

ESTIMULADOR PROGRAMABLE EP-11

Rodríguez Rossini G. Rojas Villanueva M.
Valencia California N.

Depto. de Diseño - Div. de Informática
Ins. Nal. de Cardiología "Ignacio Chavez" - México D. F.

R E S U M E N

El estimulador programable (EP-1.1) es un instrumento de precisión basado en una micro-computadora (MC), que genera señales eléctricas (pulsos) dentro de un intervalo de 2 mS a 9999 mS de período, y de 0 V a 12 V de amplitud. En este trabajo se presentan los criterios de diseño y se enfatiza en una técnica para probar instrumentos basados en esta tecnología.

INTRODUCCION

Debido a la necesidad de estimuladores dentro de la enseñanza y la investigación con características críticas (uso continuo sin precauciones y aplicaciones especiales) se desarrolla un instrumento que cumple las necesidades solicitadas con ventajas sobre los comerciales. En la descripción del instrumento se hace referencia al trabajo "Probador de Microcomputadoras" que se presenta en otro trabajo.

La señal de estimulación se divide como muestra la figura 1 y 2 en un ciclo básico y en un tren de pulsos.

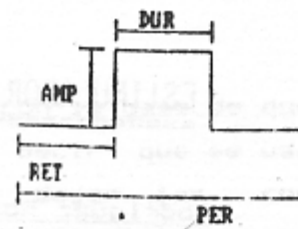


FIG. 1-CICLO BASICO

Donde:

RET: Retardo de inicio del ciclo al inicio del pulso

AMP: Amplitud del pulso

DUR: Duración del pulso

PER: Periodo del ciclo

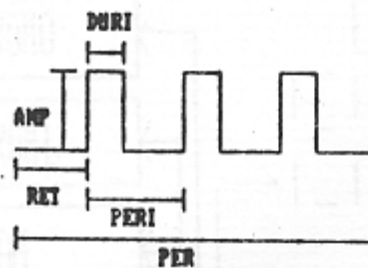


FIG. 2 TREN DE PULSOS

Donde:

DURI: Duración interna del tren

PERI: Periodo interno del tren

El EP 1.1 está formado como muestra la fig. 3 por dos bloques; la micro-computadora que controla al sistema y el convertidor digital a analógico.

Este esquema se plantea de tal manera que se tenga un sistema con el mínimo de componentes, para que resulte económico y por lo tanto pueda ser competitivo en el mercado.

La MC (ZBOM) se encarga de hacer todo el control del instrumento, esto es desde el manejo de la interfase con el usuario (despliegues y teclado) hasta la generación del pulso de estimulación. La MC consiste de un uP Z-80, dos circuitos de memoria permanente (EPROM) para tener hasta 64 bytes, dos circuitos de memoria de acceso aleatorio (RAM) para tener 16 bytes, decodificadores para las memorias y puertos, y el controlador de despliegue y teclado.

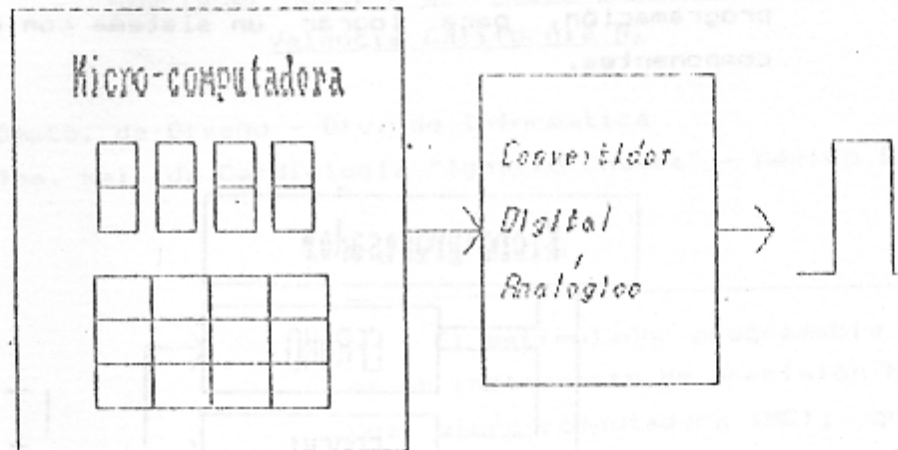


FIG. 3 DIAGRAMA A BLOQUES DEL EP 1.1

La interfase con el usuario la forman; un teclado de membrana [1] para aceptar los comandos, cuatro despliegues de siete segmentos para los mensajes visuales y una bocina para los mensajes auditivos.

El convertidor digital a analógico transforma los números que maneja la MC, en señales continuas en el tiempo (analógicas) para generar los pulsos de estimulación.

Para generar un pulso, el programa solicita los parámetros del pulso ya sea por el menú impreso en el teclado o de una manera automática con la tecla PRoGramación. Una vez que los parámetros están en memoria, se pueden generar también con un menú impreso, tres formas de salida; REPetidamente hasta que se pare con la tecla de ALTo, UN solo pulso o un NUMero determinado de pulsos. Para cambiar entre el ciclo Básico y el Tren se presiona la tecla B-T.

LA MICRO-COMPUTADORA

La micro-computadora (MC) está basada en el μP 7-80, su diagrama a bloques se muestra en la fig. 4.

La MC Z80M se diseña con la base de que el UP puede realizar lógicas complicadas, es decir que se usan los circuitos más simples, posibles y se dejan las complicaciones en la programación, para lograr un sistema con un número mínimo de componentes.

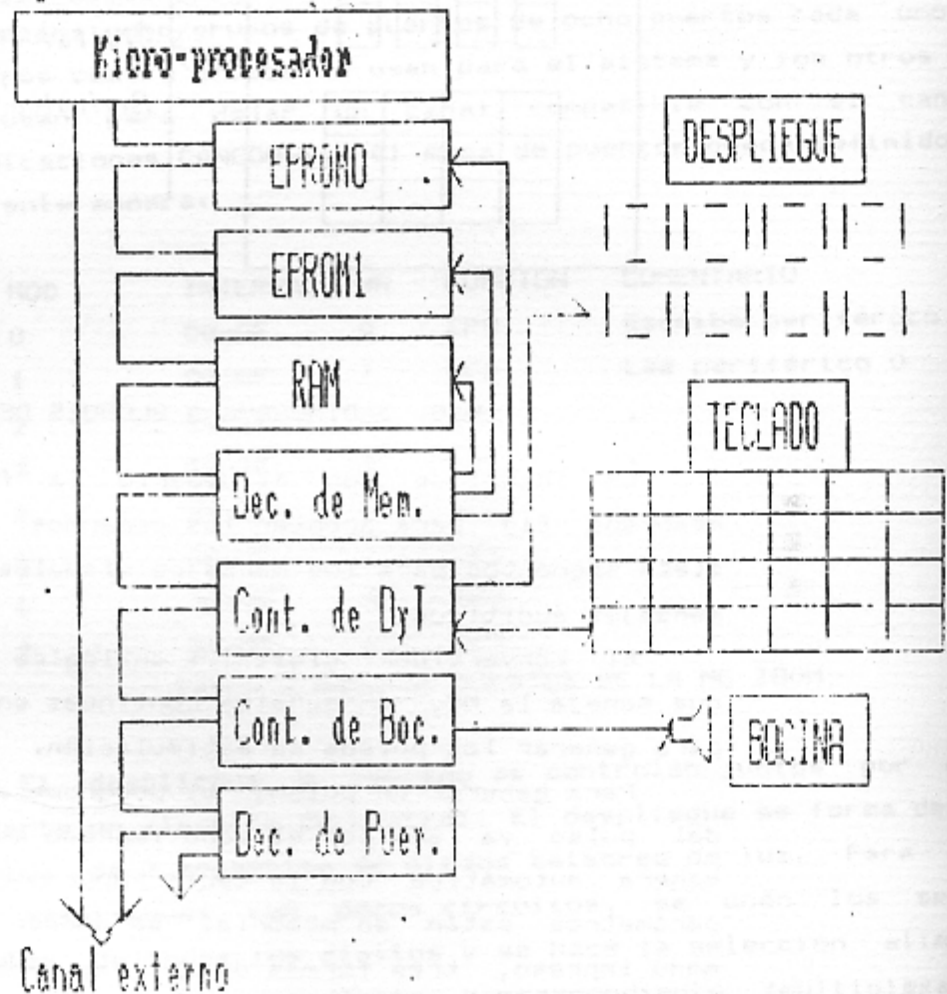


FIG. 4 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA MC Z80M

Los diagramas lógicos se muestra en la figura 5 y 6, donde se enumeran los circuitos con Unn de acuerdo a la posición física que ocupan.

El reloj para el uP se genera con un circuito oscilador estandar [3], estabilizado con cristal de cuarzo, el cristal que se usa es uno de TV (demodulador de color) de 3.58 Mhz. por razones de disponibilidad. Las líneas de control (INT, NMI, BUSRQ, Y WAIT) se mantienen deshabilitadas con resistencias a +5V. La señal de reinicio (RESET) se genera con el circuito RC formado por la resistencia R25 y el capacitor C25 que hacen una constante de tiempo de $1 \times 10^6 \times 2.2 \times 10^{-5} = 220 \text{ ms}$. se usa además un diodo en paralelo con la resistencia para descargar el capacitor en caso de una falla de corriente.

El decodificador de memoria se forma con un circuito 74LS138 U09 que selecciona ocho intervalos de memoria de 4K bytes, la habilitación del circuito se hace con la señal MRQ que genera el uP cuando hace referencia a una localidad de memoria, y con la dirección A15 para seleccionar memoria solo en la región baja de memoria (0000 .. 3FFF). Con esta decodificación se asigna el mapa de memoria de la siguiente manera:

MODULO	INTERVALO	MEMORIA
0	0000-0FFF	EPROMO
1	1000-1FFF	EPROM1
2	2000-2FFF	NO USADA
3	3000-33FF	RAM
4	4000-FFFF	LIBRE

TABLA 1 MAPA DE MEMORIA DE LA MC Z80M

Las memorias EPROM U12 y U13 se seleccionan con el decodificador de memorias en intervalos de 4K bytes para dar posibilidad de conectar memorias de 2K (2716) o de 4K (2732), ya que la única diferencia es la señal Vpp en la 2716 que se vuelve A11 en la 2732, este cambio de señales se logra con el puente J01.

La memoria RAM se hace con dos circuitos integrados 2114 U10 y U11 de 1K X 4 bits, para tener 1K por 8 bites, la memoria se selecciona con la señal MEM3 que genera el decodificador de

memorias. Como la selección del banco de memoria se hace en intervalos de 4K bytes y la memoria es de 1K byte se tienen cuatro espejos de memoria, que no importan si se toma en cuenta en la programación, esta característica se deja así por facilidad de diseño.

El decodificador de puertos se hace con el CI 74LS138 (U08) que separa ocho grupos de puertos de ocho puertos cada uno, los primeros cuatro grupos se usan para el sistema y los otros cuatro se usan para dejar un canal compatible con el canal de comunicaciones CANCOM-1. El mapa de puertos queda definido de la siguiente manera:

MOD	INTERVALO	WR	FUNCION	COMENTARIO
0	00-0F	0	EP0	Escribe periférico 0
1	00-0F	1	LP0	Lee periférico 0
2	10-1F	0	EP1	.
3	10-1F	0	LP1	.
4	20-2F	1	EP2	
5	20-2F	1	LP2	
6	30-3F	0	EP3	
7	30-3F	1	LP3	

TABLA 2 MAPA DE PUERTOS DE LA MC Z80M

El despliegue y teclado se controlan juntos por que se comparte un circuito de control. El despliegue se forma de cuatro dígitos de 7 segmentos de diodos emisores de luz. Para manejar los despliegues con pocos circuitos, se unen los segmentos iguales de todos los dígitos y se hace la selección alimentando el ánodo común del dígito correspondiente (multiplexando la información), el registro de segmentos se forma con el circuito integrado (CI) 74LS273 (U05) que retiene el código de los segmentos seleccionados, el registro de dígito se forma con el CI 74LS175 U03 que retiene el código del dígito seleccionado.

El teclado se realiza con una matriz de hasta cuatro filas por seis columnas, para censar las teclas se barren las filas con

un cero y se leen las columnas que normalmente están en uno por las resistencias R22 a R33 a +5V, si no se ha presionado ninguna tecla las columnas se leerán siempre en uno, si se presiona una tecla se lee un cero en la columna correspondiente y como se sabe en que fila se puso el cero se puede calcular la posición de la tecla presionada con la ecuación;

$$NT = (Fi - 1)NC + (Cj - 1)$$

Donde:

NT: Número de tecla

Fi: Fila i

NC: Número de columna

Cj: Columna j

El registro de filas se forma con el mismo circuito que forma el registro de segmentos U05. El registro de columnas se hace con el CI 74LS367 U04 que es un manejador de líneas con tercer estado, para garantizar que las líneas de las columnas están en unos se pone una resistencia de 10K Ohms en cada una.

CONVERTIDOR D/A

El diagrama del convertidor digital a analógico como muestra la figura 7 se basa en el CI MC1408 U02 que es un circuito integrado que transforma el número binario que tenga a su entrada en una corriente proporcional a éste, para convertir la corriente en voltaje se usa un convertidor de corriente a voltaje estándar [5], al que se le agrega un potenciómetro para calibrar esta conversión, finalmente se agrega un circuito seguidor de voltaje [6] con la otra parte del CI U03, para dar baja impedancia de salida y mayor capacidad de corriente (hasta 15 mA).

PUESTA EN MARCHA

Para hacer funcionar por primera vez (puesta en marcha) el Estimulador Programable EP1.1 se sigue la misma división usada en el primer parrafo, de donde se organizan las siguientes pruebas:

PRUEBAS DEL EP1.1

Prueba de la MC

Líneas de control
 Memoria
 Puerto de bocina
 Puerto de segmentos
 Puerto de despligue/filas
 Puerto de columnas
 Prueba del convertidor digital analógico
 Puerto del convertidor D/A

Antes de iniciar las pruebas se conecta el emulador (EMZ80) [7] en la base del uP del EP1.1 y se corre el programa para probar micro-computadoras "PMICRO", cuando el programa está listo inicia con el mensaje:

PMICRO) Memoria Puerto Fin

En este nivel el programa pide una de las opciones, que se escoge con la primera letra de la opción. En la siguiente descripción de pruebas se asume que se está en este nivel del programa.

Las Líneas de control RELOJ, WAIT, INT, NMI, RESET, BURSRQ del uP Z-80 se prueban con el osciloscopio, todas las líneas deben estar en un nivel alto (5V) excepto la línea de reloj que debe ser una onda cuadrada de 3.58 Mhz.

La memoria se prueba con la opción de Memoria, al entrar en esta prueba el programa pide el intervalo de direcciones a probar (de DIREcción INicial a DIREcción FINal):

DIRINI ? ----

DIRFIN ? ----

Las direcciones que se dan al programa dependen del circuito de memoria a probar, para este caso se prueban tres intervalos que son:

EPR0M0	0000-0FFF	2732 (4K)
EPR0M1	1000-1FFF	2732 (4K)
RAM	3000-33FF	2114 (1K)

Para las memorias EPROM se usan memorias RAM en su lugar y se tratan como tales.

Después de que se selecciona el intervalo de direcciones aparece el nuevo menú;

PMEM) Auto Manual

En el modo Automático se le corren 17 pruebas secuencialmente, el programa reporta cada error encontrado o si se presiona cualquier tecla reporta sólo el número total de errores de cada prueba. En el modo manual se tienen nuevas opciones que son:

MAN) Escribe Verifica Rota rePite

En este modo se puede hacer las funciones manualmente, es decir se Escribe el patrón se Verifica lo que tiene la memoria en prueba con el patrón, se Rota el patrón de prueba o quedarse rePitiendo una acción hasta que se presione cualquier tecla. Con los primeros modos se puede buscar la lógica de una falla y con la última opción se puede analizar con el osciloscopio cada acción y asegurarse que los tiempos de escritura y lectura son apropiados, así como que las señales dinámicas (direcciones datos y control) cambian correctamente.

Los puertos se prueban con la opción de Puerto, que al entrar pide el puerto a probar;

Puerto ? _

Después se muestran las opciones de prueba de puertos, que son:

PPUER) Lee Escribe Verifica rePite

Lee y Escribe pueden accesar el puerto seleccionado y ver o poner los datos, Verifica escribe lee y compara datos diferentes a cada vez, rePite se queda leyendo o escribiendo para ver las señales dinámicamente.

El puerto de bocina se prueba seleccionando el puerto 03, después se selecciona el modo de rePetir Escribiendo 00, y se espera oír un tono agudo en la bocina, si no se escucha se prueba que el bit que mueve a la bocina generado por U06 en la pata 5 esté cambiando de estado, después se verifica que el transistor

que maneja la bocina se esté cortando y saturando para mover la bocina.

El puerto de segmentos se prueba seleccionando el puerto 02 y el modo se refiere con Barrido, en este estado se prueba que el registro de segmentos (U??) tenga un número cada vez mayor, para observar esto se usa el osciloscopio y se espera ver una onda cuadrada en cada línea de salida como muestra la fig. 5.

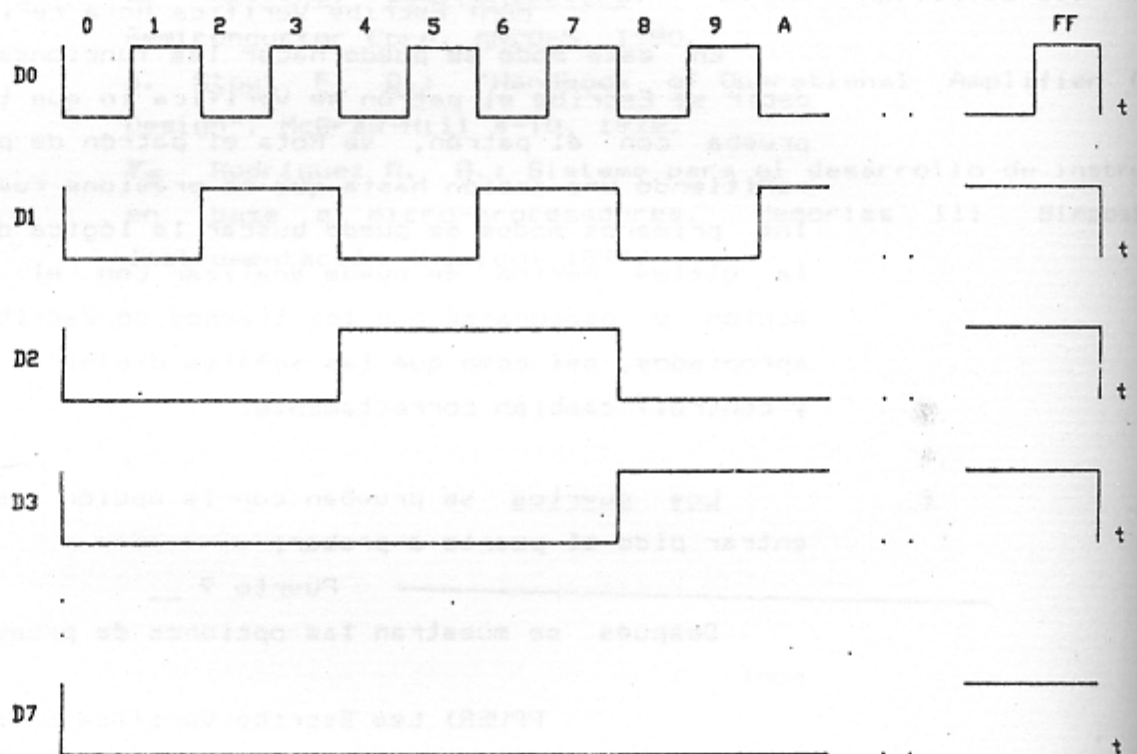


FIG. 5 SALIDA DEL REGISTRO DE SEGMENTOS EN BARRIDO

En esta figura se muestra como la salida de un registro se barre, incrementando el valor que tiene. Se puede apreciar como cada salida más significativa tiene el doble de período que la anterior, por esta razón esta prueba es significativa ya que prueba que tanto las líneas de datos que llegan al registro están bien conectadas como que el registro mismo opera apropiadamente.

El puerto de despliegue/filas se prueba similarmente al de segmentos, pero con el puerto 02.

El puerto de columnas también se prueba como el de segmentos pero con el puerto 01.

El convertidor digital/análogo se prueba Barriendo el puerto 04, y se verifica con el osciloscopio que la salida del convertidor de corriente a voltaje sea una onda diente de sierra, que es el resultado de poner un número cada vez mayor (barrer) en el registro.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se ha logrado un instrumento hasta su fase de "prototipo reproducible" al cual se le ha hecho control de calidad estricto. Se han construido tres unidades que se encuentran operando en un ambiente educativo sin problemas, y dos unidades más que se han modificado para aplicaciones especiales de investigación.

El uso de esta tecnología ha permitido competir en precio y calidad con los existentes en el mercado, y permite cambios sencillos o radicales tanto en características como en operación; de tal manera que actualmente se cuenta con opciones de salida con resolución de 12 bits y salida aislada, y programas para el manejo de parámetros variables en el tiempo.

Un inconveniente que han reportado los usuarios es el hecho de tener que parar la estimulación para poder cambiar un parámetro. Esta característica se debe a fásilidad de programación, aunque se puede superar usando otra técnica de programación (conurrencia).

Se piensa que la utilización principal en medicina pueda consistir en el electro-diagnóstico y la terapia neurológica, y de hecho fué esta la explicación del referido modo de operación.

REFERENCIAS

1. icks W. I. Membrane Touch Switches. DUPONT Electronic Materials division, 1980.
2. exas Instrument Inc.: "Designing with TTL integrated circuits". McGraw-Hill, 1971.
3. Garcia S.: "Build your own Z80 computer". McGraw-Hill, 1981.
4. Motorola Inc.: "Linear Interface Integrated circuits" MOTOROLA INC, 1979.
5. National Semiconductors: "Linear Applications". National Semiconductor Corp. AN20-5, 1980.
6. Stout E. D.: "Handbook of Operational Amplifier Circuits Design". McGraw-Hill 4-10, 1976.
7. Rodriguez R. G.: Sistema para el desarrollo de instrumentos en base a micro-procesadores. Memorias III Simposio de Instrumentación (México) 1984.