AUTOMAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DO TESTE PARA PRODUÇÃO DE INTERRUPTORES TÉRMICOS AUTOMOTIVOS

Automation and Programming of production test of automotive thermal switches

CALEFFI, Liamara
Centro Universitário de Jaguariúna - UNIFAJ

RESUMO: Os interruptores térmicos utilizados em automóveis têm a função de ligar a ventoinha do radiador e enviar mensagens ao painel do veículo, incluindo a função de não deixar o veículo superaquecer ultrapassando a temperatura de trabalho ao ponto de gerar danos permanentes. Este projeto visa desenvolver um teste de liberação automático para a produção dos interruptores térmicos, que opera apenas com a necessidade do monitoramento de um operador, tendo por sua vez a vantagem da produção se tornar mais rápida, precisa e menos propícios a erros, em relação ao teste de liberação manual. O método e desenvolvimento para esse teste se tornar automatizado, é através do processamento da linguagem de programação em C desenvolvida e importada à placa Intel Galileo Gen 2 que, detecta o sinal de passagem de corrente dos terminais, identifica a faixa de temperatura através de um sensor e identifica o sinal do ruído característico provocado pelo bimetal, sendo analisado também através de um filtro de espectro de frequência. A função principal é detectar se os terminais fecham o contato no mesmo instante em que atinge a faixa da temperatura de ação e ocorre o ruído do bimetal.

Palavras-chave: interruptores térmicos, automóveis, teste de produção;

Abstract: The thermal switches used in cars have the function of turning on the radiator fan and sending messages to the vehicle panel, including the function of not letting the vehicle overheat above the working temperature to the point of causing permanent damage. This project aims to develop an automatic release test for the production of thermal switches, which only operates with the need of monitoring an operator, in turn having the advantage of production becoming faster, accurate and less error-prone compared Manual release test. The method and development for this test to become automated is through the processing of the C programming language developed and imported to the Intel Galileo Gen 2 board which detects the current passing signal of the terminals, identifies the temperature range through a Sensor and identifies the characteristic noise signal caused by the bimetal, and is also analyzed through a frequency spectrum filter. The main function is to detect if the terminals close the contact at the same instant that it reaches the range of the action temperature and the bimetal noise occurs.

Key-words: thermal switches, automobiles, production test;

INTRODUÇÃO

A concorrência no mercado das indústrias automobilísticas está cada vez mais em busca de novas tecnologias para trazer um conforto melhor e maior

segurança, como por exemplo, o sistema antibloqueio que utiliza um sistema eletrônico para gerar estabilidade na frenagem de emergência do automóvel, tecnologia que hoje já está sendo desenvolvida junto com o *software* do automóvel (CHARETTE, 2009).

Para fornecer informações a este *software*, são necessários sensores que possam informar a posição, o deslocamento, a temperatura e o consumo do automóvel, permitindo ter-se uma leitura exata do funcionamento do conjunto e tomar ações necessárias para que o sistema tenha o mínimo de desgaste possível do motor, freio, amortecimento do veiculo e controle na emissão de gases poluentes.

Um desses sensores é conhecido como interruptor térmico, que aciona a ventoinha do radiador que resfria a água do sistema gerando o arrefecimento do motor, com isto o motor sempre trabalha na temperatura recomendada pelo fabricante do automóvel. O acionamento do interruptor térmico é feito através de um bimetal no formato e tamanho de uma moeda, onde se aquecido a certa temperatura, ele deforma e isso faz com que feche o chaveamento onde passa a corrente elétrica ligando a ventoinha do veículo. O bimetal provoca um ruído característico quando deformado, e muitas vezes há uma diferença no tempo de acionamento entre o ruído do bimetal e o chaveamento, sendo detectado como não calibrado e isto gera um risco para o uso nos automóveis. Por esse motivo, antes que seja feito a produção, ele é testado para verificar se está com a calibração perfeita.

O teste de liberação dos interruptores térmicos atualmente é feito de modo manual através de um operador, onde o mesmo liga os terminais do interruptor a um LED e utiliza a audição para detectar o ruído quando aquecido o bimetal. Ao atingir a temperatura adequada, o operador fica atento para ouvir o ruído do bimetal e ao mesmo tempo verifica se a luz do LED foi acesa devido aos terminais fecharem contato. Se isto ocorrer no mesmo instante, o interruptor está calibrado e pronto para produção. Todavia, pelo motivo do teste ser feito de modo manual, o mesmo está suscetível a ter uma grande margem de erro devido ao fator humano, sem contar o demasiado tempo gasto para liberar a produção, ocasionando gargalos nas células de produção que não é suficientemente rápida e eficaz.

Para que o processo de teste de liberação se torne mais rápido e tenha uma melhor acuracidade e capacidade de repetibilidade em termos estatísticos, foi desenvolvido um teste de liberação de interruptores térmicos que possui a função de automatizar esse processo, sendo somente necessário que o operador monitore os resultados dados pelo aparelho.

Neste teste de liberação automático é utilizada a placa Intel Galileo Gen 2, que por sua vez é composta por um microcontrolador que quando programado, realiza tarefas com as conexões de entrada e saída do dispositivo e todos os outros componentes externos conectados, muito mais rápidos e precisos devido à velocidade de processamento de 400Mhz. As conexões da placa permitem ser independentes, mas também podem trabalhar em conjunto com um computador, rede ou internet.

Na automação, os conectores dos terminais do interruptor no aparelho de teste e ligados diretamente à Intel Galileo Gen 2, logo após, o interruptor é colocado em um banho para aquecer, e quando o banho atinge a temperatura exata de deformação do bimetal, através de um sensor de temperatura é verificado se a faixa de ação está correta e o microfone acoplado no bimetal capta o ruído característico do bimetal, identificando esse som e convertendo-o no formato de espectro de frequência.

O espectro de frequência passa por um filtro onde, seleciona o ruído do bimetal em uma faixa de frequência. Quando o mesmo for verdadeiro, ou seja, o filtro detecta uma faixa bem próxima do ruído do bimetal, este envia um sinal para um pré-amplificador, onde amplia o ganho do sinal para melhor identificação e logo depois para a entrada analógica na placa Intel Galileo Gen 2. A placa tem a função de selecionar via programação exclusivamente o ruído do bimetal e a faixa de temperatura de ação, deste modo o filtro e o programa são capazes de gerar o sinal até mesmo em meio de outros ruídos da indústria, não abrangendo a necessidade do aparelho de teste permanecer em um lugar isolado.

O modo de programação da Intel Galileo Gen 2 é a linguagem de programação em base “C”, sendo geralmente utilizada para realizar a automação com microcontroladores, deste modo, no projeto proposto os programas desenvolvidos são capazes de identificar o ruído exato do bimetal, a faixa de temperatura de ação e identificar no interruptor térmico se os terminais fecham contato no mesmo instante que recebem o sinal digital enviado pelo filtro. Se sim

são liberados para a produção e estão calibrados, se não, voltam em um processo para serem calibrados novamente. Para conhecimento do operador, esse resultado é apontado em um alarme visual.

DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA

Para auxiliar as indústrias de autopeças a transformar a produção dos interruptores térmicos mais rápidas, precisas e com uma ótima qualidade, é necessário o auxilio e implementação do sistema automatizado nos testes, em destaque a figura 1, mostrando o diagrama do processo geral do teste automático. Em vista que, serão evitados ao máximo os erros provocados pelo atual teste manual de liberação, que acaba trazendo também algumas complicações, como um desconforto nos ouvidos do operador de executar o teste muitas vezes ao dia, através deste desconforto, pode ocorrer lentidão na liberação ou até mesmo uma liberação errônea, não sendo satisfatória para a qualidade da indústria.

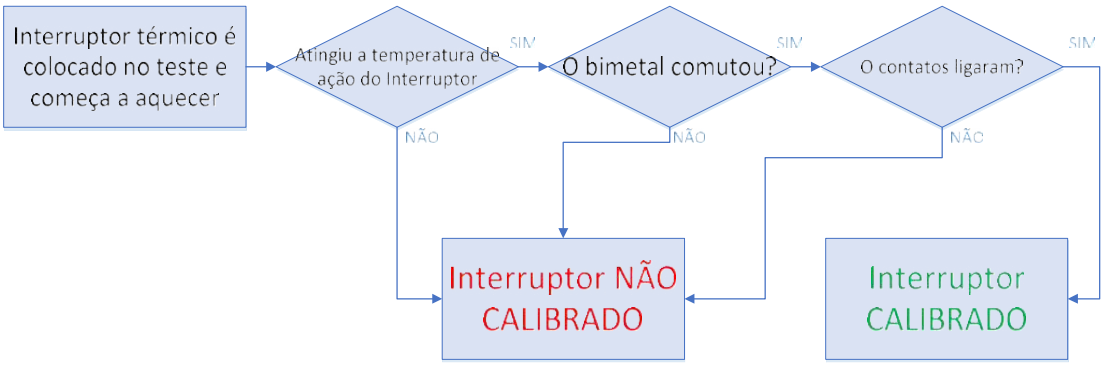

Figura 2 - Diagrama do processo geral (FONTE: Autor).

Portanto, para entender com mais clareza a funcionalidade do teste de liberação automático, é necessário o conhecimento de ação dos interruptores térmicos.

Interruptores térmicos – Funcionamento e aquecimento

Os interruptores são dispositivos sensores de segurança dos automóveis, com a função de acionar a ventoinha do veiculo no caso do aumento

da temperatura de trabalho, permitindo o resfriamento da água que passa pelo motor, para que possa retornar a temperatura ideal.

O principal responsável pelo acionamento dos contatos que energizam a ventoinha é o bimetal presente no interruptor térmico.

Funcionamento dos interruptores térmico

A ação de deformação do bimetal ocorre quando aquecido à temperatura de trabalho definida em cada interruptor térmico, consequentemente após a deformação, os contatos são ligados instantaneamente, conforme mostrado na figura 2.

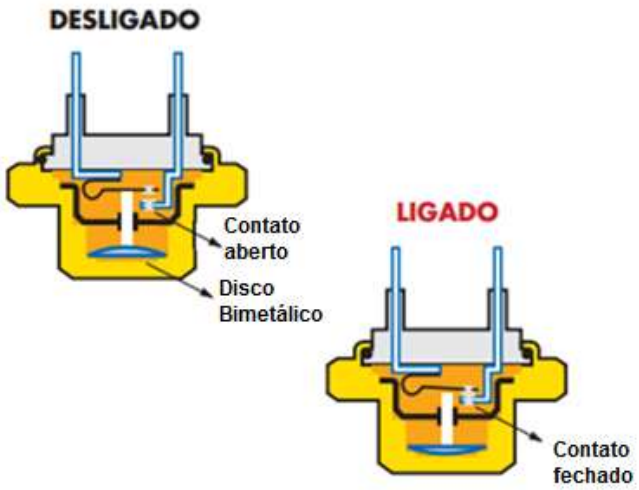

Figura 2 - Detalhe interno do Interruptor Térmico. (FONTE: DISPEMEC).

Aquecimento do interruptor térmico.

Para que o interruptor térmico feche contato e realize a função de acionar a ventoinha, é necessário que ele seja aquecido até a temperatura de ação.

No teste de liberação, para aquecer o interruptor, é necessário colocar este encaixado em um suporte presente em um tanque com liquido aquecido através de uma resistência, denominado termocirculador. Ao ser aquecido e atingir a temperatura de ação, o bimetal é deformando fechando os contatos elétricos.

Porém, para efeitos de testes e análise de funcionamento, o interruptor térmico foi aquecido diretamente a uma resistência, para auxiliar na

programação e detecção do som do bimetal com um microfone acoplado para a captura do ruído. Logo depois, foram aplicados em funcionamento no tanque termocirculador com aquecimento do liquido para realizar os últimos testes funcionais e o funcionamento permanente com a automação feita pela Intel Gaileo Gen 2, conforme mostrado na figura 3.

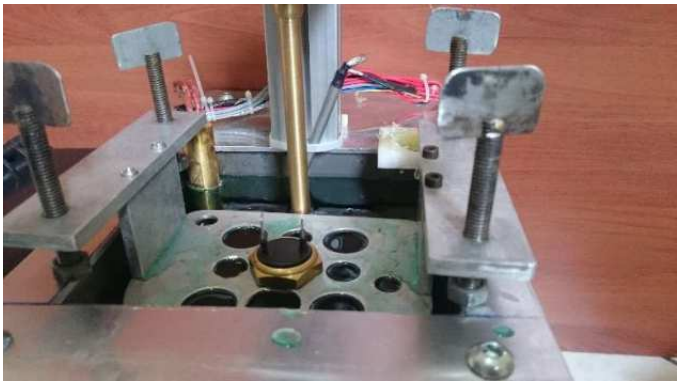

Figura 3 – Tanque termocirculador para aquecer interruptor térmico. (FONTE: Autor)

Instalação e comunicação com a Intel Galileo Gen 2

A Intel Galileo Gen 2 possui diversas portas de comunicação conforme ilustrado na figura 4. Há conjuntos de conexões de entrada e saída de sinais analógicos, digitais e PWM, um processador Intel Quark SoC x1000, compatível com o conjunto de instruções do processador Intel *Pentium* de 32 bits, núcleo único e *thread* único, onde opera-se até 400 MHz, sendo este responsável pelo gerenciamento e capacidade geral da placa. O processador de alta velocidade manipula corretamente os sinais de entrada e saída conforme o programa em linguagem “C” desenvolvido e armazenado na memória, sendo para os dados de comunicações ou para o compartilhamento de informações entre os dispositivos conectados.

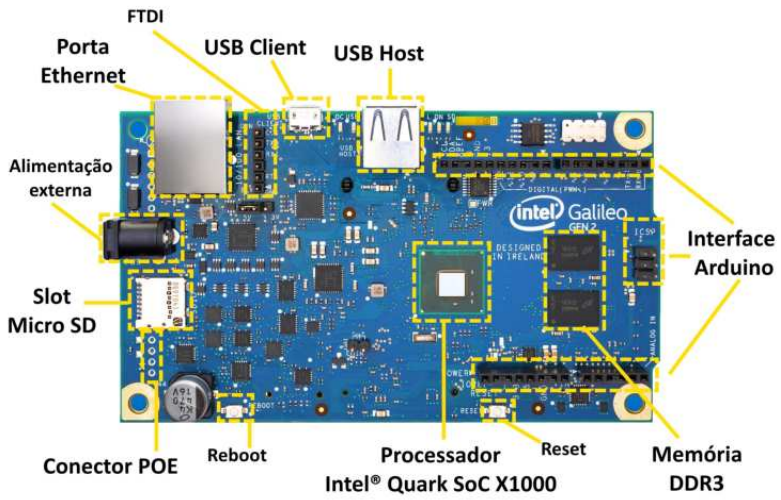

Figura 4 - Intel Galileo Gen 2 - detalhes dos dispositivos. (FONTE: FILIPEFLOP).

Para que seja possível o compartilhamento de informações deste projeto, é conectada uma entrada digital da placa aos conectores do Interruptor térmico, uma entrada analógica ao sensor de temperatura LM35 e uma entrada analógica ao conjunto contendo o microfone, o filtro e o pré-amplificador respectivamente em série, conforme mostrado na figura 5.



Figura 5 - Comunicação entre os dispositivos (Filtro externo, circuito pré-amplificador, sensor de temperatura e contatos do interruptor e Intel Galileo Gen 2) (FONTE: Autor).

Pela necessidade da rapidez e precisão das leituras em analise e comparação, é necessário a utilização da Intel Galileo Gen 2 para a automação. O uso desta é indispensável para o tipo deste projeto, não permitindo ocorrer nenhum tipo de erro de analise, pois a taxa de atualização e velocidade de processamento é muito maior que a de um Arduino Genuíno, mesmo este sendo mais viável economicamente.

Os conectores e interface Arduino utilizados na Intel Galileo Gen 2 são:

- Entrada digital (Interface Arduino): Para os conectores do Interruptor Térmico;

- Entrada analógica (Interface Arduino): Para a ligação em série do microfone, filtro e pré-amplificador para a captação do som;

- Entrada analógica (Interface Arduino): Para a ligação do sensor de temperatura LM35;

- Saída digital (Interface Arduino): Para a saída da resposta do teste de liberação, se a peça está calibrada ou não está calibrada;

- USB Client: Para realizar a analise via LabView em supervisão da de temperatura e do som capturado, controle e monitoramento da automação da Intel Galileo Gen 2, realizando a exibição de gráficos e resultados em tempo real.

Automação e captura dos sinais do teste de liberação através da Intel Galileo Gen 2

A interface escolhida para o processo de captura de sinal, é iniciada através de um sensor de temperatura e de um microfone acoplado próximo ao interruptor térmico.

Ambos os meios de captura de sinal realizam o trabalho de automatizar o teste e deixa-lo com maior precisão possível na resposta ao operador.

Por esta razão, a Intel Galileo Gen 2 trabalha em sua programação e automação com dois meios de captura, sendo estes trabalhados sempre em paralelo. O primeiro meio de captura é através da captação, filtragem e identificação do som, onde este é responsável por identificar se o bimetal comutou no tempo idêntico ao fechamento dos contatos. O segundo meio de captura é através da captura e controle de temperatura de ação do interruptor térmico, ele define se a ação do bimetal e consequentemente o fechamento dos contatos aconteceram na faixa de temperatura correta definida no interruptor térmico.

Captação, filtragem e identificação do som

O primeiro meio de captação é feito através da captura, filtragem e identificação do som. Esse som é capturado através de um conjunto em série contendo um microfone, um filtro e um pré-amplificador, conforme mostrado na figura 6.

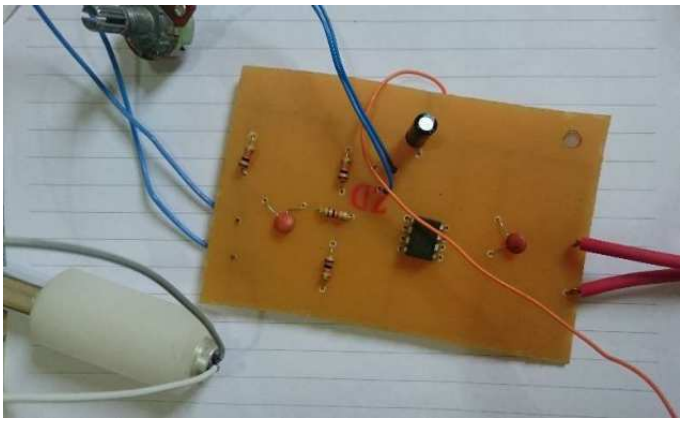

Figura 6 – Conjunto em série para a captação do som (FONTE: Autor).

O funcionamento deste meio começa a ser executado logo após o interruptor térmico atingir a temperatura de ação e comutar o bimetal. O ruído capturado pelo microfone é enviado para um filtro passa-banda (passa-faixa), onde é selecionada apenas uma faixa de frequência próxima do ruído, excluído todos os outros possíveis ruídos provocados no meio industrial. O sinal filtrado passa por um circuito pré-amplificador de áudio, responsável por ampliar o ganho do sinal deixando-o mais preciso em um sinal analógico. O sinal é enviado para a entrada analógica da Intel Galileo Gen 2, onde está programada para realizar a analise e a comparação da frequência e magnitude pré-definidas através do Algoritmo de Goertzel.

Algoritmo de Goertzel

O Algoritmo de Goertzel é uma forma mais simples demonstrada pela Transformada Discreta de Fourier (DFT – *Discrete Fourier Transforms*).

A DFT ou Transformada Discreta de Fourier, permite com que um espectro de frequência de algum sinal seja disponibilizado para os sistemas computacionais e digitais. É responsável também por transformar um sinal continuo no tempo em uma análise discreta das frequências (PUHLMANN, 2016).

A transformada direta ou algoritmo de Goertzel calcula o conteúdo do espectro gerado pela DFT de um único limite e não do espectro como um todo, diminuindo consideravelmente a quantidade de cálculos que seriam necessários, facilitando a utilização em aplicações práticas.

Para melhor comparação, é mostrado na Figura 7, um gráfico de uma operação de DFT de um sinal hipotético sem efetuar o calculo de Algoritmo de Goertzel, sendo claramente visíveis todas as amostragens de magnitudes do sinal.

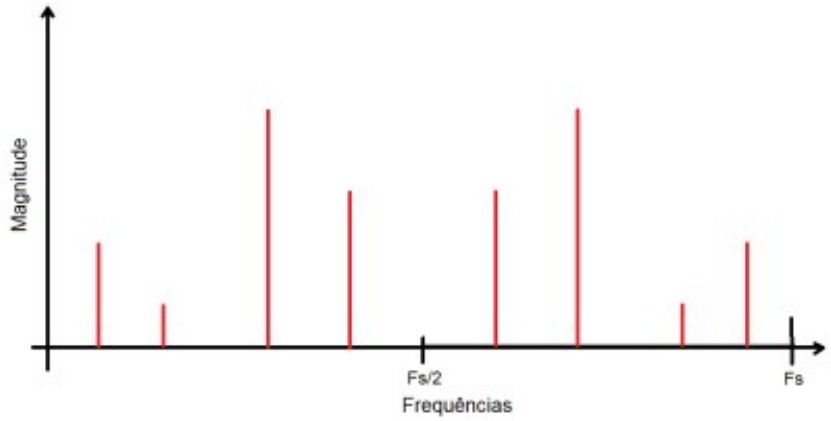

Figura 7 - Sinal hipotético em DFT (FONTE: Embarcados)

Na figura 8 está o mesmo sinal e gráfico apontado na figura acima, porém neste foi realizado o calculo em Algoritmo de Goertzel para determinar uma frequência e magnitude do sinal gerado.

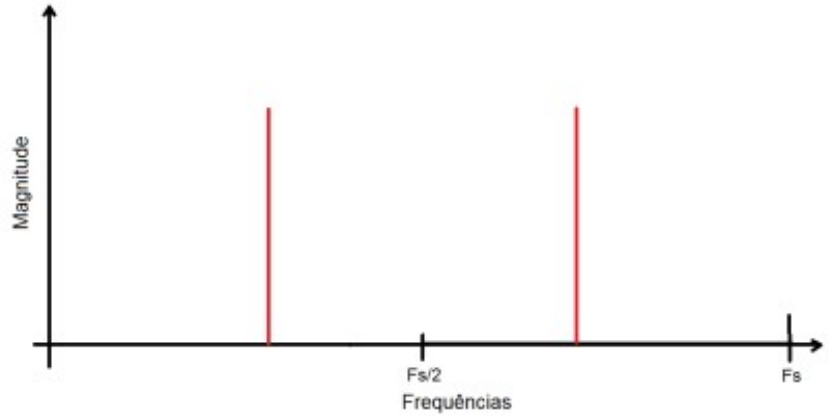

Figura 8 - Sinal hipotético em DFT calculado pelo Algoritmo de Goertzel (FONTE: Embarcados).

Na teoria e em uma situação ideal, aplicando-se o calculo do algoritmo de Goertzel, o restante das frequências são excluídas. Contudo, em situações reais de programação e testes, não ocorre exatamente desta maneira, mas uma

vez obtido a frequência e magnitude de bem próxima à exata do ruído do bimetal, este modo de analise e seleção se tornou muito satisfatória para aplicação neste projeto. E para que a analise se tome mais precisa está sendo acrescentado paralelamente o segundo meio de captura, a temperatura.

Captura e controle da temperatura de ação

O segundo meio de captação é feito através da captura e controle da temperatura de ação. O sensor de temperatura LM35 é o responsável pela captura da temperatura do interruptor térmico que está sendo testado, mostrado na figura 9.



Figura 9 – Sensor e controlador de temperatura (FONTE: Autor).

O funcionamento deste meio começa a partir do momento que o interruptor começa a aquecer. Todo o estágio do aumento da temperatura é monitorado através de um gráfico em *LabView*. Cada modelo de interruptor térmico possui uma faixa de temperatura de ação definida que varia de 40ºC a 160ºC, portanto para que o programa possa definir corretamente a temperatura, antes de testar é pré-definido no programa e no *LabView*, qual faixa de temperatura é a correta para o modelo testado. O sinal do sensor está ligado na entrada analógica da Intel Galileo Gen 2, onde a programação define se as ações tomadas do interruptor térmico, como, comutar o bimetal e ligar os contatos está acontecendo dentro da faixa de temperatura descrita na programação para o modelo testado de interruptor térmico.

Programação

A Intel Galileo Gen 2 permite ser programada através das bases de linguagem de programação “C”, “C++”, *Python* e *Node.js/Javascript*.

A linguagem de programação utilizada neste projeto é em base “C”, sendo uma das mais reconhecidas atualmente, em vista que são as instruções mais acessíveis e compreensíveis, onde os programadores possam se expressar nas programações com mais facilidade.

Os dois meios de captura e a captura do fechamento dos contatos foram programados para serem efetuados os cálculos e ações necessárias fazendo com que este projeto mostre os resultados de maneira totalmente automatizada. Porém para facilitar a visualização da ação do programa, todos os algoritmos são demostrados em diagramas.

Programação com cálculo do Algoritmo de Goertzel

Aplicado na prática, o algoritmo de Goertzel é a principal analise e comparação do som neste projeto, e foi desenvolvida com base através da biblioteca mostrada em diagrama do algoritmo programado em “C”, visto na figura 10.

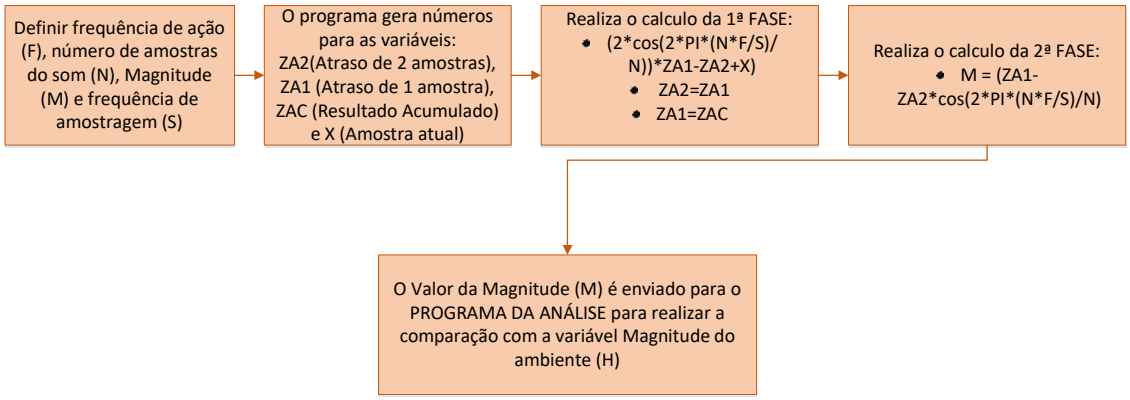

Figura 10 – Diagrama da biblioteca utilizada na programação em "C" do Algoritmo de Goertzel (FONTE: Autor).

Foi incluída à programação em “C” a biblioteca do algoritmo de Goertzel. Com base nesta biblioteca a programação foi desenvolvida, armazenada e utilizada na Intel Galileo Gen 2. Esta programação é a responsável por realizar a analise e comparação da frequência e magnitude do ruído capturado do

bimetal pré-definidos no programa, conforme mostrado no diagrama da figura 11.

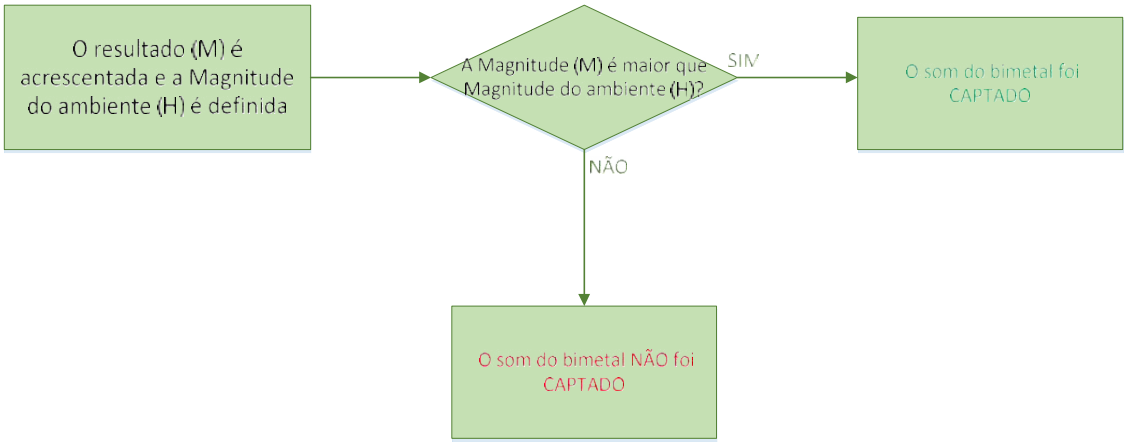

Figura 11 – Diagrama do programa em C analisador e comparador do ruído do bimetal, armazenado na Intel Galileo Gen 2 (FONTE: Autor).

Portanto, assim que o sinal com o ruído do bimetal passa pelo filtro externo, pelo circuito pré-amplificador e enviado para a porta analógica da Intel Galileo Gen 2, é realizado através da programação armazenada na placa, a filtragem do DFT em Algoritmo de Gortizel. Logo depois que o sinal é analisado e identificado como o ruído verdadeiro, o programa se responsabiliza por mostrar uma resposta positiva. Lembrando que paralelamente a este meio de captação, o controle e captação da temperatura também estão em processamento através da linguagem de programação armazenada na Intel Galileo Gen 2.

Programação da captura e controle da temperatura de ação

A programação em “C” para a captura e controle da temperatura é responsável por retirar diretamente do sensor de temperatura LM35 os dados obtidos do teste efetuando um pequeno cálculo de conversão e identificar se a temperatura de ação mostrada é a correta do interruptor térmico, conforme visto na figura 12.

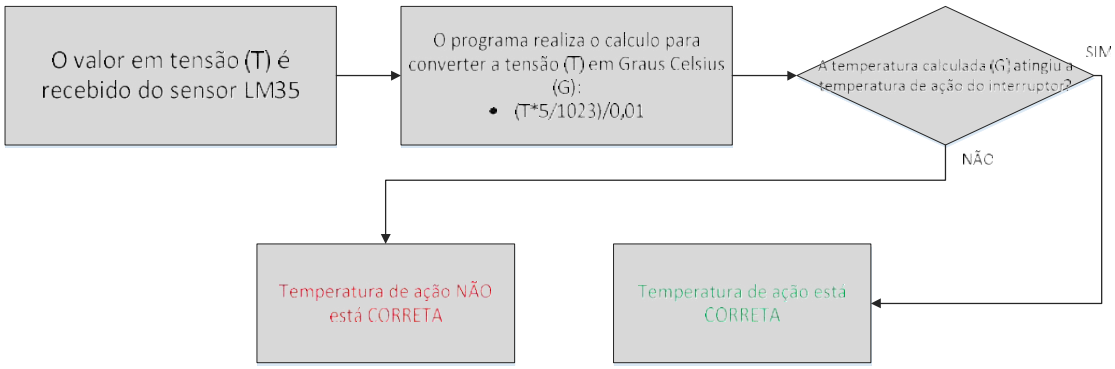

Figura 12 - Diagrama do programa em "C" de conversão e analise da temperatura (FONTE: Autor).

O sensor LM35 é um sensor preciso de temperatura e sua saída é por tensão linear, sendo um sinal de saída de 10mV para cada Grau Celsius. Não é necessário nenhum tipo de calibração externa, este consegue mostrar com exatidão os valores de temperatura dentro da faixa de -55ºC a 150ºC (MOTA, 2016).

Portanto, os dados são obtidos em tensão através do sensor e este sinal enviado para a porta analógica da Intel Galileo Gen 2. O programa em “C” para esse meio de captura tem como uma das funções, calcular a tensão enviada pelo sensor LM35 transformando em temperatura na escala de graus Celsius (ºC). Os dados e resultados obtidos através deste programa são redirecionados ao programa principal onde, após a temperatura ser atingida se responsabiliza por verificar se a ação da comutação do bimetal e o fechamento dos contatos foram executados dentro da faixa de temperatura pré-definida do modelo, se sim, o resultado positivo é mostrado.

Programação dos contatos

A programação dos contatos é responsável por identificar se os contatos do interruptor térmico fecharam e permitiram a passagem da corrente, conforme mostrado no diagrama da figura 13.

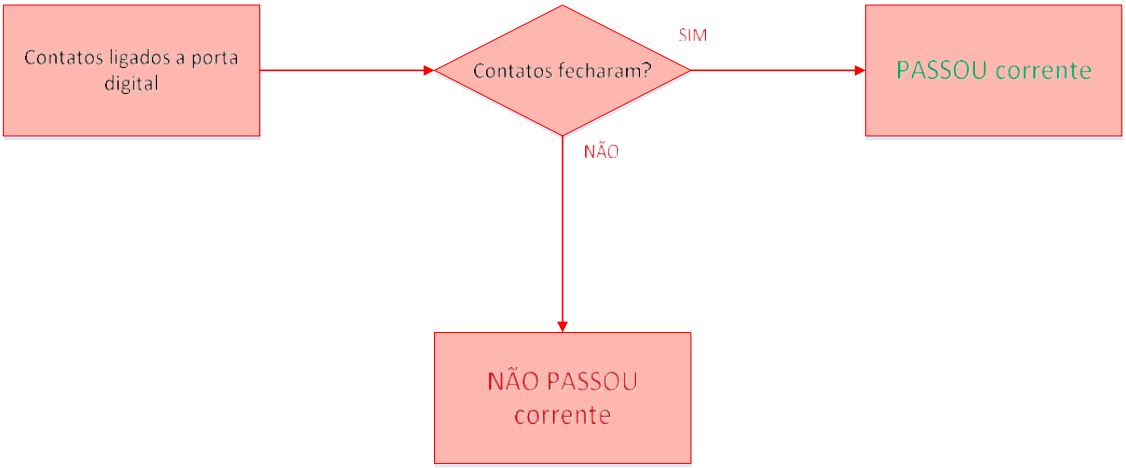

Figura 13 - Diagrama do programa em "C" do fechamento dos contatos (FONTE: Autor).

A programação do fechamento dos contatos, juntamente com a captura do som e com a captura da temperatura são programas de tomada de decisão, onde se unem ao programa principal para apresentar um resultado conforme o controle por tabela-verdade.

Controle por Tabela-Verdade

A tabela-verdade é um conjugado de possibilidades entre valores de variáveis lógicas, se encontrando apenas em duas situações, verdadeira ou falsa. As condições podem ser empregadas sozinhas ou em conjuntos de operações lógicas, como “e” ou “ou”. (FORBELLONE e EBERSPACHER, 2000).

O método desenvolvido possui o sistema de tomadas de decisão através de tabela-verdade, onde é necessário que o programa realize a análise de resultados entre os conectores do interruptor térmico, a faixa de temperatura de ação enviado do sensor LM35 e o som analisado enviado do conjunto em série de microfone, filtro e pré-amplificador.

Para o desenvolvimento do programa de tomada de decisão, a tabela foi preparada de uma maneira simples. Desta maneira o sistema é executado com mais precisão e menos chances de erros, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Tabela Verdade da programação do teste de liberação para produção de interruptores térmicos (FONTE: Autor, 2016).

Som capturado	Temperatura atingida	Contatos fecharam	Resposta do controle desenvolvido pela programação em base "C"
Falso	Falso	Falso	**Não calibrado**
Falso	Falso	Verdadeiro	**Não Calibrado**
Falso	Verdadeiro	Falso	**Não Calibrado**
Falso	Verdadeiro	Verdadeiro	**Não Calibrado**
Verdadeiro	Falso	Falso	**Não Calibrado**
Verdadeiro	Falso	Verdadeiro	**Não Calibrado**
Verdadeiro	Verdadeiro	Falso	**Não Calibrado**
Verdadeiro	Verdadeiro	Verdadeiro	**CALIBRADO**

Programação principal

A programação é responsável por decifrar se o interruptor está calibrado e detecta a ação das variáveis utilizando o método da tabela-verdade. Deste modo, o programa executa a ação de verdadeiro e falso conforme os sinais recebidos nas portas digitais e analógicas, e será mostrado o aviso positivo ou negativo de calibração do teste.

A programação foi desenvolvida por meio de tomadas de decisão para o caso da aprovação do teste, como visto na figura 14. Recebe o processo de tomada de decisão, a informação positiva enviada do programa de calculo do Algoritmo de Goertzel, da captação e controle da temperatura de ação e também recebe a informação dos contatos do Interruptor térmico. Se os contatos ligarem e o bimetal comutar no mesmo instante e estiver na faixa de temperatura de ação correta o interruptor térmico está calibrado, se não, o interruptor térmico não está calibrado, nessa situação é preciso ser calibrado novamente antes de seguir para a produção.

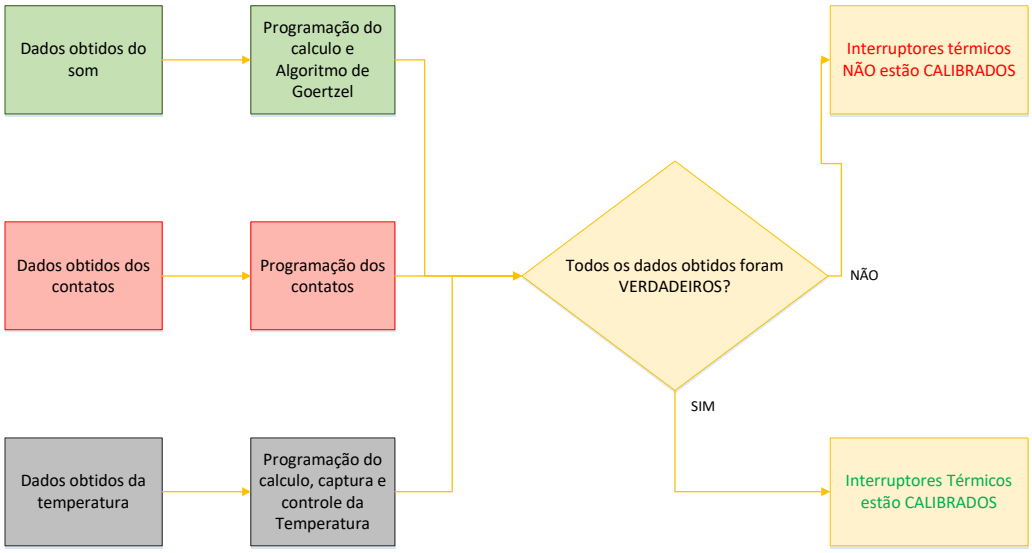

Figura 14 – Diagrama do programa principal desenvolvido (FONTE: Autor).

Conforme a tabela-verdade, somente na condição de "verdadeiro/verdadeiro/verdadeiro" é acionado o alarme visual como Calibrado (LED Verde). Caso a condição seja qualquer outra, no alarme visual é indicado como Não calibrado (LED Vermelho).

Sistema supervisionado por *LabView*

O sistema supervisório *LabView* é um software para o desenvolvimento designado para obter o controle e melhorar o *lead time* de produção, desenvolvido pelos engenheiros e cientistas. Com a programação gráfica, torna o entendimento e a visualização simples para desenvolver códigos em sistemas produtivos. O *LabView* é o usado em construções de equipamentos inteligentes unidos a garantia de qualidade de todos os dispositivos conectados (LABVIEW, 2016).

O sistema supervisório *LabView* é utilizado neste projeto para realizar o monitoramento das ações do teste de liberação automático. O monitoramento é feito através da porta USB/Client da Intel Galileo Gen 2, onde o supervisório tem a ligação com os programas em execução, conforme mostrado na figura 15.

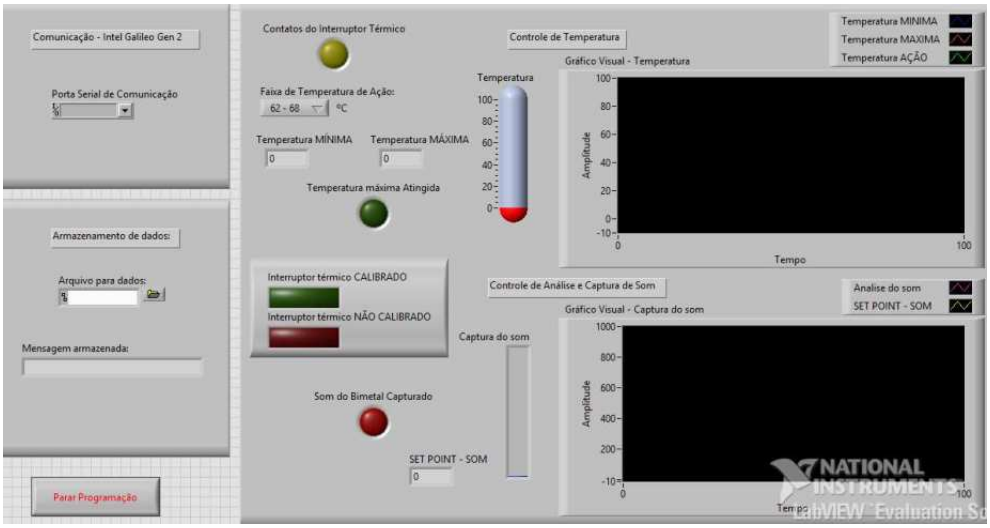

Figura 15 - Painel frontal da programação em LabView (FONTE: Autor).

O modo de gráfico, LEDs virtuais e barras são mostrados em tempo real, mantendo o monitoramento e controle do teste sempre visível, evitando acidentes pela alta temperatura do liquido e erros no processamento dos dados da Intel.

RESULTADOS

O objetivo da programação de testes após a ligação dos contatos, a captura da temperatura de ação e a captura do som e comunicação com a Intel Galileo Gen 2, é analisar a faixa de temperatura selecionada e o espectro de frequência gerado juntamente com os picos de áudio, verificando se o mesmo é filtrado, analisados e comparados com valores pré-definidos, sendo possível executar o programa e dar um valor positivo e esperado. É importante ressaltar que o projeto foi concluído totalmente e executado sem problemas obtendo as informações e os testes necessários para o funcionamento satisfatório.

O controle de temperatura foi acrescentado à programação e a comparação, após alguns testes efetuados, pela razão de manter a maior precisão possível para analise de calibração dos interruptores térmicos.

A sincronia do ruído do bimetal com os contatos foi calibrada da melhor maneira possível, sendo assim evitados problemas de mostrar os resultados finais conforme foi programado.

O teste é considerado relativamente mais rápido que o modo manual, sendo possível ser testado mais que um interruptor térmico por vez. O processo

de aquecimento do liquido e a identificação, levam o mesmo tempo que o modo manual. Porém ainda é considerada uma grande vantagem de confiabilidade e segurança do resultado, pois todo o processo está sendo feito de maneira automatizada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve dificuldades para verificar e identificar os dados de sons que seriam processados pela placa Intel Galileo Gen 2, pois o estudo sobre a DFT (Transformada Discreta de Fourier) e o Algoritmo de Goertzel é muito complexo e detalhado, exigindo muitas pesquisas e testes laboratoriais para concluir a execução do programa sem problemas. Portanto, já foi adequado e foi resolvido para a execução completa sem interrupções.

Todos os conceitos descobertos e descritos neste relatório são de fato suficientes para conclusão deste projeto, sendo acrescentada após alguns testes, à captação e controle de temperatura a programação original para maior precisão.

O teste apresentou um funcionamento satisfatório e preciso conforme descrito, portanto foram realizados vários testes em partes e por completo ao longo do desenvolvimento, para manter a precisão exigida nos testes de qualidade da indústria de autopeças.

Conclui-se que todas as alternativas e materiais mostrados neste projeto, são capazes de transformar o trabalho manual do teste dos interruptores térmicos em um teste com maior repetibilidade e reprodutibilidade, garantindo assim que não haja desvios de qualidade ou falhas graves em função do fator. Garantindo assim o controle da produção e da qualidade dos interruptores térmicos utilizados nos automóveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. **Intel Galileo Gen 2.** 2016. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileoGen2>. Acesso em 18 de maio de 2016.

CHARETTE, R. N. **This Car Runs on Code**. *IEEE Spectrum*, v. Green Tech, Advanced Cars, Fev. 2009.

FARIAS, Daniel da Silva; ROCHA LIMA, Francisco Fernando; SOUZA JUNIOR, Wesley Couto; SOUZA, Athanio. **Automação com plataforma livre para o controle**

de dispositivos eletrônicos. *Computer on the Beach 2013*. Parnaíba. p. 395-396.2013.

FILIPEFLOP. **Primeiros passos com Intel Galileo Gen 2**. 2016. Disponível em: <http://blog.filipeflop.com/embarcados/primeiros-passos-intel-galileo-gen-2.html>. Acesso em 15 de junho de 2016.

FORBELLONE, André Luiz Villar, EBERSPACHER, Henri Frederico. **Lógica de Programação: A construção de algoritmos e estrutura de dados.** 2ª edição. São Paulo-SP. Makron Books Ltda, 2000. p. 24.

GITHUB. **Goertzel-Master.** 2016. Disponível em: < https://github.com/jacobrosenthal/Goertzel/blob/master >. Acesso em 20 de outubro de 2016.

INTEL. **Placa de desenvolvimento Intel Galileo Gen 2**. 2016. Disponível em: <http://www.intel.com.br/content/www/br/pt/do-it-yourself/galileo-maker-quark-board.html>. Acesso em 18 de maio de 2016.

JAMSA, Kris A.; KLANDER, Lars. **PROGRAMANDO EM C/C ++: a bíblia.** São Paulo - SP: Makron Books, 1999. 1012.

MOTA, Allan. Vida de Silício. **LM35 – Medindo temperatura com Arduino**. 2016. Disponível em: <http://blog.vidadesilicio.com.br/arduino/basico/lm35-medindo-temperatura-com-arduino/>. Acesso em 01 de novembro de 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Conceitos Gerais de Comunicação Serial.** Disponível em: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/32679C566F4B9700862576A20051FE8F>. Acesso em 25 de setembro de 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **LabView**. 2016. Disponível em: <http://www.ni.com/labview/pt/>. Acesso em: 03 de Junho de 2016.

PUHLMANN, Henrique. Embarcados. **Transformada Discreta de Fourier – Algoritmo de Goertzel.** 2016. Disponível em: <http://www.embarcados.com.br/dft-goertzel/>. Acesso em 20 de Outubro de 2016.

RAMON, Manoel Carlos. **Intel Galileo and Intel Galileo Gen 2: API Features and Arduino Projects for Linux Programmers.** New York-NY. Apress Media, LLC, 2014. P.200.