

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 818 903**

51 Int. Cl.:

H04B 3/23 (2006.01)

H04B 1/525 (2015.01)

H03H 7/20 (2006.01)

H03H 7/25 (2006.01)

H03H 7/32 (2006.01)

H04B 1/10 (2006.01)

H04B 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2017 E 17174054 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3255806**

54 Título: **Circuito de retardo para el desplazamiento en tiempo de una señal de radiofrecuencia y dispositivo de reducción de interfaces utilizando dicho circuito**

30 Prioridad:

06.06.2016 FR 1655129

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

14.04.2021

73 Titular/es:

**AIRBUS DS SLC (100.0%)
1 Boulevard Jean Moulin, ZAC de la Clef Saint
Pierre
78990 Elancourt, FR**

72 Inventor/es:

GAGEY, OLIVIER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 818 903 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

Circuito de retardo para el desplazamiento en tiempo de una señal de radiofrecuencia y dispositivo de reducción de interfaces utilizando dicho circuito

Ámbito

5 El ámbito de la invención concierne a los sistemas de emisión y recepción de ondas de comunicación por radio. La invención trata en particular del tratamiento de las interferencias entre diferentes sistemas de comunicación por radio dispuestos a poca distancia, como por ejemplo sistemas de comunicación por radio instalados en un mismo vehículo y que tienen sus antenas de radio en el techo del citado vehículo.

Estado de la técnica

10 Los servicios de emergencia o de seguridad utilizan diferentes equipos de comunicación por radio para responder a sus múltiples necesidades en materia de comunicación. Un vehículo puede así estar equipado con un terminal tal como un terminal LTE que presenta canales de comunicación por radio que tienen una banda de frecuencias ancha y un alto caudal así como un terminal tal como un terminal TETRAPOL que presenta canales de comunicación por radio que tienen una banda de frecuencias estrecha y un bajo caudal. Las antenas de emisión y de recepción de los
 15 respectivos terminales, colocadas por ejemplo en el techo de un vehículo, pueden ejercer entonces una acción parasitaria una sobre la otra.

Los sistemas de comunicación de bajo caudal utilizados son por ejemplo del tipo TETRAPOL, TETRA o P25.

Los sistemas de comunicación de alto caudal utilizados son por ejemplo del tipo 4G o LTE.

20 Dos sistemas de comunicación por radio pueden así interferirse, lo que degrada la calidad de las comunicaciones e incluso puede hacer las comunicaciones imposibles.

Se producen naturalmente interferencias incluso si la emisión y la recepción se efectúan en dos bandas de frecuencias diferentes. En efecto, la señal emitida contiene un ruido de banda ancha, siendo este ruido amplificado por las no linealidades de la cadena de transmisión. El ruido de banda ancha y la banda frecuencial del equipo receptor se solapan entonces en toda la anchura de la banda o parcialmente, lo que degrada la calidad de la recepción. Asimismo,
 25 la presencia de una señal de radio emitida a alta potencia a poca distancia de un receptor puede desensibilizar el citado receptor, incluso si las bandas frecuenciales de emisión y de recepción son diferentes.

Se conoce el documento US-2009/0061808 que describe un sistema y un procedimiento adaptativo de anulación de una señal de radiofrecuencia. Sin embargo, este tipo de sistema es regulado específicamente por un inhibidor EMI (interferencia electromagnética) implantado permanentemente en una aeronave equipada por otra parte con una
 30 antena de comunicación de radiofrecuencia. Asimismo, el documento US2009/0227213 describe un sistema de anulación de interferencias entre el emisor y el receptor de un sistema RFID. Este sistema de anulación de interferencias comprende un dispositivo para extraer una parte de la señal emitida. Esta parte de la señal emitida, denominada igualmente « señal de referencia », es enviada a un circuito de compensación. Este circuito de compensación modifica la fase y la amplitud de la señal de referencia. Un dispositivo permite inyectar esta señal de
 35 referencia modificada en fase y en amplitud en la señal recibida por el receptor. La señal de referencia así modificada en fase y en amplitud e inyectada en la señal recibida por el receptor se denomina igualmente « señal de compensación ». El receptor recibe la suma de la señal emitida por el emisor y presente a nivel de la antena del receptor, denominada igualmente « señal directa » y la señal de compensación. Ajustando la amplitud de la señal de compensación al nivel de la amplitud de la señal directa y desfasando 180° (módulo 360°) la fase de la señal de compensación con respecto
 40 a la fase de la señal directa, la señal de compensación anula la señal directa. Una diferencia de los retardos de tiempo entre la señal directa y la señal emitida por el emisor y entre la señal de compensación y la señal emitida por el emisor degrada de modo importante las prestaciones de este tipo de dispositivo. La anulación de la señal directa por la señal de compensación interviene entonces solamente en una gama frecuencial reducida, haciendo el dispositivo ineficaz para anular el ruido de banda ancha emitido por el emisor o bien para anular en todo el canal de emisión la señal
 45 emitida de una señal de comunicación de alto caudal. De esta manera, si con este dispositivo, se regula perfectamente la señal de compensación en amplitud y fase con respecto a la señal directa a una frecuencia central, a 50 MHz de esta frecuencia central una diferencia de aproximadamente 0,2 ns de retardo de tiempo entre la señal directa y a señal emitida por el emisor y entre la señal de compensación y la señal emitida por el emisor limitará el rechazo de la señal directa aproximadamente a 30 dB. Se puede observar que esta limitación de rechazo de aproximadamente a 30 dB
 50 es esperada también para una diferencia de amplitud entre la señal de compensación y la señal directa de aproximadamente 0,27 dB, siendo por otra parte ajustadas perfectamente la fase y el retardo. Por otra parte, el experto en la materia conoce la utilización de filtros de paso de banda tales como filtros de cavidades utilizados para la emisión y para la recepción. Estos filtros representan sin embargo un coste importante y sus bandas de frecuencias pasantes y de rechazos son difícilmente modificables en modo operativo. El experto en la materia conoce igualmente circuitos
 55 de retardo tales como aquéllos descritos en los documentos US 4885562, DE 3401994 o US 2004/146237. Sin embargo, estos circuitos de retardo no están adaptados para una utilización en sistemas de atenuación de las

interferencias, debido a que ellos no permiten regular de modo preciso ciertas propiedades del desplazamiento en tiempo que los mismos introducen.

Aparece así la necesidad para el experto en la materia de mejorar los sistemas de atenuación de las interferencias.

Resumen de la invención

5 Para resolver estos problemas, un objeto de la invención concierne a un circuito de retardo para el desplazamiento en tiempo de una señal de radiofrecuencia de entrada. El citado circuito de retardo comprende un filtro de paso todo que tiene una frecuencia central dada configurada para linealizar el desfase de la señal de salida con respecto a la señal de entrada en función de la frecuencia en una primera gama frecuencial y caracterizado por que comprende un primer circuito antirresonante que tiene una primera frecuencia central y un segundo circuito antirresonante que tiene segunda frecuencia central, estando el filtro de paso todo y los dos circuitos antirresonantes configurados y dispuestos para linealizar el desfase de la señal de salida con respecto a la señal de entrada en función de la frecuencia en una segunda gama frecuencial que incluye a la primera gama. Siendo la diferencia entre la primera y la segunda frecuencia central inferior al 30% del valor de una de las frecuencias centrales. Siendo la diferencia entre la primera frecuencia central y la frecuencia central dada del circuito de paso todo inferior al 30% del valor de la frecuencia más elevada entre la primera frecuencia central y la frecuencia central dada.

A tal efecto, la presente invención describe especialmente un dispositivo de eliminación física de las interferencias que permite ajustar a la vez el desfase, la amplitud y el desplazamiento en tiempo de la señal de compensación. La posibilidad de ajustar el desplazamiento en tiempo además de la fase y de la amplitud de la señal de compensación permite eliminar eficazmente las interferencias en una banda de frecuencias ancha. A tal fin, la invención concierne igualmente a un circuito de retardo capaz de facilitar un retardo sensiblemente constante en una gama de frecuencias agrandada con respecto a los circuitos de retardo conocidos. Además, el circuito de retardo descrito por la presente invención muestra una estabilidad del retardo en función de la frecuencia mejorada con respecto a los circuitos de retardo conocidos por el experto en la materia. Dicho circuito de retardo mejorado es por tanto un elemento fundamental de la presente invención.

25 Se entiende por circuito de retardo un circuito capaz de facilitar en salida una señal Vout idéntica a la señal en entrada Vin pero con un desplazamiento en tiempo,

Se entiende por filtro de paso todo un circuito de retardo conocido por el experto en la materia, por ejemplo un circuito que comprende un circuito tapón y un circuito resonante.

30 Se entiende por frecuencia central de un circuito de paso todo, la frecuencia en el centro de la banda de frecuencias en la cual el desplazamiento en tiempo entre la señal a la entrada del filtro y la señal a la salida del filtro es el más elevado.

Se entiende por circuito antirresonante un circuito que tiene una impedancia elevada alrededor de su frecuencia central y una impedancia baja lejos de su frecuencia central.

35 Se entiende por frecuencia central de un circuito antirresonante la frecuencia en el centro de la banda de frecuencias en la cual la impedancia del circuito es la más elevada.

Aunque el filtro de paso todo constituye en sí un circuito de retardo, este tipo de circuito comprende inconvenientes: el desplazamiento en tiempo introducido no es constante en función de la frecuencia de la señal transmitida. Dicho de otro modo, la curva que ilustra la relación entre el desplazamiento en tiempo introducido y la frecuencia de la señal no es plana en la gama de frecuencias de interés.

40 Esta característica limita la utilización de un circuito de paso todo en un dispositivo de supresión física de las interferencias entre dos sistemas de comunicación por radio cuando se desee una supresión de las interferencias de banda ancha.

45 La variación del desplazamiento en tiempo con la frecuencia viene del hecho de que el desfase de la señal a la salida Vout es lineal en función de la frecuencia solamente en una gama de frecuencias pequeña alrededor de la frecuencia central del circuito de paso todo.

En cambio, la introducción de los dos circuitos antirresonantes permite controlar mejor la linealidad del desfase de la señal a la salida Vout en función de la frecuencia. Especialmente, el intervalo de linealidad entre el desfase introducido y la frecuencia es mayor gracias a la presencia de los dos filtros antirresonantes.

50 Con el fin de reducir las interferencias en un receptor, la invención permite integrar un circuito de retardo mejorado en un dispositivo de eliminación física de las interferencias en sistemas de comunicación por radio.

A tal efecto, otro objeto de la invención concierne a un dispositivo de reducción de interferencias entre un primer equipo de radio que comprende al menos un emisor y un segundo equipo de radio que comprende al menos un receptor, caracterizado por que el citado dispositivo comprende:

- Un primer acoplador configurado para extraer una parte de la señal emitida por el primer equipo de radio;
- Un circuito de tratamiento de la parte de señal extraída que facilita una señal modificada, comprendiendo el citado circuito de tratamiento un componente de retardo variable que comprende al menos un circuito de retardo, que introduce un desplazamiento en tiempo de la señal extraída;

- 5 • Un segundo acoplador configurado para sumar la señal modificada a la señal recibida por el segundo equipo;

Se entiende por señal recibida por el segundo equipo, la señal emitida por el emisor y presente a nivel de la antena del receptor del segundo equipo.

Se entiende por dispositivo de reducción de interferencias un dispositivo que tiene por objeto reducir las perturbaciones entre los dos equipos. Por ejemplo, un dispositivo que tiene por objeto la atenuación de la señal emitida por el primer equipo en la señal recibida por el segundo equipo.

En lo que sigue, tal dispositivo de interferencias se denominará indiferentemente un dispositivo de eliminación de interferencias o un dispositivo de eliminación de interferencias entre un primer equipo y un segundo equipo.

La señal de compensación es añadida a la señal recibida por el segundo equipo para borrar la señal emitida por el primer equipo. Para hacer esto, se ajusta la amplitud de la señal de compensación al nivel de la amplitud de la señal recibida, se ajusta el retardo de la señal de compensación con la señal emitida para que sea lo más próximo al retardo entre la señal recibida y la señal emitida, se ajusta la fase de la señal de compensación para quedar a 180° (módulo 360°) de la fase de la señal recibida.

Se entiende por circuito de tratamiento de la parte de señal extraída el circuito de compensación. El circuito de tratamiento o circuito de compensación comprende un circuito de retardo según la invención. Esto permite controlar de modo preciso el desplazamiento en tiempo de la señal en una amplia gama de frecuencias.

Este dispositivo está por tanto particularmente adaptado para la corrección de las interferencias en una amplia gama de frecuencias.

El dispositivo de eliminación de interferencias según la invención puede igualmente presentar una o varias de las características siguientes, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

25 • el filtro de paso todo es un circuito que comprende al menos un circuito tapón formado por una primera inductancia asociada en paralelo con un primer condensador, un segundo condensador, un tercer condensador de referencia y un cuarto condensador, teniendo el citado circuito tapón una frecuencia de corte f_a , comprendiendo el filtro de paso todo además un circuito resonante formado por un quinto condensador asociado en serie con una segunda inductancia, teniendo el citado circuito resonante una frecuencia de resonancia f_b , siendo la diferencia entre la frecuencia de corte f_a y la frecuencia de resonancia f_b inferior al 20% del valor de una de las dos frecuencias.

- los circuitos antirresonantes comprenden cada uno un condensador asociado en paralelo con una inductancia;

- el circuito de tratamiento comprende un desfasador variable que modifica la fase de la señal extraída por el primer acoplador y una ganancia variable que modifica la amplitud de la señal extraída por el primer acoplador,

- el dispositivo de eliminación de las interferencias comprende un componente de retardo variable que comprende:

35 ○ un primer circuito que comprende al menos un circuito de retardo según la invención que introduce un retardo fijo;

○ un segundo circuito dispuesto en serie con el primer circuito que comprende al menos una línea de retardo según la invención que introduce un primer retardo ajustable por etapas; y

40 ○ un tercer circuito dispuesto en serie con los primero y segundo circuitos que introduce un segundo retardo ajustable de modo continuo,

- el dispositivo de eliminación de las interferencias comprende:

○ Un acoplador configurado para extraer una parte de la señal suma y transmitir el resto de la señal suma al segundo equipo;

Se entiende por señal suma la señal recibida por el segundo equipo y la señal de compensación.

45 ○ Un equipo de caracterización de la señal suma;

○ Un equipo de control configurado para recibir la señal procedente del equipo de caracterización de la señal suma y para controlar los equipos de modificación de las propiedades de la señal extraída,

- el primer equipo de radio y el segundo equipo de radio son el mismo equipo;
- la antena de emisión del primer equipo de radio es común con la antena de recepción del segundo equipo de radio;
- el circuito de retardo está entre el acoplador de extracción del primer equipo de radio y su antena de emisión y/o el circuito de retardo está entre la antena de recepción del segundo equipo de radio y el acoplador de inyección de la señal de compensación;
- los acopladores son acopladores de radiofrecuencia o divisores de potencia asimétrica;
- el equipo de control contiene una memoria para el registro de los parámetros del desfasador, de la ganancia variable y del retardo.
- una secuencia de aprendizaje con una señal emitida de banda ancha permite ajustar los parámetros del desfasador, de la ganancia variable y del retardo a valores por defecto. Estos valores podrán ser utilizados por el equipo de control como punto de partida de las regulaciones del desfasador, de la ganancia variable y del retardo para las próximas emisiones operativas del emisor.

La invención tiene igualmente por objeto una línea de retardo para la introducción de un retardo variable en una señal de salida, comprendiendo la citada línea de retardo un montaje en cascada de una pluralidad de circuitos de retardo según la invención,

cada circuito de retardo:

- introduce un múltiplo dado de un retardo de base (T_{base}) y;
- está asociado a un conmutador (RF switch) para activar o desactivar el circuito de retardo,

siendo configurado un componente de ajuste del retardo para introducir un retardo dado por activación/desactivación de un subconjunto de los conmutadores de la línea de retardo.

Lista de las figuras

Otras características y ventajas de la invención de deducirán claramente de la descripción que de la misma se da a continuación, a modo indicativo y en modo alguno limitativo, en referencia a las figuras anejas, en las cuales:

- La figura 1 ilustra el circuito de retardo según la invención;
- La figura 2a ilustra un filtro de paso todo, utilizado como circuito de retardo en la técnica anterior;
- La figura 2b muestra la transmisión y el retardo temporal introducido por el circuito de la figura 2a en una gama de frecuencias que va de 300 MHz a 460 MHz;
- La figura 3a ilustra un ejemplo de realización del circuito de retardo según la invención,
- La figura 3b muestra la transmisión y el retardo temporal introducido por el circuito de la figura 3a en una gama de frecuencias que va de 300 MHz a 460 MHz;
- La figura 4 muestra una línea de retardo obtenida combinando varios circuitos de retardo y varios conmutadores de radiofrecuencia;
- La figura 5 ilustra el circuito para la eliminación de las interferencias;
- La figura 6a muestra la señal recibida por un equipo receptor con y sin la eliminación de las interferencias con la ayuda del dispositivo de eliminación de las interferencias según la invención, y una diferencia de 1 ns de retardo entre la señal recibida y la señal de compensación.
- La figura 6b muestra la señal recibida por un equipo receptor con y sin la eliminación de las interferencias con la ayuda del dispositivo de eliminación de las interferencias según la invención, y una diferencia de 15 ns de retardo entre la señal recibida y la señal de compensación.
- La figura 7 muestra un ejemplo de realización de desfasador variable;
- La figura 8 muestra un ejemplo de realización de un atenuador variable o ganancia variable con ganancia negativa.

Descripción detallada

La figura 1 ilustra el circuito de retardo 10 según la invención. El circuito 10 es un circuito capaz de facilitar en salida una señal Vout idéntica a la señal Vin pero con un desplazamiento en tiempo.

El circuito de retardo 10 según la invención está compuesto por un filtro de paso todo 1 y por dos circuitos antirresonantes 2, 3. El filtro de paso todo 1 tiene una frecuencia central dada f_0 . Los primero y segundo circuitos antirresonantes 2 y 3 tienen respectivamente las frecuencias centrales f_1 y f_2 .

5 Un ejemplo 20 de circuito de paso todo conocido por el experto en la materia está representado en la figura 2a. Este circuito comprende un circuito tapón 21 y un circuito resonante 22. La figura 2b muestra las características de este filtro en la gama de frecuencias comprendida entre 300 MHz y 460 MHz.

10 Un modo de comprender cualitativamente el funcionamiento del circuito 20 es el siguiente. El circuito tapón 21 formado por las capacidades C_1 y C_2 asociadas en paralelo con una inductancia (denomina igualmente bobina de autoinducción) L_1 tiene una frecuencia de corte f_a . El circuito resonante 22 formado por la capacidad C_3 asociada en serie con la bobina de autoinducción L_2 tiene una frecuencia de resonancia f_b . Los valores de los componentes C_1 , C_2 , L_1 , C_3 , L_2 están ajustados para tener las frecuencias f_a y f_b casi idénticas. Se entiende por f_a y f_b casi idénticas una diferencia inferior al 20% entre las dos frecuencias.

15 Lejos de las frecuencias f_a y f_b , la impedancia de circuito resonante 22 es elevada. El circuito 20 se comporta como un circuito tapón lejos de su frecuencia de corte: la transmisión de la señal a través de este filtro queda muy poco atenuada con un retardo de transmisión pequeño. Próximo a las frecuencias f_a y f_b , la impedancia del circuito resonante 22 es pequeña, el punto A del circuito 20 se encuentra conectado eléctricamente a la masa, el circuito 20 puede ser asimilado a una línea de retardo formada por una bobina de autoinducción en serie L_1 y dos capacidades C_1 y C_2 conectadas a cada extremo de la bobina de autoinducción L_1 y a la masa, esta línea de retardo presenta un máximo de retardo a la frecuencia f_a .

20 La figura 2b resume las características del circuito 20 con valores de componentes:

$C_1 = C_2 = 15$ pF, $L_1 = 22$ nH, $C_3 = 10$ pF, $L_2 = 22$ nH. Los valores de componentes se dan solo a modo ilustrativo y son posibles otros valores.

25 La curva A de la figura 2b muestra la transmisión en función de la frecuencia de la señal transmitida. Se entiende por transmisión la amplitud de la señal en salida V_{out} a una frecuencia dada dividida por la amplitud de la señal en entrada V_{in} a la misma frecuencia. La transmisión varía muy ligeramente en función de la frecuencia en la gama de frecuencias consideradas, lo que explica el nombre de paso todo.

30 La curva B de la figura 2b representa el retardo introducido por el circuito 20 en función de la frecuencia de la señal. El retardo introducido es de aproximadamente 3,3 ns en el centro de la gama de frecuencias. A 50 MHz a una y otra parte de la frecuencia central del filtro de paso todo, la variación de retardo con respecto al retardo a la frecuencia central puede llegar a 0,7 ns, mientras que la variación de transmisión con respecto a la transmisión a la frecuencia central solo llega a 0,02 dB. El compromiso entre la estabilidad de la atenuación en función de la frecuencia y la estabilidad del retardo en función de la frecuencia está muy desequilibrado, presentado este tipo de estructura una excelente estabilidad de la amplitud en función de la frecuencia y una estabilidad mediocre del retardo en función de la frecuencia. La gama de frecuencias B1 en la cual el desfase es lineal o casi lineal en función de la frecuencia, es decir el retardo, es constante o casi constante, es muy limitada.

35 Estas variaciones del retardo en la gama de frecuencias de interés no permiten ajustar correctamente el desplazamiento en tiempo de la señal de compensación en un dispositivo de eliminación física de las interferencias de banda ancha.

Un ejemplo de realización de circuito de retardo según la invención es el circuito 30 de la figura 3a.

40 El circuito 30 de la figura 3a es un filtro de paso todo 31 asociado a dos circuitos antirresonantes 32, 33 que tienen frecuencias centrales f_1 y f_2 . Los dos circuitos antirresonantes están integrados en el filtro de paso todo por dos conexiones eléctricas.

Según un modo de realización, el primer circuito antirresonante 32 comprende un condensador C_4 asociado en paralelo con una bobina de autoinducción L_3 .

45 Según un modo de realización, el segundo circuito antirresonante 33 comprende un condensador C_5 asociado en paralelo con una bobina de autoinducción L_4 .

50 Según un modo de realización, un primer par de condensadores C_{1a} , C_{1b} que comprende un primer condensador C_{1a} y un segundo condensador C_{1b} está representado en el circuito de paso todo. Un primer circuito antirresonante 32 está conectado entre el primero C_{1a} y el segundo condensador C_{1b} . Un segundo par de condensadores C_{2a} , C_{2b} que comprende un tercer condensador C_{2a} y un cuarto condensador C_{2b} está representado en el circuito de paso todo 31. El segundo circuito antirresonante 33 está conectado entre el tercer condensador C_{2a} y el cuarto condensador C_{2b} .

En este ejemplo, el primer condensador C_{1a} y el tercer condensador C_{2a} tienen una capacidad de 27 pF, el segundo condensador C_{1b} y el cuarto condensador C_{2b} tienen una capacidad de 36 pF.

El primer C1a, C1b y el segundo C2a, C2b par de condensadores de la figura 3a facilitan dos capacidades equivalentes o casi equivalentes a las capacidades facilitadas por el primer C1 y el segundo C2 condensador de la figura 2a.

5 Cuando las frecuencias f_1 y f_2 están elegidas oportunamente con respecto a la frecuencia central del filtro de paso todo 31 la gama de frecuencias B2 en las cuales el desfase es lineal o casi lineal en función de la frecuencia es así más amplia que la gama B1. Para hacer esto, las frecuencias f_1 y f_2 son ajustadas para crear un segundo máximo en la curva que representa el retardo entre la entrada y la salida del circuito 30. Este segundo máximo permitirá estabilizar la variación del retardo en función de la frecuencia del circuito 30.

10 Un modo de comprender cualitativamente el funcionamiento del circuito 30 es el siguiente. Los componentes C1a, C1b, C2a, C2b, L1, L2, C3 del filtro de paso todo 31 se ajustan para regular el filtro de paso todo tal como se describió anteriormente. Los componentes de los circuitos antirresonantes 32 y 33 se ajustan para tener frecuencias de antirresonancia f_1 y f_2 próximas a la frecuencia central f_0 del filtro de paso todo 31. Lejos de esta frecuencia central f_0 del filtro de paso todo 31, los circuitos antirresonantes presentan una impedancia pequeña, los puntos B y C del circuito 30 se encuentran conectados eléctricamente a la masa, el circuito 30 puede ser asimilado a una línea de retardo formada por la bobina de autoinducción en serie L1 y dos capacidades C1a y C2a conectadas a cada extremo de la bobina de autoinducción L1 y a la masa, esta línea de retardo presenta un máximo de retardo a una frecuencia diferente de la frecuencia central del filtro de paso todo 31, creando así un segundo máximo de retardo en la curva que representa el retardo entre la entrada y la salida del circuito 30.

Dicho de otro modo, el circuito 10 o su realización particular 30 aseguran la linealidad entre el desfase $d\phi$ y la frecuencia ω en una gama de frecuencias extendida B2 que incluye a la gama B1.

20 Según un modo de realización las dos frecuencias de antirresonancia f_1 y f_2 son idénticas o casi idénticas. Se entiende por casi idénticas una diferencia entre las dos frecuencias inferior al 20% del valor de una de las dos frecuencias. Según un modo de realización la diferencia entre las frecuencias f_a y f_b es inferior al 20% del valor de la frecuencia más elevada entre f_a y f_b .

25 Según otro modo de realización, desimetrizando los valores C1a y C1b con respecto a C2a y C2b, la diferencia entre las frecuencias f_1 y f_2 puede ser acentuada.

Según un modo de realización la diferencia entre la frecuencia central f_0 del circuito de paso todo y la frecuencia de antirresonancia f_1 es inferior al 30%. Según un modo de realización la diferencia entre f_0 y f_1 es inferior al 30% del valor de la frecuencia más elevada entre f_0 y f_1 .

30 No existe restricción alguna sobre las técnicas de realización de los componentes de la figura 3a. Por ejemplo, los condensadores y las bobinas de autoinducción pueden ser elementos agrupados o componentes realizados con cualquier otra técnica conocida por el experto en la materia (componentes discretos, MEMs, componentes serigrafiados, etc).

35 La figura 3b muestra las características del circuito 30 para valor de componentes: C1a = C2a = 27 pF, C1b = C2b = 36 pF, L1 = 22 nH, C3 = 10 pF, L2 = 22 nH, C4 = C5 = 10 pF, L4 = L3 = 16 nH. Los valores de componentes se dan solamente de modo ilustrativo y son posibles otros valores.

40 La curva A de la figura 30 representa la transmisión del circuito 30 en función de la frecuencia de la señal transmitida. Se entiende por transmisión la amplitud de la señal V_{out} dividida por la amplitud de la señal V_{in} a una frecuencia dada. La transmisión se mantiene elevada en una gran parte de la gama de frecuencias de interés. A 50 MHz a una y otra parte de la frecuencia central del filtro de paso todo, la variación de la transmisión con respecto a la transmisión a la frecuencia central llega a 0,03 dB.

45 La curva B de la figura 3b representa el retardo introducido por el circuito 30 en función de la frecuencia de la señal. El desplazamiento en tiempo varía muy ligeramente y la variación es reducida con respecto a la misma curva representada en la figura 2b en el caso del circuito 20. A 50 MHz a una y otra parte de la frecuencia central del filtro de paso todo, la variación del retardo con respecto al retardo a la frecuencia central del filtro de paso todo solamente llega a 0,09 ns.

Ventajosamente, el circuito 10 permite obtener un desplazamiento en tiempo constante o casi constante en una gama de frecuencias B2 extendida. El compromiso entre la estabilidad de la atenuación en función de la frecuencia y la estabilidad del retardo en función de la frecuencia está así mejor equilibrado.

50 El circuito 10 o el ejemplo práctico de su implementación 30 pueden ser utilizados por tanto en todas las aplicaciones en las cuales deba ser introducido el mismo desplazamiento en tiempo en una amplia gama de frecuencias.

Ejemplos de tales aplicaciones son los circuitos para la eliminación física de las interferencias de comunicación por radio o incluso los amplificadores de tipo fed-forward.

Según un modo de realización particular de la invención la frecuencia f_1 es igual a la frecuencia f_2 .

Según otro modo de realización de la invención el filtro de paso todo 1 es un circuito que comprende un circuito tapón 21 y un circuito resonante 22.

Una ventaja de este modo de realización es obtener un filtro de paso todo con un circuito relativamente simple de realizar, de poco volumen y cuyas propiedades son bien conocidas.

- 5 Un modo de realización de un circuito de paso todo está ilustrado en la figura 2a. Esta última se da a modo de ejemplo y cualquier otra realización alternativa es igualmente posible para los fines de la presente invención.

Según un modo de realización de la invención los circuitos antirresonantes son realizados a partir de circuito LC paralelo.

- 10 Una ventaja de este modo de realización es permitir la realización de los circuitos antirresonantes de modo simple, poco caro y de poco volumen.

Otro aspecto de la invención concierne a una línea de retardo o un circuito de retardo ajustable por etapas 40. Dicho circuito está ilustrado en la figura 4.

- 15 La línea de retardo 40 se obtiene uniendo circuitos de retardo 10 en cascada. Entre dos circuitos de retardo sucesivos se disponen conmutadores RF. Esta disposición permite seleccionar el número de circuitos de retardo recorridos por la señal que haya que desplazar, lo que permite controlar el desplazamiento en tiempo total.

Para obtener más flexibilidad cada uno de los circuitos de retardo 10 insertados en la línea de retardo puede introducir un desplazamiento en tiempo que es un múltiplo de un desplazamiento de base T_{base} . El desplazamiento en tiempo T_{base} es determinado por los valores de las capacidades y de las bobinas de autoinducción elegidas durante el diseño del circuito 10 o del circuito 30.

- 20 Cada uno de los conmutadores RF swicht tiene al menos dos entradas y dos salidas para poder enviar la señal al circuito de retardo sucesivo o bien contornear el circuito de retardo sucesivo.

Ventajosamente, la línea de retardo 40 comprende también un componente de ajuste del retardo para la activación/desactivación de un subconjunto de conmutadores. Este ajuste permite elegir exactamente el desplazamiento en tiempo que haya que introducir.

- 25 Ventajosamente, el primer conmutador RF swicht tiene al menos una entrada para extraer la señal que haya que desplazar en tiempo. El último conmutador RF swicht tiene al menos una salida para la transmisión de la señal a la cual la línea de retardo aplica el desplazamiento en tiempo.

- 30 Gracias a la línea de retardo 40, es posible modificar el desplazamiento aplicado a una señal en entrada utilizando circuitos de retardo que tienen un retardo constante o casi constante en función de la frecuencia. Es especialmente ventajoso utilizar circuitos de retardo 10 o 30 en la línea de retardo 40.

Otro aspecto de la invención es un dispositivo 1 para la eliminación física de las interferencias entre dos sistemas de comunicación por radio, mostrado en la figura 5.

- 35 El dispositivo 1 es un dispositivo de eliminación de interferencias entre un primer equipo de radio EQ1 que comprende al menos un emisor y un segundo equipo de radio EQ2 que comprende al menos un receptor, el citado dispositivo 1 comprende:

- un primer acoplador 110 configurado para extraer una parte de la señal emitida por el primer equipo de radio EQ1,
 - un circuito de compensación 200 de la parte de señal extraída que facilita una señal de compensación, comprendiendo el citado circuito de tratamiento 200 un componente de retardo variable 140 que comprende al menos un circuito de retardo 10 según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que introduce un desplazamiento en tiempo en la señal extraída;
 - un segundo acoplador 150 configurado para sumar la señal de compensación a la señal recibida por el segundo equipo EQ2.
- 40

Ventajosamente, el dispositivo 1 permite modificar la fase, la amplitud y el desplazamiento en tiempo de la señal de compensación antes de sumarla a la señal recibida por el segundo equipo EQ2.

- 45 Ventajosamente, el dispositivo 1 prevé la utilización del circuito de retardo 10, lo que permite introducir un desplazamiento en tiempo constante en función de la frecuencia.

Los equipos EQ1 y EQ2 comprenden un módulo de radio para la transmisión/recepción, un cable de conexión del módulo a la antena y un terminal de control para la interacción con los operadores.

En el caso de utilizaciones por las fuerzas de seguridad, los dos equipos EQ1 y EQ2 pueden estar colocados en un mismo vehículo. Las antenas de emisión/recepción pueden estar colocadas por ejemplo en los techos de los vehículos.

Los módulos de radio de los equipos EQ1 y EQ2 están unidos a las antenas por cables que tienen una longitud comprendida en la mayoría de los casos entre 2 m y 5 m.

- 5 La distancia entre las dos antenas está comprendida en la mayoría de los casos entre 1 m y 3 m. Entre la señal que viaja directamente de una antena a la otra y la señal de compensación que viaja a través de los cables existe un desplazamiento en tiempo del orden de algunas decenas de ns.

- 10 Este desplazamiento en tiempo es debido a la diferencia de distancia recorrida y la diferencia de velocidad de propagación de las ondas de radio en diferentes medios de propagación tales como el aire o los cables. Cuando existe un desplazamiento del orden de algunas decenas de ns, el dispositivo 1 según la invención es particularmente eficaz en la eliminación de las interferencias entre EQ1 y EQ2.

En la figura 6a, está mostrado un ejemplo de eliminación de interferencias entre un primer equipo de radio EQ1 y un segundo equipo de radio EQ2 con el dispositivo 1 según la invención. En el caso considerado existe un desplazamiento de 1 ns entre la señal que se propaga en el aire y la señal que se propaga en el circuito de retardo.

- 15 La curva NC de la figura 6a representa la señal recibida por el equipo EQ2 sin compensación por parte del dispositivo 1. La curva C1 representa la señal obtenida a nivel del equipo EQ2 tras la compensación efectuada con la ayuda del dispositivo 1. Es evidente que la señal parásita recibida por EQ2 tras la corrección es más pequeña en toda la gama de frecuencias recibidas por EQ2.

- 20 Por el contrario cuando la compensación es efectuada con la ayuda de un dispositivo conocido como el descrito en la solicitud de patente US 2009/0227213 y conocido por el experto en la materia, la supresión de las interferencias es eficaz solamente en una gama de frecuencias estrecha y centrada alrededor de la portadora (véase el hueco en la curva C2 de la figura 6b).

- 25 La comparación entre las figuras 6a y 6b muestra todo el interés del ajuste del desplazamiento en tiempo además de la amplitud y de la fase de la señal de compensación. La posibilidad de ajustar separadamente estas tres propiedades permite eliminar las interferencias más eficazmente con respecto a los dispositivos conocidos por el experto de la materia.

Los primero y segundo equipos de radio EQ1 y EQ2 pueden utilizar protocolos de comunicación de tipo de caudal bajo o caudal alto.

- 30 Ejemplos de sistemas de comunicación de caudal bajo utilizados tradicionalmente por las fuerzas de seguridad son Tetrapol, Tetra, P25 u otro.

Ejemplos de sistemas de comunicación de caudal elevado son las redes de comunicación portátil de tipo LTE/4G.

El dispositivo según la invención se manifiesta particularmente ventajoso cuando el equipo emisor EQ1 es un equipo de tipo LTE/4G. En este caso el equipo emisor tiene canales de comunicación por radio de banda ancha y la eliminación eficaz de las interferencias en una amplia gama de frecuencias se considera crítica.

- 35 Según un modo de realización particular, el circuito de tratamiento o circuito de compensación 200 comprende un desfaseador variable 120 que modifica la fase de la señal extraída por el primer acoplador 110 y una ganancia variable 130 que modifica la amplitud de la señal extraída por el primer acoplador 110.

Se entiende por ganancia variable 130 un dispositivo capaz de aumentar (ganancia positiva) o de disminuir (ganancia negativa) la amplitud de la señal en su entrada.

- 40 Una ventaja de este modo de realización es poder regular la amplitud y la fase de la señal de compensación para obtener la eliminación de las interferencias entre el equipo EQ1 y el equipo EQ2.

Según un modo de realización el desfaseador 120 variable puede ser realizado con al menos un acoplador híbrido en cuadratura a 3 dB asociado a diodos de capacidad variable.

- 45 De modo conocido se pueden utilizar varios diodos de capacidad variable para mejorar la linealidad del desfaseador a las altas potencias de RF. La figura 7 muestra un ejemplo de realización, D1 a D8 son diodos de capacidad variable, C1 a C4 con capacidades, L1 a L4 son bobinas de autoinducción.

Según un modo de realización, la ganancia variable puede ser realizada con al menos un acoplador híbrido en cuadratura a 3 dB asociado a diodos PIN. La figura 8 muestra un ejemplo de realización, D1 a D8 son diodos PIN, C1 a C5 son capacidades, R1 y R2 son resistencias.

- 50 Según un modo de realización particular el dispositivo 1 comprende un componente de retardo variable 140 que comprende:

- un primer circuito 141 que comprende al menos un circuito de retardo que introduce un retardo fijo 141;
- un segundo circuito 142 dispuesto en serie con el primer circuito 141 que comprende al menos una línea de retardo según la reivindicación 5 que introduce un primer retardo ajustable por etapas y;
- un tercer circuito 143 dispuesto en serie con los primero y segundo circuitos 141, 142 que introduce un segundo retardo ajustable de modo continuo.

Ventajosamente, el componente 140 permite regular el desplazamiento en tiempo introducido por el dispositivo 1.

Ventajosamente, el circuito de retardo 10 según la invención puede ser utilizado en el interior de los circuitos 141 y 142 para introducir un desplazamiento en tiempo fijo en una amplia gama de frecuencias.

El circuito 142 que introduce un primer retardo ajustable por etapas puede ser realizado con la línea de retardo 40 de la figura 5.

El circuito 143 que introduce un segundo retardo ajustable puede ser realizado con una inductancia asociada a diodos de capacidad variable.

Según un modo de realización, el dispositivo 1 comprende:

- Un acoplador 161 configurado para extraer una parte de la señal suma y transmitir el resto de la señal suma al segundo equipo EQ2,
- Un equipo (160) de caracterización de la señal suma;
- Un equipo de control 170 configurado para recibir la señal procedente del equipo 160 de caracterización de la señal suma y para controlar los equipos de modificación de las propiedades de la señal extraída 120, 130, 140.

Se entiende por señal suma la combinación de la señal de compensación procedente del circuito de tratamiento 200 y de la señal recibida por el segundo equipo EQ2.

Según un modo de realización el dispositivo 160 es un equipo de medición de potencia de la portadora de la señal suma.

Ventajosamente, el equipo de caracterización de la señal suma 160 permite evaluar la señal residual después de la sustracción de la señal de compensación. Idealmente, la señal suma obtenida como combinación de la señal de compensación y de la señal recibida a nivel del equipo EQ2 es nula si las interferencias se eliminan perfectamente.

El equipo de caracterización de la señal suma 160 comprende al menos uno de los elementos siguientes: un acoplador 161, un filtro RF y un detector de potencia. Según un modo de realización el equipo 160 puede comprender igualmente un amplificador RF.

La presencia de un filtro RF y de un amplificador RF permite medir de modo más fiable la potencia asociada a la señal suma en la banda de frecuencias de emisión del equipo EQ1.

El equipo 160 tiene por tanto la función de medir las interferencias residuales en la señal suma obtenida como combinación de la señal de compensación y de la señal recibida por el equipo EQ2 y emitida directamente por EQ1.

La señal procedente del equipo 160 es enviada a un equipo de control 170. Sobre la base de la señal recibida, el equipo 170 modifica los parámetros del circuito de compensación para minimizar la señal suma.

El equipo de control 170 comprende por ejemplo una memoria electrónica para registrar las características del desfasador variable 120, de la ganancia variable 130, del componente de retardo 140. Las características del componente de retardo 140 son por ejemplo las características del retardo fijo 141, del retardo ajustable por etapas 142 y del retardo ajustable 143.

El equipo de control modifica el desfase, la atenuación y el desplazamiento en tiempo de la señal de compensación para minimizar la potencia de la señal suma medida por el equipo 160. La minimización de la potencia medida por el equipo 160 es por tanto el criterio utilizado para minimizar las interferencias entre un primer equipo EQ1 y un segundo equipo EQ2.

Según un modo de realización, el primer equipo EQ1 y el segundo equipo EQ2 son el mismo equipo.

A causa de la supresión de las gamas frecuenciales de emisión y de recepción la utilización del dispositivo 1 según la invención se considera particularmente ventajosa cuando el equipo EQ1 y el equipo EQ2 son el mismo equipo.

Según un modo de realización el primer equipo EQ1 y el segundo equipo EQ2 utilizan la misma antena.

El sistema de eliminación de las interferencias según la invención se considera particularmente ventajoso cuando los dos equipos EQ1 y EQ2 utilizan la misma antena.

Según un modo de realización, el componente de retardo variable 140 está colocado en la conexión eléctrica que une el primer equipo EQ1 a una antena A1.

- 5 Según un modo de realización, el componente de retardo variable 140 está colocado en la conexión eléctrica que une el segundo equipo EQ2 a una antena A2.

Ventajosamente, la colocación del componente de retardo variable 140 entre un equipo y la antena a la cual está unido permite introducir un retardo en la trayectoria a la antena. Esto se considera particularmente útil cuando la trayectoria a la antena es recorrida más rápidamente que el circuito de compensación 200. Por ejemplo, esta colocación del
10 componente de retardo variable 140 es particularmente ventajosa cuando los dos equipos EQ1 y EQ2 utilizan la misma antena.

REIVINDICACIONES

1. Circuito de retardo (10) para el desplazamiento en tiempo de una señal de radiofrecuencia de entrada (V_{in}), comprendiendo el citado circuito de retardo (10) un filtro de paso todo (1) que tiene una frecuencia central dada (f_0) configurado para linealizar el desfase de la señal de salida (V_{out}) con respecto a la señal de entrada (V_{in}) en función de la frecuencia en una primera gama frecuencial (B1) y caracterizado por que comprende un primer circuito antirresonante (2) que tiene una primera frecuencia central (f_1) y un segundo circuito antirresonante (3) que tiene segunda frecuencia central (f_2), estando configurados y dispuestos filtro de paso todo (1) y los dos circuitos antirresonantes (2, 3) para linealizar el desfase de la señal en la salida (V_{out}) con respecto a la señal de entrada (V_{in}) en función de la frecuencia en una segunda gama frecuencial (B2) que incluye a la primera gama (B1), siendo la diferencia entre la primera (f_1) y la segunda (f_2) frecuencia central inferior al 30% del valor una de las dos frecuencias centrales (f_1 , f_2), siendo la diferencia entre la primera frecuencia central (f_1) y la frecuencia central dada (f_0) del circuito de paso todo (1) inferior al 30% del valor de la frecuencia más elevada entre la primera frecuencia central (f_1) y la frecuencia central dada (f_0).
2. Circuito de retardo (10) según la reivindicación precedente caracterizado por que el filtro de paso todo (1) es un circuito que comprende al menos un circuito tapón formado por una primera inductancia (L1) asociada en paralelo con un primer condensador (C1a), un segundo condensador (C2a), un tercer condensador (C3a) y un cuarto condensador (C4a), teniendo el citado circuito tapón una frecuencia de corte fa, comprendiendo el filtro de paso todo (1) además un circuito resonante formado por un quinto condensador (C3) asociado en serie con una segunda inductancia (L2), teniendo el citado circuito resonante una frecuencia de resonancia fb, siendo la diferencia entre las frecuencias de corte y la frecuencia de resonancia fb inferior al 20% del valor de una de las dos frecuencias.
3. Circuito de retardo (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que cada uno de los circuitos antirresonantes (2, 3) está formado por una capacidad asociada en paralelo con una inductancia.
4. Línea de retardo (40) para la introducción de un retardo variable en una señal de salida (V_{out}), caracterizada por que comprende un montaje en cascada de una pluralidad de circuitos de retardo (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cada circuito de retardo (10):
- introduce un múltiplo dado de un retardo de base (T_{base}) y;
 - está asociado a un conmutador (conmutador RF) para activar o desactivar el circuito de retardo,
- siendo configurado un componente de ajuste del retardo para introducir un retardo dado por activación/desactivación de un subconjunto de los conmutadores de la línea de retardo.
5. Dispositivo (1) de reducción de interferencias entre un primer equipo de radio (EQ1) que comprende al menos un emisor y un segundo equipo de radio (EQ2) que comprende al menos un receptor, caracterizado por que el citado dispositivo comprende:
- Un primer acoplador (110) configurado para extraer una parte de la señal emitida por el primer equipo de radio (EQ1);
 - Un circuito de tratamiento (200) de la parte de señal extraída que facilita una señal modificada, comprendiendo el citado circuito de tratamiento (200) un componente de retardo variable (140) que comprende al menos un circuito de retardo (10), según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que introduce un desplazamiento en tiempo en la señal extraída;
 - Un segundo acoplador (150) configurado para sumar la señal modificada a la señal recibida por el segundo equipo (EQ2), siendo denominada la señal, señal suma;
6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, caracterizado por que el circuito de tratamiento (200) comprende un desfasador variable (120) que modifica la fase de la señal extraída por el primer acoplador (110) y una ganancia variable (130) que modifica la amplitud de la señal extraída por el primer acoplador (110).
7. Dispositivo (1) de eliminación de interferencias según la reivindicación 5, caracterizado por que comprende un componente de retardo variable (140) que comprende:
- un primer circuito (141) que comprende al menos un circuito de retardo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 que introduce un retardo fijo (141);
 - un segundo circuito (142) dispuesto en serie con el primer circuito (141) que comprende al menos una línea de retardo según la reivindicación 4 que introduce un primer retardo ajustable por etapas; y
 - un tercer circuito (143) dispuesto en serie con los primero y segundo circuitos (141, 142) que introduce un segundo retardo ajustable.

8. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que comprende:
- Un acoplador (161) configurado para extraer una parte de la señal suma y transmitir el resto de la señal suma al segundo equipo (EQ2),
 - Un equipo (160) de caracterización de la señal suma;
- 5 • Un equipo de control (170) configurado para recibir la señal procedente del equipo (160) de caracterización de la señal suma y para controlar los equipos de modificación de las propiedades de la señal extraída (120, 130, 140).
9. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8 caracterizado por que el primer equipo de radio (EQ1) y el segundo equipo de radio (EQ2) son el mismo equipo.
- 10 10. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9 caracterizado por que el primer equipo de radio (EQ1) y el segundo equipo de radio (EQ2) utilizan la misma antena.
11. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 caracterizado por que los acopladores (110, 150) son acopladores de radiofrecuencia o divisores de potencia asimétrica.
- 15 12. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 caracterizado por que el equipo de control (170) contiene una memoria para el registro de los parámetros del desfasador (120), de la ganancia variable (130) y del retardo (140).
13. Dispositivo (1) según la reivindicación 5 caracterizado por que el componente de retardo variable (140) está colocado en la conexión eléctrica que une el primer equipo EQ1 a una antena A1.
- 20 14. Dispositivo (1) según la reivindicación 5 caracterizado por que el componente de retardo variable (140) está colocado en la conexión eléctrica que une el segundo equipo EQ2 a una antena A2.

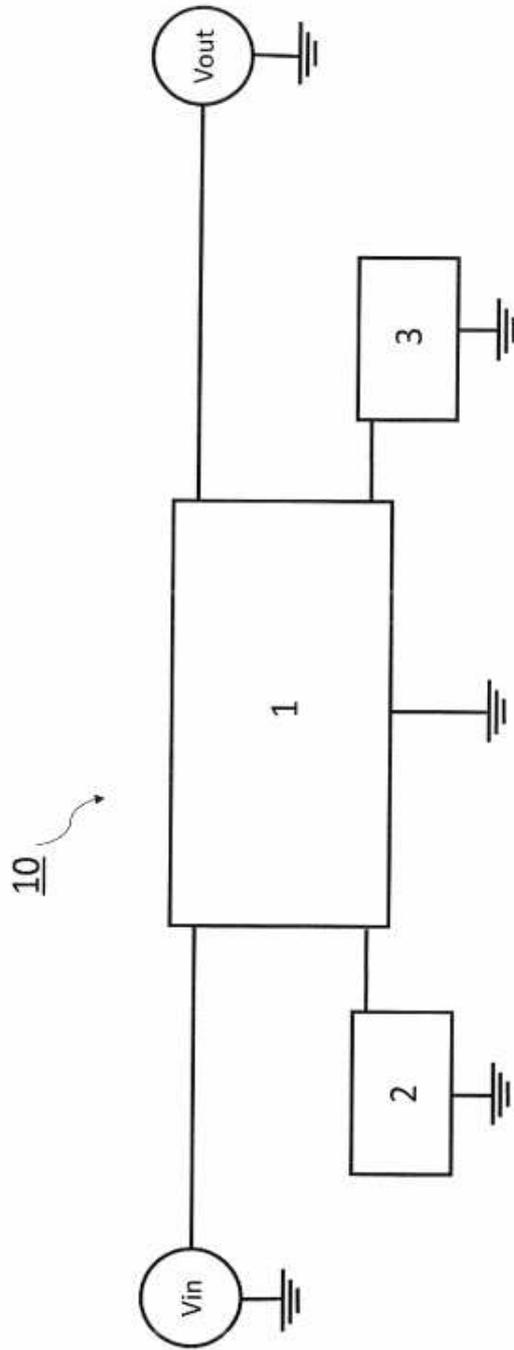


Figura 1

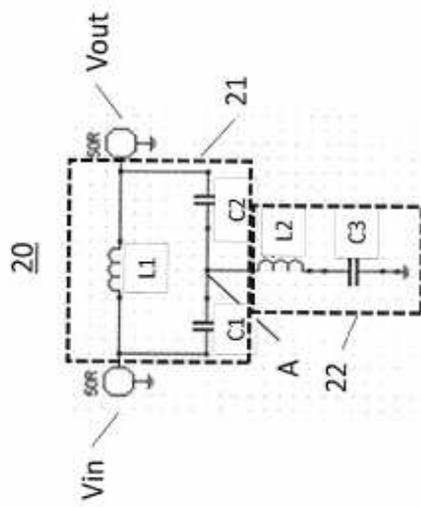


Figura 2a

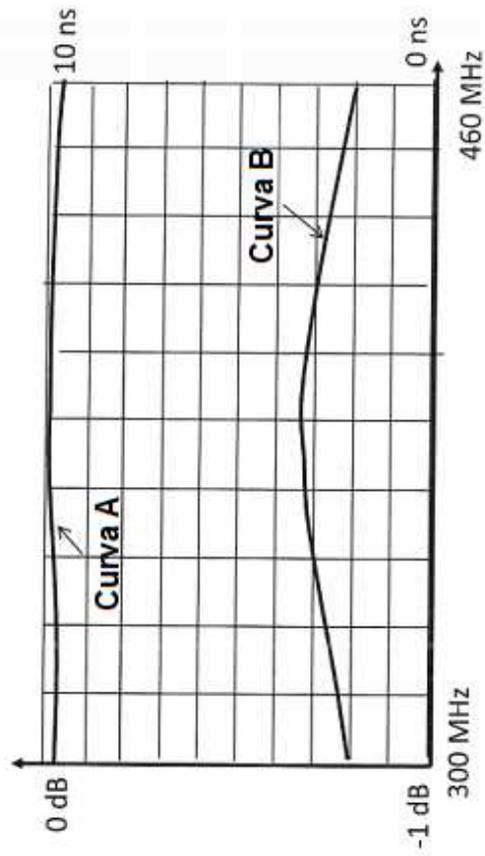


Figura 2b

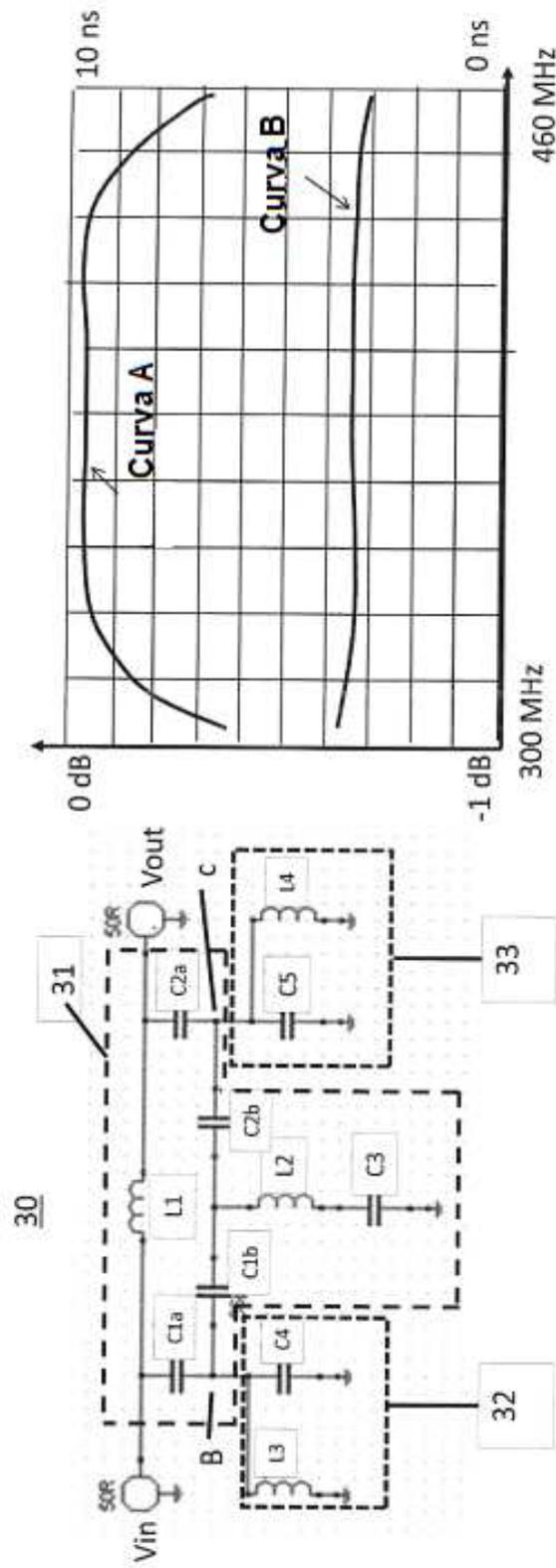


Figura 3a

Figura 3b

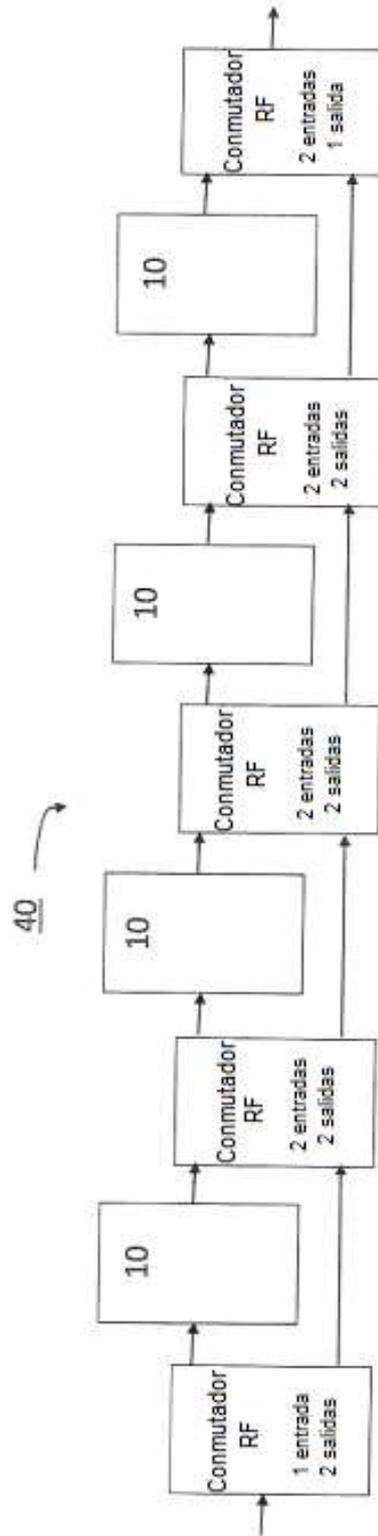


Figura 4

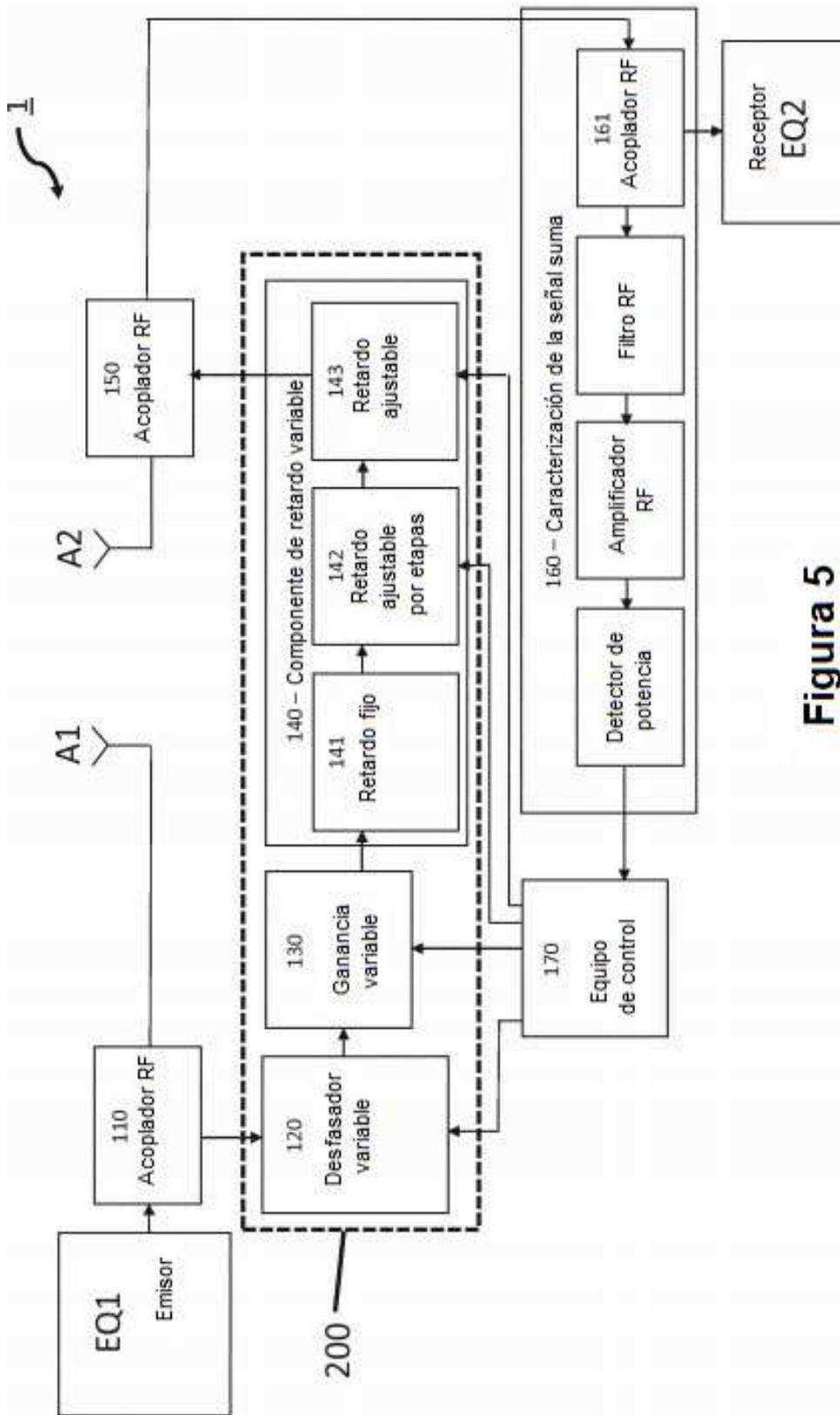


Figura 5

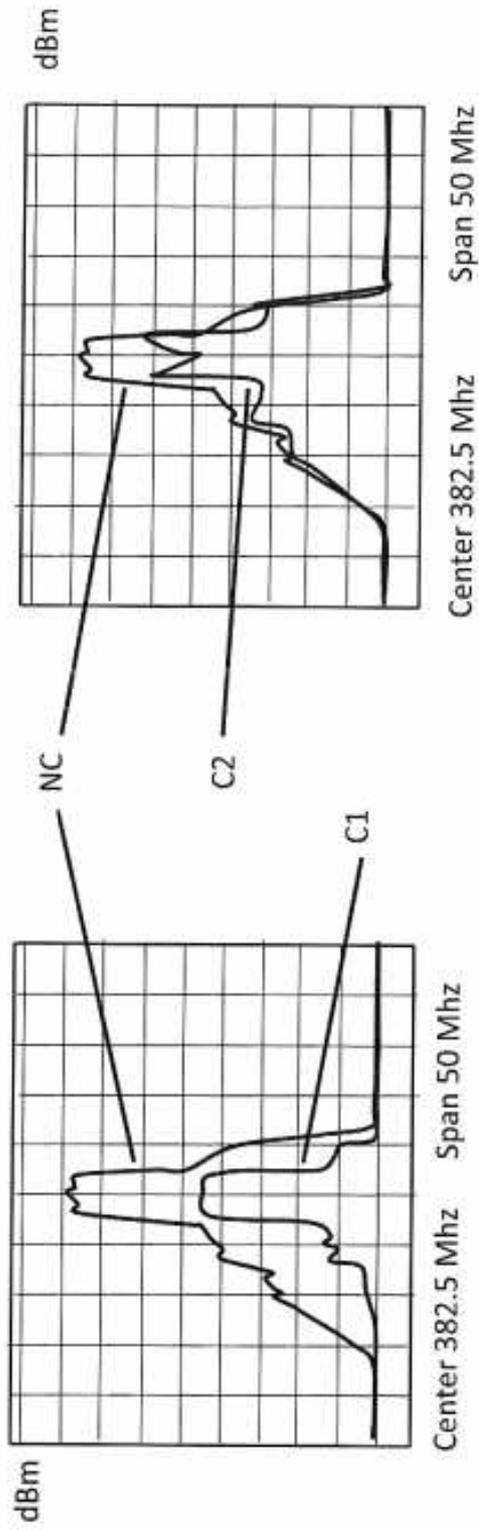


Figura 6a

Figura 6b

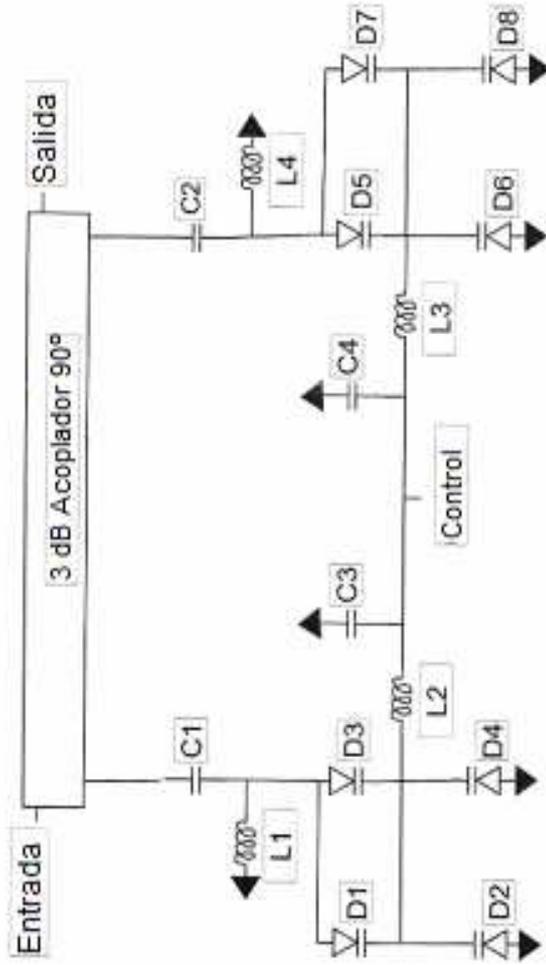


Figura 7

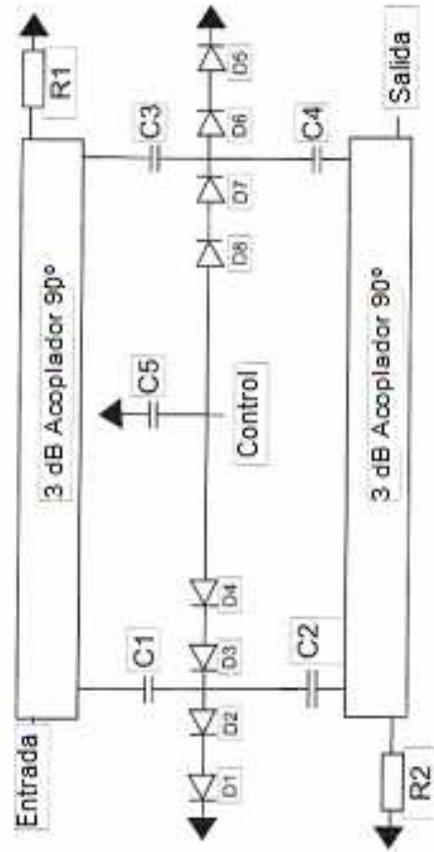


Figura 8