

ESTIMULADOR ELETROTÁTIL PARA A PERCEPÇÃO TÁTIL

K. C. Guillen, F. C. Feitosa, P. M. Nascimento, R. N. Vinha, M. C. F. Castro e P. L. Benko

Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, Brasil

e-mail: mclaudia@fei.edu.br

Resumo: O protótipo eletrônico desenvolvido visa auxiliar deficientes visuais a identificar símbolos, como letras e palavras, por meio do sentido tátil. Basicamente, há uma matriz de eletrodos circulares acoplada à pele, os quais aplicam sinais elétricos específicos, estimulando as células responsáveis por enviar a sensação de toque ao cérebro. Esse sinal elétrico é gerado baseado nos estudos do pesquisador Kurt A. Kaczmarek pela University of Wisconsin-Madison. O sistema constitui de três partes principais: um gerador com saída em corrente responsável por gerar o sinal de estimulação, um circuito seletor que ativa o par de eletrodos desejado e a matriz de eletrodos, já comentada. O símbolo a ser escrito na pele é desenhado de forma sequencial, como se um dedo passasse pela pele, para este fim é montada uma sequência de ativação de pares de eletrodos, a qual estimula as células de percepção tátil ordenadamente, possibilitando ao usuário perceber esta sequência e identificar o símbolo escrito. Ambas as partes eletrônicas são controladas por um microcontrolador e ainda há uma fonte chaveada flyback que gera os níveis de tensão desejados a partir de uma bateria. Este protótipo pode ser acoplado a qualquer dispositivo de aquisição de dados, o qual o informa os símbolos a serem escritos na pele. Para a aplicação deste projeto, também foi desenvolvido um módulo de captação de imagem, que se comunica com o protótipo através de um canal de rádio frequência, havendo, assim, um transmissor e um receptor RF no circuito do estimulador.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva, deficientes visuais, estimulador eletrotátil, sensação tátil.

Abstract: *The electronic prototype aims to help blind people to recognize signs such as letters and words by the tactile sense. Basically, there is a matrix of circular electrodes attached to the user's skin, which apply specific electrical signals to the cells responsible for sending the touch feeling to the brain. The electrical signal is generated based on the studies carried by Professor Kurt A. Kaczmarek at University of Wisconsin-Madison. This prototype has three main parts: a current output signal generator responsible for producing the excitation signal, a selector circuit that activates the desired electrodes' pair and the electrode matrix, as previously mentioned. The symbol is sequentially drawn on the user's skin, like a moving finger touching it. Therefore, an electrodes' pair activation sequence is*

generated, which stimulates orderly the tactile sensitive cells, so that the user senses this sequence and identifies the written symbol. Both electronic parts are commanded by a microcontroller, which is the digital core part of the system. Finally, there is a flyback switching power supply, which is responsible for generating the voltage levels and it is supplied by a battery. The prototype can be integrated with any data acquisition system, which will interpret these symbols. Therefore, for the project application phase was developed an image capturing unit, linked to the stimulator by a radio-frequency channel. Then, there is a RF transmitter and receiver in the stimulator's circuit.

Keywords: *Assistive technology, visually impaired, electrotactile stimulator, tactile sense.*

Introdução

A pesquisa e o desenvolvimento de estimuladores eletrotáteis é um tema que vem sendo abordado com diferentes enfoques em diversos trabalhos e projetos realizados desde a década de 80 até os dias atuais. A ideia principal deste equipamento é evocar uma determinada sensação de toque a partir de uma correspondente estimulação elétrica superficial na pele de um indivíduo, em um determinado local no corpo [1][2].

Em todo o mundo, pesquisadores trabalham e desenvolvem protótipos em áreas como a robótica, na qual sensores na ponta dos dedos de um robô captam a textura de uma dada superfície e transmitem um sinal elétrico equivalente para uma matriz formada por pequenos eletrodos localizada na superfície do dedo indicador do operador, evocando nele as sensações virtuais correspondentes à superfície tocada pelo robô [3]. E com um princípio parecido, há estudos para a transferência de estímulos táteis pela internet [4].

Outra área de grande importância, onde o estimulador eletrotátil pode ser aplicado, é a de reabilitação, ou tecnologia assistiva. Neste contexto, a ideia do estimulador eletrotátil é a de substituição sensorial, na qual, segundo Kaczmarek e Schaning (2008), o indivíduo está “[...] recebendo por um sentido a informação que normalmente é recebida por outro sentido” [5]. Sob esta ótica, este equipamento possui caráter assistivo, cuja finalidade é servir ao deficiente visual como uma ferramenta auxiliar, da qual ele pode munir-se com vistas a perceber informações, que em primeira instância são

saída em corrente, um circuito seletor e uma matriz 7x5 de eletrodos circulares. A alimentação do circuito gerador é feita através de uma fonte chaveada do tipo flyback e para as demais partes através de uma bateria de 9V. Com a finalidade de realizar a comunicação entre o estimulador e o módulo de entrada, há um receptor e um transmissor RF. Todo este sistema é controlado por um kit com um microcontrolador da família PIC, o chipKit MAX32. A figura 3 apresenta o diagrama de blocos do Estimulador Eletrotátil.

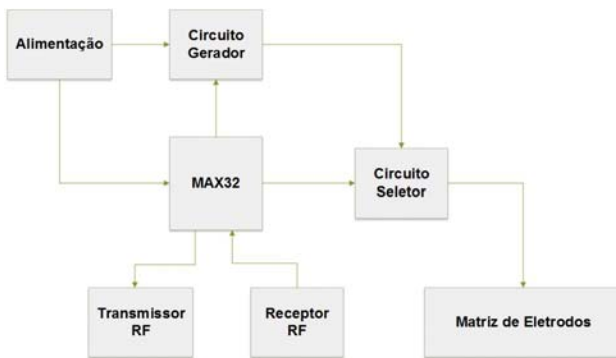


Figura 3: Diagrama em blocos do estimulador eletrotátil.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram realizados testes preliminares e no final do projeto um usuário foi submetido a testes cegos.

Os testes preliminares tiveram a finalidade de testar a funcionalidade de cada parte e do sistema como um todo, bem como a performance de diferentes tipos de eletrodos e matrizes, e ainda, calibrar os parâmetros do sinal aplicado à pele para uma sensação confortável e de fácil identificação do símbolo desenhado.

Os testes cegos foram realizados com a intenção de apurar o quão fácil ou difícil é para o usuário identificar palavras de até nove letras através do estimulador eletrotátil. Para tanto, as palavras foram escritas uma a uma em uma lousa, as quais foram identificadas e transmitidas ao estimulador pelo módulo de entrada. O usuário não teve em nenhum momento o conhecimento das palavras escritas.

Resultados

Com vistas a identificar um símbolo desenhado em uma lousa, por exemplo, o usuário pressiona o botão START no estimulador eletrotátil. Assim, é transmitido um comando para o UNO32, através do canal RF, para que seja realizada uma captura de imagem. Este comando chega, desta forma, no MATLAB que, através da webcam, tira uma foto e processa a imagem obtida. Neste processamento são identificados os caracteres que estão desenhados na lousa, os quais são enviados ao estimulador pelo transmissor RF acoplado no UNO32. Os caracteres são armazenados na memória do MAX32 e são desenhados um a um na pele do usuário. Como exemplo, se o MATAB identificou a palavra FEI, primeiro será estimulado um F, depois um E e por último um I.

Para desenhar um caractere na pele do usuário, a matriz de eletrodos estimula sequencialmente regiões da pele com o sinal gerado pelo circuito gerador, de acordo com a sequência de estimulação correspondente ao caractere previamente definida no MAX32, o qual, além de também controlar o circuito gerador, ativa cada eletrodo da matriz através do circuito seletor. Assim, o caractere é desenhado de forma sequencial, o usuário percebe esta sequência e identifica o caractere escrito como se um dedo passasse pela pele. Com a estimulação de caracteres sucessivos o usuário identifica palavras.

O usuário controla o estimulador através da chave de liga e desliga, do potenciômetro de intensidade, do botão de START, o qual envia o comando para a captura de uma imagem, do botão de TESTE/REPETE, que tem a função de teste, até a primeira vez que o START for pressionado, e função de repetição da última palavra estimulada, após a primeira vez que o botão de START tiver sido pressionado.

A funcionalidade de teste serve para que o usuário se familiarize com a estimulação dos caracteres. Como a sensação de toque pode variar de pessoa para pessoa, é permitido ao usuário alterar os parâmetros do sinal aplicado à pele através de três potenciômetros. Estes permitem mudanças na velocidade com que um caractere é estimulado, no número de pulsos por burst (NPB) e no intervalo entre dois pulsos bifásicos (BRR). Durante o teste o usuário ajusta o nível desejado de intensidade do sinal aplicado à pele e realiza toda esta parametrização, de modo que o sinal provoque a sensação mais confortável e de mais fácil identificação para o usuário.

Durante os testes, as sensações experimentadas nas estimulações variaram desde pequenas agulhadas até vibrações com leve sensação de formigamento, dando a impressão que a pele está sendo tocada.

Os testes preliminares apresentaram como resultado, além do correto funcionamento dos circuitos e do sistema como um todo, que a matriz com eletrodos encaixáveis da Noraxon e com uma camada anatômica de silicone foi a que apresentou as melhores sensações. Os usuários definiram como sinal ideal para a estimulação aproximadamente o mesmo sinal. Entretanto, para uns a estimulação dos caracteres deve ser lenta, já para outros uma estimulação rápida é de mais fácil identificação.

Os testes cegos mostraram que quanto mais o usuário utilizava o estimulador, mais rápido ele identificava o símbolo escrito. Assim, com 12 horas de treino, o usuário conseguiu identificar todas as letras do alfabeto, acertando todas as palavras que eram escritas na lousa. Estes testes também mostraram que um tempo prolongado de estimulação dificulta gradualmente a percepção, pois a pele do usuário se acostuma ao sinal de corrente, e ainda, neste influxo, o usuário tende a aumentar progressivamente a intensidade da corrente, o que causou leve irritação na pele. Isto se mostrou aparente sempre que a seção de estimulação durava mais que, em média, uma hora e 30 minutos, sem pausas entre os caracteres estimulados.

Discussão

Com relação ao sinal de estimulação, pode-se dizer que, devido ao fato do usuário poder parametrizar este sinal de acordo com a sua sensibilidade, os trabalhos do pesquisador Kaczmarek nortearam todo o desenvolvimento do projeto, mas o sinal efetivamente aplicado na pele difere, sutilmente, do sinal por ele estipulado [8].

O estimulador eletrotátil desenvolvido pelo pesquisador Yarimaga e sua equipe (2005) continha 32 circuitos conversores de tensão em corrente e 32 circuitos de calibração para os 32 eletrodos da matriz confeccionada. Consequentemente, o hardware desenvolvido teve grandes proporções físicas. Na própria conclusão de seu trabalho, Yarimaga e sua equipe sugerem que o próximo estimulador deverá ser construído com no máximo quatro circuitos conversores e utilizar multiplexadores para endereçar o sinal para cada um dos canais [2], isto guiou o desenvolvimento do estimulador eletrotátil deste trabalho. Entretanto, existe apenas um único gerador de sinal e a multiplexação é feita para os 35 eletrodos da matriz. Tal feito, otimiza o hardware deste protótipo e faz com que suas dimensões fiquem pequenas.

Outro ponto a se notar, que diferencia este protótipo dos demais desenvolvidos, é a conexão RF existente que comunica o estimulador com um módulo de entrada genérico. Essa característica, faz com que o estimulador seja aplicado diretamente ao usuário final.

Conclusão

Com base nos resultados dos testes realizados, este trabalho se apresenta como uma proposta viável de um equipamento destinado à substituição sensorial de deficientes visuais. As letras desenhadas na pele através de estímulos elétricos evocando sensação tátil puderam ser reconhecidas pelo voluntário.

Apesar das melhorias já implementadas com relação aos demais trabalhos que constam na literatura pesquisada, sugere-se ainda, para as próximas versões do estimulador eletrotátil, o desenvolvimento de uma matriz de alta resolução com o maior número possível de eletrodos e o respectivo hardware, bem como um módulo de entrada capaz de interpretar as mais complexas imagens a serem desenhadas e reconhecidas na pele do usuário.

Agradecimentos

Agradecemos a todas as pessoas que direta ou indiretamente participaram deste projeto, bem como ao Centro Universitário da FEI que apoiou financeiramente o desenvolvimento do mesmo, e a concessão de uma bolsa de iniciação científica.

Referências

[1] Kaczmarek K, Kramer K, Webster J, Radwin R. A 16-Channel 8-Parameter Waveform Electrotactile

Stimulation System, Biomedical Engineering, IEEE Transactions on Volume: 38, Issue: 10, pp. 933 – 943, 1991.

- [2] Yarimaga O, Lee J, Lee B, Ryu J. Tactile Sensation Display with Electrotactile Interface, June 2-5, KINTEX, ICAAS, 2005.
- [3] Sato K, Tachi K. Design of Electrotactile Stimulation to Represent Distribution of Force Vectors, Haptics Symposium, IEEE, pp. 121 – 128, 2010.
- [4] Hosseini M, Atyabi M. New Method in Sensation Transferring Through Internet, Transactions on India Conference, Annual IEEE, 2006.
- [5] Kaczmarek K, Schaning M. A High Voltage Bipolar Transconductance Amplifier for Electrotactile Stimulation, Biomedical Engineering, IEEE Transactions on Volume: 55, Issue: 10, pp. 2433 – 2443, 2008.
- [6] Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso, Porto Alegre 2ª ed. Artmed Editora, 2002.
- [7] Cunha JC, Cendon RV, Nohama P. Tecnologia Assistiva para indivíduos Surdo-Cegos, Jornal Brasileiro de Neurocirurgia, pp. 53 – 72, 2009.
- [8] Kaczmarek K. Electrotactile Adaptation on Abdomen: Preliminary Results, Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on Volume: 8, Issue: 4, pp. 499 – 505, 2000.