

## JOYSTICK/TECLADO ACIONADO POR EOG PARA MICROS IBM-PC

Fernando Afonso de Barros Perini, Ricardo Pereira Jasinski, Heitor Silvério Lopes [orientador]

Depto. Acadêmico de Eletrônica e Laboratório de Bioinformática (CPGEI),  
Centro Federal de Educação Federal do Paraná (CEFET-PR), 80230-901- Curitiba (PR) - Brasil,  
fernando@swi.com.br, jasinski@altavista.net, hslopes@daeln.cefetpr.br

**Resumo** – Este artigo descreve o projeto e experimentos do *joystick* baseado em eletrooculograma (JEDI – *Joystick* Especial para Deficiente e Imobilizados), equipamento que conecta o usuário a qualquer microcomputador IBM-PC, e simula as ações de um *joystick* comum – controle independentes nos eixos vertical e horizontal e disparo, através do movimento dos olhos do usuário nas respectivas direções e através de piscadas. Isso permite a pessoas portadoras de deficiência física severa, tetraplégicos ou com paralisia motora acessar os *softwares* comerciais tradicionais ou através de um programa específico, operar um teclado virtual e editar texto e escrever mensagens.

**Palavras-chave:** Engenharia Biomédica, Eletrooculograma, EOG, *Joystick*, deficiência física.

**Abstract** – This article describes the joystick project and experiments based on the electrooculogram (JEDI), this equipment connects the user to the IBM-PC microcomputer, and simulates the actions of a regular joystick – independent shot, vertical and horizontal control through the user eyes movements in the related direction and blinking. It allows that people with a severely physical deficiency access traditional commercial software's or through the use of specific program, operate a virtual keyboard and edit texts or write messages.

**Key-words:** Biomedical Engineering, Electrooculogram, EOG, joystick, handicapped

### INTRODUÇÃO

O *Joystick* Especial para Deficientes ou Imobilizados (JEDI) tem por objetivo elevar a qualidade de vida de pessoas portadoras de deficiência motora severa, permitindo-as interagir com computadores, através da entrada de *Joystick*, e a partir daí executar atividades tais como: interagir com aplicativos adaptados ao *joystick* (sem a necessidade de *software* adicional), movimentar o *mouse*, permitindo utilizar *softwares* comerciais, escrever e editar textos, utilizando aplicativo adaptado para deficientes. A inspiração do projeto vem de outras iniciativas semelhantes encontradas na literatura [1][2].

O sinal eletrooculográfico (EOG) [3] é obtido através de eletrodos colocados na face do usuário, conforme mostrada na fig.1. O sinal obtido deriva do fato do olho humano ter uma diferença de potencial entre a córnea e a retina, funcionando desta maneira como um dipolo elétrico. O EOG tem uma amplitude de 10  $\mu$ V a 5 mV, com informação espectral de 0-100 Hz [4]. Este sinal é utilizado pelo JEDI para determinar a posição do olho e, a partir daí, transferir os comandos direcionais ao computador utilizando uma interface padrão.

Observou-se também um padrão de interferência devido à piscada no sinal do eletrooculograma. Este padrão foi isolado e utilizado para dar os comandos de disparo do *joystick*. Considerando que muitas piscadas são involuntárias, a primeira piscada de uma seqüência é eliminada (Ex. 2 piscadas implica em um disparo, 3 piscadas implicam em 2 disparos). Para demonstrar as possibilidades do JEDI em situações úteis e aplicáveis, foi desenvolvido um programa com o qual é possível para uma pessoa incapacitada de utilizar as mãos “digitar” textos em um ambiente gráfico.

### METODOLOGIA

Para aquisição do sinal é necessária a colocação de eletrodos. A superfície da pele que entrará em contato com o eletrodo deve ser previamente higienizada utilizando-se algodão e álcool ou equivalente. Foram utilizados eletrodos normais de eletrocardiografia do tipo Ag/AgCl, recortados de maneira a se adaptarem às formas da face (ver fig. 1).

Para diminuir os problemas de ruído relativos ao contato, foram utilizados botões de pressão para fixar os fios aos eletrodos e um boné para permitir o livre movimento da cabeça, sem problemas de ruído gerado pelo mau contato do fio e do eletrodo. Além disto, foi utilizado um cabo blindado para levar o sinal até o circuito, para eliminar interferências eletromagnéticas externas.

A tela da monitor pode ser considerado um ponto fixo, já que as variações angulares do movimento dos olhos de um canto a outro da tela são pequenos e insuficientes para caracterizar um comando para um movimento na horizontal ou vertical. Sendo assim, a fixação da tela como ponto fixo e o movimento da cabeça na vertical e na horizontal se

mostra como um sistema mais confortável e preciso de comandar o *joystick*, devido ao fato de se obter variações angulares maiores do foco de visão em relação ao rosto e aos eletrodos e não perder de vista a tela do monitor que fornece o resultado das ações, permitindo uma realimentação do sucesso do comando.

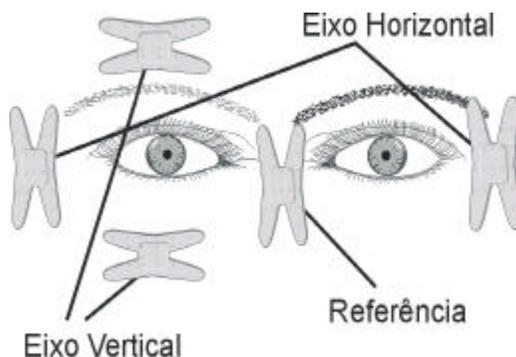


Figura 1 - Colocação dos eletrodos na face do usuário

O circuito do JEDI pode ser dividido em três partes principais: canal para o eixo X, canal para o eixo Y e detector de piscadas (veja figura 2). O eixo X é responsável pela aquisição e processamento do sinal proveniente dos eletrodos colocados na horizontal. O eixo Y é responsável pela aquisição e processamento do sinal proveniente dos eletrodos colocados na vertical.

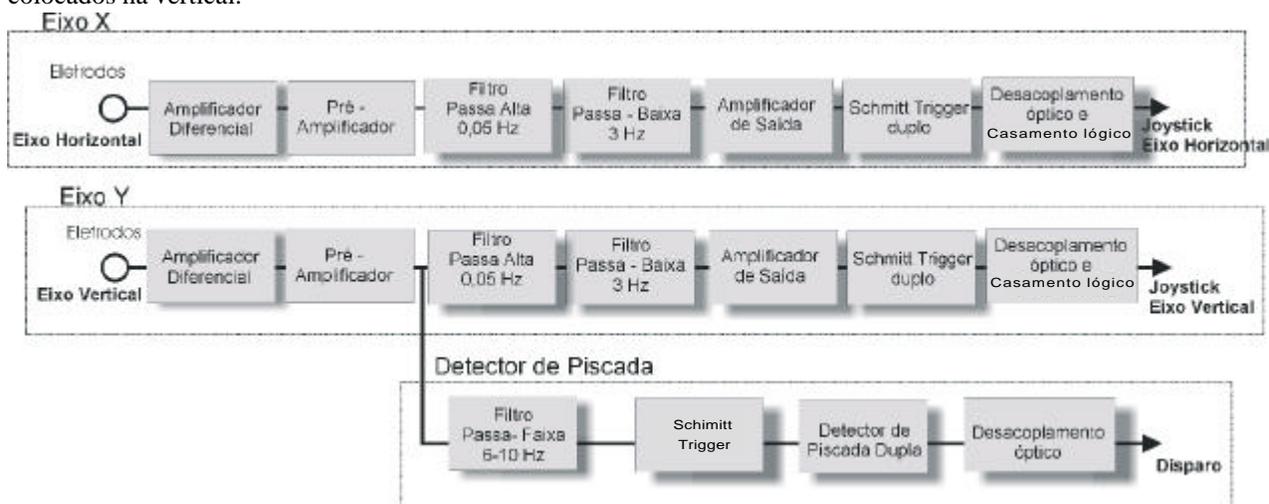


Figura 2 - Diagrama em blocos do circuito

O detector de piscadas filtra, a partir do sinal proveniente dos eletrodos colocados na vertical, a interferência do piscar dos olhos, eliminando a primeira piscada em uma seqüência (piscada involuntária) e acionando o botão de disparo do *joystick* nas subseqüentes. Os circuitos do eixo X e Y são funcionalmente equivalentes e são compostos dos blocos descritos a seguir.

Amplificador diferencial é um dispositivo essencial para a aquisição dos sinais, devido à baixa amplitude do sinal que se deseja captar (da ordem de alguns microvolts) e à alta impedância de entrada necessária para o amplificador. O amplificador diferencial apresenta ganho ajustável entre 25 e 50. Antes de colocar o sinal em um filtro, é necessário colocá-lo em níveis mais adequados de tensão, para isso foi empregado um pré amplificador de ganho ajustável de até 100 vezes.

Um filtro passa-altas tem o objetivo de eliminar o *offset*. A aquisição dos sinais possui um *offset* intrínseco que pode ser originado em pequenas variações do eixo do olho em relação ao eixo dos eletrodos, ou a partir de interferências na aquisição de dados através dos eletrodos e intrínsecas ao circuito.

O filtro passa-altas ajusta com uma constante de tempo elevada ( $\tau \approx 20$  s) o ponto central do eixo. Isto significa que quando uma posição dos olhos é mantida, aos poucos, esta posição vai se transformando na posição central.

Um filtro passa-baixas elimina os sinais provenientes de outras fontes internas de ruído (EEG - cérebro, ECG - coração, EMG - musculatura local) e fontes externas (indução de 60 Hz pela rede elétrica).

Mais um amplificador com ganho ajustável é colocado nos dois eixos, com o objetivo de colocar o sinal já filtrado em níveis otimizados para serem colocados em um decisor de limiar (máxima amplitude entre 4V e 8V).

Dois *Schmitt-trigger's* detectam os limiares superior e inferior. Quando um nível de tensão acima do limiar especificado é detectado no amplificador de saída, a saída do *joystick* é acionada para a direção correspondente. O

circuito só retorna à posição central quando o sinal cruzar novamente o nível 0 de tensão. Dois trimpot's ajustam a sensibilidade (nível de tensão) da detecção.

O sinal de saída passa por um desacoplamento óptico (led infravermelho e foto-transistor), isolando eletricamente as partes do circuito alimentadas pelo PC (lógica de chaveamento de resistores) das alimentadas pelas baterias ou fonte de alimentação própria para o circuito.

Na saída dos *Schmitt-trigger's* existem dois sinais digitais que indicam se o usuário está ou não (+V<sub>CC</sub> ou -V<sub>CC</sub>, correspondentemente) olhando para a direita ou para a esquerda, no caso do eixo horizontal. Assim, é necessário realizar uma lógica com duas entradas e três saída se são acionadas resistências diferentes, simulando desta maneira um *joystick* analógico comum, utilizado por computadores pessoais.

A terceira parte do circuito consiste do detetor de piscadas. A entrada do detetor de piscadas é retirada do sinal do eixo Y, já pré-amplificada. A interferência da piscada foi estudada através de uma placa de aquisição de sinais. Feita a análise espectral desta interferência, observou-se que o seu espectro estava compreendido entre 4 Hz e 10 Hz. Construiu-se então um filtro passa-faixas sintonizado em 8Hz, para separar o sinal da piscada de outros sinais (EMG, EEG, etc.) e interferências da rede elétrica. Este filtro é acompanhado de um ganho variável, para elevar o nível de tensão até um valor reconhecível pelo *Schmitt-trigger*. O circuito decisor enquadra o sinal da piscada. São necessários ajustes no nível do limiar de decisão, para que somente a piscadas sejam captadas, eliminando os ruídos. Um circuito detetor de piscada dupla elimina a primeira piscada de uma seqüência, acionando um temporizador (monoestável) a cada piscada detectada. Somente piscadas dadas dentro do tempo do monoestável seguem adiante. Isto significa que piscadas com intervalos superiores a 0,5 segundos são tratadas como involuntárias e eliminadas. Ou seja, se o usuário piscar três vezes com um intervalo de 0,4 segundos, o disparo será acionado duas vezes. Se ele piscar três vezes com intervalo de 0,6 segundos, o disparo não será acionado.

O sinal é desacoplado opticamente e ligado ao microcomputador. Um nível alto aplicado ao led infravermelho aciona o botão de disparo do *joystick*, saturando o foto-transistor e aplicando potencial de terra ao pino correspondente no PC.

Procedendo desta maneira o computador não percebe a diferença entre o JEDI e um *joystick* analógico comum. Conforme foi mencionado anteriormente, além da interação com aplicativos que respondam ao *joystick*, outros aplicativos podem ser desenvolvidos especialmente para a utilização com o JEDI.

Com o objetivo de demonstrar esta possibilidade desenvolveu-se um editor de texto. O programa foi elaborado em Borland C++ Builder Professional, Versão 4.0, Build 14.4, rodando em Windows 98.

A figura 3 mostra a tela do computador quando o aplicativo é aberto. O aplicativo é composto de duas janelas. janela abaixo é a chamada Texto, e contém o texto escrito pelo usuário. A janela acima é chamada Teclado e é dividida em 9 quadros, cada quadro contendo 9 teclas, somando um total de 81 teclas. Conforme o usuário movimenta os olhos, os vários setores do teclado são marcados. Quando um disparo é feito, o setor selecionado pelo movimento dos olhos se transforma em uma tela como ilustrado na figura 4. Esta tela permite que o usuário selecione a tecla desejada, de maneira análoga à seleção do quadro. Além das teclas alfanuméricas e símbolos, outras teclas especiais foram implantadas permitindo ao usuário o acesso fácil a funções usuais do computador (impressão, abertura/fechamento de arquivos, etc).



Figura 3 - Editor de Texto especial - (1ª Tela)



Figura 4 - Editor de Texto especial - (2ª Tela)

## Resultados

Para avaliar o correto funcionamento do circuito, foram realizadas algumas medições e observações de formas de onda em determinados pontos do circuito. As observações principais são descritas a seguir.

Para avaliar o correto funcionamento da parte do circuito correspondente ao eixo x do *joystick*, bem como facilitar a tarefa de ajuste das variáveis do circuito (ganho dos amplificadores, *offset* do amplificador diferencial, limiares de decisão), foi monitorada com o osciloscópio a saída do último estágio amplificador.

O sinal mostrado na figura 5 foi obtido com o usuário olhando várias vezes de um lado para outro. Na figura 6 observa-se o sinal obtido com o movimento dos olhos na vertical. Observa-se que o sinal obtido na saída possui uma amplitude de cerca de 12 Vpp e aspecto aproximadamente senoidal. Através dos ajustes de ganho é possível reduzir a amplitude deste sinal para até 1 Vpp ou aumentar até a saturação das extremidades.

Pode-se observar que o movimento horizontal tem pouca ou nenhuma influência na saída do amplificador do estágio vertical ( Canal 1- amplificador de saída para o eixo Y, Canal 2 - amplificador de saída para o eixo X).

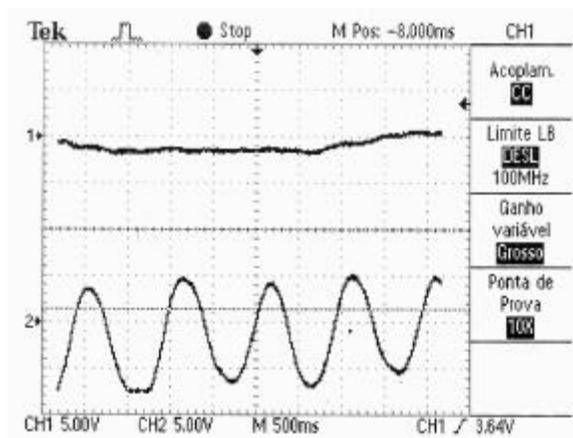


Figura 5 - Sinais de saída para usuário olhando para os lados. Canal 1: eixo Y, canal 2: eixo X

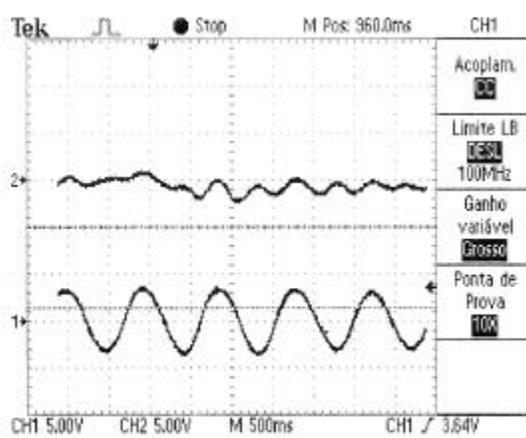


Figura 6 - Sinais de saída para usuário olhando para cima e para baixo. Canal 1: eixo X, canal 2: eixo Y

Comparando-se as figuras 5 e 6, percebe-se também que o movimento horizontal dos olhos praticamente não influencia a saída do canal vertical, mas o movimento vertical causa uma interferência considerável no canal horizontal (cerca de 2Vpp). Como a amplitude do sinal de saída do canal horizontal é elevada (aproximadamente 12Vpp), esta interferência não chega a ser prejudicial.

Outro fator de importância é a avaliação da linearidade. A relação ângulo de visada versus nível de saída é praticamente linear até os 34° analisados, o que está de acordo com a literatura [5]. Foi observado que o eixo horizontal apresentou uma melhor linearidade do que o eixo vertical.

Como teste, o JEDI foi utilizado em aplicativos como jogos 3-D (Ex. Doom, Star Wars) e o aplicativo editor especial, onde obteve-se uma "controlabilidade" muito boa.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente projeto não está concluído, sendo ainda necessário algum desenvolvimento para torná-lo totalmente funcional. As calibrações necessárias para adequar o *joystick* ao usuário ainda são incômodas, devido às diferenças na amplitude do sinal obtido e na interferência da piscada no eixo vertical. Depois de devidamente ajustado, o circuito apresenta um bom funcionamento e cumpre as especificações desejadas. Assim, pode-se afirmar que o projeto JEDI obteve sucesso e tem demonstrado uma maneira acessível economicamente de auxiliar pessoas que estariam impedidas de se comunicar e interagir com o mundo exterior por meio do computador.

## REFERÊNCIAS

- [1] Evans D.G., Drew R., Blenkhorn P., Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick. **IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering**, v. 8 n. 1, p. 107-117, 2000.
- [2] Chen, Y.L., Tang, F.T., Chang, et al., The new design of an infrared-controlled human-computer interface for the disables. **IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering**, v. 7 n. 4, p. 474-481, 1999.
- [3] Clark Jr., J.W., The origin of biopotentials. In: Webster, J.G. (ed.) **Medical Instrumentation - application and design**, 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [4] Cohen, A., **Biomedical Signal Processing**, v. II, Boca Raton: CRC Press, 1986.
- [5] North, A.W., Accuracy and precision of electro-oculographic recording. **Investigative Ophthalmology**, v. 4, p. 343-348, 1965.