

Identificación de la flexión y extensión de una mano a partir de señales EMG

Cesar Augusto Quinayás - quinayás@unicomfacauc.edu.co
 Docente Investigador
 Institución Universitaria Tecnológica de Comfacauc
 M. Galindo - J. Avendaño - M. Lucy
 Estudiantes Tecnología en Electrónica - Unicomfacauc

Resumen

En el presente trabajo se exponen los principios, el diseño y la construcción de un módulo de adquisición de señales EMG para identificar la flexión y extensión de una mano. Para esto se toma una derivación bipolar de la señal eléctrica de las fibras musculares del antebrazo y se transmite hacia una computadora personal mediante el puerto USB. El módulo está compuesto de un bloque de adquisición de la señal mioeléctrica, un bloque de filtrado de la señal, un bloque de amplificación y desplazamiento DC, un bloque de digitalización y transmisión de la señal hacia la PC a través del puerto USB. El bloque para la adquisición de la señal se encarga de conseguir una señal con poco ruido; luego esta señal es filtrada para eliminar señales de frecuencias no deseadas y se la amplifica para que ingrese al convertidor analógico-digital de un microcontrolador PIC18F4550 y así, obtener la señal digitalizada. Mediante la utilización del software Labview se crea una interfaz de usuario en la PC que toma los datos a través del puerto USB y los muestra en el monitor identificando la flexión y la extensión de la mano.

Palabras clave: electromiografía, filtros, amplificación.

I. Introducción

La electromiografía es el estudio del sistema neuromuscular. Consiste en el registro mediante electrodos de los potenciales eléctricos que se producen por un músculo durante el proceso de contracción y relajación.

Esta técnica permite evaluar el estado de los nervios que controlan la musculatura, permite detectar el grado de compresión o de sufrimiento de los nervios. Además, ayuda a medir la velocidad de desplazamiento de un estímulo eléctrico [1], las variaciones de voltajes y el ruido eléctrico del músculo o del nervio estableciendo con esto un diagnóstico médico, por lo que pueden ser fuente de control para prótesis mioeléctricas [2].

El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema de monitoreo en computador de la señal EMG (electromiográfica), previamente adecuada, filtrada, amplificada y rectificada.

2. Sistema de adquisición de señales EMG

El sistema de EMG para detectar la flexión y extensión de la mano está constituido por las siguientes partes:

2.1 Electrodo superficiales

Se ubican sobre la piel en puntos específicos donde se quiere determinar la actividad muscular, no permiten detectar potenciales de baja amplitud o de elevada frecuencia [3]. Para nuestro propósito se utilizaron electrodos adhesivos de Ag/AgCl para ECG de la marca Conmed. La conexión entre los electrodos y el

circuito analógico se realizó a través de cables mallados para disminuir la interferencia electromagnética.

Para la toma de la señal se implementó una configuración bipolar con dos puntos de señal y uno de referencia.

2.2 Pre-Amplificación

Debido a que la magnitud de los potenciales recogidos de los músculos están en el rango de $100\mu\text{V} - 90\text{mV}$, es necesario amplificar para incrementar la señal a un nivel conveniente. En esta parte se utilizó el amplificador de instrumentación Ad620 (figura 1).

La ganancia obtenida con este amplificador es de 500 y el valor de la resistencia se obtuvo de la siguiente fórmula:

$$RG = \frac{49.4K\Omega}{G - 1}$$

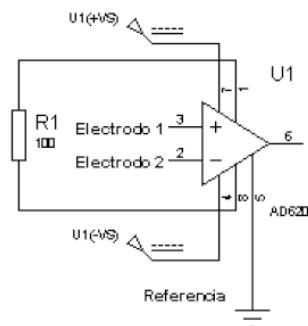


Figura 1. Amplificación de la señal

2.3 Filtros

En la literatura se ha reportado que el espectro de frecuencias de las señales EMG se encuentra en un rango de frecuencias de 5Hz a 2000Hz [4]. El ruido afecta de forma considerable las señales EMG y éste proviene de diferentes fuentes como: ruido inherente de equipos electrónicos de (0 a miles de Hz), ruido de la red eléctrica (60Hz), movimiento en la interfaz electrodo-piel (0 a 10Hz).

2.3.1 Filtro pasa banda

La mayor información de señal EMG se encuentra en el rango de frecuencias entre 20Hz a 500Hz [3], por lo tanto se implementó un filtro pasa banda

para dejar pasar la señal en este rango de frecuencias.

En la figura 2 se muestra el filtro pasa banda, en este circuito la resistencia R3 y el capacitor C2 actúan como filtro pasa altos y el valor de estos elementos define la frecuencia de corte inferior (f_l), de 20 Hz. La expresión empleada para calcular estos valores es la siguiente:

$$f_l = \frac{1}{2\pi R3C2}$$

La resistencia R2 y el capacitor C1, por el contrario, forman el filtro pasa bajos requerido, definiendo la frecuencia de corte superior (f_h) de 500Hz. Los valores de R2 y C1 se encuentran a partir de la siguiente expresión:

$$f_h = \frac{1}{2\pi R2C1}$$

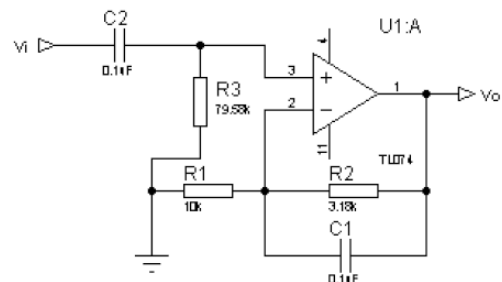


Figura 2. Filtro pasa banda

2.3.2 Filtro Notch

Para eliminar el ruido inducido por la red eléctrica de 60Hz se implementa un filtro Notch (Figura 3).

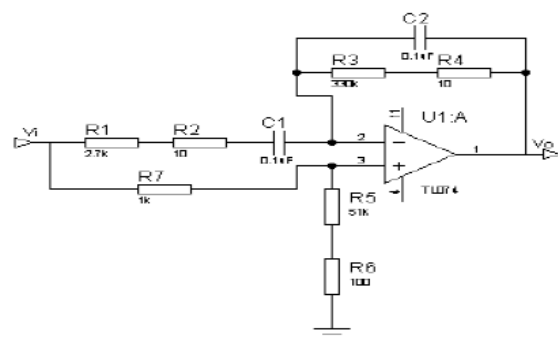


Figura 3. Filtro Notch

2.3.3 Amplificación

Para tener una buena digitalización de la señal por el conversor análogo-digital, es necesario adecuar el voltaje de la señal hasta el momento amplificada. Por lo tanto, se implementó un amplificador con ganancia variable. En la figura 4 se muestra el circuito del amplificador.

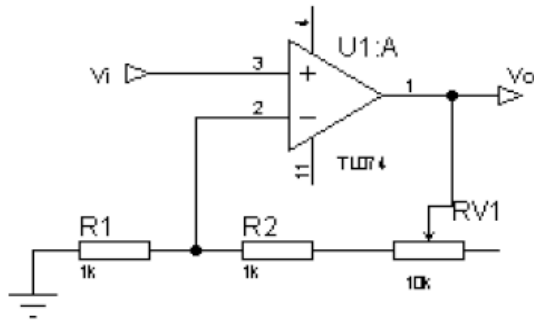


Figura 4. Amplificación.

2.3.4 Envoltura de la señal EMG

Rectificando la señal EMG se obtiene el nivel DC, que permite identificar la envoltura de la señal. En la figura 5 se muestra el circuito rectificador.

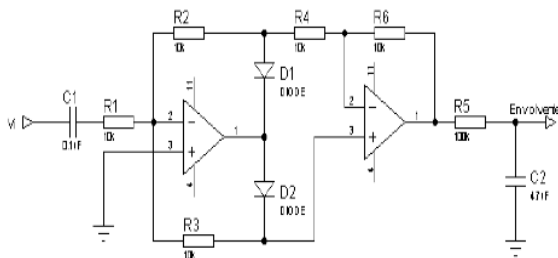


Figura 5. Rectificador activo

2.4 Digitalización

La digitalización de la envoltura de la señal EMG se realiza a través del conversor análogo digital del PIC18F4550 de 10 bits de resolución. Se muestreó la señal a 1Khz (1000 muestras en 1ms), para posteriormente ser enviada por USB al computador, donde los datos son recepcionados en un programa realizado en el software Labview.

En el microcontrolador además se implementó un algoritmo que permite identificar, a partir de umbrales de voltaje (bajo y alto), la intensidad de movimiento de la mano.

3. Resultados

La señal EMG amplificada, filtrada y rectificada, en primera instancia, se observó en un osciloscopio digital obteniendo las señales que se muestran en la figura 6, para una secuencia de contracciones musculares y relajaciones que permitieron la apertura y cierre de la mano. En la gráfica posterior (canal 1 del osciloscopio) podemos observar la respuesta típica de la señal EMG para una contracción muscular, y en la parte inferior (canal 2) se observa la envoltura de la señal.

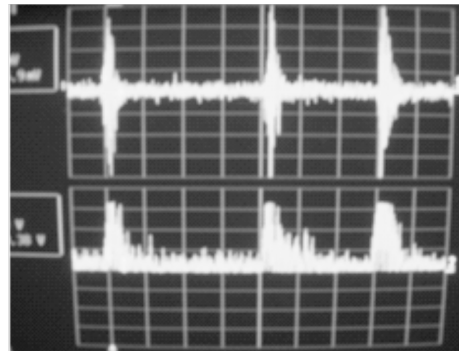


Figura 6. Señal EMG y su envoltura

Obtenidas las señales EMG en el osciloscopio se pudo comprobar que el adecuamiento analógico de la señal es satisfactorio. Por lo tanto, se implementó la digitalización de la señal en el microcontrolador y la visualización en el computador obteniendo las figuras 7 y 8.

La figura 7 es la señal EMG para una contracción y en la figura 8, que es la envoltura de la señal, podemos observar que cuando la mano se encuentra relajada se obtiene un nivel de voltaje menor a 1V y cuando hay una contracción muscular el nivel de voltaje es mayor a 2.5V. De esta forma, es relativamente fácil indentificar la apertura y cierre de la mano.

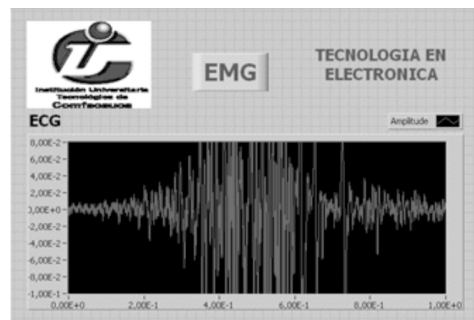


Figura 7. Señal EMG digitalizada

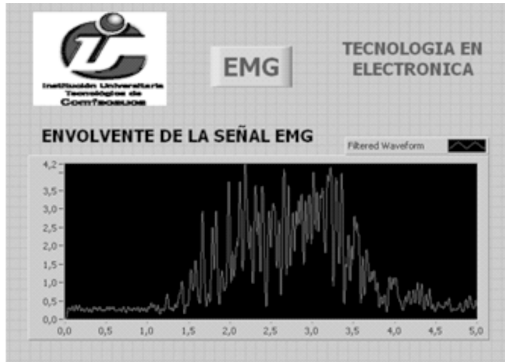


Figura 8. Envoltorio de la señal digitalizada

Las pruebas se realizaron utilizando tres electrodos colocados en el antebrazo del paciente, como se muestra en la figura 9. La superficie de piel en contacto con el electrodo debe limpiarse con algodón y alcohol para remover la suciedad general. Además de la superficie donde se van a realizar las tomas de las señales EMG se debe identificar la totalidad del musculo a evaluar.

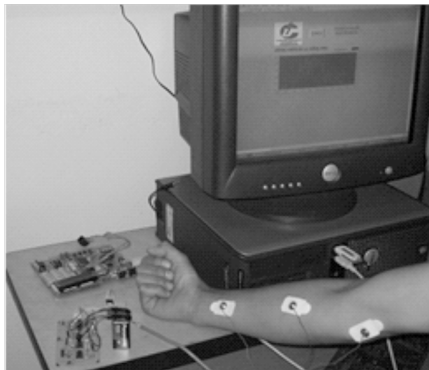


Figura 9. Configuración de los electrodos

4. Conclusiones

Se concibió diseñar e implementar un equipo capaz de registrar señales EMG provenientes de algún grupo de músculos mientras se realiza una contracción.

Debido a que el sistema permite identificar la envoltorio de la señal EMG, es posible identificar la flexión y extensión de la mano, que puede ser de gran ayuda para entrenar y rehabilitar a personas amputadas de miembro superior.

La señal EMG es altamente sensible a toda fuente de ruido, por lo tanto es recomendable que los

electrodos estén lo más cerca posible y que se utilice la menor cantidad de cable entre el circuito y la superficie de detección.

5. Bibliografía

- [1] Kleissen, R.F. Electromyography in the Biomechanical analysis of human movement and its clinical application. Revista Gait and Posture, No 8 (octubre, 1998), p. 143-158.
- [2] Patricia a. O'Neill, Myoelectric signal characteristic from muscles in residual upper limbs, IEEE Transactions on rehabilitation engineering, vol 2, No 4 (diciembre, 1994).
- [3] Ying-Han Chiou. The comparison of electromyographic pattern classifications with active and passive electrodes, Medical Engineering & Physics, No 26 (septiembre, 2004), p 605-610
- [4] Winter, D.A, Biomechanics and Motor Control of Human Movements, Editorial University of Waterloo Press, Canada, ISBN: 978-0-471-44989-8