

# Estimulación táctil y visual para personas con disminución auditiva y déficit de atención

Álvarez R. Agustín, Highest Degree<sup>1</sup>, Leonel R. Mateo, Highest Degree<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidad de la Marina Mercante Facultad de Ingeniería, Argentina, agustin.alvarez@alumnos.udemm.edu.ar, leonel.mateo@alumnos.udemm.edu.ar

**Resumen**– El presente trabajo se inscribe dentro del marco de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Marina Mercante, orientado al desarrollo de tecnologías vinculadas a una necesidad de la sociedad debidamente explicitada, en este caso la ayuda táctil, como apoyo al proceso de enseñanza educativa para personas con dificultades en el aprendizaje. Este proyecto consiste en el diseño y construcción de un sistema que transforme las vibraciones mecánicas del habla (voz humana) en energía eléctrica y ésta nuevamente en vibraciones mecánicas mediante siete transductores, micro-vibradores y estimulación visual por medio de un conjunto de luces.

El proyecto se completa con una o más organizaciones públicas o privadas demandantes y con posibles adoptantes del resultado desarrollado. En este marco, puede ser demandante o adoptante una institución pública del sistema de ciencia y tecnología siempre que el proyecto se inserte en las líneas estratégicas de la institución, tiene una o más instituciones promotoras que proveerán el financiamiento.

**Palabras claves**-- ayuda vibro-táctil; sustitución sensorial; sustitución auditiva.

## I. INTRODUCCIÓN

La pérdida de audición es un problema común entre las personas de todas las edades. Las personas que sufren este tipo de problema a menudo pierden la capacidad de escuchar ciertos sonidos y, como resultado, tienen dificultades para comunicarse con los demás. Existen dispositivos los cuales utilizan la sustitución sensorial, la cual es una técnica para presentar información auditiva faltante a través del sentido del tacto. El dispositivo toma la información a través de un micrófono, la amplifica, reduce el ruido ambiente y la filtra en varios canales diferentes en función de la frecuencia. Luego, en base a ciertas bandas de frecuencias pre-establecidas, el dispositivo acciona cierta cantidad de transductores vibrantes los cuales pueden estar situados en diversas partes del cuerpo. El uso de este dispositivo debe colaborar a mejorar la experiencia comunicacional de personas con déficit profundo de audición y/o atención [1].

El problema de las personas con deficiencia acústica empleando el método de la lectura de labios de la persona a la que se desea “entender”, es que algunas de las formantes consonantes son dificultosas de “leer” a través de este método, es por ello que el uso de dispositivos de ayuda vibro-táctil es de gran aplicabilidad en estos casos, ya que, como podemos ver a continuación en la Fig. 1 las diferentes consonantes tienen asociadas diferentes rangos de frecuencias y umbrales de audición, en este sentido el “oyente” puede entender lo que su interlocutor está tratando de comunicar [2].

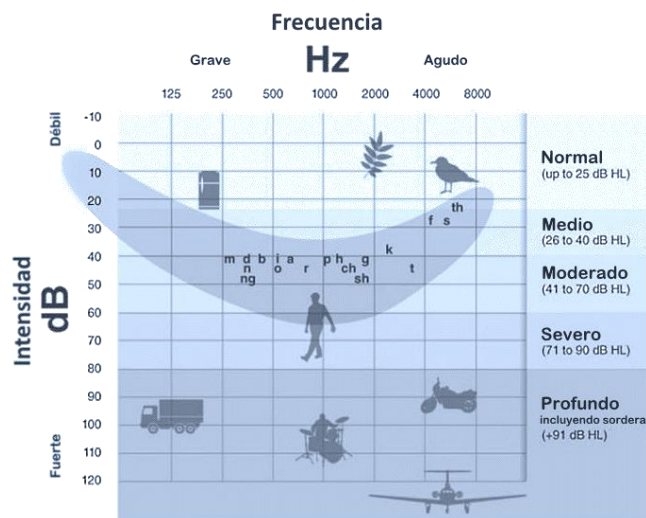


Fig. 1 – Banana del habla

Paralelamente al uso tradicional de este dispositivo, también se utiliza en personas con déficit de atención, como método de estimulación multisensorial para incentivarlo al contacto con la realidad y aumentar la comprensión de su entorno [3].

## II. OBJETIVO

Se busca con el presente desarrollo generar un dispositivo que sea útil para complementar y ayudar a las personas con disminución o ausencia del sentido auditivo como así también en déficit de atención, aumentando la información recibida en el mensaje del habla a través del sentido táctil y visual, mediante un dispositivo electrónico que permite la traducción de la voz humana en estimulaciones vibrotáctiles y luminosas.

## III. METODOLOGÍA

En base a las tecnologías actuales se decidió realizar el procesamiento de la señal de audio de manera digital, utilizando para el proyecto un sistema embebido. La decisión del sistema adecuado se basó en las tecnologías actualmente disponibles en el país y en varios puntos a tener en cuenta como ser: frecuencia de reloj de procesador, poder de cómputo, consumo del mismo, flexibilidad de interoperabilidad y escalabilidad.

Por otro lado, y al mismo tiempo, se llevará a cabo el proyecto de vinculación. Este último consiste en interesar a una

“unidad productora” de los dispositivos, una “unidad suministradora” o donantes para adquirir los sistemas embebidos utilizados y un “destinatario” del producto terminado.

Como unidad productora se ha orientado el diseño hacia escuelas secundarias técnicas con proyectos en el área de la RS (Responsabilidad Social) buscando un sistema sencillo de replicar. Como unidad suministradora se ha pensado en empresas con marcado compromiso social, y como destinatario se ha contactado a diversas organizaciones que trabajan y apoyan la temática uso terapéutico de personas con disminución auditiva y/o déficit de atención orientado su utilización a niños y adolescentes.

#### IV. DESARROLLO

Para su desarrollo se consideró los siguientes aspectos que debe poseer el prototipo:

- Portabilidad: con el objetivo de poner el foco en la necesidad del usuario este dispositivo tiene la aptitud de ser portable ya que la alimentación es a través de baterías recargables.
- Conexiones múltiples: entre el alumno y el docente, es decir que el docente tendrá un micrófono Lavalier (de solapa), con posibilidad de utilizar un micrófono con cancelación de ruido interno en el dispositivo como también existirá en versiones posteriores la posibilidad de utilizar un teléfono móvil conectado inalámbricamente como micrófono distante, a su vez el alumno contará con el receptor, unidad de procesamiento y los micro vibradores colocados en una faja ajustable a la altura del tórax.
- Rango de frecuencias: será el limitado por la voz humana el cual tiene un ancho de banda que va desde 200 Hz a 8000 Hz.
- Siete canales de salida: en el receptor el cual llevará consigo el alumno, contará con siete micro vibradores para las siete bandas de frecuencias, es decir que los 7,8 KHz de ancho de banda serán distribuidos en esos siete canales.

El dispositivo consta de tres etapas claramente diferenciables.

Una primera etapa la cual toma las variaciones sonoras mediante un micrófono, pre-amplifica y la filtra entre 200 Hz y 8 KHz. Una segunda etapa que digitaliza la señal resultante de la primera etapa y realiza un análisis mediante la transformada rápida de Fourier por medio del cual se identifican las frecuencias de mayor amplitud. Finalmente, una tercera etapa la cual mediante el resultado obtenido del análisis de frecuencias gobierna el movimiento de cada uno de los micro vibradores que posee la persona receptora.

Teniendo en cuenta las frecuencias preponderantes en el habla se dividieron estas bandas en siete canales. Cada canal así definido cubre el rango de frecuencia de uno de los varios formantes asociados con vocales y consonantes, distribuidos de

la siguiente manera según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1  
Correlación de frecuencias y canales

Grupo	Frecuencias		Canal
	Inicial (Hz)	Final (Hz)	
F1	100	399	Ch. 1
F1	400	599	Ch. 2
F1	600	799	Ch. 3
F1	800	1199	Ch. 4
F2	1200	1599	Ch. 5
F2	1600	2999	Ch. 6
F2	3000	7000	Ch. 7

Una vez determinadas las bandas o canales nos encontramos con una tercera etapa de potencia la cual, mediante controladores, activa cada uno de los siete transductores, micro vibradores colocados en la persona receptora.

#### V. PROTOTIPO

Se utilizó como núcleo central un procesador ARM Cortex A53 de 64 bits, con periféricos embebidos en una misma placa: WiFi, Bluetooth y módulo de sonido.

Adicionalmente se desarrolló etapas para la visualización óptica mediante leds, manejo de energía y carga de batería para la portabilidad del dispositivo.

Para la etapa de gobierno de los actuadores se dispondrá en la misma faja, que será colocada a la altura del tórax, cada uno de los micro vibradores con un controlador comandados por el protocolo I<sup>2</sup>C (circuito inter-integrado), logrando una disminución del cableado del dispositivo hacia la faja donde contendrá los mismos y posibilitando más adelante sumar más canales. El esquema general puede observarse en la Fig. 2.

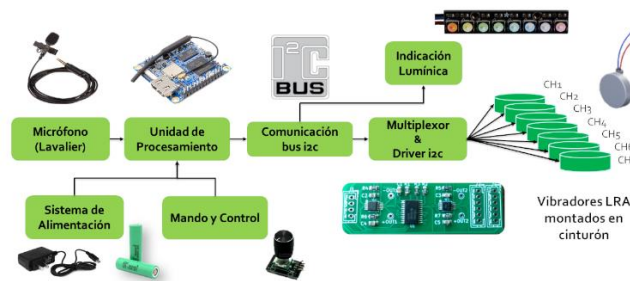


Fig. 2 - Esquema del Prototipo

##### A. Micrófono Lavalier.

Se seleccionó un micrófono condensador debido a su amplia respuesta en frecuencia (35 Hz a 16 KHz) y rápida

respuesta dinámica que se ajusta a nuestro propósito de captar sonidos con gran cantidad de armónicos. Su sensibilidad es de  $-30 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB}$ .

Se optó por omnidireccional que responde uniformemente a la presión desde todas las direcciones, por no emplear cavidades resonantes que adicionan distorsión al sonido original.

Al hablar se emiten golpes de aire cuando se pronuncian las letras "P", "S", "T" y "K" que pueden sobrecargar la cápsula del micrófono, para evitar dicho efecto se empleó protectores antiviento o antiestallido acústico como método para reducir el efecto del viento desde todas las direcciones.

Además, cuenta con un clip metálico que permite las manos libres del docente y facilitar su interacción.

### B. Unidad de Procesamiento

Se empleó un sistema embebido marca Orange Pi modelo Zero Plus2 [4], el cual cuenta con las siguientes características principales que se ajustan para un prototipo portable y de poder de procesamiento suficiente:

- Procesador ARM Cortex A53 1,2 GHz
- Memoria RAM 512 Mb DDR3
- Almacenamiento 8 Gb Flash
- Peso 36 g
- Dimensiones 46 mm x 48 mm
- Bajo consumo energético (5 V - 1 A)

El programa de procesamiento de audio y gobierno de los actuadores y luces fue desarrollado en lenguaje C, debido que es más eficiente para traducirlo al lenguaje máquina, minimizando los tiempos de compilación y ejecución.

El programa comienza con la inicialización de ALSA (Arquitectura de sonido avanzada de Linux) [5] para la habilitación del flujo de audio proveniente del periférico de audio. A través de un bucle infinito, se toman muestras de audio digital a una velocidad de muestreo de 44,1 KHz con una resolución de 32 bits. Cada muestra es adecuada aplicando una ventana de Hamming a fin de evitar las discontinuidades al principio y al final de los bloques analizados, mostrado en la Fig. 3, descrito por la siguiente función:

$$v(n) = a_0 - a_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$$

$$a_0 = 0,53836a_1 = 0,46164$$

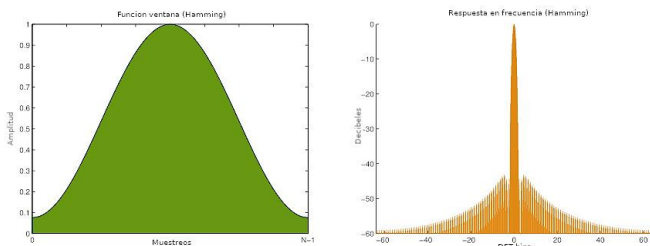


Fig. 3 - Ventana de Hamming y su respuesta en frecuencia

Para su compilación se empleó GCC (GNU Colección Compilación) y su diagrama de flujo puede observarse en la Fig. 4.

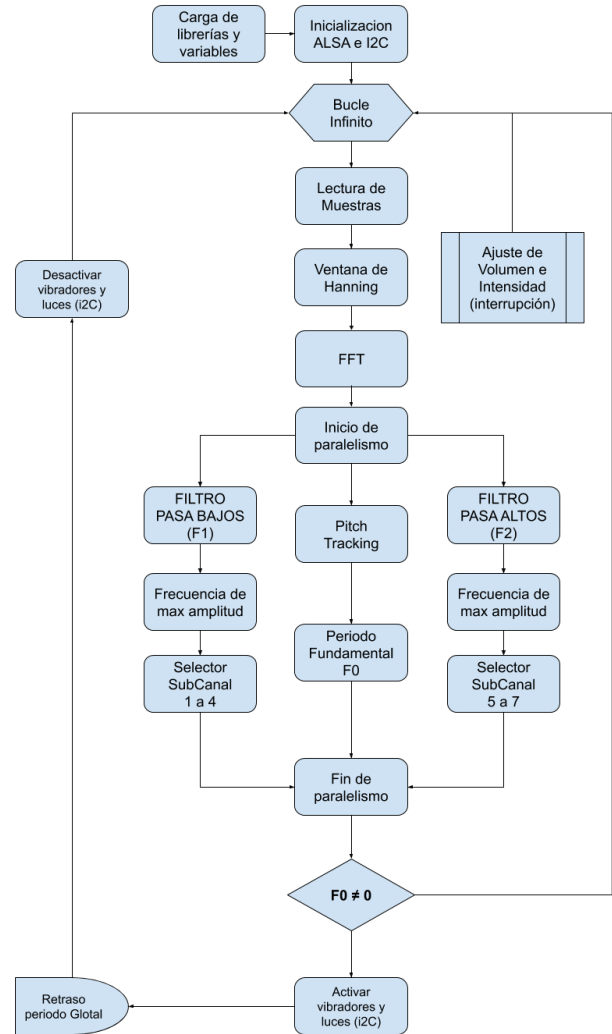


Fig. 4 - Diagrama de flujo del algoritmo de procesamiento

Luego de su adecuación se aplica la transformada rápida de Fourier (FFT) que permite descomponer los fragmentos de sonido en el dominio del tiempo en sus componentes de frecuencia.

La biblioteca usada en este caso es KissFFT de libre distribución, con buenos resultados en cuanto a rendimiento y precisión [6].

Un procesamiento básico de la señal será suficiente para poder discernir en una componente grave (F1) y en otra componente aguda (F2) que caracterizan a las formantes, por lo que podremos trabajar con transformadas de Fourier (parte real).

A fin de optimizar los tiempos, directamente se utilizó el filtraje en el dominio de la frecuencia. Para ello se definió un umbral de frecuencia máxima y mínima, que evalúa cada elemento del arreglo del FFT mediante comparación.

De la muestra de sonido también se aplica un algoritmo de pitch tracking (detección de tono) para estimar el tono o la frecuencia fundamental (F0) de una señal cuasiperiódica u oscilante, como una grabación digital de voz. El algoritmo empleado es el pYin basada en el método de autocorrelación [7]. La frecuencia fundamental del habla puede variar de 40 Hz para voces masculinas de tono grave a 600 Hz para niños o voces femeninas de tono agudo.

Además, se empleó múltiples hilos del procesador para la ejecución en paralelo de filtros pasa bajos, filtro pasa altos y obtención del periodo fundamental. Se utilizó la biblioteca OpenMP, que es una interfaz de programación de aplicaciones para la programación multiproceso de memoria compartida basado en el modelo de ejecución fork-join [8].

Finalmente se compara si hay frecuencia fundamental para la activación los micro vibradores (estimulación táctil) y luces (estimulación visual) representando dos de los canales definidos.

### C. Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación se compone de un circuito de gestión de carga TP5100 [9] y un circuito elevador MT3608 para trabajar con una batería [10].

Como fuente de alimentación se emplea una batería Li-Ion (ion de Litio) 14500 que provee una tensión nominal de 3,7 V con una capacidad de 2 Ah. Tiene un peso de 27 g y un tamaño estándar AA. Respecto a otras baterías, como LiPo (polímero de litio), las de Li-ion provee una gran estabilidad y seguridad ante cortocircuitos o sobrecargas de tensión.

El circuito de gestión de carga se utiliza para restituir la energía a la batería cuando esta disminuye por debajo de ciertos umbrales que impiden el funcionamiento al dispositivo alimentado. Para suministro de carga se emplea una fuente conmutada como por ejemplo un cargador de celular, mediante una conexión micro USB.

El circuito elevador es el encargado de aumentar la tensión suministrada por la batería de 3,7 V hasta los 5 V, manteniéndola constante, que requiere el microprocesador Orange Pi, el microcontrolador ATtiny85 y los módulos periféricos como controladores de vibradores y luces.

Para permitir la alimentación con una fuente externa mientras simultáneamente se energiza el sistema, se dispuso de una llave constituida por un MOSFET para que conmute directamente la corriente suministrada al circuito de elevación.

El sistema de gestión de energía es comandado por el microcontrolador ATtiny85 de la marca Microchip [11], que permite representar gráficamente mediante leds el nivel de batería, impedir su funcionamiento cuando se encuentra descargado y apagar la unidad de procesamiento en forma controlada ante falta de batería.

### D. Mando y Control

Se empleó un codificador rotatorio con interrupción, de acuerdo a la combinación en cada giro mediante un disco codificado se obtiene un código Gray a su salida para interpretar, según su giro, el aumento o disminución de volumen y sensibilidad según la opción que se elija con el

interruptor. El mismo consta de 8 niveles para la sensibilidad de captación de sonido y 4 niveles para la intensidad de vibración.

### E. Indicación Lumínica

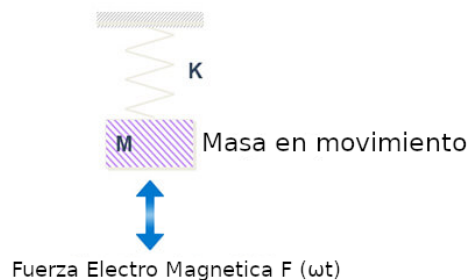
Se empleó una tira de 8 unidades de luces basados en el led RGB (Rojo-Verde-Azul) que permiten representar 256 tonos de color de la paleta RGB en forma independiente 5050 [12]. Cada LED es direccionable ya que el chip del controlador está dentro con un almacenamiento limitado. Tiene un consumo máximo de 60 mA por cada led. Cada uno posee una fuente de corriente constante de 18 mA, por lo que el color será muy uniforme incluso si el voltaje varía, y no se requieren resistencias de limitación externas, lo que hace que el diseño sea delgado. Alimentando dicha tira con 4 a 7 V de corriente continua. Posee una sola línea de datos con un protocolo muy específico de tiempo. Dado que la comunicación es muy sensible a las demoras requiere un microcontrolador, que en nuestro caso se utilizó un ATtiny85 [11].

Cada unidad tiene una memoria de 3 bytes donde almacena su estado de los 3 leds que lo componen, este dato lo envía el microcontrolador al primer led, este lo almacena, y una vez terminada su comunicación pasa a ser transmisor del siguiente dato a la próxima unidad.

Los datos de todas las unidades se envían en serie uno detrás del otro y cada uno almacena el que lleva su dirección y deja pasar el siguiente para la unidad correspondiente. Como esta transmisión se realiza a velocidades de unos 400 Hz, no es perceptible por el ojo humano produciendo el efecto de simultaneidad de encendido de todos los leds.

### F. Actuadores (Vibradores) y Sistema de Comunicación

Se emplearon dispositivos de vibración lineal (LRA) que proporciona un tiempo de respuesta más rápido y una vida útil mayor en comparación con los vibradores de masa de rotación excéntrica (ERM). Como tal, el actuador de vibración lineal (LRA) se usa más comúnmente en dispositivos portátiles, por ejemplo, en algunos teléfonos móviles entre otros. El principio de funcionamiento es el de una masa oscilante retenida por un resorte como puede apreciarse en la Fig. 5.



$$\ddot{x} + \frac{C}{M}\dot{x} + \frac{K}{M}x = \frac{F}{M}$$

M: Masa  
 C: Coeficiente de amortiguamiento viscoso  
 K: Constante del resorte  
 x: Desplazamiento  
 F: Fuerza

Fig. 5 - Aceleración generada por masa oscilante



Además, los motores de vibración lineal (LRA) son capaces de vibrar a una frecuencia más constante con menos consumo de energía, brindando una mejor calidad para la experiencia háptica, los mismos poseen una frecuencia de trabajo óptimo.

El efecto se produce en una dirección transversal generando una vibración producida través de la fuerza electromagnética y el modo de resonancia creado por vibraciones generadas por ondas sinusoidales, como puede observarse en la Fig. 6.

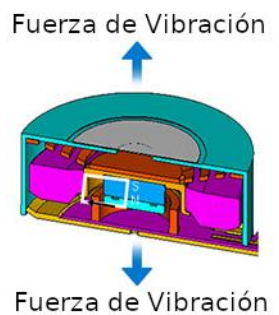


Fig. 6 - Eje Z del actuador LRA

Un actuador resonante lineal es un actuador de vibración de precisión que produce una fuerza oscilante a través de un solo eje. A diferencia de un motor de masa giratoria excéntrica (ERM) de corriente continua (CC), un actuador de vibración lineal se basa en un voltaje de corriente alterna (CA) para accionar una bobina de voz presionada contra una masa en movimiento que está conectada a un resorte. Cuando la bobina móvil se acciona a la frecuencia resonante del resorte, todo el actuador vibra con una fuerza perceptible.

Aunque la frecuencia y la amplitud de un actuador resonante lineal pueden ajustarse cambiando la entrada de CA, el actuador debe accionarse a su frecuencia resonante para generar una cantidad significativa de fuerza para una corriente grande.

**Características:**

- Respuesta rápida a la vibración (tiempo de subida, tiempo de caída) y minimiza el diseño de vibración residual.
- Diseño compacto, bajo ruido, alta eficiencia y confiabilidad, diseño mejorado de impacto de caída.
- Se deben agregar controladores para activar estos de manera controlada.
- Motor lineal que vibra en la dirección Z
- Bajo consumo de energía en comparación con las características de vibración implementadas a través del bajo voltaje.
- El tiempo de arranque típico para un motor de vibración lineal es de aproximadamente 5-10 ms, una fracción del tiempo requerido para producir una vibración con un motor ERM.

En esta evaluación también se comparó el consumo de energía en distintos tipos de vibradores como ERM, LRA y piezoeléctricos obteniendo un mejor rendimiento los LRA frente a diferentes efectos de activación.

Para poder hacer uso de las características de los actuadores LRA y cómo deben energizarse con una corriente alterna, es necesario un puente H que conmuta la alimentación del mismo para generar los cambios de polaridad.

A tal fin se eligió un controlador de Texas Instrument DRV2605L [13] que tiene un puente H en su salida y es controlado mediante un canal de datos I<sup>2</sup>C como puede observarse en la Fig. 7.

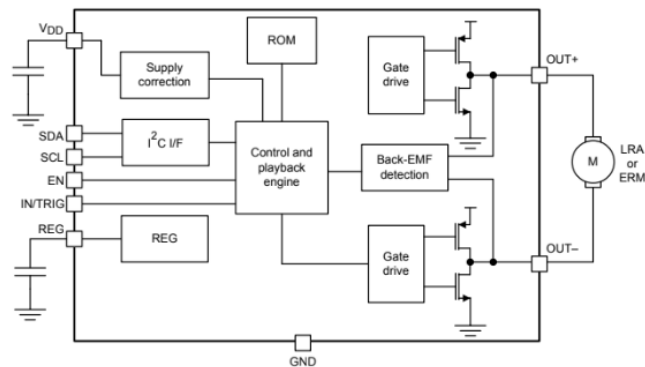


Fig. 7 - Diagrama en bloques del DRV2605L

La forma de oscilación que representa el vibrador puede ser comandada según el efecto que se selecciona y se envía por el canal de I<sup>2</sup>C, al igual que su duración e intensidad.

Estos circuitos integrados de montaje superficial tienen la particularidad que su direccionamiento I<sup>2</sup>C es único y no puede ser modificado, por tal motivo para poder controlar individualmente los 7 canales que terminan actuando sobre los micro vibradores fue necesario realizar una multiplexación del canal I<sup>2</sup>C de donde provienen las órdenes del microprocesador. Para ello se empleó otro circuito integrado llamado TCA9548A de la marca Texas Instruments [14] que posee una entrada de I<sup>2</sup>C donde se conecta la línea de datos desde la unidad de procesamiento y en su salida se obtienen 8 canales independientes I<sup>2</sup>C multiplexados como es mostrado en la Fig. 8.

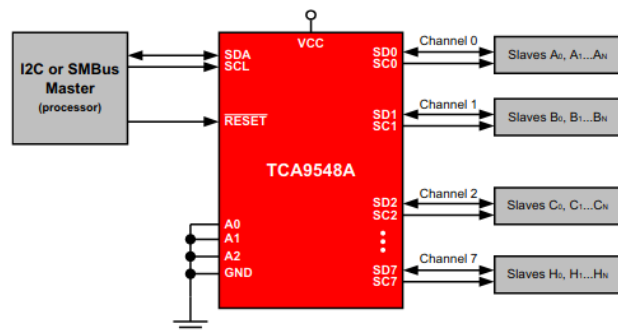


Fig. 8 - Diagrama simplificado de aplicación

En base a esto se diseñaron circuitos impresos (PCB) para comandar dos vibradores por placa donde la primera en la

cadena de la faja posee el multiplexor junto a dos controladores, el resto cuentan con dos controladores por placa.

Se confeccionó el circuito impreso en un tamaño lo suficiente pequeño 53 mm x 18 mm doble cara, para poder montarlo en la faja donde también se colocan los vibradores. Dicho diseño puede observarse en la Fig. 9.

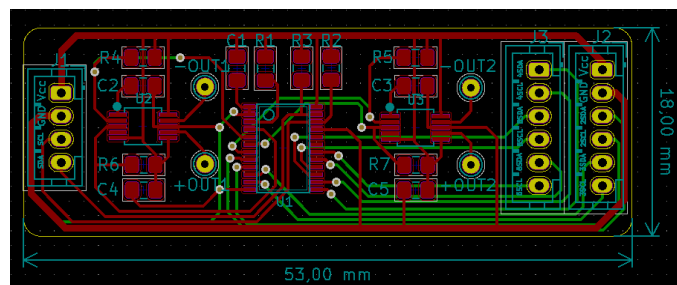


Fig. 9 - Diseño PCB para multiplexor y controladores

Finalmente se construyó el PCB soldando los componentes de montaje superficial como se ve en la Fig. 10, donde en el extremo izquierdo ingresan las líneas de dato y reloj de la Orange Pi correspondiente al I<sup>2</sup>C maestro junto con la alimentación. Del lado derecho salen los canales para los demás controladores para completar los 7 vibradores.



Fig. 10 - Circuito impreso con los componentes soldados primera

Las siguientes placas que se conectan en cascada llevan únicamente los controladores y dependen de la primera en la cadena que es la que divide los canales I<sup>2</sup>C.

Finalmente se ensamblan sobre una faja ajustable las distintas placas con los vibradores como se observa en la Fig. 11, para poder colocarse en la parte superior del tórax de la persona que recibirá la estimulación táctil.



Fig. 11 - Faja con los vibradores y sus controladores

## V. RESULTADOS

El proyecto se encuentra en la etapa pruebas, evaluando los resultados junto con una fundación receptora de ayuda a la discapacidad auditiva, para realizar los ajustes necesarios tanto en lo referente a la electrónica y software de control.

Así mismo se han estudiado papers sobre sustitución sensorial y se han realizado contactos y reuniones con especialistas para conocer la actual utilización en niños con problemas de audición.

Por otro lado, también se encuentran avanzadas las gestiones para lograr los convenios con instituciones que podrán utilizarlo.

## VI. CONCLUSIONES O DISCUSIÓN ABIERTA

El proyecto presenta varios desafíos tecnológicos a resolver, pero más importante que todo esto es el fuerte contenido social de la propuesta, con la integración a la sociedad de personas con discapacidad.

También interpela a los distintos actores de la comunidad, quienes se convierten en protagonistas indispensables para la colaboración en el proceso de financiación, construcción, ensamble, testeo y entrega de equipos. Y apunta a consolidar puertas adentro de las instituciones la formación de nuevos equipos de investigación y desarrollo.

## REFERENCIAS

- [1] Charles E. Speaks (1992). Introduction to Sound: Acoustics for Hearing and Speech Sciences. California, Estados Unidos: Singular Publishing Group, Inc.
- [2] Ray D. Kent (1992). The Acoustic Analysis of Speech. California, Estados Unidos: Singular Publishing Group, Inc.
- [3] Barry E. Stein (2012). The New Handbook of Multisensory Processing. Massachusetts, Estados Unidos: The MIT Press.
- [4] Orange Pi Zero Plus2(H5) User Manual, Shenzhen Xunlong Software CO. [https://drive.google.com/file/d/1PR8EzIsVrMSPNIh6K1f6HhMrFj\\_kIWdF/view](https://drive.google.com/file/d/1PR8EzIsVrMSPNIh6K1f6HhMrFj_kIWdF/view)
- [5] Jan New March (2017). Linux Sound Programming. Oakleigh, Victoria, Australia: Apress.
- [6] KISS FFT, Mark Borgerding <https://github.com/mborgerding/kissfft/blob/master/README.md>
- [7] Papper Yin, a fundamental frequency estimator for speech and music (2001). Wakayama, Japón: Wakayama University.
- [8] OpenMP Application Programming Interface Version 5.0 November 2018, OpenMP Architecture Review Board. <https://www.openmp.org/wp-content/uploads/OpenMP-API-Specification-5.0.pdf>
- [9] TP5100 2A-switch buck 8.4V / 4.2V rechargeable lithium battery Data Sheet, NanJing Top Power ASIC Corp. <http://www.tp-asic.com/res/tp-asic/pdres/201505/tp5100.pdf>
- [10] MT3608 2A High Efficiency 1.2MHz Current Mode Step-Up Converter, AEROSEMI. <http://www.aerosemi.com/product/MT3608.html>
- [11] Atmel ATtiny25, ATtiny45, ATtiny85 Datasheet, Microchip [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2586-AVR-8-bit-Microcontroller-ATtiny25-ATtiny45-ATtiny85\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2586-AVR-8-bit-Microcontroller-ATtiny25-ATtiny45-ATtiny85_Datasheet.pdf)
- [12] Technical data sheet SMD 5050 RGB, DREAMLAND <https://datasheetspdf.com/pdf-file/944971/DREAMLAND/5050/1>
- [13] DRV2605L 2- to 5.2-V Haptic Driver for LRA and ERM with Effect Library and Smart-Loop Architecture datasheet (Rev. D), Texas Instruments. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv2605l.pdf>
- [14] TCA9548A Low-Voltage 8-Channel I2C Switch with Reset datasheet (Rev. G), Texas Instruments. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tca9548a.pdf>