

## "CARDIOTACOMETRO DIGITAL PORTATIL"

Ing. Luis C. Hernández Gaona

Universidad Autónoma Metropolitana, División de C.B.I., Depto. de Ing. Eléctrica,  
Área de Ingeniería Biomédica.

### RESUMEN

Se pretende demostrar un sistema capaz de desplegar la frecuencia cardiaca con cierta precisión como en el caso de los frecuencímetros.

En un intento más por desarrollar un sistema económico, portátil y de respuesta rápida que permite observar la frecuencia cardiaca, así como valorar objetivamente la capacidad de recuperación que presenta un atleta o un paciente hospitalizado, se diseñó un circuito con tecnología CMOS y cristales líquidos capaz de desplegar la información y actualizarla aproximadamente cada segundo (10).

Este sistema está basado en utilizar la señal de densitometría (6) o la señal de electrocardiografía, que procesandola, ver fig. 1, se puede obtener una señal cuadrada compatible con la tecnología digital, tal que pueda ser procesada por el resto del circuito.

Podríamos decir que éste diseño está basado en el principio de los contadores de frecuencia digitales que permiten desplegar la información con cierta precisión, muestreando los pulsos durante cierto período establecido.

### Desarrollo:

En éste prototipo, una de las etapas más importantes es el uso de un multiplicador X 100, el cual toma la señal de pulso o de ECG digitalizada y multiplicada para po-

der ser muestreada más fácilmente, ya que cualquier contador de frecuencia está restringido a contar frecuencias menores o iguales a 1 Hz con cierta rapidez.

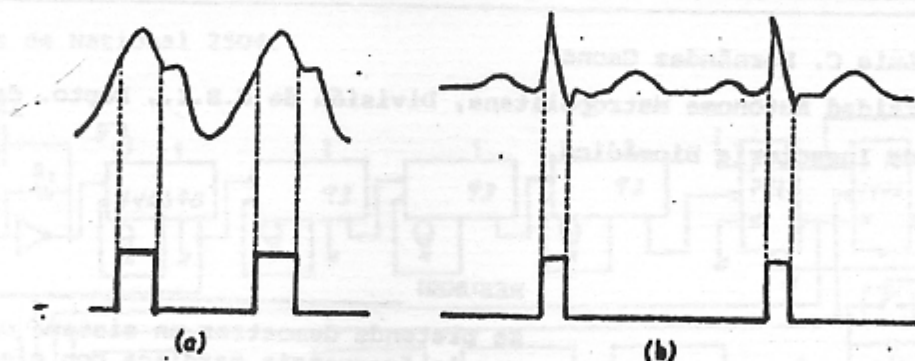


Fig. 1. a) Señal obtenida por técnicas de densitometría.  
b) Señal obtenida a través de un amplificador de instrumentación (ECG).

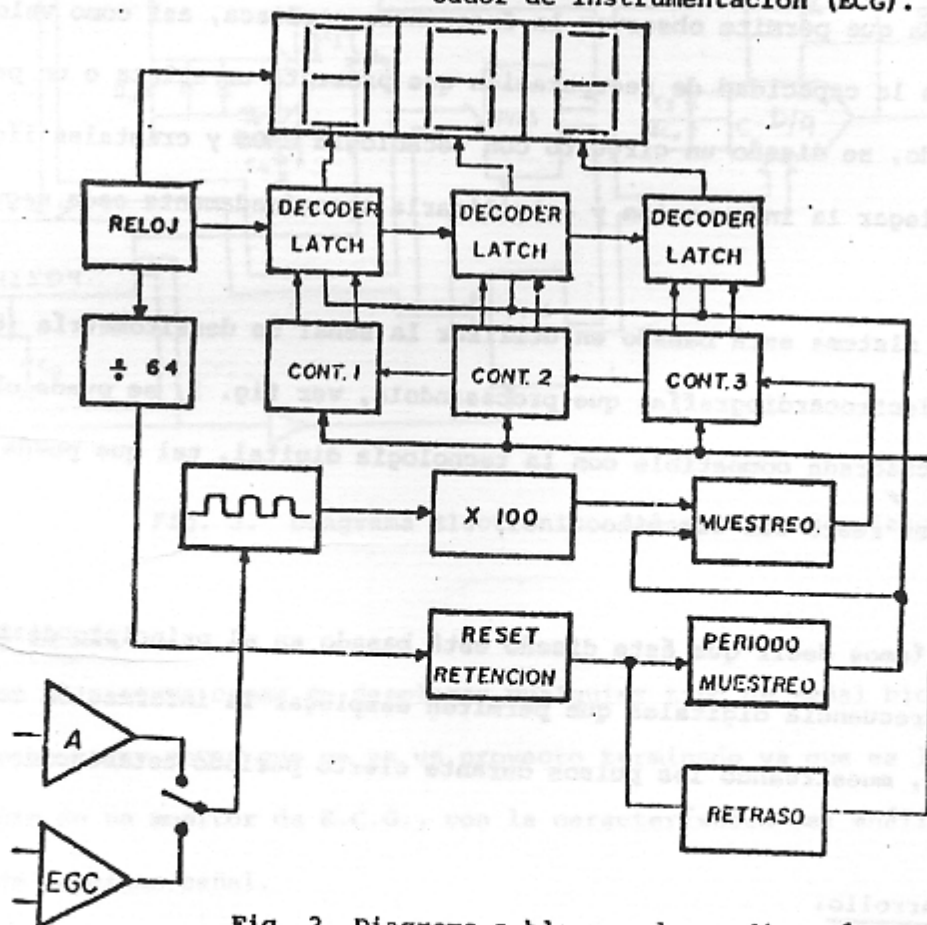


Fig. 2. Diagrama a bloques de cardiómetro completo.

DESARROLLO

Para el diseño del cardiotaquímetro digital fué necesario hacer la señal de pulso cardíaco compatible con la tecnología digital para su procesamiento, la cual puede observarse en la figura 4.

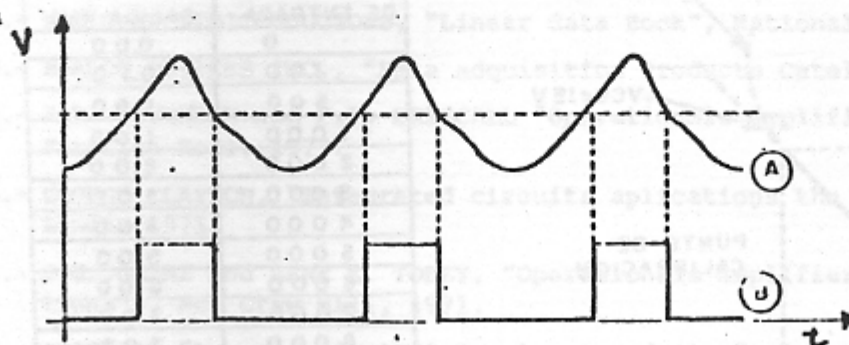


Fig. 4 a) Gráfica del pulso cardíaco analógico

b) Gráfica del pulso cardíaco compatible con tecnología digital.

Estos pulsos ya digitalizados por el comparador son aplicados a un circuito monoestable que nos permite tener pulsos con una duración constante, donde estos pulsos son aplicados a un multiplicador de frecuencia  $\times 100$ . Este circuito anterior se implementó para que la señal sea aplicada al convertidor de frecuencia a voltaje y así poder estar dentro de su gráfica lineal de conversión. Esta es una de las partes novedosas e importantes del circuito, puesto que las características del convertidor (frecuencia a voltaje  $F/V$ ) permiten tener una señal de voltaje de CD proporcional por medio de una calibración sencilla.

Este voltaje es aplicado a un convertidor analógico digital el cual procesa la señal y ésta es desplegada en indicadores numéricos, dando la lectura en forma proporcional a la frecuencia cardíaca.

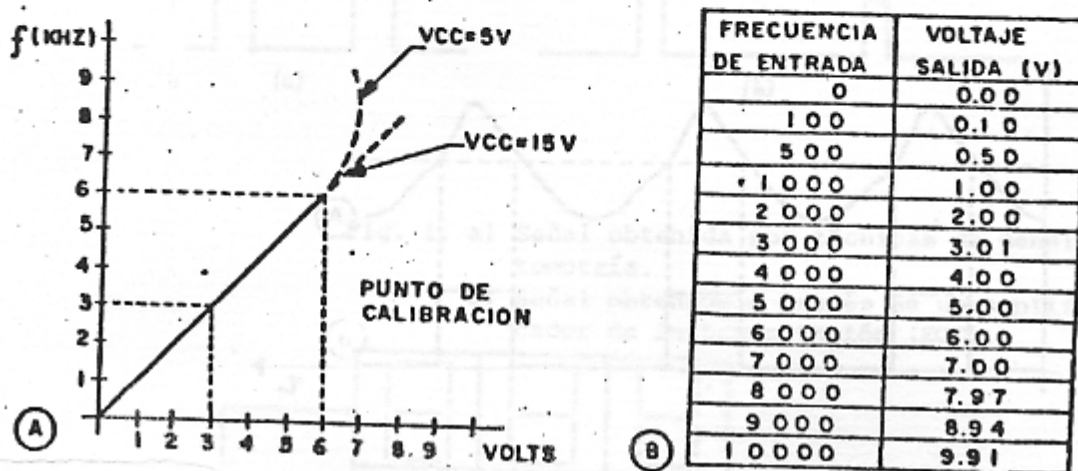


Fig. 5 a) Gráfica de voltaje frecuencia del convertidor  
b) Tabla de la calibración del convertidor de frecuencia/volt.

Para la obtención en forma digital de la temperatura fué únicamente necesario -- aplicar un circuito que nos permitirá hacer la conversión de la señal de voltaje proporcional en °K a °C, esto fué muy sencillo ya que sabemos que el transductor proporciona  $1mV/^{\circ}K$  y entonces aplicamos la siguiente fórmula  $T(^{\circ}C) = T(^{\circ}K) - 273.2$  donde nos permite hacer la calibración con gran precisión, la cual nos dá un "cero absoluto en la escala de Kelvin". Así esta señal de voltaje del transductor es aplicada al convertidor analógico digital para que sea desplegada la temperatura en indicadores numéricos con una resolución hasta de décimas de °C.



ñado con la finalidad de tener un circuito más comodo debido a la implementación de un termómetro digital usando el mismo convertidor analógico digital. Así con esto se satisface la necesidad del usuario permitiendo al mismo una gran facilidad de manejo.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.- NATIONAL SEMICONDUCTORS, "TTL Data Book", National 1984.
- 2.- NATIONAL SEMICONDUCTORS, "CMOS Data Book", National 1983.
- 3.- NATIONAL SEMICONDUCTORS, "Linear data Book", National 1984.
- 4.- ANALOG DEVICES INC., "Data adquisition Products Catalog", Analog Devices.
- 5.- R.F. CAUGHLIN and F.F. DRISCALL "Operational Amplifiers and Linear IC", Prentice Hall, 1977.
- 6.- GEORGE CLAYTON, "Integrated circuits applications the mac. Millan Press Ltd. London 1975.
- 7.- J.G. GRAME and GENE E. TOBEY, "Operational amplifiers design and applications". Mc. Graw Hill, 1971.
- 8.- INTERSIL "Low cost digital Panel meter design", Intersil.
- 9.- MARCK C. WORLEY, "X 100 Frequency Multiplier", Special projects Spring 1982 pag. 92-96.
- 10.- FORREST M. MINS, "Frequency to Voltage Converters", Popular electronics November 1979 pag. 93-95.
- 11.- ROBIN HADGSAN, "A Personalized Heart-rate Monitor with digital readout", Application note an 714, Motorola Semiconductor Products Inc.
- 12.- ROBERT MONDAY, "Build Aprecision low Power", Thermometer around and LSI A/D Converter Electronic design, October 1978.
- 13.- MAKSUD MICHEL, "Time course of heart rate, Ventilation and  $VO_2$  During Laboratory and Field Exercise", J. Appl. Physiol 30: 536-539, 1971.
- 14.- JAN LOUIS W., "Accuracy of Methods for Astimating  $O_2$  cost of walking in coronary patients", J. Appl. Physiol 33: 672-673, 1973.

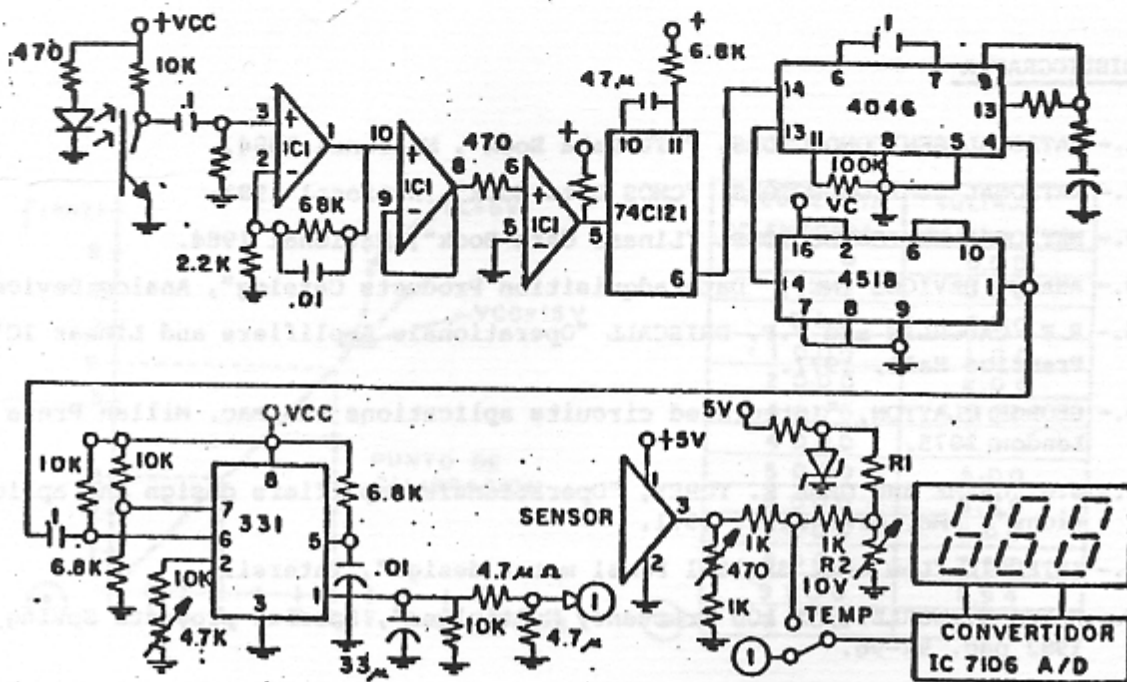


Fig. 6 Diagrama del circuito completo del cardiómetro-termómetro.

CONCLUSIONES

Después de las pruebas aplicadas sobre el sistema se puede observar que no es el mejor diseño en el caso del cardiómetro, ya que para obtener la respuesta estable, este tarda aproximadamente de 8-10 segundos, desde que se aplica el sensor del pulso en el lugar de muestreo.

Aunque hay otros tipos de diseño como por ejemplo, el de muestrear pulsos de un oscilador base durante el período de la frecuencia cardíaca, el cual permite desplegar la información de la misma en menos de 1 segundo. Este sistema fué dise

## D I S E Ñ O

**MANEJO DE LAS MEMORIAS** Se ajustó a las especificaciones de los fabricantes siguiendo el diagrama de tiempos cuya versión simplificada se presenta en las Figs. 1, 2 y 3.

Manejo del circuito ' 2 7 0 8 ' De acuerdo a la Fig.1, para poner al circuito en modo de grabación la terminal CS/WF (pata 20) se debe mantener en + 12 V, después se fijan la dirección y el dato a grabar en las líneas correspondientes. Una vez estabilizadas estas señales se aplica un pulso de programación (Tp<sub>w</sub>) por cada dirección n la terminal PROG (pata 18).

De esta forma deben recorrerse todas las direcciones a ser grabadas, cuidando de que en cada una el tiempo del pulso de programación sea  $0.1 = T_{pw} = 1.0$  ms. Lo cual implica que debe repetirse N veces la programación por dirección, de tal manera que el tiempo de programación total:

$$T_{p_{total}} = N \cdot T_{pw} = 100 \text{ ms}$$

de donde  $100 = N = 1000$

Manejo del circuito ' 2 7 1 6 ' De acuerdo a la Fig.2, el proceso de grabación se inicia al aplicar + 25 V a la terminal V<sub>pp</sub> (pata 21) y + 5 V a la terminal G (pata 20). Después se fijan la dirección y el dato a grabar en las líneas correspondientes. Una vez estabilizadas estas señales se aplica un pulso "TTL" activo bajo a la terminal E/PROG (pata ) para cada dirección, este pulso tiene una duración de 2 ms para minimizar el tiempo de programación.

Manejo del circuito ' 2 7 3 2 ' De acuerdo a la Fig.3, el modo de grabación se selecciona al poner + 25 V en la terminal E/V<sub>pp</sub> (pata 20). Después se fijan la dirección y el dato a grabar en las direcciones correspondientes y una vez estabilizadas estas señales se aplica un pulso "TTL" activo bajo a la terminal CE (pata 18), la duración del pulso de 50 ms.

**CIRCUITOS** Funcionalmente el dispositivo se puede ver como una pareja de registros: uno de control y otro de datos.