

# Calibrador de estímulos auditivos

Marcos González Hernández, Manuel Sánchez Castillo y Raúl Morgalo Abello.

Centro de Neurociencias de Cuba, Avenida 25 y 158, Playa, Apartado 6990, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 25 de marzo de 1998. Aceptado: 12 de junio de 1998.

Palabras clave: audio, intensidad, estimulador, calibración.

Key words: audio, intensity, stimulator, calibration.

**RESUMEN.** El control de la intensidad del sonido es fundamental en la generación de estímulos auditivos, ya que de su magnitud dependen en gran medida las características de la actividad eléctrica que se genera en el cerebro asociada al estímulo sonoro (potencial evocado auditivo). De ahí que una calibración adecuada de los estimuladores auditivos, sea primordial para un estudio objetivo de estos potenciales evocados. Al seleccionar los estimuladores auditivos, las tarjetas de sonido comerciales que se ofertan junto con las computadoras como parte de sus dispositivos multimedia resultan una buena opción. No obstante, en ocasiones no permiten un control preciso de la intensidad del sonido. Este trabajo describe una tarjeta (**SoundCal**) que fue desarrollada especialmente para calibrar las salidas de audio de las tarjetas de sonido tipo **Sound Blaster** y de esta forma permitir su empleo en la generación de estímulos sonoros para la obtención de potenciales evocados auditivos. La tarjeta se inserta en uno de los conectores **ISA** libres, que posea la computadora que se va a emplear como estimulador y se controla mediante operaciones de escritura y lectura de sus cuatro puertos de comunicación de 8 bits. Se describen también los pasos que se siguen en un proceso de calibración, empleando la tarjeta **SoundCal** y las bibliotecas de comunicación desarrolladas en **Borland Pascal** para controlar el funcionamiento de la tarjeta, así como el algoritmo de calibración empleado. Con la tarjeta **SoundCal** se pueden lograr atenuaciones de 80 dB por debajo de la mayor intensidad que brinda la tarjeta **Sound Blaster**, con pasos de atenuación inferiores a 1 dB. El sistema desarrollado se puede adaptar fácilmente a cualesquiera de las tarjetas de sonido comerciales de tipo **Sound Blaster** y a diferentes tipos de audífonos. En estos momentos, el sistema de calibración asociado a la tarjeta **SoundCal** se está empleando para calibrar la salida de audio del estimulador **MindTracer** desarrollado en el Centro de Neurociencias de Cuba.

**ABSTRACT.** The sound intensity control is very important in auditory stimulation because it can modify the electrical brain activity. For that reason, an appropriate acoustic calibration of stimulators for auditory evoked potentials studies is indispensable. The commercial sound cards (**Sound Blaster**) that are included in the computer multimedia kits are a good stimulator option. Nevertheless, in occasions they don't allow a precise control of the sound intensity. This paper describes the **SoundCal** board and the **Borland Pascal** libraries developed to calibrate the **Sound Blaster's** audio outputs which are used in auditory stimuli generation. The board is inserted in one of the computer **ISA** slots and writing and reading operations of its four ports of communication of 8 bits controls it. It also described, the steps of the calibration process, using the **SoundCal** board and the calibration algorithm. The **SoundCal** board lets introduce over 80 dB attenuation (1dB steps) in such audio outputs. The developed system can adapt easily to any of the commercial sound board and different earphones. At present time, **SoundCal** board is being used as a **MindTracer** complement, which is a stimulator developed at Cuban Neuroscience Center.

## INTRODUCCION

Las tarjetas de sonido tipo **Sound Blaster** son ampliamente utilizadas por las bondades que brindan en aplicaciones **Multi-Media**. No obstante, en ocasiones no permiten un control preciso de la intensidad del sonido. Algunas no poseen control digital para la intensidad y utilizan un potenciómetro externo para esta función. Otras, a pesar de tener control digital, introducen saltos bruscos de intensidad que pueden llegar a las decenas de decibeles (para los audífonos empleados). Aún cuando poseen un control adecuado con pasos de atenuación aceptables (menores de 10 dB), existe una gran variedad de tarjetas cada una con pasos de atenuación que difieren entre sí, lo cual hace difícil definir un patrón.

Esta característica en la mayoría de las aplicaciones **MultiMedia** no constituye una limitante, pero en el mundo de la audiología y particularmente, en el de los potenciales evocados auditivos, el control preciso de la intensidad del sonido constituye una necesidad vital.<sup>1,2</sup>

El objetivo principal de este trabajo fue dar solución a esa limitante de las tarjetas **Sound Blaster** para poder emplearlas en la generación de los estímulos auditivos del estimulador **Mind Tracer** desarrollado por el Centro de Neurociencias de Cuba.

Con ese propósito surgió la necesidad de desarrollar un sistema que permitiera calibrar las salidas de audio de las tarjetas **Sound Blaster**. El sistema en cuestión debía ser capaz de adaptarse fácilmente a tarjetas de sonido y audífonos diferentes.

**DESARROLLO**

El sistema para calibrar la intensidad de los estímulos auditivos, consta de la tarjeta **SoundCal** y de las correspondientes bibliotecas desarrolladas en **Borland Pascal** para la comunicación con la tarjeta y el control de los diferentes elementos que la integran. Se instala en uno de los conectores **ISA<sup>3</sup>** de la computadora y la salida de audio de la tarjeta **Sound Blaster** se conecta a su entrada de audio (Fig 1).

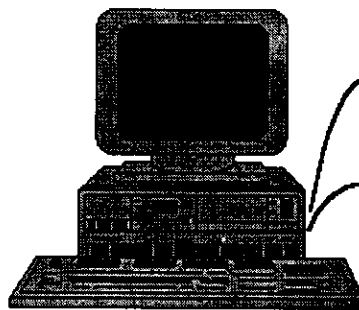


Fig. 1. Sistema de calibración auditiva.

**Operación de la Tarjeta**

La tarjeta **SoundCal** posee puertos<sup>3</sup> de comunicación de 8 bits (Fig 2), a través de los cuales permite realizar un considerable número de operaciones que se describen a continuación:

1. Lectura del código serie de protección. Puede ser empleado para la protección del **software**.
2. Preparación del circuito de medición del voltaje pico ( $V_p$ ) de la onda sonora.
3. Selección del canal de audio que va a ser calibrado (las tarjetas **Sound Blaster** comerciales incluyen dos canales de audio: derecho e izquierdo).
4. Inicio del proceso de conversión que permite medir el  $V_p$  para el canal seleccionado mediante un conversor AD.<sup>4</sup>
5. Medición del  $V_p$ .
6. Escritura en el conversor DA<sup>5</sup> para producir la atenuación necesaria en el canal seleccionado.

Estas seis operaciones, de las cuales las cinco últimas se repiten para el segundo canal de audio, permiten medir la intensidad del sonido generado por la tarjeta **Sound Blaster** y aplicar la atenuación necesaria para lograr la intensidad de sonido deseada.

**Cálculo de las intensidades que permite SoundCal**

Partiendo de las características de los audífonos empleados: una senoide de 1 kHz y 0,1 Vrms de amplitud genera un tono de 102,2 dB (SPL) de intensidad. Se puede calcular el  $V_p$  que debe tener una senoide de 1 kHz para generar un sonido de una intensidad determinada:

$$V_p = \frac{\sqrt{2} \cdot 0,1}{10^{\left(\frac{102 - \text{intensidad en dB}}{20}\right)}} \quad (1)$$

Y estimar la magnitud de la lectura del conversor (NAD) para esa intensidad:

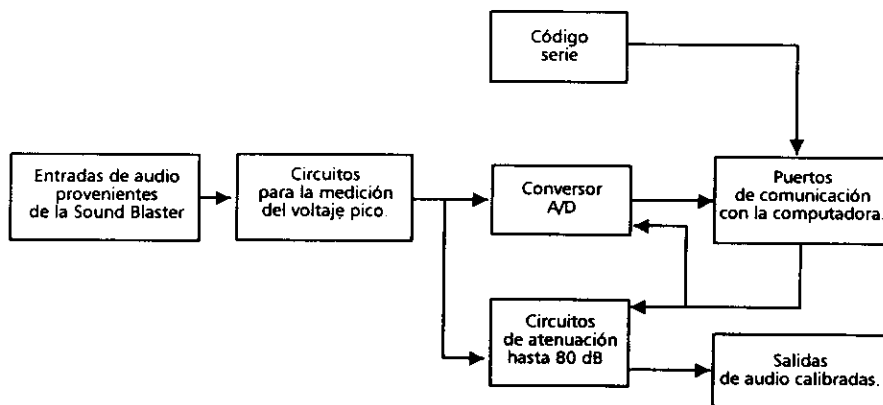


Fig. 2. Tarjeta SoundCal.

$$NAD = \frac{V_p}{\text{Rango dinámico del conversor}} \cdot 2^{\# \text{ de bits del conversor}} \quad (2)$$

Ahora mediante la tarjeta **SoundCal** se puede medir el  $V_p$  de la senoide de mayor amplitud ge-

nerada por la tarjeta **Sound Blaster** y calcular la intensidad equivalente en dB ( $Int_{\text{Sound Blaster}}$ ):

$$V_{p \text{ Sound Blaster}} = \left( \frac{NAD_{\text{Sound Blaster}}}{2^{\# \text{ de bits del conversor}}} \right) \cdot \text{Rango dinámico del conversor} \quad (3)$$

$$Int_{\text{Sound Blaster}} = -20 \cdot \log \left( \frac{V_{p \text{ Sound Blaster}}}{V_{p \text{ de } 0 \text{ dB}}} \right) \quad (4)$$

El voltaje pico de 0 dB, se puede calcular mediante la fórmula 1.

El próximo paso es fijar como valor máximo de intensidad de la aplicación un valor menor que el máximo que brinda la tarjeta **Sound Blaster** y calcular el valor

del conversor ( $NAD_{\text{Máxima Intensidad}}$ ) correspondiente, mediante la fórmula 2. Fijado este valor, se calculan las intensidades que la tarjeta **SoundCal** puede suministrar y los valores de atenuación correspondientes:

$$At_{\text{Máxima Intensidad}} = -20 \cdot \log \left( \frac{NAD_{\text{Máxima Intensidad}}}{NAD_{\text{Sound Blaster}}} \right) \quad (5)$$

$$At = \text{Round} \left\{ \frac{At_{\text{Máxima Intensidad}} + (\text{Máxima Intensidad} - Int)}{0,375} \right\} \quad (6)$$

donde:

El paso de atenuación mínimo que permite la tarjeta **SoundCal** es de 0,375 dB.

Int. Intensidad para la que se quiere calcular la atenuación.

At. Atenuación (valores numéricos obtenidos en el proceso de conversión).

Las bibliotecas que controlan la tarjeta realizan todos los cálculos que se han descrito, al comenzar a ejecutarse la aplicación que las emplea, y mediante la fórmula 6, calculan la atenuación necesaria para la intensidad de sonido que solicita el usuario.

Los valores de intensidad que oferta la aplicación puede llegar 80 dB por debajo de la intensidad que se obtiene de la tarjeta **SoundBlaster**, sin emplear atenuación.

### CONCLUSIONES

La tarjeta **SoundCal** solucionó un serio problema que presentaban las tarjetas **SoundBlaster**, que imposibilitaba su empleo como estimu-

lador en aplicaciones de potenciales evocados auditivos. Este trabajo dotó de nuevas posibilidades al estimulador **MindTracer**. Antes de la introducción de la tarjeta **SoundCal**, la intensidad del sonido utilizado en la estimulación, a pesar de ser una posible causa de alteraciones en la actividad eléctrica registrada, era un parámetro desconocido. Con la tarjeta **SoundCal** la intensidad del sonido pasa a ser un parámetro más de los que definen las condiciones del registro, por lo que este gana en objetividad.

Aunque el trabajo se realizó para unos audífonos específicos, **SoundCal** puede fácilmente adaptarse a audífonos con características diferentes.

El proceso de adaptación sólo implica modificar la fórmula 1 a las nuevas magnitudes.

### BIBLIOGRAFIA

1. Hillyard S.A. and Picton T. *Electrophysiology of cognition* en F. Plum (DE). *HandBook of Neurophysiology*, 1987.
2. Niedermeyer E., Lopez da Silva F. *Electroencephalography. Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*, Urban & Schwarzenberg, Baltimore, USA, Chapter 48, 797-812, 1987.
3. Acer 1120SX. *Technical Reference*, Taiwán, China, 1990.
4. National Semiconductor. *National Data Acquisition Databook*, California, USA, Chapter 2, 19-50, 1997.
5. Analog Devices. *Data Converter Reference Manual*, Norwood, USA, Volume I, Chapter 2, 247-252, 1997.

## Medicid



Potencia y flexibilidad.  
Equipos para electroencefalografía digital.

**EEG CUANTITATIVO Y MAPEO CEREBRAL**  
**VIDEO EEG**  
**CLASIFICACION AUTOMATICA DE ETAPAS DEL SUEÑO**  
**MONITOREO INTRAOPERATORIO**  
**Y DE CUIDADOS INTENSIVOS**  
**POTENCIALES PROVOCADOS SENSORIALES Y COGNITIVOS**

Electroencefalógrafo digital de 32 amplificadores, 24 de ellos monopares con ganancias programables y 8 bipolares que tienen posibilidad de conexión monopolar para formar hasta 32 canales con referencia común. Permite realizar por software la mayoría de las combinaciones de montaje que se acostumbran a utilizar en los polígrafos de papel.

Los amplificadores bipolares están especialmente concebidos para la conexión de sensores o transductores para la medición de señales biofísicas (esfuerzo respiratorio abdominal/torácico, flujo aéreo nasal/bucal, etc.) cuando se efectúan registros poligráficos.

Posee un doble aislamiento que garantiza la protección del operador y el paciente contra shock eléctrico accidental y posibilita su empleo en cualquier tipo de instalación hospitalaria.

Con él pueden explotarse otras aplicaciones tales como:

- TrackWalker:** Sistema básico de EEG digital. Puede incluir además, EEG cuantitativo y mapeo cerebral y Video EEG.
- Brainside:** Sistema para el monitoreo intraoperatorio del EEG.
- DreamHunter:** Sistema para estudios de sueño.
- MindTracer:** Sistema para el estudio de potenciales evocados relacionados a eventos.