

SISTEMA ELETRÔNICO PARA CHOQUE INESCAPÁVEL

C. M. G. Godoy e J. W. M. Bassani\*

RESUMO - Neste trabalho apresentamos um sistema eletrônico para aplicação de choque inescapável em animais experimentais, composto por um gerador de corrente constante, um circuito para comutações cíclicas de polaridade ("scrambler") em até 16 barras metálicas, através das quais os choques são aplicados e um circuito para medição do tempo efetivo do choque (TEC). Os choques podem ser disparados manualmente ou sob comando automático externo. A comutação de polaridade é opcional. O sistema desenvolvido foi aplicado para estudar comparativamente o TEC nas condições com (C/SCR) ou sem (S/SCR) "scrambling". O TEC recebido pelo animal foi maior ( $P < 0,01$ ) na condição C/SCR. Na condição S/SCR os animais tiveram progressivamente menor TEC, sugerindo que neste caso há possibilidade de esquiva/escape dos choques.

INTRODUÇÃO

A estimulação elétrica aplicada a animais experimentais é um procedimento largamente utilizado para a produção de "stress" (Natelson et al., 1981; Bassani & De Moraes, 1987; 1988), bem como para evocar respostas comportamentais, visando o estudo de memória e aprendizado (Coover & Ursin, 1973; Introini-Collison & McGaugh, 1987).

Os estímulos consistem em choques elétricos aplicados através de barras metálicas do assoalho da gaiola de contenção do animal. Se na aplicação dos choques a polaridade das barras for sempre a mesma, o animal pode descobrir barras de mesma polaridade e com isso evitar ou escapar do choque (Hoffman & Flesher, 1962).

No presente trabalho, desenvolvemos um estimulador elétrico para choque inescapável, composto por um circuito de comutação cíclica de polaridade das barras da gaiola ("scrambler"), um gerador de corrente constante e um circuito para medição do tempo efetivo de choque recebido pelo animal.

-----  
Aluno de Mestrado, Depto. de Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, UNICAMP.

\*Professor do Depto, de Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica e Pesquisador do Centro de Engenharia Biomédica, UNICAMP, C.P. 6040, CEP 13.081 Campinas - SP

## DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

### Operação

O PAINEL DE CONTROLE do equipamento consiste de várias chaves de seleção com funções específicas, representadas nos vários blocos do circuito da figura 1. A chave MANUAL/MICRO possibilita selecionar controle manual da aplicação dos estímulos, ou disparo automático por meio de microcomputador (disparador externo). Sob controle manual, um choque é aplicado quando a chave CHOQUE for pressionada. A chave seletora C-SCR/S-SCR permite ao operador escolher a administração de choques com ou sem "scrambling". A amplitude da corrente (0,5; 1,0 e 1,5 mA) a ser utilizada nos choques é escolhida por meio da chave NÍVEL DE CORRENTE. O tempo efetivo de choque é apresentado continuamente em "displays" numéricos. Constam ainda do painel de controle as chaves "RESET" dos "displays" e LIGA/DESLIGA para todo sistema.

Comutador de polaridade, fonte de corrente e regulador de nível de corrente

Este circuito comuta eletronicamente a polaridade das barras da gaiola, de acordo com a proposta de Hoffman & Fleshler (1962), para gaiolas de 16 barras. Para isto, utiliza transistores (como chave) comandados por sinais comutadores. Como ilustra o circuito da figura-1(a), o animal receberá a corrente elétrica estabelecida pela fonte de corrente  $Q_1$  quando, em contato com as barras 1 e 2, ocorrer a condição na qual os transistores  $Q_1$  e  $Q_2'$  estiverem saturados e  $Q_1'$  e  $Q_2$  estiverem cortados.

Os sinais digitais A e A' atuam de modo que, quando um nível lógico "1" (+5 Volts) for aplicado no ponto "S" do acoplador óptico AO2, o transistor  $Q_1$  é saturado. Com nível lógico "0" (0 Volts), o acoplador óptico AO2 não libera corrente para a base de  $Q_1$ , levando-o ao corte. Este princípio de chaveamento é também aplicado a todos os outros transistores que controlam a polaridade das barras.

Os resistores  $Re_1$ ,  $Re_2$  e  $Re_3$  garantem nível de corrente constante no coletor de  $Q_1$ , estipulando correntes de coletor de 0,5 mA (carga máxima de 360 KOhms), 1,0 mA (carga máxima de 180 KOhms) e 1,5 mA (carga máxima de 130 KOhms) respectivamente.

Teste em bancada: Entre as barras 1 e 2 foi ligada uma carga resistiva de 26 KOhms, e o nível da corrente utilizado foi de 1,0 mA. Isto permitiu o registro de diferenças de potencial de 26 volts entre as barras (figura 2), tendo em vista que a tensão de referência em todos os registros era a mesma e os dois níveis máximos e mínimos de tensão registrados ( $V_1$  e  $V_2$ ) foram os mesmos para todas as barras.

A seta mostrada na figura 2, indica o efeito do chaveamento sobre a polaridade nas barras. Nos pequenos intervalos de tempo (transições de corte e saturação dos transistores do Comutador), a corrente não flui pela carga. Este fato terá implicações na medição do tempo efetivo de choque, que será abordado mais adiante neste trabalho.

## Gerador de sinais comutadores

O Gerador de Sinais Comutadores (figura 1b) atua sobre o Comutador por meio de sinais digitais obtidos a partir de uma onda quadrada gerada pelo oscilador 1. Desta onda quadrada foram obtidos oito sinais digitais diferentes (A a H), com seus oito complementares lógicos (A' a H'), necessários para a comutação. Os "buffers" liberam ou não os sinais digitais para o controle do Comutador. A operação dos "buffers" (alta impedância ou não) é comandada pela aplicação de níveis lógicos no pino "enable", ao qual se encontra ligada a chave CHOQUE ou o microcomputador.

## Contador

A corrente elétrica que alimenta o comutador de polaridades flui em duas situações: (a) nas bordas de subida e descida do sinal de chaveamento dos transistores ligados a uma mesma barra (corrente que não flui pelo animal) e (b) durante o tempo em que o animal efetivamente recebe o choque. O conhecimento da existência da corrente descrita em (a), permite que se faça a medição do tempo efetivo de choque, pelo incremento de contadores somente quando flui a corrente da situação (b).

A figura 1c ilustra o circuito do CONTADOR. Pulsos gerados pelo Oscilador 2 são liberados pela porta AND-1 para incrementar contadores de décadas em cascata toda vez que houver o fluxo de corrente pelo foto-diodo do acoplador óptico AOL. Para eliminar da contagem o tempo em que a corrente não fluiu pelo animal (situação "a" descrita anteriormente), o mono-estável mantém nível "0" durante 1 milissegundo em uma das entradas da porta AND-2, após seu disparo pelo Oscilador 1. O tempo de 1 milissegundo foi determinado experimentalmente medindo-se a duração das espículas causadas pela comutação da polaridade das barras (vide figura 3, barras 3 e 4).

## EXEMPLO DE APLICAÇÃO

### Metodologia

Ratos Wistar machos (200 - 300 gramas) foram submetidos a sessões de 35 choques (intensidade 1,0 mA; duração 10 segundos; Intervalo variável de 60 segundos em média) com ou sem "scrambling", aplicados através de barras metálicas do piso da gaiola. Um microcomputador foi utilizado para controlar os parâmetros temporais da estimulação. Para cada choque ao longo da sessão obteve-se o valor de tempo efetivo de choque recebido pelo animal, apresentado no "display" do painel de controle. As influências da condição de "scrambling" e da sucessão de choques ao longo da sessão sobre o tempo efetivo de choque foram verificadas por análise de variância bifatorial.

### RESULTADOS

O tempo efetivo de choque recebido pelos animais foi menor na ausência de "scrambling" ( $p < 0,01$ ). Além disso, detetou-se uma interação significativa ( $P < 0,01$ ) entre a condição de "scrambling" e o tempo de sessão, o que indica que, ao longo da sessão, o tempo efetivo de choque sofreu uma redução progressiva apenas na ausência de "scrambling" (Figura 3). Este resultado sugere que a existência de barras com polaridade fixa tenha sido

percebida e utilizada pelos animais como modo de fuga/esquiva ao choque.

#### DISCUSSÃO

O instrumento desenvolvido, utilizando componentes encontráveis no mercado nacional, é de fácil reprodução e manutenção. Embora a construção de circuitos semelhantes baseados em relés possa ser bastante simples (Hoffman & Fleshler, 1962), apresenta a desvantagem de produzir ruído sonoro que pode sinalizar ao animal a ocorrência de choque, além de apresentar maior nível de ruído elétrico nos seus chaveamentos.

O fato de que o animal pode escapar dos choques, permanecendo imóvel em barras de mesma polaridade, deixa clara a necessidade da existência do "scrambler" em experimentos onde a condição do choque inescapável deva ser mantida. A introdução do circuito medidor de tempo efetivo de choque poderá possibilitar no futuro melhor comparação entre diferentes experimentos, visando estudar qual parâmetro da estimulação (e.g. corrente efetiva, duração da sessão, seqüência) é mais importante na determinação do efeito final.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer a Dra. Rosana Almada Bassani pelo apoio na realização dos testes experimentais e no processamento estatístico. Ao Sr. Gilson Barbosa Maia Jr. pelo apoio técnico na realização de experimentos com animais. Ao FAP-UNICAMP pelo apoio financeiro.

#### BIBLIOGRAFIA

- BASSANI, R. A. & DE MORAES, S. (1987), "Subsensitivity to beta-adrenergic agonists in right atria isolated from footshock-stressed rats". *General Pharmacology*, 18: 473-477.
- BASSANI, R. A. & DE MORAES, S. (1988), "Effects of repeated footshock stress on the responsiveness of the isolated rat pacemaker to catecholamins: role of beta-2 adrenoceptors". *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 246 (1): 316-321.
- GOOVER, G.D. & URSIN, H. (1973), "Plasma corticosterone levels during active avoidance learning in rats". *Journal of Compared Physiology and Psychology*, 82 (1): 170-174.
- HOFFMAN, H.S. & FLESHLER, M. (1962), "A relay sequencing device for scrambling grid shock". *Journal of Experimental Animal Behavior*, 5: 329-330.
- INTROINI-COLLISON, I. B. & MCGAUGH, J.L. (1987), "Naloxone and beta-endorphin alter the effects of post-training epinephrine on memory". *Psychopharmacology*, 92(2): 229-235.
- NATELSON, B. H.; TAPP, W. N.; ADAMUS J. E.; MITTLER, J. C. & LEVIN, B. E. (1981), "Humoral indices of stress in rats". *Physiology and Behavior*, 26: 1049-1054.



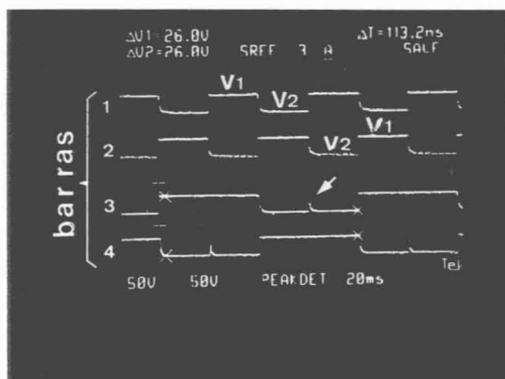


Figura 2- Potenciais captados em 4 barras da gaiola de choque. Os cursores delimitam um intervalo de tempo  $T=113,2$  ms e diferenças de potencial  $\Delta V1 = \Delta V2 = V1 - V2 = 26$  Volts (26 KOhms entre as barras 1 e 2, nível de corrente de 1mA). A seta indica o efeito do chaveamento dos transistores.

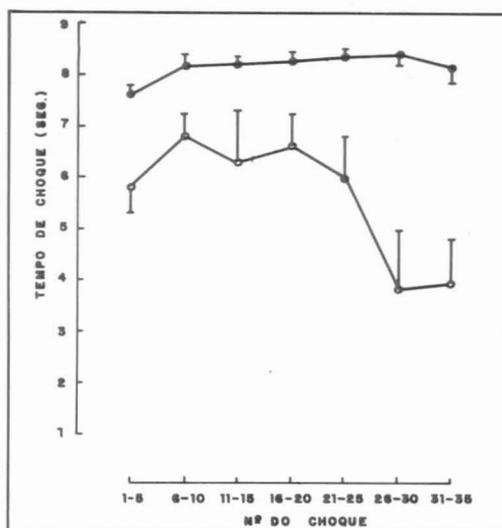


Figura 3- Tempo efetivo de choque recebido pelos animais ao longo das sessões. (●)- com "scrambling"; (○)- sem "scrambling"

## AN ELECTRONIC SYSTEM FOR INESCAPABLE SHOCK

ABSTRACT - In this work we describe an electronic system for applying inescapable shock, composed of a constant current generator, a 16-bar scrambler circuit and a circuit for measuring the Time of Effective Shock (TES). The shocks may be triggered by hand or under an external automatic command. As an application we comparatively studied the TES in the presence and in the absence of scrambling in rats. The TES received by the animals was greater ( $p < 0,01$ ) in the scrambling in condition. In the absence of scrambling the TES progressively decreased. Thus suggesting the possibility of an avoidance/escape condition for the animals.