

AUDIOMETRO DIGITAL BASADO EN EL MICRO-CONTROLADOR "8748"

MARTINEZ BAEZ Celia MEDINA RUIZ María AYALA PERDOMO Roberto

Sub-Sistema de Ingeniería Clínica

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

RESUMEN

Se presenta un equipo para audiometría aérea de tipo tonal, con dos modos de operación: manual y automático. Genera 8 frecuencias a 21 niveles de amplitud. También permite enmascaramiento mediante ruido blanco. Incluye también intercomunicación con el paciente.

El micro-controlador organiza la totalidad de las funciones, que se seleccionan mediante teclado de membrana especialmente diseñado.

Los umbrales deben ser determinados para cada oído en cada estudio por separado, por lo que es necesario "eliminar" al oído opuesto. El ensordecimiento es absolutamente indispensable en numerosos casos para eliminar la audición contralateral. Uno de los métodos empleados para esto es el ruido blanco.

El ruido blanco es la emisión simultánea y a intensidad igual de todas las frecuencias del espectro. Para definir la intensidad en la cual se ensordece, se deben respetar las siguientes condiciones:

- * El ensordecimiento debe enmascarar la audición coclear del oído

• el paciente.

• No debe enmascarar la audición coclear del oído interruido. Habitualmente la intensidad es de 15 dB.

Para llevar a cabo una prueba audiométrica se requiere de un equipo consistente en un generador de señal auditiva con frecuencia y amplitud variables; ambos deben estar dentro de los límites de percepción humana y no deben causar molestiar o daño al oído. Los rangos de frecuencia que percibe el ser humano van de 20 a 20 kHz y la máxima amplitud en decibeles antes de causar molestiar es de 150 dB.

El equipo también debe contar con un generador de ruido de enmascaramiento, con unos audífonos de baja impedancia que hagan la suficiente presión sobre los oídos para evitar pérdidas de la señal auditiva.

El objetivo de este proyecto es diseñar un audiómetro digital y controlado por un micro-controlador, que cumpla con las normas internacionales, y que se pueda utilizar confiablemente en un consultorio de terapia de audición y lenguaje.

Dentro del diseño del aparato se consideraron los siguientes requerimientos:

- Que fuera de fácil manejo, tanto en su funcionamiento como en su operación.
- Que su estructura fuera sencilla y lo más económica posible.
- Que se utilizaran el mínimo de componentes.
- Que se contara con diversas opciones, como serían: modos de operación (manejado - automático), prueba en uno o en ambos oídos, comunicación con el paciente (microfonos).

PRESENTACION

El audiometro que se presenta en este trabajo, es tipo tonal, lo que significa presentar una señal de frecuencia pura a diversas amplitudes y frecuencias. El rango de frecuencias que maneja va de 125 Hz a 8 kHz de octava en octava (ISO 7029 -1994). Las amplitudes se manejan en unidades de decibeles en un rango de 5 a 100 dB, variando cada 5 dB. Ambos rangos obedecen a normas establecidas por la ISO (International Standard Organization) que además establece que la señal de estimulación debe ser de tipo senoidal debido a que es una señal suavizada, que la hace más aceptable al oído.

Para enmascaramiento se cuenta con un generador de ruido blanco, que se aplica en el oído no estudiado.

Se cuenta con dos modos de operación: Manual y Automático.

En el modo manual se puede seleccionar la frecuencia y amplitud que se desee para luego esperar durante 5 segundos, la respuesta del paciente, la cual se da por medio de un botón de respuesta y que se observa en el panel principal por medio de un led indicador.

En el modo automático se programara una frecuencia y amplitud iniciales para que luego el equipo por si solo recorra todo el rango de amplitudes y frecuencias esperando la respuesta del paciente. Si no hay respuesta del paciente se incrementa la amplitud de 5 en 5 dB hasta que haya respuesta o se llegue a la última amplitud (100 dB), en ambos casos se incrementa en 1 octava el valor de la frecuencia, se comienza con una amplitud

de 5 dB. El modo automático termina cuando se llega a la frecuencia inicial programada, el sistema pasa automáticamente al modo manual.

Para la selección de frecuencia y amplitud se emplea un teclado de membrana lo que hace atractivo el diseño.

Para indicar el valor de la frecuencia en el panel se enciende un led que indica el valor correspondiente dentro de una barra de "leds". El valor de la amplitud se despliega en 3 "displays".

Se cuenta además con: 2 "leds" que nos indican que es lo que se debe programar (frecuencia / amplitud); selector de oído (derecho / izquierdo); selector de modo (manual / automático); selección de señal audible en un oído o en ambos; microfono con volumen variable para comunicación con el paciente y un botón de "RESET" para reinicialización del proceso.

En la figura 1 se muestra la distribución y contenido del panel principal. Aparecen los interruptores, el teclado, la parte de despliegue y demás controles (volumen del microfono, botón de reinicio, encendido/apagado del aparato).

En el lado izquierdo se tiene la conexión para la alimentación y para el microfono, en el lado derecho se tiene la conexión para los audifonos y para el botón de respuesta del paciente.

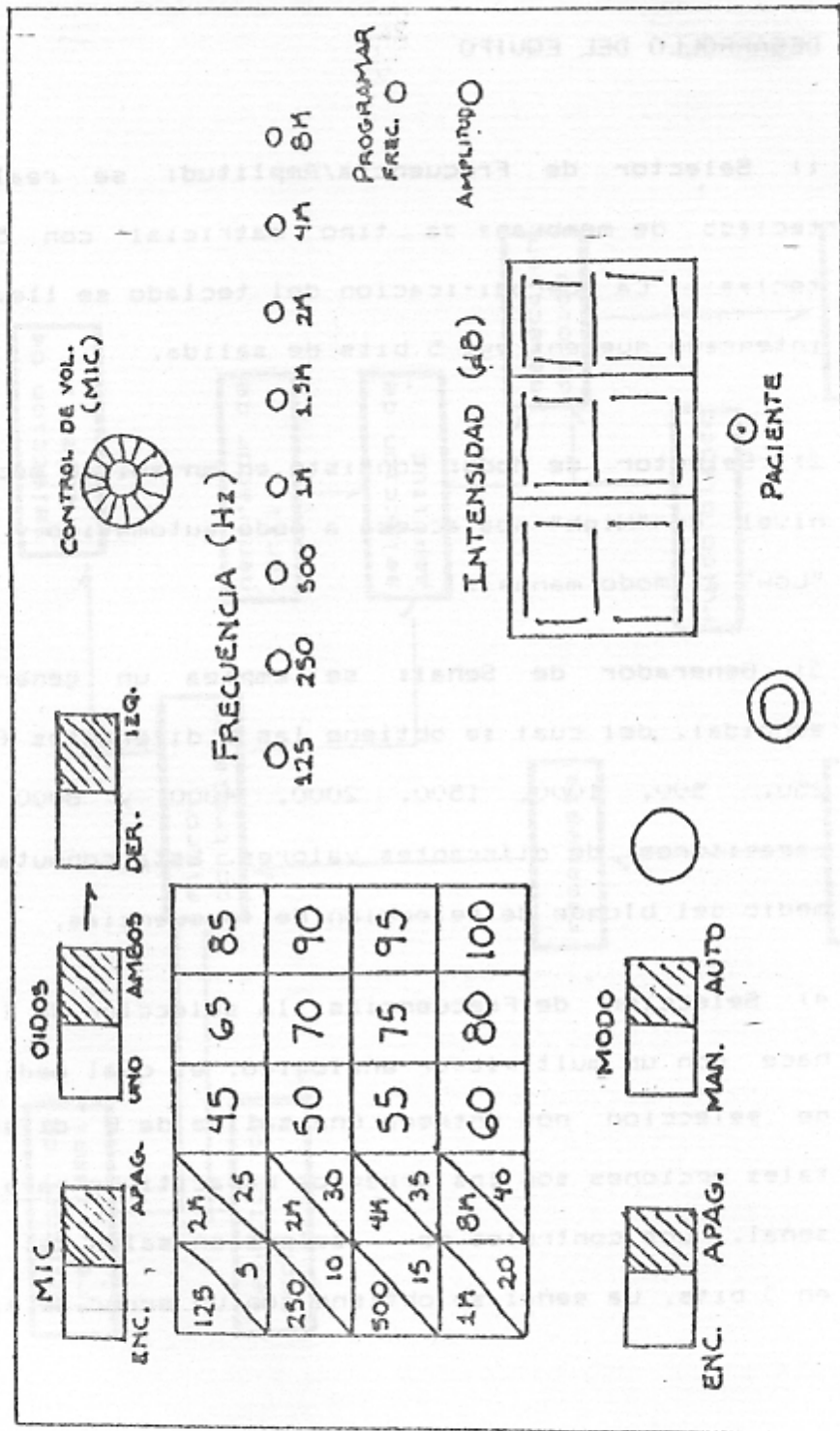


Fig. 1 PANEL DE CONTROL DEL INSTRUMENTO

Incluye un teclado de membrana y un despliegue luminoso numérico.

DESARROLLO DEL EQUIPO

- 1) **Selector de Frecuencia/Amplitud:** se realiza mediante un teclado de membrana de tipo matricial con 5 x 4 líneas (20 teclas). La decodificación del teclado se lleva a cabo con un integrado que entregue 5 bits de salida.
- 2) **Selector de Modo:** consiste en un switch mecánico que con un nivel de "High" nos accesa a modo automático y con un nivel de "Low" al modo manual.
- 3) **Generador de Señal:** se emplea un generador con salida senoidal, del cual se obtiene las 8 diferentes frecuencias (125, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 4000 y 8000 Hz) conmutando capacitores de diferentes valores. Esta conmutación se hace por medio del bloque de selección de frecuencias.
- 4) **Selección de Frecuencias:** la selección de la frecuencia se hace con un multiplexor analógico, el cual mediante 3 controles de selección nos entrega una salida de 8 diferentes opciones; tales opciones son los arreglos capacitivos para el generador de señal. Los controles de selección salen del microcontrolador en 3 bits. La señal se obtiene con un error de +/- 3%.

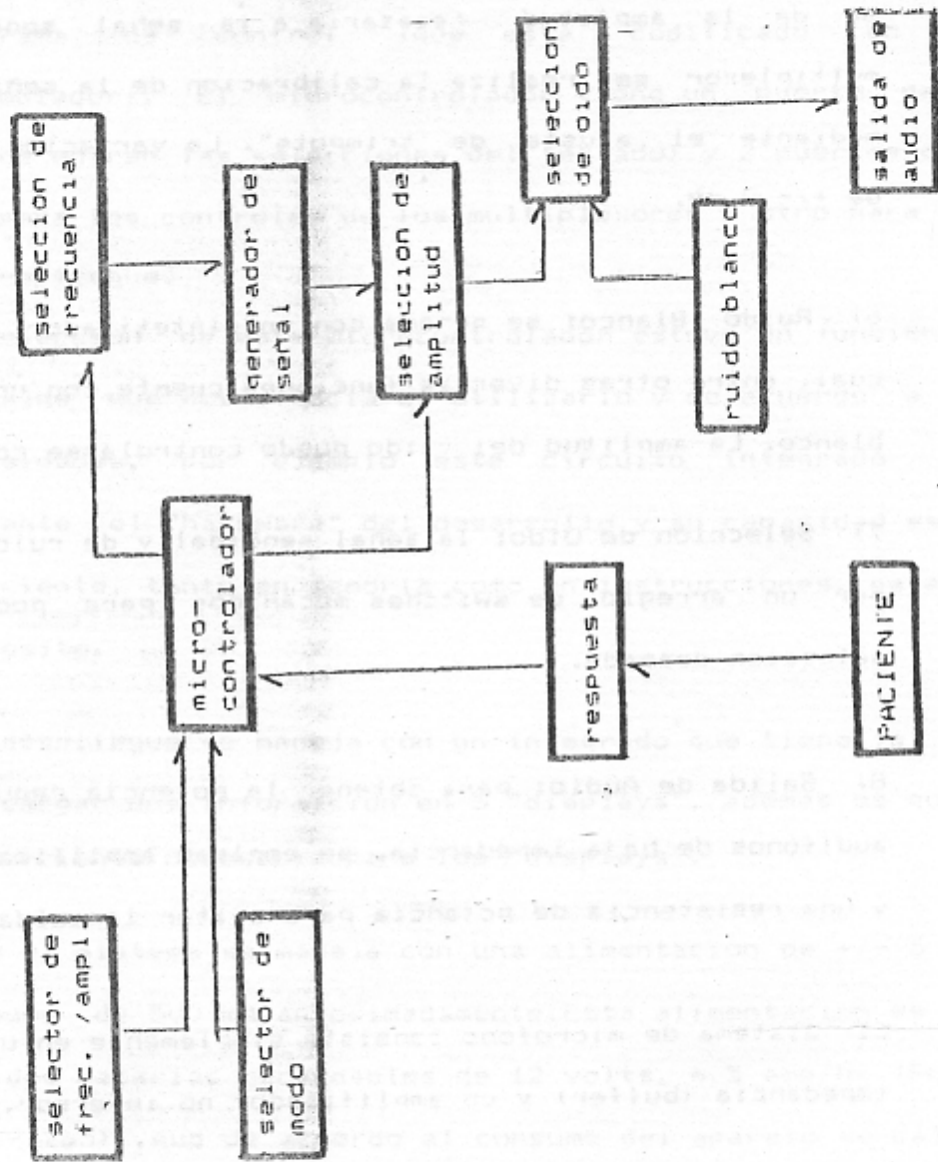


Fig. 2 DESARROLLO A BLOQUES DEL SISTEMA

5) Selección de Amplitud: también se lleva a cabo con un multiplexor analógico, en el cual, mediante un arreglo resistivo se da la amplitud necesaria a la señal senoidal. En otro multiplexor se realiza la calibración de la señal en amplitud mediante el ajuste de "trimpots". La variación de la señal es de ± 2 dB.

6) Ruido Blanco: se genera con un sintetizador de sonido, el cual, entre otras diversas funciones cuenta con un modo de ruido blanco. La amplitud del ruido puede controlarse con un "trimpot".

7) Selección de Oído: la señal senoidal y de ruido blanco pasan por un arreglo de switches mecánicos para poder obtener la selección deseada.

8) Salida de Audio: para obtener la potencia requerida por los audífonos de baja impedancia, se emplean amplificadores de audio y una resistencia de potencia para evitar la caída de la señal.

El sistema de microfono consiste simplemente en un acoplador de impedancia (buffer) y un amplificador no inversor.

De acuerdo a los requerimientos del aparato en cuanto a su funcionamiento, se empleo un microcontrolador de la marca INTEL (MCS-8748) que cuenta con las siguientes características: fácil manejo, comercial, económico, sus especificaciones se encuentran

facilmente .contiene dos niveles de interrupcion singulares .facil expansion de memoria entre otras caracteristicas.

Todo el sistema este controlado por este microcontrolador reprogramable, lo que permite actualizar y darle mantenimiento al programa de control (que este codificado en lenguaje ensamblador). El microcontrolador tiene un puerto de entrada (donde entran las selecciones del teclado) y 2 puertos de salida: uno para los controles de los multiplexores y otro para el manejo de despliegue.

La eleccion de este microcontrolador estuvo en funcion de las ventajas que nos ofrecia el utilizarlo y de acuerdo a nuestras necesidades, por ejemplo este circuito integrado disminuye bastante el "hardware" del desarrollo y su capacidad es mas que suficiente, tanto en memoria como en instrucciones, para nuestro proposito.

El despliegue se maneja con un integrado que tiene la capacidad de cargar una informacion en 5 "displays", ademas de que maneja la corriente necesaria para los "displays".

Todo el sistema se maneja con una alimentacion de +/- 5 V con un consumo de 500 mA aproximadamente. Esta alimentacion es provista por dos baterias recargables de 12 volts, 6.5 amp/hr (Power Sonic PS -1265) ,que de acuerdo al consumo del aparato se calculo que requieren recargarse cada 15 hrs. de uso .Estas baterias son muy resistentes , no requieren ningun electrolito , vienen selladas

con una cubierta de poliestireno.

Están conectadas en dos modos:

- 1.- A dos reguladores de +5 volts y -5 volts, de los cuales, ya se obtiene la alimentación directa al aparato. Tiene un indicador para cuando están bajas.
- 2.- Al cargador, el cual es de 13.8 volts y está limitado en corriente a 1 amp. para no dañar las baterías cuando estas se recargan. Tiene un indicador para cuando ya están cargadas.

El modo de conexión se controla con un controlador mecánico.

RESULTADOS

Tomando en cuenta los objetivos planteados, se llegó a la realización óptima del equipo, ya que sí cumple con los requerimientos planteados en un principio:

- Se comprobó que sí es de fácil manejo, ya que se realizaron pruebas con diferentes tipos de operarios (p.e.: ing. biomedicos, ing. electronicos, terapistas y audiologos), quienes manifestaron su aprobación en cuanto a la efectividad del audiometro.

- En cuanto a su desarrollo físico, se logró que fuera práctico.

Su tamaño es de: 31 cms. de ancho, 22 cms. de largo, la altura mayor es de 7.5 cms. y la menor de 3 cms., es decir el panel tiene una inclinación (aprox. 15 grados). Su peso es mínimo

aprox. 700 grms.) , el mayor peso se tiene en la caja de las baterías y el cargador, que están separadas del audiometro.

- Se utilizaron lo mínimo en componentes electrónicos, lo cual disminuyó el costo y el tamaño.
- Tiene las opciones de operación planteadas.
- Se realizaron algunas audiometrías preliminares, las cuales demostraron que el audiometro es confiable ya que se presentó una pequeña diferencia con respecto a las audiometrías tomadas con un equipo comercial (un error de aprox. 5 dBs). Estas pruebas se llevaron a cabo en una cámara aislada y en 10 gentes.

En cuanto a las limitaciones que encontramos durante el desarrollo, están las siguientes:

- El obtener el un generador de ruido blanco que fuera comercial.
- Encontrar los audifonos adecuados, que cumplieran con los requerimientos del aparato (baja impedancia, ancho de banda de frecuencia, rechazo al ruido, acoplamiento con los oídos). Los audifonos especiales para audiometro no se encuentran en el mercado nacional por lo que su precio de importación es muy elevado comparado con el costo total del aparato (componentes, accesorios, diseño).
- Se presentó interferencia con la línea, la cual repercutía en la alimentación de todo el aparato. Es por eso que se optó por

las baterías recargables, que a su vez hicieron portátil al aparato.

CONCLUSIONES

Gracias al empleo de un microcontrolador, la cantidad de circuitos integrados se reduce considerablemente y por lo tanto, el costo se reduce de igual forma. También nos permite hacer modificaciones en el programa de control de acuerdo a las necesidades del usuario.

Por las indicaciones que se encuentran en el panel principal, el manejo del equipo se simplifica en gran medida: solamente cuenta con la desventaja de que el teclado de membrana es un elemento muy propenso a sufrir daño por un mal manejo por parte del usuario.

Dado que el diseño fue realizado en su totalidad aquí en México, las refacciones son de fácil acceso y obtención en el mercado nacional; además que muchas de sus partes están garantizadas de por vida.

El mantenimiento de este equipo es fácil de realizar, debido a la distribución que se hizo de los componentes: pistas, conectores, cables y accesorios.

Aunque el sistema cumple con las regulaciones determinadas por la ISU, carece de algunas funciones que otros equipos comerciales tienen, como por ejemplo: conduccion por via ósea y modo pulsado. Sin embargo, en todas sus demas funciones es bastante competitivo con respecto a las marcas que se encuentran en el mercado.

Durante todo el desarrollo se conto con los recursos necesarios como:

- información(manual) y herramientas (editor, simulador, emulador, y programador) para la utilizacion del microcontrolador.
- un sonometro para la calibracion del audiometro.
- disponibilidad de una camara aislada.

BIBLIOGRAFIA

- Audicion v Sordera
Hallowell Davis,
S. Richard Silverman
Ediciones Cientificas-La Frensa Medica Mexicana. S.A.
- Audiometria Clínica
M. Portman,
C. Portman
Fondo Editorial de Foray-Masson, S.A.
2a. Edicion, 1975
- Microcomputer architecture and programming
Wakerly,
Wiley.