

SISTEMA DE PRIORIDADE SEMAFÓRICA PARA VEÍCULOS DE TRANSPORTE DE MINÉRIO

ALISSON RIBEIRO^{1*}; RAFAEL PRADO GUILHERME DOS SANTOS²; ÁDREA LIMA DE SOUSA³;
JUAN COSTA DA COSTA⁴; ORLANDO FONSECA SILVA⁵.

¹Graduando de Engenharia Elétrica. Bolsista do PET-Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, rafael_prado22@hotmail.com;

² Graduação de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, aribeiro.eng@gmail.com;

³ Graduação de Engenharia Elétrica, UFPA, Bolsista do PET-Engenharia Elétrica, Belém-PA, adrea-lima@hotmail.com;

⁴Graduando de Engenharia Elétrica. Bolsista do PET-Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, juancosta2011@hotmail.com

⁵Dr. em Engenharia de Produção, Prof. Titular. ITEC, UFPA, Belém-PA, orfosi@ufpa.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O presente artigo aborda o desenvolvimento de um sistema de priorização semafórica utilizando tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*), a ser aplicado em caminhões rodoviários de uma indústria de mineração. O sistema consiste na utilização de leitores e etiquetas, desenvolvidos a partir de módulos de rádio e microcontroladores, para detectar a aproximação do veículo. A etiqueta é fixada no caminhão e transmite um código específico, quando o leitor o recebe é enviado um sinal ao CLP, que o interpreta de modo a promover prioridade de passagem ao veículo. O mecanismo foi simulado tanto em ambiente laboratorial quanto no local real de aplicação, e os resultados obtidos serão explorados ao longo deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: semáforo, priorização, tecnologia RFID, CLP.

SEMAFORICAL PRIORITY SYSTEM FOR ORE TRANSPORT VEHICLES

ABSTRACT: This paper discusses the development of a traffic light prioritization system using RFID (Radio Frequency Identification) technology, to be applied to trucks in a mining industry. The system consists of the use of readers and labels, developed from radio modules and microcontrollers, to detect the approximation of the vehicle. The tag is attached to the truck and transmits a specific code, when the reader receives it a signal is sent to the PLC, which interprets it in order to promote priority of passage to the vehicle. The mechanism was simulated both in the laboratory environment and in the actual application site, and the results obtained will be explored throughout this work.

INTRODUÇÃO

O uso de semáforos foi adotado como mecanismo de prioridade de passagem no espaço viário das zonas urbanas. Todavia, o crescimento das grandes metrópoles e a consequente intensificação da utilização deste tipo de sinalização potencializou o tempo gasto durante a passagem nos cruzamentos – e, de maneira subsequente, o uso de combustível (AKISHINO, 2005). A má regularização da temporização semafórica torna estes efeitos ainda mais graves, uma vez que, de maneira corriqueira, impossibilita o direito de passagem em vias de grande movimento – em detrimento a vias conflitantes de menor fluxo (AKISHINO, 2005).

Em se tratando da utilização deste tipo de sinalização em grandes empresas (tais quais a de Mineração utilizada no estudo de caso deste artigo), essa ineficiência se traduz diretamente em impactos na produção e, conseqüentemente, em grandes prejuízos associados (AKISHINO, 2005). Dessa maneira, a concepção do sistema apresentado busca otimizar o trânsito dos veículos de carga de minério – maximizando a produção e atenuando possíveis prejuízos oriundos desta etapa.

MATERIAL E MÉTODOS

Baseado no problema apresentado, criou-se um sistema que priorizasse a passagem desses veículos no semáforo, de forma a eliminar ou reduzir o tempo desperdiçado no mesmo. Para isso, utilizou-se TAGS (etiqueta) e leitores para detectar a aproximação de tais veículos e enviar um pulso de tensão para um CLP (Controlador Lógico Programável), responsável pela lógica de controle e acionamento do semáforo.

A tecnologia RFID consiste na identificação automática de objetos através de ondas de rádio, a partir da troca de dados entre um transmissor e um receptor. Os rádios escolhidos para realizar essa comunicação foram os módulos de 433 MHz, modelos XD-RF-5V (receptor) e XD-FST (transmissor). Estes foram escolhidos devido possuírem um bom alcance, podendo chegar até 100 metros dependendo da tensão de alimentação do transmissor e da instalação de antenas nos módulos, e baixo custo. Contudo, esses módulos devem ser usados em conjunto com microcontroladores, assim escolheu-se a placa Arduino Pro Mini, da plataforma Arduino (Arduino, 2018) que possui o microcontrolador ATmega328P, devido esta possuir dimensões reduzidas e preço mais acessível.

No *software* do microcontrolador da TAG foi utilizada a biblioteca do módulo de rádio, a instância da classe *RCSwitch*, definido o código referente ao veículo e a taxa de transmissão do mesmo. Já no *software* do microcontrolador do leitor, além de usar a mesma biblioteca e instância, foram definidas as portas onde são conectados os relés e sua lógica de comutação, variáveis booleanas para gravar o sentido de deslocamento dos veículos e a lógica de identificação do caminhão.

A TAG é fixada no caminhão, possuindo um código único que o identifica e envia periodicamente esse código para ser lido pelo leitor. Este, é posicionado próximo ao CLP, sendo responsável por realizar a leitura do código enviado pela TAG, gravar o sentido de deslocamento dos caminhões e enviar um pulso de tensão para uma das entradas configuradas no CLP, que interpreta este pulso como uma receptividade para a ocorrência de uma transição entre etapas, caso o sinal esteja vermelho para o veículo. A Figura 1 destaca os principais componentes do sistema de priorização proposto, assim como a função de cada um deles.

Figura 1. Principais componentes do sistema de priorização.



Para a identificação do caminhão pelo leitor foram estabelecidas condições. Este fica em *loop* esperando receber o código de alguma TAG, caso receba, verificará: se o código pertence a algum caminhão cadastrado; se a variável booleana de sentido de deslocamento desse caminhão é verdadeira ou falsa, para saber o sentido de deslocamento do mesmo; e se a diferença entre o tempo atual e o tempo em que esse caminhão passou pela última vez é maior que o intervalo pré-definido, para não atualizar a variável booleana em uma mesma passagem do caminhão. Caso essas condições sejam satisfeitas, ocorrerá: o envio de um pulso de tensão para o controlador semafórico; o acionamento ou desligamento de um LED indicador de sentido de deslocamento; a atualização do tempo que o caminhão passou; e a modificação da variável booleana.

Uma vez pronta a lógica do leitor e TAG, é necessário que o leitor se comunique com o CLP. Contudo, as portas de entrada/saída (E/S) do Arduino fornecem até 5V e 40mA, e o CLP usado só reconhece tensões na faixa de 12V a 24V. Devido isso, optou-se por utilizar relés que são acionados com 5V e aproximadamente 80mA, modelo JQC-3F(T73). Logo, foi necessário utilizá-lo em conjunto com um circuito de acionamento devido a corrente necessária para acionar o relé ser maior que a fornecida pelo microcontrolador, composto por um resistor de 1k Ω , um transistor e um diodo, modelos BC548 e 1N4004, respectivamente.

O CLP possui uma lógica de acionamento das luzes de semáforo dividida em 6 etapas descritas a seguir:

- Etapa 0: É acionado o vermelho 1 e 2, na qual o número 1 indica o sentido de deslocamento Mina-Pátio e 2 o sentido Pátio-Mina. O sistema fica nessa etapa até o temporizador 0, de 4 segundos, determinar a transição.

- Etapa 1: É acionado o verde 1 e vermelho 2, ficando nessa condição até que o temporizador 2, de 2 minutos, determine a transição ou pelo sinal do relé 2 do leitor, que indica uma aproximação de um caminhão no sentido Pátio-Mina, iniciando a prioridade semafórica do mesmo.

- Etapa 2: É acionado o verde piscante 1 e o vermelho 2. O verde piscante é um sinal de alerta de 6 segundos, que serve para indicar que o semáforo está prestes a fechar naquele sentido, ficando nessa etapa até o temporizador 3 determinar a transição.

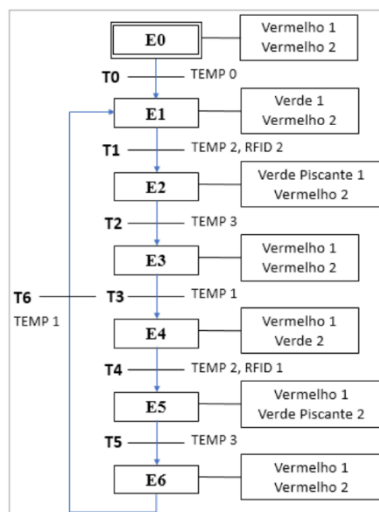
- Etapa 3: É acionado o vermelho 1 e 2, para assegurar a travessia segura dos veículos que passaram pelo sinal verde no sentido Mina-Pátio. O sistema fica nessa etapa até o temporizador 1, de 10 segundos, determinar a transição.

- Etapa 4: É acionado o vermelho 1 e verde 2, ficando nessa etapa até o temporizador 2 determinar a transição ou pelo sinal proveniente do relé 1 do leitor, que indica a aproximação de um caminhão no sentido Mina-Pátio, iniciando a prioridade semafórica para o mesmo.

- Etapa 5: É acionado o vermelho 1 e o verde piscante 2, que se assemelha a etapa 3, mas nesse caso é para alertar os motoristas do sentido Pátio-Mina, permanecendo nessa condição até o temporizador 3, de 6 segundos, determinar a transição.

- Etapa 6: É acionado o vermelho 1 e 2, também semelhante a etapa 3, mas nesse caso é para assegurar a travessia segura dos últimos veículos que passaram pelo sinal verde no sentido Pátio-Mina, permanecendo nessa condição até o temporizador 1, de 10 segundos, determinar a transição. Depois dessa etapa o processo reinicia com a etapa 1. O esquemático da lógica de funcionamento do semáforo é mostrado na figura 2.

Figura 2. SFC do semáforo.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a programação de todos os blocos constituintes do sistema e a montagem de circuito por meio de matrizes de contatos, foi realizado o teste da lógica desenvolvida para envio de informações pela TAG, recebimento destas informações pelo leitor e acionamento do semáforo pelo CLP. Este primeiro teste foi realizado em bancada de laboratório, contando com um CLP de mesmo modelo dos presentes nos semáforos das vias onde os caminhões trafegam.

Esta primeira etapa de testes, ocorrida em ambiente laboratorial, foi bastante satisfatória, tendo em vista que, ao receber o sinal da TAG, o leitor conseguia identificar o sentido de deslocamento do suposto caminhão, em seguida, enviava um nível de tensão para o CLP que em contrapartida, providenciava a prioridade semafórica para o caminhão em questão.

Com o sucesso desta primeira etapa de testes, foram desenvolvidas as Placas de Circuito Impresso (PCI) para acomodar os componentes da TAG (Figura 3) e do leitor (Figura 4), afim de prepará-los para a aplicação nos caminhões da mineradora. Os *layouts* das PCIs foram desenvolvidos com o auxílio da ferramenta ARES do *software* Proteus (LABCENTER, 2018) e após o término do procedimento de fabricação das placas, foi realizada a etapa de soldagem dos componentes nas mesmas. Reaproveitando carcaças de equipamentos eletrônicos defeituosos, foram construídos módulos para dar suporte às placas.

Figura 3. (a) PCI da TAG (b) TAG RFID desenvolvida.



Figura 4. (a) PCI do leitor (b) Leitor *RFID* desenvolvido.



O custo de fabricação deste sistema é um aspecto importante a ser observado, tendo em vista que era necessário produzir um sistema de baixo custo para implantação nas vias. A montagem do sistema composto pela TAG e o leitor teve seu custo estimado em R\$56,10. A Tabela 1 detalha o preço de cada componente do sistema, desconsiderando o frete.

Tabela 1. Custo de fabricação da TAG e do leitor

Qtd	Componente	Preço (unidade)
2	Microcontrolador	R\$ 10,00
1	Transmissor de rádio	R\$ 2,50
1	Receptor de rádio	R\$ 2,50
2	Borne de 2 vias	R\$ 1,50
1	Placa de fenolite 5x5cm	R\$ 2,50
1	Placa de fenolite 10x10cm	R\$ 5,00
2	Chave <i>ON-OFF</i>	R\$ 2,00
2	Barra de pinos fêmea	R\$ 2,50
2	Relé 5V	R\$ 5,00
2	Diodo retificador 1N4004	R\$ 0,20
2	Resistor de 1k Ω	R\$ 0,10
2	Transistor BC548	R\$ 0,50

Após o desenvolvimento dos módulos da TAG e do leitor, constatou-se uma distância máxima de comunicação entre os dois de cerca de 2m. Após pesquisas, verificou-se a possibilidade proposta por

PINHEIRO (2016) da utilização de antenas helicoidais para aumento da distância de comunicação, que ficou em cerca de 25m. Esta medida foi tomada e o projeto prosseguiu para a etapa de teste em campo.

Assim, foi realizado o teste em um cruzamento da mina, com a instalação da TAG no painel de uma caminhonete da empresa, e a alocação do leitor em uma cabine localizada no centro do cruzamento. Porém, apesar da instalação das antenas, a distância máxima entre a TAG e o leitor ficou em cerca de 4m. A queda desta distância de operação deve-se, em grande parte, à influência dos obstáculos físicos entre o receptor e o transmissor do sistema. Este fato impossibilitou os testes e a implantação do sistema nos caminhões.

CONCLUSÃO

Analisando os resultados dos testes, pode-se concluir que o sistema de prioridade semafórica funciona de maneira a agilizar o tráfego os caminhões da mineradora como proposto. Porém, possui limitações evidentes quanto a distância máxima entre a TAG e o leitor RFID que impossibilitaram a implantação do sistema nos veículos. Isto se deve, entre outras razões, a qualidade dos transmissores, receptores e das antenas utilizadas no projeto que priorizou o baixo custo do sistema geral. Entretanto, este obstáculo pode ser superado com mais investimento, sem comprometer a viabilidade financeira do sistema.

Portanto, em trabalhos futuros, vislumbra-se a possibilidade de substituição das antenas acopladas aos módulos de rádio 433Mhz, a substituição dos rádios por modelos de maior alcance e a aplicação de métodos de projeto de PCIs para minimizar os possíveis efeitos de interferência eletromagnética (EMI).

REFERÊNCIAS

- Akishino, Pedro (2005). *Estudos de Tráfego*. Apostila (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba.
- Arduino. 2018. Disponível em <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2018.
- Labcenter. Labcenter 2018. Disponível em: <https://www.labcenter.com>. Acesso em: 25 de maio de 2018
- Pinheiro, P. P. (2016). *Controle e automação residencial com o uso do PIC 18F4550*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina