

Sistema de Generación de Pulsos Multicanal para Transductores Piezoeléctricos

Sergio N. Gwirc, Néstor R. Mariño

Instituto Nacional de Tecnología Industrial – Electrónica e informática
Avenida General Paz 5445 entre Albarelos y Constituyentes, Edificio 42,
CC157 (CP 1650) San Martín, Bs. As., Argentina
nmarino@inti.gov.ar

Resumen — En este trabajo se presentan las etapas de emisión de ultrasonido para la generación de imágenes, las cuales constan de circuito de control, etapa de potencia y transductores. Se muestran los resultados en la generación de ondas y el método utilizado.

Palabras claves; Transductores piezoeléctricos, ecografía, generación de pulsos

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la electromedicina, la obtención de imágenes internas del cuerpo es una gran herramienta para el buen diagnóstico, con lo cual la evolución de las mismas avanza continuamente. Los equipos de rayos X tienen una gran difusión debido a su bajo costo y dimensiones reducidas, pero estos rayos son radiaciones ionizantes los cuales pueden producir problemas en los tejidos biológicos, especialmente cuando se deben tomar imágenes periódicamente, acumulando el tiempo de exposición a las radiaciones [1].

Por otro lado, los equipos para generar imágenes por resonancia magnética no utilizan radiaciones ionizantes, pero son equipos voluminosos y sumamente costosos.

Los equipos de imágenes por ultrasonido no producen radiaciones ionizantes y son de bajo costo relativo, con lo cual su utilización es de sumo interés, especialmente para la toma de imágenes fetales. Originariamente se utilizaba un solo transductor de ultrasonido, el cual era movido mecánicamente para obtener un barrido de señales temporales con los cuales se construía la imagen. La tendencia actual es utilizar un arreglo de fase de transductores, sin movimiento mecánico para variar la orientación del frente de onda, para obtener la orientación y enfoque del haz. Con esto se logra un haz más concentrado, lo cual posibilita mayor resolución, sin el desgaste de partes mecánicas. En este trabajo se presenta un arreglo lineal de transductores de ultrasonido, el cual consta de ocho elementos, la electrónica de control, la electrónica de potencia, el método para lograr un foco y los resultados obtenidos, que son visualizados mediante un interferómetro de difracción schlieren.

II. DESARROLLO

A. Transductores

En el laboratorio se han construido arreglos lineales de transductores piezoeléctricos, los cuales tienen como objetivo generar ondas acústicas. Controlando el instante de disparo de cada transductor se puede hacer foco en un lugar específico. Estos transductores se han fabricado mediante serigrafía de alta definición sobre un sustrato de alúmina. La pasta para fabricar los transductores es de PZT (Titanato Circonato de Plomo), la adquiere propiedades piezoeléctricas luego de ser sinterizada y polarizada. Se conocen como dispositivos de película gruesa a aquellos que tienen un espesor de 10 a 50 micrones [2]. Nuestros transductores son de este tipo aunque en este trabajo nos extendemos a 100 μm ya la frecuencia de resonancia de los piezoeléctricos, entre otras cosas, depende de su espesor y necesitamos que los mismos resuenen de 1 a 10 MHz. El arreglo utilizado tiene una frecuencia de resonancia de 4,8 MHz. Cada elemento tiene 2 mm de lado, 100 μm de espesor y la separación entre los mismos es de 1 mm.

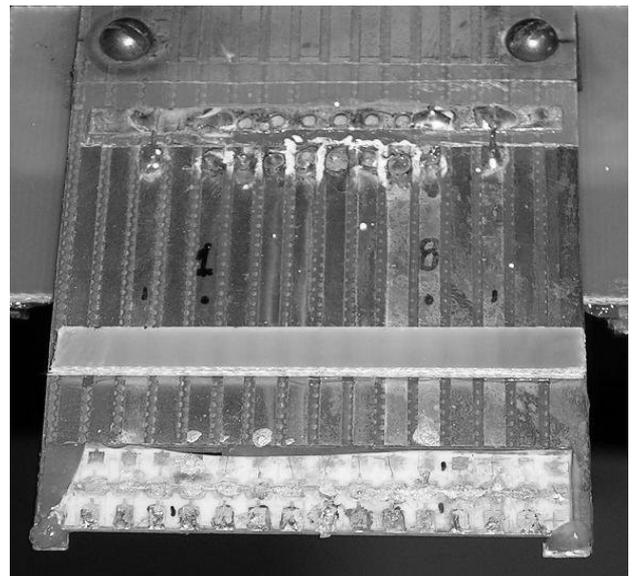


Figura 1. Arreglo de Transductores.

En la fig. 1 puede observarse el arreglo de transductores, de los cuales se han conectado los ocho centrales. El sustrato de alúmina está pegado con resina epoxi al circuito impreso,

que aporta las conexiones entre los electrodos de los transductores y los cables microcoaxiales.

Como prueba de funcionamiento se utiliza un generador de funciones que entrega una señal sinusoidal de 15 Vpp. Con el dispositivo de Schlieren, que se explicará en la próxima sección, se observa tanto la radiación ultrasónica de cada elemento individual, como la interferencia de las radiaciones de todos los transductores emitiendo simultáneamente. Esta medición nos permite determinar la zona de trabajo del arreglo, que es la región donde se puede hacer foco.

B. Electrónica

Se desea lograr que los frentes de onda lleguen simultáneamente a un punto, lo que se obtiene con el método de conformación de haces. Para generar los disparos se utiliza la placa de desarrollo S2PROTO [3], la cual tiene una FPGA Xilinx Spartan 3 como elemento principal, reguladores de tensión, oscilador y conectores. En este circuito se hace la descripción de hardware necesaria para generar los disparos de cada uno de los elementos transductores. Esto da la posibilidad de elegir entre diferentes secuencias de disparo para hacer foco en diferentes partes de la zona de trabajo del arreglo. A pesar de que estos disparos se pueden lograr con circuitos digitales sin necesidad de usar una FPGA, se empieza a trabajar con la misma ya que será necesaria cuando se aumente la cantidad de transductores.

Para amplificar los pulsos generados por la FPGA, se utiliza el circuito Pulser_V2, que consta de entrada de alimentación, conectores pin head para conectarse con la placa S2PROTO, 8 conectores SMD para conectarse con los transductores, un conector BNC para el disparo del láser, y un dip-switch para seleccionar una secuencia de disparos cada una de la cual produce el foco en un lugar determinado.

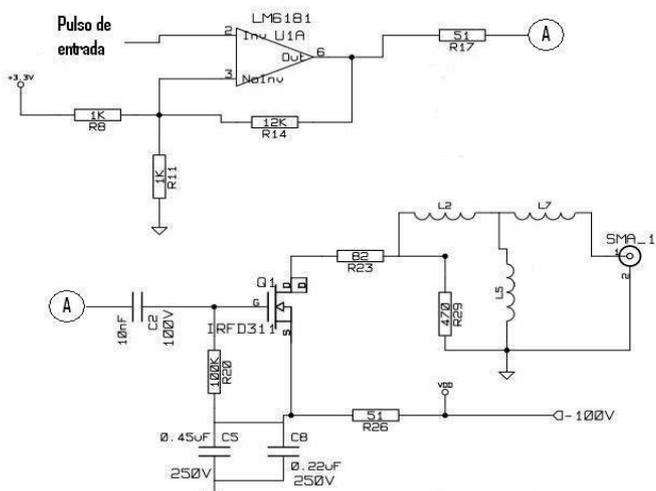


Figura 2. Circuito Pulser_V2

En la fig. 2 se muestra un esquema del circuito. El amplificador de corriente recibe el pulso de la FPGA y polariza el transistor que alimenta al transductor acoplado al conector SMA. Se realiza una polarización negativa para que el electrodo que toque al paciente este puesto a tierra.

C. Focalización de ondas en un punto

El método para obtener un foco se basa en sumar los frentes de onda que emiten cada uno de los transductores con una fase diferente de modo que esa suma resulte en un frente de onda convergente. De esta forma todos los frentes de onda llegan al mismo tiempo y con su máxima amplitud a un determinado punto produciéndose una interferencia constructiva.

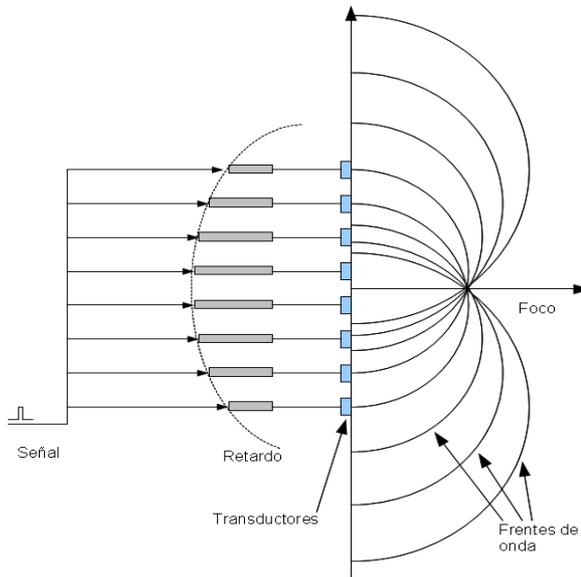


Figura 3. Cálculo de retardos

Como se ve en la fig. 3, los transductores más lejanos al punto focal tienen menor retardo y son los primeros en emitir. Los que se encuentran más cerca tienen mayor retardo, por lo que serán los últimos en emitir. Así se logra que todos los frentes de onda lleguen al mismo tiempo con la fase adecuada a un cierto punto, para formar el foco. En la fig. 4, donde se ha elegido otro punto focal, se ve más claramente la diferencia de recorridos, por lo tanto de tiempo, de cada uno de los frentes de onda. Para este ejemplo, el generado por el transductor N° 8 es el que tendrá más retardo.

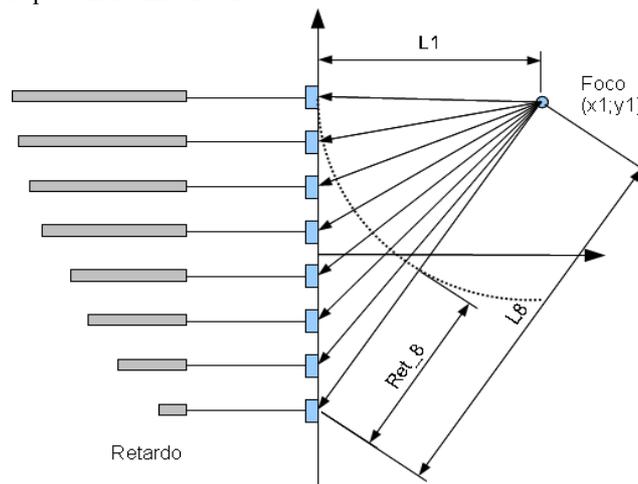


Figura 4. Diferencias en tiempos de retardo

Se debe tener en cuenta que para el cálculo de retardos se considera la distancia entre cada transductor y el foco así como la velocidad de propagación de la onda. Al trabajar con sistemas digitales necesitamos redondear los retardos a unidades enteras de periodos del oscilador, en nuestro caso 50

MHz. Ahora bien, debemos elegir un criterio de redondeo para llevar los tiempos calculados a unidades discretas de períodos factibles para nuestra FPGA. En la fig 5, se muestra en línea punteada las dos posibilidades de redondeo para la emisión de un transductor dado. Vemos representado en una línea vertical el tiempo al foco calculado. En el instante en que un frente de onda llega al foco con su máxima amplitud, el resto de los frentes de onda llegarán desfásados. Para el frente de onda del transductor en cuestión, podemos redondear para que llegue 9 ns antes u 11 ns después. Un criterio puede ser redondeo al más próximo para cada transductor, el cual para este ejemplo será 9 ns antes (redondeo abajo). Ahora bien, si se considera el aporte de cada frente de onda, se ve que la interferencia constructiva se produce retrasando el foco, y el mayor aporte constructivo será con el redondeo arriba.

Esto se hace para cada punto focal posible dentro de la zona de trabajo, lo cual implica una gran cantidad de cálculos. Hay que tener en cuenta que todos estos cálculos se hacen en etapa de diseño y durante la ejecución la FPGA solo tiene que acceder a una tabla con los resultados.

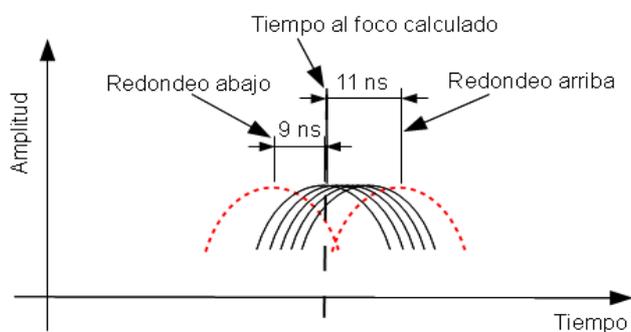


Figura 5. Redondeo

III. MEDICIONES Y RESULTADOS

Para medir la salida ultrasónica del sistema se utiliza un interferómetro de difracción de Shlieren fig. 6, el cual consiste en un láser, óptica para ensanchar el frente de onda, óptica para dejar los haces paralelos, una cuba con agua donde está sumergido el transductor, óptica para concentrar los haces, un filtro de cuchilla y una cámara CCD. Cuando el transductor emite ultrasonido, las ondas producen picos y valles de presión en el agua, los cuales producen difracción de la luz (láser). Estos haces difractados al concentrarse se interfieren, lo cual es captado por la cámara CCD. El filtro de cuchilla sirve para evitar que la mayor concentración de haces en el punto central sature la cámara [4].

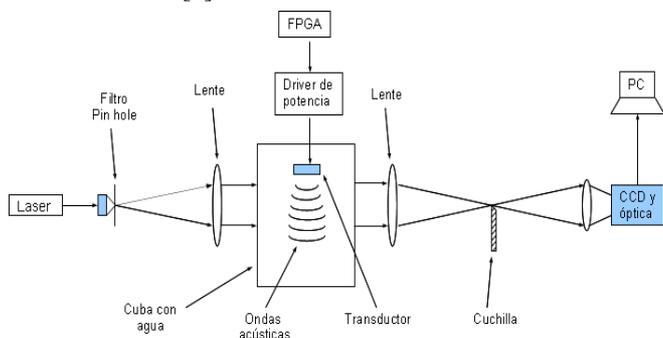


Figura 6. Dispositivo de Schlieren

Con este dispositivo, se han realizado mediciones de emisión, exitando un transductor por vez, para ver la divergencia de la emisión de cada canal y de todos los transductores emitiendo simultáneamente, lo que permite

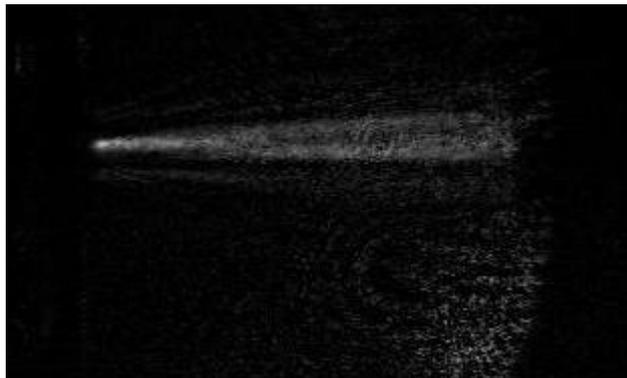


Figura 7. Emisión de un sólo transductor.

ver la zonas de interferencia que se generan al superponerse los lóbulos de radiación lo cual es necesario para la conformación de haces. Puede verse en la fig. 7 la emisión de un solo canal (el N° 3). La fig. 8 muestra la interferencia entre la emisión de



Figura 8. Interferencia entre la emisión de cinco canales.

cinco canales emitiendo simultáneamente. De estas observaciones se obtiene que el ángulo de dispersión del haz es de 10° , y que la superposición de haces se comienza a producir a partir de los 5 mm, lo cual nos da la distancia más cercana a la cual se podrá detectar un objeto. Es de aclarar que a las dos imágenes anteriores se les ha restado el fondo, que es la imagen del sistema sin emitir, para una mejor visualización.

AGADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Alejandro Federico por su colaboración con la utilización del dispositivo Schlieren y a la Unidad Técnica de Microsistemas de INTI-Electrónica e Informática por la microsoldaduras de los electrodos del arreglo al circuito impreso.

REFERENCIAS

- [1] Monserrat Parrilla Romero, Conformación de Haces Ultrasónicos Mediante Muestreo Selectivo con Codificación Delta, Universidad Politécnica de Madrid, 2004, p 1
- [2] Roydn D. Joens, Hybrid Circuit Design and Manufacture, Marcel Dekker, 1982, p 7-8
- [3] <http://utic.inti.gov.ar/publicaciones/jornadasINTI2007/s2proto.pdf>
- [4] Sergio N. Gwiric, Películas Gruesas de PZT como Transductores de Ultrasonido para Imágenes, Universidad de Buenos Aires, 2009, p 94