

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM ESTIMULADOR ÓPTICO PARA PROVOCAR POTENCIAL
EVOCADO VISUAL

V.L.S.N. BUTTON(1) e B. WANG(2)

RESUMO -- Um estimulador óptico, usado na avaliação do sistema neurovisual através de potencial evocado visual, foi desenvolvido a partir de um microprocessador 8085. No protótipo construído os padrões ópticos (xadrez e barras horizontais e verticais) são apresentados na tela de um televisor em preto-e-branco, nos modos de estimulação alternado e reversivo. Os parâmetros de estimulação são selecionados no painel frontal.

INTRODUÇÃO

O potencial evocado (PE) consiste no registro da atividade de regiões do cérebro durante estimulação sensorial, e é classificado de acordo com o sistema sensorial envolvido: potencial evocado visual (PEV), somatosensorial e acústico. O PEV é uma resposta elétrica cortical provocada por estimulação visual e registrada no escalpo na região occipital. Utilizado como índice objetivo da experiência visual, permite o estudo do processamento visual no ser humano e pode ser aplicado clinicamente para avaliar a função visual, requerendo cooperação mínima do paciente e sem exigir o julgamento subjetivo do investigador.

Utilizam-se dois tipos gerais de estímulos visuais para provocar PEV: estímulos não-padronizados do tipo flashes de luz e estímulos padronizados, que contêm padrões ópticos como xadrez e barras. Como regra, utiliza-se o estímulo padronizado quando há focalização efetiva na retina, isto é, se o meio ocular é claro. Já o estímulo não-padronizado é indicado quando opacidades no meio ocular impedem a boa focalização de imagens na retina.

Pode-se apresentar o estímulo padronizado alternado com um quadro escuro (estimulação alternada) ou com o seu reverso (estimulação reversiva), preenchendo-se todo o campo visual ou parte dele. Na estimulação alternada a luminância não é constante durante um ciclo de estimulação e o PEV possui uma resposta específica do sistema visual à presença de contornos e bordas de contraste no estímulo e componentes relacionadas à variação da luminância do campo visual. Na estimulação reversiva o fluxo luminoso permanece constante, o que minimiza as contribuições da luminância no PEV. Estudos recentes demonstram a utilidade do PEV na medida da acuidade visual, no estudo da ambliopia, na detecção de defeitos visuais em pacientes com esclerose múltipla, neurite óptica e degeneração da fóvea (Starr, 1978; Erwin, 1980; Kaufman e Celesia, 1985; Hammond e Yiannikas, 1986).

Mudanças nos parâmetros físicos de estímulos padronizados, tais como frequência e campo visual de estimulação, tipo de padrão, distância de fixação e qualidade óptica do estímulo, afetam a latência e a amplitude dos componentes do PEV. O registro do PEV também é influenciado por variáveis

(1) Prof. Instrutor - Depto. de Eng. Biomédica - FEE/UNICAMP - SP.

(2) Prof. Adjunto - Depto. de Eng. Biomédica - FEE/UNICAMP - SP.

fisiológicas, tais como sexo, idade, acuidade visual e atuação de drogas (alcoól e anestésicos) no paciente (Cohen et al., 1982; Erwin, 1980). Para cada finalidade a que se destina o registro de PEV, existe uma combinação adequada de parâmetros de estimulação e através da padronização das formas de onda do PEV de populações normais, consegue-se relacionar a resposta cortical obtida com a experiência visual do paciente.

O equipamento descrito neste trabalho é um estimulador óptico e faz parte de um sistema de instrumentação para estimular, captar e processar PE em desenvolvimento no Centro de Engenharia Biomédica (CEB) da UNICAMP. Este sistema é composto por um promediador de sinais, estimuladores óptico, somatosensorial e acústico, além de um pré-amplificador de sinais biológicos.

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUÇÃO

Considerando que o estimulador óptico deveria apresentar um conjunto básico de estímulos e possuir um custo de construção competitivo com os estimuladores comercializados, além de ser programável, permitir expansão das características de estimulação e ser de fácil reprodução, optou-se por construir um microcomputador dedicado para gerar os estímulos e modificar um televisor preto-e-branco para a apresentação dos estímulos em sua tela. Na figura 1 apresenta-se o diagrama em blocos do estimulador óptico.

Hardware

O microcomputador foi construído com um microprocessador de 8 bits (8085), 2 kbytes de RAM (2114), 16 kbytes de EPROM (2716), um controlador de vídeo (8275) e interface paralela (8255). O microprocessador inicializa o sistema, verifica periodicamente o painel de controle do estimulador, supervisiona a transferência de dados para o controlador de vídeo e gera um pulso de sincronismo, a cada estímulo, para que o promediador possa adquirir e processar a resposta correspondente. Metade da memória instalada ainda não é usada e está reservada para adição posterior de programação para expandir a capacidade de estimulação.

O usuário tem acesso aos parâmetros programáveis da estimulação através de cinco chaves no painel frontal para seleção de modo, frequência e campo visual de estimulação, tipo de padrão óptico e número de elementos (barras, quadrados) no padrão. A leitura dos dados selecionados é feita através de uma interface paralela que também é utilizada para transmitir o pulso de sincronismo para o promediador e para enviar ao painel de controle um sinal de erro, indicado por um LED que é acionado quando uma característica de estimulação prevista nos circuitos mas ainda não implementada na programação, for selecionada.

O controlador de vídeo programável determina o endereçamento do gerador de caracteres a partir dos valores de seus registradores internos e de dados que recebe da memória, e gera os sinais de sincronismo horizontal HRTC (15600 Hz) e vertical VRTC (60 Hz) para a televisão a partir de um cristal de 12480 kHz.

Os níveis TTL "0" e "1" do sinal de vídeo são ajustados para corresponder aos níveis de preto e branco do televisor, 4.0 V e 6.0 V, respectivamente. O sinal de vídeo e a soma dos sincronismos (HRTC + VRTC) são isolados ópticamente do microcomputador e aplicados no televisor, nos

respectivos circuitos amplificador de vídeo e separador de sincronismo. O isolamento óptico é utilizado para evitar que possíveis flutuações entre os níveis de terra do microcomputador e do televisor danificassem os componentes do estimulador.

Sistema operacional

O sistema operacional foi desenvolvido em linguagem Assembly para o 8085. Após inicialização geral e leitura do painel, habilitam-se duas interrupções geradas pelo controlador de vídeo: interrupções de quadro e de linha. A interrupção de quadro que ocorre a cada 16,67 ms (60 Hz) durante o retraço vertical do televisor, é utilizada para verificar se houve alteração na programação selecionada. A interrupção de linha ocorre a cada dez varreduras horizontais (1.56 kHz) na tela do televisor e é utilizada para preencher um dos dois buffers do controlador de vídeo, cada um com capacidade para até 80 dados. Enquanto o conteúdo de um buffer é usado para determinar o endereçamento do gerador de caracteres, o outro é preenchido com dados vindos da memória.

Um conjunto básico de rotinas é utilizado qualquer que seja a estimulação selecionada. Cada padrão óptico, apresentado alternada ou reversivamente, é obtido apontando-se para as diferentes filas de dados armazenados em EPROM que são transferidos para os buffers do controlador de vídeo.

No gerador de caracteres, constituído por uma EPROM de 2k bytes, estão gravadas 34 células básicas para obtenção dos padrões xadrez, barras verticais e horizontais em campo visual completo. Por célula básica compreende-se cada conjunto de 10 posições de 8 bits do gerador de caracteres, nas quais estão programadas combinações de 0s e 1s que compõem ponto a ponto os padrões ópticos na tela do televisor.

RESULTADOS

O protótipo do estimulador construído possui as seguintes características de estimulação, selecionáveis no painel frontal:

- padrão: xadrez, barras horizontais e barras verticais;
- número de elementos: xadrez - 1x1, 2x2, 4x4, 8x8, 16x16, 30x30 (figura 2), 40x40 e 80x80; barras - 1, 2, 4, 8, 16, 30, 40 e 80;
- modo de estimulação: alternado ou reversivo;
- frequência de estimulação: 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 3.75, 5.0, 6.0, 7.5 e 15 estímulos/s e
- campo visual: completo.

O protótipo foi utilizado num teste preliminar para estimular binocularmente uma voluntária com visão normal. A estimulação reversiva com padrão xadrez 40x40 (quadrados de 31') foi apresentada à frequência de 1.0 estímulo/s e os eletrodos foram posicionados em Oz e Cz com referência na testa.

A resposta obtida, PEV transiente, apresentou os picos principais N1, P1 e N2 (Erwin, 1980; Cohen et al., 1982) (figura 3). O componente mais característico P1 ou P100, onde 100 indica o valor da latência para uma população normal padrão (American EEG Society, 1984), foi registrado 101,12 ms após a apresentação do estímulo.

DISCUSSÃO

Com a construção do estimulador óptico, buscou-se contribuir para o desenvolvimento da tecnologia nacional na área de instrumentação médica. O estimulador óptico foi construído com componentes adquiríveis no mercado nacional e as características básicas de estimulação implementadas equipam o estimulador com a maioria das características apresentadas pelos equipamentos comercializados, como comprova a Tabela 1. O protótipo possui todos os tipos de padrões apresentados pelos outros estimuladores dessa tabela e uma quantidade maior de opções quanto ao número de elementos no padrão e à frequência de estimulação. No entanto, o protótipo construído não apresenta estimulação em campo visual parcial.

Embora os testes de bancada e o teste clínico preliminar tenham demonstrado o bom desempenho do estimulador óptico em provocar PEV, algumas melhorias podem ser adicionadas ao equipamento para ampliar suas possibilidades de utilização. Poder-se-ia incluir até 9 tipos de campo visual parcial e mais um tipo de padrão óptico. Estas expansões já estão previstas nos circuitos e podem ser efetuadas apenas adicionando-se programação ao estimulador.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio financeiro do CNPq, da FAPESP e da FINEP.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN EEG SOCIETY CLINICAL EVOKED POTENTIAL GUIDELINES (1984), Recommended Standards for Visual System Evoked Potential, J. Clin. Neurophysiol., Volume 1, Number 1, pages 15-31.
- COHEN, S.N., SYDULKO, K. e TOURTELLOTE, W.W. (1982), "Clinical Applications of visual evoked potentials in neurology", Bull. Los Angeles Neurol. Soc., Number 47, pages 13-29.
- ERWIN, C. W. (1980), "Pattern reversal evoked potentials", Am. J. EEG Technol., Number 20, pages 161-184.
- HAMMOND, S.R. e YIANNIKAS, C. (1986), "Contribution of pattern reversal foveal and half-field stimulation to analysis of VEP abnormalities in multiple sclerosis", EEG Clin. Neurophysiol., Number 64, pages 101-118.
- KAUFMAN, D. e CELESIA, G. G. (1985), "Simultaneous recording of pattern electroretinograms and visual evoked responses in neuro-ophthalmologic disorders", Neurology, Volume 5, Number 35, pages 644-651.
- STARR, A. (1978), "Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system", Ann. Rev. Neurosci., Number 1, pages 103-127.

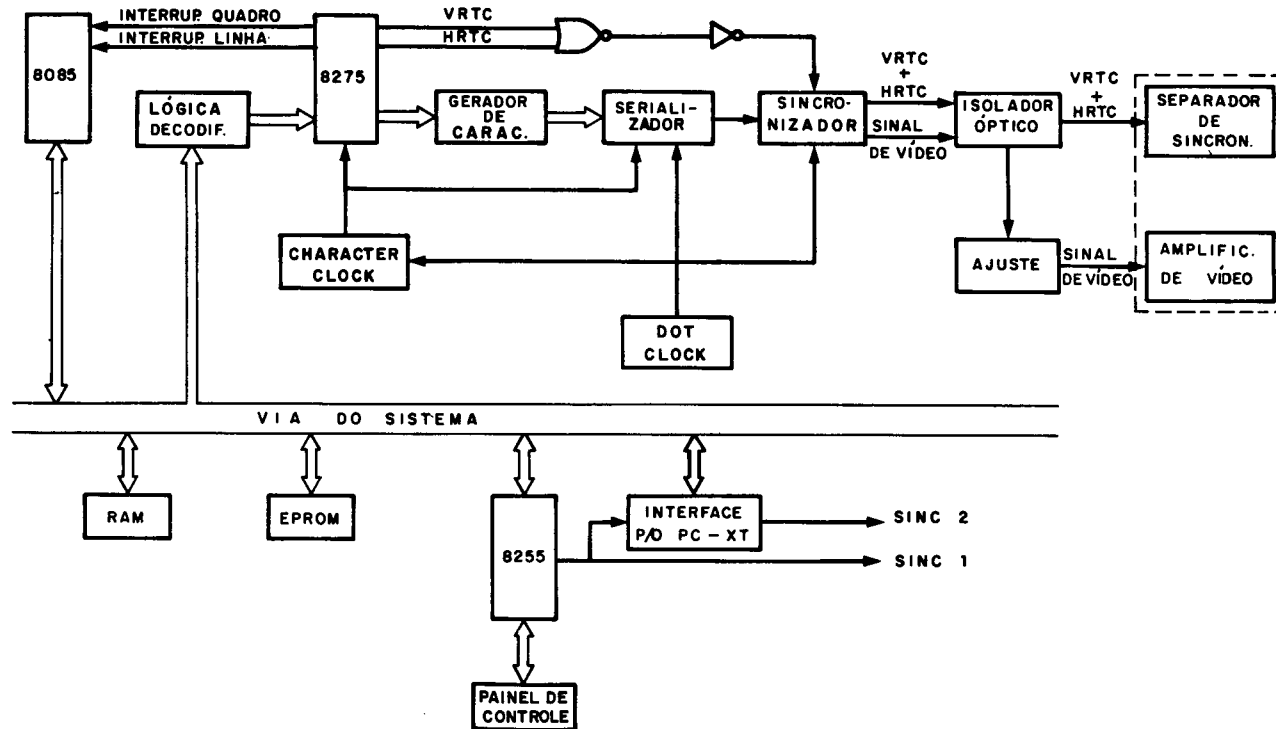


Figura 1. Diagrama em blocos do estimulador óptico.

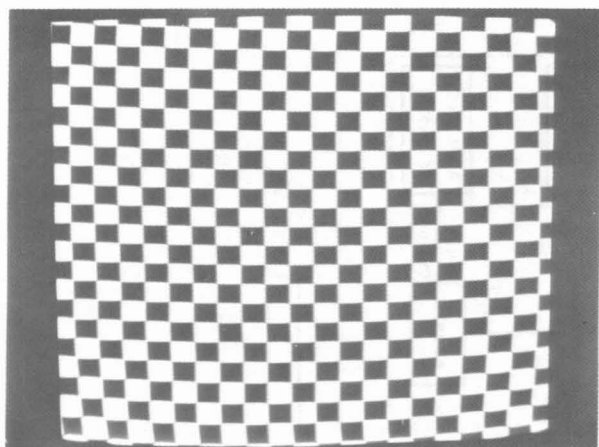


Figura 2. Padrão xadrez 30x30 gerado na tela do televisor.

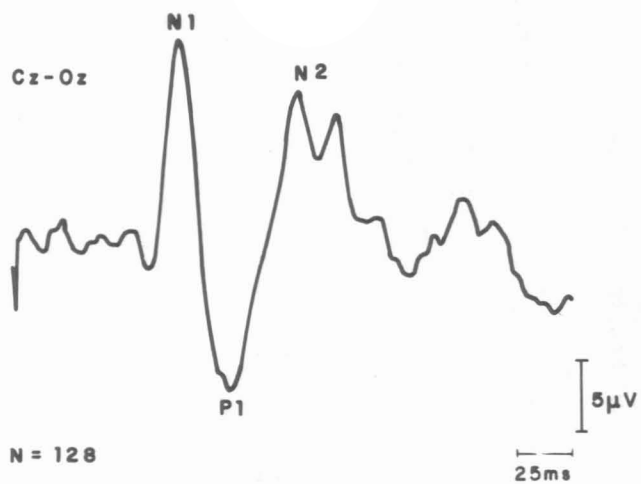


Figura 3. PEV transiente registrado sob estimulação reversiva com padrão xadrez.

Tabela 1. Características do estimulador construído e de estimuladores industrializados

FABRICANTE	PADRÕES	No. DE ELEMENTOS	FREQ.(est./s)	CAMPO VISUAL
GRASS VGPI	XADREZ B. HOR. e VERT.	X: 1x1,2x2,4x4, 8x8,16x16,32x32 64x64. B: 1,2,4, 8, 16, 32 e 64	0.5,1.0,2.0, 3.0,5.0,6.0, 7.5,15 e 30 REVERSIVO	COMPLETO E PARCIAL
NICOLET NIC-1006	XADREZ B. HOR. e VERT.	X: 2x2,4x4,8x8, 16x16,32x32, 64x64. B: 2, 4, 8, 16, 32 e 64	0.23,0.47,0.94 1.88,3.75,7.5 15 e 20	COMPLETO E PARCIAL
BIO-LOGIC NAVIGATOR, TRAVELLER	XADREZ B. HOR. e VERT.	X: 1x1 - 48x48 B: 1 - 48	REVERSIVO	COMPLETO E PARCIAL
DISA EVOMATIC 4000,8000	XADREZ B. HOR. e VERT.	X: 5x6,10x12 e 20x24 B: 5, 10 e 20	REVERSIVO E ALTERNADO	COMPLETO E PARCIAL
PL-1002 M POLIMEC	XADREZ	X:6x6,12x12, 24x24 e 48x48	0.5,1.0,4.0, 8, 15 e 30 REVERSIVO E ALTERNADO	COMPLETO E PARCIAL
ESTIMULADOR CONSTRUÍDO	XADREZ B. HOR. e VERT.	X: 1x1,2x2,4x4, 8x8,16x16,30x30, 40x40 e 80x80 BH:1,2,4,8,16, 30,40 e 80 BV:1,2,4,8,16, 30, 40 e 80	0.5,1.0,1.5, 2.0,3.0,3.75, 5.0,6.0,7.5 e 15. REVERSIVO ALTERNADO	COMPLETO

PROJECT AND CONSTRUCTION OF AN OPTICAL STIMULATOR FOR
VISUAL EVOKED POTENTIAL

ABSTRACT -- An optical stimulator needed for evaluating the visual system was built using an 8085 microprocessor. The prototype presents optical patterns to patients on black and white TV set in reversing or alternating stimulation modes. The user selects the parameters of the stimulation through switches on the stimulator panel.