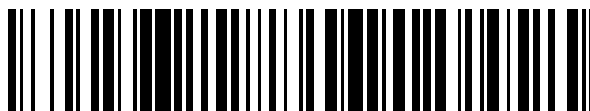


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 431**

51 Int. Cl.:

<b>H04B 1/04</b>	(2006.01)
<b>H04L 27/36</b>	(2006.01)
<b>H04B 1/00</b>	(2006.01)
<b>H03F 1/32</b>	(2006.01)
<b>H03F 1/34</b>	(2006.01)
<b>H03F 3/24</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.05.2012 PCT/SE2012/050464**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013 WO13165288**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2012 E 12875989 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2847867**

54 Título: **Aparato transmisor y método de radiocomunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.03.2019**

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

72 Inventor/es:  
**JOHANSSON, BERNT y**  
**BERGLUND, BO**

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

ES 2 706 431 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 transmisor y método de radiocomunicación

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato transmisor de radiocomunicación operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación, y a un método llevado a cabo en dicho aparato.

Antecedentes

10 Durante muchos años, el despliegue de los sistemas de telecomunicación, para diferentes estándares y muchas bandas de frecuencia, ha sido realizado en gran parte mediante la colocación de estaciones base de radio (RBS – Radio Base Stations, en inglés) en redes celulares que cubren áreas extensas. Un enlace importante en la arquitectura tradicional de una estación base de radio es entre las partes activas del sistema (es decir, los componentes digitales y analógicos del sistema) y las partes pasivas (tales como los filtros y las antenas). Este  
15 enlace de radiofrecuencia (RF) analógico de alta potencia es crítico en el sentido de que a veces requiere cables largos de alta calidad y grandes dimensiones, con el fin de mantener al mínimo las inevitables pérdidas de calidad de la señal y las pérdidas de potencia. Dichos enlaces adolecen de los inconvenientes de tener altos costes.

20 Ha habido un cambio reciente para integrar el amplificador de potencia y otros bloques de RF más cerca de la antena física para evitar este enlace crítico, y esto ha dado lugar a lo que se denomina una unidad de antena integrada (IAU – Integrated Antenna Unit, en inglés). La introducción de una IAU implica un cambio de los alimentadores de RF a una interfaz digital de alta velocidad entre una unidad de procesamiento digital (DPU – Digital Processing Unit, en inglés) y la IAU.

25 Para implementar una estación base hoy en día con dos o más bandas de frecuencia, se combinan varios transmisores en el lado analógico después de un filtro de transmisión.

De este modo, cuando se implementan transmisores para múltiples bandas de frecuencia, dos o más transmisores se implementan en el dominio analógico, un transmisor para cada banda de frecuencia.

30 La figura 1 muestra un conocido transmisor de doble banda que tiene dos transmisores digitales 110<sub>1</sub>, 110<sub>2</sub> para manejar las primera y segunda bandas de frecuencia, alimentando los transmisores digitales a las primera y segunda unidades de predistorsión digitales (DPD – Digital PreDistortion) 111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>. La salida de cada DPD 111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub> es convertida en una señal analógica mediante uno respectivo de los primer y segundo convertidores de digital a analógico 112<sub>1</sub>, 112<sub>2</sub>. Un convertidor ascendente analógico 113<sub>1</sub>, 113<sub>2</sub> separado está dispuesto para convertir cada señal de banda base analógica en una señal de RF analógica respectiva. Cada convertidor ascendente analógico 113<sub>1</sub>, 113<sub>2</sub> está controlado por un oscilador local sintonizable 114<sub>1</sub>, 114<sub>2</sub> respectivo. Las salidas de los primer y segundo convertidores ascendentes analógicos 113<sub>1</sub>, 113<sub>2</sub> son combinadas en un combinador analógico 115, antes de ser proporcionados a un amplificador de potencia 116 (que alimenta a una antena o a un conjunto de antenas, no mostradas). Se apreciará que el transmisor mostrado en la figura 1 es voluminoso, ya que comprende  
35 múltiples DPD 111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, múltiples DAC 112<sub>1</sub>, 112<sub>2</sub> y múltiples convertidores ascendentes analógicos 113<sub>1</sub>, 113<sub>2</sub>.

40 Además, ya que los osciladores locales sintonizables 114<sub>1</sub>, 114<sub>2</sub> son necesarios por cada cadena de transmisor, estos tienen el inconveniente de que cada uno requiere un control de sintonización, un espacio adicional y un mayor consumo de potencia.

45 La figura 1 muestra asimismo una ruta de retroalimentación para la alimentación de una unidad de procesamiento de DPD de doble banda 117. La ruta de retroalimentación comprende un divisor analógico 118, que alimenta a los primer y segundo convertidores descendentes analógicos 119<sub>1</sub>, 119<sub>2</sub>, que, a su vez alimentan a un primer y a un segundo receptores de observación de transmisor (TOR – Transmitter Observation Receivers, en inglés) 120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub>. Las salidas de los primer y segundo TOR 120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub> se utilizan para controlar las DPD 111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>. El transmisor  
50 mostrado en la figura 1 es, por lo tanto, voluminoso, porque también requiere múltiples convertidores descendentes analógicos 119<sub>1</sub>, 119<sub>2</sub> y múltiples TOR 120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub>. Además, los múltiples convertidores descendentes analógicos 119<sub>1</sub>, 119<sub>2</sub> en la cadena de TOR también requieren osciladores locales sintonizables separados.

55 De lo anterior se puede ver que la tecnología convencional tiene el inconveniente de que los transmisores multibanda se vuelven voluminosos, especialmente a medida que se introducen cada vez más bandas de frecuencia, y tienen una baja eficiencia energética y un mayor coste de fabricación debido al hecho de que se utilizan varios transmisores de RF completos o varios componentes de transmisor en el dominio analógico para  
60 Implementar los transmisores multibanda.

Compendio

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un aparato que obvia o reduce al menos uno o más de los inconvenientes mencionados anteriormente.

65

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato transmisor de radiocomunicación que es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación. El aparato comprende una pluralidad de cadenas de transmisor digitales, en el que cada cadena de transmisor digital está acoplada para recibir una representación digital de una señal de banda base, y en el que cada cadena de transmisor digital comprende un transmisor digital que está configurado para convertir una señal de banda base digital respectiva directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia. Una unidad de combinación digital está acoplada para recibir la salida de cada cadena de transmisor digital, y está adaptada para combinar la representación digital de la señal de radiofrecuencia recibida de cada cadena de transmisor digital en una representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. Un convertidor de digital a analógico está acoplado para recibir la representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia y está adaptado para convertir la representación digital de una señal de radiofrecuencia en una señal de radiofrecuencia analógica que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.

Esto tiene la ventaja de permitir que se proporcione un aparato transmisor menos voluminoso para el manejo de múltiples bandas de frecuencia. Por ejemplo, la utilización de las cadenas de transmisor digitales, tal como se definió anteriormente, permite que se compartan componentes comunes.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método en un aparato transmisor de radiocomunicación que es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación. El método comprende las etapas de recibir en cada una de una pluralidad de cadenas de transmisor digitales una representación digital de una señal de banda base respectiva para ser procesada por una cadena de transmisor digital respectiva, y convertir en cada cadena de transmisor digital una señal de banda base de radio digital respectiva directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia. La representación digital de una señal de radiofrecuencia de cada cadena de transmisor digital es combinada en una representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. La representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia es convertida en una señal de radiofrecuencia analógica que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención, y para mostrar más claramente cómo puede llevarse a cabo, a continuación, se hará referencia, solamente a modo de ejemplo, a los siguientes dibujos, en los cuales:

- La figura 1 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según la técnica anterior;
- la figura 2a muestra un aparato transmisor radiocomunicación según una realización de la presente invención;
- la figura 2b muestra las etapas realizadas en un aparato transmisor de radiocomunicación según una realización de la presente invención;
- la figura 3 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención;
- la figura 4 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención;
- la figura 5 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención;
- la figura 6 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención;
- la figura 7 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención; y
- la figura 8 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación según otra realización de la presente invención.

Descripción detallada

Las realizaciones de la invención proporcionan implementaciones de un aparato transmisor de radiofrecuencia (RF), multibanda, que permite compartir componentes comunes. Las realizaciones de la invención se describirán con respecto a la utilización de la tecnología de radiofrecuencia directa (DRF – Direct Radio Frequency Technology, en inglés) en el dominio digital. Se observa, sin embargo, que se pueden utilizar otras implementaciones del aparato transmisor digital, que proporcionan las mismas funciones que se explican a continuación.

La figura 2a muestra un aparato transmisor de radiocomunicación 20 según una realización de la presente invención. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 comprende una pluralidad de cadenas de transmisor digitales 21<sub>1</sub> a 21<sub>N</sub>. Cada cadena de transmisor digital está acoplada para recibir una representación digital 27<sub>1</sub> a 27<sub>N</sub> de una señal de banda base respectiva. Cada cadena de transmisor digital 21<sub>1</sub> a 21<sub>N</sub> comprende un transmisor digital 25<sub>1</sub> a 25<sub>N</sub> que está configurado para convertir (convertir a una frecuencia mayor) una señal de banda de base digital directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia 23<sub>1</sub> a 23<sub>N</sub>. Un transmisor digital 25<sub>1</sub> a 25<sub>N</sub> de la figura 2a (y las otras realizaciones que se describen

a continuación) puede comprender, por ejemplo, un transmisor digital que está configurado para convertir una señal de banda de base digital directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia utilizando tecnología de radiofrecuencia directa, DRF.

5 Una unidad de combinación digital 25, por ejemplo, una unidad de suma digital, está acoplada para recibir la salida de cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$ , y está adaptada para combinar la representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$  recibida de cada transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  en una representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. La unidad de combinación digital 25 puede estar realizada como una matriz de puertas programable en campo (FPGA – Field Programmable Gate  
10 Array, en inglés), por ejemplo, o alguna otra forma de dispositivo de procesamiento digital para procesar las señales de RF digitales. La unidad de combinación digital 25 tiene preferiblemente capacidades de procesamiento, que incluyen, pero no se limitan a, una alta velocidad de procesamiento y/o una alta velocidad de reloj, para manejar los grandes anchos de banda asociados con las señales de múltiples bandas.

15 Un convertidor de digital a analógico el convertidor 27 está acoplado para recibir la representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, y está adaptado para convertir la representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 en una señal de radiofrecuencia analógica que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. Tal como se describirá más adelante en la solicitud, esta salida 28 del convertidor de digital a analógico 27 puede ser procesada en sentido descendente antes de ser acoplada a un  
20 amplificador de potencia o a una antena de transmisión.

El convertidor de digital a analógico 27 es preferiblemente un convertidor de digital a analógico de alta velocidad, de modo que es capaz de procesar las múltiples señales de banda de frecuencia. El convertidor de digital a analógico 27 está configurado preferiblemente para soportar una alta frecuencia de muestreo en la frecuencia de RF, siendo la  
25 frecuencia de muestreo preferiblemente al menos igual a la mitad de la frecuencia más alta de operación  $f_{max}$  para la operación en la primera zona de Nyquist, igual a  $f_{max}$  para la operación en la segunda zona de Nyquist y  $2/3$  de  $f_{max}$  para la operación en la tercera zona de Nyquist.

El convertidor de digital a analógico 27 puede estar configurado para funcionar en el llamado modo mixto que  
30 soporta la operación en al menos la primera y la segunda zona de Nyquist, pero posiblemente también la tercera zona de Nyquist. El convertidor de digital a analógico 27 se maneja con una frecuencia fija de reloj, sin ningún ajuste o cambio de frecuencia. El convertidor de digital a analógico tiene preferiblemente un alto rango dinámico, es decir, un alto SFDR (rango dinámico libre espurio – Spurious Free Dynamic Range, en inglés) y bajo ruido.

35 Por lo tanto, se puede ver en la figura 2a que las señales separadas correspondientes a cada banda de frecuencia son convertidas a una frecuencia mayor por las unidades de transmisor digitales y son combinadas digitalmente por la unidad de combinación digital, antes de ser convertidas del formato digital al analógico. Esto tiene la ventaja de eliminar la necesidad de proporcionar múltiples convertidores ascendentes analógicos. Esto también tiene la ventaja de permitir que se compartan otros componentes, tal como se describirá en las realizaciones que siguen.

40 Se observa que las señales recibidas por los transmisores digitales  $25_1$  a  $25_N$  y/o las salidas de los transmisores digitales  $25_1$  a  $25_N$  pueden estar sujetas a diversas técnicas de procesamiento, tal como se describirá con más detalle con respecto a las otras realizaciones de la invención.

45 La realización de la figura 2a tiene la ventaja de proporcionar un transmisor independiente de frecuencia, y puede ser adaptado o programado fácilmente para manejar cualquier rango o combinación de múltiples bandas de radiofrecuencia. El rango de frecuencia y las combinaciones de múltiples bandas de radiofrecuencia se pueden establecer dentro de los límites impuestos por la frecuencia de muestreo más alta  $f_{max}$  en combinación con el rendimiento de otros componentes, tal como el rendimiento de un filtro anti-solapamiento utilizado con las  
50 realizaciones de las figuras 6, 7 y 8 que se muestran a continuación. Por lo tanto, el aparato permite realizar un transmisor multibanda, de múltiples portadoras y múltiples antenas.

Esto tiene la ventaja de permitir que se proporcione un aparato transmisor menos voluminoso para el manejo de  
55 múltiples bandas de frecuencia. Por ejemplo, la utilización de las cadenas de transmisor digitales tal como se definió anteriormente permite compartir componentes comunes.

Según una realización alternativa, cada cadena de transmisor digital puede ser acoplada para recibir múltiples  
60 señales de banda base en formato digital, incluida una señal de banda base digital para su procesamiento por parte de la respectiva cadena de transmisor digital. En una realización de este tipo, cada transmisor digital  $25_1$  a  $25_N$  puede ser programable para seleccionar una señal de banda base particular de la representación digital de múltiples señales de banda base  $27_1$  a  $27_N$ , y ser adaptado para convertir la señal de banda base digital seleccionada en una representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$ , por ejemplo, utilizando un transmisor de DRF.

La figura 2b muestra las etapas llevadas a cabo por un aparato transmisor de radiocomunicación según una  
65 realización de la presente invención, que es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia. En la

etapa 201, el método comprende la etapa de recibir en cada una de una pluralidad de cadenas de transmisor digitales  $21_1$  a  $21_N$  una representación digital  $27_1$  a  $27_N$  de una respectiva señal de banda base. Cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  convierte una señal de banda base digital respectiva directamente en una representación digital de una señal  $23_1$  a  $23_N$  de radiofrecuencia, etapa 203. Por ejemplo, cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  puede comprender un transmisor digital  $25_1$  a  $25_N$  que está configurado para convertir una señal de banda base digital directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$ , por ejemplo, utilizando un transmisor de DRF. La representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$  de cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  es combinada, etapa 205, en una representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. La representación digital de una señal de radiofrecuencia que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia es convertida a continuación en una señal de radiofrecuencia, analógica, que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, etapa 207.

La figura 3 muestra un aparato receptor de radiocomunicación 20 según otra realización de la presente invención. Como en la figura 2a, el aparato transmisor de radiocomunicación 20 es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 comprende una pluralidad de cadenas de transmisor digitales  $21_1$  a  $21_N$ . Cada cadena de transmisor digital está acoplada para recibir una representación digital  $27_1$  a  $27_N$  de una respectiva señal de banda base. Cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  comprende un transmisor digital  $25_1$  a  $25_N$  que está configurado para convertir una señal de banda base digital directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$ . Por ejemplo, un transmisor digital  $25_1$  a  $25_N$  de la figura 2a (y las otras realizaciones que se describen a continuación) puede comprender un transmisor digital que está configurado para convertir una señal de banda de base digital directamente en una señal de radiofrecuencia utilizando la tecnología de radiofrecuencia directa, DRF.

Una unidad de combinación digital 25, por ejemplo, una unidad de suma digital, está acoplada para recibir la salida de cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$ , y está adaptada para combinar la representación digital de una señal de radiofrecuencia  $23_1$  a  $23_N$  recibida de cada cadena de transmisor digital  $21_1$  a  $21_N$  en una representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.

Un convertidor de digital a analógico 27 está acoplado para recibir la representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, y está adaptado para convertir la representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 en una señal de radiofrecuencia analógica que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.

El aparato transmisor de radiocomunicación 20 de la figura 3 comprende además una unidad de procesamiento común 30. La unidad de procesamiento común 30 está acoplada para recibir múltiples señales portadoras de banda base  $31_1$  a  $31_N$ , y está adaptada para procesar digitalmente las múltiples señales portadoras de banda base para generar la representación digital  $27_1$  a  $27_N$  de cada señal de banda base para cada una de las cadenas de receptor digitales.

Por lo tanto, se puede ver que el transmisor multibanda está alimentado por señales portadoras de banda base, para diferentes portadoras y bandas de frecuencia, al bloque de procesamiento común 30. El bloque de procesamiento común puede estar configurado para realizar tareas de procesamiento tales como la reducción del factor de cresta (CFR, CFAR – Crest Factor Reduction, en inglés) o la predistorsión digital (DPD). Se observa que las realizaciones descritas en el presente documento se refieren solo a un ejemplo de una implementación de DPD, y que son posibles otras implementaciones, por ejemplo, DPD en señales de banda base para transmisores de banda de múltiples frecuencias, sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. La señal de banda base procesada (o corregida) para cada banda de frecuencia es enviada a un transmisor digital DRF respectivo que convierte digitalmente la señal de banda base a RF digital en la banda de frecuencia correcta. Las señales de RF digitales de diferentes bandas de frecuencia son combinadas en la unidad de combinación digital 25 en una señal digital 26 que es enviada al DAC de alta velocidad 27.

La figura 4 muestra un aparato transmisor de radiocomunicación 20 tal como se describió anteriormente en relación con las figuras 2a y 3, pero que además comprende una unidad de predistorsión digital 33 (DPD) acoplada entre la unidad de combinación digital 25 y el convertidor de digital a analógico 27. La unidad de predistorsión digital 33 está configurada para modificar la representación digital de una señal de radiofrecuencia 26 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia antes de la conversión del convertidor de digital a analógico 27. Para manejar las múltiples bandas, la unidad de predistorsión digital 33 puede estar configurada para tratar características de las múltiples bandas, tal como una o más de la separación entre bandas, el ancho de cada banda, el rango de frecuencia de cada banda, etc.

Se proporciona una tabla de consulta 35 (LUT – Look-Up Table, en inglés) para controlar los parámetros de funcionamiento de la unidad de predistorsión digital 33, en la que la tabla de consulta está controlada por la unidad de procesamiento común 30 utilizando una señal de control 36. La señal de control 36 puede estar basada en una señal de retroalimentación recibida por la unidad de procesamiento común 30, por ejemplo, tal como se describe a continuación en la figura 5.

Cada una de las realizaciones descritas anteriormente y a continuación puede alimentar a un amplificador de potencia de banda ancha 29 para amplificar la señal de radiofrecuencia analógica 28 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.

5 La figura 5 muestra otra realización de un aparato transmisor de radiocomunicación 20, similar a las realizaciones de las figuras 2a, 3 y 4. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 de la figura 5 comprende además una unidad de retroalimentación 41 acoplada para monitorizar una señal de salida del transmisor, por ejemplo, tomando la salida de un amplificador de potencia 29, y adaptada para proporcionar una señal de retroalimentación 40 a la unidad de procesamiento común 30. De manera alternativa, la unidad de retroalimentación 41 puede derivar su señal de entrada mediante el acoplamiento a una antena de transmisión (no mostrada) que es alimentada por un amplificador de potencia (29). La unidad de retroalimentación 41 comprende un receptor digital 37 (por ejemplo, un receptor de DRF) acoplado a la salida del amplificador de potencia 29 (o antena) a través de un ADC de radiofrecuencia de alta velocidad 39. La unidad de retroalimentación 41 incluye asimismo un receptor de observación de transmisor 38, TOR, acoplado para recibir una salida del receptor digital 37. De esta manera, una señal de medición, desacoplada en el amplificador de potencia (o en una antena después del amplificador de potencia) es alimentada a un TOR digital para la caracterización de la señal de RF. La señal de RF caracterizada es alimentada como una señal de retroalimentación 40 a la unidad de procesamiento común 30 para su procesamiento DPD. La función del TOR 38 digital será familiar para una persona experta en la técnica, por ejemplo, tal como se describe en un artículo titulado "Linearizing Power Amplifiers Using Digital Predistortion, EDA Tools and Test Hardware", por Kelly Mekechuk et al., de abril de 2004, High Frequency Electronics journal. El TOR 38 comprende preferiblemente una capacidad multibanda de frecuencia ágil, por ejemplo, una versión de rango dinámico reducido de banda ancha de un receptor de DRF, tal que puede medir la señal de salida del transmisor, que incluye los componentes de distorsión. Se observa que el rango dinámico puede ser reducido con respecto a un receptor RBS ordinario, ya que la señal del transmisor se mide directamente en la salida del transmisor sin la pérdida adicional de ruta agregada en un sistema real. El TOR digital (DTOR) es reutilizado para todas las portadoras en todas las bandas de frecuencia. Por lo tanto, esta realización de la invención tiene la ventaja de habilitar un DTOR común para ser utilizado para las múltiples señales de banda de frecuencia.

30 La figura 6 muestra una realización adicional de un aparato transmisor de radiocomunicación 20, similar a los mostrados en las figuras 2a, 3, 4 y 5. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 de la figura 6 está adaptado de manera tal que las señales de RF no deseadas del DAC 27 son filtradas en una unidad de filtro común 43, por ejemplo, una unidad de filtro que realiza una función de filtrado anti-solapamiento combinada con la selección de las bandas de frecuencia de operación. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 de la figura 6 comprende, por lo tanto, una unidad de filtro de banda ancha 43 acoplada a la salida del convertidor de digital a analógico 27, estando adaptada la unidad de filtro de banda ancha 43 para realizar una función de aproximación combinada con una selección de bandas de frecuencia de funcionamiento en la señal de radiofrecuencia analógica 28 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia. La unidad 43 de filtro de banda ancha tiene la ventaja de ser físicamente pequeña y de bajo coste (es decir, pequeña o tener un tamaño insignificante en relación con el DAC y la implementación general del transmisor).

La figura 7 muestra una aplicación típica de las realizaciones descritas anteriormente, por lo que el aparato transmisor de radiocomunicación comprende además una pluralidad de unidades de filtro de salida 45<sub>1</sub> a 45<sub>N</sub> acopladas a la salida de un amplificador de potencia de banda ancha 29. Cada una de la pluralidad de unidades de filtro de salida está adaptada para recibir la señal de radiofrecuencia analógica amplificada 28 que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, y está adaptada para filtrar una banda de radiofrecuencia necesaria para el acoplamiento a una antena 47. Las unidades de filtro de salida específicas para una frecuencia filtran las señales de RF deseadas respectivas, que son combinadas y alimentan a la antena transmisora 47.

50 La figura 8 muestra otra realización más de un aparato transmisor de radiocomunicación 20, similar a los mostrados en las figuras 2a, 3, 4, 5, 6 y 7. El aparato transmisor de radiocomunicación 20 de la figura 8 comprende además una pluralidad de unidades de procesamiento de portadora de banda base 49<sub>1</sub> a 49<sub>N</sub>, estando adaptada cada unidad de procesamiento de portadora de banda base para procesar una señal de portadora de banda base antes de ser procesada por la unidad de procesamiento común 30. La pluralidad de las unidades de procesamiento de portadora de banda base 49<sub>1</sub> a 49<sub>N</sub> pueden realizar, por ejemplo, funciones de precodificación o transformadas de Fourier rápidas inversas (IFFT – Inverse Fast Fourier Transforms, en inglés) en las señales de la banda base. La pluralidad de unidades de procesamiento de portadora de banda base 49<sub>1</sub> a 49<sub>N</sub> son alimentadas por señales de banda base, para diferentes portadoras y bandas de frecuencia.

60 Como se puede ver a partir de lo anterior, las realizaciones de la invención tienen la ventaja de proporcionar eficiencia energética debido a la utilización de componentes comunes.

Las realizaciones de la invención proporcionan asimismo las ventajas de permitir que se realice un transmisor de frecuencias independiente, y proporcionar un transmisor de múltiples portadoras y múltiples antenas, de múltiples bandas.

5 Se observa que las diversas características mostradas en cada una de las realizaciones de las figuras 2a, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 pueden ser combinadas o intercambiadas de cualquier manera. Por ejemplo, una realización que tiene una unidad de retroalimentación 41 puede ser utilizada sin ninguna unidad de DPD 33 o unidad de filtro 43, o se puede utilizar una realización que tiene una unidad de filtro 43 sin ninguna DPD 33 o unidad de retroalimentación 41, y así sucesivamente.

10 Las realizaciones anteriores pueden utilizar RF directa, conversión directa de digital a RF, para proporcionar una nueva configuración de RF en grandes anchos de banda de RF. Las realizaciones pueden ser utilizadas en diversos tipos de estaciones base inalámbricas en las que es deseable una operación de gran ancho de banda de RF, agregación de portadoras, ancho de banda amplio instantáneo, pequeño tamaño y bajo consumo de energía. Ejemplos de dichas estaciones base son las antenas activas avanzadas, las estaciones base remotas principales con muchas ramas de transmisión / recepción (2 – 4 – 8, por ejemplo). Las futuras estaciones base inalámbricas deberían poder funcionar preferiblemente en muchas bandas de frecuencia que están muy separadas en frecuencia. 15 Las combinaciones de bandas de frecuencia utilizadas serán diferentes en diferentes países / regiones y, por lo tanto, la alta flexibilidad de configuración de frecuencia de RF proporcionada por las realizaciones propuestas basadas en arquitecturas basadas en DRF tiene muchas ventajas.

20 En las soluciones basadas en DRF, la versión superior / inferior es trasladada de las partes analógicas a las partes digitales y puede ser integrada en varios ASIC. El procesamiento de señales digitales proporciona asimismo una alta precisión y flexibilidad en comparación con las soluciones analógicas que adolecen de problemas que limitan los anchos de banda útiles.

25 Se debe observar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la técnica podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. La palabra "que comprende" no excluye la presencia de elementos o etapas distintos de los enumerados en una reivindicación, "un" o "una" no excluye una pluralidad, y un solo procesador u otra unidad puede realizar las funciones de varias unidades enumeradas en las reivindicaciones. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe ser interpretado de manera tal que limite su alcance. 30

REIVINDICACIONES

1. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación, comprendiendo el aparato transmisor de radiocomunicación (20):

5 una pluralidad de cadenas de transmisor digitales (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>), en el que cada cadena de transmisor digital (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>) está acoplada para recibir una representación digital de una señal de banda base (27<sub>1</sub>, 27<sub>2</sub> ... 27<sub>N</sub>), y en el que cada cadena de transmisor digital (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>) comprende un transmisor digital (25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> ... 25<sub>N</sub>) que está configurado para convertir una representación digital respectiva de una señal de banda base (27<sub>1</sub>, 27<sub>2</sub> ... 27<sub>N</sub>) directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia (27<sub>1</sub>, 27<sub>2</sub> ... 27<sub>N</sub>);  
 10 una unidad de combinación digital (25) acoplada para recibir la salida de cada cadena de transmisor digital (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>), y adaptada para combinar la representación digital de una señal de radiofrecuencia (27<sub>1</sub>, 27<sub>2</sub> ... 27<sub>N</sub>) recibida de cada cadena de transmisor digital (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>) en una representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia; y  
 15 un convertidor de digital a analógico (27) acoplado para recibir la representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, y adaptado para convertir la representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia en una señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.  
 20

2. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según la reivindicación 1, que comprende además una unidad de procesamiento común (30), estando acoplada la unidad de procesamiento común (30) para recibir una pluralidad de señales portadoras de banda base (31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub> ... 31<sub>N</sub>), y adaptada para procesar digitalmente la pluralidad de señales portadoras de banda base (31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub> ... 31<sub>N</sub>) para generar la representación digital de cada señal de banda base (27<sub>1</sub>, 27<sub>2</sub> ... 27<sub>N</sub>) para cada una de las cadenas de transmisor digitales (21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub> ... 21<sub>N</sub>).

3. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según la reivindicación 1 o 2, que comprende además una unidad de predistorsión digital, DPD (33), acoplada entre la unidad de combinación digital (25) y el convertidor de digital a analógico (27), para modificar la representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia antes de la conversión mediante el convertidor de digital a analógico (27).  
 30

4. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según la reivindicación 3 cuando esta depende de la reivindicación 2, que comprende además una tabla de consulta (35) para controlar los parámetros de funcionamiento de la unidad de predistorsión digital (33), en el que la tabla de consulta (35) está controlada por la unidad de procesamiento común (30).  
 35

5. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un amplificador de potencia de banda ancha (29) para amplificar la señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.  
 40

6. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según la reivindicación 5, que comprende además una unidad de retroalimentación (41) acoplada para monitorizar la salida del amplificador de potencia de banda ancha (29), y adaptada para proporcionar una señal de retroalimentación (40) a la unidad de procesamiento (30).  
 45

7. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según la reivindicación 6, en el que la unidad de retroalimentación (41) comprende:

50 un receptor digital (37), acoplado a la salida del amplificador de potencia de banda ancha (29); y  
 un receptor de observación de transmisor (38), acoplado para recibir una salida del receptor digital (37).

8. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de filtro de banda ancha (43) acoplada a la salida del convertidor de digital a analógico (27), estando adaptada la unidad de filtro de banda ancha (43) para realizar una función de aproximación en la señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.  
 55

9. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende además una pluralidad de unidades de filtro de salida (45<sub>1</sub>, 45<sub>2</sub> ... 45<sub>N</sub>) acopladas a la salida del amplificador de potencia de banda ancha (29), estando adaptada cada una de la pluralidad de unidades de filtro de salida (45<sub>1</sub>, 45<sub>2</sub> ... 45<sub>N</sub>) para recibir la señal de radiofrecuencia analógica amplificada que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia, y estando adaptada para filtrar una banda de radiofrecuencia necesaria para el acoplamiento a una antena (47).  
 60

10. Un aparato transmisor de radiocomunicación (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, que comprende además una pluralidad de unidades de procesamiento de portadora de banda base (49<sub>1</sub>, 49<sub>2</sub> ... 49<sub>N</sub>),  
 65



estando adaptada cada unidad de procesamiento de portadora de banda base ( $49_1, 49_2 \dots 49_N$ ) para procesar una señal portadora de banda base antes de ser procesada por la unidad de procesamiento común (30).

- 5 11. Un método en un aparato transmisor de radiocomunicación (20) que es operable para transmitir múltiples bandas de radiofrecuencia en un sistema de telecomunicación, comprendiendo el método las etapas de:
- 10 recibir (201) en cada una de una pluralidad de cadenas de transmisor digitales ( $21_1, 21_2 \dots 21_N$ ) una representación digital de una señal de banda base respectiva ( $27_1, 27_2 \dots 27_N$ ) para ser procesada por la cadena de transmisor digital respectiva ( $21_1, 21_2 \dots 21_N$ );
- 10 convertir (203) cada cadena de transmisor digital ( $21_1, 21_2 \dots 21_N$ ) de una representación digital respectiva de una señal de banda base ( $27_1, 27_2 \dots 27_N$ ) directamente en una representación digital de una señal de radiofrecuencia ( $23_1, 23_2 \dots 23_N$ );
- 15 combinar (205) en una unidad de combinación digital (25) la representación digital de una señal de radiofrecuencia ( $23_1, 23_2 \dots 23_N$ ) de cada cadena de transmisor digital ( $21_1, 21_2 \dots 21_N$ ) en una representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia; y
- 15 convertir (207) la representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de frecuencia en una señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.
- 20 12. Un método según la reivindicación 11, que comprende además la etapa de recibir una pluralidad de señales portadoras de banda base ( $31_1, 31_2 \dots 31_N$ ) en una unidad de procesamiento común (30), y procesar digitalmente la pluralidad de señales portadoras de banda base ( $31_1, 31_2 \dots 31_N$ ) para generar la representación digital de cada señal de banda base ( $27_1, 27_2 \dots 27_N$ ) para cada una de las cadenas de transmisor digitales ( $21_1, 21_2 \dots 21_N$ ).
- 25 13. Un método según la reivindicación 11 o 12, que comprende además la etapa de predistorsión digital en una unidad de predistorsión digital (33) de la salida de la unidad de combinación digital (25) antes de convertir (207) la representación digital de una señal de radiofrecuencia (26) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia en una señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia.
- 30 14. Un método según la reivindicación 13, cuando esta depende de la reivindicación 12, que comprende además la etapa de controlar los parámetros de funcionamiento de la unidad de predistorsión digital (33) utilizando una tabla de consulta (35), en el que la tabla de consulta (35) es controlada por la unidad de procesamiento común (30).
- 35 15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además la etapa de amplificar la señal de radiofrecuencia analógica (28) que comprende múltiples bandas de radiofrecuencia utilizando un amplificador de potencia de banda ancha (29).

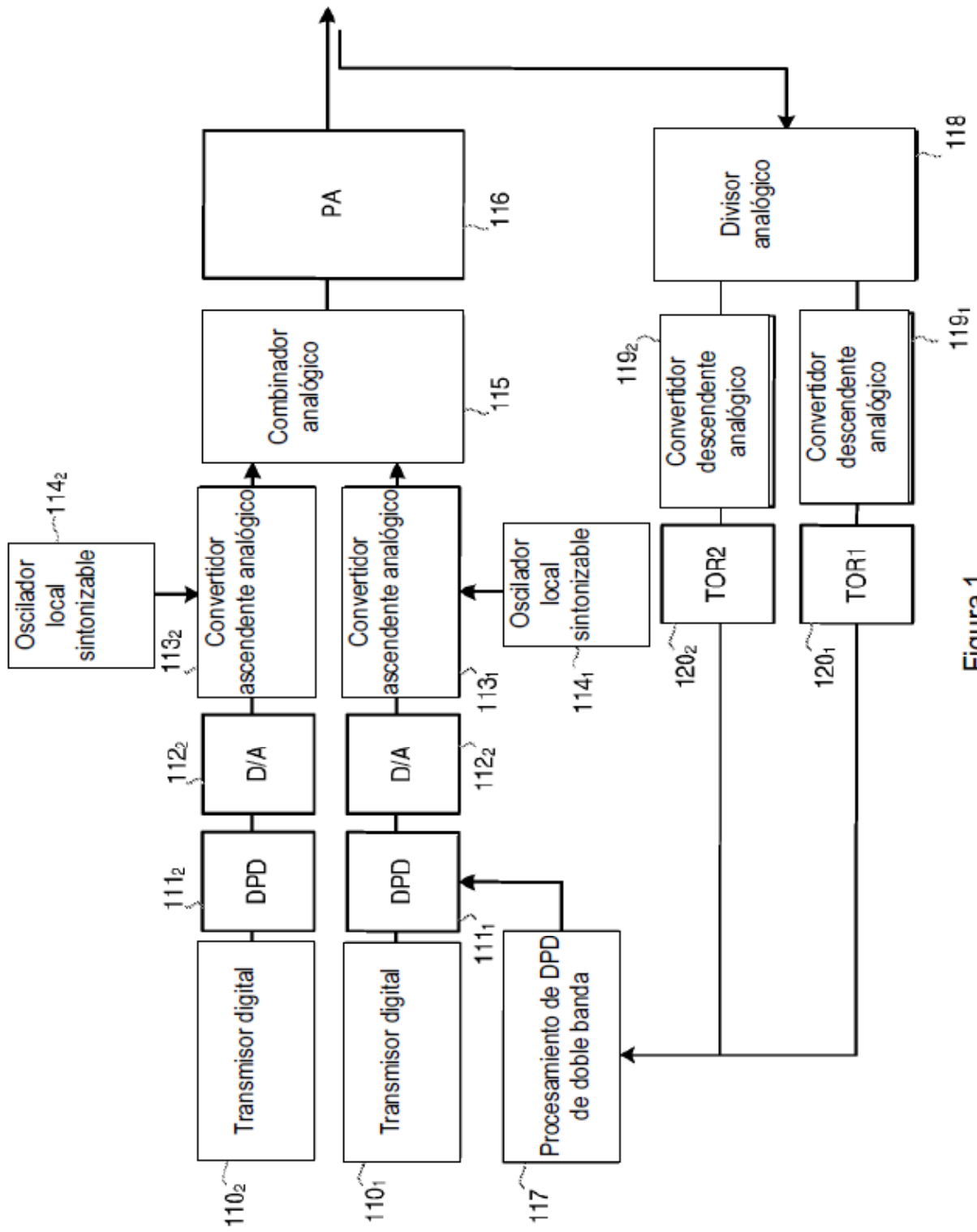


Figura 1

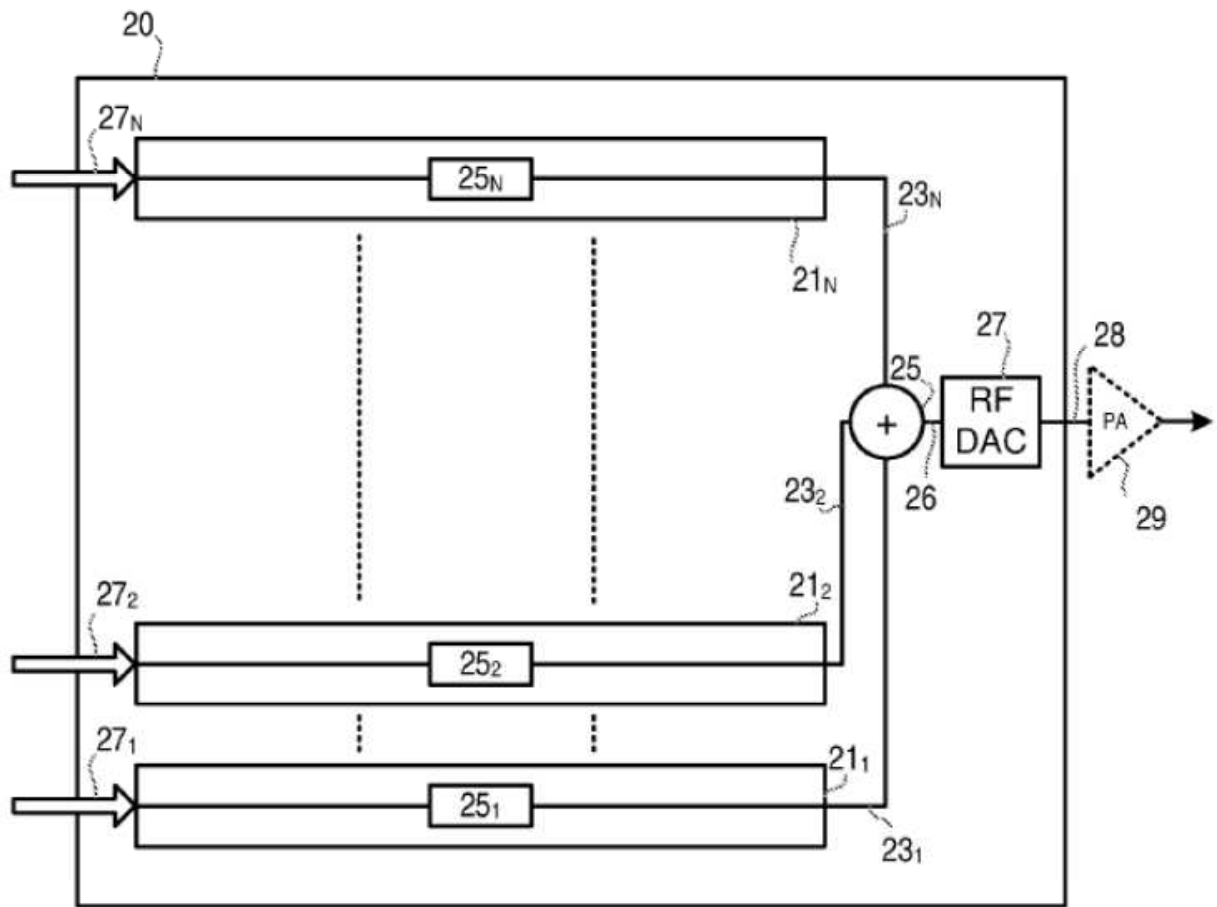


Figura 2a

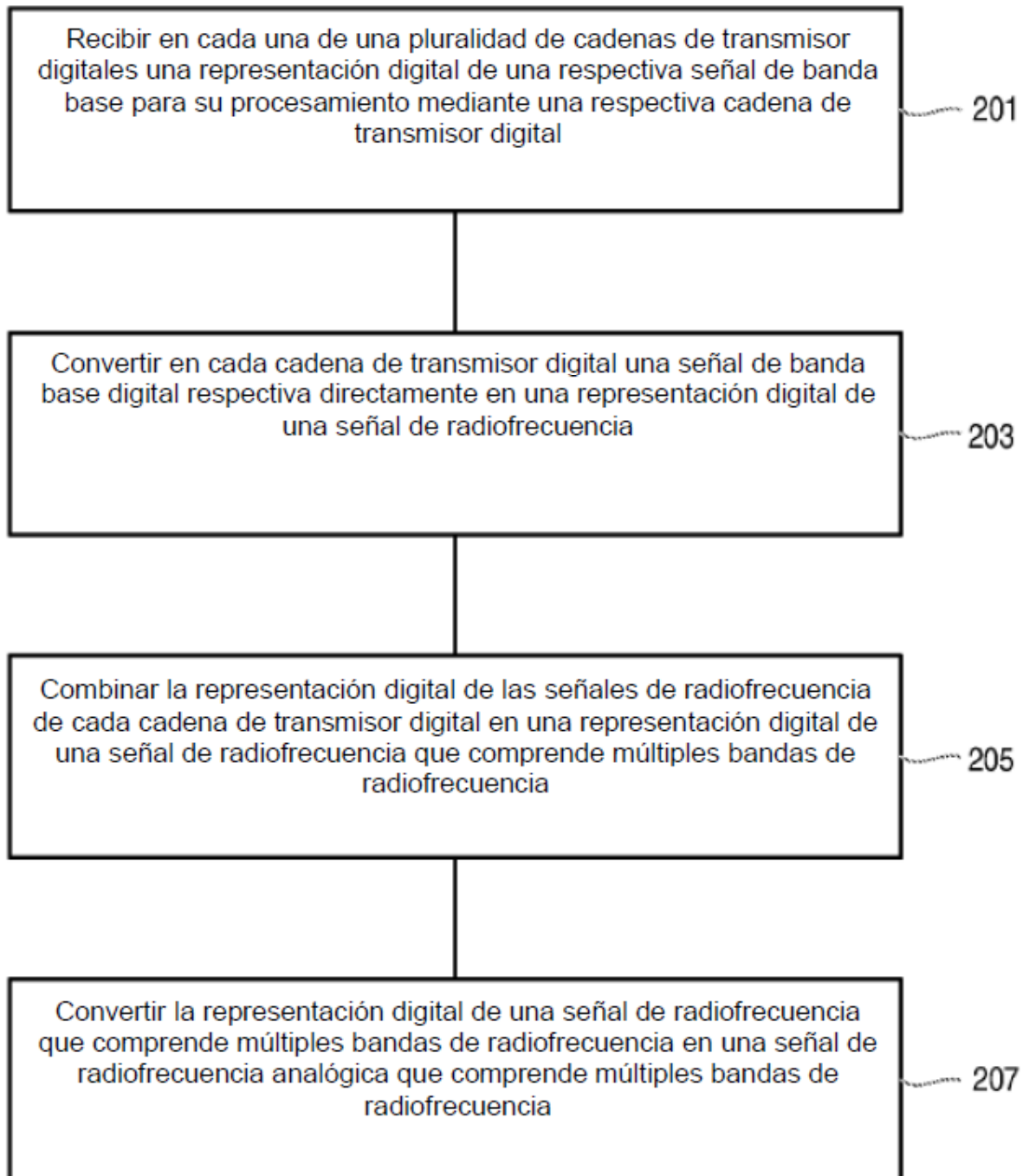


Figura 2b

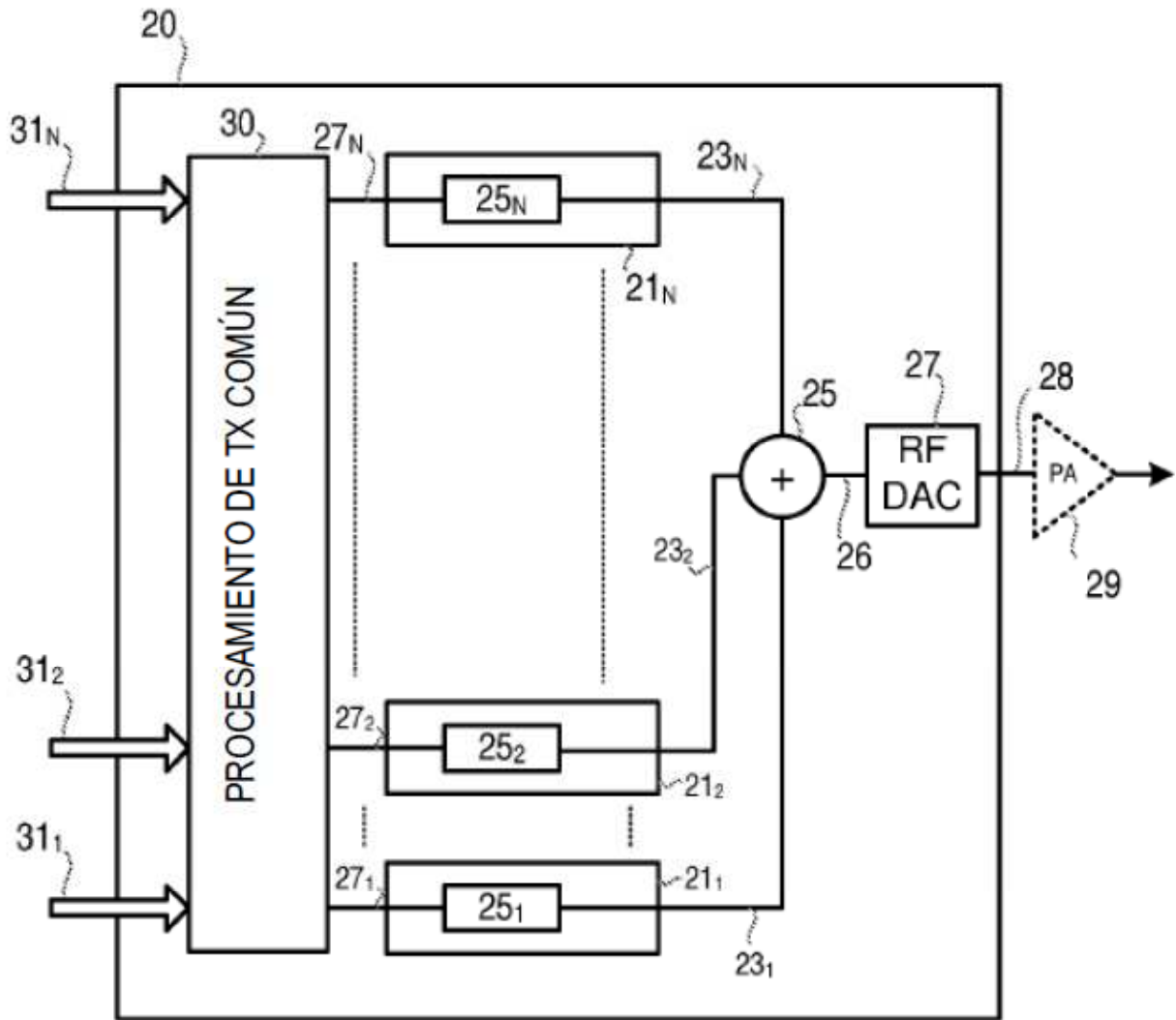


Figura 3

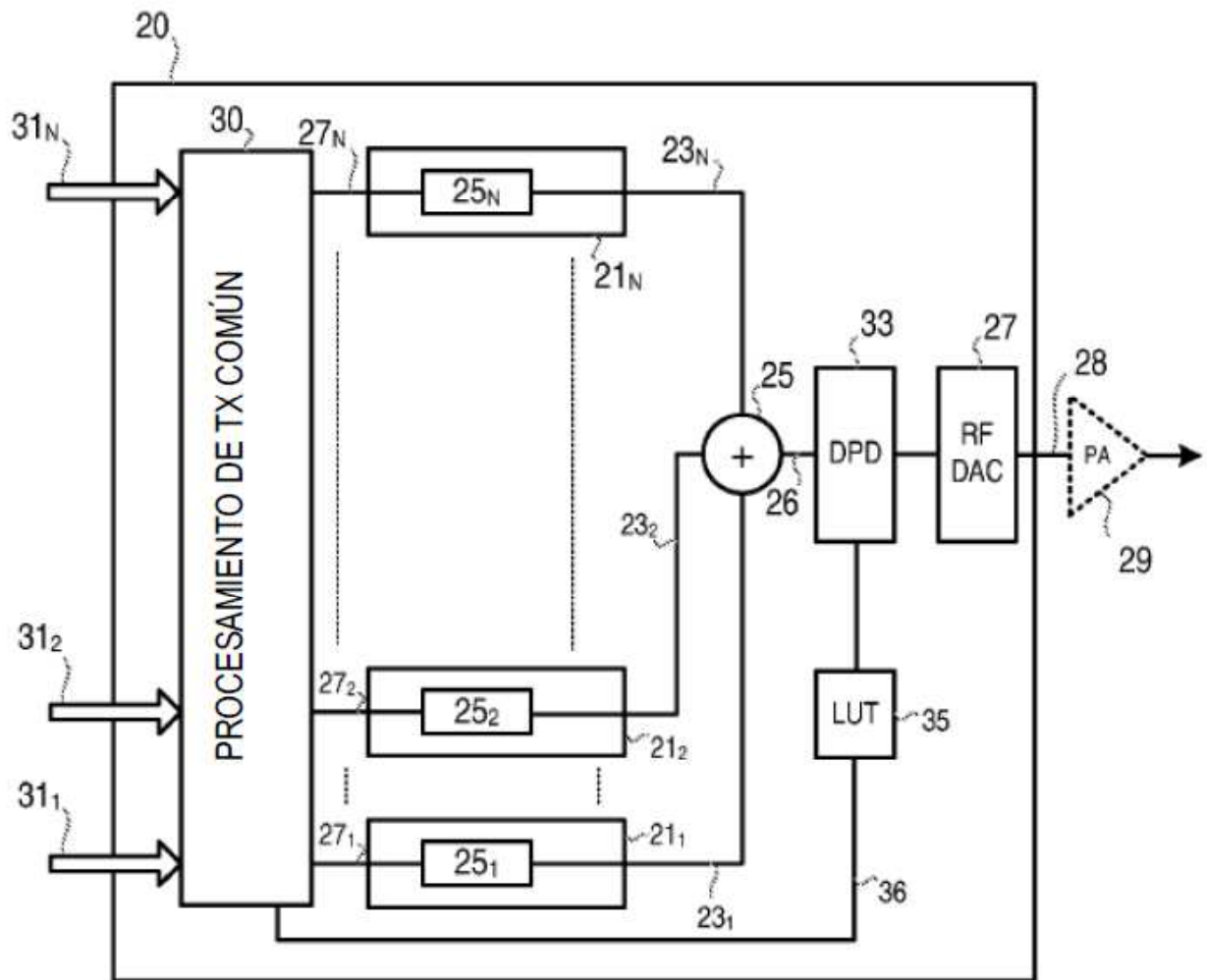


Figura 4

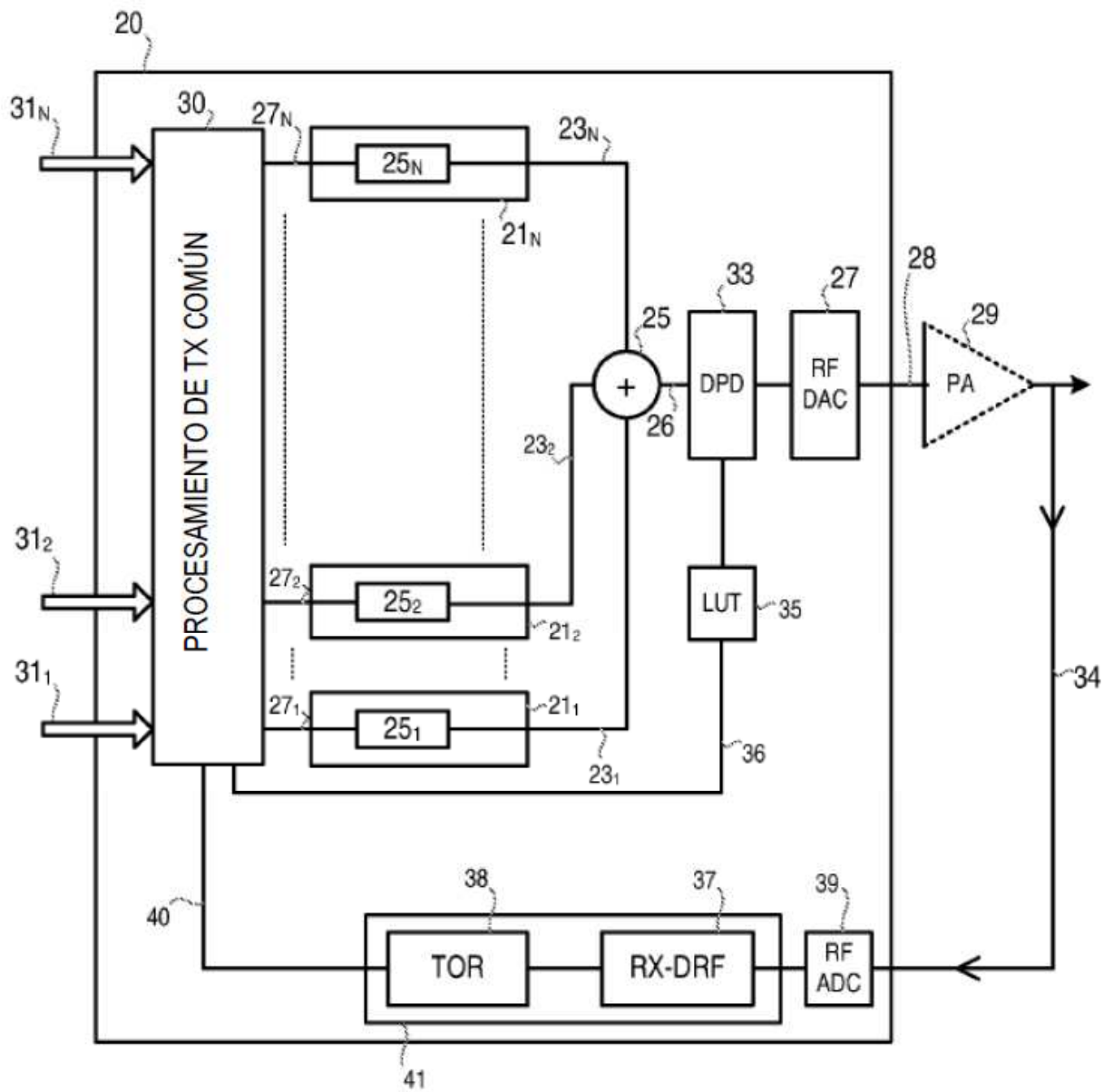


Figura 5

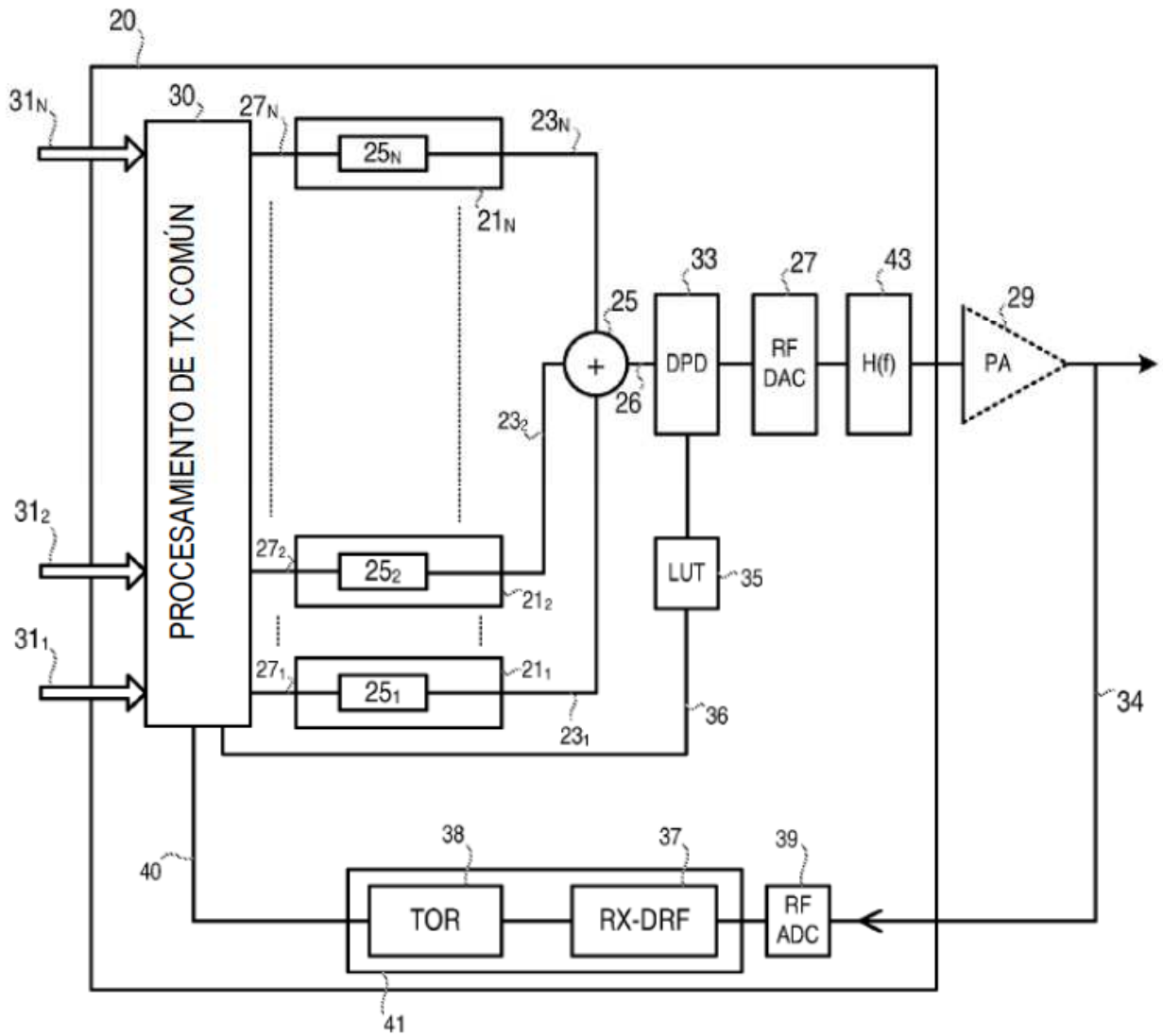


Figura 6



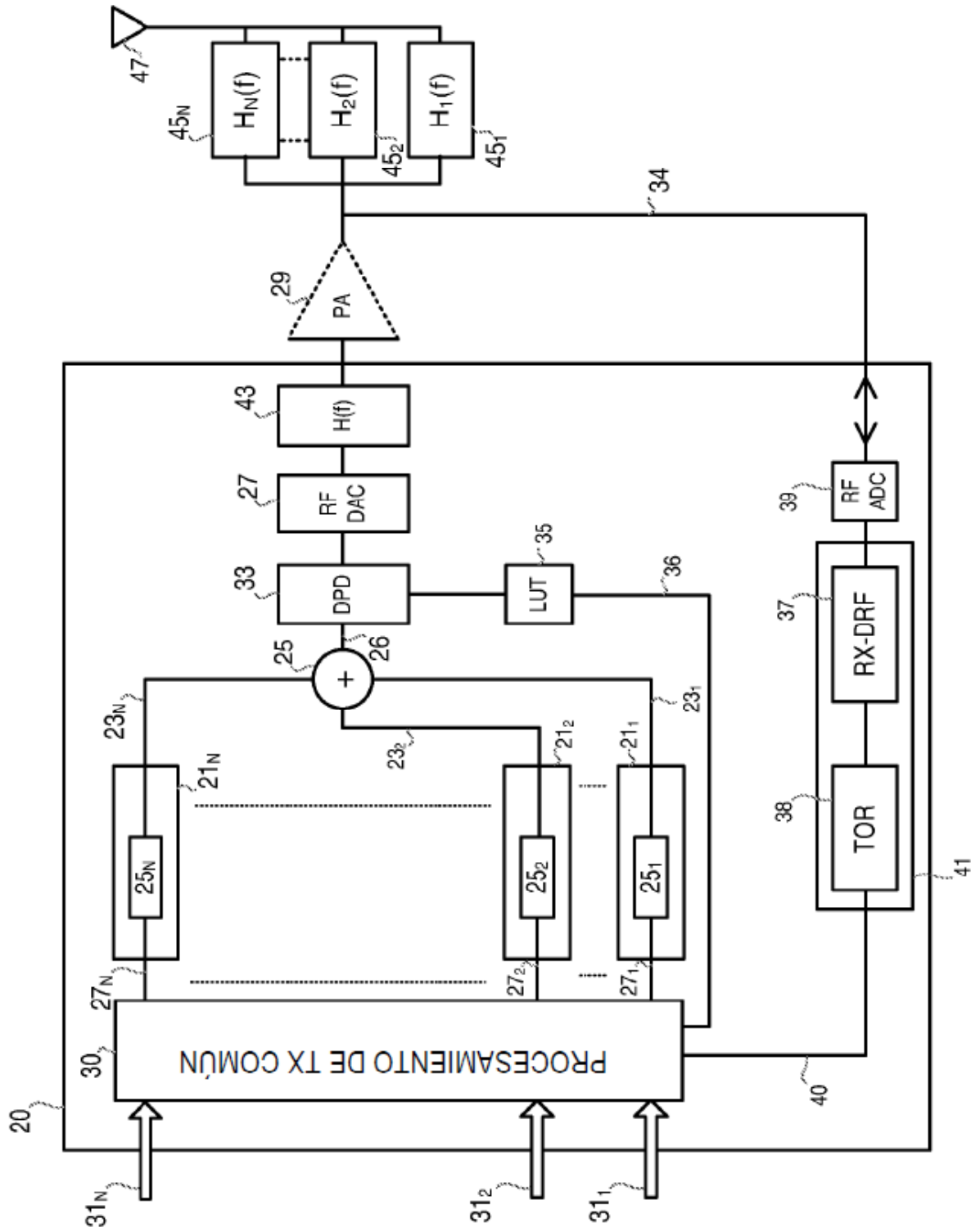


Figura 7

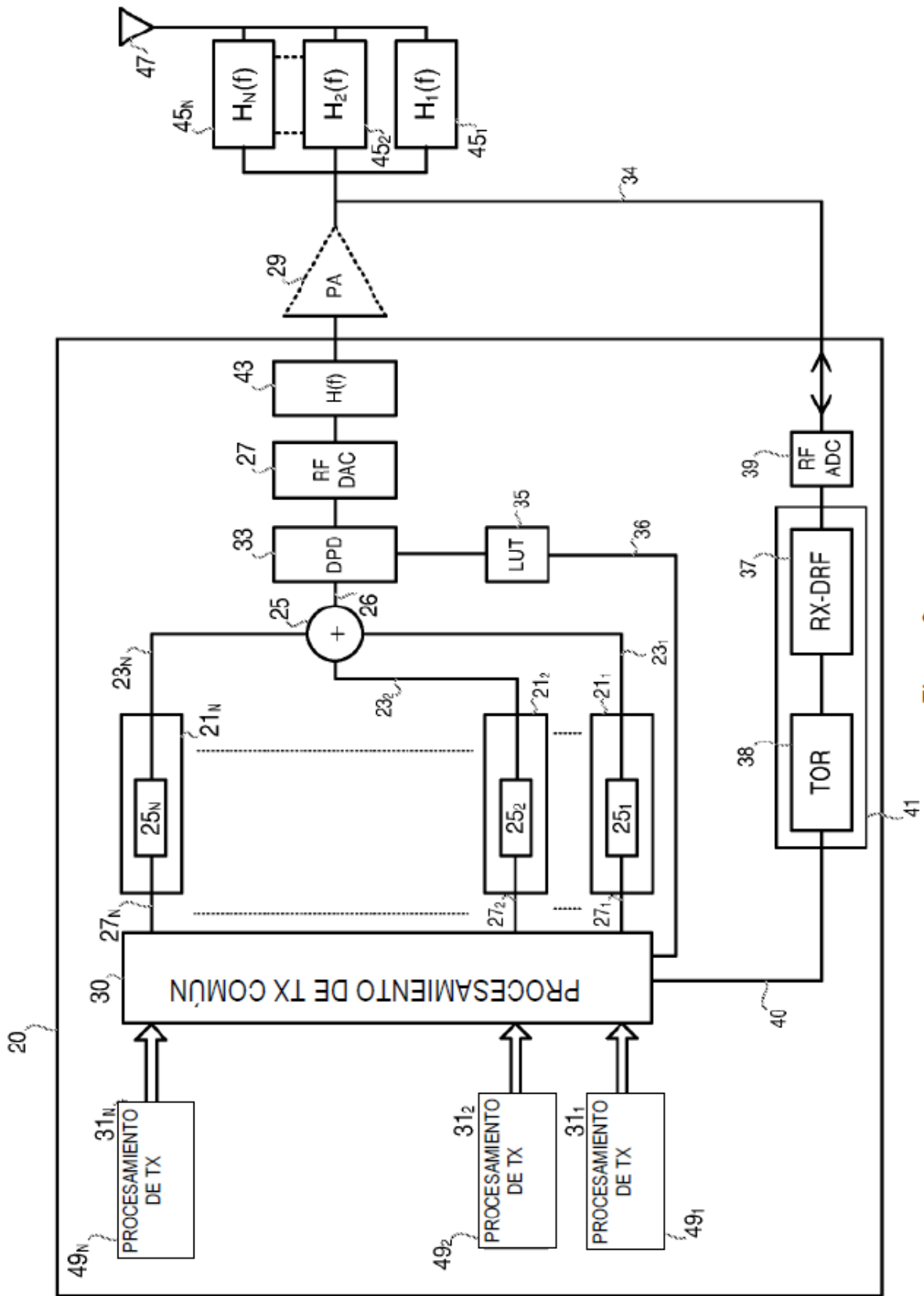


Figura 8