

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MONITOR ELECTROENCEFALOGRÁFICO BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE LOS MICRO-CONTROLADORES

Jorge Andrés Santillán Vásquez ⁽¹⁾ Javier Reinaldo Macías Cano ⁽²⁾ Ing. Miguel Yapur A, MS.c ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
Santillanjorge19@gmail.com ⁽¹⁾ jaremaca@hotmail.com ⁽²⁾

Resumen

Este proyecto se basa en el desarrollo de un instrumento que permite captar, procesar y visualizar las actividades eléctricas que ocurren en el cerebro humano, también denominadas ondas cerebrales. El instrumento se llama electroencefalógrafo y la técnica que gobierna su aplicación se llama electroencefalografía, la cual es una exploración neurofisiológica que permite mostrar el registro de la actividad bioeléctrica del cerebro a través de unos electrodos colocados en la superficie del cuero cabelludo. La finalidad de este proyecto será mostrar gráficamente en una computadora las ondas cerebrales producidas por el ser humano en estado de alerta y en estado de relajación; para ello se desarrolló un circuito electrónico que incluye etapas de amplificación, filtrado, acoplamiento, conversión análogo-digital y un software desarrollado en LabVIEW.

Palabras Claves: Ondas cerebrales, electroencefalógrafo, electrodos, LabVIEW

Abstract

This project is based on developing a tool that can capture, process and display the electrical activities that occur in the human brain, also called brain waves. The instrument is called electroencephalograph and technique is called electroencephalography, which is a neurophysiological examination that displays the registration of bioelectrical activity of the brain through electrodes placed on the scalp surface. The purpose of this project is to the display graphically, on a computer, the brain waves produced by the human being on alert and relaxed states, by means of an electronic circuit that includes stages of amplification, filtering, coupling analog-digital conversion and a software developed in LabVIEW.

Keywords: brain waves, EEG, electrodes, LabVIEW

INTRODUCCIÓN

En esta documentación se describe el desarrollo y construcción de un electroencefalógrafo, el cual tiene como función adquirir las señales eléctricas del cerebro para luego ser presentadas en una interfaz gráfica llamada LabVIEW.

En el primer capítulo se detallan los conceptos del electroencefalógrafo como tal y sus partes, como son los electrodos, los conceptos básicos médicos de neurona, los tipos de ondas cerebrales con sus respectivas frecuencias y sus funcionamiento.

En el segundo capítulo se describe el funcionamiento electrónico del electroencefalógrafo en sus diferentes etapas como el filtrado, amplificación, acoplamiento, conversión analógica-digital y el software desarrollado a través de la herramienta de LabVIEW.

En el tercer capítulo se indica el correcto posicionamiento de los electrodos en el cuero cabelludo, como también el uso de los materiales que nos permitan una recepción aceptable de las señales bioeléctricas.

En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos gráficamente en un osciloscopio y en una pantalla computarizada, a través del software de LabVIEW.

1. Conceptos básicos.

Se detallarán varios conceptos importantes sobre el estudio de la encefalografía, así como una breve historia del EEG, las ondas cerebrales y tipos de electrodos.

1.1 Breve Historia del Electroencefalógrafo.

El inventor de esta técnica fue el alemán Hans Berger que nació en Neuses (21 de Mayo del 1873 y muere el 1 de Junio 1941); fue doctor en medicina, especializado en neurología en la Universidad de

Jena en la que obtuvo un doctorado en 1897. Se lo considera el creador de la encefalografía; fue catedrático y rector de la universidad de Jena. En 1924 con el consentimiento de una persona pudo hacer pruebas en su cerebro, colocando electrodos en la superficie de la cabeza, que estaban conectados a un potente y sensible galvanómetro de la época: observó que el galvanómetro recibía pulsos eléctricos oscilantes. Después de varios estudios, en 1929 se dio a conocer, pero no pudo ser premiado con Nobel de Medicina, en 1941 por una fuerte depresión. Se suicidó en la clínica de la universidad al saber que su invento no era utilizado para buenos fines, si no para el uso de exterminio de los judíos

1.2 Electroencefalografía

La Electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por la actividad bioeléctrica del cerebro durante diversas etapas, del individuo, que se receptan a través electrodos que reflejan la diferencia de dos señales multiplicadas por un factor de ganancia.

Este tipo de señales se encuentran en un rango de 10 a 100uV.

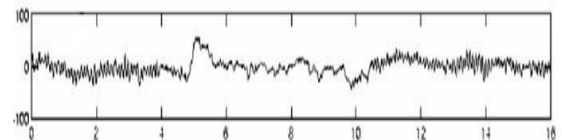


FIGURA 1.1. Onda cerebral registrada en el EEG

El Electroencefalógrafo es un equipo médico que consiste en amplificadores balanceados, de mucha sensibilidad y alta impedancia de entrada, con electrodos apantallados y una impresora que permitirá mostrar los resultados en un papel.

1.3 Ondas Cerebrales

Es la actividad eléctrica producida por el cerebro. Estas ondas pueden ser detectadas mediante el electroencefalógrafo y se clasifican en:

Onda Delta: Por debajo de 3.5 Hz, se presentan en niños cuyo cerebro están desarrollo.

Onda Teta: Entre 3.5-8 Hz y se manifiestan durante el sueño.

Onda Alfa: Entre 8 y 13 Hz, aparecen durante el periodo de relajamiento.

Onda Beta: Arriba de 13 Hz, se encuentra cuando el cerebro está en actividad máxima.

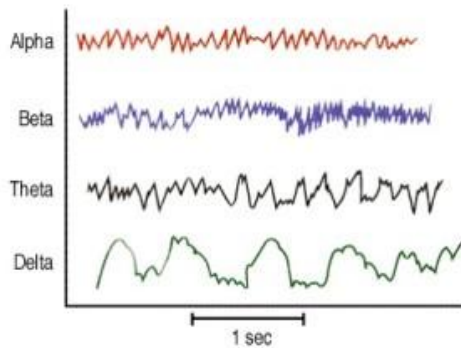


FIGURA 1.2. Tipos de Onda Cerebrales.

2. Procedimientos Técnicos.

Se analizará el acoplamiento de las señales bioeléctricas, emitidas por el cerebro hacia el circuito del EEG por medio de los electrodos; también el estudio de los amplificadores de instrumentación, filtro NOTCH, filtros pasa-bandas, acondicionamiento de señales y la correcta adquisición de datos hacia la PC.

2.1 Mecanismo para incrementar la amplitud de una señal eléctrica.

Se utiliza para incrementar la señal eléctrica débil captada por los electrodos. En esta aplicación, se utilizara el amplificador de instrumentación AD620, ya que es el más utilizado en los equipos médicos y trabaja con señales eléctricas muy pequeñas.

En esta etapa se amplificaran señales que se localizan en el rango de 10uV a 100uV captadas por 3 electrodos distribuidos en distintas zonas de la

corteza cerebral, dependiendo de lo que se desee evaluar.

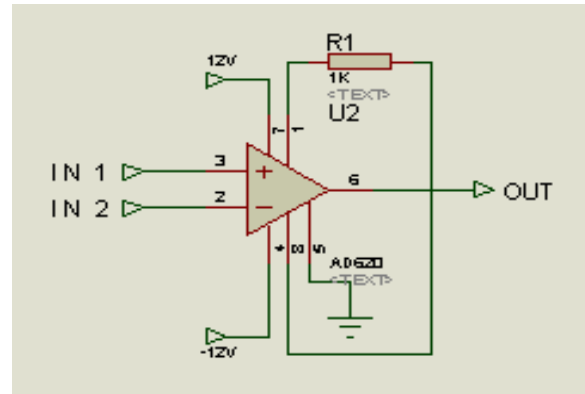


FIGURA 2.1. Amplificador de instrumentación AD620

2.2 Mecanismo analógico para eliminar impurezas de una señal eléctrica.

Esta etapa se basa en el uso de los filtros: Notch y Pasa-Bandas, cuya función es eliminar las señales de impurezas o contaminantes que puedan presentarse, así como para atenuar la interferencia de la línea de transmisión a 60 Hz y fijar un rango de frecuencia de trabajo de 0.5Hz a 30Hz.

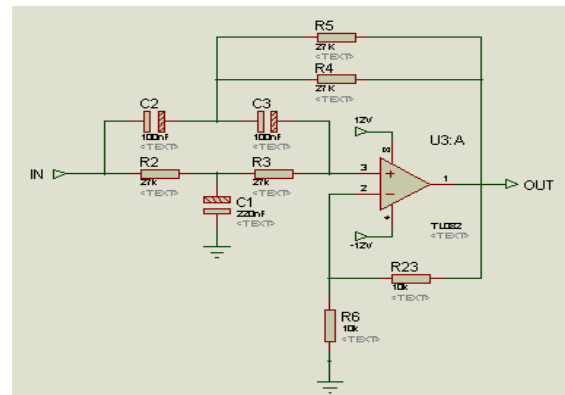


FIGURA 2.2. Filtro Notch

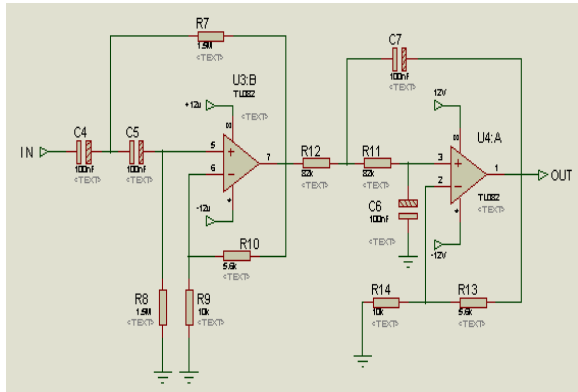


FIGURA 2.3. Filtro Pasa-Banda

2.3 Mecanismo para acondicionar una señal eléctrica.

En esta etapa se lleva la señal eléctrica amplificada de las ondas cerebrales a niveles TTL (Lógica de transistor a transistor, 5 V, requisito necesario para que puedan ingresar a la entrada del canal analógico del micro-controlador PIC 16F887.

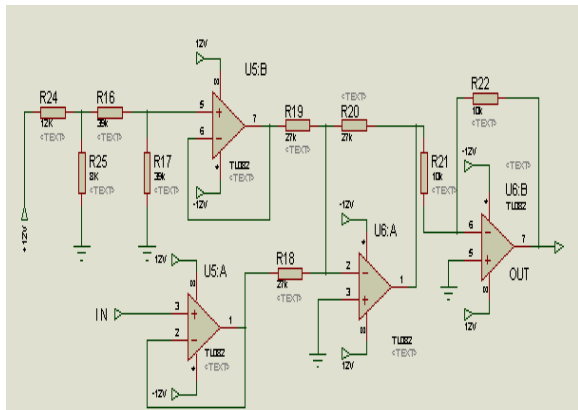


FIGURA 2.4. Acondicionamiento de señales.

2.4 Mecanismo para convertir una señal eléctrica analógica a digital.

Mediante el micro-controlador PIC 16F887 se ejecuta la conversión analógico-digital, procedimiento esencial para poder transmitir datos vía comunicación USB (Universal Serial Bus) hacia la PC.

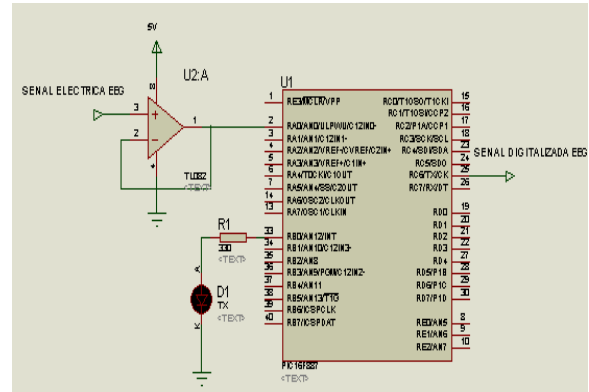


FIGURA 2.5. Conversión analógica-digital por medio del micro-controlador 16F887

2.5 Mecanismo para convertir voltajes de niveles TTL a estándares PC.

Esta conversión de voltajes se la obtiene gracias al dispositivo electrónico USB, que automáticamente al estar conectado con el puerto USB de la PC, transforma el voltaje a estándares PC, para así poder efectuar la comunicación entre el EEG y la PC.

En la PC, mediante el software desarrollado en LabVIEW se efectúa la recepción de los datos, una vez llegado al buffer del puerto USB los discrimina para restaurar las ondas cerebrales.

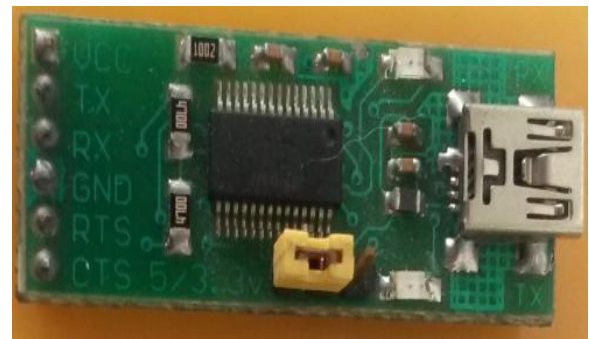


FIGURA 2.6. Módulo electrónico USB.

2.6 Elección, adquisición y visualización de las ondas cerebrales por medio de LabVIEW.

Para esta etapa se selecciona la plataforma de LabVIEW, ya que presenta en sus herramientas un puerto llamado NI VISA Serial, el cual permite configurar el puerto serial de la PC.

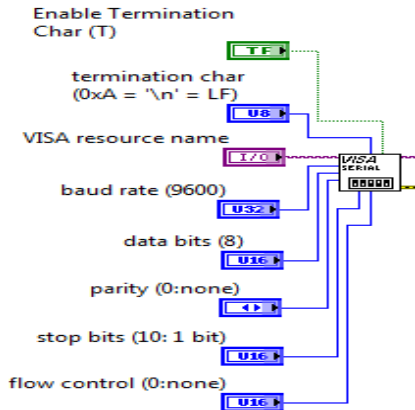


FIGURA 2.7. Puerto de configuración VISA serial.

Ahora se procederá a leer los datos enviados por la configuración del serial de VISA para lo cual se utiliza VISA READ, el cual lee el puerto y retorna una cadena de texto con el dato leído.

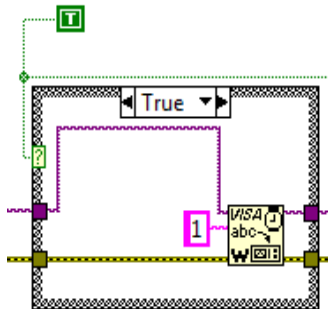


FIGURA 2.8. Puerto de configuración VISA read

A continuación se muestran los bloques que sirven para escoger los bits que son enviados por el micro-controlador que son dos bytes, el primero es un byte de inicio cualquiera, que es validado antes que llegue; el segundo es el dato obtenido del muestreo de la señal del EEG, para así obtener la conversión digital a analógico y poder mostrarlo por el analizador de señal.

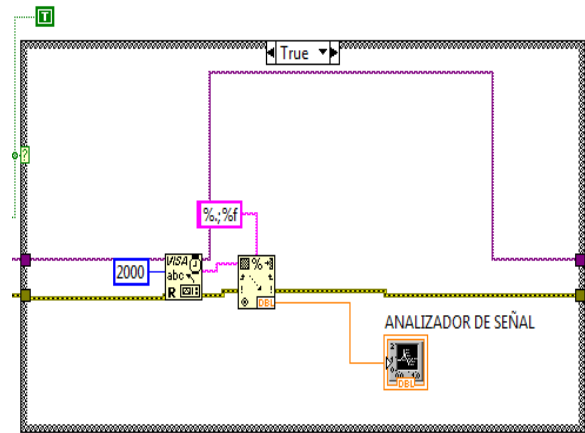


FIGURA 2.9. Recepción serial y configuración digital analógica.

3. Implementación del EEG.

Este capítulo se enfocará en el armado general del electroencefalógrafo, desde la correcta colocación de los electrodos en el cuero cabelludo, hasta la visualización de la onda cerebral en la PC.

3.1 Materiales necesarios para un EEG.

El individuo debe tener bien limpia el área donde se le van a colocar los electrodos; esta limpieza se la realiza con gasas, con alcohol para eliminar impurezas.

Es importante poner en los electrodos la pasta ten 20 ya que es una pasta conductora que permite adherir los electrodos al cuero cabelludo; además realiza un correcto acople de impedancia, entre la piel y el electrodo, para así tener una buena adquisición de las onda cerebrales.

3.2 Posicionamiento de los electrodos.

El sistema de colocación de electrodos Diez-Veinte es el más utilizado en la actualidad. En la figura 3.1 se muestran tres términos que son la nasion, vertex y inion que serán utilizados como referencia para la colocación de los electrodos. También se presenta todos los puntos en los que se pueden colocar los electrodos.

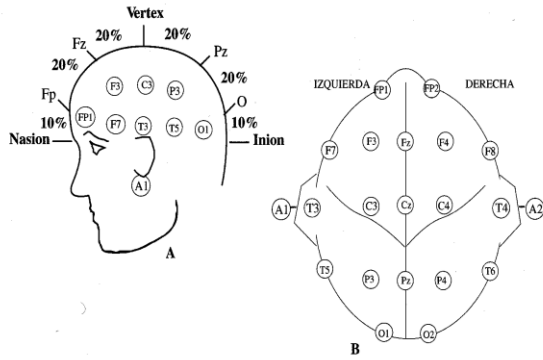


FIGURA 3.1. Ubicación de los electrodos.

Cabe recalcar que este cada electrodo es un punto de registro; en proyecto solo se utilizan 3 electrodos en la cual uno es de referencia eléctrica y los otros dos captaran la señal.

Los electrodos están ubicados mediante la figura en los puntos F7, Fz y F8 siendo el Fz la referencia a tierra.

3.3 Equipo completo del EEG.

Luego de tener la correcta ubicación de los electrodos, se los acoplara al circuito EEG para así poder visualizar la onda cerebral en la pantalla de la PC.

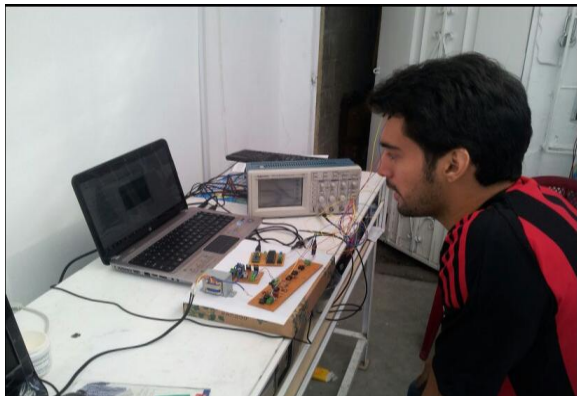


FIGURA 3.2. Equipo completo del EEG.

4. Resultados y gráficas.

A continuación se muestra el resultado obtenido, de la onda cerebral digitalizada, en el software desarrollado en LabVIEW.



FIGURA 4.1. Onda cerebral en LabVIEW.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se obtuvieron se las menciona a continuación:

Al analizar los tipos de ondas cerebrales se pudo observar que por lo general se forma la onda beta, ya que el individuo está en estado alerta o de vigilia casi la mayor parte del tiempo, pero al evaluar al mismo individuo presentando sueño, la onda cerebral formada fue la alfa, por lo se comprobó que dependiendo el estado mental en que se encuentre el individuo, variarán la formas de ondas cerebrales.

Se pudo obtener la onda cerebral lo suficientemente ampliada y filtrada, gracias a la ayuda de los filtros, acople de impedancia, amplificador de instrumentación y la conversión análoga-digital, pero cabe recalcar que la parte fundamental son los electrodos, ya que un buen contacto con el cuero cabelludo dará una excelente onda cerebral.

El amplificador de instrumentación AD620 es de mucha ayuda para la realización del proyecto, ya que presenta un alto rechazo del modo común y, con tan

solo un valor de resistencia, se pueden obtener grandes ganancias de voltajes, permiten amplificar las ondas cerebrales que los cuales son de 10 a 100 micro voltios, y por esta razón es el amplificador más usado en los equipos médicos.

El micro controlador, PIC 16F887, es la parte esencial en el desarrollo del proyecto, ya que se requiere una de sus funciones que es tomar la señal analógica del EEG, para luego transformarla a datos digitales, los cuales son necesarios para comunicarse con la PC; y mediante el software desarrollado en LabVIEW, se puede observar el resultado final de la onda EEG en la PC.

El filtro notch juega un papel importante en el diseño del EEG, ya que se encarga de eliminar los ruidos presentados al momento de la medición evitando la saturación de los amplificadores operacionales y la alteración de la frecuencia en que se encuentran las ondas cerebrales, que conjuntamente con el filtro pasa-banda ayudan a fijar el rango en el que se encuentran operando.

Las recomendaciones al momento de hacer el diseño y pruebas son las siguientes:

Se recomienda hacer una limpieza en el cuero cabelludo con alcohol y gasas, para que éste se encuentre libre de impurezas y así colocar los electrodos con la pasta ten 20, que permitirá minimizar el ruido transitorio causado por las pérdidas de contacto entre la piel y los electrodos.

Es prescindible cerciorarse que los electrodos a usarse sean de la misma clase y material; es decir, que sean todos de oro o de plata, ya que de lo contrario se medirán voltajes erróneos a diferentes frecuencias, haciendo que las ondas cerebrales se distorsionen.

Se recomienda utilizar siempre una tierra para el individuo; es por esto que se utiliza un tercer electrodo y su función será proteger al individuo de cualquier fuga de corriente o corriente de cortocircuito, ya que al estar conectado entre dos potenciales eléctricos, va a pasar una corriente a través del individuo. Ese electrodo será la referencia

en el sistema y se ubica en la parte central de la frente.

Se recomienda al momento de diseñar los filtros ser lo más preciso posible, para que de esta manera no haya demasiado ruido al momento de querer mostrar las ondas cerebrales, ya sea en el osciloscopio o en la PC.

REFERENCIAS

- [1] Marlon Igor Martinez B, Guillermo Trout G, "Conceptos básicos de la electroencefalografía", Universidad de Magdalena, volumen 3 numero 1, 2006.
- [2] Brainware Laboratories, "Tipos de onda cerebrales". Fuente: <http://brainwavelaboratories.com>
- [3] Journal of Clinical Neurophysiology, volumen 9, number 6, Raven Press 1992.
- [4] Gartner P. Leslie, Hiart L. James, "Texto Atlas de Histología", Mc Graw Hill, segunda edición.
- [5] Robert J. Brady. "Sistema nervioso". Editorial Limusa quinta edición Mexico 1991.
- [6] Rafael Navarro "Instrumentación Biomédica" Departamento Electrónica. Universidad Alcala.
- [7] Centro Médico Madre María de San José "Encefalograma" Laboratorio de Encefalografía. http://www.centromedicomadremariadesanjose.com/s_id_encefalograma.html
- [8] Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll. "Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales" México: Prentice-Hall Hispanoamerica, S.A, cuarta edición.
- [9] Adel S. Sedra y C. Smith "Circuitos microelectrónicos".
- [10] Microchip Technology Inc. "Microchip PIC16F887/882/884/886/887 Data Sheet" USA: Microchip Technology 2009.
- [11] Franco Sergio, "Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos"
- [12] Centro Clinico Warren, "Procedimientos y Pruebas diagnosticas", Instituto nacional de salud, 2000.