

MODELO LUMINOSO DEL SISTEMA DE CONDUCCION CARDIACA

Tovar O. Adolfo Kabela E.
Cabello O. Valenzuela F.

Departamento de Fisiología
Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"

RESUMEN-----

Se presenta un modelo luminoso del proceso de propagación de la señal eléctrica del corazón que ejemplifica la secuencia de activación de las vías de conducción cardiacas, así como su relación con el electrocardiograma.

El sistema está basado en una microcomputadora educacional (MKE-Z80), que controla un arreglo matricial de LEDS, los cuales están dispuestos de forma que semejan los principales elementos que constituyen el corazón, y que mediante secuencias ordenadas de información, puede representar el flujo eléctrico que circula por este.

INTRODUCCION

El estudio de la actividad eléctrica viene a ser sin duda el inicio de grandes teorías enfocadas a decifrar los factores que rigen el funcionamiento orgánico. Estas señales y datos, debido a su abstracción no permiten observar de manera satisfactoria todos los sucesos integrados en los complejos fenómenos fisiológicos. Por lo que es importante contar con modelos capaces de representar de una manera clara los eventos que intervienen en la fisiología de diferentes órganos, a fin de tener una idea real del hecho físico. Es por esto, que la atención en este tema abarca desde sistemas electrónicos muy complejos hasta simples dispositivos electromecánicos.

La integración a gran escala de dispositivos semiconductores influye decisivamente en la simplificación de este tipo de aparatos, por lo que se determinó la construcción de un simulador de eventos cardiacos que ofrece la posibilidad de ser programado con diferentes secuencias de activación y relacionarlas con su respectivo electrocardiograma.

DESCRIPCION GENERAL

El modelo luminoso está constituido por un tablero al que se le han insertado leds de diferentes tamaños, representando un corte longitudinal del corazón. Los leds grandes figuran las paredes auriculares y ventriculares, nodos y haces internodales así como

las señales electrocardiográficas, los pequeños forman parte del músculo cardíaco. Los leds están conectados en arreglo matricial y el encendido es controlado por la microcomputadora (MC) haciendo uso de una interfase de potencia en la que están integrados los registros "X" y "Y" de 16 bits dispuestos en pares de 8 bits cada uno, además de reforzadores a colector abierto y transistores para el suministro de voltaje y corriente necesarios en el encendido del arreglo matricial. Los transistores son PNP de propósito general con capacidad de corriente de colector de 180 mA.

Los datos de secuencias de activación están almacenados en memoria permanente y constan de 34 bytes por secuencia, y es aquí también donde se encuentra el programa de control.

La MC cuenta con un programador de puertos 8255 del que se toma un puerto para selección de dispositivo de registro y otro para datos, un puerto más se programó como entrada para sensor tres teclas de control del usuario cuyas funciones son: incrementar y decrementar velocidad, o detener flujo para observar con mayor detenimiento las secuencias programadas.

La MC MKE-280 se provee con un oscilador a 1 MHz como frecuencia de reloj, pero para propósitos de mantener la persistencia de la visión y evitar el parpadeo de los leds, se incrementó esta frecuencia con ayuda de un cristal de cuarzo, a 3.58 MHz con lo que se está abajo del límite máximo de 4 MHz con el que el microprocesador Z80A puede operar.

El programa que controla el arreglo matricial, se estructuró de manera que este fuera lo más sencillo posible, tanto para introducir cada secuencia de encendido como el tiempo que estaría esta presente, por lo que cada bloque de información de encendido contiene en su inicio dos bytes que son datos del tiempo de exposición y 32 más de encendido. La velocidad de flujo representada es múltiplo de la realidad así como las secuencias de flujo mostradas.

La fuente de poder utilizada proporciona 15V para alimentación de los leds y 5V para la MC y circuitos TTL.

ARREGLO MATRICIAL DE ENCENDIDO

El arreglo matricial de encendido es de 16X16. (16 filas por 16 columnas) con lo que se obtienen 256 intersecciones, donde cada intersección representa un grupo de entre 5 y 7 leds conectados en serie. Cada grupo tiene asignada una posición en el tablero que se aproxima al orden de encendido correspondiente a un ritmo normal.

Con este método, el encendido de un grupo de leds se reduce a buscar la intersección correspondiente y mandar las palabras de control adecuadas a la interfase de potencia de las coordenadas XY desde la MC.

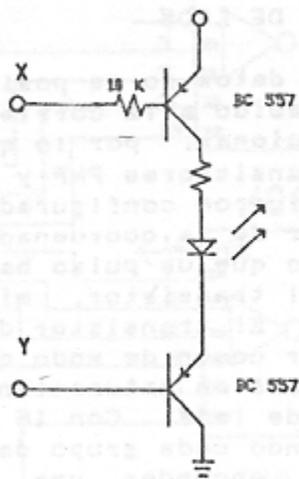


fig. 1

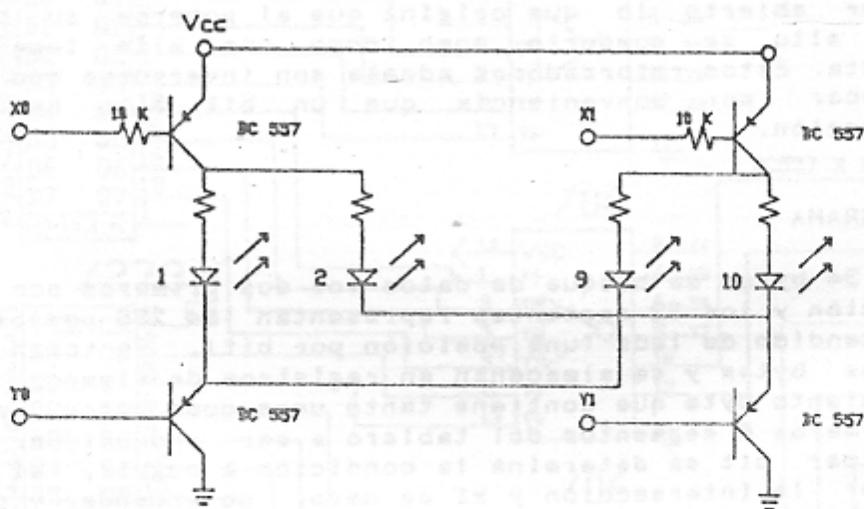


fig. 2

La MC hace un barrido total segmento por segmento, y enciende solamente el que le corresponde un bit alto del dato leído.

INTERFASE CONTROLADORA DE LEDS

Desde los registros de datos no es posible trabajar directamente la matriz de leds, debido a la corriente y voltaje superior que esta necesita para funcionar, por lo que se diseñó la sección de potencia en base a transistores PNP y reforzadores TTL. Los transistores usados fueron configurados como se muestra en la fig 1. El transistor de la coordenada "Y" esta dispuesto como emisor seguidor de modo que un pulso bajo a la base se traducirá en una saturación del transistor, mismo que proporcionará la referencia o tierra. El transistor de la coordenada "X" esta conectado como emisor común de modo que al aplicarle un pulso bajo a la base entrará en saturación, con lo que permite la alimentación al grupo de leds. Con 16 transistores para "X" y 16 para "Y", y alambrando cada grupo de leds con su respectiva coordenada se puede encender una intersección determinada aplicando un pulso bajo a los transistores XY respectivos.

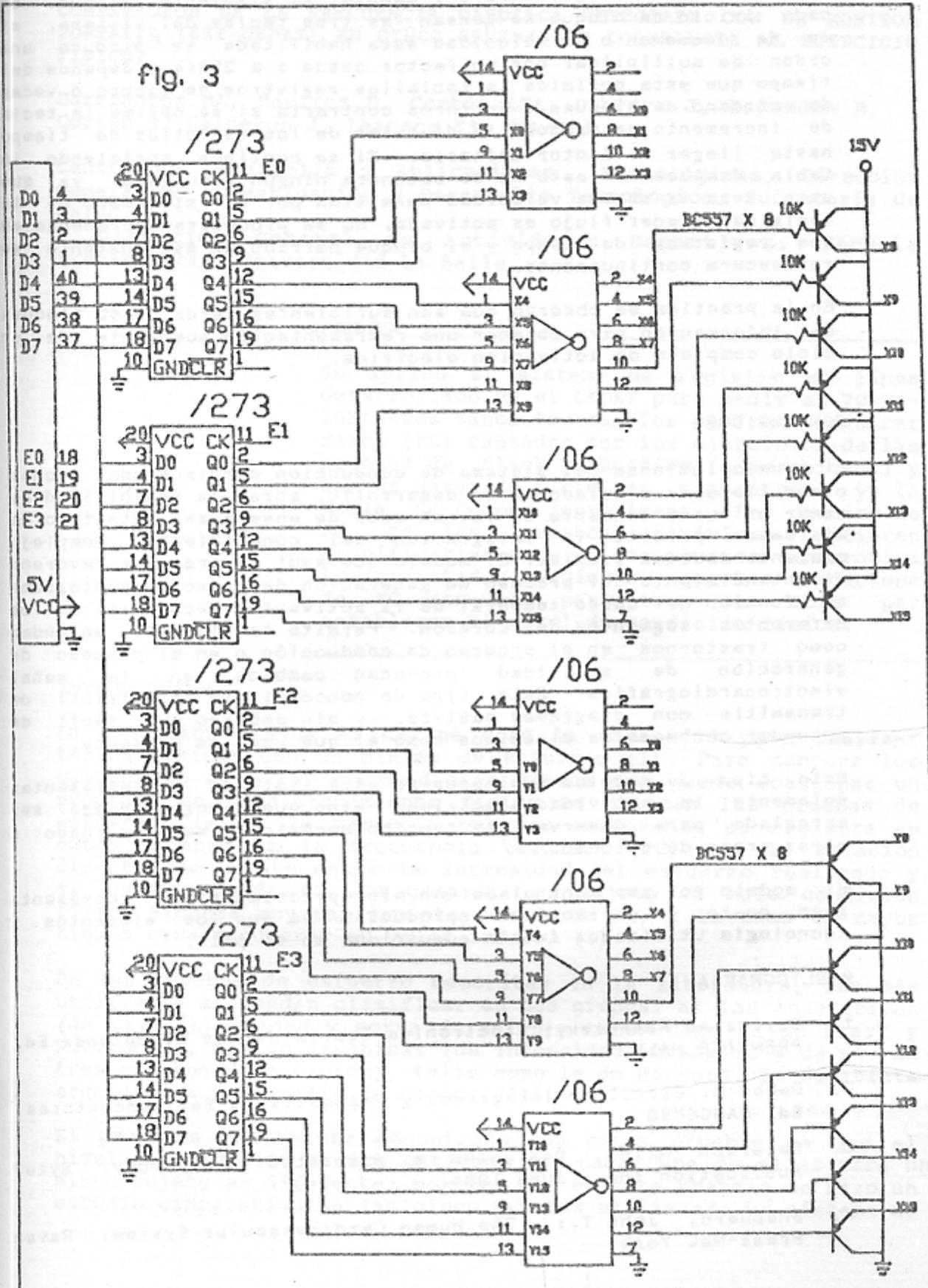
Como un ejemplo simple se supone el alambrado de 4 intersecciones formadas con X0 X1 Y0 Y1, fig 2. Con un pulso bajo en X0 Y0 se encenderá el grupo de leds numero 1, con X0 Y1 el grupo 2, con X1 Y0 el grupo 9 y por último con X1 Y1 el 10.

Para que un grupo de leds sea apagado completamente debe ser rebasado el umbral de polarización del diodo base-emisor de los transistores, que es aproximadamente 14.3V, o de otra forma abrir totalmente la base para que estos entren en estado de corte. Esto se logra facilmente con los reforzadores TTL cuya salida es a colector abierto lo que origina que al ponerse su salida en estado alto se comporte como una alta impedancia de respuesta. Estos reforzadores además son inversores con el fin de establecer por conveniencia que un bit alto habilita la intersección.

EL PROGRAMA

De los 34 bytes de bloque de datos los dos primeros son tiempo de exposición y los 32 restantes representan las 256 posiciones para el encendido de leds (una posición por bit). Se toman los dos primeros bytes y se almacenan en registros de tiempo, enseguida el siguiente byte que contiene tanto unos como ceros, representa los primeros 8 segmentos del tablero a ser encendidos. Probando el primer bit se determina la condición a seguir, si es uno, encender la intersección y si es cero, no encender y probar el siguiente bit a la izquierda, hasta terminar con el dato y transferir de memoria el siguiente. El refresco de segmentos es tan rápido que un bloque recorrido varias veces no parece apagarse, aunque solo un segmento permanezca encendido en un instante. El tiempo que se mantiene una exposición es directamente proporcional a las veces que se produce el refresco,

Fig. 3



por lo que los dos bytes de tiempo se decrementan por cada refresco hasta llegar a cero y cambiar al siguiente bloque. En cada inicio de bloque se sensan las tres teclas del sistema, si la de decremento de velocidad esta habilitada se produce un orden de multiplicar por un factor desde 1 a 256 (que depende del tiempo que esta oprimida la tecla) los registros de tiempo o veces de refresco de bloques. En forma contraria si se oprime la tecla de incremento se produce la división de los registros de tiempo hasta llegar al factor unitario. Si se continua oprimiendo la tecla despues de esto no se obtendra ningun resultado, ya que esta sera la maxima velocidad permitida por el sistema. Si la tecla de detener flujo es activada, no se producira decremento en los registros de tiempo y el bloque barrido en ese instante se refrescara continuamente.

En la practica se observo que son suficientes cerca de 40 bloques de información para obtener una representación aceptable de un ciclo completo de activación eléctrica.

CONCLUSIONES

El modelo luminoso del sistema de conducción cardiaca como muchos otros tipos de simuladores en desarrollo, abren la posibilidad de crear un nuevo concepto en los métodos de enseñanza. Este tipo de sistemas permite la integración del conocimiento complejo mediante modelos simples. El modelo que aqui se presenta favorece el entendimiento del proceso de generación del electrocardiograma en función del curso temporal de la activación secuencial de los diferentes segmentos del corazón. Permite también el entender como trastornos en el proceso de conducción o en el proceso de generación de actividad provocan cambios en la señal electrocardiográfica. Este tipo de conocimiento es difícil de transmitir con diagramas pasivos, y sin embargo muy fácil de entender con modelos dinámicos como el que aqui se presenta.

Este tipo de modelos luminosos no está limitado a representar solamente la actividad eléctrica, sino que también puede ser arreglado para observar la función mecánica y ser aplicado a otras areas de estudio.

El modelo por ser controlado con microprocesador no representa gran costo y es fácil de reproducir, ya que los elementos y tecnologia utilizados fueron adquiridos en el país.

BIBLIOGRAFIA

1. Boylestad Nashelsky: Electrónica Teoria de los Circuitos: Ed. PRENTICE HALL
2. Deboo G: Circuitos Integrados y Dispositivos Semiconductores: Ed. MARCOMBO
3. Peterson Nils: Designing a Simulated Laboratory: Byte Publication Inc.: June 1984
4. Shepherd, John T.: The Human Cardiovascular System: Raven Press-New York