****

**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FABRICIO BALBINOT**

**PROJETO DE UM SISTEMA MONITOR DE PRESSÃO COM INTEGRAÇÃO AO SISTEMA MULTIPLEX LOHR PARA ONIBUS**

**Caxias do Sul**

**2022 FABRICIO BALBINOT**

**DESENVOLVIMENTO DE UM TPMS INTEGRADO AO SISTEMA MULTIPLEX LOHR PARA ONIBUS**

**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 TPMS INTEGRADO AO SISTEMA MULTIPLEX LOHR PARA ONIBUS**

**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 TPMS INTEGRADO AO SISTEMA MULTIPLEX LOHR PARA ONIBUS**

**Fabricio Balbinot**

Autor

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Prof. Geison Luis Rasia**

Orientador

geisonrasia@acad.ftec.com.br

**Resumo:**

**Palavras-chave:**.

**DEVELOPMENT OF A TPMS INTEGRATED TO THE MULTIPLEX LOHR SYSTEM FOR BUSES**

**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](#_Toc104628938)

[Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda. 15](#_Toc104628939)

[Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta. 16](#_Toc104628940)

[Figura 4: Arquitetura da família de microcontroladores S32K11X. 18](#_Toc104628941)

[Figura 5: Funcionalidades integradas na família de sensores NTM88. 19](#_Toc104628942)

[Figura 6: Dimensões do CI da família de sensores NTM88 19](#_Toc104628943)

**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*

EUA Estados Unidos da América

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](#_Toc107953855)

[2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA 11](#_Toc107953856)

[2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11](#_Toc107953857)

[2.3. JUSTIFICATIVA 11](#_Toc107953858)

[3. ESTADO DA ARTE DAS TECNOLOGIAS DE TPMS 12](#_Toc107953859)

[4. TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS 12](#_Toc107953860)

[3.1 MEDIÇÃO INDIRETA 13](#_Toc107953861)

[3.2 MEDIÇÃO DIRETA 14](#_Toc107953862)

[3.2.1 Leitor de pressão 14](#_Toc107953863)

[3.2.2 Central de monitoramento 15](#_Toc107953864)

[4 Estudo acerca de PNEUS 16](#_Toc107953865)

[5 revisão de normas 16](#_Toc107953866)

[6 SISTEMAS EMBARCADOS e eletrônica automotiva 16](#_Toc107953867)

[6.1 CIRCUITOS INTEGRADOS 17](#_Toc107953868)

[6.1.1 Topologia básica de um microcontrolador de 32 bits 17](#_Toc107953869)

[6.1.2 Topologia básica de sensores para TPMS 18](#_Toc107953870)

[6.2 FONTES DE ENERGIA EM VEÍCULOS 19](#_Toc107953871)

[6.2.x Colocar a norma ISO que estabelece os níveis de tensão para sistemas 12 e 24Vdc 20](#_Toc107953872)

[6.2.1Fontes lineares 20](#_Toc107953873)

[6.2.2 Fontes chaveadas 22](#_Toc107953874)

[7 Firmware 23](#_Toc107953875)

[REFERÊNCIAS 23](#_Toc107953876)

# 

# INTRODUÇÃO

Este trabalho disserta sobre o desenvolvimento de um projeto de TPMS (sistema de monitoramento de pressão de pneus) integrado ao sistema de controle multiplex LOHR para ônibus. No decorrer do trabalho é apresentada uma visão global sobre sistemas de medição de pressão de pneus aplicados tanto em veículos da linha leve, quanto da linha pesada, além aspectos que levaram países desenvolvidos tornar o uso de TPMS obrigatório desde fábrica, a exemplo de como ocorre com outros sistemas como por exemplo sistemas de freios ABS e de cinto de segurança.

Pneus com pressão abaixo da nominal, possuem maior atrito com o solo, do que os com pressão nominal gerando um acréscimo do consumo de combustível e aumentando emissões de gases como o CO2(Dióxido de Carbono) , a estabilidade também é afetada, podendo até aumentar a temperatura do pneu em casos extremos, aumentado as chances de acidentes, com a aplicação do TPMS este tipo de situação pode ser minimizada, mas não são somente benefícios ambientais e de segurança que um monitor de pressão traz se todo o cenário for avaliado há benefícios econômicos, como prolongamento da vida útil do pneu e redução no tempo de revisões rotineiras. (ZYL, 2013 p.20)

No Brasil o TPMS não é obrigatório para nenhuma linha de veículos, seja leve, ou pesada, embora muitas montadoras já possuam este sistema integrados em muitos modelos de veículos leves. Na linha pesada como caminhões, ônibus e máquinas agrícolas este tipo de sistema ainda não é comum quando comparados a veículos leves. Unindo o grande avanço mundial em relação a adoção de TPMS, principalmente em países desenvolvidos, o desenvolvimento do projeto representará um avanço local, regional e até nacional, pois são poucas as empresas que produzem este tipo sistemas no Brasil.

A empresa LOHR Sistemas Eletrônicos Ltd. Foi fundada em 1992 na cidade de Caxias do Sul, iniciou no mercado de automação industrial, porém em 1995 passou a se dedicar apenas a desenvolver e fabricar soluções eletrônicas para sistemas embarcados. Hoje a empresa é referência nacional no desenvolvimento de sistemas embarcados, como ECUs (*Electronic Control Units)*, displays de visualização, relés e sensores para os segmentos agrícola, rodoviário, de construção e mineração. (LOHR SISTEMAS ELETRONICOS)

O desenvolvimento de um TPMS para ser integrado ao sistema de controle de cargas (sistema multiplex) da LOHR representará inovação, pois hoje não existem TPMS compatível no mercado para operar com o sistema multiplex da LOHR em carrocerias de ônibus.

# **OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

* 1. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do trabalho é projetar e prototipar um sistema eletrônico de um TPMS para operação em conjunto ao sistema multiplex LOHR para monitoramento da pressão de pneus que utilizem ar como fluido em ônibus e micro-ônibus de até 6 pneus.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são divididos em três partes, convergindo para a entrega de um protótipo funcional de TPMS.

1. Desenvolver e dimensionar os circuitos para o receptor de sinal dos sensores de pressão.
2. Desenvolver e dimensionar o circuito de medição da pressão dos pneus.
3. Integrar o TPMS com sistema multiplex LOHR.

## JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de um sistema automotivo é desafiador. Atualmente encarroçadoras de ônibus estão buscando o aprimoramento para serem classificadas como montadoras, da mesma forma que as grandes montadoras multinacionais de veículos. Intrínseco a este processo os provedores de sistemas eletrônicos devem atender uma serie de normativas e regulamentações internacionais, como por exemplo, testes elétricos da norma ISO 16750, e qualidade no desenvolvimento de projetos certificada pela IATF. A qualidade de um produto eletrônico embarcado não é atestada somente pelos ensaios elétricos, mas também pela excelência de como um projeto é conduzido, com início, meio e fim bem definidos.

O desenvolvimento de um TPMS no Brasil cria a oferta um produto nacional ao mercado e busca incentivar o desenvolvimento tecnológico e acadêmico do país em um momento que a grande parte das tecnologias são importadas de outros países.

No Brasil, há muitas empresas que comercializam sistemas de monitoramento de pressão de pneus, porém são poucas as que desenvolveram seus próprios produtos no país.

Projetar um TPMS para um sistema de controle de ônibus representa a oportunidade de agregar alta tecnologia embarcada aos veículos de transporte de passageiros que utilizam o sistema de controle LOHR, oferecendo ao mercado do transporte coletivo a mitigação de riscos, prevenção de acidentes, redução no tempo de revisões periódicas, aumento da vida útil de pneus e redução do consumo de combustível, alertando o condutor sempre que a pressão de algum pneu estiver fora da nominal especificada.

# ESTADO DA ARTE EM APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS DE TPMS

## ESTUDOS ACERCA DA APLICAÇÃO DE TPMS

Estudos revelaram que a aplicação de TPMS podem evitar acidentes, como o que foi realizado nos EUA (Estados Unidos da América) pela NHTSA. Estima-se que ocorreram 535 mortes e 23000 acidentes causados anualmente devido a pneus furados e estouros de pneus. O estudo afirma que não há como mensurar qual é a influência da pressão baixa nos acidentes, porém afirma que estudos sobre pneus comprovam que a pressão incorreta altera as características nominais, deixando o veículo susceptível a eventos inesperados como, por exemplo aquaplanagem, resistência de atrito elevada e ruptura. Estes pontos levaram os EUA

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)

1. 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 estão 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 e eletrônica automotiva

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. A memória é a responsável por conter o *software* embarcado, mas pode ser utilizada para armazenar informações temporárias, fazer *logs* de dados entre outras funções de acordo com sua aplicação. Ao passar dos anos e da evolução da eletrônica fora criados inúmeros tipos de memórias cada qual para aplicações específicas, 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, podendo ser encontradas integradas a um microcontrolador, ou operando juntamente com um processador em CIs dedicados. (OLIVEIRA, 2010, ANDRADE, 2010)

## 6.1 CIRCUITOS INTEGRADOS

Com a invenção do transistor muitos equipamentos eletrônicos foram desenvolvidos utilizando circuitos digital, porém a quantidade de transistores utilizados a cada nova aplicação crescia exponencialmente, trazendo a necessidade de realizar a miniaturização destes circuitos, através desta necessidade nasceram os circuitos integrados, possibilitando criar aplicação que antes eram quase impossíveis de serem desenvolvidas. O próximo grande passo do desenvolvimento eletrônico foi a criação do microprocessador, com capacidade de executar milhões de instruções por segundo utilizando um único CI. (OLIVEIRA, 2010, ANDRADE, 2010)

Os primeiros microcontroladores possuíam apenas a unidade de processamento, fazendo com que houvesse a utilização de um CI para cada periférico necessário, como por exemplo para memórias ROM e RAM, registradores de deslocamento, conversores analógicos, fazendo com que a PCI se tornasse grande já que era necessário montar inúmeros *chips* sobre ela. Com o passar dos anos o microcontrolador recebeu a integração de outros circuitos tornando-se uma unidade completa para processamento de dados em um único CI. (ALMEIDA, 2016)

### 6.1.1 Topologia básica de um microcontrolador de 32 bits

A Figura 4 mostra a arquitetura básica da família de microcontroladores S32K11X da fabricante multinacional NXP. É possível observar que além das memórias RAM e FLASH existem periféricos como a unidade de processamento Arm Cortex M0+, unidades de clock, além de periféricos de interfaceamento como exterior do CI, como por exemplo canais de comunicação UART, SPI, I2C, CAN, controlador de entradas e saídas (GPIO), temporizadores (Timer), canais para leitura de sinais analógicos (ADC) entre outros periféricos, todos integrados em um único CI de encapsulamento QFN de 32 pinos se considerado o microcontrolador S32K116.

Figura 4: Arquitetura da família de microcontroladores S32K11X.

Gráfico, Gráfico de caixa estreita

Descrição gerada automaticamente

Fonte: NXP

### 6.1.2 Topologia básica de sensores para TPMS

Outro tipo de circuitos integrados são sensores que cada vez estão menores e possuem mais funcionalidades. A fabricante NXP possui modelos de sensores de pressão para pneus de apenas 4mm x 4mm que contam com microcontrolador de 8 bits, sensor de pressão, acelerômetro, sensor de temperatura, conversor analógico, sistema gerenciador de energia, 26KB de memória flash, e transmissor sem fio integrados neste minúsculo encapsulamento. As Figura 5 e Figura 6 mostram as principais características integradas ao sensor. (NXP, 2021, p. )

Figura 5: Funcionalidades integradas na família de sensores NTM88.

Tabela

Descrição gerada automaticamente

Fonte: NXP

Figura 6: Dimensões do CI da família de sensores NTM88

Tabela

Descrição gerada automaticamente

Fonte: NXP

Os circuitos integrados não se limitam apenas a sensores e microcontroladores, porém são estes os dois principais circuitos integrados de um sistema TPMS.

## 6.2 FONTES DE ENERGIA EM VEÍCULOS

Comumente em um veículo existem dois provedores de energia elétrica, a bateria e o alternador. A bateria tem o objetivo de armazenar energia elétrica para alimentar o motor de partida, após o motor estar operando a bateria não tem mais o papel de fornecer energia e sim receber energia elétrica do alternador, que funciona como um gerador e provedor de energia, já que ele será o responsável por carregar a bateria e manter a alimentação de todos os equipamentos eletroeletrônicos no veículo como, lâmpadas, painel de instrumentos, sensores, ECUs e painéis auxiliares. (BOSCH, 2005)

Todos os módulos eletrônicos são alimentados pelo alternador sendo que o nível de tensão é comumente de 12 ou 24 Vdc??????????????????

### 6.2.x Colocar a norma ISO que estabelece os níveis de tensão para sistemas 12 e 24Vdc

Correlacionando os níveis de tensão possíveis fornecidos pelo chassi de um veículo com a tensão de operação de um microcontrolador da família S32K11X da NXP, é possível ver que não é possível alimentar o sistema embarcado diretamente com a tensão fornecida tanto pela bateria quanto pelo alternador, sendo necessário um estágio de compatibilização de nível de tensão. Baixas tensões de operação não são características apenas dos MCUs da da família S32K, mas da maior parte de MCUs, de mercado, como por exemplo microcontroladores da MICROCHIP e ST.

Existem alguns métodos para realizar o rebaixamento de uma tensão maior para uma menor, dentre estes os mais comuns são as fontes lineares e as fontes chaveadas.

### 6.2.1Fontes lineares

A série de reguladores lineares LM78XX tem capacidade de fornecer uma tensão estável na saída e até 1A de corrente se operando em condições ideias de tensão de entradas e com um dissipador adequado. Esta linha CIs conta com proteções de sobre carga ativadas pela temperatura excessiva do componente, tornando estes Chips muito robustos. O CI LM7805 fornece uma tensão fixa de 5V na saída com um riple menor do que 10mV. Se este CI estiver a uma distância superior de 15cm da fonte não regulada a indutância do chicote elétrico poder é gerar oscilações internas, por este motivo recomenda-se a utilização de capacitores na entrada do regulador, também é recomendado a utilização de um capacitor na saída deste CI com o intuito de melhorar a resposta de transição ao ligar, ou desligar o CI. Outro ponto a ser considerado nesta linha de reguladores é de que a tensão mínima de entrada deve ser pelo menos 3V maior que a tensão de saída evitando assim o desligamento do CI e a correta regulação de tensão. Pontos como tensão máxima de entrada e potência dissipada também devem ser avaliados com cautela, para o correto dimensionamento do circuito, já que o fornecimento de 1A de corrente é em condições específicas quase ideais. A Figura 7 mostra a topologia básica para aplicação de um regulador linear. (MALVINO, 2016; BATES, 2016, p. 979 - 980)

Figura 7: Topologia básica de fonte linear.

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

Fonte: MALVINO, 2016; BATES, 2016

A nota de aplicação do fabricante ROHM, mostra que a eficiência de uma fonte linear pode ser calculada através da equação 1 e que a corrente de entrada pode ser considerada igual a corrente de saída caso a corrente da saída seja superior à de entrada. (ROHM, 2015, p.3 - 4)

.

|  |  |
| --- | --- |
|  | *(1)* |

Considerando que as correntes de entrada e de saída sejam iguais com valor de 100mA, a tensão de entrada de 28V e tensão de saída de 5V, rendimento calculado utilizando a equação 1 é de apenas 17% mostrando que a grande desvantagem em utilizar um regulador linear série é seu rendimento extremamente baixo quando projetada para aplicações com tensões de entrada que podem variar de 9 a 32Vdc.

Em contrapartida ao baixo rendimento existem vantagens na utilização de fontes lineares no que diz respeito ao custo do circuito, simplicidade de aplicação e baixa fonte de ruído quando compara com fontes chaveadas. (ROHM, 2015, p.3)

Devido ao baixo rendimento questões como o aquecimento e necessidade de mais espaço em placa para dissipação de calor precisam ser avaliadas.

### 6.2.2 Fontes chaveadas

Como mostrado anteriormente a bateria e o alternador formam um conjunto de potência para o sistema veicular, porém também podem existir dispositivos que utilizam baterias de baixa tensão exclusivas do dispositivo estando isoladas do sistema de alimentação principal do veículo. Um exemplo de sistema que utiliza

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.]

(Albert & BATES, 2016)

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

ROHM Customer Support System

**Dec. 2015 - Rev. A**

© 2015 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

**Linear Regulator IC Series**

**Basics of Linear Regulators**

No.15020EAY17

**MALVINO, Albert P.; BATES, David J. Eletrônica. v.2. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2016. 9788580555936. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555936/. Acesso em: 28 mai. 2022.**

BOSCH. **Manual de tecnologia automotiva***.* Editora Blucher: 2005. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215523/>. Acesso em: 13 out. 2021.

OLIVEIRA, André.Schneider. D.; ANDRADE, Fernando.Souza. D. **Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática**. Editora Saraiva, 2010. 9788536520346. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520346/. Acesso em: 02 dez. 2021.

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** |

**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