



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

ES (19)
(21)
(22)

NUMERO	467.006
FECHA DE PRESENTACION	15-2-1978

(10) A1

- 5 OCT. 1978

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G 0 1 H	
(64) TITULO DE LA INVENCION		
"UN SISTEMA DE MEDICION DOPPLER PERFECCIONADO"		
(71) SOLICITANTE (S)		
RAYTHEON COMPANY		(Case No. 30618 -(DMW)
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
141 Spring Street, Lexington, Massachusetts 02173, EE.UU.		
(72) INVENTOR (ES)		
James F. Bartram		
(73) TITULAR (ES)		
(74) REPRESENTANTE		
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ		(P.-68.155)

1 Antecedentes del invento

Este invento se refiere a la medición de frecuencia Doppler y, más en particular, a la modificación del espectro de potencia Doppler para extracción de datos Doppler a partir de él.

5 La medición de frecuencia Doppler se efectúa a menudo por medio de uno o más filtros que señalan la magnitud de la frecuencia, o por medio de circuitos de temporización que proporcionan el tiempo transcurrido por un número especificado de ciclos de la señal Doppler. Tales sistemas están previstos para uso primordialmente en una situación que proporcione señales Doppler claras y exentas de ambigüedad.

10 Se plantea un problema en el caso de los medios transmisores de radiación reverberantes y no lineales, tales como el océano, que es transmisor de energía sónica radiante, por cuanto que un medio de esta clase con sus límites de reflexión diversos, tales como lodo y roca, altera una señal Doppler. La señal alterada se caracteriza por un espectro ensanchado que es inherentemente ambiguo a la medición de frecuencia Doppler, proporcionando el espectro muchos valores posibles de frecuencia Doppler que detraen una medición exacta de la frecuencia Doppler.

15 Resumen del invento

20 Se supera el problema anterior y se proporcionan otras ventajas por medio de un sistema para medir frecuencia Doppler en un medio propagador de energía radiante y que, de acuerdo con el invento, utiliza un receptor que proporciona un grupo de muestras de una señal Doppler reci

1 -bida durante un intervalo de tiempo predeterminado. El sis
 tema incluye un transformador de Fourier acoplado a un cir
 cuito logarítmico para obtener el logaritmo del espectro
 de potencia del grupo de muestras. Los logaritmos son pon
 5 derados después por factores ortogonales, tales como los
 primeros pocos términos de una serie de Legendre, en un
 circuito de ponderación y son combinados en un circuito
 aritmético para dar un resultado numérico que representa
 la frecuencia Doppler, así como la velocidad relativa en
 10 tre el receptor y los puntos de reflexión de la energía
 radiante dentro del medio.

El soporte teórico para el invento se basa en
 la observación de que los datos empíricos de espectros
 Doppler recibidos de medios reverberantes, tales como el
 15 océano, con reflectores no lineales, tales como burbujas
 de aire y lodo, tienen la forma de un espectro continuo
 centrado aproximadamente alrededor de un valor nominal f_0
 de la frecuencia Doppler, siendo el valor nominal el valor
 de la frecuencia Doppler visto por un filtro de seguimien
 20 to Doppler de la técnica anterior. Este espectro puede ser
 representado como una función de la frecuencia por una for
 mulación matemática, a saber, una relación exponencial en
 la que el exponente es una suma de términos de una serie
 ortogonal, por ejemplo, una serie de Legendre, en la que
 25 la variable independiente es proporcional a la frecuencia.
 Así, la densidad espectral de potencia $S(\nu)$ del espectro
 Doppler viene dada por

$$S(\nu) = \exp \sum_{n=0}^N \alpha_n P_n \frac{\nu}{\nu_m}$$

30

28028

1 en la que P_n es el enésimo polinomio de la serie de Legendre

$$\alpha_0 = \ln S(\nu=0) - \pi \frac{\nu c^2}{W^2} - \frac{\pi}{3} \frac{\nu m^2}{W}$$

5
$$\alpha_1 = 2\pi \frac{\nu m \nu c}{W^2}$$

$$\alpha_2 = -\frac{2\pi}{3} \frac{\nu m^2}{W^2} \quad \text{para un espectro de forma gaussiana}$$

y

10
$$\nu = f - f_0$$

$$|\nu| \leq \nu_m$$

y en la que

f es una frecuencia del espectro Doppler;

15 f_0 es el valor nominal o estimación de la frecuencia Doppler;

el subíndice c denota la frecuencia del valor de pico del espectro Doppler;

20 el subíndice m denota un valor máximo de desviación de la frecuencia a uno y otro lado de f_0 , siendo éstos los bordes superior e inferior de un espectro Doppler centrado en f_0 ;

W es la anchura de banda de ruido efectiva de la señal Doppler;

25 P_n es el enésimo término de la serie de Legendre.

Comparando las matemáticas con los componentes estructurales del invento, se ve que los circuitos logarítmicos recuperan el exponente. La multiplicación de los términos de una serie ortogonal por los términos de una serie ortogonal, realizándose esto en el circuito de ponderación,

30

1 - produce productos no iguales a cero para términos de índice común de la serie. Se observa que la serie de Fourier es también una función ortogonal. La combinación de los productos por el circuito aritmético para producir la frecuencia Doppler, a saber, f_c , se efectúa por medio de una formulación, a describir más adelante, que puede variarse de acuerdo con el estado del mar y las características del fondo del océano para optimizar la precisión del sistema.

10 Breve descripción de los dibujos

Los aspectos antes mencionados y otras características del invento se explican en la descripción siguiente tomada en unión de los dibujos adjuntos, en los que:

15 la Figura 1 es una vista estilizada de un buque que lleva un sistema de sonar que incorpora el invento, mostrando el dibujo la radiación de cuatro haces de energía sónica a través del agua del océano;

20 la Figura 2 es un diagrama de bloques de una unidad electrónica mostrada en la Figura 1 y que incluye receptores de sonar contruidos de acuerdo con el invento;

25 la Figura 3 es un diagrama de bloques de un receptor de la Figura 2 que muestra un transformador de Fourier, una unidad logarítmica y una unidad de ponderación de acuerdo con el invento, incluyendo la Figura una gráfica del espectro Doppler que muestra los términos matemáticos f_0 y f_c antes mencionados;

la Figura 4 es un diagrama esquemático de una unidad de suma de vectores de la Figura 2;

30 la Figura 5 es un diagrama de bloques de un muestreador de la Figura 3; y

1 La Figura 6 es un diagrama de tiempos útil para explicar el funcionamiento del receptor de la Figura 3 y del muestreador de la Figura 5.

5 Descripción de la realización preferida

10 Haciendo referencia ahora a la Figura 1, se ve en ella una vista estilizada de un sistema de sonar 20 que incorpora el invento y que incluye un grupo de cuatro transductores 22 que están situados simétricamente alrededor de un eje vertical e inclinados respecto al mismo bajo un ángulo de aproximadamente 25° para dirigir cuatro haces 24 de energía sónica en direcciones divergentes desde el casco de un buque 26 y hacia abajo en dirección al fondo 27 del océano 28. Los transductores 22 están asegurados al casco del buque 26 y están acoplados a través de líneas 30 a una unidad electrónica 32, mostrando la Figura también un panel de visualización 34 en el puente del buque 26 y acoplado a la unidad electrónica 32 por la línea 36. Los transductores individuales de entre los transductores 22 están identificados además por los números 1-4, de los cuales los transductores número 1 y número 2 están situados por delante de los transductores número 3 y número 4, estando los transductores número 1 y número 3 en el costado de estribor, mientras que los transductores número 2 y número 4 están en el costado de babor del buque 26.

25 La Figura 1 muestra también líneas onduladas que representan la transmisión de señales de energía sónica hacia el fondo 27 y ecos de energía sónica procedentes del mismo. Los ecos se reciben también desde burbujas de aire incluídas dentro del agua, así como desde rocas y lodo en

1 -el fondo 27, siendo modificado el espectro de frecuencia
del eco con respecto al de la señal transmitida en virtud
de la interacción de la energía sónica con las burbujas de
aire, las rocas o el lodo. Además, el espectro del eco
5 tiene un desplazamiento Doppler de frecuencia comunicado
al mismo en virtud del movimiento relativo entre el buque
26 y las burbujas de aire, las rocas y el lodo.

Haciendo referencia a la Figura 2, el diagrama
de bloques muestra los componentes de la unidad electróni-
ca 32 y sus interconexiones por las líneas 30 y 36 a los
10 transductores 22 y al panel de visualización 34 de la Fi-
gura 1. La unidad electrónica 32 comprende un oscilador 38,
un temporizador 40, un modulador 42, un amplificador 44,
circuitos de transmisión-recepción 46, receptores 48 y un
15 sumador de vectores 50. El amplificador 44 está acoplado
a cada uno de los circuitos de transmisión-recepción 46,
con lo que la energía eléctrica se acopla a cada uno de
los transductores 22 para la radiación de sonido desde ellos,
acoplándose las señales eléctricas generadas por los trans-
20 ductores 22 en respuesta a la recepción de ecos sónicos,
a través de circuitos individuales de entre los circuitos
de transmisión 46, a receptores individuales de entre los
receptores 48. La señal transmitida comprende, en una rea-
lización preferida del invento, una sinusoide pulsada en la
25 que la frecuencia de la sinusoide viene proporcionada por
el oscilador 38 y las pulsaciones de la sinusoide vienen
proporcionadas por el modulador 42, siendo el modulador 42
un modulador de amplitud que pulsa una señal de salida del
oscilador 38 en respuesta a señales de temporización apli-
cadas a través de la línea 52 desde el temporizador 40. Si
30

1 se desea, las oscilaciones del oscilador 38 pueden ser sin-
cronizadas con el funcionamiento del modulador 42 por medio
de señales de temporización que llegan por la línea 54 des-
de el temporizador 44, bloqueando las oscilaciones a la
5 temporización del modulador 42. Una señal eléctrica produ-
cida por el modulador 42 es amplificada por el amplifica-
dor 44 y luego acoplada a los transductores 22 para la
transmisión de la energía sónica desde los mismos. En la
Figura 2 se muestran también señales de temporización a
10 través de terminales T para sincronizar el funcionamiento
de los receptores 48 con la transmisión de energía sónica
por los transductores 22, mostrando la Figura también se-
ñales de impulso de reloj acopladas por el terminal C al
panel de visualización 34 y al sumador 50 para la sincro-
15 nización de sus operaciones con la de los receptores 48.

Haciendo ahora referencia a la Figura 3, se ve en
ella un diagrama de bloques de uno de los cuatro receptores
48 de la Figura 2 con sus interconexiones al panel de vi-
sualización 34 a través de la línea 56, desde el circuito
20 de transmisión-recepción 46 a través de la línea 58, al su-
mador 50 a través de la línea 60, y sus interconexiones
con el temporizador 40 a través del terminal T. El recep-
tor 48 comprende un amplificador 62, un detector de envol-
vente 64, un seguidor de radio de acción 66, una puerta 68,
25 un muestreador 70, una unidad de almacenamiento 72, un trans-
formador de Fourier 74, una unidad de elevación al cuadra-
do 76, una unidad logarítmica 78, un multiplicador 80, una
unidad de almacenamiento 82, una memoria 84, una unidad
aritmética 86 y un sumador 87.

30 El amplificador 62 recibe señales de eco desde

1 un transductor 22 a través de la línea 58 y amplifica las
señales hasta un valor adecuado para hacer que funcione el
detector de envolvente 64 y el circuito de muestreo 70.
Además, el amplificador 62 incluye un filtro de paso de ban-
5 da que tiene una anchura de banda suficientemente estrecha
para excluir componentes espectrales de ruido situados fue-
ra del espectro de la señal en la línea 58. El detector 64
detecta la envolvente de la señal acoplada al mismo proce-
dente del amplificador 62, proporcionando el detector 64
10 una señal de impulso con dicha envolvente por la línea 56
al panel de visualización 34 y al seguidor de radio de ac-
ción 66. Los terminales T1-T10 se ven saliendo en abanico
del terminal T, utilizándose la señal de temporización del
terminal T1 para excitar el seguidor de radio de acción 66
15 y utilizándose los terminales T2-T10 para otros componen-
tes del receptor 48, tal como se describirá más adelante.
De este modo, el funcionamiento de los componentes del re-
ceptor 48 se sincroniza con el funcionamiento del sistema
20 de la Figura 2.

20 El seguidor 66 sigue las apariciones de las se-
ñales de impulso en la línea 56 y proporciona una señal de
puerta en la línea 88, tal como se presenta por la forma
de onda 90, para accionar la puerta 68 a fin de acoplar
señales a través de la línea 91 al muestreador 70 a partir
25 de un momento inmediatamente precedente a la aparición de
la señal de eco en la línea 58 hasta un momento inmediata-
mente después de la aparición de la señal de eco en la lí-
nea 58. De este modo, una señal procedente del terminal de
salida del amplificador 62 puede ser acoplada solamente al
30 muestreador 70 durante un intervalo de tiempo en el que se

1 anticipa la señal de eco en la línea 58, Por consiguiente,
el receptor 48 es hecho insensible a señales distintas de
los ecos procedentes de los objetos reflectantes en el
océano 28 de la Figura 1 a una distancia determinada
5 del buque 26. Un botón 92, fijado al seguidor 66, es ope-
rado manualmente durante un modo de adquisición para blo-
quear el seguidor 66 sobre un eco seleccionado de los ecos
presentados en el panel de visualización 34 a través de
la línea 56.

10 De acuerdo con el invento, la señal de eco ac-
oplada al muestreador 70 es muestreada en respuesta a seña-
les de temporización aplicadas al mismo en el terminal T2
desde el temporizador 40, incluyendo el muestreador 70
unos circuitos para convertir muestras analógicas en fase
15 y en cuadratura en muestras digitales representadas por
números digitales. El muestreador 70 comprende también un
bucle bloqueado en fase, como se describirá más adelante,
para desplazar la señal de eco en frecuencia en el valor
 f_0 , la frecuencia Doppler nominal, de modo que las mues-
20 tras se refieran al espectro Doppler centrado en torno a
 f_0 . Mientras dura la forma de onda 90, el muestreador 70
es hecho funcionar en instantes sucesivos por señales en
el terminal T2 para proporcionar un grupo de las muestras
digitales de la señal de eco, acoplándose estas muestras
25 a la unidad de almacenamiento 72 a través de la línea 106
en respuesta a señales de selección proporcionadas en el
terminal T3. La frecuencia Doppler nominal aparece en la
línea 107.

30 De acuerdo con el invento, el grupo de números
complejos almacenados en la unidad de almacenamiento 72 es

1 -convertido por el transformador 74 en un grupo correspon-
diente de números digitales que representan las líneas es-
pectrales de la transformación de Fourier del grupo de nú-
meros en la unidad de almacenamiento 72. En respuesta a se-
5 ñales de temporización en los terminales T4 y T5, cada uno
de los números digitales representativos de las líneas es-
pectrales es acoplado desde el transformador 74 a la uni-
dad 76 de elevación al cuadrado. Así, el grupo de señales
digitales de salida de la unidad 76 de elevación al cuadra-
10 do representa el espectro de potencia de la señal acoplada
por la puerta 68. En respuesta a señales de temporización
en los terminales T5 y T6, los números digitales represen-
tativos de las líneas espectrales de potencia de la unidad
76 de elevación al cuadrado son acoplados a la unidad lo-
15 garítmica 78, que proporciona una señal de salida, a saber,
un grupo de números digitales, cada uno de los cuales re-
presenta respectivamente el logaritmo de la línea espectral
de potencia individual.

La ponderación del logaritmo por los polinomios
20 de Legendre es efectuada por el multiplicador 80 y la memo-
ria 84, almacenando la memoria 84 unos números digitales
que sirven de coeficientes de ponderación, acoplándose los
números por medio de las líneas identificadas por las le-
yendas P1-P4 que representan los polinomios de Legendre,
25 viéndose que estas líneas entran en abanico en la línea 108.
La señal de salida de la unidad logarítmica 78 y los facto-
res de ponderación en la línea 108 son multiplicados por el
multiplicador 80 en respuesta a señales de temporización
en los terminales T7 y T8 para producir un grupo de números
30 digitales ponderados. En respuesta a señales de temporiza-

1 -ción en el terminal T9, los números digitales ponderados
son almacenados en la unidad de almacenamiento 82 en un
formato de cuatro grupos de números complejos, correspon-
diendo los cuatro grupos a la situación del ejemplo ante-
5 rior, en el que se utilizan cuatro términos del polinomio
de Legendre. Si se utilizan cinco términos o seis términos
del polinomio, entonces aparecen correspondientemente cinco
o seis grupos de números complejos ponderados en la unidad
de almacenamiento 82. Los valores almacenados se represen-
10 tan a través de las líneas 110, las cuales muestran, a tí-
tulo de ejemplo, los productos P1, los productos P2, los
productos P3 y los productos P4. Cada uno de estos grupos de
productos puede obtenerse multiplicando el grupo de número
digitales procedentes de la unidad logarítmica 78 por un
15 término de los polinomios de Legendre.

La unidad aritmética 86 comprende cuatro sumado-
res 112, 114, 116 y 118, un calculador 120 y multiplicado-
res 122, 124, 126 y 128 para acoplar los sumadores indivi-
duales de entre los sumadores 112, 114, 116 y 118 al calcula-
20 dor 120. En respuesta a señales de temporización en los
terminales T9 y T10, el sumador 112 recibe los productos
P1 desde la unidad de almacenamiento 82 y los suma unos
con otros. La suma resultante y un factor en la línea 130
son multiplicados después conjuntamente por el multiplica-
25 dor 122 para producir una estimación de un término del po-
linomio de Legendre, presentándose esta estimación al cal-
culador 120. Los factores de multiplicación para cada uno
de los multiplicadores 122-128 se acoplan por medio de la
línea 130 procedente de la memoria 84, representándose la
30 fórmula para los factores en la Figura al lado de la línea

1 -130. La fórmula tiene los términos n y L , representando n
el índice del coeficiente de Legendre; así, $n = 1$ para los
productos P1. El término L representa el número de muestras
5 tomadas por el muestreador 70 mientras dura la forma de on-
da 90 en la línea 88, mostrándose en la gráfica 132 la for-
ma de onda 90 y un grupo de L muestras.

Como se ha explicado antes, debido a la ortogona-
lidad de los polinomios de Legendre, la multiplicación de
los productos P1, un otro grupo de productos de la unidad
10 de almacenamiento 82, por un término del polinomio de Le-
gendre daría como resultado productos de valor cero, mien-
tras que se obtiene un valor no igual a cero únicamente en
el caso en el que los dos factores que se estén multipli-
cando tengan un índice común. Sin embargo, debido a la pre-
15 sencia de ruido en las muestras del muestreador 70, así
como a variaciones en las señales Doppler recibidas en los
transductores 22 de la Figura 2 con respecto a la modela-
ción idealizada de tales señales, se obtienen típicamente
valores no iguales a cero para cada término de los produc-
20 tos P1, así como para cada término de los otros grupos de
productos de la unidad de almacenamiento 82. Así, la suma
de los términos del producto P1 del sumador 112 y la mul-
tiplicación subsiguiente en el multiplicador 122 de la su-
ma por el factor en la línea 130 produce una estimación del
25 coeficiente de Legendre α_1 y no un valor exacto del coefi-
ciente de Legendre. Se aplican comentarios semejantes a la
operación del sumador 114 con el multiplicador 124 para pro-
ducir la estimación del coeficiente α_2 y también a la ope-
ración del sumador 116 con el multiplicador 126, así como
30 al sumador 118 con el multiplicador 128 para producir sus

1 - estimaciones de coeficiente correspondientes. Se observa
que la línea 130 se ve que se ramifica entrando en cada uno
de los multiplicadores 122-128 para producir factores sepa-
rados para cada uno de los multiplicadores 122-128, en los
5 que el valor de n difiere para cada uno de los multiplica-
dores 122-128, mientras que el valor de L es el mismo para
cada uno de los multiplicadores 122-128.

Las estimaciones de los coeficientes de Legendre
procedentes de los multiplicadores 122-128 se combinan en
10 el calculador 120 para producir un número en la línea 131
que representa ν_c , la frecuencia normalizada en el valor
de pico del espectro. Las señales que representan ν_c y f_0
en las líneas 131 y 107 se suman después por el sumador 87
para producir un número digital en la línea 60 que repre-
15 senta una magnitud de la frecuencia Doppler f_c medida en
una coordenada a lo largo de un eje de uno de los haces
24 de la Figura 1. El primero de los cuatro receptores 48
de la Figura 2 proporciona una señal digital en la línea
60 que corresponde la magnitud de la frecuencia Doppler
20 para el haz 24 producido por el primero de los transducto-
res 22, mientras que los demás de los receptores 48 produ-
cen números digitales que corresponden a las magnitudes de
las frecuencias Doppler, tal como se ven a lo largo de los
ejes de los haces de los correspondientes de entre los
25 transductores 22. Se observa que, mientras que la represen-
tación ilustrativa a modo de ejemplo de la realización pre-
ferida en la Figura 3 utiliza cuatro coeficientes de Legen-
dre, se puede obtener una representación aún más precisa
de la frecuencia Doppler utilizando más coeficientes de la
30 serie de Legendre y que la modelación matemática del espec-

1 -tro Doppler mediante el uso de funciones ortogonales, particularmente los polinomios de Legendre, se hace más exacta con la utilización de un número incrementado de términos de la serie de funciones ortogonales. Dos formulaciones
5 alternativas mostradas en las casillas 134 y 136 son utilizadas por el calculador 120 para ilustrar a modo de ejemplo una combinación de los términos de Legendre y producir la componente de la frecuencia Doppler en la línea 60. Las formulaciones mostradas en las casillas 134 y 136 se derivaron aproximadamente y dependen de parámetros tales como
10 las burbujas de aire, las rocas y el lodo mencionados anteriormente en relación con la Figura 1, ya que estas características del medio a través del cual se propaga la radiación sónica afectan a la configuración del espectro Doppler. Un botón 138 del calculador 120 permite la selección manual
15 de una fórmula tal como la de la casilla 134 o la de la casilla 136 para producir la componente de la frecuencia Doppler en la línea 60. Se ha visto que la fórmula de la casilla 134 es útil para reflexión desde un fondo duro uniformemente rugoso del océano, que da como resultado una
20 distribución gaussiana de las líneas espectrales. La fórmula de la casilla 136 trata situaciones más complejas, tal como una combinación del fondo duro antes mencionado con materia orgánica. Se observa que el sistema 20 de las Figuras 1 y 2 es útil tanto en situaciones en las que se refleja el sonido desde el fondo 27 del océano 28, así como desde burbujas de aire dentro del océano 28 u otro mecanismo reflectante, tal como un pez, dentro del océano 28. Así, en aguas muy profundas, en las que los ecos recibidos del
25 fondo 27 son demasiado débiles para accionar el muestreador

1 -70 de la Figura 3, el sistema 20 puede operar todavía con
reflexiones recibidas desde burbujas de aire y peces. Se
observa también que, aun cuando las enseñanzas de esta me-
moria se dirigen a la radiación sónica, son aplicables
5 también a radiación electromagnética que se propague por
la atmósfera, tal como en el caso de un aeroplano que vuela
sobre el océano, siendo reflejada energía electromagnética
desde el océano de vuelta al aeroplano.

Haciendo ahora referencia a la Figura 4, se ve
10 en ella un diagrama de bloques del sumador de vectores 50
y sus interconexiones con los receptores 48 a través de las
líneas 60 y las interconexiones con el panel de visualización
34 a través de la línea 140. Aparte de un factor de escala
que viene proporcionado por el sistema electrónico del pa-
15 nel de visualización 34, el sumador 50 combina las compo-
nentes de frecuencia Doppler de los haces 24 de la Figura
1 para producir componentes longitudinales y transversales
de la frecuencia Doppler en la línea 140, estando las com-
ponentes longitudinales y las componentes transversales en
20 un plano horizontal, con la componente longitudinal situa-
da a lo largo de un eje longitudinal o de balanceo del bu-
que 26 de la Figura 1.

El sumador 50 se ve que comprende seis sumadores
141-146. El sumador 141 resta la señal del receptor número
25 3 de la señal del receptor número 1 para producir una com-
ponente directa de la frecuencia Doppler, o velocidad del
buque que es proporcional a la misma. Suponiendo que el bu-
que 26 de la Figura 1 se esté desplazando en la dirección
de avance, la frecuencia Doppler recibida en el transduc-
30 tor número 1 es positiva, mientras que la recibida por el

1 -transductor número 3 es negativa. Por consiguiente, la sus-
tracción antes mencionada de la señal del receptor número
3 compensa el valor negativo de la frecuencia Doppler en
la combinación de las señales de los receptores número 1
5 y número 3 por el sumador 141. Se aplican comentarios simi-
lares a la combinación de las señales de los receptores nú-
mero 2 y número 4 por el sumador 142. Las sumas resultantes
producidas por los sumadores 141 y 142 se aplican al suma-
dor 143, en el que son sumadas unas con otras para producir
10 la componente longitudinal de la frecuencia Doppler en la
línea 148.

Suponiendo también que el buque 26 puede tener
una componente transversal a su velocidad y suponiendo ade-
más que el sentido positivo de la componente transversal
15 es a estribor, se ve que la resta de la señal del receptor
número 2 de la señal del receptor número 1 por el sumador
144 produce una porción de la componente transversal de la
frecuencia Doppler. La resta de la señal del receptor núme-
ro 2 compensa el desplazamiento de frecuencia Doppler nega-
20 tivo comunicado a las señales recibidas por el transductor
número 2 en respuesta a un movimiento positivo del buque
26. Se aplican comentarios similares a la resta de la señal
del receptor número 4 de la señal del receptor número 3 por
el sumador 145. Las sumas resultantes de los sumadores 144
25 y 145 se suman una con otra por medio del sumador 146 para
producir la componente transversal de la frecuencia Doppler
en la línea 150, o la componente transversal de la veloci-
dad del buque que es proporcional a ella. Unos convertido-
res de digital a analógico 152 y 154 convierten los números
30 digitales que representan respectivamente la componente lon-

1 longitudinal y la componente transversal en señales analógicas,
viéndose que las señales analógicas entran en abanico en
la línea 140 para acoplarlas al panel de visualización 34
de la Figura 2. El panel de visualización 34, a título de
5 ejemplo, utiliza las señales analógicas que representan la
componente longitudinal y la componente transversal de la
frecuencia Doppler para excitar los componentes x e y de
un tubo de rayos catódicos (no mostrado) a fin de desarro-
llar un vector que tenga la magnitud y la dirección del va-
10 lor máximo de la frecuencia Doppler siendo ésta proporcio-
nal a la velocidad del buque.

Como se ha hecho notar anteriormente, los haces
24 de la Figura 1 están orientados a aproximadamente 25°
con el eje vertical del buque 26. Así, se ve que una compo-
15 nente horizontal de la frecuencia Doppler recibida a lo
largo de uno cualquiera de los haces 24 tiene una magnitud
igual a aproximadamente la mitad de la magnitud de la fre-
cuencia Doppler recibida en el transductor correspondiente
22. Por consiguiente, el factor de escala antes menciona-
20 do sería aproximadamente la mitad y, en consecuencia, se
tiene en cuenta el factor mitad en la calibración del pa-
nel de visualización 34.

Haciendo ahora referencia a la Figura 5, se ve
en ella un diagrama de bloques del muestreador 70, visto
25 previamente en la Figura 3. El muestreador 70 comprende un
mezclador 156 acoplado a través de la línea 91 a la puerta
68 de la Figura 3, un oscilador 158, un detector de fase
160, un desplazador de fase a 90° 162, un bucle bloqueado
en fase 164, dos convertidores 166 y 168 de señales analó-
30 gicas a digitales, una puerta 170, un contador 172, una

1 -unidad complementadora 174, un formador de escala 176 y un
filtro digital 180 que proporciona el valor nominal de la
frecuencia Doppler en la línea 107 al sumador 87 de la Fi-
gura 3. Los convertidores 166 y 168 proporcionan números
5 digitales en fase y en cuadratura en líneas que se ve que
entran en abanico en la línea 106 para acoplar estos núme-
ros digitales a la unidad de almacenamiento 72 de la Figu-
ra 3. La puerta 170 es excitada por la señal en la línea
88 procedente del seguidor 66 de la Figura 3 y funciona de
10 la misma manera que la puerta 68 de la Figura 3. El termi-
nal T2 proporciona señales de temporización desde el Termi-
nal T de la Figura 3, y se ve que tiene cinco líneas que se
abren en abanico entrando en los terminales T21-25 para
proporcionar señales de temporización al muestreador 70.

15 El bucle bloqueado en fase 164 se ve que compren-
de un detector de fase 182, un filtro pasabajos 184, un
circuito de muestreo y retención denominado muestreador
186 en lo que sigue, un oscilador de tensión controlada
188 y un mezclador 190 que está acoplado a través del ter-
20 minal R al oscilador 38 de la Figura 2.

A título de ejemplo, la señal de eco acoplada a
través de la línea 58 de la Figura 3 y la línea 91 de la
Figura 5 tiene una frecuencia portadora de 10 kHz. El osci-
lador 158 produce una sinusoides a una frecuencia de 5 kHz
25 que se acopla al mezclador 156, siendo sincronizadas las
oscilaciones del oscilador 158 por una señal de temporiza-
ción en el terminal T21 con las oscilaciones del oscilador
38. El mezclador 156, que se sobrentiende que incluye un
filtro de salida que deja pasar señales de 15 kHz, al tiem-
30 po que rechaza frecuencias de señal de 10 kHz y 5 kHz, pro-

1 proporciona la señal de eco, trasladada a una portadora de
15 kHz, al detector de fase 182 del bucle 164, así como al
detector de fase 160. El oscilador 188 del bucle 164 produ-
ce una señal de onda rectangular en la línea 192 que tiene
5 una frecuencia de 5 kHz, acoplándose la señal en la línea
192 tanto al mezclador 190 como al contador 172. El mezcla-
dor 190 combina una señal sinusoidal de 10 kHz procedente
del terminal R con la señal en la línea 192 para producir
una señal en la línea 194 que tiene una frecuencia de 15.
10 kHz, acoplándose la señal de la línea 194 al detector de
fase 182 y, a través del desfasador 162, al detector de fa-
se 160.

Con referencia a las Figuras 5 y 6, el bucle blo-
queado en fase 164 tiene una anchura de banda suficiente-
15 mente grande para permitirle adquirir la fase de la señal
de la línea 196 del mezclador 156 mientras dura la forma
de onda 90, vista anteriormente junto a la línea 88 en la
Figura 3 y vista también en la segunda gráfica del diagra-
ma de tiempos de la Figura 6. El tiempo de adquisición del
20 bucle 164 se ve en la tercera gráfica de la Figura 6. La
diferencia de fase entre las señales de las líneas 196 y
194 es detectada por el detector de fase 182, siendo filtra-
da esta diferencia por el filtro 184 y aplicada a través
del muestreador 186 para controlar la frecuencia de oscila-
25 ción del oscilador 188. La señal diferencia filtrada acopla-
da a través del filtro 184 al muestreador 186 está ilustra-
da en la tercera gráfica de la Figura 6. La señal diferen-
cia filtrada tiene un valor sustancialmente constante a
continuación de la adquisición del bloqueo de fase por el
30 bucle 164. En vista del hecho de que una muestra de la señal

1 transmitida es acoplada dentro del bucle 164 a través del
terminal R, el oscilador 188 necesita responder solo a va-
riaciones de frecuencia Doppler para preservar el bloqueo
de fase del bucle 164, ya que cualesquiera variaciones de
5 la frecuencia transmitida que aparezcan en la señal de eco
de la línea 91 son canceladas por el mezclador 190. La an-
chura de banda del filtro 184 es suficientemente estrecha
con relación a las anchuras de banda de los demás componentes
del bucle 164, de tal manera que la anchura de banda,
10 la estabilidad y el tiempo de adquisición del bucle vienen
determinados por las características de paso de banda del
filtro 184 y la ganancia de un amplificador (no mostrado)
contenido en él. Así, de acuerdo con la práctica bien co-
nocida en el diseño de bucles bloqueados en fase, el bucle
15 164 actúa como filtro de seguimiento para seguir la fase
y la frecuencia de la señal de eco de la línea 91.

Con referencia al diagrama de tiempos de la Fi-
gura 6, se ve que las puertas 68 y 170 son hechas funcio-
nar durante un intervalo de tiempo relativamente corto con
20 relación al intervalo de tiempo entre impulsos sucesivos
de la señal transmitida ilustrada en la primera gráfica.
Así, el bucle 164 recibe una señal por la línea 196 duran-
te un intervalo de tiempo relativamente corto, no siendo
recibida ninguna señal de entrada durante una parte impor-
25 tante del intervalo de tiempo entre señales de eco sucesi-
vas. El bucle 164 se hace sensible a la señal de la línea
196 solo durante el tiempo de recepción de la señal de eco
por medio del muestreador 186 y la puerta 170. El terminal
T23 proporciona señales de temporización a un régimen más
30 del doble de la anchura de banda del bucle 164, por ejemplo,

1 a un régimen de 50 kHz, siendo dejadas pasar estas señales
de temporización por la puerta 170 para excitar selectiva-
mente el muestreador 186. Dado que la puerta 170 es activa-
da por la señal de la línea 88 al igual que ocurre con la
5 puerta 68, la excitación selectiva del muestreador 186 tie-
ne lugar únicamente en el momento en que se anticipa la se-
ñal de eco. Por consiguiente, cuando se activa la puerta
170, el muestreador 186 muestrea la señal procedente del
filtro 184, retiene esa muestra y acopla esa muestra al
10 oscilador 180. Tras la siguiente excitación selectiva por
la señal de temporización siguiente en el terminal T23, el
muestreador 186 repite su operación de muestreo para mues-
trear otra vez la señal procedente del filtro 184, retener
esa muestra y aplicar la muestra al oscilador 188. Este
15 proceso de muestreo se continúa repetitivamente hasta la
terminación de la señal pulsada en la línea 88, en cuyo mo-
mento la última muestra remanente del muestreador 186 es
mantenida a un valor constante hasta que la puerta 170 sea
activada otra vez en el momento en que se anticipa la señal
20 de eco siguiente. Los muestreos sucesivos del muestreador
186 se ven en la cuarta gráfica de la Figura 6, que repre-
senta la retención de la última muestra durante el interva-
lo de tiempo subsiguiente a la terminación de la operación
de la puerta 170. En virtud de que el muestreador 186 re-
25 tiene su última muestra hasta el eco siguiente, la frecuen-
cia del bucle 164 se ve obligada a seguir la de la frecuen-
cia Doppler, de modo que se reduce en gran medida el tiem-
po de adquisición para adquirir la fase de la señal Doppler
a partir de ecos subsiguientes. Por consiguiente, el bucle
30 164 es capaz de funcionar a la manera de un bucle bloqueado

1 - en fase que siga una señal que esté continuamente presente,
aun cuando el bucle 164 ha de seguir una señal que esté
presente durante una pequeña fracción del tiempo entre
ecos sucesivos.

5 En virtud del desfasador 162, la señal de la lí-
nea 194 sirve como referencia de estado en fase para el
detector de fase 182, al tiempo que sirve como referencia
de cuadratura para el detector de fase 160. Así, las seña-
les de salida de los detectores de fase 182 y 160, que se
10 acoplan a los convertidores 166 y 168, respectivamente,
guardan relaciones de estado en fase y en cuadratura. Las
señales de salida de los detectores de fase 182 y 160 están
en un formato analógico, siendo convertido el formato ana-
lógico en números digitales por los convertidores 166 y
15 168 en respuesta a una selección de los convertidores 166
y 168 por una señal de temporización en el terminal T22.
Mientras que la señal en la línea 196 es sustancialmente
la de una senoide pulsada, la detección de la señal de
la línea 196 por los detectores de fase 182 y 160 dá por
20 resultado señales semejantes a ruido que son producidas
por los detectores de fase 182 y 160. Estas señales seme-
jantes a ruidos se caracterizan por el espectro Doppler,
mencionado anteriormente, que está centrado en la frecuen-
cia Doppler nominal. Como resultado, los números digitales
25 acoplados desde los convertidores 166 y 168 a través de la
línea 106 a la unidad de almacenamiento 72 de la Figura 3
representan muestras de la señal Doppler trasladadas sobre
la escala de frecuencias por f_0 , la frecuencia Doppler no-
minal. Con referencia a la gráfica 198 de la Figura 3, que
30 ilustra los espectros de las señales transmitidas y reci-

1 - bidas, la traslación antes mencionada del espectro Doppler
por f_0 asciende a un centrado del espectro Doppler alrede-
dor de la frecuencia cero. Dado que tanto las componentes
de estado en fase como de estado en cuadratura de la señal
5 Doppler se acoplan a través de la línea 106, los datos de
fase y de amplitud dentro del espectro Doppler son reteni-
dos durante la traslación del espectro Doppler para permiti-
tir el tratamiento de la señal, de la manera anteriormente
descrita, por los componentes del receptor 48 de la Figura
10 3.

La frecuencia de la señal de la línea 192 es me-
dida por el contador 172, que cuenta ciclos de la señal de
la línea 192 durante un intervalo de tiempo en el cual está
habilitado por una señal de temporización en el terminal
15 T24, mostrándose este intervalo en la gráfica inferior de
la Figura 6. Suponiendo, a título de ejemplo, un despla-
zamiento de frecuencia Doppler máximo de 30 Hz y que se desea
una exactitud del orden de $1/3$ Hz, el contador 172 está ha-
bilitado durante un intervalo de tiempo suficiente para con-
20 tar hasta el número 16.384, siendo éste el número 2 elevado
a la potencia de 14, para el desplazamiento de frecuencia
Doppler igual a cero. En la Figura 6, este intervalo de
tiempo es más corto que el intervalo entre señales transmi-
tidas, en cuyo caso el período entre señales transmitidas,
25 o entre ecos recibidos, se presume que es del orden de 5
segundos o más. Para períodos de tiempo más cortos, el in-
tervalo de habilitación del contador 172 se extendería so-
bre una pluralidad de ecos. Cada dígito o bitio del cómpu-
to del contador 172 se ve que está acoplado a través de lí-
30 neas individuales que se concentran en abanico entrando en

1 -la línea 200 para acoplamiento a la unidad complementadora
174. La unidad complementadora es excitada por la línea
202, que acopla el bitio más significativo del cómputo con
la unidad complementadora 174 para seleccionar la unidad
5 complementadora 174 a fin de que tome el complemento del
número digital de múltiples bitios representativo del cómputo
del contador 172. El cómputo o el complemento del mismo
es acoplado por la unidad complementadora 174 al sustractor
176.

10 En el caso de que una señal de eco recibida a lo
largo de uno de los haces 24 de la Figura 1 contenga un
desplazamiento de frecuencia Doppler positivo, entonces la
frecuencia de la señal de la línea 192 está en exceso de 5
kHz, con el resultado de que el contador 172 cuenta más de
15 16.384, cómputos. El contador 172 cuenta el módulo de
16.384 y, por consiguiente, en el caso de que, por ejemplo,
se acumularan diez cómputos adicionales durante el interva-
lo de cómputo, aparecería un cómputo de diez en la línea
200. Por otra parte, en el caso de que estuviera presente
20 un desplazamiento de frecuencia Doppler negativo, la fre-
cuencia de la línea 192 sería menor que 5 kHz, y el cómputo
máximo alcanzado por el contador 172, sería, por ejemplo,
un cómputo de diez menor que el cómputo máximo de 16.384.
Excitando la unidad complementadora 174, aparece el número
25 10 en la línea 204. El bitio más significativo que aparece
en la línea 202, para excitar la unidad complementadora
174, sirve también como bitio de signo para el número que
aparece en la línea 204. La línea 202 se ve que se concen-
tra en abanico entrando en la línea 204 para dar tanto la
30 magnitud como el sentido de la señal Doppler en la línea

1 -204.

El formador de escala 176 traduce a escala la magnitud del número digital en la línea 204 para dar la magnitud de la frecuencia Doppler. Con referencia al ejemplo precedente, se observa que el intervalo de habilitación del contador 172 tiene una duración de aproximadamente 3 segundos. Por consiguiente, el número de cómputos recibidos por la línea 204 es aproximadamente tres veces la frecuencia Doppler. Así, el formador de escala 176 multiplica la magnitud del número en la línea 204 por un factor de aproximadamente $1/3$ para proporcionar el valor correcto del desplazamiento de frecuencia Doppler al filtro digital 180.

El filtro 180 comprende un circuito promediador que, en respuesta a señales de temporización en el terminal T25, almacena y suma un número de valores de frecuencia Doppler, por ejemplo 8, y divide esta suma por ese número, 8 en este ejemplo, para dar un valor promedio de la frecuencia Doppler nominal f_0 en la línea 107. Los números digitales que aparecen en la línea 107 son sumados después, como se ha hecho notar anteriormente, con los números digitales en la línea 131 por el sumador 87 de la Figura 3. El bitio de signo de la línea 202 es retenido durante esta suma y se utiliza en la suma subsiguiente en el sumador de vectores 50 de la Figura 4. De este modo, se retiene el sentido de la frecuencia Doppler para cada uno de los haces 24 de la Figura 1 durante la suma de vectores.

Se sobrentiende que la realización anteriormente descrita del invento es ilustrativa solamente y que se les pueden ocurrir modificaciones de la misma a los versados en la técnica. Por consiguiente, se desea que este invento

1 no haya de quedar limitado a la realización expuesta en esta memoria, sino que deberá venir limitado únicamente del modo que se define en las reivindicaciones adjuntas.

5

10

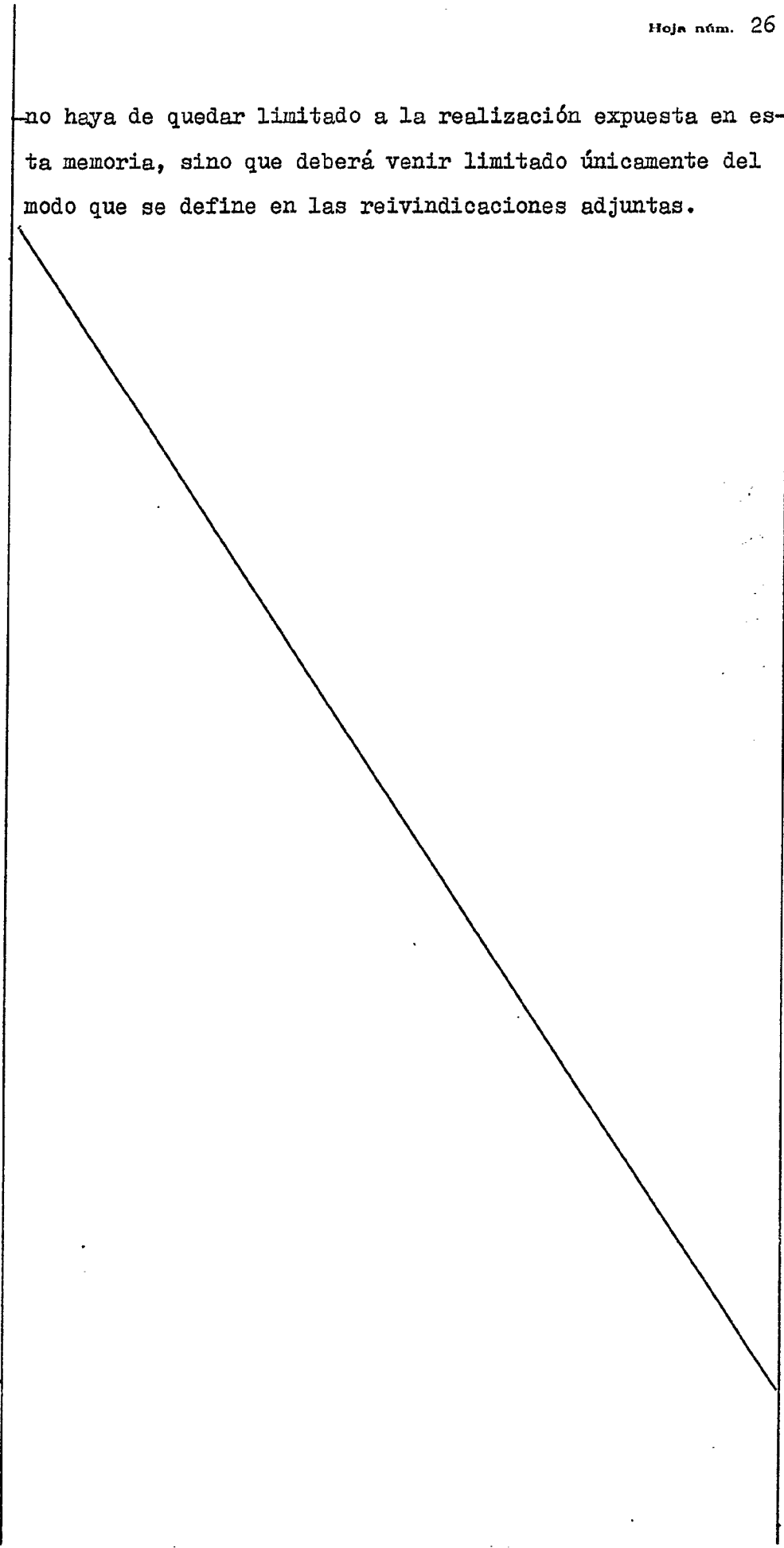
15

20

25

30

28028



1 - REIVINDICACIONES -

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un sistema de medición por efecto Doppler perfeccionado que comprende: medios para muestrear una señal recibida durante un intervalo de tiempo predeterminado, proporcionando dichos medios un número predeterminado de muestras de dicha señal recibida durante dicho intervalo de tiempo predeterminado; medios para obtener el espectro de potencia de un grupo de dichas muestras constituido por un
15 cho número predeterminado de muestras; medios acoplados a dichos medios de espectro de potencia para formar el logaritmo de dicho espectro; medios acoplados a dichos medios logarítmicos para multiplicar señales de salida de los mismos por factores de función ortogonal; y medios acoplados
20 a dichos medios multiplicadores para combinar productos de dichos medios multiplicadores a fin de producir una componente de una frecuencia Doppler.

25 2ª.- Un sistema según la reivindicación 1ª, que comprende además medios para transmitir energía radiante durante instantes sucesivos a un medio productor de ecos de dicha energía radiante, siendo recibido cada uno de dichos ecos por dicho sistema para servir como dicha señal recibida, y medios acoplados a dichos medios de muestreo para seguir las apariciones de dichos ecos, proporcionando
30

1 dichos medios de seguimiento dicho intervalo de tiempo pre-
determinado.

5 3a.- Un sistema según la reivindicación 1a, en
el que dichos medios de muestreo incluyen un filtro para
extraer un valor nominal de una frecuencia Doppler de di-
cha señal recibida, comprendiendo además dichos medios de
muestreo unos medios para desplazar un espectro Doppler de
dicha señal recibida en una cuantía de frecuencia igual a
dicho valor nominal de frecuencia Doppler.

10 4a.- Un sistema según la reivindicación 1a, que
comprende además medios para recibir una pluralidad de se-
ñales recibidas desde una pluralidad de direcciones, siendo
dicha señal recibida una de dicha pluralidad de señales re-
cibidas, medios de efecto Doppler acoplados a dichos medios
15 de recepción para producir una componente de una frecuencia
Doppler de una segunda señal recibida de dicha pluralidad
de señales recibidas, y medios acoplados a dichos medios de
combinación y a dichos medios de efecto Doppler para sumar
vectorialmente dichas componentes de dichas frecuencias
20 Doppler a fin de proporcionar una magnitud y una dirección
de una frecuencia Doppler resultante de una combinación de
frecuencias Doppler de una pluralidad de dicha pluralidad
de señales recibidas.

25 5a.- Un sistema de medición por efecto Doppler
perfeccionado que comprende: medios acoplados a un medio
propagador de energía radiante para producir ecos de ener-
gía radiante desde el mismo; medios sincronizados con di-
chos medios productores de eco para filtrar una frecuencia
portadora de dichos ecos; medios acoplados a dichos medios
30 de filtrado para proporcionar muestras de dicho eco que

- 1 tienen un espectro de frecuencia centrado sustancialmente
alrededor de dicha frecuencia portadora; medios para trans-
formar un grupo de dichas muestras a fin de proporcionar
un grupo de funciones ortogonales relacionadas con dicho
5 grupo de muestras; medios acoplados a dichos medios trans-
formadores para tomar el logaritmo de dichas funciones or-
togonales; y medios acoplados a dichos medios logarítmicos
para formar la suma ponderada de dichos logaritmos de di-
chas funciones ortogonales a fin de proporcionar datos
10 Doppler de dichos ecos.

6a.- Un sistema de medición Doppler perfecciona-
do.

- 15 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y con
los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas escritas
a máquina por una sola cara.

Madrid, 30.MAY.1978

P.A.

Alberto de Elzaburo
Por Poderes

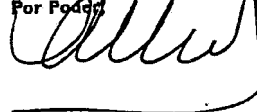


FIG. 1

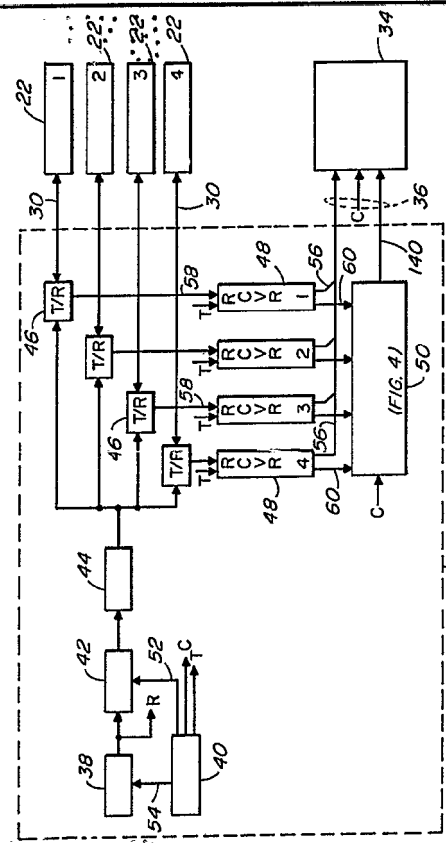
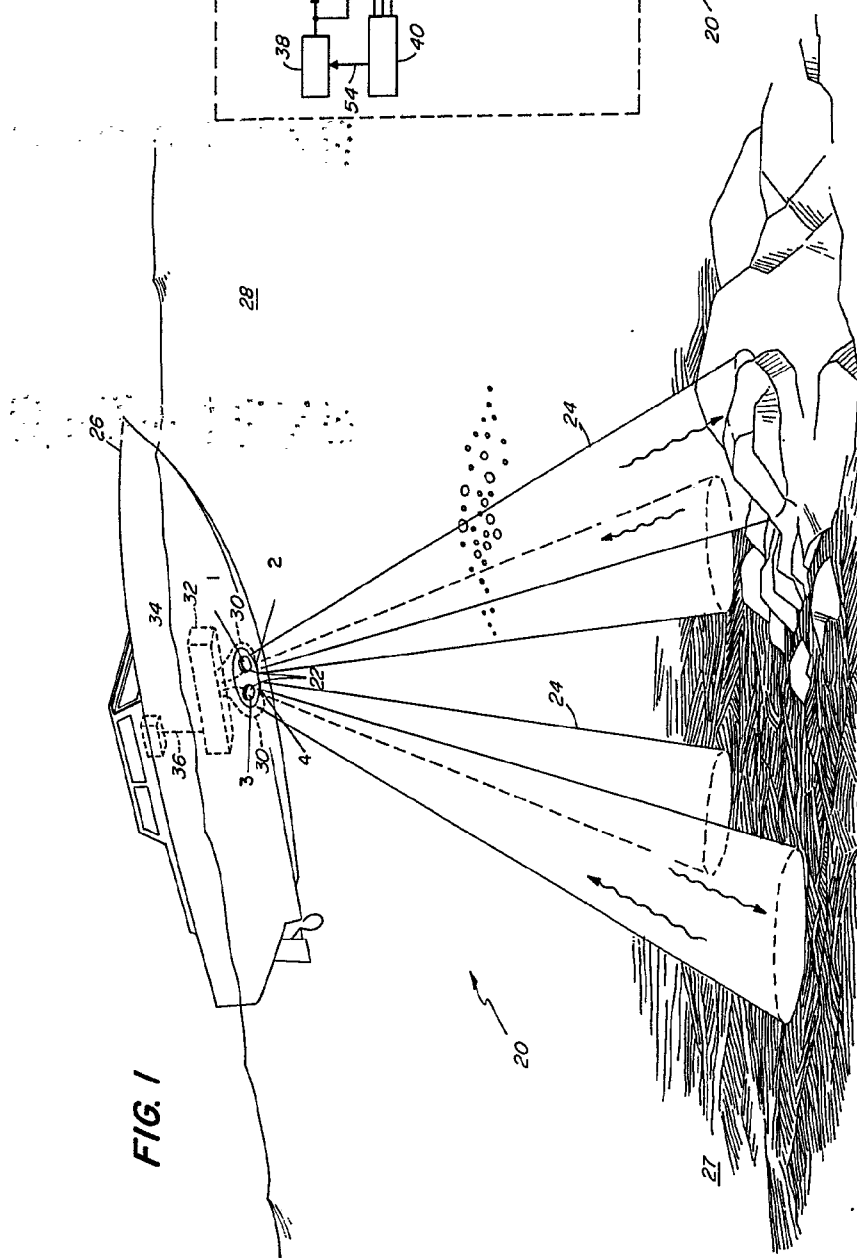
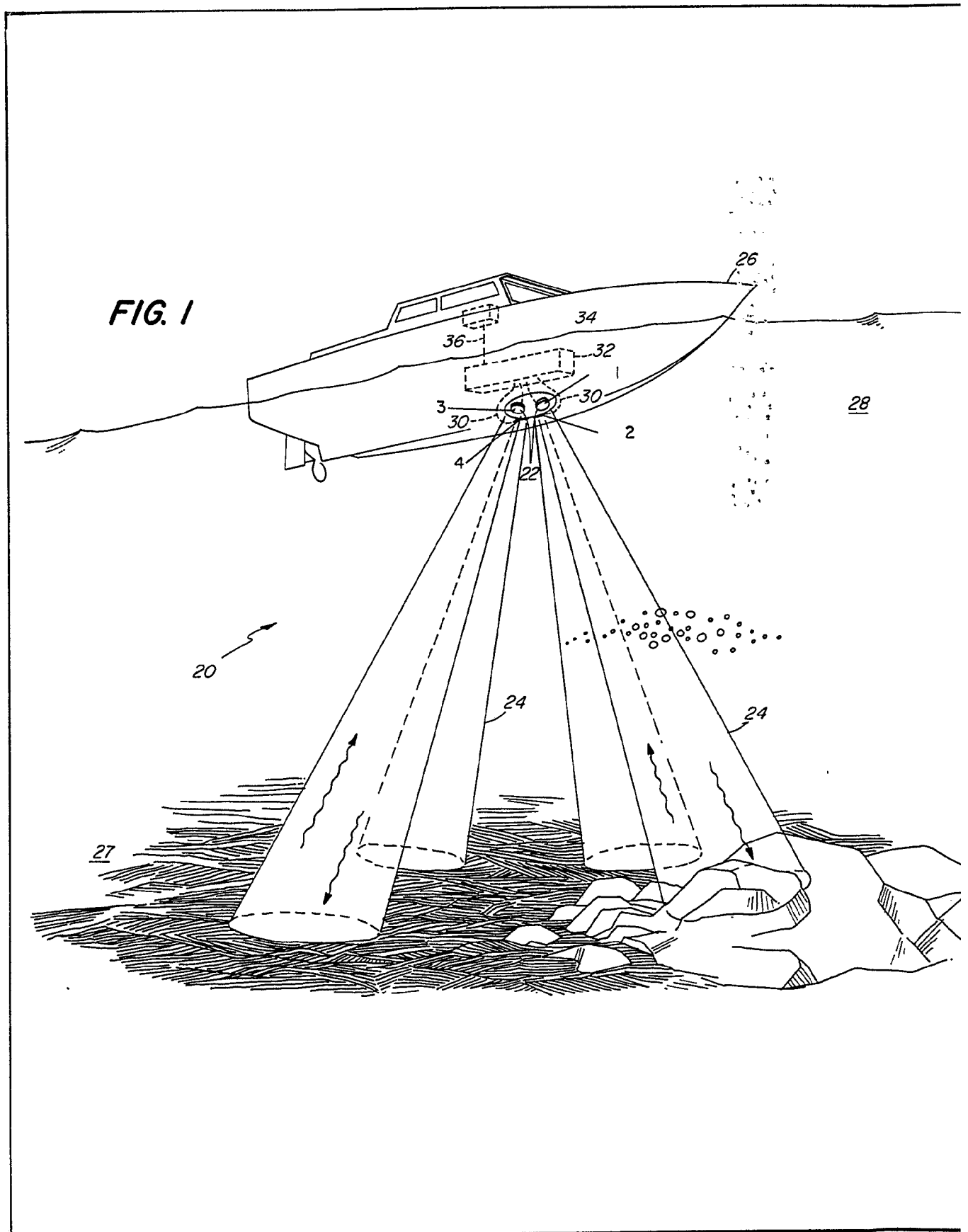


FIG. 2

Alberio de Elizburu
 Por el Sr. *[Signature]*



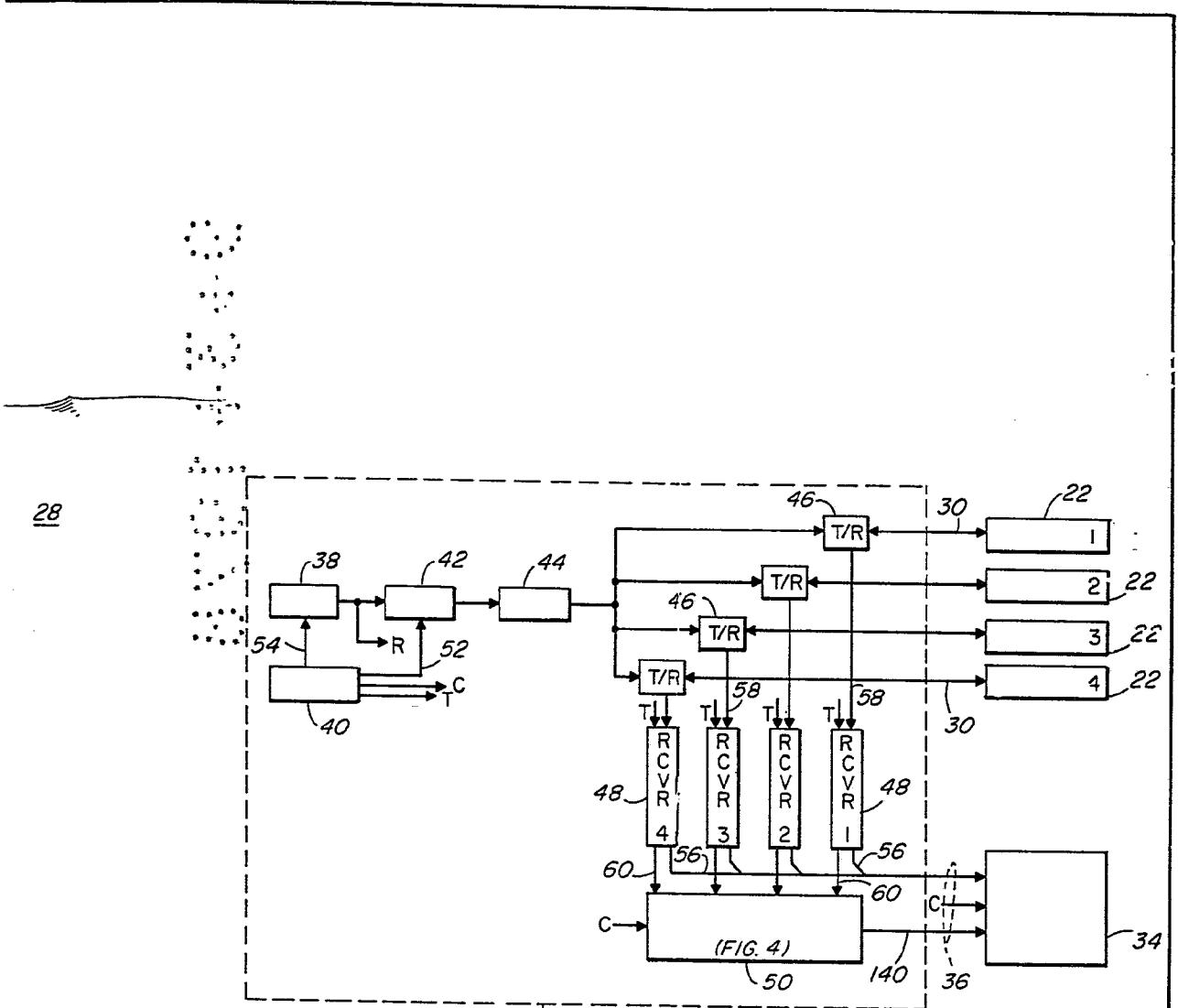
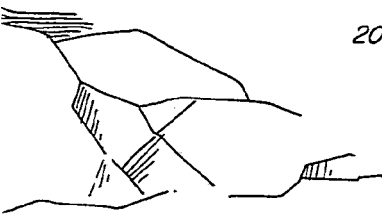


FIG. 2



Alberio de Elzaburu
Por Poder,
[Signature]

FIG. 3

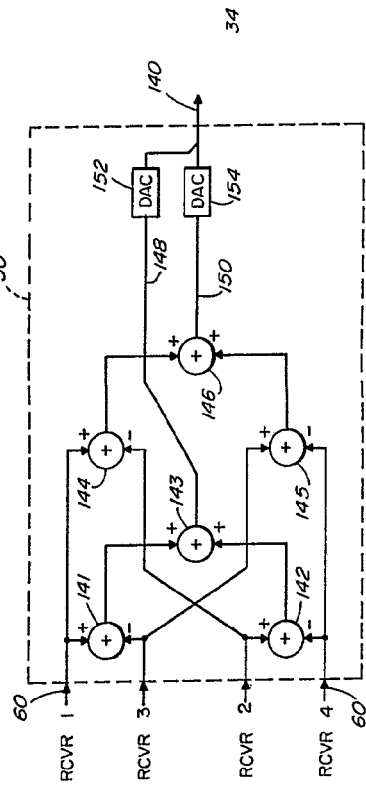
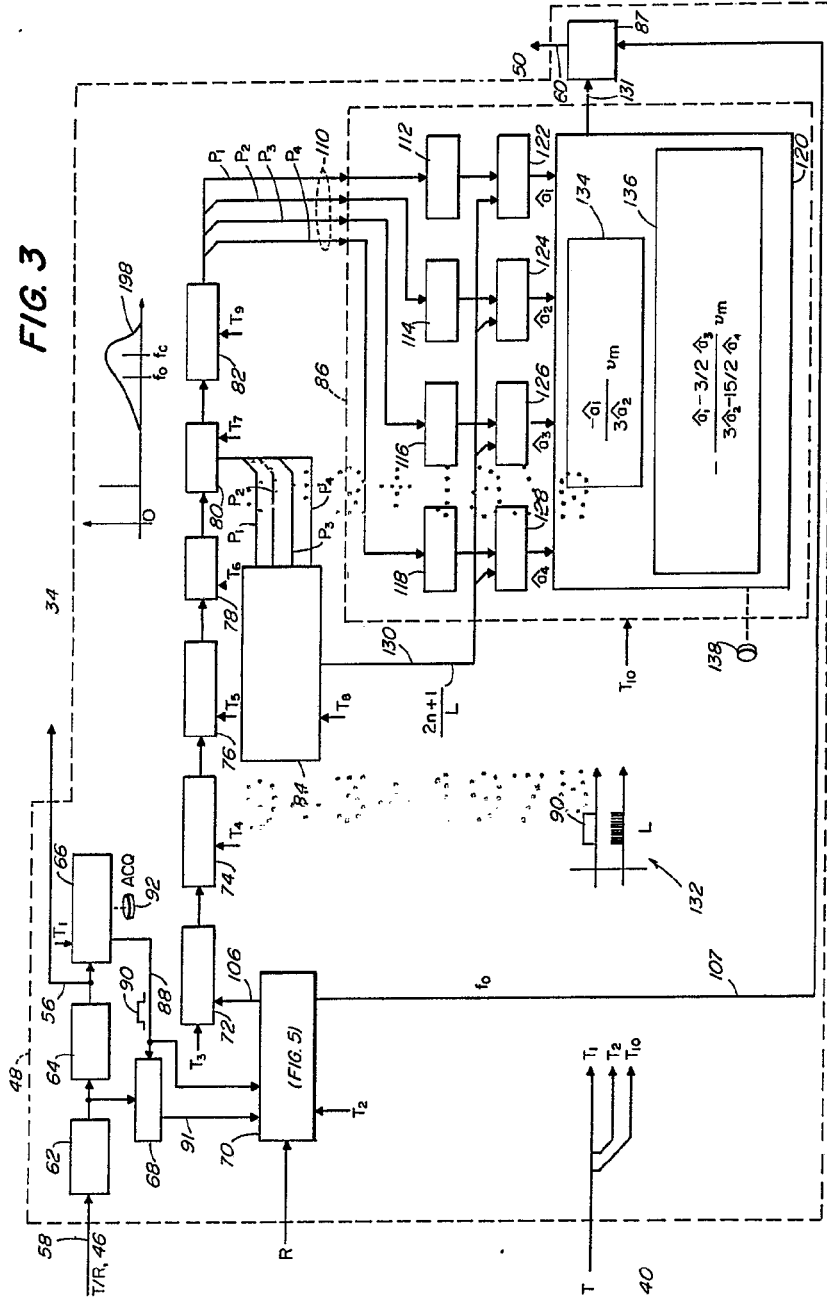


FIG. 4

Alberto de Elzaburu
Por Poder, *de*

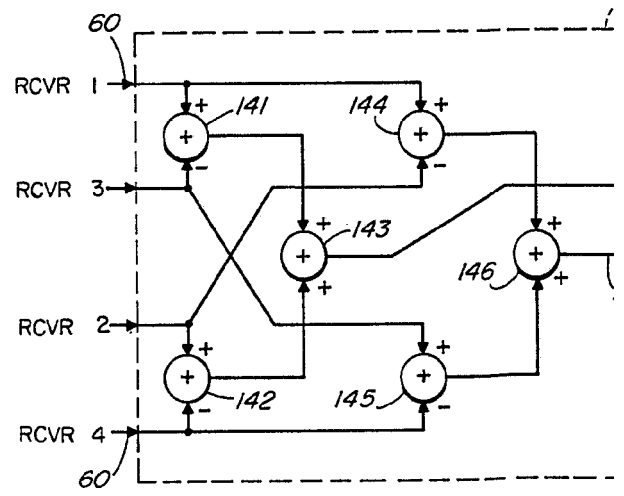
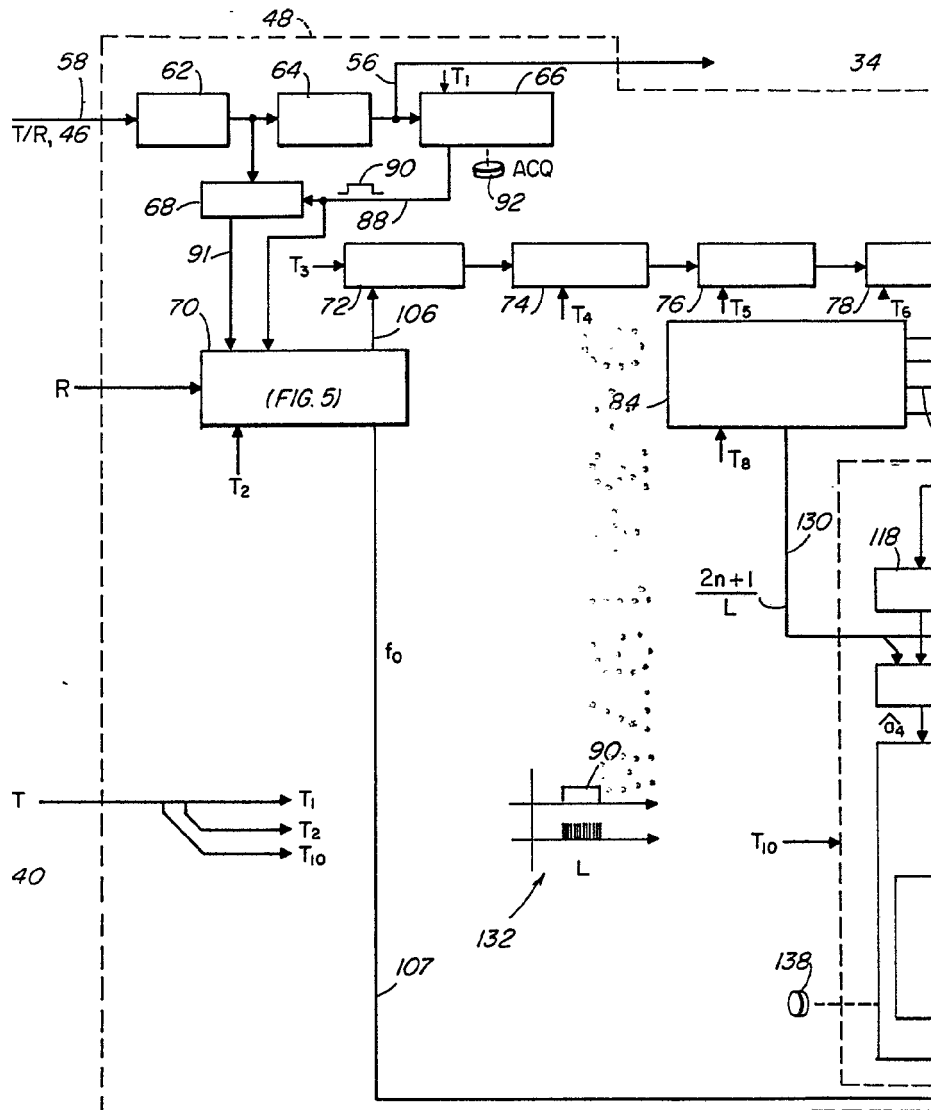


FIG. 3

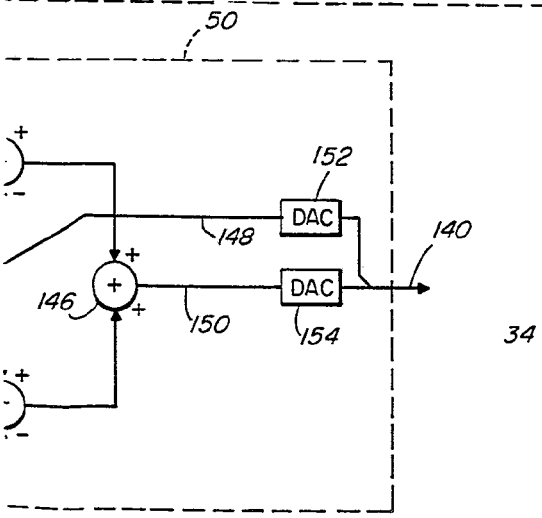
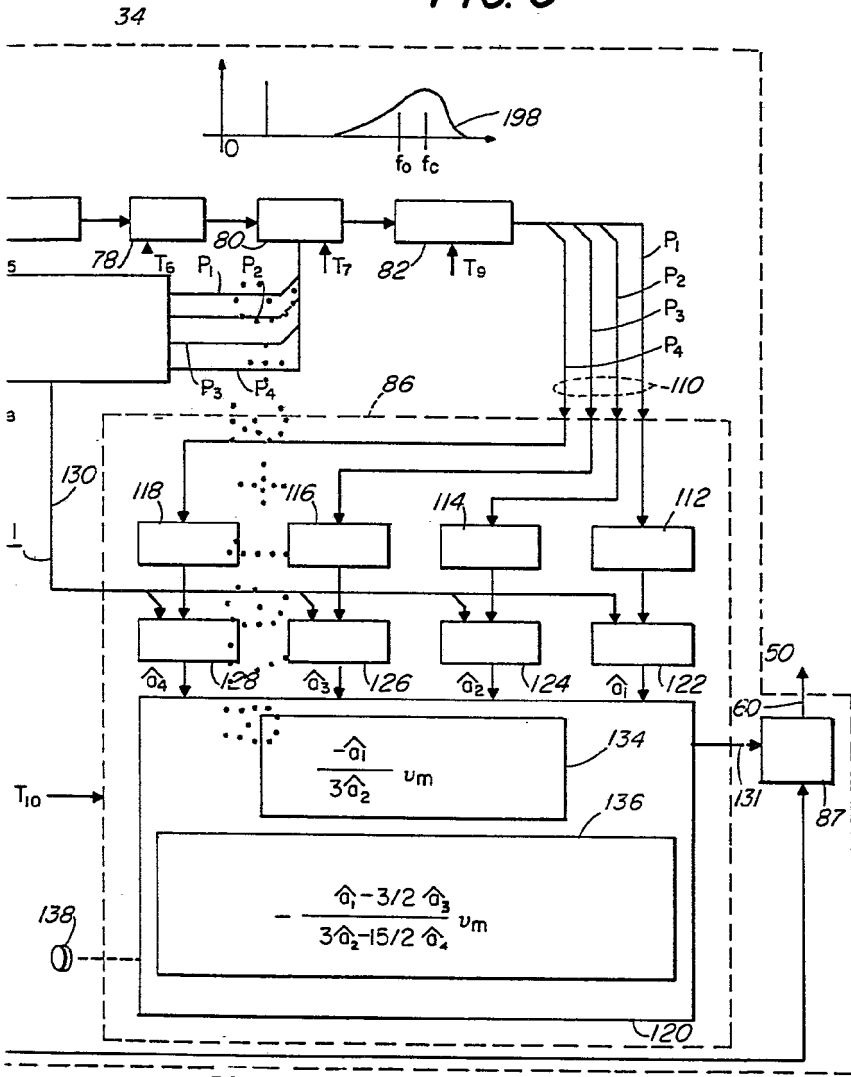


FIG. 4

Alberto de Elizaburu
 For Poder,



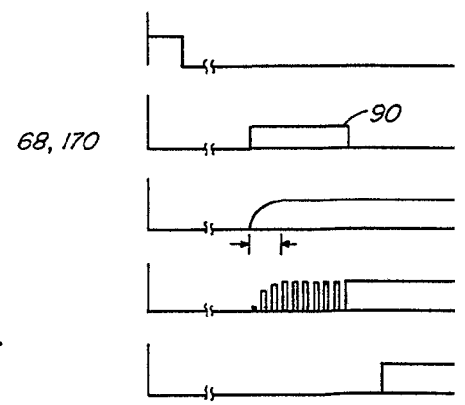
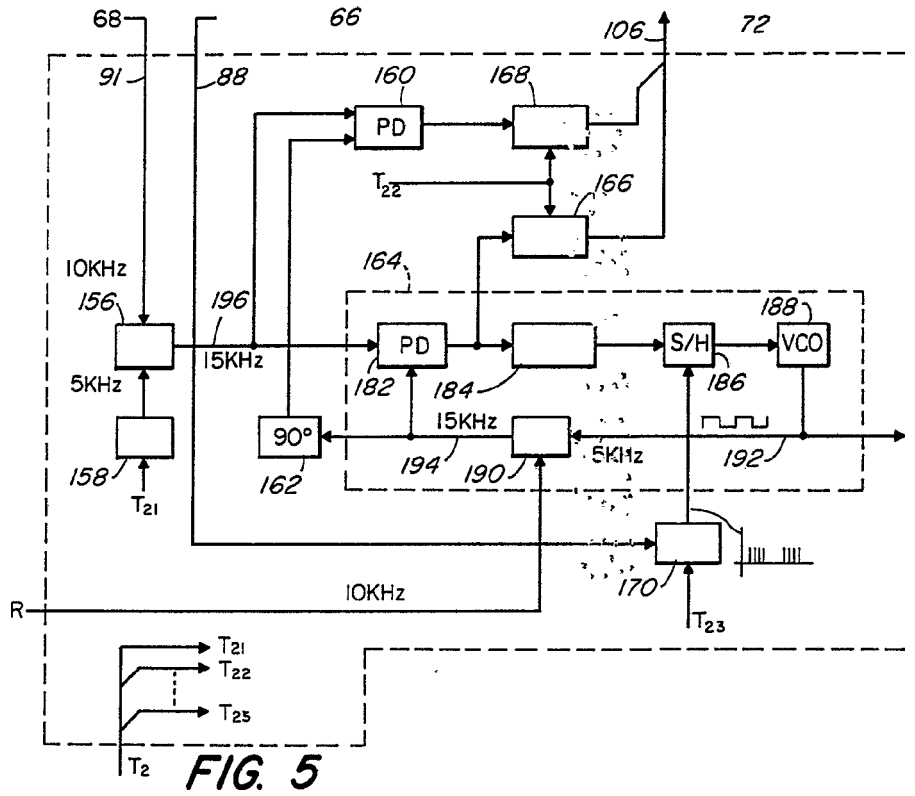
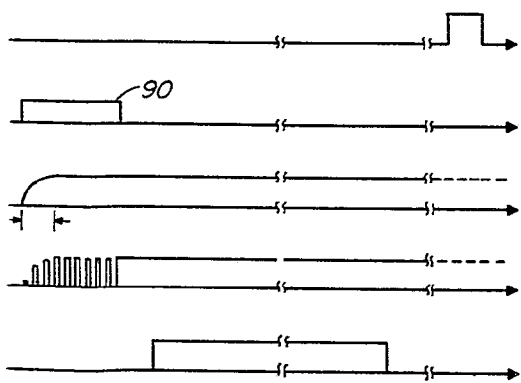
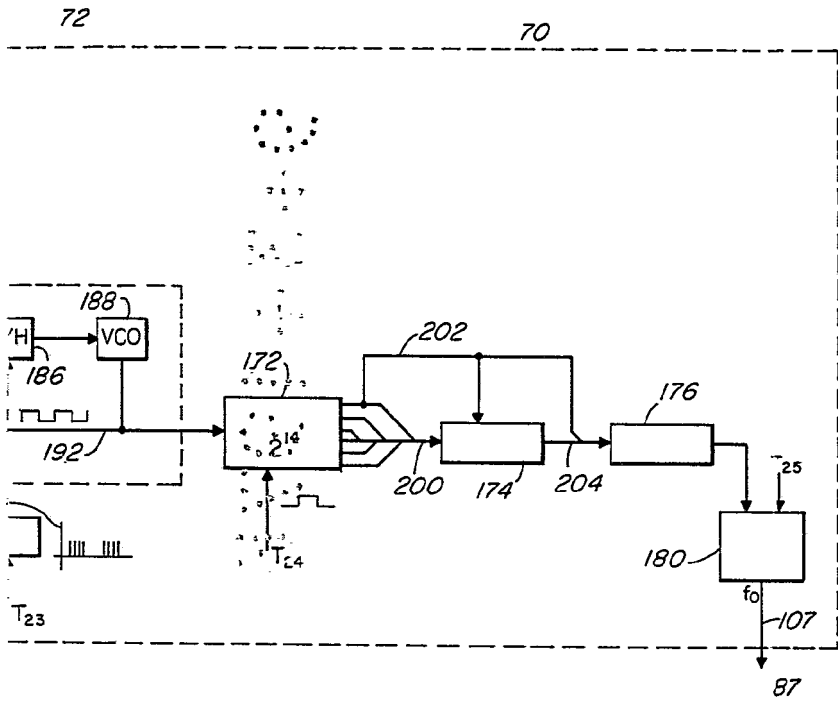


FIG. 6



Attestio de Engenheiro
[for Peter]

