

Diseño y construcción de un Procesador de Imágenes de Ecografía miniaturizado

Miguel Yapur, M.Sc, myapur@espol.edu.ec

Daniel Aguirre, danaguir@hotmail.com

Víctor H. Merino, vmerinog@hotmail.com

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral Km 30.5, Guayaquil, Ecuador

Resumen

En el presente proyecto se realiza la interfaz entre un transductor ultrasónico y un dispositivo de visualización, el cual en este caso es un tubo de rayos catódicos o CRT. La interfaz realiza el control del transductor por medio de señales logradas a partir de un microcontrolador. Del transductor se obtiene una señal de retorno que contiene la información ultrasónica de los ecos, la misma que es procesada para ser llevada al CRT y desplegar una imagen.

Palabras Claves: Transductor ultrasónico, tubo de rayos catódicos, microcontrolador.

Abstract

The article presents an interface between an ultrasonic transducer and a display or CRT (cathodic ray tube). The interface controls the transducer by signals which are generated using a microcontroller. A signal with the eco's information returns from the transducer. This signal is processed and then displayed in the CRT.

1. Introducción

Los equipos electrónicos usados actualmente en Medicina son de gran utilidad y muy variados. Dentro de los diferentes equipos existentes se encuentran los ecógrafos los cuales construyen una imagen recogiendo los ecos reflejados por el cuerpo luego de que el transductor envía un tren de pulsos hacia éste en una frecuencia determinada. El funcionamiento del transductor se basa en los efectos piezo-eléctrico y Doppler.

El costo de estos equipos es muy elevado y su tamaño resulta poco versátil; por ello surge la necesidad de reducir estas características mediante el diseño de una interfaz entre el transductor y el dispositivo de visualización basado en el uso de los microcontroladores; y a su vez, construir un equipo de menor costo. Así, esta innovación ayudará a que un mayor número de personas puedan adquirir o acceder a un equipo de ecografía y por tanto poder brindar un mejor servicio a la comunidad.

2. Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto, primero se realiza un análisis del funcionamiento del transductor ultrasónico y los requerimientos necesarios del mismo para poder obtener la señal de retorno o de video.

En segundo lugar, luego de haber interpretado las necesidades del transductor como las fuentes de energía y las señales de control, se procede a construir dichas señales valiéndose para ello de un microcontrolador.

Finalmente, luego de haber construido las señales de control, energizado correctamente el transductor y obtenida la señal de video necesaria, se procede a hacer el acople respectivo de esta señal para que pueda ser visualizada en un Tubo de Rayos Catódicos o CRT.

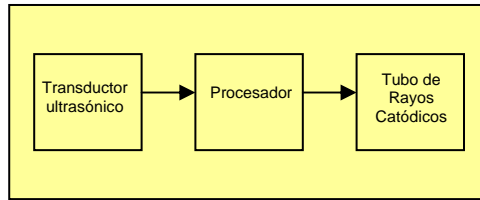


Figura 1.- Diagrama de bloques

3. Procesamiento de señales

Para poder crear las señales de control del transductor, se hace uso del PIC16F84A.

La distribución de señales construidas en el microcontrolador es de la siguiente forma:

RA1	BARRIDO X
RA2	RESET al Tx
RA3	ESCALA DE GRISES
RA4	MARKERS
RB0	UNBLANK al Tx
RB1	Contador 7490
RB3	TGC
RB6	BARRIDO Y
RB7	BARRIDO Y

Una vez que el transductor entra en funcionamiento gracias a estas señales, se obtiene una señal de retorno que es la que contiene la información del eco, que luego de ser procesada será enviada a través de la entrada Z del CRT para su visualización.

4. Señales de Ingreso

Las señales de ingreso al transductor son:

RESET
UNBLANK
TGC.

4.1. RESET

La señal RESET es la que hace el control de inicio y fin de la trama principal del funcionamiento de los cristales en el transductor. Tiene una duración de 24.96ms en alto y de 2us en bajo. Cuando la señal se encuentra en alto, los 64 cristales empiezan a funcionar de manera secuencial con una duración de 390us por cristal; luego, cuando la señal va a nivel bajo, se reinicia el funcionamiento de la trama desde el primer cristal. (Figura 2)

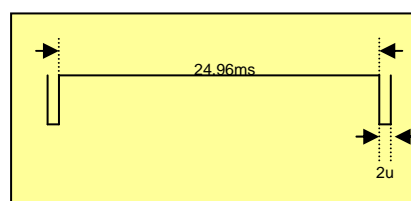


Figura 2.- Señal RESET

4.2. UNBLANK

La señal UNBLANK es la que hace el control para cada uno de los cristales. Es una señal de 390us en donde, durante los primeros 130us, el nivel de la señal se encuentra en bajo y es cuando el cristal es energizado para poder emitir el eco. Luego del nivel bajo de 130us viene un nivel en alto de 260us, con lo cual se completa la señal de 390us. Durante los 260us el cristal recoge los ecos reflejados del cuerpo. Es aquí en donde se encuentra la información en una señal de video. (Figura 3).

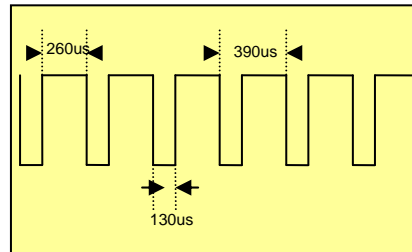


Figura 3.-Señal UNBLANK

Para efectos de energizar el transductor, la señal UNBLANK tiene un retraso de cuatro ciclos (390us * 4 = 1.56ms). Este retraso sirve para habilitar la barra de escala de grises (Figura 4).

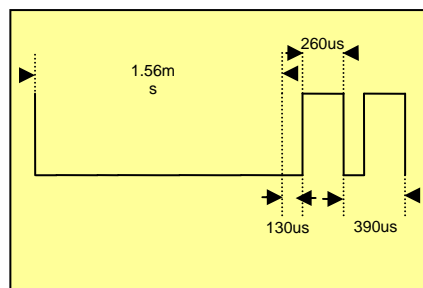


Figura 4.- Señal UNBLANK con retraso

4.3. TGC (Compensación de Ganancia en el Tiempo)

La señal TGC (Time Gain Compensation) produce una rampa ajustable que es usada para controlar la ganancia de la señal de video originada en el transductor.

La señal TGC funciona con tres potenciómetros para el control de la ganancia llamados NEAR (ganancia para el campo cercano), FAR (ganancia para el campo lejano) y BALANCE (modifica la forma de la curva de ganancia)

El potenciómetro NEAR se encarga de ajustar la velocidad de descarga de la señal UNBLANK y está en un rango de voltaje de 500mV hasta - 500mV.

El potenciómetro FAR se encarga de ajustar la amplitud de la señal UNBLANK.

El potenciómetro BALANCE se encarga de ajustar la velocidad de carga de la señal UNBLANK (Figura 5)

4.4 Tratamiento de Señales

Para poder ingresar la señal de video al CRT, ésta necesita ser acondicionada.

El tratamiento necesario se basa en eliminar la parte negativa de la señal de VIDEO y sumarla a la señal de ESCALA DE GRISES obtenida a partir del contador 7490 que es controlado por la señal MARKERS del microcontrolador.

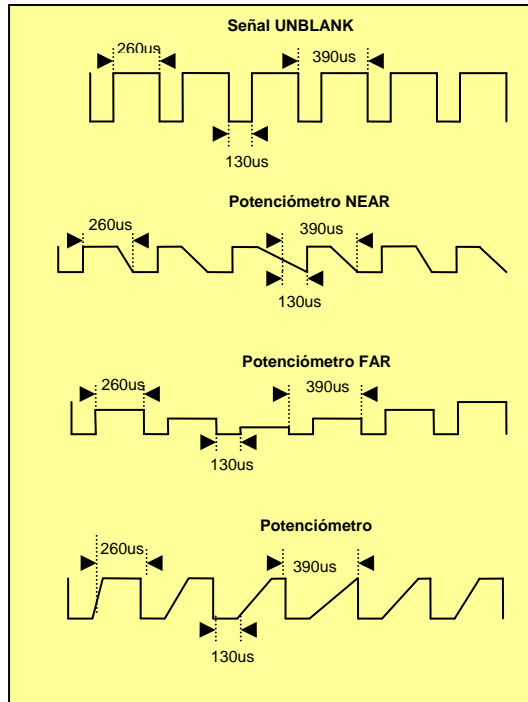


Figura 5.- Señal TGC

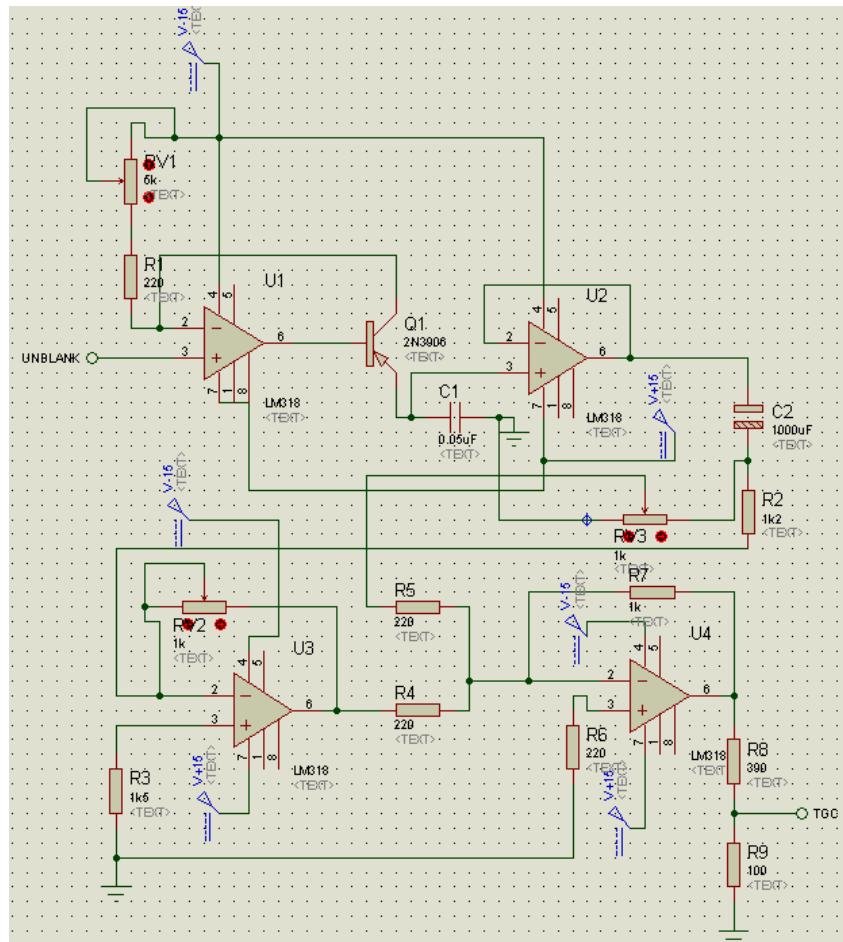


Figura 6.- Circuito TGC

4.4.1 ESCALA DE GRISES y Señal de VIDEO

La señal de ESCALA DE GRISES funciona en los cuatro primeros períodos de UNBLANK al iniciar la señal RESET. Esta señal sirve para poder graficar en la parte izquierda del CRT una barra con diferencia de brillo de diez pasos, donde el más brillante indica que el tejido se encuentra más cerca de la superficie.

Para lograr la construcción de la señal ESCALA DE GRISES se hace uso de la señal UNBLANK INVERTIDA durante sus primeros cuatro ciclos, habilitando de esta forma al contador 7490. Este contador funciona con una señal de reloj llamada MARKERS cuyo funcionamiento se basa en 10 pulsos cada 260us con una duración de 4us cada uno, durante los 260us en que la señal UNBLANK se encuentra en nivel alto.

Las salidas digitales del contador 7490 están conectadas a una red para realizar una conversión digital – analógica dando como resultado la señal ESCALA DE GRISES (Figura 7).

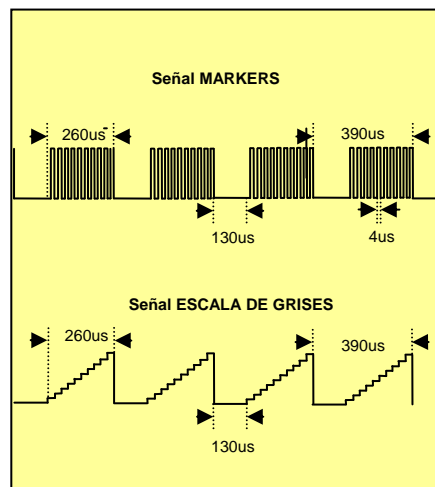


Figura 7.- Señal ESCALA DE GRISES

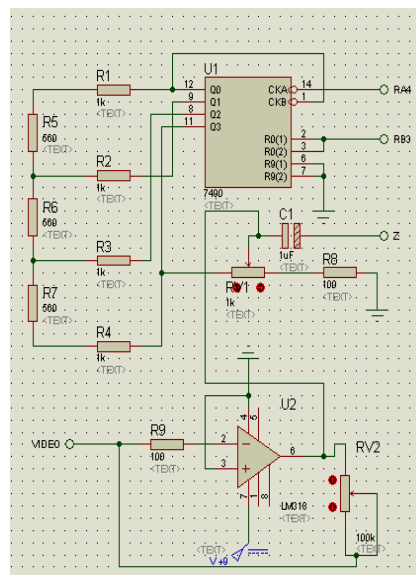


Figura 8.- Circuito de ESCALA DE GRISES y VIDEO

Luego de los cuatro primeros ciclos ($4 \times 390\mu\text{s} = 1.56\text{ms}$), la señal ESCALA DE GRISES es deshabilitada hasta que la trama de 24.96ms vuelva a reiniciar. Es entonces

cuando la señal de VIDEO, luego de ser acondicionada eliminando su parte negativa es sumada a la señal ESCALA DE GRISES. Las formas de onda de las señales antes de ser sumadas se muestran en la figura 9.

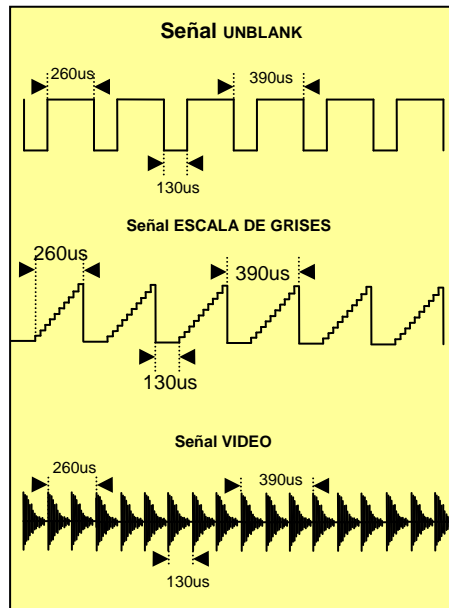


Figura 9.- Señal de VIDEO y ESCALA DE GRISES

4.5 Señales de salida

Las señales de ingreso al CRT son:

- BARRIDO X
- BARRIDO Y
- BARRIDO Z

4.5.1 Barrido X

El Barrido en X es una señal que sirve para controlar la imagen en el CRT de forma horizontal. Consiste en una rampa positiva construida a partir de la señal RESET. (Figura 10).

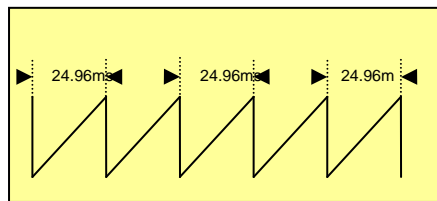


Figura 10.- Barrido X

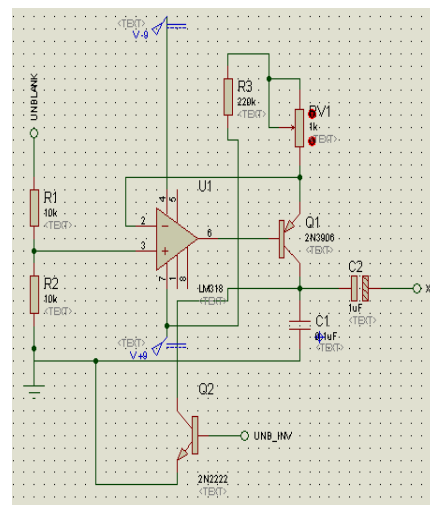


Figura 11.- Circuito BARRIDO X

4.5.2 Barrido Y

El Barrido en Y es una señal que sirve para controlar la imagen en el CRT de forma vertical. Consiste en una rampa negativa construida a partir de la señal UNBLANK. (Figura 12).

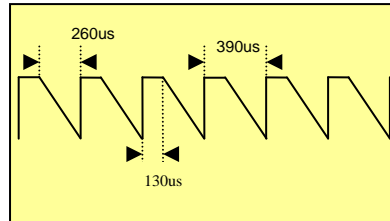


Figura 12.- Barrido Y

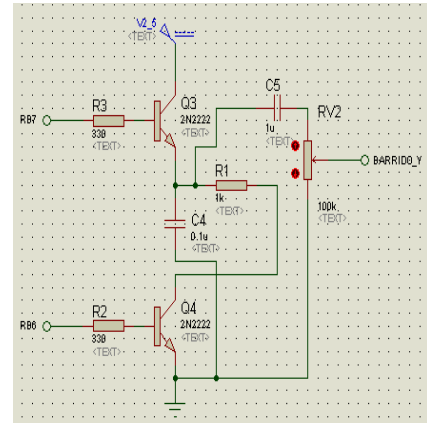


Figura 13.- Circuito BARRIDO Y

4.5.3 Barrido Z

El Barrido en Z está construida de la Señal de VIDEO acondicionada y sumada con la señal ESCALA DE GRISES (Figura 14).

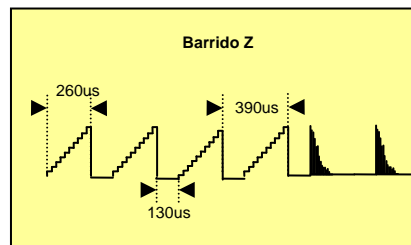


Figura 14.- Barrido Z

5. Visualización

Para la obtención de la imagen se utiliza un Tubo de Rayos Catódicos o CRT, debido a que este dispositivo permite trabajar con señales analógicas de frecuencias muy altas.

El CRT cuenta con tres diferentes entradas para la formación de la imagen: X, Y y Z; en donde se conectan respectivamente las señales: BARRIDO X, BARRIDO Y y BARRIDO Z.

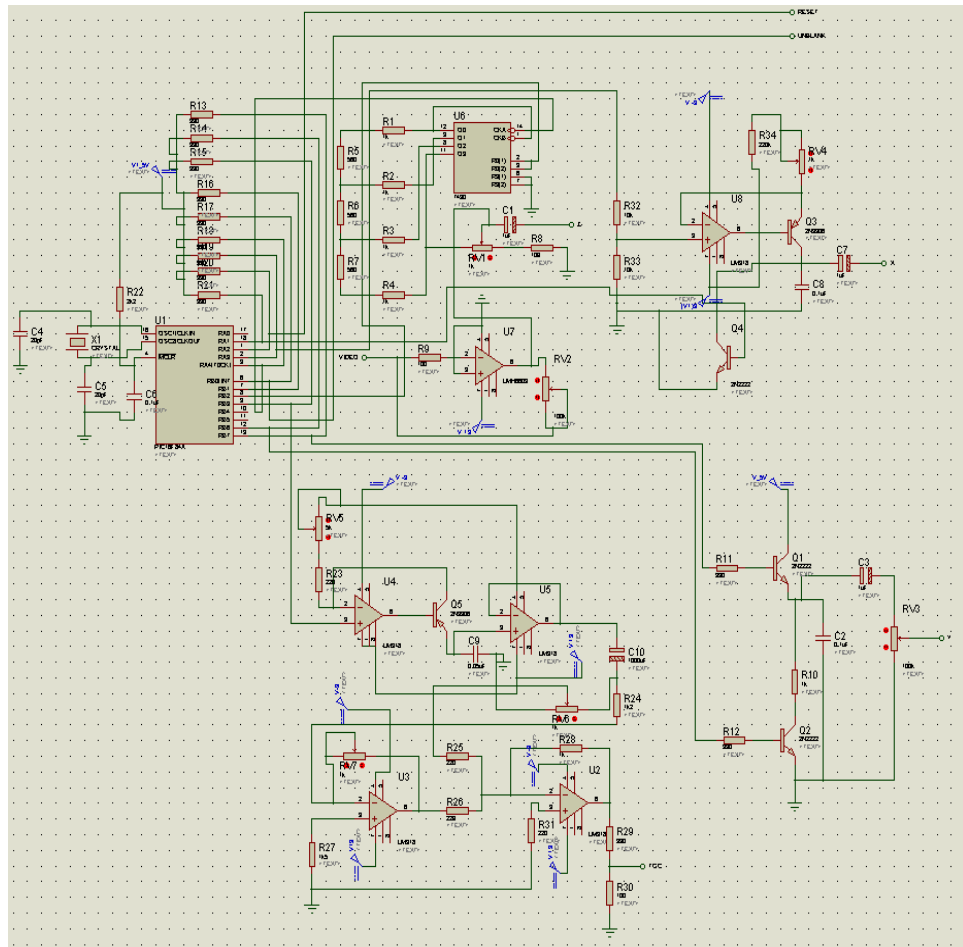


Figura 15.- Señales de control

6. Conclusiones

- La frecuencia de la señal de video esta en el rango de los MHz, por esta razón encontrar los componentes electrónicos digitales necesarios en el mercado local, resultó difícil y en algunos casos imposible.
- Los fabricantes de transductores de ultrasonido son extremadamente celosos con la información, por esta razón encontrar un modelo para el diseño de un transductor nuevo resultó imposible.
- La frecuencia de las señales de control es alta y demandan un alto nivel de sincronismo para lo cual se necesita trabajar con un cristal de cuarzo de la más alta frecuencia en el medio local.
- Para lograr el sincronismo necesario se utiliza un microcontrolador que usa un cristal de 10MHz para de esta manera lograr un ciclo de instrucción mínimo de 400ns.
- El acople de impedancias es uno de los puntos mas importantes para la suma de señales, ya que un desbalance en las cargas provoca la desestabilización del sistema.
- El nivel DC de las señales juega un papel importante para la visualización en la pantalla de un CRT, puesto que éste fija la posición del punto de partida de los barridos Vertical y Horizontal.
- El control de la amplitud de la señal de video debe tener la ganancia necesaria para que se encuentre dentro del rango de voltaje. Dentro de este rango se logra una buena intensificación de la imagen en pantalla.
- El nivel de ruido al trabajar a una frecuencia muy alta es intenso, por esta razón los cables que conducen la señal deben estar apantallados y con el recubrimiento necesario para que la señal no se distorsione. Es por esta razón que se usa una carcasa metálica con la finalidad de construir una Jaula de Faraday para aislamiento del ruido.

7. Bibliografía

1. ADRULTRASOUND, ADR Real Time Linear Ultrasound Scanner MODEL 2130 SERVICE MANUAL, Tempe - Arizona, 1980.
2. BOYLESTAD ROBERT, Electrónica: Teoría de Circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, México, 1997.
3. BREY BARRY B., Los Microcontroladores, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México, 2001.
4. CEKIT S.A., Curso Práctico Sobre Microcontroladores, Editorial Conosur, Bogotá – Colombia, 2002.
5. NTE ELECTRONICS.INC, Technical Guide and Cross Reference, Décimo Primera Edición, New Jersey, 2003
6. <http://www.alldatasheet.com>
7. <http://www.datasheetcatalog.com>
8. <http://www.ece.rochester.edu/projects/3D4D>
9. <http://www.med.umich.edu/>
10. <http://www.nacersano.org>
11. <http://www.ob-ultrasound.net/adr.html>
12. <http://www.ob-ultrasound.net/adr2130.html>
13. <http://www.rochester.edu/>
14. <http://www.unc.edu/>
15. <http://www.ucdavis.edu/>