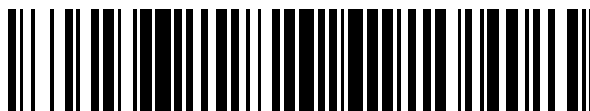


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 918**

51 Int. Cl.:

H03H 7/20 (2006.01)

H03H 11/20 (2006.01)

H03H 7/18 (2006.01)

H03H 7/25 (2006.01)

H03H 11/22 (2006.01)

H03H 11/24 (2006.01)

H04L 27/20 (2006.01)

H01P 1/22 (2006.01)

H01Q 3/28 (2006.01)

H01Q 3/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2016** **E 16002459 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019** **EP 3324540**

54 Título: **Aparato y método para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de múltiples caminos de señal paralelos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2020

73 Titular/es:

HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 3
82024 Taufkirchen, DE

72 Inventor/es:

CHARTIER, SÉBASTIEN y
PAGLIA, ANGELO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 918 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 método para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de múltiples caminos de señal paralelos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un aparato y un método para variar la amplitud y la fase de señales y, en particular, a un modulador vectorial basado en atenuadores distribuidos y una arquitectura de conformador de haces que utiliza el modulador vectorial basado en atenuadores distribuidos.

Antecedentes

10 En muchas aplicaciones, tales como la antena de banda ultraancha o la agrupación de antenas en fase, capaces de cubrir varias bandas de microondas (p. ej. bandas C, X y Ku), existe la demanda de variar la amplitud y la fase de las señales recibidas o enviadas en un ancho de banda muy amplio. En particular, una tendencia actual de la agrupación de antenas en fase moderna es aumentar aún más el ancho de banda de RF alcanzable que puede ser cubierto por una antena. Esto puede conducir en el futuro a varias aplicaciones (p. ej. aplicaciones de comunicación y RADAR) en un solo sistema de antenas. Sin embargo, el desafío para los módulos de transmisión y/o recepción es lograr el control de la fase y la amplitud en una amplia gama de frecuencias.

15 Una agrupación activa de antenas en fase puede, entre otras cosas, utilizar módulos de transmisión y/o recepción para dirigir el haz en una dirección definida. Para conseguir dirigir el haz, se controlan la fase y la amplitud de las señales dentro de cada módulo.

20 Una posible forma de lograr variaciones de amplitud y fase de banda ancha es utilizar un denominado modulador vectorial. Una posible implementación del modulador vectorial es la siguiente: la señal se divide en cuatro señales con un desplazamiento de fase de 90° y amplitudes iguales. Cada una de las cuatro señales, también llamadas vectores, se introduce en un amplificador con funciones de variación de amplitud (generalmente denominado amplificador de ganancia variable o VGA, por sus siglas en inglés). Los cuatro vectores resultantes finalmente se combinan dentro de un sumador de señales (por ejemplo, un combinador de potencia pasivo). En base a esta topología, se puede lograr una variación definida de la fase y la amplitud en un amplio intervalo de frecuencias.
25 Dichos sistemas se describen, por ejemplo, en: "An X- and Ku-Band 8-Element Phased-Array Receiver in 0.18- μ m SiGe BiCMOS Technology" de Kwang-Jin Koh y Gabriel M. Rebeiz, IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 43, n° 6, junio de 2008; y en "2-6-GHz BiCMOS Polar- Based Vector Modulator for S- and C-Band Diversity Receivers" de Uwe Mayer, Michael Wickert, Ralf Eickhoff y Frank Ellinger, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 60, n° 3, junio de 2008.

30 Sin embargo, los VGA conocidos tienen varias desventajas. La variación de fase de transmisión del amplificador a lo largo del intervalo dinámico suele ser grande. Pueden aplicarse técnicas de compensación de fase para reducir este efecto, sin embargo, tienden a ser efectivas solo en un intervalo estrecho de frecuencias. Esta variación de fase parásita de transmisión puede conducir a un control impreciso de la fase y la amplitud. Además, los amplificadores requieren una solución de compromiso entre linealidad y consumo de energía. Una mayor robustez contra interferencias y atascos requiere un mayor consumo de energía, lo cual es crítico ya que los módulos de transmisión y/o recepción tienen una potencia primaria y capacidad de refrigeración limitadas. Un problema adicional de los VGA utilizados en un modulador vectorial es la variación en proceso, voltaje y temperatura (PVT). Estas variaciones pueden llevar a una mayor falta de fiabilidad del control de la fase y la amplitud. Dado que un VGA generalmente requiere un control analógico (voltaje o corriente) y dado que los módulos de transmisión y/o recepción generalmente se controlan utilizando una señal digital, es necesario un convertidor digital-analógico (DAC, por sus siglas en inglés). Los DAC requeridos aumentan el consumo general de energía y añaden más imprecisión ya que también son sensibles a PVT.

35 Otra forma posible de variar las amplitudes son los atenuadores por pasos distribuidos. Dichos atenuadores se describen en: Byung-Wook Min y Gabriel M. Rebeiz, "A 10-50-GHz CMOS Distributed Step Attenuator With Low Loss and Low Phase Imbalance" IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 42, n° 11, noviembre de 2007; y en Kyungwon Kim, Hyo-Sung Lee y Byung-Wook Min, "V-W Band CMOS Distributed Step Attenuator With low Phase Imbalance" IEEE Microwave And Wireless Components Letters, vol. 24, n° 8, agosto de 2014.

40 Sin embargo, debido a su topología de un solo extremo, el atenuador por pasos distribuido es muy sensible a los efectos parásitos creados por el montaje. Esto es especialmente crítico en la tecnología de semiconductores basados en silicio porque el cable de conexión que conecta la tierra del chip a la tierra del soporte del circuito (por ejemplo, placa de circuito impreso o encapsulado cuadrado plano sin plomo) podría reducir en gran medida el rendimiento general. Esto lleva a un problema de montaje/encapsulado.

45 Otros sistemas conocidos se describen en los siguientes documentos. El documento US 4.978.932 describe un atenuador de estado sólido controlado digitalmente por microondas que incluye caminos conmutados paralelos, el documento US 4.161.705 describe un desplazador de fase de radiofrecuencia controlable de bajo nivel, el documento US 2013/0135022 A1 describe un generador vectorial que utiliza simetría en octantes y KR

20110015961 A describe un modulador vectorial con una resolución de alto control. Sin embargo, estos sistemas tampoco superan todos los problemas mencionados.

5 Por lo tanto, existe la necesidad de una circuitería que sea capaz de lograr un control preciso de la fase y la amplitud en un ancho de banda amplio, una precisión robusta de la fase y la amplitud en PVT y una alta linealidad. Existe una necesidad adicional de resolver los problemas de montaje/encapsulado mencionados. Existe aún otra necesidad de componentes que combinen la funcionalidad requerida para lograr variaciones de fase y amplitud dentro del módulo de transmisión y/o recepción para proporcionar un direccionado deseado del haz. Tales sistemas se denominarán de aquí en adelante conformadores de haces.

Compendio

10 Al menos algunos de los problemas mencionados anteriormente se resuelven mediante un aparato según la reivindicación 1, un conformador de haces según la reivindicación 10 y un método según la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes se refieren a otras realizaciones ventajosas del contenido de las reivindicaciones independientes.

15 La presente invención se refiere a un aparato para variar la amplitud y la fase de una señal a lo largo de al menos un camino de señal. El aparato comprende una entrada para recibir una señal de entrada, una salida para proporcionar una señal de salida, un divisor, una pluralidad de atenuadores y un sumador. El divisor está configurado para dividir la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase. Los atenuadores son controlables por señales de control correspondientes y están configurados para atenuar cada una de la pluralidad de señales con desplazamiento de fase. El sumador (o combinador) está configurado para sumar las señales atenuadas y para proporcionar las señales sumadas como la señal de salida.

20 Se entiende que el aparato puede variar la amplitud y/o la fase de una señal de entrada. No es necesario que se varíen tanto la amplitud como la fase. Además, la variación en la fase se puede lograr mediante diferentes variaciones de amplitud para diferentes componentes de fase de la señal. Por lo tanto, incluso si la fase de una señal se ha desplazado cuando la señal pasa el aparato, esto no implica que el aparato desplace directamente la fase. El aparato puede lograr este resultado simplemente atenuando los componentes de la señal.

25 Las señales a lo largo del camino de señal pueden ser señales recibidas y/o enviadas por módulos de antena. Los atenuadores atenúan individualmente la componente de señal correspondiente que se propaga a través del atenuador respectivo. El sumador es, por ejemplo, un sumador vectorial que combina las señales de tal manera que se suman la fase y la amplitud de las señales (como vectores).

30 Cada atenuador comprende múltiples líneas de transmisión a lo largo del camino de señal y una pluralidad de varistores (caminos de corriente controlables), que pueden ser controlados individualmente por las señales de control correspondientes. Cada varistor de la pluralidad de varistores está dispuesto entre líneas de transmisión adyacentes y está configurado para reducir la amplitud de una señal que se propaga a lo largo del camino de señal en función de una de las señales de control.

35 Las líneas de transmisión están configuradas para proporcionar una coincidencia de impedancia a lo largo del camino de señal. Los saltos de impedancia pueden, de otro modo, dar lugar a la reflexión de señales u otras pérdidas adversas a lo largo del camino de señal.

40 El divisor está configurado para generar como señales con desplazamiento de fase a partir de la señal de entrada cuatro señales vectoriales en cuadratura y para proporcionar cada una de las señales vectoriales en cuadratura a un atenuador respectivo de la pluralidad de atenuadores.

45 Opcionalmente, al menos algunos de los atenuadores pueden comprender al menos m varistores y un decodificador, en donde la señal de control correspondiente puede introducirse al decodificador e indica n estados de entrada (siendo n , m números enteros). El decodificador puede estar configurado para transformar los n estados de entrada en m señales de control de salida y para proporcionar las señales de control de salida a los m varistores respectivamente, en donde m es mayor que n . Se entiende que n señales no implican necesariamente n líneas de señal separadas, también pueden transmitirse a través de una línea como señales no interferentes.

Opcionalmente, la pluralidad de atenuadores puede comprender un atenuador de salida dispuesto entre el sumador y la salida para atenuar la señal sumada y proporcionar la señal sumada, atenuada, como señal de salida.

50 Opcionalmente, al menos algunos de los atenuadores comprenden cada uno una entrada de un solo extremo y una salida de un solo extremo conectadas por una parte correspondiente del camino de señal, y los varistores están configurados para proporcionar caminos de corriente paralelos controlables entre la parte del camino de señal y la tierra.

55 Opcionalmente, cada varistor comprende un transistor conectado entre la parte del camino de señal y la tierra, el transistor comprende un terminal de puerta controlado por una de las señales de control. Cada uno de los varistores puede comprender además un condensador que conecta el camino de señal a tierra y proporciona una

compensación o adaptación de fase de la señal que se propaga a lo largo de la parte del camino de señal. Estos condensadores opcionales permiten una reducción de la dimensión física de las líneas de transmisión.

Opcionalmente, el divisor está configurado además para proporcionar, en base a las señales con desplazamiento de fase, pares de señales diferenciales. Al menos algunos de los atenuadores pueden comprender cada uno una entrada de dos líneas y una salida de dos líneas (esto es, el aparato no puede ser de un solo extremo) conectadas por un primer camino de señal y un segundo camino de señal para permitir que el atenuador atenúe señales diferenciales. Además, se puede disponer una primera pluralidad de líneas de transmisión a lo largo del primer camino de señal y se puede disponer una segunda pluralidad de líneas de transmisión a lo largo de la segunda línea de señal. Se pueden disponer uno o más varistores controlables entre líneas de transmisión adyacentes a lo largo del primer camino de señal y el segundo camino de señal para conectar el primer camino de señal con el segundo camino de señal, atenuando de este modo las señales diferenciales.

Opcionalmente, la primera pluralidad de líneas de transmisión está dispuesta para desacoplarse de la segunda pluralidad de líneas de transmisión. En realizaciones adicionales, la primera pluralidad de líneas de transmisión y la segunda pluralidad de líneas de transmisión pueden acoplarse entre sí para formar pares para que las señales que se propagan a lo largo del primer camino de señal interactúen con las señales que se propagan a lo largo del segundo camino de señal. Se pueden disponer varistores respectivos entre pares vecinos de líneas de transmisión para atenuar las amplitudes de las señales que se propagan a lo largo del primer camino de señal y las señales que se propagan a lo largo del segundo camino de señal.

Opcionalmente, cada varistor comprende al menos un transistor controlado por las señales de control correspondientes para atenuar simultáneamente las amplitudes de señales que se propagan a lo largo del primer camino de señal y señales que se propagan a lo largo del segundo camino de señal. De nuevo, condensadores pueden conectar el primer y/o segundo caminos de señal a tierra o entre sí para proporcionar una adaptación de fase de la señal que se propaga a lo largo del primer y/o segundo caminos de señal. En consecuencia, la dimensión física de las líneas de transmisión puede reducirse.

La presente invención se refiere también a una arquitectura de formación de haces con una agrupación de antenas y uno o más módulos de transmisión y/o recepción y al menos dos de los aparatos definidos anteriormente (en este contexto, estos aparatos también se denominan conformadores de haces). Opcionalmente, la arquitectura de formación de haces comprende una unidad de control configurada para controlar la pluralidad de atenuadores en los al menos dos aparatos para dirigir (o guiar) un haz de transmisión en una dirección de transmisión definida o para aumentar la sensibilidad a los haces recibidos desde una dirección de recepción definida.

Opcionalmente, cada atenuador comprende una entrada de dos líneas y una salida de dos líneas conectadas por un primer camino de señal y un segundo camino de señal para permitir que el atenuador atenúe señales diferenciales, una primera pluralidad de líneas de transmisión dispuestas a lo largo del primer camino de señal y una segunda pluralidad de líneas de transmisión dispuestas a lo largo de la segunda línea de señal. Uno o más varistores están dispuestos entre líneas de transmisión adyacentes a lo largo del primer camino de señal y el segundo camino de señal para conectar de manera controlable el primer camino de señal con el segundo camino de señal, atenuando de este modo las señales diferenciales.

La presente invención se refiere además a un método para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de un camino de señal. El método comprende los pasos de: recibir una señal de entrada, dividir la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase, atenuar las señales con desplazamiento de fase en base a señales de control correspondientes, y sumar las señales atenuadas y proporcionar las señales sumadas como una señal de salida.

Al menos algunos de los problemas de los sistemas convencionales mencionados al principio son resueltos por las realizaciones mediante la utilización de atenuadores por pasos distribuidos para variar las amplitudes de los vectores dentro de un modulador vectorial. Tal modulador vectorial puede, por ejemplo, ser parte de la arquitectura de un conformador de haces. Las realizaciones de los atenuadores por pasos distribuidos tienen varias ventajas esenciales, tales como una variación de fase parásita muy baja en el barrido de amplitud, alta linealidad, baja pérdida, alta robustez contra PVT y no requieren DACs para funcionar. La topología diferencial particular es menos sensible a los efectos parásitos del montaje que proporciona un montaje (p. ej. unión de cables) y suprime los efectos de segundo orden tales como armónicos de segundo orden (H2, H4,...) y distorsión de intermodulación (p. ej. IP2).

Las realizaciones permiten así lograr un barrido de amplitud discreta de banda ancha con un rendimiento excelente tal como una baja variación de fase de transmisión. Al contrario de la técnica anterior, las realizaciones permiten barrer la amplitud de señales diferenciales y son mucho menos sensibles a los efectos parásitos del montaje (tal como, p. ej. unión de cables).

En particular, las realizaciones de la presente invención resuelven los problemas de montaje/encapsulado mencionados cuando se utiliza la arquitectura diferencial. Esto es especialmente atractivo para las tecnologías de

semiconductores basados en silicio porque los circuitos son a menudo diferenciales (p. ej. mezcladores basados en células Gilbert).

5 Ambas arquitecturas principales de conformadores de haces descritas son adecuadas para su implementación en un módulo de transmisión y/o recepción. Los conformadores de haces están basados en la combinación de un modulador vectorial y un atenuador por pasos distribuido con fines de desplazamiento de la fase y la amplitud, y un desplazamiento opcional adicional de la amplitud, respectivamente. El propio modulador vectorial puede utilizar cuatro atenuadores por pasos distribuidos como componentes clave para desplazar con precisión la amplitud y la fase.

Breve descripción de las Figuras

10 Se describirán a continuación algunos aspectos de la invención sólo a modo de ejemplo, y con referencia a las figuras adjuntas, en las que

Figura 1: muestra un aparato para variar la fase y la amplitud de señales;

Figura 2: representa una arquitectura de un conformador de haces basado en atenuadores por pasos distribuidos de un solo extremo;

15 Figura 3: representa una topología básica ejemplar de un atenuador distribuido de un solo extremo;

Figura 4: representa una circuitería ejemplar de la topología básica del atenuador distribuido de un solo extremo;

Figura 5: representa una posible arquitectura de un conformador de haces basado en atenuadores por pasos distribuidos diferenciales;

20 Figura 6: representa una topología básica ejemplar de un atenuador distribuido diferencial;

Figura 7: representa otra topología básica ejemplar de un atenuador distribuido diferencial que utiliza líneas diferenciales acopladas;

Figura 8: representa una circuitería ejemplar de la topología básica del atenuador por pasos distribuido diferencial presentado en la Figura 6;

25 Figura 9: representa una circuitería ejemplar de la topología básica del atenuador por pasos distribuido diferencial presentado en la Figura 7; y

Figura 10: representa un diagrama de flujo de un método para variar la amplitud y la fase de señales.

Descripción detallada

30 La descripción detallada a continuación, así como las figuras proporcionadas, tienen solo fines ilustrativos y no deben considerarse como la única implementación posible de la invención. Aunque la siguiente descripción representa dos implementaciones posibles que son suficientes para que los expertos en la técnica utilicen la invención, debe mencionarse que son posibles otras adaptaciones que no se diferencien del núcleo de la invención.

35 La Figura 1 muestra un aparato 100; 400 que es adecuado para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de al menos un camino I de señal. El aparato comprende una entrada 101 para recibir una señal de entrada, una salida 102 para proporcionar una señal de salida, un divisor 10, una pluralidad de atenuadores 20, 200; 500, y un sumador 30. El divisor 10 está configurado para dividir la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase. La pluralidad de atenuadores 20, 200; 500 son controlables por señales de control correspondientes y están configurados para atenuar individualmente cada una de la pluralidad de señales con desplazamiento de fase. El sumador 30 está configurado para sumar las señales atenuadas y para proporcionar las señales sumadas como la señal de salida.

40 Se entiende que la entrada 101 y/o la salida 102 no estarán limitadas a líneas de entrada/salida de un solo extremo, sino que también pueden incluir entradas/salidas para líneas múltiples (p. ej. para señales diferenciales). El camino I de señal que conecta la entrada 101 y la salida 102 puede incluir múltiples caminos de señal, p. ej. pueden estar presentes caminos de señal paralelos. El paso de sumar puede llevarse a cabo como una combinación en la que se suman la fase y la amplitud de las señales (esto es, como una suma de vectores).

45 En particular, el aparato mostrado en la Figura 1 puede ser un modulador vectorial basado en atenuadores distribuidos y puede utilizarse para un conformador de haces.

50 La Figura 2 representa un modulador vectorial 160 que tiene una entrada 101 y está conectado a una salida 102 a través de un atenuador 205 de salida. El modulador vectorial 160 comprende el divisor 10 con un primer divisor 11 y un segundo divisor 12. El primer divisor 11 está conectado entre la entrada 101 y el segundo divisor 12 y divide una

señal de entrada en la entrada 101 en dos componentes de fase que pueden tener un desplazamiento de fase relativo de 180°. El segundo divisor 12 genera cuatro señales vectoriales i+, i-, q+, q- basadas en la salida del primer divisor 11. Las señales vectoriales i+, i-, q+, q- se introducen cada una en uno de cuatro atenuadores 201, 202, 203 y 204 que atenúan la señal vectorial correspondiente i+, i-, q+, q-. El modulador vectorial 160 también comprende el sumador 30 que recibe las señales de salida de los cuatro atenuadores 201 a 204 y suma las señales que se introducen al atenuador 205 de salida y posteriormente a la salida 102.

La Figura 2 representa abajo además las relaciones de fase y amplitud de señales correspondientes a lo largo del camino I de señal desde la entrada 101 a la salida 102. Por ejemplo, P0 muestra una fase y amplitud ejemplares de la señal de entrada del primer divisor 11. El primer divisor 11 genera dos señales que tienen un desplazamiento de fase relativo de 180° como se representa en P1. Estas dos componentes con desplazamiento de fase se introducen en el segundo divisor 12, que genera cuatro señales vectoriales i+, i-, q+, q- a partir de las dos señales de entrada, que pueden ser las componentes de fase correspondientes de la señal de entrada, y las relaciones de fase relativas se indican en los diagramas P2. Por ejemplo, si la primera señal vectorial i+ tiene la fase de 0°, la segunda señal vectorial i- tiene la fase de 180°, la tercera señal vectorial q+ tiene la fase de 90° y la cuarta señal vectorial q- tiene la fase de 270°. Los cuatro atenuadores 201 a 204 atenúan cada una de las señales vectoriales generadas por el segundo divisor 12. El resultado se muestra en los diagramas P3 de fase. Es evidente que las fases de las señales atenuadas no cambian, pero las amplitudes son más pequeñas. Estas cuatro señales vectoriales atenuadas a.i+, b.i-, c.q+, d.q- (en donde a, b, c, d indicarán la cantidad de atenuaciones) se introducen en el sumador 30 que suma las componentes y genera una señal de salida con la fase/amplitud representada en P4. Finalmente, esta señal atenuada sumada (a.i+) + (b.i-) + (c.q+) + (d.q-) puede atenuarse aún más mediante el atenuador 205 de salida, dando lugar a la señal de salida:

$$((a.i+) + (b.i-) + (c.q+) + (d.q-)).e$$

donde e nuevamente indica la atenuación del atenuador 205 de salida. La fase/amplitud de la señal de salida se indica en P5. Así, la fase y la amplitud de la señal de salida han cambiado en comparación con la señal de entrada (ver P0).

El modulador vectorial de la Figura 2 puede, en particular, utilizarse en una topología de conformador de haces de un solo extremo con el modulador vectorial 160 y el atenuador 205 de salida como atenuador por pasos distribuido adicional o externo. Como se describe, el modulador vectorial 160 puede cubrir todo el intervalo (generalmente 360°) y el paso (definido por la resolución) de fase, así como parte de la dinámica de amplitud, mientras que el atenuador 205 de salida proporciona dinámica adicional de amplitud. Para generar los cuatro vectores (en cuadratura) i+, i-, q+, q-, la entrada del modulador vectorial 160 comprende un divisor de potencia de 180° (generalmente definido como desequilibrada-equilibrada o balun) como el primer divisor 11 y un divisor de potencia en cuadratura como el segundo divisor 12.

En caso de que el objetivo sea un gran ancho de banda de RF, una posible implementación del balun 11 es, p. ej. un balun activo o una topología pasiva de banda ancha tal como el balun Marchand. El divisor 12 de potencia en cuadratura puede estar diseñado utilizando p. ej. un filtro polifásico basado en resistencia-condensador o un filtro de paso completo basado en inductor-condensador. Por ejemplo, cada uno de los cuatro vectores con desplazamiento de fase generados puede tener un desplazamiento de fase de 90° y, como se dijo anteriormente, se introduce entonces en uno de los cuatro atenuadores 201, 202, 203 y 204 por pasos distribuidos. A la salida de los atenuadores 201, 202, 203 y 204 por pasos distribuidos, los cuatro vectores generados con su propia fase y amplitud específicas se combinan entonces en el sumador vectorial 30. El sumador vectorial 30 puede ser tanto activo como pasivo. La amplitud del vector resultante se puede cambiar adicionalmente utilizando el atenuador 205 de salida.

Como se mencionó además anteriormente, el conformador de haces propuesto proporciona una mejora drástica en comparación con la técnica anterior mediante el uso de una topología de atenuador por pasos distribuido. La Figura 3 presenta una topología básica de una posible topología de atenuador por pasos distribuido, esto es, una circuitería ejemplar para cada uno de los atenuadores 201, 202, ... El atenuador 200 representado tiene una pluralidad de líneas 210, 211, ... 213 de transmisión que están conectadas a lo largo de un camino I de señal entre una entrada In y una salida Out. Entre pares de líneas de transmisión adyacentes, un varistor 220, 221 ... 222 respectivo conecta el camino I de señal a tierra. Por ejemplo, entre la primera línea 210 de transmisión y la segunda línea 211 de transmisión, un primer varistor 220 conecta un nodo en el camino I de señal a tierra. Entre la segunda línea 211 de transmisión y la tercera línea 212 de transmisión, un segundo varistor 221 conecta del mismo modo el camino I de señal a tierra. Esta configuración continúa hasta la última línea 213 de transmisión, cuya entrada también está conectada a tierra a través del último varistor 222.

La pluralidad de varistores 220, ... puede incluir m varistores. Opcionalmente, se puede disponer un decodificador 230 entre una entrada de control del atenuador 200 y se puede configurar para transformar n señales de entrada en m señales de salida que controlan los m varistores 220, ... El número m puede corresponder al número de atenuaciones posibles alcanzables en el atenuador 200. Por ejemplo, la atenuación puede hacerse paso a paso, en donde los pasos pueden no exceder un valor predeterminado (por ejemplo, para evitar cualquier reflejo). Cambiando la cantidad de varistores activados 220, 221 y 222, se puede controlar el nivel de atenuación, de manera que el atenuador 200 de m etapas tiene 2m posibilidades de control. Dado que a menudo no se requiere una cantidad tan

grande de posibilidades, el decodificador 230 de n a m bits se puede utilizar para convertir el atenuador de 2m pasos en un atenuador de 2n pasos donde n<m. Como resultado, se obtiene un atenuador por pasos distribuido con 2n configuraciones de amplitud.

5 En el atenuador 200 por pasos distribuido presentado, las líneas 210, 211, 212 y 213 de transmisión se utilizan para hacer coincidir la impedancia de entrada y salida de los varistores 220, 221 y 222 que están colocados entre dos de estas líneas.

La Figura 4 ilustra una de las posibles implementaciones de un atenuador 200 por pasos distribuido de m etapas (m es la cantidad de varistores) en una tecnología CMOS. Sin embargo, debe entenderse que la topología se puede aplicar a cualquier tecnología que tenga transistores de efecto campo. En la realización de la Figura 4, cada uno de la pluralidad de varistores 220, 221, ... comprende un transistor correspondiente 330, 331, 332 que conecta un nodo entre líneas 210, 211, ... de transmisión adyacentes a tierra. Los transistores 330, 331, 333 comprenden cada uno un terminal de puerta que está conectado a un terminal de control correspondiente a través de una resistencia correspondiente 340, 341, 342. Los terminales de control pueden recibir las m señales de control generadas por el decodificador 230. Además, los nodos entre cada par de líneas 210, 211 de transmisión adyacentes están conectados a través de condensadores correspondientes 320, 321, ... directamente a tierra y representan condensadores en derivación para reducir las dimensiones físicas de las líneas de transmisión y proporcionar también compensación de fase.

En particular, el atenuador 200 por pasos distribuido representado puede comprender m transistores CMOS (representados por 330, 331 y 332) utilizados como varistores, y las líneas de transmisión (representadas por 310, 311, 312 y 313) colocadas en la entrada y salida de cada transistor CMOS 330, 331 y 332. La conexión de la puerta de cada transistor a la resistencia (representada por 340, 341, 342) con un valor de varios kΩ proporciona una alta impedancia en este nodo.

La Figura 5 representa una posible arquitectura de un atenuador 400 por pasos distribuido diferencial formando parte del aparato de la Figura 1. Esta arquitectura también se puede usar como un conformador de haces, pero también se puede usar para cualquier otra aplicación donde se deseen adaptaciones de amplitud y fase.

Difiere de la topología que se muestra en la Figura 2 en que los atenuadores son reemplazados por atenuadores 501, 502, ..., 505 por pasos diferenciales. De nuevo, el modulador vectorial 160 comprende un primer divisor 11 (como en la Figura 2) y un segundo divisor 12 que está implementado, por ejemplo, como generador de cuadratura para emitir cuatro señales vectoriales i+, i-, q+, q-. A diferencia de la realización de la Figura 2, cada una de las cuatro señales vectoriales i+, i-, q+, q- ahora es dividida por el divisor correspondiente (p. ej. divisor de potencia) 430, 431, 432, ... para que en total se generen ocho señales a partir de la señal de entrada en la entrada In. Estas ocho señales ahora están emparejadas en cuatro pares, en donde cada par de señales puede comprender un desplazamiento de fase relativo de 180° (señales diferenciales). Por ejemplo, el primer atenuador 501 recibe la señal vectorial i+ y la señal vectorial i-, y el segundo atenuador 502 recibe la primera señal vectorial i+ y la segunda señal vectorial i-. Lo mismo se aplica a los atenuadores tercero y cuarto 503 y 504 que reciben cada uno la tercera señal vectorial q+ y la cuarta señal vectorial q- que tienen una fase relativa de 180°.

Los cuatro atenuadores 501 a 504 aplican ahora atenuaciones correspondientes a las señales diferenciales de entrada y las señales diferenciales atenuadas de salida a.i±, b.i±, c.q± y d.q± son sumadas por el sumador 450 (a, b, c, d indican de nuevo los niveles de atenuación). El sumador 450 suma, por ejemplo, las componentes a.i+, b.i-, c.q- y d.q+ y, de la misma manera, las componentes: a.i-, b.i+, c.q+ y d.q- y genera estas dos componentes sumadas. El atenuador final 505 es de nuevo un atenuador diferencial que recibe las dos componentes sumadas del sumador 450 y proporciona las dos componentes diferenciales atenuadas (e indica de nuevo el nivel de atenuación):

$$((a.i+)+(b.i-)+(c.q-)+(d.q+)).e \text{ y } ((a.i-)+(b.i+)+(c.q+)+(d.q-)).e$$

Estas componentes sumadas atenuadas se introducen en una unidad 470 de combinación de fases que deshace la división de fase del primer divisor 11 (o invierte una de las señales) y suma las dos señales diferenciales para proporcionar la señal de salida final en la salida Out.

Las relaciones de fase y amplitud de las diversas componentes están representadas de nuevo en la parte inferior de la Figura 5, en donde cada flecha se relaciona con un componente de fase. P0 se refiere a la señal de entrada, P1 a las dos componentes de fase generadas por el primer componente 11 de división, P2 son las cuatro señales vectoriales i+, i-, q+, q-, que se combinan en pares de 180° de fase relativa. P3 indica las ocho componentes de fase de las señales diferenciales introducidas en los cuatro atenuadores 501 a 504. P4 ilustra las fases de las componentes de salida de los cuatro atenuadores 501 a 504. Las componentes de fase sumadas se indican en P5 y son atenuadas por el atenuador 505 de salida para generar los vectores P6 como las dos señales de salida. La división de fase de estas señales de salida se invierte en la unidad 470 de combinación de fases dando como resultado una señal de salida con una fase/amplitud como se indica en P7.

La arquitectura diferencial es especialmente atractiva para sistemas de banda ancha donde armónicos y otros efectos no lineales pueden caer mucho más fácilmente en la banda de uso. Además, los circuitos diferenciales que utilizan tecnologías de semiconductores basados en silicio son menos sensibles a los efectos parásitos del montaje.

La topología representada, de nuevo, puede utilizarse en un conformador de haces, en donde el modulador vectorial 160, de nuevo, se utiliza para cubrir todo el intervalo (generalmente 360°) y el paso (definido por la resolución) de fase requeridos, así como parte de la dinámica de amplitud, mientras que el atenuador por pasos distribuido externo como atenuador 505 de salida proporciona una dinámica de amplitud adicional. Como se describió anteriormente, esta topología está basada en dos pares de señales diferenciales, un par con un desplazamiento de fase de 90° en comparación con el otro par que, de nuevo, se puede lograr dividiendo la entrada en dos señales diferenciales utilizando un balun como primer divisor 11. En caso de que el objetivo sea un gran ancho de banda de RF, una posible implementación del balun 11 comprende, p. ej. un balun activo o una topología pasiva de banda ancha tal como el balun Marchand. El segundo divisor 12 puede, de nuevo, implementarse mediante un divisor de potencia en cuadratura. El divisor 12 de potencia en cuadratura puede estar diseñado utilizando, p. ej. un filtro polifásico basado en resistencia-condensador o un filtro de paso completo basado en inductor-condensador. Se obtienen dos señales diferenciales en cuadratura a la salida del divisor 12 de potencia en cuadratura. Después de una división por los divisores correspondientes (p. ej. divisor de potencia) 430, 431, 432, ... , los dos pares de señales diferenciales, un par con una fase desplazada 90° en comparación con el otro par pasan a través de los cuatro atenuadores 440, 441, 442 y 443 por pasos diferenciales distribuidos para cambiar sus amplitudes respectivas. Los cuatro vectores resultantes se suman entonces dentro del sumador 450 de señales. El vector a la salida del sumador 450 puede desplazar su amplitud aún más en el atenuador por pasos distribuido diferencial como el atenuador 505 de salida. El vector diferencial se convierte finalmente en un vector de un solo extremo dentro de un balun como la unidad 470 de combinación de fases.

La Figura 6 y la Figura 7 muestran dos realizaciones básicas simplificadas de atenuadores 500 por pasos distribuidos diferenciales que forman parte del aparato de la Figura 1, que comprenden dos terminales de entrada In+, In- y dos terminales de salida Out+, Out- que pueden usarse en la topología de la Figura 5) También pueden ser utilizables en otras aplicaciones.

En la Figura 6 un primer camino I1 de señal conecta una primera entrada In+ con una primera salida Out+ y un segundo camino I2 de señal conecta una segunda entrada In- con una segunda salida Out-. Las señales de entrada en In+ e In- tienen una relación de fase relativa de 180° . Como resultado, la atenuación se puede realizar conectando el primer camino I1 de señal con el segundo camino I2 de señal utilizando varistores 520, 521, 522, ... De nuevo, se proporcionan las líneas 510, 511, ... 517 de transmisión para una coincidencia de impedancia a lo largo del primer camino I1 de señal y a lo largo del segundo camino I2 de señal. En particular, las líneas 510, 512, 514 y 516 se usan para hacer coincidir la impedancia de entrada y salida de los varistores 520, 522 y 524 que se colocan entre dos de estas líneas. Las líneas 511, 513, 515 y 517 se utilizan para hacer coincidir las impedancias de entrada y salida de los varistores 521, 523 y 525 que están colocados entre dos de estas líneas. En este atenuador 500 por pasos distribuido diferencial, las líneas 510 y 511 de transmisión a lo largo de diferentes caminos I1, I2 de señal están separadas espacialmente para que no se acoplen entre sí. Lo mismo es válido para los pares 512/513, 514/515 y 516/517 de líneas. En esta realización, los varistores se proporcionan en pares 520/521, 522/523 y 524/525, conectando cada par el primer camino I1 de señal con el segundo camino I2 de señal. Cambiando la cantidad de pares 520/521, 522/523 y 524/525 de varistores activados, se puede controlar el nivel de atenuación. En particular, los pares 520/521, 522/523 y 524/525 de varistores pueden controlarse de la misma manera para que ambos varistores de un par se apaguen o se apaguen mediante una señal digital que dé como resultado la atenuación deseada de las señales que se propagan.

Un atenuador de m etapas (m es la cantidad de pares de varistores) tiene, de nuevo, $2m$ posibilidades de control. Dado que a menudo no se requiere una cantidad tan grande de posibilidades, se puede usar un decodificador 230 de n a m bits para convertir el atenuador de $2m$ pasos en un atenuador de $2n$ pasos donde $n < m$. Por tanto, se obtiene un atenuador por pasos distribuido capaz de variar la amplitud de señales diferenciales con $2n$ configuraciones de amplitud.

Aunque en la realización de la Figura 6 las líneas 510, 511, 512, 513, ... de transmisión se desacoplan entre sí, esta no es una condición necesaria. Más bien, las líneas 510, 512, ... de transmisión a lo largo del primer camino I1 de señal pueden acoplarse a las líneas 511, 513, ... de transmisión correspondientes a lo largo del segundo camino I2 de señal.

La Figura 7 representa tal implementación, donde las líneas de transmisión están acopladas por pares entre sí. Por ejemplo, un primer par 610 comprende la primera línea 510 de transmisión y la segunda línea 511 de transmisión de la Figura 6, un segundo par 611 acopla la segunda línea 512 de transmisión a lo largo del primer camino I1 de señal con la segunda línea 513 de transmisión a lo largo del segundo camino I2 de señal. Entre pares adyacentes, de nuevo, están dispuestos varistores 620, 621, ... correspondientes para proporcionar una atenuación deseada de las señales que se propagan a lo largo del primer camino I1 de señal y el segundo camino I2 de señal. Los pares 610, 611, 612 y 613 de líneas se usan, de nuevo, para hacer coincidir la impedancia de entrada y salida de los varistores 620, 621 y 622 que están colocados entre dos de estas líneas.

En este atenuador 500 por pasos distribuido diferencial, los pares 610, 611, 612 y 613 de líneas son, en particular, líneas diferenciales acopladas. Esto tiene la ventaja de mejorar la supresión de modo común dentro de toda la arquitectura ejemplar de conformador de haces. Cambiando la cantidad de varistores activados 620, 621 y 622, se puede controlar el nivel de atenuación. Un atenuador de m etapas tiene $2m$ posibilidades de control. Puesto que, de

nuevo, no suele requerirse una cantidad tan grande de posibilidades, se puede utilizar un decodificador 230 de n a m bits para convertir el atenuador de $2m$ pasos en un atenuador de $2n$ pasos donde $n < m$. Por tanto, se obtiene un atenuador 500 por pasos distribuido capaz de variar la amplitud de señales diferenciales con $2n$ configuraciones de amplitud.

5 La Figura 8 y la Figura 9 representan posibles realizaciones de los varistores mostrados en la Figura 6 y la Figura 7) Cada uno de los varistores puede, de nuevo, materializarse mediante un transistor 720, 721, ... (p. ej. transistores CMOS), cuya puerta esté conectada a través de una resistencia 740, 741 con un terminal de control correspondiente. La pluralidad de terminales de control puede, de nuevo, estar conectada al decodificador 230 y controlarse mediante una línea n de señal de entrada que se decodifica en m líneas de señal de salida que controlan la pluralidad de transistores.

10 La Figura 8 representa una realización ejemplar de la topología del atenuador 500 por pasos distribuido básico presentada en la Figura 6) La topología comprende las líneas 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516 y 517 de transmisión que se utilizan para hacer coincidir la impedancia de entrada y salida de los transistores CMOS 720, 721, 722, 723, 724 y 725. Los transistores CMOS 720, 721, 722, 723, 724 y 725 se utilizan como varistores dentro de este circuito, sin embargo, también podrían utilizarse otros tipos de transistores de efecto campo. La puerta de cada transistor CMOS 720, 721, 722, 723, 724 y 725 se termina con la resistencia correspondiente 740, 741, 742, 743, 744 y 745 con un valor de varios $k\Omega$ para proporcionar una terminación de alta impedancia.

15 Para reducir las dimensiones físicas de las líneas de transmisión y proporcionar también compensación de fase, se pueden agregar condensadores en derivación (representados por 730, 731, 732, 733, 734 y 735) a la topología estándar. Los condensadores 730, 731, 732, 733, 734 y 735 están conectados a los transistores 720, 721, 722, 723, 724 y 725, respectivamente. Un atenuador de m etapas tiene $2m$ posibilidades de control. Dado que, de nuevo, no suele requerirse una cantidad de posibilidades tan grande, se puede utilizar un decodificador 230 de m a n bits para convertir el atenuador de $2m$ pasos en un atenuador de $2n$ pasos donde $n < m$. Por tanto, se obtiene un atenuador por pasos distribuido capaz de variar la amplitud de señales diferenciales con $2n$ configuraciones de amplitud.

20 La Figura 9 representa una realización ejemplar de la topología de atenuador por pasos distribuido básico presentada en la Figura 7. La topología comprende los pares 610, 611, 612 y 613 de líneas de transmisión diferenciales acopladas que se utilizan para hacer coincidir la impedancia de entrada y salida de los transistores CMOS 830, 831 y 832 que se utilizan como varistores en la realización. Sin embargo, la invención no se limita a los transistores CMOS, sino que también se pueden usar otros tipos de transistores de efecto campo. La puerta de cada transistor CMOS 830, 831 y 832 está terminada con una resistencia 840, 841 y 842 con un valor de varios k_n para proporcionar una terminación de alta impedancia. Para reducir las dimensiones físicas de las líneas de transmisión y proporcionar también compensación de fase, pueden agregarse, de nuevo, condensadores en derivación (representados por 820, 821, 822, 823, 824 y 825) a la topología estándar. Los pares 820/821, 822/823 y 824/825 de condensadores están conectados al drenaje y la fuente de los transistores CMOS 830, 831 y 832, respectivamente. Un atenuador de m etapas tiene $2m$ posibilidades de control. Dado que no se requiere una cantidad tan grande de posibilidades, puede utilizarse, de nuevo, un decodificador 230 de n a m bits para convertir el atenuador de $2m$ pasos en un atenuador de $2n$ pasos donde $n < m$. Por tanto, se obtiene un atenuador por pasos distribuido capaz de variar la amplitud de las señales diferenciales con $2n$ configuraciones de amplitud.

25 Se entiende que el aparato 100 de la Figura 2 y el aparato 400 de la Figura 5 también pueden, en principio, ser combinados, en cuanto que algunos de los atenuadores pueden ser de un solo extremo y otros no.

30 Las realizaciones de la presente invención se refieren también a los atenuadores por pasos distribuidos como se describe en la presente memoria (por ejemplo, en las Figuras 6-9), que son arquitecturas de circuito muy atractivas, debido a su baja pérdida, baja fase de transmisión parásita, alta linealidad y robustez contra la variación de proceso, voltaje y temperatura. Además, no se requieren DAC para controlar el atenuador como se necesita en los moduladores vectoriales convencionales.

35 La Figura 10 muestra un diagrama de flujo de un método para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de un camino I de señal. El método comprende los pasos: recibir S110 una señal de entrada, dividir S120 la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase, atenuar S130 las señales con desplazamiento de fase en base a señales de control correspondientes, y sumar S140 las señales atenuadas y proporcionar las señales sumadas como una señal de salida.

40 Se entiende que cada característica funcional descrita junto con el aparato también se puede implementar como pasos adicionales del método. Además, el método descrito en la especificación o en las reivindicaciones puede implementarse mediante un dispositivo que tenga medios para llevar a cabo cada una de las acciones respectivas de estos métodos.

45 Además, debe entenderse que la descripción de múltiples acciones o funciones descritas en la especificación o reivindicaciones puede no interpretarse como dentro del orden específico. Por tanto, la descripción de múltiples acciones o funciones no las limitará a un orden particular a menos que tales acciones o funciones no sean intercambiables por razones técnicas. Además, en algunos ejemplos, una única acción puede incluir o puede

dividirse en múltiples subacciones. Dichas subacciones pueden estar incluidas y formar parte de la descripción de esta única acción a menos que se excluyan explícitamente.

Además, aunque cada realización puede considerarse por sí misma como un ejemplo separado, debe observarse que en otras realizaciones las características definidas pueden combinarse de manera diferente, esto es, una característica particular descrita en una realización también puede materializarse en otras realizaciones. Tales combinaciones están cubiertas por la descripción de la presente memoria a menos que se indique que una combinación específica no está prevista. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

Listado de signos de referencia

10	divisor
20, 200; 500	atenuadores
30	sumador
100, 400	aparatos para variar amplitudes
101	entrada
102	salida
210, 211, 510, 511, ...	líneas de transmisión
220, 520, 620,	varistores
230; 530	decodificador
205, 505	atenuadores de salida
320, 730 820	condensadores
330, 720, 830, ...	transistores
610, 611, ...	pares de líneas de transmisión
I, I1, I2	caminos de señal
i+, i-, q+, q-	señales vectoriales
In+, In-	líneas diferenciales de entrada
Out+, Out-	líneas diferenciales de salida

10

15

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100; 400) para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de al menos un camino (I) de señal adecuado para ser un camino de señal en una arquitectura de formación de haces, comprendiendo el aparato:
 - una entrada (101) para recibir una señal de entrada;
 - 5 una salida (102) para proporcionar una señal de salida;
 - un divisor (10) configurado para dividir la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase;
 - una pluralidad de atenuadores (20, 200; 500) controlables por señales de control correspondientes y configurados para atenuar la pluralidad de señales con desplazamiento de fase, comprendiendo cada
 - 10 atenuador (20; 200; 500) múltiples líneas (210, 211, ... ; 510, 511, ...) de transmisión a lo largo del camino (I) de señal y una pluralidad de caminos (220, 221, ...; 520, 521, ...) de corriente controlables individualmente por las señales de control correspondientes, en donde cada camino (220; 520) de corriente de la pluralidad de caminos (220, 221, ...; 520, 521, ...) de corriente está dispuesto entre líneas (210, 211; 510, 511) de transmisión adyacentes y está configurado para reducir una amplitud de una señal que se propaga a lo largo
 - 15 del camino (I) de señal en función de una de las señales de control, estando las líneas (210, 211, ... ; 510, 511, ...) de transmisión configuradas para proporcionar una coincidencia de impedancia a lo largo del camino (I) de señal; y
 - un sumador (30) configurado para sumar las señales atenuadas y para proporcionar las señales sumadas como la señal de salida,
 - 20 en donde el divisor (10) está configurado para generar como señales con desplazamiento de fase a partir de la señal de entrada cuatro señales vectoriales (i+, i-, q+, q-) en cuadratura y para proporcionar cada una de las señales vectoriales (i+, i-, q+, q-) en cuadratura a un atenuador respectivo de la pluralidad de atenuadores (20, 200; 500).
- 25 2. El aparato (100; 400) según la reivindicación 1, en donde al menos algunos de los atenuadores (200; 500) comprenden cada uno al menos m caminos (220, 221, ...; 520, 521, ...) de corriente y un decodificador (230; 530), siendo la señal de control correspondiente introducida en el decodificador (230; 530) e indicando n estados de entrada, estando configurado el decodificador (230) para transformar los n estados de entrada en m señales de control de salida y para proporcionar las señales de control de salida a los m caminos (220, 221, ...; 520, 521, ...) de corriente respectivamente, en donde m es mayor que n.
- 30 3. El aparato (100; 400) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la pluralidad de atenuadores (20, 200; 500) incluye un atenuador (205; 505) de salida dispuesto entre el sumador (30) y la salida (102) para atenuar la señal sumada y proporcionar la señal sumada atenuada como señal de salida.
- 35 4. Aparato (100) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde al menos algunos de los atenuadores (200, 201, ...) comprenden cada uno una entrada (In) de un solo extremo y una salida (Out) de un solo extremo conectadas por una parte correspondiente del camino (I) de señal, y los caminos (220, 221, ...) de corriente están configurados para proporcionar caminos de corriente paralelos controlables entre la parte del camino (I) de señal y la tierra.
- 40 5. El aparato (100) según la reivindicación 4, en donde cada camino (221, 222, ...) de corriente comprende un transistor (330, 331, ...) conectado entre el camino (I) de señal y la tierra, comprendiendo el transistor (330, 331, ...) un terminal de puerta controlado por una de las señales de control, comprendiendo cada camino (220, 221, ...) de corriente, en particular, un condensador que conecta el camino (I) de señal a tierra para proporcionar una adaptación de fase de la señal que se propaga a lo largo del camino (I) de señal.
- 45 6. El aparato (400) según una de las reivindicaciones 1 a 3,
 - estando el divisor (10) configurado además para proporcionar, en base a las señales con desplazamiento de fase, pares de señales diferenciales,
 - en donde al menos algunos de los atenuadores (500, 501, ...) comprenden cada uno una entrada (In+, In-) de dos líneas y una salida (Out+, Out-) de dos líneas, conectadas por un primer camino (I1) de señal y un segundo camino (I2) de señal para permitir que los atenuadores (500, 501, ...) atenúen señales diferenciales, estando dispuesta una primera pluralidad de líneas (510, 512, ...) de transmisión a lo largo del primer camino (I1) de señal y estando dispuesta una segunda pluralidad de líneas (511, 513, ...) de transmisión a lo largo del
 - 50 segundo camino (I2) de señal,
 - en donde uno o más caminos (520, 521) de corriente están dispuestos entre líneas (510, 512; 511, 513) de transmisión adyacentes a lo largo del primer camino (I1) de señal y el segundo camino (I2) de señal para

conectar de manera controlable el primer camino (I1) de señal con el segundo camino (I2) de señal, atenuando así las señales diferenciales.

7. El aparato (400) según la reivindicación 6, en donde la primera pluralidad de líneas (510, 512, ...) de transmisión está dispuesta para desacoplarse de la segunda pluralidad de líneas (511, 513, ...) de transmisión.
- 5 8. El aparato (400) según la reivindicación 6, en donde la primera pluralidad de líneas (510, 512, ...) de transmisión y la segunda pluralidad de líneas (511, 513, ...) de transmisión están acopladas entre sí para formar pares (610, 611, ...) de líneas de transmisión para que las señales que se propagan a lo largo del primer camino (I1) de señal interactúen con las señales que se propagan a lo largo del segundo camino (I2) de señal,
- 10 y en donde un camino (620, 621, ...) de corriente respectivo está dispuesto entre pares vecinos (610, 611, ...) de líneas de transmisión para atenuar las amplitudes de las señales que se propagan a lo largo del primer camino (I1) de señal y las señales que se propagan a lo largo del segundo camino (I2) de señal.
9. El aparato (400) según una de las reivindicaciones 6 a 8, en donde cada camino (520, 521, ...) de corriente comprende al menos un transistor (720, 721, ...; 830, 831, ...) controlado por las señales de control para atenuar simultáneamente las amplitudes de las señales que se propagan a lo largo del primer camino (I1) de señal y las señales que se propagan a lo largo del segundo camino (I2) de señal.
- 15 10. Una arquitectura de formación de haces que comprende una agrupación de antenas y uno o más módulos de transmisión y/o recepción con al menos dos aparatos según una de las reivindicaciones 1 a 9.
11. La arquitectura de formación de haces según la reivindicación 10, que comprende además una unidad de control configurada para controlar la pluralidad de atenuadores (20, 200; 500) en los al menos dos aparatos para dirigir un haz de transmisión en una dirección de transmisión definida o para aumentar la sensibilidad a un haz recibido desde la dirección de recepción definida.
- 20 12. El aparato según una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde cada atenuador comprende:
- 25 una entrada (In+, In-) de dos líneas y una salida (Out+, Out-) de dos líneas conectadas por un primer camino (I1) de señal y un segundo camino (I2) de señal para permitir que el atenuador (500, 501...) atenúe señales diferenciales;
- una primera pluralidad de líneas (510, 512, ...) de transmisión dispuestas a lo largo del primer camino (I1) de señal y una segunda pluralidad de líneas (511, 513, ...) de transmisión dispuestas a lo largo del segundo camino (I2) de señal; y
- 30 uno o más caminos (520, 521) de corriente dispuestos entre líneas (510, 512, 511, 513) de transmisión adyacentes a lo largo del primer camino (I1) de señal y el segundo camino (I2) de señal para conectar de manera controlable el primer camino (I1) de señal con el segundo camino (I2) de señal, atenuando de este modo las señales diferenciales.
13. Un método para variar la amplitud y la fase de señales a lo largo de un camino (I) de señal adecuado para ser un camino de señal en una arquitectura de formación de haces, comprendiendo el método:
- 35 recibir (S110) una señal de entrada;
- dividir (S120) la señal de entrada en una pluralidad de señales con desplazamiento de fase generando cuatro señales vectoriales (i+, i-, q+, q-) en cuadratura como señales con desplazamiento de fase a partir de la señal de entrada;
- 40 atenuar (S130) las señales con desplazamiento de fase en base a señales de control correspondientes, en donde cada una de las señales vectoriales (i+, i-, q+, q-) en cuadratura es atenuada por un atenuador respectivo; y
- sumar (S140) las señales atenuadas y proporcionar las señales sumadas como una señal de salida.

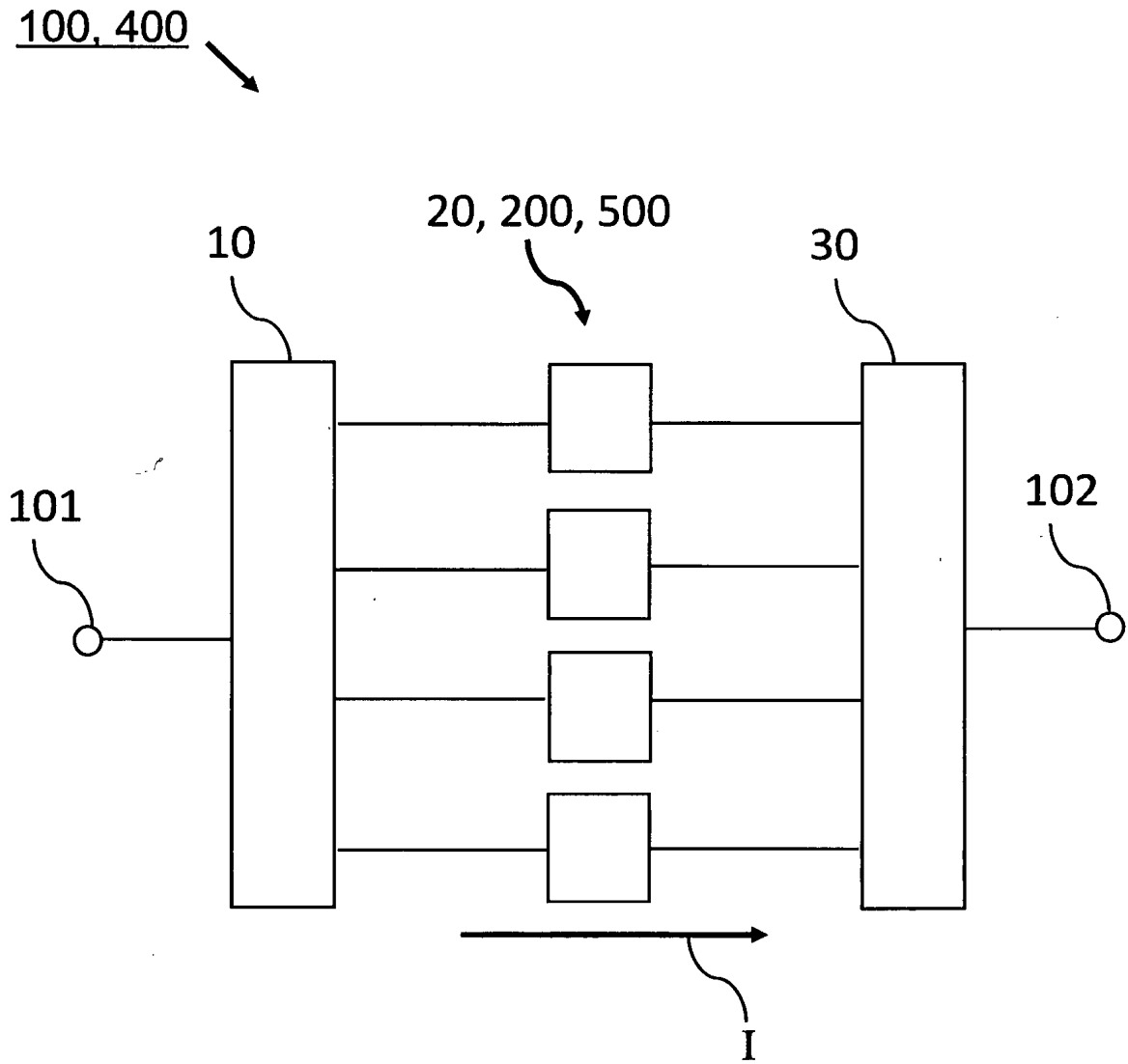


Figura 1

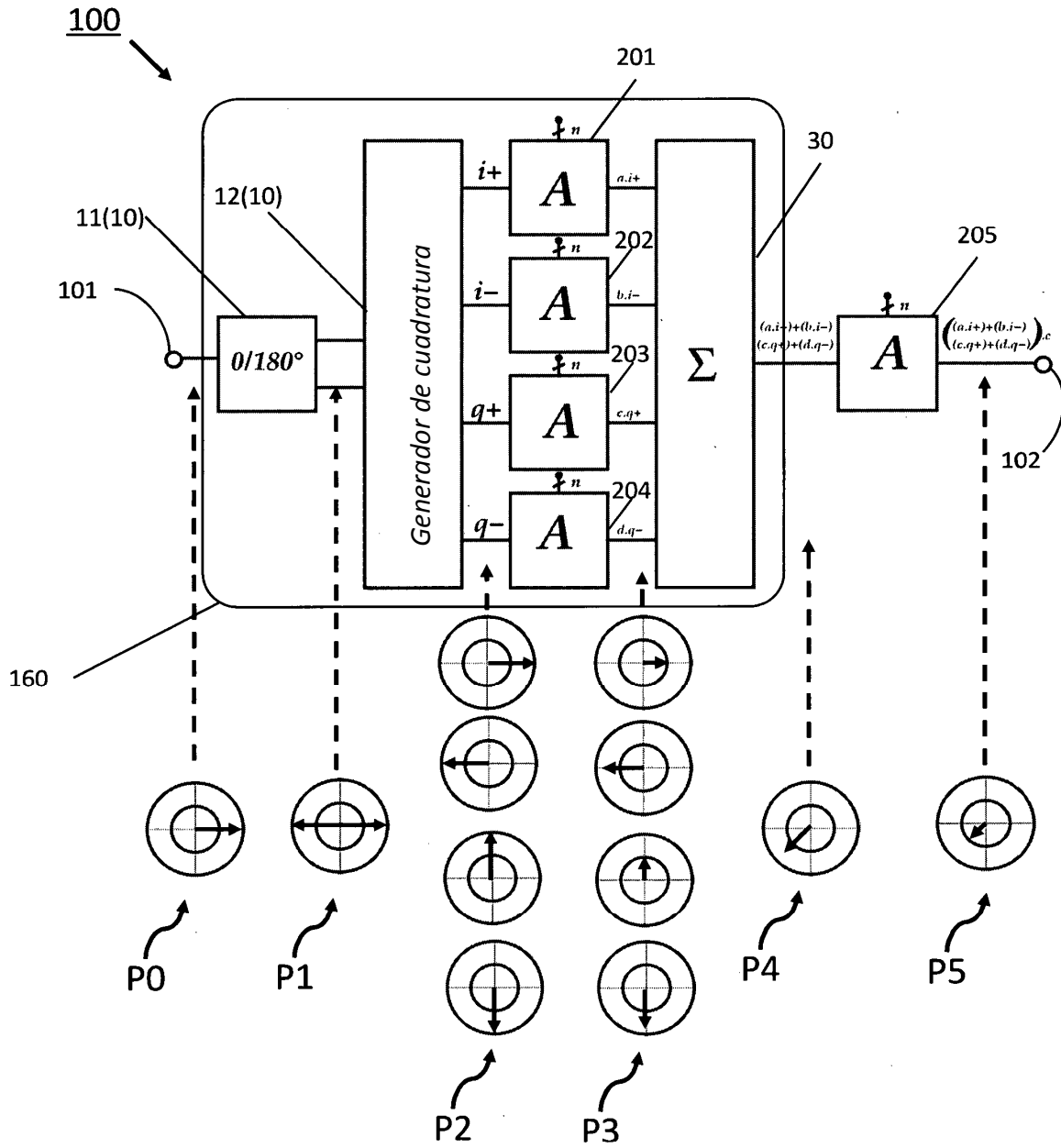


Figura 2

200 (201,202)

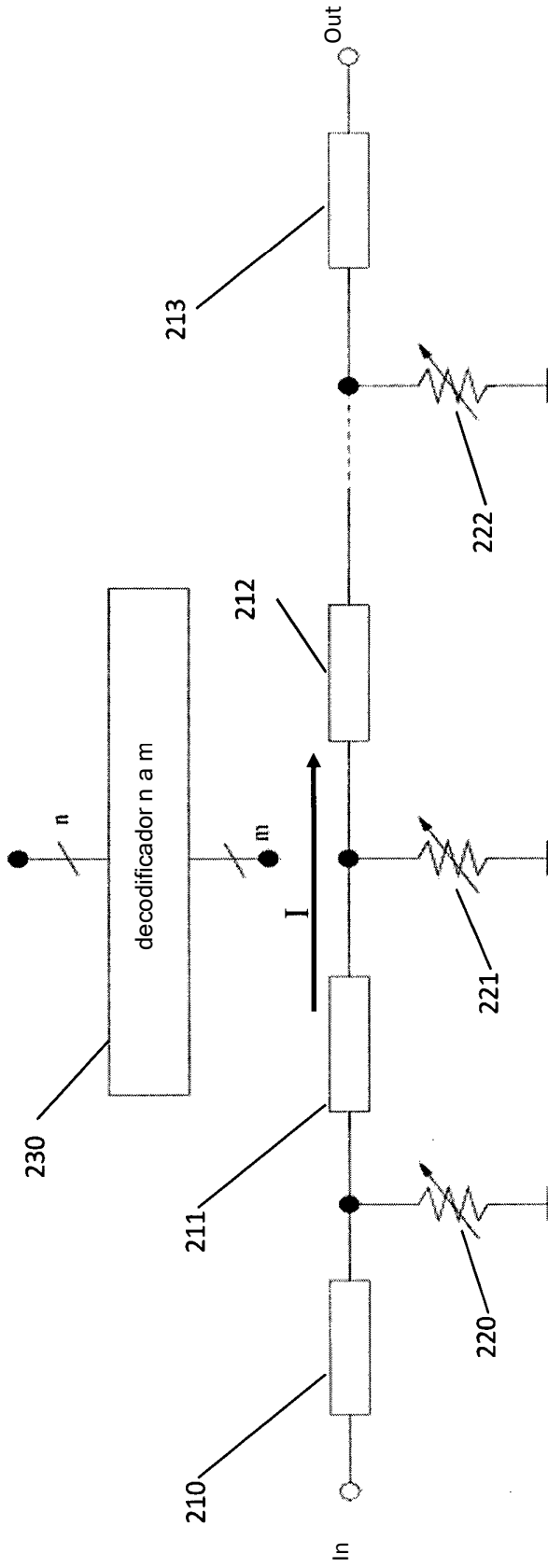


Figura 3

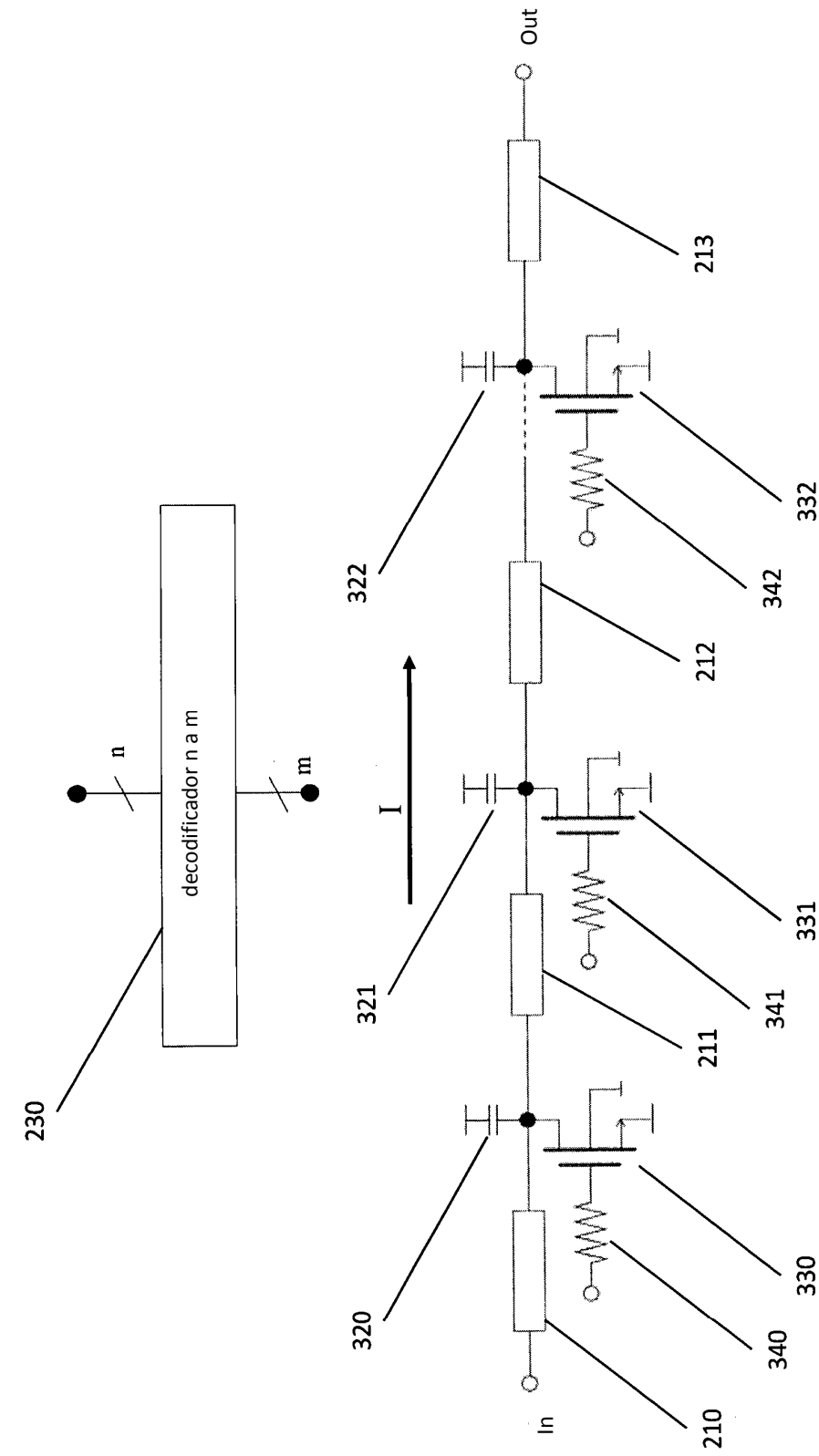


Figura 4

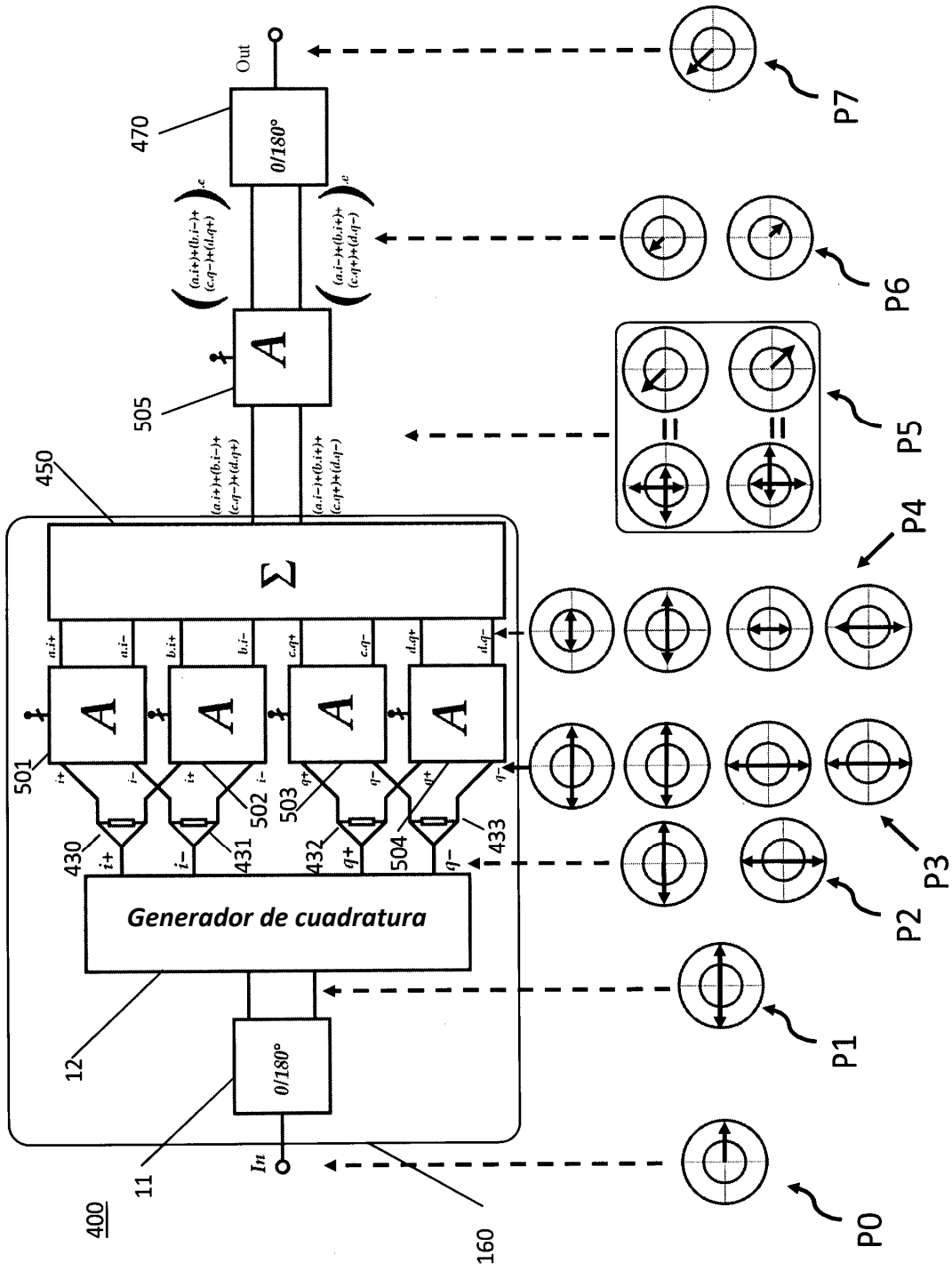


Figura 5

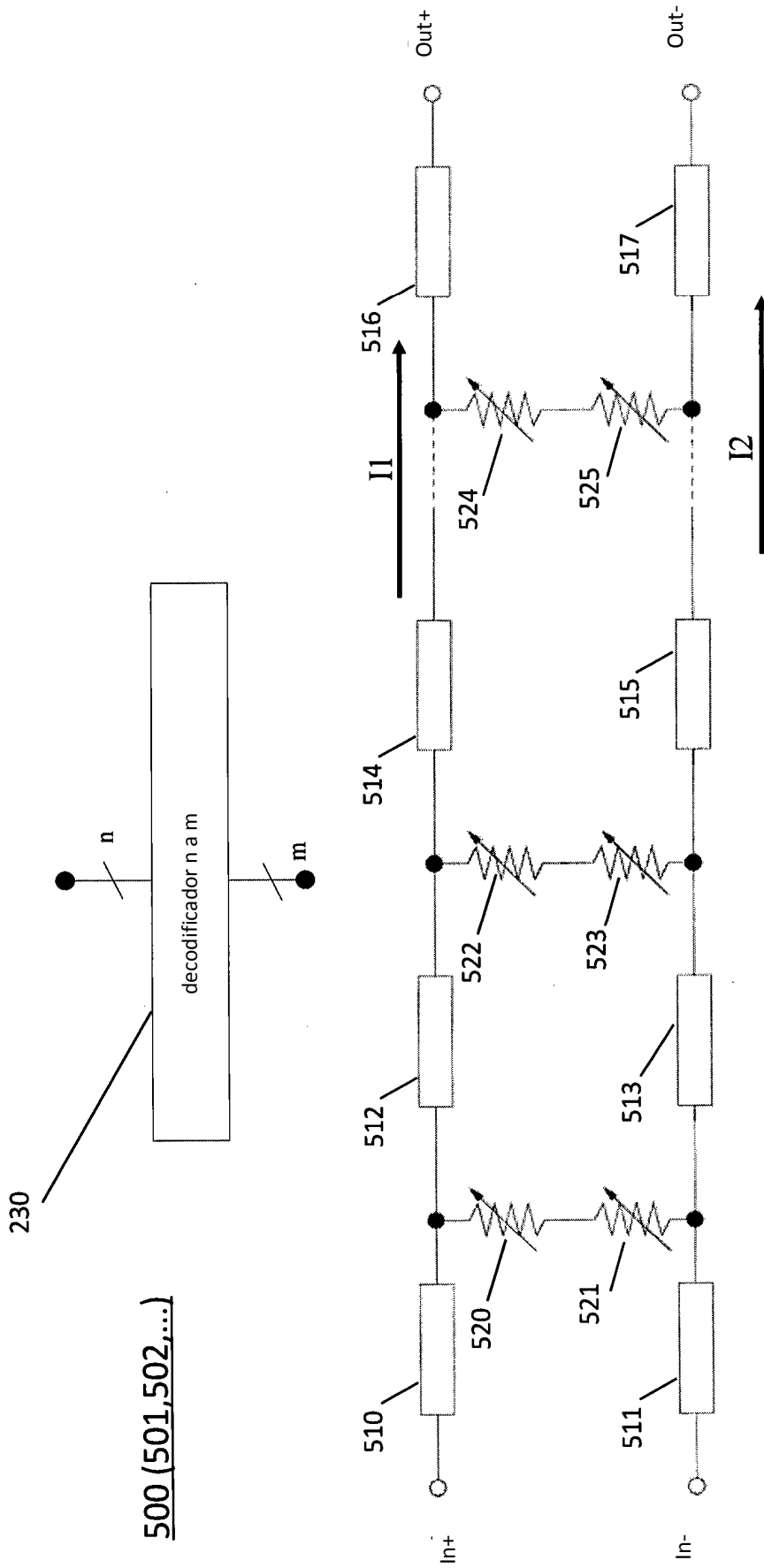


Figura 6

500 (501,502,...)

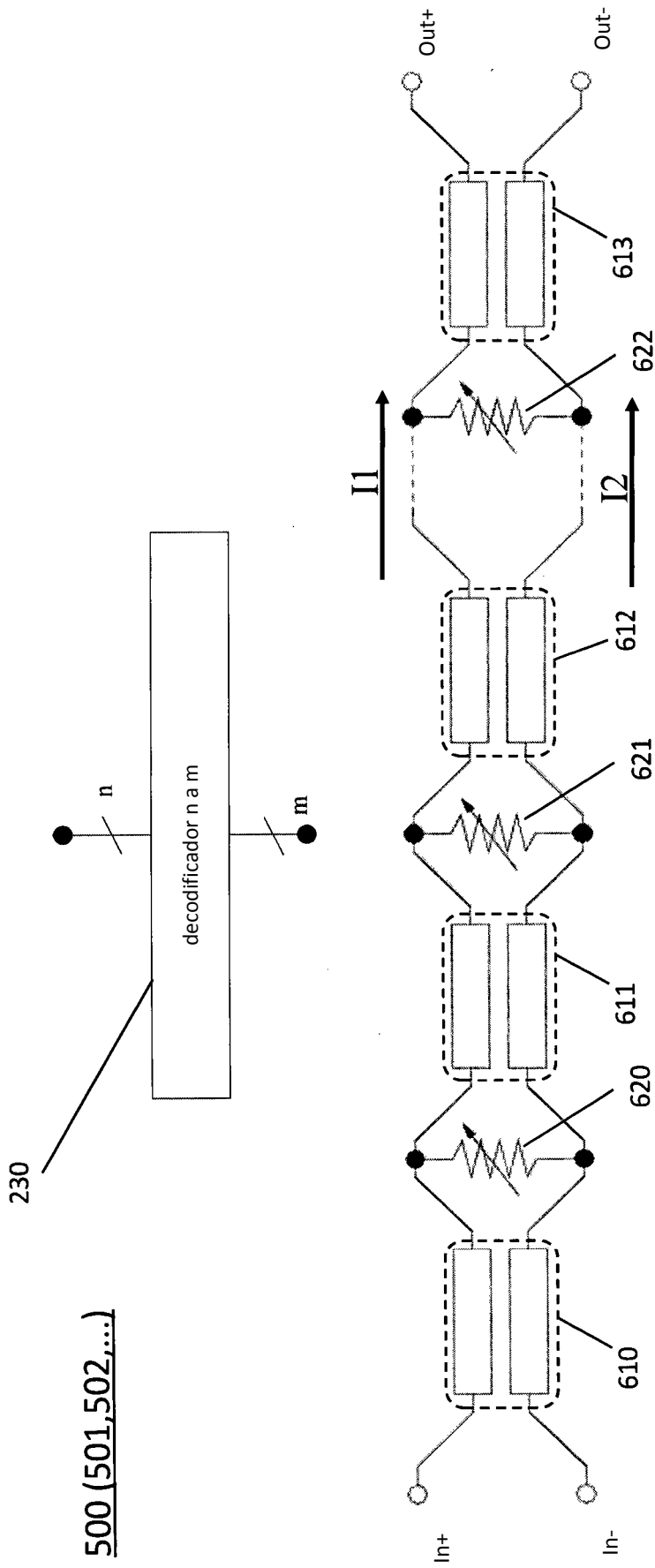


Figura 7

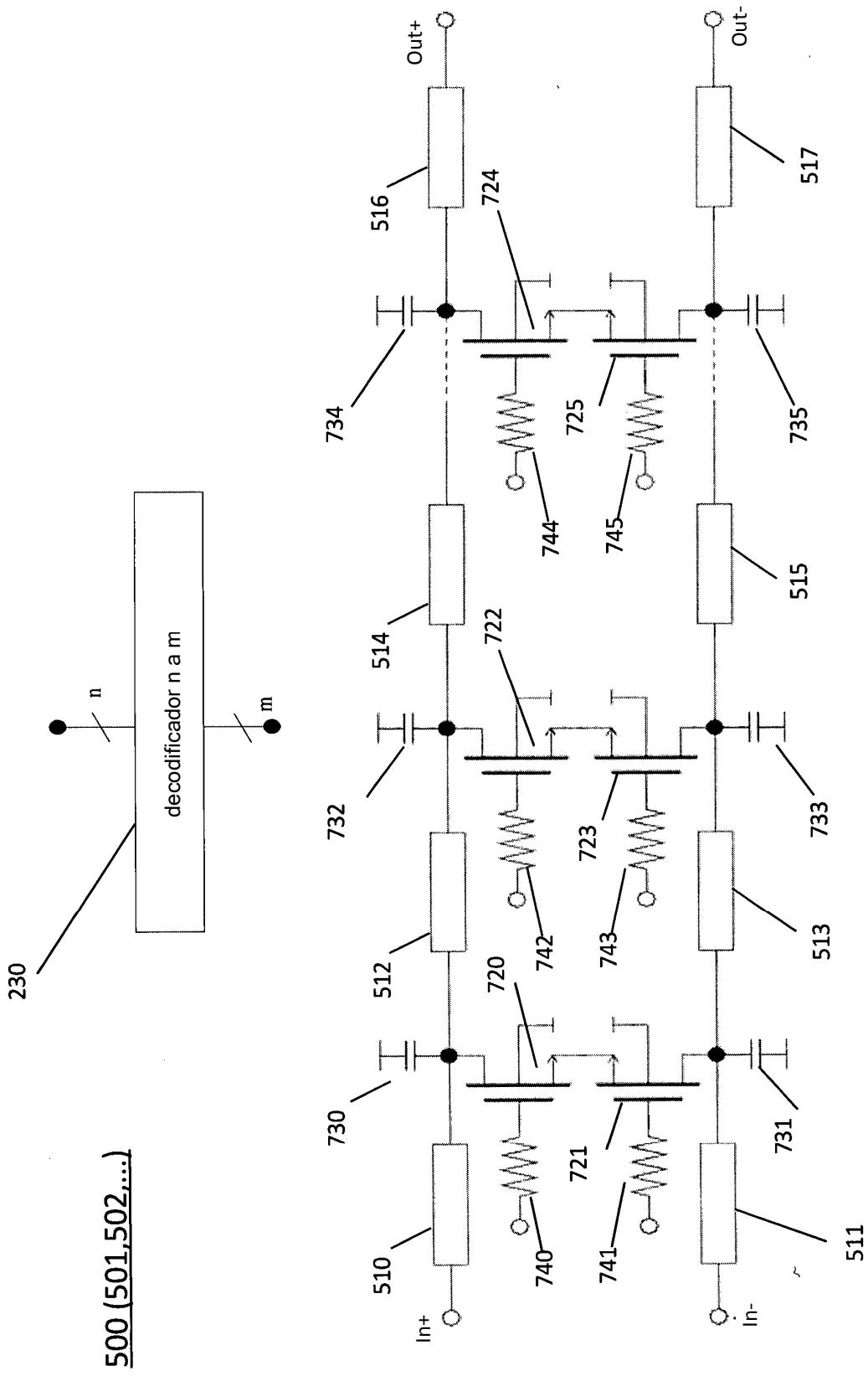


Figura 8

500 (501,502,...)

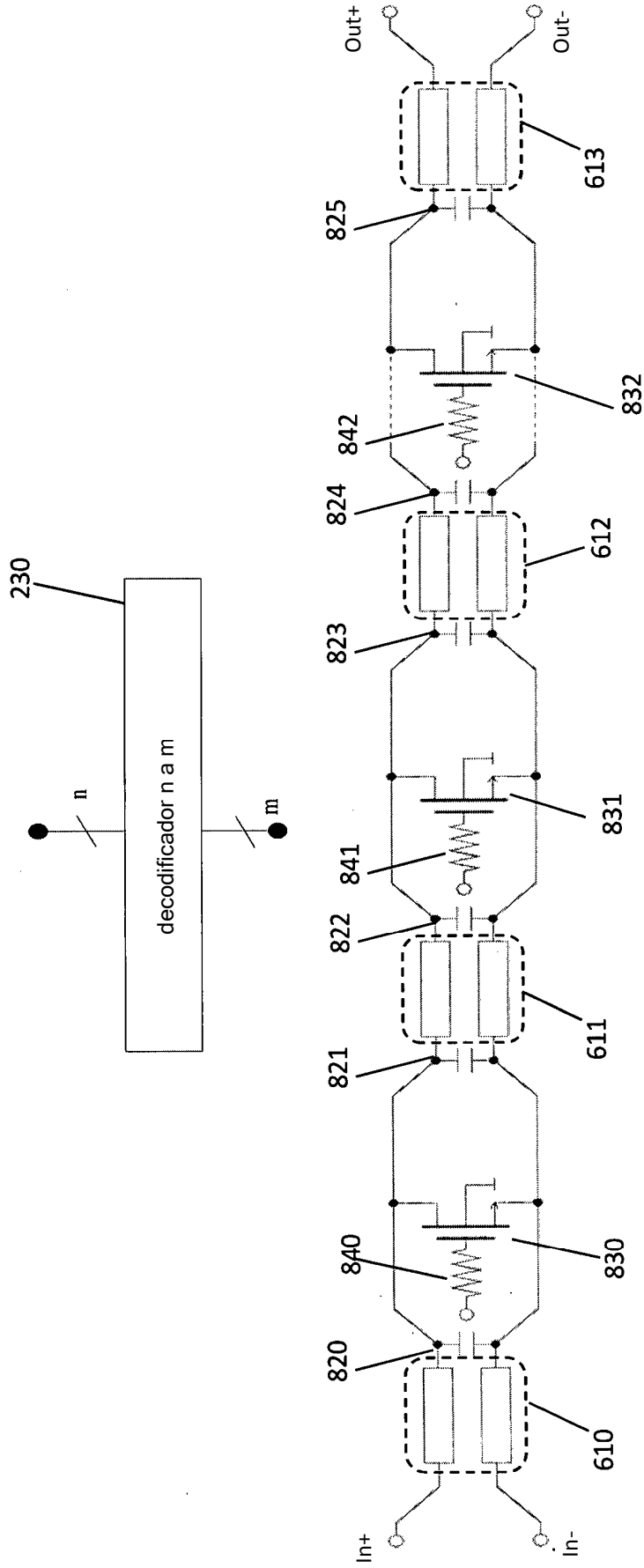


Figura 9

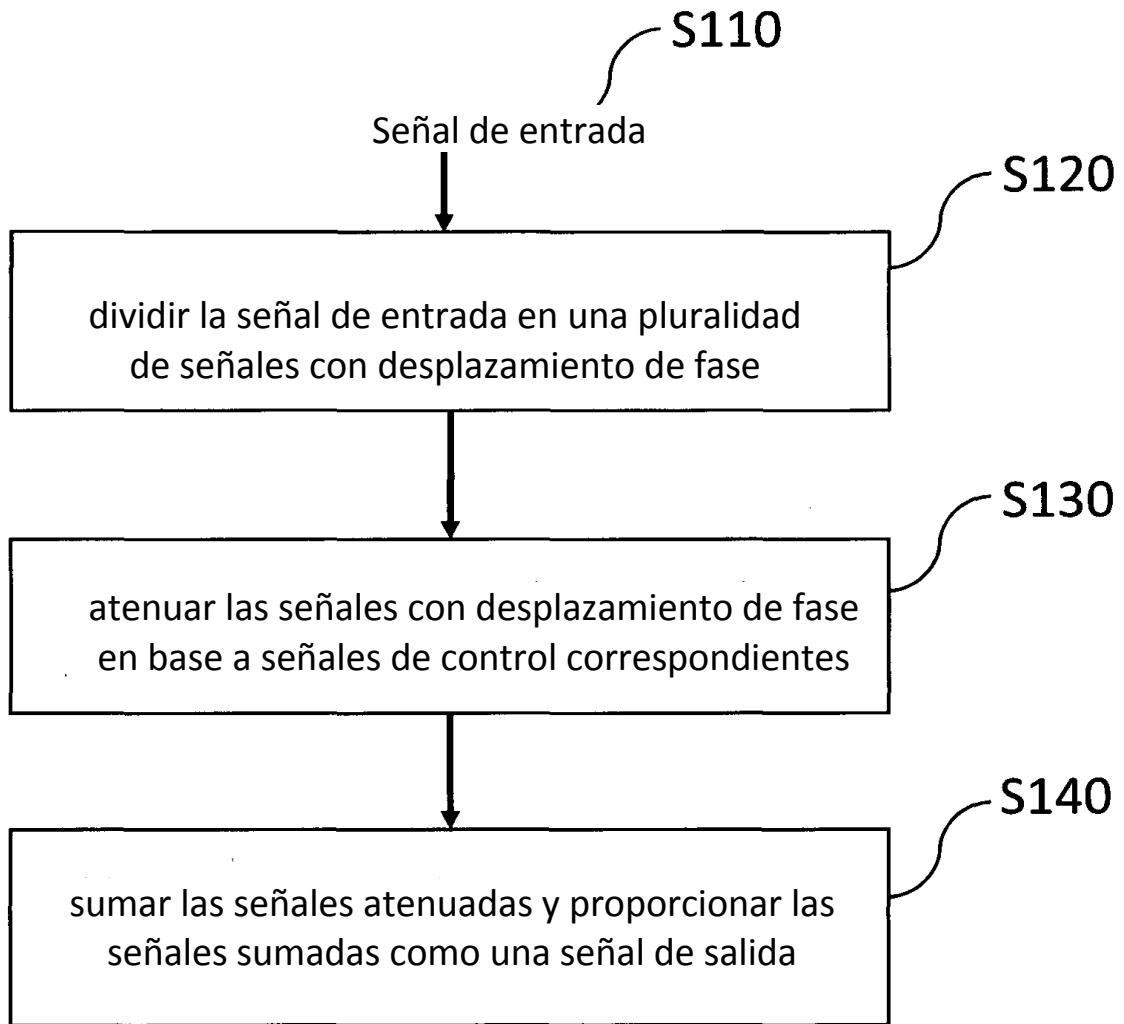


Figura 10