****

**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FABRICIO BALBINOT**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MONITOR DE PRESSÃO DE PNEUS PARA VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Caxias do Sul**

**2022 FABRICIO BALBINOT**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MONITOR DE PRESSÃO DE PNEUS PARA VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Trabalho apresentado para o Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Uniftec como parte dos requisitos para avaliação da unidade curricular de TCC.**

**Orientador: Prof. Geison Luis Rasia**

**Caxias do Sul**

**2022**

**FABRICIO BALBINOT**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MONITOR DE PRESSÃO DE PNEUS PARA VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Trabalho apresentado para o Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Uniftec como parte dos requisitos para avaliação da unidade curricular de TCC.**

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

**BANCA EXAMINADORA**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Orientador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**Caxias do Sul**

**2022**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MONITOR DE PRESSÃO DE PNEUS PARA VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Fabricio Balbinot**

Autor

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Prof. Geison Luis Rasia**

Orientador

geisonrasia@acad.ftec.com.br

**Resumo:**

**Palavras-chave:**.

**DEVELOPMENT OF A TIRE PRESSURE MONITOR FOR HEAVY VEHICLES SUCH AS BUSES, TRUCKS AND AGRICULTURAL MACHINES**

**Fabricio Balbinot**

Author

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Geison Luis Rasia**

Teacher Advisor

geisonrasia@acad.ftec.com.br

***Abstract:***

***Keywords:***

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1: Exemplo de pneu com pressão baixa, 14](#_Toc104473820)

[Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda. 15](#_Toc104473821)

[Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta. 16](#_Toc104473822)

**LISTA DE GRÁFICOS**

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações

CO2 Dióxido de Carbono

TPMS *Tire Pressure Monitoring System*

ECU *Electronic Control Unit*

HDVs *Heavy-Duty Vehicles* gentleman

ISO *International Organization for Standardization*

LCVs *Light-Commercial Vehicles*

TNO *Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek*

BIT Banco de Informações de Transportes

NHTSA  *National Highway Traffic Safety Administration*

ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres

ECU *Electronic Control Unit*

EEPROM *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*

EMC *Electromagnetic compatibility*

EMI *Electromagnetic interference*

GND *Graduated Neutral Density filter*

MCU Microcontrolador

PCI Placa de Circuito Impresso

PN Part Number

RAM *Random Access Memory*

ROM *Read Only Memory*

VDC *Voltage at Direct Current*

SUMÁRIO

[1 INTRODUÇÃO 10](#_Toc104125557)

[2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA 11](#_Toc104125558)

[2.1 OBJETIVOS GERAIS 11](#_Toc104125559)

[2.2 Objetivos específicos 11](#_Toc104125560)

[2.3 JUSTIFICATIVA 11](#_Toc104125561)

[3 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS 13](#_Toc104125562)

[3.1 MEDIÇÃO INDIRETA 13](#_Toc104125563)

[3.2 MEDIÇÃO DIRETA 15](#_Toc104125564)

[3.2.1 Leitor de pressão 15](#_Toc104125565)

[3.2.2 Central de monitoramento 16](#_Toc104125566)

[4 Estudo sobre acerca de PNEUS 17](#_Toc104125567)

[5 revisão de normas 17](#_Toc104125568)

[6 hardware 17](#_Toc104125569)

[7 definição do circuito 17](#_Toc104125570)

[8 circuito protótipo 17](#_Toc104125571)

[REFERÊNCIAS 17](#_Toc104125572)

# 

# 1 INTRODUÇÃO

# **2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

## 2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do trabalho é projetar toda a parte eletrônica de um sistema de TPMS para monitoramento da pressão dos pneus em veículos da linha pesada como ônibus, caminhões e máquinas agrícolas para pneus que utilizam ar como fluido.

## 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos podem ser divididos em cinco principais partes, citas nos tópicos a seguir.

1. Projetar o *hardware* (*display* e sensores) do sistema TPMS.
2. Desenvolver o software de controle do sistema TPMS.
3. Avaliar o funcionamento do sistema em uma aplicação real.

## 2.3 JUSTIFICATIVA

O número de veículos tem crescido rapidamente em todos os países, este crescimento é reflexo do desenvolvimento da economia e poder de aquisição da população, junto a estes avanços as exigências de segurança em automóveis aumentou, dentre elas está a exigência de sistema de monitoramento de pressão para pneus. (Quan Xin *et al* 2019)

Há uma grande tendência mundial para a adoção de TPMS sustentada por três grandes pilares, redução de acidentes, redução nas emissões de CO2, e redução do consumo de combustível.

Cada país possui uma justificativa para a adoção de TPMS, por exemplo nos Estados Unidos da América a NHTSA estima que 535 mortes e 23000 acidentes são causados anualmente devido a pneus furados, ou estouros de pneus, não há como mensurar qual é a influência da baixa pressão nestes acidentes, porém há estudos que comprovam que pneus com pressão incorreta possuem suas características nominais modificadas, deixando o veículo susceptível a eventos inesperados como, por exemplo aquaplanagem, resistência de atrito e ruptura. Do ponto de vista custo benefício o TPMS é de grande valia, fazendo com os pneus sejam calibrados com maior frequência, o custo não pode ser avaliado apenas no veículo equipado com o sistema, pois se um acidente for evitado, um possível congestionamento e danos a patrimônios públicos, ou de terceiros também serão evitados (NHTSA, pii TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM FMVSS No. 138, 2001)

Na Europa o grande objetivo da utilização de TPMs é a redução de combustíveis fósseis e redução de CO2. Resultados obtidos por um estudo realizado pela TNO, organização holandesa de pesquisa cientifica, mostrou ser possível uma economia de 0,2% a 0,3% de combustível nas categorias LCV e HDV, além de mostrar que todos os benefícios econômicos da utilização de um sistema TPMS se sobressaem frente os custos de implementação, seja pela diminuição do desgaste dos pneus até a redução de acidentes. (Zyl *et al* 2019)

No Brasil não há exigências e regulamentações governamentais para a utilização de sistemas de monitoramento de pressão de pneus, porém a tendência mundial é real e a possibilidade de ser uma exigência no Brasil existe. A tabela a seguir mostra quais países e blocos econômicos já possuem regulamentação e exigem TPMS de série.

Tabela 1: Regulamentação e ano em diferentes regiões do mundo.

|  |  |
| --- | --- |
| China | 2017 - Regulamentação  2019 - Obrigatoriedade do TPMS para novos veículos |
| União Europeia | 2012 – Regulamentação: EC661 – 2009  2012 – Obrigatoriedade para todos novos veículos homologados  2014 - Para todos os veículos novos |
| Indonésia, Israel, Malásia, Filipinas e Turquia | Exigência ao atendimento da norma Européia.  2014 – Obrigatoriedade de TPMS para novos veículos |
| Rússia | 2015 |
| Coreia do Sul  e Japão | 2013 – Regulamentação  2013 – Obrigatoriedade do TPMS em novos veículos  2015 – Obrigatoriedade em veículos existentes. |
| Taiwan | 2012 – Regulamentação  2013 – Exigência do TPMS em novos veículos |
| Estados Unidos da América | 2005 – Regulamentação: FMVSS138  2005 – Obrigatoriedade do TPMS em novos veículos |

**Fonte: NXP**

Devido a grande tendência mundial é questão de tempo até que TPMS sejam exigidos no Brasil, veículos leves já possuem a tecnologia embarcada, porém não há sistemas nacionais de TPMS para linha de veículos pesados. Devido a região da serra gaúcha ser uma grande montadora de ônibus, caminhões e semirreboques o desenvolvimento de um sistema TPMS para linha pesada nesta mesma região, possui um grande potencial de ser implantado nas montadoras, além de os veículos possuírem todos os benefícios citados nos parágrafos anteriores.

3 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS

Um sistema TPMS tem a finalidade de alertar o motorista quando um ou mais pneus estão com a pressão interna abaixo do limite pré-definido de pressão para o modelo de pneu e podem ser classificados em dois principais grupos, o grupo de medição direta e o grupo de medição indireta, cada sistema possui vantagens e desvantagens. (VELUPILLAI, 2007 e GÜVENÇ, 2007).

## 3.1 MEDIÇÃO INDIRETA

A medição indireta utiliza dados de velocidade medidos pelo sistema de ABS, o algoritmo, para detecção de baixa pressão o algoritmo realiza os cálculos utilizando o modelo mecânico do pneu. (Xin *et al,* 2019)

Se um pneu estiver com pressão abaixo da nominal o raio efetivo será menor do que o dos outros pneus do veículo fazendo com que ele tenha uma velocidade angular maior do que um pneus que está com a pressão normalizada, a Figura 1 ilustra a relação entre o raio efetivo e o raio nominal. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 1: Exemplo de pneu com pressão baixa,

Uma imagem contendo frente, homem, grande, estacionado

Descrição gerada automaticamente

Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Veículos com sistema de ABS por exemplo tem a capacidade de aferir a velocidade individual de cada roda, neste caso basta um o algoritmo que relacione as velocidades para determinar se há um pneu com pressão abaixo da nominal. Este modelo de aferição não requer hardware resumindo-se ao algoritmo de controle. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

O sistema de medição indireta se aproveita de sistemas já existentes no veículo podendo detectar pressão baixa em dos pneus.

Segundo VELUPILLAI et al. (2007) existe uma série de desvantagens na medição indireta, como não ocorrer aviso de pressão baixa se dois pneus do mesmo eixo ou do mesmo lado estiver com a pressão abaixo da nominal, ocorrer falso positivo em situações em que o veículo esteja em estradas com neve e ocorra o deslizamento dos pneus.

O autor XING et al. também concorda que o sistema de medição indireta pela velocidade não é preciso e possui desvantagens como não indicar o nível de pressão real dos pneus, mas só um alerta sonoro e/ou visual, falha no alerta quando pneus do mesmo lado estiverem com pressão baixa, além da confiabilidade ser baixa.

A vantagem de um sistema TPMS de medição indireta é de não utilizar hardware adicional e toda parte principal está concentrada no algoritmo, outra vantagem é que este modelo de sistema não requer programação de sensores no sistema quando a troca de rodas e pneus for efetuado, após a calibração basta resetar o sistema, desta forma ele considerará que aquela calibração é a padrão. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

## 3.2 MEDIÇÃO DIRETA

Sistemas TPMS de medição direta necessitam de um sensor de pressão para cada pneu do veículo e é instalado no interior do pneu, transmitindo as informações através de tecnologias sem fio possuindo maior precisão na medição de pressão em comparação com o sistema de medição indireta. Estes sensores costumam utilizar baterias de lítio como fonte de alimentação, motivo este que enfrenta restrições ambientais. (Xin *et al,* 2019).

Pode-se observar que de acordo com os autores sistemas de medição direta possuem algumas desvantagens frente o sistema de medição indireta, pois são necessário componentes específicos para esta aplicação, mas também concordam que existe uma grande vantagem na precisão podendo indicar a pressão exata de cada pneu em tempo real.

### 3.2.1 Leitor de pressão

O módulo leitor de pressão necessita de dimensões reduzidas, além de precisar ser leve frente o peso de um pneu, para reduzir as forças centrífugas, geralmente é instalado junto a válvula conforme mostra Figura 1 e são projetados para atender temperaturas de -40°C a 120°C. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda.

Uma imagem contendo objeto, luz, mesa, monitor

Descrição gerada automaticamente

Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

A válvula além de possibilitar inflar o pneu quando necessário exerce a função de antena do transmissor sem fio, a tecnologia aplicada nos sensores geralmente é CMOS reduzindo ao máximo o consumo da bateria, pois espera-se um longa vida útil do sensor. Além da tecnologia construtiva o uso ideal da energia disponível é parte muito importante e técnicas de gerenciamento de energia precisam ser aplicadas para reduzir o consumo da bateria. Existem modelos que enviam a informação de hora em hora quando o veículo está parado e outros que possuem sensores de velocidade desligando a transmissão quando não há movimento. Sensores mais elaborados também podem possuir um receptor de baixa frequência integrado, assim podem receber comandos de uma central equipada com transmissor, portanto o sensor somente realizará a leitura da pressão sob a solicitação da central. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

### 3.2.2 Central de monitoramento

A central de monitoramento recebe a informação dos sensores sem fio através de uma antena, podendo emitir alertas e em modelos mais avançados exibir no display qual pneu está com pressão baixa e qual é a pressão exatamente. Para a central fazer a distinção entre pneus é necessário programar cada sensor na central de forma a identificar que sensor está em cada roda, quando pneus ou sensores são substituídos uma nova programação necessita ser realizada. A central de monitoramento pode ser alimentada diretamente pela bateria do veículo, ou até mesmo por uma bateria portátil. A Figura 3 mostra um exemplo de TPMS com medição direta, sistema este composto por 4 sensores e uma central de monitoramento. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta.



Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

4 **Estudo acerca de PNEUS**

5 revisão de normas

( ANATEL e ISO )

6 SISTEMAS EMBARCADOS

Segundo Oliveira, 2010 pg.25, um sistema embarcado é definido como um sistema com capacidade de tratamento de informações vindas de um software processado internamente em uma unidade, em outras palavras, o software está embarcado na unidade de processamento, também conhecida como circuito integrado.

## 6.1 MEMÓRIA

Um sistema embarcado é subdividido em algumas partes dentre elas está a memória, ela é a responsável por conter o *software* embarcado. Existem inúmeros modelos de memórias cada qual com suas características, distinguindo-se entre si por características como capacidade de armazenamento, volatilidade, tempo de acesso e latência. As memórias mais conhecidas são as memórias RAM, ROM, PROM, EPROM, EEPROM e FLASH, memórias comumente utilizadas em computadores e outros dispositivos pessoais.

## 6.2 MEMÓRIA

7 Firmware

# REFERÊNCIAS

[NXP, **A Global Solution for Tire Pressure Monitoring Systems.** Disponível em: <https://www.nxp.com/docs/en/white-paper/TPMSWP.pdf >. Acesso em: 05 abr. 2022.]

[VELUPILLAI, Sankaranarayanan; GÜVENÇ Levent. Tire Pressure Monitoring. **IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE**. [*S.l.*]: IEEE, v. 27, n. 6, p. 22-25, dez. 2007. Disponível em: < https://ieeexplore.ieee.org/document/4384640/citations#citations>. Acesso em: 05 abr. 2022.]

[NHTSA. **PRELIMINARY ECONOMIC ASSESSMENT: TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM.** Disponível em: <https://www.nhtsa.gov/document/preliminary-economic-assessment-tire-pressure-monitoring-system>. Acesso em: 05 abr. 2022.]

[NHTSA. **FINAL REGULATORY IMPACT ANALYSIS: TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM.** Disponível em: < https://www.nhtsa.gov/fmvss/tire-pressure-monitoring-system>. Acesso em: 05 abr. 2022.]

[ZYL Stephan van. *et al.* **Study on tyre pressure monitoring systems (TPMS) as a means to reduce light-commercial and heavy-duty vehicles fuel consumption and CO2 emissions.**Disponível em: https://repository.tno.nl//islandora/object/uuid:84b183d4-904f-48dc-a2fd-4ee515e24b1a >. Acesso em: 09 abr. 2022.]

**Daqui para abaixo, não revisado ainda!!!!!!!!!!!!**

CHEN, K.; YEH, C. Preventing Tire Blowout Accidents : A Perspective on Factors Affecting Drivers ’ Intention to Adopt Tire Pressure Monitoring System. n. 77, p. 1–14, 2018.

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

**PAPER • OPEN ACCESS**

Automobile tire pressure monitoring technology

and development trend

To cite this article: Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100. **Automobile tire pressure monitoring technology and development trend**

Zyl *et al* 2019: **Study on Tyre Pressure Monitoring Systems (TPMS) as a means to reduce Light- Commercial and Heavy-Duty Vehicles fuel consumption and CO2 emissions**

|  |  |
| --- | --- |
| **TNO 2013 R10986 | final report** | |
| Study on Tyre Pressure Monitoring Systems (TPMS) as a means to reduce Light- Commercial and Heavy-Duty Vehicles fuel consumption and CO2 emissions | |
| Date | 29 July 2013 |
| Author(s) | Stephan van Zyl  Sam van Goethem  Stratis Kanarachos  Martin Rexeis  Stefan Hausberger  Richard Smokers |

**ANEXOS**

.

OLIVEIRA, André Schneider D.; ANDRADE, Fernando Souza D. **Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2010. 9788536520346. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520346/. Acesso em: 26 mai. 2022.

Links