****

**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: Diagrama de blocos de um sensor de pressão. 15](#_Toc108346942)

[Figura 2: Composição de receptor de TPMS. 15](#_Toc108346943)

[Figura 3: Diagrama de blocos do sensor FXTH87EK116T1 17](#_Toc108346944)

[Figura 4: Diagrama de Blocos do sensor MLX91805 17](#_Toc108346945)

[Figura 5: Exemplo de sistema eletrônico de um veículo. 18](#_Toc108346946)

[Figura 6: Estrutura de uma ECU. 19](#_Toc108346947)

[Figura 7: Fonte de energia em sistemas embarcados. 20](#_Toc108346948)

[Figura 8: Arquitetura da família de microcontroladores S32K11X. 23](#_Toc108346949)

[Figura 9: Topologia básica de fonte linear. 25](#_Toc108346950)

**LISTA DE GRÁFICOS**

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações

ABS Antilock Braking System

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

OEM

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](#_Toc108346915)

[2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA 11](#_Toc108346916)

[2.1. OBJETIVOS GERAIS 11](#_Toc108346917)

[2.1.1. Objetivos específicos 11](#_Toc108346918)

[2.2. JUSTIFICATIVA 11](#_Toc108346919)

[3. Referencial teórico 12](#_Toc108346920)

[3.1. ESTADO DA ARTE APLICAÇÃO E ABORDAGEM ACERCA DO TPMS 12](#_Toc108346921)

[3.1.1. Medição indireta 13](#_Toc108346922)

[3.1.2. Medição direta 14](#_Toc108346923)

[3.1.3. Medição híbrida 16](#_Toc108346924)

[3.2. SENSORES 16](#_Toc108346925)

[3.3. ECU 18](#_Toc108346926)

[3.3.1. Microcontrolador 19](#_Toc108346927)

[3.3.2. Conversor DC/DC 20](#_Toc108346928)

[3.3.3. Interface de comunicação 20](#_Toc108346929)

[3.3.4. Interface de comunicação 20](#_Toc108346930)

[3.5. NORMAS A SEREM ATENDIDAS 21](#_Toc108346931)

[5 revisão de normas 22](#_Toc108346932)

[6 SISTEMAS EMBARCADOS e eletrônica automotiva 22](#_Toc108346933)

[6.1 CIRCUITOS INTEGRADOS 22](#_Toc108346934)

[6.1.1 Topologia básica de um microcontrolador de 32 bits 23](#_Toc108346935)

[6.2 FONTES DE ENERGIA EM VEÍCULOS 23](#_Toc108346936)

[6.2.x Colocar a norma ISO que estabelece os níveis de tensão para sistemas 12 e 24Vdc 24](#_Toc108346937)

[6.2.1Fontes lineares 24](#_Toc108346938)

[6.2.2 Fontes chaveadas 26](#_Toc108346939)

[7 Firmware 26](#_Toc108346940)

[REFERÊNCIAS 27](#_Toc108346941)

# 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.

Segundo VELUPILLAI et. al (2007) o TPMS tem a finalidade de alertar o motorista quando um ou mais pneus estão com a pressão 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.

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**

## 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. Montar placas protótipo para o desenvolvimento.
4. 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 apresenta 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.

# R**eferencial teórico**

## ESTADO DA ARTE APLICAÇÃO E ABORDAGEM ACERCA DO TPMS

O início da utilização regulamentada de TPMS começou a partir de estudos realizados nos EUA, mostrarem que a causa de muitos dos acidentes de trânsito com mortes ocorridos em 1999 estavam relacionados a pressão incorreta dos pneus. Durante o ano de 2000 o congresso dos EUA promulgou uma lei encarregando a NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration)* para regulamentar a obrigatoriedade de utilização de sistemas de alerta para sinalizar os condutores caso um ou mais pneus estejam com pressão insuficiente para a linha veicular leve. (NHTSA, 2001, p. 1)

Em 2002 a utilização de sistemas TPMS em novos veículos com peso bruto de 10.000Kg ou abaixo tornou-se obrigatória, com prazos para adequação entre 2005 e 2007. Além da exigência da utilização de monitores de pressão, também foi exigido que o sistema devesse informar o condutor do veículo quando a pressão de um ou mais pneus estiver com a pressão 25% abaixo da pressão nominal especificada pelo fabricante em condições ambientais consideradas normais. (NHTSA, 2005)

Similar ao movimento ocorrido nos anos 2000 nos EUA, a UE (União Europeia), através da regulamentação EC 661/2009, no ano de 2012, passa a exigir a utilização de TPMS em veículos de passeio produzidos a partir deste mesmo ano entendendo-se esta exigência para todos os veículos de passeio comercializados nos países da EU a partir de 2014. (ZYL, 2013, p.35)

Segundo a NXP (2018), fabricante global de semicondutores, mostra que países como Taiwan em 2012, Japão em 2013, Israel em 2014, Rússia em 2015 e China em 2017, também regulamentaram a utilização de TPMS, moldando uma tendência mundial, liderada pelos países desenvolvidos.

Com o avanço na aplicação de TPMS, XIN et al. (2019), classifica os sistemas de monitoramento de pressão de pneus em três principais grupos, os de medição direta, os de medição indireta e os híbridos, cada qual utilizando modelos específicos para determinar se há um pneu murcho no sistema.

### Medição indireta

Os TPMS de mediação indireta operam avaliando e comparando entre si a velocidade angular de cada roda do sistema do veículo. O método utiliza o modelo mecânico do pneu, que quando murcho possui um raio efetivo menor do que as dos outros pneus que estão com pressão nominal. De posse da velocidade das rodas apenas um software é necessário para determinar se há falta de pressão em algum pneu. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Mostrando a evolução dos sistemas XIN et al. (2019, p2), explica que sistemas que utilizam a velocidade da roda para monitoramento da pressão utilizam as informações fornecidas pelos sensores do sistema ABS, desta forma não há necessidade de adicionar um *hardware* específico para a medição, e sim somente um software embarcado com o modelo matemático em uma ECU para estimar se há pneus com pressão baixa.

De acordo com a NHTSA (2021, VI-2), um teste realizado com quatro sistemas de medição indireta mostrou que nenhum dos quatro modelos foi capaz de detectar uma pressão de 25% abaixo da nominal. Mesmo com o avanço da tecnologia, VELUPILLAI e GÜVENÇ (2007) descrevem que este modelo não indica falha quando dois pneus do mesmo lado ou eixo estiverem com pressão abaixo da nominal simultaneamente, o mesmo ocorre quando todos os pneus estão com pressão baixa. XIN et al. (2019, p2), também enfatiza as desvantagens e baixa confiabilidade que este modelo de monitoramento apresenta, como por exemplo, o modo de alerta que alerta condutor é realizado com um indicador luminoso e/ou sonoro, porém não há um valor numérico com a pressão exata de cada pneu para ser exibido em um display, por exemplo.

### Medição direta

ZYL et al. (2013, p. 29) explica que um TPMS de medição direta utiliza sensores individuais para cada roda, podendo estes estarem montados internamente ou externamente aos pneus. O sistema também é composto por uma ECU e pode ser e por receptores RF, responsáveis por receber os sinais dos sensores e transmitir as informações para a ECU através de comunicação elétrica, as informações são exibidas em um display, podendo este estar instalado de fábrica, ou como um equipamento adicional.

Alimentados por uma bateria, os sensores de um TPMS transmitem a informação de pressão e temperatura através de sinais de radiofrequência, embora a maior parte dos sensores seja fabricada com tecnologia CMOS, no momento de transmissão há um consumo de cerca cinco vezes maior do que o consumo nominal do circuito, ponto este, que exige foco na economia da bateria, já que para modelos que são instalados no interior dos pneus a substituição da bateria não é possível. O autor explica que há modelos que cessam a transmissão quando o veículo está parado e outros que transmitem com periodicidade de uma hora por exemplo. (VELUPILLAI, 2007, GÜVENÇ, 2007, p.22)

XIN et al. (2019, p3), exemplifica a composição de um sensor monitor de pressão, composto por periféricos como, sensor de pressão, temperatura, de movimento e temporizadores, a unidade de processamento (MCU), um transmissor RF e a antena. Todas a partes do circuito com exceção a antena, são alimentadas por uma bateria de lítio. A Figura 1 mostra o diagrama da composição de um sensor de TPMS conforme explicado pelo autor.

Figura : Diagrama de blocos de um sensor de pressão.



**Fonte: XIN (2019, p3).**

Yole, (2006, apud Zyl et al. 2013) explica que um sensor, além de possuir a composição exemplificada por XIN na Figura 1, também é composto por um receptor de baixa frequência possibilitando a identificação da localização de cada sensor.

VELUPILLAI e GÜVENÇ (2007, p.23) explicam que para receber o sinal dos sensores é necessário um módulo receptor central formado por uma antena com capacidade de reconhecer cada sensor do sistema individualmente. A posição de cada sensor é programada no receptor, portanto quando houver a necessidade de substituição de algum sensor ele necessitará ser reprogramado. Um obstáculo que este modelo de sistema enfrenta é a interferência de outros sensores de veículos. A Figura 1 mostra a composição do receptor de um TPMS de medição direta.

Figura : Composição de receptor de TPMS.



**Fonte: XIN (2019, p3).**

### Medição híbrida

VELUPILLAI e GÜVENÇ (2007, p.24) afirmam que o sistema de medição hibrida foi criada para suprir as deficiências do método de medição indireta. O sistema consiste no monitoramento de 2 pneus na diagonal pelo método de medição direta e os outros dois pneus da outra diagonal pelo método indireto.

Segundo XIN et al. (2019, p6), a vantagem do método de medição indireta se resume a facilidade de aplicação e ao baixo custo de instalação, porém não é confiável e não proporciona o mesmo nível de segurança como método de medição direta pode entregar, esta comparação se estende também para sistemas híbridos, portanto o autor afirma que o método de medição direta é o que mais está alinhado com a tendencia mundial.

VELUPILLAI e GÜVENÇ (2007), Zyl et al. (2013) e XIN et al. (2019) convergem para a definição de que o melhor e mais confiável sistema embarcado para TPMS é o de medição direta sendo necessários sensores de medição, ECU de recebimento e interface de alerta ao usuário.

## SENSORES

Em aplicações automotivas os sensores formam a interface do veículo com suas mais variadas funções, monitorando grandezas como nível, rotação, pressão, velocidade e temperatura. As informações de cada sensor são enviadas para uma ECU de controle. (Guimarães, 2007, p. 69)

BOSH (2005, p.111), afirma que conceitos de miniaturização são empregados em sensores automotivos, podendo estes possuírem processamento de sinais elétricos, como por exemplo conversores analógico digital e microprocessadores embarcados.

As fabricantes de semicondutores NXP (2021) e MELEXIS (2021) apresentam soluções de chips miniaturizados, FXTH87EK116T1 (anexo A) e MLX91805 (anexo B) respectivamente, com encapsulamentos menores do 10mm x 10mm x 2mm, possuindo a maior parte dos blocos mostrados na Figura 1 por XIN (2019). Estes chips são circuitos integrados que já possuem os estágios de sensoriamento, modulação e microcontrolador intrínsecos em um único chip, necessitando o mínimo de componentes externos, como cristal, resistores, indutores, capacitores, antena e bateria para alimentar o circuito. A Figura 3 e Figura 4 mostram as características que cada chip possui.

Figura : Diagrama de blocos do sensor FXTH87EK116T1

Gráfico, Gráfico de mapa de árvore

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: NXP (2021).**

Figura : Diagrama de Blocos do sensor MLX91805

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: MELEXIS (2020).**

## ECU

A sigla ECU é a definição para qualquer tipo de módulo eletrônico podendo ter variação em sua nomenclatura de acordo com o local e a aplicação da ECU, como por exemplo a ECU de controle do motor definida como ECM. As ECUs possuem autodiagnóstico como uma de suas principais características. Elas enviam, para computadores com softwares dedicados, ou interfaces de diagnóstico, por meio de comunicação mensagens informando erros da própria ECU ou de outras partes do veículo. (Guimarães, 2007, p. 101)

Segundo Guimarães (2007, p. 102) a ECU da carroceria é a que é responsável por controlar a maioria das funções do veículo. Através de saídas digitais e analógicas ambas com proteções, controlam desde funções mais simples como sistema de iluminação e sistema de alarme, até operar como um gateway, servindo com um intermediador entre duas redes CANs com taxas de comunicação diferentes e ainda integrar outros protocolos de comunicação como LIN. A Figura 5 mostra o sistema eletrônico embarcado de um veículo, com duas REDES de comunicação distintas, já na Figura 6 é possível observar a composição de uma ECU, tendo como elemento central o microcontrolador.

Figura : Exemplo de sistema eletrônico de um veículo.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: Guimarães (2007, p. 103)**

Figura : Estrutura de uma ECU.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: Guimarães (2007, p. 266)**

### Microcontrolador

Os primeiros microcontroladores produzidos 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, p.144)

Para Guimarães (2007, p. 39) os microcontroladores são utilizados com a intenção de aumentar a confiabilidade, mitigar a ocorrência de imprecisões facilitar o desenvolvimento da PCI e baixo custo.

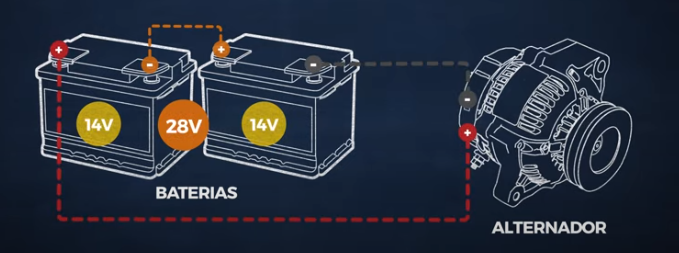
A escolha do microcontrolador é a etapa de início de um projeto de circuito eletrônico, somente após esta etapa deve-se adicionar o restante dos componentes e periféricos para que o MCU seja ligado e gravado. A autor ressalta a importância da utilização de pelo menos um capacitor nos em terminal de alimentação do MCU com valores descritos nos datasheets e mostra que o a melhor e mais precisa opção para o clock é um cristal de quartzo. A alimentação de um MCU se dá geralmente em níveis de 5V e 3,3V, se o MCU for alimentado com tensões superiores a especificada em datasheet eles podem sofrer avarias permanentes e até danificar outros CIs que estão ligados ao MCU. (ALMEIDA, 2016, p.178)

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, p.961)

Sistemas 24Vdc devem operar em tensões na faixa de 10Vdc a 32Vdc. (ISSO 16750-2, 2012, p.2)

Os sistemas 24Vdc são aplicados na linha pesada de veículos, como em caminhões e ônibus, para se obter a tensão de 24 V é aplicada a ligação série de duas baterias sendo estas carregadas por um alternador de 24V, conforme é mostrado na Figura 7. (TECGAUSS, 2020)

Figura : Fonte de energia em sistemas embarcados.



**Fonte: Tecgauss (2020).**

### Conversor DC/DC

### 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 : Topologia básica de fonte linear.

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: MALVINO, 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)* |

Onde,

Outro ponto citado por ROHM (2015) é o cálculo da temperatura de junção. Se a temperatura de junção máxima indicada no datasheet do componente for excedida ele poderá apresentar mau funcionamento e desligar. É possível calcular a temperatura de junção de duas formas diferentes. A primeira utiliza a resistência térmica da superfície do encapsulamento (equação 2), e a segunda utiliza resistência térmica ao ambiente (equação 3), ambas a equações apresentadas pelo autor utilizam a perda de potência do CI calculada pela equação 4.

|  |  |
| --- | --- |
|  | *(2)* |

|  |  |
| --- | --- |
|  | *(3)* |

|  |  |
| --- | --- |
|  | *(4)* |

Onde,

Figura : Parâmetros de características térmicas.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: ROHM (2015)**

### Interface de comunicação

### Interface de comunicação

* 1. PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO - PCI
  2. FIRMWARE

## NORMAS A SEREM ATENDIDAS

PCIs pagina 24

Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática

https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536520346/pageid/24

Comunicação página 18

Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática

André Schneider de Oliveira e Fernando Souza de Andrade - 2a Edição

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536520346/pageid/24>

4 Estudo acerca de PNEUS

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 foram 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)

### 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 : Arquitetura da família de microcontroladores S32K11X.

Gráfico, Gráfico de caixa estreita

Descrição gerada automaticamente

Fonte: NXP

## 6.2 FONTES DE ENERGIA EM VEÍCULOS

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.

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

# 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.]

[NXP, **TPMS SELECTOR GUIDE Tire Pressure Monitoring Sensors.** Disponível em: <https://www.nxp.com/docs/en/white-paper/TPMSWP.pdf >. Acesso em: 05 abr. 2022.]

MLX91805 INTEGRATED SMART TIRE SENSOR **V1/19-11-2020**

[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.]

Quan Xin et al 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1314 012.

**Automobile tire pressure monitoring technology and development trend**. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1314/1/012100

>. Acesso em: 03 mar. 2022.]

BOSCH. **Manual de tecnologia automotiva**. [Digite o Local da Editora]: Editora Blucher, 2005. 9788521215523. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215523/. Acesso em: 09 jul. 2022.

GUIMARÃES, Alexandre de A. **Eletrônica Embarcada Automotiva**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2007. 9788536518503.

ALMEIDA, Rodrigo. D. **Programação de Sistemas Embarcados - Desenvolvendo Software para Microcontroladores em Linguagem C**. Grupo GEN, 2016. 9788595156371.

OLIVEIRA, André.Schneider. D.; ANDRADE, Fernando.Souza. D. **Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática**. Editora Saraiva, 2010. 9788536520346.

Tecgauss – Artigos, 2020, **Como funcionam os sistemas elétricos 24V** <https://gauss.com.br/tecgauss/linha-eletrica/como-funcionam-os-sistemas-eletricos-24v/>

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

ROHM Customer Support System, **Linear Regulator IC Series Basics of Linear Regulators\Dec. 2015 - Rev. A\** © 2015 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.No.15020EAY17

(Albert & BATES, 2016)

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

**Löhndorf** Evaluation of energy harvesting concepts for tire pressure monitoring

systems

.

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.

**Norma ISO16750-4:2010, item 5.1.1.2. Temperatura**

**Norma ISO 15003:2006, item 5.5.2 e ISO 16750-3:2012, item 4.2. Vibrações**

**Norma ISO 7637 – 2:2011, Pulso 2a. Pulsos**

**Norma ISO 7637 – 2:2011, Pulso 3a e 3b. Pulsos**

**Norma ISO 7637 – 3:1995, Item 4.5. Pulsos**

**Norma ISO 16750 – 2:2012, Pulso 4.6.3. Transiente de partida**

**Célula TEM/GTEM:** conforme ISO 11452-3:2001;

**— Câmara anecóica:** conforme ISO 11452-2:2004;

— **Bulk current injection (BCI):** conforme ISO 11452-4:2011.

— **Stripline:** conforme ISO 11452-5:2002;

Planejamento Avançado da Qualidade do Produto — APQP Engenharia — ML001E

Especificação de Testes de Engenharia— Testes para Aprovação Produto LOHR — ML002E

Tensão de operação

Norma ISO 16750 – 2:2012, item 4.2.

Sobretenção

Norma ISO 16750 – 2:2012, item 4.3

Polaridade inversa

Norma ISO 16750 – 2:2012, item 4.7.

Tensão AC sobreposta

ISO 16750 – 2:2012, item 4.4

Tensão triangular

Norma ISO 16750 – 2:2012, item 4.5.

Queda momentânea da tensão

SO 16750 – 2:2012, item 4.6.1.

Links

**ANEXOS**

Anexo A – **FXTH87 SPECIFICATIONS**

Interface gráfica do usuário, Tabela

Descrição gerada automaticamente

**Fonte: NXP (2021)**

Anexo B – Sensor de pressão MLX91805

Diagrama

Descrição gerada automaticamente