

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 420 138**

51 Int. Cl.:

H04B 10/2575 (2013.01)

H03F 3/21 (2006.01)

H03F 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2008 E 08305715 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2180611**

54 Título: **Un procedimiento de transmisión de señales de datos usando un amplificador de potencia en modalidad conmutada, un amplificador de potencia en modalidad conmutada y una red de comunicación para los mismos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.08.2013

73 Titular/es:

**ALCATEL LUCENT (100.0%)
3, AVENUE OCTAVE GRÉARD
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**PASCHT, ANDREAS y
TEMPL, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 420 138 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

Un procedimiento de transmisión de señales de datos usando un amplificador de potencia en modalidad conmutada, un amplificador de potencia en modalidad conmutada y una red de comunicación para los mismos

5 La invención se refiere a un procedimiento de transmisión de señales de datos según el preámbulo de la reivindicación 1, un amplificador de potencia en modalidad conmutada, según el preámbulo de la reivindicación 7, un dispositivo transmisor según el preámbulo de la reivindicación 9, un dispositivo receptor según el preámbulo de la reivindicación 12 y una red de comunicación según el preámbulo de la reivindicación 15.

10 La cobertura de una cierta área de servicio en una red celular de radio está proporcionada por varias estaciones base de radio, que están conectadas con una red central para servir las conexiones a y desde usuarios móviles dentro del área de servicio. Una estación base de radio contiene una unidad de banda base y al menos una unidad de antena. A fin de aumentar la cobertura por radio y la capacidad, las modernas estaciones base usan varias antenas sectoriales.

15 A fin de aumentar la flexibilidad de las estaciones base, es deseable permitir que las antenas se sitúen a distancia de la unidad de banda base. Esto ha llevado al desarrollo de sistemas activos de antenas que también se denominan cabeceras de antenas remotas. Habitualmente, una cabecera de antena remota contiene una antena sectorial, pero hay también sistemas conocidos que tienen cabeceras de antena remota con más de una única antena sectorial.

Las estaciones base están preferiblemente conectadas con las cabeceras de antena remota por medio de fibras ópticas. Los escenarios convencionales de radio sobre fibra implican la transmisión óptica de señales analógicas entre una estación base y un transmisor con un amplificador en una cabecera de antena remota.

20 Un ejemplo para la implementación de un concepto de radio sobre fibra en una red de radio celular, que usa un anillo de dos fibras, se da en la patente europea EP 1553791 B1.

Sin embargo, la calidad de la transmisión óptica padece intensamente el ruido, las no linealidades, como, p. ej., la dispersión cromática y los efectos de atenuación. En consecuencia, las implementaciones técnicas para los conceptos de radio sobre fibra deben implicar técnicas de modulación óptica sumamente sofisticadas y el acondicionamiento de señales.

25 En la solicitud de patente canadiense CA-A1-2362 104, se revela un procedimiento para la transmisión de señales de datos por una conexión óptica desde un dispositivo transmisor a un dispositivo receptor, usando un amplificador de potencia en modalidad conmutada, en el cual las señales de datos moduladas son convertidas, de señales de datos eléctricas en señales de datos ópticas en el dispositivo transmisor, y las señales de datos moduladas son convertidas, de señales de datos ópticas en señales de datos eléctricas, y amplificadas en el dispositivo receptor.

30 Básicamente, la transmisión óptica de señales analógicas de radiofrecuencia implica grandes esfuerzos electrónicos para las técnicas de modulación de señales y el acondicionamiento de señales. En efecto, p. ej., el procedimiento de modulación de intensidad y de detección directa es directo, sencillo y admite propiedades de transmisión óptica prácticamente lineales pero, por otra parte, requiere costosos moduladores y controladores de moduladores a fin de satisfacer los requisitos para la transmisión analógica por radiofrecuencia. En el caso en que se use la modulación de
35 banda de doble sector, la dispersión cromática dará como resultado la supresión, dependiente de la frecuencia y la longitud, de la potencia de la radiofrecuencia, lo que deteriorará la calidad de la transmisión.

40 Además, la aplicación de arquitecturas convencionales de estación base en este contexto implica un gran esfuerzo adicional para alinear el módulo de aumento de frecuencia con los requisitos para la pre-distorsión y la linealización del amplificador de potencia. Adicionalmente, como todos los conceptos del amplificador de potencia de radiofrecuencia de clase S, implica la necesidad de una intrincada conversión delta / sigma de alta velocidad de la señal de radiofrecuencia.

45 El aumento electrónico de frecuencia de la señal deseada de banda base hasta el dominio de la radiofrecuencia implica un gran esfuerzo al linealizar el amplificador de potencia de radiofrecuencia, y entraña un procesamiento complejo e intenso en términos de potencia de las señales. En los conceptos existentes del amplificador de potencia de radiofrecuencia de clase S, la señal de radiofrecuencia modulada es convertida, por medio de un convertidor rápido delta / sigma, en un flujo de bits. El flujo de bits resultante controla los transistores de potencia de radiofrecuencia.

El objeto de la invención es, por tanto, proponer un procedimiento efectivo en términos de coste, y tolerante a los fallos, para la transmisión de señales desde un dispositivo transmisor a al menos un dispositivo receptor que evite la necesidad del aumento electrónico de frecuencia, usando un amplificador de potencia para la amplificación de señales, con una conexión óptica entre el dispositivo transmisor y dicho al menos un dispositivo receptor.

50 Este objeto es logrado por un procedimiento según la revelación de la reivindicación 1, un amplificador de potencia en modalidad conmutada según la revelación de la reivindicación 7, un dispositivo transmisor según la revelación de la reivindicación 9, un dispositivo receptor según la revelación de la reivindicación 12 y una red de comunicación según la

revelación de la reivindicación 15.

5 Dado que los sistemas de comunicación móviles como, p. ej., el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), la Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas (WIMAX) o la Evolución a Largo Plazo del Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP LTE) requieren amplificadores de potencia con alta potencia de salida, a frecuencias de hasta 2,6 GHz, se usan, preferiblemente, los denominados amplificadores de potencia de clase S, que comprenden las denominadas etapas de salida de clase D / E / F, para la amplificación de señales. En dichos amplificadores de potencia de clase S, el transistor no está amplificando la señal de entrada linealmente, sino que está actuando como un conmutador en el caso ideal. Como un conmutador ideal no disipa la potencia, es teóricamente alcanzable una eficacia de potencia del 100%.

10 La idea principal de la invención es explotar la existencia de un trayecto de señales digitales dentro del concepto existente de amplificador de potencia en modalidad conmutada, para la transmisión óptica de señales de radiofrecuencia, dividiendo el amplificador de potencia en modalidad conmutada en dos partes remotas conectadas por un enlace de fibra óptica, ya que las señales digitales son más tolerantes a los fallos ante las interferencias que las señales analógicas. Adicionalmente, la invención aplica el concepto de heterodinia óptica a fin de mezclar señales de banda base y señales portadoras de radiofrecuencia que controlan el amplificador distribuido de potencia de radiofrecuencia de clase S, evitando así la necesidad del aumento electrónico de frecuencias.

20 La invención permite la transmisión de señales digitales, en lugar de analógicas, haciendo uso de un trayecto de señales digitales que ya está existente dentro de los amplificadores de potencia en modalidad conmutada. Como se usa una señal digital que ya está disponible dentro de los amplificadores de potencia en modalidad conmutada, no hay ninguna necesidad de una costosa conversión adicional de alta velocidad, de analógico a digital y de digital a analógico. De tal modo, en comparación con los escenarios convencionales de radio sobre fibra, con nulos costes adicionales, pueden aplicarse todos los conceptos para la transmisión óptica de señales digitales a las aplicaciones de radio sobre fibra.

25 Para la transmisión de señales desde una estación base, mediante al menos una cabecera de antena remota, a un terminal de usuario, se usa un amplificador de potencia en modalidad conmutada para la amplificación de señales, y las señales son transmitidas por al menos una conexión óptica desde la estación base a dicha al menos una cabecera de antena remota.

30 Según la invención, las señales de datos son moduladas en una frecuencia de banda base, o en al menos una frecuencia intermedia, en una primera parte del amplificador de potencia en modalidad conmutada, antes de ser trasladadas a un modulador delta sigma que está situado en la estación base, las señales de datos son convertidas de señales eléctricas en señales ópticas en un convertidor electro-óptico en la primera parte del amplificador de potencia en modalidad conmutada, las señales portadoras de radiofrecuencia son convertidas de señales eléctricas en señales ópticas portadoras de radiofrecuencia en un convertidor electrónico adicional en la primera parte del amplificador de potencia en modalidad conmutada, las señales ópticas de datos son añadidas a las señales ópticas portadoras de radiofrecuencia, dando como resultado señales de datos ópticas combinadas, las señales de datos ópticas combinadas son convertidas de señales ópticas de datos en señales eléctricas de datos de frecuencia aumentada en un convertidor opto-eléctrico, aplicando la heterodinia óptica en una segunda parte del amplificador de potencia en modalidad conmutada que está situada en dicha al menos una cabecera de antena remota, y dichas señales eléctricas de datos son amplificadas en la segunda parte del amplificador de potencia en modalidad conmutada, en una etapa de salida conmutada.

40 Los desarrollos adicionales de la invención pueden ser recopilados a partir de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción.

En lo que sigue, la invención será explicada haciendo referencia adicional a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una red de comunicación celular con una estación base y cabeceras de antenas remotas en las cuales puede ser implementada la invención.

45 La Fig. 2 muestra esquemáticamente una arquitectura de amplificador de potencia en modalidad conmutada que se apoya en una topología de circuitos conmutados por voltaje, según el más reciente estado de la técnica.

La Fig. 3 muestra esquemáticamente un modulador delta sigma según el más reciente estado de la técnica.

La Fig. 4 muestra esquemáticamente un amplificador de potencia en modalidad conmutada con un modulador delta sigma, una etapa de salida conmutada y un filtro, según el más reciente estado de la técnica.

50 La Fig. 5 muestra esquemáticamente un amplificador de potencia en modalidad conmutada que está dividido en dos partes situadas en una estación base y en una cabecera de antena remota, respectivamente, según la invención.

La Fig. 6 muestra esquemáticamente un transmisor y un receptor con un amplificador de potencia en modalidad conmutada que aplica el concepto de heterodinia óptica según la invención.

La Fig. 7 muestra esquemáticamente un amplificador de potencia en modalidad conmutada que aplica el concepto de heterodinia óptica para varias bandas base con distintas frecuencias de banda base, según la invención.

La estructura principal de una red de comunicación CN para la transmisión y recepción de señales, en la cual puede ser implementada la invención, se muestra en la fig. 1. La red de comunicación CN comprende una estación base BS, las
5 cabeceras de antenas remotas RAH1 a RAH4 y los terminales de usuario UE1 a UE4.

Cada una de dichas cabeceras de antena remota, RAH1 a RAH4, está conectada con la estación base BS por medio de una conexión óptica, tal como, p. ej., una conexión de fibra óptica o una conexión óptica de espacio libre, OF1, OF2, OF3 y OF4, respectivamente. Cada uno de dichos terminales UE1 a UE4 de usuario está conectado con una, o con varias, de
10 dichas cabeceras RAH1 a RAH4 de antena remota, lo que está simbolizado por las flechas dobles en la fig. 1. La estación base BS está a su vez conectada con una red central, que no se muestra en la fig. 1, con fines de simplicidad.

Para la amplificación de señales que serán transmitidas desde la estación base BS, mediante una cabecera RAH1 a RAH4 de antena remota, a un terminal UE1 a UE4 de usuario, se usan, preferiblemente, amplificadores de potencia en modalidad conmutada, que están preferiblemente situados en las cabeceras RAH1 a RAH4 de antena remota.

Como un ejemplo de un amplificador de potencia en modalidad conmutada, se muestra un sistema de amplificador de potencia conmutado por voltaje, según el más reciente estado de la técnica, en la fig. 2. Un tal sistema amplificador de potencia conmutado por voltaje comprende un modulador delta-sigma DSM, con entradas para la recepción de una señal analógica RFI de entrada de radiofrecuencia, y para la recepción de una señal CS de sincronización. Una salida del modulador delta-sigma DSM está conectada con una entrada de un controlador DR.

Preferiblemente, el modulador delta-sigma DSM está conectado con un filtro NF modelador de ruido, o bien comprende un filtro modelador de ruido.

Una primera salida del controlador DR está conectada con la puerta G de un primer transistor T1, y una segunda salida del controlador DR está conectada con la puerta G de un segundo transistor T2.

El origen S del primer transistor T1 está conectado a tierra, y el origen del segundo transistor T2 está conectado con el sumidero del primer transistor T1.

25 El sumidero del primer transistor T1 y el origen del segundo transistor T2 están conectados con una salida de radiofrecuencia, mediante un filtro RFILT de reconstrucción que comprende un inductor L y un condensador C en serie. Hay variantes de la topología de filtros L-C que, sin embargo, no tienen importancia para la invención, según lo revelado.

El sumidero del segundo transistor T2 está conectado con el suministro de una fuente constante de voltaje.

30 En un procedimiento para la amplificación de señales que usa un sistema amplificador de potencia conmutado por voltaje, según el más reciente estado de la técnica, como se muestra en la fig. 2, las señales analógicas de entrada de radiofrecuencia son enviadas al modulador delta-sigma DSM. Además, las señales de sincronización con un múltiplo de la frecuencia portadora de radiofrecuencia son enviadas al modulador delta-sigma DSM.

35 En el modulador delta-sigma DSM, las señales analógicas de entrada de radiofrecuencia son convertidas en señales digitales de resolución de 1 bit, o más. La tasa de muestreo es determinada por las señales de sincronización recibidas. Las señales digitales de 1 bit son proporcionadas en la salida del modulador delta-sigma DSM.

Preferiblemente, el filtro NF modelador de ruido es usado para minimizar el error de cuantización, por medio del desplazamiento del ruido de cuantización hacia gamas de frecuencias que son menores, o no relevantes para el procesamiento de señales.

40 Dichas señales digitales de 1 bit son enviadas al controlador DR que genera primeras señales de controlador en base a las señales digitales de 1 bit, y segundas señales de controlador en base a las señales digitales invertidas de 1 bit. Las primeras señales de controlador son enviadas a la compuerta del segundo transistor T2, y las segundas señales de controlador son enviadas a la compuerta del primer transistor T1. Las señales de salida del controlador DR están, por tanto, en antifase, lo que significa que, si el primer transistor T1 está activo, el segundo transistor T2 está inactivo, y viceversa. La arquitectura de amplificador descrita, con dos transistores T1, T2 es solamente un ejemplo y, en
45 arquitecturas alternativas, se usan más de dos transistores, lo cual, sin embargo, no tiene ninguna influencia sobre la invención. Tales arquitecturas alternativas son, p. ej., las arquitecturas de múltiples bits, que usan dos transistores más por cada bit adicional.

El condensador C y el inductor L construyen juntos un filtro RFILT de reconstrucción, usado para generar señales llanas analógicas de salida, que son suministradas en la salida de radiofrecuencia.

50 La Fig. 3 está ilustrando un modulador delta sigma DSM según el más reciente estado de la técnica. El modulador delta

sigma DSM comprende un filtro F1, un sumador SUM, un filtro F2 modelador de ruido, un convertidor AD de analógico a digital y un convertidor DA de digital a analógico.

El filtro F1 tiene una entrada para recibir señales analógicas de entrada. La salida del filtro F1 está conectado con una primera entrada del sumador SUM.

- 5 La salida del sumador SUM está conectada con la entrada del filtro F2 modelador de ruido, y la salida del filtro F2 modelador de ruido está conectada con la entrada del convertidor AD de analógico a digital.

La salida del convertidor AD de analógico a digital, por una parte, está conectada con la entrada del convertidor DA de digital a analógico y, por otra parte, puede estar conectada con un dispositivo externo, tal como, p. ej., el controlador D de la etapa de salida conmutada en la fig. 2, para transmitir señales digitales de salida.

- 10 La salida del convertidor DA de digital a analógico está conectada con una segunda entrada inversora del sumador SUM.

En principio, una señal analógica de entrada de radiofrecuencia es codificada en el modulador delta sigma DSM en una secuencia digital de salida de dos niveles, que es adecuada para controlar una etapa de salida conmutada de un amplificador en modalidad conmutada.

- 15 La Fig. 4 está ilustrando esquemáticamente, en la fila superior, un amplificador de potencia en modalidad conmutada, según el más reciente estado de la técnica, que comprende un modulador delta sigma DSM, según lo ilustrado en la fig. 3, una etapas SOS de salida conmutada y un filtro F. La etapa SOS de salida conmutada comprende, p. ej., el controlador DR y los dos transistores T1 y T2, según lo ilustrado en la fig. 2. Sin embargo, como la arquitectura de amplificador descrita, con un controlador DR y dos transistores T1, T2 en la fig. 2, es solamente un ejemplo, en arquitecturas alternativas, solamente se usan un transistor, o más de dos transistores, con más de un controlador, es decir, la etapa SOS de salida conmutada puede comprender un número arbitrario de controladores y transistores, lo cual, sin embargo, no tiene ninguna influencia sobre la invención.
- 20

El modulador delta sigma DSM tiene una entrada para recibir señales de entrada. La salida del modulador delta sigma DSM está conectada con la entrada de la etapa SOS de salida conmutada.

- 25 La salida de la etapa SOS de salida conmutada está conectada con la entrada del filtro F, y el filtro F comprende una salida para transmitir señales de salida.

En la fila media, 4 diagramas están mostrando el voltaje de señales, en voltios respecto al tiempo en nanosegundos, de izquierda a derecha, para las señales en la entrada del modulador delta sigma DSM, en la salida del modulador delta sigma DSM, en la salida de la etapa SOS de salida conmutada y en la salida del filtro F.

- 30 En la fila inferior, 4 diagramas están mostrando el espectro de densidades de potencias de señal, en decibelios respecto a la frecuencia en megahercios, de izquierda a derecha, para las señales en la entrada del modulador delta sigma DSM, en la salida del modulador delta sigma DSM, en la salida de la etapa SOS de salida conmutada y en la salida del filtro F.

Como puede verse a partir de los primeros dos diagramas en la fila media, el modulador delta sigma convierte las señales analógicas en señales digitales y, según la invención, dichas señales digitales serán transmitidas por una fibra óptica a la etapa SOS de salida conmutada, que está situada remotamente, en una cabecera de antena remota.

- 35 Un amplificador PA de potencia en modalidad conmutada según la invención está ilustrado en la fig. 5. El amplificador PA de potencia en modalidad conmutada está indicado como un recuadro de línea discontinua y comprende un modulador delta sigma DSM, un convertidor EO electro-óptico, un convertidor OE opto-eléctrico, una etapa SOS de salida conmutada y un filtro F. La etapa de salida conmutada, a su vez, comprende al menos un controlador y al menos un transistor, según lo anteriormente descrito con respecto a la fig. 4.

- 40 El modulador delta sigma DSM tiene una entrada para recibir señales analógicas de entrada. Una salida del modulador delta sigma DSM está conectada con una entrada del convertidor EO electro-óptico.

Una salida del convertidor EO electro-óptico está conectada con una entrada del convertidor OE opto-eléctrico, a través de una conexión óptica OF1, tal como, p. ej., una conexión de fibra óptica o una conexión óptica de espacio libre.

- 45 Una salida del convertidor OE opto-eléctrico está conectada con una entrada de la etapa SOS de salida conmutada, y una salida de la etapa SOS de salida conmutada está conectada con una entrada del filtro F.

En una realización de la invención, un dispositivo adicional para el acondicionamiento de señales, tal como, p. ej., un ecualizador o un pre-amplificador, está incluido en el trayecto de señal entre el convertidor EO electro-óptico y el convertidor OE opto-eléctrico, o en el trayecto de señal entre el convertidor OE opto-eléctrico y la etapa SOS de salida conmutada.

Una salida del filtro F, a su vez, está conectada con una red de antenas, que no está ilustrada en la fig. 5, con fines de simplificación.

5 En la realización ilustrada en la fig. 5, el modulador delta sigma DSM y el convertidor EO electro-óptico están incluidos en una estación base BS, que está indicada como un recuadro, y el convertidor OE opto-eléctrico, la etapa SOS de salida conmutada y el filtro F están incluidos en una cabecera RAH1 de antena remota, que también está indicada como un recuadro.

10 En el modulador delta sigma DSM, las señales analógicas de radiofrecuencia que el modulador delta sigma DSM recibe en su entrada son convertidas en señales digitales. Dichas señales digitales son enviadas al convertidor EO electro-óptico, para convertir las señales eléctricas digitales en señales ópticas digitales. Preferiblemente, dicho convertidor EO electro-óptico comprende un diodo láser que está directamente modulado, o bien externamente modulado, p. ej., por medio de un modulador de electro-absorción, o de niobato de litio.

A partir de la salida del convertidor EO electro-óptico, las señales ópticas digitales, tales como, p. ej., las señales de PWM (PWM = Modulación de Ancho de Pulso), son enviadas por la conexión óptica OF1, tal como, p. ej., una conexión de fibra óptica o una conexión óptica de espacio libre, a una entrada del convertidor OE opto-eléctrico.

15 En el convertidor OE opto-eléctrico, las señales ópticas digitales son reconvertidas en señales eléctricas digitales. Preferiblemente, dicho convertidor OE opto-eléctrico comprende un denominado diodo-PIN, o un denominado diodo-foto-avalancha. Las señales eléctricas digitales son enviadas desde una salida del convertidor OE opto-eléctrico a una entrada de la etapa SOS de salida conmutada.

20 En la etapa SOS de salida conmutada, las señales eléctricas digitales controlan al menos un transistor, mediante al menos un controlador, que lleva a las señales eléctricas digitales amplificadas en la salida de la etapa SOS de salida conmutada.

Dichas señales eléctricas digitales amplificadas son enviadas a la entrada del filtro F y, por medio de dicho filtro F, las señales analógicas amplificadas de radiofrecuencia son reconstruidas y enviadas, mediante la salida del filtro F, a la red de antenas, para su transmisión por una interfaz aérea.

25 Un amplificador PA de potencia en modalidad conmutada, que aplica el principio de heterodinia óptica según la invención, se ilustra en la fig. 6. El amplificador PA de potencia en modalidad conmutada está indicado como un recuadro con línea discontinua y comprende un modulador delta sigma DSM, un sintetizador CS de portadora, dos convertidores EO1, EO2 electro-ópticos, un sumador A, un convertidor OE1 opto-eléctrico, una etapa SOS de salida conmutada y un filtro F. La etapa de salida conmutada, a su vez, comprende al menos un controlador y al menos un transistor, según lo descrito anteriormente con respecto a la fig. 4.

30 En la realización ilustrada en la fig. 6, el modulador delta sigma DSM, el sintetizador CS de portadora, los dos convertidores EO1, EO2 electro-ópticos y el sumador A están comprendidos en una estación base BS, que está indicada como un recuadro, y el convertidor OE1 opto-eléctrico, la etapa SOS de salida conmutada y el filtro F están comprendidos en una cabecera RAH1 de antena remota, que también está indicada como un recuadro.

35 La estación base BS comprende adicionalmente un segundo convertidor OE2 opto-eléctrico y un receptor RX.

La cabecera RAH1 de antena remota comprende adicionalmente una red AN de antenas, un amplificador LNA de ruido bajo, un reductor DC de frecuencia, un convertidor AD de analógico a digital y un convertidor EO3 electro-óptico adicional.

40 El modulador delta sigma DSM tiene una entrada para recibir señales de entrada. Una salida del modulador delta sigma DSM está conectada con una entrada del primer convertidor EO1 electro-óptico, y una salida del primer convertidor EO1 electro-óptico está conectada con una entrada del sumador A, a través de una fibra óptica OF2.

Una salida del sintetizador CS de portadora está conectada con una entrada del segundo convertidor EO2 electro-óptico, y una salida del segundo convertidor EO2 electro-óptico está conectada con una entrada adicional del sumador A, a través de una fibra óptica OF3.

45 La salida del sumador A está conectada con una entrada el convertidor OE1 opto-eléctrico, a través de una conexión óptica OF1, tal como, p. ej., una conexión de fibra óptica o una conexión óptica de espacio libre.

Una salida del convertidor OE1 opto-eléctrico está conectada con una entrada de la etapa SOS de salida conmutada, y una salida de la etapa SOS de salida conmutada está conectada con una entrada del filtro F, y una salida del filtro F está a su vez conectada con una red AN de antenas.

50 En una realización de la invención, un dispositivo adicional para al acondicionamiento de señales, tal como, p. ej., un ecualizador o un pre-amplificador, está incluido en los trayectos de señales entre los convertidores EO1 y EO2 electro-

ópticos y el convertidor OE1 opto-eléctrico, o en el trayecto de señal entre el convertidor OE1 opto-eléctrico y la etapa SOS de salida conmutada.

En un trayecto de recepción, una salida de la red de antenas está conectada con una entrada del amplificador LNA de ruido bajo, y una salida del amplificador LNA de ruido bajo está conectada con una entrada del reductor DC de frecuencia.

- 5 Una salida del reductor DC de frecuencia está conectada con una entrada del convertidor AD de analógico a digital, y una salida del convertidor AD de analógico a digital está conectada con una entrada del convertidor EO3 electro-óptico.

Una salida del convertidor EO3 electro-óptico está conectada con una entrada del segundo convertidor OE2 opto-eléctrico, a través de una conexión óptica OF4, tal como, p. ej., una conexión de fibra óptica o una conexión óptica de espacio libre.

- 10 La salida del convertidor OE2 opto-eléctrico está a su vez conectada con una entrada del receptor RX.

En una realización de la invención, una salida del amplificador PA de potencia en modalidad conmutada está conectada con el trayecto de recepción, preferiblemente con una entrada del convertidor adicional EO3 electro-óptico.

- 15 En el modulador delta sigma DSM, las señales en una frecuencia de banda base, o al menos en una frecuencia intermedia f_{if} , preferiblemente en la gama de frecuencias entre 10 y 100 MHz que el modulador delta sigma DSM recibe en su entrada, son convertidas en señales de PWM (PWM = Modulación de Ancho de Pulso).

En lo que sigue, la invención está descrita para señales en una frecuencia intermedia f_{if} ; sin embargo, la invención también está funcionando para señales en una frecuencia de banda base, de manera análoga.

- 20 Después de la conversión, las señales digitales son enviadas al convertidor EO1 electro-óptico para convertir las señales eléctricas digitales en señales ópticas digitales, usando un origen óptico, siendo f_{optica} la frecuencia de la luz del origen óptico, de modo que las señales ópticas digitales tengan una frecuencia $f_{os} = f_{optica} \pm f_{if}$.

A partir de la salida del convertidor EO1 electro-óptico, las señales ópticas digitales, tales como, p. ej., las señales de PWM (PWM = Modulación de Ancho de Pulso), son enviadas por la fibra óptica OF2 a la entrada del sumador A.

- 25 En el sintetizador CS de portadora, son generadas las señales portadoras de radiofrecuencia en una frecuencia f_{rf} de radio, preferiblemente en la gama de frecuencias de varios cientos de MHz a varios GHz. Las señales portadoras de radiofrecuencia son enviadas al convertidor EO2 electro-óptico para convertir las señales portadoras eléctricas de radiofrecuencia en señales portadoras ópticas de radiofrecuencia, usando un origen óptico, siendo f_{optica} la frecuencia de la luz del origen óptico, de modo que las señales portadoras ópticas de radiofrecuencia tengan una frecuencia $f_{orf} = f_{optica} \pm f_{rf}$.

A partir de la salida del convertidor EO2 electro-óptico, las señales portadoras ópticas de radiofrecuencia son enviadas por la fibra óptica OF3 a la entrada adicional del sumador A.

- 30 Preferiblemente, dichos convertidores EO1 y EO2 electro-ópticos comprenden un diodo láser que está directamente modulado, o bien se aplica la modulación externa de la luz, p. ej., por medio de un modulador de electro-absorción o de niobato de litio.

- 35 En el sumador A, las señales ópticas digitales son sumadas a las señales portadoras ópticas de radiofrecuencia, es decir, las señales ópticas digitales y la frecuencia $f_{os} = f_{optica} \pm f_{if}$ son sumadas a las señales portadoras ópticas de radiofrecuencia, más la frecuencia $f_{orf} = f_{optica} \pm f_{rf}$, lo cual da como resultado señales ópticas de datos combinadas.

A partir de la salida del sumador A, las señales de datos ópticas combinadas, tales como, p. ej., las señales de PWM (PWM = Modulación de Ancho de Pulso), son enviadas por la conexión óptica OF1 a una entrada del convertidor OE1 opto-eléctrico.

- 40 En el convertidor OE1 opto-eléctrico, se aplica el principio de la heterodinia óptica, y las señales ópticas digitales son aumentadas en frecuencia, convirtiéndose en señales eléctricas digitales. La intensidad de las señales eléctricas detectadas varía con una frecuencia $f_{des} = f_{rf} \pm f_{if}$, ya que todos los componentes de mayor frecuencia de la intensidad en la gama de f_{optica} son promediadas en el tiempo en el convertidor OE1 opto-eléctrico. Preferiblemente, dicho convertidor OE opto-eléctrico comprende un denominado diodo PIN, o un denominado diodo-foto-avalancha. Las señales eléctricas digitales son enviadas desde una salida del convertidor OE opto-eléctrico a una entrada de la etapa SOS de salida conmutada.
- 45

En la etapa SOS de salida conmutada, las señales eléctricas digitales controlan al menos un transistor, mediante al menos un controlador, que lleva a señales eléctricas digitales amplificadas en la salida de la etapa SOS de salida conmutada.

Dichas señales eléctricas digitales amplificadas son enviadas a la entrada del filtro F y, por medio de dicho filtro F, las

señales analógicas amplificadas de radiofrecuencia son reconstruidas y enviadas mediante la salida del filtro F a la red AN de antenas, para su transmisión por una interfaz aérea.

En el trayecto de recepción, las señales eléctricas analógicas son enviadas desde la red AN de antenas al amplificador LNA de ruido bajo, para la amplificación de señales.

- 5 Las señales eléctricas analógicas amplificadas son enviadas al reductor DC de frecuencia, en el cual las señales son sometidas a reducción de frecuencia, desde la radiofrecuencia a la frecuencia intermedia.

Las señales eléctricas analógicas con frecuencia reducida son enviadas al convertidor AD de analógico a digital para su digitalización, y las señales eléctricas digitales son enviadas al convertidor adicional EO3 electro-óptico para convertir las señales eléctricas digitales en señales ópticas digitales.

- 10 Las señales ópticas digitales son enviadas desde el convertidor adicional EO3 electro-óptico al segundo convertidor OE2 opto-eléctrico, a través de la conexión óptica OF4.

En el segundo convertidor OE2 opto-eléctrico, las señales ópticas digitales son reconvertidas en señales eléctricas digitales y enviadas al receptor RX para su procesamiento adicional.

- 15 En una realización de la invención, si se hiciera necesaria la linealización del amplificador PA de potencia, una señal de salida del amplificador PA de potencia es retroalimentada, mediante el convertidor adicional EO3 electro-óptico y la conexión óptica OF4, a la estación base BS y, en base a dicha señal de salida retroalimentada, se controla el amplificador PA de potencia.

- 20 Las ventajas de la realización anteriormente descrita de la invención son que, usando la heterodinia óptica, se elimina la necesidad del aumento eléctrico de frecuencia, y el procesamiento de señales referido a la conversión delta sigma se lleva a cabo al nivel de la banda base, a una velocidad considerablemente reducida y, por tanto, con una disipación de potencia y complejidad de chip reducidas.

- 25 En una realización de la invención, el trayecto de transmisión descrito anteriormente es extendido por la introducción de un sintetizador de múltiples portadoras, centrado en la frecuencia intermedia f_{if} , seguido por un modulador delta sigma capacitado para la banda ancha, así como una etapa de salida conmutada capacitada para la banda ancha, seguida por un filtro de reconstrucción adecuado en el sector de la antena remota.

Un amplificador PA de potencia en modalidad conmutada, que aplica el principio de la heterodinia óptica según la invención, para múltiples portadoras, se ilustra en la fig. 7. La estructura principal es similar a la ilustrada en la fig. 6, por lo que solamente se describen las diferencias.

- 30 El modulador delta sigma DSM de la fig. 6 es reemplazado en la fig. 7 por un sintetizador MCS y un modulador delta sigma WBD que es adecuado para la modulación de banda ancha. Además, la etapa SOS de salida conmutada de la fig. 6 es reemplazada en la fig. 7 por una etapa WBS de salida conmutada de banda ancha.

El sintetizador MCS tiene al menos dos entradas para recibir señales de datos referidas a al menos dos bandas base, con distintas frecuencias de banda base.

- 35 El sintetizador MCS está conectado con el modulador delta sigma WBD, que es adecuado para la modulación de banda ancha, y el modulador delta sigma WBD está a su vez conectado con el convertidor EO1 electro-óptico.

Suponiendo que el sintetizador MCS tiene n entradas, se envía un número n de señales moduladas de banda base con ancho de banda $\Delta\nu$, que están desplazadas en una cierta separación de canal de, p. ej., $i^*\Delta\nu$, con $i = -n/2, \dots, n/2, i \neq 0$, cada una a una entrada distinta del sintetizador MCS. Las señales moduladas de banda base son añadidas a una portadora de frecuencia intermedia y remitidas al modulador delta sigma WBD.

- 40 El flujo de modulación de ancho de pulso resultante es convertido al dominio óptico y transmitido a la sede RAH1 de antena remota, según lo descrito anteriormente con respecto a la fig. 6. Después de la retro-conversión al dominio eléctrico, el flujo de pulsos controla la etapa WBS de salida conmutada de banda ancha.

Esta realización de la invención admite la transmisión de varias señales de banda ancha, con un ancho total de banda de varios cientos de MHz, por medio de un único amplificador de potencia de banda ancha, ópticamente controlado.

- 45 En una realización adicional de la invención, las señales de la estación base BS son transmitidas a través de al menos dos conexiones ópticas OF6, OF7, mediante al menos dos cabeceras RAH3, RAH4 de antena remota, a un terminal UE4 de usuario, aplicando la denominada formación de haces, o entrada múltiple y salida múltiple, según lo ilustrado en la fig. 1 para el caso de dos cabeceras RAH3 y RAH4 de antena remota que son usadas para la transmisión de señales al terminal UE4 de usuario.

Un amplificador PA, de este tipo, de potencia en modalidad conmutada, según la invención, puede ser usado, p. ej., para una red de comunicación que aplique el estándar del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, la Evolución a Largo Plazo del Proyecto de Colaboración de Tercera Generación o la Interoperabilidad Mundial para el Acceso de Microondas.

- 5 En las realizaciones descritas anteriormente, el convertidor opto-eléctrico OE, u OE1, y la etapa de salida conmutada SOS, o WBS, son ilustrados como dos dispositivos distintos. Sin embargo, en realizaciones adicionales de la invención, el convertidor opto-eléctrico OE u OE1, y la etapa de salida conmutada SOS, o WBS, también pueden ser cosituados, es decir, son dos partes de un dispositivo. Un ejemplo para tales dispositivos cosituados es la integración vertical de un diodo-foto-avalancha con un transistor de alta movilidad de electrones (HEMT). En este ejemplo, el convertidor opto-eléctrico OE, u OE1, es realizado como un diodo-foto-avalancha, y la etapa de salida conmutada SOS o WBS es realizada como un transistor de alta movilidad de electrones (HEMT).
- 10

- En las realizaciones anteriores, se describe la invención para la transmisión de señales desde una estación base BS, mediante al menos una cabecera RAH1 de antena remota, a un terminal UE1 de usuario; sin embargo, la invención también es aplicable para la transmisión de señales desde un dispositivo transmisor arbitrario a un dispositivo receptor arbitrario, tal como, p. ej., el usado en un sistema de radio de punto a punto, o el usado para la conexión de dispositivos dentro de un bastidor.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de señales de datos desde un dispositivo transmisor (BS) a al menos un dispositivo receptor (RAH1), usando un amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada para la amplificación de señales, en el cual dichas señales de datos son transmitidas por al menos una conexión óptica (OF1) desde el dispositivo transmisor (BS) a dicho al menos un dispositivo receptor (RAH1), en el cual
- 5 * las señales de datos son moduladas en un modulador delta sigma (DSM) incluido en una primera parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada que está situada en el dispositivo transmisor (BS), dando como resultado señales de datos moduladas,
- * las señales de datos moduladas son convertidas, de señales eléctricas en señales de datos ópticas, en un convertidor electro-óptico (EO1) en la primera parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada,
- 10 **caracterizado porque**
- * las señales portadoras de radiofrecuencia son convertidas, de señales eléctricas en señales portadoras ópticas de radiofrecuencia, en un convertidor electro-óptico adicional (EO2) en la primera parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada,
- 15 * las señales de datos ópticas son sumadas a las señales portadoras ópticas de radiofrecuencia, dando como resultado señales ópticas de datos combinadas,
- * las señales ópticas de datos combinadas son aumentadas de frecuencia, a partir de las señales de datos ópticas, dando como resultado señales de datos eléctricas con frecuencia aumentada, aplicando la heterodinia óptica en un convertidor (OE1) opto-eléctrico, en una segunda parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada que está situada en dicho al menos un dispositivo receptor (RAH1),
- 20 * y dichas señales de datos eléctricas con frecuencia aumentada son amplificadas en la segunda parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada, en una etapa (SOS) de salida conmutada.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho dispositivo transmisor (BS) es una estación base (BS) y dicho al menos un dispositivo receptor (RAH1) es una cabecera (RAH1) de antena remota, y dichas señales son transmitidas desde la estación base (BS), mediante dicha al menos una cabecera (RAH1) de antena remota, a un terminal (UE1) de usuario.
- 25 3. Un procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** las señales desde la estación base (BS) son transmitidas, mediante al menos dos cabeceras de antena remota (RAH3, RAH4), a un terminal (UE4) de usuario, aplicando la formación de haces o la entrada múltiple y salida múltiple.
- 30 4. Un procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dichas señales son acondicionadas en un dispositivo para el acondicionamiento de señales, en el trayecto de la señal entre los convertidores electro-ópticos (EO1, EO2) y la etapa (SOS) de salida conmutada.
5. Un procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**
- * dichas señales de datos son señales moduladas de banda base, que están desplazadas en frecuencia,
- 35 * dichas señales de datos, desplazadas en frecuencia, son moduladas en una portadora de frecuencia intermedia en un sintetizador (MCS),
- * y dichas señales de datos son moduladas en un modulador delta sigma (WBD) que es adecuado para llevar a cabo la modulación de banda ancha.
6. Un procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**
- 40 * una señal de salida del amplificador (PA) de potencia es retroalimentada, mediante un convertidor electro-óptico (EO3) y una conexión óptica (OF4), a la estación base (BS),
- * y, en base a dicha señal de salida retroalimentada, es controlado el amplificador (PA) de potencia.
7. Un amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada, **caracterizado porque**
- 45 * una primera parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada comprende un modulador delta sigma (DSM) que está adaptado para modular señales de datos, y que está conectado con un sumador (A), mediante un primer convertidor electro-óptico (EO1),

* dicha primera parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada comprende adicionalmente un sintetizador (CS) de portadora que está adaptado para crear señales portadoras de radiofrecuencia, y que está conectado con dicho sumador (A), mediante un segundo convertidor electro-óptico (EO2),

* dicho sumador (A) está adaptado para combinar señales ópticas,

5 * una segunda parte del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada comprende un convertidor opto-eléctrico (OE1) y una etapa (SOS) de salida conmutada,

* dicho convertidor opto-eléctrico (OE1) está adaptado para aumentar la frecuencia de dichas señales ópticas, aplicando la heterodinia óptica,

10 * y dichas partes primera y segunda del amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada están conectadas a través de una conexión óptica (OF1).

8. Un amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada comprende una etapa (SOS) de salida conmutada de clase D, E o F.

15 9. Una red (CN) de comunicación que comprende un amplificador (PA) de potencia en modalidad conmutada según la reivindicación 7, para la transmisión de señales desde una estación base (BS), mediante una cabecera (RAH1) de antena remota, a un terminal (UE1) de usuario.

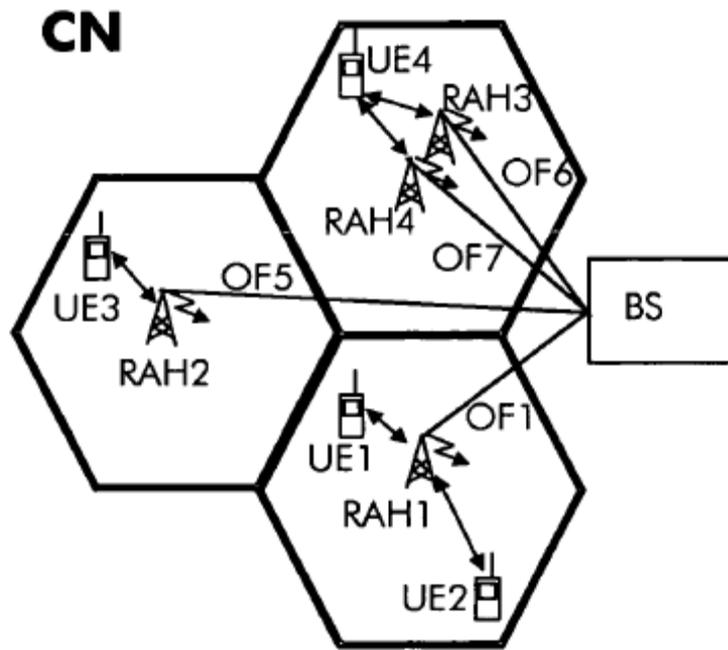


Fig.1

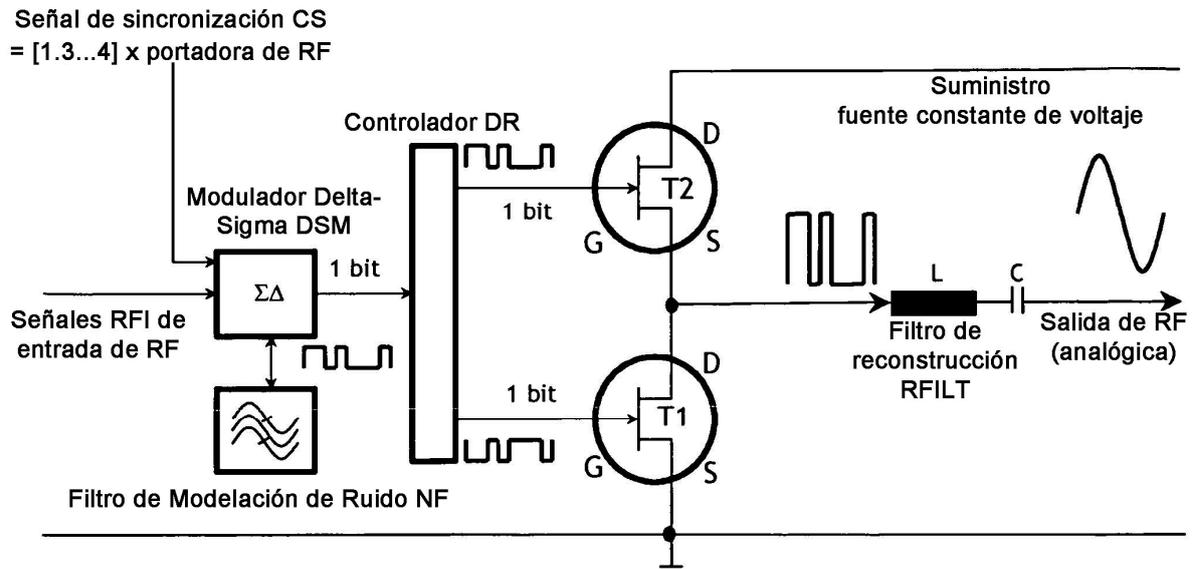


Fig. 2

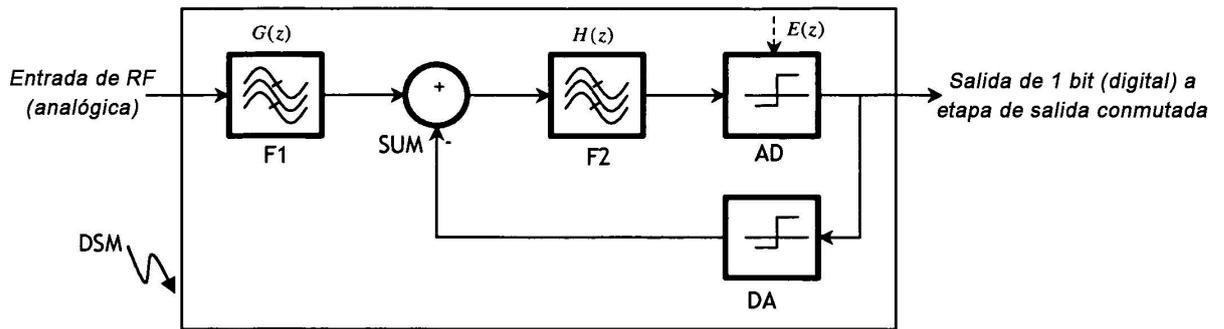


Fig. 3

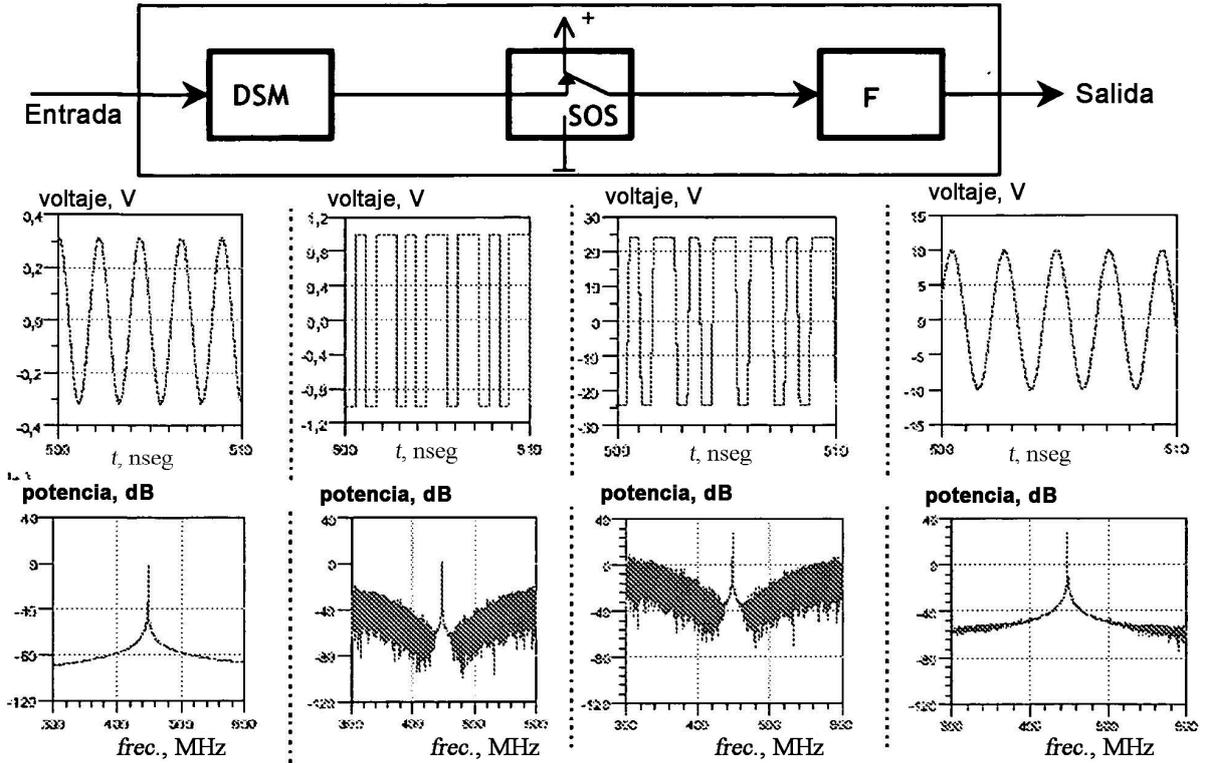


Fig. 4

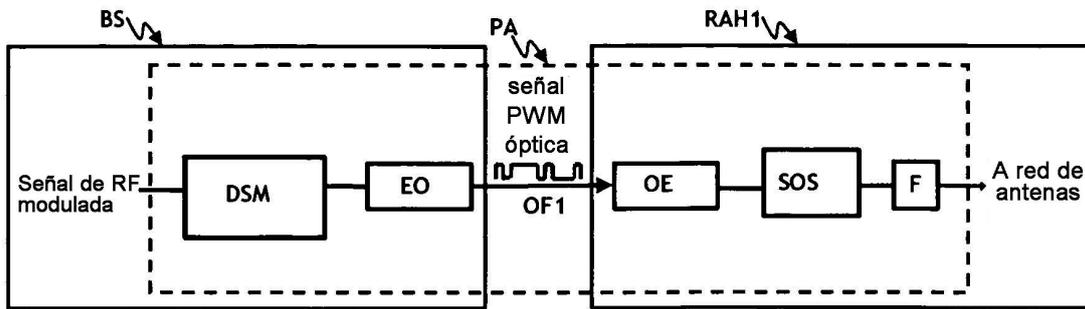


Fig. 5

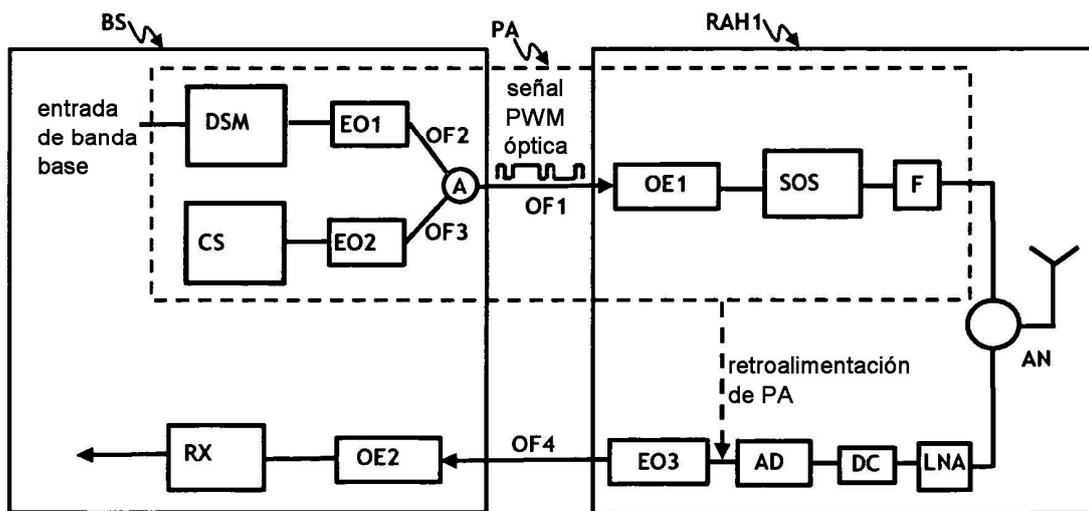


Fig. 6

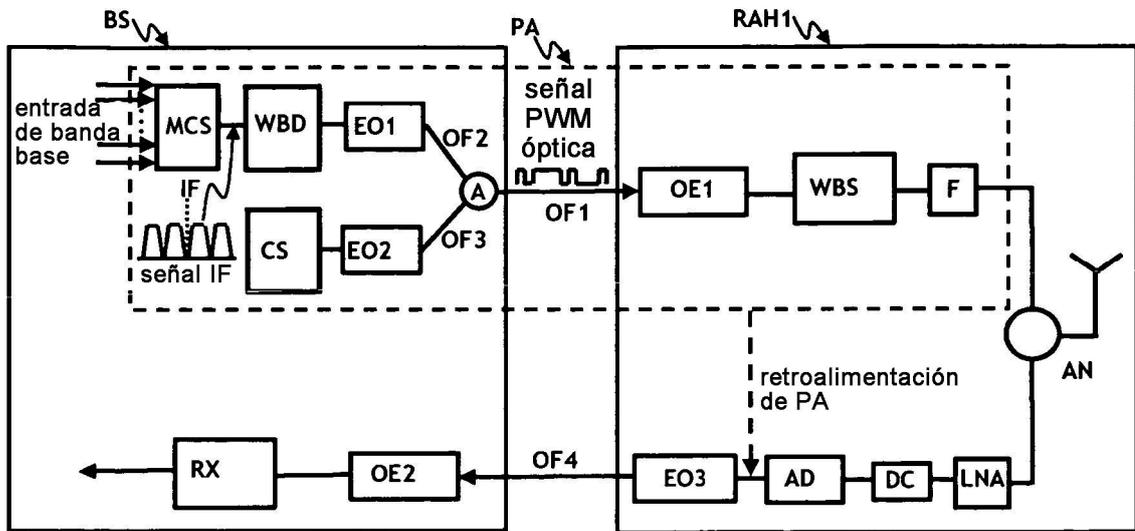


Fig. 7