

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 373**

51 Int. Cl.:

H04B 10/2575 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2015 PCT/EP2015/081178**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16102678**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2015 E 15821081 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3238351**

54 Título: **Sistema y método de conversión descendente**

30 Prioridad:

23.12.2014 GB 201423160

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

17.04.2020

73 Titular/es:

**LEONARDO MW LTD (100.0%)
Christopher Martin Road
Basildon, Essex SS14 3EL, GB**

72 Inventor/es:

FLINT, IAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 754 373 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

Sistema y método de conversión descendente

- 5 La invención se refiere a un sistema y un método de conversión descendente. Más específica, pero no exclusivamente, esta se refiere a un sistema y un método de conversión descendente de señales de microondas (RF) a frecuencias menores, tales que la electrónica asociada puede analizar con mayor precisión las señales. Además, la invención se puede aplicar a múltiples bandas de RF utilizando varias longitudes de onda ópticas.
- 10 Está aceptado que la siguiente generación de sistemas multifunción utilizará tecnología de fibra para interconectar sensores a medios de procesamiento de señal de salida, para proporcionar altas velocidades de datos y bajo contenido metálico. Además, existe la opinión de que los sensores de siguiente generación utilizarán asimismo enlaces ópticos de RF para reducir el consumo de energía y el tamaño de la electrónica detrás de la detección.
- 15 En las pasadas décadas han existido muchos intentos de conseguir funcionalidad de procesamiento de microondas, tal como conversión descendente y canalización (la banda alta de EW es de 2-2-GHz, de modo que se somete a conversión descendente en bolsas de frecuencia para analizar fragmentos mezclados con frecuencias que se intentan analizar), si bien el desarrollo de componentes, tales como dispositivos de doble modulador, multiplexación por longitud de onda (WDM, wavelength multiplexing) han conducido a la publicación de una serie de nuevos trabajos que utilizan dispositivos COTS y que hacen uso del procesamiento en el dominio óptico para conseguir el rendimiento de microondas.
- 20 Las siguientes referencias proporcionan una visión del alcance de estas publicaciones. El tema común en estos documentos son diversos conceptos para hacer uso de modulación de banda lateral única y batimiento de estas con señales de portadora desplazada en frecuencia.
- 25 Las aplicaciones (si se indican) son para comunicaciones datos digitales sobre una frecuencia portadora de RF, proporcionando conversión descendente a banda base y, en algunos casos, utilizando WDM para proporcionar canales paralelos.
- 30 En el documento de Tang (2014) "electronic warfare" se incluye en la introducción, pero el método descrito es particular para conversión descendente de una modulación digital a banda base.
- 35 Las referencias citadas (anteriormente) consideran varias disposiciones de dispositivos de modulador óptico para conseguir conversión descendente óptica, si bien no se explica específicamente la disposición en la presente invención que permite asimismo señales de RF remotas.
- 40 "Papers", de Minasian (2012, 2014), presenta el método más próximo para conversión descendente, pero sin que se presente ninguna aplicación ni contexto más general.
- 45 Se da a conocer la utilización de un OEO (optoelectronic oscillator, oscilador optoelectrónico) y un MZM (Mach-Zehnder modulator, modulador de Mach-Zehnder) para conseguir conversión descendente fotónica directa de una señal de microondas modulada en amplitud digitalmente, a banda base, en el documento de Zhenzhou Tang, Fangzheng Zhang, y Shilong Pan Photonic "Microwave downconverter based on an optoelectronic oscillator using a single dual-drive Mach-Zehnder modulator", Optics Express, volumen 22, edición 1, páginas 305-310 (2014).
- 50 Se ha dado a conocer utilizar un modulador de banda lateral única y una señal de desplazamiento generada como un peine óptico, más un filtro para eliminar la portadora original, para la conversión descendente de una señal de RF digital, utilizando además WDM con una matriz de moduladores para introducir conversión descendente de enlaces paralelos, en el documento de Ting Zhang et al., "High-Spectral-Efficiency Photonic Frequency Down-Conversion Using Optical Frequency Comb and SSB Modulation", volumen 5, número 2, abril de 2013.
- 55 Se proporciona una revisión de una serie de conceptos para procesamiento fotónico, que incluye varias ideas para utilizar batido entre bandas laterales para proporcionar una señal sometida a conversión descendente, en el documento de R. A. Minasian, E. H. W. Chan, X. Yi, "Microwave photonic signal processing", Optics Express, volumen 21, edición 19, páginas 22918-22936 (2013).
- 60 El documento de Erwin H. W. Chan, Robert A. Minasian, "Microwave Photonic Downconverter with High Conversion Efficiency", Journal of Lightwave Technology, volumen 30, número 23, 1 de diciembre de 2012, presenta un método para utilizar un dispositivo modulador MZ doble para conseguir conversión descendente de microondas.
- Se conoce un sistema de conversión descendente acorde con el estado de la técnica, por el documento US2013/177315.
- 65 La técnica anterior dada a conocer arriba esta en gran medida basada en electrónica. Se puede integrar tecnología fotónica en los sistemas actuales. Por ejemplo, existen sistemas disponibles que utilizan decenas de moduladores

láser de portadora óptica y un mux que combina múltiples longitudes de onda mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en un chip, dentro de un paquete de 2,5 x 2,5 cm. En una forma de la presente invención, esta permite que toda la banda de frecuencia EW se trate mediante canalización. Esto se realiza teniendo un oscilador local (LO, local oscillator) y un convertidor analógico a digital (ADC, analogue to digital converter) para cada banda de RF de 2 GHz. Alternativamente, la frecuencia del LO óptico se puede modificar rápidamente (en un número reducido de nanosegundos), permitiendo de ese modo que el receptor se "encargue" ("set on") de cualquier señal EW particular para analizarla.

De acuerdo con la invención, se da a conocer un método de conversión descendente de un espectro de señal de microondas (RF) de gran ancho de banda a frecuencias menores utilizando fotónica, de tal modo que la electrónica de procesamiento puede analizar con mayor precisión las señales.

De acuerdo con la invención, se da a conocer un método de conversión descendente de un espectro de señal de microondas (RF) de gran ancho de banda, a menores frecuencias utilizando fotónica, de tal modo que la electrónica de procesamiento puede analizar con mayor precisión las señales, que comprende las etapas de proporcionar en paralelo una serie de canales de longitudes de onda; combinar las longitudes de onda, pasando las longitudes de onda combinadas a través de un modulador; pasar una señal de antena recibida a través de dicho modulador, entregando el modulador una señal con características relacionadas con la señal de antena de entrada, generar una señal de salida mediante la desconvolución de la señal entregada desde el modulador.

De acuerdo con la invención, se da a conocer además un dispositivo para conversión descendente de una señal de antena RF de gran ancho de banda a frecuencias menores, que comprende una serie de emisores de radiación, introduciéndose la radiación emitida en un medio de transmisor WDM, entregándose la salida del medio de transmisor WDM a medios de modulador, recibiendo los medios de modulador la señal de antena de RF, estando la salida de los medios de modulador desplazada en una cantidad en relación con la señal de antena, comprendiendo además el dispositivo un medio de receptor WDM, recibiendo el medio de receptor WDM la señal entregada por el modulador y entregando una señal relacionada directamente con la señal de RF recibida por la antena de RF al medio de ADC, entregando el medio de ADC señales a medios de procesamiento de señal digital para el procesamiento en curso.

La utilización de fotónica en la presente invención permite que cualquier antena se localice remotamente en un ala de una aeronave sin pérdida de rendimiento de RF cuando se transporta la señal al bastidor de electrónica. Se puede utilizar un único amplificador y modulador de RF detrás de la antena, para modular múltiples señales ópticas WDM, de tal modo que se puede cubrir simultáneamente toda la EW.

Además, si las señales de RF están ya en una portadora óptica, está presente invención utiliza métodos para proporcionar la conversión descendente de RF y el filtrado de limitación de banda dentro del dominio óptico, donde el espacio y el tamaño adicionales para añadir estas funciones es muy reducido en comparación con los típicos filtros y convertidores de frecuencia de RF.

Considerando el método acorde con una forma de la invención de conversión descendente utilizando el batido entre la banda lateral de RF y una frecuencia desplazada, la presente invención da a conocer un sistema para un espectro de señal de microondas de gran ancho de banda, frente a los sistemas descritos en la referencias anteriores, que están relacionados con comunicaciones digitales que utilizan una portadora fija.

La fotónica tiene los beneficios potenciales de alto aislamiento de RF, resistencia EMI, tamaño pequeño y comportamiento no variable sobre un amplio intervalo de frecuencias de RF. Además de satisfacer las funciones de procesamiento de RF, es posible proporcionar procesamiento en paralelo con muy poca sobrecarga adicional. Dado que la frecuencia óptica es muy alta en comparación con la frecuencia de RF, los productos "espurios" de la mezcla que se observan saliendo de un "mezclador" electrónico están fuera del ancho de banda del receptor, por lo que no se ven.

Según la técnica anterior "El SFDR del enlace fotónico de microondas con conversión descendente fotónica se comparó con el SFDR de un mezclador de microondas convencional. En cada medición spur, el legislador fotónico sobrepasó el mezclador de microondas convencional en, por lo menos, 30 dB [51]. Tal como se demostró empíricamente, el mezclado en el régimen óptico proporcionó significativamente menos señales espurias frente a los mezcladores electrónicos del estado de la técnica, manteniendo al mismo tiempo un funcionamiento sobre anchos de banda instantáneos mayores".

Actualmente, los ADC pueden digitalizar con precisión señales de RF de hasta 2 GHz. La guerra electrónica requiere digitalizar señales de hasta varias decenas de GHz. Mediante la conversión descendente de las señales en señales de menor frecuencia, cualquier señal de hasta varias decenas de GHz puede ser analizada por los ADC convencionales.

La presente invención está dirigida a dar a conocer un sistema de este tipo, superando al mismo tiempo los problemas asociados con la técnica anterior.

La invención se describirá a continuación haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los cuales:

5 La figura 1 es un diagrama esquemático de implementación de una forma de la invención que muestra una antena de RF que transmite y recibe módulos en los que se imponen señales de oscilador local (LO) sobre múltiples longitudes de onda ópticas utilizando moduladores de Mach-Zehnder (MZ);
 la figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un peine de separaciones de RF, cada una sobre una diferente longitud de onda óptica superpuesta sobre una señal de RF procedente de una antena;
 10 la figura 3 es un diagrama esquemático de una forma de la presente invención que muestra un sistema para la generación de portadoras de microondas utilizando un OEO de bajo nivel;
 la figura 4 es un diagrama esquemático de otra forma de la presente invención, que muestra un sistema para la generación de portadoras de microondas utilizando un OEO de fluctuación ultra-baja, de alto nivel; y
 la figura 5 es un diagrama esquemático de otra forma de la presente invención, que muestra un peine de RF de microondas mediante la generación OEO de un simple a múltiples 10's en un espacio compacto.

15 Tal como se muestra en la figura 1, un transmisor WDM comprende diferentes emisores láser I1, I2 y I3 que pueden estar incorporados en sustratos InP, en la zona de 10 a 40 canales. Las salidas de los emisores son introducidas en un modulador MZ que combina la luz, y se puede producir interferencia constructiva o destructiva. La salida del modulador MZ es introducida en un multiplexor (MUX). El multiplexor puede comprender un conjunto de red de guía de ondas, por ejemplo se pueden utilizar redes de Bragg. Las guías de ondas interfieren constructivamente y son entregadas desde el multiplexor.

20 La salida del multiplexor es transmitida por medio de una fibra adecuada a otro modulador, que puede ser otro modulador MZ o cualquier otra forma adecuada de modulador de un solo lado, que no sea ópticamente sensible.

25 La salida de este otro modulador produce señales de banda lateral desplazadas mediante la frecuencia de entrada procedente de la antena. Esta se desplaza con frecuencias LO en el modulador, que es sensible a la polarización.

30 Es posible que se transmita una señal comparativa bien de una polarización diferente por medio de otro modulador, o directamente por medio de una fibra, al receptor WDM.

En el receptor WDM, una segunda AWG divide la señal en longitudes de onda separadas I1 I2 y I3. Sin embargo, las longitudes de onda se desplazan a continuación en una cantidad indicativa de la señal de entrada del antena.

35 El mezclado de estas longitudes de onda de salida se produce en fotodiodos, y se entregan señales EW1 EW2 y EW3 a un ADC y a una unidad DSP de procesamiento de señal digital relevante.

40 Se apreciará que el ADC puede ver solamente 2 Gb, por lo que es necesario mezclar suficientes canales de tal modo que el A a D apropiado pueda analizar la señal.

Una señal entrada habitual es 2-20, por lo tanto 18 GHz en total, de manera que en este ejemplo serían necesarios 9 canales. Un solo ADC de 12 entradas puede analizar 2 GHz.

45 Tal como se puede ver en la figura 1, en uso se imponen señales de RF de LO sobre múltiples longitudes de onda ópticas utilizando los moduladores MZ. La frecuencia de LO de cada canal óptico se separa como un peine de frecuencias, con una separación igual o menor que la frecuencia máxima que puede analizar un ADC individual. El número de separaciones de frecuencia de LO, cuando se suman entre sí, es tal que se abarca todo el ancho de banda de RF de interés procedente del antena, tal como se muestra en la figura 2.

50 La señal de RF procedente de la antena impone una señal de RF por medio de un modulador ZM óptico sobre todas las longitudes de onda ópticas, ver la figura 1.

55 Las bandas laterales ópticas desde cada LO en cada longitud de onda se batan con la banda lateral creada por el modulador en la antena. Por lo tanto, cada longitud de onda óptica tendrá una frecuencia de batido de RF que el convertidor analógico (ADC) individual en dicha longitud de onda óptica puede analizar, o la frecuencia de batido será tan alta o baja (o filtrada en RF) que será ciega para la señal.

60 La salida de datos desde el ADC se introducirá en medios de procesamiento de señal digital (DSP) para su análisis. La señal de antena de RF procedente de las señales de LO conocidas puede ser sometida a conversión descendente en cada longitud de onda óptica. Combinando la información sobre cada longitud de onda óptica, se puede construir la información para todo el ancho de banda de la señal de antena de RF de interés.

65 De este modo, la invención da a conocer un método para conversión descendente del espectro de señal de microondas (RF) de gran ancho de banda a frecuencias menores, de manera que la electrónica de procesamiento puede analizar con mayor precisión las señales.

La eficiencia de la conversión descendente de RF fotónica depende de muchas cosas. Existirán pérdidas ópticas. En primer lugar, una gran fracción de la longitud de onda de la portadora óptica se colocará en las bandas laterales de RF ópticas: esto requiere la utilización de bandas laterales únicas (SSB, single side bands) MZ, disponibles actualmente como productos COTS de un solo canal. Adicionalmente, esto requiere polarizar un modulador MZ COTS estándar a $\pi/2$ para producir dos $2f$ bandas laterales a cada lado de la portadora, utilizando a continuación ambas bandas laterales para mezclar las bandas laterales procedentes del modulador MZ en la antena. Este es un nuevo método para utilizar componentes COTS de manera conocida, pero consigue un efecto deseado y una nueva función. Existen ventajas y desventajas de tener dos bandas laterales en lugar de una -digamos, mediante la utilización de un MZ SSB. Tener dos bandas laterales significa que existen más productos cruzados que añaden complejidad, y cada banda lateral tiene la mitad de potencia. Sin embargo, las dos bandas laterales son $4 \times$ LO conocidos separados, de manera que se puede utilizar una señal para reducir el ruido en la segunda. La utilización de $2f$ tiene ventajas en la mejora de la penetración del LO.

En el caso específico en que utilizar dos bandas laterales $2f$ se hace problemático, se puede utilizar un filtro fotónico COTS, tal como un Fabry-Perot Micron o un Bragg de fibra, para eliminar una de las bandas laterales.

Pueden existir asimismo pérdidas ópticas debidas a interconexiones, desalineación, pérdida de dB por distancia en el material componente (no la fibra) y a la complejidad del dispositivo -divisor en Y y acopladores y otros componentes. Sin embargo, existen asimismo ventajas significativas. Por ejemplo, se apreciará que existe la posibilidad de expandir el proceso a múltiples anchos de banda en paralelo. Además, la invención se puede aplicar a múltiples bandas de RF utilizando varias longitudes de onda ópticas. La invención da a conocer asimismo la posibilidad de posicionar remotamente el componente de entrada de RF respecto del resto del medio de procesamiento de señal.

Adicionalmente, se puede asimismo suministrar potencia mediante la fibra, reduciendo de ese modo el requisito de potencia eléctrica en el ala, periscopios, la parte superior o un UAV. Este es un método ligero y flexible para conseguir potencia en lugares inaccesibles. La misma fibra física puede ser utilizada para la transmisión de RF con la selección correcta de componentes

La utilización de tecnología de fibra permite asimismo canalizar desde la antena señales de alto margen dinámico y señales de ancho de banda ultra-ancho. La fibra es un buen medio de transmisión para dichas señales dado que no existe pérdida de la calidad de la señal -no hay pérdida de potencia o distorsión de la señal sobre, digamos, el tamaño de una plataforma militar. Asimismo, la fibra carece de EMC y resiste alta temperatura, y es ligera y flexible.

La utilización de transmisión de fibra permite relativamente poca potencia y sistemas analógicos pequeños simples en el borde del ala, parte superior del periscopio o UAV (dron), donde el espacio y la potencia son valiosos y el entorno es más hostil. La señal analógica necesaria puede a continuación ser canalizada de vuelta a través de la fibra donde más potencia espacial, y el entorno es más benigno. Se mejora asimismo el mantenimiento mediante este enfoque. Además, los altos valores de Q que se pueden conseguir con la fotónica permitirían la realización de filtrado de RF, que no es práctico en el dominio electrónico.

Los osciladores fotónicos OEO están cerca de ser los osciladores con menos ruido de fase disponibles a temperatura ambiente. Los OEO pueden ser utilizados para realizar las señales de LO y el peine, tal como se ha descrito anteriormente, y dado que el sistema está ahora en el dominio óptico, donde pueden ser problemas una mayor potencia TEC y potencia de RF, OEO de moduladores MZ es un método conveniente para realizar esto.

Un problema principal para retrasar la utilización de fibras y fotónica en dichos sistemas ha sido históricamente el margen dinámico limitado de un enlace óptico para altos anchos de banda RF EW. El margen dinámico en el sistema de fibra óptica es la señal frente a ruido desde el piso de ruido hasta la distorsión introducida por el modulador óptico. Existen métodos para disminuir la distorsión de la modulación óptica, pero habitualmente estos solamente eliminan unos pocos decibelios de distorsión, e involucran habitualmente la utilización de componentes no COTS y con mayores pérdidas ópticas. Por lo tanto, es mejor reducir el ruido para aumentar el margen dinámico.

El piso de ruido es habitualmente una combinación de RIN (relative intensity noise, ruido de intensidad relativa) de un láser utilizado en sistemas fotónicos; el ruido de disparo (el número de fotones por segundo que llegan); la corriente oscura del fotodiodo; y el ruido de Johnson de la resistencia de todo el circuito eléctrico. Para un enlace óptico de alto margen dinámico, el ruido está dominado habitualmente por el RIN dado que existe suficiente potencia óptica en el enlace. Los láseres son habitualmente láseres de retroalimentación distribuida (DFB, Distributed Feedback) -algunos láseres están fabricados para ser de bajo RIN.

La potencia del ruido para todas las fuentes anteriores aumenta con el ancho de banda.

El margen dinámico se puede mejorar disminuyendo el ruido, al disminuir el ancho de banda de RF en cada canal óptico, disminuyendo de ese modo el piso de ruido. En los sistemas aquí descritos se pueden conseguir especificaciones de guerra electrónica con componentes COTS fácilmente disponibles. Tradicionalmente, los

dispositivos fotónicos construidos expresamente son de fabricación costosa, pero utilizar componentes COTS puede reducir significativamente el coste de dichos sistemas.

5 Un objetivo del presente sistema es dar a conocer sistemas de baja potencia, ligeros, pequeños, en la antena - donde el espacio y la potencia son limitados. Tener componentes simples en la antena que pueden resistir el entorno de la antena, donde el intervalo de temperaturas experimentado puede ser un problema, fácilmente disponibles y adecuadamente resistentes para la aplicación específica. El problema principal en la utilización de productos COTS es probablemente el intervalo de temperaturas para un entorno militar. La utilización de fibras como
10 medios de transmisión permite que estos dispositivos sensibles se posicionen remotamente en lugares en plataformas tales como bastidores de aviónica, donde existe un mejor control del entorno.

15 Por lo tanto, la presente invención propone disminuir el ancho de banda de un canal óptico, de manera que se consigue el margen dinámico requerido sobre el ancho de banda limitado. Para permitir el ancho de banda EW completo, el sistema añadirá simplemente la información desde muchos canales ópticos, que transportan cada una información de su parte del peine de RF. Se debe observar que el peine se puede hacer dinámico si el número de canales está limitado por tamaño o coste -dichas partes diferentes del espectro de RF pueden ser analizadas en cualquier momento. Las partes del peine pueden solapar para proporcionar redundancia y, por lo tanto, robustez.

20 Una disminución en el ancho de banda en cada canal óptico permite utilizar láseres más ruidosos pero integrados, tales como dispositivos integrados. Los láseres integrados de forma monolítica son habitualmente de calidad inferior pero pueden ahorrar masivamente en tamaño y coste, debido a que habitualmente el 90 % del coste y el 99 % del volumen de un dispositivo de un solo canal es el empaquetamiento. Por lo tanto se pueden combinar láseres, moduladores y multiplexores en una matriz. Se apreciará que existen dispositivos disponibles, tales como receptores
25 monolíticos integrados, que combinan demux, donde demux es el inverso de mux (que significa que una AWG (arrayed waveguide grating, conjunto de red de guías de ondas) separa cada longitud de onda óptica en canales físicos, amplificadores ópticos y fotodiodos.

30 En los sistemas descritos anteriormente, se pueden utilizar muchos canales ópticos para abarcar todo el ancho de banda EW requerido, una longitud de onda para cada 0,2 GHz, por ejemplo canales para abarcar bandas EW. Por ejemplo, diez láseres, diez moduladores y mux (es decir una AWG, utilizada para poner todas las longitudes de onda ópticas en un canal óptico físico que sale en una fibra) se pueden integrar en un paquete de 2,5 cm cuadrados. Aunque se han conseguido hasta 40 láseres y 40 moduladores.

35 Si bien el ancho de banda del sistema está limitado por la conversión analógica a digital, sin filtrado RF, esto no es significativo dado que el solapamiento de las diferentes frecuencias de RF puede ser eliminado en software.

40 Se apreciará que múltiples ADC de baja frecuencia y número elevado de bits están disponibles económicamente en bandas integradas de silicio. Dichos ADC de baja frecuencia son ventajosos dado que tienen un menor consumo de energía y permiten un mayor número de bits de resolución.

45 La calibración de bandas de EW - Fo se puede someter a desconvolución en software. Históricamente los sistemas se han fabricado y dimensionado para adaptarse a determinada especificación de rendimiento. En este caso, existen muchos canales con rendimiento variable -y debido a que el procesamiento de datos es más potente de lo que solía ser, el rendimiento desajustado del sistema se puede medir cuando se expone a un espectro RF EW calibrado- de manera que se puede normalizar (y guardar) el rendimiento ondulado sobre la banda (algo más sensible a ciertas frecuencias que a otras). Esto es más económico -menos manipulación (optimización) de los múltiples canales. Existe asimismo una redundancia de solapamiento en los canales, si un canal no es perfecto los canales a cada lado pueden compensar la deficiencia.

50 Si es necesario, se puede conseguir robustez para señales grandes en medio del muestreo de señales pequeñas, utilizando filtros de RF o filtros fotónicos 100 veces menores (cuando se comparan con filtros de microondas convencionales).

55 Dado que el sistema descrito anteriormente utiliza sistemas ópticos, tiene sentido generar asimismo otras funciones requeridas tales como, por ejemplo, RF com y cualquier filtrado de RF, de forma fotónica. El tamaño y el consumo de energía de los circuitos fotónicos individuales es un obstáculo principal para su utilización. Sin embargo, el consumo de energía y el tamaño no aumentan significativamente para múltiples canales ópticos o más funcionalidad (en particular, si se integran dentro de un paquete).

60 Por ejemplo, el tamaño de un dispositivo integrado de 40 canales es aproximadamente el mismo tamaño que el de un único láser y modulador, y asimismo requiere aproximadamente la misma energía, dado que se requiere refrigeración termoeléctrica, y la utilización del refrigerador termoeléctrico (TEC, thermoelectric cooler) domina el consumo de energía. El consumo de energía es sustancialmente el mismo para un canal que para 40 canales.

65 Los filtros fotónicos de microondas son habitualmente 10 veces menores y más ligeros comparados con los filtros de RF tradicionales, de tal modo que la utilización de dichos dispositivos es asimismo ventajosa.

5 Los osciladores RF de muy poco ruido de fase y los peines de RF se pueden realizar asimismo utilizando osciladores optoelectrónicos (OEO, optical electronic oscillators). (eliminar lo que sigue en rosa) y estos se pueden realizar la adición de una cavidad de alta resonancia Q. De nuevo según la técnica anterior, "Además, los valores de Q alta que se pueden obtener con fotónica podrían permitir la realización de filtrado, que no es práctica en el dominio electrónico".

10 Q puede ser tan alta como $1E10$ a $1E12$ a las frecuencias ópticas de 200 THz, mientras que Q a frecuencias de microondas de 20 GHz es $1E3$ a $1E4$. La relación de frecuencia frente a Q es de 20.000 a 200 para el óptico y de 20.000.000 a 2.000.000 para microondas. Por lo tanto, el filtrado fotónico de microondas es mejor tanto en términos de estrechez del rechazo del ancho de banda como de tamaño físico.

15 Ventajosamente, la invención utiliza tecnologías de componentes ópticos estándar que incluyen moduladores Mach-Zehnder dobles, moduladores ópticos de banda lateral única y multiplexación de longitud de onda.

Utilizar múltiples dispositivos de menor frecuencia, más pequeños, más económicos, proporciona un ahorro de volumen del 30 al 100%.

20 Los ADC son grandes componentes discretos que se calientan. Si se requieren más canales, puede ser posible hacer funcionar más ADC de potencia menor más económicos. Cuantos más canales se utilizan, más próximos están los canales a las señales EW que son introducidas, de tal modo que se mejora la relación señal/ruido.

25 La corriente de salida desde los fotodiodos al banco de ADC tiene un margen dinámico que depende de la entrada de intensidad del láser, por lo que puede ser necesario restringir el ancho de banda.

Se apreciará que se puede contemplar cualquier número de canales, aunque aumentar el número de canales puede conducir a un mayor coste dado que los dispositivos requeridos serían más complejos.

30 Se apreciará que el sistema puede hacer frente a canales faltantes, en caso de que existan errores en los chips y los IC utilizados. Muchos de los dispositivos utilizados en el sistema están ya en uso en otros campos, pero se pueden utilizar como productos COTS en este sistema.

35 Se apreciará que un modulador MZ estándar se polariza utilizando una tensión de CC. En la presente invención, se puede utilizar una conversión más eficiente en bandas laterales de RF, que permite un sesgo dependiente de la aplicación prevista para el sistema.

Además, la canalización es mejor en el presente sistema, del orden de 30 dB en el dominio óptico.

40 Utilizar fotónica para procesamiento de señales proporciona, por lo tanto, una serie de ventajas proporcionadas por la presente invención sobre la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un método de conversión descendente de un espectro de señal de radiofrecuencia -RF- de microondas en frecuencias menores utilizando fotónica, comprendiendo el método las etapas de proporcionar en paralelo una serie de canales de longitudes de onda ópticas; combinar los canales de longitudes de onda, pasar los canales de longitudes de onda ópticas a través de un modulador; pasar una señal de antena recibida a través de dicho modulador, entregando el modulador una señal óptica con características relacionadas con la señal de antena de entrada, generar una señal de salida mediante recepción WDM y conversión ADC de la señal entregada desde el modulador; y **caracterizado por que** el método comprende imponer una señal de RF de oscilador local -LO- en cada uno de la serie de canales paralelos de longitud de onda óptica, siendo la frecuencia de la señal de RF de LO diferente para cada uno de los canales de longitudes de onda ópticas, estando las frecuencias de LO separadas como un peine de frecuencias con una separación igual o menor que la frecuencia más alta que puede analizar de un ADC individual utilizado para la conversión ADC.
2. Un método, según la reivindicación 1, que comprende una etapa de desconvolución que comprende introducir la señal de salida en medios de procesamiento de señal digital -DSP-; analizar la señal mediante conversión descendente de las señales de entrada, en cada entrada de longitud de onda óptica, de tal modo que se puede construir la información para todo el ancho de banda de la señal de antena RF de interés.
3. Un método, según la reivindicación 1, en el que las señales de RF de LO son generadas por osciladores optoelectrónicos.
4. Un dispositivo dispuesto para conversión descendente de una señal de antena de RF en frecuencias menores, comprendiendo el dispositivo una serie de emisiones de radiación, estando dispuesto cada uno de la serie de emisores de radiación para emitir radiación de una longitud de onda diferente, siendo la radiación emitida introducida en medios de transmisor WDM, siendo entregada la salida de los medios de transmisor WDM a medios de modulador, recibiendo los medios de modulador la señal de antena de RF, siendo desplazada la salida de los medios de modulador en una magnitud en relación con la señal de antena, comprendiendo además el dispositivo un medio de receptor WDM, estando dispuesto el medio de receptor WDM para recibir la señal entregada por el modulador y entregar una señal relacionada directamente con la señal de RF recibida por la antena de RF a medios ADC, estando dispuestos los medios ADC para entregar señales a medios de procesamiento de señal digital para el procesamiento en curso; **caracterizado por que** el dispositivo comprende osciladores de RF que están dispuestos para generar un peine de señales de RF de LO de frecuencias diferentes, y **por que** los medios de transmisor WDM están dispuestos para imponer una diferente señal de RF de LO del peine sobre la radiación emitida desde cada uno de la serie de emisores de radiación.
5. Un dispositivo, según la reivindicación 4, en el que los medios de transmisor WDM comprenden otros medios de modulador y un conjunto de red de guía de ondas.
6. Un dispositivo, según la reivindicación 4 ó 5, en el que los medios de modulador y los otros medios de modulador comprenden medios de modulador de Mach-Zehnder.
7. Un dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que los medios de recepción WDM comprenden un conjunto de red de guías de ondas y un conjunto de fotodiodos.
8. Un dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que el medio de antena comprende una antena de radar.
9. Un dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que los emisores de radiación comprenden emisores láser.
10. Un dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, en el que el número de emisores de radiación se puede seleccionar entre 2 y 40.

Figura 1

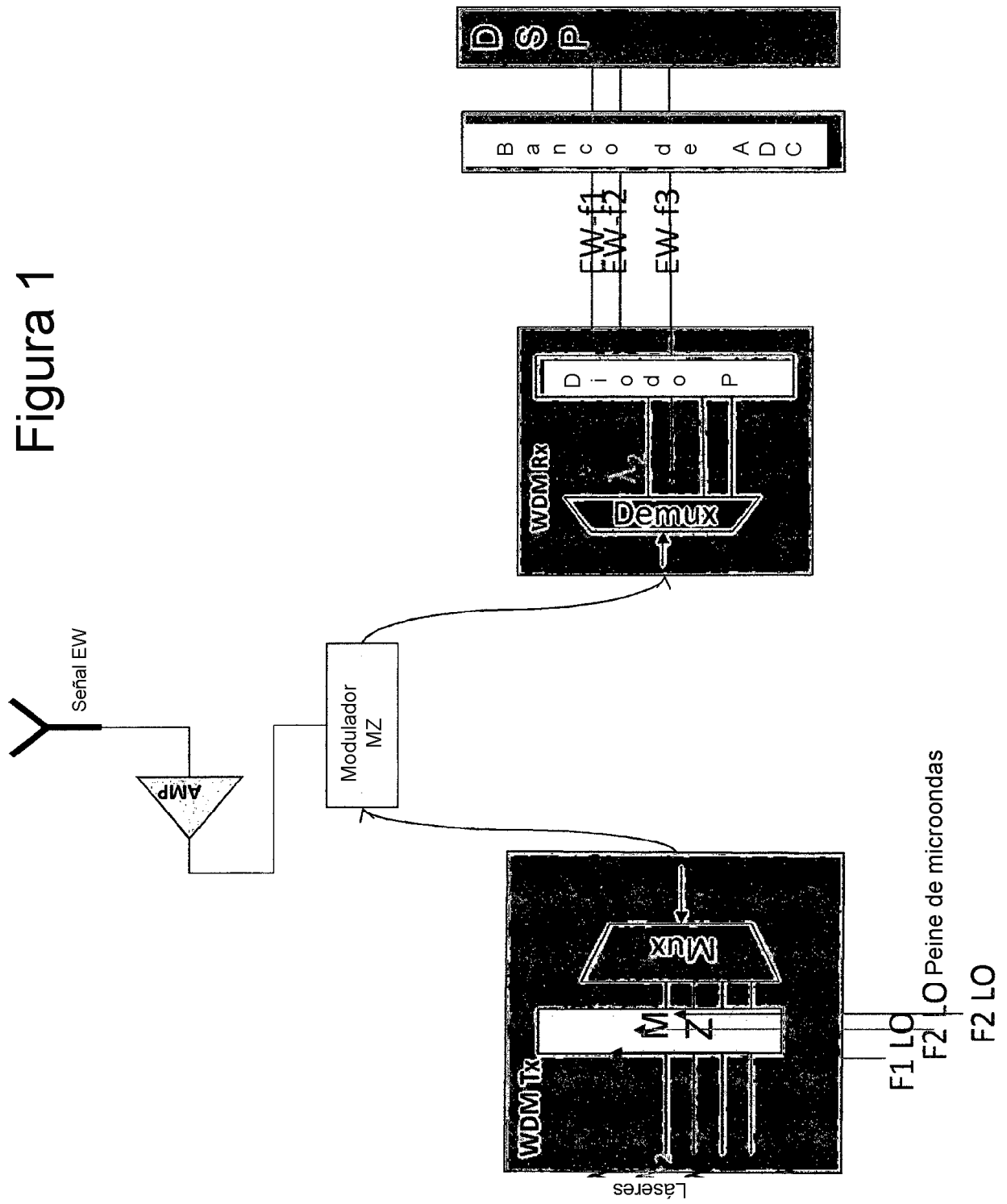


Figura 2

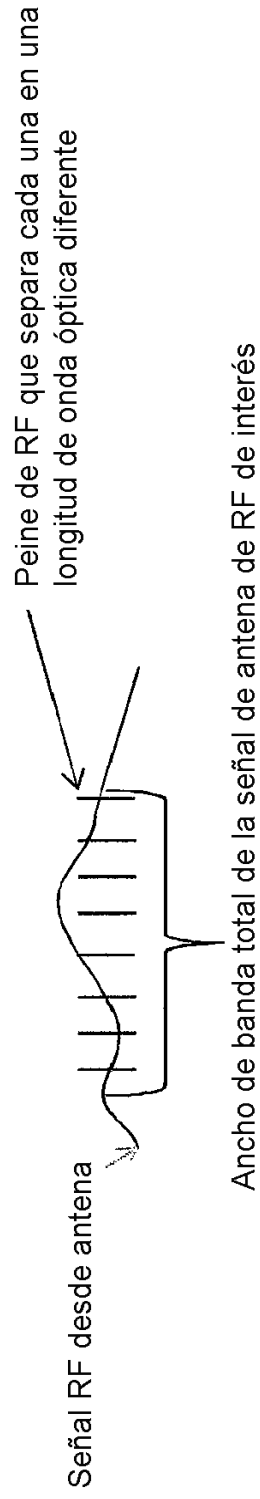


Figura 3

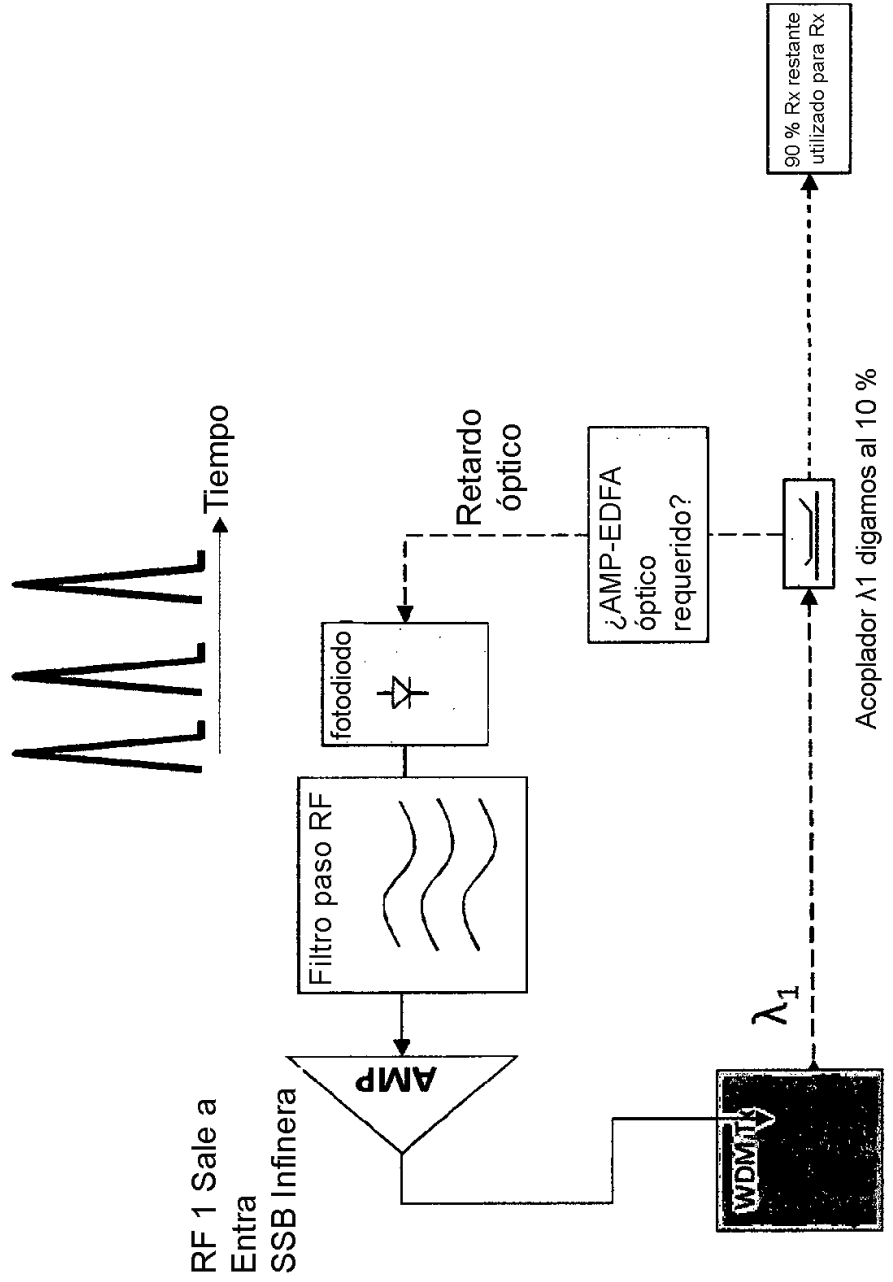


Figura 4

OEO de otra banda

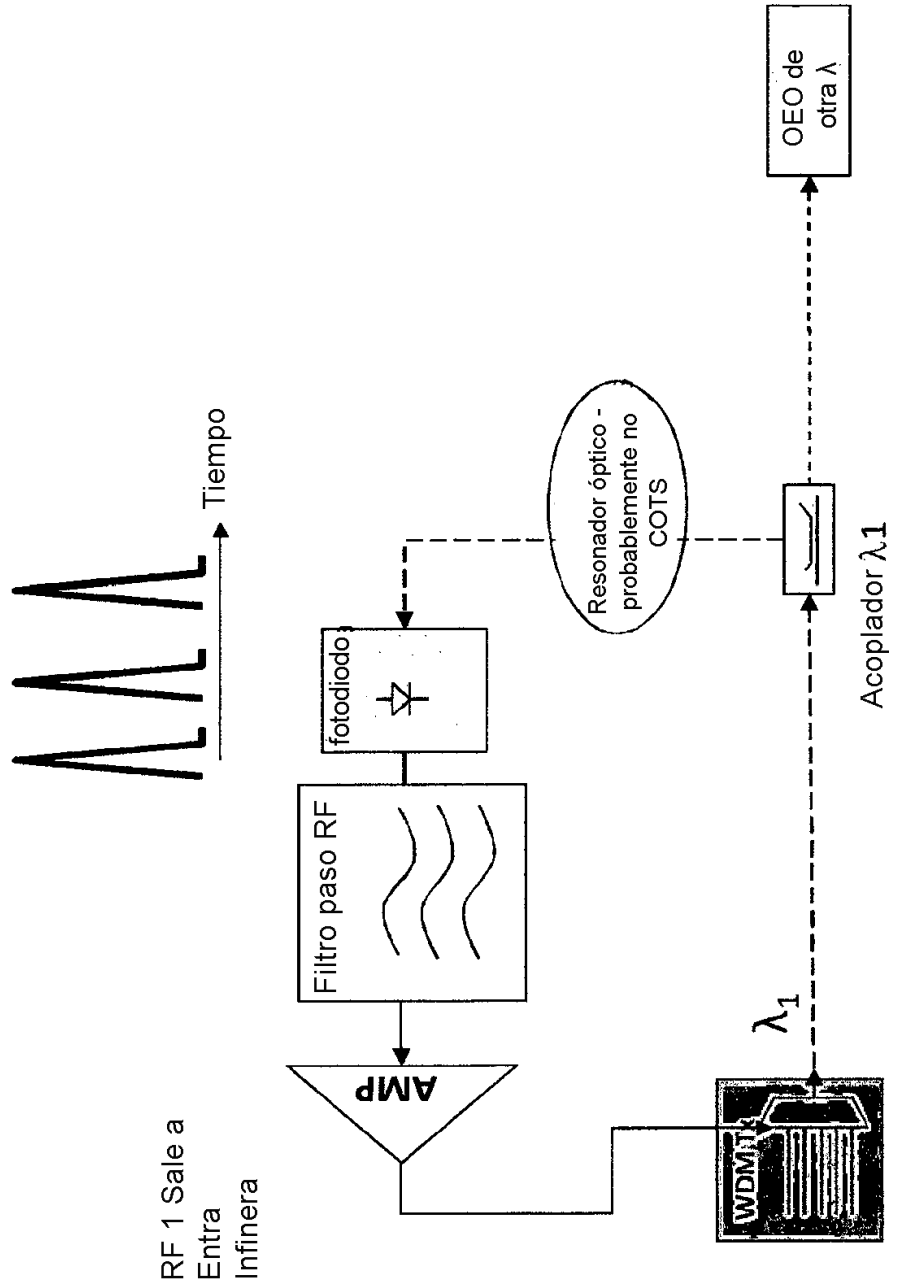


Figura 5

