

# Detector de Actividad Muscular como Dispositivo de Entrada<sup>1</sup>

Cesar Carlos Romanillos Palerm, *Student Member, IEEE*  
Unidad Académica de Electrónica, Universidad ITESO  
A.P. 31-157, Guadalajara, Jalisco, México

**Resumen** — La actividad muscular se puede utilizar como señal de entrada para emular un joystick o mouse. En el caso de personas que no puedan utilizar estos dispositivos debido a impedimentos físicos, se puede aprovechar su control sobre algunos músculos para obtener el mismo efecto. El detector obtiene el nivel de actividad muscular en un grupo de músculos y lo utiliza para proporcionar las señales de movimiento. Así, una contracción del músculo indica un movimiento en la dirección correspondiente, y el mismo músculo relajado indica que no hay movimiento.

## I. INTRODUCCION

Hay personas que se ven imposibilitadas a desarrollarse en su entorno social de una manera integra, debido a impedimentos físicos. Estas personas han sufrido lesiones las cuales les limitan las actividades que pueden llevar a cabo, hasta el punto de no poder utilizar muchos aparatos. Estas personas, utilizando dispositivos electrónicos pueden llegar a utilizar una computadora u otros aparatos. El detector de actividad muscular es uno de estos dispositivos.

El detector de actividad muscular utiliza los biopotenciales asociados a la actividad de un músculo o grupo de músculos de una persona para reemplazar un joystick o mouse. El detector de actividad muscular fue diseñado para utilizarse en el Sistema de Comunicación Pública para Niños con Parálisis Cerebral, pero puede adaptarse fácilmente para otros usos.

Este dispositivo es especialmente útil para personas que no pueden efectuar movimientos finos con la mano y brazo, como es el caso de muchos niños con parálisis cerebral. En lugar de desplazar el mouse o joystick solamente tienen que contraer o relajar los músculos del brazo para obtener el mismo efecto.

Para lograr esto, el detector de actividad muscular debe obtener el nivel de actividad, determinar si los músculos están o no relajados, y proporcionar una señal de movimiento en base a esta actividad. Para poder ver como se lleva a cabo este proceso, es necesario conocer primero las características de los biopotenciales relacionados con la actividad muscular.

## II. LA ACTIVIDAD MUSCULAR

Para entender como es la señal de la actividad muscular que obtiene el dispositivo, es necesario ver lo que sucede al nivel de una sola célula en un músculo. El cerebro genera señales que controlan la contracción de los músculos y las cuales hace llegar por medio de nervios. Cada uno de estos nervios controla un grupo de células musculares, teniendo varios de estos grupos en cada músculo. Las señales se transmiten, a través de los nervios, de célula a célula, por lo que se conoce como el potencial de acción (ver fig. 1). El potencial de acción, en estado de reposo, es de aproximadamente  $-70\text{mV}$ . Cuando la célula es estimulada, este potencial crece hasta aproximadamente  $30\text{mV}$ , y vuelve a descender a su nivel de reposo. Hay que tener en mente que estos potenciales son iónicos, y surgen de las reacciones químicas en este proceso.

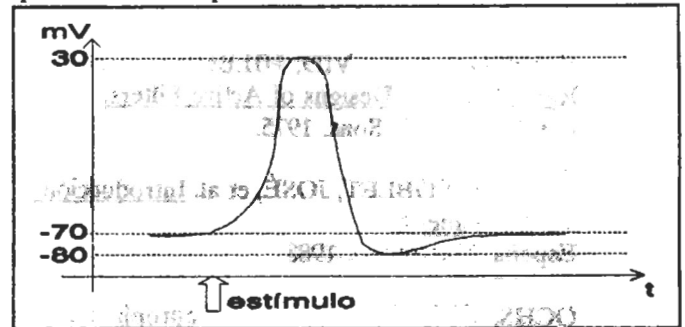


Fig.1 Potencial de Acción

Cada uno de estos "pulsos" que llegan a una célula muscular, excitan a esta haciendo que se contraiga momentáneamente (ver fig. 2); si se da un solo estímulo, las células correspondientes a ese grupo de contraen y se relajan poco tiempo después. Conforme aumenta la frecuencia de estos "pulsos", la contracción se mantiene cada vez más constante (ver fig. 3); esto es, las células se ven reexcitadas, aumentando su contracción todavía más. Entonces, la contracción de un músculo se controla en base a la frecuencia de los pulsos de estimulación, esto es, la amplitud de los potenciales de acción no varía con la intensidad de la contracción. La cantidad de grupos de células musculares que se

<sup>1</sup> Este trabajo describe el trabajo desarrollado por: Cesar Carlos Romanillos Palerm (S) y Franco Arreguín Aguado (S). El asesor del proyecto es Pablo Luengas (M). Este trabajo forma parte del Sistema de Comunicación Pública para Niños con Parálisis Cerebral, y ha sido financiado por el Centro Integral de Rehabilitación Infantil A.C. (CIRIAC), Guadalajara, México.

estimulan en un momento dado también influyen en la fuerza de la contracción.

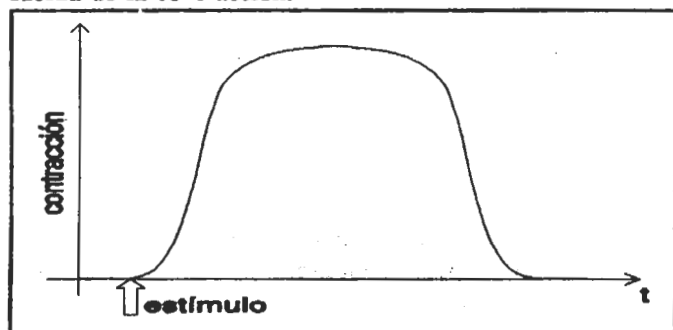


Fig. 2 Contracción muscular en respuesta a un potencial de acción

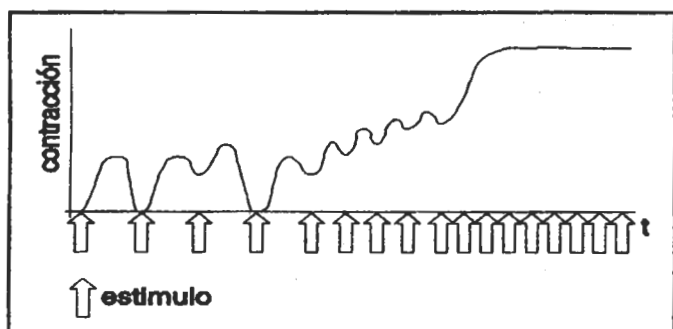


Fig. 3 Contracción muscular en relación a la frecuencia de los estímulos

Debido a que son muchos los grupos que se están estimulando durante una contracción, la cantidad de células estimuladas es aun mayor. La señal eléctrica que se detecta en la superficie del cuerpo — utilizando electrodos — se compone de la suma de los potenciales de acción individuales de un músculo o grupo de músculos; estos pueden ser positivos o negativos con respecto a la posición de los electrodos en la superficie.

La suma instantánea de todos los potenciales de acción, hacen que la forma de la señal sea como la del ruido aleatorio. La energía de esta señal es función de la actividad muscular, pero también de la colocación de los electrodos.

### III. OBTENCION DE LA SEÑAL

Como ya se vio, los biopotenciales relacionados con la actividad muscular se obtienen por medio de electrodos. Normalmente, para aplicaciones clínicas en las que se mide la actividad muscular, se utilizan electrodos subcutaneos, los cuales efectúan las mediciones directamente en el músculo deseado. En esta aplicación no se pueden utilizar este tipo de electrodos, ya que no son de uso prolongado y frecuente. Además, habría que comprar un juego de electrodos para cada uso y para cada persona para evitar infecciones y contagios. Debido a esto se seleccionaron los electrodos

superficiales de Ag-AgCl, los cuales, además, son reusables. Otro factor es el costo; siendo los electrodos superficiales de Ag-AgCl fáciles de fabricar mediante un proceso electrolítico, se disminuye el costo considerablemente.

Este tipo de electrodos tiene una impedancia bastante grande, lo cual influye en el diseño del dispositivo. Así mismo, los electrodos presentan un voltaje de directa, que se conoce como el potencial de media celda. Estos potenciales se cancelan sólo cuando el par de electrodos que se utilizan son idénticos, lo cual es algo difícil de lograr. Esto implica que se tiene que eliminar esta componente de directa de alguna otra forma.

Para mejorar el contacto eléctrico del electrodo con la piel se utiliza un gel electrolítico especial, el cual disminuye la impedancia entre la piel y el electrodo.

Debido a la alta impedancia y la necesidad de eliminar la componente de directa debida al potencial de media celda, las primeras etapas de procesamiento de la señal constan de un amplificador de instrumentación con una alta impedancia de entrada, seguido de un filtro. (ver fig.4) Además, debido a que la magnitud de los potenciales de acción es muy pequeña, se requiere de bastante amplificación.

Todo el proceso de obtención de la señal se tiene que efectuar para cada uno de los músculos que serán utilizados. En el caso de querer tener movimiento en las cuatro direcciones, se requiere de cuatro músculos distintos, y por lo tanto cuatro canales distintos en el dispositivo. En nuestra aplicación se utilizan solamente dos músculos, indicando el movimiento hacia abajo y hacia la derecha.

### IV. CODIFICACION DE LA SEÑAL

El resto del procesamiento de la señal consiste en obtener una medida de la actividad del músculo, en base al contenido de energía de la señal. Esto se puede lograr fácilmente obteniendo el valor absoluto de la señal de actividad e integrando en el tiempo.

El valor de la integración se compara entonces con un nivel de referencia, el cual es ajustable para poder variar la sensibilidad del dispositivo. Cuando la integral alcanza este valor, se dispara un oscilador monoestable, generando así un pulso de salida; este mismo pulso regresa al integrador para reestablecerlo a su valor inicial de cero. Así, una vez que se generó un pulso, el sistema está listo para seguir procesando la señal.

Con esta forma de procesar la señal, la cantidad de actividad muscular se relaciona con la frecuencia de los pulsos de salida. Mientras más próximos estén los pulsos entre si, mayor es la actividad muscular presente. Esto se puede apreciar en la figura 5, la cual nos muestra las distintas etapas de procesamiento.

La secuencia de pulsos no nos indica de forma directa si debe de darse un movimiento del cursor en la dirección

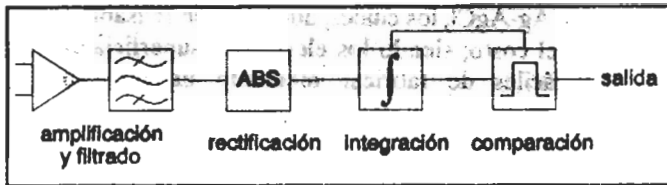


Fig. 4 Procesamiento de la señal de actividad muscular

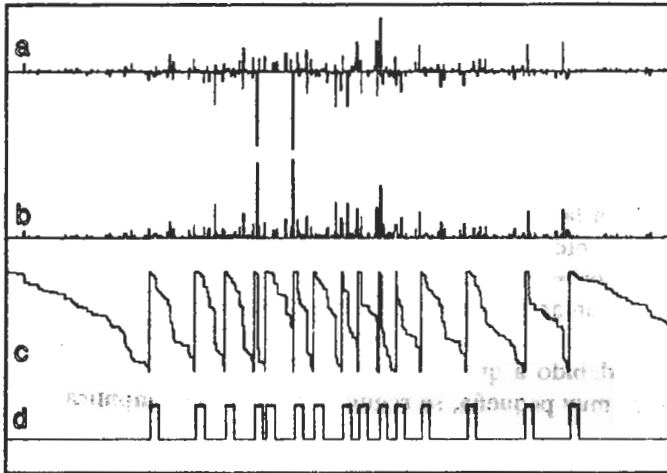


Fig. 5 Etapas del procesamiento de la señal de actividad muscular  
a) Señal amplificada y filtrada b) Rectificación c) Integración d) Salida

correspondiente. Todavía se requiere de algo de procesamiento, el cual se lleva a cabo en software. Esta característica, aunque hace un poco más complicada la utilización de este dispositivo en un sistema, le brinda una flexibilidad mucho mayor. En el caso de los niños con parálisis cerebral, hay algunos que tienen sus músculos más rígidos o flácidos de lo normal, con los consiguientes cambios en la actividad muscular. Sin el procesamiento en software, se tendría que efectuar una calibración manual del dispositivo para que distintas personas puedan utilizarlo. Al manejarse de esta manera, la calibración se lleva a cabo por software también, y por lo tanto se definen los niveles de actividad promedio automáticamente. Esto hace al dispositivo más amigable al usuario.

Un punto crítico en el diseño de este dispositivo es la seguridad. El dispositivo no sólo será utilizado por seres humanos, sino que se tiene un muy buen contacto eléctrico a través de los electrodos. Esto requiere que la persona este aislada eléctricamente del circuito. Se han tomado dos medidas de seguridad en el diseño. La primera consiste en un acople de los electrodos con el sistema de forma flotada, al amplificador de instrumentación de alta impedancia de entrada. La segunda medida consiste en un aislamiento eléctrico, que no permite que ninguna descarga eléctrica llegue a la parte de acondicionamiento de la señal, y por lo

tanto al paciente a través de los electrodos. Para esto se utiliza un convertidor de corriente directa a corriente directa, con un alto aislamiento eléctrico. Por el lado de la salida, se utiliza un acople óptico para proporcionarle la salida al resto del sistema.

## V. CONCLUSIONES

Este dispositivo de entrada es una alternativa para aquellas personas que, debido a impedimentos físicos, no pueden utilizar un joystick o mouse. En la aplicación específica del sistema de comunicación pública para niños con parálisis cerebral, es una alternativa que puede hacer la diferencia entre poder y no poder comunicarse.

El dispositivo todavía se podría mejorar bastante. El diseño actual no es inteligente, y deja que todas las decisiones relacionadas con la actividad muscular promedio y los niveles de referencia para decidir entre movimiento o no movimiento a sistema principal. Se le puede dotar de inteligencia utilizando un microcontrolador que procese los pulsos de salida del dispositivo actual. Una gran ventaja sería que el sistema principal no tendría que procesar la señal más allá de una operación lógica. Además, le puede dar una flexibilidad aun mayor al dispositivo, y podría utilizarse para otros propósitos, cambiando solamente el firmware del microcontrolador.

## REFERENCIAS

- [1] Mark S. Emley, L. Donald Gilmore, Serge H. Roy, "Electromyography," *IEEE Potentials*, pp.25-28, April 1992.
- [2] John G. Webster, ed., *Medical Instrumentation. Application and Design*, Boston, MA: Houghton Mifflin, 1978.
- [3] Leslie Cromwell, Fred J. Weibell, Erich A. Pfeiffer, *Biomedical Instrumentation and Measurements*, 2nd ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1980.
- [4] Wynn Kapit, Robert I. Macey, Esmail Meisami, *The Physiology Coloring Book*, New York, NY: HarperCollins Publishers, Inc., 1987.
- [5] Jacob Millman, Arvin Grabel, *Microelectronics*, 2nd ed., New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [6] Sundaram Natarajan, *Theory and Design of Linear Active Networks*, New York, NY: MacMillan Publishing Company, 1987.
- [7] C.J. Savant Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter, *Electronic Circuit Design. An Engineering Approach*, Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1987.
- [8] Donald L. Schilling, Charles Belove, *Electronic Circuits. Discreet and Integrated*, 3rd ed., New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989.
- [9] Sidney Soclof, *Application of Analog Integrated Circuits*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1985.