

ALTERNATIVA DE AUTOMATIZAÇÃO PARA UMA RECUPERADORA DE BAUXITA VISANDO SEGURANÇA NO TRABALHO

RAFAEL AUGUSTO DIAS REZENDE^{1*}, ARMANDO TADAO COSTA NAKAMARU², BRUNO SILVA RODRIGUES³, ORLANDO JÚNIOR NASCIMENTO FERREIRA⁴; ORLANDO FONSECA SILVA⁵

¹Graduando de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, Rafael.augusto.d.r@gmail.com;

²Graduando de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, tadaonakamaru@gmail.com;

³Graduando de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, brunoe.ufpa@gmail.com;

⁴Graduando de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, orlandojrferreira@gmail.com;

⁵Dr. Professor de Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, orfosi@ufpa.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: A segurança no trabalho vem se tornando uma questão de suma importância para o desenvolvimento dos setores econômicos do país. Os dados de acidentes relacionados a falta de segurança no ambiente de trabalho, principalmente no setor primário mostram que devem ser feitos investimentos para a prevenção dessas ocorrências. Dessa maneira, as inovações tecnológicas apresentam medidas que permitam a diminuição desses números de acidentes fatais ou não, permitindo o equilíbrio entre o aumento da produção e a diminuição de custos com indenizações. Neste trabalho, analisamos o uso de um protótipo de dispositivo de segurança para o uso no setor primário, a exemplo na mineração, utilizando um sistema de controle simples e de baixo custo que pode ser adaptado para uso em escala real.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança no trabalho, Sistema de Automação.

AUTOMATION ALTERNATIVE FOR A BAUXITE RECUPERATOR LOOKING FOR SAFETY AT WORK

ABSTRACT: Safety at work has become a matter of paramount importance for the development of the country's economic sectors. Data on accidents related to lack of safety in the work environment, especially in the primary sector show that investments must be made to prevent these occurrences. In this way, the technological innovations present measures that allow the reduction of these numbers of fatal accidents or not, allowing the balance between the increase of the production and the reduction of costs with indemnifications. In this work, we analyze the use of a safety device prototype for use in the primary sector, for example in mining, using a simple and low cost control system that can be adapted for use in real scale.

KEYWORDS: Safety at work, Automation system.

INTRODUÇÃO

Segurança do trabalho pode ser compreendida como o total de medidas tomadas com objetivo de eliminar ou reduzir o número de acidentes e doenças físicas ou mentais relacionadas ao ambiente de trabalho (Peixoto, 2011). Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), ocorrem cerca de 270 milhões de acidentes no trabalho e cerca de 2 milhões de mortes por ano em todo o mundo. Estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) sejam perdidos por doenças e agravos ocupacionais e chega aos 10% quando se trata de países em desenvolvimento (ILO, 2003). Porém, as medidas de segurança no trabalho não somente diminuem a probabilidade de acidentes, mas também torna o ambiente de trabalho mais seguro e agradável aos colaboradores, tendo como consequência o aumento da produção e a melhora na qualidade, além de maior credibilidade junto à comunidade e seus colaboradores mostrando seriedade com a segurança e o bem-estar geral da empresa (Peixoto, 2011).

A automação nos mais diversificados estágios da economia tem melhorado cada vez mais as condições de trabalho e diminuindo índices de acidentes. Porém, pela dificuldade de implementação dessas técnicas em aparelhos rústicos do setor primário da economia ou mesmo pelos custos dessas mudanças, de acordo com a Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro), o índice médio de acidente geral no Brasil foi de 8,66%, enquanto, na mineração, o indicador médio de acidente foi de 21,99%, quase três vezes mais que a média nacional (FUNDACENTRO, 2012). Um exemplo de maquinário utilizado na mineração que não conta com sistemas de automação visando segurança são as chamadas recuperadoras de minério que, utilizadas em empresas como a Hydro Alunorte (maior no mundo em porte físico na produção de alumina), são responsáveis pelo transporte da bauxita do pátio de estocagem até silos (HYDRO ALUNORTE, S/D).

A fim de evitar acidentes no ambiente de trabalho durante a operação de uma recuperadora de bauxita, ocasionados por descuido ou desatenção, foram implementados três conjuntos de sistemas eletrônicos que de forma barata, porém eficaz, tem como objetivo: assinalar visualmente aos trabalhadores que a máquina está em trânsito; indicar de forma sonora que a recuperadora está sendo operada; e interromper o traslado do maquinário caso algum anteparo esteja a uma determinada distância ao longo de seu trilho de deslocamento. Para verificar o funcionamento dos sistemas e determinar sua eficácia, foi montado um sistema reduzido para simular o movimento de translação da recuperadora.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para indicação sonora de que a recuperadora está em funcionamento, foram montados dois blocos de circuitos. O primeiro desses foi oscilador em Ponte de Wien, indicado pela Figura 1, um circuito formado pelos componentes listados na tabela 1 que gera uma onda senoidal de frequência de saída determinada pela equação (1) que por sua vez é responsável por gerar o tom que será reproduzido na sirene.

$$f_0 = \left(2\pi\sqrt{R_5R_6C_7C_8}\right)^{-1} \quad (1)$$

Figura 1. Ponte de Wien.

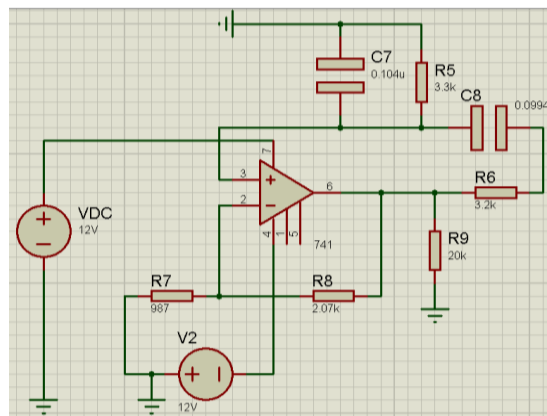
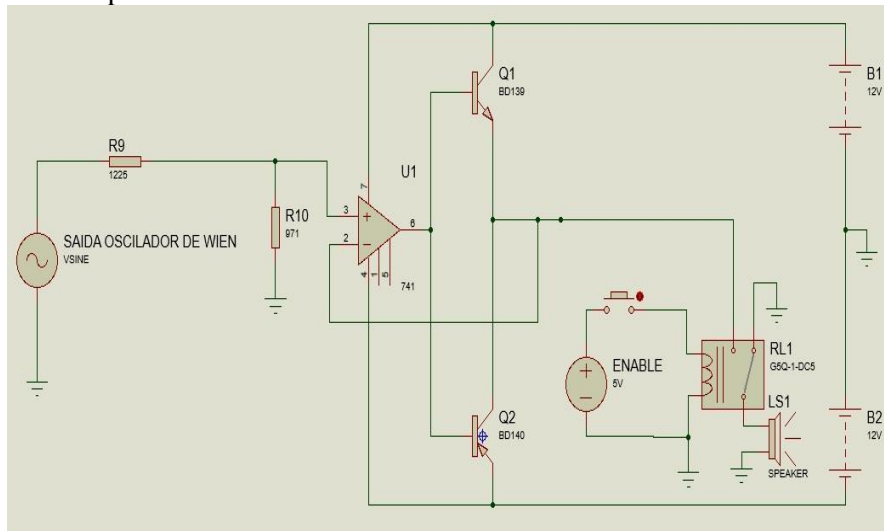


Tabela 1. Lista de Componentes para o Oscilador de Wien

Componentes	Valor ou descrição
Capacitores: C7 e C8	0,104µF e 0,0994µF
Resistores: R5, R6, R7, R8 e R9 (R9 somente para simulação)	3,3kΩ, 3,2kΩ, 987Ω, 2,07kΩ e 20kΩ
OPAMP	CI 741

O segundo bloco desse sistema é o amplificador de potência, Figura 2, que tem como função fornecer a potência requerida pela buzina (3W), uma vez que o CI 741 não seria capaz de fornecer sozinho tal valor. Além disso, o circuito foi montado de forma que a buzina seja acionada apenas quando a boteira responsável pelo movimento da máquina seja pressionada, servindo como um sinal de alerta.

Figura 2. Circuito Amplificador de Potência.



Já para a indicação visual, foi montado um sistema baseada no circuito multivibrador astável, um circuito oscilador que trabalha no princípio do corte e saturação de transistores. Dessa forma, será gerado um sinal intermitente de luz, indicados por dois *LED*'s que alternam sua ação de acender e apagar objetivando alertar trabalhadores com algum tipo de abafador sonoro que circulam na área de translado da máquina sobre um possível risco. Para tanto, foi montando o circuito indicado pela Figura 3, utilizando-se componentes listados e especificados na Tabela 2.

Figura 3. Circuito Multivibrador Astável.

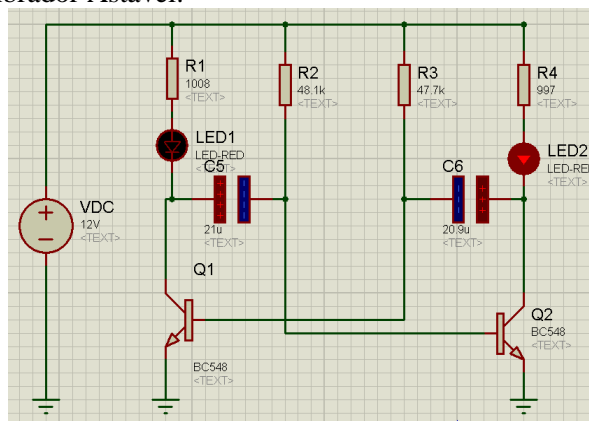


Tabela 2. Lista de Componentes para o Oscilador Astável

Componentes	Valor ou descrição
Capacitores: C5 e C6	21µF e 20,9 µF
Resistores: R1, R2, R3 e R4	1008Ω, 48,1kΩ, 47,7kΩ e 997Ω
Led	2 Leds Vermelhos
Transistor	2 transistores BC 548

Os resistores R2 e R3 e os capacitores C5 e C6 são os responsáveis por gerar o período de oscilação desejado. Esses componentes determinam o período da forma de onda quadrada, conforme a Equação 2.

$$T_0 = 0,69(R_2C_5 + R_3C_6) \quad (2)$$

O último sistema de segurança foi implementado em conjunto com o sistema miniaturizado de controle da recuperadora. Sendo assim, este promove o controle do sistema e o acionamento do motor, através de CI ponte H que possibilita o controle de giro pelo operador através de botões que permitem a translação para a direita e esquerda utilizando-se do microcontrolador *Arduino*. Além desses botões de movimento, são utilizados outros dois que funcionam como chave de fim de curso, ou seja, quando pressionados indicam que a recuperadora está em uma das extremidades do trilho. E não permite a movimentação da recuperadora caso haja algum anteparo não identificado pelo operador devido as dimensões físicas da máquina com base das informações de proximidade conseguidas a partir de dois sensores ultrassônicos também ligados ao *Arduino*. Para tanto, utilizou-se, em linhas gerais, o circuito descrito pela Figura 4 que componentes descritos na tabela 3 e a devida programação em *software* para o controlador utilizado.

Figura 4. Circuito de controle e segurança contra anteparos.

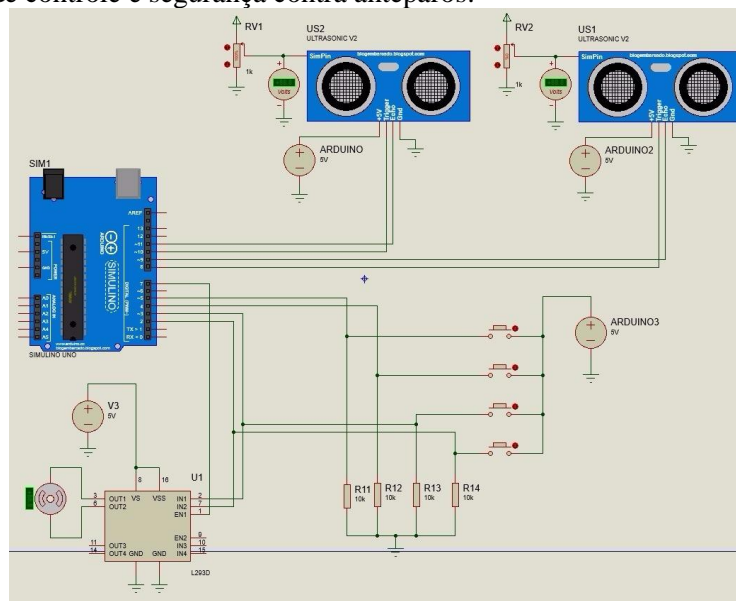


Tabela 3. Lista de Componentes para o circuito de controle e segurança contra anteparos

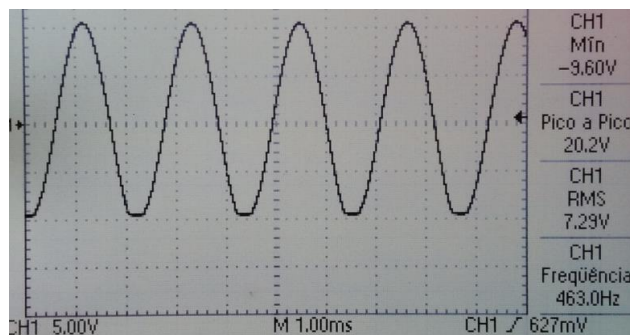
Componentes	Valor ou descrição
Resistores: R11, R12, R13 e R14	10k Ω
Botões	4 <i>push</i> buttons
Microcontrolador	<i>Arduino Uno</i>
Sensores	2 sensores ultrassônicos HC-SR04
Ponte H	L293D
Motor CC	5V

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar as devidas simulações em softwares computacionais, o protótipo foi montado e pôde-se observar que esse funcionou conforme o esperado, realizando aquilo que foi desenvolvido para ser feito.

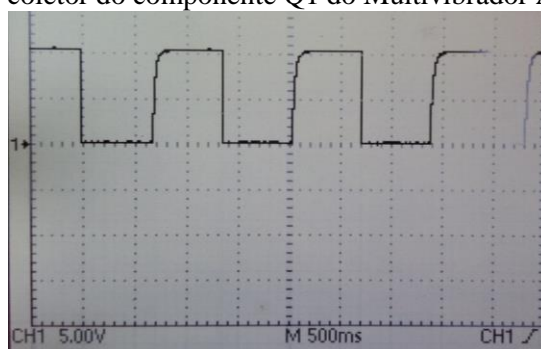
Para o sistema de indicação sonora, mediu-se na saída do Oscilador em Ponte de Wien a senóide, figura 5, que se era esperada com os componentes utilizados aplicando a Equação 1. Sinal esse que aplicado na buzina, após amplificado, gerou a sirene responsável por indicar a utilização da recuperadora.

Figura 5. Saída do Oscilador em Ponte de Wien.



A sinalização visual também funcionou como o esperado e pôde-se ver os *LED's* sincronizados quando a máquina é colocada em funcionamento, a forma de onda no coletor de um dos transistores utilizados (forma de onda responsável pela intermitência do acendimento do *LED*) pode ser verificada na Figura 6.

Figura 6. Forma de onda no coletor do componente Q1 do Multivibrador Astável.



Para verificação do sistema de segurança contra anteparos e o funcionamento das chaves de fim de curso, foram realizados apenas testes físicos com o protótipo reduzido da recuperadora, de forma que foi possível averiguar seu funcionamento, visto que, uma vez pressionado o botão para transladação do protótipo, o motor responsável pelo movimento parou de girar quando havia algo a menos de vinte centímetros do sensor ultrassônico (tanto para a direita quanto para a esquerda do operador) o mesmo ocorreu também quando qualquer uma das chaves de fim de curso eram pressionadas, indicando o fim da trilha da recuperadora.

CONCLUSÕES

Com a tendência do processo de automação em diversas áreas da economia, torna-se cada vez maior o investimento em segurança para os trabalhadores, resultando em melhores condições de trabalho e aumento de produtividade. Porém, tais investimentos podem deixar de ser aplicados em alguns casos devido a seu elevado custo para adaptação de maquinário rústico.

O artigo apresentou uma alternativa simples e barata, porém eficaz, de automatizar uma recuperadora de bauxita objetivando a segurança de quem opera e trabalha nas proximidades dela, o mesmo protótipo pode, com algumas modificações, ser aplicado em maquinário de grandes dimensões físicas sem a necessidade de realizar mudanças tão severas no sistema de controle das máquinas em questão, sendo assim uma forma viável de investir em segurança e bem-estar de trabalhadores.

REFERÊNCIAS

- Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (FUNDACENTRO). Segurança e Saúde Ocupacional na Indústria da Mineração: Aspectos Técnicos das Legislações e Estatísticas de Acidentes. 2012
 Hydro Alunorte. Disponível em: <www.hydro.com/>.
 International Labour Organization (ILO). Safety in numbers: pointers for the global safety at work. Geneva; 2003.
 Peixoto, N.H. Curso técnico em automação industrial: segurança do trabalho. 3ª ed. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.