

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la memoria adjunta.

(19) ES (21) (22)	(11) NUMERO 474.287	(10) A1
	FECHA DE PRESENTACION 17-10-78	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO 843,182	18-10-77	Estados Unidos.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL G 03 H	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(64) TITULO DE LA INVENCION
 SISTEMA ACUSTICO DE FORMACION DE IMAGEN PARA PRESENTAR UN OBJETO OBSERVADO.

(71) SOLICITANTE (S)
 WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.-

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
 Westinghouse Building, Gateway Center- Pittsburgh, Pennsylvania
 15222. ESTADOS UNIDOS.-

(72) INVENTOR (ES)
 Richard Wayne Smith, de nacionalidad estadounidense.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
 D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU.-

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

La invención se refiere a un sistema ultrasónico mejorado de formación de imagen capaz de presentar una información ultrasónica de exploración en un formato que permite una cómoda interpretación por el operario. Incluye un conjunto móvil de transductores (16) que se activan secuencialmente para transmitir y recibir señales ultrasónicas a lo largo de trayectos de transmisión sustancialmente paralelos. Las reflexiones o los ecos procedentes de uno o varios transductores se tratan en un circuito de control analógico, y se presentan en un dispositivo de visualización del tipo de osciloscopio, de tal manera que una reflexión procedente de un objeto se sitúa siempre en el mismo emplazamiento de la pantalla del osciloscopio, cualquiera que sea la posición del transductor.

DESCRIPCION GENERAL DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema acústico mejorado de formación de imagen.

Hasta la fecha, se han utilizado varias técnicas electrónicas para formar la imagen de objetos observados. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas de visualización bidimensionales y tridimensionales. En el caso de sistemas de formación de imagen tridimensionales, se han utilizado generalmente dispositivos de visualización del tipo de rayos catódicos, es decir sistemas de visualización tipo "sonar". En el campo de la detección y de la representación de objetos situados en líquidos opacos, lo mismo que en la comprobación no destructiva de objetos para determinar la presencia de grietas internas, la formación de imagen ultrasónica que utiliza típicamente un sistema de visualización bidimensional con exploración tipo B ó C, ha sido utilizado ampliamente. En la

técnica de exploración tipo C un corto impulso ultrasónico es transmitido por un transductor hacia el objeto cuya imagen ha de ser formada. Las señales reflejadas procedentes de las superficies del objeto y/o de las grietas internas, son detectadas a continuación por el mismo transductor y son amplificadas e interrumpidas periódicamente para interrumpir solamente aquellas zonas del objeto cuya imagen ha de ser formada. La señal detectada se registra bajo la forma de un punto único sobre un dispositivo de registro que se explora en sincronización con el transductor. La técnica de exploración tipo B es similar salvo que la información de tiempo o de profundidad procedente de una sola sección transversal se visualiza sobre la superficie de un tubo de rayos catódicos. En el caso de ambas técnicas de exploración tipo B y C, la imagen resultante es una configuración plana del objeto observado. Por consiguiente estos dos excelentes útiles analíticos presentan un inconveniente básico que consiste en que no es posible visualizar en un solo medio de registro la información espacial y la información de profundidad al mismo tiempo. Por tanto, puede establecerse solamente una perspectiva muy estrecha del objeto observado. Por consiguiente, en aplicaciones especiales que necesitan, por ejemplo, la evaluación de la verdadera naturaleza de un objeto desconocido, estas técnicas dejan mucho que desear.

El descubrimiento de la holografía, tanto óptica como ultrasónica, para formar la imagen de objetos observados, ha aportado mejoras básicas respecto a las primeras técnicas ultrasónicas de exploración tipo B y C. Con la holografía ultrasónica se registran al mismo tiempo la información espacial y la información de profundidad, pero sin embargo la hologra-

fía ultrasónica no produce una imagen tridimensional como se obtiene de hecho en holografía óptica, en razón de la diferencia de longitud de onda entre el ultrasónico y la luz láser empleada en la reconstrucción del holograma.

5 La patente número 3.792.423 ha realizado una con
tribución sustancial a esta técnica proporcionando un mecanis
mo para representar visualmente una imagen isométrica de un
objeto observado acústicamente. Sin embargo, incluso esta me-
jora no permite definir superficies que no sean perpediculares
10 a una línea de proyección de la señal acústica situada por en-
cima.

Sin la posibilidad de observar un punto dado de un
objeto desde varias perspectivas, resulta difícil, si no impo-
sible reconstruir verdaderamente el objeto en un formato reco-
noscible con un sistema de observación acústica. Por consiguien-
15 te, se desea un sistema de formación de imagen de tipo acústi-
co que pueda ver las mismas coordenadas de un objeto desde va-
rias perspectivas y presentar la información en un formato fá-
cilmente interpretable.

20 Por consiguiente, un objeto de la invención consis-
te en proporcionar un sistema acústico mejorado de formación
de imagen con el objeto de subsanar los inconvenientes de la
técnica anterior.

25 La invención consiste en un sistema acústico de
formación de imagen para representar un objeto observado, que
incluye un conjunto dispuesto lateralmente de una pluralidad
de transductores acústicos respectivamente separados por una
distancia conocida a partir de un punto dado y orientados para
transmitir y recibir señales acústicas a lo largo de trayectos
30 de transmisión preestablecidos sustancialmente paralelos a un

plano predeterminado, unos medios para hacer pivotar el conjunto en el interior del plano predeterminado alrededor del punto dado, unos medios para activar los transductores a lo largo del conjunto con el fin de transmitir y recibir señales acústicas, 5 unos medios para generar tensiones de salida a cada recepción respectiva de una señal acústica correspondiente a la posición de las coordenadas del objeto observado cuando se hace pivotar el conjunto, y unos medios para presentar la recepción de cada transductor en el mismo dispositivo de visualización en su posición de coordenadas correspondiente. 10

De acuerdo con un modo de realización preferido de la presente invención, se proporciona un sistema acústico de formación de imagen que puede ser utilizado para presentar una recepción acústica a partir de un emplazamiento particular en 15 la misma posición de un dispositivo de visualización, cualquiera que sea el transductor de un cierto número de transductores que ve este emplazamiento o cualquiera que sea la perspectiva a partir de la cual se ve este emplazamiento.

Para entender más claramente la invención, se hará referencia al modo de realización preferido que constituye un ejemplo de la invención y que se representa en los dibujos adjuntos en los cuales: 20

la figura 1 es una vista en perspectiva del conjunto de transductores y del brazo pivotante de un sistema acústico de formación de imagen de acuerdo con la invención; 25

la figura 2 es una vista esquemática por encima del conjunto de transductores de la figura 1;

la figura 3 es una representación esquemática de la geometría de exploración lateral de los transductores ilustrados en la figura 2; 30

la figura 4 es una ilustración esquemática de la geometría de extremidad de exploración de los transductores ilustrados en la figura 2;

5 la figura 5 es un diagrama esquemático simplificado de un circuito para generar las tensiones de salida que corresponden a las posiciones de coordenadas de las respectivas recepciones de los transductores;

10 la figura 6 es un diagrama esquemático detallado del circuito de los controles analógicos de tratamiento de las tensiones de salida de los transductores; y

la figura 7 es un diagrama general en bloques de la electrónica de tratamiento utilizada de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

15 El sistema isométrico de formación de imagen descrito en la patente número 3.792.423 ha sido inventado para satisfacer los requisitos de inspección de los reactores nucleares reproductores rápidos de metal líquido. El sistema ha sido desarrollado como variante a los métodos costosos de inspección visual que necesitan interrumpir la generación de corriente
20 eléctrica del reactor nuclear para drenar el refrigerante de sodio líquido ópticamente opaco, de tal manera que pueda utilizarse un dispositivo de inspección visual. Este sistema ha sido desarrollado para localizar, identificar y formar imágenes de los componentes de una vasija durante la interrupción del funcionamiento del reactor y su reabastecimiento con combustible.
25

Como se ha previsto, el sistema de inspección de la patente número 3.792.423 está constituido por tres subsistemas (que se ilustran de manera general en la figura 1): un sistema de exploración de extremidad que mide y visualiza bajo forma digital la distancia a partir del transductor, situado en la extre
30

midad del brazo de exploración, hasta la superficie perpendicular más próxima; un subsistema de formación de imagen que utiliza el tiempo acústico de propagación de la información a partir de once transductores que se extienden hacia el exterior en la parte inferior del brazo de exploración para generar imágenes de alta resolución; y un sistema de exploración lateral. La función principal de los transductores de exploración lateral consistía originalmente en proporcionar al operario del sistema de observación una información ultrasónica procedente del costado del brazo de exploración. La información de exploración lateral permitía que el operario localizara las obstrucciones internas del reactor capaces de bloquear el movimiento del brazo de exploración. El sistema de exploración lateral previsto en la patente mencionada más arriba, presentaba una exploración tipo A de la información (tiempo en función de amplitud de eco, obtenida a partir de los doce transductores de exploración laterales, funcionando todos simultanea y sincrónicamente, en un solo trazo de osciloscopio. Las respectivas recepciones de los transductores, (elegidas por el operario) podían también visualizarse individualmente en un trazo de osciloscopio separado. Este tipo de sistema necesita mucho tiempo para que el operario pueda interpretar la imagen con el fin de identificar cualquier obstrucción que haya sido detectada. Su valor principal consiste en advertir de la inminente colisión del brazo de exploración con un obstáculo.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención, se proporciona una mejora que presenta toda la información procedente de los transductores de exploración lateral, mientras se desplazan en un ángulo θ bajo la forma de un mapa o de una vista en planta de los componentes del reac

tor, permitiendo así una presentación que puede interpretarse fácilmente. Con esta finalidad, los efectos de la posición del brazo del explorador y del transductor que ha detectado el objeto, se eliminan de la presentación y por tanto se visualiza un eco procedente de un objeto en la posición que corresponde a un emplazamiento del objeto en el reactor.

Durante una exploración normal, cuando el brazo 12 del explorador es perpendicular al eje de soporte vertical 18, una superficie o un objeto situado dentro del campo de exploración será observado típicamente dentro de una amplia gama de ángulos por muchos de los transductores 16 del sistema de exploración lateral. Por tanto, la probabilidad de detección de una superficie dentro del campo de observación es elevada y una superficie detectada se define más claramente.

Otra ampliación del sistema acústico de formación de imagen según la invención es la generación de una imagen tridimensional obtenida elevando verticalmente el brazo de exploración 12 de manera progresiva mientras efectúa el barrido en la dirección θ . De este modo, se genera un cierto número de imágenes situadas a niveles diferentes. Utilizando un proyector isométrico del tipo descrito en la patente, número 3.792.423 es posible obtener la representación visual de una imagen dimensional que es posible hacer girar e inclinar electrónicamente. En variante, puede generarse una imagen tridimensional a partir de una información suplementaria obtenida en una exploración realizada con el brazo de exploración 12 situado verticalmente de manera paralela al eje de soporte 18.

El sistema acústico de formación de imagen de la presente invención funciona midiendo la distancia hasta un objeto o una superficie reflectante e imprimiendo un punto des-

bloqueando el osciloscopio de visualización en el punto de la pantalla que corresponde al emplazamiento del objeto reflectante. Esto se efectúa cualquiera que sea la posición del brazo 12 del explorador o incluso cualquiera que sea el transductor 16 que ve el objeto. El sistema que se describe en este modo de realización a título de ejemplo, utiliza 10 transductores equidistantes 16 situados en cada lado del brazo de exploración 12 y un transductor de exploración de extremidad 10. Para evitar interferencias, los transductores 10 y 16 se alimentan por impulsos y se interrogan individual y secuencialmente.

Como se ilustra en la figura 2, los transductores 16 empleados en el sistema de observación lateral están uniformemente separados a lo largo de ambos lados del brazo de exploración y miran hacia el exterior perpendicularmente al eje del brazo de exploración 12. Uno de los transductores de exploración de extremidad 10, que está situado paralelamente al eje del brazo de exploración en la extremidad del mismo, está incorporado en el sistema para proporcionar un campo de observación completo. Cuando el brazo 12 barre un ángulo θ , un objeto reflectante es observado típicamente bajo una amplia gama de ángulos por un cierto número de transductores. Esto facilita una redundancia, y generalmente puede obtenerse una imagen entera en un solo barrido del brazo de exploración. Además, debido a que los transductores deben ver una superficie reflectante perpendicularmente para ver o detectar su presencia, la excursión angular de los transductores cuando el brazo explorador 12 pivota permite una detección más segura de un objeto.

La electrónica de tratamiento que se utiliza en el sistema acústico de formación de imagen de la presente invención incluye un circuito analógico que genera las tensiones de

señal que se aplican a los ejes X e Y de un osciloscopio de visualización de memoria para situar un eco procedente de cualquier transductor en el emplazamiento correcto de la pantalla, es decir la posición que corresponde al emplazamiento del objeto reflectante en el reactor. Por tanto, el circuito analógico
5 tiene una importancia primordial para el funcionamiento del sistema acústico de formación de imagen de la presente invención y podrá entenderse más claramente después de adquirir un conocimiento de la geometría relativa del sistema.

10 En la figura 2, se ilustra una vista por encima del brazo explorador de la figura 1. El brazo se representa desplazado θ grados en la dirección θ y a una distancia R en la dirección θ . La distancia total ρ a un transductor particular, por ejemplo R_5 , es la suma de las distancias R y r. Tanto θ como R son variables y se miden por medio de detectores
15 de posición. Una señal que corresponde a la distancia r, es generada internamente y es proporcional a la distancia a partir de la extremidad del brazo hasta un transductor particular. Si por ejemplo se está efectuando la interrogación del transductor R_5 , se genera una señal r proporcional a esta distancia a
20 partir de la extremidad del brazo hasta el transductor R_5 . De esta manera especial se especifica el emplazamiento y la orientación de cada transductor.

A continuación se determina la distancia vt hasta un objeto observado por un transductor particular midiendo el
25 tiempo de propagación de un impulso acústico reflejado por el objeto y que vuelve al transductor. La figura 3 ilustra la geometría de los transductores situados en configuración lateral en el costado del brazo de exploración 12. La distancia vt hasta un punto P_1 (XY) en una dirección particular a partir
30

del brazo de exploración, se mide por ejemplo por el transductor R_5 y, suponiendo que el punto 20 es el punto de pivotamiento del brazo de exploración 12, viene dada por las siguientes coordenadas cartesianas:

$$\begin{aligned} X &= \rho \cos \theta + \left(vt + \frac{d}{2} \right) \operatorname{sen} \theta, \\ Y &= \rho \cos \theta - \left(vt + \frac{d}{2} \right) \operatorname{sen} \theta, \end{aligned} \quad (1)$$

siendo d el diámetro del brazo de exploración. Las señales de tensión proporcionales a estas cantidades que se aplican a los ejes horizontal y vertical de un osciloscopio de memoria, desviará el haz electrónico hasta un punto P_1 de la pantalla, que corresponde a un emplazamiento real del objeto. En P_1 , el osciloscopio previamente bloqueado es desbloqueado durante un corto periodo de tiempo para imprimir el punto. En el caso de un transductor situado en el lado opuesto del brazo de exploración, (por ejemplo L_5), la posición de un reflector en el punto P_2 ($X' Y'$) viene dada por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} X' &= \rho \cos \theta - \left(vt' + \frac{d}{2} \right) \operatorname{sen} \theta, \\ Y' &= \rho \operatorname{sen} \theta + \left(vt' + \frac{d}{2} \right) \operatorname{cos} \theta, \end{aligned} \quad (2)$$

Se observará que las ecuaciones (1) difieren de las ecuaciones (2) solamente en que los signos de los segundos términos (señal de rampa más desviación) están invertidos.

En el caso de un transductor de extremidad (centrado en la extremidad del brazo de extremidad 12 y mirando a partir de éste, como se representa esquemáticamente por la referencia numérica 10 en la figura 1, y geométricamente en la figura 4), la posición de un reflector en P_3 ($X'' Y''$) viene dada por:

$$\begin{aligned} X'' &= (r_1 + R + vt'') \operatorname{cos} \theta, \\ Y'' &= (r_1 + R + vt'') \operatorname{sen} \theta. \end{aligned} \quad (3)$$

En este caso, r_1 es la distancia entre la extremidad del brazo explorador y el transductor de extremidad. En las ecuaciones que anteceden, las cantidades vt , vt' y vt'' son las distancias a los puntos P, P_1 , y P_2 , respectivamente que se determinan mi
5 diendo el tiempo de propagación de un impulso acústico. La constante v es la mitad de la velocidad de propagación de los ultrasonidos en el medio donde se desplazan, en este ejemplo sodio, mientras que t , t' y t'' son los tiempos de propagación de las señales respectivas. Para el sistema acústico de forma-
10 ción de imagen según la invención, la cantidad vt está representada por una señal en forma de diente de sierra de pendiente v que está generada por un reloj digital y que tiene un incremento de paso equivalente a 2,5 mm (0,1 pulgada) en este ejemplo. En la práctica, el diente de sierra que se inicia cu
15 do se aplica el impulso al transductor, desplaza el haz del osciloscopio alejándolo del brazo explorador a una velocidad que corresponde al tiempo de propagación del impulso. Cuando se re recibe un eco, el osciloscopio se desbloquea momentaneamente en el punto que corresponde al emplazamiento del eco. Un oscilos-
20 copio del tipo de memoria almacena el eco en la pantalla y pue de mantener la imagen sustancialmente durante el tiempo de exploración.

El resultado neto de las ecuaciones (1) a (3) consiste en que factores tales como la posición del brazo explora
25 dor e incluso la identidad del transductor que ve la reflexión, se eliminan de la presentación, porque un emplazamiento particular de la pantalla de visualización del osciloscopio puede asociarse únicamente con el emplazamiento correspondiente del campo de exploración. Esto significa que desplazando el brazo
30 del transductor en un ángulo θ amplio mientras se aplican los

impulsos a los transductores interrogándolos a un ritmo rápido, se obtiene que un objeto sea observado típicamente por un cierto número de transductores en un ángulo amplio. Se obtiene así un elevado grado de redundancia, y se detecta cualquier superficie vista por los transductores normalmente en el trayecto de exploración.

El funcionamiento del explorador cuando el brazo 12 se orienta verticalmente para obtener una imagen tridimensional puede representarse por las ecuaciones (1), (2) y (3) eliminando los términos que representan las deflexiones a lo largo del brazo. A continuación, las ecuaciones correspondientes se reducen a:

$$\begin{aligned} X &= (vt + \frac{d}{2}) \text{ sen } \theta \\ Y &= -(vt + \frac{d}{2}) \text{ cos } \theta \end{aligned} \quad (1a)$$

$$\begin{aligned} Z &= \rho = r + R, \\ X' &= -(vt' + \frac{d}{2}) \text{ sen } \theta \\ Y' &= (vt' + \frac{d}{2}) \text{ cos } \theta \end{aligned} \quad (2a)$$

20 y

$$\begin{aligned} X'' &= 0 \\ Y'' &= 0 \\ Z'' &= r + R + vt'' \end{aligned} \quad (3a)$$

Las deflexiones a lo largo del brazo, representadas por los términos eliminados, son perpendiculares al plano de exploración de los transductores laterales. Por tanto, las ecuaciones pueden ser modificadas como se indica para obtener la tercera dimensión Z necesaria para la reproducción tridimensional del objeto observado.

30 La figura 5 representa un esquema simplificado de un

sistema electrónico destinado a llevar a la práctica el concepto de la presente invención. Cuando los conmutadores 22, 24, 26, 28 y 30 están en las posiciones ilustradas, la señal en forma de diente de sierra, la señal v desvía el haz electrónico del osciloscopio hacia la derecha del brazo explorador a partir de un punto que corresponde a la posición $R + r$ en el brazo. Se observará que r es una tensión proporcional a la posición del transductor en el brazo. Situando los conmutadores 22 y 24 en la posición L la señal en diente de sierra desvía el haz electrónico hacia la izquierda del brazo explorador. Para activar el transductor de exploración de extremidad, los conmutadores 24 y 28 se abren y el conmutador 30 se cierra, aplicando la señal en diente de sierra $-v$ al amplificador sumador 32 y desviando el haz electrónico del osciloscopio hacia el exterior a partir de la posición representativa de la extremidad del brazo explorador. Los conmutadores ilustrados representa conmutadores electrónicos de acción rápida que están controlados por una lógica externa que aplica secuencialmente impulsos a los transductores del brazo de exploración para interrogarlos. Unas mejoras suplementarias incluyen la capacidad de desplazar el brazo explorador en la pantalla de observación a voluntad del operario, de tal manera que la posición del brazo con respecto a los objetos observados pueda ser determinada fácilmente. El ángulo θ obtenido a partir de un detector de posición situado en el brazo explorador 12 y las tensiones de referencia R y r se obtienen para corresponder con la interrogación del transductor por los conmutadores electrónicos.

La figura 6 representa una ilustración más detallada del circuito. Los conmutadores electrónicos 34, 36 y 38 con

trolados por una lógica externa, aplican la tensión en diente de sierra v_t y la tensión de desvío en diente de sierra necesaria a las funciones adecuadas del circuito en el tiempo adecuado. Las tensiones de señal proporcionales a ρ se suman en el amplificador 40, y las tensiones proporcionales a seno θ y coseno θ se aplican a los terminales 42 del circuito. El amplificador 44 invierte la señal en diente de sierra positiva v_t .

A título ilustrativo, suponiendo que debe interrogarse un transductor situado en el costado del brazo de exploración, se aplica una señal lógica 1 a la entrada 46. En este caso, el terminal 48 del conmutador 38 está conectado con el conductor común y por tanto la salida del amplificador 40 es exactamente ρ . Los primeros términos de las ecuaciones (1) y (2) se obtienen a la salida de los multiplicadores 50 y 52. Si se interroga ahora un transductor situado en el lado izquierdo del brazo, se aplica una señal lógica 1 a la entrada 54, y los segundos términos de la ecuación (2) se obtienen a la salida de los multiplicadores 56 y 58. Una señal lógica 1 aplicada a la entrada 54 hace que el conmutador analógico 60 aplique una señal en diente de sierra negativa $-(v_t + d/2)$ al multiplicador 56 y una señal en diente de sierra positiva $(v_t + d/2)$ al multiplicador 58. Los dos términos de la ecuación (2) que corresponden a las señales de deflexión X e Y se suman respectivamente en los amplificadores 62 y 64 y por tanto la señal X aparece a la salida 62 y la señal Y aparece a la salida 64. Cuando se excita con un impulso el transductor, la tensión en diente de sierra v_t , que comienza en el valor que corresponde a la mitad del diámetro del brazo de exploración, desvía el haz electrónico del osciloscopio hacia

la izquierda de la posición que corresponde en la pantalla al brazo de exploración, a una velocidad proporcional a la mitad de la velocidad de los ultrasonidos en el sodio.

5 En el caso de un transductor situado en el lado
derecho del brazo de exploración 12, se aplica una señal lógi
ca 1 a la entrada 54, lo que da lugar a la inversión de los
signos de los segundos términos de la ecuación (2) mediante
la conmutación de la señal en diente de sierra positiva ($vt +$
10 $d/2$) hacia el multiplicador 56 y de la señal en diente de sie
rra negativa $-(vt + d/2)$ hacia el multiplicador 58. Se gene
ran así las ecuaciones (1) y el haz electrónico del osciloscopio
es desviado hacia la derecha de la posición que correspon
de en la pantalla al brazo de exploración.

15 El resto del circuito de la figura 6 sirve para
ampliar y situar la imagen en la pantalla del osciloscopio.
Una salida no ampliada (UNMAG X y UNMAG Y) se ha previsto
igualmente y no depende del reglaje del control de amplifica
ción.

20 Una simple modificación aportada al circuito ana
lógico permitira establecer señales representativas de las
ecuaciones (1a), (2a) y (3a) sin requerir un cambio en las
tensiones de entrada. Para realizar esta modificación, se des
conecta la salida del amplificador 40 de las entradas de los
multiplicadores 50 y 52, y se unen al conductor común las en
25 tradas desconectadas. Con este cambio del circuito, las sali
das X e Y del circuito analógico proporcionan señales que co
rresponden a las ecuaciones (1a), (2a) y (3a). La cantidad Z
se obtiene a partir de la salida del amplificador 40.

30 Para generar una señal representativa de la ecua
ción (3) que corresponde al transductor de extremidad, se ha

ce que la entrada 46 sea un cero lógico. Las entradas de los multiplicadores 56 y 58 se unirán al conductor común y se aplicará una tensión en diente de sierra negativa a la entrada del amplificador 40 de suma de f^2 . La señal en diente de sierra, que comienza con el desvío adecuado, desplazará a continuación el haz electrónico del osciloscopio alejándolo de la posición que corresponde a la extremidad del brazo de exploración a una velocidad que corresponde a la mitad de la velocidad del sonido en el sodio.

La figura 7 ilustra un diagrama en bloques de un dispositivo electrónico capaz de llevar a la práctica el sistema de este modo de realización. El cuadro de control de exploración lateral 66 incluye los circuitos que generan las señales que controlan el sistema. Un oscilador controlado por cristal de 9.674 megahertz genera una señal de reloj que se divide hasta 0,4837 megahertz para el registro digital de señal en diente de sierra situado en el dispositivo de circuito de señal de diente de sierra de exploración lateral 68. El periodo del reloj se ajusta de modo que sea igual al tiempo que necesita una onda acústica para desplazarse dos veces 2,5 mm (0,1 pulgada) en sodio a una temperatura de 260°C (500°F). La señal de reloj se divide de nuevo hasta 0,472 kilohertz para excitar los registros que multiplexan los transductores.

Los transductores de exploración lateral están controlados por un registro decimal de código binario situado en el cuadro de control de exploración lateral y que tiene unas salidas Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 , que establece el emplazamiento del transductor r en el brazo explorador. Un flip-flop en serie con este registro decimal en código binario proporciona una señal C_1 que determina si se interrogará un transductor situa-

do en el lado derecho o en el lado izquierdo del brazo de los transductores. Por tanto, empezando con el emplazamiento 1, se interroga en primer lugar el transductor izquierdo y a continuación el derecho. El registro decimal de código binario se desplaza a continuación al emplazamiento 2 donde se interrogan los transductores izquierdo y derecho. Esta secuencia continúa hasta que hayan sido interrogados todos los transductores de exploración lateral. Conforme se acumula la cuenta en el registro decimal de código binario, un convertidor digital/análogo que funciona a partir de este registro, genera una señal analógica r que es proporcional al emplazamiento del transductor en el brazo.

Al final de la secuencia de exploración lateral, se desplaza el control al registro binario de división por cuatro Q_A , Q_B , que interroga el transductor de exploración de extremidad, hace volver a cero el registro de exploración lateral, y "dibuja" el brazo de transductores (establece la imagen del brazo de transductores en la pantalla del osciloscopio), en este orden. Cuando la secuencia ha terminado, se transfiere de nuevo el control al registro de exploración lateral y el ciclo comienza de nuevo.

El cuadro de control genera otra señal "T" en sincronización con el reloj, que dispara los generadores de impulsos, bloquea las entradas de receptor durante aproximadamente 40 microsegundos y disminuye progresivamente el nivel del discriminador de los amplificadores de recepción. El circuito disparador impulsor genera un impulso de disparo retardado (aproximadamente 100 nanosegundos respecto a la señal de reloj) que excita los registros de control. Esto se hace para asegurar que el registro se ha desplazado y estabilizado antes de que

se aplique el impulso de disparo al circuito decodificador de impulsos 76. Los transductores 78 (que incluyen ambos transductores 10 y 16) son activados en la modalidad de impulso/eco, en la cual cada transductor actúa como transmisor y como receptor de la energía acústica. Por consiguiente, los circuitos de recepción pueden estar expuestos, tanto a la señal de transmisión como a la señal de resonancia del transductor. Para impedir que el impulso de transmisión y la señal de resonancia de los transductores sean comunicados a los circuitos de recepción, el impulso de bloqueo del receptor R_H (de aproximadamente 40 microsegundos en este ejemplo) obliga a los receptores a desechar cualquier señal recibida durante este periodo. Para compensar más completamente el efecto de resonancia de los transductores, se genera una señal de nivel de discriminación que comienza al final del impulso R_H y disminuye progresivamente con el tiempo. Tanto la velocidad de decaimiento como el nivel final de la señal de discriminación son ajustables. La señal de discriminación se aplica a un comparador situado en el circuito del receptor y se desechan todas las señales de salida del receptor inferiores a este nivel de discriminación. De este modo, la sensibilidad del receptor es incrementada efectivamente con el tiempo después de aplicar el impulso al transductor, pero sin embargo las señales más débiles recibidas a partir de un objeto deflector situado a una cierta distancia del transductor, pueden ser consideradas como inferiores al nivel de discriminación. El objeto del circuito discriminador consiste en efectuar una discriminación entre la señal de resonancia del transductor y el ruido electrónico. Cualquier eco real, por pequeño que sea, no debe ser desechado. Por tanto, el discriminador ha de ser ajustado de acuerdo con el nivel mínimo neces-

rio para compensar el efecto de resonancia. De la misma manera, la señal "I" es una entrada de inhibición que impide que el transductor lateral 16 transmita mientras se están utilizando las unidades de extremidad 10. La salida "C" procedente del cuadro de control de exploración lateral 66 permite determinar si deben aplicarse los impulsos a los transductores laterales o de extremidad.

Para ajustar el sistema de exploración lateral de la invención para utilizarlo en otros fluidos, se necesita solamente cambiar el oscilador de cristal enchufable. Por ejemplo, el agua necesita una frecuencia de reloj de 5.837 megahertz. El ritmo de interrogación del transductor se cambiará, ya que el funcionamiento es sincrónico con el reloj, pero no se necesita realizar ningún otro reglaje.

El circuito decodificador de impulsos 76 dispara cada uno de los transductores de exploración lateral 78. Las entradas Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 y C_1 se decodifican para multiplexar el impulso de disparo de entrada con la secuencia adecuada que se desea.

El circuito decodificador de receptor 70 multiplexa el receptor de exploración lateral con la misma secuencia que el decodificador de impulsos, utilizando las mismas entradas. Después del periodo de bloqueo (aproximadamente 40 microsegundos), el decodificador del receptor "escucha" un receptor durante aproximadamente 2 milisegundos (lo que corresponde a una distancia de desplazamiento de una señal acústica en el sodio de aproximadamente 254 cm -100 pulgadas-). Una señal recibida durante este periodo genera un impulso de desbloqueo que activa el haz electrónico de visualización del osciloscopio momentaneamente para imprimir un punto en el emplazamiento

to adecuado que corresponde al eco recibido. La duración del impulso de desbloqueo es ajustable. Se han previsto unos controles 80 para que el operador pueda visualizar bien todos los ecos recibido, o bien, como se necesita más generalmente, solamente el primer eco.

5 La tensión en diente de sierra (v_t) que desvía el haz electrónico del osciloscopio alejándolo del brazo de los transductores está generado por el circuito de tensión en diente de sierra de exploración lateral 68. Cuando se aplica impulsos al transductor, la señal de reloj de 0,4837 megahertz procedente del circuito de control 66 se aplica a un registro de almacenamiento binario de 10 bits (registro de señal en diente de sierra) que empieza a acumular la cuenta. Las salidas del registro de señales en diente de sierra se aplica a un convertidor digital/analógico que transforma las salidas digitales en una tensión de señal analógica; a continuación una tensión en diente de sierra aumenta linealmente en función del tiempo hasta un valor que corresponde aproximadamente a 254 cm (100 pulgadas). En este momento, el registro vuelve a cero, y cuando se aplican impulsos al siguiente transductor el registro se reanuda en su secuencia de recuento.

15 Los transductores de exploración lateral 78 no están situados en la línea central del brazo de transductores, sino que están desplazados a una distancia igual aproximadamente a la mitad del diámetro del brazo. De la misma manera, el transductor de exploración de extremidad, no está situado a la misma distancia r que los transductores L_{10} y R_{10} . Por consiguiente, la tensión en diente de sierra, si no sigue adecuadamente el impulso acústico procedente del brazo, debe comenzar a alguna distancia a partir de un punto que correspon-

de a la línea central del brazo de exploración en el caso de los transductores de exploración lateral. Igualmente, el punto de comienzo de la tensión en diente de sierra del transductor de exploración de extremidad debe estar desplazado. Los desplazamientos del punto inicial se establecen preajustando el registro de señal en diente de sierra sobre un número digital que corresponde a los desplazamientos adecuados.

Por ejemplo, si el diámetro eficaz (distancia entre transductores diametralmente opuestos) del brazo es de 147,32 mm (5,8 pulgadas) el desplazamiento necesario es de 73,66 mm (2,9 pulgadas). El contador de señal en diente de sierra debe preajustarse sobre el número $2,9 \times 10 = 29$ ó (011101)₂. El pre-reglaje se establece por medio de conmutadores DIP de seis bitios situados en los circuitos de señal en diente de sierra; un grupo para los transductores de exploración lateral y un grupo para el transductor de exploración de extremidad. Al final de cada señal en diente de sierra, los correspondientes conmutadores DIP preajustan los contadores de señales en diente de sierra sobre el punto de arranque adecuado para la siguiente señal en diente de sierra.

El circuito de señal en diente de sierra realiza igualmente las funciones de decodificación de emisión y recepción de impulsos. Las salidas Q_A , Q_B del circuito de control se decodifican con esta finalidad.

Otra función del circuito de señal en diente de sierra es la generación o el control de las señales de desbloqueo cuya intensidad modula el osciloscopio de presentación. Se prevén dos salidas. Una salida, es decir la salida Z, está destinada a ser utilizada con las salidas X e Y del circuito analógico previamente descrito para generar una presentación

de imagen almacenada. Se ha previsto un control para que el operario pueda representar la posición del brazo de transductores en la imagen almacenada si lo desea. Otra salida, la salida UNMAG OUT, puede ser utilizada con las salidas UNMAG X y UNMAG Y para generar una imagen en tiempo real.

El circuito impulsor doble 72 incluye dos unidades impulsoras completas en un solo circuito. Cada circuito está constituido por una red de conformación de impulsos de entrada y un conmutador de alta tensión. Cuando un impulso de entrada es recibido a partir del decodificador de impulsos, el conmutador de alta tensión se dispara, generando un impulso de cresta negativo que tiene un tiempo de subida nominal de 10 nanosegundos, y que se aplica al transductor. La amplitud de este impulso de cresta puede ser variada de 0 a 250 voltios ajustando la alta tensión aplicada al circuito impulsor doble.

Dos amplificadores receptores separados constituyen el circuito receptor doble 74. La ganancia del amplificador con una carga de salida de 50 ohmios es nominalmente de 250 y puede ser ajustada en dos etapas de 20 db con unos conmutadores de atenuación de entrada previstos en el circuito. Un reglaje continuo de la ganancia se obtiene por medio de un potenciómetro de entrada de 50 ohmios. La impedancia de entrada del amplificador es de 50 ohmios y la anchura de banda es normalmente de 18 megahertz. Ya que los transductores funcionan en la modalidad de impulso/eco, la cresta de alta tensión negativa procedente del impulsor puede comunicarse a la entrada del receptor. Por tanto, se protegen las entradas del receptor por un circuito limitador equipado de diodos.

De este modo, se proporciona un sistema ultrasóni-

co de formación de imagen eficaz, que presenta la información en un formato que permite su fácil interpretación por el operario. Las reflexiones o los ecos procedentes de uno o varios transductores ultrasónicos se presentan sobre una pantalla de visualización de tal manera que una reflexión procedente de un objeto se produzca siempre en el mismo emplazamiento de la proyección, cualquiera que sea la posición del transductor que recibe una señal reflejada. De este modo, puede presentarse en un formato inteligible y preciso un mapa completo de los objetos observados por los transductores de exploración.

En resumen, la presente patente de invención que se solicita, deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

1. - Sistema acústico de formación de imagen para presentar un objeto observado, caracterizado porque incluye un conjunto dispuesto lateralmente de una pluralidad de transductores acústicos respectivamente separados por una distancia conocida con relación a un punto dado y orientados para transmitir y recibir señales acústicas a lo largo de trayectos de transmisión preestablecidos sustancialmente paralelos a un plano predeterminado; unos medios para hacer pivotar el conjunto dentro del plano predeterminado alrededor del punto dado; unos medios para activar los transductores del conjunto para transmitir y recibir las señales acústicas; unos medios para generar tensiones de salida por cada recepción respectiva de una señal acústica, correspondiendo a la posición de coordenadas del objeto observado cuando se hace pivotar el conjunto; y unos medios para presentar la recepción de cada transductor en la misma pantalla de visualización que su posición de coordenadas correspondiente.

pa

2. - Sistema acústico de formación de imagen según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de activación de los transductores activan secuencialmente los transductores del conjunto para transmitir y recibir señales acústicas.

5

3. - Sistema acústico de formación de imagen según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado además porque incluye unos medios para hacer pivotar el conjunto dentro de un plano dado sustancialmente perpendicular al plano predeterminado.

10

4. - Sistema acústico de formación de imagen según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque los transductores están separados del punto de pivotamiento.

15

5. - Sistema acústico de formación de imagen según las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4, caracterizado porque los transductores están separados por distancias iguales a lo largo de la extensión lateral del conjunto.

20

6. - Sistema acústico de formación de imagen según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque los medios para generar las tensiones de salida establecen la posición de coordenadas del objeto observado a partir del tiempo de propagación de la recepción, de la distancia desde el punto de pivotamiento del transductor que recibe la señal y del ángulo de rotación correspondiente alrededor del punto de pivotamiento del transductor de recepción.

25

7. - Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: SISTEMA ACUSTICO DE FORMACION DE IMAGEN PARA PRESENTAR UN OBJETO OBSERVADO.

30

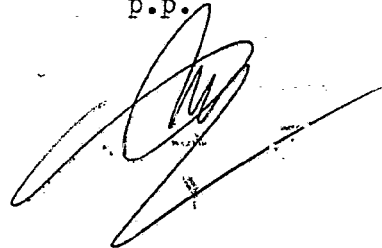
pe

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de veintiseis páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 17 octubre 1.978

BERNARDO UNGRIA

p.p.



5


10

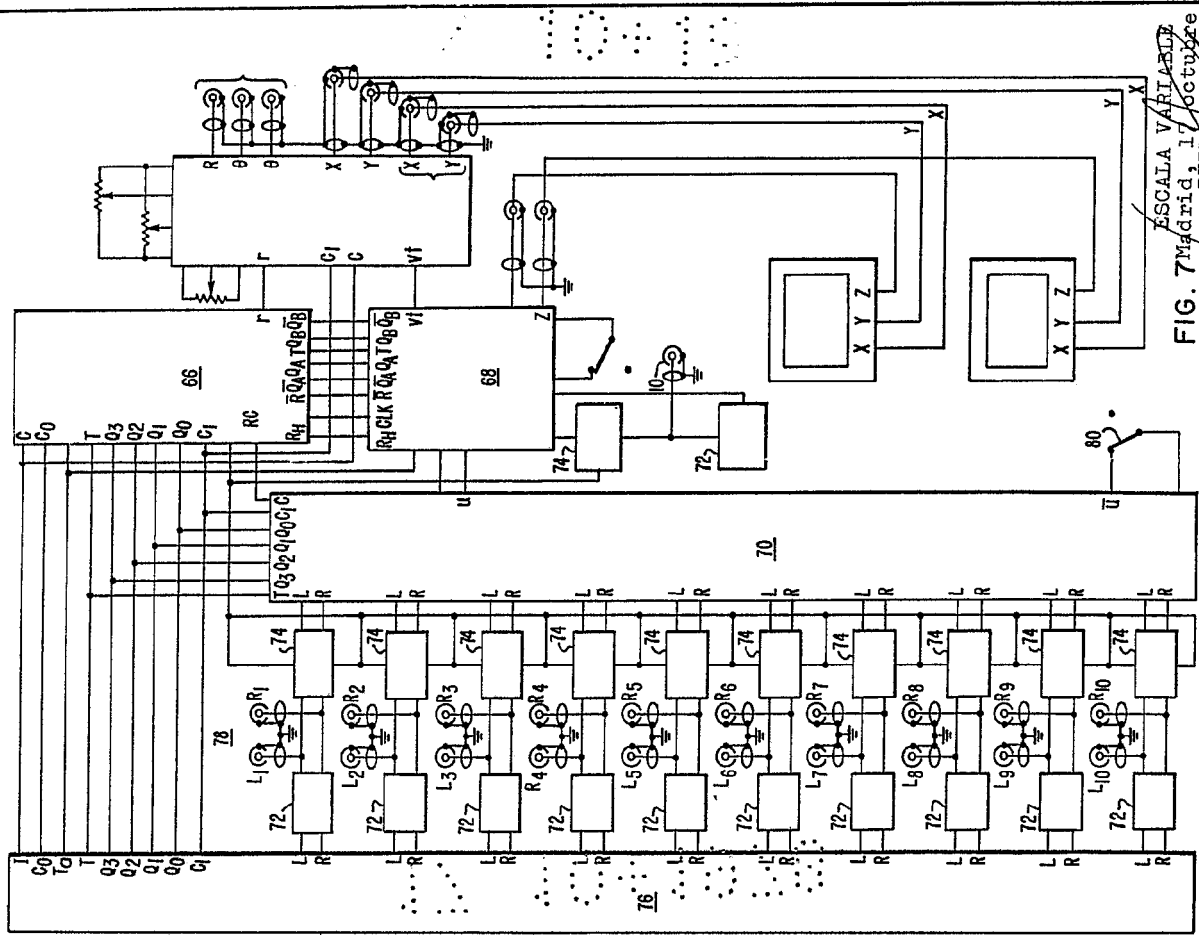
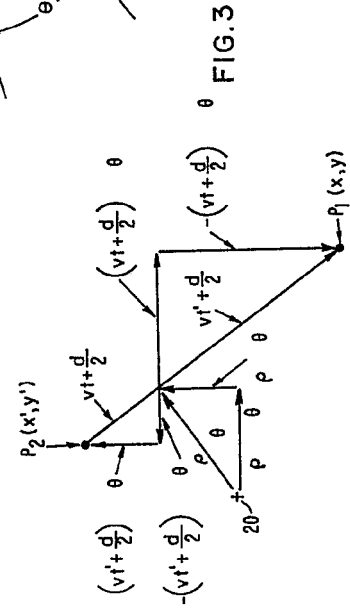
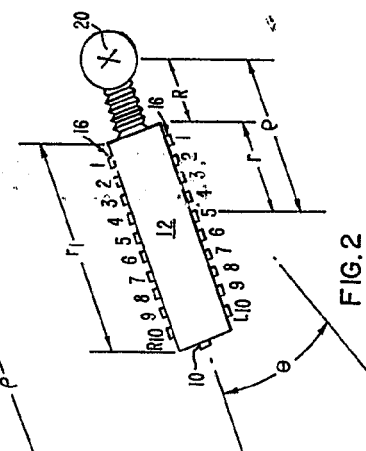
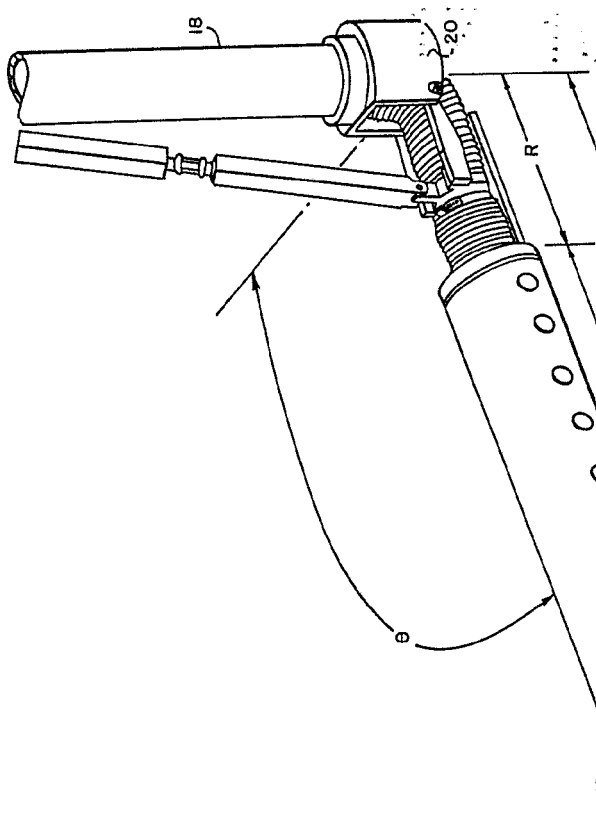
15

20

25

30





ESCALA VARIABLE
 Madrid, 17 Octubre 1.978
 BENITO MAGRÍA

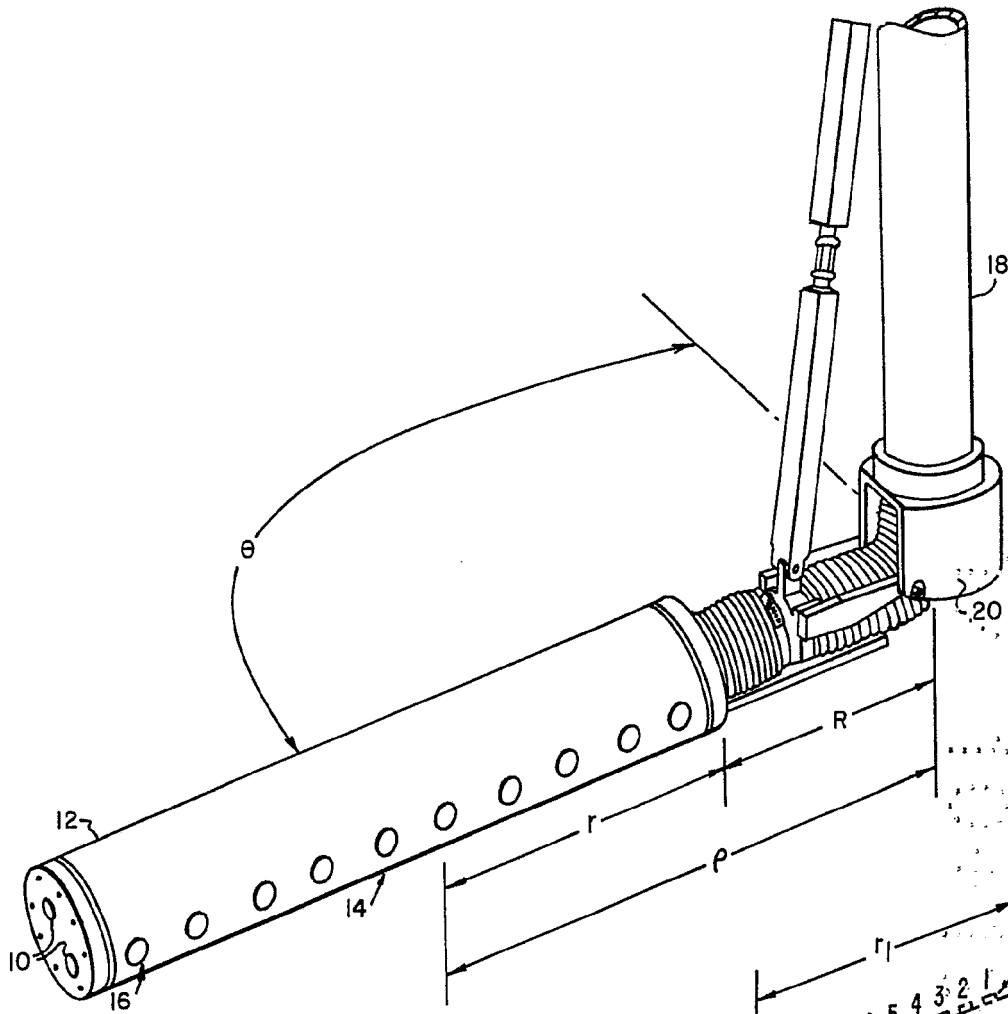


FIG. 1

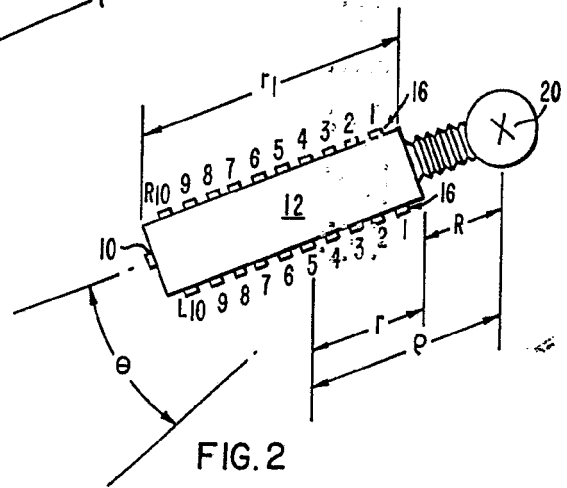


FIG. 2

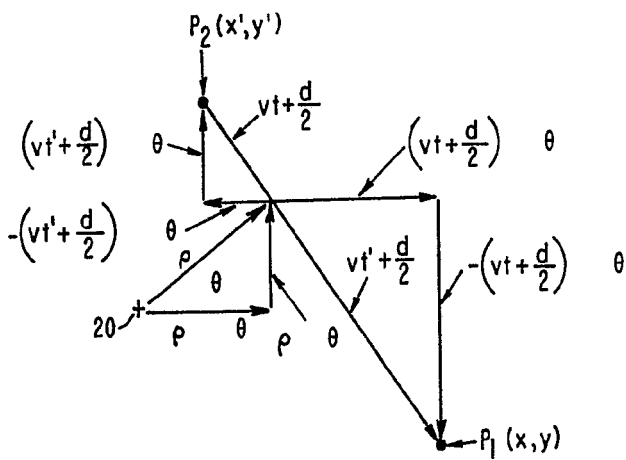


FIG. 3

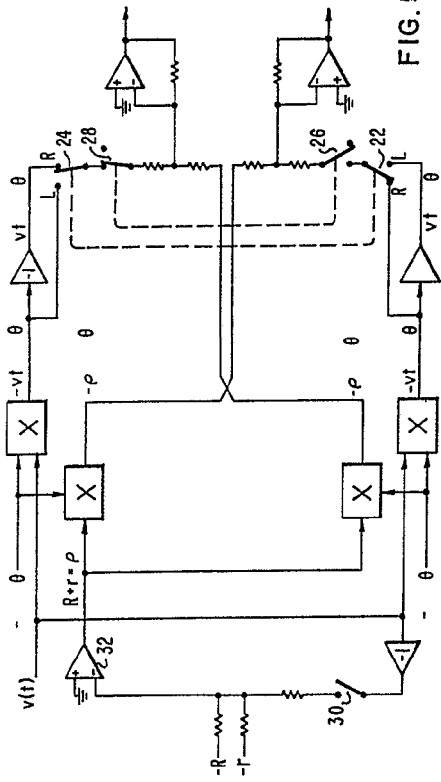


FIG. 5

FIG. 6

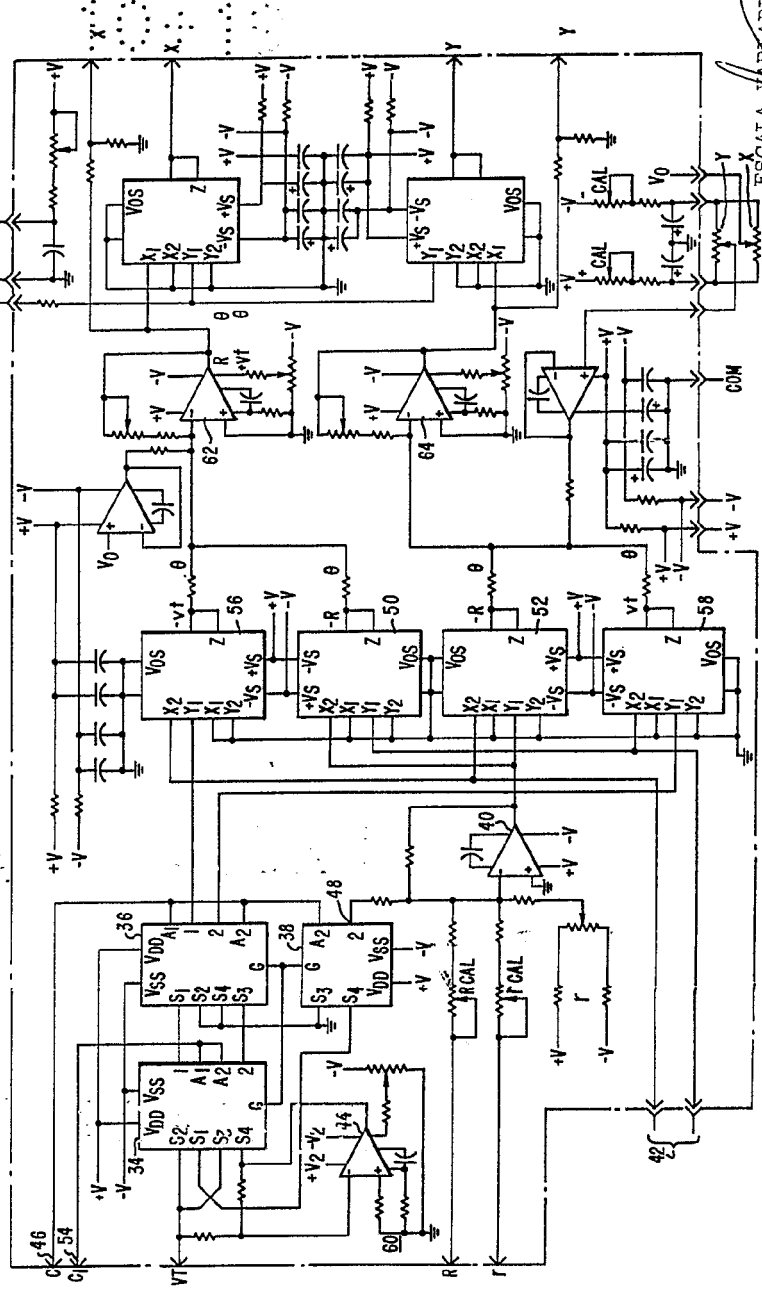
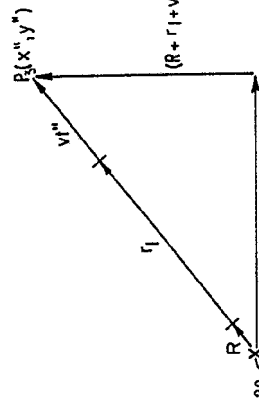


FIG. 4



ESCALA VARIABLE
 Madrid 17 octubre 1978
 BERNARDO ESCALIA
 P.D.P.

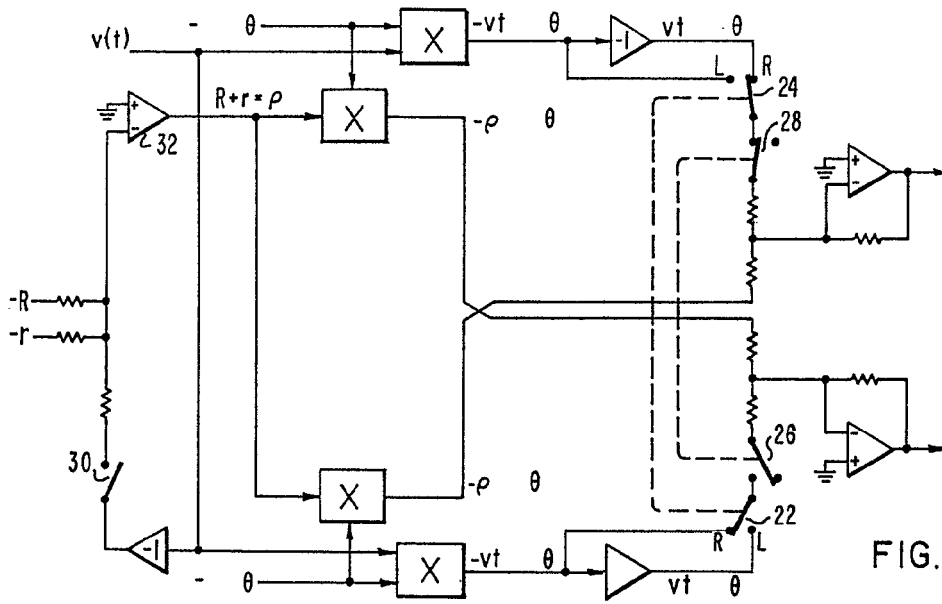


FIG. 5

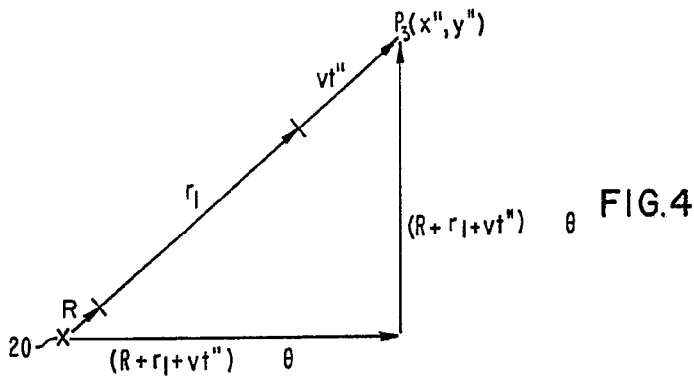


FIG. 4

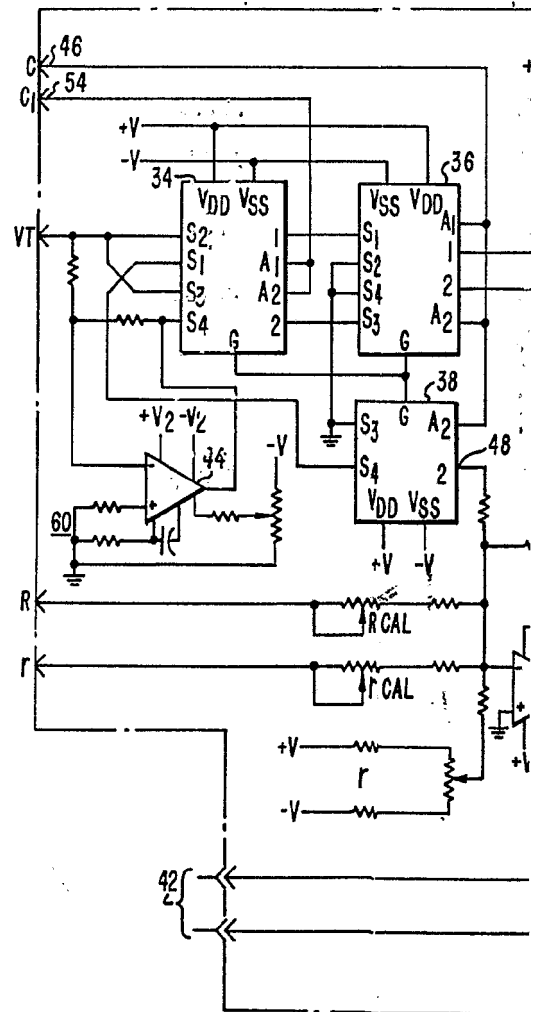
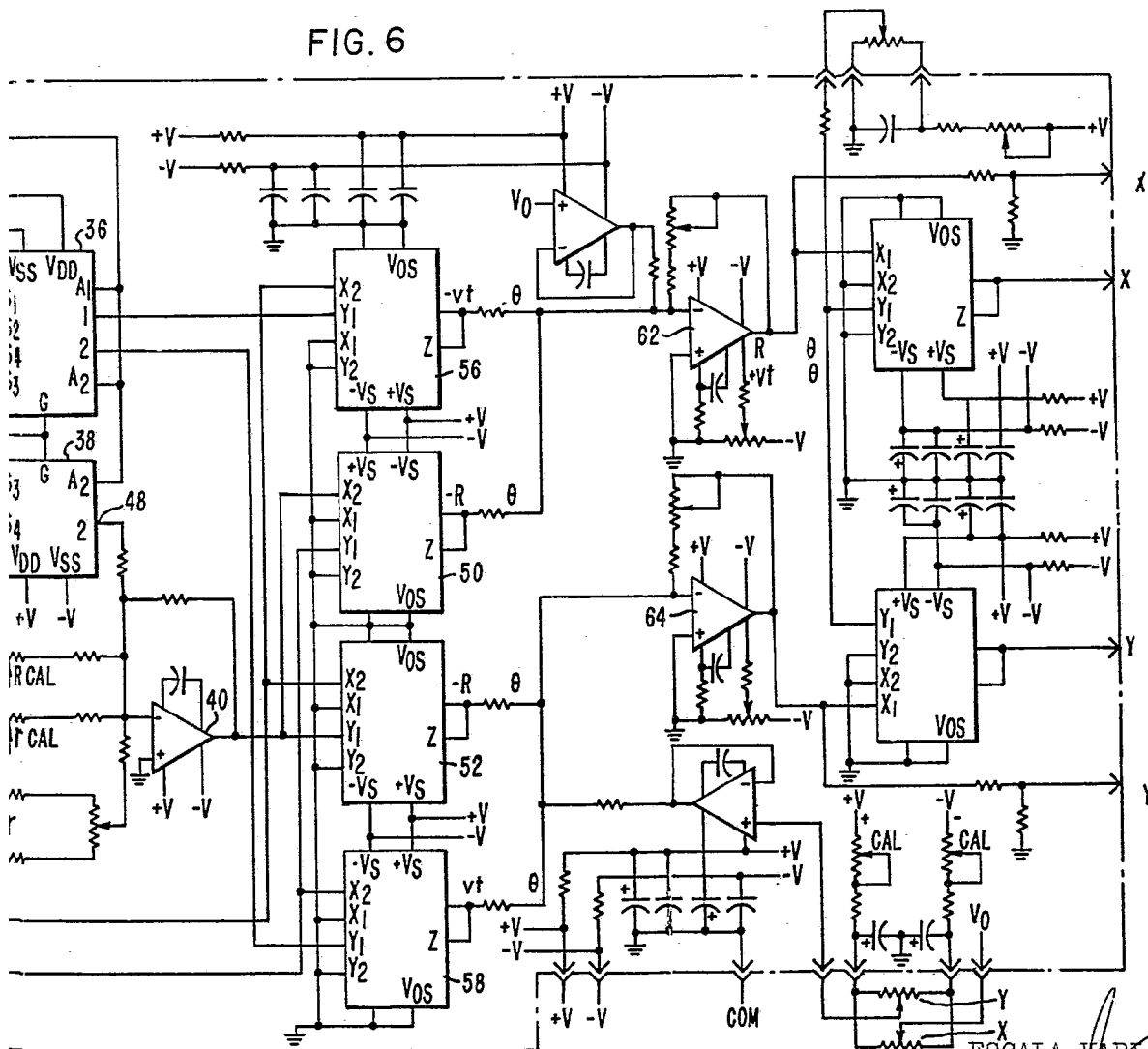


FIG. 6



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 17 oct 1978
 BERNARDO ENGRÍA
 P.P.