

# **ELECTROCARDIOGRAFO POR COMPUTADORA**

Rosanna Tinoco Hernandez<sup>o</sup>, Margarita Paredes Bejarano<sup>1</sup>, Norman Romero Chaglia<sup>2</sup>, Miguel Yapur<sup>3</sup>

<sup>o</sup>Egresada de Ingeniería Eléctrica Especialización Electrónica 2002

<sup>1</sup>Egresada de Ingeniería Eléctrica Especialización Electrónica 2002

<sup>2</sup>Egresado de Ingeniería Eléctrica Especialización Electrónica 2002

<sup>3</sup>Director de Tópico, Ingeniero Electrónico, Escuela Superior Politécnica del Litoral 1983, Master en Ciencias de la Ingeniería Biomédica, Universidad de Texas- Arlington, USA, 1986, Profesor de la ESPOL desde 1987

## **RESUMEN**

El presente trabajo trata sobre el diseño y la implementación de un graficador de señales cardíacas por computadora, para lo cual diseñamos un circuito electrónico capaz de recibir la señal analógica proveniente de la actividad eléctrica del corazón, amplificarla, y luego convertirla en una señal digital para ser procesada por software y finalmente ser graficada, siendo posible así observar la señal cardíaca en el monitor de un computador como un tren de pulsos.

Cabe destacar que para efectos de graficación, un muestreo de la señal hubiera sido suficiente; sin embargo, para efectos académicos nos permitimos sincronizar el circuito de adquisición de señales con el microprocesador del computador; así la adquisición de datos es completa.

Dado el bajo costo de los elementos y la confiabilidad del equipo se consigue un instrumento capaz de suplir algunas de las prestaciones de un electrocardiógrafo profesional.

## INTRODUCCION

Durante años ha sido un reto constante para la medicina el análisis de los órganos internos del cuerpo humano con mecanismos no invasivos. Con la llegada del electrocardiógrafo el análisis se fundamentó en la graficación de las señales bioeléctricas que genera el corazón en determinados períodos, debido a la importancia de este equipo su presencia en clínicas y hospitales es de vital importancia pero debido a su alto costo su adquisición es muchas veces imposible.

Aprovechando el bajo costo de los circuitos digitales, hemos realizado el diseño y la implementación de un electrocardiógrafo por computadora para lo cual construimos un circuito sensible a la señal cardíaca; una vez capturada la señal cardíaca, ésta es amplificada y convertida a una señal digital para ser procesada por software y finalmente ser graficada, siendo de esta forma posible observar la señal cardíaca en un monitor de un computador.

# CAPITULO 1

## 1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

A continuación se muestran las diferentes etapas que componen el electrocardiógrafo; éstas etapas se interconectan como se muestra en la figura 1.1

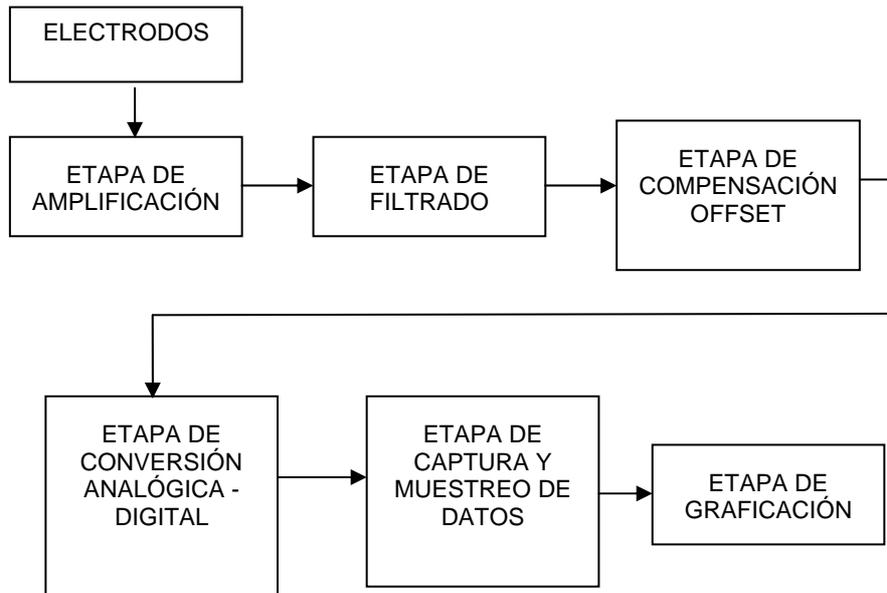


Figura 1.1 Diagramas de bloques del hardware del equipo

## 1.2 DIAGRAMA DEL SOFTWARE DEL EQUIPO

Dada la numerosa cantidad de líneas de código en el programa, fue requerido simplificar las rutinas dentro de funciones y macros llamadas durante la ejecución según sean necesarias; es así como en la figura 1.2 observamos un diagrama de bloques simplificado.

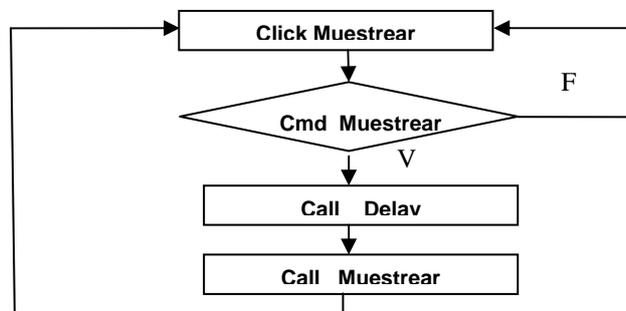


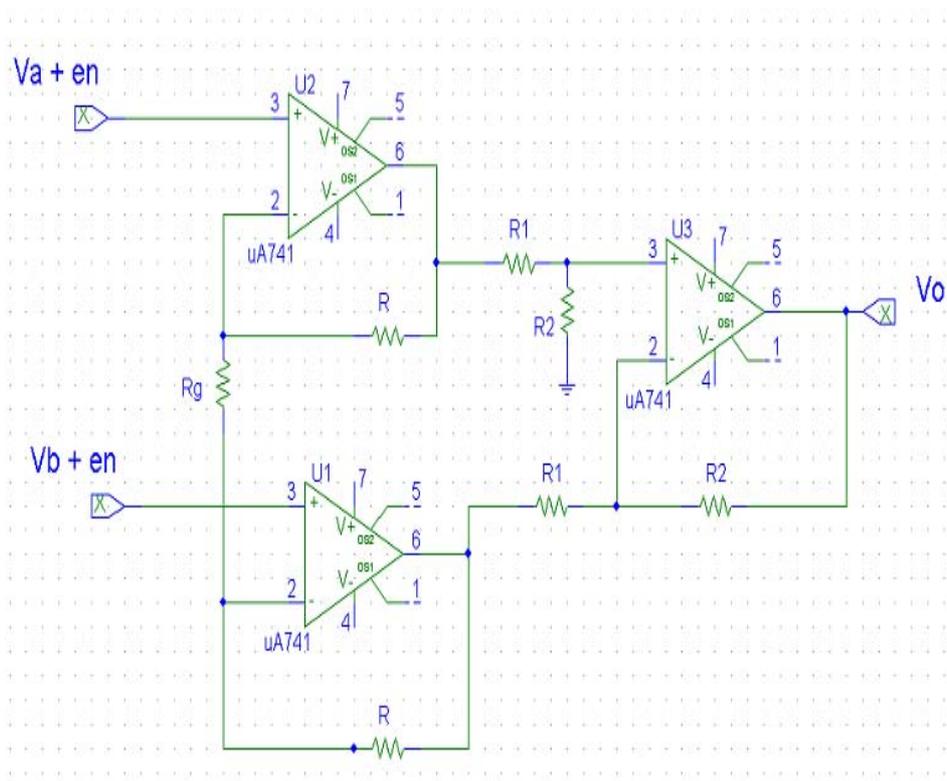
Fig. 1.2 Diagrama de bloques del programa.

## CAPITULO 2

### DESCRIPCION DEL HARDWARE DEL EQUIPO

#### 2.1 Etapa de Amplificación.

La etapa de amplificación esta formada por un amplificador de instrumentación, diseñado de tal manera que posea una alta ganancia y gran impedancia de entrada. Consideraremos el circuito de tres amplificadores utilizando el CI TL084 como se muestra en la figura. Una característica eléctrica muy importante de los amplificadores de instrumentación, es el rechazo de modo común CMRR, el cual debe ser lo mayor posible.



¡Error!

Donde la ganancia será:

$$Ad = \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{2R}{R_g} \right)$$

## 2.2 Etapa de Filtrado.

Implementamos una etapa de filtrado, la cual consiste en un filtro pasa bandas, realizado de tal manera que esta etapa sólo permita el paso de señales eléctricas en el rango de de 0.15 Hz y 100 Hz.

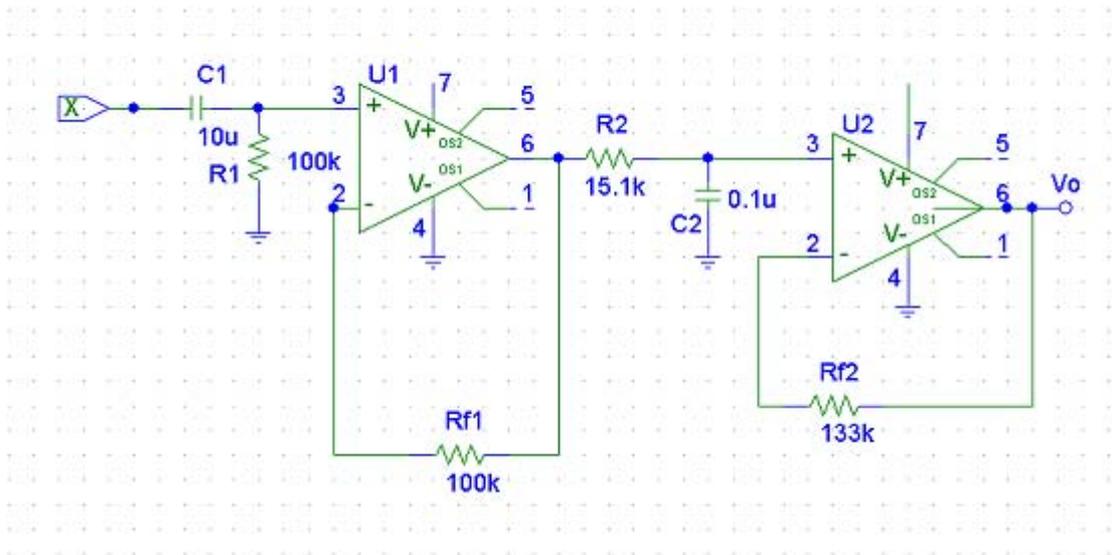


Figura. 2.1.2 Circuito esquemático de etapa de filtrado

Cálculos de filtro pasa altos:

$$f_{ol} = \frac{1}{2 \pi R_1 C_1} \quad f_{ol} = \frac{1}{2 \pi (100 \times 10^3)(10 \mu f)}$$

$$f_{ol} = 0.159 \text{ Hz}$$

Cálculos de filtro pasa bajos:

$$f_{oH} = \frac{1}{2 \pi R_2 C_2} \quad f_{oH} = \frac{1}{2 \pi (15.1 \times 10^3)(0.1 \mu f)}$$

$$f_{oH} = 105.4 \text{ Hz}$$

## 2.3 Etapa de compensación de Offset

Es indispensable ajustar la señal en el rango de amplitud máximo y mínimo de voltaje solicitado por la etapa de conversión y expuesto en la hoja del fabricante del ADC utilizado, en nuestro caso usamos el ADC0804 que convierte señales analógicas en el rango de 0v a 5 voltios a digitales. Para nuestro prototipo implementamos un circuito sumador con el cual sumamos

el nivel DC requerido para que la señal no este por debajo de cero voltios. A continuación mostramos el circuito sumador utilizado:

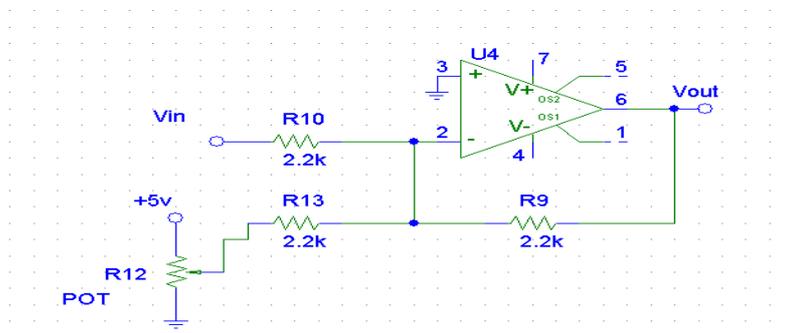


Figura. 2.13 Esquemático de circuito controlador de nivel DC

## 2.4 Etapa de Conversion Analogica Digital

Para esta etapa usamos un convertidor analógico digital ADC0804 compatible con lógica TTL y MOS. El ADC0804 opera a partir de una fuente estándar DC de +5V y puede digitalizar voltajes análogos entre 0 y 5V. La resolución del ADC0804 es de 8 bits (0.39%) por cada 0.02V de incremento de voltaje en las entradas análogas, la cuenta binaria se incrementa en 1. La conversión del ADC0804, tanto su inicio como su terminación es controlada por software. El circuito puede realizar de 5000 a 10000 conversiones por segundo. La resistencia R1 y el condensador C1 conectados a las entradas CLK R (pin19) y CLK IN (pin4) del ADC0804 habilitan la operación del reloj interno.

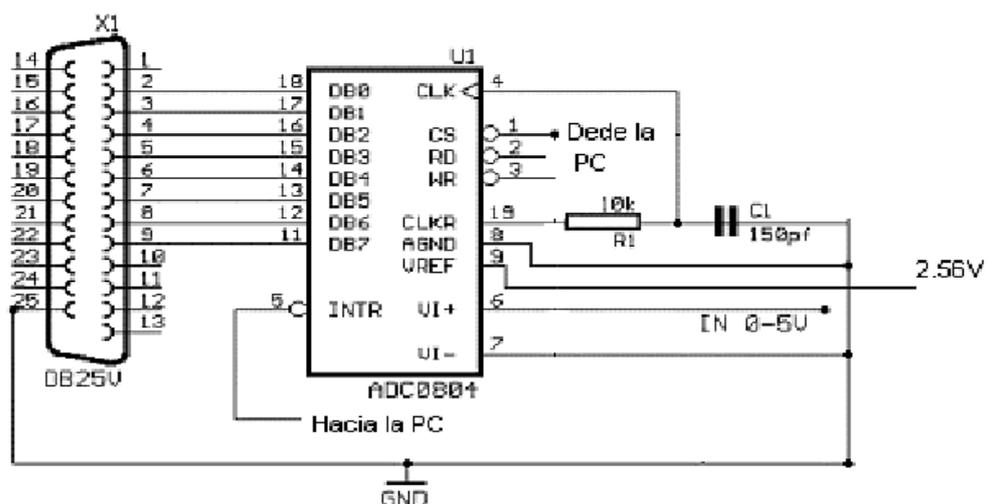


Figura. 2.8.: Esquemático etapa conversión analógica-digital

## **2.4 Etapa de Muestreo y Captura de Datos**

En esta parte de nuestro diseño, recogemos los datos una vez convertidos a binarios por medio del puerto paralelo de nuestro PC. Esto lo hacemos en completo sincronismo con el microprocesador, dado que así nuestra muestra es confiable. La computadora controla el momento en que se llevara a cabo la conversión mediante la generación de las señales  $\overline{CS}$  y  $\overline{WR}$ . Después adquiere los datos de salida del ADC al generar las señales  $\overline{CS}$  y  $\overline{RD}$  despues de detectar el cambio en  $\overline{INTR}$ , la que indica el fin de la conversión.

## **2.5 Etapa de Graficación**

Una vez que los datos entran al puerto paralelo, estos son enviados a la pantalla del monitor en forma de puntos, al continuar registrando datos se genera una serie de puntos que a su vez toman una forma de señal electrocardiaca típica en un tren de pulsos. El lenguaje de programación utilizado es Visual Basic 6.

### **Fuente de Poder**

La alimentación para nuestro prototipo se la realiza por medio de una fuente de poder AT de 300 W de una PC doméstica, dado que los componentes usados manejan voltajes de -5v,+ 5v, +12v, -12v.

## **CAPITULO 3**

### **DISEÑO DEL PROGRAMA**

#### **3.1 Lenguaje de Programación**

Visual-Basic es una herramienta de diseño de aplicaciones para Windows, en la que estas se desarrollan en una gran parte a partir del diseño de una interfase gráfica. En una aplicación Visual - Basic, el programa está formado por una parte de código puro, y otras partes asociadas a los objetos que forman la interfase gráfica.

La plataforma elegida es Windows sin embargo nuestro programa trabaja en sus versiones:

Windows 95 A (16 bits)  
Windows 95 B (16 bits)  
Windows 98 (32 bits)  
Windows Millenium

### **3.2 Soporte bi-direccional de Tarjeta Madre del PC.**

Es importante señalar que nosotros mediante el registro de control le damos la dirección de envío o recepción de datos según sea necesario, pero esto solo es posible dado que la placa madre de la computadora utilizada soporta el envío bi-direccional de datos por el puerto paralelo. Para saber si la placa madre utilizada permite esta aplicación es necesario ingresar al software de la Rom del BIOS, el cual varía dependiendo de la marca y modelo del fabricante.

### **3.3 El Programa**

Nuestro programa es realizado en Visual Basic 6, básicamente es un software graficador de señales eléctricas en general (osciloscopio), sin embargo para propósitos de nuestro prototipo restringimos su rango de frecuencia para señales cardiacas. Una de las funciones mas importantes del programa es la de controlar el hardware del equipo, enviando y recibiendo señales de control, manteniendo de ese modo el completo control de la parte electrónica. Para efecto de nuestro proyecto trabajamos con los registros siguientes:

- 37A Registro de Control
- 379 Registro de Entrada
- 378 Adquisición de datos (bi-direccional)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Con la revolución digital tanto en costos como en técnicas de diseño, las soluciones en diferentes campos de la ciencia se ven simplificadas; además el auge de las computadoras y nuevos lenguajes de programación hacen que cada día éstas reemplacen a varios equipos y por que no decir, la mano del hombre. Nosotros propusimos un equipo capaz de captar señales cardiacas, digitalizarlas y mediante un computador procesarlas para ser graficadas en un monitor simple. Una vez terminado nuestro equipo comparamos los resultados conectando éste en paralelo con un osciloscopio; al observar la forma de onda notamos que el tren de pulsos era muy similar al visto en el osciloscopio. Cabe anotar que debido al offset de los Opamps la señal adquiriría un nivel DC, el cual tratamos de minimizarlo dado que nuestra muestra no debía salirse del margen desde 0v a 5V (ADC0804); sin embargo, a causa tanto del nivel de resistencia entre el paciente y los electrodos, así como al offset de elementos del circuito, nuestro tren de pulsos no mantenía una línea fija, este problema se lo intento resolver adicionando un sumador de nivel DC variable, con lo cual conseguimos buenos resultados considerando que nuestro equipo es experimental; sin embargo, a futuro si se desea realizar una implementación comercial de este equipo se recomienda usar un circuito que discrimine voltajes positivos de negativos o eliminar los voltajes offset usando mejores encapsulados, para así obtener un tren de pulsos estable tal como se observa en los equipos

profesionales de electrocardiografía. En lo referente al programa, creemos que el código es estable y sirve de guía para realizar una sincronización bidireccional entre cualquier equipo y una computadora. Finalmente con la elaboración de nuestro proyecto creemos que hemos aportado con nuevas ideas en el desarrollo de equipos en donde una comunicación en tiempo real es significativa, y a la vez con el bajo costo que representa la elaboración del mismo, consideramos una solución práctica y económica para centros de salud cuya adquisición de equipos profesionales de electrocardiografía es nula.

## **REFERENCIAS**

1. R. F. Coughlin, F. F. Driscoll, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales (5ta. Edicion, Mexico, Prentice Hall, 1999), pg. 215-217
2. Microsoft Corporation, Mastering Visual Basic 6 Fundamentals , pg. 97-148
3. <http://www.lapaginade.com/electronicos>
4. Fairchild Semiconductor Corporation, 1999, <http://www.fairchildsemi.com>
5. <http://www.Visual Basic img animada.htm>

**Revisado por:**

Ing.Miguel Yapur  
Director de Tópico