Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Chetumal 2019

Elibro Online con ISSN
1946-5351, Volumen 11, No. 3, 2019

Chetumal, Quintana Roo, México
22 al 24 de mayo, 2019

www.AcademiaJournals.com

ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

© Academia Journals 2019

ADQUISICIÓN DE IMPULSOS ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE ELECTRODOS PARA GENERACIÓN DE MOVIMIENTO EN BRAZO ROBOT

M.I. Karla Margarita Castilla Acosta[1],M.I. Omar Eduardo Betanzos Martínez[2],

Resumen **El presente artículo está centrado en el desarrollo de una BCI (Brain Computer Interfaz por sus siglas en ingles) para la adquisición de forma no invasiva de los impulsos eléctricos, los cuales son producidos de forma natural en el cerebro llamados potenciales de acción, haciendo uso de electrodos. Estas ondas cerebrales se extraen para su caracterizan y traducción en comandos que reconoce la computadora para así ser interpretados en señales binarias que producirán movimientos de forma gobernada por parte del usuario en determinada actividad que implique un brazo robot, esto mediante una tarjeta electrónica de microcontrolador Arduino ATMEL en conjunto con servomotores. El objetivo realizar movimientos mediante BCI con sistema EEG, esto dirigido para personas con discapacidad motriz mediante el control de un brazo protésico en un futuro próximo, logrando así una autonomía en el desarrollo de sus actividades diarias. La metodología para este proyecto es de proceso evolutivo para el desarrollo de la interfaz ya que este método permite ajustar cambios durante el proceso de desarrollo.**

Palabras clave**—BCI, Adquisición de datos, electrodos, Brazo robot.**

Abstract. This article focuses on the development of a BCI (Brain Computer Interface) for the non-invasive acquisition of electrical impulses, which are produced naturally in the brain called action potentials, making use of electrodes. These brain waves are extracted for their characterization and translation in commands that the computer recognizes in order to be interpreted in binary signals that will produce movements in a way governed by the user in a certain activity involving a robot arm, using an Arduino microcontroller electronic card ATMEL in conjunction with servomotors. The objective is to perform movements using BCI with EEG system, this is aimed at people with motor disabilities through the control of a prosthetic arm in the near future, thus achieving autonomy in the development of their daily activities. The methodology for this project is an evolutionary process for the development of the interface since this method allows to adjust changes during the development process.

Keywords- BCI, Acquisition of data, electrodes, Robot arm.

Introducción

Los avances de la electrónica en el campo de las neurociencias y medicina en los últimos años han enfocado sus esfuerzos en la recuperación de funciones del cuerpo humano que han sido afectadas gravemente, debido a algún accidente o enfermedades congénitas, hasta el reemplazo de miembros. Esto se logran mediante prótesis sintéticas o terapia asistidas en los casos más complejos, llegando a rediseñar por completo sistemas que permitan realizar las mismas funciones originales o al menos lo más natural posible, que sirvan como auxiliar en recuperación de funciones del cuerpo humano, como lo son el marcapasos para el caso del corazón y los aparatos de audición externa para la sordera, por mencionar algunos. Los trabajos de investigación por parte de médicos y científicos han logrado la creación de mecanismos que, en conjunto con el cerebro humano, trabajen sin ninguna intervención de algún medio exterior, sean operadores por computadoras de asistencia local o remota.

Siendo posible, debido a que aún con pérdidas de tejido masivas, musculares, óseas o hasta nerviosas, la comunicación con el cerebro no se ve interrumpida, pues este sigue enviando señales e instrucciones al cuerpo en todo momento. Esto por la interacción del encéfalo con el cuerpo aún persistente.

[1] M.I Karla Margarita Castilla Acosta, Doctorante de Manufactura Avanzada Ciateq Querétaro, y Docente de Ingeniería Industrial y Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Coatzacoalcos, Veracruz. kcastillaa@itesco.edu.mx.
[2] M.I Omar Eduardo Betanzos Martínez, Docente de Ingeniería en Sistemas en el Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Coatzacoalcos, Veracruz. obetanzosm@itesco.edu.mx

El sistema nervioso en esa fase continúa generando señales susceptibles a ser captadas para la comunicación entre ambos y llevar a cabo sus instrucciones, las técnicas invasivas como la RMD (Reinervación Muscular Dirigida por sus siglas) que son empleadas en este proceso recogen el último tramo de tejido nervioso sano y continuar desde ese punto las funciones perdidas.

Las dificultades que presentan estos avances son las sucesivas cirugías que pueden terminar siendo demasiado invasivas y dolorosas para el paciente, en el peor de los casos riesgosas para su integridad física, así como también altos costos económico de inversión, lo que limita el acceso para diferentes estratos socioeconómicos de la población. Por lo cual se hace una búsqueda de alternativas de solución a estas limitantes.

Una de las alternativas en la adquisición de señales cerebrales es por medio EEG de forma no invasiva, donde el encéfalo humano es capaz de producir potenciales eléctricos por medio de células especializadas llamadas neuronas, los cuales son los responsables de la comunicación entre sí mismas y el resto del sistema nervioso periférico, estos potenciales también llamados potenciales de acción, tienen magnitudes del orden de los microvoltios (1msec de salto de frecuencia), y son producidos de forma electroquímica, gracias a la alta impedancia y resistencia del cuerpo humano, estas señales eléctricas no se vean afectadas enormemente por factores del medio.

El objetivo es el desarrollo de un prototipo de interfaz cerebro-computadora que sea capaz adquirir señales cerebrales, con ello poder realizar movimientos mecánicos mismos que son utilizados para reemplazar los movimientos de las extremidades que el paciente ha perdido. Con el desarrollo de este prototipo se busca adquirir los impulsos eléctricos generados por el cerebro traduciéndolos en comando de lectura de un dispositivo como lo es una computadora, robot antropomórfico entre otros.

Descripción del Método

El modelo para el desarrollo del proyecto es el de proceso evolutivo *(fig.1)* y está diseñado para ajustarse al cambio durante el desarrollo del proyecto, este modelo nos ayudó alcanzar nuestro objetivo, en el menor tiempo posible. Pressman (2010).

Fig. 1. Modelo del proceso Evolutivo

A. Diseño y selección de dispositivos.

Aunado a la investigación se logró diseñar un prototipo que logre cumplir con el objetivo propuesto, mediante la utilización de dispositivos que cumplieran con las características requeridas para el adecuado funcionamiento del mismo, aquí es donde aparecen técnicas y los cálculos debidos para poder lograr los

requerimientos adecuados para los amplificadores con su debida configuración, filtrado y reducción del mayor de ruido posible.

B. Pruebas y simulación.

Mediante el software Proteus de simulación electrónica se realizaron las simulaciones para los servomotores, con el Livewire se simuló la parte amplificadora, y con el Arduino 019 la programación correcta del ATMEL. Se logra también en esta parte la configuración de los electrodos en las entradas de los amplificadores para alimentar las entradas de los amplificadores.

C. Armado y ensamblaje.

En esta parte se ensamblan los dispositivos en un protoboard para prueba, posteriormente se implementará en la baquelita para reducción de espacios y estética visual,

1. Se realiza la conexión de los electrodos a las entradas del amplificador.
2. La interfaz se conecta al Arduino ATMEL para su fácil programación,
3. Los servomotores se colocan a las ranuras de las figuras que simularan las orejas.
4. Verificar la configuración de los dispositivos, como se ha mencionado anteriormente se les configuró en bioamplificador y en forma de filtros activos pasa bajos en este caso los Butherworth de tercer orden cuyo límite superior de la frecuencia es de 30 Hz, en nuestro caso el rango de frecuencia de trabajo es de 0.5 a 30 Hz.
5. Analizar la función central, esta es eliminar las señales de impurezas o contaminantes de las señales que aparezcan, así como para atenuar la interferencia de la línea de transmisión a 50/60 Hz y sus armónicos que representan el mayor problema en la medición de biopotenciales, entre ellas existen

D. Programación y unión de los componentes.

En esta fase se desarrolló una forma de colocación de los componentes para una mayor eficiencia del mismo. La programación requerida por este proyecto es algo compleja, sin mencionar la gran cantidad de algoritmos que se tuvieron que desarrollar para adecuar las señales emitidas por el cerebro y ser traducidas a niveles lógicos para la máquina.

E. Prueba y detección de fallas en el proyecto.

El amplificador diseñado se utiliza para ampliar la señal eléctrica débil captada por los electrodos, también es conocido como bioamplificadores. En esta aplicación, el amplificador de instrumentación construido con operacionales Tl084 opera a una ganancia diferencial de 7642 que amplifica a las ondas eléctricas cerebrales de ambos hemisferios que se encuentran en el orden de 10uV a 100uV y que son captadas por 2 electrodos ubicados en zonas de la corteza cerebral: frontal, central y occipital, de acuerdo a la que requiramos analizar. En esta etapa de amplificación accionan dos filtros pasivos pasa altos cuya frecuencia límite inferior cubre el objetivo central de eliminar los niveles de voltaje DC presentes y característicos del cuerpo humano, en este caso presentes en el cerebro. Las únicas fallas que se pudieran presentar son aquellos que se pueden producir por el ruido, muy característico debido a la alta impedancia que presenta el cuerpo humano, para solucionar este detalle se utiliza cera conductora para facilitar el viaje de las ondas a través del cuerpo al electrodo.

F. Diseño Experimental.

A continuación, se muestra un diagrama (*fig. 2*) las etapas principales del prototipo:

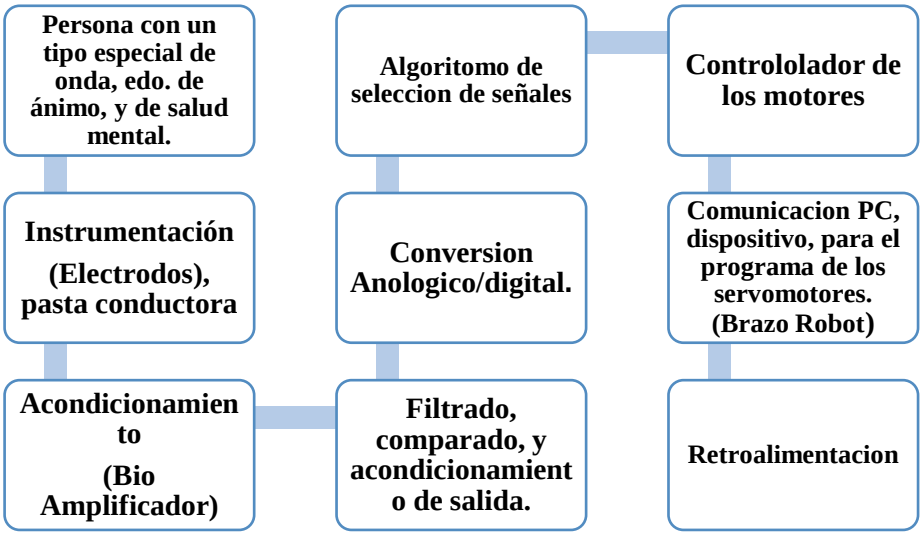

Fig. 2. Etapas del diseño del prototipo

Se describen brevemente las partes del prototipo:

a. Electrodos

Para medir y registrar potenciales las corrientes en el cuerpo, es necesario utilizar una interfaz entre el cuerpo y el aparato de medición electrónico. Esta función es la que desempeñan los electrodos para biopotenciales, además estos electrodos llevan a cabo una función de transducción ya que la corriente en el cuerpo es transportada por iones y en un cable por electrones. Los electrodos para biopotenciales transforman la corriente iónica en corriente eléctrica.

b. Amplificador de instrumentación

Sirve para amplificar una señal en un rango de µV a mV, para conseguir este objetivo, el rango del valor de ganancia debe estar comprendido entre 1000 y 10000 para amplificar la señal y así poder visualizarla y tratarla de acuerdo a las necesidades del estudio.

Para esta acción interviene la relación rechazo al modo común (CMR) y se define como la ganancia de tensión en modo diferencial dividida por la ganancia de tensión en modo común, en un amplificador diferencial esta toma dos señales a su entrada y nos entrega la diferencia de ellas, de allí debe su nombre de diferencial.

A continuación, se muestra el diagrama de la configuración típica del TL084CN como amplificador de instrumentación. (*fig3*).

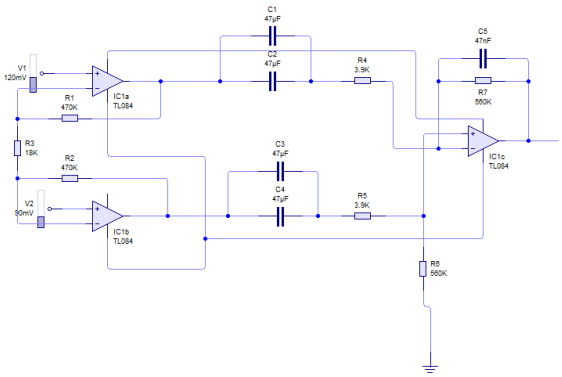

Fig. 3. Configuración del TL084CN

c. Filtros Butterworth.

Esta etapa es una etapa analógica y se encarga de eliminar el ruido de las señales generadas para posteriormente ser acondicionadas. Un filtro adecuado para eliminar el ruido de estas señales es el filtro Butterworth que puede ser de primero, segundo o tercer orden. De los mencionados se seleccionó un filtro activo Butterworth de tercer orden para tener una atenuación de -60dB de las señales superiores a la de corte. Los dos filtros activos son pasa-bajos, para el diseño seguimos el siguiente diagrama *(fig4).* con la configuración básica característica de este tipo de filtro.

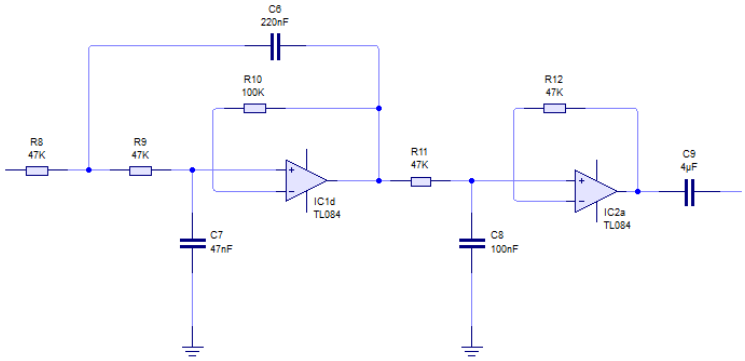

Fig. 4. Configuración Butterworth

d. Acondicionamientos de señal

La última etapa de los canales analógicos cumple la función de convertir las señales entre +12V y –12V a unas entre 0 y 5V para que el convertidor A/D del microcontrolador pueda leerlas sin problemas, es así que a la señal de electroencefalografía de cada canal le añadiremos un offset para desplazarla a un rango positivo entre 0 y 5V, mediante un sumador no inversor. *(fig5)*

Los dispositivos que se utilizaron para el diseño en la etapa de amplificación de este proyecto fueron integrados con la serie TL084CN, que incluye cuatro amplificadores operacionales, y se les dio una configuración diferencial por ser la más adecuada al mostrar alta impedancia en la entrada, se armaron también en forma de filtro activo. Aunque se cotizan en el mercado dispositivos que cumplen con la función deseada, se optó por esta solución al ser mejor por el bajo costo. Se requirieron de varios motores de DC para poder interpolarlos en un brazo de marca comercial y poder así simular los movimientos del brazo humano. Para la etapa de control elegimos un microcontrolador ATMEL de la familia “328p” al ser de prestaciones

A pesar de que hay otros dispositivos que superan al elegido las necesidades del proyecto no requieren más de estas. Nuestro objetivo es producir un dispositivo que cubra las expectativas, cumpla con su función y que tenga un costo de producción bajo para que sea accesible para cualquier persona.

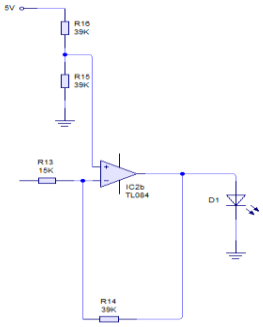

Fig. 5. Circuito acondicionador de señal con los valores de diseño

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Conversor analógico-digital

Mediante la placa Arduino se realiza la conversión analógica-digital, proceso indispensable para poder transmitir vía comunicación serial a la computadora, esta acción es realizada por el Arduino en forma alternada, es decir procesa la señal del CH1(canal 1) del EEG y la transmite, luego hace lo mismo con la señal del CH2 (canal 2) del EEG, así en tiempo continuo. El conversor ADC tiene 10 bits de resolución, ya que no suele ser necesaria una resolución tan alta (5/1024=4.8mV) y como la máxima excursión de señal es de 5V, de ello tenemos que la mínima señal que el convertidor es capaz de detectar es de una resolución de 8bit (5/256=19.5mV), esto último principalmente por dos motivos: se mejora la respuesta ante el ruido y además tenemos un dato de 8bits que es el dato nativo del Arduino, con lo que las rutinas para su procesado serán más sencillas y rápidas de ejecutar.

El puerto Analógico del Arduino se encarga de gestionar todo el proceso de control del convertidor A/D, utilizamos los canales analógicos AN0 y AN1. El puerto digital lo aprovechamos para visualizar mediante actuadores el funcionamiento de la conversión A/D. Los datos digitalizados los transmitimos a través del Arduino vía serial, para que no exista problema de comunicación, tanto en el Matlab como en el lenguaje de programación que se usa para el Arduino deben estar configurados a la misma velocidad, en este caso tenemos 9600 bits por segundo (bps); No es necesario acoplar la comunicación con un Máx-232 para que los valores TTL sean convertidos a los valores RS-232 manejados por el puerto serial ya que la placa por si misma trae integrada dicha comunicación facilitando con ello el tamaño del circuito y la fácil comunicación y acoplamiento con Matlab. *(fig6)*

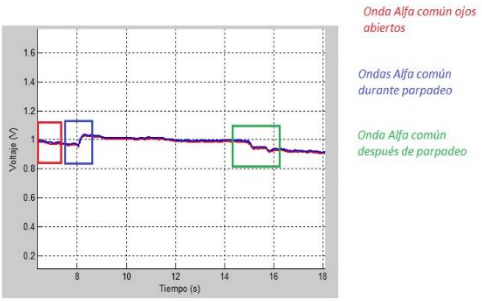

Fig. 6. Graficas obtenidas por Matlab durante las pruebas del EEG y las respectivas caracterizaciones, el rojo se obtuvo al fijar la mirada en una dirección, azul durante un cerrar de ojos y el verde muestra como retorna al estado inicial.

- Se logró amplificar una señal eléctrica del orden de los milivoltios hasta valores utilizables (0-5V) con una cantidad de ruido despreciable
- Se pudo alimentar un controlador por medio de la corriente amplificada y a su vez ser analizada
- Se pudo obtener una respuesta, en forma de movimiento de motores, a la entrada de la señal amplificada
- Se comprobó que, con el diseño actual, es posible notar físicamente los cambios en la señal.

Se pudo apreciar el cambio de voltaje en el encéfalo por medio de los servomotores que forman parte de un brazo robótico.

Conclusiones

El sistema desarrollado anteriormente para controlar el brazo protésico a través de datos electroencefalográficos (EEG) tiene un porcentaje alto de certidumbre en su aplicación en el desarrollo de

tecnologías de vanguardia, debido a que se busca la autonomía e independencia de personas que han sufrido por nacimiento ó accidente la perdida de una extremidad limitando su desempeño en actividades diarias, así también a personas con padecimientos como esclerosis múltiple donde pierden la mayor parte de la movilidad pero no su función cerebral, es decir se encuentran atrapados en su propio cuerpo. Este trabajo aporta a la investigación en las aplicaciones de uso de BCI, para la vida diaria pero más aún se busca para el uso en el campo laboral lo que permita una apertura de oportunidad laborales para la personas con discapacidad motriz, Logrando como colectivo en una sociedad incluyente que brinde la oportunidad de apoyar a nuestras comunidades en su calidad de vida y desarrollo tecnológico de nuestro país.

Referencias

1. Roger S. Pressman, Ph, D(2010). “Ingeniería del software, un enfoque práctico” editorial Mc Graw Hill.
2. Electroencefalografía; Enrique A. Delamonica; Ed. El Ateneo; 2° Edición Año 1984
3. Amplificadores Operacionales Y Filtros Activos - Teoría, Proyectos Y Aplicaciones Prácticas; Antonio Pertence Junior
4. Neurología; Juan J. Zarranz; Ed. Elsevier; 3° Edición
5. Coughlin, R.F. (2006) .Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Colima, México, Prentice Hall/Pearson
6. Boylestad, R.L. y Nashelsky, L. (2003). Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. México, Pearson Educación.
7. Villaseñor Gómez, J.R. (2013). Circuitos electrónicos y aplicaciones digitales. México, Pearson Educación.
8. Bronzino, J. (2005). Introducción a la ingeniería biomédica. Sandiego, California, Elsevier Inc.
9. Rangayyan, R.M. (2005). Análisis de imágenes biomédicas. Boca Raton, Florida, CRC Press LLC.
10. Kutz, M. (2009). Ingeniería biomédica y diseño de manuales. Estados Unidos de América, McGraw Hill.
11. Magnolia Cristancho, S. (2009). Introducción a la ingeniería biomédica. Manual de grado, Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Bolivia.
12. Prutchi, D. y Norris M. (2005). Diseño y desarrollo de instrumentación electrónica medica. Hoboken, New Jersey, A Jhon Wiley & sons, Inc., Publicaciones.
13. Chaudhuri, S. (2009). Análisis de ambulación utilizable en ECG. Powai, India. Springer.
14. Khandpur, R. S. (2003). Manual de instrumentación biomédica. Nueva Inglaterra, EUA, McGraw Hill Educación.
15. Webster, J. (2009). Instrumentación médica: Aplicación y diseño. India, Pvt., Wiley.
16. Webster, J. (2006). Bioinstrumentación. India, Pvt., Wiley.
17. Normann, R. (1988). Principios de bioinstrumetación. Michigan, EUA, Wiley.
18. Cromwll, L. (1980). Instrumentación biomédica y desarrollo. Boca Raton, Florida, Prentice Hall.
19. Anandanatarajan, R. (2011). Instrumentación biomédica y mediciones. Michigan, EUA, PHI Learning LTD.