



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 350 672**

⑫ Número de solicitud: 201001254

⑬ Int. Cl.:

H03B 5/12 (2006.01)

H03C 3/22 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **24.09.2010**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **26.01.2011**

Fecha de la concesión: **16.06.2011**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **29.06.2011**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
29.06.2011

⑲ Titular/es: **Universidad de Cantabria
Pabellón de Gobierno
Avda. de los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES**

⑳ Inventor/es: **Pontón Lobete, María Isabel;
Fernández Ruiz, Elena;
Suárez Rodríguez, Almudena y
Ramírez Terán, Franco Ariel**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Modulador de fase basado en osciladores sincronizados.**

㉓ Resumen:

Modulador de fase basado en osciladores sincronizados. Un modulador de fase (20) diseñado para obtener a su salida un margen de fase estable de 360° , que comprende: un generador para inyectar (200) una señal a una frecuencia de entrada ω_0 ; un oscilador push-push que a su vez comprende un primer oscilador (201) y un segundo oscilador (202) igual al primero (201), operando ambos osciladores (201, 202) a dicha misma frecuencia de entrada ω_0 , estando dichos primer y segundo osciladores (201, 202) conectados entre sí mediante una red de acople (203) diseñada para que las salidas de ambos osciladores (201, 202) se encuentren desfasadas entre sí 180° , donde dicho oscilador push-push comprende además una red de combinación de potencia (204) diseñada para sumar la salida de ambos osciladores (201, 202) y obtener una salida única (205) cuya frecuencia de operación es el doble de dicha frecuencia de entrada $2\omega_0$; y medios (207) para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador (200), desfasada 180° , simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores (201, 202). El modulador de fase (20) comprende una red de polarización y control (206) configurada para proporcionar una pluralidad de tensiones de control ($V_1, V_2, V_3 \dots$) a dichos primer y segundo osciladores (201, 202), habiendo tantos valores para las tensiones de control como número de valores de fase necesarios para un determinado tipo de modulación en fase, donde dichos valores de fase se ajustan mediante el ajuste de al menos una de dichas tensiones de control.

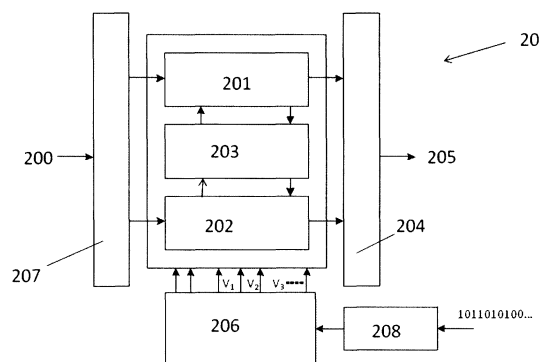


FIGURA 2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Modulador de fase basado en osciladores sincronizados.

5 **Campo de la invención**

La presente invención pertenece al campo de los moduladores de fase y, más concretamente, al de los moduladores de fase basados en osciladores sincronizados o inyectados.

10 **Antecedentes de la invención**

Recientemente, se ha propuesto el uso de osciladores sincronizados o inyectados (del inglés, *injection-locked oscillators*) como moduladores de fase directos (del inglés, *direct phase modulators*) compactos y de bajo coste. Ejemplos de estos moduladores son los descritos por Dussopt, L. *et al.* en "BPSK and QPSK modulations of an oscillating antenna for transponding applications", *Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings*, vol. 5, pp. 335-338, Oct 2000, por Liu X. *et al.* en "New approach for QPSK modulation", *Vehicular Tech. Conf. 2001.*, vol. 2 pp. 1225-1228, 6-9 May 2001, por Drew, S. *et al.* en "Phase modulated active antenna", *Electronics Letters* no. 10, pp. 835-836, May 1993 y por Lopez-Villegas, J.M. *et al.* en "Continuous phase shift of sinusoidal signals using injection locked oscillators", *Microwave and Wireless Components Letters*, no. 5, pp. 312-314, May 2005.

Entre otras aplicaciones, este concepto es interesante para la implementación de antenas activas moduladas en fase y sistemas de osciladores acoplados para direccionamiento de haz (del inglés, *beam steering*). El principio de operación se basa en el hecho de que la fase de un oscilador sincronizado a una frecuencia fija ω_s cambia con el voltaje de polarización (*bias voltage*) de los dispositivos usados, tal y como describen, por ejemplo, Zhang, X. *et al.* en "Full 360° phase shifting of injection-locked oscillators", *Microw. Guided Wave Letters*, no. 1 pp. 14-16, Jan. 1993 y Araña, V. *et al.* en "Nonlinear synthesis of phase shifters, based on synchronized oscillators", *IEEE Microw. And Wire. Comp. Lett.*, vol. 15, no. 11, pp. 760-762, Nov. 2005. Así, es posible obtener un modulador de fase introduciendo la señal de modulación a través de la línea de polarización. Un problema derivado de esta técnica es la limitación inherente del rango de fase estable a unos 180°, lo cual podría impedir modulaciones del tipo M-PSK, ya que estas requieren variar el valor de fase entre 0° y 360°. Otro aspecto crítico es la no linealidad de la característica de la variación de fase de un oscilador inyectado frente al voltaje de polarización, con una gran sensibilidad cerca de los bordes del intervalo de fase estable, lo que a menudo redundaría en una reducción práctica del rango teórico de variación de fase.

Se han propuesto varias soluciones para superar estas limitaciones. Una de ellas es la conexión en cadena de dos osciladores sincronizados (u osciladores inyectados), lo que puede ser difícil de implementar en la práctica, ya que requiere el ajuste del rango de enganche en fase (*phase locking*) de los dos osciladores, que debe coincidir aproximadamente. Otra solución es la sub-sincronización del oscilador. Esta técnica requiere la inyección de la señal de sincronización a la mitad de la frecuencia de oscilación, lo que proporciona una duplicación inherente de la modulación de fase. El principal inconveniente de esta técnica es que normalmente el ancho de banda de operación de los osciladores sub-sincronizados es muy reducido y además se requiere que el nivel de potencia de inyección sea relativamente alto.

La posibilidad de duplicar el rango estable de variación de fase usando un oscilador push-push sincronizado (del inglés, *injection-locked push-push oscillator*) se ha estudiado por E. Fernández *et al.* en "Semi-Analytical Formulation for the Phase-Noise Analysis of Injection-Locked Push-Push Oscillators", *39th European Microwave Conference*, pp. 1680-1683, Nov. 2009 Rome y por M. Pontón *et al.* en "Harmonic-balance design and analysis of an injection-locked push-push oscillator", *Integr. Nonlinear Microw. Millimetre-Wave Circuits, INMMIC 2008. Workshop on* pp. 53-56, 24-25 Nov. 2008. Un oscilador push-push se compone de dos circuitos osciladores operando a una frecuencia ω_0 , y con diferencia de fase de 180°. Asumiendo simetría perfecta de los dos sub-osciladores a ω_0 , los componentes armónicos impares se cancelan a la salida del circuito, mientras que los componentes armónicos pares se suman en fase. El posible inconveniente de la configuración push-push es su baja potencia de salida. Sin embargo, H. Chang *et al.* en "A 22 GHz ultra low phase noise push-push dielectric resonator oscillator using MMICs", *12th GaAs symposium*, 2004, Amsterdam, ha reportado implementaciones con niveles de potencia adecuados.

55 **Resumen de la invención**

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente y proporciona un modulador de fase basado en osciladores sincronizados alternativo.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un modulador de fase diseñado para obtener a su salida un margen de fase estable de 360°, que comprende: un generador para inyectar una señal a una frecuencia de entrada ω_0 , un oscilador push-push que a su vez comprende un primer oscilador y un segundo oscilador igual al primero, operando ambos osciladores a dicha misma frecuencia de entrada ω_0 , estando dichos primer y segundo osciladores conectados entre sí mediante una red de acoplo diseñada para que las salidas de ambos osciladores se encuentren desfasadas entre sí 180°, donde dicho oscilador push-push comprende además una red de combinación de potencia diseñada para sumar la salida de ambos osciladores y obtener una salida única cuya frecuencia de operación es el doble de dicha frecuencia de entrada $2\omega_0$. El modulador de fase comprende también medios para inyectar dicha

señal de entrada procedente del generador, desfasada 180°, simultáneamente a cada uno de los dos osciladores. El modulador de fase comprende además una red de polarización y control configurada para proporcionar una pluralidad de tensiones de control a los dos osciladores, habiendo tantos valores para las tensiones de control como número de valores de fase necesarios para un determinado tipo de modulación de fase, donde dichos valores de fase se ajustan mediante el ajuste de al menos una de dichas tensiones de control.

En una realización particular, los medios para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador, desfasada 180°, simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores comprenden un transformador.

Alternativamente, los medios para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador, desfasada 180°, simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores comprenden un divisor de potencia.

Preferentemente, el modulador de fase comprende además un codificador digital-analógico configurado para, si la señal a transmitir es digital, codificar el tren de bits de entrada en símbolos adecuados al tipo de modulación que se vaya a utilizar, de forma que dichos valores de las tensiones de control sean los adecuados para que el valor de fase a la salida corresponda con el valor correspondiente a cada símbolo.

En una realización particular, el modulador de fase está configurado para proporcionar a su salida una señal modulada del tipo M-PSK.

Preferentemente, el modulador de fase está configurado para proporcionar una señal de salida a una frecuencia que se encuentra en la banda comprendida entre los 300 MHz y los 30 GHz.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

Breve descripción de las figuras

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema general de un oscilador push-push.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques de un modulador en fase de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3 muestra la característica de fase del oscilador push-push sincronizado del modulador de fase de la invención, en función de un parámetro P.

La figura 4 muestra un ejemplo de implementación del modulador de fase de la invención.

Las figuras 5A y 5B muestran la variación de la fase (en grados) a la salida del modulador de la figura 4 en función del tiempo (en microsegundos) para un esquema de modulación QPSK.

La figura 6 muestra La característica de fase (en grados) con respecto al voltaje de polarización del varactor del modulador de la figura 4.

La figura 7 muestra el espectro de ruido de fase del modulador de la figura 4.

Descripción detallada de la invención

En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

A lo largo de este texto, los términos “sincronizado” e “inyectado” se usan indistintamente para referirse al concepto ampliamente aceptado en inglés de “injection-locked”.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

A continuación se describe el modulador de fase basado en osciladores sincronizados de la invención.

ES 2 350 672 B2

El rango de frecuencias de trabajo que puede obtenerse con el modulador de fase aquí descrito puede variar entre los límites comprendidos en la banda de 3 kHz - 300 GHz (radiofrecuencia). Preferentemente, este rango varía en la banda comprendida entre los 300 MHz y los 30 GHz.

5 La utilización de osciladores push-push permite la obtención de señales a una frecuencia igual al doble de la frecuencia original de oscilación de los sub-osciladores empleados. Esto permite extender las frecuencias de operación de los transistores o dispositivos activos utilizados en el diseño de los sub-osciladores, a la vez que evita la utilización de multiplicadores de frecuencia, reduciendo el tamaño, coste y complejidad del sistema.

10 El principio de operación se ilustra en la Fig. 1, que muestra el esquema general de un oscilador push-push convencional 10. Un oscilador push-push 10 está formado por dos osciladores idénticos 101 102, operando a una misma frecuencia ω_0 , conectados entre sí mediante una red de acoplo 103 propiamente diseñada para que las salidas de ambos osciladores 101 102 se encuentren desfasados en 180° (modo impar). Las salidas de ambos osciladores se suman mediante una red de combinación de potencia 104 utilizada para obtener una salida única 105. Debido a la diferencia de fases de 180° al componente armónico fundamental, todos los armónicos impares se cancelan a la salida de dicha red de combinación de potencia 104, a la vez que los armónicos pares se suman en fase. Como resultado, se obtiene una señal cuya frecuencia de operación es exactamente el doble de la frecuencia de los sub-osciladores 101 102, es decir $2\omega_0$. En el caso de que la red de acoplo 103 no esté propiamente diseñada, existe la posibilidad de que las salidas de ambos osciladores se encuentren en fase (modo par) y al sumarse las señales de cada oscilador en la red de combinación de potencia, los componentes armónicos impares se sumen en fase y se cancelen los componentes impares, produciendo una señal de salida a la frecuencia ω_0 .

El modulador de fase de la invención requiere del modo de operación impar (frecuencia de salida a $2\omega_0$). Cabe mencionar que en este modo de operación, todo nodo simétrico del circuito se comporta como un corto-circuito virtual, produciéndose la cancelación/atenuación de cualquier componente a ω_0 en dichos nodos.

Por otra parte, si se considera un único oscilador, operando a una frecuencia ω_0 , y se inyecta una señal periódica a una frecuencia ω_{inj} , suficientemente próxima a ω_0 , para determinados valores de potencia y frecuencia de la señal de inyección, se produce el fenómeno de sincronización. Cuando el oscilador esté sincronizado con la señal inyectada, su frecuencia es igual a la de la señal de inyección, es decir $\omega_0 = \omega_{inj}$. Dentro del ancho de banda de operación sincronizada, para cada valor de frecuencia de entrada, la fase a la salida del oscilador varía con relación a la fase de la señal de inyección. Para potencias de inyección relativamente pequeñas, la variación de fase es de entre 0° y 360° . Sin embargo, sólo un intervalo de aproximadamente 180° es observable debido a los márgenes de estabilidad existentes. En aplicaciones de modulación en fase, la frecuencia de la señal de entrada se mantiene preferiblemente en un valor constante, por lo que para variar la fase entre la entrada y salida, se debe modificar otro parámetro del sistema. Una opción accesible para variar el desfase entre la entrada y salida, es la variación de las tensiones de polarización y/o sintonía del oscilador inyectado. En función de estas tensiones, también se observa el intervalo de variación estable de 180° . En el caso de que la frecuencia de la señal inyectada sea $\omega_{inj} = \omega_0/2$, de igual manera, para determinados valores de potencia y frecuencia de entrada, se produce el fenómeno de sub-sincronización. En este caso, el margen de variación estable de fase a la salida del oscilador es de aproximadamente 360° , dentro del ancho de banda de operación sincronizada, debido al doblamiento de fase inherente a la sub-sincronización. A pesar de la aparente ventaja de la sub-sincronización, los anchos de banda obtenidos son generalmente muy pequeños y la potencia que se requiere a la frecuencia de inyección es mucho mayor.

45 El modulador de fase de la invención presenta tanto las ventajas de la sincronización de osciladores a la frecuencia fundamental ($\omega_{inj} = \omega_0$) como la capacidad de doblamiento de frecuencia, y por lo tanto de fase, de un oscilador push-push, para emular el comportamiento de un oscilador sincronizado con un margen de variación de fase estable de 360° a la salida del oscilador. Para obtener un sistema de modulación en fase de manera directa, tanto la potencia como la frecuencia de la señal de inyección se mantienen en valores constantes, a la vez que se modifica un conjunto definido de tensiones de polarización y/o sintonía. De esta manera, la sincronización del oscilador push-push se realiza al armónico fundamental, mientras la salida se extrae al doble de frecuencia, donde la variación de fase estable es de 360° . Esto permite la utilización de cualquier esquema de modulación del tipo M-PSK, mediante una elección adecuada de los parámetros del oscilador (en este caso tensiones de polarización y sintonía).

55 Uno de los principales inconvenientes para la inyección de una señal en un oscilador push-push se encuentra en la elección del punto de conexión para la inyección de la señal de sincronización. Como se ha comentado antes, en el modo de operación impar, que es el que nos interesa para extraer la frecuencia al doble de la de oscilación fundamental, cualquier nodo simétrico del sistema es una tierra virtual a ω_0 . Por tanto, si conectamos el generador de inyección en uno de estos nodos simétricos, el oscilador es prácticamente insensible al efecto de dicho generador. Por otra parte, si sólo se conecta el generador a uno de los sub-osciladores, se rompe la simetría necesaria para la operación del sistema como oscilador push-push. En el modulador de fase de la invención, este problema se resuelve mediante la inyección simultánea de la señal de inyección a ambos sub-osciladores. Al inyectar la misma señal, desfasada en 180° , a cada uno de los sub-osciladores, mantenemos la simetría del sistema y además aseguramos el modo de operación impar. La inyección de la señal a ambos osciladores, asegurando el desfase de 180° , puede conseguirse de la manera que más convenga a la topología, tecnología y prestaciones que requiera la aplicación en particular.

Una vez sincronizado el oscilador push-push, éste opera a una frecuencia igual a $2\omega_{inj}$. Modificando los valores de las tensiones de polarización de los sub-osciladores y/o las tensiones de sintonía, la fase de la señal a $2\omega_{inj}$ varía, con

respecto a la señal a ω_{inj} , en un intervalo de 360° . Si los valores de las tensiones $V_1, V_2, \dots, V_N$ (figura 2) se eligen adecuadamente, la fase de la señal de salida puede variar de manera que se obtenga un valor de fase determinado y se cambie a otro valor de fase, simplemente modificando el conjunto de tensiones $V_1, V_2, \dots, V_N$ al valor que correspondan con ese nuevo valor de fase. De esta manera, dependiendo del número de valores de fase que sean necesarios para un determinado tipo de modulación en fase, se requiere un número idéntico de valores para las tensiones de control, pudiendo cambiar entre un valor de fase a otro simplemente reajustando los valores de $V_1, V_2, \dots, V_N$. En una realización preferente, es suficiente con variar solo uno de dichos valores de tensión $V_1, V_2, \dots, V_N$ para conseguir a la salida los valores de fase deseados. Si no fuese suficiente con variar solo uno, se varían dos de dichos valores de tensión $V_1, V_2, \dots, V_N$, para conseguir a la salida los valores de fase deseados.

A continuación se describe en detalle el diseño, estructura y funcionamiento del sistema propuesto (Fig. 2). La figura 2 muestra un diagrama de bloques de un modulador en fase 20 de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra un oscilador push-push formado por dos osciladores idénticos 201 202, cuya frecuencia fundamental de oscilación es ω_0 . Ambos osciladores 201 202 están conectados mutuamente mediante una red de acoplo 203 y las salidas de ambos osciladores deben estar desfasadas en 180° a la frecuencia ω_0 . Tanto los osciladores 201 202, como la red de acoplo 203 si fuese necesario, son alimentados a través de una red de polarización 206, que es la encargada de proporcionar las tensiones y corrientes necesarias a los distintos componentes para generar las respectivas oscilaciones en modo impar a ω_0 . En una realización particular, cada oscilador se construye a partir de un transistor y un diodo varactor, utilizado como elemento de sintonía, aunque otras implementaciones son posibles. Nótese que la implementación concreta de los osciladores queda fuera del alcance de la invención. Las salidas de ambos osciladores 201 202 se suman en una red de combinación de potencia 204. Dado que el sistema opera en modo impar, la combinación de las señales de salida de ambos osciladores produce que las componentes armónicas impares ($\omega_0, 3\omega_0, 5\omega_0, \dots$) se cancelen a la salida de dicha red, mientras las componentes pares ($2\omega_0, 4\omega_0, 6\omega_0, \dots$) se suman en fase. De esta manera, la salida 205 del oscilador push-push 20, es exactamente el doble de la frecuencia de oscilación fundamental ($2\omega_0$).

Para el funcionamiento del oscilador push-push como modulador directo, se inyecta a cada oscilador una señal a una frecuencia próxima a ω_0 . Las señales a la entrada de cada oscilador también deben tener un desfase de 180° entre sí. Esto puede conseguirse de diferentes maneras (utilizando un transformador, divisores de potencia, etc.) y se representa en el bloque 207. Los valores de frecuencia y potencia de entrada de la señal de inyección deben asegurar que el oscilador opere en modo sincronizado. Fuera del intervalo de sincronización, la solución es cuasi-periódica y no apta para su aplicación como modulador en fase.

Una vez el circuito está operando en régimen sincronizado, se extrae la característica de fase del sistema en función de una o más tensiones de polarización/sintonía. Recuérdese, que de manera inherente a su propio funcionamiento, el oscilador push-push dobla la frecuencia de entrada y por lo tanto el desfase de la salida con respecto a la entrada. El desfase de la señal de salida 205 puede estudiarse en función de diversos parámetros, tales como la tensión de polarización de varactor. Por simplicidad, en este caso se representa el desfase de la señal de salida 205 a $2\omega_0$ en función de un parámetro. Este parámetro es la polarización del varactor (Fig. 3). Nótese que también se ha fijado la referencia de fase 0° en la fase del generador de inyección a ω_0 . Como se ha comentado anteriormente, el margen de fase estable es de 360° , en este caso comprendidos entre -180° y 180° . De esta manera, si se desea que el desfase a la salida del oscilador push-push, corresponda al valor del punto 1, debe fijarse el valor del parámetro en el valor π y de igual manera los puntos 2, 3 y 4 corresponden a valores P_2, P_3 y P_4 del parámetro (polarización del varactor), respectivamente.

En una realización particular, la señal de información que se desea transmitir tiene origen digital (un tren de 1's y 0's). Dependiendo del esquema de modulación que se pretenda utilizar (BPSK, QPSK, etc.), es necesario agrupar el tren de bits en palabras (símbolos) de longitud adecuada, para posteriormente relacionar cada palabra a un valor de fase y por lo tanto a un determinado valor de voltaje de polarización. Así, dependiendo del símbolo que se pretenda transmitir, el voltaje de polarización del varactor debe ir cambiando de valor. De esta tarea se encarga el bloque de codificación digital-analógico 208 que proporciona los valores de tensión de polarización o sintonía adecuados para que el valor de fase a la salida, corresponda con el valor correspondiente a cada símbolo.

La figura 4 muestra un ejemplo de implementación de un modulador de fase basado en osciladores push-push de acuerdo con la invención. El esquema de modulación es QPSK a una velocidad de símbolo de 2 Msps. Cada oscilador se construye a partir de un diodo varactor como elemento de sintonía. El modulador opera a 18 GHz. Para diseñar el modulador de fase, se deben tener en cuenta dos aspectos: el ancho de banda frecuencial en estado de sincronización y el rango requerido de variación de la señal de modulación, introducido en la línea de alimentación del varactor. El ancho de banda de sincronización debe ser relativamente ancho para que admita una frecuencia de modulación alta. El ancho de banda de sincronización resultante para una potencia de entrada de -16 dBm es de 160 MHz.

También se ha llevado a cabo otro test sobre el circuito de la figura 4, consistente en ajustar los niveles de voltaje de la señal de modulación para obtener los valores de fase de $-3\pi/4, -\pi/4, \pi/4$ y $3\pi/4$. Las figuras 5A y 5B muestran la variación de la fase (en grados) de salida del modulador, a la frecuencia doble de la fundamental, para dos valores diferentes de frecuencia de modulación, en función del tiempo (en microsegundos), donde V_s es la velocidad de símbolo. Se ha testado la robustez del modulador de fase con análisis Monte Carlo en términos de tolerancias de los componentes y nunca se ha observado un comportamiento inestable. El circuito es también estable en temperatura.

ES 2 350 672 B2

Además el circuito se ha construido y caracterizado experimentalmente. La característica de fase (en grados), medida con el analizador HP70000, se muestra en la figura 6, con respecto al voltaje de polarización del varactor. El espectro de ruido de fase también se ha medido y se muestra en la figura 7.

5 Como ha podido observarse a lo largo de esta descripción, al realizarse la inyección a la frecuencia fundamental de oscilación ω_0 , se pueden obtener anchos de banda de operación relativamente amplios, lo que incrementa considerablemente la robustez del modulador.

10 El modulador de fase propuesto puede implementarse en tecnología híbrida o monolítica. El modulador del ejemplo se ha construido con tecnología híbrida utilizando dos transistores BFP405 en sustrato Cuclad ($\epsilon=2,17$). Las redes de polarización y de acoplo se han implementado con líneas microstrip.

15 La invención puede aplicarse, por ejemplo, para la implementación de antenas activas moduladas en fase y transmisores M-PSK compactos.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un modulador de fase (20) diseñado para obtener a su salida un margen de fase estable de 360° , que comprende:

- un generador para inyectar (200) una señal a una frecuencia de entrada ω_0 ,

- un oscilador push-push que a su vez comprende un primer oscilador (201) y un segundo oscilador (202) igual al primero (201), operando ambos osciladores (201, 202) a dicha misma frecuencia de entrada ω_0 , estando dichos primer y segundo osciladores (201, 202) conectados entre sí mediante una red de acoplo (203) diseñada para que las salidas de ambos osciladores (201, 202) se encuentren desfasadas entre sí 180° , donde dicho oscilador push-push comprende además una red de combinación de potencia (204) diseñada para sumar la salida de ambos osciladores (201, 202) y obtener una salida única (205) cuya frecuencia de operación es el doble de dicha frecuencia de entrada $2\omega_0$ y

- medios (207) para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador (200), desfasada 180° , simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores (201, 202);

estando el modulador de fase (20) **caracterizado** por que comprende una red de polarización y control (206) configurada para proporcionar una pluralidad de tensiones de control ($V_1, V_2, V_3 \dots$) a dichos primer y segundo osciladores (201, 202), habiendo tantos valores para las tensiones de control ($V_1, V_2, V_3 \dots$) como número de valores de fase necesarios para un determinado tipo de modulación de fase, donde dichos valores de fase se ajustan mediante el ajuste de al menos una de dichas tensiones de control ($V_1, V_2, V_3 \dots$).

2. El modulador de fase (20) de la reivindicación 1, donde dichos medios (207) para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador (200), desfasada 180° , simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores (201, 202) comprenden un transformador.

3. El modulador de fase (20) de la reivindicación 1, donde dichos medios (207) para inyectar dicha señal de entrada procedente del generador (200), desfasada 180° , simultáneamente a cada uno de dichos primer y segundo osciladores (201, 202) comprenden un divisor de potencia.

4. El modulador de fase (20) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un codificador digital-analógico (208) configurado para, si la señal a transmitir es digital, codificar el tren de bits de entrada en símbolos adecuados al tipo de modulación que se vaya a utilizar, de forma que dichos valores de las tensiones de control ($V_1, V_2, V_3 \dots$) sean los adecuados para que el valor de fase a la salida (205) corresponda con el valor correspondiente a cada símbolo.

5. El modulador de fase (20) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, configurado para proporcionar a su salida (205) una señal modulada del tipo M-PSK.

6. El modulador de fase (20) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, configurado para proporcionar una señal de salida (205) a una frecuencia que se encuentra en la banda comprendida entre los 300 MHz y los 30 GHz.

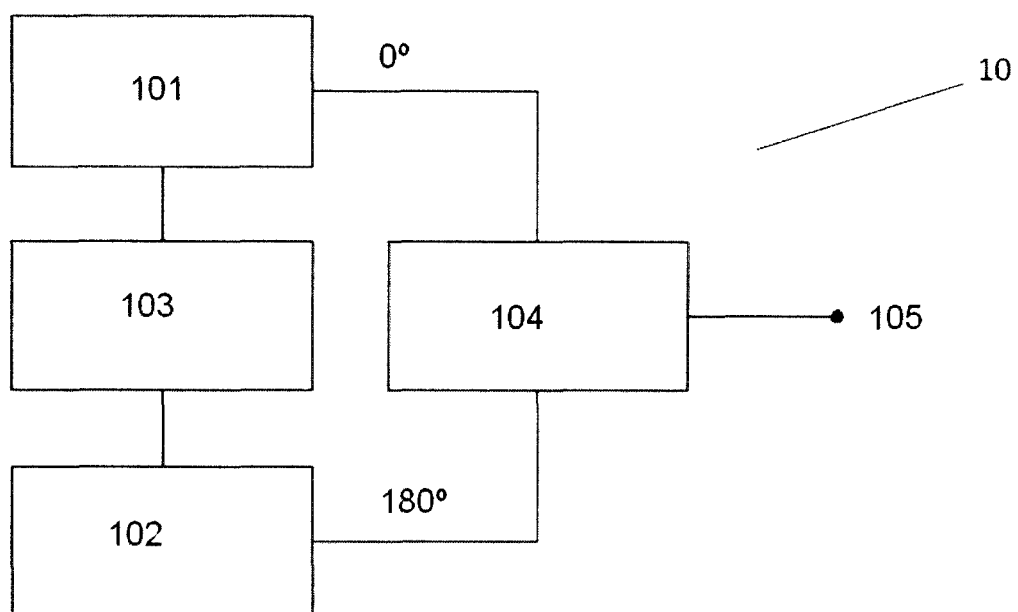


FIGURA 1 (estado de la técnica)

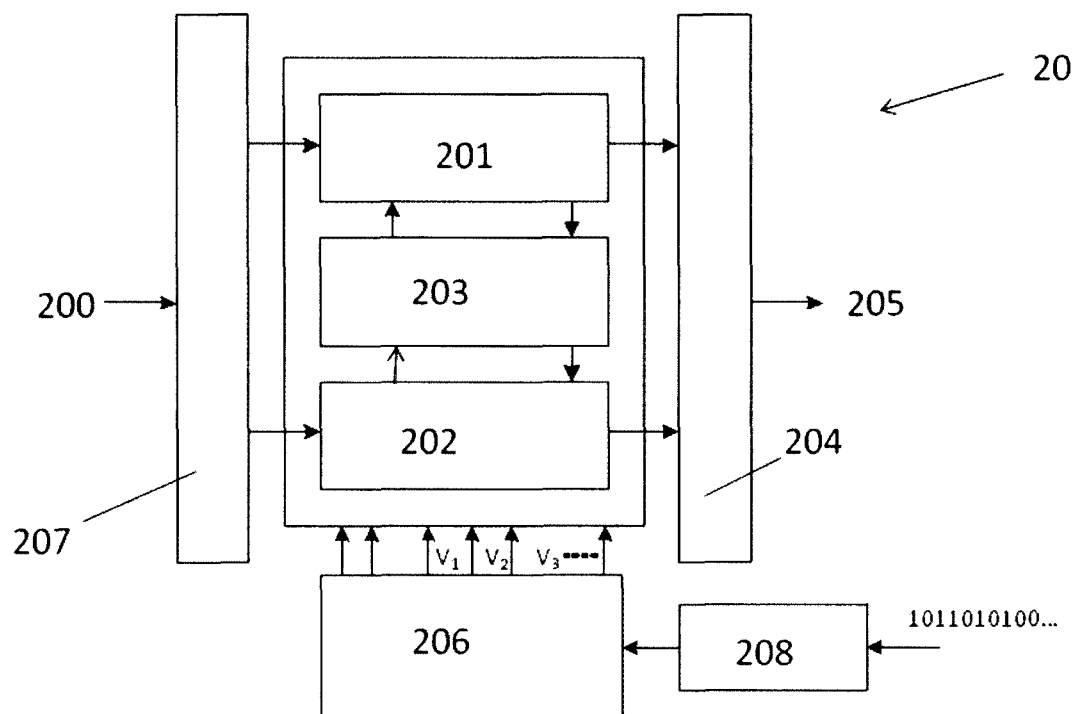


FIGURA 2

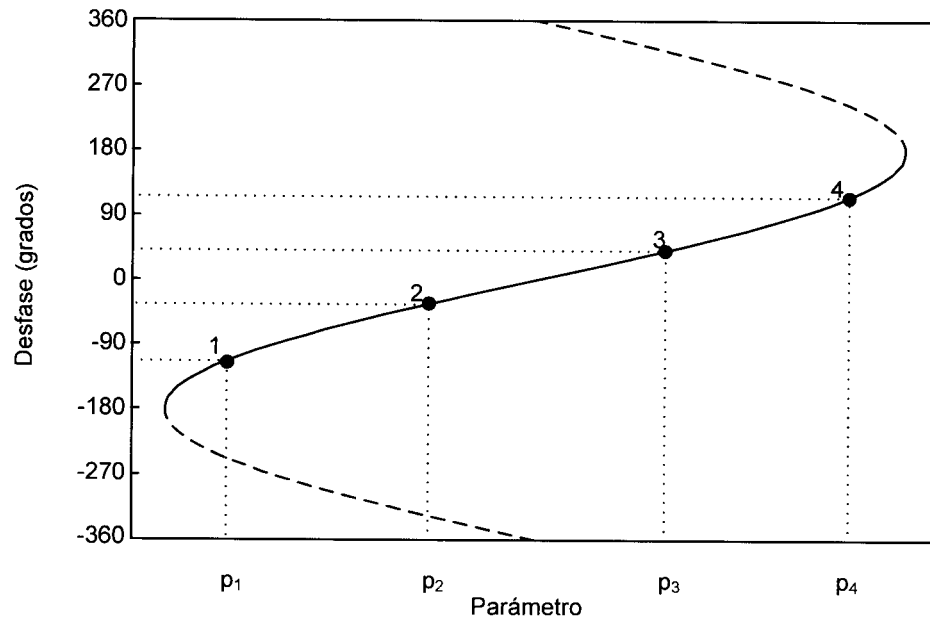


FIGURA 3

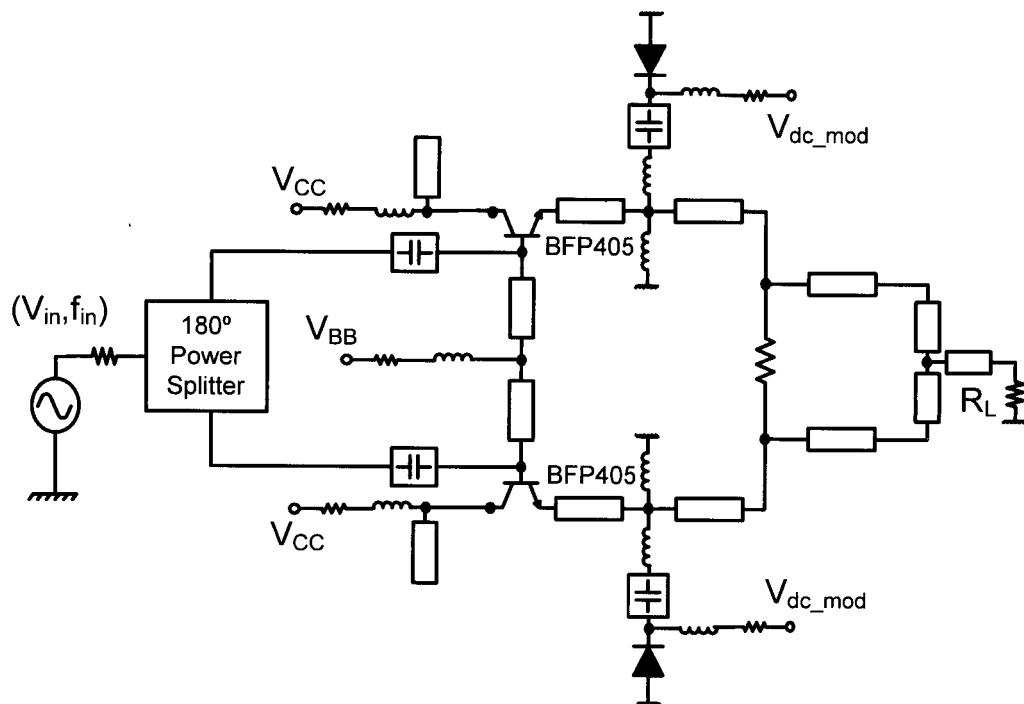


FIGURA 4

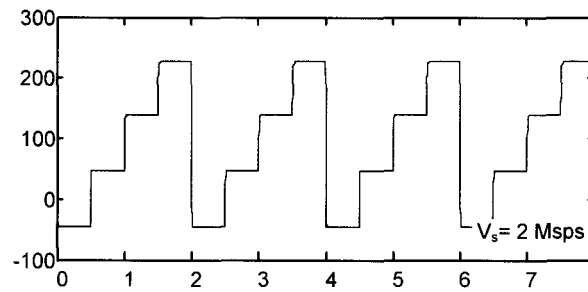


FIGURA 5 A

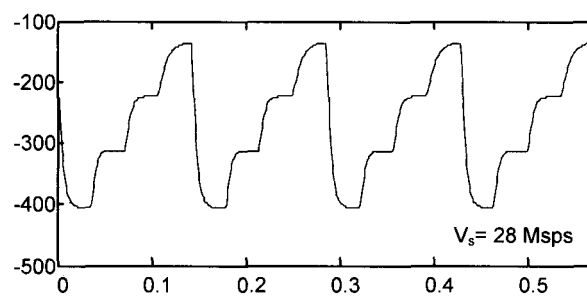


FIGURA 5 B

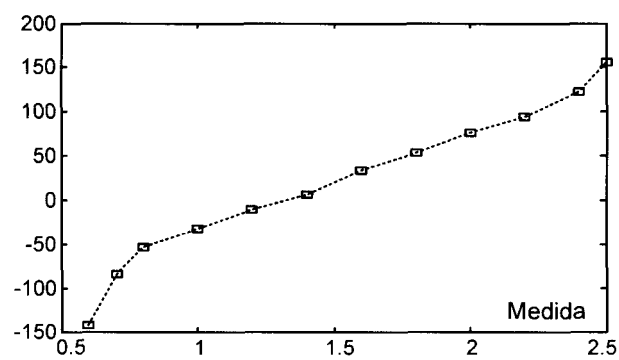


FIGURA 6

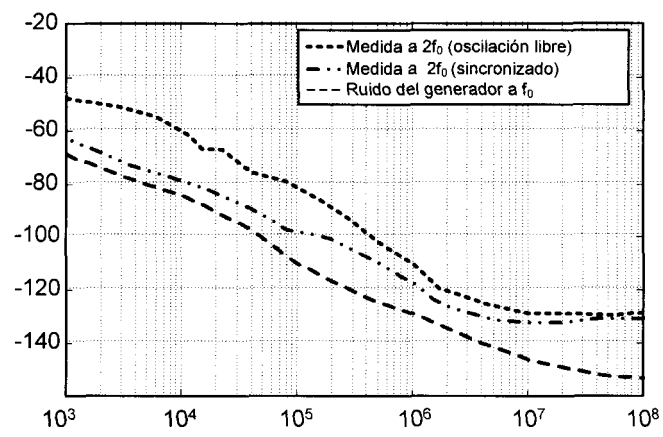


FIGURA 7



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201001254

②② Fecha de presentación de la solicitud: 24.09.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H03B5/12** (01.01.2006)
H03C3/22 (01.01.2006)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	FRANZ X SINNESBICHLER et al. "A 38-GHz Push-Push Oscillator Based on 25-GHz ft BJT's". IEEE MICROWAVE AND GUIDED WAVE LETTERS, 01.04.1999 IEEE INC, NEW YORK, US. Vol. 9 , No. 4, ISSN 1051-8207.	1-6
A	ELENA FERNÁNDEZ et al. "Semi-analytical formulation for the phase-noise analysis of injection-locked push-push oscillators". Microwave Conference, 2009. EuMC 2009. European, 29.09.2009 IEEE, Piscataway, NJ, USA. Páginas: 1680-1683, ISBN 978-1-4244-4748-0 ISBN 1-4244-4748-8.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 23.12.2010	Examinador J. Botella Maldonado	Página 1/4
--	------------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H03B, H03C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.12.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-6	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-6	SI
	Reivindicaciones		NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	FRANZ X SINNESBICHLER et al. "A 38-GHz Push-Push Oscillator Based on 25-GHz ft BJT's". IEEE MICROWAVE AND GUIDED WAVE LETTERS, 01.04.1999 IEEE INC, NEW YORK, US. Vol. 9 , No. 4, ISSN 1051-8207	
D02	ELENA FERNÁNDEZ et al. "Semi-analytical formulation for the phase-noise analysis of injection-locked push-push oscillators". Microwave Conference, 2009. EuMC 2009. European, 29.09.2009 IEEE, Piscataway, NJ, USA. Páginas: 1680-1683, ISBN 978-1-4244-4748-0 ISBN 1-4244-4748-8.	

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 presenta un oscilador a 38 GHz basado en transistores BJT con frecuencia de tránsito a 25 GHz. El documento D02 presenta un estudio semianalítico del ruido de fase en osciladores ILO push-push. Con el conocimiento de estos documentos, la invención no se puede considerar obvia para un experto en la materia. Tampoco hay sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia la invención definida por las reivindicaciones de la 1ª a la 6ª. Por lo tanto, el objeto de estas reivindicaciones cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva.