

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 241**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00	(2006.01)
A61B 5/0205	(2006.01)
A61B 5/04	(2006.01)
A61B 5/0402	(2006.01)
A61B 5/16	(2006.01)
G01N 27/22	(2006.01)
A61B 5/05	(2011.01)
G01R 29/08	(2006.01)
A61B 5/024	(2006.01)
A61B 5/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017 PCT/US2017/015345**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17132514**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017 E 17744973 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2021 EP 3407778**

54 Título: **Sistemas y métodos para detectar cambios físicos sin contacto físico**

30 Prioridad:

27.01.2016 US 201662287598 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2021

73 Titular/es:

**LIFE DETECTION TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
4500 Great America Parkway
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

**LANGLEY, JOHN, B. y
MCILROY, GUY**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 863 241 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

Sistemas y métodos para detectar cambios físicos sin contacto físico

5 **Campo técnico**

Esta solicitud se refiere, en general, al campo técnico de los sistemas de monitorización, y más particularmente, a un sistema de monitorización que detecta cambios físicos sin contacto físico.

10 **Antecedentes de la invención**

El rendimiento de una variedad de sistemas de monitorización puede verse afectado por el lugar donde se coloca un sensor, o sus partes, en relación con un objetivo (p. ej., un ser humano, tal como un adulto, adolescente, niño o bebé) que está siendo monitorizado. Por ejemplo, ciertos sistemas de monitorización pueden requerir que un sensor esté en contacto físico con un objetivo y pueden requerir que una parte adicional (p. ej., un cable de alimentación o de datos) se conecte desde un sensor a un dispositivo de monitorización. Puede haber otras circunstancias en las que el sensor podría usarse para detectar cambios en la ocupación de un asiento de vehículo. En este caso, el sensor también puede detectar signos vitales, p. ej., pulso y/o respiración de un ocupante del asiento sin contacto físico directo.

Los sistemas de monitorización conocidos requieren que un sensor esté en contacto directo con un objetivo. Por ejemplo, un electrocardiograma (ECG) tradicional utiliza electrodos externos para detectar la señal de ECG de un paciente. Los electrodos externos están ubicados en los extremos de los cables y deben colocarse físicamente en un paciente y cerca del corazón del paciente. Esto a menudo requiere el uso de materiales conductores que pueden ser incómodos de conectar y usar, especialmente para la monitorización a largo plazo de un paciente relativamente activo. Estos dispositivos tienen limitaciones importantes. Por ejemplo, el paciente debe estar físicamente conectado al dispositivo. Si el paciente quiere levantarse de la cama, el dispositivo debe desconectarse y luego volver a conectarse al paciente a su regreso, a menudo por un miembro del personal altamente capacitado. Los inconvenientes y retrasos asociados con la instalación de tales sistemas de monitorización tampoco son adecuados para monitorizar objetivos más activos, por ejemplo, un bebé en una cuna o una persona que conduce un vehículo. Aunque hay sistemas de monitorización incorporados en dispositivos tales como pulseras y brazaletes, normalmente necesitan estar en contacto directo con el objetivo y, a menudo, proporcionan información inexacta y una funcionalidad limitada.

Por consiguiente, existe la necesidad de un sistema de monitorización que no requiera que un sensor esté en contacto directo con un objetivo. También existe la necesidad de un sistema de monitorización que pueda ayudar en la gestión de la salud de un objetivo, su aptitud física, el sueño y la dieta mediante la monitorización de los cambios fisiológicos en el cuerpo de una persona. Existe además la necesidad de un sistema de monitorización adecuado para uso a largo plazo que pueda detectar cambios en un objetivo y proporcionar información diagnóstica, pronóstica y prescriptiva oportuna y apropiada.

En el documento de publicación de solicitud de patente US 2010/0152600 A1 se da un ejemplo de sistemas basados en radar como se conocen en el campo.

Sumario

Esta invención, cuyo alcance está definido por las reivindicaciones adjuntas, incluye sistemas y métodos que permiten la detección de cambios físicos dentro de un cuerpo sin contacto físico con, o unión a, el cuerpo. Un cuerpo es una masa de materia distinta de otras masas. Los ejemplos no limitantes de un cuerpo incluyen, por ejemplo, el cuerpo de un ser humano, el cuerpo de un animal, un recipiente, un coche, una casa, etc. Estos cambios pueden ser eventos fisiológicos tales como la función cardíaca en un animal o cambios en las propiedades de un material a granel tal como el grano en un silo. Estos cambios podrían ser cambios dimensionales, tal como los causados por la función de los órganos en un animal, o cambios en la composición del material, tal como el contenido de agua en la madera.

Una característica clave de la técnica de medición utilizada en este instrumento es que la medición se puede realizar en un volumen ampliado de manera que los cambios de múltiples fenómenos se pueden observar simultáneamente. Por ejemplo, se puede lograr detectar al mismo tiempo dos parámetros fisiológicos separados pero relacionados (p. ej., pulso y respiración). La región detectada por este instrumento puede cambiar mediante el diseño del elemento sensor dentro del instrumento. Una extensión adicional de la capacidad de detección masiva es la oportunidad de utilizar un software sofisticado de reconocimiento de firmas por ordenador, tal como los enfoques basados en ondículas, para separar características individuales de la forma de onda compuesta.

La materia objeto divulgada incluye, en un aspecto, un sistema para detectar y analizar cambios en un cuerpo. El sistema incluye un generador de campo eléctrico configurado para producir un campo eléctrico. El sistema incluye un dispositivo sensor externo, acoplado al generador de campo eléctrico, configurado para detectar cambios físicos en el campo eléctrico, donde los cambios físicos afectan a la amplitud y frecuencia del campo eléctrico. El sistema incluye un demodulador en cuadratura, acoplado al generador de campo eléctrico, configurado para detectar cambios de frecuencia de la salida del generador de campo eléctrico y producir una respuesta detectada que incluye un

componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia. El sistema incluye un filtro paso bajo, acoplado al demodulador en cuadratura, configurado para filtrar el componente de alta frecuencia de la respuesta detectada para generar una respuesta filtrada. El sistema incluye una fuente de referencia de amplitud configurada para proporcionar una referencia de amplitud. El sistema incluye un interruptor de comparación de amplitud, acoplado a la

5 fuente de referencia de amplitud y al generador de campo eléctrico, configurado para comparar la referencia de amplitud y la amplitud del campo eléctrico para generar una comparación de amplitud. El sistema incluye un procesador de señal, acoplado al filtro paso bajo y al interruptor de comparación de amplitud, configurado para analizar la respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud.

10 La materia objeto divulgada incluye, en otro aspecto, un método para detectar y analizar cambios en un cuerpo. El método incluye establecer un campo eléctrico alrededor de un área de detección deseada con un generador de campo eléctrico. El método incluye la monitorización de la frecuencia del campo eléctrico con un demodulador en cuadratura. El método incluye detectar cambios en la frecuencia del campo eléctrico con el demodulador en cuadratura. El método

15 incluye monitorizar la amplitud del campo eléctrico. El método incluye detectar cambios en la amplitud del campo eléctrico con una fuente de referencia de amplitud.

La materia objeto divulgada incluye, en otro aspecto más, un medio legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones ejecutables operables para hacer que un aparato establezca un campo eléctrico alrededor de un área de detección deseada con un generador de campo eléctrico. Las instrucciones se pueden operar además para hacer

20 que el aparato monitorice la frecuencia del campo eléctrico con un demodulador en cuadratura. Las instrucciones se pueden operar además para hacer que el aparato detecte cambios en la frecuencia del campo eléctrico con el demodulador en cuadratura. Las instrucciones se pueden operar además para hacer que el aparato monitorice la amplitud del campo eléctrico. Las instrucciones se pueden operar además para hacer que el aparato detecte cambios en la amplitud del campo eléctrico con una fuente de referencia de amplitud.

25 Antes de explicar en detalle realizaciones de ejemplo consistentes con la presente divulgación, debe entenderse que la divulgación no se limita en su aplicación a los detalles de las construcciones y las disposiciones establecidas en la siguiente descripción o ilustradas en los dibujos. La divulgación puede incluir realizaciones además de las descritas y puede practicarse y llevarse a cabo de diversas formas. Además, debe entenderse que la fraseología y terminología empleadas en el presente documento, así como en el resumen, tienen fines descriptivos y no deben considerarse

30 limitativas.

Estas y otras capacidades de las realizaciones de la materia objeto divulgada se entenderán más completamente después de una revisión de las siguientes figuras, descripción detallada y reivindicaciones.

35 Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son solo explicativas y no son restrictivas de la materia objeto reivindicada.

Breve descripción de los dibujos

40 Diversos objetos, características y ventajas de la materia objeto divulgada se pueden apreciar más completamente con referencia a la siguiente descripción detallada de la materia objeto divulgada cuando se considera en relación con los siguientes dibujos, en los que los mismos números de referencia identifican elementos similares.

45 La figura 1 ilustra un sistema para detectar y analizar cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

La figura 2 ilustra una función de transferencia de un demodulador en cuadratura de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

50 La figura 3 ilustra una forma de onda que combina señales de respiración y frecuencia cardíaca de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

55 La figura 4 ilustra un sistema para detectar y analizar cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

La figura 5 ilustra un proceso de detección y análisis de cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

60 La figura 6 ilustra un demodulador en cuadratura de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

La figura 7 ilustra un procesador de señales de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

65 La forma en que los materiales se comportan en un circuito de corriente alterna ("CA") generalmente se describe en

términos de la cantidad de energía almacenada en el material y la cantidad de energía disipada en el material por ciclo. El almacenamiento de energía ocurre tanto en campos eléctricos como magnéticos creados por la corriente. La disipación ocurre en la transformación, en el material, de energía eléctrica a energía térmica, es decir, calor. Estas propiedades pueden variar en una amplia gama según el material. En muchos materiales, las propiedades son predominantemente de un tipo.

La disipación en algunos materiales puede atribuirse a las propiedades del campo magnético de un material y, en otros casos, a las propiedades del campo eléctrico. En casos más generales, ambos mecanismos están presentes. Debido a esto, existe una convención en la que las propiedades de almacenamiento del campo magnético y cualquier disipación relacionada se combinan en una suma vectorial y se denomina permeabilidad. De manera similar, la suma vectorial de las propiedades de almacenamiento del campo eléctrico y la disipación asociada se llama permitividad. Estas sumas vectoriales se expresan como valores complejos en los que la disipación es el componente real y las propiedades de almacenamiento de campo son el componente imaginario. En la presente divulgación, el cambio agregado en las propiedades de un cuerpo se detecta y cuantifica midiendo los cambios en las propiedades electromagnéticas del cuerpo.

Aunque el enfoque descrito aquí funciona detectando cambios en las propiedades electromagnéticas, es decir, cambios en las propiedades eléctricas y magnéticas, en algunas aplicaciones, los cambios significativos ocurren en un solo conjunto de propiedades. Para fines de discusión adicional, el instrumento de esta invención detecta cambios en la permitividad. La detección de cualquier otra propiedad adecuada o combinación de propiedades que sea apreciada por un experto en la materia también está dentro del espíritu y límite de la materia objeto divulgada. El componente disipativo de la permitividad a menudo se expresa como la tangente de pérdida del material, mientras que el término de almacenamiento se llama capacitancia. La medición de estas propiedades se logra detectando el cambio de fase y amplitud de un campo eléctrico generado por el instrumento y causado por las propiedades agregadas de un cuerpo dentro del campo.

La figura 1 ilustra un sistema 100 para detectar y analizar cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación. El sistema 100 incluye un dispositivo sensor externo 102, un generador de campo eléctrico 104, una fuente de referencia de amplitud 106, un modulador en cuadratura 108, un interruptor de comparación de amplitud 110, un filtro paso bajo 114, un procesador de señales 116 y una pantalla 118. Los componentes incluidos en el sistema 100 se pueden dividir además en más de un componente y/o combinarse en cualquier disposición adecuada. Asimismo, uno o más componentes se pueden reorganizar, cambiar, agregar y/o eliminar. En algunas realizaciones, uno o más componentes del sistema 100 pueden fabricarse mediante un circuito integrado de aplicación específica (ASIC).

El generador de campo eléctrico 104 crea un campo eléctrico que ilumina el área de detección deseada. La frecuencia y amplitud de este campo eléctrico está determinada por las características del cuerpo que se está observando. En algunas realizaciones, un componente que determina la frecuencia del generador de campo eléctrico 104 (un circuito resonante que puede estar compuesto por una combinación de elementos inductivos, capacitivos y resistivos) se conecta a un dispositivo externo que crea el campo eléctrico proporcionando la cobertura deseada del cuerpo de material en estudio. En algunas realizaciones, el generador de campo eléctrico 104 puede ser un oscilador, tal como un oscilador de tanque inductor-condensador (LC).

El dispositivo sensor externo 102 puede estar hecho de una amplia variedad de materiales; el único requisito de estos materiales es que sean conductores eléctricos. El dispositivo sensor externo 102 se puede construir en muchas configuraciones mecánicas diferentes para proporcionar una cobertura apropiada de la región deseada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el dispositivo sensor externo 102 puede ser una pluralidad de placas metálicas. En algunas realizaciones, la forma y/o la orientación del dispositivo sensor externo 102 se pueden cambiar según sea necesario.

En algunas realizaciones, no se requiere que el dispositivo sensor externo 102 entre en contacto físico con el cuerpo en estudio. Por ejemplo, el dispositivo sensor externo 102 y la electrónica de soporte podrían instalarse en el asiento del conductor de un camión de carretera para detectar cambios en los indicadores fisiológicos de la somnolencia del conductor y así tomar acciones para prevenir un accidente. En algunas realizaciones, el proceso de detección generalmente se realiza por separado en dos trayectorias: (1) en una primera trayectoria, se detectan los cambios en el componente real de la suma vectorial, p. ej., disipación de energía; (2) en una segunda trayectoria, los cambios relacionados con el componente imaginario (un componente tal como una capacitancia o inductancia en el que la fase de la corriente que fluye en ellos es ortogonal a la corriente en el componente real) se procesan por separado. En algunas realizaciones, los cambios en la amplitud del campo eléctrico se detectan en la primera trayectoria, y los cambios en la frecuencia del campo eléctrico se detectan en la segunda trayectoria. Por lo general, como sabe un experto en la materia, los cambios de fase del campo eléctrico se pueden obtener analizando los cambios de frecuencia del campo eléctrico. Estas dos señales pueden combinarse en un procesamiento posterior de señales para recrear los cambios en la permitividad compleja o mantenerse como señales individuales para un análisis por separado. Estas dos trayectorias se analizan por separado a continuación.

Para detectar cambios en el componente imaginario de la permitividad compleja, la salida del generador de campo eléctrico 104 está conectada al demodulador en cuadratura 108. El demodulador en cuadratura 108 detecta los

cambios de frecuencia de la salida del generador de campo eléctrico 104 y produce una respuesta detectada que incluye un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia. La figura 6 ilustra un demodulador en cuadratura 108 de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación. El demodulador en cuadratura 108 incluye un mezclador 602 y un circuito resonante 604. En la presente divulgación, se describe un mezclador doble equilibrado, pero también se pueden utilizar otros tipos de mezcladores adecuados. Los componentes incluidos en el demodulador en cuadratura 108 se pueden dividir además en más de un componente y/o combinarse en cualquier disposición adecuada. Asimismo, uno o más componentes se pueden reorganizar, cambiar, agregar y/o eliminar.

Una señal de entrada al demodulador en cuadratura 108 se divide en dos trayectorias. Una trayectoria está conectada a un puerto de entrada del mezclador doble equilibrado 602, y la otra trayectoria está conectada al circuito resonante 604. La salida del circuito resonante 604 está conectada al otro puerto de entrada del mezclador doble equilibrado 602. En algunas realizaciones, el circuito resonante 604 incluye un inductor y un condensador. En algunas realizaciones, el circuito resonante 604 incluye un inductor, un condensador y una resistencia. Los componentes de circuito del circuito resonante 604 se pueden conectar en serie, en paralelo o cualquier otra configuración adecuada. El circuito resonante 604 también puede implementarse mediante otras configuraciones de circuito apreciadas por un experto en la materia. En algunas realizaciones, el circuito resonante 604 está sintonizado a la frecuencia central nominal del generador de campo eléctrico 104.

El mezclador doble equilibrado 602 multiplica las dos señales juntas (una señal de la entrada y la otra señal del circuito resonante 604). El producto de las dos señales crea dos componentes en la salida: uno proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias de entrada y otro a la suma de las dos frecuencias de entrada. Cuando hay una diferencia de fase exacta de 90 grados entre las dos señales, la salida del demodulador es cero. Cuando la diferencia de fase es inferior a aproximadamente +/- 90 grados, habrá un componente de CC en la salida del mezclador doble equilibrado 602.

La señal de salida del demodulador en cuadratura 108 se alimenta a un filtro paso bajo 114. El filtro paso bajo 114 es normalmente un circuito analógico que incluye elementos resistivos, inductivos y/o capacitivos que separan la componente de baja frecuencia del modulador en cuadratura 108 del componente de frecuencia mucho más alta generado por el modulador en cuadratura 108. La frecuencia de corte del filtro paso bajo se selecciona para proporcionar una baja atenuación de los componentes de señal deseados mientras se suprimen suficientemente los términos de alta frecuencia. Después del filtrado, la señal está conectada a la unidad de procesamiento de señales 116 que se describe a continuación.

La detección de cambios en la disipación del campo eléctrico se procesa de forma algo diferente a la detección de cambios de frecuencia en el campo eléctrico. En las figuras 1 y 6, la salida del generador de campo eléctrico 104 se multiplica por una versión desfasada de sí mismo producida por el circuito resonante 604. A diferencia de la detección de cambio de fase/frecuencia, las variaciones de amplitud deben compararse con la salida del generador de campo eléctrico 104 sin cambios por el material en estudio. Con referencia nuevamente a la figura 1, se crea una señal de referencia de amplitud midiendo la salida del generador de campo eléctrico 104 en ausencia de cualquier influencia externa y se utiliza para establecer el nivel de salida de la fuente de referencia de amplitud 106.

La fuente de referencia de amplitud 106 es normalmente una referencia de tensión estable en tiempo y temperatura que puede proporcionarse por un componente semiconductor tal como un diodo. La salida de la fuente de referencia de amplitud 106 se alimenta a una entrada del interruptor de comparación de amplitud 110. El interruptor 110, controlado por el procesador de señales 116, conecta alternativamente la fuente de referencia de amplitud 106 y la salida del generador de campo eléctrico 104 al procesador de señales 116. Midiendo la diferencia entre la señal de referencia 106 y la salida del generador de campo eléctrico 104 y, con suficiente información de calibración, puede calcularse la cantidad de energía absorbida, p. ej., disipada, por el material en estudio.

El interruptor de comparación de amplitud 110 funciona muestreando la salida del generador de campo eléctrico 104 a una velocidad al menos dos veces más rápida que la variación más rápida de la amplitud del generador de campo eléctrico 104 y restando el valor de la fuente de referencia de amplitud 106. La salida del interruptor de comparación de amplitud 110 es por tanto igual a la diferencia entre la amplitud del generador de campo eléctrico 104 y la amplitud de la fuente de referencia de amplitud 106.

El procesador de señales 116 toma la salida del filtro paso bajo 114 y extrae los componentes deseados en los formatos deseados para su uso o procesamiento posterior. El procesador de señales 116 también toma la salida del interruptor de comparación de amplitud 110 para analizar los cambios en la amplitud del campo eléctrico. El procesador de señales 116 se puede implementar mediante el uso de circuitos analógicos, digitales o combinados.

La figura 7 ilustra un procesador de señales 116 de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación. El procesador de señales 116 incluye un circuito de muestreo y retención 702, un conversor de analógico a digital (ADC) 704, un procesador de señales digitales 706 y un microcontrolador 708. Los componentes incluidos en el procesador de señales 116 se pueden dividir además en más de un componente y/o combinarse en cualquier disposición adecuada. Asimismo, uno o más componentes se pueden reorganizar, cambiar, agregar y/o eliminar.

El circuito de muestreo y retención 702 está configurado para muestrear una señal de valor continuo y tiempo continuo y retener el valor durante un período de tiempo especificado. Un circuito típico de muestreo y retención 702 incluye un condensador, uno o más interruptores y uno o más amplificadores operacionales. En algunas realizaciones, también se pueden utilizar otras implementaciones de circuito adecuadas.

5 El ADC 704 recibe la salida del circuito de muestreo y retención 702 y la convierte en señales digitales. En algunas realizaciones, el ADC 410 puede tener una alta resolución. Dado que se espera que los cambios en la permitividad global de toda la región dentro del campo eléctrico en muchas aplicaciones posibles sean relativamente lentos, p. ej., menos de unos pocos cientos de hercios, en algunas realizaciones puede ser suficiente submuestrear la salida del generador de campo eléctrico 404 usando el dispositivo de muestreo y retención 406 para hacer muestras cortas que se pueden procesar con el ADC 704 con una frecuencia de muestreo en el intervalo de cinco mil muestras/s. Hay disponibles ADC con resolución de 24 bits o con resolución de 32 bits. En algunas realizaciones, el ADC 704 puede tener otras resoluciones adecuadas.

15 El procesador de señales digitales 706 se puede configurar para procesar la salida del ADC 704. En algunas realizaciones, el procesador de señales digitales 706 puede ser un microprocesador.

20 El microcontrolador 708 se puede acoplar a uno o más componentes del procesador de señales 116. En algunas realizaciones, el microcontrolador 708 puede controlar la frecuencia de muestreo y/o la frecuencia de reloj de uno o más componentes del procesador de señales 116. En algunas realizaciones, el microcontrolador 708 puede emitir señales de comando a los uno o más componentes del procesador de señales 116. En algunas realizaciones, el microcontrolador 708 puede ser un producto genérico de sistema en chip (SOC) de bajo consumo y alto rendimiento. Por ejemplo, el microcontrolador 708 puede ser un procesador basado en ARM, tal como un procesador central ARM Cortex-M4 o cualquier otro modelo adecuado.

25 En referencia a la pantalla 118, la pantalla 118 se puede configurar para mostrar varios resultados generados por el procesador de señales 116. La pantalla 118 puede ser una pantalla táctil, una pantalla LCD y/o cualquier otra pantalla de visualización adecuada o combinación de pantallas de visualización. En algunas realizaciones, la salida del procesador de señales 116 también se puede alimentar a un registrador de datos para el almacenamiento y/o procesamiento de señales.

30 La figura 2 muestra una versión generalizada de la función de transferencia de un demodulador en cuadratura 108 que muestra la relación típica entre la salida de tensión y la frecuencia de la señal de entrada del generador de campo eléctrico 104. El eje horizontal muestra la frecuencia en hercios (Hz) y el eje vertical muestra la salida del demodulador en voltios (V). El centro del eje horizontal 210 indica la frecuencia resonante nominal del circuito resonante 604. Por ejemplo, si la frecuencia resonante nominal del circuito resonante 604 es de 80 MHz, entonces el centro del eje horizontal 210 está a 80 MHz. La pendiente de la región central 202 de la curva se puede hacer bastante lineal para permitir el funcionamiento en un intervalo de frecuencia ampliado mientras ofrece la misma sensibilidad en términos de tensión de salida en función del cambio de fase/frecuencia. La función de transferencia depende matemáticamente solo de la relación de frecuencia/fase entre las dos entradas al mezclador doble equilibrado 108. Esto permite un intervalo amplio y dinámico en la detección de los cambios de fase/frecuencia inducidos por las propiedades del material separados de los cambios en la amplitud debidos a las propiedades disipativas.

45 La figura 2 ilustra el funcionamiento del sensor como podría emplearse en dos aplicaciones diferentes mientras se usa el mismo generador de campo eléctrico 104 y el demodulador en cuadratura 108. En la Región 1 204, el componente de CC, que depende del valor exacto de la frecuencia y la pendiente de la función de transferencia, podría ser, por ejemplo, -1,5 voltios. Si hay pequeñas variaciones en la frecuencia del generador de campo eléctrico 104, también habrá pequeñas variaciones en la tensión de salida del demodulador en cuadratura. Para el ejemplo presente, las variaciones de salida se centrarán en aproximadamente -1,5 voltios. En la Región 2 206, el término CC podría ser, por ejemplo, aproximadamente de +1,0 voltios. Sin embargo, dado que la pendiente de la función de transferencia está muy cerca de ser la misma en ambas regiones, las pequeñas variaciones se centrarán alrededor de 0 voltios.

55 Este es un beneficio importante del enfoque adoptado aquí. Si hay una amplia variedad de materiales, cada uno con propiedades electromagnéticas variables dentro del campo eléctrico, la salida agregada del demodulador en cuadratura 108 puede tener un nivel de CC medio determinado por las contribuciones de todos los materiales dentro de la región del campo eléctrico, manteniendo una función de transferencia esencialmente constante para pequeños cambios en las propiedades del material. La linealidad de pequeña señal permite que los componentes de la señal de componentes separados del material en estudio se combinen linealmente. La combinación lineal de las diversas contribuciones en la forma de onda de salida se puede separar fácilmente en el procesamiento posterior de la señal. En la figura 3 se muestra un ejemplo de una forma de onda combinada que muestra señales de respiración y frecuencia cardíaca (pulso).

65 La figura 3 muestra una señal compuesta por una gran forma de onda, de baja frecuencia, aproximadamente triangular que puede ser típica de la respiración de un cuerpo y una señal que a menudo se ve en un pulso cardíaco de menor amplitud, y mayor frecuencia, y forma de onda más compleja. En la figura 3 la suma lineal de estas dos formas de onda se muestra como el pulso cardíaco de menor amplitud, mayor frecuencia, más complejo "cabalgando" sobre el

componente más grande, más lento, de respiración triangular.

Además del diseño en gran parte analógico descrito anteriormente, también es posible un enfoque "directo a digital". La figura 4 ilustra un sistema 400 para detectar y analizar cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación. El sistema 400 incluye un dispositivo sensor externo 402, un generador de campo eléctrico 404, un dispositivo de muestreo y retención 406, un microcontrolador 408, un ADC 410, un procesador de señales digitales 416 y una pantalla 418. Los componentes incluidos en el sistema 400 se pueden dividir además en más de un componente y/o combinarse en cualquier disposición adecuada. Asimismo, uno o más componentes se pueden reorganizar, cambiar, agregar y/o eliminar. En algunas realizaciones, los componentes incluidos en la figura 4 son similares a los componentes correspondientes descritos en la figura 1 y/o la figura 7.

En algunas realizaciones, el sistema 400 reemplaza la mayoría de los componentes analógicos descritos en la figura 1 con componentes digitales o de señal mixta. El concepto "directo a digital" emplea el ADC 410 accionado por el dispositivo de muestreo y retención 406. En algunas realizaciones, el ADC 410 puede tener una alta resolución. Dado que se espera que los cambios en la permitividad global de toda la región dentro del campo eléctrico en muchas aplicaciones posibles sean relativamente lentos, p. ej., menos de unos pocos cientos de hercios, puede ser suficiente submuestrear la salida del generador de campo eléctrico 404 usando el dispositivo de muestreo y retención 406 para hacer muestras cortas que se pueden procesar con el ADC 410 con una frecuencia de muestreo en el intervalo de cinco mil muestras/s. Tales dispositivos con resolución de 24 bits están fácilmente disponibles, al igual que las versiones de 32 bits a un precio de componente significativamente más alto. En tal sistema, el procesador de señales 416 asumiría las funciones realizadas por el demodulador en cuadratura 108 descrito en la figura 1. Dado que las características del instrumento "directo a digital" serían determinadas por el software en el procesador de señales 416, un solo conjunto de hardware se podría cargar con software especializado para diferentes aplicaciones. Las características programables de un enfoque "directo a digital" podrían permitir economías de escala, reduciendo el coste unitario y abriendo nuevas oportunidades de mercado. En algunas realizaciones, el ADC puede realizarse mediante un circuito integrado de aplicación específica (ASIC).

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 500 de detección y análisis de cambios en un cuerpo de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente divulgación. El proceso 500 se ilustra en conexión con el sistema 100 mostrado en la figura 1 y/o el sistema 400 mostrado en la figura 4. En algunas realizaciones, el proceso 500 puede modificarse, por ejemplo, al hacer que las etapas se puedan reorganizar, cambiar, agregar y/o eliminar.

En la etapa 502, se establece un campo eléctrico alrededor del área de detección deseada. El área de detección deseada normalmente se encuentra alrededor de un cuerpo que se va a monitorizar. En algunas realizaciones, el campo eléctrico se establece utilizando el generador de campo eléctrico 104, que crea un campo eléctrico que ilumina el área de detección deseada. El proceso 500 sigue luego a la etapa 504.

En la etapa 504, se controlan la frecuencia y amplitud del campo eléctrico del área de detección deseada. En algunas realizaciones, el dispositivo sensor externo 102 se usa para monitorizar el área alrededor y dentro del cuerpo. No se requiere que el dispositivo sensor externo 102 entre en contacto físico con el cuerpo en estudio. El proceso 500 sigue luego a la etapa 506.

En la etapa 506, el campo eléctrico del área de detección deseada se procesa y analiza para detectar cualquier cambio. El proceso 500 puede detectar el cambio del campo eléctrico tanto en amplitud como en frecuencia/fase. Por ejemplo, las variaciones de amplitud del campo eléctrico se pueden comparar con la salida del generador de campo eléctrico 104 sin cambios por el material en estudio. Con referencia nuevamente a la figura 1, se crea una señal de referencia de amplitud midiendo la salida del generador de campo eléctrico en ausencia de cualquier influencia externa y se utiliza para establecer el nivel de salida de la fuente de referencia de amplitud 106. La salida de la fuente de referencia de amplitud 106 se alimenta a una entrada del interruptor de comparación de amplitud 110. El interruptor 110, controlado por el procesador de señales 116, conecta alternativamente la fuente de referencia de amplitud 106 y la salida del generador de campo eléctrico 106 al procesador de señales. Midiendo la diferencia entre la señal de referencia y la salida del generador de campo eléctrico 104, y con suficiente información de calibración, se puede determinar la respuesta de comparación de amplitud del campo eléctrico.

El cambio del campo eléctrico en frecuencia/fase puede detectarse y analizarse mediante la configuración del demodulador en cuadratura discutida en relación con la figura 1 y la figura 6. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la salida del generador de campo eléctrico 104 está conectada al demodulador en cuadratura que está configurado para detectar los cambios de frecuencia de la salida del generador de campo eléctrico 104 y producir una respuesta detectada que incluye un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia. La respuesta detectada se alimenta luego a un filtro paso bajo 114 que está configurado para filtrar el componente de alta frecuencia de la respuesta detectada para generar una respuesta filtrada. En algunas realizaciones, una vez que se detectan los cambios en la frecuencia, los expertos en la materia pueden deducir fácilmente los cambios de fase.

La respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud se pueden suministrar entonces a un procesador de señales para un análisis adicional.

5 En algunas realizaciones, el cambio del campo eléctrico se puede analizar bajo el enfoque "directo a digital" descrito en el sistema 400 en relación con la figura 4. La salida del generador de campo eléctrico 404 puede muestrearse y retenerse mediante el dispositivo de muestreo y retención 406 y digitalizarse mediante el ADC 410. La salida digitalizada del ADC 410 puede entonces analizarse por el procesador de señales digitales 416. El proceso 500 sigue luego a la etapa 508.

10 En la etapa 508, el campo eléctrico se puede mostrar para inspección visual. En algunas realizaciones, los cambios del campo eléctrico también se pueden visualizar y registrar. En algunas realizaciones, los cambios del campo eléctrico se pueden extraer para proporcionar características específicas de la función corporal, tal como procesos y condiciones vasculares, procesos y condiciones de respiración, y otras características del material corporal que varían con la permitividad.

15 En algunas realizaciones, el sistema 100 o el sistema 400 pueden incluir un procesador, que puede incluir uno o más núcleos y puede acomodar uno o más subprocesos para ejecutar varias aplicaciones y módulos. El software puede ejecutarse en el procesador capaz de ejecutar instrucciones por ordenador o código informático. El procesador también puede implementarse en hardware usando un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), matriz lógica programable (PLA), matriz de puertas programables en campo (FPGA) o cualquier otro circuito integrado.

20 El procesador se puede acoplar a un dispositivo de memoria, que puede ser un medio legible por ordenador no transitorio, memoria flash, una unidad de disco magnético, una unidad óptica, una PROM, una ROM o cualquier otra memoria o combinación de memorias.

25 El procesador puede configurarse para ejecutar un módulo almacenado en la memoria que está configurado para hacer que el procesador realice varias etapas que se tratan en la materia objeto divulgada.

Las siguientes aplicaciones y/o métodos son ejemplos no limitantes de la aplicación de la materia objeto divulgada.

30 En algunas realizaciones, los cambios en la frecuencia de excitación del condensador se pueden detectar de forma remota para aliviar la necesidad de reducción de datos analógicos en el sensor.

35 En algunas realizaciones, la presión arterial se puede medir aislando una región del cuerpo usando una "rosquilla" de presión y luego liberando la presión y monitorizando el retorno del flujo sanguíneo como resultado. Tradicional significa encerrar una extremidad para cerrar una arteria y monitorizar la presión a la que la arteria se abre a medida que se libera la presión. Con la invención divulgada, se puede determinar una región del cuerpo que excluye la sangre cerrando los capilares (dentro de la región de presión de la "rosquilla") y monitorizando la presión a la que luego se abren nuevamente. Esta simplificación de la aplicación podría aplicarse luego a las circunstancias en el asiento en salas de espera de hospitales/clínicas y similares.

40 En algunas realizaciones, las primeras derivadas se pueden usar para encontrar un patrón recurrente en una señal de serie temporal combinada de latido y respiración, de modo que la señal de respiración se pueda restar de la señal combinada para dejar la señal de latido.

45 En algunas realizaciones, la noción matemática de Entropía (H) se puede utilizar para analizar una señal de latido y extraer información de tiempo de eventos con respecto a la caracterización de los procesos cardíacos.

50 En algunas realizaciones, el análisis de ondículas se puede utilizar para eliminar la ambigüedad de datos de series de tiempo complejas con composiciones de frecuencia muy variables. Las señales que varían su frecuencia en el tiempo son resistentes a un análisis eficaz utilizando técnicas digitales tradicionales tales como la transformada rápida de Fourier (FFT). Las ondículas proporcionan la noción de correlación de patrón corto que se puede aplicar a una ventana deslizante de datos de series de tiempo para proporcionar una segunda serie de tiempo de correlación que indique el momento en el que se encuentra un patrón de prueba u "ondícula" dentro de la primera serie de tiempo.

55 En algunas realizaciones, se puede utilizar una FFT de baja resolución para buscar picos de niveles de potencia en una función de correlación. Este análisis de potencia FFT se utiliza luego para establecer el nivel de corte de correlación y así determinar frecuencias correlacionadas de mayor resolución en función de los niveles de potencia proporcionados por la FFT. La FFT esencialmente filtra las correlaciones por debajo de un nivel de potencia particular para que puedan permanecer señales más fuertemente correlacionadas. Esto proporciona una manera de 'normalizar' de manera eficiente los niveles de potencia entre sí al tratar de separar las señales de baja frecuencia que son relativamente cercanas en frecuencia pero muy separadas en potencia sin tener que aumentar la resolución de la FFT con un tiempo de adquisición de ventana FFT significativamente mayor relacionado.

60 En algunas realizaciones, los filtros de Kalman se pueden usar para procesar el efecto de los cambios en la permitividad según lo indicado por los datos de serie de tiempo, de modo que el filtro relacione el próximo valor predicho en una serie de tiempo para mantener una media móvil utilizable con el propósito de normalizar una señal muy variable de un sensor con alto intervalo dinámico.

En algunas realizaciones, la medición de la temperatura de un cuerpo o sustancia puede obtenerse midiendo la permitividad de dicho cuerpo o sustancia cuando dicha permitividad puede estar correlacionada con la temperatura.

5 En algunas realizaciones, la medición de la presión dentro de un cuerpo, sustancia y/o líquido se puede obtener midiendo la permitividad de dicho cuerpo, sustancia y/o líquido donde tal permitividad puede estar correlacionada con la presión.

10 En algunas realizaciones, los niveles de estrés en un individuo se pueden determinar analizando su movimiento, características de frecuencia cardíaca y respiración usando un sensor remoto, sin contacto, biométrico.

En algunas realizaciones, la calidad de los alimentos en las operaciones de procesamiento y manipulación de alimentos se puede controlar correlacionando las cualidades de los alimentos con la permitividad medida del alimento.

15 En algunas realizaciones, las características (p. ej., turbulencia, flujo, densidad, temperatura) de un fluido (p. ej., pintura, sangre, reactivos, productos derivados del petróleo) se pueden monitorizar correlacionando las características del fluido con las características objetivas del fluido.

20 En algunas realizaciones, se pueden encontrar cavidades y/o impurezas en materiales sólidos. Dicha aplicación se puede utilizar en áreas tales como la detección de delaminación en materiales compuestos, vacíos en materiales de construcción, contaminantes arrastrados y/o la calidad de la mezcla de fluidos.

En algunas realizaciones, se puede encontrar contrabando encerrado dentro de objetos sólidos.

25 En algunas realizaciones, se pueden monitorizar las señales de vida de los bebés en cunas, carritos y/o sillas de coche.

En algunas realizaciones, la presencia y las señales de vida ubicadas en los automóviles pueden detectarse con el fin de brindar una mayor seguridad a los pasajeros, desplegar los airbags y/o evitar olvidarse del bebé.

30 En algunas realizaciones, la sensibilidad de un conductor se puede detectar mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca. En algunas realizaciones, los gestos tales como el movimiento característico de asentir con la cabeza.

35 En algunas realizaciones, se pueden descubrir señales de vida en lugares no autorizados (p. ej., contrabando y/o tráfico).

En algunas realizaciones, la calidad de la fabricación del vidrio se puede evaluar detectando variaciones en el espesor, mala mezcla y/o arrastre de impurezas y/o.

40 En algunas realizaciones, se puede evaluar la naturaleza de la textura y la infraestructura subterránea/subsuperficial (tuberías y similares).

45 En algunas realizaciones, el dispositivo sensor externo divulgado en el presente documento se puede combinar con otros sensores (p. ej., cámara, ecolocalización, presión/peso/acelerómetros) para proporcionar una aplicación mejorada del sensor utilizando la "fusión" del sensor.

50 En algunas realizaciones, se pueden detectar ciertas condiciones corporales. Las condiciones corporales incluyen condiciones corporales relacionadas con funciones del corazón-pulmón, niveles de líquido pulmonar, flujo y función sanguínea, condición y proceso del intestino grueso y delgado, condición de la vejiga (llena/vacía) y proceso (velocidad de llenado/vaciado), edema y condiciones relacionadas con los líquidos, medición de la densidad ósea y cualquier otra condición adecuada o combinación de condiciones.

55 Debe entenderse que la materia objeto divulgada no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y a las disposiciones de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La materia objeto divulgada es capaz de otras realizaciones y de ponerse en práctica y llevarse a cabo de diversas maneras. Además, debe entenderse que la fraseología y la terminología empleadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben considerarse limitantes.

60 De esta manera, los expertos en la materia apreciarán que el concepto, en el que se basa esta divulgación, puede utilizarse fácilmente como base para el diseño de otras estructuras, sistemas, métodos y medios para llevar a cabo los diversos propósitos de la materia objeto divulgada.

65 Aunque la materia objeto divulgada se ha descrito e ilustrado en los ejemplos de realizaciones anteriores, se entiende que la presente divulgación se ha realizado únicamente a modo de ejemplo, y que se pueden realizar numerosos cambios en los detalles de implementación de la materia objeto divulgada. El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para detectar y analizar cambios en un cuerpo, que comprende:
 - 5 un generador de campo eléctrico (104) configurado para producir un campo eléctrico; un dispositivo sensor externo (102), acoplado al generador de campo eléctrico, configurado para detectar cambios físicos en el campo eléctrico, en donde los cambios físicos afectan a la amplitud y frecuencia del campo eléctrico; un demodulador en cuadratura (108), acoplado al generador de campo eléctrico, configurado para detectar cambios de frecuencia de la salida del generador de campo eléctrico y producir una respuesta detectada que incluye un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia; un filtro paso bajo (114), acoplado al demodulador en cuadratura, configurado para filtrar el componente de alta frecuencia de la respuesta detectada para generar una respuesta filtrada; una fuente de referencia de amplitud (106) configurada para proporcionar una referencia de amplitud; un interruptor de comparación de amplitud (110), acoplado a la fuente de referencia de amplitud y al generador de campo eléctrico, configurado para comparar la referencia de amplitud y la amplitud del campo eléctrico para generar una respuesta de comparación de amplitud; y un procesador de señales (106), acoplado al filtro paso bajo y al interruptor de comparación de amplitud, configurado para analizar la respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud.
 - 20 2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el procesador de señales comprende:
 - un circuito de muestreo y retención configurado para muestrear la respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud;
 - un conversor de analógico a digital (ADC), acoplado al circuito de muestreo y retención, configurado para digitalizar una salida del circuito de muestreo y retención;
 - 25 y un procesador de señales digitales, acoplado al ADC, configurado para analizar una salida del ADC.
 3. El sistema de la reivindicación 1, en donde el demodulador en cuadratura comprende:
 - 30 un circuito resonante configurado para producir una entrada en cuadratura basada en la entrada del demodulador en cuadratura;
 - y un mezclador, acoplado al circuito resonante, configurado para (1) mezclar la entrada del demodulador en cuadratura y la entrada en cuadratura y (2) generar una salida del demodulador en cuadratura.
 - 35 4. El sistema de la reivindicación 3, en donde el circuito resonante comprende:
 - un condensador;
 - un inductor;
 - y una resistencia, y opcional o preferentemente, en donde el condensador, el inductor y la resistencia están conectados en paralelo.
 5. El sistema de la reivindicación 3, en donde el mezclador es un mezclador equilibrado y, opcional o preferentemente, en donde el mezclador equilibrado es un mezclador doble equilibrado.
 - 45 6. El sistema de la reivindicación 1, en donde el generador de campo eléctrico comprende un oscilador.
 7. El sistema de la reivindicación 6, en donde el oscilador es un oscilador de tanque inductor-condensador.
 8. El sistema de la reivindicación 1, en donde el dispositivo sensor externo comprende una pluralidad de placas metálicas.
 - 50 9. El sistema de la reivindicación 1, en donde el dispositivo sensor externo está configurado para cambiar su orientación.
 - 55 10. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una pantalla.
 11. Un método para detectar y analizar cambios en un cuerpo, comprendiendo el método:
 - 60 establecer, por un generador de campo eléctrico (104), un campo eléctrico alrededor de un área de detección deseada del cuerpo con el generador de campo eléctrico; detectar, mediante un dispositivo sensor externo (102), cambios físicos en el cuerpo en el campo eléctrico, en donde los cambios físicos afectan a la amplitud y frecuencia del campo eléctrico;
 - monitorizar y detectar, por un demodulador en cuadratura (108), cambios en la frecuencia del campo eléctrico y producir una respuesta detectada con componentes de frecuencia;
 - 65 generar, por un filtro (114), una respuesta filtrada basada en los componentes de frecuencia;
 - generar una respuesta de comparación de amplitud usando un interruptor de comparación de amplitud (110) para

comparar la amplitud del campo eléctrico con una referencia de amplitud de una fuente de referencia de amplitud (106); y analizar, por un procesador (116), la respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud para detectar los cambios físicos en el cuerpo.

5 12. El método de la reivindicación 11, que comprende además visualizar los cambios en al menos la amplitud o la frecuencia del campo eléctrico.

10 13. El método de la reivindicación 11, en donde detectar los cambios en la amplitud del campo eléctrico comprende además comparar la amplitud del campo eléctrico con la referencia de amplitud producida por la fuente de referencia de amplitud.

15 14. El método de la reivindicación 11, en donde detectar los cambios en la frecuencia del campo eléctrico comprende, además:

detectar los cambios de la frecuencia del campo eléctrico y producir una respuesta detectada que incluye un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia; y filtrar el componente de alta frecuencia de la respuesta detectada para generar una respuesta filtrada.

20 15. Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables operables para detectar y analizar cambios en un cuerpo para hacer que un procesador realice operaciones que comprenden:

establecer, por un generador de campo eléctrico (104), un campo eléctrico alrededor de un área de detección deseada del cuerpo;

25 detectar, mediante un dispositivo sensor externo (102), cambios físicos en el cuerpo en el campo eléctrico, en donde los cambios físicos afectan a la amplitud y frecuencia del campo eléctrico;

monitorizar y detectar, por un demodulador en cuadratura (108), cambios en la frecuencia del campo eléctrico y producir una respuesta detectada con componentes de frecuencia; generar, por un filtro, una respuesta filtrada basada en los componentes de frecuencia;

30 generar una respuesta de comparación de amplitud usando un interruptor de comparación de amplitud (110) para comparar la amplitud del campo eléctrico con una referencia de amplitud de una fuente de referencia de amplitud (106); y

analizar, por un procesador (116), la respuesta filtrada y la respuesta de comparación de amplitud para detectar los cambios físicos en el cuerpo.

35

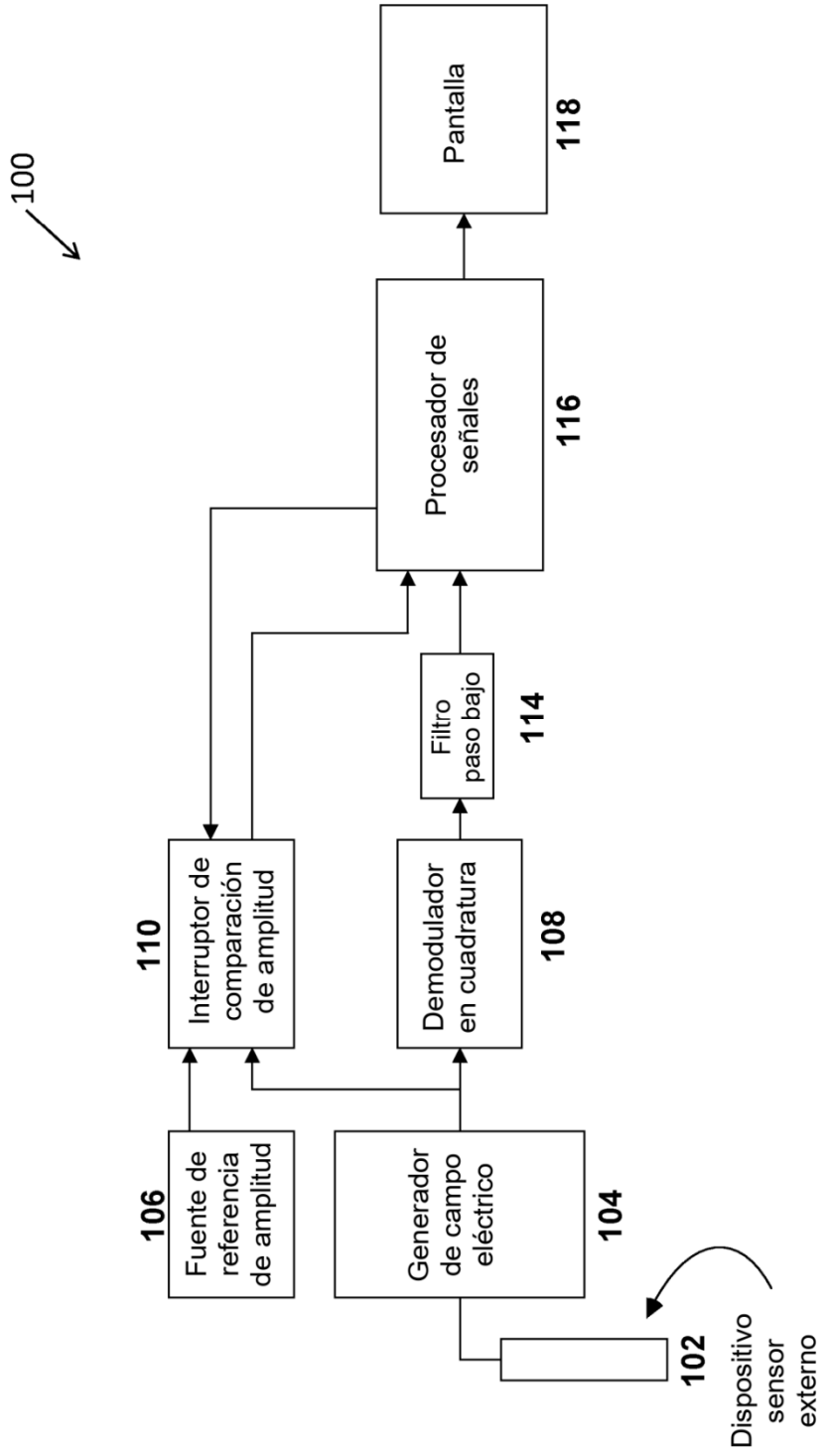


FIG. 1

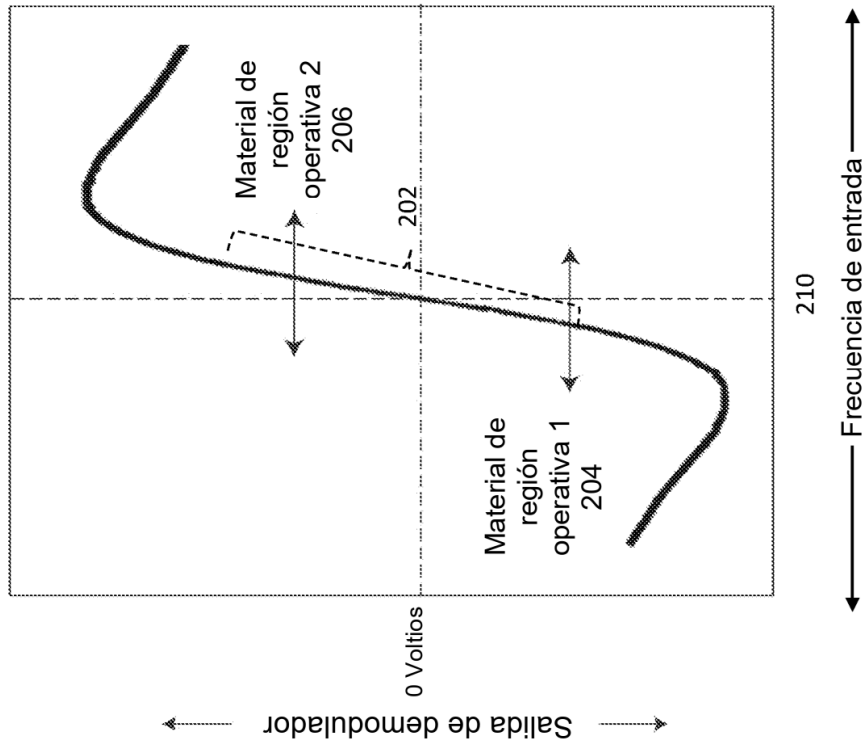


FIG. 2

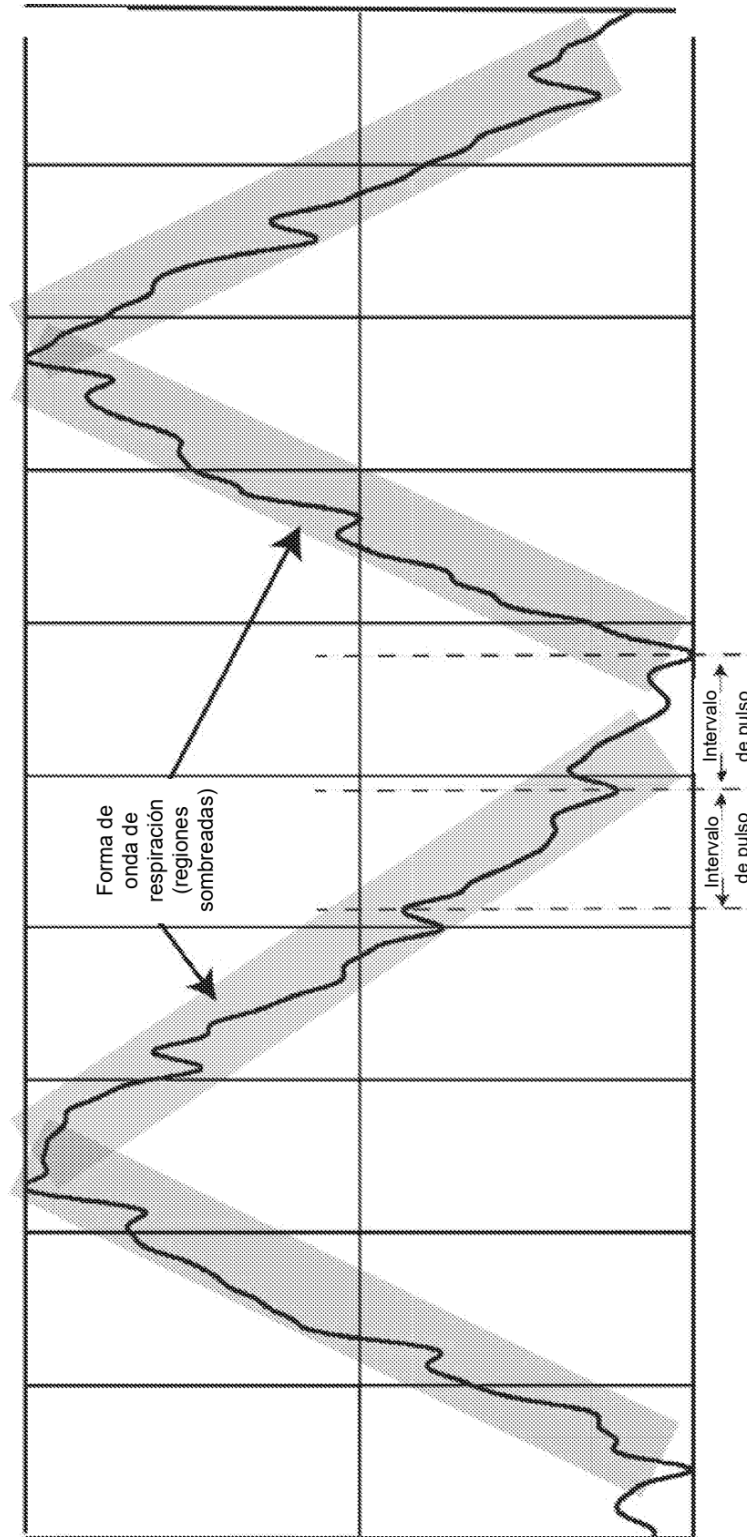


FIG. 3

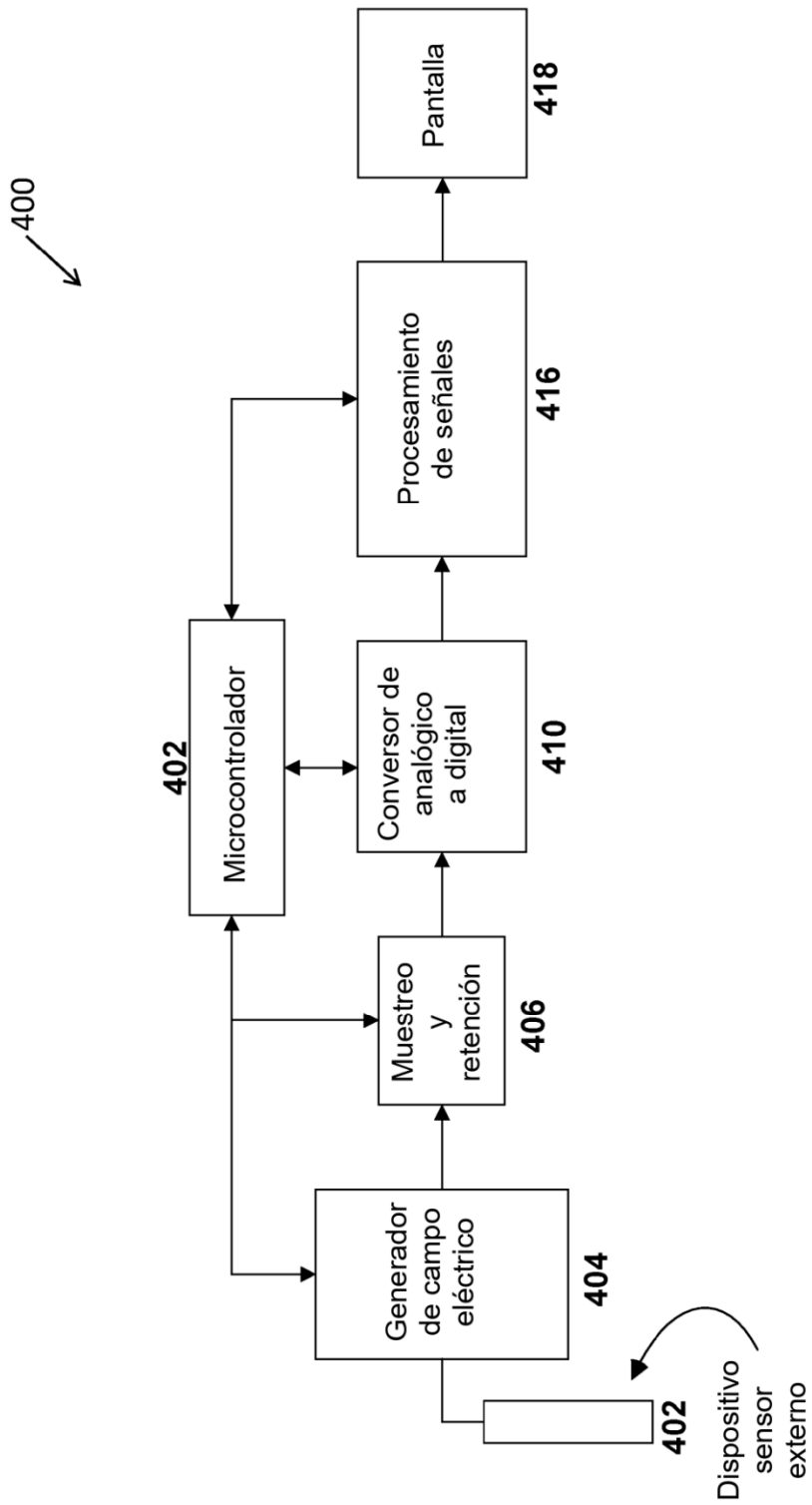


FIG. 4

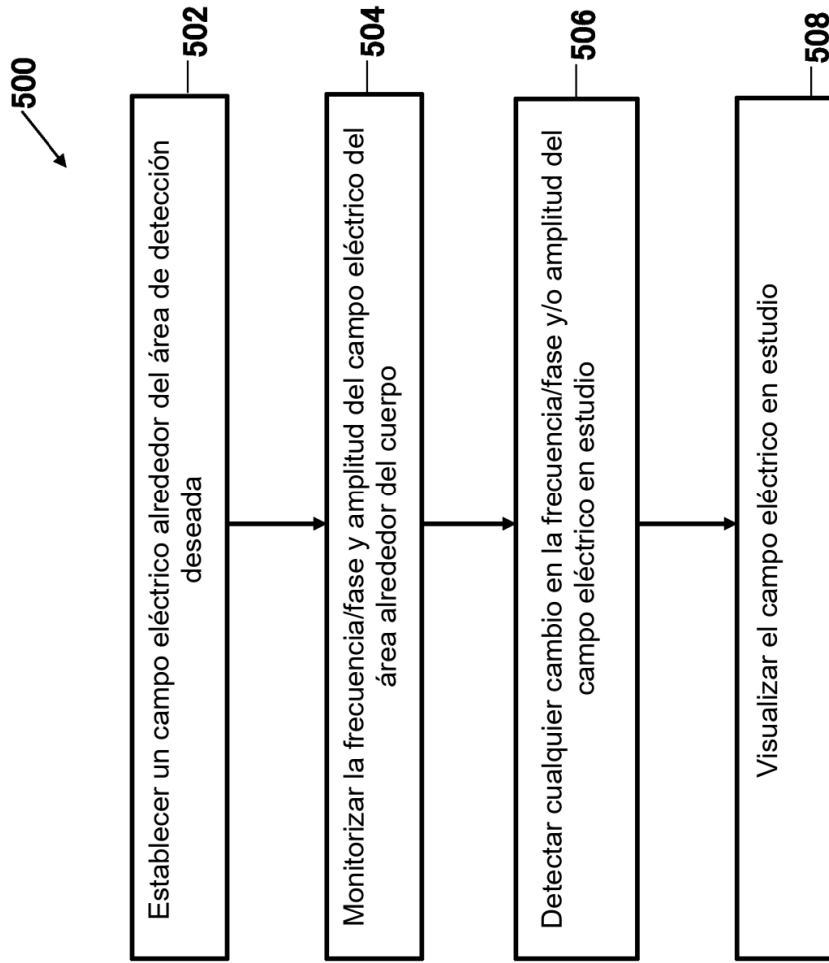


FIG. 5

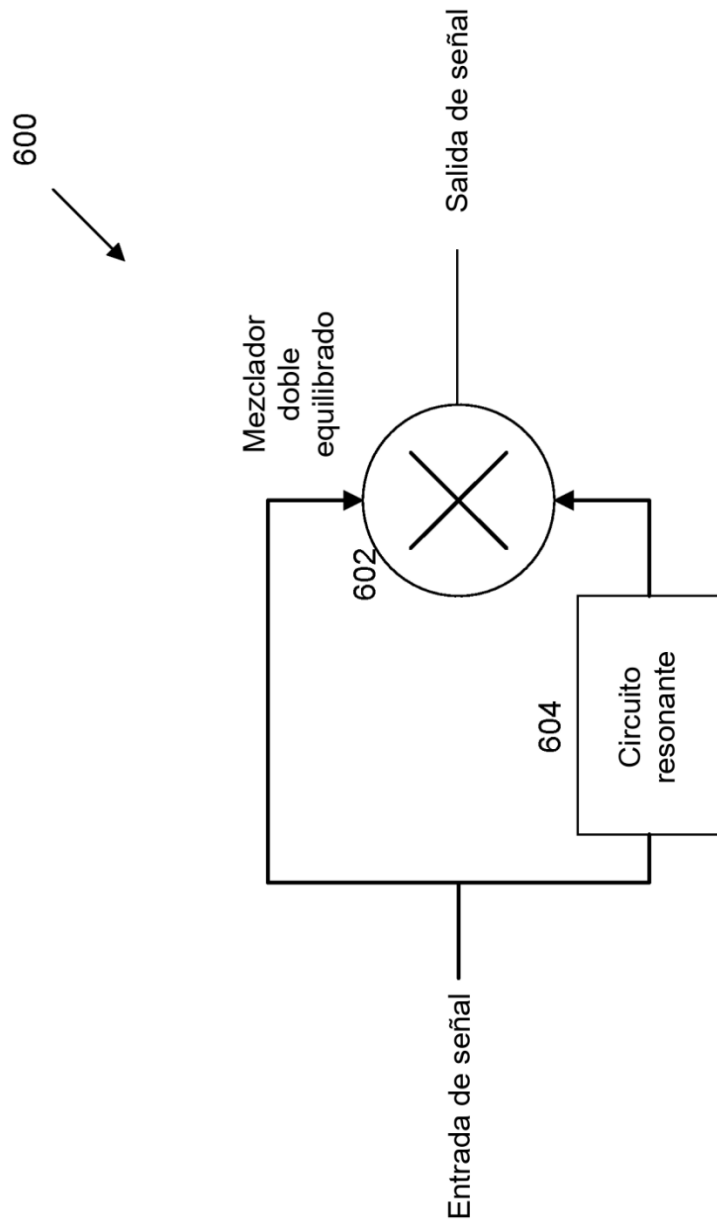


FIG. 6

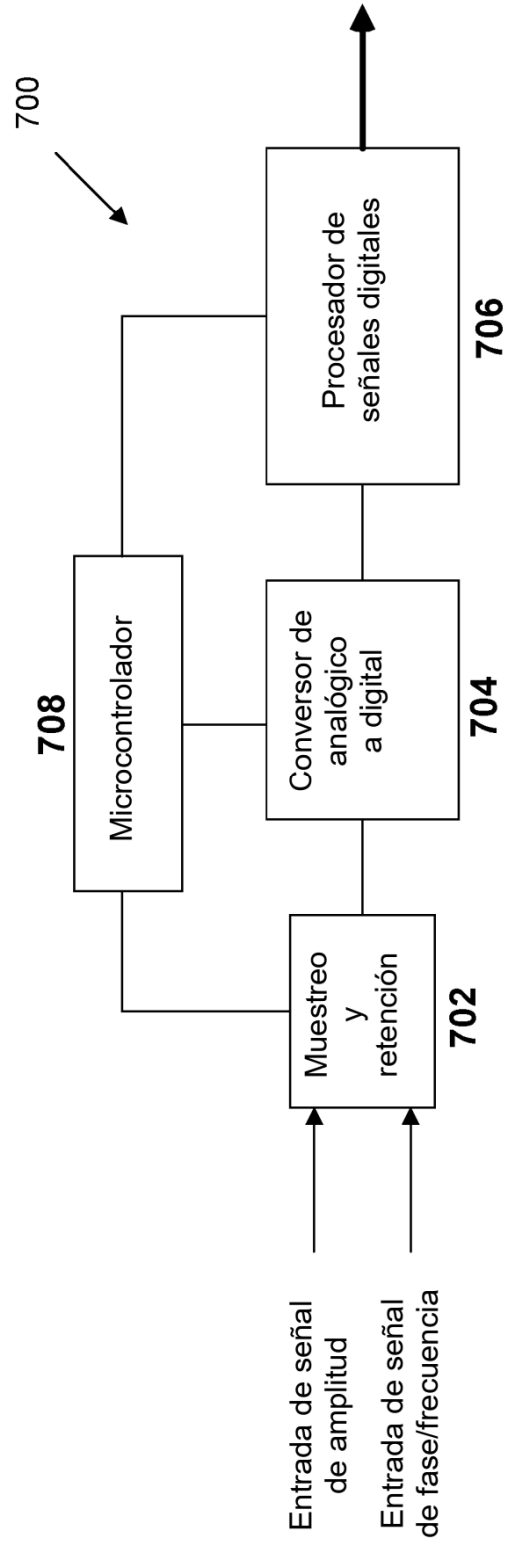


FIG. 7