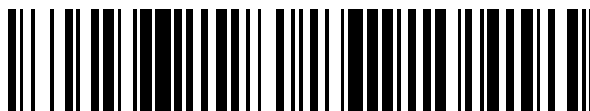


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 068**

51 Int. Cl.:

**H03F 3/60** (2006.01)

**H03F 1/02** (2006.01)

**H03F 3/19** (2006.01)

**H03F 3/21** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2015 PCT/SE2015/051134**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17074229**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2015 E 15791798 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3369174**

54 Título: **Amplificadores de potencia distribuidos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.07.2020**

73 Titular/es:  
**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**  
**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:  
**HELLBERG, RICHARD**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 774 068 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

Amplificadores de potencia distribuidos

**Campo técnico**

5 Las realizaciones en la presente memoria se refieren a amplificadores de potencia distribuidos para la amplificación de una señal de entrada en una señal de salida. En particular, se describen amplificadores de potencia que comprenden múltiples conjuntos de subamplificadores distribuidos a lo largo de una línea de transmisión de salida. Además, se describen nodos de red de radio y equipos de usuario en sistemas de comunicación inalámbrico, y dispositivos electrónicos en general que comprenden el amplificador de potencia distribuido.

**Antecedentes**

10 Los amplificadores de potencia se usan ampliamente, por ejemplo, en estaciones base de radio y equipos de usuario en sistemas de comunicación inalámbricos. Los amplificadores de potencia suelen amplificar las señales de entrada de altas frecuencias en una señal de salida lista para la transmisión de radio. La alta eficiencia es generalmente deseable para el diseño del amplificador de potencia para reducir la cantidad de energía consumida. Además, en muchas aplicaciones, tales como en un satélite o un teléfono móvil o equipo de usuario, la cantidad de energía está limitada debido a la energía de una batería. Un aumento en la eficiencia del amplificador de potencia permitiría un aumento del tiempo de funcionamiento para estas aplicaciones antes de que sea necesario recargar o reemplazar la batería.

20 Un amplificador de potencia (PA) convencional, tal como clase B, AB, F, tiene una resistencia de carga de radiofrecuencia (RF) fija y una alimentación de tensión de corriente continua (CC) fija. La corriente de salida de RF de un PA de clase B o AB tiene una forma similar a un tren de pulsos con pulsos de corriente sinusoidal rectificada de media onda. La corriente de CC, y por lo tanto la potencia de CC, es en gran medida proporcional a la amplitud de la corriente de salida de RF ya que la tensión de alimentación de CC es constante. La potencia de salida, sin embargo, es proporcional a la corriente de salida de RF al cuadrado. Por lo tanto, la eficiencia del amplificador de potencia convencional, es decir, la potencia de salida dividida por la potencia de CC, también es proporcional a la amplitud de la corriente de salida de RF. Aunque la eficiencia de un amplificador puede ser alta a la potencia de salida más alta, la eficiencia promedio es baja cuando se amplifican señales de entrada que, de promedio, tienen una potencia baja o una amplitud de señal baja en comparación con la amplitud máxima de la señal de entrada.

30 Algunos amplificadores de potencia de RF de clase B modificados, como el amplificador de tipo Doherty descrito en "A new high efficiency power amplifier for modulated waves", Proc. IRE, vol. 24, no. 9, págs. 1163-1182, septiembre de 1936, y el amplificador de potencia tipo Chireix descrito en "High power outphasing modulation", Proc. IRE, vol. 23, no. 2, págs. 1370-1392, noviembre de 1935, son generalmente más eficientes que el amplificador convencional descrito anteriormente para señales de entrada con modulación de amplitud con alta relación pico a promedio (PAR). Sin embargo, los amplificadores de tipo Chireix y Doherty son inherentemente de banda estrecha, ya que su funcionamiento depende de circuitos reactivos que dependen mucho de la frecuencia.

35 En general, el amplificador de potencia de RF puede accionarse en una operación denominada de reducción. Esto significa que el amplificador de potencia funciona a cierto nivel, por ejemplo, expresado como un número de decibelios (dB), por debajo de su potencia de salida máxima. La operación de reducción también puede referirse a que una potencia de salida instantánea es relativamente baja. Cuando se analizan las operaciones de un amplificador de potencia, generalmente se usa el término "punto de transición", lo que significa que, en un cierto punto de amplitud, es decir, el punto de transición, se producen algunos cambios significativos en el amplificador de potencia, por ejemplo, el modo de funcionamiento, el número de subamplificadores etc. En algunos amplificadores tales como los de tipo Doherty, los puntos de transición también son puntos de alta eficiencia en la gráfica de eficiencia.

45 Los amplificadores de tipo Doherty de banda ancha son un tema de mucho interés, y se han intentado muchos enfoques para aumentar el ancho de banda y la eficiencia, que desafortunadamente van acompañados de algunas desventajas o inconvenientes.

Por ejemplo, en un artículo de D Gustafsson et al., titulado "Theory and design of a novel wideband and reconfigurable high average efficiency amplifier", publicado en Proc. IMS 2012, se usa una línea de transmisión de un cuarto de longitud de onda con la misma impedancia que la carga, lo que da como resultado una eficiencia de banda ancha en el punto de transición.

50 Sin embargo, la eficiencia de banda ancha en el punto de transición se obtiene sacrificando la eficiencia a la máxima potencia y la utilización del transistor, lo que reduce el ancho de banda de la alta eficiencia promedio y aumenta el coste del transistor.

55 En la solicitud de patente WO2003/061115, presentada por el presente solicitante, se describe un amplificador de banda ancha con un 100% de ancho de banda relativo, es decir, frecuencias en el borde de banda alta y borde de banda baja que tienen una relación de 3:1, y con alta eficiencia en la operación de reducción. El amplificador de banda ancha descrito en la presente memoria tiene diferentes modos de funcionamiento en diferentes bandas de frecuencia

y tiene un ancho de banda instantáneo amplio alrededor de la frecuencia central. Sin embargo, es difícil operar a través de las fronteras de las bandas de frecuencia entre los diferentes modos de funcionamiento. Además, la amplitud de la señal de salida en el punto de transición varía considerablemente dentro del ancho de banda.

5 En un artículo de M Naseri Ali Abadi et al., titulado "An Extended Bandwidth Doherty Power Amplifier using a Novel Output Combiner", publicado en Proc. IMS 2014, se usa un resonador LC en el nodo de salida. El uso de un resonador LC o un soporte de cuarto de onda resonante en el nodo de salida tiene el inconveniente de disminuir el ancho de banda de potencia de salida y el ancho de banda de eficiencia a plena potencia.

10 En un artículo de Piazzon et al., titulado "A method for Designing Broadband Doherty Power Amplifiers", publicado en Progress in Electromagnetics Research, vol. 145, págs. 319-331, 2014, o en un artículo de R Giofre et al., titulado "A Distributed Matching/Combining Network Suitable to Design Doherty Power Amplifiers Covering More Than an Octave Bandwidth", publicado en Proc. IMS 2014, se describe otra técnica que implica el uso de un acoplador de línea de derivación de múltiples secciones, que tiene una limitación en el ancho de banda de eficiencia tanto en el punto de transición como a plena potencia, y también tiene una limitación en el ancho de banda de potencia de salida a plena potencia.

15 El documento US2013/0063213 describe un amplificador de potencia distribuido de matriz que tiene una línea de transmisión de entrada, una línea de transmisión intermedia conectada a una segunda tensión de alimentación y una línea de transmisión de salida. Una primera pluralidad de amplificadores tiene entradas acopladas a y espaciadas a lo largo de la línea de transmisión de entrada y tiene salidas acopladas a y espaciadas a lo largo de la línea de transmisión intermedia. Una segunda pluralidad de amplificadores tiene entradas acopladas a y espaciadas a lo largo de la línea de transmisión intermedia y tiene salidas acopladas a y espaciadas a lo largo de la línea de transmisión de salida.

### Compendio

Un objetivo de las realizaciones en la presente memoria es proporcionar un amplificador de potencia con un rendimiento mejorado con respecto al ancho de banda, la eficiencia y las ondulaciones en las señales de salida.

25 Según un aspecto, el objetivo se logra mediante un amplificador de potencia para amplificar una señal de entrada en una señal de salida. El amplificador de potencia comprende un puerto de entrada para recibir la señal de entrada y un puerto de salida acoplado a una línea de transmisión de salida para proporcionar la señal de salida. El amplificador de potencia comprende además múltiples conjuntos de subamplificadores distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida, y las entradas de los subamplificadores están acopladas al puerto de entrada, las salidas de los subamplificadores están acopladas a la línea de transmisión de salida. Se proporcionan al menos dos tensiones de alimentación diferentes para los subamplificadores en los múltiples conjuntos de subamplificadores, de modo que las tensiones de alimentación a algunos subamplificadores se reducen en comparación con las tensiones de alimentación a otros subamplificadores.

30 Según las realizaciones en la presente memoria, el amplificador de potencia comprende múltiples conjuntos de subamplificadores distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida. El número de conjuntos de subamplificadores corresponde al número de picos de eficiencia en la operación de reducción y el número de subamplificadores en cada conjunto tiene una relación con el ancho de banda, las ondulaciones en las señales de salida y la eficiencia. Por lo tanto, el número de conjuntos y el número de subamplificadores en cada conjunto pueden configurarse de modo que se pueda lograr una alta eficiencia en un amplio intervalo de amplitudes de señal de entrada y en un ancho de banda relativo grande, y se pueden lograr ondulaciones más bajas en las señales de salida.

35 Además, según las realizaciones en la presente memoria, se proporcionan al menos dos tensiones de alimentación diferentes para los subamplificadores en los múltiples conjuntos de subamplificadores, por lo que las tensiones de alimentación a algunos conjuntos o algunos subamplificadores pueden reducirse para acomodar solo la oscilación de tensión de salida máxima local en dichos subamplificadores. Esto mejorará la eficiencia aún más. Además, según realizaciones en la presente memoria, los subamplificadores están distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida. La línea de transmisión de salida puede configurarse para tener una impedancia característica diferente para diferentes conjuntos de subamplificadores, por ejemplo, la línea de transmisión uniforme puede usarse solo para algunos conjuntos distribuidos de subamplificadores, e interpolarse y extrapolarse con otro tipo de líneas de transmisión, tales como líneas de transmisión cónicas o escalonadas, etc. De esta manera, las tensiones de salida de RF y las corrientes de salida máximas de los subamplificadores pueden configurarse para minimizar las ondulaciones en las señales de salida en un ancho de banda específico mediante una combinación adecuada de las tensiones de alimentación y la impedancia característica de la línea de transmisión de salida.

### Breve descripción de los dibujos

Los diversos aspectos de las realizaciones descritas en la presente memoria, que incluyen características particulares y ventajas de las mismas, se comprenderán fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una estructura general de un amplificador de potencia distribuido según realizaciones en la presente memoria,

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un primer ejemplo de un amplificador de potencia distribuido según realizaciones en la presente memoria,

La Figura 3 es un diagrama que ilustra tensiones de alimentación y corrientes de salida máximas de los subamplificadores en el amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 2,

5 La Figura 4a es un diagrama que ilustra el comportamiento eléctrico y la eficiencia del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 2,

La Figura 4b es un diagrama que ilustra las ondulaciones de tensión de salida del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 2,

10 La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un segundo ejemplo de un amplificador de potencia distribuido según realizaciones en la presente memoria,

La Figura 6 es un diagrama que ilustra tensiones de alimentación y corrientes de salida máximas de los subamplificadores en el amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 5,

La Figura 7a es un diagrama que ilustra el comportamiento eléctrico del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 5,

15 La Figura 7b es un diagrama que ilustra la eficiencia del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 5,

La Figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un tercer ejemplo de un amplificador de potencia distribuido según realizaciones en la presente memoria,

20 La Figura 9 es un diagrama que ilustra tensiones de alimentación y corrientes de salida máximas de los subamplificadores en el amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 8,

La Figura 10a es un diagrama que ilustra el comportamiento eléctrico del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 8,

La Figura 10b es un diagrama que ilustra la eficiencia del amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 8,

25 La Figura 11 es un diagrama de bloques que ilustra un cuarto ejemplo de un amplificador de potencia distribuido según realizaciones en la presente memoria,

La Figura 12a es un diagrama que ilustra tensiones de alimentación y corrientes de salida máximas de los subamplificadores en el amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 11,

30 La Figura 12b es un diagrama que ilustra un ejemplo de la línea de transmisión de salida implementada en el amplificador de potencia distribuido que se muestra en la Figura 11,

la Figura 13a es un diagrama que muestra tensiones de alimentación y corrientes de salida máximas para subamplificadores en el amplificador de potencia que se muestra en la Figura 5,

La Figura 13b muestra un ejemplo de una línea de transmisión de salida según realizaciones en la presente memoria,

35 La Figura 14 es un diagrama que ilustra uno ejemplo de una línea de transmisión de salida según realizaciones en la presente memoria, y

La Figura 15 es un diagrama de bloques que muestra un dispositivo electrónico.

### **Descripción detallada**

40 A lo largo de la siguiente descripción, se han usado números de referencia similares para denotar características similares, tales como elementos, unidades, módulos, circuitos, nodos, partes, artículos o similares, cuando corresponda.

La Figura 1 ilustra una estructura general de un amplificador de potencia 100 para amplificar una señal de entrada en una señal de salida.

El amplificador de potencia 100 comprende un puerto de entrada 110 para recibir la señal de entrada, y un puerto de salida 130 acoplado, o conectado, a una línea de transmisión de salida 140 para proporcionar la señal de salida.

45 El amplificador de potencia 100 comprende además múltiples conjuntos de subamplificadores 150, 160, 170, 180 distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida 140.

Las entradas de los subamplificadores en cada conjunto están acopladas, o conectadas, al puerto de entrada 110, ya sea a través de una línea de transmisión de entrada 121, 122 o cualquier otro medio (no mostrado). Las salidas de los subamplificadores en cada conjunto están acopladas a la línea de transmisión de salida 140.

5 Para maximizar o mejorar la eficiencia del amplificador de potencia 100, se proporcionan al menos dos tensiones de alimentación diferentes para los subamplificadores en los múltiples conjuntos de subamplificadores 150, 160, 170, 180.

Las funciones, características y ventajas del amplificador de potencia 100 se analizarán en detalle con referencia a diferentes ejemplos e implementaciones que se encuentran en la estructura general del amplificador de potencia 100 como se muestra en la Figura 1.

10 La Figura 2 muestra un primer ejemplo del amplificador de potencia 100, ahora denominado amplificador de potencia 200. El amplificador de potencia 200 comprende dos conjuntos de subamplificadores, un primer conjunto de subamplificadores 150 y un segundo conjunto de subamplificadores 160. El primer conjunto de subamplificadores 150 comprende un solo subamplificador 151 colocado al comienzo de la línea de transmisión de salida, denominado ahora como una primera parte de la línea de transmisión de salida 141. El segundo conjunto de subamplificadores 160  
15 comprende al menos dos subamplificadores 161, 162 distribuidos a lo largo de la primera parte de la línea de transmisión de salida 141. La primera parte de la línea de transmisión de salida 141 tiene una impedancia característica uniforme y termina en una resistencia de carga  $R_L$  del mismo valor. La resistencia de carga  $R_L$  puede representar impedancias de una antena, línea de transmisión, aislador y/o filtro, etc., acoplado al puerto de salida 130.

20 En la Figura 3 se muestran tensiones de alimentación ejemplares y corrientes de salida de RF máximas de los subamplificadores. El eje Y representa la tensión de alimentación y la corriente de salida de RF máxima con valores relativos de 0 a 1, donde un símbolo circular representa la corriente de salida de RF máxima y un símbolo de estrella representa la tensión de alimentación, el eje X representa los subamplificadores indicados por sus números de referencia 151, 161-165 distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida.

25 Para maximizar o mejorar la eficiencia, las tensiones de alimentación a algunos subamplificadores se reducen en comparación con la tensión de alimentación máxima normal o en comparación con las tensiones de alimentación a otros subamplificadores, denominadas "tensiones de alimentación reducidas", para acomodar solo la oscilación de tensión de salida máxima local en estos subamplificadores. Estas tensiones de alimentación reducidas generalmente aumentan en la dirección de avance a lo largo de la línea de transmisión de salida hacia el puerto de salida 130.

30 En esta realización, una primera tensión de alimentación, es decir, la tensión de alimentación al subamplificador 151 es diferente en comparación con una segunda tensión de alimentación a un subamplificador en el segundo conjunto de subamplificadores. Por ejemplo, la tensión de alimentación al subamplificador 151 se reduce en comparación con las tensiones de alimentación al segundo conjunto de subamplificadores para acomodar una oscilación de tensión de señal de salida máxima local en el subamplificador 151. Como se muestra en la Figura 3, tanto la amplitud de corriente de salida de RF máxima como la tensión de alimentación del primer subamplificador 151 son 0,5, que es la mitad de  
35 los valores de un amplificador de potencia convencional construido con un solo transistor con la misma resistencia de carga y potencia de salida. Las tensiones de alimentación a subamplificadores en el segundo conjunto también son diferentes y están configuradas para aumentar gradualmente en una dirección de avance a lo largo de la primera parte de la línea de transmisión de salida 141 al puerto de salida 130. En este ejemplo, se incluyen 5 subamplificadores 161, 162, 163, 164, 165 en el segundo conjunto de subamplificadores 160, que están distribuidos a distancias iguales a lo  
40 largo de la primera parte de la línea de transmisión de salida 141. La distancia entre los subamplificadores adyacentes corresponde a una longitud eléctrica de un cuarto de longitud de onda en la frecuencia central de la banda de frecuencia de funcionamiento del amplificador de potencia 100. De esta manera, las corrientes de salida de RF máximas de los subamplificadores 161, 162, 163, 164, 165 en el segundo conjunto de subamplificadores están ponderadas, normalmente con una forma de "campana" de tipo gaussiano, con la mayor contribución proveniente del subamplificador 163, como se muestra en la Figura 3. Esta corriente de salida ponderada en forma de campana proporciona una ondulación baja tanto en el puerto de salida 130 como para las amplitudes de tensión de salida de RF de los subamplificadores en un ancho de banda específico. Mediante la sincronización adecuada de sus respectivas señales de excitación, las contribuciones del subamplificador a la oscilación de la tensión de salida de RF se suman sincrónicamente en el tiempo, es decir, en fase, en la dirección de avance a lo largo de la línea de transmisión  
45 de salida hacia el puerto de salida. Las ondas que viajan hacia atrás tienen diferencias temporales que hacen que la suma de las tensiones de salida de los subamplificadores parezca filtrada con paso bajo y solo aparezca como una pequeña ondulación en la amplitud de tensión de salida máxima para las señales de entrada dentro del ancho de banda de las frecuencias de funcionamiento.

55 La Figura 4a muestra un comportamiento eléctrico teórico del amplificador de potencia 200 según realizaciones en la presente memoria a una frecuencia dentro del ancho de banda, donde se muestran las corrientes de salida de RF, las tensiones de salida y la eficiencia frente a la amplitud de la señal de entrada, y todos los valores que se muestran en el eje Y y el eje X en la Figura 4a son valores relativos. A la izquierda de la Figura 4a, las magnitudes de corrientes de salida de RF se muestran en el panel superior, las amplitudes de tensión de salida de RF en todos los subamplificadores se muestran en el panel inferior. A la derecha de la Figura 4a, se muestra la eficiencia sobre el  
60 ancho de banda.

El primer subamplificador 151 funciona solo con una corriente de salida de RF que aumenta de forma sustancialmente lineal por debajo de un punto de transición, por ejemplo, a 0,5 de la amplitud máxima de la señal de entrada, y con una corriente de salida de RF sustancialmente constante por encima del punto de transición. Debido a la falta de reflejos para una onda que viaja en la dirección de avance a lo largo de la línea de transmisión de salida 141 hacia el puerto de salida 130, este subamplificador 151 verá idealmente una carga constante de banda ancha. Por lo tanto, teóricamente puede estar completamente libre de ondulaciones cuando funciona solo por debajo del punto de transición. Los subamplificadores 161, 162, 163, 164, 165 en el segundo conjunto de subamplificadores 160 están activos por encima del punto de transición y las corrientes de salida de RF de estos subamplificadores aumentan por partes linealmente desde cero por encima del punto de transición.

Las amplitudes de tensión de salida de RF en todos los subamplificadores 151, 161, 162, 163, 164, 165 son todas sustancialmente idénticas por debajo del punto de transición, ya que la línea de transmisión de salida 141 tiene una impedancia característica uniforme, y solo el subamplificador 151 al comienzo de la línea de transmisión de salida 141 está activo. Por encima del punto de transición, el aumento relativo de la tensión de salida es mayor para los subamplificadores más cercanos al final de la línea de transmisión de salida 141. La tensión de RF aumenta a lo largo de la línea de transmisión de salida en gran medida proporcionalmente a las amplitudes de corriente de salida de RF de los subamplificadores. Las tensiones de alimentación para los subamplificadores que se muestran en la Figura 3 siguen las amplitudes máximas de tensión de salida de RF como se muestra en la Figura 4a.

A amplitudes de señal de entrada por encima del punto de transición, cada subamplificador tiene alguna variación en la tensión de salida de RF máxima sobre el ancho de banda. Esto se ve en la Figura 4b, en la cual el eje X representa las frecuencias relativas dentro del ancho de banda, el eje Y representa la amplitud de la tensión de salida, y los diferentes trazos representan la tensión de salida de RF máxima para diferentes subamplificadores, por ejemplo, el trazo más alto, es decir, el trazo 6 representa la tensión de salida de RF máxima para el subamplificador 165 que es el más cercano al puerto de salida 130 y tiene la tensión de salida de RF máxima más alta. Como se mencionó anteriormente, el subamplificador 151 teóricamente puede estar completamente libre de ondulaciones cuando funciona solo por debajo del punto de transición, y esto se puede ver a partir del trazo más bajo, es decir, el trazo 1, que casi no tiene ondulación en comparación con otros trazos. La ondulación en las tensiones de salida de RF máximas para el subamplificador 161, representada por el trazo 2 también es relativamente pequeña. Para los subamplificadores 162, 163, 164, 165, las ondulaciones son relativamente más grandes. Para estos subamplificadores 162, 163, 164, 165, la mayor parte de las ondulaciones son interferencias entre ondas que viajan hacia atrás. La ondulación de toda la respuesta ponderada en campana de las ondas que viajan hacia atrás es bastante baja, pero la ondulación de una respuesta truncada, es decir, solo una parte de la respuesta ponderada en campana de las ondas que viajan hacia atrás, es relativamente alta. Dado que solo una parte de la respuesta ponderada en campana de las ondas que viajan hacia atrás se ve en estos subamplificadores 162, 163, 164, 165, las ondulaciones son relativamente grandes. Por ejemplo, el subamplificador 163 verá las ondas que viajan hacia atrás desde los subamplificadores 164 y 165, además de su propia contribución y la respuesta reflejada de todo el grupo de ondas que viajan hacia atrás.

Una consecuencia de la impedancia uniforme de la línea de transmisión de salida es que para el primer subamplificador 151 no hay ondulación de impedancia. En consecuencia, no hay ondulación eléctrica causada por la ondulación de impedancia, ya sea en este subamplificador o en el puerto de salida 130, por debajo del punto de transición. Por encima del punto de transición, la ondulación de la tensión de salida aumenta al aumentar la amplitud, ya que las ondas que viajan hacia atrás desde el resto de los subamplificadores se reflejan en el primer subamplificador y de vuelta hacia el puerto de salida 130.

Volviendo nuevamente a la Figura 4a, el panel inferior ilustra la eficiencia sobre el ancho de banda 3:1, es decir, de 0,5 a 1,5 veces la frecuencia central. Se puede ver que, por debajo del punto de transición, la eficiencia es uniforme cuando se ignoran otros efectos limitantes del ancho de banda, es decir, no hay variación en la eficiencia por debajo del punto de transición. Por encima del punto de transición, la "ondulación de eficiencia" aumenta a medida que aumenta la amplitud de la señal de entrada.

La Figura 5 muestra un segundo ejemplo del amplificador de potencia 100, ahora denominado amplificador de potencia 500. El amplificador de potencia 500 tiene una estructura similar al amplificador de potencia 200, pero con conjuntos adicionales de subamplificadores y cada conjunto de subamplificadores tiene un número diferente de subamplificadores. Como se muestra en la Figura 5, el amplificador de potencia 500 comprende 3 conjuntos de subamplificadores, un primer conjunto de subamplificadores 150, un segundo conjunto de subamplificadores 160 y un tercer conjunto de subamplificadores 170. El primer conjunto de subamplificadores 150 comprende un solo subamplificador 151 colocado al comienzo de una primera parte 141 de la línea de transmisión de salida. El segundo conjunto de subamplificadores 160 comprende cuatro subamplificadores 161, 162, 163, 164 distribuidos a lo largo de la primera parte 141 de la línea de transmisión de salida, y el tercer conjunto de subamplificadores 170 también comprende cuatro subamplificadores 171, 172, 173, 174 distribuidos a lo largo de una segunda parte 142 de la línea de transmisión de salida. Las primera y segunda partes de la línea de transmisión de salida 141, 142 tienen una impedancia característica uniforme y la segunda parte de la línea de transmisión de salida 142 termina en una resistencia de carga RL, que coincide con la impedancia característica de la línea de transmisión de salida 142.

Según esta realización, el amplificador de potencia 500 funciona con dos puntos de transición, a 0,25 y 0,5 de la amplitud completa de la señal de salida o entrada, y tiene un ancho de banda de 2:1 con baja ondulación en la amplitud

de la tensión de salida. La distancia entre subamplificadores adyacentes corresponde a un cuarto de longitud de onda a la frecuencia central.

Las tensiones de alimentación y las corrientes máximas de salida de RF de los subamplificadores 151, 161-164, 171-174 se muestran en la Figura 6. La amplitud de corriente de salida de RF máxima y la tensión de alimentación del primer subamplificador 151 son ambas 0,25. Las corrientes de salida de RF máximas para el segundo y tercer conjuntos 160, 170 tienen una ponderación sustancialmente "en forma de campana". Los valores exactos para las corrientes de salida de RF en forma de campana se obtienen por optimización. De lo contrario, puede ser un coeficiente de ponderación de entero bajo, simple pero algo menos óptimo, por ejemplo, 3 para el subamplificador 151, 1-2-2-1 para los subamplificadores 161-164 y 2-4-4-2 para los subamplificadores 171-174. Las tensiones de alimentación a los subamplificadores en el segundo y tercer conjuntos 160, 170 están configuradas para aumentar gradualmente en una dirección de avance a lo largo de la primera y segunda partes de la línea de transmisión de salida 141, 142 al puerto de salida 130.

El comportamiento eléctrico del amplificador de potencia 500 en el borde de frecuencia superior del ancho de banda se muestra en la Figura 7a, donde las magnitudes de las corrientes de salida de RF se muestran en el panel superior y las amplitudes de tensión de salida de RF se muestran en el panel inferior.

El primer subamplificador 151 vuelve a funcionar solo por debajo del primer punto de transición 0,25 y con una corriente de salida de RF constante por encima del primer punto de transición. Las corrientes de salida de RF de los 4 subamplificadores 161-164 en el primer conjunto aumentan por encima del primer punto de transición y son constantes por encima del segundo punto de transición. Las corrientes de salida de RF para los 4 subamplificadores 171-174 en el tercer conjunto aumentan por encima del segundo punto de transición y siguen aumentando hasta la potencia de salida completa.

Los otros comportamientos tales como ondulaciones y eficiencia son similares al amplificador de potencia 200 descrito anteriormente. Por ejemplo, no hay ondulación en la amplitud de la tensión de salida por debajo del primer punto de transición, por encima del primer punto de transición, la ondulación aumenta al aumentar la amplitud de la tensión de salida. Además, por debajo del primer punto de transición, no hay variación en la eficiencia. Como hay dos conjuntos de subamplificadores distribuidos, cada uno asociado con un punto de transición, hay dos picos de eficiencia, uno en el primer punto de transición 0,25 y otro en el segundo punto de transición 0,5, como se muestra en la Figura 7b.

Según algunas realizaciones en la presente memoria, el subamplificador 151 en el amplificador de potencia 200, 500 puede ser cualquier tipo de amplificadores de potencia, ya sea amplificadores de potencia convencionales construidos con transistores simples o múltiples, o cualquier amplificador de potencia nuevo desarrollado con el tiempo. Además, se pueden incluir más conjuntos de subamplificadores y cada conjunto de subamplificadores puede estar asociado con un punto de transición. Cada conjunto de subamplificadores puede tener un número diferente de subamplificadores y estar configurados preferiblemente para tener una contribución de corriente de salida de RF en forma de campana.

La Figura 8 muestra un tercer ejemplo del amplificador de potencia 100, ahora denominado amplificador de potencia 800. El amplificador de potencia 800 comprende 4 conjuntos de subamplificadores, un primer conjunto de subamplificadores 150, un segundo conjunto de subamplificadores 160, un tercer conjunto de subamplificadores 170 y un cuarto conjunto de subamplificadores 180. Cada conjunto de subamplificadores comprende siete subamplificadores. Por ejemplo, el primer conjunto de subamplificadores 150 comprende siete subamplificadores 151-157 distribuidos a lo largo de una primera parte 141 de la línea de transmisión de salida. El segundo conjunto de subamplificadores 160 comprende siete subamplificadores 161-167 distribuidos a lo largo de una segunda parte 142 de la línea de transmisión de salida, el tercer conjunto de subamplificadores 170 comprende siete subamplificadores 171-177 distribuidos a lo largo de una tercera parte 143 de la línea de transmisión de salida. El cuarto conjunto de subamplificadores 180 comprende siete subamplificadores 181-187 distribuidos a lo largo de una cuarta parte 144 de la línea de transmisión de salida.

Las cuatro partes de la línea de transmisión de salida 141-144 tienen una impedancia característica uniforme y la cuarta parte 144 de la línea de transmisión de salida termina en una resistencia de carga  $R_L$ , que coincide con la impedancia característica de la línea de transmisión de salida.

En este ejemplo, las ondas que viajan hacia atrás en la línea de transmisión de salida terminan en una carga resistiva  $R_T$  coincidente al comienzo de la primera parte 141 de la línea de transmisión de salida, que está a una distancia arbitraria en la dirección de retroceso, y por lo tanto las ondas que viajan hacia atrás no se reflejan hacia el puerto de salida 130. La distancia entre subamplificadores adyacentes corresponde a una longitud eléctrica de un cuarto de onda en la frecuencia central de las frecuencias de funcionamiento.

Las tensiones de alimentación y las corrientes de salida de RF máximas para cada subamplificador se muestran en la Figura 9. Las tensiones de alimentación a los subamplificadores en cada conjunto están configuradas para aumentar gradualmente en una dirección de avance a lo largo de su parte de la línea de transmisión de salida. La contribución de las corrientes de salida de RF ponderada en forma de campana y el número de subamplificadores por conjunto afectan solo a la eficiencia y al ancho de banda de alta eficiencia. Esto se debe a que la tensión de RF adicional de

las ondas que viajan hacia atrás requiere una tensión de alimentación más alta, y esta ondulación de tensión adicional solo se mantiene baja dentro de un ancho de banda prescrito.

El comportamiento eléctrico del amplificador de potencia 800 en el borde de frecuencia superior del ancho de banda se muestra en la Figura 10a, donde las magnitudes de las corrientes de salida de RF se muestran en el panel superior y las amplitudes de tensión de salida de RF se muestran en el panel inferior.

Según esta realización, el amplificador de potencia 800 funciona con tres puntos de transición, a 0,25, 0,5 y 0,75 de la amplitud completa de la señal de salida o entrada, y tiene un ancho de banda de 4:1 con baja ondulación en la amplitud de la tensión de salida. Por debajo de un primer punto de transición 0,25, solo el primer conjunto de subamplificadores 150 está activo, las corrientes de salida de RF de los subamplificadores 151-157 en el primer conjunto aumentan por debajo del primer punto de transición 0,25 y son constantes por encima del primer punto de transición 0,25. Debido a la simetría, las corrientes de salida de RF de los subamplificadores 151-153 y los subamplificadores 155-157 son iguales por pares y, por lo tanto, sus curvas de corriente se superponen entre sí, excepto la del medio, es decir, el subamplificador 154, como se indica en la Figura 10a mediante números de referencia. En el segundo punto de transición 0,5, tanto el primer como el segundo conjuntos de subamplificadores 150, 160 están activos. Las corrientes de salida de RF de los subamplificadores 161-167 en el segundo conjunto aumentan por encima del primer punto de transición 0,25, y son constantes por encima del segundo punto de transición 0,5. Las corrientes de salida de RF de los subamplificadores 171-177 en el tercer conjunto aumentan por encima del segundo punto de transición 0,5 y son constantes por encima del tercer punto de transición 0,75. Las corrientes de salida de RF de los subamplificadores 181-187 en el cuarto conjunto aumentan por encima del tercer punto de transición 0,75 y siguen aumentando hasta la potencia de salida completa. Se puede ver que existe cierta similitud en el comportamiento de los diferentes conjuntos de subamplificadores.

Dado que la línea de transmisión de salida 141-144 tiene una impedancia característica uniforme, las amplitudes de tensión de salida de RF de cada conjunto de subamplificadores 150-180 tienen un comportamiento similar, como se muestra en el panel inferior de la Figura 10a, donde se muestran cuatro grupos de curvas indicadas por los números de referencia de los subamplificadores. Por ejemplo, las amplitudes de tensión de salida de RF de los subamplificadores 151-157 son idénticas y aumentan linealmente por debajo del primer punto de transición, donde se activan. Por encima de ese punto de transición, el aumento relativo de la amplitud de tensión de salida de RF es mayor para los subamplificadores más cercanos al final de su línea de transmisión de salida 141. Por encima del siguiente punto de transición, las amplitudes de tensión de salida de RF son sustancialmente constantes.

Las magnitudes de las ondulaciones en la tensión de salida máxima son similares para todos los subamplificadores, pero el número de ondulaciones sobre el ancho de banda para cada conjunto de subamplificadores aumenta cuando más conjuntos de subamplificadores están activos o involucrados. Esto se debe a una mayor duración de la respuesta de impulso total de las ondas que viajan hacia atrás.

La Figura 10b muestra la curva de eficiencia a través del ancho de banda 4:1 para el amplificador de potencia 800. Se puede ver que hay tres picos de eficiencia ubicados en el primer punto de transición 0,25, el segundo punto de transición 0,5 y el tercer punto de transición 0,75 respectivamente. La eficiencia es menor para el primer conjunto de subamplificadores 150 en comparación con el último conjunto a pesar de que todos los conjuntos de subamplificadores son idénticos con respecto a la corriente. Esto se debe a que las tensiones de alimentación son más bajas para el primer conjunto, pero la ondulación de tensión es similar en comparación con otros conjuntos. La altura libre para acomodar la ondulación es, por lo tanto, una parte más grande de la tensión de alimentación total para el primer conjunto de subamplificadores. Dado que la potencia de CC es proporcional a la tensión de alimentación, esto reduce más la eficiencia para el primer conjunto.

Según algunas realizaciones en la presente memoria, diferentes partes de la línea de transmisión de salida que están asociadas con diferentes conjuntos de subamplificadores pueden tener una impedancia característica diferente. La Figura 11 muestra un amplificador de potencia 1100 con la estructura similar al amplificador de potencia 500 que se muestra en la Figura 5. En esta realización, el primer conjunto de subamplificadores 150 comprende solo un subamplificador 151, y es seguido por dos grupos distribuidos, de los cuales el segundo conjunto 160 tiene 7 subamplificadores distribuidos a lo largo de una primera parte de la línea de transmisión de salida 141, y el tercer conjunto 170 tiene 9 subamplificadores distribuidos a lo largo de una segunda parte de la línea de transmisión de salida 142.

En la Figura 12a, se muestran las tensiones de alimentación y las corrientes de salida máximas para todos los subamplificadores. La forma de la línea de transmisión de salida se muestra en la Figura 12b. Se puede ver que la primera parte de la línea de transmisión de salida 141 es una línea de transmisión cónica escalonada, es decir, la primera parte de la línea de transmisión de salida 141 tiene una mayor impedancia al comienzo y una impedancia disminuida hacia el puerto de salida, y la segunda parte de la línea de transmisión de salida 142 es una línea de transmisión con impedancia uniforme. Las tensiones de alimentación al primer subamplificador 151 y al segundo conjunto de subamplificadores 161-167 son iguales, mientras que aumentan en la dirección de avance a lo largo de la línea de transmisión de salida hacia el puerto de salida para el tercer conjunto 170, como se ve en la curva superior indicada por el símbolo de asterisco. Los patrones formados por las corrientes de salida de RF máximas de cada subamplificador en el segundo y tercer conjuntos de subamplificadores también tienen forma de campana por grupo



distribuido como se ve en la curva inferior indicada por el símbolo de círculo pequeño. El tamaño de escalón y el ancho del símbolo del amplificador que se muestra en las uniones del lado superior de la línea de transmisión de salida corresponden a la corriente de salida de RF máxima del subamplificador ubicado en esa unión.

5 Según algunas realizaciones en la presente memoria, cualquier conjunto de subamplificadores puede distribuirse a lo largo de una parte de la línea de transmisión de salida con impedancia uniforme y tensiones de alimentación reducidas, o puede distribuirse a lo largo de una parte de la línea de transmisión de salida con forma cónica y tensión de alimentación constante. Dentro de cualquier conjunto de subamplificadores, también es posible combinar una impedancia variable y tensiones de alimentación reducidas de manera diferente. La Figura 13a muestra las tensiones de alimentación y las corrientes de salida máximas para todos los subamplificadores para el amplificador de potencia 10 500 que se muestra en la Figura 5, en donde un primer subamplificador 151 es seguido por dos conjuntos de subamplificadores 160, 170, con 4 subamplificadores en cada conjunto. La Figura 13b muestra una línea de transmisión de salida cuya impedancia está disminuyendo por escalones hacia el puerto de salida. La admitancia de una línea de transmisión en un sustrato con un espesor dieléctrico uniforme es en gran medida proporcional al ancho de la línea de transmisión. Entonces, en este caso, la línea de transmisión de salida tiene una alta impedancia al comienzo y una impedancia disminuida hacia el puerto de salida. Por lo tanto, tanto la impedancia como las tensiones de alimentación variarán a lo largo de la línea de transmisión de salida. Las corrientes de salida de RF máximas también siguen en este caso una forma de campana por conjunto distribuido. Las tensiones de alimentación, las corrientes de salida de RF y las impedancias características locales son, en este ejemplo, simplemente la media geométrica de sus valores en las implementaciones "puras", es decir, interpoladas a mitad de camino entre 15 20 logarítmicamente. Por ejemplo, la tensión de alimentación al primer subamplificador 151 es la mitad del valor para una implementación de impedancia cónica pura, pero el doble que para una implementación de impedancia uniforme pura. También son posibles otros puntos de interpolación

A menudo existe la ventaja de tener subamplificadores idénticos debido a la simplicidad de tener menos chips de amplificador diferentes en la producción y economías de escala en la producción de chips o subamplificadores. Por 25 ejemplo, los subamplificadores pueden ser idénticos o de igual tamaño fabricando los subamplificadores con transistores en el mismo ancho y largo. La conformación de campana de la densidad de corriente de salida de RF local para los conjuntos distribuidos de subamplificadores se puede lograr colocando los subamplificadores más cercanos entre sí a lo largo de la línea de transmisión de salida en el medio de los conjuntos. Esta colocación no equidistante de subamplificadores de igual tamaño a lo largo de la línea de transmisión de salida se muestra en la 30 Figura 14, en la que la pendiente local de la línea de transmisión de salida indica la densidad local de los subamplificadores, es decir, cuanto más inclinada es la pendiente, más densos son los subamplificadores. En este ejemplo, hay 145 subamplificadores idénticos distribuidos no equidistantes a lo largo de la línea de transmisión de salida. Con la sincronización de las señales de excitación de entrada a los subamplificadores distribuidos de la misma manera, las contribuciones de cada subamplificador a la oscilación de tensión de salida de RF se sumarán 35 sincrónicamente en el tiempo en la dirección de avance a lo largo de la línea de transmisión de salida hacia el puerto de salida. Dado que la oscilación de tensión de salida de RF aumenta hacia el puerto de salida en cantidades casi iguales para cada subamplificador en los conjuntos distribuidos, las tensiones de alimentación para los subamplificadores en cada conjunto aumentan linealmente a lo largo de la línea de transmisión de salida hacia el puerto de salida. Se utiliza una pequeña cantidad de altura libre para acomodar la ondulación de las ondas que viajan hacia atrás. 40

Puede haber una ventaja de tener dos o más tipos diferentes de subamplificadores en lugar de uno solo, ya que los que se distribuyen a lo largo del comienzo de la línea de transmisión de salida de lo contrario tendrán una tensión de ruptura innecesariamente alta a expensas de otras características y costes deseables. Además, tener demasiadas 45 tensiones de alimentación también puede ser un problema. Una solución subóptima es usar un conjunto reducido de tensiones, por ejemplo, 7 o 10 tensiones de alimentación a compartir entre todos los subamplificadores, en lugar de 145 tensiones de alimentación en este ejemplo si cada subamplificador requiere la suya.

Según algunas realizaciones en la presente memoria, cualquier parte de la línea de transmisión de salida puede tener una impedancia menor al comienzo de la línea de transmisión de salida y una impedancia mayor o aumentada hacia el puerto de salida. Las tensiones de alimentación para los subamplificadores cercanos al comienzo de la línea de 50 transmisión de salida serán más bajas que las de los subamplificadores distribuidos a lo largo de una línea de transmisión de impedancia uniforme. Como alternativa, cualquier parte de la línea de transmisión de salida puede tener una impedancia más alta al comienzo de la línea de transmisión de salida y una impedancia disminuida o más baja hacia el puerto de salida. A continuación, para los subamplificadores al comienzo de la línea de transmisión de salida, las tensiones de alimentación serán más altas, pero sus corrientes serán más pequeñas. Tanto las variantes de impedancia/tensión reducida como las de impedancia/tensión aumentada tienen beneficios potenciales, 55 generalmente al permitir el uso de otras tecnologías de transistores con un mejor rendimiento para el intervalo de frecuencia requerido.

A continuación, se analizarán algunos aspectos de implementación con respecto a las realizaciones en la presente invención memoria. Dependiendo del ancho de banda deseado, la eficiencia y la ondulación, el amplificador de potencia 100, 200, 500, 800, 1100 puede implementarse con pocos o muchos subamplificadores por grupo o por grupo 60 distribuido. La conformación de campana de las corrientes de salida de RF de los subamplificadores distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida para cada conjunto de subamplificadores proporciona una longitud física

- total más corta de la línea de transmisión, o un tiempo de tránsito equivalentemente más corto. A menudo se desea mantener corta la longitud física de la línea de transmisión si tiene grandes pérdidas por longitud, o si el espacio físico es limitado para una especificación dada, pero por lo demás no es necesario. El objetivo de la conformación de campana de las corrientes de salida de RF es principalmente mantener el nivel del lóbulo lateral de la respuesta de frecuencia de la onda que viaja hacia atrás bajo a frecuencias por encima del borde de frecuencia inferior del ancho de banda de funcionamiento, ya que eso determina la cantidad de potencia de la onda que viaja hacia atrás que se descarga en una resistencia de terminación, así como una parte de la amplitud de ondulación en las tensiones de salida de RF en los subamplificadores. Las funciones de ventana pueden dar buenas formas iniciales de campana, por ejemplo, Dolph-Chebyshev, Gauss, Binomial, Hamming, Blackman, etc. La solución general para aumentar el ancho de banda relativo, reducir la ondulación o aumentar la eficiencia es usar más amplificadores pero más pequeños distribuidos en una línea de transmisión más larga. Mantener corta la longitud total de la línea de transmisión (o circuitos equivalentes) es generalmente bueno ya que siempre hay una pérdida por unidad de longitud de la línea de transmisión. Las compensaciones entre los aspectos positivos y negativos de tener una línea de transmisión más larga son diferentes para las diferentes tecnologías de implementación.
- Para ser óptimamente eficientes, los subamplificadores necesitarán tensiones de alimentación de CC diferentes, pero generalmente fijas. La reducción del número de tensiones diferentes al tener la misma tensión de alimentación a varios subamplificadores a menudo es posible con poca pérdida de eficiencia y los beneficios de baja ondulación y gran ancho de banda no se ven afectados. Por ejemplo, las tensiones de alimentación pueden ser compartidas por subamplificadores en el mismo conjunto o en un conjunto diferente. Como se muestra en las Figuras 3, 6 y 9, la tensión de alimentación al primer subamplificador en el siguiente conjunto puede ser cercana o igual a la tensión de alimentación al último subamplificador en el conjunto anterior. El cambio de convertidores CC-CC, que pueden proporcionar múltiples tensiones de CC simultáneas con un solo inductor, puede reducir el tamaño y el coste de proporcionar estas tensiones de alimentación de CC en comparación con tener convertidores CC-CC con solo una tensión de CC cada uno.
- Con diferentes tensiones de alimentación a los terminales de drenaje de los transistores en los diferentes subamplificadores, estas tensiones de alimentación de CC deben ser bloqueadas por condensadores para que no se cortocircuiten a través de la línea de transmisión. Esto puede ser un problema en algunas implementaciones ya que estos condensadores de bloqueo de CC cambian de escala inversamente a la frecuencia más baja admitida. El terminal de drenaje del transistor es sensible desde la perspectiva del circuito, ya que tiene una oscilación de tensión de salida de RF. Por lo tanto, puede ser una ventaja tener diferentes tensiones de CC de terminal de fuente a los diferentes subamplificadores y, en su lugar, tener los terminales de drenaje acoplados directamente a la línea de transmisión de salida.
- La terminación de las ondas que viajan hacia atrás se puede hacer teniendo una resistencia de terminación al comienzo de la línea de transmisión de salida, como se muestra en las Figuras 1 y 8. La terminación hacia atrás también se puede realizar entre grupos distribuidos colocando un aislador de banda suficientemente amplia entre sus respectivos segmentos de línea de transmisión de salida, es decir, se pueden colocar aisladores entre algunas partes o cada parte de la línea de transmisión de salida.
- La alta eficiencia del amplificador de potencia 100, 200, 500, 800, 1100 según las realizaciones en la presente memoria puede realizarse usando formas de onda de alta eficiencia, por ejemplo, el amplificador de potencia es accionado para funcionar en clase B, C o F. Los amplificadores de potencia con anchos de banda muy grandes pueden requerir diseños especiales, tales como transistores acoplados contrafásicos (push-pull) en los subamplificadores. En algunos de estos casos, el amplificador de potencia 100, 200, 500, 800, 1100 según realizaciones en la presente memoria también se puede implementar diferencialmente, con un balún en el puerto de entrada 110 para proporcionar señales de entrada diferenciales y los subamplificadores pueden ser completamente diferenciales. Otras implementaciones también pueden ser factibles, el ancho de banda y otros requisitos pueden requerir el uso de técnicas de circuito específicas.
- La sincronización correcta de las señales de excitación para cada subamplificador se logra haciendo coincidir los tiempos de propagación entre los subamplificadores en la línea de transmisión de entrada 121, 122 con los de la línea de transmisión de salida 141, 142, 143, 144. La conformación de amplitud no lineal de las señales de excitación se puede realizar de diferentes maneras. Una forma de obtener diferentes puntos de activación de amplitud es usar amplificadores de un solo transistor polarizados en la clase AB y amplificadores de clase C con polarización diferente. Esto se puede hacer en los transistores del subamplificador directamente, o en una etapa excitadora. La limitación de amplitud superior, la fijación del nivel de amplitud, se puede lograr por saturación en los subamplificadores o en una etapa excitadora. Otra forma de lograr una limitación de amplitud superior es restando la señal de salida de RF de un amplificador de polarización inferior de la de uno de polarización superior. De esta manera, se puede obtener una señal con una amplitud en pendiente en cierto intervalo y una amplitud plana por encima de ese intervalo. Otro método es conformar la amplitud de la señal mediante multiplicadores, moduladores o mezcladores, ya sea en el dominio analógico o digital.
- Las señales de excitación a un conjunto de subamplificadores pueden dividirse en diferentes puntos y por diferentes métodos. Una consideración es que el método para distribuir las señales de excitación es de banda suficientemente amplia para que las amplitudes de tensión en las puertas de los transistores sean correctas y las diferencias de

5 sincronización de las señales de excitación a los diferentes subamplificadores coincidan con los retrasos en la línea de transmisión de salida. Según algunas realizaciones, se proporciona una impedancia de entrada resistiva en la entrada de los subamplificadores que coincide con los escalones de admitancia de una línea de transmisión de entrada de admitancia decreciente. Según algunas realizaciones, pueden ser preferibles los divisores de banda ancha más las líneas de transmisión de entrada individuales. Para lograr el mejor producto de ganancia-ancho de banda, las capacitancias de entrada de los transistores en los conjuntos de subamplificadores distribuidos pueden tenerse en cuenta y absorberse en una línea de transmisión sintética, por ejemplo, en las líneas de transmisión de entrada 121, 122.

10 La reactancia parásita en la salida de los transistores en los subamplificadores se puede manejar de muchas maneras. La capacitancia pura en el nodo de salida del transistor generalmente se puede absorber en la línea de transmisión de salida, de modo que la línea de transmisión de salida puede consistir en líneas de transmisión sintéticas de esta capacitancia y segmentos de línea de transmisión más cortos de mayor impedancia. Como alternativa, la línea de transmisión de salida solo puede consistir en inductancia en serie además de la capacitancia del transistor, o una combinación de inductancia y línea de transmisión. Además, la inductancia del cable puede cancelarse usando un transformador negativo como parte de la inductancia en serie en una línea de transmisión. En general, mejorar el rendimiento de alta frecuencia requiere que se usen más transistores, pero más pequeños, en los subamplificadores, y/o que se usen principalmente líneas de transmisión sintéticas, es decir, que la capacitancia del transistor proporcione la mayor parte de la capacitancia de la línea de transmisión.

15 Aunque se han descrito realizaciones de los diversos aspectos, muchas alteraciones, modificaciones y similares de las mismas serán evidentes para los expertos en la técnica. Por ejemplo, el amplificador de potencia según realizaciones en la presente memoria puede tener diferentes conjuntos de subamplificadores y cada conjunto puede tener un número diferente de subamplificadores, puede tener diferentes líneas de transmisión de salida con diferente forma e impedancia característica, puede tener diferentes configuraciones para tensiones de alimentación, corrientes de salida máximas y puntos de transición, etc. Por lo tanto, las realizaciones descritas no pretenden limitar el alcance de la presente descripción.

20 Se pueden concluir algunas ventajas a partir de las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, las técnicas y métodos descritos según realizaciones en la presente memoria pueden usarse para construir amplificadores de potencia con alta eficiencia en amplios intervalos de amplitud y sobre anchos de banda relativos arbitrariamente grandes. Los amplificadores de potencia según realizaciones en la presente memoria pueden diseñarse para funcionar con señales de excitación uniformes en un único modo de banda ancha. Los amplificadores de potencia según realizaciones en la presente memoria pueden implementarse con pocos o muchos conjuntos de subamplificadores correspondientes a números de picos de eficiencia en la operación de reducción. Con ciertas propiedades para los conjuntos de subamplificadores, es posible hacer una cascada de conjuntos para lograr cualquier número de picos de eficiencia. Los amplificadores de potencia según realizaciones en la presente memoria pueden implementarse con pocos o muchos subamplificadores por conjunto con la consideración de más subamplificadores que permiten anchos de banda más amplios, menor ondulación o mayor eficiencia, o cualquier combinación de estos. La señal de salida puede estar teóricamente libre de ondulationes a todas las amplitudes de salida y a todas las frecuencias mediante la terminación de las ondas que viajan hacia atrás. Los amplificadores de potencia según realizaciones en la presente memoria pueden implementarse con subamplificadores equidistantes o no equidistantes y con subamplificadores de igual tamaño o no de igual tamaño dependiendo de los diferentes requisitos. Los amplificadores de potencia según realizaciones en la presente memoria pueden tener otras variantes que incluyen el uso de una línea de transmisión uniforme solo para algunos conjuntos distribuidos de subamplificadores, interpolaciones y extrapolaciones con otro tipo de líneas de transmisión, tales como una línea de transmisión cónica o escalonada, longitud de cuarto de onda, líneas de transmisión de longitud desigual y cónicas continuas, y usando perfiles de impedancia de línea de transmisión intermedia junto con tensiones de alimentación "parcialmente reducidas". Además, realizaciones del amplificador de potencia en la presente memoria pueden combinarse con muchas otras técnicas de amplificador y pueden permitir funcionamiento a alta frecuencia mejorado.

25 El amplificador de potencia 100, 200, 500, 800, 1100 según realizaciones en la presente memoria puede emplearse en diversos dispositivos electrónicos. La Figura 15 muestra un diagrama de bloques para un dispositivo electrónico 1500, que puede ser, por ejemplo, un transceptor de radiofrecuencia, un dispositivo de comunicación inalámbrico, un equipo de usuario, un dispositivo móvil, una estación base o un nodo de red de radio, etc., en un sistema de comunicación inalámbrico, o cualquier circuito o equipo electrónico general que necesite un amplificador de potencia. El dispositivo electrónico 1500 puede comprender otras unidades, donde se muestra una unidad de procesamiento 1510.

30 Cuando se usa la palabra "comprender" o "que comprende" se interpretará como no limitativa, es decir, que significa "consistir al menos en".

Las realizaciones en la presente memoria no están limitadas a las realizaciones descritas anteriormente. Se pueden usar diversas alternativas, modificaciones y equivalentes. Por lo tanto, las realizaciones anteriores no deben tomarse como limitantes del alcance de la invención, que está definido por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) para amplificar una señal de entrada en una señal de salida, en donde el amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) comprende:
  - un puerto de entrada (110) para recibir la señal de entrada;
  - 5 un puerto de salida (130), acoplado a una línea de transmisión de salida (140), para proporcionar la señal de salida; y
  - múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) distribuidos a lo largo de la línea de transmisión de salida (140), en donde las entradas de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) están acopladas al puerto de entrada (110) y las salidas de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) están acopladas a la línea de transmisión de salida (140), y en donde se proporcionan al menos dos tensiones de alimentación diferentes para los subamplificadores en los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) de modo que las tensiones de alimentación a algunos subamplificadores se reducen en comparación con las tensiones de alimentación a otros subamplificadores.
2. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según la reivindicación 1, en donde un primer conjunto de subamplificadores (150) de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) comprende un subamplificador (151) colocado al comienzo de la línea de transmisión de salida (140, 141), un segundo conjunto de subamplificadores (160) de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) comprende al menos dos subamplificadores (161, 162) distribuidos a lo largo de una primera parte de la línea de transmisión de salida (141), y una primera tensión de alimentación a dicho subamplificador (151) en el primer conjunto es diferente en comparación con una segunda tensión de alimentación a un subamplificador en el segundo conjunto de subamplificadores.
3. El amplificador de potencia (800) según la reivindicación 1, en donde un primer conjunto de subamplificadores (150) de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) comprende al menos dos subamplificadores (151, 152, 153, 154, 155), y en donde dichos al menos dos subamplificadores (151, 152, 153, 154, 155) están distribuidos a lo largo de una primera parte de la línea de transmisión de salida (141).
4. El amplificador de potencia (800) según una cualquiera de las reivindicaciones 2-3, en donde la primera parte de la línea de transmisión de salida (141) tiene una impedancia uniforme.
5. El amplificador de potencia (100) según la reivindicación 4, en donde las tensiones de alimentación a los al menos dos subamplificadores (151, 152, 153, 154, 155) en el primer conjunto (150) o las tensiones de alimentación a los al menos dos subamplificadores (161, 162) en el segundo conjunto (160) están configuradas además para aumentar gradualmente en una dirección de avance a lo largo de la primera parte de la línea de transmisión de salida (141) hacia el puerto de salida (130).
6. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en donde un segundo conjunto de subamplificadores (160) de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) comprende al menos dos subamplificadores (161, 162, 163, 164, 165) distribuidos a lo largo de una segunda parte de la línea de transmisión de salida (142).
7. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en donde un tercer conjunto de subamplificadores (170) de los múltiples conjuntos de subamplificadores (150, 160, 170, 180) comprende al menos dos subamplificadores (171, 172, 173, 174, 175) distribuidos a lo largo de una tercera parte de la línea de transmisión de salida (143).
8. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 6-7, en donde la segunda parte y/o tercera parte de la línea de transmisión de salida (142, 143) tiene una impedancia uniforme.
9. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en donde las tensiones de alimentación a los subamplificadores en el segundo y/o tercer conjunto están configuradas para aumentar gradualmente en una dirección de avance a lo largo de la segunda y/o tercera parte de la línea de transmisión de salida hacia el puerto de salida.
10. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde los subamplificadores en uno cualquiera o más del primer, segundo o tercer conjuntos de subamplificadores están distribuidos no equidistantes a lo largo de la primera parte y/o la segunda parte y/o la tercera parte de la línea de transmisión de salida que tiene una impedancia uniforme.
11. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde los subamplificadores en uno cualquiera o más del primer, segundo o tercer conjuntos de subamplificadores están distribuidos a igual distancia a lo largo de la primera parte y/o la segunda parte y/o la tercera parte de la línea de transmisión de salida que tiene una impedancia uniforme.

12. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según la reivindicación 11, en donde la distancia entre los subamplificadores adyacentes corresponde a una longitud eléctrica de un cuarto de longitud de onda a una frecuencia central de la banda de frecuencia de funcionamiento.
- 5 13. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 6, 7, en donde la primera parte y/o la segunda parte y/o la tercera parte de la línea de transmisión de salida tiene mayor impedancia al comienzo y menor impedancia hacia el puerto de salida.
14. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 6-7, en donde la primera parte y/o la segunda parte y/o la tercera parte de la línea de transmisión de salida tiene menor impedancia al comienzo y mayor impedancia hacia el puerto de salida.
- 10 15. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde la línea de transmisión de salida (140, 141) está terminada por una carga resistiva en un comienzo de la línea de transmisión de salida (140, 141).
16. El amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde se colocan aisladores entre algunas partes o cada parte de la línea de transmisión de salida (141, 142, 143).
- 15 17. Un dispositivo electrónico (400) que comprende un amplificador de potencia (100, 200, 500, 800, 1100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-16.

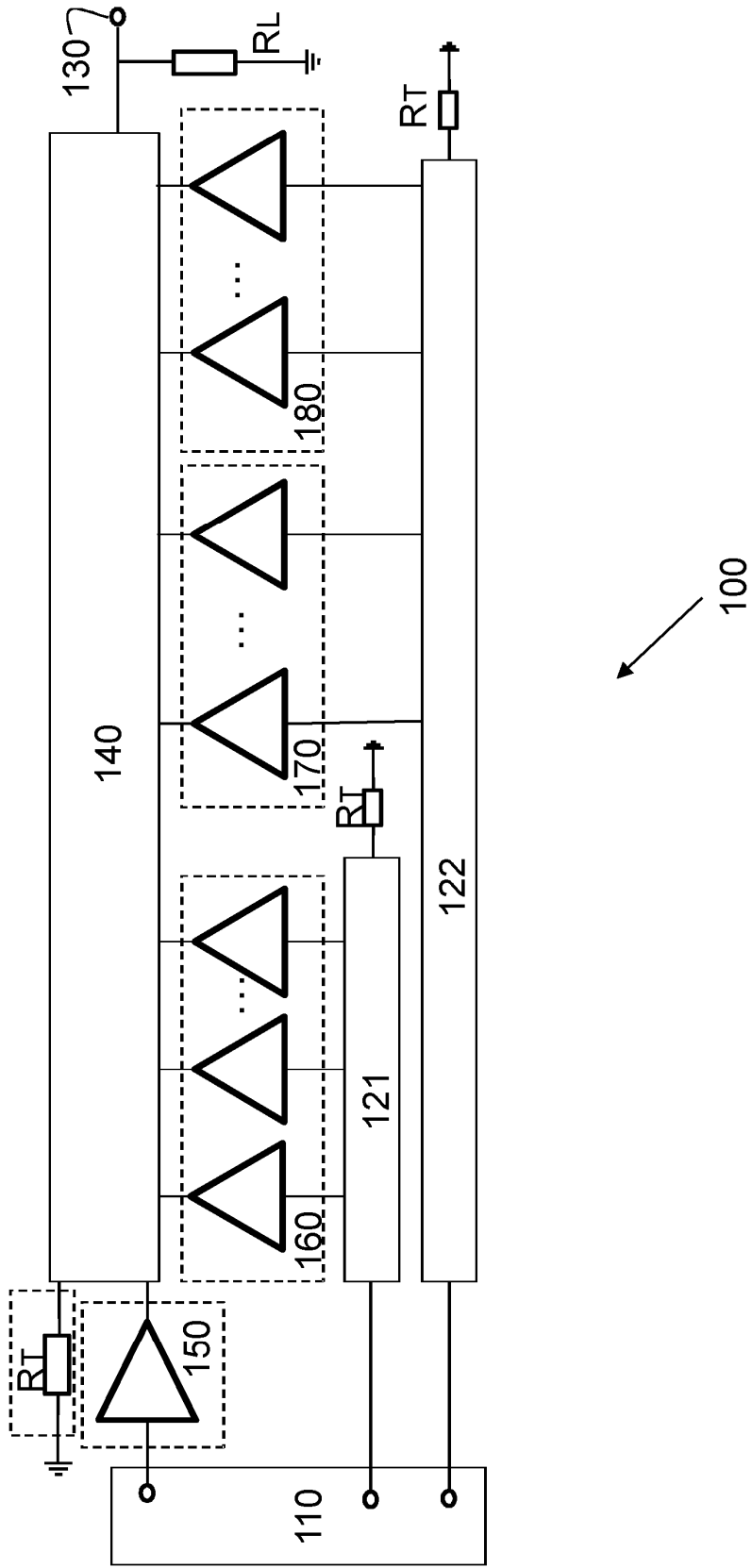


Fig. 1

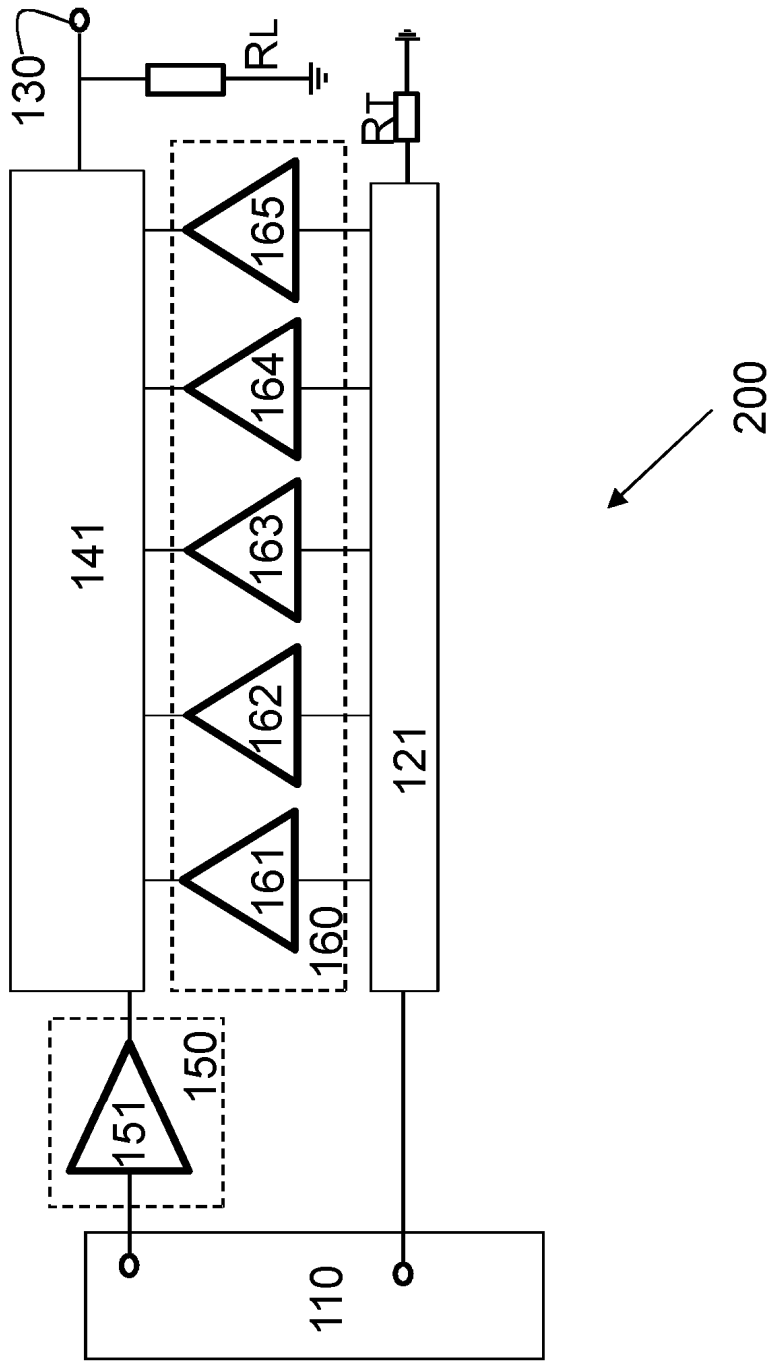


Fig. 2

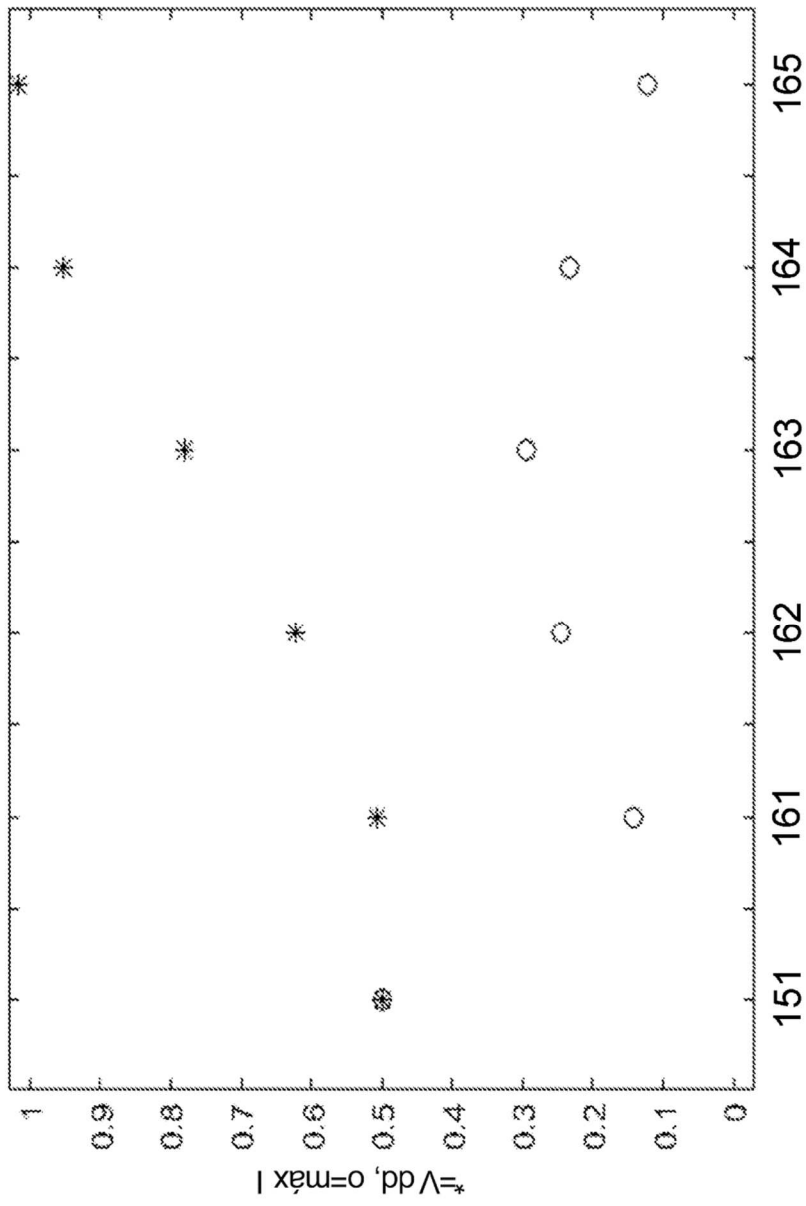


Fig. 3



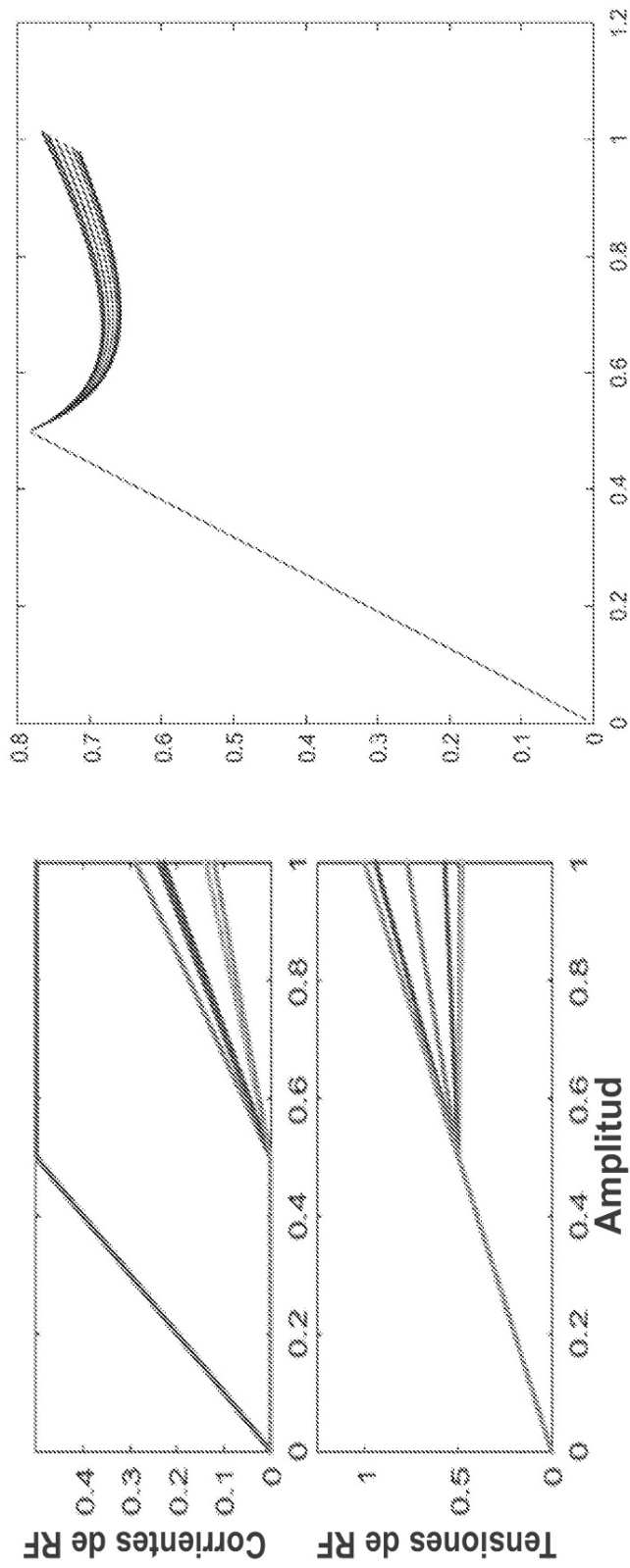


Fig. 4a

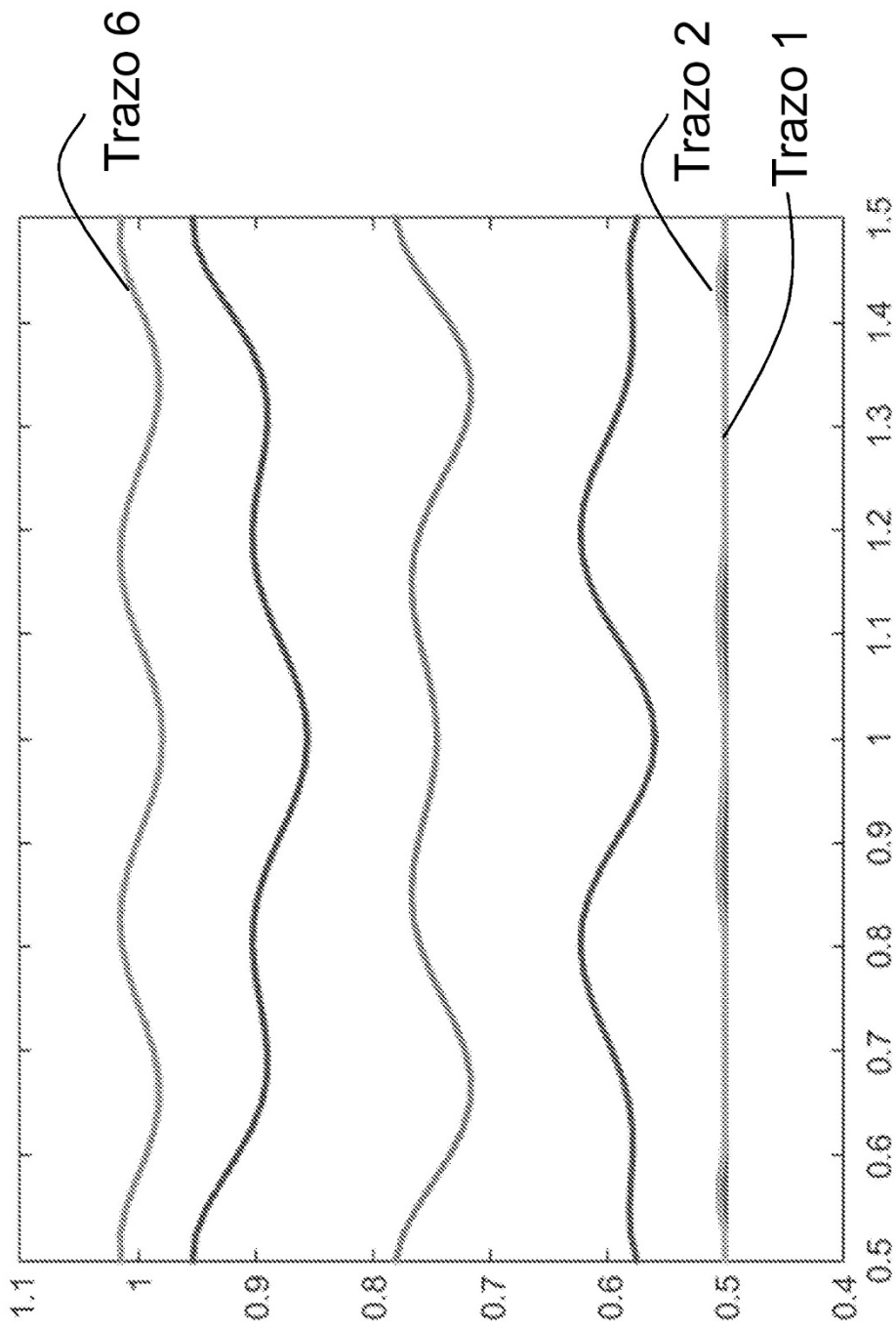


Fig. 4b

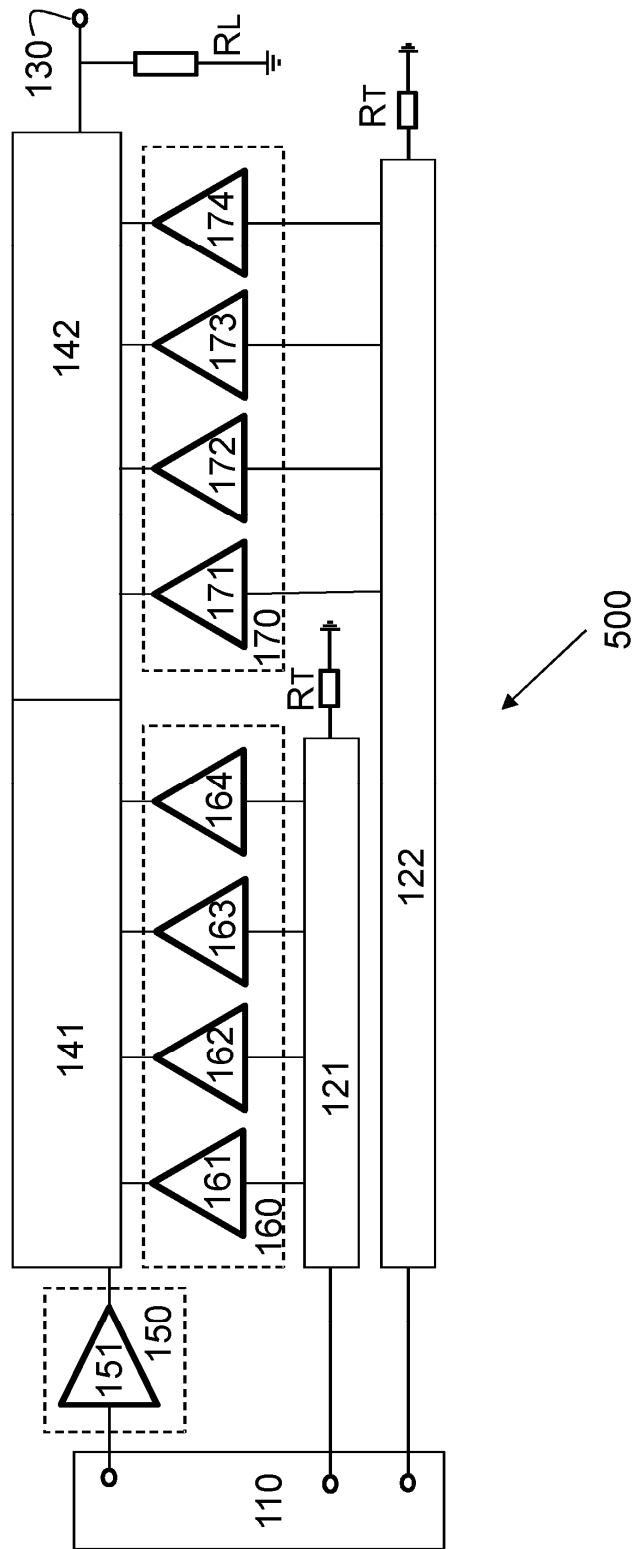


Fig. 5

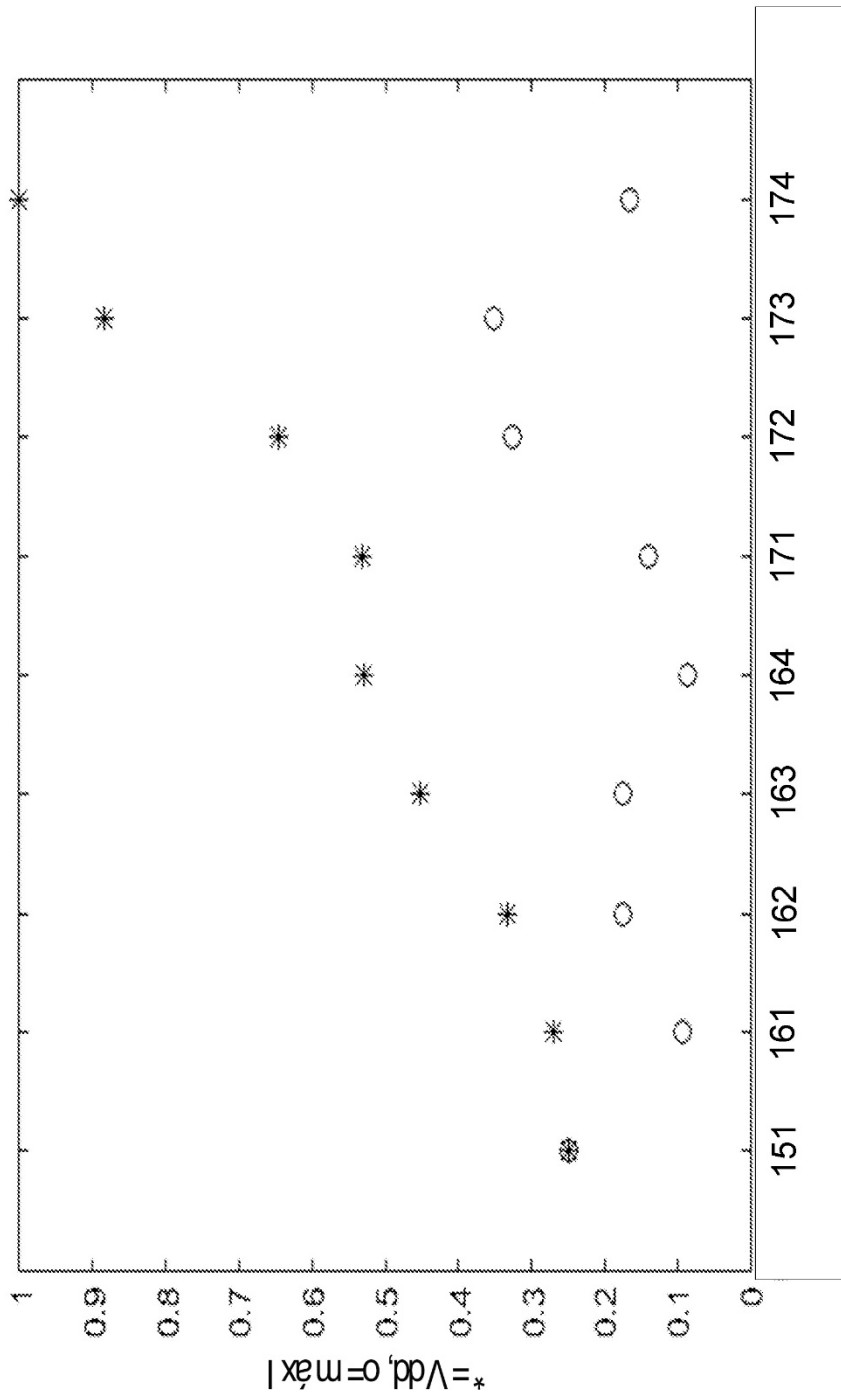


Fig. 6

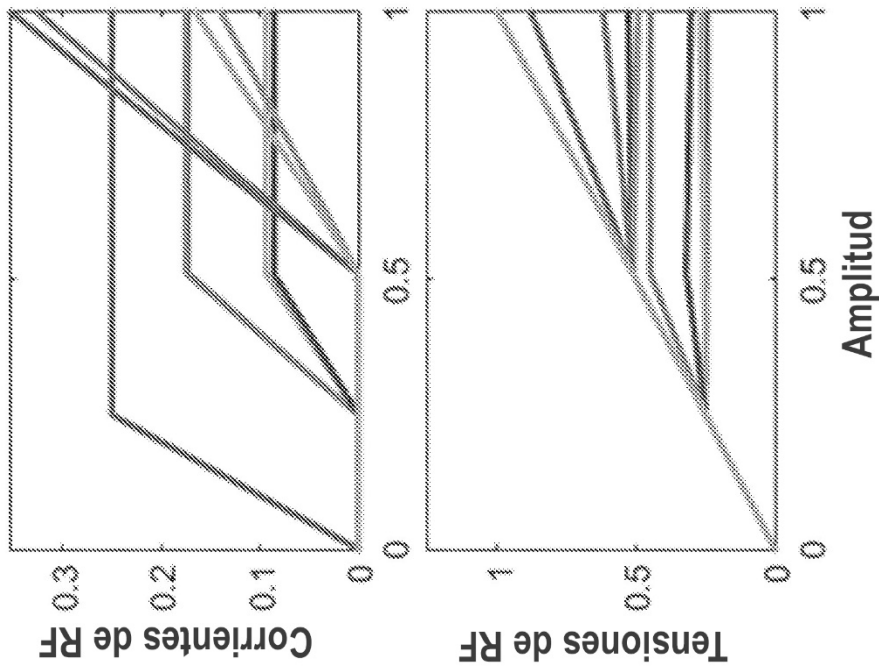


Fig. 7a

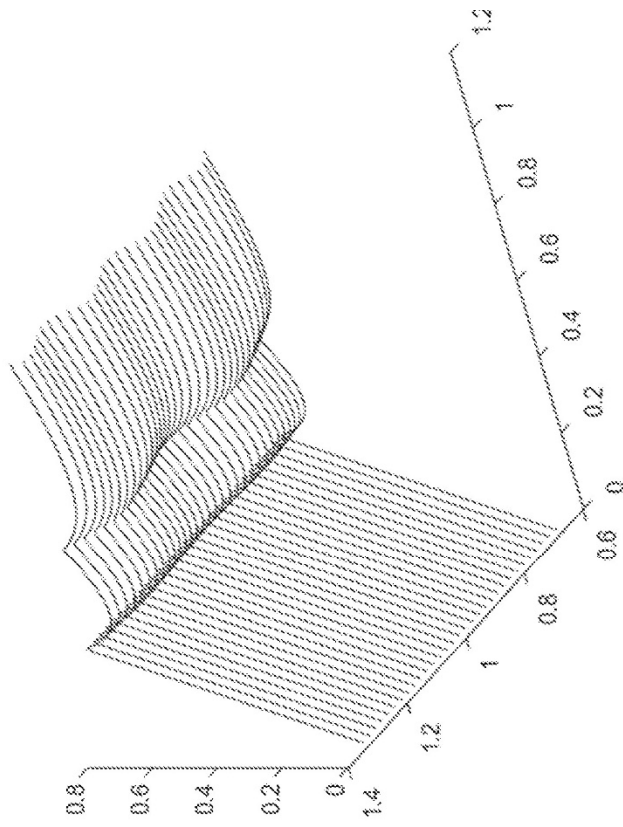


Fig. 7b

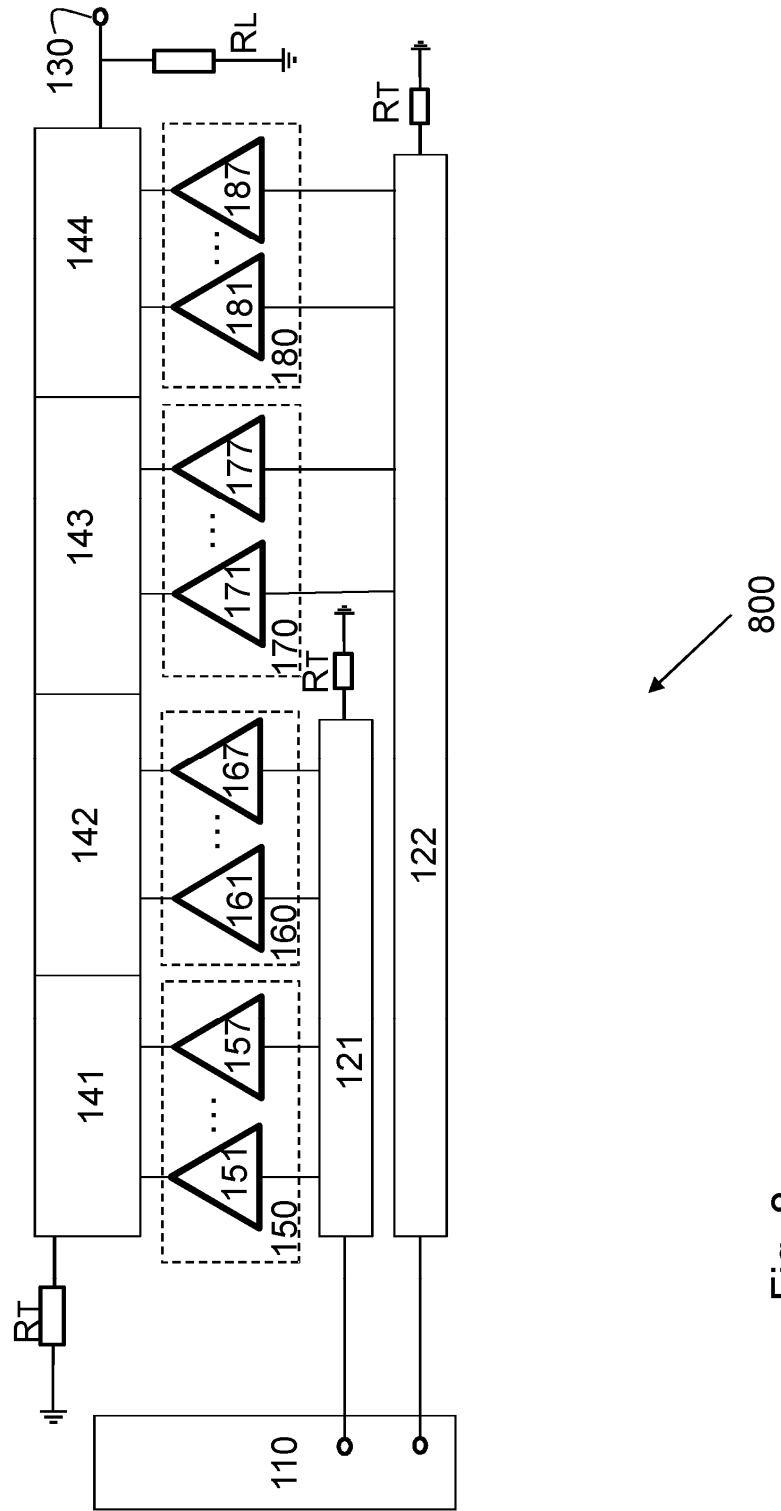


Fig. 8

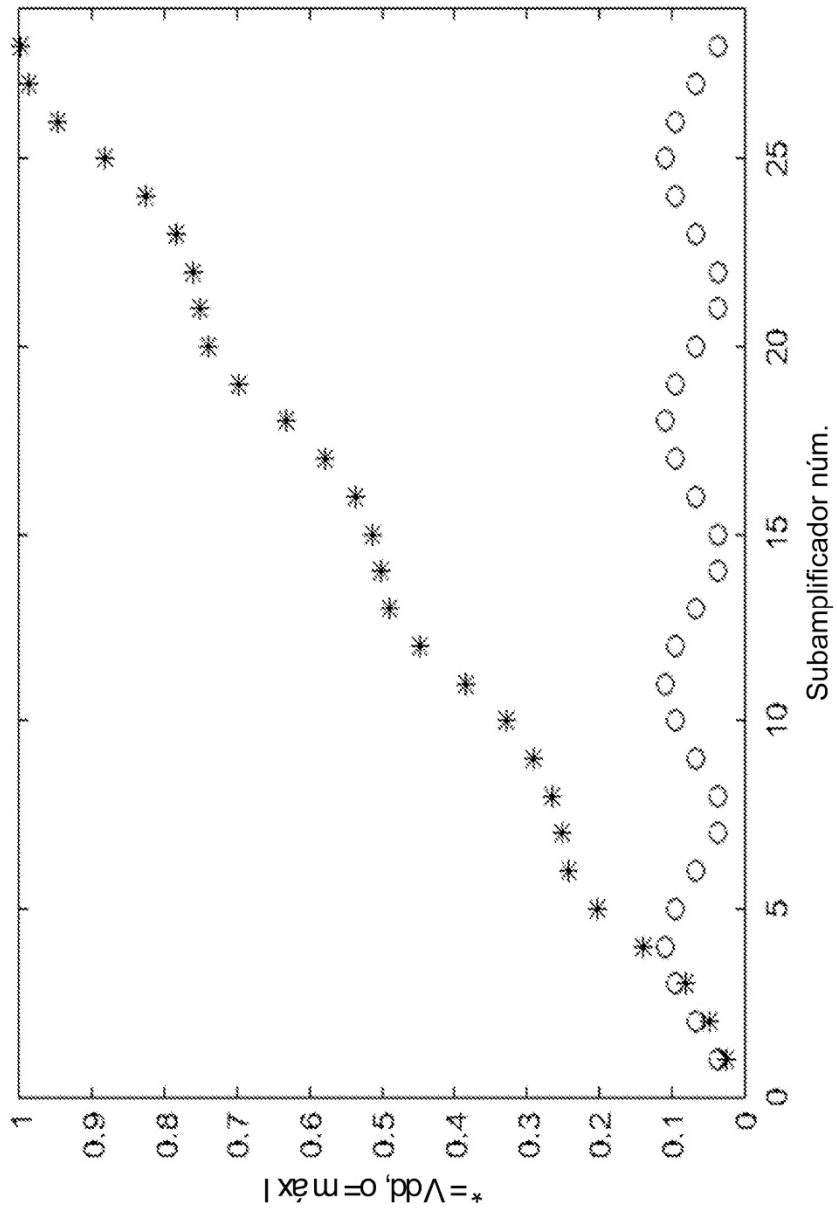


Fig. 9

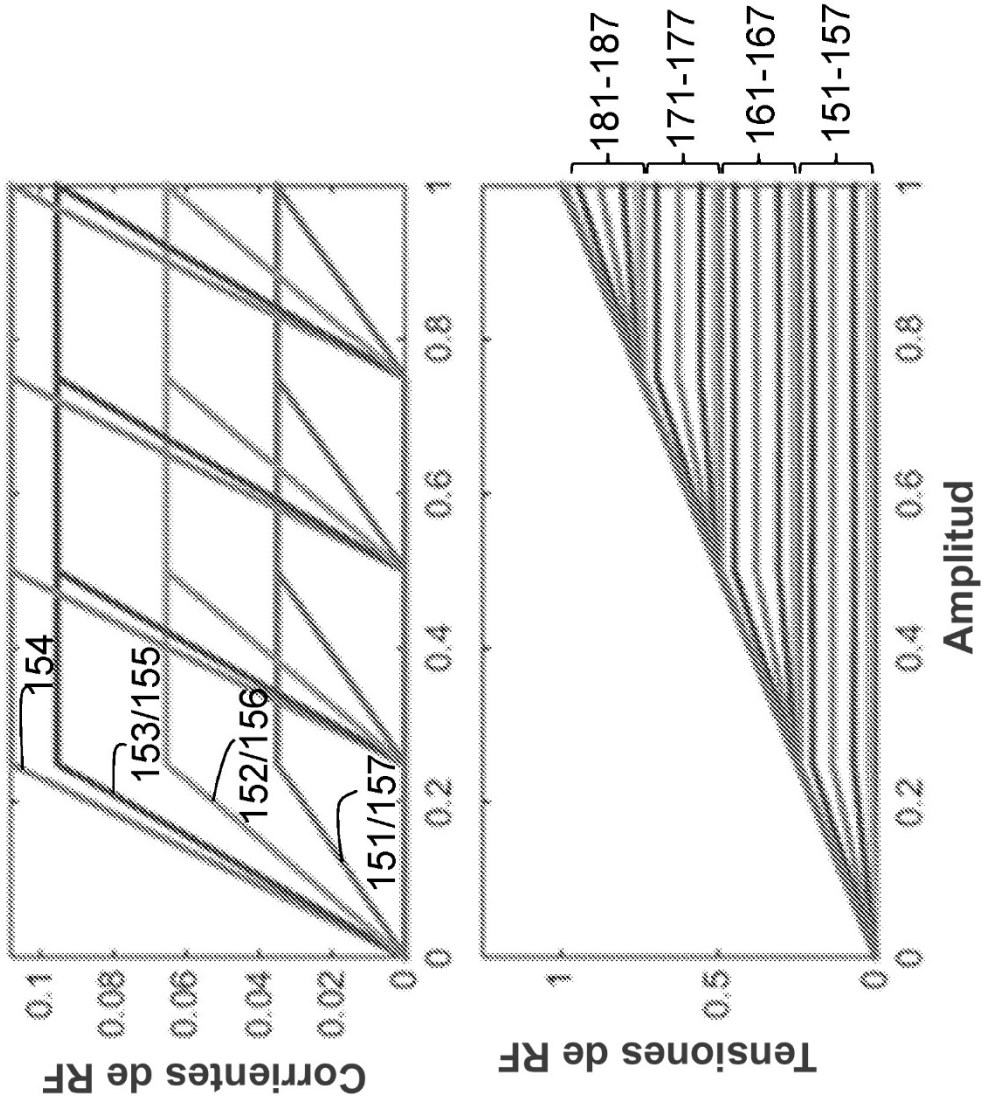


Fig. 10a



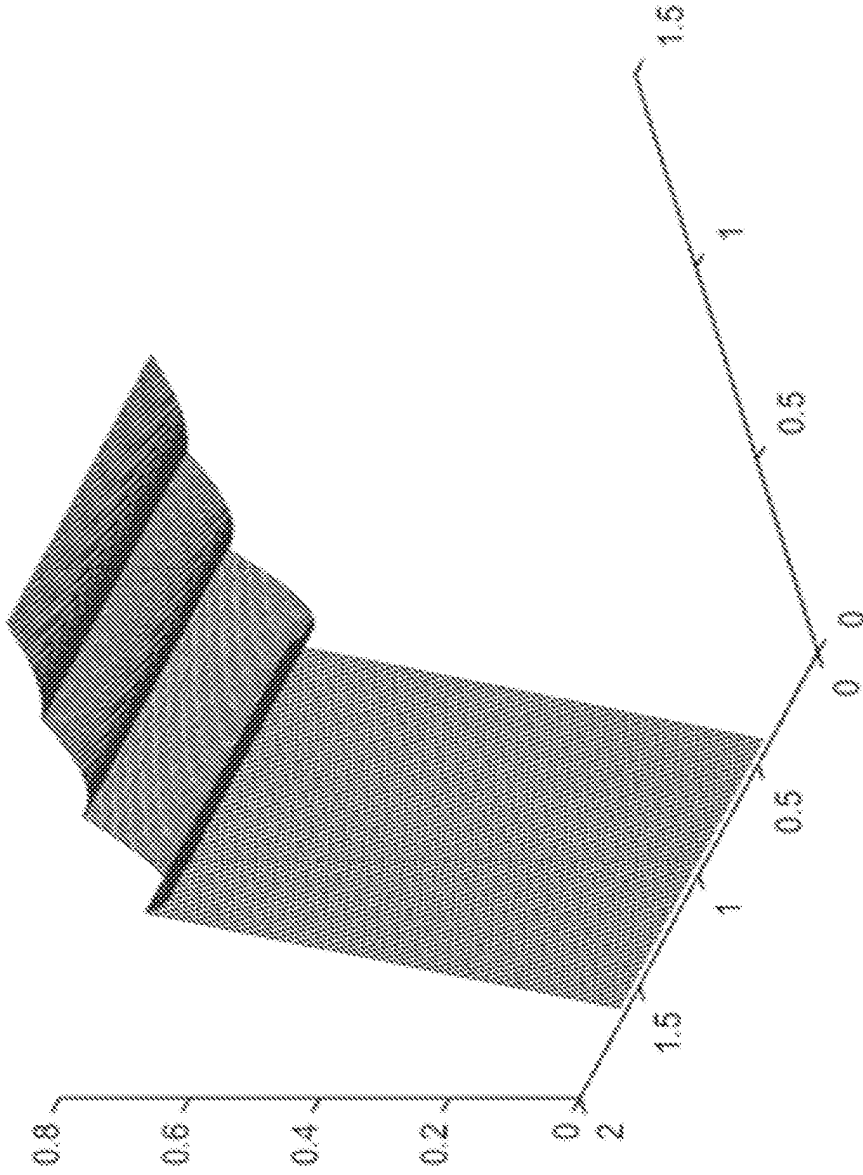


Fig. 10b

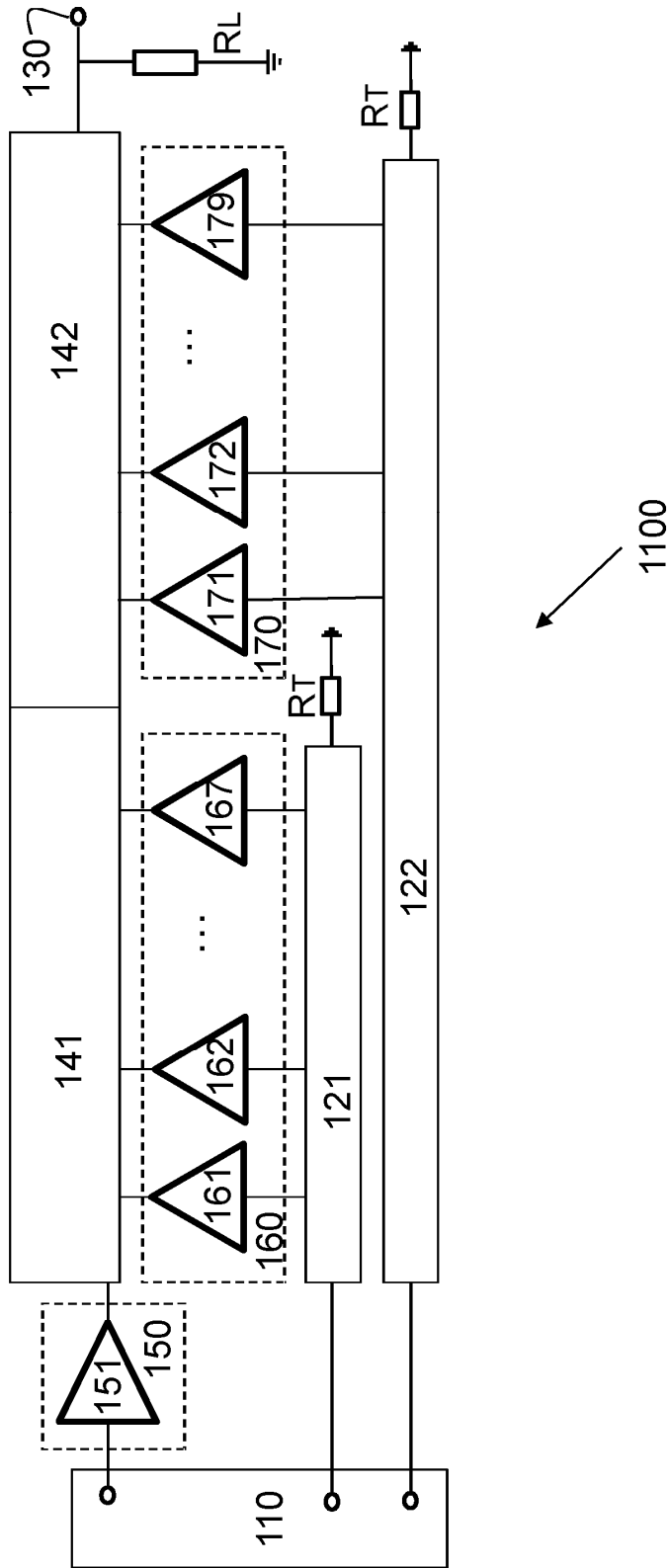


Fig. 11

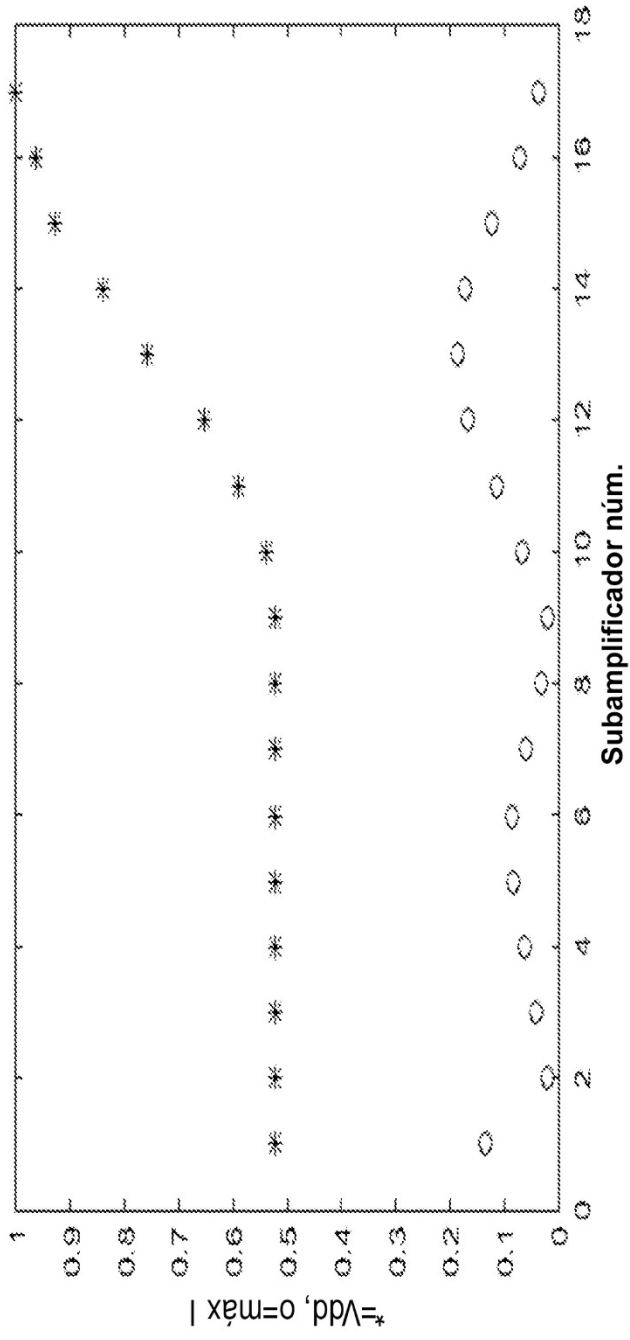


Fig. 12a

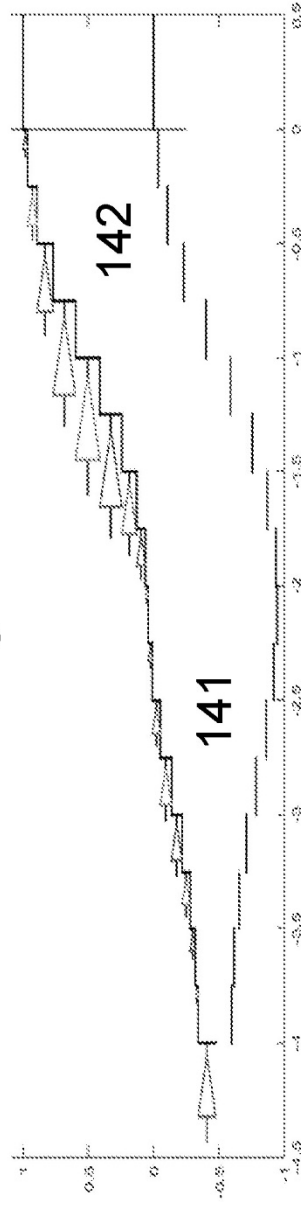


Fig. 12b

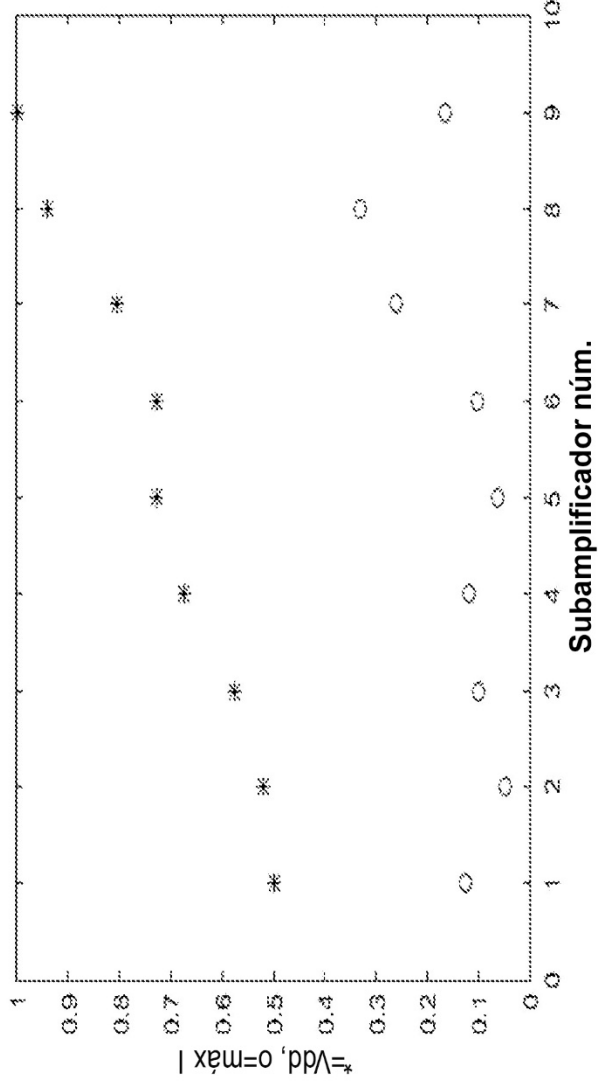


Fig. 13a

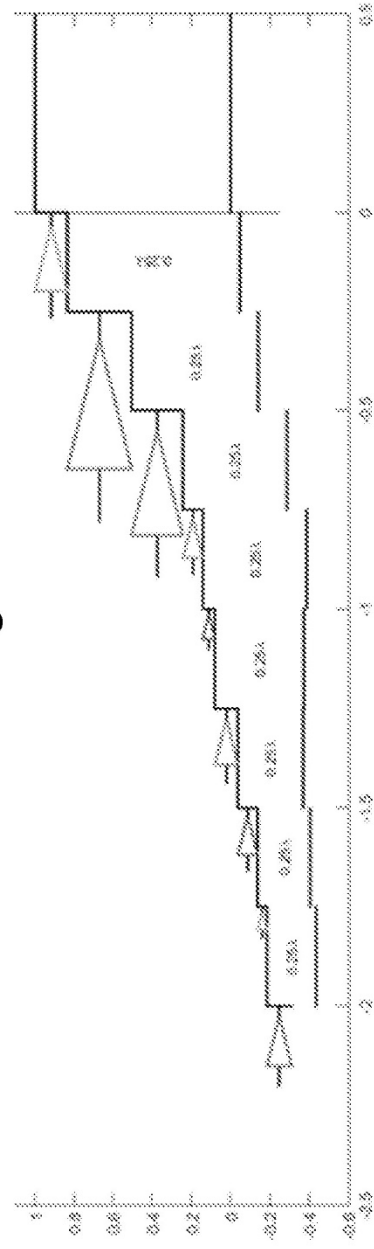


Fig. 13b

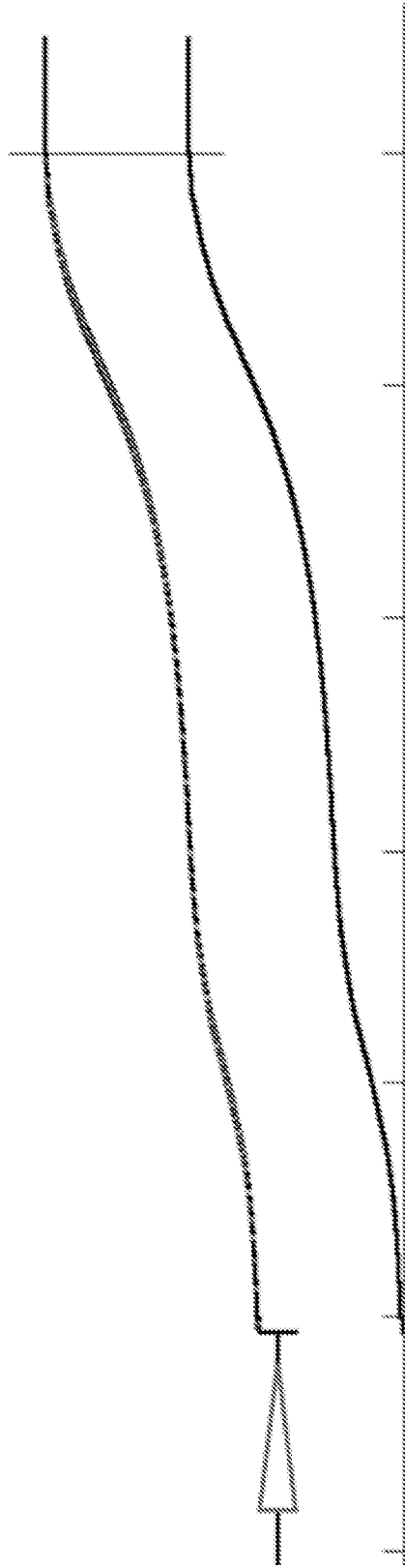


Fig. 14

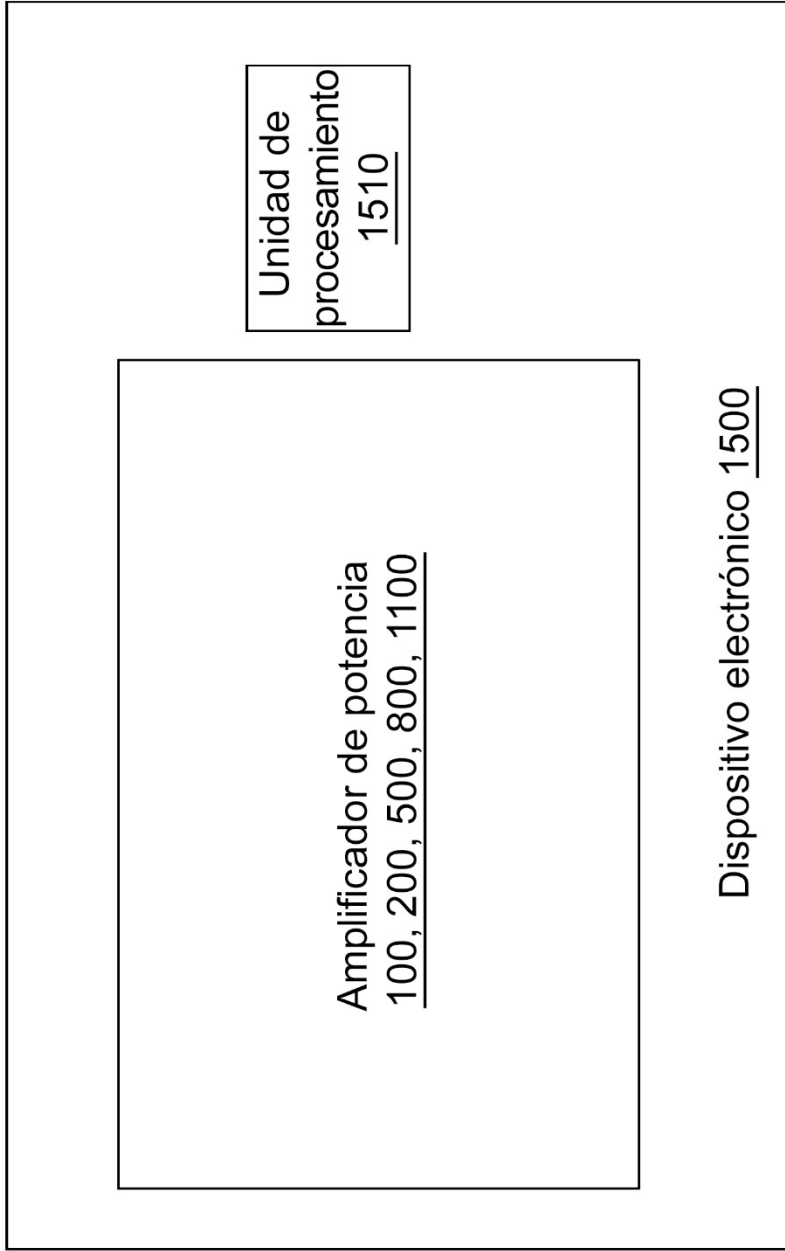


Fig. 15