

## SISTEMA DE MONITORAMENTO DE BATERIA DURANTE CARREGAMENTO PARA *PLUG-IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE* - PHEV

### BATTERY MONITORING SYSTEM DURING CHARGING FOR *PLUG-IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE* - PHEV

Guilherme Braga do Vale<sup>1</sup>; Maria Helena Vieira Kelles<sup>2</sup>; Giovane Maia do Vale<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> UNEMAT – guilherme.vale@unemat.br; <sup>2</sup> UNEMAT – kelles.maria@unemat.br; <sup>3</sup> UNEMAT–vale.giovane@unemat.br.

#### RESUMO

Este artigo aborda a importância da segurança e da confiabilidade de *Plug-in hybrid electric vehicles* (PHEVs), com foco nas graves consequências potenciais decorrentes de falhas que podem ocorrer durante o carregamento de energia elétrica. O sistema de carregamento dos PHEVs fica sujeito a três tipos de possíveis problemas: falhas elétricas no sistema de recarga do veículo, falhas do totem de recarga e invasões perniciosas via rede. A fim de se evitar as consequências danosas destes problemas, o artigo descreve a criação de um circuito lógico de monitoramento de variáveis como, temperatura da bateria durante o carregamento, armazenamento de carga e fluxo de energia recebida. Este circuito atribui valores à saída e ao *Carry*, que indicam o correto funcionamento ou não da operação de recarga. Em resumo, o artigo destaca a necessidade de se monitorar o processo de carregamento dos PHEVs para garantir sua segurança e integridade.

**Palavras-chave** — Saída, Carry, PHEV, Circuito Lógico.

#### ABSTRACT

The scientific article addresses the importance of the safety and reliable operation of *plug-in hybrid electric vehicles* (PHEVs), emphasizing the potential serious consequences of system failures or compromises. It highlights that PHEVs often communicate with external

networks for charging, software updates, and mobile connectivity, which, while beneficial, also introduces potential points of vulnerability to cyberattacks and electrical failures in the charging system. Furthermore, the article describes the creation of a logical circuit to monitor variables such as battery temperature during charging, charge storage, and received energy flow, assigning values to the output and Carry, which assume the boolean values "1," representing the correct operation of the charging system, and "0," indicating that issues have been detected, although it does not provide details on specific warning conditions associated with value sets. In summary, the article underscores the need to monitor and maintain the integrity of the charging electrical systems in PHEVs to ensure their safe and efficient operation.

**Keywords** — Output, Carry, PHEV, Logic Circuit.

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do avanço da tecnologia aplicada aos meios de transporte individuais, os *Plug-in hybrid electric vehicles* (PHEVs) têm ganhado destaque devido às suas vantagens ambientais e econômicas. No entanto, com a crescente interconexão de sistemas de veículos e a dependência de tecnologias digitais, surge uma preocupação crítica com a segurança cibernética desses veículos e dos postos públicos de recarga (totens). A eletrônica de



potência em PHEVs é complexa, possuindo diversos sistemas interconectados. A falha ou comprometimento de um sistema pode ter consequências graves.

As falhas podem ser também inerentes aos totens de carregamento, o que é algo igualmente preocupante, pois, de qualquer forma, pode-se ter desastres e danos de grande monta.

Além disso, os PHEVs, frequentemente, se comunicam com redes externas para fins de carregamento, atualizações de *softwares* e conectividade com dispositivos móveis. Isso cria oportunidades de potenciais ataques cibernéticos, os quais podem ser fonte problemas associados aos instrumentos constituintes do sistema de recarga, sejam eles intrínsecos, ou não, ao veículo.

Nestes termos, diante da impossibilidade de se coibir ou mitigar estes problemas em tempo real, criou-se um circuito lógico capaz de monitorar, paralelamente, algumas variáveis capazes de indicar problemas, quando do carregamento da bateria.

Especifica-se que, por ser independente dos demais sistemas do veículo, o circuito lógico não estará suscetível às possíveis falhas a que estão sujeitos os referidos sistemas, aumentando sobremaneira o nível de segurança de bens materiais e pessoas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As baterias de íon-lítio operam liberando energia por meio do processo de intercalação iônica, um mecanismo no qual íons de lítio são transferidos entre o cátodo (polo positivo) e o ânodo (polo negativo) da célula de energia. Este método de armazenamento de energia se destaca pela sua eficiência quando comparado a outros sistemas, como as baterias chumbo-ácido convencionais encontradas em veículos movidos a combustão. No entanto, mesmo com essa eficiência, é inevitável que o efeito Joule se manifeste, resultando no aumento da temperatura da célula de energia, o qual é decorrente da resistência elétrica dos materiais, se intensifica à medida que a quantidade de energia elétrica transmitida ou recebida pela bateria aumenta. Isso ocorre devido ao processo de carga e descarga das baterias de íon-lítio. Tal processo envolve reações exotérmicas, nas

quais a movimentação da carga elétrica gera calor. Assim, quanto mais intenso for o fluxo de energia na bateria, maior será a dissipação de calor, levando a um aumento na temperatura.

Além disso, com o decorrer do tempo e o uso contínuo, é inevitável que ocorra um desgaste nos materiais constituintes da bateria, à exemplo do desgaste da rede cristalina que desempenha um papel crucial na condução dos elétrons entre o cátodo e o ânodo. Essa rede cristalina, essencial para o funcionamento adequado da bateria, é gradualmente deteriorada devido às repetidas cargas e descargas, bem como às condições ambientais às quais a bateria está exposta.

Este desgaste não apenas resulta na diminuição da capacidade de retenção de energia da bateria, mas também afeta significativamente seu desempenho global e sua segurança. À medida que a rede cristalina se deteriora, a eficiência da transferência de elétrons é comprometida, levando a uma redução na capacidade de armazenamento e na potência disponível da bateria. Consequentemente, o desempenho do dispositivo alimentado pela bateria pode ser afetado, resultando em uma menor autonomia ou em um funcionamento menos eficiente.

Além disso, o desgaste da rede cristalina pode introduzir instabilidades na estrutura da bateria, aumentando o risco de falhas operacionais e até mesmo de falhas catastróficas, como curtos-circuitos ou vazamentos. Essas falhas não apenas comprometem a funcionalidade da bateria, mas também representam sérias preocupações de segurança, especialmente em aplicações onde a integridade do sistema é crítica, como em veículos elétricos ou sistemas de armazenamento de energia.

Portanto, é essencial considerar não apenas a eficiência energética das baterias de íon-lítio, mas também os desafios relacionados ao gerenciamento térmico e à degradação dos materiais ao projetar e utilizar esses sistemas de armazenamento de energia.

A Figura 1 ilustra uma tabela com três tipos de baterias íon-lítio utilizadas em veículos elétricos sendo elas:

- LFP – Fosfato de Ferro de Lítio
- NCA – Óxido de lítio níquel cobalto alumínio
- MNC – Óxido de lítio níquel cobalto manganês

Figura 1. Tabela verdade do sistema.

	Energia	Potência	Ciclos de vida	Segurança	Performance	Custo
LFP	-	+++	+++	+++	+	++
NCA	+++	+++	++	+	++	+
NMC	+++	+++	++	++	++	++

Fonte: Própria (2023).

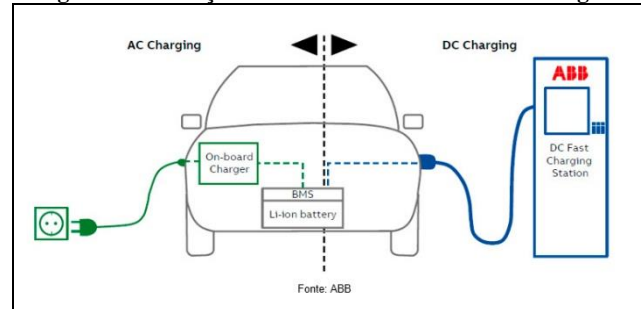
Além disso, de acordo com o publicado no site oficial do Centro Universitário FEI, a recarga de veículos elétricos e híbridos apresenta uma variedade de opções, **divididas em quatro modos distintos, distribuídas em quatro modos distintos**. Destes, três operam com corrente alternada (AC), enquanto um utiliza corrente contínua (DC), oferecendo assim uma flexibilidade adaptável às diferentes demandas dos usuários. Dois desses modos se destacam por sua simplicidade e praticidade, fazendo uso das tradicionais tomadas elétricas residenciais convencionais. Essas soluções proporcionam uma alternativa acessível e facilmente implementável para os proprietários de veículos elétricos, facilitando a integração dos veículos elétricos ao cotidiano dos consumidores.

Um outro método adota um sistema mais sofisticado chamado *wallbox*. Esta opção, amplamente adotada em ambientes públicos ou comerciais, que consiste em um dispositivo que fornece energia elétrica a um veículo elétrico conectado por um cabo. O dispositivo *wallbox* alimentada por corrente alternada, em modo único ou trifásico.

Por fim, o último modo de recarga destaca-se pelo emprego de uma estação de recarga dedicada de alta capacidade de potência, representando a opção mais rápida e eficiente disponível atualmente. Essa diversidade de modos de recarga oferece aos consumidores uma ampla gama de escolhas, permitindo que selecionem a opção mais adequada às suas

necessidades específicas de recarga. As Figuras 2 e 3 ilustram sistemas de recarga para veículos elétricos.

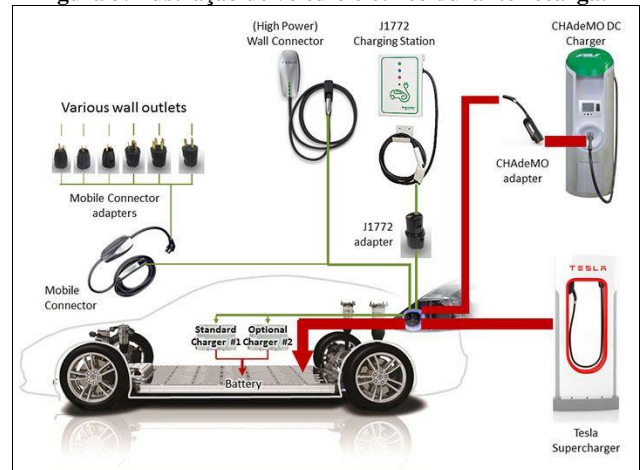
Figura 2. Ilustração de veículo elétrico durante recarga.



Fonte: Fei (2023).

Assim, independente do sistema de recarga a se utilizar, ao acoplar a fonte de eletricidade no sistema de alimentação do veículo, a energia elétrica passa a ser armazenada no banco de baterias. Caso o carregamento seja mantido por um período de tempo excessivo, devido à alguma falha ou erro no sistema de segurança, pode ocorrer o superaquecimento da bateria ou à aceleração do desgaste físico-químico, e, conseqüentemente, propiciando uma possível catástrofe. Esse fato é agravado principalmente se esquecido em estado de *Stand by* durante carga. A Figura 3 ilustra as conexões do sistema de recarga para veículos elétricos.

Figura 3. Ilustração de veículo elétrico durante recarga.



Fonte: Tesla (2023).

Desse modo, a fim de realizar o desenvolvimento do protótipo do Sistema de Monitoramento de Bateria Durante Carregamento, foi desenvolvido um circuito lógico utilizando-se de lógica booleana a fim de

averiguação das condições de segurança do veículo.

Para isso foi necessário definir quatro variáveis de atuação, são elas: o limite inferior e superior de temperatura da bateria durante o processo de carregamento, a quantidade de energia armazenada na bateria e o fluxo de energia recebido pela bateria. Tais variáveis foram intituladas, respectivamente, de T30°, T60°, Carga e *over-flow* (sobrecarga). A partir do exposto, foram atribuídos valores à saída e ao Carry, para os quais, respectivamente, quando em estado de operação normal, o valor da saída corresponderá a “1”, e, para problemas detectados seu valor será alterado para “0” ou “X”, que indica estado irrelevante, conforme predito por Tocci (2007) e apresentado na Figura 1. Quanto ao Carry, há valores de entrada para os quais foram atribuídas condições específicas de advertência. Para tais condições foram atribuídas consequências específicas de mau funcionamento. São elas:

**0010<sub>B</sub>**: Temperatura abaixo do esperado durante carga (Mau contato ou desgaste material)

**1000<sub>B</sub>**: Acima da temperatura mínima de carga sem estar em processo de carregamento (Superaquecimento)

**1011<sub>B</sub>**: Pré superaquecimento oriundo do problema de *over-flow*. Esta condição geralmente precede a condição descrita por **1111<sub>B</sub>**

**1100<sub>B</sub>**: Superaquecimento em nível crítico (Baixa captação de energia e superaquecimento, pasta ressecada)

**1110<sub>B</sub>**: Superaquecimento com carga normal (Desgaste de material)

**1111<sub>B</sub>**: Superaquecimento oriundo de *over-flow*

A partir da tabela verdade foi possível montar dois mapas de Karnaugh, a fim de simplificar as expressões booleanas com o intuito de minimizar os custos de produção,

pois, desse modo, a quantidade de circuitos lógicos é reduzida drasticamente. Os mapas de Karnaugh apresentados são referentes à saída e ao Carry da Figura 4, ambos respectivamente representados nas Figuras 5 e 6.

Figura 4. Tabela verdade do sistema.

T30°	T60°	Carga	Over-flow	Saída	Carry
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	X	X
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	X	X
0	1	0	0	X	X
0	1	0	1	X	X
0	1	1	0	X	X
0	1	1	1	X	X
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	X	X
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	X	X
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1

Fonte: Própria (2023).

Figura 5. Mapa de Karnaugh referente à saída.

	00	01	11	10
00	0	X	X	0
01	X	X	X	X
11	0	X	0	0
10	0	X	0	1

Fonte: Própria (2023).

Dentre todas as dezesseis saídas distintas, apresentadas na tabela-verdade da Figura 4, é notório e recomendável que haja apenas uma em que o sistema opere adequadamente, pois, desse modo, há a minimização da ocorrência de erros de estado por parte do dispositivo eletrônico. Assim, utilizando-se da soma de produtos no método de mapa de Karnaugh para

a simplificação de expressões lógicas da tabela verdade, como preconiza Capuano e Idoeta (2008), e tomando  $X=0$ , obtêm-se o seguinte diagrama para as saídas do sistema (ver Figuras 7 e 8).

Figura 6. Mapa de Karnaugh referente ao Carry.

	00	01	11	10
00	0	X	X	1
01	X	X	X	X
11	1	X	1	1
10	1	X	1	0

Fonte: Própria (2023).

Figura 7. Simplificação por mapa de Karnaugh para a saída do sistema

CD \ AB	00	01	11	10
00	0	X	X	0
01	X	X	X	X
11	0	X	0	0
10	0	X	0	1

Fonte: Própria (2023).

Da Figura 7, tem-se a seguinte saída final:  $A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$ .

Para a simplificação do Carry, pode-se observar o mapa de Karnaugh apresentado na Figura 9. A Figura 10 ilustra os conjuntos booleanos de forma a demonstrar as redundâncias utilizadas para a simplificação das expressões lógicas.

Figura 8. Ilustração da simplificação por mapa de Karnaugh para a Saída do sistema.

		Carga, Over_Load			
		00	01	11	10
T <sub>30</sub> , T <sub>60</sub>	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	0	0	0	0
	10	0	0	0	1

Fonte: Própria (2023).

Figura 9. Simplificação por mapa de Karnaugh para o Carry do sistema.

CD \ AB	00	01	11	10
00	0	X	X	1
01	X	X	X	X
11	1	X	1	1
10	1	X	1	0

Diagram illustrating simplification groups I, II, III, and IV on the Karnaugh map for Carry.

Fonte: Própria (2023).

Figura 10. Ilustração da simplificação por mapa de Karnaugh para o Carry do sistema.

		Carga, Over_Load			
		00	01	11	10
T <sub>30</sub> , T <sub>60</sub>	00	0	x	x	1
	01	x	x	x	x
	11	1	x	1	1
	10	1	x	1	0

Diagram illustrating simplification groups for Carry with 'x' marks indicating redundancies.

Fonte: Própria (2023).



Dessa forma, a simplificação acima tem como resultado as seguintes expressões:

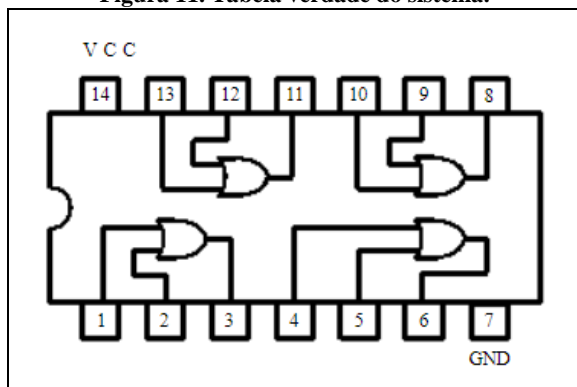
- I:  $ABC\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D} = A\bar{C}\bar{D}$
- II:  $ABCD + A\bar{B}CD = ACD$
- III:  $ABCD + ABC\bar{D} = ABC$
- IV:  $\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$

Assim, foi obtido como resultado a soma das expressões lógicas, conforme apresentado por Floyd (2007):

$$S = A\bar{C}\bar{D} + ACD + ABC + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}$$

A partir da construção da tabela verdade e de sua simplificação por mapa de Karnaugh, o circuito lógico resultou na necessidade de seu utilizar as seguintes portas lógicas para sua construção: uma NOT (74LS04), quatro AND (74LS08) e uma OR (74LS32), a qual é um circuito integrado que contém quatro portas OR de 2 entradas, como ilustra a Figura 11.

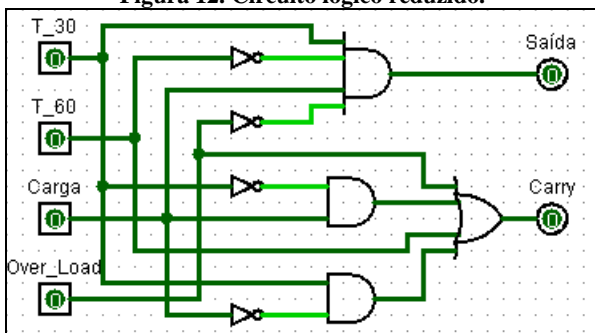
Figura 11. Tabela verdade do sistema.



Fonte: (Alldatasheet, 2023).

Desse modo, pode-se observar o circuito reduzido sintetizado pela simplificação pelos mapas de Karnaugh como representado na Figura 12.

Figura 12. Circuito lógico reduzido.



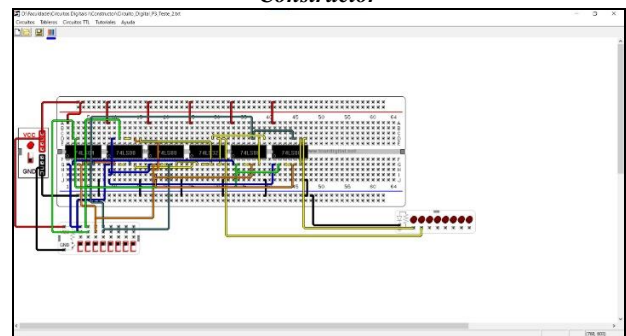
Fonte: Própria (2023).

Assim, é notável que o circuito teve seu número de portas lógicas reduzido para quatro, pois é possível realizar a substituição das portas AND de duas entradas por uma única de quatro entradas, a mesma lógica se aplica às portas inversoras.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram efetuados testes no simulador *Constructor*, utilizando-se de interruptores de caráter booleano, os quais assumem os estados “0” ou “1”. Assim, pôde-se controlar o valor de entrada do circuito. Este processo foi repetido para cada entrada presente na tabela-verdade e comparada, a saída por ela gerada, ao circuito lógico construído no *Constructor*.

Figura 13. Esquemático do projeto feito no software *Constructor*

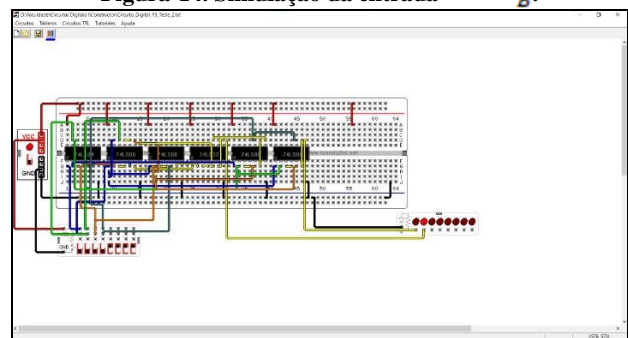


Fonte: Própria (2023).

A Figura 13 ilustra a simulação do circuito lógico com a entrada  $0000_B$ . Para tal entrada o sistema é considerado inativo. Isto é, a bateria do PHEV encontra-se descarregada e desconectada de quaisquer dispositivos de recarga.

A fim de averiguar o bom funcionamento do sistema, foi testada a entrada  $1111_B$ , a qual refere-se ao superaquecimento de motor oriundo de *over-flow*, como mostra a Figura 14.

Figura 14. Simulação da entrada  $1111_B$ .

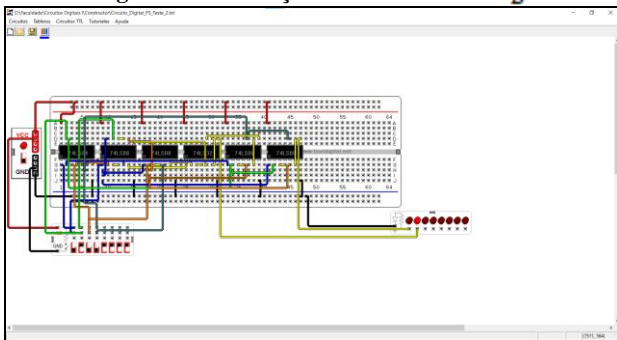


Fonte: Própria (2023).

Para tal situação acendeu-se o *LED* número dois, relativo ao *Carry*, como o previsto anteriormente através da tabela-verdade. Portanto, comprova-se a equivalência entre a operação do circuito simulado e sua tabela-verdade.

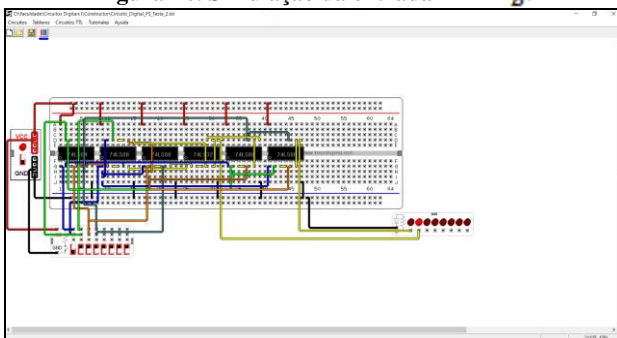
Além das verificações anteriores, uma bateria adicional de testes foi realizada para garantir a precisão e confiabilidade do sistema, especialmente no que diz respeito à correspondência entre a saída e o *Carry* em relação às demais entradas. As Figuras 15 e 16 ilustram mais duas instâncias que destacam potenciais problemas durante o processo de carregamento. Os códigos de erro por elas representados são, respectivamente  $1011_B$  (Pré superaquecimento oriundo do problema de *over-flow*) e  $1000_B$  (Acima da temperatura mínima de carga sem estar em processo de carregamento (Superaquecimento)).

Figura 15. Simulação da entrada  $1011_B$ .



Fonte: Própria (2023).

Figura 16. Simulação da entrada  $1000_B$ .



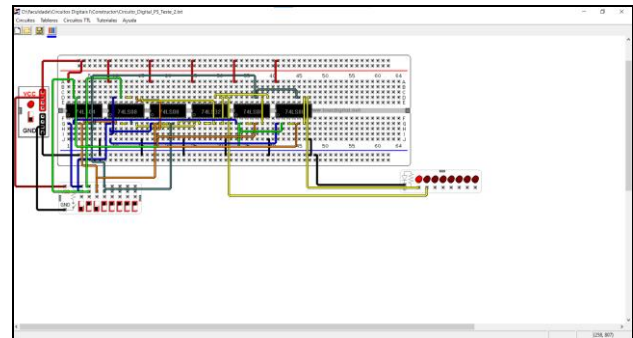
Fonte: Própria (2023).

Por fim, para verificar a saída positiva (1), foi inserido a entrada  $1010_B$ , como apresentado na Figura 17.

Embora apenas quatro testes tenham sido explicitamente mencionados, é importante destacar que o sistema de monitoramento foi

submetido a uma ampla gama de testes, abrangendo todas as possíveis combinações de entradas. Em cada uma dessas instâncias, verificou-se que as saídas do sistema corresponderam de maneira precisa e consistente à tabela verdade.

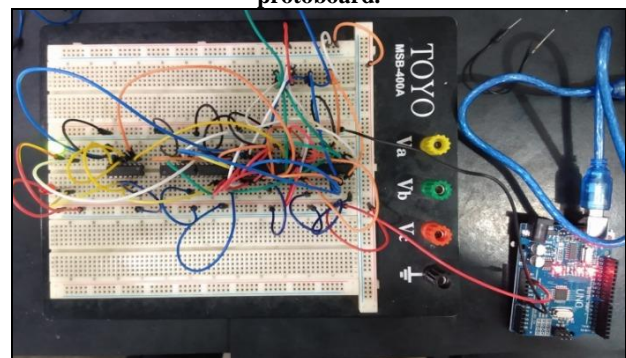
Figura 17. Simulação da entrada  $1010_B$ .



Fonte: Própria (2023).

A Figura 18 apresenta o protótipo produzido utilizando-se de uma *proto-board*, um Arduino Uno como fonte de energia e dois *LEDs* de cores distintas, um verde e um vermelho, os quais representam, respectivamente, a saída e o *Carry*. Para os valores de entrada foram colocados *jumpers* conectados à trilha *ground*. Desse modo, todas as entradas assumem valor “0”. A fim de alternar os valores das entradas para “1”, os *jumpers* foram acoplados à trilha VCC, assim alternando o valor das entradas para “1”. Dessa forma, no protótipo, foi testada a entrada “ $1010_B$ ”, a qual corresponde à saída correta para o bom funcionamento do sistema. Como consequência o *LED* verde foi aceso.

Figura 18. Protótipo do sistema de proteção montado em *proto-board*.



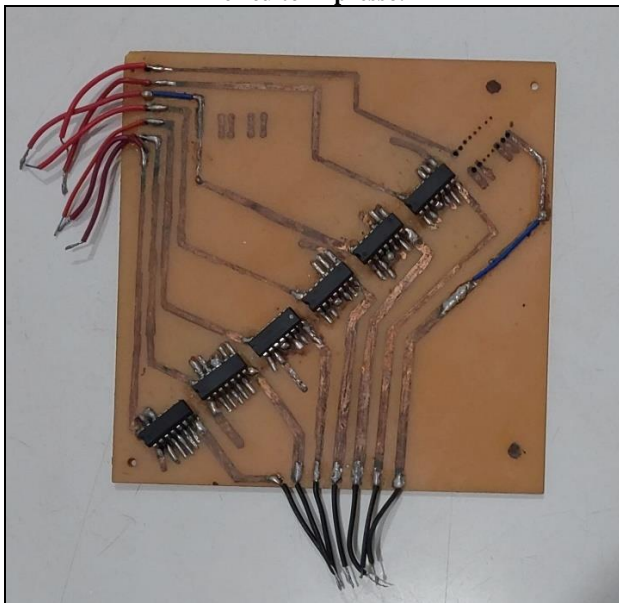
Fonte: Própria (2023).

Um dos futuros passos cruciais para a evolução do projeto envolve o uso de Circuitos Integrados (CIs) decodificadores, visando à

implementação de LEDs de sete segmentos. Essa adição tem o propósito de aprimorar a visualização dos valores de entrada, expressos em base decimal. Com essa medida, torna-se possível atribuir valores compreensíveis ao usuário, facilitando a identificação de possíveis problemas por meio do código estabelecido.

Além disso, outra abordagem abordada tentada foi a construção de uma placa de circuito impresso dedicada, visando eliminar a necessidade de jumpers. Desse modo, é possível mitigar quaisquer possíveis problemas de mau contato nas conexões elétricas, além de representar uma tentativa de transformar o protótipo em um sistema embarcado mais robusto e confiável. A Figura 19 ilustra a tentativa de construção de um circuito impresso rústico produzido utilizando de métodos caseiros como corrosão da placa de cobre através de Percloroeto de Ferro ( $FeCl_3$ ).

**Figura 19. Protótipo do sistema de proteção feito em circuito impresso.**

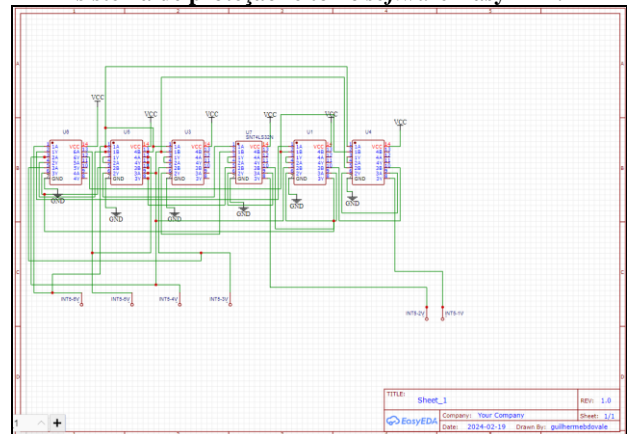


Fonte: Própria (2023).

Porém, como pode ser observado, tal construção da placa não se deu por completo, pois, utilizando-se de métodos caseiros e rústicos encontrou-se uma limitação de qualidade e precisão ao realizar a corrosão das trilhas e a inviabilidade de realizar a produção de uma placa de duas faces suficientemente adequada. Devido a tais percalços foi considerado realizar a construção do circuito impresso no software EasyEDA. Tal

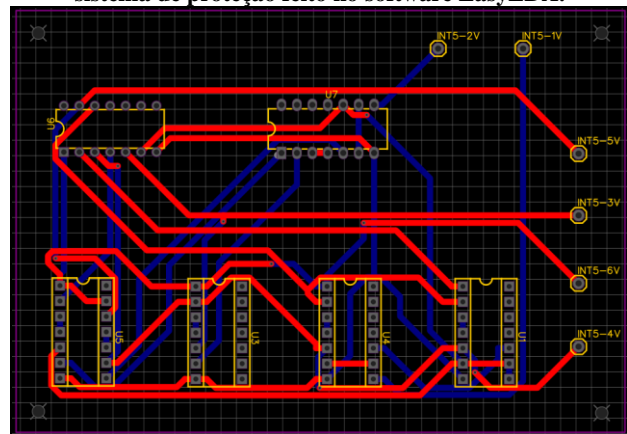
procedimento viabilizaria a incorporação de sensores de temperatura, corrente elétrica e nível de carga no protótipo, resultando em uma placa de circuito impresso que abrange todos os componentes necessários para o funcionamento completo do projeto. O sensor de temperatura é responsável pelas variáveis T30 e T60 (limite inferior e superior de temperatura), enquanto o sensor de corrente verifica a presença de fluxo elétrico. A ausência de detecção de fluxo indica o funcionamento adequado do totem e do sistema de carga do veículo. Portanto, o sensor de corrente monitora as variáveis Carga e Overflow, proporcionando uma supervisão abrangente do sistema em funcionamento. Essa abordagem detalhada na concepção do circuito impresso assegura não apenas a funcionalidade, mas também a eficácia e confiabilidade do protótipo como um todo. Tal projeto pode ser observado nas imagens das Figuras 20 e 21.

**Figura 20. Projeto do circuito impresso do protótipo do sistema de proteção feito no software EasyEDA.**



Fonte: Própria (2023).

**Figura 21. Projeto do circuito impresso do protótipo do sistema de proteção feito no software EasyEDA.**



Fonte: Própria (2023).



Como apresentado na Figura 20, foi realizado o processo de gerar o modelo em PCB (Placa de Circuito Impresso). Realizar este procedimento é um passo significativo no aprimoramento do protótipo, pois representa a transição para uma abordagem mais profissional e robusta no desenvolvimento do projeto. O modelo em PCB é essencial para proporcionar uma estrutura organizada e eficiente para os componentes eletrônicos do dispositivo, garantindo não apenas um layout adequado, mas também otimização de espaço e integridade dos circuitos. Pois, desse modo, o desgaste e oxidação das trilhas de cobre não ocorre.

Com a finalidade de levar adiante esse aprimoramento e conferir ao projeto um status ainda mais profissional, o próximo passo crucial é encaminhar os arquivos *Gerber*. Estes arquivos contêm as especificações detalhadas do circuito impresso, os quais são essenciais para a produção em massa do PCB (Placa de Circuito Impresso). Devido à necessidade de produção física do protótipo foi escolhido realizar o envio de tais arquivos à JLCPCB, uma empresa de renome e especializada na fabricação de circuitos impressos. Desse modo, além de otimizar o processo de produção e garantir uma entrega eficiente e pontual dos componentes necessários para o protótipo também consegue-se atingir um nível superior de qualidade. Em última análise, o envio dos arquivos Gerber à JLCPCB marca um passo significativo em direção à concretização e viabilização comercial do projeto, abrindo caminho para futuras iterações e melhorias.

De modo geral, em termos de eficiência, a implementação de sistemas de proteção extras pode resultar em custos e complexidades adicionais aos veículos, potencialmente afetando sua eficiência energética e desempenho. No entanto, o uso do sistema apresentado neste artigo não acarretaria em gastos energéticos consideráveis, pois, além de ser constituído de circuitos integrados, os quais não demandam muita energia para operarem, também têm, como funcionalidade, ser alimentado pela própria eletricidade da fonte de carregamento.

## 5. CONCLUSÃO

À medida que os Veículos Elétricos Híbridos Plug-in (PHEVs) são incorporados cada vez mais à infraestrutura de transporte, a garantia da sua segurança torna-se uma prioridade essencial. Nesse cenário, os sistemas de segurança digital automática desempenham um papel crítico na proteção contra uma variedade de ameaças potenciais e iminentes. Este artigo surge em resposta às preocupações levantadas em relação à segurança durante o processo de recarga dos PHEVs, propondo a implementação de um circuito lógico digital como uma solução viável.

A implementação deste circuito lógico digital visou aprimorar a segurança dos PHEVs durante o processo de recarga, mitigando riscos associados a falhas elétricas, sobrecargas ou possíveis ataques cibernéticos. Ao detectar e responder a anomalias ou condições adversas durante o processo de recarga, esse sistema de segurança pode intervir prontamente para proteger tanto o veículo quanto a infraestrutura elétrica circundante, garantindo uma operação segura e eficiente.

Ao destacar a importância da segurança durante a recarga dos PHEVs, este artigo buscou evidenciar e descrever o processo de construção do Sistema de Monitoramento de Bateria Durante Carregamento para Plug-in hybrid electric Vehicle, o qual tem intuito de ser uma das soluções disponíveis para garantir uma transição bem-sucedida para um futuro de mobilidade mais limpa e segura. A implementação de sistemas de segurança digital automáticos representa um passo significativo na direção de garantir a segurança e a confiabilidade dos veículos elétricos híbridos plug-in, contribuindo assim para uma experiência de condução mais segura e sustentável para todos.

## REFERÊNCIAS

- Alldatasheet. (2023). OR Quad input CI 74LS32. Acesso em: 17/06/2023. Disponível em: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/5707/MOTOROLA/74LS32/257/1/74LS32.html>.
- Capuano, Francisco G.; Idoeta, Ivan Valeije. (2008). Elementos de Eletrônica Digital. 40ª ed. São Paulo: Érica. 544 p.

- Fei, (2023). EletroPOSTO ABB-FEI. Acesso em: 16/05/2023.  
Disponível em: <https://fei.edu.br/eletroposto/>.
- Floyd, Thomas. (2007). Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. 9ª ed. São Paulo: Artmed.
- Tesla. (2023). Charging Your Tesla (S/X/3). Acesso em 03/05/2023. Disponível em: <https://teslatap.com/articles/charging/>.
- Tocci, Ronald J.; Widmer, Neal S.; Moss, Gregory L. (2007). Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações. 10ª ed. São Paulo: Pearson. 830 p.