

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS EMBARCADOS PARA INDÚSTRIA  
AUTOMOTIVA

FELIPE DA SILVA RIBEIRO

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CINTO DE SEGURANÇA PARA  
DISPOSITIVOS DE RETENÇÃO PARA CRIANÇAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2021

FELIPE DA SILVA RIBEIRO

## **SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CINTO DE SEGURANÇA PARA DISPOSITIVOS DE RETENÇÃO PARA CRIANÇAS**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Ronnier Frates Rohrich

CURITIBA  
2021



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria  
Automotiva



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CINTO DE SEGURANÇA PARA DISPOSITIVOS DE RETENÇÃO PARA CRIANÇAS**

por

**FELIPE DA SILVA RIBEIRO**

Esta monografia foi apresentada em 08 de Dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr. Ronnier Frates Rohrich**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas**  
Membro titular

---

**Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol**  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço meu filho e minha esposa, pela compreensão e paciência durante a execução do curso e desse trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Ronnier Frates Rohrich, por aceitar me orientar e por suas contribuições ao trabalho. Agradeço, também, aos demais professores do curso de especialização, de indiscutível qualidade técnica, pelos conhecimentos transmitidos.

Agradeço ao meu gestor Adison Idelsade Aguiar por todo apoio e reconhecimento pelo crescimento profissional proporcionado pelo curso.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de aprender sobre esse tema.

## RESUMO

RIBEIRO, Felipe da Silva. **Sistema de monitoramento de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças**. 2021. 34 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Os dispositivos de retenção de crianças contribuem para o aumento da segurança de crianças no trânsito de veículos. Com o avanço da tecnologia dentro dos automóveis, um item comum é o lembrete de cinto de segurança, através do qual o sistema do carro avisa ao condutor se algum passageiro ou o próprio motorista está sem o cinto afivelado enquanto o carro está em movimento. Entretanto, esse aviso não contempla os cintos dos dispositivos de retenção. Para a diminuição do risco de morte e lesões, este trabalho propõe um projeto de sistema de monitoramento de cinto de segurança para esses dispositivos. Esse equipamento deverá detectar a presença da criança, se o veículo está em movimento e se o cinto do dispositivo está afivelado. O sistema aciona um alarme, alertando o condutor se a criança não estiver devidamente segura. O aparelho foi projetado para ser móvel, ou seja, alimentado por uma bateria e pode acompanhar o dispositivo em qualquer veículo. Além disso, a bateria pode ser carregada usando um carregador de celular comum. Os componentes foram pensados para consumir pouca energia durante a operação, aumentando assim o tempo de duração da bateria entre cargas. Dessa forma, foi cumprido o objetivo de projetar um sistema de monitoramento do cinto de segurança de dispositivos de retenção de crianças. Para trabalhos futuros, sugere-se a confecção do dispositivo e testagem em condições reais de uso.

**Palavras-chave:** Segurança no trânsito. Automóveis. Cintos de segurança. Circuitos eletrônicos.

## **ABSTRACT**

RIBEIRO, Felipe da Silva. **Monitoring system for child safety seat belt.** 2021. 34 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Child restraint systems contribute to increasing the safety of children in vehicle traffic. With the advancement of technology within automobiles, a common item is the seat belt reminder, through which the car's system notifies the driver if any passengers or the driver themselves are unbuckled while the car is in motion. However, this warning does not cover the belts of child restraint systems. To reduce the risk of death and injury, this work proposes a monitoring system for child safety seat belts. This equipment must detect the presence of the child, if the vehicle is moving and if the device's belt is buckled. The system triggers an alarm, alerting the driver that the child is not safe. The device is designed to be mobile, powered by a battery and can accompany the restraint systems in any vehicle. In addition, the battery can be charged using a regular cell phone charger. The components are designed to consume little energy during operation, thus extending battery life between charges. In this way, the objective of designing a monitoring system for child safety seat belt was fulfilled. For future work, it is suggested to make the device and test it under real conditions of use.

**Keywords:** Traffic safety. Automobiles. Seat belt. Electronic circuits.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Grandezas atuantes em um típico sensor efeito Hall .....	15
Figura 2 – Estrutura do sensor de presença de passageiro .....	17
Figura 3 – Esquema de detecção de presença de material ferromagnético .....	18
Figura 4 – Esquema de detecção de presença de material ferromagnético: verificando a presença ou ausência da lingueta do cinto .....	19
Figura 5 – Diagrama de blocos do acelerômetro.....	20
Figura 6 – Diagrama de blocos do microcontrolador .....	21
Figura 7 – Diagrama simplificado do circuito carregador de bateria.....	23
Figura 8 – Perfil de carregamento .....	24
Figura 9 – Circuito de aplicação típico do regulador .....	24
Figura 10 – Esquemático proposto para o projeto.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS

BAT	Bateria
EN	Enable
GND	<i>Ground</i>
VIN	Tensão de entrada

## LISTA DE SIGLAS

ADC	<i>Analog Digital Converter</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
DRC	Dispositivos de Retenção de Crianças
GPIO	<i>General Purpose In and Out</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
PPR	Nome formal: Power present indicator (indicação de presença de fonte)
CHG	Nome formal: Charge indicator (pino de status de carregamento)
FAST	Nome formal: Fast charge indicator (pino de indicador de carga rápida)
ISET	Nome formal: CC-mode current setting and charge current monitor (pino onde é colocado um resistor para configurar qual será a corrente de carregamento em modo de corrente constante)
DFN	<i>Dual flat no leads</i>
CI	Circuito integrado

## LISTA DE SÍMBOLOS

$I_{CC(L)}$	Queda na corrente
$I_{CC(H)}$	Aumento na corrente



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	10
1.2 PROBLEMA .....	11
1.3 OBJETIVOS .....	11
1.3.1 Objetivo Geral .....	11
1.3.2 Objetivos Específicos .....	12
1.4 JUSTIFICATIVA .....	12
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 PRESENÇA DE PASSAGEIRO .....	14
2.2 DETECÇÃO DE USO DE CINTO DE SEGURANÇA .....	14
2.3 MOVIMENTAÇÃO DO VEÍCULO .....	15
<b>3 PROJETO</b> .....	<b>17</b>
3.1 SENSOR DE PRESSÃO .....	17
3.2 SENSOR DE EFEITO HALL .....	18
3.3 ACELERÔMETRO .....	19
3.4 MICROCONTROLADOR .....	20
3.5 GESTÃO DE ALIMENTAÇÃO .....	22
3.5.1 Bateria .....	22
3.5.2 Carregador de Bateria .....	22
3.5.3 Conversor DC/DC .....	24
3.6 SINALIZAÇÃO .....	25
3.7 SOLUÇÃO PROPOSTA .....	25
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança no trânsito é uma preocupação de saúde a nível mundial. Em 2020, A Assembleia Geral das Nações Unidas lançou a Resolução 74/299, com o objetivo de Aprimorar a Segurança no Trânsito Global (ASSEMBLEIA GERAL DA ONU, 2020). Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde iniciou a Década de Ação pela Segurança no Trânsito e um Plano Global (OMS, 2020), com o objetivo de reduzir à metade as mortes e lesões ocasionadas por acidentes até 2030.

Dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2021a) mostram que, em 2019, houve um total de 32.879 óbitos no Brasil em decorrência de acidentes de transporte. Destes, 63 estavam na faixa etária com menos de um ano, 245 de 1 aos 4 anos, e 260 dos 5 aos 9 anos, ou seja, 568 eram crianças de até 9 anos.

Ainda de acordo o Sistema de Informações sobre Mortalidade (BRASIL, 2021a), no ano de 1996, anteriormente à promulgação do Novo Código de Trânsito de 1997, foram registrados no Brasil 156 óbitos em crianças com menos de um ano, 711 em crianças de 1 a 4 anos, e 1.255 em crianças de 5 a 9 anos. Ou seja, 2.122 crianças perderam suas vidas em decorrência de acidentes em 1996. Dessa forma, observa-se a redução do número de óbitos infantis na comparação entre os anos de 1996 (n=2.122) e 2019 (n=568).

Essa menor incidência de mortes ao longo do tempo pode ser atribuída a um conjunto de fatores, incluindo alterações na legislação e implementação de tecnologias de segurança.

As tecnologias de segurança para veículos incluem vários recursos, desde os mais simples, como a utilização do cinto de segurança, aos mais complexos, como *air bags*. Para o público infantil, existem os Dispositivos de Retenção para Crianças (DRC), categoria onde se encontram as cadeirinhas específicas para transporte de pequenos passageiros.

Visando aumentar a segurança no trânsito, esta pesquisa apresenta um projeto de sistema de monitoramento de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Uma das maneiras de agir sobre o trânsito é a regulamentação através de legislação específica. No Brasil, o novo Código de Trânsito Brasileiro passou a vigorar com a Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997). Nessa lei, o Art. 1º § 5º diz: "Os órgãos e entidades de trânsito pertencentes ao Sistema Nacional de Trânsito darão prioridade em suas ações à defesa da vida, nela incluída a preservação da saúde e do meio-ambiente." Para a defesa da vida, foram regulamentadas diversas normas de segurança. Com o novo Código de Trânsito, a utilização do cinto de segurança nos automóveis passou a ser obrigatória, tanto para o condutor quanto para todos os passageiros (BRASIL, 1997).

Já os dispositivos de retenção para crianças foram regulamentados apenas no ano de 2020, com a Lei n. 9.503, na qual consta em seu Art. 64:

"As crianças com idade inferior a 10 (dez) anos que não tenham atingido 1,45 m (um metro e quarenta e cinco centímetros) de altura devem ser transportadas nos bancos traseiros, em dispositivo de retenção adequado para cada idade, peso e altura, salvo exceções relacionadas a tipos específicos de veículos regulamentadas pelo Contran." (BRASIL, 2020)

As atuais recomendações no Brasil para a utilização de dispositivos de retenção para crianças com menos de 10 anos, de acordo com a Resolução CONTRAN Nº 819 (BRASIL, 2021b), são:

I - "bebê conforto ou conversível", para as crianças com até um ano de idade ou com peso de até 13 kg;

II - "cadeirinha", para crianças com idade superior a um ano e inferior ou igual a quatro anos; ou com peso entre 9 a 18 kg;

III - "assento de elevação", para crianças com idade superior a quatro anos e inferior ou igual a sete anos e meio; ou com até 1,45 m de altura e peso entre 15 e 36 kg;

IV - cinto de segurança do veículo, no banco traseiro, para crianças com idade superior a sete anos e meio e inferior ou igual a dez anos; ou com altura superior a 1,45m.

## 1.2 PROBLEMA

Um estudo, realizado em Goiânia-GO em 2014 avaliou o uso correto dos dispositivos de retenção e do cinto de segurança, comparando dados de 2006 e 2010 (SOUSA *et al.*, 2014). Houve tendência de melhoria nos indicadores (melhoria de 25%), atribuída pelos autores às campanhas de conscientização e à obrigatoriedade do uso de itens de segurança previstos em lei.

Mesmo com a tendência de melhora, nos dados de 2010 dentro da amostra desse mesmo estudo, apenas 46,72% das crianças acidentadas estavam sendo transportadas corretamente, ou seja, com o cinto e/ou dispositivo utilizados de forma correta. Desse modo, os autores recomendam reforçar as campanhas para educar a população.

Os DRC só são plenamente seguros e eficazes caso sejam utilizados corretamente. O peso e altura da criança precisam estar dentro do limite máximo definido pelo fabricante de cada dispositivo. Além disso, os dispositivos necessitam estar corretamente acoplados, através do isofix e/ou do cinto de segurança do veículo, e com a correta utilização do cinto de segurança do DRC.

Dessa forma, este trabalho propõe um sistema de monitoramento para o cinto de segurança de dispositivos de retenção para crianças. Esse equipamento deverá detectar a presença da criança, se o veículo está em movimento e se o cinto do dispositivo está afivelado, para que o motorista seja avisado com um sinal sonoro em caso de uso incorreto.

## 1.3 OBJETIVOS

Nesta seção estão os objetivos do trabalho, visando contribuir com a segurança de crianças em veículos em movimento, ao avisar o motorista caso o cinto do dispositivo de retenção não esteja perfeitamente afivelado.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Projetar um sistema de monitoramento para o cinto de segurança de Dispositivos de Retenção para Crianças (DRC), também conhecido como sistema de lembrete de cinto de segurança, demonstrando os componentes necessários, o desenho do hardware e do software para o equipamento. Este deve gerar um aviso

sonoro sempre que uma criança não estiver com o cinto do DRC afivelado enquanto o automóvel está em movimento.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar quais tipos de sensores podem ser utilizados em um sistema de monitoramento de cinto de segurança.
- Entender como cada sensor funciona e as tecnologias envolvidas.
- Levantar quais os componentes necessários para atender aos requisitos do dispositivo proposto.
- Projetar o *hardware* e o *software* do sistema.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Para que os benefícios do cinto de segurança dos automóveis sejam plenos, é necessária sua utilização correta por todos os passageiros.

Estudo realizado em Uberlândia-MG avaliou aspectos clínicos e epidemiológicos de crianças e adolescentes vítimas de acidentes de trânsito e que precisaram ser hospitalizados (FEITAS; RIBEIRO; JORGE, 2007). Os resultados demonstraram que, dos passageiros de motocicletas ou veículos de quatro ou mais rodas, 58,8% não usavam adequadamente os dispositivos de segurança no momento do acidente.

Mesmo com a educação e o exemplo dado pelos adultos, em especial os que dirigem, crianças podem ter comportamentos imprevisíveis. Carros de quatro portas, por exemplo, possuem a opção de uma trava para que a abertura da porta traseira só seja permitida pelo lado de fora, com o intuito de evitar acidentes no caso de tentativa de abrir a porta com o veículo em movimento, por exemplo. Da mesma forma, crianças podem soltar o cinto de segurança sem que o motorista perceba, colocando-se em risco.

Nesse contexto, a utilização de um lembrete que avise o motorista que o cinto da criança não está travado adequadamente pode evitar danos e até mortes de crianças em caso de acidente no trânsito.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia de especialização está dividida em 5 (cinco) seções. Nesta primeira seção foi introduzido o tema do trabalho e foram abordados a motivação e os objetivos geral e específicos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Na segunda seção, “Revisão bibliográfica”, será discutida a presença de passageiros, detecção de uso do cinto de segurança e movimentação do veículo.

Já na terceira seção, “Projeto”, serão apresentadas todas as etapas do projeto para o desenvolvimento do sensor de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças, incluindo todos os componentes presentes no sistema e, por fim, a solução proposta.

Na quarta e última seção, “Considerações finais”, retomam-se a pergunta de pesquisa e os objetivos, apontando como foram solucionados, por meio do trabalho apresentado. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros a ser realizados a partir deste estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo destina-se a demonstrar as bases tecnológicas do projeto do dispositivo. A seguir, os princípios tecnológicos dos sensores utilizados serão apresentados, a partir de referenciais teóricos.

### 2.1 PRESENÇA DE PASSAGEIRO

A detecção de presença de passageiros pode ser feita através de diversas tecnologias. Entre elas, está o uso de *strain gauges* (extensômetros), sensores como infravermelho, de ultrassom, pneumáticos e até câmeras.

Autores destacam as desvantagens dos sensores supracitados (HUH; CHO, 2018). Dentre elas, constam a necessidade de um sensor para cada assento, o aumento da quantidade de cabos no caso de sensores ultrassônicos, e peso. Apresentam ainda o consumo elevado de energia e a dependência de luz para o uso de câmeras. Os pesquisadores, então, alegam que o radar infravermelho resolve todos esses problemas.

No artigo, também foi considerado que o sensor mais comum para detecção de passageiros é o de pressão. Por esse motivo, seguindo a tendência de mercado, a tecnologia escolhida para este projeto foi a de detecção por sensor de pressão. O sensor escolhido foi o sensor têxtil de pressão *knitronix*.

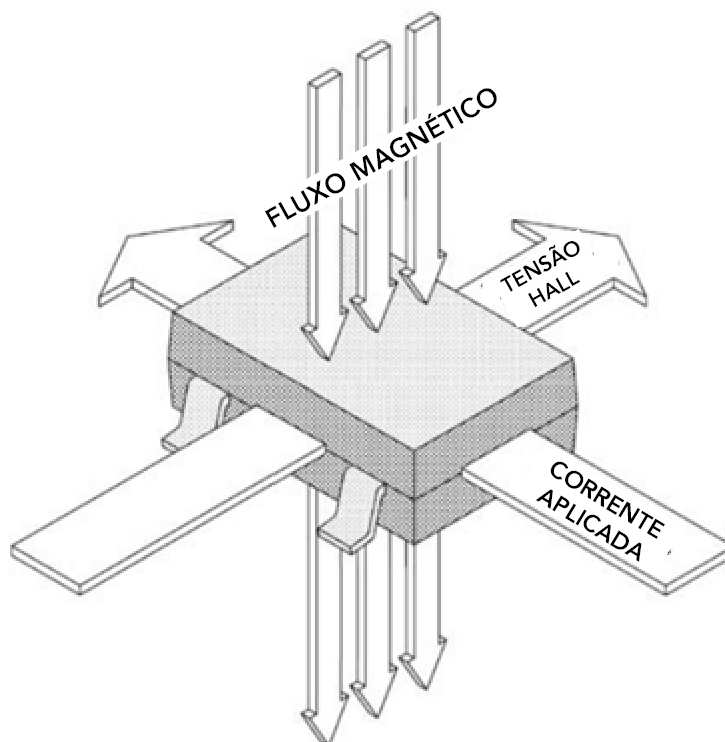
Esse sensor não utiliza as tradicionais células de carga chamadas *strain gauges*. O princípio de funcionamento é a mudança de condutividade, ou seja, ele atua como um simples botão normalmente aberto. Essa tecnologia é constituída por um tecido que possui fios condutores em suas tramas (TROVATO, 2018). Mais detalhes sobre esse sensor podem ser encontrados em 3.1.

### 2.2 DETECÇÃO DE USO DE CINTO DE SEGURANÇA

Para detectar o fechamento do cinto de segurança, é necessário um sensor externo, já que cada DRC tem seu modelo de fivela. Entretanto, como o engate da fivela é sempre feito com um material ferroso, é possível fazer essa detecção através de um sensor de efeito *Hall*.

O efeito *Hall* é um fenômeno físico que se refere à tensão mensurável em um material condutor quando a corrente elétrica que flui por este é influenciada por um campo magnético (PEPKA, 2007). Um sensor típico e os vetores das grandezas envolvidas é mostrado na Figura 1.

**Figura 1 – Grandezas atuantes em um típico sensor efeito Hall**



**Fonte: Adaptado de Pepka (2007).**

Para esse projeto, foi escolhido o sensor A1157 da Allegro Microsystems (ALLEGRO MICROSYSTEMS, 2021). É um sensor de dois fios, unipolar, indicado para detecção de engate da fivela de cinto de segurança. Mais detalhes sobre esse sensor podem ser encontrados no item 3.2.

### 2.3 MOVIMENTAÇÃO DO VEÍCULO

O princípio de operação dos acelerômetros é parecido com aplicações macroscópicas. Uma massa é presa por uma mola, amortecida adequadamente, e são usados diversos tipos de sensoriamento para detectar a aceleração (TURNER, 1988).



Os elementos sensores podem ser do tipo piezoelétrico, piezorresistivo ou capacitivo (SWINGLER, 2013). Um sensor piezoelétrico é aquele que gera uma diferença de potencial entre seus terminais quando sofre uma deformação mecânica. O elemento piezorresistivo funciona de forma similar, entretanto, gerando uma diferença na resistividade ao mudar sua geometria. Já o sensor capacitivo envolve mudança da capacitância dos elementos mecânicos: assim que a massa se move por fatores externos, o elemento sensor formado pelo substrato e pela massa tem sua capacitância alterada pela mudança da distância entre os terminais.

Para este projeto, foi escolhido o acelerômetro de três eixos ADXL362 da *Analog Devices*, pois é um acelerômetro de baixíssimo consumo (tão baixo quanto 10 nA em *standby*) quando comparado com um acelerômetro comum como o ADXL325, cujo consumo é de 350µA, que representa um consumo 35 mil vezes menor. Além disso, seu tamanho do encapsulamento é reduzido, com 3 mm × 3.25 mm × 1.06 mm. Mais detalhes sobre esse sensor podem ser encontrados na subseção 3.3.

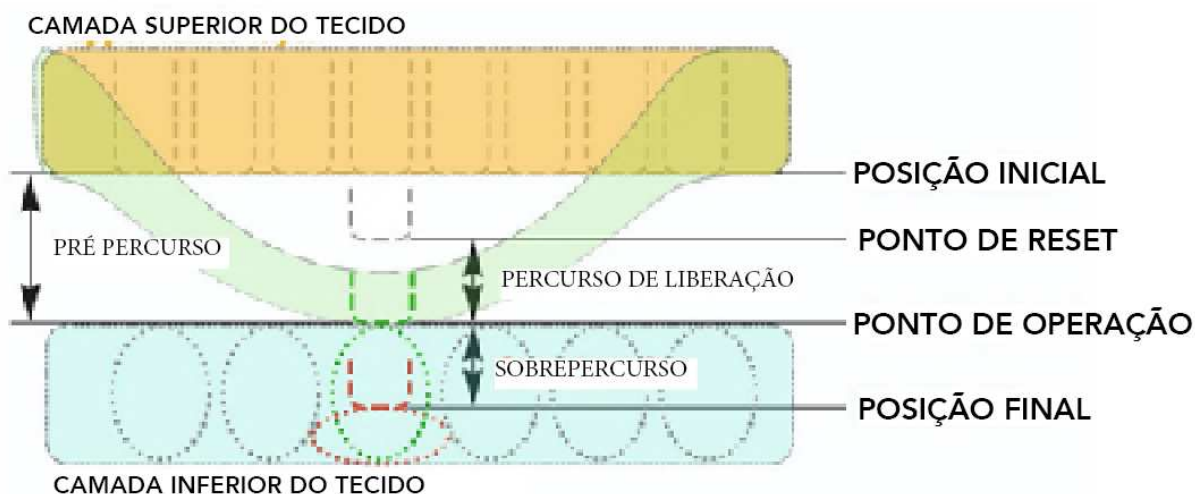
### 3 PROJETO

Neste capítulo, serão apresentadas todas as etapas do projeto para o lembrete de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças. Serão detalhados o sensor magnético, o sensor de pressão, o acelerômetro, o microcontrolador, a gestão de alimentação, a sinalização, e, por fim, a solução proposta.

#### 3.1 SENSOR DE PRESSÃO

O sensor de pressão escolhido é constituído por duas camadas de tecido com fios condutores. As camadas são alinhadas de maneira que, assim que a pressão sobre o sensor ultrapassa um determinado limite, os condutores se tocam, a resistência elétrica entre as camadas reduz-se, e a corrente elétrica pode fluir pelo sensor (KNITRONIX, 2021). Essa estrutura é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura do sensor de presença de passageiro



Fonte: Adaptado de Knitronix (2021).

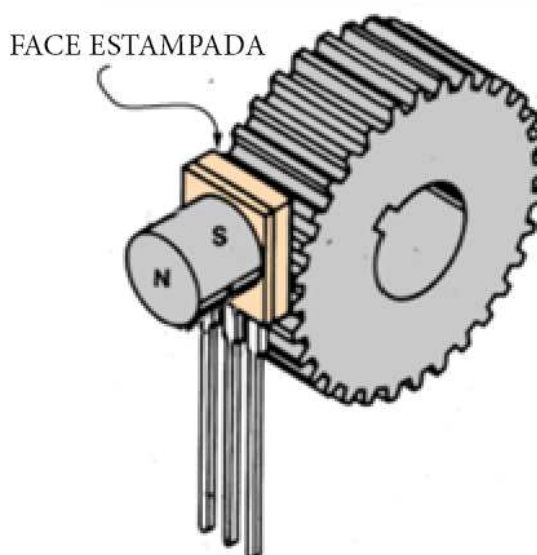
Como seu funcionamento é simples, do ponto de vista elétrico, será ligado ao microcontrolador escolhido (MKL15Z32VFM4) e será percebido como um botão. Como tem dois pinos sem polaridade, um deles será ligado a um *pull-up* e o outro ao *ground* do circuito. Se estiver aberto (sinal lógico 1), é porque não há criança no DRC, se estiver fechado (sinal lógico 0) é porque há uma criança no DRC.

### 3.2 SENSOR DE EFEITO HALL

O sensor de efeito hall funciona como uma chave. Pequenas mudanças no campo magnético que atravessa o chip causam uma mudança na corrente que passa pelo sensor.

A Figura 3 ilustra como é feita a detecção da presença de material ferromagnético em uma peça. A presença/ausência do material magnético gera uma mudança no campo magnético que atravessa o sensor, e isso gera a alteração na corrente.

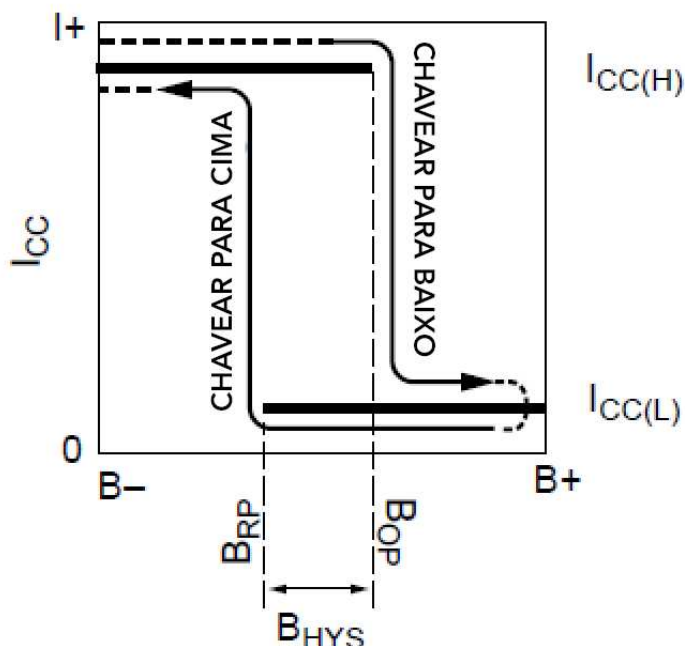
**Figura 3 – Esquema de detecção de presença de material ferromagnético**



**Fonte: Adaptado de ALLEGRO, 2021.**

No caso do projeto, quando houver a presença da lingueta do cinto, o campo aumenta e gera uma queda na corrente ( $I_{CC(L)}$ ). Com a ausência da lingueta, o campo diminui e ocorre um aumento na corrente que atravessa o sensor ( $I_{CC(H)}$ ), conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Esquema de detecção de presença de material ferromagnético: verificando a presença ou ausência da lingueta do cinto



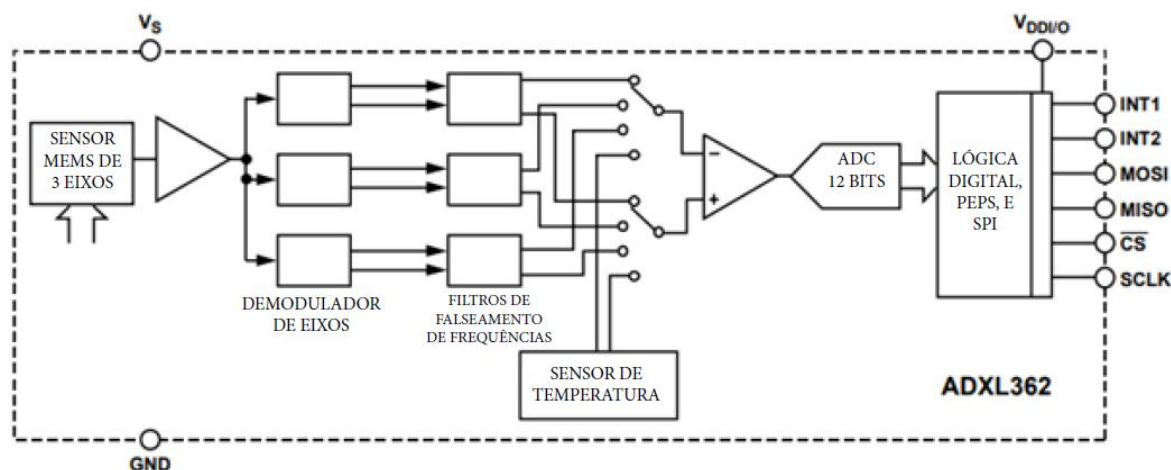
Fonte: Adaptado de ALLEGRO, 2021.

### 3.3 ACELERÔMETRO

Nos automóveis existe uma rede de comunicação entre os módulos de todas as partes do veículo. Essa rede recebe o nome de CAN (*Controller Area Network*). A rede CAN consiste em um protocolo serial síncrono que atua em uma camada física de dois fios. Dentre outras possibilidades, um dispositivo que acessa essa rede pode obter dados de todos os sensores do carro como velocidade, rotação do motor, temperatura etc. Todavia, como o sistema proposto está fora da rede CAN do carro, é necessário saber se o veículo está em movimento.

A Figura 5 mostra o funcionamento e os pinos do acelerômetro escolhido para o projeto. Sinais adquiridos do capacitor de cada eixo são amplificados, então demodulados por eixo e filtrados. Em seguida, passam por um circuito de compensação de temperatura. Esses sinais são então amostrados por um conversor analógico-digital e, por fim, os dados são tratados digitalmente para serem lidos no barramento de comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*).

Figura 5 – Diagrama de blocos do acelerômetro



Fonte: Analog Devices (2019).

O acelerômetro ADXL362 tem uma resolução de 12 bits, mas os dados também podem ser fornecidos em 8 bits para transmissão mais eficiente, quando necessário. Além disso, o alcance de medição pode ser configurado e varia entre  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ , ou  $\pm 8g$ .

A comunicação com o acelerômetro se dá via a interface de barramento serial SPI. Esse barramento possui 4 fios, um de transmissão de dados, um para recepção dos dados, um de sincronismo e um para seleção do chip. O acelerômetro também possui pinos de interrupção. O barramento será ligado ao microcontrolador para configuração e recebimento dos dados. Um dos pinos de interrupção será ligado também, caso seja necessário trabalhar dessa forma. Entretanto, a técnica de *polling* deve ser suficiente para a aplicação.

### 3.4 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador escolhido para a aplicação é o MKL15Z32VFM4 de 32 pinos da família Kinetis KL15 da NXP. Seu core é Cortex M0+ que roda em até 48MHz.

A Figura 6 mostra os elementos da família KL15.

Figura 6 – Diagrama de blocos do microcontrolador

Familia Kinetis KL15				
ARM Cortex-M0+Core	Sistema	Memórias e interfaces de memória	Relógios	
Interfaces de debug	Watchdog interno	Flash de programa	Malha de captura de fase	
Controlador de interrupção	DMA	RAM	Malha de captura de frequência	
MTB	BME		Oscilador de frequência alta/baixa	
			Relógio interno de referência	
Segurança e Integridade	Analógico	Contadores	Interfaces de Comunicação	Interface Humano-Máquina
Watchdog interno	16-bit ADC x1	Contadores 1x6 canais + 2x2 canais	I <sup>2</sup> C x2	GPIOs com interrupção  TSI
	Comparador analógico x1	Contador de baixo consumo x1	UART de baixo consumo x1	
	6-bit DAC	Contadores de interrupção periódica	SPI x2	
	12-bit DAC	RTC	UART x2	

Fonte: Adaptado de Freescale Semiconductor (2014).

O MKL15Z128 é um controlador muito versátil pois possui 32KB de memória de programa e 4KB de memória SRAM, além de todos os periféricos necessários ao projeto, como um barramento SPI, um ADC de 16 bits de resolução com 4 canais *single-ended*, 6 canais de PWM e 28 GPIOs (*General Purpose In and Out*) disponíveis nessa versão do chip.

O barramento SPI será usado para comunicação com o acelerômetro, o conversor analógico-digital, também chamado de ADC, será usado para monitorar a bateria e o sensor de efeito hall. Para controlar a sinalização sonora será usado uma técnica de modulação por largura de pulso conhecida por PWM (*Pulse Width Modulation*). Os outros sinais, como o sensor de pressão, serão tratados como GPIOs, que são entradas e saídas de uso geral.

### 3.5 GESTÃO DE ALIMENTAÇÃO

Neste item, será apresentada bateria, carregador de bateria e conversor DC/DC. A ideia é que o sistema seja alimentado por uma bateria para que seja móvel, dessa forma podendo ser instalado em qualquer DRC. Além disso, a bateria poderá ser carregada via uma porta USB disponível no painel do veículo.

#### 3.5.1 Bateria

O tipo mais usado de bateria em dispositivos moveis é a bateria de lítio polímero, também conhecida como bateria LiPo. Os motivos que a levaram esse patamar é sua densidade energética e sua diversidade de formatos e tamanhos. As baterias LiPo tem tensão nominal de 3.7V e são carregadas em 4.2V. A corrente de carga deve ser de metade da corrente nominal.

Considerando um consumo médio de 1mAh por dia para um uso típico (1 hora por dia em uso e 23 horas em *standby*) e 100mAh por dia para uso intenso (8 horas de uso e 16 de *standby*), uma bateria de aproximadamente 1Ah teria a capacidade de manter o sistema ligado entre 10 dias e 2,5 anos.

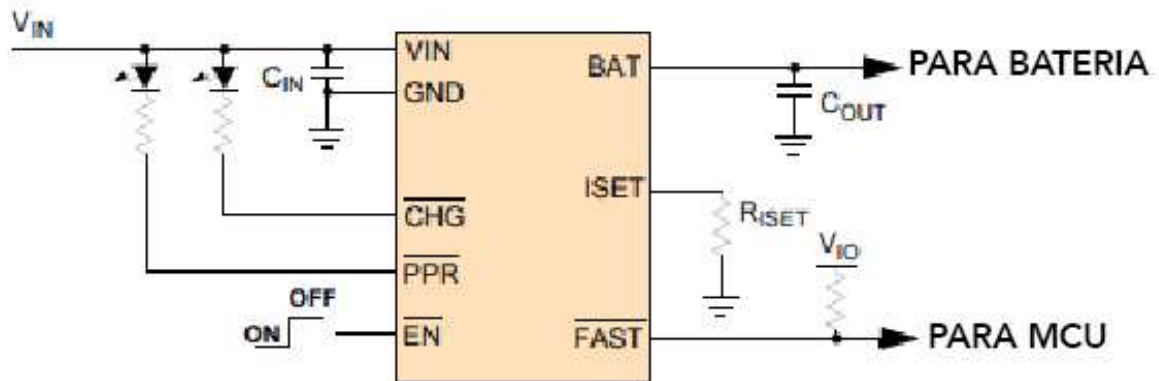
Portanto, para esse projeto foi escolhida uma bateria LiPo de 1Ah modelo LP-922543-1S-3 da marca CORNELL-DUBILIER.

#### 3.5.2 Carregador de Bateria

Para carregar a bateria do sistema, foi escolhido o componente MC34673 da NXP. Ele é um carregador especializado em baterias de Lítio, tanto polímero quanto íon.

Além da conexão com a fonte (VIN e GND) e com a bateria (BAT), o chip possui 3 pinos de indicação de status (PPR, CHG e FAST), um pino de configuração de corrente (ISET) e um pino de habilitação (EN), como é possível observar na Figura 7.

Figura 7 – Diagrama simplificado do circuito carregador de bateria



Fonte: Adaptado de Freescale Semiconductor (2014).

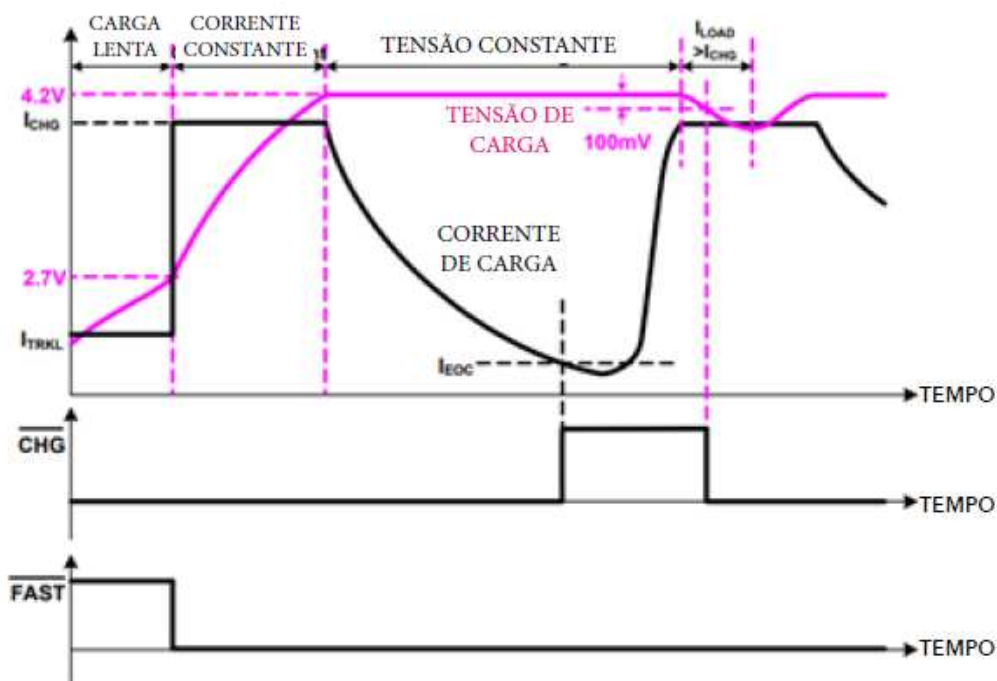
Ainda na Figura 7, tem-se os seguintes elementos destacados com suas respectivas finalidades no circuito carregador de bateria:

- PPR é a indicação de presença de fonte. Assim que uma tensão surge no pino VIN, esse pino tem seu nível lógico colocado em 0.
- CHG é o pino de status de carregamento; enquanto a bateria estiver em carregamento, esse pino se mantém com nível lógico 0.
- FAST é o pino de indicador de carga rápida. Ele mostra se a tensão da bateria é maior ou menor que o limite de tensão do modo *trickle*.
- ISET é o pino onde é colocado um resistor para configurar qual será a corrente de carregamento em modo de corrente constante. Ele também serve de indicador de carga da bateria em modo de tensão constante. A tensão em cima desse resistor começa em 1V e reduz proporcionalmente com a corrente de carga.

Esse carregador possui três modos de carregamento: corrente constante, tensão constante ou modo *trickle*. Os três modos são usados para o carregamento da bateria, e a dinâmica de carregamento é mostrada na Figura 8.



Figura 8 – Perfil de carregamento



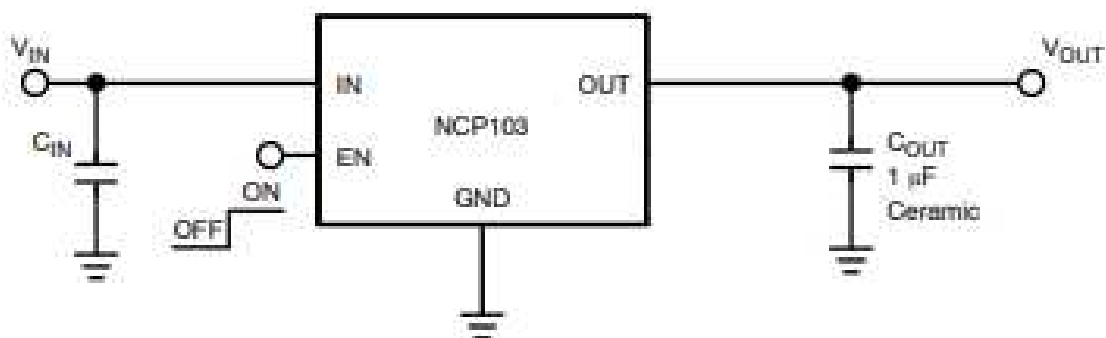
Fonte: Adaptado de Freescale Semiconductor (2014).

### 3.5.3 Conversor DC/DC

Como a bateria tem uma tensão variável durante seu ciclo de descarga, é preciso um conversor que estabilize a tensão para os circuitos funcionarem de maneira adequada.

Foi selecionado para esse projeto o regulador linear NCP103BMX330TCG da Onsemi, pois ele tem dimensões muito reduzidas, apenas 1.0 x 1.0 mm em um encapsulamento DFN e requer apenas dois capacitores para funcionar corretamente, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Circuito de aplicação típico do regulador



Fonte: Adaptado de Freescale Semiconductor (2014).

A tensão de entrada varia de 1.7V a 5.5V e tensão de saída é fixa de 3.3V e 150mA máximos. Esse chip também possui um limitador de corrente de saída que chaveia a tensão para o terra em caso de curto circuito. Outra característica que melhora a segurança desse CI é o desligamento automático quando a temperatura interna atinge 160°C.

### 3.6 SINALIZAÇÃO

A indicação que a criança está sem cinto enquanto o carro está em movimento será feita por meio de um *buzzer* piezoelétrico. O escolhido é o CMI-1295IC-0385T da CUI Devices. Ele será acionado usando o *mosfet* BSS138 da Onsemi. Sinais PWM de diferentes frequências vindas do microcontrolador determinarão o som emitido pelo *buzzer* para cada aviso (“falta de cinto” ou “bateria acabando”).

### 3.7 SOLUÇÃO PROPOSTA

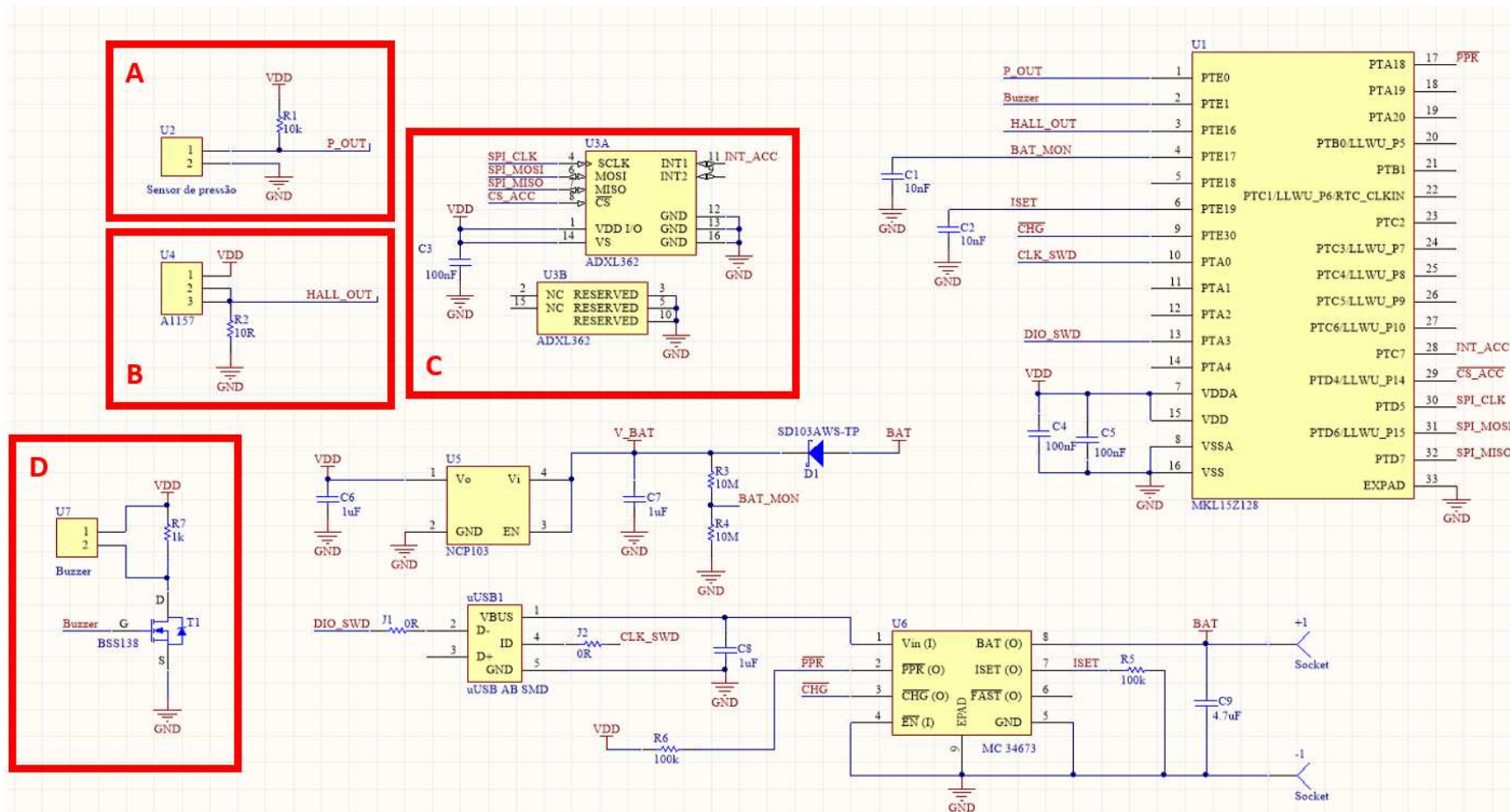
A seguir, serão descritos os principais circuitos do esquemático proposto para esse equipamento. Na Figura 10 são demonstrados todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema, como a entrada para bateria (*Socket*), proteção contra reversão de polaridade (D1), o carregador de bateria (U6), o regulador de tensão (U5) e o microcontrolador (U1). Estão destacados os principais módulos do sistema, identificados por letras:

- A – Sensor de pressão: Há dois pinos de interface. O primeiro pino vai conectado a um resistor de *pull-up* e ao pino 1 (PTE0) do microcontrolador. O segundo pino é aterrado. O *pull-up* faz com que a linha P\_OUT esteja em nível lógico 1 quando não há criança no DRC. Assim que uma criança é colocada no DRC, o contato é fechado e a linha P\_OUT muda seu estado lógico para 0. Isso mostra para o *software* que há uma criança no DRC.
- B – Sensor de efeito Hall: Há três pinos para interface. O primeiro é ligado à alimentação do sistema (VDD). O segundo e o terceiro são ligados, juntos, a um resistor de baixa resistência (R2) e a um pino 3 do controlador que tem função de ADC. Dessa forma, será possível medir uma tensão que é

diretamente proporcional à corrente que passa por R2. O *software*, ao ler os valores amostrados, poderá definir se o cinto está afivelado.

- C – Acelerômetro: São quatro pinos do barramento SPI e um pino de interrupção, que são conectados ao microcontrolador nos pinos 28 (interrupção), 29 (*Chip select*), 30 (SPI *clock*), 31 (SPI *data out*), 32 (SPI *data in*). Os pinos 1 e 14 são os pinos que provém alimentação ao chip, portanto estão ligados em VDD. Os demais pinos foram aterrados, à exceção dos pinos 2 e 15 que não foram ligados em nada por recomendação do fabricante. Através dessas conexões, é possível obter dados de aceleração do sistema, e o *software* pode fazer cálculos para saber qual a velocidade do veículo.
- D – *Buzzer*: Há dois pinos disponíveis para acionamento. O primeiro pino foi ligado em VDD e o segundo ao dreno de um MOSFET que atua como chave. Como o *buzzer* é constituído de um material piezoelétrico, um resistor (R7) foi colocado em paralelo para descarregar uma eventual carga residual para a piezo capacitância do componente. O *Gate* do MOSFET foi ligado ao pino 2 do controlador, que tem função PWM. Com essas ligações, é possível acionar o *buzzer* quando necessário.

Figura 10 – Esquemático proposto para o projeto



Fonte: Autoria própria.

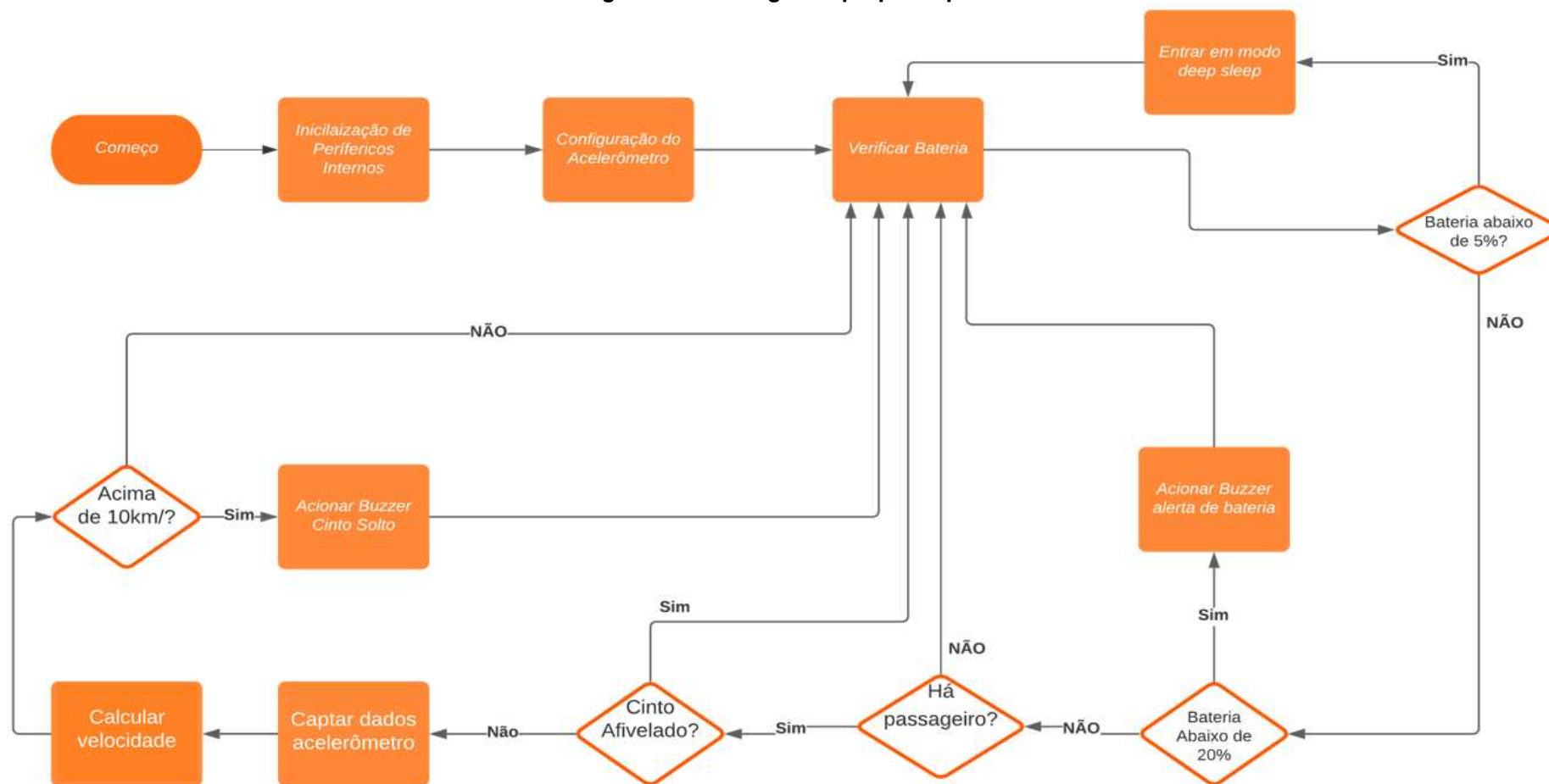
Um fluxograma do *software* a ser implementado para suprir todas as características definidas nesse trabalho está na Figura 11. Cada bloco definido no diagrama será descrito a seguir:

- Inicialização dos periféricos: Nesse instante o *software* configura os periféricos de que precisa para o funcionamento. Serão formatados a fonte e velocidade de *clock*, os pinos que serão de interrupção, um timer, o módulo SPI e o pinos que serão usados, o ADC e o pinos que serão usados.
- Configuração do acelerômetro: ao chegar a esse ponto, o *software* precisa enviar pelo barramento SPI os parâmetros definidos para o correto funcionamento do sensor. Devem ser configurados o tamanho da pilha, a sensibilidade, a frequência de amostragem, o uso de filtros e os eventos que podem gerar interrupção. Por último deve ser habilitada a aquisição de dados e concomitantemente um timer deve ser disparado para sincronizar as amostras.
- Verificação da Bateria: Aqui o *software* calcula a carga da bateria. Isso deve ser feito utilizando uma média de amostras da tensão da bateria e uma escala que define qual a porcentagem de bateria corresponde ao valor de tensão médio calculado.
- Entrada em modo *deep sleep*: Ao chegar nesse ponto, como a bateria está em nível crítico, o sistema deve desligar todos os módulos e esperar que o nível de carga da bateria atinja um nível razoável para voltar a operar. Isso significa colocar o acelerômetro em *standby* e entrar em modo *deep sleep*. O controlador deve ser acordado por uma interrupção de ADC quando o nível de bateria for maior que 5%.
- Acionamento do *Buzzer* Cinto Solto e Acionamento do *Buzzer* Alerta de Bateria: São módulos nos quais o *software* deve configurar o periférico PWM para acionar o *buzzer* em padrões próprios a cada módulo e diferenciáveis entre si.
- Captar dados do acelerômetro: Nesse instante o *software* deve buscar os dados no acelerômetro via barramento SPI, guardá-los em um *buffer* e para o *timer* de sincronismo.

- Calcular de velocidade: Aqui será calculada a velocidade a partir dos dados deixados no buffer. A primeira coisa a ser feita é remover o offset causado pela gravidade do planeta. Então deve ser implementado um filtro de medias para remoção de ruído elétricos e mecânicos. Após isso acumula-se os valores até aqui calculados de aceleração a cada instante. Ou seja, a velocidade será igual a velocidade inicial somada ao valor de aceleração calculado.

Dessa forma, foi desenhado o projeto do sistema de monitoramento de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças. Estão descritos os componentes necessários, o *hardware* e o *software* para o sistema. Com essas informações, é possível confeccionar um modelo piloto para posterior testagem.

Figura 11 – Fluxograma proposto para software



Fonte: Auoria própria.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança dos seres humanos é um dos desafios no trânsito de veículos. Legislação e implementação de tecnologias de segurança podem contribuir para tornar o trânsito mais seguro.

As tecnologias de segurança para veículos incluem desde a utilização do cinto de segurança, a recursos mais complexos, como *air bags*. Para o público infantil, a utilização correta dos dispositivos de retenção para crianças pode salvar vidas e diminuir a gravidade das lesões em caso de acidente. Esses dispositivos necessitam estar corretamente acoplados e com a correta utilização do cinto de segurança do dispositivo.

Para que o motorista seja avisado em caso de uso incorreto, este trabalho propôs um sistema de monitoramento para o cinto de segurança de dispositivos de retenção para crianças, gerando um aviso sonoro sempre que uma criança não estiver com o cinto afivelado enquanto o automóvel está em movimento.

Foram identificados os tipos de sensores necessários para o lembrete, e selecionados os considerados mais adequados. Os componentes necessários para atender aos requisitos do dispositivo foram apresentados, assim como o projeto de hardware e software do sistema. Dessa forma, foi cumprido o objetivo de projetar um sistema de monitoramento de cinto de segurança para dispositivos de retenção para crianças.

Para trabalhos futuros, sugere-se a confecção do dispositivo e testagem em condições reais de uso.



## REFERÊNCIAS

ALLEGRO MICROSYSTEMS. **Hall-Effect Sensors Applications Guide**. 30 set. 2021. Disponível em: <<https://www.allegromicro.com/en/insights-and-innovations/technical-documents/hall-effect-sensor-ic-publications/hall-effect-ic-applications-guide>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

ANALOG DEVICES. **Micropower, 3-Axis,  $\pm 2$  g/ $\pm 4$  g/ $\pm 8$  g Digital Data Sheet Output MEMS Accelerometer Datasheet**. 01 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl362.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

ASSEMBLEIA GERAL DA ONU. Resolução 74/299. AG Index: A/RES/74/299, 02 set. 2020. Disponível em: <<https://undocs.org/en/A/RES/74/299>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9503.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. **Lei n. 14.071, de 13 de outubro de 2020**. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para modificar a composição do Conselho Nacional de Trânsito e ampliar o prazo de validade das habilitações; e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14071.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14071.htm)>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde, Departamento de Informática do SUS – DATASUS. 2021a. **Sistema de Informações sobre Mortalidade**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura/Conselho Nacional de Trânsito. 2021b. **Resolução CONTRAN Nº 819, de 17 de março de 2021**. Dispõe sobre o transporte de crianças com idade inferior a dez anos que não tenham atingido 1,45 m (um metro e quarenta e cinco centímetros) de altura no dispositivo de retenção adequado. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-contran-n-819-de-17-de-marco-de-2021-310089618>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FEITAS, J. P. P.; RIBEIRO, L. A.; JORGE, M. T. **Vítimas de acidentes de trânsito na faixa etária pediátrica atendidas em um hospital universitário: aspectos epidemiológicos e clínicos.** Cadernos de Saúde Pública [online]. 2007, v. 23, n. 12. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001200028>>. Acesso em: 25 nov. 2021.

FREESCALE SEMICONDUCTOR. **Kinetis KL15 Sub-Family 48 MHz Cortex-M0+ Based Microcontroller Datasheet.** 01 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/KL15P80M48SF0.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

HUH, J. H; CHO, S. H. **Seat Belt Reminder System In Vehicle Using IR-UWB Radar.** 2018 International Conference on Network Infrastructure and Digital Content (IC-NIDC), 2018, pp. 256-259, Disponível em: <[10.1109/ICNIDC.2018.8525708](https://doi.org/10.1109/ICNIDC.2018.8525708)>. Acesso em: 29 nov. 2021.

KNITRONIX. **Basic pressure textile sensor.** 15 nov. 2021. Disponível em: <[https://www.knitronix.com/datasheet/datasheet\\_trapolps.pdf](https://www.knitronix.com/datasheet/datasheet_trapolps.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2021.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Plano Global - Década de Ação pela segurança no trânsito 2021-2030.** 20 out 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/pt/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

PEPKA, G. **Position and level sensing using Hall-effect sensing technology.** Sensor Review, (2007), v. 27 n. 1, pp. 29-34. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/02602280710723442>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SOUSA, R. M.; *et al.* **Uso correto do cinto de segurança e dos dispositivos de restrição infantil em automóveis de Goiânia.** Revista Brasileira de Ortopedia [online]. 2014, v. 49, n. 04, pp. 340-344. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rboe.2014.04.011>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

SWINGLER, J. **MEMS for passenger safety in automotive vehicles.** (2013). ISBN 9780857091185, pp. 3-28. Disponível em: <<https://doi.org/10.1533/9780857096487.1.3>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

TROVATO, V. **Smart Textiles**: classificazioni approcci e applicazioni healthcare. Progetto Fit4You-Formazione per l'Innovazione Tecnologica, 2018, [online] Disponibile em: <<http://centrocot.it/i-tn/wp-content/uploads/2019/07/Report-Smart-Textiles-F4Y-rev.0.pdf>>. Accesso em: 28 nov. 2021.

TURNER, J. D. **Instrumentation for engineers**. London: Macmillan (1988).