
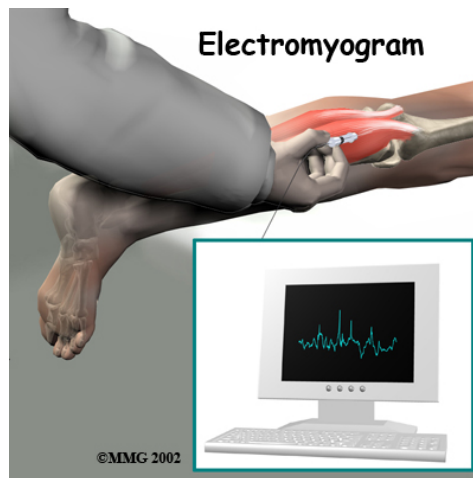


	<p align="center">CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	<p align="center">PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK</p>
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)</p>	

PRODUCTO P06

SOFTWARE EMBEBIDO PARA EL CONTROL DEL CIRCUITO DE ELECTROMIOGRAFÍA




Actividades:

A06-1: Elaboración del diagrama de flujo de las funciones de control del circuito de Electromiografía.

A06-2: Programación y simulación del código del software embebido.

A06-3: Programación del protocolo de comunicación del circuito de Electromiografía con el software del Computador Personal.

A06-4: Pruebas del software embebido con el circuito de Electromiografía.

 <p>"Inventing Companies"</p>	<p align="center">CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	<p align="center">PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK</p>
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)</p>	 <p align="center">COLCIENCIAS COLOMBIA</p>

Existen afecciones neurológicas causadas por algunas enfermedades que ocasionan la pérdida de muchas habilidades, tales como, caminar, correr, hablar, comer, etc. Los estudios actuales dirigidos a estas afecciones, tienen el objetivo de rehabilitar algunas de estas habilidades.

Como ya se tiene el circuito electrónico, que tiene como función captar la señal que generan los electrodos, adecuarla, pre-amplificarla, filtrarla, amplificarla nuevamente, filtrado de 60Hz y su adecuador para colocarla en un nivel de voltaje entre 0 y 5 Voltios para poder realizar la conversión; se procede a desarrollar el software embebido para el control de este circuito. La función de este software es controlar e encendido/Apagado del circuito de Electromiografía, la amplificación de la señal, realizar la conversión análoga – digital, adecuación de filtrado y la codificación de los datos para ser enviados e interpretados por el software del computador personal.

La captura de la señal EMG se realiza mediante electrodos superficiales de 9mm del tipo Ag-ClAg; dicha señal pasa por una etapa de acondicionamiento, a base de amplificadores con entrada jfet, para asegurar una alta impedancia. La primera etapa de amplificación se hace mediante un amplificador de instrumentación con una ganancia de 20, misma que nos permitirá filtrar la señal con poca atenuación. Posteriormente se ingresa la misma señal a un filtro pasa bandas con rango efectivo de 10Hz a 2KHz de 4° orden; de igual manera se implementó un filtro rechaza banda de 60Hz.

Las señales Electromiográficas se digitalizaron con el conversor A/D del microcontrolador. Este conversor tiene una resolución de 10 bits y un tiempo de conversión (TAD) por bit mínimo de 1.6 μs. El tiempo de conversión de un dato es igual a 12·TAD.

El conversor A/D se configuró para un TAD=2μs. El resultado de la conversión se justifica a la derecha, para tomar los 8 bits más significativos. Esto permite aprovechar la capacidad de las memorias, pero la señal digital tendrá un error igual a 0.39%. Dicho error fue calculado mediante la ecuación:


$$\varepsilon \times 100\% = \frac{2^n}{2^N} \cdot 100$$

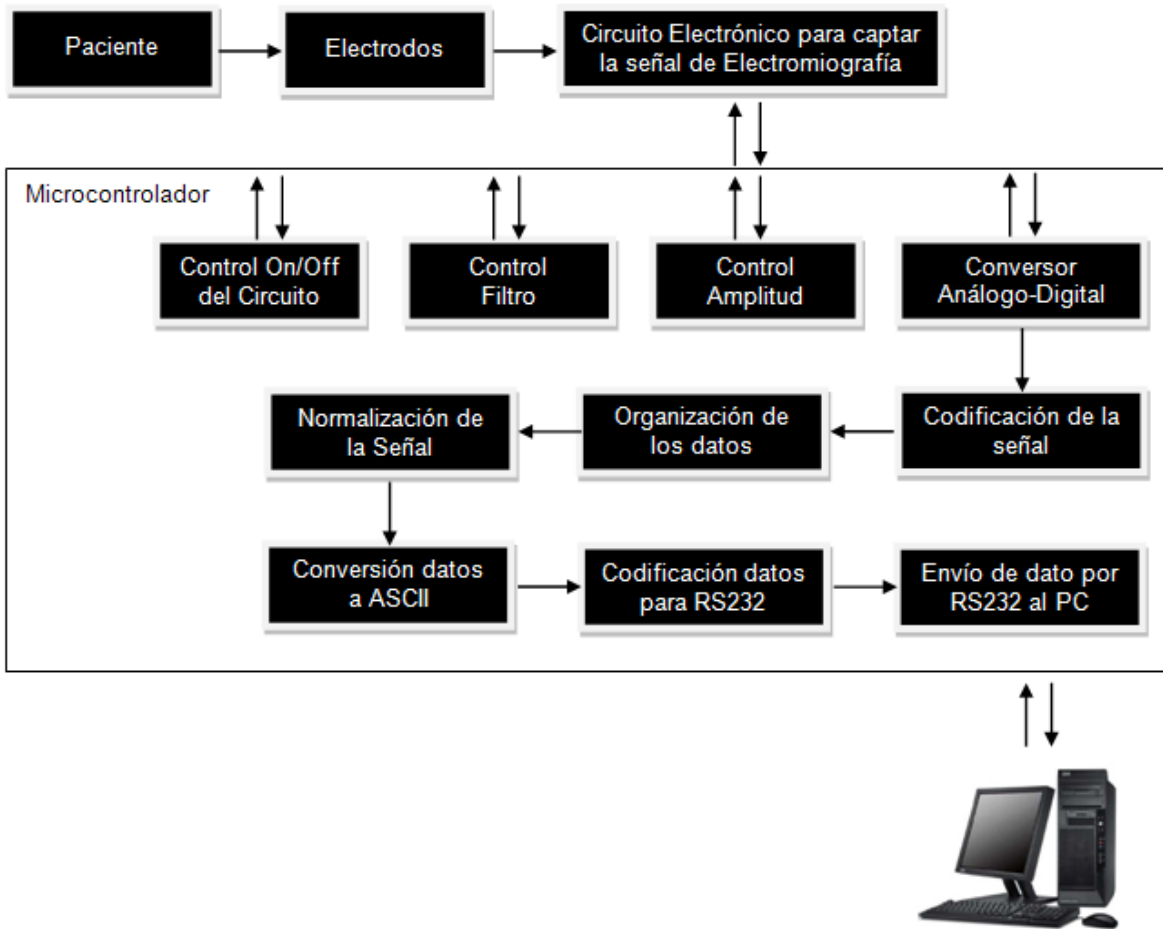
En donde n es la cantidad de bits desechados y N es el total de bits de la conversión.

Los datos digitales se transfieren hacia la memoria del microcontrolador, una vez codificados y organizados los datos, son enviados al PC para su registro gráfico. Con este propósito, se diseñó un interfaz para la comunicación serial.

El microcontrolador posee un módulo que permite la comunicación UART. Dicho módulo se configuró para una transferencia de datos bidireccional a una velocidad de 33.400 bps. Los registros digitales se obtienen, a través de una interfaz de usuario. Dicha interfaz, brinda la posibilidad de adquirir y almacenar continuamente un total de cuatros canales


A continuación se presenta el diagrama a bloques de la parte electrónica como del software:

	<p align="center">CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	<p align="center">PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK</p>
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)</p>	



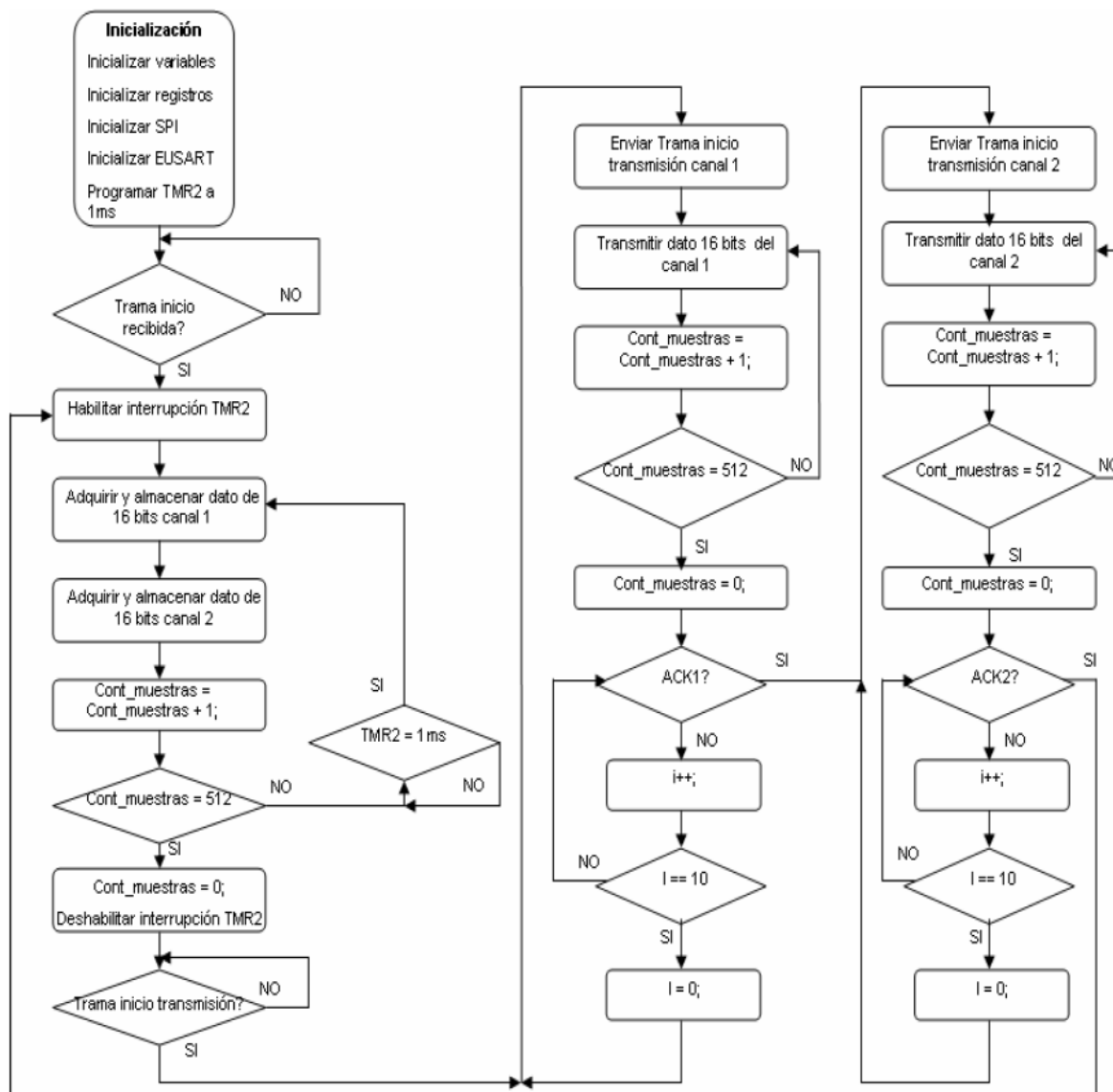
Las funciones que se implementaron en este sistema, se definen a continuación:

- El sistema es capaz de amplificar señales de amplitud comprendida entre $100\mu\text{V}$ y 10 mV . Para ello se utilizó un amplificador de instrumentación que proporciona un alto CMRR y una elevada ganancia.
- El sistema filtra las señales de entrada, que sobrepasen los 500 Hz y sean inferiores a 10 Hz . Para ello se utilizaron dos filtros Butterworth de orden 2 en cascada con estructura Sallen-Key, uno de ellos en configuración pasa bajas y el otro en pasa altas. De este modo se consigue el filtro pasa-banda con la respuesta máximamente plana en la banda de paso.
- La frecuencia de muestreo de datos viene definida por el teorema de Nyquist, se muestreo la señal a una frecuencia como mínimo 2 veces superior al ancho de banda de la señal, por lo que al tener un ancho de banda de aproximadamente 500 Hz , la frecuencia de muestreo deberá ser como mínimo de 1 kHz .
- El sistema tiene una parte analógica con la cual se realizará el acondicionamiento de la señal que se obtendrán del paciente, y una parte digital con la que se digitalizarán dichas señales y se enviarán hacia el PC. Ambas partes deberán ubicarse en el circuito impreso de modo que se interfieran mutuamente lo menos posible.
- Al tratar con señales de baja amplitud, entre $100\mu\text{V}$ y 10 mV , en las que sus variaciones serán aún menores, se garantiza una resolución de digitalización del sistema del orden de $1\mu\text{V}$ para poder detectar dichas variaciones.

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)	

- Se implementa una conexión RS-232 aislada mediante la cual se comunica con el PC, sin que exista peligro para el paciente de inyectar una corriente eléctrica demasiado elevada a través del PC.

Diagrama de flujo



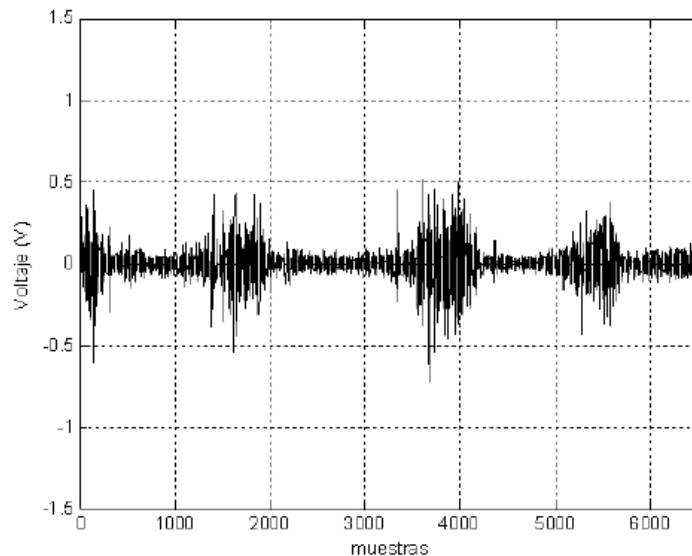
Tras la inicialización del microcontrolador, el programa deberá esperar una trama de inicio por parte del PC que le indique en Encendido o Apagado del circuito para comenzar a obtener los datos del paciente. Para ello se deberá habilitar la recepción de datos a través del módulo USART.

	CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas	PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)	

El programa deberá tomar muestras de 10 bits para de la señal de EMG en intervalos de 1 ms. Para ello se configura el módulo MSSP (Master Synchronous Serial Port) en modo SPI de manera que nos permita comunicarnos con el convertidor analógico digital y además configurar el 'Timer 2' (TMR2) para que genere interrupciones en intervalos de 1 ms.


Una vez se han obtenido 512 muestras (1.024 bytes) de la señal, el programa transmite los datos, habiendo configurado antes la transmisión de datos por el módulo EUSART (Enhanced Universal Synchronous Receiver Transmitter) y deshabilitado las interrupciones del TMR2. Para ello la trama es codificada para ser enviada al PC, indicándole que los datos corresponden a EMG. Una vez recibida la señal de encendido por parte del PC, el programa del PIC comenzará a realizar la conversión Analógica – Digital para enviar las tramas al PC.

En la siguiente Figura se puede observar la actividad eléctrica generada por un músculo, registrada con el software del computador:



Aspectos técnicos de la programación del PIC

- MSSP (modo SPI): Según la hoja de características del convertidor analógico digital la frecuencia de trabajo máxima del dispositivo es de 2,4 MHz. La señal de reloj generada por el PIC no deberá exceder nunca de ese valor. Para ello se configura el módulo MSSP para que genere una señal de reloj de $F_{osc} / 16$, donde F_{osc} es la frecuencia generada por el oscilador, de 10 MHz, por lo que el convertidor trabajará a 625 kHz.
- TMR2 (Timer 2): El timer 2 actúa como un contador de 8 bits que genera una interrupción cuando el valor del contador coincide con el del registro PR2. Para establecer el valor de PR2 se debe tener en cuenta lo siguiente:
- El PIC trabaja a una frecuencia 2,5 MHz, por lo que el tiempo de ciclo es $T_{ciclo} = 4 / F_{osc}$, es decir
- $T_{ciclo} = 0,4 \mu s$. Si utiliza un 'prescaler' de 16, se logramos que $T_{ciclo} = 6,4 \mu s$. Al establecer el registro PR2 con el valor decimal 157 se consigue que la interrupción del timer se genere cada 6,4
- $\mu s * 157 = 1 ms$.

 <p>"Inventing Companies"</p>	<p align="center">CORPORACIÓN BUCARAMANGA EMPRENDEDORA Incubadora de Empresas</p>	<p align="center">PROYECTO-CONTROL MIOFEEDBACK</p>
	<p align="center">DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN PARA MIOGRAFÍA (MIOFEEDBACK)</p>	 <p align="center">COLCIENCIAS COLOMBIA</p>

- EUSART: Se ha configurado en modo asíncrono con transmisión de datos de 8 bits, sin bit de paridad y con las interrupciones tanto de transmisión deshabilitada y la de recepción habilitada. Se configuro la velocidad de transmisión a 33.400 bps. Para ello se ha habilitado el modo de alta velocidad y se ha establecido el valor del registro SPBRGH:SPBRG a partir de la siguiente ecuación:

$$Valor = \frac{Fosc}{16 \times Baudrate} - 1$$

- Recepción / Transmisión de datos de 8 bits: El PIC18F es un microcontrolador de 8 bits, por lo que, tanto la recepción de datos del ADC como la transmisión de datos por el puerto serie se realizará de 8 bits en 8 bits. Debido a que la memoria RAM del PIC está dividida en 16 bancos de datos de 256 bytes cada uno, ha sido necesario modificar el archivo 'linker' consiguiendo así dos bancos de datos de 1.024 bytes donde almacenar las 512 muestras de 16 bits de ambos canales.
- Tramas de señalización: Tanto para indicarle al programa que se debe iniciar la adquisición de datos como para indicarle que inicie la transmisión, se envía el valor hexadecimal 64. Para indicarle al PC qué canal el programa está listo para iniciar la transmisión. A su vez el PC enviar la letra "E" para indicar que se puede iniciar la transmisión de la señal Electromiográfica.

Atentamente,

CRISTIAN ALBERTO VELEZ
Emprendedor