoauto.com.br/2015/10/farol-silibim/>. Acesso em: 21 abr. 2020.

ALVES, Leo. **Philips demonstra evolução da iluminação dos carros em vídeo com realidade virtual.** [S. l.], 14 jul. 2017. Disponível em: <https://garagem360.com.br/philips-evolucao-iluminacao-carros/>. Acesso em: 21 abr. 2020.

OLIVEIRA, Ricardo de. **Os 4 diferentes tipos de lâmpadas para faróis de carros.** [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.noticiasautomotivas.com.br/os-diferentes-tipos-de-lampadas-para-farois-de-carros/>. Acesso em: 21 abr. 2020.

GUIMARÃES, Vinicius. **Qual melhor lâmpada de carro? Xenon, LED ou Super Branca?: LÂMPADAS XENON.** [S. l.], 18 maio 2016. Disponível em:

<https://www.autocustom.com.br/2016/05/qual-melhor-lampada-de-carro-xenon-led-ou-super-branca/>. Acesso em: 25 abr 2020.

PHILIPS inova em lâmpadas halógenas automotivas. [S. l.], 28 nov. 2018. Disponível em: <http://portaldaautopeca.com.br/philips-inova-em-lampadas-halogenas-automotivas/>. Acesso em: 25 abr 2020.

AUTO PAPO. **10 luzes do carro: você sabe para que elas servem?**. [S. l.], 29 set. 2018. Disponível em: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/luzes-do-carro-para-que-elas-servem/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

VILANOVA, Carolina. Instalação do kit xenon. **Terça Feira**, [s. l.], 30 jun. 2015. Disponível em: <https://omecanico.com.br/instalacao-do-kit-xenon/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

REATTI, Alberto. **Low-Cost High Power-Density Electronic Ballast forAutomotive HID Lamp**. [S. l.], 2 mar. 2000. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/3279962\\_Low-cost\\_high\\_power-density\\_electronic\\_ballast\\_for\\_automotive\\_HID\\_lamp](https://www.researchgate.net/publication/3279962_Low-cost_high_power-density_electronic_ballast_for_automotive_HID_lamp). Acesso em: 20 nov. 2020.

DALLA COSTA, Marco Antônio et al. **Projeto e implementação de um reator eletrônico microcontrolado, de elevado fator de potência, orientado a lâmpadas de vapor metálico**. **Sba Controle & Automação**, Natal, v. 20, n. 3, p. 405-416, Sept. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010317592009000300011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010317592009000300011&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 nov. 2020.

CONTRAN. **Decreto nº 4711, de 2 de junho de 2011**. Nº. [S. l.], 7 jul. 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114894>. Acesso em: 20 nov. 2020.

PHILIPS. **Troca de lâmpadas comuns por LED é permitida, mas deve obedecer legislação**: Tire suas dúvidas sobre a instalação de LED no seu carro. [S. l.], 11 mar. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/especial-publicitario/philips->

led-automotivo/noticia/2019/03/11/troca-de-lampadas-comuns-por-led-e-permitidas-deve-obedecer-legislacao.ghtml. Acesso em: 16 maio 2020.

CONTRAN. **Decreto-Lei nº 9503, de 29 de maio de 2003**. 4711. [S. l.], 19 mar. 2007. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=106671>. Acesso em: 10 mai. 2020.

CZERWONKA, Mariana. Contran regulamenta alterações na iluminação de veículos. *In: Portal do Trânsito e Mobilidade*. [S. l.], 30 maio 2017. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/contran-regulamenta-alteracoes-na-iluminacao-de-veiculos-2/>. Acesso em: 12 maio 2020.

CONTRAN. **Decreto-Lei nº 667, de 18 de maio de 2017**. 4711. [S. l.], 22 maio 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=343767>. Acesso em: 19 maio 2020.

LOPES, Igor. **Das incandescentes aos LEDs: a evolução dos faróis automotivos**. [S. l.], 3 fev. 2012. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/carros-e-tecnologia/noticia/das-incandescentes-aos-leds-a-evolucao-dos-farois-automotivos/23953>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GUMBEL, Matthew J.; BELL, Joseph A. **VEHICLE LAMP INSPECTION SYSTEM**. [S. l.], 6 jan. 2004. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US6674288B2/en?q=US+6%2c674%2c288+B2>. Acesso em: 8 jul. 2020.

ALEXAG *et al*, (ed.). **BARRAMENTO CONTROLLER AREA NETWORK: Conceituação**. [S. l.], 11 jun. 2018. Disponível em: [http://www.alexag.com.br/CAN\\_Bus\\_Parte\\_2.html](http://www.alexag.com.br/CAN_Bus_Parte_2.html). Acesso em: 27 set. 2020.

CAMPOS, Carlo Frederico; SIMONE, Danielle. Protocolo CAN Controller Area Network. **Protocolo CAN Controller Area Network**, [s. l.], 2005. Disponível em: [https://www.dca.ufrn.br/~affonso/DCA0447/aulas/slide\\_can.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/DCA0447/aulas/slide_can.pdf). Acesso em: 27 set. 2020.

BROEDEL, Alex; DOS SANTOS, Herbert. **Sistema de auxílio de estacionamento modularizado com protocolo CAN**. Orientador: Kleber Nogueira Hodel. 2011. Trabalho Conclusão de Curso (Tecnologia em Autotrônica) - FATEC SANTO ANDRÉ, [S. l.], 2011. p. 31 ao 37. Disponível em: Acesso em: 27 set. 2020.

MACISAAC, Dan; KANNER, Gary; ANDERSON, Graydon. Basic Physics of the Incandescent Lamp (Lightbulb). **THE PHYSICS TEACHER**, [s. l.], v. 37, p. 520-525, 5 dez. 1999. Disponível em: [https://physlab.org/wp-content/uploads/2016/03/Planck\\_ref8.pdf](https://physlab.org/wp-content/uploads/2016/03/Planck_ref8.pdf). Acesso em: 21 nov. 2020.

SOUZA, Líria Alves de. "Argônio"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/argonio.htm>. Acesso em 21 de novembro de 2020.

LAHR, Jeremy A.; KREFT, Allyson K.; TAYLOR, Douglas R.; WAGESTER, Steve F.; MIARS, Marilyn R. **Exterior lamp check for motor vehicles** Depósito: 1 fev. 2005. Concessão: 12 set. 2006. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US7106068B2/en>. Acesso em: 21 nov. 2020.

MICROCHIP TECHNOLOGIES (Org.). MCP2515: **Stand-Alone CAN Controller With SPI Interface**. 2005. Disponível em: . Acesso em: 22 nov. 2021.

REIS, Fábio dos. **Métodos de transmissão de dados – Hardware**. [S. l.], 4 ago. 2016. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/hardware/metodos-de-transmissao-de-dados-hardware/>. Acesso em: 29 nov. 2020.

SANTOS, M. M. D. **Redes de comunicação automotiva – características, tecnologias e aplicações**. São Paulo: Érica, 2010. 220p.

## 8. APÊNDICES

### Apêndice A Software: Controle monitoramento de lâmpada e transmissão UART

```

/*
 * MainTaskMng.c
 * Author: Pedro Bertoleti
 * Data: Jan/2016
 * Description:
 * This software is a task manager for 8-bit PIC microcontrollers.
 * WARNING: be careful when programming the tasks. Tasks must be as fast as
 possible (due to real-time features of this task manager)
 */

/* Changed by Wesley Torres in order to fit into hardware developed on FATEC
 Santo André */
/* Author: Wesley Torres
*/

/* Date: 08/May/ 2016
*/

/* Adaptado para uso no projeto
 * author: Ricardo Brum, Alisson Perdão
 * Date: 30/Nov/ 2020
 */

//Software para a Leitura analógica e transmissão de Dados via Serial
#include "config.h"
#include "Hardware.h"
#include "displayLCD.h"
#include "ADC.h"
#include "UART.h"
#include "USART.h"

```

```

#define Button      PORTEbits.RE1
#define Button1    PORTEbits.RE2
#define control_lamp  LATBbits.LATB0
/*****
/
/*
                                     Variables
*/
/*****
/
unsigned int cont      = 0;
unsigned char send     = 0;
unsigned char Code     = 0;
unsigned char button_flag = 0;
unsigned char button_flag1 = 0;

/*****
/
/*
                                     protótipo
*/
/*****
/
void Teste_Lampada();

/*****
/
/*
                                     interrupt
*/
/*****
/
void interrupt isr(void)
{
    if(PIR1bits.RCIF){
        PIR1bits.RCIF = 0;

```





```

/*****
/
void main(void)
{
    InitHardware();           //configura e inicia o hardware do pic 18f4550
    ConfiguraLCD();          //configure e inicia o LCD display
    TRISEbits.RE1 = 1;      //configura como entrada pino rb6
    PIE1bits.RCIE = 1;      //habilita as interrupções da uart
    Init_UART();            //inicia a comunicação assincrona da uart
// PosicaoCursorLCD(1, 2);
// EscreveFraseRamLCD("TRANSMITE");

//UART_Write_String("Teste"); //testando o envio da comunicação

/*****main loop*****/
while(1){
    Teste_Lampada();
} //end while
} //end main

/*****
/
/*                               Teste   Lâmpada
*/

/*****
/
void Teste_Lampada(){
    static unsigned int Leitura_AD = 0;           //variável para ler o valor do AD
    static unsigned int Valor_Tensao = 0;        //variável para mostrar o valor de
tensão
    unsigned int m_x, u_x, d_x, c_x, x_int;      //variáveis para mostra valor com
virgula no display

```

```

/*****Botao para simular ignição*****/
if(!Button)button_flag = 1;           //se botão igual 0 flaag igual 1
if(Button && button_flag){           //se botão e flag igual 1
    button_flag = 0;                 //flag igual 0
    control_lamp = 0;                //liga a lâmpada para teste
    __delay_ms(20);                  //aguarda 20 ms para a corrente subir

    Leitura_AD = adc_read(0);        //lê a entrada An0

    if(Leitura_AD > 20){
        UART_Write_String("Active");
    }else{
        UART_Write_String("Desatv");
    }
    control_lamp = 1;
}

/*****Debug da leitura analogica*****/
// Valor_Tensao = (5 * Leitura_AD)/1024; //calcula a tensão
// Valor_Tensao = Valor_Tensao * 100; //ajuste para mostrar no display
//
// c_x = Valor_Tensao/100; //calcula a parte centena do valor
// d_x = (Valor_Tensao % 100)/10; //calcula a parte dezena do valor
// u_x = Valor_Tensao % 10; //calcula a parte unidade do valor
//
// PosicaoCursorLCD(2, 2); //posiciona no display
// EscreveCaractereLCD(c_x + 0x30); //mostra centena no display
// PosicaoCursorLCD(2, 3); //posiciona no display
// EscreveCaractereLCD(','); //escreve virgula no display
// PosicaoCursorLCD(2, 4); //posiciona no display
// EscreveCaractereLCD(d_x + 0x30); //mostra dezena no display
// PosicaoCursorLCD(2, 5); //posiciona no display
// EscreveCaractereLCD(u_x + 0x30); //mostra unidade no display
//

```

```

//      UART_Write(c_x+0x30);
//      UART_Write(',');
//      UART_Write(d_x+0x30);
//      UART_Write(u_x+0x30);
//
//      PosicaoCursorLCD(2, 8);          //posiciona no display
//      EscreveInteiroLCD(Leitura_AD);    //mostra valor de ad no display
//      LATBbits.LATB0 = !LATBbits.LATB0; //muda o estado de RB0

      /******Teste de comandos*****/
//      if(!Button1) button_flag1 = 1;
//      if(Button1 && button_flag1){
//          button_flag1 = 0;
//
//          UART_Write_String("Desatv");
//
//          LATBbits.LATB1 = !LATBbits.LATB1;
//      }
} //end teste da lampada

```

## **Apêndice B Software: Recebimento da comunicação UART**

```

/*
 * MainTaskMng.c
 * Author: Pedro Bertoleti
 * Data: Jan/2016
 * Description:
 * This software is a task manager for 8-bit PIC microcontrollers.
 * WARNING: be careful when programming the tasks. Tasks must be as fast as
 possible (due to real-time features of this task manager)
 */

```

```
/* Changed by Wesley Torres in order to fit into hardware developed on FATEC
Santo André */
```

```
/* Author: Wesley Torres
```

```
*/
```

```
/* Date: 08/May/ 2016
```

```
*/
```

```
/*
```

```
*
```

```
* Adaptado para uso no projeto
```

```
* author: Ricardo Brum, Alisson Perdão
```

```
* Date: 30/Nov/ 2020
```

```
*
```

```
*/
```

```
#include "config.h"
```

```
#include "Hardware.h"
```

```
#include "displayLCD.h"
```

```
#include "ADC.h"
```

```
#include "UART.h"
```

```
#include "USART.h"
```

```
#define Button      PORTBbits.RB6
```

```
#define LED         LATBbits.LATB7
```

```
/******
```

```
/
```

```
/*
```

```
Variables
```

```
*/
```

```
/******
```

```
/
```

```
unsigned int  cont = 0;
```

```
unsigned int  recebe_valor = 0;
```

```
unsigned char send = 0;
```

```
unsigned char Code = 0;
```

```

unsigned char button_flag = 0;
unsigned char recebe = 0;
unsigned char buffer[8] = {0x00};

unsigned char compararesultado(char array1[], const char array2[], const char
length);

void interrupt isr(void){
    if (/*PIE1bits.RCIE &&*/ PIR1bits.RCIF){ /*if interrupt Recepção UART*/
        recebe_valor = 1;                //coloca em nivel logico alto
        PIR1bits.RCIF = 0;                //desabilita a flag da UART
        PIE1bits.RCIE = 0;                //desabilita o enable da UART
    }//end UART

    if (TMR0IF){
        cont++;

        if(cont == 500){
            cont = 0;
            LED = !LED;

        }//end cont nothing

        INTCONbits.TMR0IF = 0;    //set trigger for Timer0 interrupt (so it can be
generated again)
        WriteTimer0(0x0083);    //Please use HEX. //Set initial value of TMR0 register
(for counting 1ms, as we need)
    }//end TIMER 0
}//end interrupt

/*****programa principal*****/
void main(void)
{
    InitHardware();                //configura e inicia o hardware do pic 18f4550

```

```

ConfiguraLCD(); //configure e inicia o LCD display
TRISBbits.RB6 = 1; //configura como entrada pino rb6
PIE1bits.RCIE = 1; //habilita as interrupções da uart
    Init_UART(); //inicia a comunicação assíncrona da uart
TRISA = 0x00; //coloca todo PORTA como saída
CMCON = 0x07; //desabilita os comparadores internos do
PIC18F4550
ADCON1 = 0x0F; //desabilita as entradas analógicas do
PIC18F4550

//UART_Write_String("Teste"); //teste o envio da comunicação

PosicaoCursorLCD(1, 1);
EscreveFraseLCD("TESTE LAMPADAS");

/*****main loop*****/
while(1) //loop infinito
{
    if(recebe_valor){ //se em nível alto
        PIE1bits.RCIE = 1; //habilita a enable da UART
        UART_Read_String(buffer, 6); //Le uma string recebida pela UART

        if(compararesultado(buffer, "Active", 6)){ //compara se o valor recebido é
igual o salvo
            for(char i=0; i<6; i++){ //limpa o buffer
                buffer[i] = '\0';
            }

            LimpaDisplay(); //limpa o display
            PosicaoCursorLCD(2, 1); //posiciona no display
            EscreveFraseRamLCD("LAMP OK"); //escreve mensagem no display
        }
        if(compararesultado(buffer, "Desatv", 6)){ //compare se o valor recebido é
igual o salvo

```

```

        for(char i=0; i<6; i++){           //limpa o buffer
            buffer[i] = '\0';
        }
        LimpaDisplay();                   //limpa o display
        PosicaoCursorLCD(2, 1);           //posiciona no display
        EscreveFraseRamLCD("LAMP OFF");   //escreve mensagem no
display
    }
    recebe_valor = 0;                     //coloca recebe_valor em nivel logico baixo
} //end recebe_valor
} //end while
} //end main

/*****função para comparar os valores*****/
unsigned char compararesultado(char array1[], const char array2[], const char
length){
    char result = 1;                       //cria variavel e seta me high
    for(char i=0; i<length; i++){         //laço for para comaparar ate o tamanho
estipulado
        if(array1[i] != array2[i]){       //comapara as duas strings
            result = 0;                   //se for verdadeiro retorna zero
        }
    }
    return(result);                       //se não retorna hum
}

```