

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 158**

51 Int. Cl.:

**G01V 3/10** (2006.01)

**G01V 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2019 PCT/US2019/031893**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2019 WO19222067**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2019 E 19803062 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024 EP 3794362**

54 Título: **Detector de metales**

30 Prioridad:

**17.05.2018 US 201862673021 P**  
**09.05.2019 US 201916408459**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.09.2024**

73 Titular/es:

**TARSACCI, LLC (100.0%)**  
**2674 Piedmont Drive**  
**Merced CA 95340, US**

72 Inventor/es:

**GARGOV, DIMITAR**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 980 158 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**

Detector de metales

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a detectores de metales y, más particularmente, a un detector de metales de dominio mixto que aplica funciones de transferencia inversa para mejorar la capacidad de detectar objetivos deseados.

**10 Antecedentes**

Los detectores de metales existen en una diversidad de formas y están diseñados para detectar objetos metálicos deseables, denominados objetivos en el presente documento. Estos incluyen detectores de metales de mano que funcionan con baterías, detectores de metales montados en vehículos, detectores de metales de paso, y así sucesivamente. Un detector de metales típico tiene un sensor de búsqueda compuesto por una bobina de transmisión y una bobina de recepción. En algunos detectores de metales, una única bobina actúa como la bobina de transmisión y como la bobina de recepción. La bobina de transmisión genera una señal de campo magnético variable en el tiempo que excita diversos objetivos tales como monedas, minas, artefactos, y así sucesivamente, que están enterrados en medios tales como suelo, playas de agua salada, arcilla, arena negra, y así sucesivamente. En respuesta a una señal de campo magnético transmitida, los objetivos generan campos magnéticos secundarios. Además, un medio que es conductor, magnético o conductor y magnético también generará su propio campo magnético secundario en respuesta a la señal de campo magnético transmitida. La física es bien conocida.

La bobina de recepción capta una señal de respuesta que es una función de la suma de los campos magnéticos secundarios a partir del objetivo y el medio. Se realiza un procesamiento de señal sobre la señal de respuesta para producir una salida de alerta a un operador para indicar cuándo se detecta un objetivo deseable.

El documento de solicitud de patente US2007/0046288 divulga, por ejemplo, un detector de objetos metálicos con una bobina de transmisión accionada por un pulso de corriente, una bobina de recepción y un circuito de compensación formado por una bobina de compensación que determina una señal generada en la bobina de transmisión y proporciona un nivel de voltaje de corrección a un preamplificador de la señal de la bobina de recepción, para generar una señal compensada con respecto al voltaje generado por el acoplamiento directo entre las bobinas de transmisión y de recepción. El detector de metales comprende además un demodulador de componente resistiva que emite una componente resistiva de la señal compensada y un demodulador de componente reactiva que emite una componente reactiva de la señal compensada.

El documento de solicitud de patente US2012/0025815 divulga un detector de objetos objetivo metálicos, que comprende una bobina de transmisión y una bobina de recepción, un filtro de muesca y/o de paso bajo, un demodulador síncrono de componentes resistiva y reactiva de una señal recibida. El filtro de muesca y/o de paso bajo reducen el ruido magnético ambiental a partir de una señal recibida amplificada eliminando los armónicos superiores antes de que la señal se introduzca en el demodulador síncrono.

Los parámetros de la señal de respuesta se ven afectados por una diversidad de factores que incluyen funciones de transferencia de objetivo y medio, distancia desde el sensor de búsqueda, parámetros de bobinas de sensor de búsqueda, campo magnético de transmisión generado y frecuencia de la señal de transmisión, y así sucesivamente. Los parámetros de las bobinas de sensor de búsqueda incluyen, por ejemplo, las dimensiones de las bobinas, el número de espiras, la resistencia de CC de bobina, y así sucesivamente.

**50 Sumario de la invención**

Para mejorar la técnica anterior, se proporcionan un detector de metales de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de acuerdo con la reivindicación 9.

**55 Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de bloques de un detector de metales.  
 La figura 2, la figura 3, la figura 4, la figura 5, la figura 6, la figura 7, la figura 8, la figura 9, la figura 10 y la figura 11 ilustran formas de onda de diferentes señales de detector de metales resultantes de una señal de excitación de forma de onda cuadrada bipolar y la presencia de medio y objetivo.

**60 Descripción detallada**

El comportamiento electromagnético de un objetivo puede modelarse con una función de transferencia de objetivo que se representa como una suma de una función de transferencia de componente magnética de objetivo y una función de transferencia de componente resistiva de objetivo. De forma similar, el comportamiento electromagnético de un medio puede modelarse con una función de transferencia de medio que se representa como una suma de una función

de transferencia de componente magnética de medio y una función de transferencia de componente resistiva de medio. La señal de respuesta desde un objetivo será una suma de componentes magnética de objetivo y resistiva de objetivo. La señal de respuesta de medio será una suma de componentes magnética de medio y resistiva de medio. Cuando el medio es uniforme, existe una correlación entre las componentes resistiva y magnética de la señal de respuesta de medio. Esto hace que sea relativamente fácil compensar o eliminar la señal de medio no deseada. Cuando el medio no es uniforme, puede haber poca o ninguna correlación entre las componentes resistiva y magnética de la señal de respuesta de medio. Si la señal de medio no deseada no se elimina o se compensa, el rendimiento del detector de metales puede verse afectado al producir salidas falsas positivas al operador, reduciendo el rango detectable de un objetivo deseado, enmascarando completamente una señal de objetivo secundaria o dando como resultado una identificación de objetivo incorrecta.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques simplificado para un detector de metales. El detector de metales usa una función de transferencia inversa de componente resistiva de medio para compensar la componente resistiva de medio y usa funciones de transferencia inversa de componente resistiva de objetivo preestablecidas para identificar apropiadamente el objetivo.

El procesamiento de señal de detector de metales aplica la función de transferencia inversa de la componente resistiva de medio ( $1/W_{mr}$ ) preestablecida a la señal recibida por el receptor del detector de metales y la procesa en el dominio del tiempo para compensar y eliminar de la señal recibida por el receptor del detector de metales la componente resistiva del medio. La señal de respuesta se demodula con demoduladores síncronos en cuadratura resistivos de vector, indicados como R, y reactivos de vector, indicados como X, para analizarse en el dominio de la frecuencia y para eliminar la componente magnética del medio. El demodulador R es más sensible al campo secundario puramente resistivo y el demodulador X es más sensible a las componentes de campo secundario puramente reactivas para la frecuencia de señal de referencia del demodulador. La frecuencia de las señales de referencia de fase de los demoduladores R y X puede ser la frecuencia fundamental o armónica de la señal de excitación del detector de metales según se requiera para analizar el vector de señal de respuesta a esa frecuencia en el dominio de la frecuencia. Pueden usarse múltiples canales paralelos con funciones de transferencia iguales a la función de transferencia de componente resistiva de objetivo invertida y diferentes constantes de temporización preestablecidas discretas para mejorar la identificación de objetivo. El procesamiento de la señal recibida tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia proporciona las ventajas de los detectores de metales en el dominio del tiempo, tales como una buena inmunidad a suelo altamente mineralizado, agua salada, arcilla roja, y así sucesivamente, y proporciona las ventajas de un detector de metales en el dominio de la frecuencia, tales como tiempo de respuesta rápido, buena separación de objetivo, inmunidad a ruido, identificación de objetivo precisa, y así sucesivamente.

Específicamente, la figura 1 muestra que el detector de metales incluye un sensor de búsqueda que tiene un componente transmisor compuesto por una bobina de transmisión 3 y un componente receptor compuesto por una bobina de recepción 6. Por ejemplo, en la figura 1, la bobina de transmisión 3 se modela como un componente inductivo de bobina de transmisión eficaz 2 en serie con un componente resistivo 1. El componente resistivo 1 es la suma de la resistencia de CC de la bobina de transmisión, la resistencia de CC del cable del sensor de búsqueda y una resistencia de salida del amplificador de potencia de voltaje 20. Por ejemplo, un rango típico para la inductancia ( $L_{tc}$ ) del componente inductivo ( $L_{tc}$ ) de bobina de transmisión eficaz 2 es de 200 microhenrios ( $\mu H$ ) a 1000  $\mu H$ . Un rango típico para la resistencia ( $R_{tc}$ ) del componente resistivo 1 es de 0,5 ohmios a 2,0 ohmios.

El amplificador de potencia de voltaje 20, conectado a la bobina de transmisión 3, genera una señal de voltaje que da como resultado una señal de excitación 100 que emana de la bobina de transmisión 3 para producir un campo magnético alterno 302. El campo magnético alterno 302 induce un voltaje en un objetivo 301 e induce un voltaje en un medio 300. Los voltajes inducidos en el objetivo 301 y el medio 300 generan un campo magnético de objetivo secundario 303 y un campo magnético de medio secundario 304. Un generador de temporización 30 presenta una señal de excitación de sistema de forma de onda cuadrada bipolar 126 al amplificador de potencia de voltaje 20 que el amplificador de potencia de voltaje 20 amplifica para producir la señal de excitación 100. A modo de ilustración, la figura 1 muestra un objetivo 301 dentro del medio 300.

La figura 2 muestra una forma de onda 200 de ejemplo de la señal de excitación de sistema de forma de onda cuadrada bipolar 126. La forma de onda 200 tiene un período con una duración 201.

La figura 3 muestra una forma de onda 202 de ejemplo de la señal de excitación 100. La forma de onda 202 también tiene un período con una duración 201. La forma de onda de la señal de excitación puede variar con respecto a lo que se muestra en la figura 3. Por ejemplo, la señal de excitación 100 puede tener una forma de onda cuadrada, una forma de onda cuadrada bipolar, una forma de onda rectangular, una forma de onda rectangular de múltiples niveles u otro tipo de forma de onda.

Como se muestra en la figura 1, una bobina de recepción 6 tiene un componente inductivo 4. El voltaje inducido, la señal de respuesta 305, en el componente inductivo 4 de la bobina de recepción 6 es un producto del campo magnético alterno generado por la bobina de transmisión 3. Este es una suma del campo magnético de objetivo secundario 303 y el campo magnético de medio secundario 304. Un preamplificador 41 amplifica la señal de respuesta 305 y reenvía una señal amplificada 1010 a la circuitería de compensación 42. La circuitería de compensación 42 incluye electrónica

de compensación de función de transferencia de bobina de transmisión que produce una señal detectada 101.

Por ejemplo, la figura 11 muestra una forma de onda 220 de ejemplo para la señal amplificada 1010.

5 Por ejemplo, la figura 7 muestra ejemplos de forma de onda para la señal detectada 101 que ilustran la respuesta de detector de metales al campo magnético de objetivo secundario 303 y al campo magnético de medio secundario 304 en la salida de la circuitería de compensación 42. Para una mejor ilustración, las componentes resistiva y magnética de las formas de onda de medio y de objetivo están separadas. Una forma de onda 211 representa la respuesta a partir de la componente resistiva de medio ( $M_{mr}$ ). Una forma de onda 212 representa la respuesta a partir de la  
10 componente magnética de medio ( $M_{m}$ ). La forma de onda 209 representa la respuesta de objetivo no ferroso. Para simplificar la representación, en este ejemplo, el objetivo es no ferroso (la componente magnética de objetivo es cero).

Como se muestra en la figura 1, un módulo de detector de metales 8 incluye un módulo de muesca 7. El módulo de muesca 7 se usa para eliminar por filtrado de la señal detectada 101 la componente resistiva de medio. El módulo de  
15 muesca 7 incluye una electrónica de compensación de componente resistiva de medio 51, con una función de transferencia igual a la función de transferencia inversa de componente resistiva del medio y una constante de temporización ajustable, y una puerta 52. Se usa un regulador 54 para ajustar la constante de temporización preestablecida del circuito de compensación de componente resistiva de medio 51 ( $T_{mic}$ ) a la constante de temporización de la función de transferencia de componente resistiva de medio. El circuito de compensación de  
20 componente resistiva de medio 51 genera una señal de salida 102.

La figura 8 muestra formas de onda de ejemplo para la señal de salida 102. Las formas de onda incluyen la forma de onda de objetivo 216 que representa el campo magnético secundario a partir del objetivo, incluye la forma de onda de componente resistiva de medio 215 que representa la componente resistiva ( $M_{mr}$ ) para el medio e incluye la forma de  
25 onda de componente magnética de medio 218 que representa la componente magnética ( $M_{mm}$ ) para el medio.

El generador de temporización 30 genera una señal de control de puerta 120 para controlar la puerta 52 para producir la señal de salida de puerta 103. Cuando la señal de control de puerta 120 está a valor alto, la puerta de control 52 está abierta y la señal de salida 102 pasa a través de la puerta de control 52. Cuando la señal de control de puerta  
30 120 está a valor bajo, se bloquea la señal de salida 102. Un filtro de paso bajo de rechazo de ruido 53 filtra la señal de salida de puerta 103. Por ejemplo, el filtro de paso bajo de rechazo de ruido 53 tiene una frecuencia de corte entre 60 kHz y 70 kHz.

La figura 6 muestra una forma de onda 205 de ejemplo para la señal de control digital 120. En la forma de onda 205, cada flanco descendente está alineado con una transición (o bien un flanco descendente o bien un flanco ascendente) de la forma de onda 200 para la señal de excitación de sistema de forma de onda cuadrada bipolar 126, mostrada en la figura 2. En la forma de onda 205, un flanco descendente es seguido por un flanco ascendente después de la anchura de tiempo de señal de control digital 206.  
35

40 La figura 9 muestra formas de onda de muestra para la señal de salida de puerta 103. Las formas de onda incluyen la forma de onda de objetivo 217 que representa el campo magnético secundario a partir del objetivo e incluye la forma de onda de componente magnética de medio 219 que representa la componente magnética ( $M_{mm}$ ) para el medio.

El módulo de detector de metales 8 también incluye demoduladores síncronos de componente resistiva (R) y reactiva (X) de vector de señal en cuadratura 103 que consisten en un demodulador de componente resistiva (R) de vector 61 y un demodulador de componente reactiva (X) de vector 62. El filtro de paso bajo de rechazo de ruido 53 reenvía la señal filtrada al demodulador de componente resistiva de vector 61 de la señal y a un demodulador de componente reactiva de vector 62 de la señal. El demodulador 61 y el demodulador 62 incluyen, cada uno, un filtro de paso bajo (LPF) con, por ejemplo, una frecuencia de corte de 15 Hz a 20 Hz. Los filtros de paso bajo dentro del demodulador 61 y el demodulador 62 filtran todos los productos no deseados a partir del proceso de demodulación. El generador de temporización 30 proporciona una señal de referencia 124 en fase (con la señal 126 con la forma de onda 200) con la forma de onda 203 recibida en una entrada 129 del demodulador 61 y una cuadratura a la señal 126 con la señal de referencia 125 de la forma de onda 200 con la forma de onda 204 recibida en una entrada 130 del demodulador 62. El demodulador 61 produce una señal de salida 127 que es proporcional a la componente resistiva de vector de la señal de salida de puerta 103, para la señal de salida de puerta 103 que tiene una frecuencia fundamental con una duración de período 201. El demodulador 62 produce una señal de salida 128 que es proporcional a la componente reactiva de vector para la frecuencia fundamental de la señal de salida de puerta 103 con una duración de período 201.  
50  
55

60 La figura 4 muestra una forma de onda de ejemplo 203 de la señal de referencia en fase 124. La figura 5 muestra una forma de onda de ejemplo 204 de la señal de referencia en cuadratura 125. Tanto la forma de onda 202 como la forma de onda 203 tienen un período con una duración 201.

Un convertidor analógico-digital (ADC) de múltiples canales 70 digitaliza señales de salida desde el demodulador 61 y el demodulador 62 para proporcionar señales digitalizadas para un procesamiento de señal adicional por un procesador de señales digitales (DSP) y un módulo de control 80.  
65

Un módulo indicador 90, conectado al DSP y al módulo de control 80, produce una señal de detección de metales deseable para el operador cuando se detecta un objetivo deseado. En algunas realizaciones, el generador de temporización 30 puede incorporarse en el DSP y el módulo de control 80.

5 Por ejemplo, introducir múltiples módulos con funciones de transferencia con constantes de temporización preestablecidas y analizar las señales compuestas de módulos aumenta la resolución usada en la determinación de una constante de temporización (Tt) para la función de transferencia de componente resistiva de objetivo y permite la identificación del objetivo.

10 Esto se ilustra en la figura 1 mediante un módulo de detector de metales 8a y un módulo de detector de metales 8n que representan cualquier número de múltiples módulos 8a ... 8n con los módulos de muesca de componente resistiva de objetivo 7a ... 7n internos. La función de transferencia de los circuitos de compensación de componente resistiva de objetivo 51a ... 51n de los módulos 7a ... 7n es la función de transferencia invertida de componente resistiva de objetivo y diferentes constantes de temporización T51a ... T51n preestablecidas. Analizar el producto de las señales compuestas S7a ... S7n de las salidas del módulo 8a ... 8n permite la determinación de la constante de temporización (Tt) para el objetivo y la identificación de objetivo.

20 La figura 1 muestra la señal de salida de puerta 103 que proporciona una entrada al circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51a de un módulo de muesca 7a dentro del módulo de detector de metales 8a y proporciona una entrada al circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de objetivo 51n de un módulo de muesca 7n dentro del módulo de detector de metales 8n. El módulo de muesca 7a se usa para eliminar por filtrado la componente resistiva del objetivo con una constante de temporización de la función de transferencia igual a la constante de temporización preestablecida de la función de transferencia del circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51a, aún presente en la señal de salida de puerta 103. De forma similar, el módulo de muesca 7n se usa para eliminar por filtrado la componente resistiva de otro objetivo con una constante de temporización de la función de transferencia igual a la constante de temporización preestablecida de la función de transferencia del circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51n, aún presente en la señal de salida de puerta 103.

30 El generador de temporización 30 genera una señal de control de puerta digital 121 para controlar una puerta 52a para producir la señal de salida de puerta 103a y para controlar una puerta 52n para producir la señal de salida de puerta 103n. Cuando la señal de control de puerta 121 está a valor alto, las puertas están abiertas y las señales pasan a través de las puertas. Cuando la señal de control de puerta 121 está a valor bajo, se bloquean las señales.

35 La figura 10 muestra una forma de onda 207 de ejemplo para la señal de control digital 121 usada para controlar las puertas 52a ... 52n. Cada flanco descendente para la forma de onda 207 para la señal de control digital 121 está alineado con un flanco descendente correspondiente de la forma de onda 205 para la señal de control digital 120, mostrada en la figura 6. En la forma de onda 207, un flanco descendente es seguido por un flanco ascendente después de una duración de tiempo 208 en donde la duración de tiempo 208 es mayor que la anchura de tiempo de señal de control digital 206 de la forma de onda 205.

45 Una entrada del filtro de paso bajo (LPF) de reducción de ruido 53a recibe la señal de salida de puerta 103a desde la salida de puerta 52a. Por ejemplo, el LPF 53a tiene una frecuencia de corte entre 60 kHz y 70 kHz. Se usa una salida del LPF 53a para accionar los demoduladores síncronos de Ra y Xa en cuadratura 61a y 62a. El generador de temporización 30 proporciona la señal de referencia en fase 124 recibida en una entrada 129a del demodulador 61a y la señal de referencia en cuadratura 125 recibida en una entrada 130a del demodulador 62a. El demodulador 61a produce una señal de salida 127a que es proporcional a la componente resistiva de vector de la señal 103a de la señal de salida de puerta 103a. El demodulador 62a produce una señal de salida 128a que es proporcional a la componente reactiva de vector de la señal 103a.

50 Aunque la figura 1 muestra el generador de temporización 30 que proporciona el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de señal de transmisión fundamental 124 y 125 al demodulador 61a y al demodulador 62a, en su lugar puede proporcionarse uno de los pares de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión. Los demoduladores 61a y 62a incluyen un filtro de paso bajo (LPF) con, por ejemplo, una frecuencia de corte de 15 Hz a 20 Hz. Los LPF de los demoduladores 61a y 62a filtran todos los productos no deseados a partir del proceso de demodulación. Por ejemplo, los pares de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión que son generados por el generador de temporización 30 se representan en la figura 1 por el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión 124a y 125a, y por el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión 124n y 125n.

65 Una entrada del LPF de reducción de ruido 53n recibe la señal de salida de puerta 103n desde la salida de puerta 52n. Se usa una salida del LPF 53n para accionar los demoduladores síncronos de Rn y Xn en cuadratura 61n y 62n. Los demoduladores 61n y 62n incluyen un filtro de paso bajo (LPF) con, por ejemplo, una frecuencia de corte de 15 Hz a 20 Hz. Los LPF de los demoduladores 61n y 62n filtran todos los productos no deseados a partir del proceso de

demodulación. El generador de temporización 30 proporciona una señal de referencia en fase 124n recibida en una entrada 129n del demodulador 61n y una señal de referencia en cuadratura 125n recibida en una entrada 130n del demodulador 62n. El demodulador 61n produce una señal de salida 127n que es proporcional a la componente resistiva de vector de la señal de salida de puerta 103n. El demodulador 62n produce una señal de salida 128n que es proporcional a la componente reactiva de vector.

Aunque la figura 1 muestra el generador de temporización 30 que proporciona el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de señal de transmisión fundamental 124 y 125 al demodulador 61n y al demodulador 62n, en su lugar puede suministrarse uno de los pares de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión. Estos se representan en la figura 1 por el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión 124a y 125a, y por el par de señales de referencia en cuadratura de frecuencia de armónicos de señal de transmisión 124n y 125n.

Por ejemplo, cada uno de los módulos de detector de metales 8a ... 8n son módulos idénticos con diferentes constantes de temporización T51a ... T51n preestablecidas de los circuitos de compensación de componente resistiva de objetivo 51a ... 51n según se determina por los circuitos de compensación de componente resistiva de objetivo 51a ... 51n. La disposición de conexión en paralelo de los módulos de detector de metales 8a ... 8n mejora la resolución de identificación de componente resistiva de objetivo. Las entradas de los módulos de detector de metales 8a ... 8n están conectadas a la señal de salida de puerta 103, libre de la componente resistiva de medio, y las salidas 127a ... 127n y las salidas 128a ... 128n están conectadas, todas ellas, al ADC de múltiples canales 70 para la digitalización.

El número de módulos puede variarse para dar una resolución suficiente para un objetivo previsto. Por ejemplo, cuando el objetivo es una moneda, de tres a cuatro módulos de detector de metales 8a ... 8n con diferentes constantes de temporización T51a ... T51n proporcionan una resolución suficiente para una buena identificación del objetivo en donde  $T51a < T51b < \dots < T51n$ , y en donde las constantes de temporización T51a ... T51n están en el rango de 10 microsegundos ( $\mu s$ ) a 200  $\mu s$ .

El DSP y el módulo de control 80 evalúan señales digitalizadas resultantes del ADC de múltiples canales 70. Las señales se analizan como un sistema de funciones de transferencia. Por ejemplo, para detectar objetivos de tipo moneda, la frecuencia fundamental de señal de transmisión de la señal de excitación 100 puede estar en el rango de 5 kHz a 30 kHz.

El detector de metales, el objetivo y el medio se analizarán como un sistema. A continuación, se da un análisis de ejemplo para una señal de excitación de sistema de forma de onda cuadrada bipolar 126 con la presencia del medio 300 y el objetivo 301. Para simplificar el análisis, se desprecian la frecuencia finita de la electrónica de recepción y el tiempo de respuesta de impulso finito. La ecuación 1 a continuación representa el voltaje  $U_{101}$  en forma compleja para la señal detectada 101. La señal de excitación 100 con el voltaje  $U_{100}$  y una forma de onda cuadrada bipolar es la señal de excitación de sistema. La función de transferencia del medio se representa como una suma de la función de transferencia de componente resistiva de medio  $W_{mr}$  multiplicada por el coeficiente de acoplamiento de componente resistiva de medio  $K_{mr}$  y la función de transferencia de componente magnética de medio  $W_{mm}$  multiplicada por el coeficiente de acoplamiento de componente magnética de medio  $K_{mm}$ . La función de transferencia de objetivo se representa como una suma de la función de transferencia de componente resistiva de objetivo  $W_r$  y la función de transferencia de componente magnética de objetivo  $W_{tm}$  multiplicada por el coeficiente de acoplamiento de objetivo  $K_t$ .

Ecuación 1

$$U_{101} = sU_{100}K_s W_{tcc} W_{tc} [(W_{tr} + W_{tm})K_t + W_{mr}K_{mr} + W_{mm}K_{mm}]$$

Para  $W_{tcc} = \frac{1}{W_{tc}}$

Ecuación 2

$$U_{101} = sU_{100}K_s [(W_{tr} + W_{tm})K_t + W_{mr}K_{mr} + W_{mm}K_{mm}]$$

Ecuación 3

$$U_{102} = sU_{100}K_s [W_{mrc}(W_{tr} + W_{tm})K_t + W_{mr}W_{mrc}K_{mr} + W_{mm}W_{mrc}K_{mm}]$$

Para  $W_{mrc} = \frac{1}{W_{mr}}$

Ecuación 4

$$U_{102} = sU_{100}K_sW_{mrc}K_t(W_{tr} + W_{tm}) + sU_{100}K_sK_{mr} + sU_{100}K_sW_{mm}W_{mrc}K_{mm}$$

Ecuación 5

5

$$U_{mrpr} = sU_{100}K_sK_{mm}$$

Ecuación 6

$$U_{mmpr} = sU_{100}K_sW_{mm}W_{mrc}K_{mm}$$

Ecuación 7

10

$$U_{103} = sU_{100}K_sW_{mrc}K_t(W_{tr} + W_{tm}) + sU_{100}K_sK_{mm}W_{mm}W_{mrc}$$

Ecuación 8

$$W_{trc} = \frac{1}{W_{tr}}$$

En las Ecuaciones 1 a 8 anteriores, se usa la siguiente notación:

15  $W_{tc} = 1/(sTtc + 1)$  - función de transferencia de bobina de transmisión con constante de temporización

$$T_{tc} = L_{tc}/R_{tc};$$

- 20  $W_{tcc}$  -- función de transferencia de la electrónica de compensación de bobina de transmisión 42;  
 $W_{mr}$  - función de transferencia de componente resistiva de medio;  
 $W_{mm}$  -- función de transferencia de componente magnética de medio;  
 $K_{mr}$  -- coeficiente de acoplamiento de componente resistiva de medio  
 $K_{mm}$  -- coeficiente de acoplamiento de componente magnética de medio  
25  $W_{mrc}$  -- función de transferencia de la electrónica de compensación de componente resistiva de medio 51;  
 $W_{tr}$  -- función de transferencia de componente resistiva de objetivo;  
 $W_{tm}$  -- función de transferencia de componente magnética de objetivo  
 $W_{trc}$  - función de transferencia de la electrónica de compensación de componente resistiva de objetivo 51a ... 51n  
 $K_t$  - coeficiente de acoplamiento de objetivo  
30  $K_s$  -- ganancia de sistema;  
 $s$  -- variable de frecuencia compleja.

Para eliminar la influencia de la función de transferencia de bobina de transmisión, la  $W_{tc}$  se preestablece para

$$W_{tcc} = \frac{1}{W_{tc}}$$

35 y el resultado para  $U_{101}$  es la Ecuación 2 (los valores prácticos para  $T_{tc}$  están entre 400 y 1000  $\mu$ s). El voltaje  $U_{102}$  para la señal de salida 102 se da en la Ecuación 3 con una forma de onda tal como la mostrada en la figura 7. La función de transferencia de compensación de componente resistiva para la constante de temporización del medio 300 se preestablece en el circuito de compensación de componente resistiva de medio 51 con el regulador

54 para que sea igual a la constante de temporización de la componente resistiva de medio  $W_{mrc} = \frac{1}{W_{mr}}$  y el resultado para  $U_{102}$  se muestra calculado mediante la Ecuación 4.

40 El producto de la componente resistiva de medio  $U_{mrpr}$  se calcula en la Ecuación 5 como un elemento derivado con solo  $U_{100}$  como variable. Para  $U_{100}$  con una forma de onda cuadrada bipolar de transitorios rápidos y debido al tiempo de transitorio de  $U_{100}$  finito, la respuesta de frecuencia de sistema finita, el tiempo de respuesta finito de sistema y el

$W_{mrc}$  no es exactamente igual a  $\frac{1}{W_{mr}}$ , el  $U_{mmpr}$  tendrá una forma de onda de decaimiento rápido. El resultado es la

forma de onda de medio 215 para la señal de salida 102, como se muestra en la figura 8. Para los casos en los que  $U_{100}$  tiene una forma de onda cuadrada, una forma de onda rectangular o una forma de onda rectangular de múltiples niveles, el resultado será el mismo.

5 Para eliminar completamente la componente resistiva para el medio 300, la puerta 52 ha de estar cerrada durante un período de tiempo corto, por ejemplo, de 2 microsegundos ( $\mu\text{s}$ ) a 4  $\mu\text{s}$ . Esto se ilustra en la figura 6 para la puerta 52, la forma de onda 205 de la señal de control digital 120 tiene un flanco descendente alineado con el transitorio de cada señal 126 y la anchura de tiempo de señal de control digital 206.

10 La señal de salida de puerta 103, generada por la puerta 52, está libre de la componente resistiva del medio 300. La ecuación 7 es una ecuación aproximada para el voltaje  $U_{103}$  para la señal de salida de puerta 103. La componente magnética de medio  $U_{mmp}$  restante, representada en la Ecuación 6, se anula sumando la componente de vector reactiva ponderada (la señal de salida 128) y la componente resistiva (la señal de salida 127), en el dominio de la frecuencia. La señal compuesta S7 resultante indicará la presencia de objetivo. La señal S7 es una señal interna para el módulo 80. La fase vectorial de la señal 103 proporciona la información de identificación de objetivo (ID).

15 La entrada al módulo de muesca 7a es la señal de salida de puerta 103, que estará libre de la componente resistiva a partir del medio 300. La ecuación 8 de la función de transferencia del circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51a es la función de transferencia de componente resistiva de objetivo invertida con la constante de temporización T51a preestablecida.

20 Si la constante de temporización de la función de transferencia de componente resistiva para el objetivo 301 es igual a la constante de temporización T51a de la función de transferencia del circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51a para el circuito de compensación de componente resistiva de objetivo 51a, la respuesta de salida a la componente resistiva del objetivo (debido a: tiempo de transitorio de  $U_{100}$  finito, respuesta de frecuencia de sistema finita, tiempo de respuesta finito de sistema) tendrá una forma de onda de decaimiento rápido. Para eliminarla completamente, la puerta 52a ha de cerrarse durante un período de tiempo 208 corto como se ilustra en la figura 10 y como se controla mediante la señal de control digital 121. La duración de tiempo 208 es de uno a tres microsegundos mayor que la anchura de tiempo de señal de control digital 206. La anulación de componente magnética de medio restante se hace sumando la componente de vector reactiva ponderada (la señal 128a) y la componente resistiva (la señal 127a) para el módulo de detector de metales 8a. La señal compuesta S7a resultante estará libre de la componente magnética para el medio 300. La señal compuesta S7a para objetivos con una constante de temporización de la función de transferencia de componente resistiva  $T_t$  será:

- 35 A:  $T_{51a} > T_t$  == negativa  
 B:  $T_{51a} = T_t$  == cero  
 C:  $T_{51a} < T_t$  == positiva.

40 De esta forma, múltiples módulos 8a ... 8n con unas constantes de temporización T51a ... T51n preestablecidas y analizar las señales compuestas de módulos S7a ... S7n permite la determinación del rango de la constante de temporización  $T_t$  y la identificación del objetivo 301.

45 El análisis anterior divulga y describe métodos y realizaciones meramente ilustrativos. Como entenderán los familiarizados con la materia, la materia objeto divulgada puede materializarse en otras formas específicas. En consecuencia, la presente divulgación pretende ser ilustrativa, pero no limitante, del alcance de la invención, que se expone en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un detector de metales para detectar cuándo un objetivo que es un objeto metálico deseable se encuentra dentro de un medio, que comprende:

5 un transmisor (3) configurado para transmitir una señal de campo magnético (302) al medio;  
 un receptor (6) configurado para recibir una señal de respuesta (305) desde el medio, incluyendo la señal de respuesta una señal de respuesta de medio secundaria (304) desde el medio e incluye una señal de respuesta de objetivo secundaria (303) desde el objetivo cuando el objetivo se encuentra dentro del medio;  
 10 un preamplificador (41) configurado para amplificar la señal de respuesta para producir una señal amplificada;  
 circuitería de compensación (42) configurada para realizar una compensación de función de transferencia de bobina de transmisión sobre la señal amplificada para producir una señal compensada;  
 caracterizado por que el detector de metales comprende además:

15 un módulo de muesca (7) configurado para eliminar de la señal compensada una componente resistiva de la señal de respuesta de medio secundaria;  
 un demodulador de componente resistiva de vector de señal (61) configurado para producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del módulo de muesca;  
 20 un demodulador de componente reactiva de vector (62) configurado para producir una señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del módulo de muesca;  
 un convertidor analógico-digital (70) configurado para digitalizar la salida del demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector para producir señales digitales;  
 y  
 25 un procesador de señales digitales (80) configurado para procesar las señales digitales, en donde el módulo de muesca (7) incluye:

un circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de medio (51);  
 una puerta (52), estando configurados la puerta y el circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de medio (51) para eliminar de la señal compensada la componente resistiva de la señal de respuesta de medio secundaria; y  
 30 un regulador (54) configurado para ajustar una constante de temporización de la función de transferencia de componente resistiva de medio.

2. Un detector de metales como en la reivindicación 1, que comprende además un filtro de paso bajo configurado para realizar un filtrado de paso bajo en la salida del módulo de muesca antes de que la salida del módulo de muesca sea recibida por el demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector, y en donde el transmisor incluye opcionalmente una bobina de transmisión y el receptor incluye una bobina de recepción.

3. Un detector de metales como en la reivindicación 1, que comprende además:

un segundo módulo de muesca configurado para eliminar de la salida del módulo de muesca una componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria cuando el objetivo se encuentra dentro del medio;  
 un segundo demodulador de componente resistiva de vector de señal configurado para producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del segundo módulo de muesca; y  
 45 un segundo demodulador de componente reactiva de vector configurado para producir una segunda señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del segundo módulo de muesca;  
 en donde el convertidor analógico-digital está configurado para digitalizar la salida del segundo demodulador de componente resistiva de vector de señal y el segundo demodulador de componente reactiva de vector de señal  
 50 cuando se producen las señales digitales.

4. Un detector de metales como en la reivindicación 3, que comprende además:

un tercer módulo de muesca configurado para eliminar de la salida del módulo de muesca una componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria cuando el objetivo se encuentra dentro del medio;  
 un tercer demodulador de componente resistiva de vector de señal configurado para producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del tercer módulo de muesca;  
 un tercer demodulador de componente reactiva de vector configurado para producir una segunda señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del tercer módulo de muesca;  
 60 en donde el convertidor analógico-digital está configurado para digitalizar la salida del tercer demodulador de componente resistiva de vector de señal y el tercer demodulador de componente reactiva de vector de señal cuando se producen las señales digitales.

5. Un detector de metales como en la reivindicación 3, en donde el segundo módulo de muesca incluye:

65 un circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de objetivo; y

una puerta, estando configurados la puerta y el circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de objetivo para eliminar de la salida del módulo de muesca la componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria.

5 6. Un detector de metales como en la reivindicación 3 que comprende además:  
un generador de temporización configurado para proporcionar señales de temporización a un amplificador de potencia para el transmisor, el módulo de muesca, el demodulador de componente resistiva de vector de señal, el demodulador de componente reactiva de vector, el segundo módulo de muesca, el segundo demodulador de componente resistiva de vector de señal, el segundo demodulador de componente reactiva de vector.

10 7. Un detector de metales como en la reivindicación 3, que comprende además:  
un filtro de paso bajo configurado para realizar un filtrado de paso bajo en la salida del segundo módulo de muesca antes de que la salida del segundo módulo de muesca sea recibida por el segundo demodulador de componente resistiva de vector de señal y el segundo demodulador de componente reactiva de vector.

15 8. Un detector de metales como en la reivindicación 1, que incluye además un generador de temporización configurado para proporcionar señales de temporización a un amplificador de potencia para el transmisor, el módulo de muesca, el demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector.

20 9. Un método para detectar cuándo un objetivo que es un objeto metálico deseable se encuentra dentro de un medio, que comprende:

transmitir una señal de campo magnético al medio;  
recibir una señal de respuesta desde el medio, incluyendo la señal de respuesta una señal de respuesta de medio secundaria desde el medio e incluye una señal de respuesta de objetivo secundaria desde el objetivo cuando el objetivo se encuentra dentro del medio;  
amplificar la señal de respuesta para producir una señal amplificada;  
utilizar circuitería de compensación para realizar una compensación de función de transferencia de bobina de transmisión sobre la señal amplificada para producir una señal compensada;  
30 caracterizado por que el método comprende además:

eliminar de la señal compensada una componente resistiva de la señal de respuesta de medio secundaria mediante un módulo de muesca;  
35 utilizar un demodulador de componente resistiva de vector de señal para producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del módulo de muesca;  
utilizar un demodulador de componente reactiva de vector para producir una señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del módulo de muesca;  
digitalizar la salida del demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector de señal para producir señales digitales; y  
40 utilizar un procesador de señales digitales para procesar las señales digitales, en donde eliminar de la señal compensada la componente resistiva de la señal de respuesta de medio secundaria mediante el módulo de muesca se realiza utilizando un circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de medio y una puerta, en donde la puerta y el circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de medio están configurados para eliminar de la señal compensada la componente resistiva de la señal de respuesta de medio secundaria, y en donde un regulador ajusta una constante de temporización de la función de transferencia de componente resistiva de medio.

10. Un método como en la reivindicación 9, que comprende además:  
realizar un filtrado de paso bajo en la salida del módulo de muesca antes de que la salida del módulo de muesca sea recibida por el demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector, comprendiendo opcionalmente el método:

en donde la transmisión de la señal se realiza utilizando una bobina de transmisión; y  
55 en donde la recepción de la señal de respuesta se realiza utilizando una bobina de recepción.

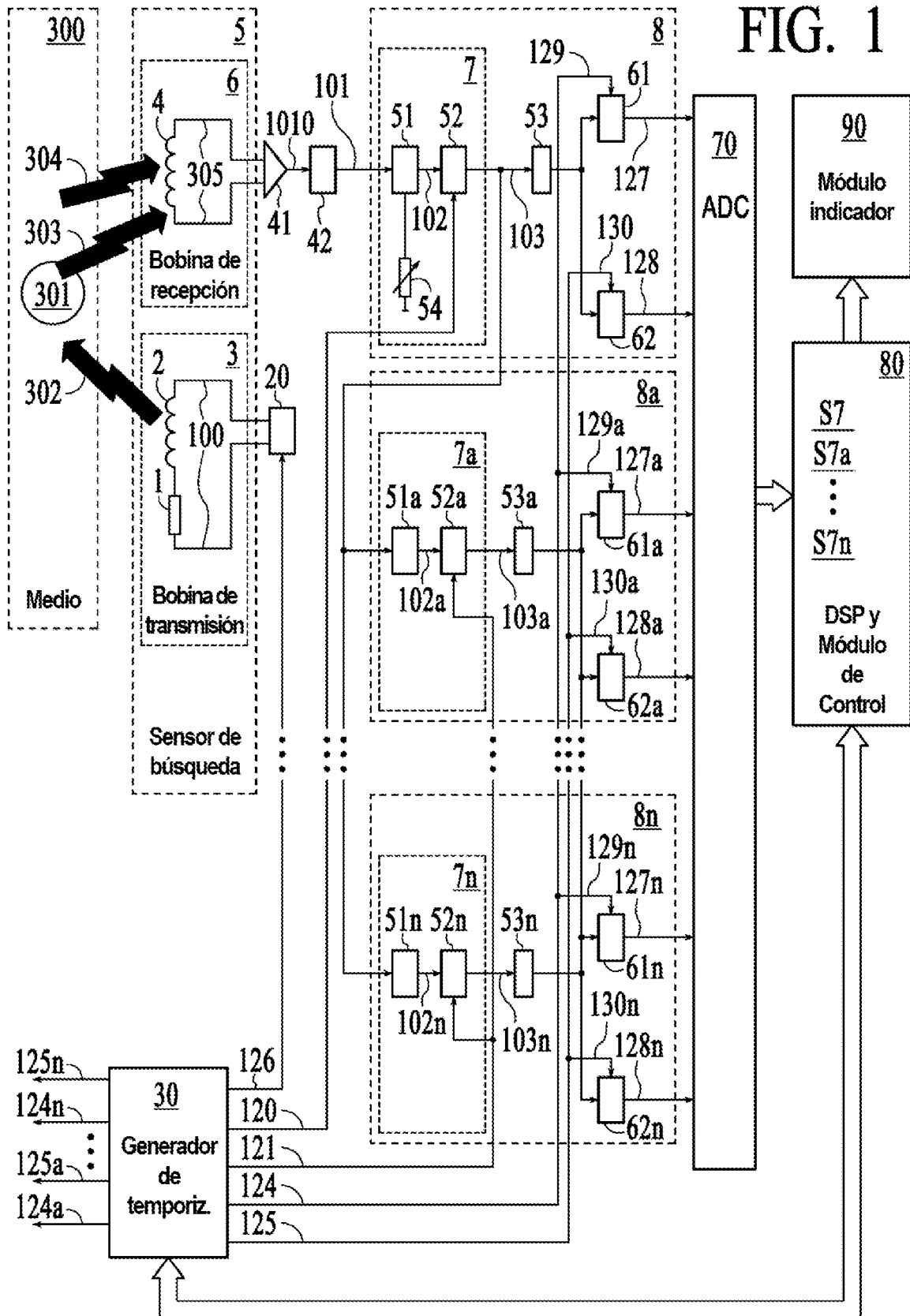
11. Un método como en la reivindicación 9, que comprende además:

eliminar de la salida del módulo de muesca una componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria cuando el objetivo se encuentra dentro del medio mediante un segundo módulo de muesca;  
60 producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del segundo módulo de muesca;  
y  
producir una segunda señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del segundo módulo de muesca.

65 12. Un método como en la reivindicación 11, que comprende además:

- eliminar de la salida del módulo de muesca una componente resistiva adicional de la señal de respuesta de objetivo secundaria cuando el objetivo se encuentra dentro del medio mediante un tercer módulo de muesca;  
producir una señal de salida de componente resistiva de vector a partir de la salida del tercer módulo de muesca;  
y  
5 producir una segunda señal de salida de componente reactiva de vector a partir de la salida del tercer módulo de muesca.
13. Un método como en la reivindicación 11, en donde eliminar de la salida del módulo de muesca la componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria mediante el segundo módulo de muesca se realiza utilizando  
10 un circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de objetivo y una puerta, en donde la puerta y el circuito de compensación de función de transferencia de componente resistiva de objetivo están configurados para eliminar de la salida del módulo de muesca la componente resistiva de la señal de respuesta de objetivo secundaria.
- 15 14. Un método como en la reivindicación 11, que comprende además:  
utilizar un generador de temporización para proporcionar señales de temporización a un amplificador de potencia para transmitir la señal, el módulo de muesca, el demodulador de componente resistiva de vector de señal, el demodulador de componente reactiva de vector y el segundo módulo de muesca.
- 20 15. Un método como en la reivindicación 11, que comprende además:  
realizar un filtrado de paso bajo en la salida del segundo módulo de muesca antes de que la salida del segundo módulo de muesca sea recibida por el segundo demodulador de componente resistiva de vector de señal y el segundo demodulador de componente reactiva de vector, comprendiendo opcionalmente el método:  
25 utilizar un generador de temporización para proporcionar señales de temporización a un amplificador de potencia para transmitir la señal, el módulo de muesca, el demodulador de componente resistiva de vector de señal y el demodulador de componente reactiva de vector.

FIG. 1



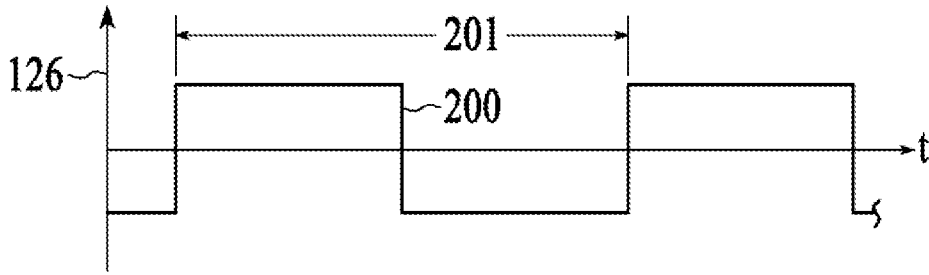


FIG. 2

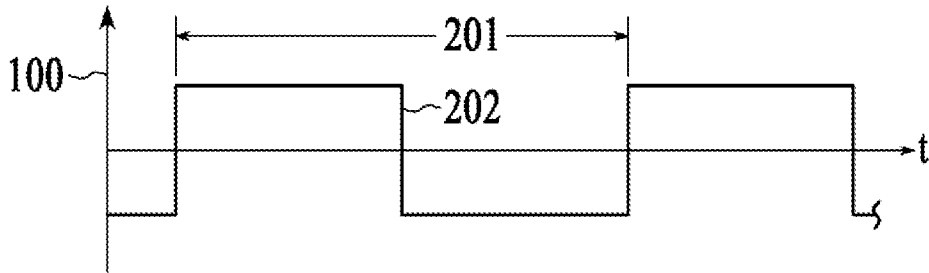


FIG. 3

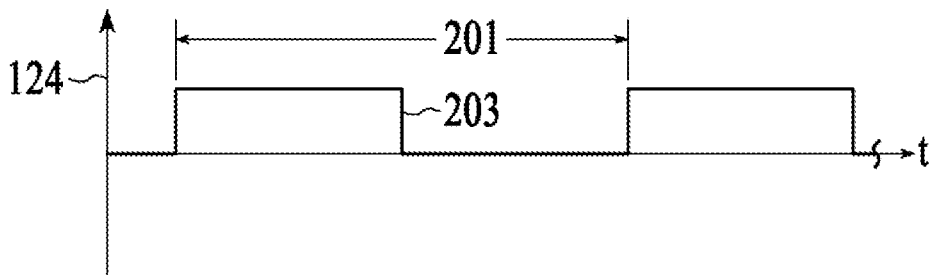


FIG. 4

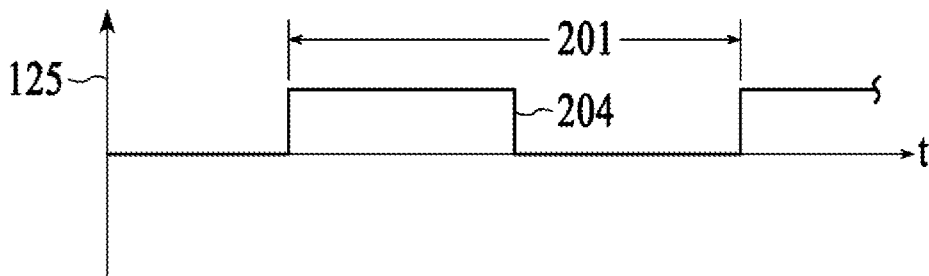


FIG. 5

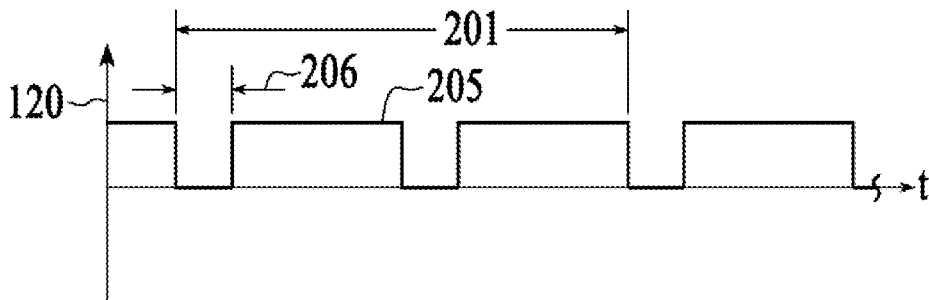


FIG. 6

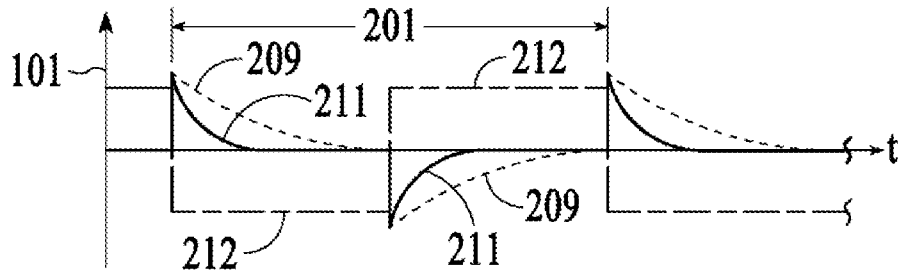


FIG. 7

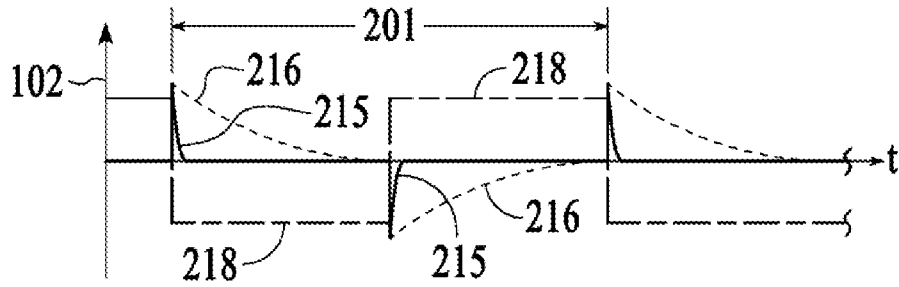


FIG. 8

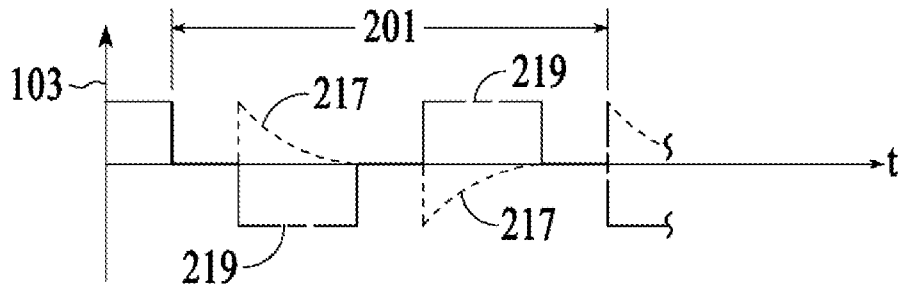


FIG. 9

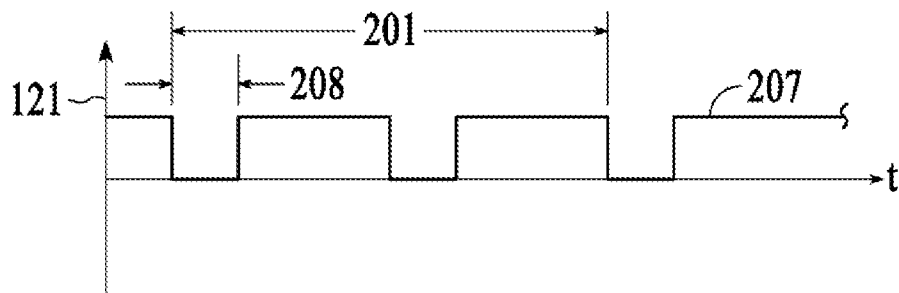


FIG. 10

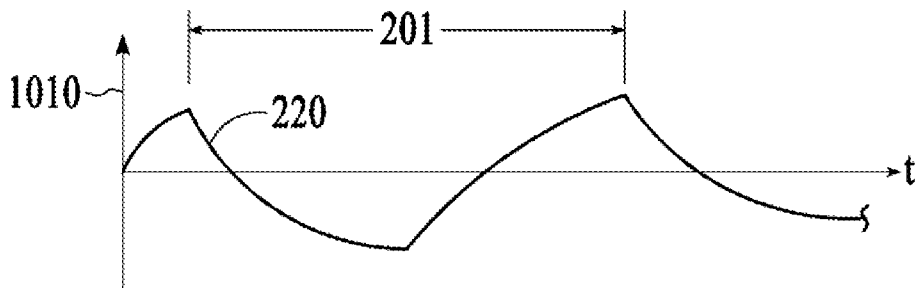


FIG. 11