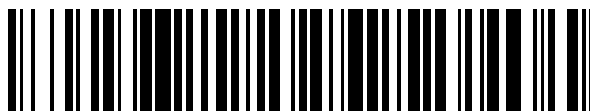


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 214**

51 Int. Cl.:

**G01B 7/06** (2006.01)

**G07D 5/08** (2006.01)

**G07D 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2017 E 17382452 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 3287991**

54 Título: **Sensor de monedas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.04.2020**

73 Titular/es:

**AZKOYEN, S.A. (100.0%)  
Avda. San Silvestre s/n  
31350 Peralta (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**OSA LABRADOR, JUAN IGNACIO;  
ORDOYO CASADO, CRISTIAN;  
QUINTILLA QUINTILLA, LORENZO;  
PINA INSAUSTI, JOSE LUIS;  
CALLEJA LAFUENTE, MIGUEL ANGEL;  
ARIZTI URQUIJO, FERNANDO JOSE y  
SEVILLANO BERASATEGUI, JUAN FRANCISCO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 752 214 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**

Sensor de monedas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y el correspondiente procedimiento aplicable a la caracterización y reconocimiento de monedas especialmente del tipo multicapa, que utiliza uno o más pares de inductores entre los que circulan las monedas.

**Antecedentes de la invención**

10 Para la medición de características de monedas y para su identificación o reconocimiento respecto a monedas de curso legal, existen multitud de dispositivos y procedimientos que utilizan sensores inductivos, capacitivos, ópticos, electromagnéticos, acústicos o piezoeléctricos, destinados a obtener características físicas de curso legal, tales como dimensionales, mecánicas y especialmente características eléctricas y magnéticas.

15 En el caso de sensores magnéticos es común utilizar pares de inductores dispuestos uno frente a otro, entre los que se hacen pasar las monedas. Los inductores están formados por uno o más bobinados que se introducen en un núcleo magnético para incrementar la intensidad del flujo magnético que llega a la moneda y al inductor enfrentado. Para conseguir una medición de las monedas suficientemente fiable es habitual utilizar más de un par de inductores con diferente configuración, por ejemplo utilizando los inductores en fase, contrafase o en emisor-receptor. Alternativamente, se pueden obtener las medidas individuales de cada uno de los inductores y las correspondientes a la mutua (emisor - receptor). En cualquiera de las configuraciones mencionadas, una característica importante es la frecuencia a la que trabajan los inductores, que puede oscilar entre unos pocos kilohercios hasta algunos megahercios, lo que determina diferentes profundidades de penetración del campo electromagnético en la moneda. La profundidad de penetración del campo generado por los inductores decrece a medida que aumenta su frecuencia y asimismo decrece cuando aumenta la conductividad de la moneda o su permeabilidad magnética. Esta característica es importante para las monedas multicapa, compuestas por tres o más capas de metales diferentes, estructura que supone una característica de seguridad y útil para su reconocimiento sin interferencias con otras monedas de curso legal.

20 En el documento EP0336018B1 se divulga un sensor con la configuración de emisor-receptor, en el que se utiliza un inductor emisor que se alimenta con una señal periódica de alto contenido armónico. Como receptor se utilizan dos inductores, cada uno de ellos sintonizado a una frecuencia, bien mediante un resonador o bien mediante un filtro paso banda. De esta manera, mediante el paso de la moneda entre el emisor y el receptor se obtienen medidas de la atenuación de la señal emitida en dos frecuencias diferentes. La configuración descrita tiene el inconveniente de utilizar tres inductores y además solamente trabaja en un modo, emisor-receptor, y no es por tanto óptimo por no medir las impedancias propias de cada uno de los inductores o para generar los modos de fase y contrafase.

35 En la patente EP0886247B1 se propone un sensor con dos inductores dispuestos uno frente a otro entre los que hacen circular las monedas, en el que se utiliza la configuración de emisor-receptor. El emisor utiliza una señal periódica con contenido armónico, como por ejemplo una señal cuadrada y la señal proporcionada por el receptor se muestrea en unos intervalos definidos que tienen relación con las frecuencias de los armónicos de la señal de excitación. El análisis obtenido es del tipo multifrecuencia mediante un único receptor y tiene el inconveniente de que solamente utiliza un modo de operación, no dispone de medidas de impedancias individuales de los inductores, que proporcionan información importante para conseguir una buena discriminación de monedas y fraudes, bien por la información directa o mediante el cálculo de los modos de fase y contrafase.

40 La patente EP1172772A2 divulga un sensor de monedas en el que se utilizan dos pares de inductores, una de ellas trabajando en la configuración de fase y la otra en la de contrafase. Ambas se alimentan con una señal multifrecuencia, en este caso con una suma de tres señales de frecuencias diferentes que permiten un análisis de las monedas en la superficie (alta frecuencia) con una penetración parcial (frecuencia intermedia) y total (baja frecuencia). En este sensor no se utiliza el modo de emisor-receptor y por otra parte la utilización de dos pares de sensores hace que su complejidad y espacio requerido sea excesivo.

45 Otro ejemplo de sensor multifrecuencia lo encontramos en la publicación EP2203902B1 en el que el inductor forma parte de un puente de Maxwell, que es alimentado mediante una señal pseudoaleatoria de banda ancha. En ausencia de moneda el puente está sensiblemente equilibrado y en presencia de moneda aparece una señal que, una vez amplificada, se muestrea y se obtienen los parámetros representativos de la función de transferencia, parámetros que serán los que se utilicen en la validación de la moneda. El sensor propuesto solamente dispone de un inductor, por lo que no es posible obtener parámetros relacionados con impedancia mutua o emisor-receptor.

50 Por último, en el documento EP1445739B1 se divulga un procedimiento y el correspondiente dispositivo en el que el sensor de monedas se compone de dos inductores dispuestos uno frente a otro entre los que pasa la moneda y se miden las características de la moneda obteniendo medidas tanto de impedancias mutuas como individuales, lo que permite calcular parámetros relacionados con los tres modos posibles: fase, contrafase y emisor-receptor. Además, tiene compensación del "lift-off" de la moneda (es decir, el cambio en la distancia entre los sensores y la moneda a lo

largo de su trayectoria a través de los sensores, ya que la moneda no circula normalmente a una posición constante respecto a los mismos), pero todo esto lo hace a una única frecuencia, lo que no es lo idóneo para un sensor de monedas multicapa.

### Descripción de la invención

- 5 La presente invención tiene por objeto un sensor electromagnético de monedas especialmente diseñado para la medición de monedas multicapa que solventa los inconvenientes antes mencionados. El sensor se compone de dos inductores dispuestos uno frente a otro entre los que se hace pasar la moneda a medir. Cada uno de los inductores forma parte de un puente independiente (preferentemente un puente de Maxwell) cuando se miden impedancias correspondientes al sensor del puente que se está excitando.
- 10 La excitación del puente se realiza mediante una señal patrón con energía espectral a las frecuencias de interés. Esta señal patrón puede ser:
- Una señal multitonal, con componentes en las frecuencias concretas a las que se desea obtener información del paso de la moneda. Una señal multitonal está compuesta por la suma de dos o más sinusoidales puras, cada una de ellas con su amplitud, frecuencia y fase independientes entre sí, pero invariables en el tiempo. En las
  - 15 realizaciones que se detallan más adelante, la señal utilizada está compuesta por tres tonos, pero podrían utilizarse únicamente dos o por el contrario más de tres, en función de la información de la estructura interna de la moneda que se desee obtener.
  - Una señal de espectro continuo (o señal de banda ancha) como, por ejemplo, ruido blanco o ruido rosa, con suficiente energía a las frecuencias de interés.
  - 20 - Una señal variable en el tiempo, multiplexando en el tiempo diferentes señales de excitación con contenidos espectrales diferentes, de forma que en ventanas temporales diferentes se obtenga información del paso de la moneda a diferentes frecuencias.

En adelante se denominará "señal patrón" a cualquiera de estas modalidades de señal.

- 25 La excitación del puente utilizando la señal patrón se realiza con la finalidad de obtener parámetros para la validación de la moneda a frecuencias diferentes midiéndose tanto las impedancias propias de cada inductor como las mutuas entre ellos (emisor- receptor), lo que permite calcular la respuesta del sensor así construido en las tres configuraciones posibles: fase, contrafase y emisor-receptor. El dispositivo sensor incluye una circuitería para conseguir las medidas con una óptima sensibilidad y relación señal/ruido a las diferentes frecuencias junto con los tres modos de funcionamiento. Asimismo, se incluye el correspondiente procedimiento para conseguir los resultados mencionados,
- 30 junto a las compensaciones de lift-off de la moneda y de la separación de los inductores.

- En la discriminación de las monedas mediante sensores inductivos se obtienen las medidas de las características de las monedas a través de las corrientes de Foucault ("corrientes parásitas") inducidas en la moneda por los inductores mencionados. A su vez estas corrientes provocan variaciones en los propios inductores, que indirectamente representan características de la moneda relacionadas simultáneamente con su conductividad, permeabilidad magnética, volumen, espesor, resistencia de contacto en el caso de bicolores, etc. Midiendo las variaciones experimentadas en los inductores durante el paso de la moneda, se pueden obtener las características que permiten
- 35 identificar con seguridad una determinada moneda. Dado que no hay una correspondencia directa entre una medición y una característica concreta de la moneda, es conveniente obtener la máxima información de los inductores para obtener una elevada fiabilidad en la identificación de las monedas, en especial cuando se trata de rechazar fraudes o interferencias muy próximas a la moneda legal. Esta es la razón por la que en la presente invención se incluyen, para cada una de las frecuencias de trabajo, las mediciones independientes de impedancias en cada inductor, así como la característica de impedancia mutua, lo que permite la medición de la moneda en los tres modos: fase, contrafase y emisor-receptor. En los sensores que trabajan a una única frecuencia es habitual utilizar el inductor asociado a un condensador de forma que esté en resonancia a la frecuencia de trabajo. Esto hace que mejore la sensibilidad y la
- 40 relación señal/ruido y por lo tanto la precisión y la estabilidad de las medidas. Cuando se trabaja con una señal de multifrecuencia, la solución anterior no es válida y es conveniente utilizar una configuración del tipo de puente de Wheatstone o puente de Maxwell con un amplificador diferencial en la detección.

- Con señales multitonales o de banda ancha la configuración en puente es una buena opción para medir las componentes individuales del inductor, como su impedancia o las componentes inductiva y resistiva, pero se ha comprobado que para la medición de las componentes mutuas entre los dos inductores (modo emisor-receptor), la configuración de puente con un amplificador diferencial presenta inferiores prestaciones a la nueva configuración que se propone en esta invención. La presente invención incorpora un amplificador de transimpedancia para la rama R-L del inductor no excitado (receptor), lo cual presenta varias ventajas:
- 50

- Es una topología que proporciona mejores prestaciones en relación señal/ruido, teniendo en cuenta el bajo nivel de señal que se requiere amplificar, de apenas decenas de microvoltios.
  - Aporta mejor respuesta en frecuencia y un inferior desfase. Conforme se aumenta la frecuencia de trabajo el desfase introducido en la etapa de amplificación adquiere una mayor importancia en la medida final obtenida de la impedancia del sensor. La configuración con amplificador de transimpedancia presenta un desfase al
- 55

menos tres veces inferior con respecto al uso de un amplificador diferencial.

o Adicionalmente, teniendo en cuenta que el nivel de la señal es diferente cuando el sensor trabaja como emisor que cuando lo hace como receptor, el ajuste de la amplificación debería ser diferente según el modo de trabajo. Al utilizar un amplificador de transimpedancia, la amplificación de la señal del receptor se hace independiente de la etapa de amplificación cuando trabaja como emisor, permitiendo un ajuste óptimo de la ganancia para el nivel de señal a medir en cada modo.

El sensor de monedas comprende un circuito electrónico con una primera rama que comprende un primer inductor en serie con una primera resistencia; una segunda rama que comprende un segundo inductor en serie con una segunda resistencia, en el que el primer y segundo inductores están dispuestos uno frente a otro a ambos lados de un canal de paso de monedas a discriminar; al menos una rama capacitiva, comprendiendo cada rama capacitiva un condensador y una resistencia en serie; un circuito de excitación que comprende un generador y al menos un par de conmutadores, estando el circuito de excitación configurado para alimentar alternativamente la primera y la segunda rama con una señal patrón con energía espectral en al menos dos frecuencias, de forma que la rama del inductor excitado en cada momento está dispuesta en una configuración de puente con al menos una rama capacitiva; al menos un amplificador diferencial configurado para medir alternativamente la tensión entre los nodos de salida del puente excitado y al menos un segundo amplificador configurado para medir alternativamente la rama del inductor no excitado.

El circuito electrónico comprende preferentemente al menos un amplificador de transimpedancia, de forma que el circuito de excitación está configurado para conectar alternativamente el inductor no excitado con al menos un amplificador de transimpedancia. El circuito de excitación puede comprender un primer conmutador en la primera rama, en serie con el primer inductor y la primera resistencia; un segundo conmutador en la segunda rama, en serie con el segundo inductor y la segunda resistencia.

En una realización, el circuito electrónico comprende una tercera y una cuarta rama que comprenden un condensador y una resistencia, estando dichas ramas conectadas respectivamente con la primera y segunda rama, formando alternativamente un puente cuando el circuito de excitación alimenta la rama correspondiente; en el que el al menos un amplificador diferencial comprende un primer amplificador diferencial conectado con los nodos intermedios de la primera y tercera rama, y un segundo amplificador diferencial conectado con los nodos intermedios de la segunda y cuarta rama; y en el que al menos un amplificador de transimpedancia comprende un primer y un segundo amplificador de transimpedancia conectados respectivamente con la primera y segunda rama cuando la rama correspondiente no está excitada. El primer conmutador puede estar configurado para conectar la primera rama alternativamente con la tercera rama y con el primer amplificador de transimpedancia; y en el que el segundo conmutador está configurado para conectar la segunda rama alternativamente con el segundo amplificador de transimpedancia y con la cuarta rama.

En otra realización, el circuito electrónico comprende una rama común con un condensador y una resistencia, estando dicha rama común conectada alternativamente con la primera rama y con la segunda rama, formando alternativamente un puente cuando el circuito de excitación alimenta la rama correspondiente; en el que al menos un amplificador diferencial comprende un amplificador diferencial común con una primera entrada conectada con el nodo intermedio de la rama común y una segunda entrada conectada alternativamente con el nodo intermedio de la primera rama y con el nodo intermedio de la segunda rama; y en el que el al menos un amplificador de transimpedancia comprende un amplificador de transimpedancia común conectado alternativamente con la primera rama y con la segunda rama, cuando la rama correspondiente no está excitada. El circuito de excitación puede estar configurado para alimentar la rama común y alternativamente la primera y la segunda rama con una fuente de alimentación simétrica. El circuito de excitación puede comprender un tercer conmutador en la primera rama que conecta alternativamente el primer inductor con la tensión negativa de la fuente de alimentación simétrica y con la referencia de tensión; y un cuarto conmutador en la segunda rama, que conecta alternativamente el segundo inductor con la referencia de tensión y con la tensión negativa de la fuente de alimentación simétrica.

En una realización, al menos una rama capacitiva comprende adicionalmente una resistencia en paralelo con el condensador, de forma que la rama correspondiente del inductor excitado está dispuesta en una configuración de puente de Maxwell. En otra realización, al menos una rama capacitiva comprende adicionalmente una resistencia en serie con el condensador, de forma que la rama correspondiente del inductor excitado está dispuesta en una configuración de puente de Hay.

Otro objeto de la presente invención un dispositivo discriminador de monedas que comprende un sensor de monedas según se ha descrito anteriormente; un módulo amplificador y acondicionador de señales configurado para recibir y procesar la señal capturada por el sensor de monedas, obteniendo una señal tratada; un microcontrolador configurado para caracterizar una moneda en función de la información contenida en la señal tratada y generar una señal patrón de excitación al sensor de monedas.

Otro objeto de la presente invención un procedimiento de caracterización y discriminación de monedas, que comprende las siguientes etapas:

- Disponer, en un circuito electrónico:

o Una primera rama que comprende un primer inductor en serie con una primera resistencia.

- o Una segunda rama que comprende un segundo inductor en serie con una segunda resistencia, en el que el primer y segundo inductores están dispuestos uno frente a otro a ambos lados de un canal de paso de monedas a discriminar.
  - o Al menos una rama capacitiva, comprendiendo cada rama capacitiva un condensador y una resistencia en serie.
- 5
- Alimentar alternativamente la primera y la segunda rama con una señal patrón (por ejemplo, una señal multitonal o una señal de banda ancha) con energía espectral en al menos dos frecuencias, de forma que la rama del inductor excitado en cada momento está dispuesta en una configuración de puente con al menos una rama capacitiva.
  - Medir alternativamente la tensión entre los nodos de salida del puente excitado.
- 10 El procedimiento puede comprender conectar alternativamente el inductor no excitado con el al menos un amplificador de transimpedancia para la medición de la inducción mutua entre el primer y segundo inductor.

### Breve descripción de las figuras

En los dibujos adjuntos se muestra una forma de realización del sensor de monedas de la invención, dada a título de ejemplo no limitativo. En los dibujos:

- 15 la Figura 1 muestra un sensor de dos inductores con puentes independientes para medir las impedancias propias y mutuas de los inductores.  
La Figura 2 muestra un sensor de monedas de acuerdo a la presente invención en el que se utilizan amplificadores asociados a cada uno de los puentes y amplificadores de transconductancia en las ramas sensoras.  
La Figura 3 muestra una simplificación del sensor de monedas de la Figura 2.
- 20 La Figura 4 muestra una versión mejorada del sensor de monedas de la Figura 3, con una señal de excitación simétrica.  
La Figura 5A muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de reconocimiento de monedas que utiliza el sensor propuesto.  
La Figura 5B muestra una vista en perspectiva de un dispositivo discriminador de monedas en el que se representan los inductores del sensor de monedas y su posición en el canal de paso de las monedas.
- 25 La Figura 6A representa un ejemplo de señal multitonal y señal de conmutación generadas por el sensor de monedas.  
La Figura 6B representa una sucesión de señales multitonales generadas.  
Las Figuras 7A y 7B muestran, respectivamente, un puente de Maxwell y un puente de Hay.

### 30 Descripción detallada de un modo de realización

La constitución y funcionamiento del sensor de monedas de la presente invención se comprenderán mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia al ejemplo de realización mostrado en los dibujos adjuntos.

- En la Figura 1 se representa de manera esquemática una realización básica y novedosa de un sensor de monedas 100 que utiliza dos inductores (primer inductor 112 y segundo inductor 122) acoplados magnéticamente y que se
- 35 posicionan a ambos lados del canal de paso 102 de la moneda 104 a discriminar, para la medición de las impedancias propias y mutuas de los inductores (112, 122). Ambos inductores (112, 122) se montan, cada uno por separado, en una configuración del tipo puente, formando un primer puente 110 y un segundo puente 120. Una rama inductiva de cada puente (primera rama inductiva 113 y segunda rama inductiva 123) comprende el inductor correspondiente (112, 122) en serie con una resistencia (primera 114 y segunda 124 resistencia), mientras que la otra rama de cada puente (tercera 115 y cuarta 125 rama) incluye una resistencia (116, 126) en serie con un condensador (118, 128). Entre los
- 40 puntos de medida de cada puente (110, 120) se conecta un amplificador diferencial (primer amplificador diferencial 130 y segundo amplificador diferencial 140) a cuya salida aparece una señal de tensión diferencial ( $V_{d1}$ ,  $V_{d2}$ ) relacionada con la primera 113 y la segunda 123 rama inductiva y una señal de tensión de inducción mutua ( $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ ) relacionada con la primera 113 y la segunda 123 rama inductiva, representativas de una señal patrón inyectada por un generador 150 y de las variaciones en las impedancias propias y mutuas de los inductores (112, 122) provocadas
- 45 por el paso de las monedas 104.

- El generador 150 de señal multitonal inyecta alternativamente en cada uno de los puentes (110, 120) una señal compuesta simultáneamente por al menos dos tonos de diferente frecuencia, preferentemente tres tonos. Las frecuencias de cada uno de los tonos están suficientemente distanciadas entre sí como para permitir una diferenciación
- 50 en las medidas en función de la profundidad de penetración del campo electromagnético en el interior de las monedas 104, que serán representativas de su estructura y composición. Gracias a esta característica pueden ser caracterizadas con precisión monedas compuestas por capas de diferentes metales.

- Mediante el par de conmutadores (117, 127) el generador de señal 150 alimenta alternativamente uno y otro puente (110, 120) y en cada caso se miden las salidas de ambos puentes ( $V_{d1}, V_{m1}$ ;  $V_{d2}, V_{m2}$ ) que una vez tratadas permiten
- 55 calcular las impedancias propias de ambos inductores (112, 122) y las impedancias mutuas ( $M_{21}$ ,  $M_{12}$ ). Estas medidas se realizan durante el estado de reposo y durante el paso de la moneda 104 en análisis, siendo el tiempo de activación dependiente de las frecuencias elegidas, velocidad de paso de las monedas 104, capacidad de procesamiento, etc. La topología del sensor de la Figura 1, aunque funcional, tiene el inconveniente de presentar una baja sensibilidad, y

por lo tanto, una baja relación señal/ruido en las medidas relacionadas con la impedancia mutua ( $M_{12}$ ,  $M_{21}$ ); es decir, la medida en el lado de recepción de la señal que emite el puente activo que está en la parte opuesta del paso de la moneda.

La Figura 2 muestra una realización de un sensor de monedas 200 que solventa el problema mencionado. Una primera rama inductiva 213, que forma parte de un primer puente 210, comprende un primer inductor 212 y una primera resistencia 214. Una segunda rama inductiva 223, que forma parte de un segundo puente 220, comprende un segundo inductor 222 y una segunda resistencia 224. Una primera rama capacitiva 215 y una segunda rama capacitiva 225, que forman parte respectivamente del primer 210 y segundo 220 puente, comprenden una resistencia (216, 226) y un condensador (218, 228). En cada uno de los puentes (210, 220) se incluye un conmutador (primer conmutador 217 y segundo conmutador 227) intercalado en serie con la rama inductiva (213, 223) que incluye el inductor (212, 222), de forma que en una primera posición el conmutador (217, 227) conecta dicha rama inductiva (213, 223) con la primera 215 o segunda 225 rama capacitiva, según corresponda, para formar un puente, como se ha descrito en la Figura 1, mientras que en una segunda posición desaparece el puente y la rama inductiva (213, 223) que incluye el inductor (212, 222) se conecta a un amplificador de transimpedancia (bien un primer amplificador de transimpedancia 270 o un segundo amplificador de transimpedancia 280, según corresponda), siendo esta topología óptima para la medida de la señal relacionada con la impedancia mutua ( $M_{12}$ ,  $M_{21}$ ). De esta manera, el dispositivo de la invención mediante el par de conmutadores (217, 227) utiliza alternativamente la configuración de puente en un inductor y la conexión del inductor opuesto a un amplificador de transimpedancia.

En el ejemplo representado en la Figura 2, el primer conmutador 217 está activado en la primera posición, utilizando la configuración de puente de forma que el inductor 212 del primer puente 210 se alimenta desde un generador 250 de señal multitonal, mientras que el segundo conmutador 227 está activado en la segunda posición, de forma que el inductor del segundo puente 220 está conectado al segundo amplificador de transimpedancia 280. Los conmutadores (217, 227) van alternando sus posiciones con el tiempo, de forma que en un instante posterior el primer conmutador 217 se activa en la segunda posición (de forma que el primer inductor 212 está conectado al primer amplificador de transimpedancia 270), quedando el segundo conmutador 227 activado en la primera posición, formando un puente para el segundo inductor 222.

La alternancia de las conmutaciones se realiza a la frecuencia que se estime oportuno, dependiendo de las frecuencias del generador 250 de señal multitonal, especialmente de la frecuencia inferior y de la velocidad de paso de las monedas 104. Al igual que lo descrito en la Figura 1, mediante dos amplificadores diferenciales (230, 240) conectados a los puentes se miden las salidas de los puentes  $V_{d1}$  y  $V_{d2}$  relacionadas con el inductor emisor, mientras que las salidas  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$  relacionadas con los inductores receptores, a diferencia del circuito de la Figura 1, se miden mediante los amplificadores de transimpedancia (270, 280) que convierten la corriente generada por dicho inductor en una tensión de salida con una mejor relación señal/ruido y un inferior desfase, al circuito que incluye el inductor receptor en el puente.

En la Figura 3 se muestra una simplificación del circuito de la Figura 2. Una primera rama inductiva 313 comprende un primer inductor 312 y una primera resistencia 314. Una segunda rama inductiva 323 comprende un segundo inductor 322 y una segunda resistencia 324. Una rama común 315 comprende una resistencia 316 y un condensador 318. En el sensor de monedas 300 de la realización de la Figura 3 se comparte por ambos inductores (312, 322) la rama R-C del puente (rama común 315), que además de eliminar componentes, simplifica la fase de calibración del sensor, en la que se determinan con precisión los valores de cada uno de los componentes que forman parte del circuito sensor. También se comparte un amplificador diferencial común 330, para lo que se incluye un conmutador 332 de dos posiciones, sincronizado con el primer 317 y segundo 327 conmutador, que conecta dicho amplificador diferencial común 330 a la salida del puente que corresponda, que en la primera posición es la primera rama inductiva 313 que incluye el primer inductor 312 y en la segunda posición es la segunda rama inductiva 323 que incluye el segundo inductor 322. En esta realización también se comparte un amplificador de transimpedancia común 370, en base a la posición del primer 317 y segundo 327 conmutador.

La Figura 4 muestra un sensor de monedas 400 que mejora la realización de la Figura 3, en el que el puente se alimenta simétricamente ( $V_g$ ,  $-V_g$ ) desde un generador 450 multitonal, lo que supone multiplicar por un factor de dos la señal de excitación para un mismo rango dinámico, y por lo tanto la relación señal/ruido a la salida de ambos amplificadores y en las medidas relacionadas con la impedancia propia y mutua. La realización de la Figura 4 muestra los distintos componentes del circuito electrónico del sensor de monedas 400:

- Una primera rama inductiva 413 con un primer inductor 412 y una primera resistencia 414.
- Una segunda rama inductiva 423 con un segundo inductor 422 y una segunda resistencia 424.
- Una rama común 415 con una resistencia 416 y un condensador 418.
- Un primer 417 y segundo 427 conmutadores en la primera 413 y segunda 423 rama inductiva, respectivamente, que conectan la respectiva rama en una posición al generador 450 y en la opuesta al amplificador de transimpedancia 470.
- Un amplificador diferencial común 430 con una entrada conectada alternativamente, mediante un conmutador 432, con el nodo intermedio de la primera 413 y segunda 423 rama inductiva.
- Un amplificador de transimpedancia común 470 conectado alternativamente, mediante el primer 417 y segundo 427 conmutador, con la primera 413 o segunda 423 rama inductiva (en cada momento conecta con la rama cuyo

inductor no está excitado).

- Un tercer 419 y cuarto 429 conmutador que conectan respectivamente el inductor de la primera 413 y segunda 423 rama inductiva, con la tensión invertida (-Vg) de la fuente de alimentación simétrica o con la referencia de tensión (GND), de manera alternativa.

- 5 Cada uno de los conmutadores de dos posiciones mencionados puede ser sustituido por dos interruptores con un terminal común de forma que cuando uno de ellos está en "ON" el otro está en "OFF" y viceversa. De la misma manera, cada par de conmutadores puede ser sustituida por un conmutador doble.

La Figura 5A ilustra de manera esquemática un diagrama de bloques con los elementos de un dispositivo discriminador de monedas 500 que utiliza el sensor de monedas (100; 200; 300; 400) propuesto en cualquiera de las realizaciones de las figuras anteriores. El sensor de monedas (100; 200; 300; 400) excita alternativamente los inductores según la moneda 104 a discriminar atraviesa el sensor ubicado en torno al canal de paso 102 de la moneda. Durante el paso de la moneda el sensor de monedas (100; 200; 300; 400) proporciona una señal S que contiene información útil sobre la moneda (tensiones diferenciales  $V_{d1}$  y  $V_{d2}$  y tensiones de inducción mutua  $V_{m1}$  y  $V_{m2}$  de los inductores). Las señales S ( $V_{d1}$ ,  $V_{d2}$ ,  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ ) proporcionadas por el sensor de monedas (100; 200; 300; 400) son amplificadas y tratadas por un módulo amplificador y acondicionador de señales 510. Las señales tratadas S' son transmitidas a una unidad de procesamiento de datos, preferentemente un microcontrolador 520. El microcontrolador 520 se encarga de analizar la señal tratada S' y caracterizar la moneda para discriminarla y decidir si es válida o no. Para ello realiza la adquisición de las señales tratadas 522 y el posterior procesamiento de señal 524, incluyendo demodulaciones, interpolaciones, cálculo de impedancias, compensaciones de canal y lift-off, hasta alcanzar los criterios de identificación y autenticación de la moneda. Un generador digital de señal patrón 526 del microcontrolador 520 se encarga de generar digitalmente una señal patrón  $S_p$  con energía espectral a las frecuencias de interés, la cual es acondicionada y filtrada adecuadamente en un módulo acondicionador de señal 530 para obtener la señal de excitación  $S_p'$  al sensor de monedas (100; 200; 300; 400).

La Figura 5B muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de dispositivo discriminador de monedas en el que se representan los inductores (112, 122; 212, 222; 312, 322; 412, 422) del sensor de monedas (100; 200; 300; 400) situados a ambos lados de la pista de rodadura por la que circulan las monedas 104 a discriminar. En la figura no se muestra el microcontrolador ni los circuitos electrónicos. Se representa la moneda 104 a discriminar circulando por el canal de paso 102 en tres posiciones diferentes: entrando en el sensor de monedas, apoyada en la pista de rodadura cuando entra en el sensor de monedas y saliendo del sensor de monedas.

La Figura 6A muestra, a modo de ejemplo, una señal multitonal 610 producida por el generador y la señal de conmutación 620 aplicada a los conmutadores de un sensor de monedas de acuerdo a la presente invención. En la Figura 6B se ilustra una sucesión de señales multitonales 610 y la señal de conmutación 620 asociada. La señal multitonal 610 se emite durante un intervalo de tiempo T, se deja de emitir la señal, se realiza la conmutación de la señal de conmutación 620, y se vuelve a emitir la misma señal multitonal 610 durante otro intervalo de tiempo, y así sucesivamente.

El intervalo de tiempo T durante el que se emite la señal multitonal 610 debe contemplar un tiempo de transitorio  $T_t$ , para que la señal se estabilice, una ventana de adquisición  $T_a$ , suficiente para demodular adecuadamente las frecuencias empleadas, más un pequeño tiempo de guarda  $T_g$ . El tiempo de la ventana de adquisición  $T_a$  empleado debe ser suficientemente grande para que la demodulación (obtención de la amplitud y fase de cada armónico) tenga una buena precisión, y suficientemente pequeña para que el tiempo de ciclo completo entre una demodulación y la siguiente corresponda a un avance de la moneda pequeño. El tiempo de ventana de adquisición  $T_a$  depende en gran medida de la frecuencia de muestreo y del procedimiento matemático de demodulación empleado. Así, por ejemplo, si se emplea una FFT como procedimiento de demodulación, es conveniente que la ventana de adquisición  $T_a$  contenga un número entero de periodos de todas las frecuencias; mientras que empleando el procedimiento de aproximación por mínima diferencia de cuadrados a una función sinusoidal, no es necesario que el número de ciclos en la ventana sea un número entero de los periodos de las diferentes frecuencias.

Todo el ciclo, desde que comienza la emisión por un inductor hasta que vuelve a iniciarse la emisión por ese mismo inductor, determina una medida o muestra en el tiempo (tiempo de muestra  $T_m$ ). Así por ejemplo, para el circuito de la Figura 2, un ciclo completo  $T_m$  (mostrado en la Figura 6B) corresponde al tiempo en el que la señal de conmutación 620 está con tensión positiva  $V_{con+}$  (primer 217 y segundo 227 conmutadores en la posición mostrada en la Figura 2) más el tiempo en el que la señal de conmutación 620 está con tensión negativa  $V_{con-}$  (primer 217 y segundo 227 conmutadores en la posición alternativa a la mostrada en la Figura 2). Diferentes realizaciones de la presente invención invertirán un tiempo entre muestras diferente, en función de si se utilizan uno o dos pares de bobinas, de la relación entre precisión de la medida y resolución temporal deseada, de la velocidad de paso de la moneda, entre otras características del diseño. El tiempo  $T_m$ , fijo para cada realización, se encuentra en el rango de 0,25 ms y 5 ms, típicamente.

En las realizaciones del sensor de monedas mostradas en las Figuras 1 a 4 se describe la disposición de la rama del inductor excitado en cada momento en paralelo con una rama capacitiva RC, formando un puente. La rama capacitiva puede ser la mostrada en dichas figuras, un condensador en serie con una resistencia. En otra realización, la rama capacitiva puede incluir una resistencia R1 en paralelo con el condensador C1, para formar un puente de Maxwell 702,

como el representado en la Figura 7A. En una realización alternativa, la rama capacitiva incluye una resistencia R1 en serie con el condensador C1, para formar un puente de Hay 704, como se muestra en el ejemplo de la Figura 7B. Los ejemplos mostrados en las Figuras 7A y 7B muestran respectivamente, y de manera ilustrativa, puentes de Maxwell y de Hay aislados, sin ilustrar el resto de componentes asociados al sensor de monedas (conmutadores, amplificadores diferenciales, amplificadores de transimpedancia, etc.).

5



**REIVINDICACIONES**

1. Un sensor de monedas (100; 200; 300; 400), que comprende un circuito electrónico con:
  - una primera rama inductiva (113; 213; 313; 413) que comprende un primer inductor (112; 212; 312; 412) en serie con una primera resistencia (114; 214; 314; 414);
  - 5 una segunda rama inductiva (123; 223; 323; 423) que comprende un segundo inductor (122; 222; 322; 422) en serie con una segunda resistencia (124; 224; 324; 424), en el que el primer inductor (112; 212; 312; 412) y el segundo inductor (122; 222; 322; 422) están dispuestos uno frente a otro a ambos lados de un canal de paso de monedas (102) de monedas (104) a discriminar;
  - 10 al menos una rama capacitiva, comprendiendo cada rama capacitiva un condensador (118, 128; 218, 228; 318; 418) y una resistencia (116, 126; 216, 226; 316; 416) en serie;
  - un circuito de excitación que comprende un generador (150; 250; 350; 450) y al menos un par de conmutadores (117, 127; 217, 227; 317, 327; 417, 427), estando el circuito de excitación configurado para alimentar alternativamente la primera rama inductiva (113; 213; 313; 413) y la segunda rama inductiva (123; 223; 323; 423) con una señal patrón con energía espectral en al menos dos frecuencias, de forma que la rama inductiva del inductor excitado en cada momento está dispuesta en una configuración de puente con al menos una rama capacitiva; y
  - 15 al menos un amplificador diferencial (130, 140; 230, 240; 330; 430) configurado para medir alternativamente la tensión entre los nodos de salida del puente excitado.
  
2. El sensor de monedas según la reivindicación 1, en el que el circuito electrónico comprende al menos un amplificador de transimpedancia (270, 280; 370; 470); y en el que el circuito de excitación está configurado para conectar alternativamente la rama inductiva del inductor no excitado con al menos un amplificador de transimpedancia (270, 280; 370; 470).
  
3. El sensor de monedas según la reivindicación 2, en el que el circuito de excitación comprende:
  - 25 un primer conmutador (217; 317; 417) en la primera rama inductiva (213; 313; 413), en serie con el primer inductor (212; 312; 412) y la primera resistencia (214; 314; 414);
  - un segundo conmutador (227; 327; 427) en la segunda rama inductiva (223; 323; 423), en serie con el segundo inductor (222; 322; 422) y la segunda resistencia (224; 324; 424).
  
4. El sensor de monedas según la reivindicación 3, en el que el circuito electrónico comprende una primera rama capacitiva (215) y una segunda rama capacitiva (225) que comprenden un condensador (218; 228) y una resistencia (216; 226) en serie, estando dichas ramas capacitivas (215, 225) conectadas respectivamente con la primera rama inductiva (213) y la segunda rama inductiva (223), formando alternativamente un puente cuando el circuito de excitación alimenta la rama inductiva correspondiente;
  - 30 en el que al menos un amplificador diferencial comprende un primer amplificador diferencial (230) conectado con los nodos intermedios de la primera rama inductiva (213) y la primera rama capacitiva (215), y un segundo amplificador diferencial (240) conectado con los nodos intermedios de la segunda rama inductiva (223) y la segunda rama capacitiva (225);
  - 35 y en el que al menos un amplificador de transimpedancia comprende un primer amplificador de transimpedancia (270) y un segundo amplificador de transimpedancia (280) conectados respectivamente con la primera rama inductiva (213) y la segunda rama inductiva (223) cuando la rama inductiva correspondiente no está excitada.
  
- 40 5. El sensor de monedas según la reivindicación 4, en el que el primer conmutador (217) está configurado para conectar la primera rama inductiva (213) alternativamente con la primera rama capacitiva (215) y con el primer amplificador de transimpedancia (270); y en el que el segundo conmutador (227) está configurado para conectar la segunda rama inductiva (223) alternativamente con el segundo amplificador de transimpedancia (280) y con la segunda rama capacitiva (225).
  
- 45 6. El sensor de monedas según la reivindicación 3, en el que el circuito electrónico comprende una rama capacitiva común (315; 415) con un condensador (318; 418) y una resistencia (316; 416) en serie, estando dicha rama capacitiva común (315; 415) conectada alternativamente con la primera rama inductiva (313; 413) y con la segunda rama inductiva (323; 423), formando alternativamente un puente cuando el circuito de excitación alimenta la rama inductiva correspondiente;
  - 50 en el que al menos un amplificador diferencial comprende un amplificador diferencial común (330; 430) con una primera entrada conectada con el nodo intermedio de la rama común (315; 415) y una segunda entrada conectada alternativamente con el nodo intermedio de la primera rama inductiva (313; 413) y con el nodo intermedio de la segunda rama inductiva (323; 423);
  - 55 y en el que el al menos un amplificador de transimpedancia comprende un amplificador de transimpedancia común (370; 470) conectado alternativamente con la primera rama inductiva (313; 413) y con la segunda rama inductiva (323; 423), cuando la rama correspondiente no está excitada.
  
7. El sensor de monedas según la reivindicación 6, en el que el circuito de excitación está configurado para alimentar la rama común (415) y alternativamente la primera rama inductiva (413) y la segunda rama inductiva (423) con una

fuentes de alimentación simétrica ( $V_G$ ,  $-V_G$ ).

8. El sensor de monedas según la reivindicación 7, en el que el circuito de excitación comprende:

- 5 un tercer conmutador (419) en la primera rama inductiva (413) que conecta alternativamente el primer inductor (412) con la tensión invertida ( $-V_G$ ) de la fuente de alimentación simétrica y con la referencia de tensión (GND);  
 un cuarto conmutador (429) en la segunda rama inductiva (423), que conecta alternativamente el segundo inductor (422) con la referencia de tensión (GND) y con la tensión invertida ( $-V_G$ ) de la fuente de alimentación simétrica.

9. El sensor de monedas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una rama capacitiva comprende adicionalmente una resistencia en paralelo con el condensador, de forma que la rama inductiva correspondiente del inductor excitado está dispuesta en una configuración de puente de Maxwell.

10 10. El sensor de monedas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que al menos una rama capacitiva comprende adicionalmente una resistencia en serie con el condensador, de forma que la rama inductiva correspondiente del inductor excitado está dispuesta en una configuración de puente de Hay.

11. Un dispositivo discriminador de monedas (500), que comprende:

- 15 un sensor de monedas (100; 200; 300; 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;  
 un módulo amplificador y acondicionador de señales (510) configurado para recibir y procesar la señal (S) proporcionada por el sensor de monedas (100; 200; 300; 400), obteniendo una señal tratada (S');  
 un microcontrolador (520) configurado para caracterizar una moneda (104) en función de la información contenida en la señal tratada (S') y generar una señal patrón  $S_p$  de excitación al sensor de monedas (100; 200; 300; 400).

12. Un procedimiento de caracterización y discriminación de monedas, que comprende:

20 disponer, en un circuito electrónico:

- una primera rama inductiva (113; 213; 313; 413) que comprende un primer inductor (112; 212; 312; 412) en serie con una primera resistencia (114; 214; 314; 414);  
 una segunda rama inductiva (123; 223; 323; 423) que comprende un segundo inductor (122; 222; 322; 422) en serie con una segunda resistencia (124; 224; 324; 424), en el que el primer inductor (112; 212; 312; 412) y el  
 25 segundo inductor (122; 222; 322; 422) están dispuestos uno frente a otro a ambos lados de un canal de paso (102) de monedas (104) a discriminar;  
 al menos una rama capacitiva, comprendiendo cada rama capacitiva un condensador (118, 128; 218, 228; 318; 418) y una resistencia (116, 126; 216, 226; 316; 416) en serie;  
 30 alimentar alternativamente la primera rama inductiva (113; 213; 313; 413) y la segunda rama inductiva (123; 223; 323; 423) con una señal patrón con energía espectral en al menos dos frecuencias, de forma que la rama inductiva del inductor excitado en cada momento está dispuesta en una configuración de puente con al menos una rama capacitiva;  
 medir alternativamente la tensión entre los nodos de salida del puente excitado.

35 13. El procedimiento según la reivindicación 12, que comprende conectar alternativamente el inductor no excitado con al menos un amplificador de transimpedancia (270, 280; 370; 470) para la medición de la inducción mutua ( $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ ) entre el primer inductor (112; 212; 312; 412) y el segundo inductor (122; 222; 322; 422).

14. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que la señal patrón es una señal de banda ancha.

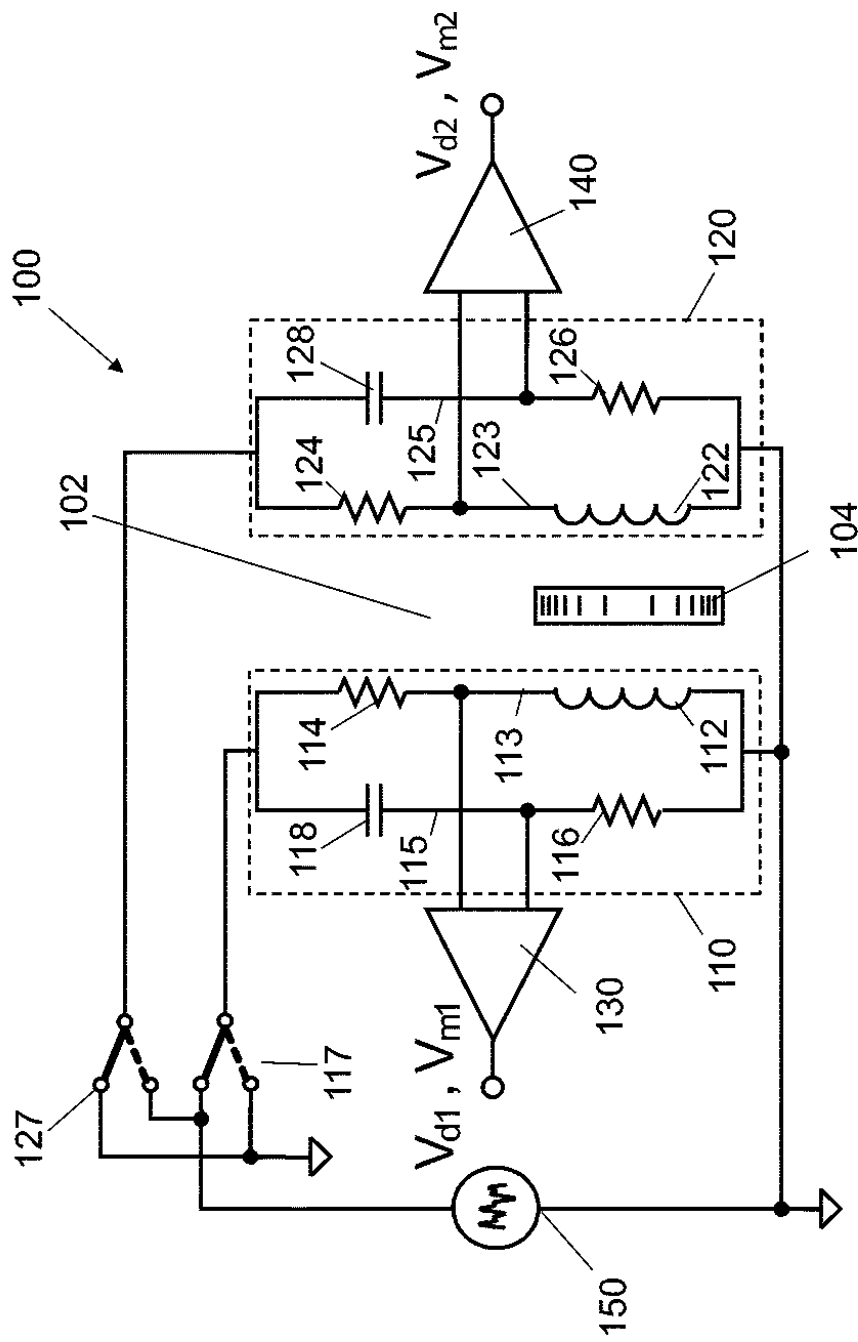


Fig. 1

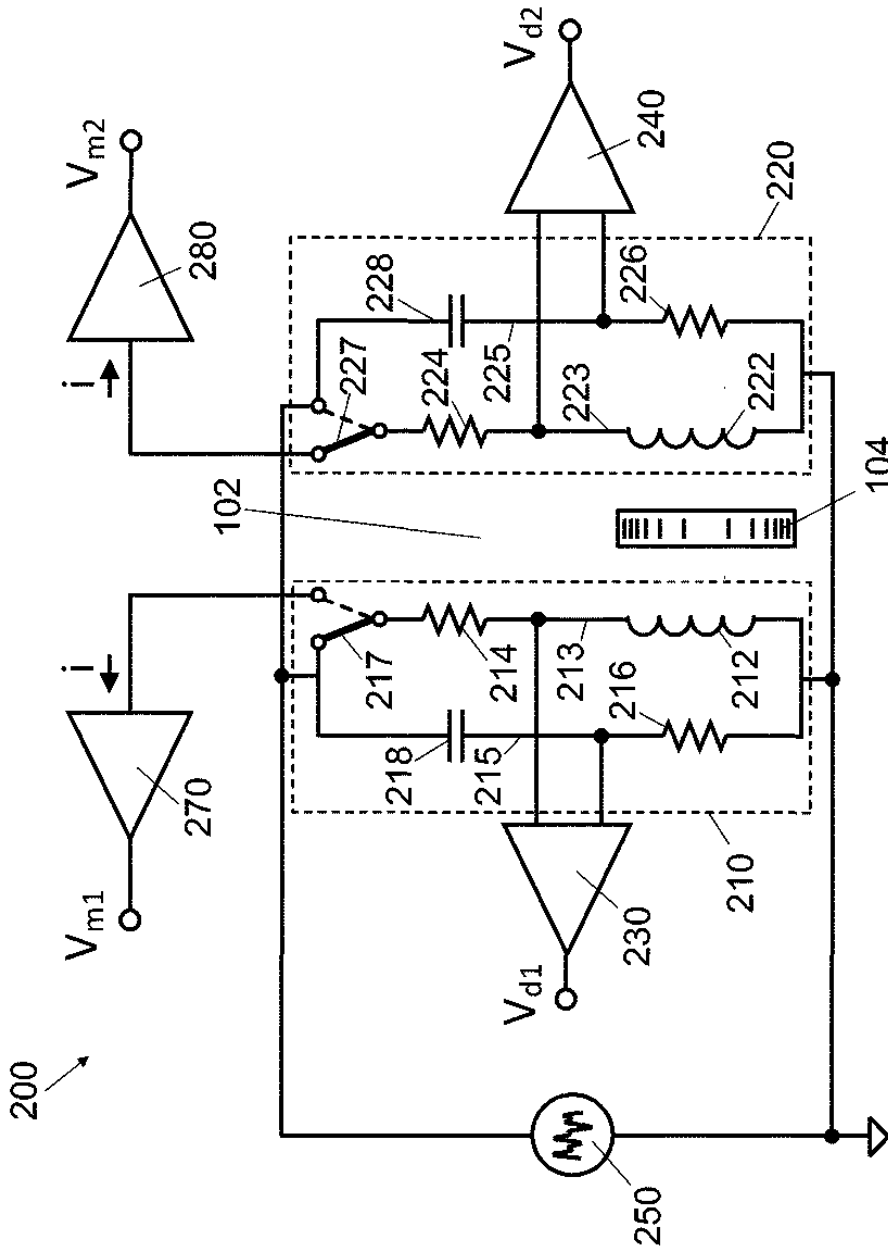


Fig. 2

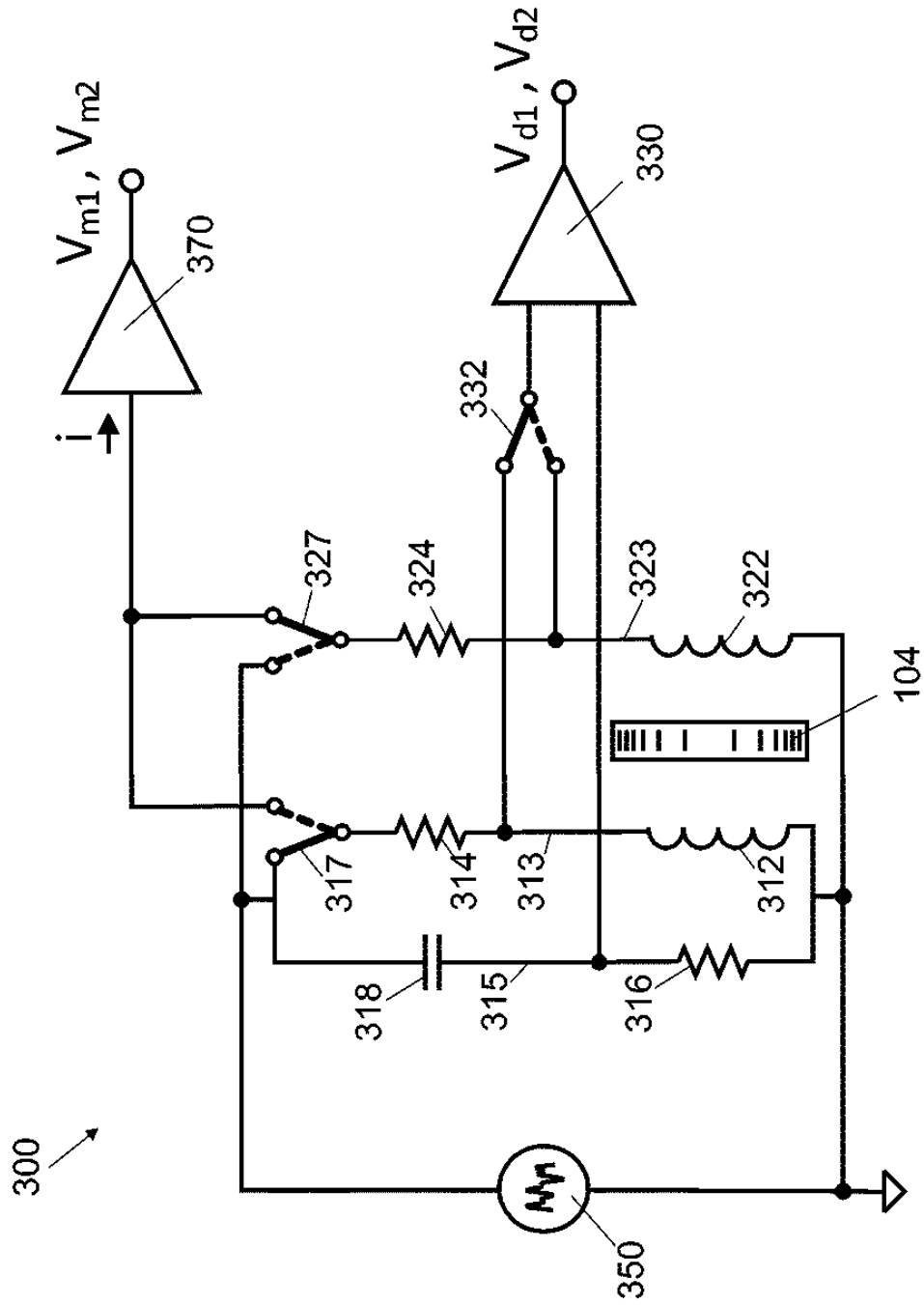


Fig. 3

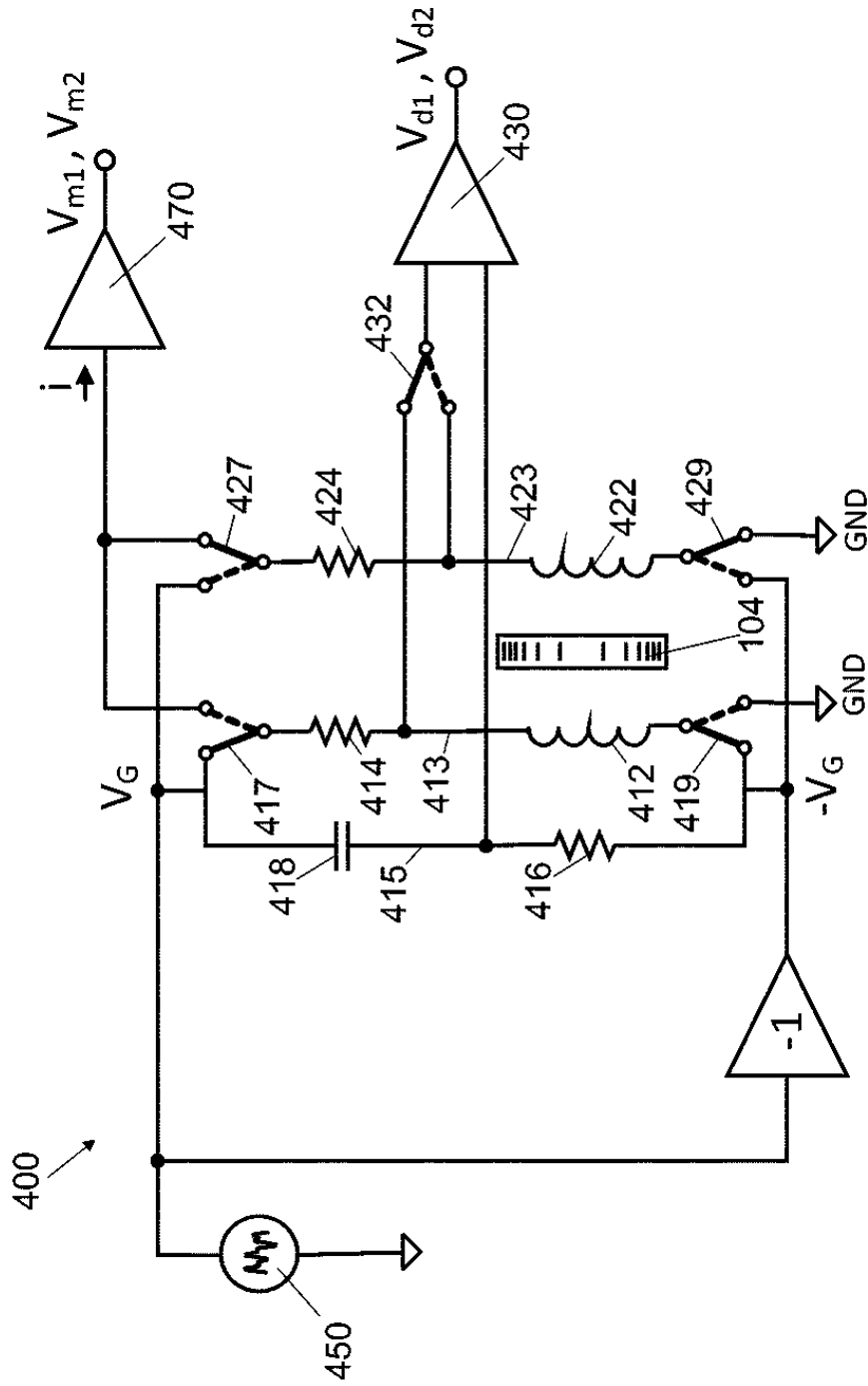


Fig. 4

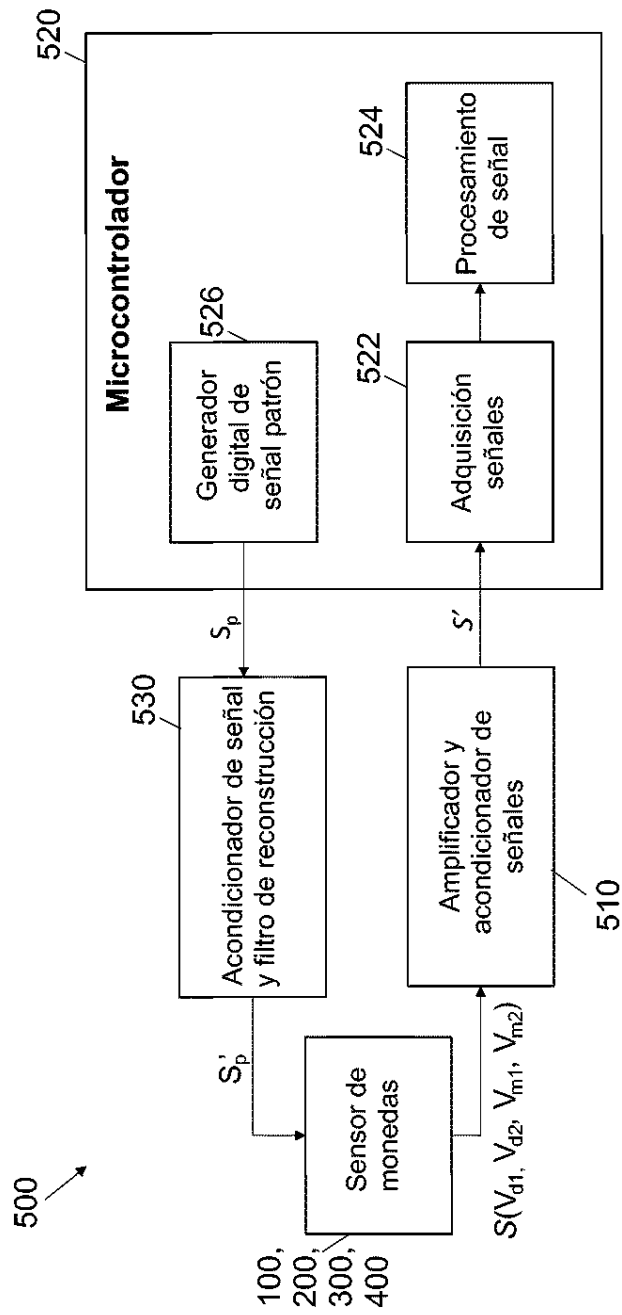
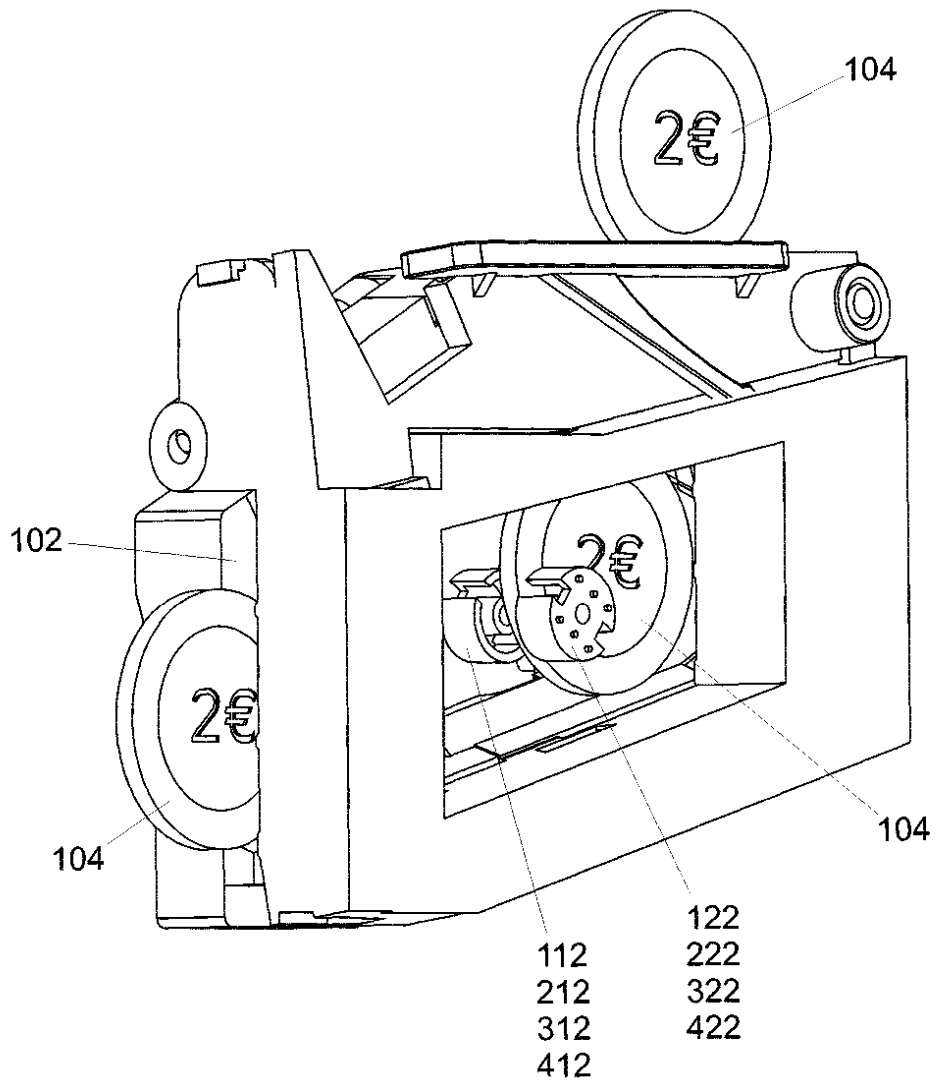


Fig. 5A



**Fig. 5B**



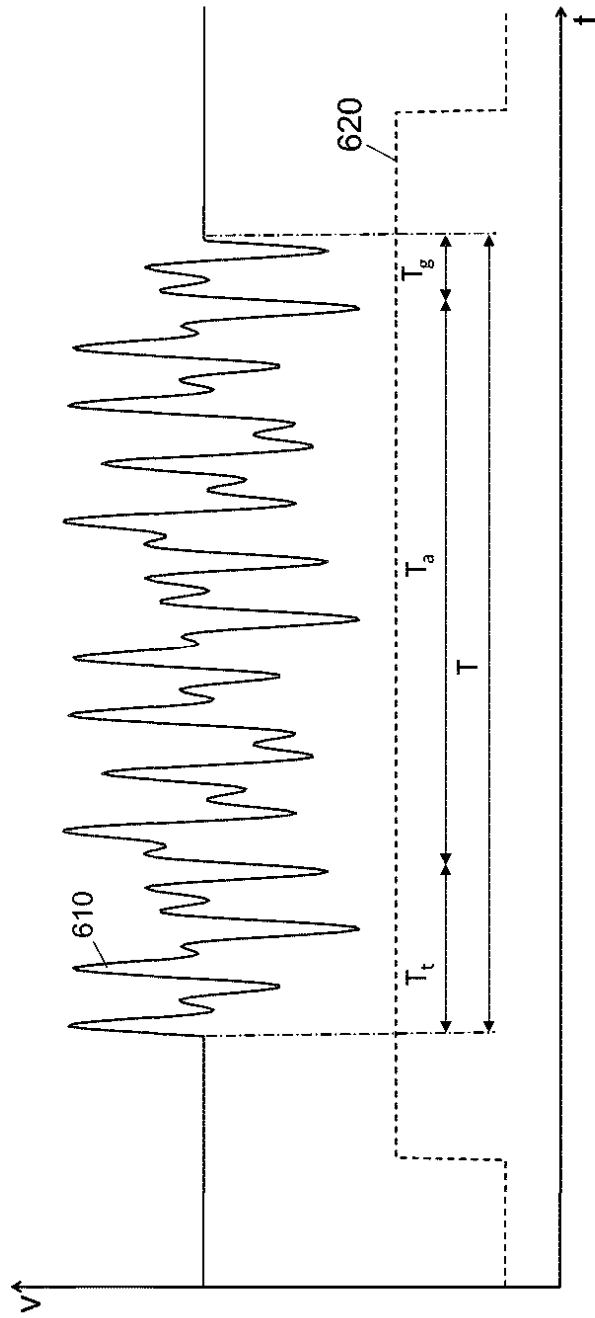


Fig. 6A

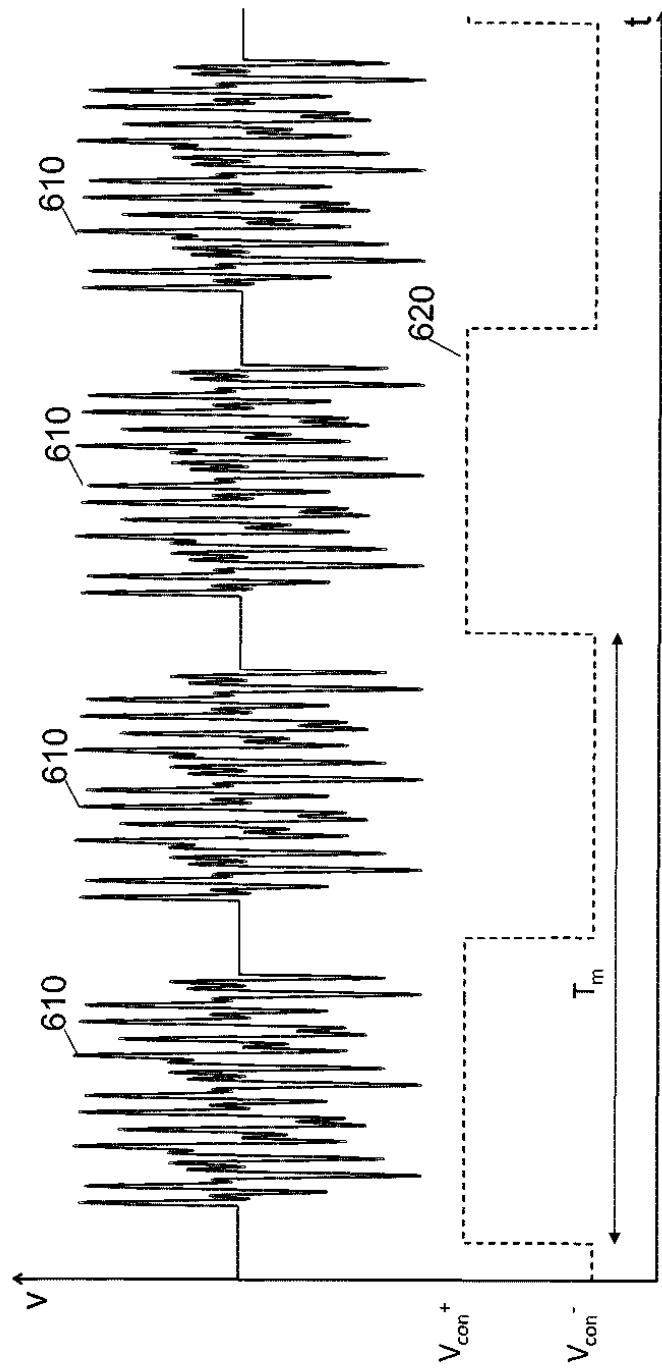


Fig. 6B

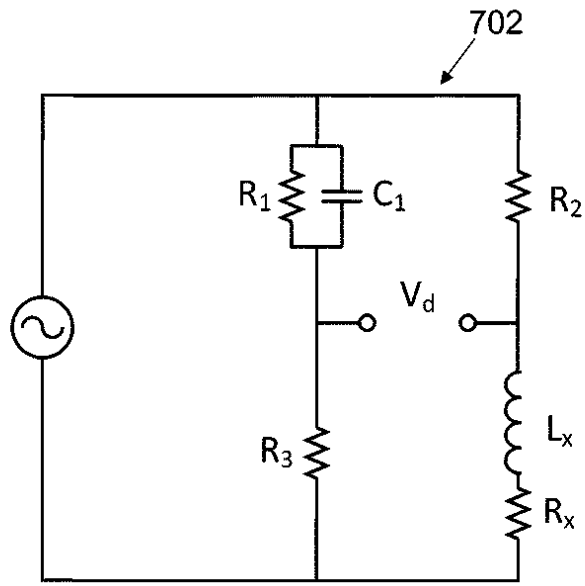


Fig. 7A

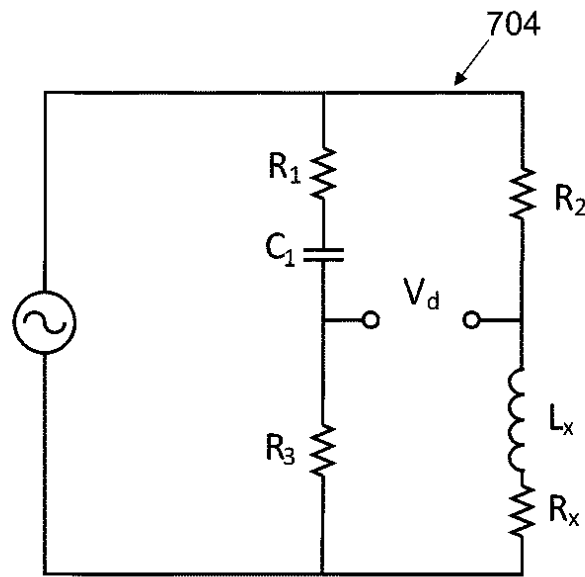


Fig. 7B