



Ecosonda de Baja Profundidad para el Río de la Plata

Acquaticci, F. ⁽ⁱ⁾; Gwirc, S. ⁽ⁱ⁾; Martínez del Peso, H. ⁽ⁱⁱ⁾

⁽ⁱ⁾INTI-Electrónica e Informática

⁽ⁱⁱ⁾Instrumental Náutico LEHG II

Introducción

A partir de la prospección y caracterización de ecosondas de profundidad comerciales, se desarrolló en el laboratorio de investigación aplicada en ultrasonido, el prototipo de una sonda de baja profundidad. Los ecosondas comerciales están diseñados para funcionar en el mar donde generalmente la profundidad es mayor a 2 ó 3 metros y detectan objetos hasta alrededor de 300 m de profundidad. Estas características hacen que su utilidad sea prácticamente nula en un entorno como el del Río de la Plata en donde las embarcaciones navegan con profundidades de 60 cm y a veces menores. Esta situación generó la necesidad de contar con un dispositivo de calidad adaptado a las necesidades locales que funcione en distancias cortas en agua sin que se bloquee su funcionamiento. Conjuntamente con esta sonda se diseñó e implementó el circuito analógico de emisión y recepción conformando la etapa de entrada y salida de la electrónica del sonar.

Descripción Experimental

La ecosonda del sonar de profundidad es básicamente un emisor y receptor de ultrasonido, el cual convierte energía eléctrica en energía mecánica (ondas de presión) y viceversa, esto es, energía mecánica en energía eléctrica. Su caracterización comprende la determinación del patrón de radiación, la frecuencia de operación y su sensibilidad. En un ecosonda, un transductor piezoeléctrico convierte una señal eléctrica de alta tensión y de una frecuencia determinada en vibraciones mecánicas. Estas crean ondas de presión que son transmitidas a través del agua de acuerdo al patrón de radiación del ecosonda. Si existe un obstáculo en el camino de propagación de la onda de ultrasonido, una porción de la energía es reflejada y el transductor la detecta como un eco.

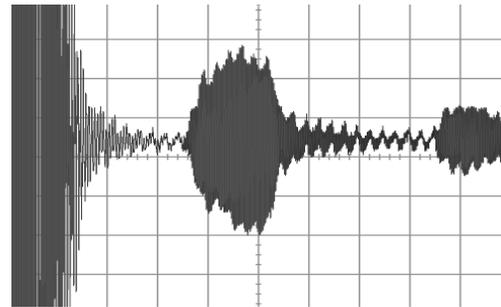


Fig. 1: Respuesta típica de una sonda

Al detectar el eco, el transductor genera una señal eléctrica, la cual debe ser amplificada y procesada por el circuito de recepción. De esta manera es posible determinar la distancia al obstáculo detectado (por ejemplo, el fondo) como $d = (t \cdot v)/2$, donde d es la distancia en metros, t el tiempo medido por el microprocesador, que transcurre entre la emisión del pulso y la detección del eco y v la velocidad de propagación del sonido, que en el agua es aproximadamente de 1500 m/s. En la Fig. 1 se observa los ecos registrados para un transductor piezoeléctrico utilizado en una ecosonda y medido a una profundidad de 70 cm de agua.

Las funciones necesarias para el funcionamiento del ecosonda se describen en un diagrama en bloques con los siguientes elementos:

Ecosonda: Elemento transductor final del sonar.

Circuito de protección: Evita que la señal de excitación de gran amplitud dañe el circuito de recepción, limitando su amplitud a la entrada del amplificador diferencial.

Amplificador diferencial: Amplificador diferencial de entrada, acoplado en AC. Un alto rechazo en modo común en esta etapa maximiza la relación señal/ruido durante la recepción del eco.

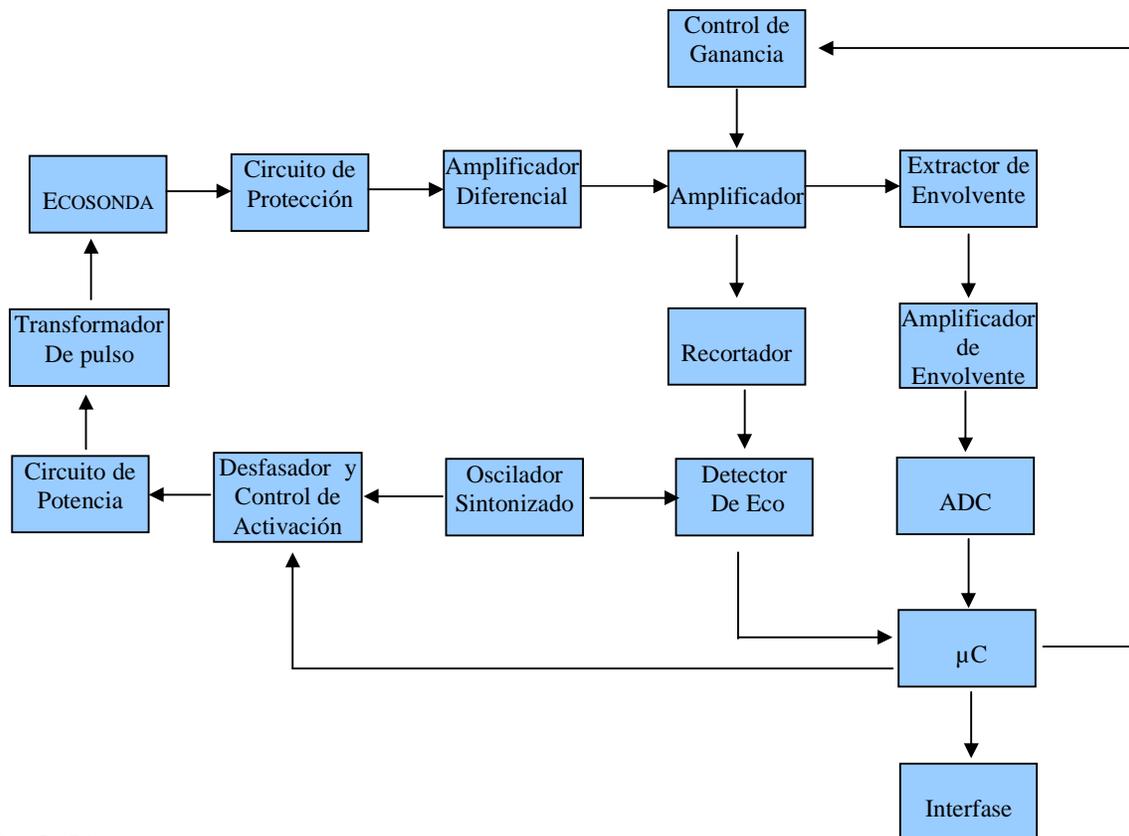


Fig. 2: Diagrama en bloques del ecosonda

Amplificador: Segunda etapa amplificadora. Amplifica la señal obtenida a la salida del amplificador diferencial, pudiendo lograr una gran amplificación del eco. Limita la respuesta en alta frecuencia a fin de maximizar la relación señal a ruido a la salida.

Control de ganancia: Permite modificar la ganancia del amplificador. El factor de amplificación es determinado por el microcontrolador.

Extractor de envolvente: Obtiene la envolvente del eco. Posteriormente es procesada por el microcontrolador quien discrimina los ecos del fondo de falsos ecos.

Amplificador de envolvente: Acondiciona la envolvente del eco para su posterior digitalización.

ADC: Muestra y digitaliza la envolvente del eco.

µC: Microcontrolador. Controla la emisión y duración de los pulsos de excitación y la recepción del eco. Procesa la información proveniente del detector de eco y el extractor de envolvente realizando la medición de profundidad, maneja la interfase con el usuario, alarmas, etc.

Recortador: Limita la amplitud del eco para no saturar la entrada del detector de eco.

Detector de eco: Consiste en un detector de tono, el cual genera un pulso en el momento en que se recibe el eco.

Oscilador sintonizado: Genera una señal cuadrada a la frecuencia de resonancia de la ecosonda. La misma señal sirve de referencia para el detector de eco.

Desfasador y control de activación: A partir de la señal generada por el oscilador sintonizado, genera una nueva señal desfasada 180°. Ambas señales, amplificadas por el circuito de potencia, excitarán el devanado primario del transformador de pulso. El control de activación permite al microcontrolador determinar la duración del pulso de excitación.

Transformador de pulso: Elemento final de la etapa de salida de la electrónica del sonar. Permite excitar al elemento piezoeléctrico del ecosonda con pulsos de frecuencia y amplitud adecuadas y adaptar la impedancia del elemento piezoeléctrico, de manera de lograr la mayor eficiencia posible en la transmisión de energía, dando como resultado ecos más fuertes.

Resultados

Para el cálculo del transformador de pulso se implementó un programa de diseño de un sistema de adaptación para elementos piezoeléctricos, el cual consta de dos partes: una para el cálculo de la inductancia que adapta la impedancia, de manera de compensar la reactancia de la capacidad paralela equivalente del transductor, y otra parte para el cálculo de los devanados primario y secundario del transformador de pulso. El programa calcula en la primera parte los siguientes valores:

- Resistencia equivalente serie
- Resistencia equivalente paralelo
- Reactancia capacitiva equivalente paralelo
- Capacidad equivalente paralelo
- Reactancia inductiva de adaptación
- Inductancia de adaptación
- Capacidad de adaptación (dependiendo del factor de mérito)

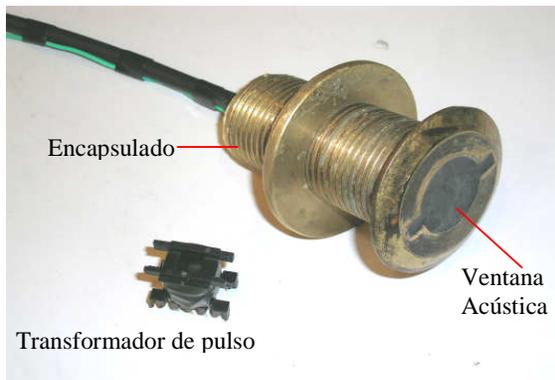


Fig. 3: Implementación del ecosonda y su transformador de pulsos

El cálculo del devanado primario y secundario del transformador de pulso requiere la siguiente información que se proporciona al programa de cálculo:

- Longitud del núcleo
- Diámetro del núcleo
- Permitividad relativa del núcleo
- Diámetro del alambre del devanado secundario
- Inductancia de adaptación
- Tipo de bobina
- Tensión RMS de salida
- Resistencia equivalente paralelo del elemento piezoeléctrico
- Impedancia del primario

El programa calcula los siguientes valores:

- Cantidad de espiras del devanado secundario
- Cantidad de espiras del devanado primario
- Relación de transformación
- Potencia RMS

En esta etapa se optimizó el circuito de excitación y medición para una frecuencia de 200 kHz con la que se obtuvieron mejores resultados en la respuesta, recalculando todos los componentes que intervienen en la red de generación y recepción de los pulsos de ultrasonido. También se estudió el comportamiento térmico del circuito para contemplar el funcionamiento en condiciones ambientales típicas de la embarcación donde será montado para la medición de profundidad. Este estudio derivó en la selección de componentes adecuados para cumplir con las especificaciones de funcionamiento que el proyecto requiere.

Características técnicas del sonar

Tensión de alimentación: 12Vcc
 Frecuencia de trabajo nominal: 200 kHz
 Potencia (RMS): 350 W
 Tensión de salida: 350 V
 Factores de ganancia: $\times 1$; $\times 2$

Ecosonda:

Diámetro del piezocerámico: 25 mm
 Espesor del piezocerámico: 9 mm
 Material del transductor piezocerámico: PZT-4
 Modo de resonancia: axial
 Frecuencia de resonancia: 200 kHz

Conclusiones

El conjunto transductor más la excitación y detección electrónica mide bien hasta distancias tan cortas como 30-40 cm en condiciones de laboratorio. Se deben realizar las pruebas de campo con las interferencias correspondientes al movimiento del barco e incluso ramas que se pueden atravesar en el camino del ultrasonido para determinar si es necesario modificar el procesamiento para mantener una medición correcta de la profundidad.

Para mayor información contactarse con:
 Fabian Acquaticci – facq@inti.gov.ar