

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departament d'Enginyeria Electrònica

**CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DE
RESOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
OBTENCIÓN DE IMÁGENES POR
ULTRASONIDOS**

Autor: Jordi Salazar Soler
Director: Miguel J. García Hernández

Diciembre de 1997

CAPÍTULO 6

Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo se ha centrado en la mejora de la resolución de los sistemas de medida por ultrasonidos de bajo coste. Se ha propuesto como excitación del transductor el uso de formas de onda simples cuyos parámetros básicos son obtenidos a partir del análisis de las características presentadas por uno de los pulsos acústicos emitido/recibido por el propio transductor.

La técnica de cancelación por pulso se ha aplicado tanto a transductores de agua como de aire. Asimismo, se ha estudiado también la técnica de excitación específica de transductores con el propósito de comparar dicha técnica con la de cancelación por pulso desde el punto de vista de resultados obtenidos y dificultades técnicas de implementación.

Los principales resultados obtenidos en esta Tesis pueden resumirse como sigue:

- Se ha formalizado la técnica de cancelación por pulso aportando la teoría necesaria para la obtención de los parámetros básicos característicos del segundo pulso utilizado

para cancelar parte de la cola de emisión perteneciente al pulso fundamental de excitación.

- Se han establecido los requisitos que debe cumplir un pulso emitido/recibido para que la técnica de cancelación por pulso aplicada a él sea eficiente: comportamiento exponencial decreciente en la envolvente del pulso y poseer un número de ciclos elevado en la cola del mismo (factor Q alto).
- La técnica se muestra particularmente eficaz al aplicarla a transductores muy poco amortiguados, con un factor Q alto. Esto último hace que sea muy adecuada para utilizarla con transductores de aire, cuyos pulsos presentan unas colas de emisión de duración excesiva. Tras la aplicación de la técnica de cancelación por pulso se ha conseguido fácilmente acortar la duración de los pulsos recibidos en factores dos y tres.
- En las medidas realizadas en agua con transductores fabricados en base a una cerámica piezoeléctrica PXE5 de Philips, el pulso con cancelación se conseguía acortar hasta en un factor dos. Este resultado algo más pobre, si se compara con el obtenido en transductores de aire (factor tres), es consecuencia de que los transductores para agua están normalmente más amortiguados que los de aire.
- Se ha desarrollado también un procedimiento de simulación basado en el software HSPICE para poder evaluar a priori la mejora introducida por la técnica de cancelación por pulso. De este modo se evita así el tener que realizar medidas experimentales para determinar las características de la excitación necesaria. Los resultados obtenidos con simulación fueron contrastados con medidas experimentales viendo que existía una estrecha correlación entre ellos, tanto en lo que hace referencia a los valores numéricos obtenidos en los parámetros básicos del pulso de cancelación como en la forma del pulso resultante de la cancelación.

El procedimiento de simulación incluye un proceso de optimización sin el cual no sería posible realizar el ajuste de los parámetros básicos del pulso de cancelación a partir de los teóricos. Fue necesario para ello definir una función a optimizar basada en objetivos alcanzables y realísticos que permitiese optimizar correctamente los valores de los parámetros básicos del pulso de cancelación, aportando muy buenos resultados tanto en transductores poco como medianamente amortiguados.

- Como consecuencia del principio de funcionamiento de la técnica de cancelación por pulso, las cancelaciones pueden conseguirse, en un mismo pulso, para distintos valores de las parejas de los parámetros básicos del pulso de cancelación α y T_d . Se hizo necesario introducir unos factores de mérito que permitieran decidir cuál es la mejor excitación atendiendo a criterios de resolución en la medida y de energía contenida por el pulso acústico resultante.

Los factores de mérito fueron definidos en base a la calidad deseada en la señal acústica resultante de la cancelación. Normalmente, esta calidad vendrá determinada en función de la aplicación en particular que se esté considerando.

Del uso de los factores de mérito teóricos se destaca que no se hace necesario simular ni medir el efecto de la cancelación para cada una de las distintas parejas de valores de los parámetros α y T_d , sino que la misma forma de onda medida o simulada del pulso que se quiere cancelar permite determinar con éxito cuál va a ser esa pareja óptima de valores. Conclusión, esta última, muy ventajosa pues ahorra tiempo de simulación y medida.

- En el proceso de obtención de la respuesta impulsional del transductor, la aplicación del coeficiente de correlación normalizado ρ_{xy} ha permitido sistematizar uno de los métodos de determinación de la respuesta impulsional de un sistema que se encuentran en la literatura.

- Los resultados proporcionados por las excitaciones específicas en campo lejano y campo próximo determinan que con esta última se obtienen muy buenos resultados tanto en campo próximo como en campo lejano, hecho que no ocurre cuando se utiliza una excitación específica para campo lejano. La duración de los pulsos emitidos se reduce en un factor 16, mucho mayor que el alcanzado con la técnica de cancelación de pulsos, pero a costa de una importante complejidad tanto de la síntesis de señal como en las etapas de potencia.
- La técnica de cancelación por pulso se ha mostrado mucho menos sensible a la distancia a la cual se está efectuando la medida, no ocurriendo así para la técnica de la excitación específica. La explicación reside en que la excitación específica, con el fin de compensar la respuesta del transductor, tiene un contenido variado en frecuencias (entre 0 y 5 MHz por limitación del generador utilizado) y no todas ellas sufren la misma atenuación por el medio (atenuación proporcional al cuadrado de la frecuencia). La consecuencia inmediata es una degradación del pulso recibido en recepción. Sin embargo, en la técnica de cancelación por pulso el contenido frecuencial de los dos pulsos emitidos es muy limitado como consecuencia de que los transductores utilizados son de banda estrecha. Por tanto, toda la señal es atenuada por igual.
- La aplicación de la técnica de cancelación por pulso mejora notablemente la resolución de la medida y las prestaciones de los equipos de medida por ultrasonidos estudiados como referencia sin que ello signifique incrementar el coste del equipo. Se evita, en parte, trabajar a frecuencias elevadas con el fin de reducir la duración del pulso eco recibido. Esto permite tener menos pérdidas por atenuación del medio y consecuentemente una mayor eficiencia.