

Simulador de electrocardiogramas normales y patológicos

Maribel Cruz Montiel, Juan Calderón Becerra, Joaquín Zarco Rábago, Héctor Brust Carmona
Centro de Desarrollo y Aplicaciones Tecnológicas (CEDAT), SSA

(Recibido, agosto 16, 1993; aceptado, febrero 23, 1994)

Resumen

El simulador de electrocardiogramas (SECG-CEDAT) genera un pulso de calibración y 12 señales que simulan los cambios eléctricos cardiacos detectados en las diferentes derivaciones electrocardiográficas. Dos de las señales presentan la distribución, amplitudes y duraciones que se consideran "normales" y sirven tanto para efectuar el diagnóstico del funcionamiento de los electrocardiógrafos y monitores por el personal técnico de mantenimiento, como para procesos de capacitación de personal médico, de enfermeras y paramédicos, que se complementa con otros 10 tipos de señales que simulan cambios electrocardiográficos relacionados con alteraciones patológicas.

Palabras clave: Electrocardiograma - Simulación

Summary

The electrocardiogram simulator (SECG-CEDAT) generates a calibration pulse and 12 signals simulating the cardiac electrical activity detected at the different electrocardiographic leads. Two of the signals represent the distribution, amplitude, and duration considered as "normal" and serve both for diagnosis of the functioning of electrocardiographs by technicians and for training of nursing, paramedical, and medical personnel. The other 10 signals simulate pathologic alterations of the electrical activity of the heart.

Key words: Electrocardiogram - Simulation

Introducción

México, como país en desarrollo, está presentando una transición demográfica y epidemiológica "polarizada", caracterizada la primera por una disminución de la natalidad y mortalidad y la segunda por un incremento de morbilidad y mortalidad por alteraciones cardiovasculares, con persistencia de enfermedades infecciosas¹.

Por lo tanto se considera prioritario aumentar los servicios de electrocardiografía y monitoreo en servicios de atención a la salud en los tres niveles². En correlación con ello deben mejorarse los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo de ese tipo de aparatos, así como los procesos docentes para capacitación de personal médico y paramédico en la correcta utilización de los equipos. El personal médico debe además capacitarse en la interpretación del electrocardiograma.

Tomando en cuenta esta necesidad se desarrolló un simulador de electrocardiogramas (SECG-CEDAT) que permite la verificación y calibración de electrocardiógrafos y monitores de electrocardiografía en forma simple y, en su caso, diagnosticar las causas del mal funcionamiento de dichos aparatos. Además, el SECG-CEDAT puede aplicarse en las acciones de docencia para la formación de recursos humanos en el área de la salud, ya que su utilidad para este fin se incrementó al agregarle señales que representan algunas de las alteraciones electrocardiográficas más frecuentes en la patología.

El SECG-CEDAT es un instrumento que genera señales eléctricas similares a las que, originadas en el corazón, se registran en la superficie del cuerpo. La señal característica (Fig. 1) contiene un segmento horizontal que se designa línea de base o línea isoelectrónica, una onda P que representa la

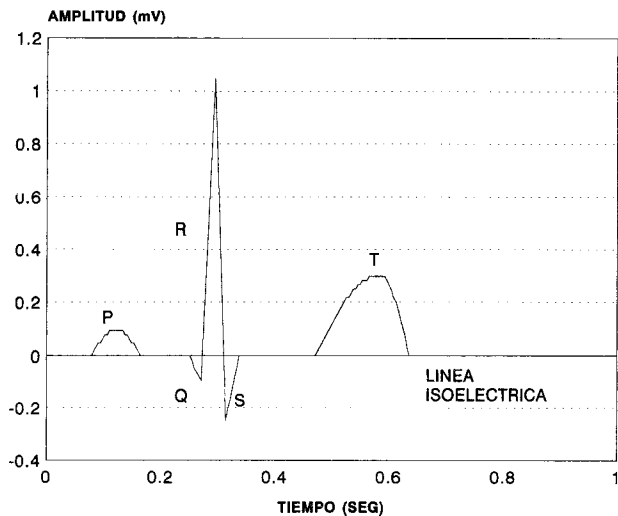


Fig. 1 Señal característica del electrocardiograma.

depolarización (activación) de las aurículas, un complejo QRS que resulta de la activación de las fibras de conducción ventriculares y una onda T que representa la repolarización ventricular³. Ciertas alteraciones patológicas producen cambios característicos en estos componentes⁴.

Métodos

Diseño del equipo. Para iniciar el diseño del SECG se definieron las condiciones y requerimientos técnicos que tenía que cumplir. El SECG debe ser portátil y debe alimentarse con baterías para su fácil manejo y traslado en talleres de mantenimiento y en escuelas de Medicina y Enfermería. Los dispositivos empleados para su construcción deben encontrarse fácilmente en el mercado para garantizar la disponibilidad de refacciones y el mantenimiento adecuado por técnicos locales. Su costo tiene que ser competitivo con equipos similares existentes en el mercado.

De acuerdo con las condiciones anteriores se diseñó un aparato digital utilizando un microcontrolador que facilitaría tanto el funcionamiento del aparato como la fabricación del mismo. Por ello se eligió para el diseño el microcontrolador 87C51⁵ y para la producción del SECG-CEDAT el 8051 (el microcontrolador 87C51 es la versión con EPROM del 8051).

El principio de funcionamiento del SECG-CEDAT es el siguiente: en la memoria ROM del microcontrolador se graban los datos digitalizados que representan cada punto de los segmentos de los

electrocardiogramas; posteriormente estos datos se transfieren a un convertidor digital/analógico (D/A) para obtener una señal continua. Como el microcontrolador seleccionado es de 8 bits se determinó que sería más conveniente usar un convertidor D/A de 8 bits, porque un convertidor de 12 bits complicaría la programación del microcontrolador y la diferencia al observar las señales generadas en un equipo de ECG sería poco significativa.

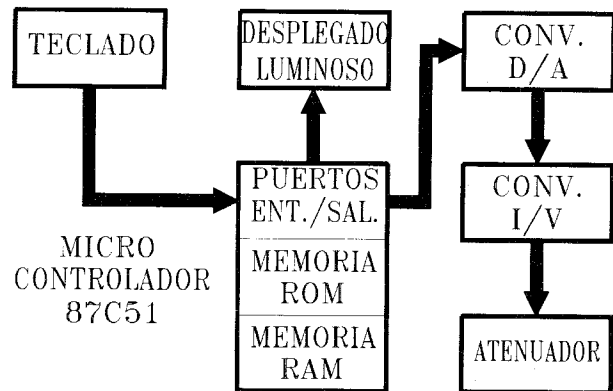


Fig. 2. Diagrama a bloques del SECG-CEDAT.

Descripción funcional. El SECG-CEDAT se puede representar con seis bloques funcionales: teclado, indicador luminoso (display), microcontrolador 80C51, convertidor digital/analógico D/A de 8 bits, convertidor de corriente a voltaje y atenuador. Estos bloques se muestran en la figura 2.

La interfase con el usuario se establece con dos teclas. Con la primera, se selecciona la señal que se desea obtener, es decir, que emita el aparato, cuyo número asignado aparece en el indicador luminoso (display). Con la segunda, se inicia el barrido de la señal elegida.

El microcontrolador reconoce el orden de barrido, y en ese momento, evoca de la memoria ROM los datos que genera la señal y los envía al puerto de salida conectado al convertidor D/A, el cual traduce los datos en una señal de corriente analógica que, a su vez, se convierte en una señal de voltaje dentro de una banda de 0-4V. Sin embargo, para que esta señal se pueda registrar o monitorear en un equipo de electrocardiografía se debe atenuar, ya que estos equipos admiten señales con valores entre 0 y 10 mV.

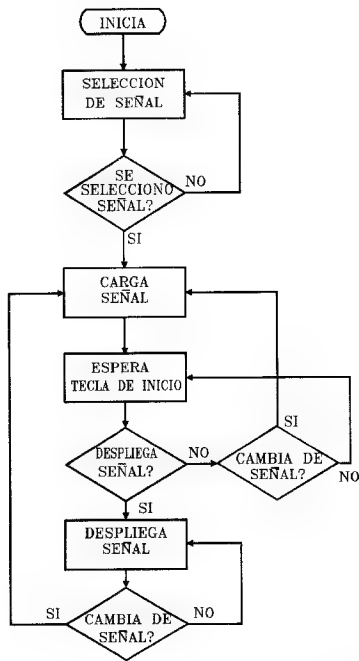


Fig. 3. Diagrama de flujo del SECG-CEDAT.

Programación. Previamente se obtuvieron las ecuaciones de los segmentos de cada una de las señales a simular, considerando su amplitud en mV y la duración de cada segmento en mseg. Cada señal contiene 256 puntos tanto para la amplitud como para el tiempo. Estos resultados se tradujeron al sistema hexadecimal y se grabaron en la memoria ROM del microcontrolador. La operación del microcontrolador sigue la secuencia que se muestra en el diagrama de flujo, representado en la figura 3.

Al inicio de dicha secuencia aparece en el indicador luminoso una letra "E" que indica que se puede empezar a seleccionar una señal presionando la tecla correspondiente. En ese momento el microcontrolador envía un dato hacia el indicador luminoso y aparece un dígito o una letra que representa cada una de las señales de acuerdo con la siguiente correspondencia:

P. Pulso de calibración

- 1. Normal
- 2. Taquicardia
- 3. Marcapaso
- 4. Taquicardia Ventricular

- 5. Fibrilación Ventricular
- 6. Bigeminismo
- 7. Fibrilación Auricular
- 8. Arritmia
- 9. Bloquea A-V de 2o. grado
 - A. Extrasístole Ventricular 1.
 - B. Extrasístole Ventricular 2.
 - C. Onda R en T.

Al presionar la tecla de selección, el microcontrolador identifica la localidad de memoria en donde se tiene el conjunto de datos que representan la señal elegida. Posteriormente el microcontrolador espera que sea pulsada la segunda tecla, para dar inicio a la lectura de los datos almacenados en la memoria y transferirlos al puerto de salida.

Si se desea simular otra señal, sólo se requiere volver a presionar la tecla de selección hasta que aparezca en

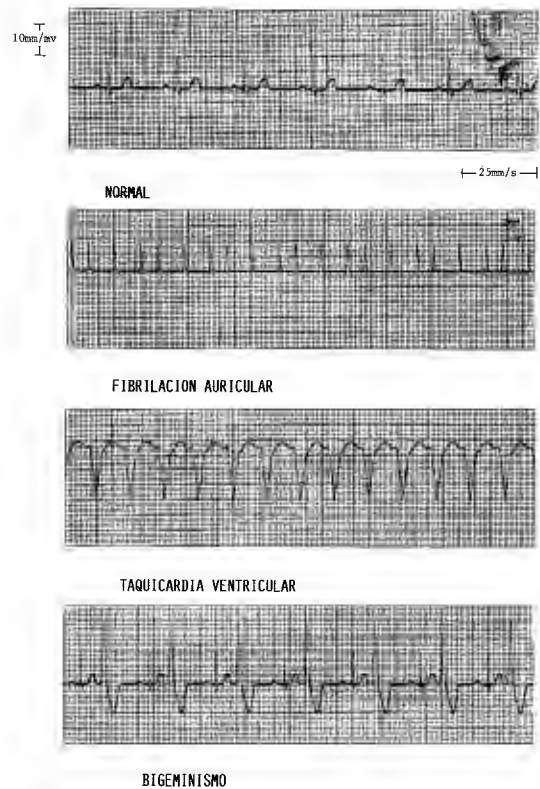


Fig. 4 Registros de señales generadas por el SECG-CEDAT.

el indicador luminoso (display) el número o la letra correspondiente a la señal deseada y posteriormente se presiona la tecla de inicio de barrido.

Resultados

Como ejemplo del funcionamiento del SECG-CEDAT se registraron las 12 señales en dos diferentes electrocardiógrafos y en un monitor de electrocardiografía. Los trazos obtenidos reproducen los datos en amplitud y duración que normalmente se registraron en ese tipo de aparatos. En la figura 4 se presentan algunas de las señales que genera el SECG-CEDAT, registradas en un electrocardiógrafo MEDI-CEDAT.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados descritos se propone que el SECG-CEDAT es un instrumento que facilita

las acciones de diagnóstico y de calibración de aparatos de registro y la observación de (monitoreo) de señales electrocardiográficas y, por consiguiente, complementa los talleres de servicio estatales, jurisdiccionales y en hospitales. También puede utilizarse en las acciones docentes para médicos, enfermeras y paramédicos, en las propias unidades operativas del Sistema Nacional de Salud, así como en las Escuelas y Facultades de Medicina, Escuelas de Enfermería y de Técnicos Profesionales dentro del nuevo sistema de enseñanza, utilizando "modelos didácticos" que representan mayor precisión, confiabilidad, reproducibilidad y menor costo que los sistemas tradicionales utilizando animales.

Referencias:

1. Mario JV, Borgaro R. Transición demográfica y epidemiológica: problema para la investigación. Salud Pública Méx 1989;31:196-205.
2. Secretaría de Salud, Diario Oficial 1986;14.
3. Ganong WF. Fisiología Médica Ed. Manual Moderno, México DF 1986;455-71.
4. Shapiro M. Arritmias cardíacas. Librería Médica, México DF 1979.
5. Intel 8 bit embedded controller Handbook, 1991.