

ADQUISICIÓN DE DATOS

EN UN SISTEMA DE ELECTROACUPUNTURA.

Paula Palacios Cabrera.

Abstract.- The system DATAPUNTURA, presented in this essay, constitutes an application of Electronic Engineering on Complementary none conventional Medicine. The system allows an automatic acquisition of Electroacupuntura data. The Bio TronIIb makes easier to physician the diagnosis process, without having an assistant. It decreases the exploration and treatment time and gives each patient a more personal attention. Readings are to be performed faster with better and accurate interpretation.

DATAPUNTURA systems comes with a data acquisition card (DATAPUNTURAH) and its PC based software (DATAPUNTURAS)

DATAPUNTURAH has been built to capture electrical signals coming from the Bio TronIIb, these electrical signal is a sample taken at an specific point on the subjects body (Is the physician who establish where the measure should be done). DATAPUNTURAH convert electric samples into digital format and transmit them into a personal computer. In the other hand, DATAPUNTURAS a WINDOWS base applications has been developed, as interface and processes software. It not only shows the data but also acts as a complete Clinical Histories file.

Resumen.- El sistema DATAPUNTURA presentado en este artículo, constituye una aplicación de Ingeniería Electrónica en Medicina Complementaria, no convencional; permite automatizar el proceso de adquisición de datos en el Sistema de Electroacupuntura Bio TronIIb; facilita al médico el proceso de diagnóstico, sin la participación de un asistente; disminuye el tiempo de sesión con cada paciente, agiliza la toma de lecturas y favorece una mejor interpretación de los datos.

DATAPUNTURA ha requerido de dos elementos: de la tarjeta que hace la adquisición de los datos y del software para su procesamiento en el computador; denominados DATAPUNTURAH y DATAPUNTURAS, respectivamente.

DATAPUNTURAH se ha construido para captar las señales eléctricas que el médico sensa en los diferentes puntos del cuerpo del paciente, empleando el equipo Bio TronIIb, convertirlas en formato digital y transmitir las a un computador personal, mientras que DATAPUNTURAS se ha desarrollado, como una interfaz de usuario en el computador bajo el entorno WINDOWS, que procesa y presenta la información adquirida, además de cumplir las funciones de un archivo completo de Historias Clínicas de los pacientes.

PALABRAS CLAVES: Adquisición de datos, Electroacupuntura, PIC16C71, Bio TronIIb, Electromedicina.

INTRODUCCION.

En la actualidad existe un creciente interés en el uso de técnicas no convencionales para tratamiento de enfermedades. Una de estas técnicas, no convencional en el mundo occidental, es la Electroacupuntura, cuya principal base teórica es la acupuntura tradicional china, ya que poseen los mismos principios básicos.

La Electroacupuntura es una forma de diagnóstico y Tratamiento de las enfermedades usando impulsos sobre los diferentes meridianos de acupuntura del cuerpo, de tal manera que los Diagnósticos basados en

lecturas electrónicas exactas, reproducibles y precisas, permitan tratamientos o terapias por medio de estas descargas eléctricas en la búsqueda de corregir las anomalías detectadas eléctricamente. Estas técnicas que van desde el completo escepticismo hasta el convencimiento total, son cada vez más populares y el número de personas que las han

acogido como medicina complementaria va en aumento.

El propósito de este trabajo consiste en automatizar el proceso de adquisición de datos, en el sistema de Electroacupuntura, Bio TronIIb. Proceso que actualmente se realiza de forma manual y con la ayuda de un asistente del médico acupunturista.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ANÁLOGOS DEL BIO TRONIIb.

La Adquisición de Datos como la acción de medir variables, convertirlas a su correspondiente valor binario o digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido, requiere de una "Interface". En este caso la interface permite captar los niveles de voltaje y corriente del equipo Bio TronIIb y convertirlos en valores binarios para que puedan ser procesados y almacenados en un computador PC. Recordándose que el Bio TronIIb mide la alta o baja conductividad de las zonas acupunturales del cuerpo humano.

Los pasos fundamentales del proceso de adquisición de datos análogos en el Bio TronIIb se presentan en la Figura1.

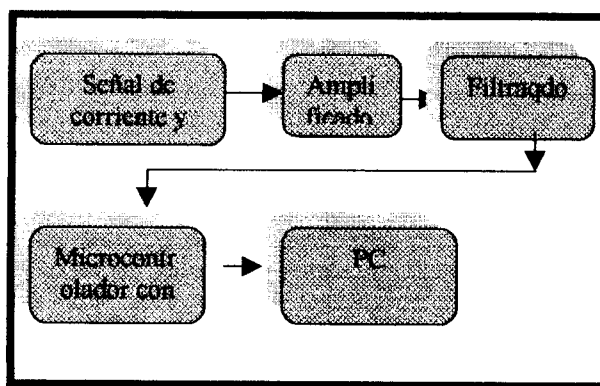


Figura1. Adquisición de Datos análogos del Bio TronIIb

Señal eléctrica del Bio TronIIb.

Tipo de señal: Continua de 0 a 155 [mV] y 0.8 [mA].

Esta señal es flotante, es decir no está conectada en forma alguna a tierra, y es captada directamente mediante un par de conductores: por el uno se envía la señal y por el otro se la regresa. Estos conductores no están conectados a tierra, por lo que las variaciones de la señal parecen flotar de un conductor a otro.

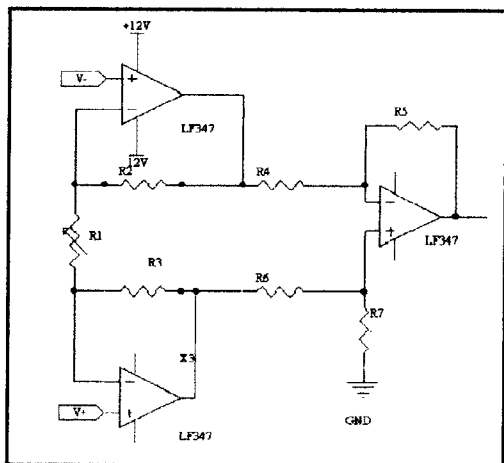


Figura2. Amplificador de Instrumentación.

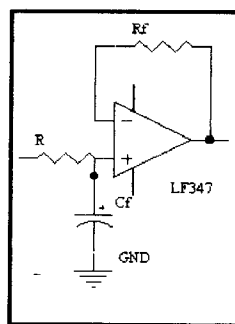


Figura3. Filtro Pasa-bajos.

Amplificación de la Señal.

El amplificador usado debido al tipo de señal corresponde al Amplificador de Instrumentación.

El Amplificador de Instrumentación, es especial para ser usado en instrumentos médicos electrónicos. Convierte dos señales de entrada en una señal de voltaje única que es igual a la diferencia entre esas dos señales multiplicada por la ganancia programada en el amplificador. Es útil, puesto que la señal a amplificar es sensible a la carga instalada, presentando una alta resistencia de entrada que permite que no se afecte el valor real de la señal a procesar.

La ganancia del amplificador, con las siguientes condiciones de igualdad entre resistencias, puede calcularse con la ecuación [1]:

$$(R6 = R4 \text{ y } R7 = R5)$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancia: } A &= \frac{V_{sal}}{(V2 - V1)} \\ &= \frac{R5 (R1 + R2 + R3) (V2 - V1)}{R1 * R4} \quad [1] \end{aligned}$$

$$V_{sal} = 5 \text{ [V]}$$

$$(V2 - V1) = 200 \text{ [mV]}$$

Por lo que la ganancia corresponde a $A = 25$

Según estos valores, las resistencias son :

$$R1 = R2 = R5 = R7 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

$$R4 = R6 = 1 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

$$R3 = 5.6 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

El circuito integrado seleccionado para el amplificador de instrumentación es el LF347 de la National Semiconductors. Este CI, es de bajo costo y posee cuatro amplificadores independientes, de alta ganancia, que brindan un buen aislamiento interno entre los mismos. Se lo utilizó por tener tecnología BI-FET II™, que le hace menos sensible a cambios en la tensión de entrada, con una impedancia casi infinita.

Filtrado de la Señal.

El proceso incluye una conversión analógica a digital, que hace necesario el uso de un filtro Pasa-Bajos para eliminar componentes de alta frecuencia de la señal y ruidos de interferencia eléctrica. Para la señal proveniente del Bio TronIIb, se determinó que una frecuencia de corte apropiada para el diseño del filtro es de 10 Hz.

La frecuencia de corte se evalúa mediante:

$$\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \quad [2]$$

Con el valor de la frecuencia de corte en Hz, puede reordenarse la ecuación anterior para calcular R:

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

Con el valor de la frecuencia de corte y asumiendo el valor de 1 μ f para el capacitor, se encuentra el valor de R.

$$R = \frac{1}{2\pi (10) (1 \times 10^{-6})} \approx 15 \text{ K}\Omega$$

MICROCONTROLADOR PIC16C71.

Luego de la etapa de filtrado, las siguientes etapas del proceso en la adquisición de datos son: la conversión analógica a digital y la transmisión hacia el PC.

En el presente trabajo dichas funciones le han sido asignadas al microcontrolador PIC16C71 de Microchip Technology que posee internamente un conversor A/D de 8 bits (1/255 como resolución).

Este microcontrolador viene en un encapsulado de 18 pines, con tecnología RISC (Reduced Instruction Set Computer) y está basado en la arquitectura Harvard, que consiste en tener buses independientes para la memoria de programa y para la memoria de datos, permitiendo ejecutar una instrucción al mismo tiempo que se prepara la siguiente.

CONVERSIÓN A/D.

La etapa de conversión analógica a digital realiza el proceso mediante el cual el voltaje analógico correspondiente a la señal emitida

por el Bio TronIb es convertido a su correspondiente valor binario (En este caso una palabra digital de 8 bits).

El módulo del convertidor posee cuatro entradas análogas multiplexadas a un solo circuito de muestreo y sostenimiento y a un convertidor. El voltaje de referencia del convertidor puede ser externo a través del pin RA3/AN3/VREF o interno usando la fuente de alimentación (Vdd). Este convertidor es del tipo de aproximaciones sucesivas y el tiempo de conversión está en función del ciclo del oscilador, considerándose un tiempo mínimo de 20 us.

Aquí se emplea solamente un canal del convertidor (RA0) puesto que se tiene una señal a convertirse y se utiliza la referencia interna que corresponde a +5 V. El proceso de conversión se iniciará cuando se presione un pulsante de pie, lo que generará un 1 Lógico en la entrada RA2.

TRANSMISIÓN DE DATOS.

Para la comunicación entre el microcontrolador PIC16C71 y el computador personal se ha preferido la interfase de tipo serial y específicamente la RS-232, ya que es común destinar el puerto paralelo del PC para la conexión de impresoras dejando libre al menos uno de los dos puertos seriales. Asimismo, tiene un costo muy pequeño comparada con la de tipo paralelo, ya que emplea pocos circuitos.

El PIC16C71, transmite los datos al PC, mediante la implementación de un programa que considera el tiempo que dura cada uno de los bits en la línea. Esto se lo hace debido a que este microcontrolador no posee la opción de las comunicaciones seriales.

En el programa implementado, la duración de cada bit es de 104.16us debido a que la transmisión se realiza a 9600 baudios (bits por segundo). No se utiliza el bit de paridad.

Los niveles de voltaje del pin RB6 del microcontrolador son TTL. Considerando que los voltajes del pòrtico serial de un PC son de ± 12 ; se debe conectar un dispositivo que permite convertir los niveles TTL a niveles RS232 y viceversa. El dispositivo seleccionado es el circuito integrado MAX 232/E. La salida del MAX232/E que cumple con los niveles de voltaje de conexión para el PC requiere de un cable que una las líneas de comunicación RS-

232 con el conector DB-9 que se colocará en el puerto serial.

2. EL SOFTWARE DEL SISTEMA.

DATAPUNTURAS constituye el Software del Sistema de Adquisición de datos del Bio TronIb. Es un programa desarrollado para trabajar bajo el entorno Windows de Microsoft. Fue creado específicamente para captar los datos provenientes de DATAPUNTURAH, procesarlos y presentarlos en el computador. Se constituye en un auxiliar del médico porque cumple las funciones de un archivo completo y de fácil acceso a las historias clínicas de los pacientes, permitiéndole:

1. Crear, Buscar, editar o eliminar Historias Clínicas de los pacientes.
2. Adquirir los datos de DATAPUNTURAH en el computador.
3. Presentar los datos en tablas, gráficas e impresiones en papel.
4. Guardar notas sobre observaciones y tratamientos.

DATAPUNTURAS ha sido creado, utilizando:

- Como base el programa Microsoft Visual Basic 6.0 de 32 bits.
- Como complemento los programas: Microsoft Access para las bases de datos de Historias Clínicas y sesiones y Chart FX 2.0 para DELPHI, para la creación de gráficas.

3. PRUEBAS, y RESULTADOS.

Para verificar el funcionamiento del Sistema DATAPUNTURA se efectuaron simulaciones y pruebas por separado, en cada parte del sistema y luego en el conjunto.

PRUEBA CON LAS SEÑALES DEL Bio TronIb.

Esta prueba se realizó con el equipo Bio TronIib, para establecer el rango de valores de las resistencias que producen en el óhmetro del equipo, una deflexión en el rango de 0 a 100.

- Para determinar el valor de estas resistencias y su correspondiente en la escala, se procedió de acuerdo a como se describe a continuación:
- Conexión del Bio TronIib a la toma de corriente eléctrica y encendido del interruptor.
- Ensamble de un conjunto de resistencias y potenciómetros en las puntas del Bio TronIib.
- Ajuste de las resistencias y potenciómetros hasta conseguir que el óhmetro alcance la máxima deflexión correspondiente a 100.
- Registro del valor de la resistencia y su correspondencia en la escala.
- Repetición del proceso de ajuste, para determinar la relación de las divisiones de la escala con los valores de resistencia.
- Registro de los valores de resistencia para cada división de la escala y medición del voltaje en los terminales que entran al galvanómetro del equipo BiotronIib.
- El desarrollo del Sistema DATAPUNTURA, se realizó tomando en consideración la relación resistencia - voltaje obtenida. Para ello se utilizó elementos que permitieron simular las características de las señales de salida del BiotronIib, que sirvieron para verificar su correcto funcionamiento, sin necesidad de utilizar el equipo de Electroacupuntura.

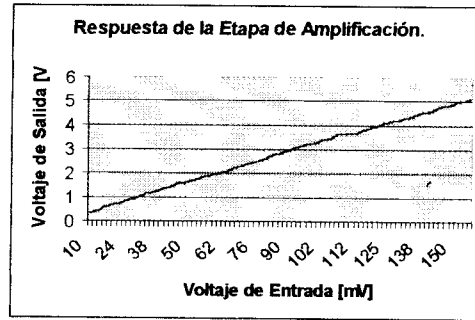
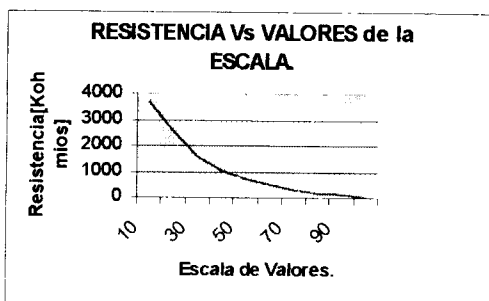


Figura 6. Valores de Voltaje Versus Valores de la Escala del Ohmiometro del Bio TronIib.

PRUEBA CON LA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL Bio TronIib.

La señal de salida de la etapa de Amplificación y filtrado debe estar en el rango de 0 a 5V_{DC}. Para asegurar que cumpla esta condición, se realizó un proceso de calibración.

Los pasos seguidos fueron:

- Introducción a los terminales de entrada del amplificador de instrumentación una señal de voltaje de 0 a 155 [mV], que es el rango de variación encontrado cuando el óhmetro del Bio TronIib verifica una deflexión de 0 a 100.

Para conseguir el rango de 0 a 155[mV], se utilizó un divisor de tensión, el que se conectó como se indica en la Figura7:

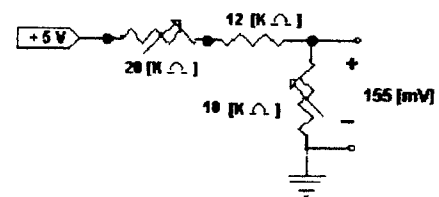


Figura 7 Divisor de tensión para simulación

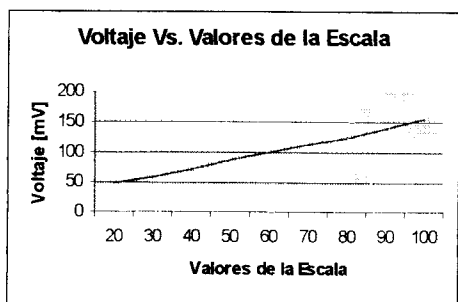


Figura 8 Relación entre voltajes de entrada y de salida

- Conexión de los terminales de un multímetro, el (+) al pin 14 del LF347 y el (-) a GND.
- Selección de indicación de voltaje dc., en el multímetro.
- Ubicación del potenciómetro R1 en la tarjeta, por cuanto este controla la ganancia del amplificador de instrumentación.
- Lectura de la indicación del multímetro. Al ser ésta diferente de +5V se giró el tornillo del potenciómetro R1 hacia la izquierda o derecha, según fue necesario.
- Ajuste de la posición correcta del potenciómetro, de tal manera que la indicación fue de +5V.

Posterior a la calibración se hicieron pruebas, con señales de voltaje de 0 a 155mV, obteniéndose la curva que se indica en la Figura 8.

PRUEBA DE CONVERSIÓN ANÁLOGA/DIGITAL Y COMUNICACIÓN SERIAL CON EL COMPUTADOR.

Para comprobar que el programa dentro del microcontrolador, que lleva a cabo las tareas de conversión y transmisión de datos, funcione correctamente; se realizó la simulación en el programa Mplab 4.00.00 para windows/16 de Microchip Technology.

Después de conseguir los resultados deseados en la simulación, se efectuaron los siguientes pasos para

comprobar el correcto funcionamiento:

- Conexión de un divisor de voltaje, que genera potenciales desde 0 hasta 5V_{DC}, a la entrada RA0 del microcontrolador (pin 17).
- Iniciación de la conversión presionando el pulsante de pie.
- Internamente la señal ingresada se convirtió en una palabra binaria de 8 bits, leída posteriormente por el microcontrolador y transmitida serialmente por RB6 (pin 12 del microcontrolador)
- Visualización del tren de pulsos obtenidos mediante el acoplamiento de una punta lógica.
- Conexión de la tarjeta de adquisición de datos con el computador, mediante un cable de transmisión serial.
- Recepción de los datos a través de la ejecución de una pequeña aplicación desarrollada en Visual Basic.
- Registro de los voltajes a convertirse, sus correspondientes códigos binarios encontrados a la salida del microcontrolador y sus equivalentes códigos ASCII recibidos en el computador.

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede concluir que tanto la conversión analógica a digital, como la comunicación serial se realizan sin problemas.

PRUEBAS CON EL EQUIPO COMPLETO.

Una vez terminado el proceso de prueba de cada una de las partes del equipo, se procedió a integrarlas. Con el equipo completo, se realizó su calibración y dos pruebas de verificación.

La primera con señales de voltaje que simulan el Bio TronIIb y la segunda con el equipo de Electroacupuntura y los pacientes.

Prueba con un Divisor de Tensión.

Esta prueba que hizo uso del divisor de tensión usado anteriormente, consistió en lo siguiente:

- Conexión de un divisor de tensión, que genera voltajes de 0 a 155[mV], a la entrada del amplificador de instrumentación.
- Encendido del equipo DATAPUNTURAH
- Ejecución de un programa de prueba desarrollado en Visual Basic, que además de recibir los datos del microcontrolador, los procesa de tal manera que se encuentra su equivalencia de 1 a 100.
- Activación del circuito de inicio de conversión, mediante la presión sobre el pulsante de pie.
- Lectura de los valores de entrada de voltaje y los encontrados en el computador.

La curva obtenida se presenta en la Figura 9.

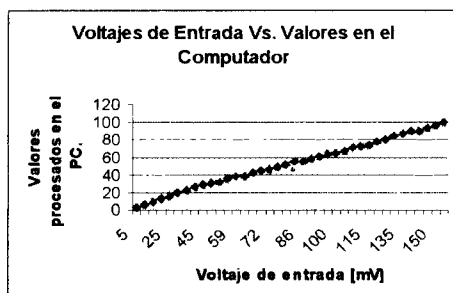


Figura 9 Curva obtenida entre Voltajes de Entrda y Datos recibidos en el Computador

Prueba con el Equipo Bio TronIib y los Pacientes.

Esta prueba, la mas completa, representa el proceso que realizará el médico cada vez que requiera medir la resistividad al paso de la corriente eléctrica en los puntos acupunturales de un paciente.

Los pasos seguidos para la ejecución de esta prueba fueron:

- Encendido del equipo Bio TronIib y de DATAPUNTURAH.
- Ejecución del programa DATAPUNTURAS, y Adquisición de datos.
- Mediciones en el paciente.
- Registro de los valores indicados en el óhmetro.

Terminado el proceso de medición, se obtuvo el registro manual de los datos visualizados en el óhmetro y el registro impreso de los datos adquiridos en el computador. Esta prueba se realizó en diez pacientes.

Después de realizadas las pruebas con las señales del **Bio TronIib**, la fuente de alimentación, la etapa de acondicionamiento y con el equipo completo, se verificó que la operación del Sistema DATAPUNTURAH es satisfactoria; pues además de cambiar los procesos del Manual al Automatizado se obtiene una mejor precisión en las lecturas. En una muestra de 10 pacientes, el máximo error encontrado, entre los valores visualizados en el indicador del óhmetro del Bio TronIib y los registrados en el PC es de ± 1 unidad.

Complementariamente, se exhibe un Cuadro Comparativo entre el proceso manual y el conseguido con el sistema DATAPUNTURAH.

CONCLUSIONES.

- El sistema DATAPUNTURAH es versátil y permite automatizar el proceso de adquisición de datos en el Sistema de Electroacupuntura Bio TronIib.
- DATAPUNTURAH establece la comunicación entre el sistema de Electroacupuntura y el computador.
- En la construcción de DATAPUNTURAH, como elemento central, se ha empleado el microcontrolador PIC16C71 programable de Microchip Technology que por incluir un conversor análogo digital de 8 bits

reduce el número de conexiones, permitiendo economizar costos por componentes, mantenimiento y circuitos impresos lo que disminuye la posibilidad de ruido durante el proceso.

- DATAPUNTURAS permite crear, buscar, editar o eliminar Historias Clínicas de los pacientes y

REFERENCIAS.

- [1] Coughlin, Robert y Driscoll Frederick. "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales". Prentice Hall, México, 1993.
- [2] Dorf, Richard. "Circuitos Eléctricos. Introducción al Análisis y Diseño". Alfaomega, México, 1989.
- [3] "Interface RS232 TTL", Electronique Practique, Interfaces PC et Développements N°3 Hors série-avril 1999, pp. 60-62.
- [4] "La simulation de circuits électroniques". Nouvelle Electronique N°40, pp. 77-79, 15 octobre/15 décembre 1998.
- [5] "Manual PIC16C71X", DS30272A, Microchip Technology Inc., 1997.
- [6] "National Operational Amplifiers Databook", National Semiconductor, U.S.A., 1995.
- [7] "Procedure Manual "BIO TRONIIB IIB", International Trading Corp., Ltd. Charlestown, Nevis, West Indies.
- [8] Suarez, Joaquín. "Manual de Visual Basic", McGraw-Hill/Interamericana de México S.A., 1994.
- [9] "Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation", Bioelectronique, Nouvelle Electronique N° 43, pp. 40-55, 15 avril/15juin 1999
- [10] "±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers", Maxim, 19-0175, Rev 3: 5, U.S.A., 1996.

determinar rápidamente su estado mediante la presentación de gráficas a color que identifican las desviaciones en relación a un paciente patrón.