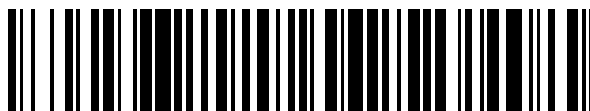


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 494**

51 Int. Cl.:

**G01S 7/35** (2006.01)

**G01S 13/58** (2006.01)

**G01S 7/40** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2003** **E 03768019 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 1579242**

54 Título: **Mejoras de compensación de temperatura en aparato de radar**

30 Prioridad:

**19.12.2002 GB 0229515**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.10.2013**

73 Titular/es:

**TRW LIMITED (100.0%)**  
**Stratford Road**  
**Solihull, West Midlands B90 4AX, GB**

72 Inventor/es:

**TAYLOR, BRIAN KEITH**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 426 494 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Mejoras de compensación de temperatura en aparato de radar

Esta invención se refiere a mejoras en aparato de radar usando componentes de frecuencia de microondas, y en particular a un circuito de radar, que incorpora compensación de temperatura para componentes de microondas.

- 5 Se conoce el uso de radar en la medición de distancia. En una aplicación la radiación en la zona de microondas del espectro se emite desde una fuente hacia un objetivo. El objetivo reflejará algo de esta radiación de vuelta hacia un detector, que es sensible a la radiación en la zona de microondas del espectro. Un circuito electrónico, que puede incluir un procesador de señales digitales, se usa entonces para realizar una comparación entre la señal emitida y la señal medida, detectada a partir de la que puede compararse el intervalo del objetivo de la fuente/detector.
- 10 Se conoce proporcionar un esquema de clave de desplazamiento de frecuencia para determinar el intervalo a partir de las señales. En una aplicación de vehículo, en la que los "objetivos" son otros vehículos, que preceden al vehículo en el que está instalado el aparato de radar, se realizan observaciones de los vehículos a medida que se mueven a lo largo de la carretera. El movimiento de estos vehículos se sigue a lo largo del tiempo para proporcionar una visión coherente de su distribución variable con el tiempo de ahora en adelante. Para conseguir esto el radar
- 15 estima cada intervalo y velocidad relativa del vehículo a partir de las señales de microondas.

Más precisamente, puede medirse la distancia a partir de la diferencia de fase que se observa en la señal devuelta cuando la señal emitida se modula por un cambio de etapa pequeño en la frecuencia tal como viene dada por:

$$d = \frac{c\phi_s}{4\pi f_s}$$

- 20 donde c es la velocidad de la luz,  $\phi_s$  es la fase relativa de las señales Doppler devueltas por dos frecuencias separadas por  $f_s$ , el tamaño de etapa de frecuencia. La precisión de la medición está relacionada con el tamaño de etapa de frecuencia.

De manera similar, la velocidad relativa puede medirse observando el desplazamiento Doppler entre la señal emitida y la señal recibida tal como viene dada por la siguiente expresión:

$$v = \frac{cf_o}{2f_D}$$

- 25 donde c es la velocidad de la luz,  $f_o$  es la frecuencia de portadora y  $f_D$  es el desplazamiento Doppler.

Como la frecuencia de portadora se regula mediante un resonador sumamente preciso en los componentes de microondas, es muy estable y las mediciones de velocidad son sumamente precisas.

- 30 Un problema con tal aparato es que las variaciones en la temperatura del generador de frecuencias de microondas provoca errores en la estimación de la distancia de vehículos objetivo. Esto se ha resuelto en el pasado proporcionando un calentador para regular la temperatura del generador de frecuencias y en particular para elevar su temperatura hasta una zona ideal u objetivo en la que los coeficientes de temperatura de los componentes son lineales para permitir que se apliquen correcciones de bucle abierto a la modulación. Se usa un sensor de temperatura para proporcionar la información necesaria para accionar estos circuitos de control.

- 35 Se ha constatado que basarse en un sensor de temperatura en un esquema de este tipo puede dar como resultado un rendimiento insatisfactorio tras un uso prolongado en ambientes adversos debido a los efectos de envejecimiento significativos en el sensor de temperatura.

- 40 Se conoce el documento US 6 317 076 B1 que da a conocer un aparato de medición de distancias basado en radar que tiene las características de la parte precaracterizadora de la reivindicación 1. El aparato dado a conocer se basa en una salida precisa de un sensor de temperatura. El solicitante ha apreciado que a lo largo del tiempo esta salida puede volverse poco precisa.

Según un primer aspecto la invención proporciona un aparato de medición de distancias basado en radar según la reivindicación 1. Se mencionan características opcionales en las reivindicaciones dependientes.

- 45 Debido a que los medios de compensación modifican la salida del sensor de temperatura en un bucle cerrado usando información derivada de una señal de eco, los medios de regulación de frecuencia pueden regular la salida de frecuencia mediante el generador de frecuencias- manteniéndola tan próxima como sea posible a un valor constante ideal- a pesar de los cambios en su temperatura. Adicionalmente, los medios de compensación permiten

que el aparato corrija el efecto de envejecimiento del sensor de temperatura o similar. Esto no es posible en los sistemas de bucle abierto de la técnica anterior en los que simplemente se supone que la salida del sensor de temperatura es correcta durante toda su vida útil.

5 Los medios de regulación de frecuencia pueden comprender un calentador que está adaptado para calentar el generador de frecuencias una cantidad que depende del valor de la señal de temperatura compensada. Se sabe que los generadores de frecuencias de microondas producen una frecuencia que varía con la temperatura. El calentador puede comprender un elemento de calentamiento por resistencia. Este puede acoplarse al oscilador usando un compuesto de adaptación térmica. La temperatura corregida puede compararse con una temperatura de referencia. Si el oscilador está por encima de la temperatura de referencia- tal como se indica mediante el valor de temperatura corregida, el calentador puede apagarse. Si está por debajo puede encenderse.

10 Alternativamente, los medios de regulación de frecuencia pueden modificar la señal de modulación aplicada al generador de frecuencias según el valor de la señal de temperatura compensada. Por ejemplo, si la temperatura compensada está a o próxima a una temperatura ideal entonces no puede aplicarse ninguna modificación de la señal de accionamiento, aumentando la cantidad de modificación de la señal de modulación a medida que la temperatura compensada se aleja más de la ideal. Por tanto, puede alterar el tamaño de las etapas de frecuencia solicitadas desde el generador de frecuencias. Esto es especialmente útil si el generador está demasiado caliente y por encima de la temperatura de referencia, una condición que no puede corregirse mediante un calentador. Al cambiar los tamaños de etapa solicitados es posible provocar que el generador produzca los tamaños de etapa correctos en la señal de modulación incluso cuando la temperatura provoca que el generador de frecuencias trabaje incorrectamente.

Por supuesto, la invención puede incluir una combinación de calentamiento/enfriamiento y modificación de la señal de modulación como manera de regular la salida de frecuencia desde el generador de frecuencias.

25 El aparato puede incluir primeros medios de procesamiento adaptados para determinar la distancia de un objetivo del aparato comparando el desplazamiento de fase entre las zonas de la señal de modulación a cada lado del cambio de etapa en la frecuencia y las zonas correspondientes en una señal de eco reflejada desde el objetivo detectado mediante el detector. Puede producirse una lectura cada ciclo computacional del radar.

El aparato también puede incluir segundos medios de procesamiento adaptados para determinar la velocidad relativa del aparato y el objetivo midiendo el desplazamiento Doppler entre la señal de modulación y una señal de eco devuelta desde un objeto. Puede producirse una lectura cada ciclo computacional del radar.

30 Los terceros medios de procesamiento pueden determinar un primer valor de cambio en la distancia usando las mediciones de distancia obtenidas directamente tomadas en estos dos momentos en el tiempo.

Pueden proporcionarse cuartos medios de procesamiento que integran la velocidad medida entre dos momentos diferentes en el tiempo y a partir de esto determina un segundo valor de cambio en la distancia indicativo del cambio en la distancia entre el aparato de radar y la fuente de un eco entre estos dos instantes.

35 Los medios de procesamiento primero, segundo, tercero y cuarto pueden formar parte de un único circuito integrado. Alternativamente, el aparato puede incluir un procesador y una memoria que almacena instrucciones de programa que provocan que el procesador lleve a cabo las funciones de los medios de procesamiento primero, segundo, tercero y cuarto.

40 Pueden proporcionarse medios de comparación que están adaptados para comparar los valores de cambio en la distancia primero y segundo para producir un valor de error. Este puede alimentarse a los medios de compensación que a su vez están adaptados para corregir la salida de señal de temperatura del sensor de temperatura una cantidad que depende de la magnitud y el signo del valor de error.

45 El sensor de temperatura puede comprender, por ejemplo, un termistor o un sensor de temperatura de silicio. El sensor de temperatura puede medir la temperatura del oscilador, puesto que la sensibilidad de este componente a la temperatura es la fuente principal de errores.

Los medios de generación de frecuencias pueden comprender un oscilador y pueden comprender un oscilador controlado por tensión. Se sabe que éstos son sensibles a los cambios de temperatura. Puede proporcionarse como un circuito integrado, y el sensor de temperatura puede insertarse dentro del oscilador.

50 El aparato puede producir un valor de distancia notificado siempre que se realiza una lectura de distancia mediante los primeros medios de procesamiento combinando la lectura con el valor de error producido por el comparador. Por ejemplo, el valor de error puede calcularse dividiendo el primer valor de cambio en la distancia por el primer valor de cambio en la distancia. Entonces la distancia notificada podría formarse multiplicando la lectura de distancia de los primeros medios de procesamiento por el valor de error.

55 El aparato puede incluir una fuente de microondas que genera una señal de microondas cuando se acciona mediante la señal de accionamiento, y un detector de microondas que produce una señal de eco en respuesta a la

radiación de microondas incidente sobre el detector. Pueden proporcionarse en un alojamiento normal, o pueden ubicarse de manera separada.

Según un segundo aspecto la invención proporciona un aparato de radar sustancialmente tal como se describe en el presente documento con referencia a y tal como se describe en los dibujos adjuntos.

5 Ahora se describirá, únicamente a modo de ejemplo, una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos de los que:

la figura 1 muestra la instalación de un aparato que está según la presente invención en un vehículo;

la figura 2 es una vista esquemática de un aparato de radar según una realización de la presente invención; y

la figura 3 ilustra una señal de accionamiento FSK típica usada por el circuito de la figura 2.

10 Tal como se muestra en la figura 1, un vehículo 10 está equipado con un ejemplo de un aparato de radar según la presente invención. El aparato comprende una fuente de microondas y detector combinados 12. Estos se montan en la parte delantera del vehículo, tal vez al nivel del parachoques tal como se muestra, donde hay una vista clara y despejada (en el intervalo de microondas del espectro) delante del vehículo a medida que se desplaza a lo largo de una carretera. La fuente/detector se conecta a un procesador a través de un cable eléctrico adecuado.

15 Tal como se muestra en la figura 2 de los dibujos adjuntos, la fuente se acciona mediante un oscilador controlado por tensión estable (VCO) 24 que se modula mediante una señal de accionamiento 23. La señal de accionamiento se produce mediante un generador de forma de onda de tensión de modulación que se sincroniza mediante un reloj 22. La diferencia en la frecuencia de cada una de las etapas de frecuencia F, producida por la tensión variable del accionamiento se conoce como el tamaño de etapa FSK. Una señal de accionamiento típica 23, en la que están presentes cuatro etapas, se muestra en la figura 3 de los dibujos adjuntos y esta señal de tensión se aplica al VCO. La fuente a su vez emite un haz estrecho de radiación de microondas a la parte delantera del vehículo.

20 Si hay un vehículo en la carretera delante de la fuente, una parte de la señal transmitida se reflejará de vuelta hacia el detector que convierte la señal reflejada en una señal eléctrica. La señal de eco detectada será también una señal de FSK con las cuatro etapas. Su intensidad dependerá del tamaño del vehículo, de lo reflector que sea el vehículo y también de lo lejos que esté del detector. Además, un desplazamiento Doppler estará presente entre las señales emitidas y recibidas que indica la velocidad relativa del vehículo que porta el radar y el vehículo de delante de él en la carretera. Esta velocidad relativa viene dada por la expresión:

$$v = \frac{cf_o}{2f_D}$$

La señal de accionamiento y la señal de eco pueden combinarse para extraer la señal Doppler 25.

30 De manera similar, un desplazamiento de fase,  $\phi_s$  estará presente entre las señales Doppler producidas por cada una de las etapas de frecuencia que están separadas  $f_s$  y esto puede usarse para determinar un valor de distancia según:

$$d = \frac{c\phi_s}{4\pi f_s}$$

35 Para determinar la velocidad y la distancia el aparato pasa la señal Doppler 25 a través de un convertidor analógico a digital (A/D) 26. A continuación se alimenta la salida del A/D 26 a un procesador de señales digitales (DSP) 27 junto con una señal de referencia del reloj 21. El DSP 27 genera una señal de velocidad de objetivo 28 que cambia a lo largo del tiempo cuando la velocidad cambia y una señal de distancia 29.

40 La señal de velocidad de objetivo 28 pasa a un integrador 30 que integra la velocidad a lo largo del tiempo para determinar un primer valor de cambio en la distancia a lo largo del tiempo 31. A continuación esto se compara con el cambio en la distancia estimado "directamente" usando la salida de distancia 29 del DSP 27. La relación de la estimación "directa" respecto a la estimación integrada se usa para constituir un coeficiente de corrección de error 32. Siempre que la distancia se notifique desde el radar que se produce en tiempo real usando la señal de salida directa 29 basándose en el desplazamiento de fase de FSK, se aplica la corrección para mantener la distancia notificada precisa.

La precisión aumentada se consigue debido a que la medición de velocidad 28 no se ve afectada por la temperatura en la misma medida que la medición de distancia directa 29. Se conoce que el error principal en la medición de distancia directa son los efectos de temperatura en los componentes de microondas, y en particular el VCO 24. La medición de velocidad basada en Doppler depende de la frecuencia de base del VCO que se controla mediante un resonador de material cerámico.

5

Claramente, es mejor mantener la etapa de frecuencia constante durante toda la vida del radar; es decir, el coeficiente de error de distancia debe ser tan pequeño como sea posible. Por tanto, para reducir los efectos de desviación de temperatura se proporciona un calentador 33 dentro del módulo de VCO y se proporciona un sensor de temperatura 34 que mide la temperatura del módulo de VCO. La salida del sensor de temperatura 34 se pasa a un controlador de calentador 35 y el controlador aplica una tensión al calentador 33 hasta que la temperatura medida está dentro de un intervalo objetivo.

10

Antes de pasar la salida del sensor de temperatura 33 al calentador controlado se corrige restando un valor de compensación que depende del coeficiente de corrección de error 32 aplicado a los valores de distancia notificados.

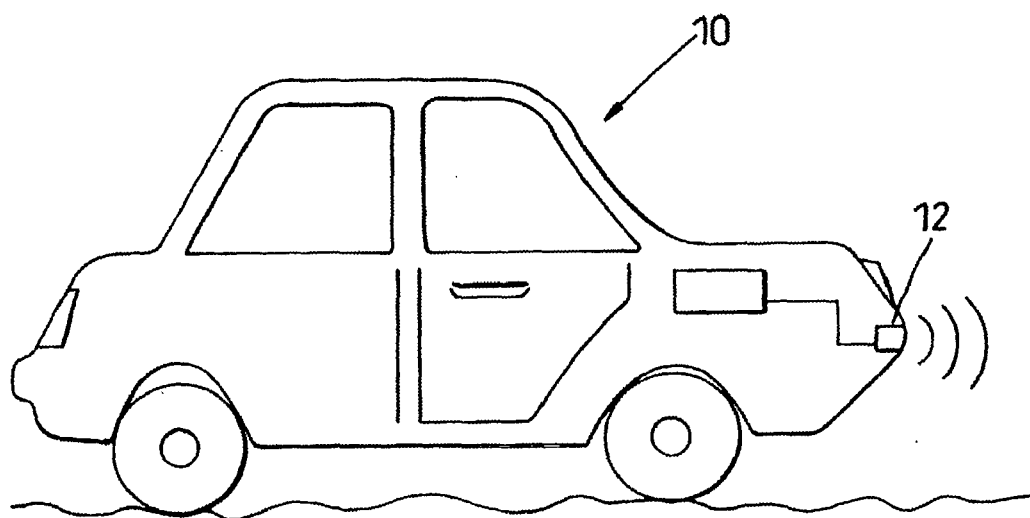
El valor de corrección de la temperatura garantiza que se compense la desviación del sensor de temperatura con el envejecimiento. Ya no se supone que la salida del sensor de temperatura es correcta, y es posible compensar los cambios en las características del sensor de temperatura a lo largo del tiempo. Además, puesto que el calentador 33 intentará por todos los medios mantener la temperatura del VCO 24 en el intervalo ideal, la magnitud de la corrección que debe aplicarse a las mediciones de distancia "directas" tenderá hacia un valor unitario ideal a lo largo del tiempo.

15

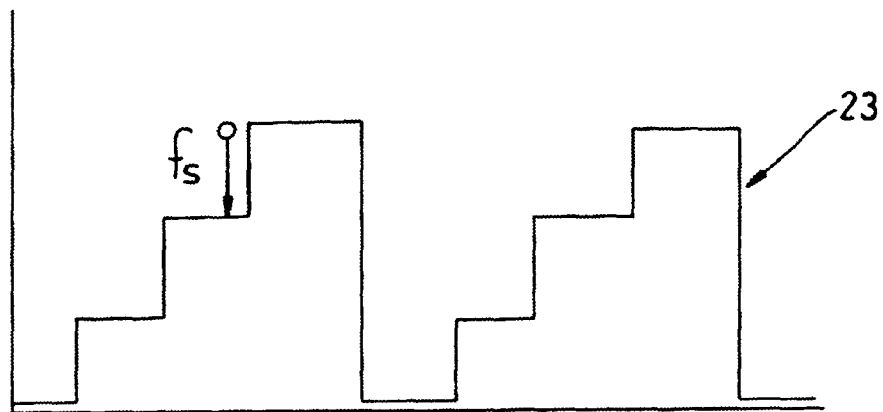
20

# REIVINDICACIONES

1. Aparato de medición de distancias basado en radar que comprende:  
  
5 un circuito de microondas que comprende un generador de frecuencias (24) que produce una señal de frecuencia de microondas, cuya frecuencia se modula una cantidad determinada mediante una señal de modulación aplicada al generador de frecuencias (24),  
  
10 un sensor de temperatura (34) que obtiene una medición de temperatura de al menos una parte del circuito de microondas y un regulador de frecuencia que está adaptado para regular la frecuencia generada mediante el generador de frecuencias, comprendiendo los medios de regulación de frecuencia un calentador (33) que está adaptado para calentar el generador de frecuencias (24) una cantidad que depende del valor de la señal de temperatura compensada, caracterizado porque:  
  
15 el aparato comprende medios de compensación para compensar errores en la salida del sensor de temperatura (34) para producir una señal de temperatura compensada usando información derivada de la señal de accionamiento (23) y una señal de eco detectada mediante un detector de microondas (12);  
  
20 los medios de regulación de frecuencia están adaptados para recibir la señal de temperatura compensada y para regular la frecuencia de la señal generada mediante el generador de frecuencias (24), corrigiendo de este modo al menos parcialmente el efecto de los cambios en la temperatura del generador de frecuencias (24),  
  
25 el aparato incluye primeros medios de procesamiento (27) adaptados para determinar la velocidad relativa del aparato y el objetivo midiendo el desplazamiento Doppler entre la señal de accionamiento (23) y una señal de eco devuelta desde un objeto;  
  
30 el aparato incluye segundos medios de procesamiento (27) adaptados para determinar la distancia de un objetivo del aparato comparando el desplazamiento de fase entre las zonas de la señal de accionamiento (23) a cada lado del cambio de etapa en la frecuencia y las zonas correspondientes presentes en una señal de eco reflejada desde el objetivo detectado mediante el detector; y  
  
35 el aparato incluye terceros medios de procesamiento que integran la velocidad entre dos momentos diferentes en el tiempo y a partir de esto determina un primer valor de cambio en la distancia indicativo del cambio en la distancia entre el aparato de radar y la fuente de un eco entre estos dos instantes.
2. Aparato de radar según la reivindicación 1, en el que los medios de regulación de frecuencia modifican la  
30 señal de modulación (23) aplicada al generador de frecuencias (24) según el valor de la señal de temperatura compensada.
3. Aparato según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende cuartos medios de procesamiento que determinan un segundo valor de cambio en la distancia usando las mediciones de distancia obtenidas directamente tomadas en estos dos momentos en el tiempo.
4. Aparato según la reivindicación 3, en el que los medios de procesamiento primero, segundo, tercero y  
35 cuarto forman parte de un único circuito integrado.
5. Aparato según la reivindicación 3, en el que el aparato incluye un procesador y una memoria que almacena instrucciones de programa que provocan que el procesador lleve a cabo las funciones de los medios de procesamiento primero, segundo, tercero y cuarto.
6. Aparato según la reivindicación 3, 4 ó 5, que incluye además medios de comparación que están adaptados  
40 para comparar los valores de cambio en la distancia primero y segundo para producir un valor de error, y para alimentar el valor de error a los medios de compensación que están adaptados para corregir la salida de señal de temperatura del sensor de temperatura (34) una cantidad que depende de la magnitud y el signo del valor de error.
7. Aparato según la reivindicación 4, que está adaptado para producir un valor de distancia notificado siempre  
45 que se realiza una lectura de distancia mediante los primeros medios de procesamiento combinando la lectura con el valor de error producido por el comparador.



***Fig. 1***



***Fig. 3***

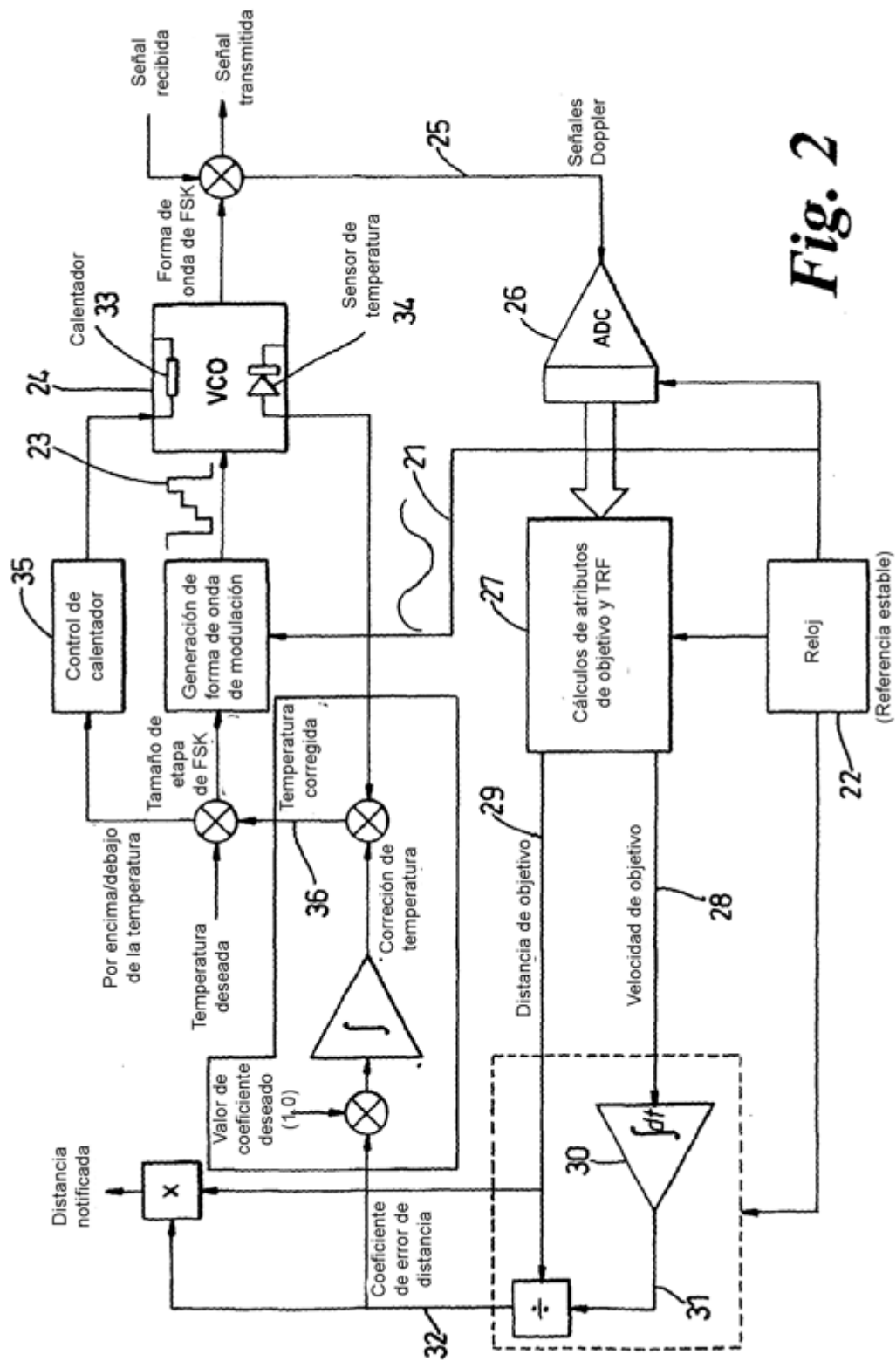


Fig. 2