

Sistema de rehabilitación motriz basado en musicoterapia

Leonardo J. Valenzuela¹, Eduardo J. Ricciardi², Víctor Toranzos³ y Oscar G. Lombardero⁴

RESUMEN

La necesidad de contar con un sistema que ofrezca una alternativa para la rehabilitación y estimulación motriz a través de la música, motivó el desarrollo del presente proyecto, como trabajo final de graduación en la carrera de Ingeniería en Electrónica. El mismo está basado en el empleo de sensores ultrasónicos para control de los parámetros de volumen y modulación de una serie de sonidos instrumentales generados con un circuito integrado específico. Los sensores de US detectan la posición relativa de las manos y el microcontrolador lo toma como información y genera las modificaciones correspondientes al tipo de instrumento que se seleccionó previamente.

Este trabajo fue desarrollado en el GRIER, Grupo de Ingeniería en Rehabilitación de la FACENA UNNE.

INTRODUCCION

La música es una rama del arte que ayudó desde siempre al ser humano a reflejar sus emociones y estados de ánimo. La

musicoterapia utiliza los efectos beneficiosos de la música para tratar determinadas alteraciones y trastornos, así como para potenciar el desarrollo de habilidades físicas y mentales, por lo que se utiliza con frecuencia en el tratamiento de trastornos infantiles, sobre todo en el área de la Psicología.

Un instrumento que fue pionero a la hora de generar música empleando las manos es el denominado Theremin, un sistema inventado por el físico y músico Lev Serguéievich Termen (también conocido como León Théremin) en 1919. Este equipo musical -originalmente diseñado con válvulas electrónicas- consta de un sistema amplificador de RF que se sintoniza mediante dos antenas, una vertical, situada a la derecha, y otra horizontal, situada a la izquierda, en relación al operador. El movimiento de una de las manos cercana a una de las antenas, provoca una modulación del sonido, mientras que la otra modifica su volumen o intensidad. Dicho instrumento fue utilizado tanto en orquestas, como en películas de ciencia ficción de los años 40 y 50. Posteriormente muchos grupos de música han hecho uso de sus características sonoras.

^{1,2,3,4}GRIER Grupo de Ingeniería en Rehabilitación. FACENA UNNE



Fig. 1 Equipo Theremin

Musicoterapia

La Musicoterapia es una disciplina del área de la salud en donde la música es utilizada con fines terapéuticos. Diversos trabajos de campo demostraron que la musicoterapia amplía las oportunidades para aquellos pacientes, sobre todo niños que padecen múltiples impedimentos de aprendizaje en áreas cognitivas, sociales, emocionales y físicas.

La música y especialmente las canciones, pueden estimular aspectos importantes del área emocional como lo son las expresiones y gesticulaciones faciales como también la gestualidad corporal. En el aspecto de la conducta, la música contribuye a disminuir o suavizar conductas inapropiadas. Ciertas canciones promueven el seguimiento de directivas y consignas que permiten a los niños mantenerse atentos e incentivados. Aquellas actividades musicales y especialmente las que incluyen movimientos y uso de instrumentos musicales u otros elementos, pue-

den facilitar el reemplazo de conductas autísticas por otras tendientes a la interacción con los pares y a la socialización [2].

Sensor de Ultrasonido

Los ultrasonidos son antes que nada sonido, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano, que tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz. Los denominados ultrasonidos superan este límite, llegando a los MHz en el caso de los sistemas de ecografía. Los módulos de ultrasonido comerciales con los que se desarrolló este trabajo operan a una frecuencia de 40 KHz. Se los emplea comúnmente como medidores de distancia, basados en un principio muy simple. Un emisor emite un tren de pulsos de US y un receptor los recibe después de haber rebotado sobre una superficie, que puede ser un objeto estático o en movimiento. El tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción, dividido por la velocidad del sonido en el aire, da una medida de la distancia entre el sensor y el objeto. En la Fig. 1 se puede apreciar un esquema del sistema de medida.

$$d = \frac{1}{2} V \cdot t \quad (1)$$

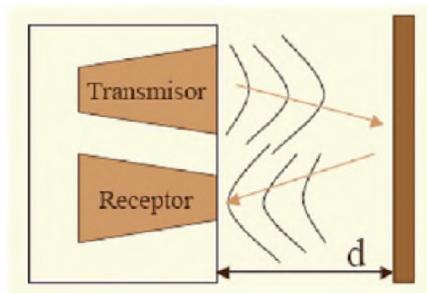


Fig. 2. Medición de distancias con US

El sonido instrumental

Entender los tres componentes básicos del sonido es especialmente importante para la generación de música electrónica porque quienes son sus usuarios, frecuentemente trabajan sobre el control de estos parámetros:

Tono. Se corresponde a la frecuencia del sonido, o sea es el número de vibraciones por segundo, los cuales, cuando están en el rango audible, son detectados como un cierto tono. En música electrónica, este tono se vuelve audible como una expresión de la corriente eléctrica alterna que es usada para vibrar el cono de un altavoz.

Timbre. Es la cualidad de un sonido, conocido también como color del tono. Es lo que distingue a los sonidos de diferentes instrumentos musicales cuando tocan la misma nota. Por lo general las ondas de sonido son complejas y contienen más de una simple frecuencia o tono fundamental. Estas ondas adicionales reciben el nombre de parciales, sobretonos, armónicos y transitorios. Si un tono predomina, entonces el sonido puede ser relacionado a una nota en la escala musical. Cuando existe mayor competencia en la dominancia o hay muchos grupos complejos de sobretonos presentes, un sonido puede tomar alta densidad y características inusuales.

Volumen. Es la amplitud del sonido y se transmite por un altavoz. Esto difiere de la frecuencia, la cual determina la rapidez de vibración del cono del altavoz pero no la potencia con que vibra. Con instrumentos acústicos, la amplitud es controlada por el

intérprete al tocar más suave o más fuerte: presionando la tecla, soplando la corneta, moviendo las cuerdas, etc. En música electrónica, la amplitud es controlada por la potencia eléctrica de un amplificador que hace audibles a los sonidos producidos electrónicamente.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

En la Fig. 3 puede apreciarse un esquema simplificado del sistema

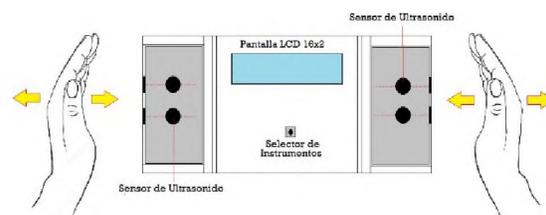


Fig. 3. Esquema general del sistema

El funcionamiento es similar al Theremin controlado por RF. En este caso las dos antenas fueron reemplazadas por dos sensores de US para medición de distancias. Acercando o alejando las manos respecto de los sensores se controla el volumen y el tono de la señal de audio. Cuando se acerca una de las manos al sensor, aumenta el volumen hasta un nivel máximo, y alejándola disminuye hasta anularse. Acercando o alejando la otra mano respecto del sensor de tono, la señal de audio cambia a diferentes notas.

Los sensores de US están controlados por un módulo Arduino Mega. El programa del micro muestrea constantemente la distancia de las manos respecto a los sensores, para actuar consecuentemente sobre el CI generador de audio. Esta medición de la distancia tiene un filtrado lineal para

minimizar las interferencias producidas por cambios bruscos.

Para evitar interferencias es deseable que las variaciones de las manos sean lentas, para asegurar los tonos, y que sea más bien progresiva. Igual procedimiento se realiza con el volumen. Ambos parámetros son enviados al generador VS1053, que puede interpretar los comandos MIDI, y por medio de éste se realiza la síntesis o generación de la señal de audio.

En la Fig. 7 podemos observar el módulo shield MP3 que contiene el CI VS2053, responsable de la generación de los distintos sonidos instrumentales.

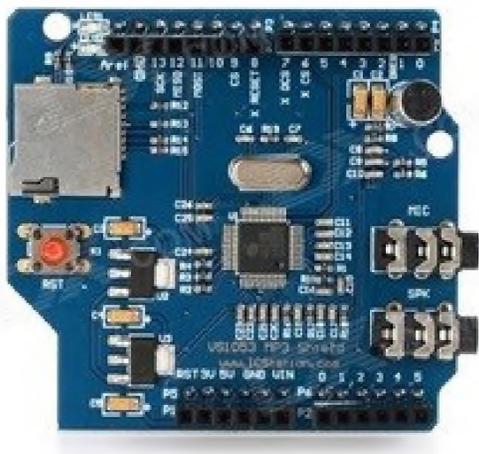


Fig 7. Módulo Shield MP3 1053

Este módulo posee un banco de melodías correspondiente a 128 instrumentos diferentes, que pueden ser seleccionados mediante instrucciones MIDI. Esta disponibilidad de instrumentos, con una amplia combinación de sonidos, permite diferentes opciones de estimulación al usuario en proceso de rehabilitación.

Montaje del prototipo

En la Fig. 8 se puede apreciar un esquema general en bloques del sistema de musicoterapia basado en el Shield MP3.

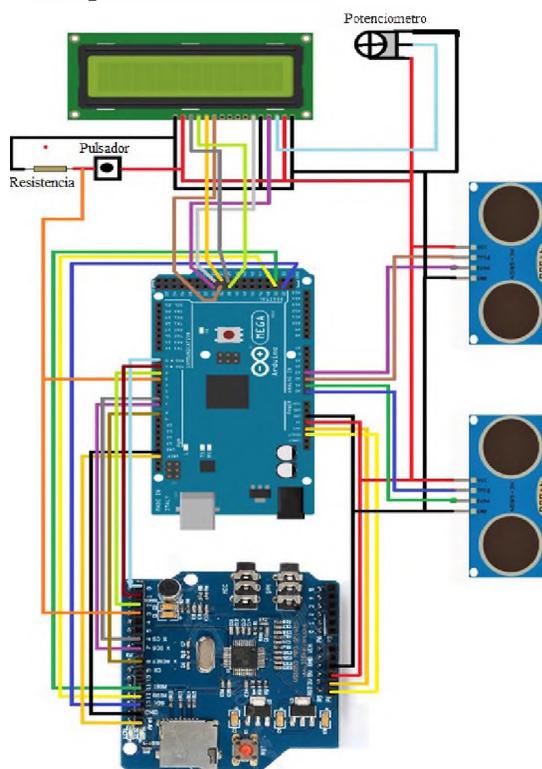


Fig. 8. Diagrama general del equipo

En el display alfanumérico se puede apreciar el tipo de instrumento seleccionado. En la Fig. 9 se puede observar una foto del equipo terminado.



Fig 9. Foto del equipo terminado

CONCLUSION

Se diseñó e implementó un sistema basado en un generador de sonidos instrumentales de audio comandado por el movimiento de las manos, similar al dispositivo Theremin, pero utilizando ondas ultrasónicas en vez de ondas de radio frecuencia. El equipo ha sido ensayado en niños con diferentes discapacidades y bajo protocolo de consentimiento informado a los tutores,

habiendo satisfecho ampliamente las expectativas. Esta verificación se realizó en el IAD S.R.L. (Instituto Modelo de Atención a la Diversidad Funcional), sito en Avenida Alberdi 2085 de la ciudad de Corrientes.

El tamaño y peso son adecuados para su transporte, necesitando tensión de red para funcionar. Sería conveniente incorporar en un futuro, un control tipo pedal para los pies, un sistema que integre la amplificación del audio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ana Grasielle Dionise Correa “Computer Assisted Music Therapy: A Case Study of an Augmented Reality Musical System for Children with Cerebral Palsy Rehabilitation” 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Riga (Letonia).
- [2] Ana Grasielle Dionise Correa et al. “Computer Assisted Music Therapy: A Case Study of an Augmented Reality Musical System for Children with Cerebral Palsy Rehabilitation”. 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Riga (Letonia).
- [3] Y. Kurisuka et al. “Co-creative walking support as music therapy”. RO-MAN 2004. 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (IEEE Catalog No.04TH8759). Kurashiki, Japan.
- [4] Jenan Beer et al. “Robot assisted music the-

- rapy a case study with children diagnosed with autism". 2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). Christchurch, New Zealand
- Referencias de Internet
- [6] Wikipedia, León Theremin, <http://es.wikipedia.org/wiki/LeónTheremin>
- [7] La Musicoterapia, <https://www.lamusicoterapia.com/musicoterapia-e-infancia/>
- [8] Arduino página oficial, descargas software, <http://arduino.cc/es/Main/Software>
- [9] Sensor Ultrasónico, http://picmania.garcia-cuervo.net/recursos/redpictutorials/sensores/sensores_de_distancias_con_ultrasono.pdf
- [10] M. Jenkins, Analog Synthesizers. Focal Press, 1ª Edición, 2007
- [11] Protocolo MIDI <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-midi/>
- [12] Protocolo MIDI <https://www.hispasonic.com/reportajes/protocolo-midi/13>
- [13] Arduino Mega, <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- [10] VLSI Solutions Oy. VS1053 datasheet. <http://www.vlsi.fi/en/support/download.htm>
- [14] Sensor ultrasónico HC-SR04, <http://www.agspecinfo.com/pdfs/I/IM12801>
- [15] pantalla LCD 16x2. <http://jorgesanz.es/conectar-pantalla-lcd-a-arduino-uno/>
- [16] Datasheet Arduino MEGA 2560. <http://roboromania.ro/datasheet/Arduino-Mega-2560-roboromania.pdf>
- [17] Datasheet VS1053. <http://www.vlsi.fi/financeadmin/datasheets/vs8053.pdf>
- [18] Datasheet HC-SR04. https://elec Freaks.com/estore/download/EF03085-HC-Ultrasonic_Module_User_Guide.pdf
- [19] Datasheet LCD16x2, <https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>
- [20] Wikipedia, Código abierto, http://es.wikipedia.org/wiki/Codigo_abierto