

REGISTRADOR DE ELECTROMIOGRAMAS DESTINADO A ESTUDIOS DE LA MARCHA

R .Blanco, D. Delisle, C. Díaz, J. C. García, N. López, A. Martínez

Centro de Biofísica Médica Santiago de Cuba

e-mail: rblanco@cbm.uo.edu.cu, delisle@cbm.uo.edu.cu, carlos@cbm.uo.edu.cu

RESUMEN

Se presenta un prototipo de registrador digital portátil que cuenta con ocho canales de adquisición de señales electromiográficas superficiales y dos de sincronismo. Estos últimos permiten obtener un mapa de las fases de la locomoción y se añadieron con el objetivo de utilizar el equipo como analizador de marcha. Para reducir las interferencias y obtener una buena relación señal a ruido, se incluyeron los bioamplificadores en el diseño de los sensores. El equipo posee una etapa para el acondicionamiento de las señales provenientes de los bioamplificadores y otra para la digitalización, almacenamiento y transferencia de datos por interfaz USB.

Los resultados de los ensayos realizados evidenciaron que las características de los movimientos se obtienen con precisión, de forma rápida, económica y simple por lo que se pudo comprobar la factibilidad del prototipo para realizar estudios de la marcha.

Palabras claves: Análisis de la marcha humana, electromiografía de superficie, EMG, EMGS, PIC18F452, USB.

ABSTRACT

A test design of a portable EMG device is presented in this work. This device is intended to be used for movement and walking studies in humans by means of an 8-channel EMG PIC18F452 microcontroller that also features 2 reference channels. Data is stored to be later sent to a PC via a USB hub. The validation of the design was done after a locomotion research in humans. The results showed that all movements can be accurately measured in an economical and simple way, which is ideal for collective use.

Key words: Locomotion analysis, portable digital EMG device, PIC18F452, USB hub.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que el trabajo muscular coordinado en grupo es afectado por muchas patologías [1] [2] [3]. Debido a esto, en la medicina moderna, hay numerosas situaciones donde es muy útil conocer con precisión las características de los movimientos de las personas sanas y enfermas. Estos movimientos, en la mayoría de los casos, siguen patrones muy complejos. Por tanto, ha sido necesario implementar aplicaciones tecnológicas, que actúen como ayudas especiales, para registrar y analizar sus características cinemáticas y fisiológicas [4].

El objetivo de este trabajo es mostrar el diseño de un prototipo que permita evaluar con fiabilidad, la fisiología de activación muscular durante la locomoción. Para esto se decidió dotar al equipo de ocho canales de electromiografía superficial y dos de referencia temporal. El sistema permite registrar electromiogramas digitales de los principales grupos musculares que intervienen en la marcha, en sincronía con las fases del apoyo plantar. Esto facilita su análisis posterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

La concepción del prototipo se dividió en dos etapas fundamentales:

1. Diseño y construcción del *hardware*.
2. Desarrollo del *firmware* del microcontrolador.

Hardware

Los primeros elementos de esta etapa, cuyo diagrama en bloques se muestra en la figura 1, lo constituyen ocho canales bipolares de electromiografía superficial. Cada uno de ellos está asociado a un amplificador de instrumentación del tipo AD620CN ubicado directamente sobre el sensor. Todos operan con ganancia igual a 10 y razón de rechazo a modo común (CMRR) superior a 100dB [5]. De esta forma se aumenta la relación señal a ruido y se reducen las interferencias que provienen de fuente comunes, como los 60Hz de la red eléctrica.

Las componentes espectrales más importantes de los electromiogramas de superficie se encuentran entre las frecuencias de 10Hz y 450Hz, aunque muchos investigadores utilizan una frecuencia inferior a 40Hz para minimizar los artefactos producidos por los movimientos [6]. Con el objetivo de poder estudiar todo el rango, se colocaron dos filtros en cascada. En primer lugar un paso alto pasivo, de primer orden y con frecuencia de corte igual a 40Hz. En segundo lugar un pasabajo de Butterworth, de segundo orden y con frecuencia de corte igual a 450Hz [7][8].

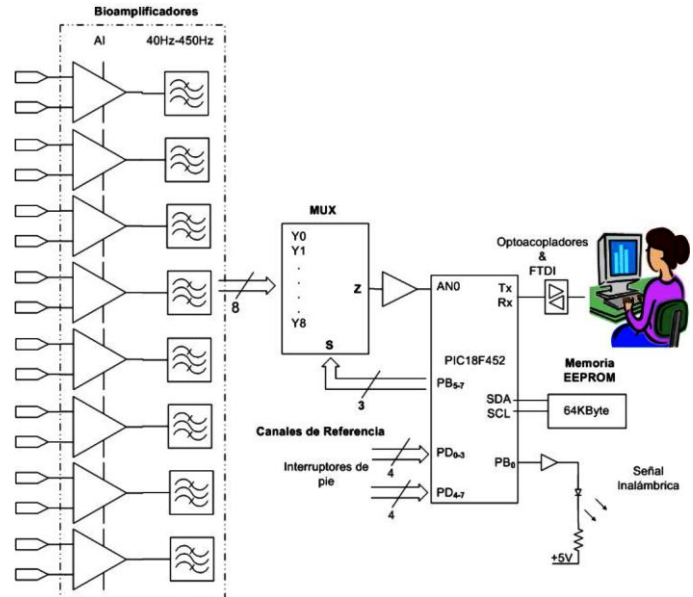


Fig. 1. Diagrama en bloques del sistema de adquisición de señales electromiográficas.

En la figura 2 se muestra la señal electromiográfica correspondiente al músculo tibial anterior de la pierna derecha, leída con un osciloscopio Tektronix TDS3052 a la salida de la etapa de filtrado.

Los ocho canales de electromiografía se multiplexan y aplican a una etapa común de acondicionamiento para adecuar las señales a los requerimientos del módulo de digitalización. La figura 3 muestra la señal del mismo músculo, leída a la salida de esta etapa.

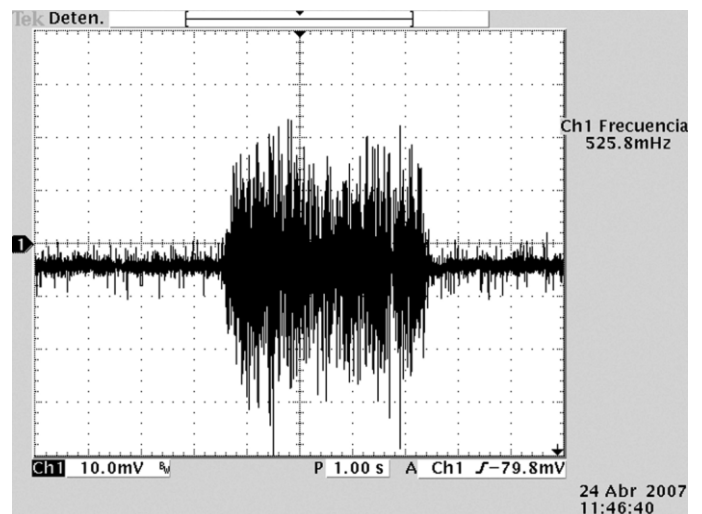


Fig. 2. Señal electromiográfica obtenida a la salida de la etapa de filtrado.

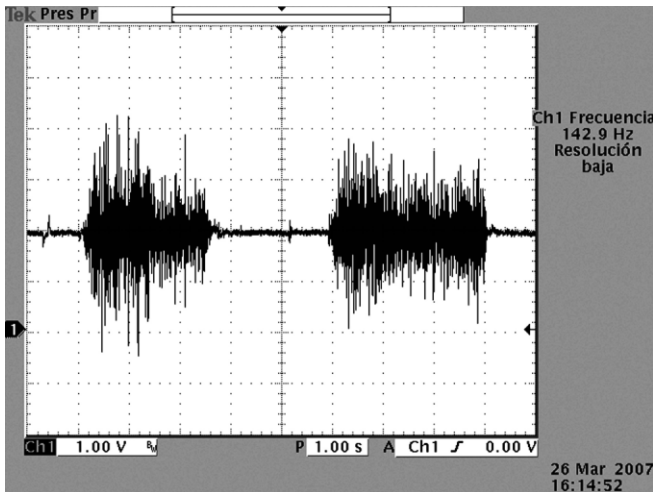


Fig. 3. Señal electromiográfica obtenida a la salida de la etapa de acondicionamiento.

Los canales de referencia se utilizan para detectar las fases del apoyo plantar. Con este fin se colocan cuatro interruptores en la planta de cada pie. En la figura 4 se muestran las posiciones escogidas: el talón, el quinto metacarpiano, el primer metacarpiano y dedo pulgar. La combinación lógica de estos interruptores permite obtener una señal que describe las fases de la pisada y la marcha.

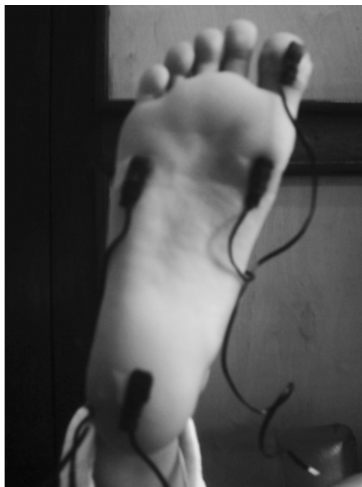


Fig. 4. Distribución de los interruptores en la planta del pie

Como plataforma de desarrollo se empleó un microcontrolador PIC18F452 de Microchip [9], que opera a 16 MHz y es el encargado de:

1. La adquisición y conversión analógico-digital de los electromiogramas.
2. Conformar la señal que describe las fases de la marcha, a partir de la combinación lógica de los interruptores, ubicados convenientemente en la planta del pie.
3. Almacenar los datos digitales en un espacio de memorias de 64KB.
4. Transmitir los datos digitales hacia la PC a través del interfaz UART-USB (FT232BM).

El sistema se alimenta con dos baterías de 8VDC y consume 150 mA. Esto garantiza un alto aislamiento del paciente con respecto a la red eléctrica. En el módulo digital el aislamiento se consigue con dos optoacopladores HCPL2631 de 10 kV/ μ s.

El funcionamiento del prototipo médico cumple con los requerimientos de Clase I, Tipo B [10], acorde con la EN 60601-1.

Firmware del microcontrolador

El *firmware* del microcontrolador permite la adquisición y digitalización de los electromiogramas con una frecuencia de muestreo de 1kHz y una resolución de 10 bits. También, permite conformar las señales que describen las fases de la marcha (ver figura 5) y almacenar los datos digitales en memorias EEPROM externas. El proceso de adquisición y digitalización se inicia con la activación de un canal de interruptores de referencia. El firmware permite transferir los datos almacenados hacia una PC para la obtención de los registros digitales con un sistema integral para el análisis de la marcha[11][12]. Además, posibilita las siguientes funciones:

- Genera una señal modulada por ancho de pulso para el control inalámbrico del inicio y fin de captura de una cámara de video digital.
- Transferencia en línea hacia la PC del canal seleccionado por el usuario.

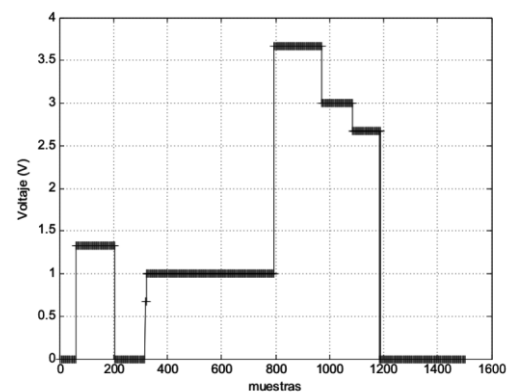


Fig. 5. Señal que describe las fases de una pisada.

RESULTADOS

Se realizaron ensayos con individuos voluntarios para comprobar el funcionamiento y la factibilidad del prototipo en los estudios de la marcha. Para ello, se colocaron en la pierna derecha de cada individuo los sensores de electromiografía 5, 6, 7 y 8, en los músculos tibial anterior, gemelo externo, cuádriceps femoral y bíceps femoral respectivamente. En la planta del pie derecho se ubicó el canal 2 de referencia. Luego de una marcha ejecutada por el voluntario en línea recta se obtuvieron los registros digitales que se muestran en la figura 6.

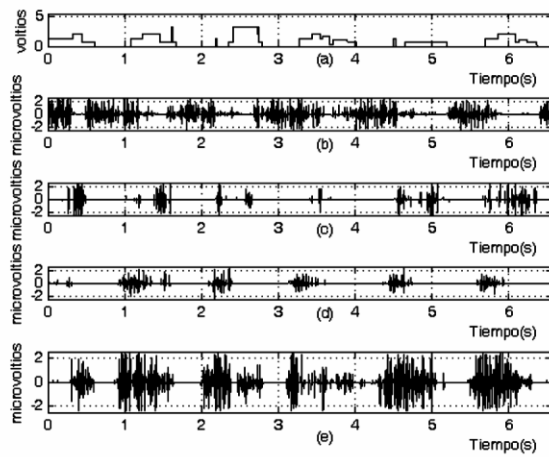


Fig. 6. Registros obtenidos en la pierna derecha de un individuo voluntario

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la figura 2 se puede notar que la señal electromiográfica muestra una baja presencia de ruido e interferencia de 60Hz. Esto se logró por la ubicación externa de los bioamplificadores, que posibilita elevar la potencia de la señal inmediatamente después de captada y transmitirla al equipo con un nivel muy superior al de las interferencias que alcanzan el cable de conexión con los sensores. Esto evita la utilización de un filtro Notch a la frecuencia de 60 Hz y permite aprovechar todas las componentes espectrales de los electromiogramas de superficie.

En la figura 5 se observa la señal que describe las fases de una pisada. Su conformación de manera digital en el microcontrolador reduce la cantidad de componentes electrónicos, minimiza la presencia de ruido y facilita la operación de los algoritmos que identifican las fases de la marcha.

En la figura 6 se puede observar cómo los músculos agonistas y antagonistas se contraen y relajan de manera alterna, y sus actividades eléctricas se corresponden con el canal que marca las fases de la marcha.

CONCLUSIONES

El prototipo de registrador de electromiogramas portátil puede ser usado para estudios de la marcha de forma masiva por la simplicidad y fiabilidad que presenta en su operación. La posibilidad que tiene de generar una señal PWM para el control inalámbrico del inicio y fin de captura de una cámara de video digital, permite combinar, de forma sincrónica, la técnica de electromiografía con la de videografía, para aumentar las posibilidades de los estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Perry J. "Dynamics electromyography. In: Gait Analysis: Normal and pathological function." SLACK Incorporated Inc., Thorofare, New Jersey 1992:381-411.
- [2] Perry J." Determinants of muscle function in the spastic lower extremity." Clin. Orthop Relat Res, 1993, 288-289.
- [3] Sutherland DH, Cooper L, Daniel D. "The role of the ankle plantar flexor in normal walking." J Bone Jt Surg (Am) 1980;62(3):354-63.
- [4] Richards, J., G. "The measurement of human motion: A comparison of commercially available systems. " Human Movement Science", 1999, 18:589-602.
- [5] Analogic Device, "AD620 Low Cost, Low Power Instrumentation Amplifier". Disponible: http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/37793330023930AD620_e.pdf. Fecha de acceso: 5/10/2005.
- [6] Vladimir Medved, "Measurement of Human Locomotion", CRC Press LLC, pp. 189-193, 2001.
- [7] Pallás Areny, Ramón. "Adquisición y distribución de señales". Editorial Marcombo S.A. 1993. 126-145.
- [8] G. J. Webster, "Medical Instrumentation Application and Design". Webster Editor, 1992.
- [9] Microchip. www1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39564b.pdf. [abril 2007].
- [10] EN 60601-1-1990. Equipos Electromédicos Parte 1: Requisitos Generales para la Seguridad. Agencia Española de Normatización.
- [11] Delisle R, D., Blanco S, R., López R, N., García N, J.C., Díaz N, C., "Módulo digital para electromiógrafo portátil", Universidad, Ciencia y Tecnología, Vol. 11, Nro. 45, Diciembre 2007, p.173, ISSN: 1316-4821.
- [12] Alexeis Martínez León, "Sistema integral para el análisis de la marcha". Tesis de Diploma en Opción al Título de Licenciado en Ciencia de la Computación. Facultad de Matemática Computación. Universidad de Oriente.