

**INFORME DE MONTAJE Y PRUEBAS  
DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA ADQUIRIR  
LOS POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS**

**ACTIVIDADES:**

**A02-2: Diseño de los circuitos electrónicos**

**A02-3: Montaje y pruebas en protoboard de los circuitos que conforman el  
circuito amplificador de potenciales evocados auditivos**

**PROYECTO:**

**Diseño y Construcción de un Prototipo de Equipo para Audiología Objetiva  
(PEATC)**

**CONTENIDO**

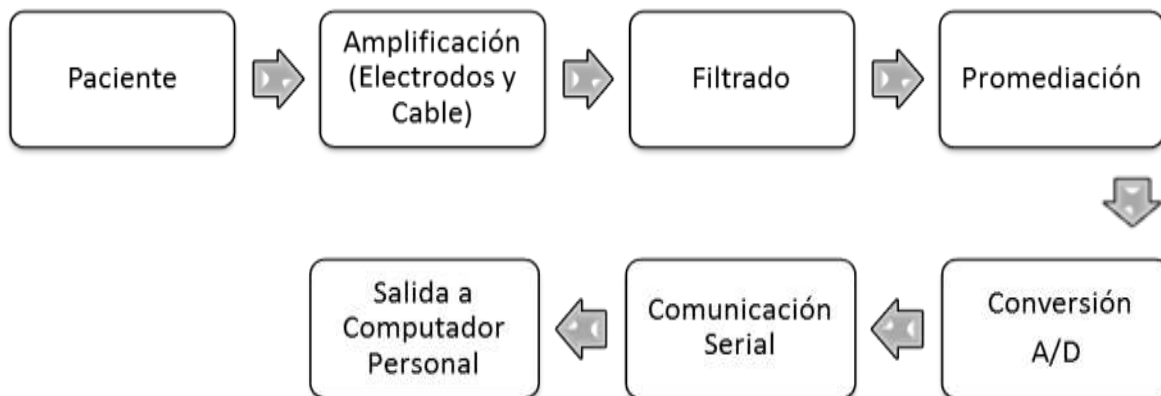
	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	2
1. CIRCUITOS ELECTRÓNICOS	3
1.1 Electroodos y Cable	3
1.1.1 Electroodos	3
1.1.2 Cable	3
1.2 Circuito Electrónico para la conexión del cable de paciente	4
1.3 Board Principal	5
1.4 Etapa Digital	6
1.4.1 Diagrama de Flujo	8
2. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	9
3. CIRCUITO FINAL	11
4. PRUEBAS DEL MONTAJE ELECTRÓNICO	12

## INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan el diseño electrónico final para la adquisición de potenciales evocados auditivos, con sus respectivos montajes y pruebas. Los montajes electrónicos son presentados en circuito impreso y en esquemático utilizando el software Eagle. Eagle significa Easily Applicable Graphical Layout Editor, es un programa para elaborar y diseñar diagramas y PCBs.

Para el montaje se siguió el diagrama a bloques diseñado inicialmente, el cual se muestra a continuación:

Figura 1 Diagrama a bloques para la adquisición de los PEATC



Fuente: Los Autores

En cada una de las etapas anteriormente mencionadas, se utilizaron dispositivos electrónicos de alto performance y preferiblemente que dentro de sus especificaciones de fabricante sea de aplicación médica o biomédica.

## 1. CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

A continuación se desglosan los respectivos circuitos electrónicos en donde se incluyen todas las etapas presentadas en el diagrama de bloques. En el último ítem se presentará el circuito impreso completo así como su esquemático.

### 1.1 Electrodo y Cable

#### 1.1.1 Electrodo

Los electrodos a utilizar son de tipo superficial de Plata/Cloruro de Plata (Ag/AgCl) de la empresa 3M, quienes los llaman: Electrodo de monitorización con soporte de Foam y Gel adhesivo (Ver Figura 2)

Figura 2 Electrodo Ag/AgCl de la empresa 3M



Fuente: Registro fotográfico de los autores

#### 1.1.2 Cable

El cable a utilizar es un cable paciente para Electrocardiografía o Electromiografía de 3 o 5 latiguillos con terminal tipo pinza. Se utiliza este cable porque en su diseño presenta un tipo de aislamiento para evitar interferencias. El conector que va hacia el equipo es de tipo circular macho con 6 pines, como se muestran en la Figura No. 3 y 4 respectivamente:

Figura 3 Cable de paciente



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Figura 4 Tipo de conector del cable de paciente

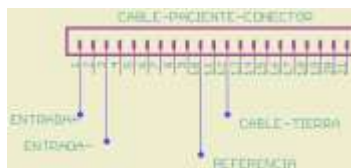


Fuente: Registro fotográfico de los autores

## 1.2 Circuito Electrónico para la conexión del cable de paciente

A continuación se presenta el esquemático (Ver Figura 5) y la board del circuito impreso (Ver Figura 6) que se diseñó para la conexión del cable de paciente que se encuentra anclado el circuito principal.

Figura 5 Circuito esquemático para la conexión del cable de paciente



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Figura 6 Board o circuito impreso del conector del cable de paciente



Fuente: Registro fotográfico de los autores

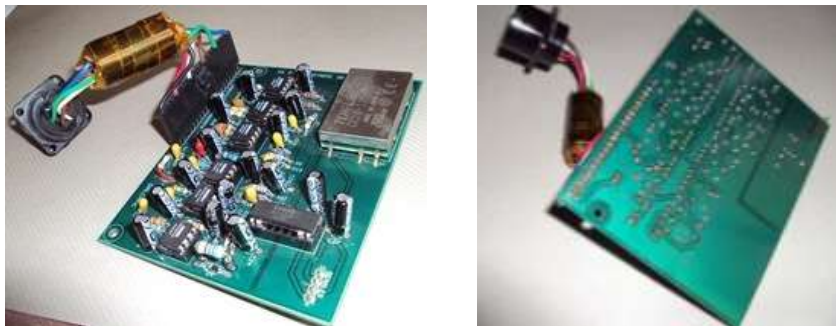
### 1.3 Board Principal

En esta sección se incluyen las etapas de amplificación y filtrado, como se muestra en la Figura 7 y 8.

La etapa de amplificación comprende el seguidor de tensión (INA128), amplificación (INA128) y el amplificador de aislamiento (ISO122).

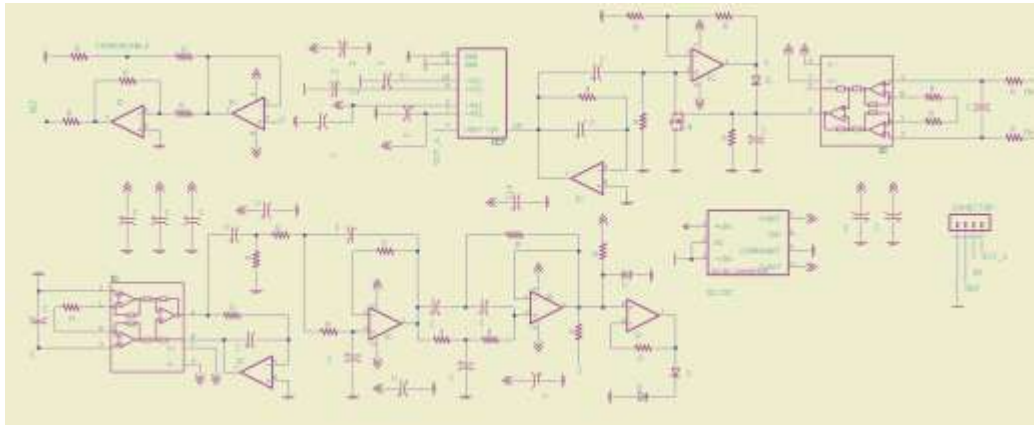
La etapa de filtrado comprende el circuito estabilizador de señal (OPA2234) y el Filtro Pasa – Banda (OPA2234).

Figura 7 Circuito electrónico de la Board Principal



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Figura 8 Esquemático de la board principal



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Esta board incluye la conexión del cable de paciente para adquirir los potenciales evocados, como se explicó en el ítem anterior. Igualmente se muestra nuevamente en la Figura 9.

Figura 9 Conector hembra para el cable de paciente



Fuente: Registro fotográfico de los autores

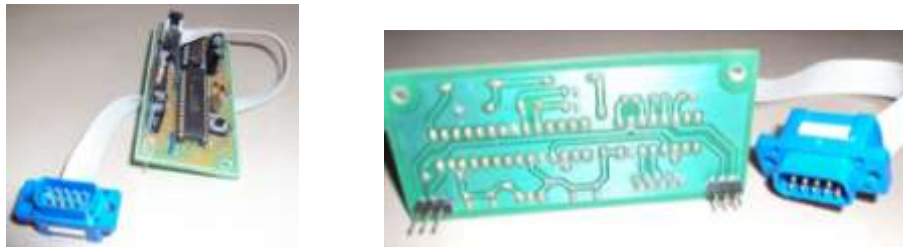
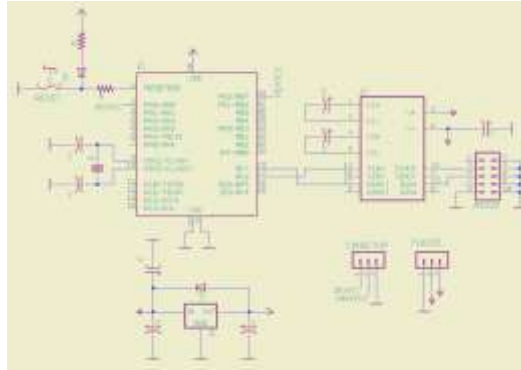
## 1.4 Etapa Digital

Una vez la señal esta filtrada, es enviada al microcontrolador (PIC18F4550) para realizar el tratamiento digital (Ver Figura 10), el cual comprende el circuito adecuador de señal (OPA2234) para la realización de la conversión análoga – digital y la salida hacia al computador personal interconectada con la MAX 232.

Para la conexión con el Computador Personal se utiliza el puerto serie con su respectivo protocolo estándar de comunicación. La conexión física entre la board principal y el PC es un conector DB9 como se muestra en la Figura 11, el conector macho se encuentra en el circuito impreso y el conector hembra consecuente al

estándar lo contiene el cable conector para transmisión de datos al puerto serie del PC.

Figura 10 Circuito del microcontrolador



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Figura 11 Conector DB9 de la board



Fuente: Registro fotográfico de los autores

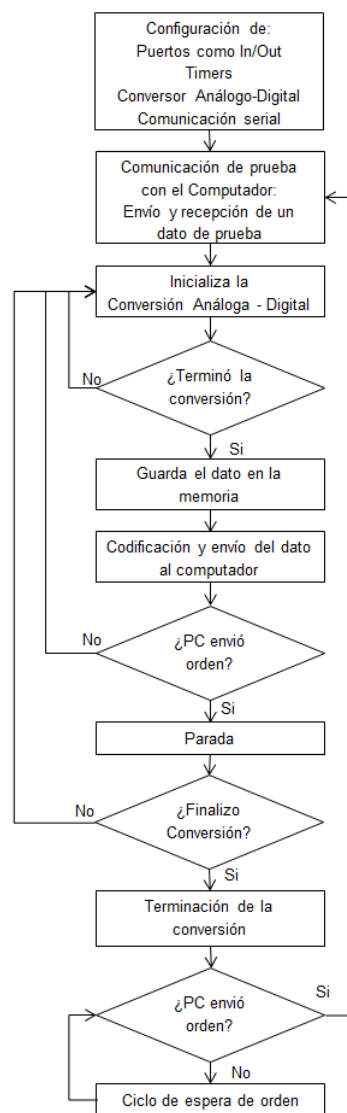
Nota:

En el diagrama de bloques se contemplaba la etapa de “Promediación” antes de la conversión análoga - digital, específicamente en el microcontrolador, pero al realizar las pruebas físicas se tuvieron inconvenientes por la cantidad de datos que el PIC debía almacenar, el cual hacía demorado el envío de datos y su codificación; motivo por el cual esta etapa fue trasladada al software del Computador Personal, en el cual se puede manejar una excelente velocidad y mejores herramientas para codificación y análisis de los datos.

### 1.4.1 Diagrama de Flujo

Para la programación del microcontrolador PIC18F4550 se utiliza el software MPLAB desarrollado por la empresa Microchip Technology Inc. MPLAB es un programa de software que se ejecuta en un PC (Windows®, Mac OS®, Linux®) para desarrollar aplicaciones para microcontroladores Microchip y controladores de señales digitales. Es llamado un entorno de desarrollo integrado (IDE), ya que proporciona una integración sencilla o plataforma de desarrollo de código para microcontroladores embebidos<sup>1</sup>. A continuación se presenta el diagrama de flujo del software embebido implementado en el microcontrolador:

Figura 12 Diagrama de Flujo del software embebido



Fuente: Diseño de los autores

<sup>1</sup> <http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/mplab/>



## 2. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación es una de las etapas más importantes de cualquier aplicación biomédica, debido a que ésta debe garantizar seguridad, estabilidad en la entrega de voltaje-corriente y que proporcione una salida de tensión constante en el tiempo. Aunado a estas características se buscó una fuente de alimentación de aplicación biomédica, motivo por el cual se escogió a la empresa Lambda.

Lambda Américas es reconocida como el principal fabricante en el mundo de fuentes de alimentación electrónicas lineales y de conmutación. Lambda fue fundada en 1948 y creció constantemente, adquiriendo rápidamente una excelente reputación por los altos estándares de calidad y confianza en sus productos<sup>2</sup>. Dentro de su catálogo se encuentran fuentes de alimentación de tipo médico como lo son la serie “KM Series” (Ver Figura 13).

La fuente cumple con las siguientes especificaciones:

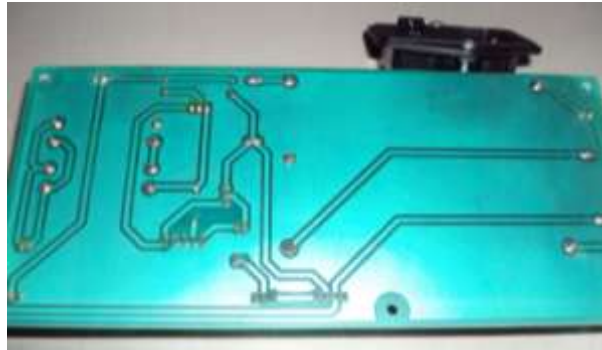
- Fuente Dual: + 12V y -12V
- Voltaje de Salida:  $\pm 12V$
- Corriente mínima: 1.66mA
- Corriente máxima: 1.66A
- Potencia: 40W

Como el microcontrolador necesita una alimentación de +5V para trabajar, se adecuó un pequeño circuito electrónico para garantizar este voltaje, como se muestra en la Figura 14.

Figura 13 Circuito impreso de la fuente de alimentación



<sup>2</sup> <http://us.tdk-lambda.com/lp/spa/about.htm>



Fuente: Registro fotográfico de los autores

A este circuito se adiciona un conector para la conexión externa hacia la red eléctrica de 120V a 60Hz. Este conector como se observa en la Figura 14, contiene un fusible con el fin de controlar la entrada de corriente al circuito amplificador de potenciales evocados.

Figura 14 Conector externa para la red



Fuente: Registro fotográfico de los autores

### 3. CIRCUITO FINAL

En la Figura 15 se muestra el circuito final implementado para la el registro de los potenciales evocados auditivos.

Figura 15 Circuito Final



Fuente: Registro fotográfico de los autores

#### 4. PRUEBAS DEL MONTAJE ELECTRÓNICO

Para la realización de las pruebas del circuito electrónico, se desarrolló un software básico en la plataforma LabView, que consiste en la adquisición de los datos enviados al PC por el microcontrolador y su posterior graficación. Este software se desarrolló con la función de leer, almacenar y analizar los datos que enviaba el microcontrolador, con la característica de que la lectura y graficación se hacen en tiempo real, con el fin de comparar que la señal de entrada es la misma señal que el microcontrolador envía al Computador.

Las pruebas se realizaron de diferentes tipos:

Con un generador de señales convencional: El generador de señales (Ver Figura 15) es uno de los instrumentos de laboratorio más útiles. Su función es producir señales eléctricas a las cuales se les pueden modificar algunos parámetros como amplitud, frecuencia, ciclo útil, etc., lo que permite hacer pruebas de equipos, análisis de circuitos y en general, una gran cantidad de experimentos y pruebas tanto a nivel académico, como de mantenimiento de aparatos electrónicos<sup>3</sup>.

Figura 16 Generador de señales marca Protek



Fuente: Registro fotográfico de los autores

Señales Biomédicas: El circuito electrónico fue probado con dos señales biomédicas que presentan características similares a los potenciales evocados en cuanto a su rango frecuencia. Estas señales son el registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos y el registro gráfico de la actividad eléctrica que se genera en el corazón.

Inicialmente no se puede registrar los potenciales evocados auditivos debido a que esta señal no se puede graficar en tiempo real. Para poder obtenerla y graficarla, el software del computador implementará la etapa de "Promediación", la cual consiste en codificar y almacenar los datos enviados por el microcontrolador en un

<sup>3</sup> <http://www.utp.edu.co/~eduque/Introduccion/generador%20se%F1ales.pdf>

rango de tiempo, para mejorar el cociente señal-ruido y “promediar” la señal, para poder realizar la posterior graficación.