

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 051**

51 Int. Cl.:

H01L 23/498 (2006.01)

H01L 23/64 (2006.01)

H03B 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2010 PCT/US2010/037326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2010 WO10141778**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2010 E 10724212 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 2438612**

54 Título: **Aparato y procedimiento para la generación de frecuencia**

30 Prioridad:

03.06.2009 US 477651

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

27.03.2018

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
Attn: International IP Administration, 5775
Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**RANGARAJAN, RAJAGOPALAN;
MISHRA, CHINMAYA;
BHAGAT, MAULIN y
JIN, ZHANG**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 661 051 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

Aparato y procedimiento para la generación de frecuencia

5 ANTECEDENTES

Campo

10 [0001] Los aparatos y procedimientos descritos en este documento se refieren a generadores de frecuencia y procedimientos para la generación de frecuencia. Más específicamente, el aparato y los procedimientos se refieren a la generación de frecuencia utilizando múltiples osciladores.

Antecedentes

15 [0002] Los generadores de frecuencia sintonizables se usan en muchos dispositivos electrónicos diferentes. Los dispositivos de comunicación inalámbrica, por ejemplo, usan generadores de frecuencia para la conversión ascendente de señales transmitidas a frecuencias intermedias y de RF, y para la conversión descendente de señales recibidas a frecuencias intermedias y de banda de base. Debido a que las frecuencias de funcionamiento varían, las frecuencias de los generadores deben ser sintonizables.

20 [0003] La cobertura de frecuencia requerida para múltiples normas de comunicación y múltiples bandas típicamente requiere osciladores con un intervalo de sintonización amplio, como osciladores controlados por tensión (VCO) y osciladores controlados digitalmente (DCO). La extensión del intervalo de sintonización de un oscilador es un parámetro de rendimiento importante. A menudo es deseable aumentar el intervalo de sintonización, por ejemplo, para cubrir múltiples bandas.

[0004] Otros criterios de rendimiento de los osciladores sintonizables incluyen rendimiento de ruido de fase, consumo de energía y tamaño. Los diferentes criterios de rendimiento a veces compiten.

30 [0005] Los osciladores sintonizables convencionales pueden ser sintonizados mediante la aplicación de una tensión de polarización variable a un condensador variable (varactor o varicap), y por conmutación de los condensadores del tanque de inductancia-capacitancia (LC) del oscilador. Por una variedad de razones, el intervalo de frecuencia de un solo oscilador obtenido a través de estas técnicas de variación de capacitancia es limitado. Por esta razón, puede ser necesario utilizar varios osciladores sintonizables dentro del mismo dispositivo. Especialmente en el caso de dispositivos portátiles, tales como teléfonos celulares y otros dispositivos de comunicación portátiles, a menudo es deseable implementar un oscilador en el mismo circuito integrado (CI o chip).

40 [0006] Los inductores (la "L" en "LC") ocupan un área sustancial de un CI pequeño. Por supuesto, es deseable reducir el tamaño físico de los CI. La localización de dos o más osciladores LC en el mismo CI presenta, por lo tanto, ciertas dificultades de diseño. Por lo tanto, es deseable reducir el área del CI ocupada por los inductores de los osciladores múltiples. Además, puede ser deseable reducir el acoplamiento entre los inductores de los diferentes osciladores construidos en el mismo CI.

45 [0007] Dada la proximidad física de los inductores situados en el mismo CI, sin embargo, puede resultar difícil evitar el acoplamiento sustancial inductor-a inductor. Tal acoplamiento puede dar lugar a modos de oscilación no deseados de un oscilador particular, además del modo de oscilación deseado que resulta de la resonancia del tanque LC del oscilador. Puede ser deseable suprimir tales modos de oscilación adicionales, de modo que el oscilador particular genere frecuencias basadas en su propio tanque LC.

50 [0008] Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de osciladores sintonizables con intervalo de frecuencia extendido. También existe una necesidad en la técnica de reducir el tamaño de los encapsulados de CI que contienen múltiples osciladores sintonizables. Existe una necesidad adicional en la técnica de suprimir modos de oscilación no deseados en osciladores con acoplamiento no trivial entre sus inductores.

55 [0009] Se llama la atención al documento WO2009022991 (A1), que describe un encapsulado de pastilla y un procedimiento para fabricar el encapsulado de la pastilla. El encapsulado de la pastilla incluye una segunda pastilla dispuesta encima de una primera pastilla. La primera pastilla comprende una región de interconexión en una superficie orientada hacia la segunda pastilla, en la que la segunda pastilla está dispuesta lateralmente junto a la región de interconexión de la primera pastilla; una primera estructura de interconexión independiente interna del encapsulado dispuesta encima de la región de interconexión de la primera pastilla; una segunda estructura de interconexión independiente interna del encapsulado dispuesta encima de una región de interconexión de la segunda pastilla, estando la región de interconexión de la segunda pastilla sobre una superficie de la segunda pastilla dando la espalda a la primera pastilla; y material de encapsulado formado parcialmente alrededor de la primera estructura de interconexión independiente interna del encapsulado y la segunda estructura de interconexión independiente interna del encapsulado, tal que una parte de conexión de la primera estructura de interconexión independiente interna del encapsulado y una parte de conexión de la segunda estructura de interconexión

independiente interna del encapsulado permanece descubierta para ser conectada eléctricamente a una estructura de interconexión externa del encapsulado.

SUMARIO

5 **[0010]** Según la presente invención, se proporcionan un flip chip, como se expone en la reivindicación, y un procedimiento de funcionamiento de un generador de frecuencia, como se expone en las reivindicaciones 13 y 14. Los modos de realización de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

10 **[0011]** Los modos de realización divulgados en el presente documento pueden abordar una o más de las necesidades indicadas anteriormente situando el inductor del primer oscilador en la pastilla de un circuito integrado (CI) de flip chip, y ubicando el inductor del segundo oscilador en el encapsulado del CI. Variando la capacitancia en el tanque LC de uno de los osciladores se puede extender el intervalo sintonizable del otro oscilador dentro del mismo encapsulado, cambiando el modo de oscilación. Controlar la capacitancia y/o el factor de calidad (Q) del tanque LC de uno de los osciladores de cierta manera puede suprimir los modos de oscilación no deseados del otro oscilador donde los inductores de los tanques LC de los dos osciladores están acoplados débilmente.

15 **[0012]** En un modo de realización, un flip chip incluye una pastilla con circuitos electrónicos de un primer oscilador, circuitos electrónicos de un segundo oscilador, y un primer inductor del primer oscilador. El flip chip también incluye un encapsulado con un segundo inductor del segundo oscilador.

20 **[0013]** En un modo de realización, un circuito integrado incluye circuitos electrónicos de un primer oscilador, un primer inductor configurado para su uso en un tanque LC del primer oscilador, circuitos electrónicos de un segundo oscilador, un segundo inductor configurado para su uso en un tanque LC del segundo oscilador y un segundo módulo de control del oscilador. El segundo inductor está débilmente acoplado al primer inductor. El segundo módulo de control del oscilador está configurado para conmutar una segunda capacitancia en el tanque LC del segundo oscilador cuando el segundo oscilador está inactivo. Conmutar la segunda capacitancia hace que el modo de oscilación del primer oscilador cambie de un primer modo a un segundo modo.

25 **[0014]** En un modo de realización, un circuito integrado incluye circuitos electrónicos de un primer oscilador, un primer inductor configurado para su uso en un tanque LC del primer oscilador, circuitos electrónicos de un segundo oscilador, un segundo inductor configurado para su uso en un tanque LC del segundo oscilador, y medios para hacer que el modo de oscilación del primer oscilador cambie de un primer modo a un segundo modo cuando el segundo oscilador está inactivo. El segundo inductor está débilmente acoplado al primer inductor.

30 **[0015]** En un modo de realización, un flip chip incluye una pastilla que tiene circuitos electrónicos de un primer oscilador, circuitos electrónicos de un segundo oscilador, y un primer inductor del primer oscilador. El flip chip también incluye un segundo inductor del segundo oscilador. El flip chip incluye, además, un medio para encapsular la pastilla y mantener el segundo inductor débilmente acoplado al primer inductor.

35 **[0016]** En un modo de realización, un dispositivo electrónico incluye un primer oscilador con un primer tanque LC. El primer tanque LC incluye un primer inductor. El dispositivo electrónico también incluye un segundo oscilador con un segundo tanque LC. El segundo tanque LC tiene un segundo inductor. El segundo inductor está débilmente acoplado magnéticamente al primer inductor. El dispositivo electrónico incluye, además, un circuito de sintonización aproximada para sintonizar de manera aproximada el segundo oscilador conmutando selectivamente los condensadores de un banco de condensadores al segundo tanque LC. El circuito de sintonización aproximada está configurado para conmutar todos los condensadores del banco al segundo tanque LC cuando el primer oscilador está funcionando y el segundo oscilador no está funcionando para suprimir la tendencia del primer oscilador a oscilar en un modo no deseado.

40 **[0017]** En un modo de realización, un dispositivo electrónico incluye un primer oscilador con un primer tanque LC. El primer tanque LC tiene un primer inductor. El dispositivo electrónico también incluye un segundo oscilador con un segundo tanque LC. El segundo tanque LC tiene un segundo inductor. El segundo inductor está débilmente acoplado magnéticamente al primer inductor. El dispositivo electrónico incluye, además, un primer circuito reductor del factor de calidad acoplado al primer tanque LC. El primer circuito reductor del factor de calidad está configurado para reducir el factor de calidad del primer tanque LC cuando el segundo oscilador está funcionando y el primer oscilador no está funcionando, para suprimir la tendencia del segundo oscilador a oscilar en un modo no deseado.

45 **[0018]** En un modo de realización, un dispositivo electrónico tiene un primer oscilador y un segundo oscilador. El primer oscilador tiene un primer tanque LC con un primer inductor. El segundo oscilador tiene un segundo tanque LC con un segundo inductor. El segundo inductor está débilmente acoplado magnéticamente al primer inductor. El dispositivo electrónico también incluye medios para reducir el factor de calidad del primer circuito cuando el segundo oscilador está funcionando y el primer oscilador no está funcionando para suprimir la tendencia del segundo oscilador a oscilar en un modo no deseado.

50 **[0019]** En un modo de realización, se divulga un procedimiento para hacer funcionar un generador de frecuencia con

un primer oscilador y un segundo oscilador, donde el segundo oscilador tiene una pluralidad de condensadores para la sintonización aproximada del segundo oscilador. Los inductores de los tanques LC de los dos osciladores están débilmente acoplados. El procedimiento incluye activar el primer oscilador manteniendo sin activar el segundo oscilador, y cargar el tanque LC del segundo oscilador con la pluralidad de condensadores cuando se activa el primer oscilador.

[0020] En un modo de realización, un procedimiento de funcionamiento de un generador de frecuencia que tiene un primer oscilador y un segundo oscilador incluye la activación del primer oscilador manteniendo sin activar el segundo oscilador, y la carga del tanque LC del segundo oscilador con un elemento de disipación de energía al activar el primer oscilador.

[0021] En un modo de realización, un procedimiento de funcionamiento de un generador de frecuencia que tiene un primer oscilador y un segundo oscilador incluye la activación del primer oscilador manteniendo sin activar el segundo oscilador, y una etapa para la reducción del factor de calidad de un circuito tanque del segundo oscilador para reducir la tendencia del primer oscilador a oscilar en un modo no deseado.

[0022] Estos y otros modos de realización y aspectos de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción, dibujos, y reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0023]

Las Figuras 1A y 1B ilustran elementos seleccionados de una estructura de flip chip de un circuito integrado que implementa dos osciladores de acuerdo con la invención;

Las Figuras 1C y 1D son vistas, en perspectiva, de una yuxtaposición a modo de ejemplo de inductores de bucle de la estructura de flip chip de las Figuras 1A y 1B;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra componentes seleccionados de un generador de frecuencia con dos osciladores controlados digitalmente;

La Figura 3 ilustra componentes seleccionados de un generador de frecuencia configurado para suprimir modos de oscilación no deseados;

La Figura 4 ilustra aspectos seleccionados de ejemplos de curvas de impedancia del tanque LC de uno de los osciladores del generador de frecuencia mostrado en la Figura 3;

La figura 5 ilustra componentes seleccionados de otro generador de frecuencia configurado para suprimir modos de oscilación no deseados; y

La Figura 6 ilustra aspectos seleccionados de ejemplos de curvas de impedancia del tanque LC de uno de los osciladores del generador de frecuencia mostrado en la Figura 5.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0024] En este documento, las palabras "modo de realización", "variante", y expresiones similares se utilizan para referirse a un aparato, proceso o artículo de fabricación particular, y no necesariamente al mismo aparato, proceso o artículo de fabricación. Por lo tanto, "un modo de realización" (o una expresión similar) usada en un lugar o contexto puede referirse a un aparato, proceso o artículo de fabricación particular; la misma expresión o una similar en un lugar diferente puede referirse a un aparato, proceso o artículo de fabricación diferente. La expresión "modo de realización alternativo" y frases similares se pueden usar para indicar uno de varios modos de realización posibles diferentes. El número de posibles modos de realización no está necesariamente limitado a dos o a cualquier otra cantidad.

[0025] La expresión "a modo de ejemplo" se puede usar en el presente documento para significar "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración". No debe considerarse necesariamente que cualquier modo de realización o variante descritos en el presente documento como "a modo de ejemplo" sean preferidos o ventajosos con respecto a otros modos de realización o variantes. Todos los modos de realización y variantes descritos en esta descripción son modos de realización y variantes a modo de ejemplo proporcionados para permitir a los expertos en la materia hacer y usar la invención, y no necesariamente para limitar el alcance de la protección legal proporcionada por la invención.

[0026] Para los fines de conveniencia y claridad solamente, los términos direccionales, tales como superior, inferior, izquierda, derecha, arriba, abajo, sobre, encima de, debajo de, por debajo, parte trasera, parte posterior y parte delantera, se pueden usar con respecto a la dibujos adjuntos o modos de realización de chips. Estos y otros

términos direccionales similares no deben interpretarse como que limitan el alcance de la invención de ninguna manera.

5 **[0027]** "Débilmente acoplados" y expresiones similares que hacen referencia al acoplamiento magnético de las bobinas o bucles significan un acoplamiento magnético (tal como se utiliza en la teoría de transformadores) con un coeficiente de acoplamiento (k) de menos de 0,25. Debe observarse que en algunos modos de realización descritos a continuación, el coeficiente de acoplamiento de bobinas o bucles descrito como "débilmente acoplado" puede ser menor que 0,2; menor que 0,15; y menor que 0,10.

10 **[0028]** La resonancia de "modo común" se refiere a la resonancia (u oscilación) de un tanque oscilador LC que incluye un primer inductor de bucle de un par de inductores de bucle débilmente acoplados en los que la corriente en un segundo inductor de bucle del par de inductores de bucle fluye de modo que el flujo del segundo inductor de bucle se agrega, en general, al flujo del primer inductor de bucle. La resonancia de "modo diferencial" se refiere a la oscilación en la que los dos flujos tienden a restarse o negarse entre sí. Para los inductores de bucle sustancialmente concéntricos que se describen a continuación, las corrientes en los inductores de dos bucles fluyen, en general, en la misma dirección en la oscilación de modo común; las corrientes fluyen en direcciones generalmente opuestas en la oscilación de modo diferencial.

15

20 **[0029]** Un "bucle" inductor no necesita formar un círculo cerrado, pero puede formar un círculo parcial. Además, no tiene que ser estrictamente circular, sino que puede ser parte de una forma poligonal, como un hexágono o un octágono.

25 **[0030]** Las designaciones "VCO" y "DCO" se pueden usar indistintamente dentro de la descripción, cada una haciendo referencia a un oscilador sintonizable, particularmente cuando el oscilador es sintonizable a través de la variación de la capacitancia del tanque LC del oscilador.

30 **[0031]** Las figuras 1A y 1B ilustran los elementos seleccionados 100 de una estructura de flip chip de un circuito integrado que implementa dos osciladores. Las salidas de los dos osciladores pueden ser seleccionables independientemente (de forma alternativa), por ejemplo, si los osciladores son partes de un generador de frecuencia de banda ancha. La figura 1A es una vista en perspectiva de la estructura sin su encapsulado 130, mientras que la figura 1B es una vista en sección transversal que incluye el encapsulado 130. La estructura de flip chip incluye una pastilla 101 con circuitos electrónicos y almohadillas de unión 110 formadas en una primera superficie 105 de la pastilla 101. Las protuberancias de soldadura 115 se depositan o se forman de otro modo sobre las almohadillas 110. Las conexiones eléctricas entre algunos o todos los componentes eléctricos de los circuitos del oscilador en la pastilla 101 se realizan soldando o conectando de otro modo las protuberancias 115 con las almohadillas 135 del encapsulado 130. Como entendería un experto en la materia después de leer este documento, la pastilla 101 puede contener circuitos electrónicos además de los circuitos de los osciladores descritos en el presente documento; las conexiones eléctricas a tales circuitos electrónicos adicionales se pueden hacer usando trazas eléctricas en la pastilla 101 y/o vías que conectan varias capas de la pastilla 101, y/o de otro modo. Un lado del encapsulado se uniría así y sería paralelo a la primera superficie 105 de la pastilla 101, como es evidente a partir de la vista en sección transversal en la Figura 1B. Las almohadillas 135 del encapsulado 130 están conectadas a elementos de conexión (por ejemplo, pines o bolas) 140, que de este modo conectan los circuitos de la pastilla 101 a dispositivos externos a la estructura 100 del flip chip.

35

40

45 **[0032]** Cabe señalar que, en los modos de realización descritos anteriormente, se pueden formar varios componentes electrónicos (tales como condensadores de desacoplamiento) sobre un sustrato de encapsulado, y ser acoplado a los componentes electrónicos en la pastilla 101 a través de protuberancias de soldadura 115.

50 **[0033]** La estructura 100 incluye un inductor 160 en forma de un bucle formado en la superficie 105 de la pastilla 101. El inductor 160, que puede depositarse en la pastilla 101, está conectado a otros dispositivos de la pastilla 101 mediante elementos de conexión 165. Este inductor es parte de un tanque LC de un primer oscilador en la estructura 100. Un segundo inductor 150 en forma de un bucle está formado en una superficie 132 del encapsulado 130 que está orientado hacia la superficie 105 de la pastilla 101. En otras palabras, la superficie 132 es la superficie sobre la que se forman las almohadillas 135. El inductor 150 está conectado a otros dispositivos de la pastilla 101 conectando los elementos 155, las almohadillas 135, las protuberancias de soldadura 115 y las almohadillas 110. El bucle inductor 150 es concéntrico o sustancialmente concéntrico (*por ejemplo*, dentro de las tolerancias del proceso de fabricación) con el bucle inductor 160. Los inductores 150 y 160 pueden tener ambos la misma forma esencial, tal como circular, hexagonal u octogonal, o sus formas respectivas pueden diferir. Obsérvese que aquí los inductores 150 y 160 están apilados y la distancia vertical entre ellos (*es decir*, la distancia entre los centros de los inductores a lo largo de la línea normal a los planos de las superficies 105 y 132) es aproximadamente igual al diámetro de las protuberancias 115, y la separación entre los inductores es mayor que la separación disponible entre cualesquiera dos capas de metalización en la pastilla 101. De esta forma, el acoplamiento magnético entre los dos inductores puede reducirse, por ejemplo, a un valor menor que 0,25, menor que 0,2 y/o menor que 0,15. Los dos inductores 150 y 160 pueden, por lo tanto, acoplarse débilmente.

55

60

65 **[0034]** Las Figuras 1C y 1D son vistas en perspectiva de una yuxtaposición a modo de ejemplo de los bucles

inductores 150 y 160 de la estructura 100.

[0035] Hay que señalar que en algunos modos de realización, los dos bucles no son necesariamente sustancialmente concéntricos, y no están necesariamente dispuestos sobre las superficies 105 y 132 como se muestra en las figuras 1.

[0036] El acoplamiento débil de los inductores 150 y 160 de los dos osciladores puede usarse ventajosamente para aumentar el intervalo de sintonización de cada uno de los dos osciladores construidos en el mismo chip o de otra manera en la proximidad entre sí. (La proximidad aquí significa una distancia que causa el acoplamiento débil de los inductores). Consideremos un caso en el que el primer oscilador que usa el primer inductor 160 tiene un intervalo de sintonización mayor que el intervalo de sintonización del segundo oscilador que usa el segundo inductor 150. Obsérvese que en los modos de realización la relación de frecuencia puede invertirse. Nos referiremos al oscilador de frecuencia más alta como un "oscilador HF" y al oscilador de frecuencia más baja como un "oscilador LF" en la siguiente descripción. Obsérvese que en modos de realización los intervalos de sintonización de frecuencia de los dos osciladores se solapan; en otros modos de realización, simplemente se unen entre sí; y en otros modos de realización más hay un espacio entre los intervalos.

[0037] Debido al acoplamiento débil de los osciladores HF y LF, la resonancia de cualquier oscilador se verá afectada por el estado del tanque LC del otro oscilador. Por lo tanto, variando la capacitancia del tanque LC del oscilador HF cambiará, en general, el intervalo de sintonización del oscilador LF, y variando la capacitancia del tanque LC del oscilador LF cambiará, en general, el intervalo de sintonización del oscilador HF.

[0038] Para un par de osciladores LC con inductores débilmente acoplados, uno de los osciladores tiende a oscilar en el modo común cuando la frecuencia de resonancia de su tanque LC es menor que la frecuencia de resonancia del tanque LC del otro oscilador. El primer oscilador tiende a oscilar en el modo diferencial cuando la frecuencia de resonancia de su tanque LC es mayor que la frecuencia de resonancia del tanque LC del otro oscilador. Estas declaraciones son de naturaleza general, y las transiciones entre los modos comunes y diferenciales no son abruptas y no necesariamente ocurren precisamente cuando las frecuencias resonantes del tanque LC se cruzan. Pero el principio general es aplicable a los osciladores con inductores débilmente acoplados.

[0039] La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes seleccionados de un generador de frecuencia 200 realizado con dos osciladores 220 y 240 controlados digitalmente, que pueden funcionar selectivamente para cubrir una amplia banda de frecuencias. El oscilador 220 de baja frecuencia incluye un módulo 237 de sintonización aproximada de LF, un módulo 235 de adquisición y sintonización fina de LF, un núcleo 230 de LF y un inductor 225, que puede ser el inductor 150 de las Figuras 1A y 1B. El oscilador 240 de alta frecuencia incluye un módulo 260 de sintonización aproximada de HF, un módulo 255 de adquisición y sintonización fina de HF, un núcleo 250 de HF, y un inductor 245, que puede ser el inductor 160 de las Figuras 1A y 1B. El oscilador 220 de baja frecuencia puede implementarse usando un primer circuito de transconductancia negativa (G_m negativa), y el oscilador de alta frecuencia puede implementarse usando un segundo circuito de G_m negativa. El primer circuito de G_m negativa puede ser parte del núcleo 230 de LF, y el segundo circuito de G_m negativa puede ser parte del núcleo 250 de HF.

[0040] Cuando la salida de un oscilador en particular (ya sea 220 o 240) se selecciona como la salida del generador 200, el núcleo de ese oscilador opera los módulos de sintonización aproximada y fina del oscilador para seleccionar la frecuencia requerida dentro de la banda del oscilador. Cada uno de los módulos de sintonización fina y aproximada puede implementarse como un banco de condensadores conmutables, como es sabido.

[0041] El núcleo 250 de HF y el módulo 260 de sintonización aproximada de HF se pueden configurar para llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de HF 240 por debajo de la frecuencia de resonancia más alta del tanque LC del VCO de LF 220. En esta configuración, el VCO de HF 240 puede perder algunas características de rendimiento que posee dentro de su banda de frecuencia de funcionamiento normal. Pero es el VCO de LF 220 el que se selecciona ahora para el funcionamiento, no el VCO de HF 240. El "cruce" de la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de HF 240 por debajo de la del tanque LC del VCO de LF 220 ventajosamente cambia el modo del tanque LC del VCO de LF 220 de común a diferencial. En consecuencia, la frecuencia superior obtenible del VCO de LF 220 ahora se mueve hacia arriba, más allá de lo que normalmente se puede lograr con el VCO de LF 220. El intervalo de sintonización del VCO de LF 220 se amplía más allá de su banda de funcionamiento normal, es decir, más allá de la banda de frecuencia que el VCO de LF 220 podría proporcionar en ausencia del acoplamiento entre los inductores de los dos osciladores.

[0042] Análogamente, el núcleo de LF 230 y los módulos de sintonización de LF 235 y 237 se pueden configurar para llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF 220 por encima de la frecuencia de resonancia más baja del tanque LC del VCO de HF 240. En esta configuración, el VCO de LF 220 puede perder algunas características de rendimiento que posee dentro de su banda de frecuencia de funcionamiento normal. Pero es el VCO de HF 240 el que se selecciona ahora para el funcionamiento, en lugar del VCO de LF 220. El "cruce" de la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF 220 por encima de la del tanque LC del VCO de HF 240 cambia ventajosamente el modo del tanque LC del VCO de HF 240 del diferencial al común. En consecuencia, la

baja frecuencia obtenible del VCO de HF 240 ahora se mueve más abajo, por debajo de la que normalmente se puede obtener del VCO de HF 240. El intervalo de sintonización del VCO de HF 240 se amplía así más allá de su banda de funcionamiento normal, es decir, más allá de la banda de frecuencia que el VCO de HF 240 podría proporcionar en ausencia del acoplamiento entre los inductores de los dos osciladores.

5 [0043] En un ejemplo de diseño simulado particular, la frecuencia baja de un VCO de LF sintonizable es de aproximadamente 2,8 GHz. La frecuencia alta del VCO de LF es de aproximadamente 3,94 GHz cuando un VCO de HF sintonizable con un inductor débilmente acoplado está configurado de modo que la frecuencia de resonancia de su tanque LC esté por encima de la frecuencia de cruce, de modo que el VCO de LF funcione en el modo común.
10 Cuando el VCO de HF está configurado para que la frecuencia de resonancia de su tanque LC esté por debajo de la frecuencia de cruce (es decir, por debajo de la frecuencia del VCO de LF), el extremo superior de la banda de frecuencia VCO de LF se desplaza hasta aproximadamente 4,13 GHz. En el mismo ejemplo, la frecuencia alta del intervalo de sintonización del VCO de HF es de aproximadamente 5,5 GHz. El límite inferior del intervalo de sintonización del VCO de HF está a aproximadamente 3,82 GHz cuando el VCO de LF está configurado de modo
15 que la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF esté por debajo de la frecuencia de cruce. El límite inferior del intervalo de sintonización del VCO de HF se desplaza hacia abajo a aproximadamente 3,7 GHz cuando el VCO de LF se reconfigura para que la frecuencia de resonancia de su tanque LC se desplace por encima de la frecuencia de cruce, es decir, la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF se desplaza arriba de la frecuencia del VCO de HF.

20 [0044] En la práctica, el VCO de HF puede incluir un gran condensador C_{Hext} que, cuando se enciende en una combinación en paralelo con otros componentes del VCO de HF (el inductor y cualesquiera otros condensadores que pueden aparecer al mismo tiempo en el tanque LC del VCO de HF, como las capacidades parásitas y los condensadores conmutables de los módulos de sintonización de HF 255 y 260), puede llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de HF por debajo de la frecuencia de cruce en la parte superior o algo por debajo de la parte superior del intervalo de sintonización normal del VCO de LF. Análogamente, el VCO de LF puede incluir un condensador C_{Lext} que, cuando se desconecta de la combinación en paralelo con el inductor del VCO de LF (dejando capacidades parásitas que pueden aparecer al mismo tiempo en el tanque LC del VCO de LF y posiblemente algunas otras capacitancias tales como las de uno de los módulos de sintonización), puede llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF por encima de la frecuencia de cruce en la parte inferior o algo por encima del límite inferior del intervalo de sintonización normal del VCO de LF. Cabe señalar que el intervalo "normal" del VCO de LF es típicamente con el condensador C_{Lext} en el circuito, y el intervalo normal del VCO de HF es típicamente sin el condensador C_{Hext} en el circuito. El condensador C_{Hext} puede ser un condensador separado, o puede realizarse como una combinación de condensadores dentro del módulo de sintonización aproximada de HF 260, y posiblemente en el módulo de sintonización fina 255. El condensador C_{Lext} puede ser un condensador separado, o puede realizarse como uno o una combinación de condensadores dentro del módulo de sintonización fina de LF 235. Después de leer detenidamente este documento, un experto en la materia debería ser capaz de encontrar maneras similares de llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de HF por debajo de la parte superior del intervalo de sintonización del VCO de LF, y llevar la frecuencia de resonancia del tanque LC del VCO de LF por encima de la parte inferior del intervalo de sintonización del VCO de HF. Por ejemplo, pueden usarse inductores conmutables.

45 [0045] Como se señaló anteriormente, existe una necesidad de evitar modos de oscilación no deseados en un generador de frecuencia que incluye dos (o posiblemente más) osciladores con el fin de cubrir una amplia intervalo de sintonización. Esta necesidad es típicamente más acuciante cuando los inductores de los osciladores están acoplados magnéticamente con un coeficiente de acoplamiento relativamente alto, pero la necesidad puede surgir en otros casos, incluso en los osciladores descritos anteriormente. Describimos dos enfoques para reducir la tendencia de uno o dos osciladores débilmente acoplados a oscilar en un modo no deseado. Un enfoque es cargar el tanque LC del otro oscilador del generador con una gran capacitancia. El segundo enfoque es reducir el factor de calidad (Q) del tanque LC del otro oscilador.
50

[0046] La figura 3 ilustra componentes seleccionados de un generador de frecuencia 300 configurado de acuerdo con el primer enfoque. La mayoría de los componentes del generador 300 pueden ser similares a los componentes análogos del generador 200 descritos anteriormente. Obsérvese que los inductores 325 y 345 pueden o no estar dispuestos como se muestra en las Figuras 1A y 1B. Por ejemplo, los inductores 325 y 345 pueden estar ambos dispuestos en la misma pastilla.
55

[0047] Cuando el generador 300 activa el VCO de HF 340, se carga el tanque LC no utilizado del VCO de LF 320 con una capacitancia grande, por ejemplo, con todo el banco de sintonización aproximada del módulo 337. También se pueden usar menos que todos los condensadores de sintonización aproximada para cargar el tanque LC no utilizado del VCO de LF 320. También se puede usar un condensador adicional para cargar el tanque LC no utilizado. El generador de frecuencia 300 también incluye un multiplexor 370, que está configurado para cargar selectivamente el tanque LC del VCO de LF 320 con el banco de sintonización aproximada 337 completo o parcial. El generador está configurado para que el MUX 370 cargue el tanque LC del VCO de LF 320 en respuesta a una señal recibida en su entrada 372, que puede ser la señal de selección del VCO de HF. Cuando el generador 300 selecciona el VCO de LF, el MUX 370 transmite el código correspondiente a la sintonización aproximada deseada
60
65

del VCO de LF 320 al módulo de sintonización aproximada de LF 337.

[0048] La figura 4 ilustra aspectos seleccionados de ejemplos de curvas de impedancia del tanque LC del VCO de HF 340. La primera curva 410 es una curva de impedancia típica en la que el tanque LC del VCO de LF no está cargado con todo el banco de sintonización aproximada. Cabe destacar el pico de impedancia secundaria relativamente pronunciado alrededor de 4000 MHz. La segunda curva 420 es la curva de impedancia del mismo VCO de HF 340, pero con el tanque LC del VCO de LF cargado con todo el banco de sintonización aproximada. Cabe destacar que el pico secundario se ha desplazado hacia abajo en el espectro de frecuencia y también se ha vuelto menos pronunciado. El desplazamiento de frecuencia lejos del pico primario hace que la oscilación del modo no deseado sea menos probable, al igual que la supresión de la magnitud del pico secundario.

[0049] El otro enfoque es reducir el Q del tanque LC sin usar. Este enfoque se puede usar tanto en osciladores de baja frecuencia como de alta frecuencia. La Figura 5 ilustra los componentes seleccionados de un generador 500 donde este enfoque se implementa en el VCO de LF 520. La mayoría de los componentes del generador 500 pueden ser similares a los componentes análogos del generador 300 descritos anteriormente, pero con el circuito de carga Q 570 reemplazando al MUX 370. Cuando se selecciona el VCO de HF 540 (la selección de VCO de HF está activa), el circuito de carga Q 570 esencialmente cierra un interruptor "malo" e inserta un elemento disipador a través del tanque LC del VCO de LF 520. Cuando el VCO de LF 520 está funcionando, el interruptor está abierto y el VCO de LF funciona normalmente.

[0050] La Figura 6 ilustra aspectos seleccionados de ejemplos de curvas de impedancia del tanque LC del VCO de HF 540. La primera curva 610 es la misma que la curva 410, con el pico secundario relativamente pronunciado alrededor de 4000 MHz. La segunda curva 620 es la curva de impedancia del mismo VCO de HF 540, pero con el Q del tanque LC del VCO de LF reducido por el circuito 570. Aquí también el pico secundario se ha desplazado hacia abajo en el espectro de frecuencia y se ha vuelto algo menos pronunciado, haciendo menos probable la oscilación del modo no deseado.

[0051] Hay que señalar que los osciladores de los modos de realización descritos anteriormente pueden incluir más de una sola bobina en su tanque LC. Por ejemplo, un oscilador puede incluir dos, tres o una mayor cantidad de bobinas.

[0052] El aparato y los procedimientos descritos en este documento pueden usarse en varios dispositivos electrónicos, incluyendo, por ejemplo, terminales de acceso que operan dentro de una red de radio celular transportando paquetes de datos y/o de voz entre múltiples terminales de acceso de la red, o entre los terminales de acceso y los dispositivos conectados a redes adicionales fuera de la red de acceso. En particular, el aparato y los procedimientos se pueden usar en la fuente de frecuencia del oscilador local de un terminal de acceso.

[0053] Aunque las etapas y decisiones de varios procedimientos pueden ser descritos en serie en esta divulgación, algunas de estas etapas y decisiones pueden ser realizadas por elementos separados en conjunto o en paralelo, forma asíncrona o síncrona, de una manera canalizada, o de otra manera. No existe un requisito particular de que las etapas y las decisiones se realicen en el mismo orden en el que esta descripción los enumera, excepto cuando así se indique explícitamente, sea evidente de otro modo a partir del contexto o se requiera de forma inherente. Se debe observar, sin embargo, que en variantes seleccionadas las etapas y las decisiones se realizan en las secuencias particulares descritas y/o mostradas en las Figuras adjuntas. Además, no todas las etapas y decisiones ilustradas pueden requerirse en cada modo de realización o variante, mientras que algunas etapas y decisiones que no se han ilustrado específicamente pueden ser deseables en algunos modos de realización/variantes.

[0054] Los expertos en la materia entenderán que algunos modos de realización descritos en el presente documento requieren un encapsulado de tipo flip chip, pero que en otros modos de realización el uso de encapsulados flip chip es opcional. Por lo tanto, los modos de realización que evitan (o reducen la posibilidad de) las oscilaciones no deseadas a través de la frecuencia de resonancia LC y/o las manipulaciones del factor de calidad pueden no necesitar implementarse en encapsulados de flip chip.

[0055] Los expertos en la materia entenderán que un inductor de una primera combinación LC de un primer oscilador se puede colocar sobre o en el encapsulado, mientras que un inductor de una segunda combinación LC de un segundo oscilador puede ser colocado sobre una superficie de la pastilla orientado hacia el encapsulado, en otra superficie de la pastilla, o en una capa intermedia de la pastilla entre las dos superficies de una pastilla multicapa. En algunos modos de realización, cada uno de los inductores puede colocarse selectivamente sobre cualquier superficie o sobre cualquiera de las capas intermedias de una pastilla multicapa.

[0056] Los expertos en la materia entenderán que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera de una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que puedan haber sido mencionados a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

5 [0057] Los expertos en la materia apreciarán, además, que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en relación con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, se han descrito anteriormente, en general, diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos desde el punto de vista de su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa como hardware, software o una combinación de hardware y software, dependerá de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas sobre todo el sistema. Los expertos en la materia pueden implementar la funcionalidad descrita de formas distintas para cada aplicación particular, pero no debe interpretarse que dichas decisiones de implementación supongan abandonar el alcance de la presente invención.

10 [0058] Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos junto con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una matriz de puertas programables in situ (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, lógica de transistor o puertas discretas, componentes de hardware discretos, o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, *por ejemplo*, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

25 [0059] Las etapas de un procedimiento o algoritmo que pueden haber sido descritas en relación con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento a modo de ejemplo está acoplado al procesador de tal manera que el procesador pueda leer información del medio de almacenamiento y escribir información en el mismo. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de acceso. De forma alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de acceso.

35 [0060] La anterior descripción de los modos de realización divulgados se proporciona para permitir que cualquier experto en la materia realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estos modos de realización resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin apartarse del alcance de la presente invención. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización mostrados en el presente documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas divulgados en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un flip chip (100) que comprende:
 - 5 una pastilla (101) que comprende circuitos electrónicos de un primer oscilador, circuitos electrónicos de un segundo oscilador y un primer inductor (160) del primer oscilador;
 - un segundo inductor (150) del segundo oscilador; y
 - 10 medios para encapsular (130) la pastilla (101) y para mantener el segundo inductor ligeramente acoplado al primer inductor, en el que dicho primer inductor está colocado sobre una superficie de la pastilla (105) orientada hacia el encapsulado y en el que los medios para encapsular (130) comprenden una primera superficie (132) orientada hacia la pastilla y separada de la pastilla, y el segundo inductor está dispuesto en la primera
 - 15 superficie del encapsulado, en el que la separación entre el primer y el segundo inductores es mayor que la separación disponible entre cualesquiera dos capas de metalización en la pastilla.
2. El flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que la primera superficie (132) que está orientada hacia la pastilla está separada de la pastilla por una pluralidad de protuberancias de soldadura (115).
3. El flip chip (100) según la reivindicación 2, en el que el primer y el segundo inductores (160, 150) son sustancialmente concéntricos.
- 25 4. El flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el coeficiente de acoplamiento magnético del primer y el segundo inductores es menor que 0,2.
5. El flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el coeficiente de acoplamiento magnético del primer y el segundo inductores es menor que 0,15.
- 30 6. El flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el coeficiente de acoplamiento magnético del primer y el segundo inductores es menor que 0,10.
7. Un circuito integrado que comprende el flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el primer inductor (160) está configurado para su uso en un tanque LC del primer oscilador;
- 35 en el que el segundo inductor (150) está configurado para su uso en un tanque LC del segundo oscilador, en el que dicho flip chip (100) comprende, además, medios para hacer que un modo de oscilación del primer oscilador cambie de un primer modo a un segundo modo cuando el segundo oscilador está inactivo.
- 40 8. El circuito integrado según la reivindicación 7, en el que el primer modo es un modo común y el segundo modo es un modo diferencial.
9. El circuito integrado según la reivindicación 7, en el que el primer modo es un modo diferencial y el segundo modo es un modo común.
- 45 10. Un dispositivo electrónico que comprende el flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el primer oscilador comprende un primer tanque LC, en el que el segundo oscilador comprende un segundo tanque LC, comprendiendo dicho dispositivo electrónico, además, un circuito de sintonización aproximada (237) para sintonizar de modo aproximado el segundo oscilador conmutando selectivamente los condensadores de un banco de condensadores al segundo tanque LC, en el que el circuito de sintonización aproximada está configurado para conmutar todos los condensadores del banco al segundo tanque LC cuando el primer oscilador está funcionando y el segundo oscilador no está funcionando con el fin de suprimir una tendencia del primer oscilador a oscilar en un modo no deseado.
- 55 11. Un dispositivo electrónico para evitar modos de oscilación no deseados que comprende el flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el primer oscilador comprende un primer tanque LC; el segundo oscilador comprende un segundo tanque LC, comprendiendo, además, dicho dispositivo electrónico medios para reducir un factor de calidad (570) del primer tanque LC cuando el segundo oscilador está funcionando y el primer oscilador no está funcionando para suprimir tendencia del segundo oscilador a oscilar en un modo no deseado.
- 60 12. Un procedimiento para hacer funcionar un generador de frecuencia que comprende el flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que el primer oscilador comprende un primer tanque LC y el segundo oscilador comprende un segundo tanque LC, comprendiendo, además, el segundo oscilador una pluralidad de
- 65

condensadores para sintonizar de modo aproximado el segundo oscilador, en el que el procedimiento comprende:

- 5 activar el primer oscilador manteniendo sin activar el segundo oscilador; y
- cargar el segundo tanque LC del segundo oscilador con la pluralidad de condensadores o con un oscilador de disipación de energía cuando se activa el primer oscilador.
- 10 **13.** Un procedimiento para hacer funcionar un generador de frecuencia que comprende el flip chip (100) según la reivindicación 1, en el que, en el que el primer oscilador comprende un primer tanque LC y el segundo oscilador comprende un segundo tanque LC, en el que el procedimiento comprende:
- activar el primer oscilador manteniendo sin activar el segundo oscilador; y
- 15 reducir un factor de calidad del segundo tanque LC para reducir una tendencia del primer oscilador a oscilar en un modo no deseado.

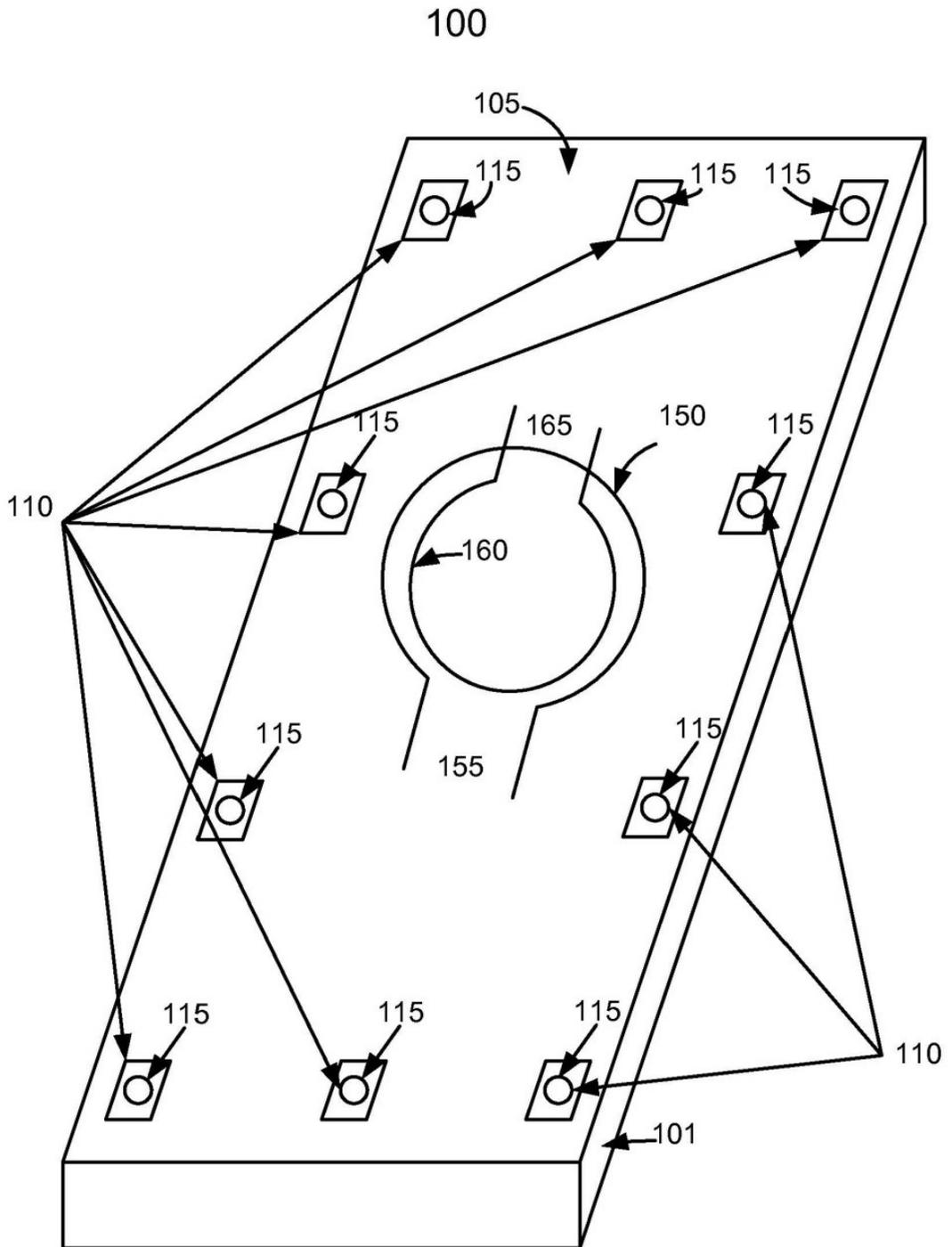


FIG. 1A

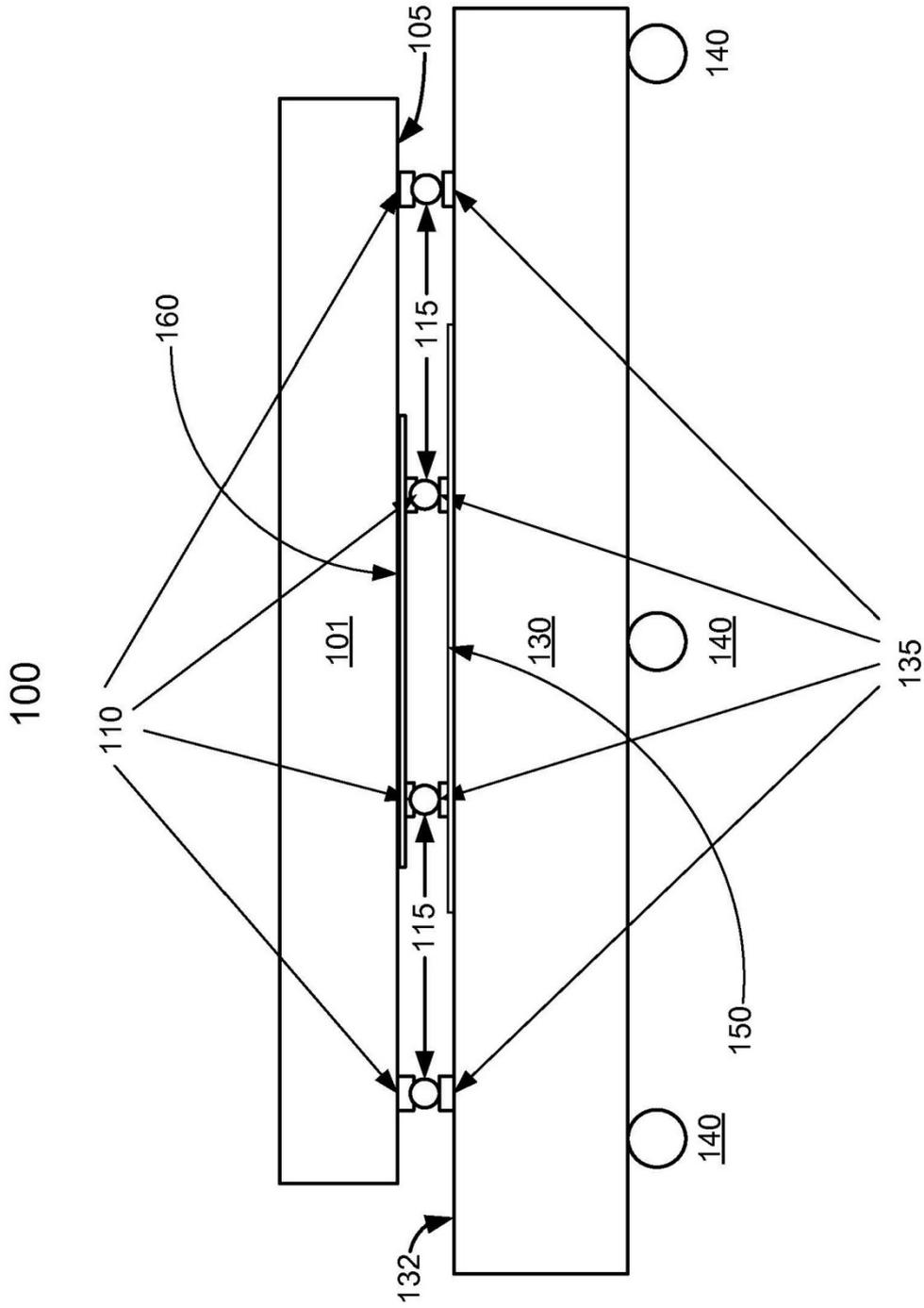


FIG. 1B

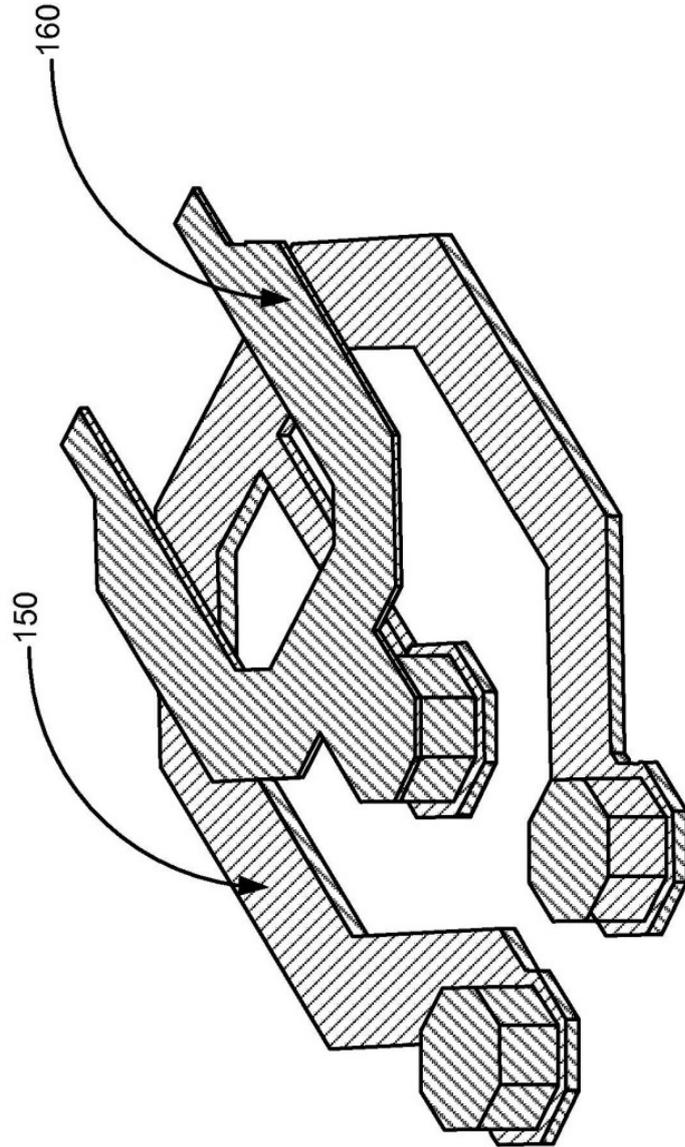


FIG. 1C

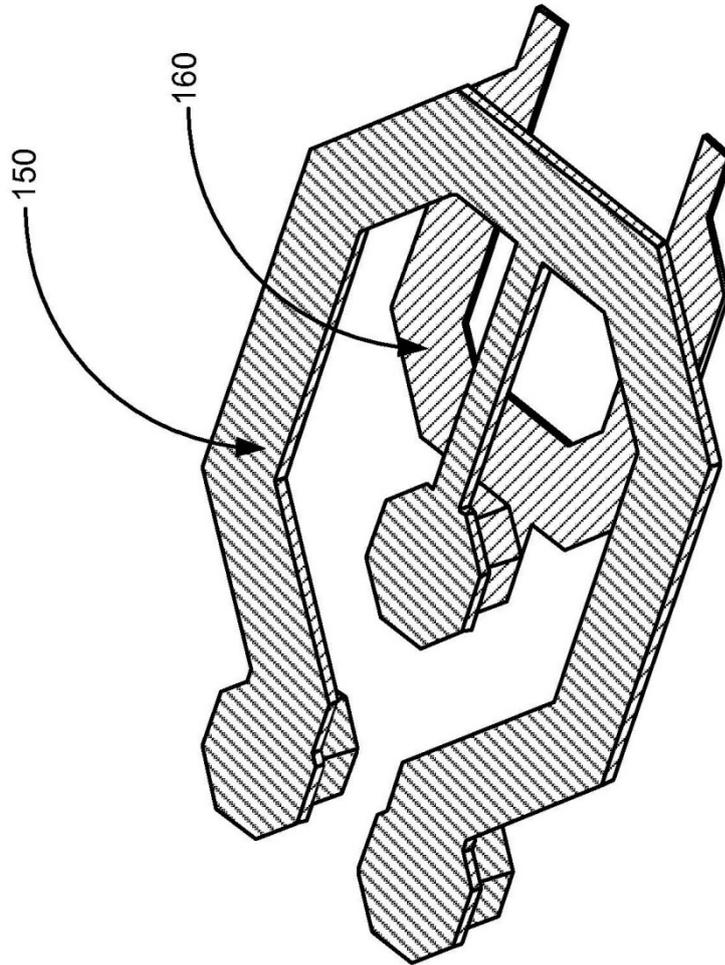


FIG. 1D

200

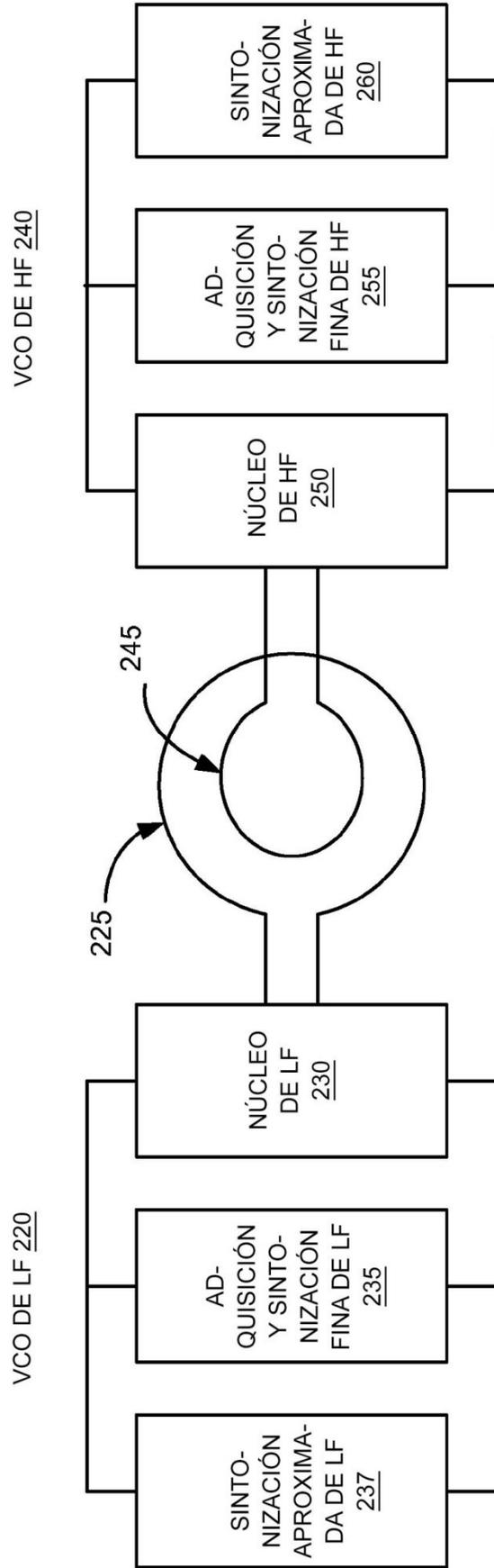


FIG. 2

300

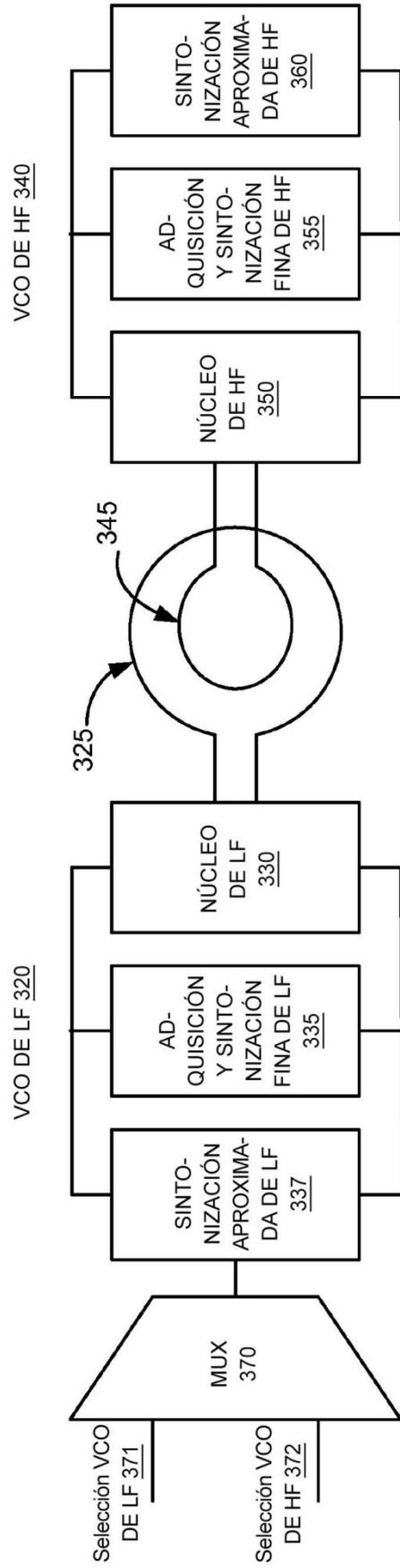


FIG. 3

400

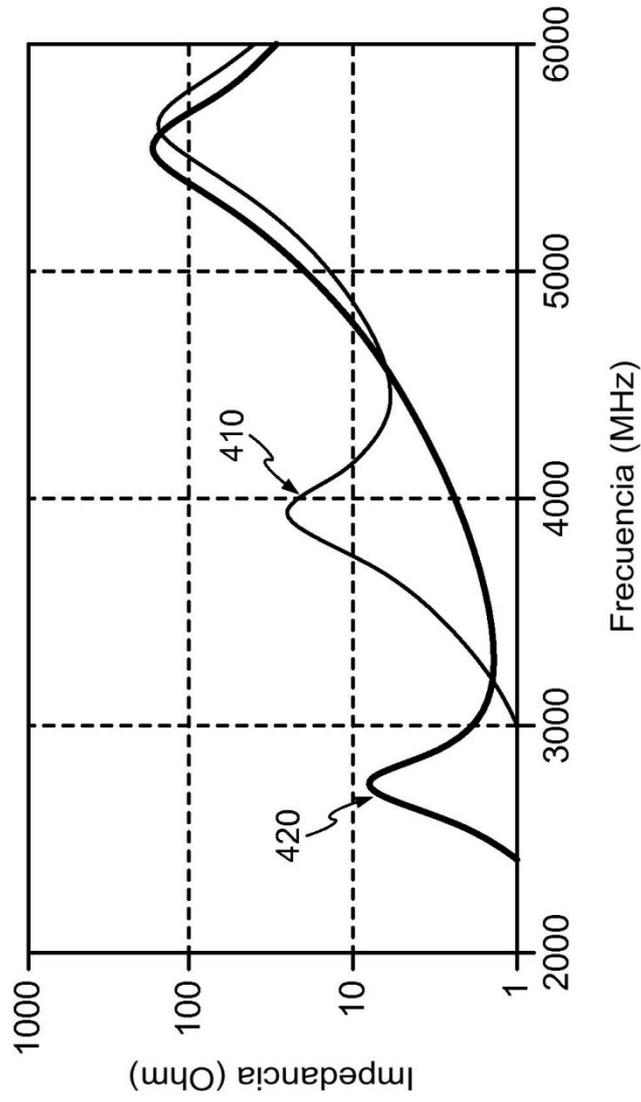


FIG. 4

500

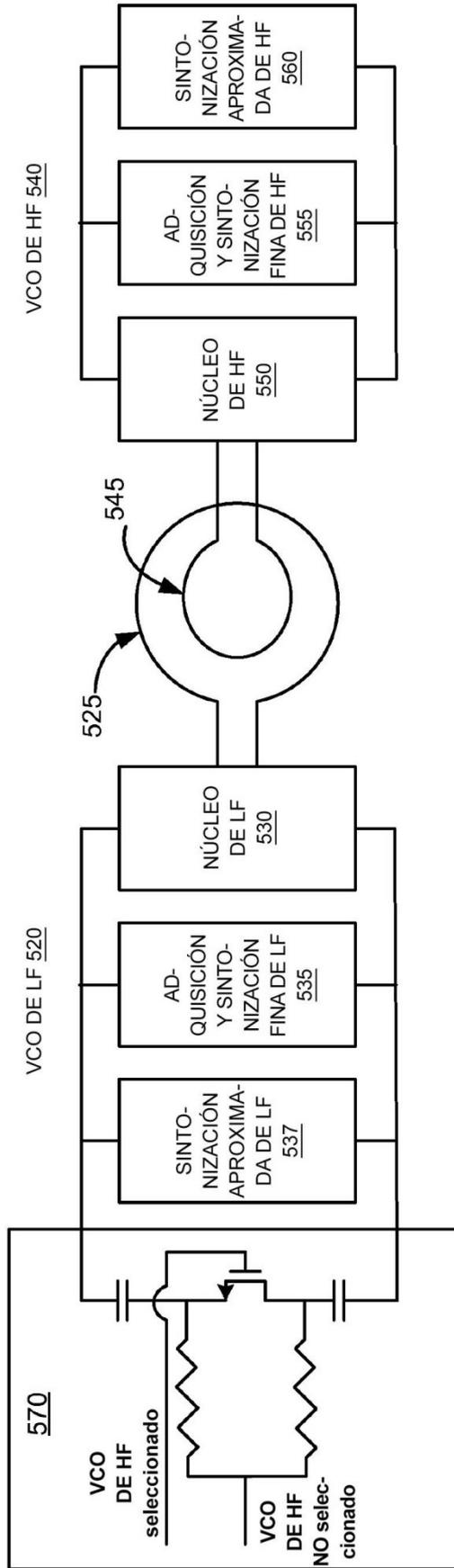


FIG. 5

600

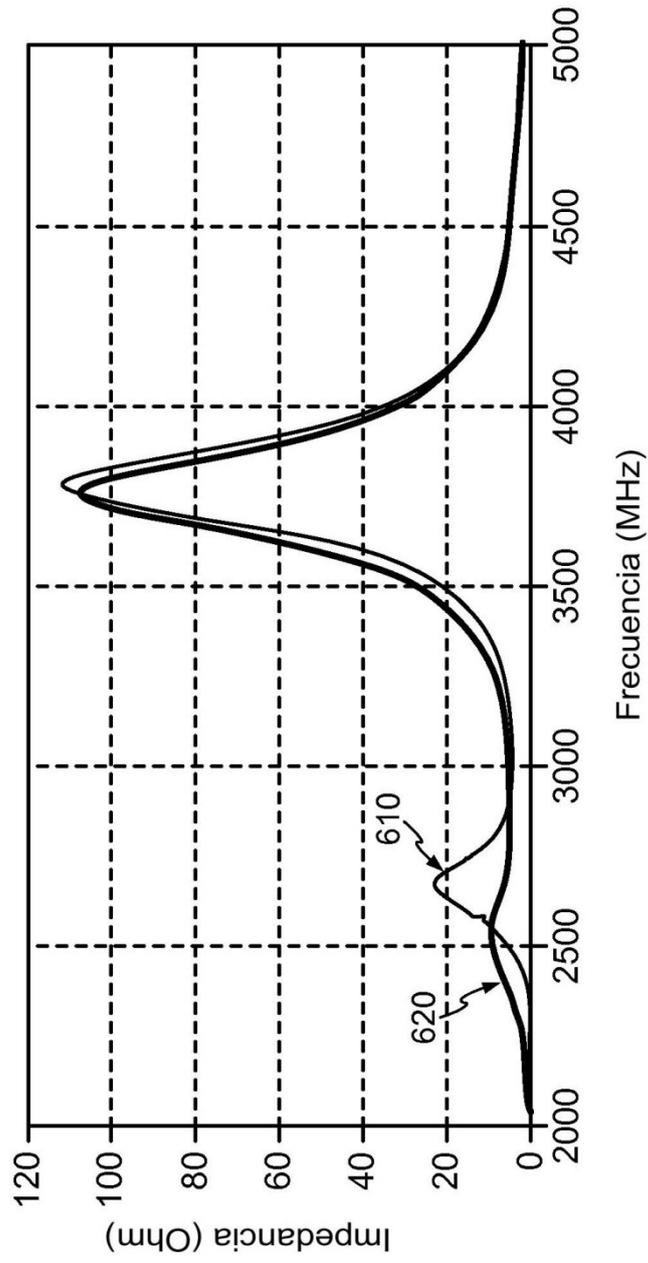


FIG. 6