

**Iberdiscap**  
2006

## IV Congreso Iberoamericano Sobre Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad

## IV Congresso Ibero-Americano Sobre Tecnologias de Apoio a Portadores de Deficiência



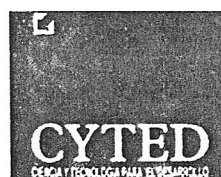
Foto: Fran Bernardes

Volume II

Organização:



PPGEE/UFES



# Eye Access (Controle do Cursor do Mouse Através do Movimento dos Olhos)

Alexandre A. Thomaz, Fernando Callejon, Francisco A. L. P. Ferreira, José Carlos de Souza Jr.  
Maria Cláudia F. de Castro

Centro Universitário da FEI, Av Humberto A. C. Branco 3972, SBC São Paulo, Brasil, (11) 4353-2900

E-mails: [alexslash@gmail.com](mailto:alexslash@gmail.com), [fernando.callejon@gmail.com](mailto:fernando.callejon@gmail.com), [lunaivo@gmail.com](mailto:lunaivo@gmail.com)

[jcarlos@icce.org](mailto:jcarlos@icce.org)

## Resumo

Esse trabalho visa possibilitar pessoas que não possuem movimento nos membros superiores a utilizar o computador, possibilitando que deficientes físicos tenham acesso à inclusão digital, trazendo um benefício até então ausente na vida da maioria dessas pessoas.

Os sinais elétricos utilizados para contração dos músculos dos olhos, os quais podem ser medidos como diferenças de potenciais, são adquiridos através de eletrodos ligados a face. Estes sinais, após tratamento e amplificação, são o combustível para o movimento nas coordenadas do plano cartesiano, para o controle do cursor do mouse no computador.

Assim o trabalho se propõe a fazer o interfaceamento dos estímulos biofísicos com o computador, tratando-se então de um periférico de entrada de informação.

Para o hardware envolvido utiliza-se circuitos integrados, como microcontroladores e amplificadores instrumentais, circuitos de filtros e circuitos de interfaceamento com o computador.

## 1. Formulação

### a. Obtenção do sinal

O sensoriamento dos olhos é feito por meio de eletrodos fixados a face do usuário que captam a diferença de potencial gerada pelo tensionamento dos músculos que envolvem o globo ocular. São utilizados cinco eletrodos, sendo um par para a captação do movimento horizontal dos olhos, um par para a captação do movimento vertical e um único eletrodo para a referência e realimentação do sistema, conforme apresentado na figura 1.

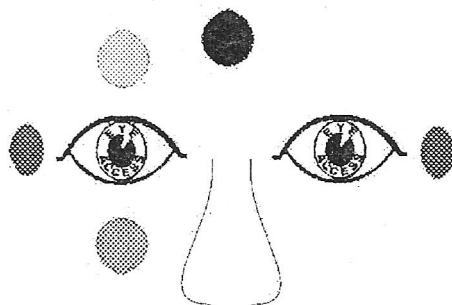


Fig. 1. Esquema de posicionamento dos eletrodos.

Levando em conta que o sinal captado pelos sensores é muito baixo, cerca de  $20\mu V$ , é necessário um estágio de pré-amplificação preciso do sinal[1]. Devido a essa necessidade, é necessária a utilização de amplificadores de instrumentação[2] que são altamente recomendáveis para a análise de pequenos estímulos elétricos provenientes do corpo humano.

A análise de estímulos elétricos na engenharia biomédica é dividida em faixas de frequências específicas de acordo com cada região do corpo estudada. Baseado no estudo de EOG (Eletro-Oculograma), constatou-se que os músculos do globo ocular trabalham na faixa de frequência desde o nível DC até 500 Hz, estando as frequências importantes para o estudo na faixa até 1 Hz, portanto optou-se por utilizar vários filtros passivos[3][4], os quais são capazes de trabalhar em tão baixa amplitude, para a divisão desejada.

Como em muitos circuitos eletrônicos, a existência do sinal proveniente da rede elétrica é um problema para o sistema, sendo necessária a eliminação desse através de filtros, que a cada estágio de amplificação estarão atuando no sinal e separando o sinal desejado dos ruídos provenientes do ambiente e suas harmônicas.

Neste ponto se faz um ganho ajustável por meio de um amplificador com um potenciômetro, para que se possa regular o circuito para diferentes usuários, possibilitando assim, o fácil ajuste do circuito sem a necessidade de conhecimentos teóricos do projeto, utilizando-se para isso de um procedimento de calibração padrão.

## b. Análise

Para a análise e interpretação dos sinais se faz uso de um microcontrolador de 8 bits que possui um conversor A/D interno. A entrada deste conversor analógico-digital é limitada pela tensão de alimentação do microcontrolador, ou seja, pelo nível TTL (0 a 5 V)[5][6]. E como o sinal possui variações positivas e negativas no domínio do tempo, é necessário fazer o deslocamento da referência desse sinal para 2,5 V.

A partir do ponto onde se tem o sinal pronto para conversão, o controle é passado ao firmware. No loop principal o código verifica se deve realizar o movimento do cursor em uma das direções possíveis, conforme apresentado na figura 2. Ele fica constantemente realizando a leitura das entradas, através de conversões A/D, para tomar as devidas providências, sempre comparando o valor convertido com valores pré-estabelecidos através de comparações do tipo maior e menor, na tentativa de identificar o início de um movimento.

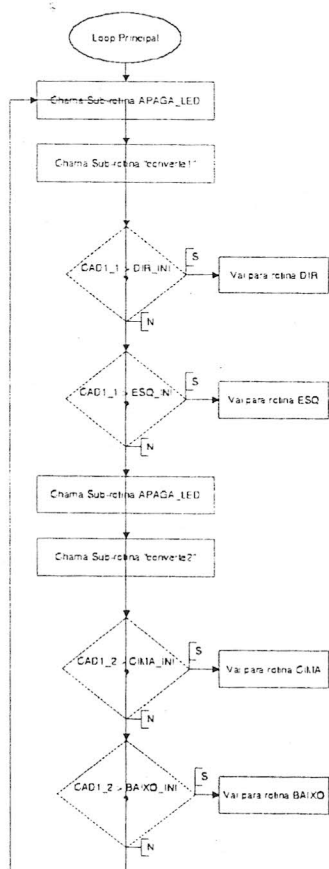


Fig. 2. Fluxograma do Loop Principal.

Realiza-se a seguinte sequência: primeiro é realizada a conversão do canal analógico de movimento horizontal. Se o valor convertido for o início de um movimento para a direita ele vai para a rotina que analisa um

movimento para a direita. Senão, ele verifica se o mesmo valor pode ser o início de um movimento para a esquerda e se for ele vai para a rotina que analisa um movimento para a esquerda. Senão ele realiza uma nova conversão só que agora no canal analógico do sinal vertical. Se este valor convertido for o início de um movimento para cima ele vai para a rotina referente a um movimento para cima. Senão, ele verifica se o mesmo valor pode ser o início de um movimento para baixo e se for ele vai para a rotina de análise deste movimento. Senão, ele volta para o início da rotina do Loop Principal.

Em qualquer uma destas rotinas de análise de movimento (direita, esquerda, cima e baixo) o microcontrolador realiza uma sequência de leituras dos sinais de entrada para realizar um movimento específico. Ou seja, ao entrar na rotina, ele já seta o Flag correspondente ao movimento e fica aguardando uma sequência de sinais na entrada para parar o cursor do mouse. A única exceção é a rotina da direita que antes de setar o Flag correspondente, ela verifica se o sinal convertido é maior que o valor comparativo referente ao click. Se este valor convertido for maior que o esperado, o microcontrolador vai para a rotina de click. Senão o sinal é entendido como um sinal de movimento para a direita.

## c. Controle

O controle do mouse foi baseado em um circuito de um mouse convencional que possui como sensoramento de movimento dois sensores: X e Y[7]. Estes sensores detectam a direção do movimento pela interrupção do feixe de luz incidente em cada um deles. Se o usuário movimentar o mouse na orientação do eixo das abscissas o feixe de luz incidente no sensor X será interrompido o equivalente a distância que o usuário movimentar o mouse. A velocidade que este feixe é interrompido corresponde à velocidade que o usuário movimentar o mouse também. O mesmo evento ocorre no eixo das ordenadas que é representado pelo sensor Y. A leitura destes dois sensores ou até mesmo a combinação deles é o que determina em que sentido e velocidade o cursor do mouse deve movimentar na tela do computador.

Sendo assim, apenas é necessário o acoplamento das saídas do microcontrolador com as entradas dos sensores X e Y do mouse, a fim de se simular o controle.

## d. Teclado Virtual

Desenvolveu-se um teclado virtual foi desenvolvido em Java[8][9][10][11], gratuito, sendo assim, não seria necessário pagar qualquer tipo de licença, economizando no custo final do projeto. Outro motivo que contribuiu pela utilização do Java foi pelo fato de ser livre de plataforma, podendo ser utilizado em máquinas Unix, Linux, Macintosh, entre outros sistemas operacionais.

O layout do teclado virtual, conforme apresentado na figura 3, não possui a mesma disposição que o teclado

comum, uma vez que o teclado real possui um layout especial para ser digitado com as duas mãos ao mesmo tempo, e no teclado virtual só é possível a utilização do cursor do teclado, o equivalente a apenas um dedo humano. Constatou-se que o arranjo em ordem alfabética facilita a utilização, e foi constatado também que a posição das teclas, todas alinhadas no formato de matriz, aumentou em muito a velocidade de digitação bem como a facilidade no controle.

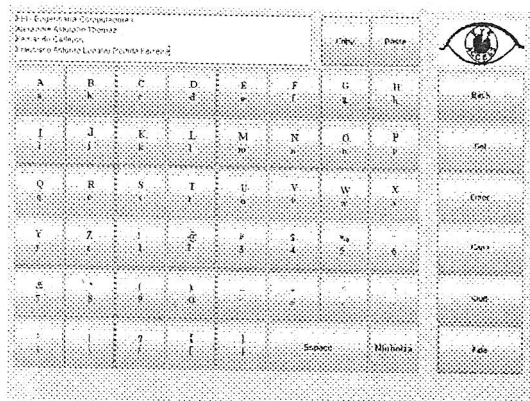


Fig. 3. Layout do Teclado Virtual.

Como auxílio ao uso do computador, o software desenvolvido acrescenta ao usuário um grande controle da máquina, pois, supre as necessidades de um teclado convencional e acrescenta modificações benéficas para a condição de deficiência física do usuário. O tamanho das teclas é suficientemente grande para serem acessadas sem dificuldades em um computador configurado na resolução 800x600. Também foram incorporadas funcionalidades que facilitam o uso do sistema operacional, tais como, "copy and paste, del, backspace, caps, shift", gerando eventos ao sistema. Pensando em deficientes de fala, foi incorporado o recurso de fala do texto escrito no software, que apesar de não ser muito claro com a língua portuguesa já é um avanço neste sentido.

## 2. Aplicação

A seguir são descritos os gráficos dos sinais analógicos presentes no sistema, assim é possível identificar todas as etapas de filtros e ampliações, bem como o funcionamento prático dos componentes apresentados acima, além da razão da disposição física dos blocos.

A figura 4 apresenta o gráfico da tensão pelo tempo do primeiro sinal possível de se medir, ou seja, após os dois amplificadores instrumentais, e também do sinal após um estágio de filtro ativo com ganho de 100 vezes e realimentação de malha e perna direita[1]. A necessidade da pré-amplificação vem da amplitude mínima do sinal, na ordem de alguns micro-volts. É possível observar nesta figura, primeiro sinal, que o sinal possui muito ruído externo, desta forma é quase que imperceptível o movimento dos olhos, se faz claro então a necessidade de mais estágios de tratamento.

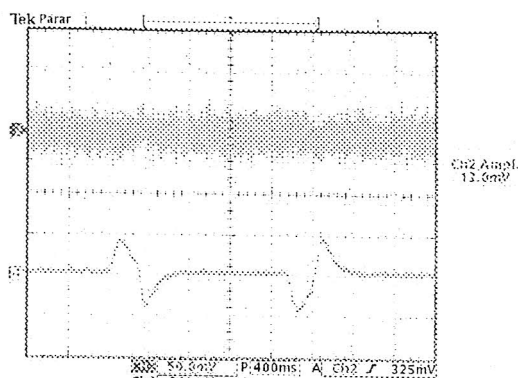


Fig. 4. Sinal elétrico do olho com e sem tratamento.

Neste ponto já temos um sinal mais estável, porém com amplitude ainda baixa e algum ruído de rede, e como pode-se verificar na figura anterior, um pequeno sinal DC, ou seja, deslocamento em relação a origem. Este sinal então passa por uma série de estágios de filtros, ampliações e deslocamento até chegar à entrada do microcontrolador, o qual é apresentado na figura 5.

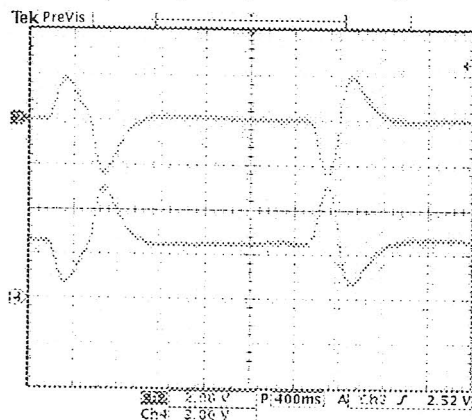


Fig. 5. Sinal elétrico do olho na entrada do microcontrolador.

Assim, chega-se ao sinal de entrada do microcontrolador, que será por este interpretado. Nota-se que as características inicialmente desejadas, como ser livre de ruídos e máxima excursão do sinal possível, foram obtidas.

Por se tratar de um projeto onde existe uma dependência das condições biológicas do usuário, é possível verificar a dificuldade em efetuar medidas exatas de precisão do sistema, pois durante todo o projeto percebeu-se que o estado emocional do usuário afeta diretamente o sinal obtido, dificultando sua análise, a qual é feita sistematicamente pelo microcontrolador.

A concepção do projeto previu dificuldades inerentes do comportamento do indivíduo e as levou em consideração fazendo com que os movimentos do mouse fossem relativos, desta forma, o usuário mesmo que perca o controle do cursor do mouse por um instante de tempo, este pode retomá-lo e dar continuidade as suas tarefas, pois não existe um ponto

inicial, ou seja, a partir de um ponto qualquer da tela, outro ponto qualquer pode ser alcançado, não exigindo para isso qualquer tipo de reinício de sistema.

Foi detectado que fontes eletro-magnéticas de sinais podem influenciar diretamente no funcionamento do sistema, pois para algumas frequências os próprios meios de ligação, como fios e trilhas, podem funcionar como antenas, inserindo sinais de frequência indesejada e alta amplitude em pontos aleatórios do circuito, desta forma não sendo possível sua eliminação. Porém, é sugerido como melhoria a este projeto a isolamento do sistema por completo utilizando meios como uma gaiola de Faraday. Nesta implementação vale-se lembrar que o indivíduo também deve ser isolado, pois os eletrodos também se enquadram como antenas para estes sinais.

### 3. Conclusão

Inicialmente pensou-se apenas no controle do computador, porém, a aplicabilidade do projeto dá-se em diversas áreas, como no controle de uma cadeira de rodas, veículos de pequeno porte, processos industriais, o que levaria a inclusão no mercado de trabalho ainda mais a fundo.

Concluindo, neste trabalho foram desafiados os conhecimentos teóricos e práticos, pois se partindo de uma idéia inicial obscura e utilizando métodos de pesquisa e testes preliminares, chegou-se a um estágio final, construindo-se desde a parte eletrônica com layout da placa de circuito impresso até mesmo a parte mecânica. Assim, apresenta-se como resultado final deste projeto não apenas um protótipo ou um projeto

teórico apenas, mas um produto que pode ser entregue ao mercado e a comunidade carente da tão famosa inclusão digital.

### Referências

- [1] **Texas Instruments**, Information for Medical Applications. Disponível em <http://www.ti.com/medical>. Acesso em: 08/06/2005.
- [2] **Texas Instruments**, INA114 Precision INSTRUMENTATION AMPLIFIER
- [3] **Sedra, Adel S.; Smith, Kenneth C.**, Microeletronic Circuits. Fourth Edition, Pearson Education, 2000.
- [4] **IRWIN, J. David**, Análise de circuitos em Engenharia / J. David Irwin. Pearson Education do Brasil Ltda. 2000.
- [5] **Jose de Souza, David; César Lavinia, Nicolas**. Conectando o PIC: Recursos Avançados. 1 ed. Editora Érica, 2003.
- [6] **Microchip Technology Inc**, DS40039 PIC16F630/676. 2003.
- [7] **Microchip Technology Inc**, AN519 Implementing a Simple Serial Mouse Controller. 2002.
- [8] **SUN, Java**. Disponível em <http://java.sun.com>. Acesso em: 17/04/2005.
- [9] **SUN, JavaDoc**. Disponível em <http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/index.html>. Acesso em: 20/04/2005.
- [10] **SUN, Java Speech API**. Disponível em <http://java.sun.com/products/java-media/speech/reference/api/index.html>. Acesso em: 30/08/2005.
- [11] **FreeTTS**, A speech synthesizer written entirely in the Java programming language. Disponível em <http://freecus.sourceforge.net/>. Acesso em: 30/08/2005.