

# SISTEMA INTEGRADO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA POTENCIAL EVOCADO BASEADO NUM MICROCOMPUTADOR COMPATIVEL COM PC-AT: II - OS ESTIMULADORES ELETRICO E ACUSTICO

por

G.M. dos REIS Jr.<sup>1</sup> e B. WANG<sup>2</sup>

**RESUMO** – Dois estimuladores foram desenvolvidos como partes de um sistema integrado de instrumentação para potencial evocado (EP) baseado num PC-AT. Ambos utilizam o CPU 8085A e estão montados em placas inseridas nos "slots" de expansão. O primeiro é um estimulador elétrico capaz de gerar pulsos de corrente com amplitude, duração e frequência selecionáveis pelo usuário através de menu. O seu circuito de saída é acoplado opticamente ao restante e é alimentado por um conversor DC-DC, assegurando assim a segurança elétrica do paciente. O segundo é um estimulador acústico capaz de gerar quatro tipos de sons: estalidos, tons puros, pulsos de tom e ruído branco. O usuário também pode selecionar, através de menu, os parâmetros (forma de onda, intensidade e frequência) e formas de estimulação. Testes preliminares demonstram que este sistema é ideal para clínicas e pequenos hospitais, que poderiam incorporar o EP na sua rotina clínica com um pequeno investimento adicional, pois a maioria já tem PCs

## INTRODUÇÃO

Com o intuito de proporcionar aos médicos e hospitais brasileiros um equipamento simples e acessível, porém de grande versatilidade e eficácia, para diagnóstico, avaliação e acompanhamento de terapêuticas de distúrbios dos sistemas neuro-sensoriais através do potencial evocado ("evoked potential" ou EP), foi desenvolvido um sistema integrado de instrumentação utilizando componentes eletrônicos e um computador pessoal (PC) compatível ao PC-AT, todos facilmente encontrados no mercado nacional. Num artigo anterior (Wu e Wang, 1990) foi descrito o promediador, i.e., o processador de sinais que usa a técnica da promediação (Ruchkin e Glasser, 1976). Neste artigo são descritos os estimuladores elétrico e acústico. Outros elementos do sistema já foram descritos em publicações anteriores (vide Kobo

---

<sup>1</sup>-Aluno de pós-graduação em Eng. Elétrica/Eng. Biomédica, UNICAMP

<sup>2</sup>-Professor do Depto. Eng. Biomédica e pesquisador do Centro de Eng. Biomédica, UNICAMP

e Wang, 1985; Button e Wang, 1989).

## ESTIMULADOR ELÉTRICO PROGRAMÁVEL

Visando possibilitar ao usuário controlar todos os parâmetros de estimulação via teclado do PC, sem o manuseio de botões ou chaves de onda, optou-se por basear o estimulador elétrico numa unidade microcomputadorizada dedicada (U.M.D.), composta por um microprocessador 8085A funcionando a 6,144 MHz, 2 kB de EPROM, 1/4 kB de RAM, uma porta programável 8155 e alguns circuitos lógicos auxiliares (figura 1).

Dentro do programa de promediação (vide Wu e Wang, 1990) foi inserido um sub-programa com a função específica de apresentar ao usuário um menu secundário para a seleção dos parâmetros de estimulação, dentre os valores abaixo relacionados:

- frequência de estimulação: de 0,1 a 10Hz, com incrementos de 0,1 Hz;
- duração dos pulsos retangulares: de 0,1 a 5 ms, com incrementos de 0,1 ms; e
- intensidade dos pulsos: de 1 a 20 mA, com incrementos de 1 mA.

Os parâmetros escolhidos são transformados em códigos e transmitidos pela CPU do PC (8088 ou 80286) ao estimulador, que está inserido num dos "slots" de expansão do PC, e são recebidos pela U.M.D. através uma porta paralela 8255. Decodificando os códigos recebidos, usando a técnica de endereçamento fixo, a U.M.D. gera pulsos retangulares de corrente elétrica com os parâmetros desejados, através de um circuito analógico (descrito no Meloni & Wang, 1983a).

No início de cada pulso de estimulação é gerado, por um circuito específico, um pulso de sincronismo, que é enviado ao PC para que este inicie a aquisição de um novo segmento do potencial evocado.

Embora a parte lógica do estimulador elétrico seja alimentada pela própria fonte do PC, os circuitos analógicos que entram em contato direto com o paciente (através dos eletrodos de estimulação) estão isolados por acopladores ópticos e alimentados por um conversor DC-DC. Dessa forma, garante-se que numa eventual "primeira falha" (vide, e.g., Gewehr e Wang, 1986) do estimulador, o paciente não entrará em contato direto com a rede de alimentação, i.e., com tensão da ordem de 110V ac, 60 Hz.

## ESTIMULADOR ACÚSTICO

O estimulador acústico é baseado numa unidade microcomputadorizada dedicada (U.M.D.) idêntica à anterior, diferindo apenas na capacidade do EPROM, que foi aumentada para 4 kB. Também é idêntica a interface que permite a comunicação entre a U.M.D. e o PC,

apresentando diferença apenas no endereço de acesso (figura 2).

Como no caso anterior, foi inserido no programa de promediação um sub-programa com a função de apresentar ao usuário um menu secundário para a seleção do tipo de estímulo e os seus respectivos parâmetros de estimulação (vide Wu e Wang, 1990), dentre os valores abaixo relacionados:

a) estalido (pulsos retangulares de 50 microsegundos de duração):

- frequência de estimulação: de 0,01 a 10Hz, com incrementos de 0,01 Hz;
- polaridade: positiva, negativa ou alternada;

b) tons puros (ondas senoidais):

- frequência: 125, 250, 500, 1k, 1,5k, 2k, 3k, 4k, 6k, ou 8 kHz;

c) pulsos de tom (ondas senoidais moduladas por sinais trapezoidais):

- frequência de estimulação: de 0,01 a 10Hz, com incrementos de 0,01 Hz;
- frequência do senóide: 125, 250, 500, 1k, 1,5k, 2k, 3k, 4k, 6k, ou 8 kHz;
- tempo de subida: de 1 a 60 ciclos de senóide, com incrementos de 1 ciclo;
- tempo de platô: de 1 a 60 ciclos de senóide, com incrementos de 1 ciclo;

d) ruído branco (sinal aleatório com espectro plano na faixa de 20 Hz a 20 kHz)

Os parâmetros escolhidos são codificados, transmitidos e decodificados da mesma forma que o outro estimulador. Dependendo do tipo de estímulo e os parâmetros escolhidos pelo usuário através do menu, a U.M.D. aciona um (ou mais) dos 4 geradores de sinais, um para estalidos (GERADOR DAC1), um para pulsos de tom (DAC-2 + DAC-3), um para tons puros (GERADOR SEN.) e um para ruído branco (GERADOR R.B.). Os dois primeiros são baseados no conversor analógico-digital multiplicador DAC-08, o terceiro é baseado no gerador de ondas ICL8038 e o último aproveita o ruído intrínseco de uma junção p-n de transistor reversamente polarizada (Meloni & Wang, 1983b).

A U.M.D. ainda controla a atenuação a ser introduzida, fazendo com que os estímulos tenha amplitudes selecionáveis de 3 a 87 dB SPL ("sound pressure level"), com incrementos de 3 dB. Somente o ruído branco tem controle de intensidade independente dos demais, a fim de permitir que seja apresentado, simultaneamente com um estímulo num ouvido, ao ouvido contralateral em testes de "mascaramento" por ruído.

Os sinais gerados e devidamente atenuados passam por dois seletores de canais controlados pela U.M.D., que determinam se os estímulos devem ser aplicados num único ouvido, igualmente em ambos ou num ouvido enquanto que o ruído é aplicado no outro. Finalmente, passam pelos amplificadores de áudio, baseados no integrado STK020, antes de serem aplicados aos fones de ouvido.

Como no caso anterior, um pulso de sincronismo é gerado por um circuito específico no início de cada estímulo, permitindo ao PC determinar o início da aquisição de um novo

segmento do potencial evocado.

## RESULTADOS

Ambos os estimuladores foram testados e avaliados com cargas simuladas, medindo-se os estímulos com um osciloscópio. A intensidade dos estímulos acústicos foi calibrada através de microfones e medidores especiais.

A figura 3 apresenta um PE auditivo, obtido de um voluntário sem distúrbios neuro-sensoriais conhecidos, usando o promediador descrito no artigo complementar (Wu e Wang, 1990). PEs somato-sensoriais serão apresentados posteriormente, já que uma falha do PC impossibilitou a obtenção de mais PEs.

## DISCUSSÃO

Antes de se desenvolver este sistema integrado para PE, foi desenvolvido um sistema composto de aparelhos independentes. Os estimuladores elétrico (Meloni & Wang, 1983a) e acústico (Meloni & Wang, 1983b) anteriores foram construídos com componentes eletrônicos sem o emprego de microprocessadores, que eram raros e caros no país na época.

Neste projeto optou-se por utilizar microprocessadores a fim de reduzir as dimensões e o consumo dos circuitos, além de facilitar a comunicação entre o PC e os estimuladores. Inicialmente pensou-se em utilizar apenas um microprocessador e acondicionar ambos os estimuladores numa única placa. Entretanto, devido ao uso do conversor DC-DC no estimulador elétrico e aos circuitos geradores de formas de onda necessários no acústico, isto se tornou inviável. Atualmente os dois estão em placas distintas.

O emprego de circuitos geradores de formas de onda no estimulador acústico foi um compromisso encontrado para se evitar usar um microprocessador mais rápido e de maior capacidade, já que o 8085A não permite a geração de ondas senoidais com suficiente precisão, especialmente quando estas devem ser multiplicadas por sinais trapezoidais para gerar os pulsos de tom.

Os testes preliminares feitos com voluntários demonstram que os estimuladores, junto com o promediador, são tecnicamente capazes de satisfazer as necessidades de qualquer serviço de eletrofisiologia clínica. Espera-se agora testes mais extensivos dentro do Hospital das Clínicas da UNICAMP para comprovar este otimismo e, em seguida, tentar transferir a tecnologia desenvolvida ao setor produtivo nacional.

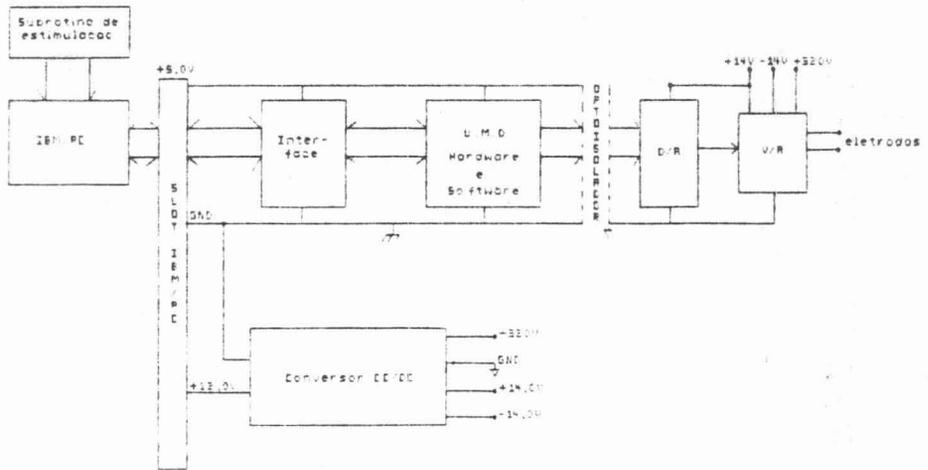


Figura 1 - Diagrama em blocos do estimulador elétrico programável.

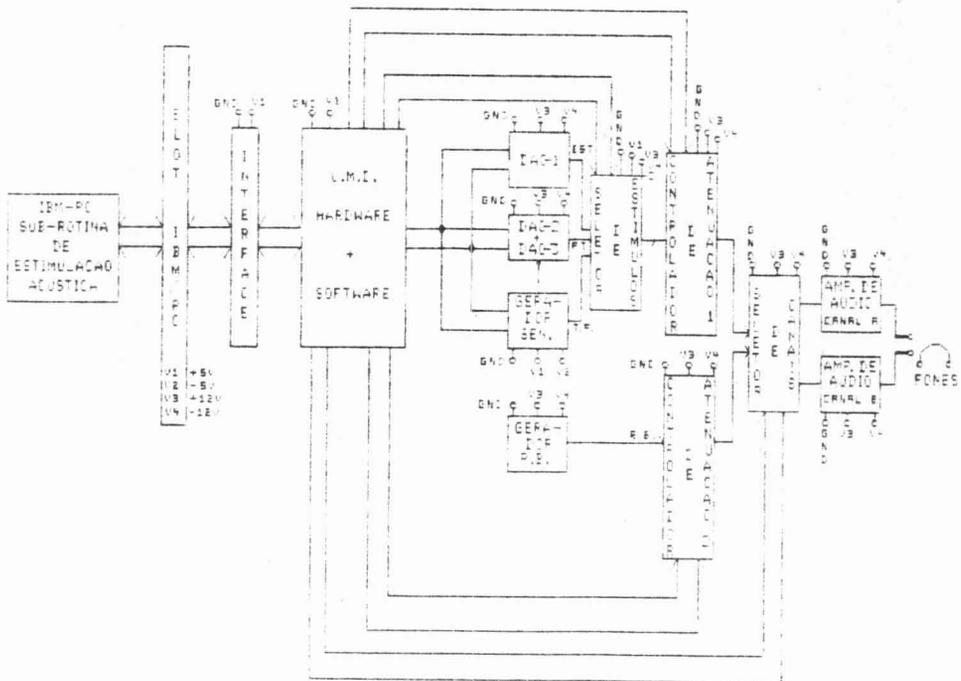


Figura 2 - Diagrama em blocos do estimulador acústico programável

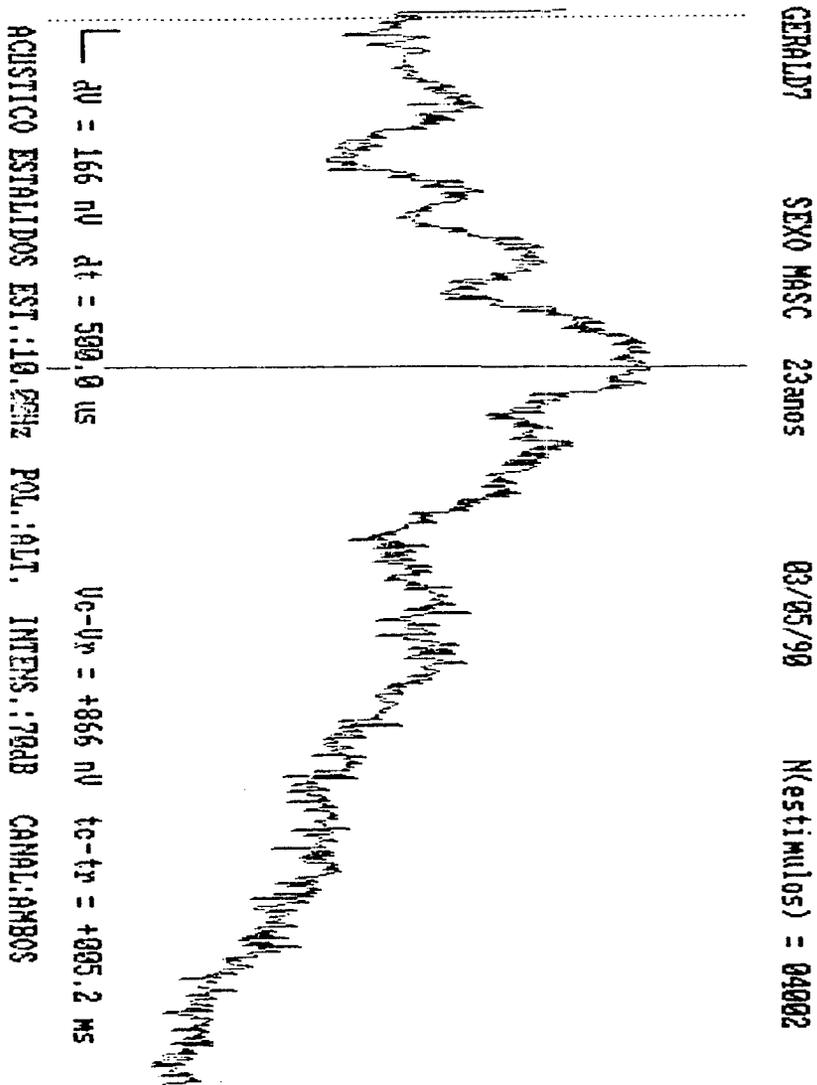


Figura 3. Potencial evocado auditivo do tronco cerebral obtido de um voluntário adulto. Foram aplicados estalidos alternados de 70 dB SPL em ambos os ouvidos e o registro obtido no vértex versus um dos promontórios, tendo como referência o outro. O promediador utilizado foi descrito no artigo complementar (Wu e Wang, 1990).

## AGRADECIMENTOS

Os autores (inclusive E.J.H. Wu) agradecem o apoio financeiro da FINEP, bem como as bolsas de Mestrado concedido pelo CNPq aos primeiros autores destes dois artigos. A colaboração dos técnicos do Laboratório de Eng. Médica do CEB/UNICAMP foi indispensável para o sucesso deste sistema de instrumentação.

## REFERÊNCIAS

- BUTTON, V.L.S.N. & Wang, B. (1989). "Projeto e Construção de um Estimulador Optico para Provocar Potencial Evocado Visual". **Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Biomédica**, vol. 6/Nº 2, pp. 359-366
- GEWEHR, P.M. & Wang, B. (1986). "Prevenção de Riscos Elétricos no Ambiente Médico-Hospitalar. II. Equipamentos Eletromédicos". **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, vol. 14, Nº 54, Abril/Maio/Junho/86, Fundacentro/MT, pp. 26-30
- MELONI, L.G.P. & Wang, B. (1983a). "Um Estimulador Elétrico para Provocar Potenciais Neuro-Elétricos. Anais do VIII Congr. Bras. de Engenharia Biomédica, pp. 221-225
- MELONI, L.G.P. & Wang, B. (1983b). "Um Estimulador Acústico para Provocar Potenciais Neuro-Elétricos". Anais do VIII Congr. Bras. de Engenharia Biomédica, pp. 226-231
- RUCHKIN, D.S. & Glasser, E.M. (1976). **Principles of Neurobiological Signal Analysis**. Academic Press, New York.
- WU, E.J.H. & Wang, B. (1990). "Sistema integrado de instrumentação para potencial evocado baseado num microcomputador compatível com PC-AT: I - O promediador". Submetido ao XII Congr. Bras. Eng. Biomédica.

**AN INTEGRATED SYSTEM OF INSTRUMENTATION FOR EVOKED POTENTIAL  
BASED ON A MICROCOMPUTER COMPATIBLE TO PC-AT:  
II - ELECTRICAL AND ACOUSTIC STIMULATORS**

**ABSTRACT** – Two stimulators have been developed as parts of an integrated system of instrumentation for evoked potential based on a PC-AT compatible. Both use 8085A microprocessors and are assembled on boards inserted into expansion slots. The first one is an electrical stimulator for evaluating the somatosensory system, capable of generating current pulses with amplitude, duration, and repetition rate selected by the user through a menu included into the main menu of the averager. Its output circuitry is optically coupled to the rest and is powered by a DC-DC converter, thereby assuring electrical safety of patients. The second is an acoustical stimulator for evaluating the auditory system, capable of generating four kinds of sounds: clicks, pure tones, tone bursts, and white noise. Again the user can select, through another menu, the stimulus parameters (waveform, intensity, and repetition rate) and determine whether the white noise should be added to either earphone or to both sides for masking purposes. Preliminary tests show this system is ideal for clinics and small hospitals, which can incorporate EPs into their practice with little additional investment, since most already have PCs.