

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 642**

51 Int. Cl.:

H03B 21/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2011 E 11161278 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2388909**

54 Título: **Generador de señales con frecuencia intermedia digital y ajuste fino de frecuencia digital**

30 Prioridad:

18.05.2010 DE 102010020909
19.07.2010 DE 102010027566

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.06.2018

73 Titular/es:

ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG (100.0%)
Mühldorfstrasse 15
81671 München, DE

72 Inventor/es:

EHRlich, STEFAN

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 673 642 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

5 Generador de señales con frecuencia intermedia digital y ajuste fino de frecuencia digital

La invención se refiere a un generador de señales de varias etapas con frecuencia intermedia generada digitalmente, en particular para señales moduladas digitalmente.

Los emisores en los que la frecuencia de salida puede ajustarse no sólo en una disposición de canales fija aproximada, sino en los que es posible lograr incrementos muy pequeños, como por ejemplo 1 Hz, presentan habitualmente un sintetizador con una frecuencia de referencia fija y un PLL (bucle de enganche de fase) (con N-fraccionario o un sintetizador con frecuencia de referencia variable y un PLL con N-entero. Así, el documento DE 199 37 608 A1 muestra una realización de este tipo de un generador de señales. Sin embargo, tanto los osciladores con PLL con N-fraccionario como los sintetizadores con frecuencia de referencia variable requieren un gran esfuerzo de desarrollo y producción. Además, los circuitos resultantes presentan un gran tamaño constructivo. Otras desventajas son un ruido de fase no óptimo y una pequeña separación entre líneas secundarias de los moduladores de señales con PLL con N-fraccionario ya conocidos.

El documento EP 1 811 650 A1 muestra un procedimiento para el ajuste fino de la frecuencia de una señal de salida de un generador de señales, y un generador de señales correspondiente. A partir de una señal I digital y una señal Q digital se genera mediante modulación digital con una primera señal de oscilador una señal de banda base I/Q. Ésta se convierte en una señal de banda base analógica. La señal de banda base analógica se mezcla con una señal de oscilador. A continuación se suman la componente I y la componente Q para obtener una señal de salida. En este contexto, la señal de oscilador la genera un oscilador con N-entero.

El documento US 6.668.024 B1 muestra un emisor para señales de alta frecuencia. También aquí, una señal I/Q digital se modula digitalmente mediante mezcla con una primera señal de oscilador y a continuación se convierte en una señal analógica. Después de un filtrado se realiza una mezcla con una señal de oscilador. Después de una suma de las señales parciales resultantes y un nuevo filtrado opcional, se emite una señal de salida.

El documento US 6.334.051 B1 muestra un receptor para señales de alta frecuencia. En este contexto, la señal recibida se convierte en una señal de frecuencia intermedia I/Q mediante una mezcla con una señal de oscilador con desplazamiento de fase. A continuación, mediante una nueva mezcla con una segunda señal de oscilador y una subsiguiente suma de la componente I y la componente Q, se convierte en una señal de recepción.

La invención tiene el objetivo de crear un generador de señales que, conservando una resolución de frecuencia fina, ocasione solamente un pequeño esfuerzo de producción y presente poco ruido de fase.

El objetivo se logra según la invención mediante las características de la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones subordinadas referidas a ésta tienen por objeto perfeccionamientos ventajosos.

A continuación se describe a modo de ejemplo la invención, en la que está representado un ejemplo de realización ventajoso de la invención. En el dibujo, muestran:

- Figura 1, un ejemplo de un generador de señales y

- Figura 2, un ejemplo de realización del generador de señales según la invención.

En primer lugar se explica la problemática subyacente a la invención. Mediante las figuras 1, 2 se muestran la estructura y el funcionamiento de distintas formas de un ejemplo de generador de señales y del generador de señales según la invención. En las representaciones similares se ha omitido en parte la representación y la descripción de los elementos idénticos.

En los emisores convencionales para señales con modulación I/Q, las señales I/Q se ponen a disposición en la banda base. A continuación se realiza usualmente una conversión de frecuencia mediante un mezclador. La frecuencia de la señal de salida se determina en este contexto mediante la frecuencia de oscilador con la que se mezcla la señal de banda base. De esta manera puede obtenerse una frecuencia de la señal de salida que pueda ajustarse finamente, es necesario ajustar la señal de oscilador en su frecuencia con una gran precisión. Con este fin puede emplearse por ejemplo un oscilador con PLL con N-fraccionario. Sin embargo, una desventaja en este contexto es que los osciladores con PLL con N-fraccionario requieren mucho esfuerzo de producción y de desarrollo y ocupan un gran espacio constructivo. Además, no presentan un ruido de fase óptimo y presentan una pequeña separación entre líneas secundarias. Como alternativa puede recurrirse como señal de oscilador a una síntesis digital directa (DDS, por sus siglas en inglés). Sin embargo, ésta está muy limitada en su frecuencia máxima. Si han de lograrse altas frecuencias mediante síntesis digital directa, es necesaria una estructura de varias etapas. Esta estructura también requiere mucho esfuerzo y ocupa un gran espacio.

La presente invención posibilita la realización de emisores cuya frecuencia de salida es posible en incrementos de frecuencia muy pequeños, por ejemplo por debajo de 1 Hz. Al mismo tiempo, todos los sintetizadores involucrados están diseñados según el principio del PLL con N-entero (número entero) con una frecuencia de referencia fija. El ajuste fino de la frecuencia se realiza en una frecuencia intermedia digital. El principio puede aplicarse tanto a emisores con modulación directa o conversión directa, como a emisores con frecuencia intermedia y una subsiguiente conversión de frecuencia mediante mezcladores.

La figura 1 muestra un ejemplo de generador de señales. Un oscilador 10 está conectado a un modulador I/Q 26. En este contexto, el modulador I/Q 26 consta de cuatro mezcladores 11, 12, 13, 14 y dos sumadores 15, 16. El modulador I/Q 26 está conectado a dos convertidores digital/analógico 17, 18. Éstos están conectados a su vez a dos filtros 19, 20. Los filtros 19, 20 están conectados a un mezclador 21, que se compone de dos mezcladores parciales 21a, 21b. Los mezcladores parciales 21a, 21b están además conectados a un segundo oscilador 24. En este contexto, el primer mezclador parcial 21a está conectado directamente al segundo oscilador 24. El segundo

mezclador parcial 21b está conectado al oscilador 24 mediante un desfasador 23. Las salidas de los mezcladores parciales 21a, 21b están conectadas a un sumador 25.

El oscilador 10 se trata de un oscilador con mando numérico. En una primera entrada se alimenta una señal de reloj F_{CLK} . Ésta presenta una frecuencia fija de 1 MHz - 1 GHz, preferiblemente 100 MHz - 500 MHz, por ejemplo 200 MHz. En una segunda entrada se alimenta una señal de mando digital "tune". La señal de mando "tune" ajusta la frecuencia de salida del primer oscilador 10. En este contexto, el oscilador 10 dispone de cuatro salidas, que ponen a disposición la señal generada. Dos salidas "sin" ponen a disposición directamente la señal generada. Las otras dos salidas "cos" ponen a disposición una señal desfasada 90°.

En este contexto, las salidas "sin" del primer oscilador 10 están conectadas a los mezcladores 11, 14 del modulador I/Q 14. Las salidas "cos" del primer oscilador 10 están conectadas a los mezcladores 12, 13 del modulador I/Q 26. A los mezcladores 11, 12 se les alimenta respectivamente en otra entrada una señal digital I en fase. Esta señal se mezcla con la señal de oscilador o con la señal de oscilador desfasada 90°. Análogamente se alimenta a los mezcladores 13, 14 la señal de oscilador o la señal de oscilador desfasada 90°. A través de, respectivamente, otra entrada se alimenta a los mezcladores 13, 14 una señal Q en cuadratura. Al igual que los mezcladores 11, 12, los mezcladores 13, 14 mezclan la señal en cuadratura con la señal de oscilador o con la señal de oscilador desfasada 90°.

A continuación, el sumador 15 resta la señal de salida del mezclador 14 de la señal de salida del mezclador 12. Al mismo tiempo, el sumador 16 suma la señal de salida del mezclador 13 a la señal de salida del mezclador 11. Las señales I_{OUT} y Q_{OUT} resultantes se transmiten a los convertidores digital/análogo 17, 18 y son convertidas por éstos en señales analógicas $ZF1_I$ y $ZF1_Q$. Estas señales presentan una sola banda lateral y no presentan ninguna portadora. Sus frecuencias van desde 0 MHz hasta 200 MHz, preferiblemente desde 0 MHz hasta 100 MHz, por ejemplo desde 47,5 MHz hasta 52,5 MHz. En este contexto, las frecuencias de las señales son idénticas. Estas pueden ajustarse con un tamaño de incremento de 10 μ Hz a 1 mHz, preferiblemente de 50 μ Hz a 200 μ Hz, por ejemplo de 100 μ Hz, modificando la señal digital "tune". Además, las señales $ZF1_I$ y $ZF1_Q$ presentan ondas armónicas no deseadas y productos ajenos del proceso de exploración.

Las señales $ZF1_I$ y $ZF1_Q$ se transmiten a los filtros 19, 20 y éstos las filtran dando como resultado las señales $ZF1_{f_I}$ y $ZF1_{f_Q}$. En este proceso se filtran señales de salida no ideales no deseadas de los convertidores D/A 17, 18. En particular, los filtros 19, 20 eliminan ondas armónicas y productos ajenos.

Las señales $ZF1_{f_I}$ y $ZF1_{f_Q}$ resultantes se alimentan respectivamente a las entradas de los mezcladores parciales 21a, 21b. Los mezcladores parciales 21a, 21b mezclan estas señales $ZF1_{f_I}$, $ZF1_{f_Q}$ con la señal de oscilador o con la señal de oscilador desfasada 90°, dando como resultado las señales $F1_{OUT,I}$ y $F1_{OUT,Q}$. El oscilador 24 se trata de un oscilador con PLL con N-entero. Es decir que el oscilador 24 puede regularse en su frecuencia de salida sólo en incrementos grandes, dado que el factor de división es sólo un número entero. La señal de oscilador presenta aquí una frecuencia de salida que puede ajustarse desde 400 MHz hasta 3,0 GHz, preferiblemente desde 800 MHz hasta 2,4 GHz, por ejemplo desde 952,5 MHz hasta 1.947,5 MHz. En este contexto, esta frecuencia de salida puede ajustarse con un incremento fijo de 1 MHz a 20 MHz, preferiblemente de 3 MHz a 10 MHz, por ejemplo de 5 MHz.

Por último, el sumador 25 suma las señales $F1_{OUT,I}$ y $F1_{OUT,Q}$, dando como resultado la señal de salida $F1_{OUT}$. El ajuste de la frecuencia de la señal de salida $F1_{OUT}$ es realizado por lo tanto por el oscilador 10 y el oscilador 24. Las señales de banda base de baja frecuencia I_{OUT} , Q_{OUT} se mezclan con las señales del oscilador 10, que pueden ajustarse en su frecuencia con una gran precisión. La señal modulada, digitalizada y filtrada $ZF1_{f_I/Q}$ se mezcla con la señal de oscilador, que puede ajustarse en su frecuencia de forma aproximativa, y se convierte por lo tanto en una gran gama de frecuencias.

El ejemplo de realización mostrado en la figura 1 presenta aún la pequeña desventaja de que la frecuencia de la señal de salida F_{OUT} está muy cerca de la frecuencia de la señal de oscilador. La señal de oscilador atraviesa aquí la señal de salida F_{OUT} . Un filtrado resulta muy difícil. Sin embargo resulta ventajosa la gran flexibilidad de la frecuencia de la señal de salida $F1_{OUT}$.

Este problema se remedia mediante el ejemplo de realización del generador de señales según la invención representado en la figura 2. Se presentan solamente las diferencias con respecto a la estructura según la figura 1. El mezclador 21 de la figura 1 se ha sustituido aquí por el mezclador 22. Éste se compone también de dos mezcladores parciales 22a y 22b. Las segundas entradas de los mezcladores parciales 22a, 22b están conectadas aquí a un oscilador 32 directamente o a través de un desfasador 31. Las salidas de los mezcladores parciales 22a, 22b están conectadas a un sumador 33. La salida del sumador 33 está conectada a un filtro paso banda 34. La salida del filtro paso banda 34 está conectada a otro mezclador 35. Una segunda entrada del otro mezclador 35 está conectada a un oscilador 36.

Las señales sometidas a una conversión D/A (digital/análogo) y filtradas $ZF1_{f_I}$, $ZF1_{f_Q}$ presentan aquí una frecuencia, ajustable mediante la señal digital "tune", de 30 a 200 MHz, preferiblemente de 40 a 130 MHz, por ejemplo de 47,5 a 52,5 MHz. El incremento fijo del ajuste de la frecuencia está en este contexto entre 1 MHz y 20 MHz, preferiblemente entre 3 MHz y 10 MHz, y por ejemplo es de 5 MHz.

Los mezcladores parciales 22a, 22b mezclan las señales $ZF1_{f_I}$, $ZF1_{f_Q}$ con la señal del oscilador 32 o con la señal del oscilador 32 desfasada 90°. El oscilador 32 es en este contexto un oscilador con PLL con N-entero con frecuencia fija. La señal del oscilador presenta una frecuencia fija de 500 MHz a 2,0 GHz, preferiblemente de 700 MHz a 1,4 GHz, por ejemplo de 950 MHz.

Mediante esta mezcla se realiza una conversión a una segunda frecuencia intermedia. El sumador 33 suma las señales parciales $ZF1_I$, $ZF1_Q$ generadas, dando como resultado la señal de frecuencia intermedia $ZF2$. Sin embargo, esta señal sigue presentando una banda lateral no deseada y una portadora residual. Éstas se producen a causa de asimetrías y un *offset* de CC y son eliminadas por el filtro paso banda 34, lo que es muy ventajoso para la calidad de

- señal y la pureza espectral del transmisor. La señal $ZF2f$ resultante es mezclada por el mezclador 35 con una señal portadora (señal de oscilador), que es generada por el oscilador 36. El oscilador es en este contexto un oscilador con PLL con N-entero con una frecuencia de salida que puede ajustarse con un espaciamiento grueso. La frecuencia del oscilador 36 está aquí entre 500 MHz y 4,0 GHz, preferiblemente entre 1,0 GHz y 3,0 GHz, por ejemplo entre 2.002,5 MHz y 2.997,5 MHz. En este contexto, la frecuencia puede ajustarse con un incremento fijo de 1 MHz a 20 MHz, preferiblemente de 3 MHz a 10 MHz, por ejemplo de 5 MHz.
- 5 La frecuencia de la señal de salida $F2_{OUT}$ se ajusta mediante un ajuste de la frecuencia de salida del oscilador 30 y del oscilador 36. El ajuste grueso de la frecuencia de salida se realiza mediante el oscilador 36, mientras que el ajuste fino se realiza mediante el oscilador 30.
- 10 Como alternativa, el oscilador 36 también puede estar diseñado con una frecuencia de salida que pueda ajustarse con un espaciamiento grueso. En esta realización alternativa se emplea al mismo tiempo un filtro paso banda conmutable 34. Es decir que mediante un ajuste de la frecuencia de salida del oscilador 32 y un ajuste correspondiente de la gama de frecuencias del filtro paso banda 34 se logra una ampliación de la gama de frecuencias del sistema.
- 15 En este ejemplo de realización resulta ventajosa la buena supresión de la portadora en la señal de salida $F2_{OUT}$. Ésta es posible porque la frecuencia de la señal de oscilador está muy alejada de la frecuencia de la señal de salida. Sin embargo, una desventaja es la gama de frecuencias limitada de la señal de salida $F2_{OUT}$. Otra ventaja es el filtrado de restos de portadora y de la banda lateral no deseada mediante el filtro paso banda 34.
- 20 La invención no está limitada al ejemplo de realización representado. Como ya se ha mencionado, pueden emplearse distintos conceptos de frecuencia. El generador de señales puede aplicarse por ejemplo en el campo de los emisores de gran potencia y moduladores de prueba. En el marco de la invención, todas las características antes descritas o mostradas en las figuras pueden combinarse ventajosamente entre sí a voluntad.

REIVINDICACIONES

1. Generador de señales con un primer oscilador (30), con un segundo oscilador (36) y con un primer mezclador (35),
 5 en el que el primer oscilador (30) genera una primera señal de oscilador y la transmite, al menos de forma indirecta, al primer mezclador (35),
 en el que el segundo oscilador (36) genera una segunda señal de oscilador y la transmite al primer mezclador (35) y
 en el que el primer mezclador (35) mezcla la segunda señal de oscilador y la primera señal de oscilador, transmitida
 de forma indirecta al primer mezclador (35),
 10 en el que el primer oscilador (30) es un oscilador con mando numérico,
 en el que el segundo oscilador (36) es un oscilador ajustable por incrementos fijos,
 disponiendo el generador de señales de un segundo mezclador (22) compuesto de dos segundos mezcladores
 parciales (22a, 22b),
 disponiendo el generador de señales de un tercer oscilador (32),
 15 en el que el tercer oscilador (32) genera una tercera señal de oscilador, que se compone de dos terceras señales
 parciales de oscilador desfasadas 90° ,
 en el que los dos mezcladores parciales (22a, 22b) mezclan señales parciales de filtro ($ZF1f_i$, $ZF1f_Q$) con las terceras
 señales parciales de oscilador,
 disponiendo el generador de señales de un sumador (33), que suma señales de salida ($ZF2i$, $ZF2Q$) de los segundos
 20 mezcladores parciales dando como resultado una señal de frecuencia intermedia ($ZF2$),
 en el que el primer mezclador (35) mezcla la señal de frecuencia intermedia ($ZF2$) con la segunda señal de oscilador
 dando como resultado una señal de salida ($F2_{OUT}$),
 disponiendo además el generador de señales de un modulador I/Q,
 en el que el primer oscilador (30) emite dos señales parciales desfasadas 90° y en el que el modulador I/Q modula
 25 las dos señales parciales (sen, cos) del primer oscilador dando como resultado dos señales parciales de modulador
 (I_{OUT} , Q_{OUT}),
 disponiendo además el generador de señales de un primer filtro (19, 20), que se compone de dos filtros parciales
 (19, 20),
 en el que el modulador I/Q alimenta las dos señales parciales de modulador (I_{OUT} , Q_{OUT}) generadas a los dos filtros
 30 parciales (19, 20),
 en el que los dos filtros parciales (19, 20) filtran las dos señales parciales de modulador (I_{OUT} , Q_{OUT}) dando como
 resultado las dos señales parciales de filtro ($ZF1f_i$, $ZF1f_Q$).
2. Generador de señales según la reivindicación 1, caracterizado por que el segundo oscilador (24, 36) es un
 35 oscilador con PLL con N-entero.
3. Generador de señales según la reivindicación 1, caracterizado por que el tercer oscilador (32) es un oscilador con
 PLL con N-entero (número entero) y por que la tercera señal de oscilador presenta una frecuencia fija.
- 40 4. Generador de señales según la reivindicación 1, caracterizado por que el tercer oscilador (32) es un oscilador con
 PLL con N-entero (número entero) y por que la tercera señal de oscilador presenta una frecuencia que puede
 ajustarse en incrementos fijos.
5. Generador de señales según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el generador de señales
 45 dispone además de un segundo filtro (34), por que el segundo filtro (34) es un filtro paso banda y por que el segundo
 filtro (34) filtra la señal de frecuencia intermedia ($ZF2$).
6. Generador de señales según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la frecuencia de una señal
 50 de salida ($F1_{OUT}$, $F2_{OUT}$) puede ajustarse al menos mediante un ajuste de la frecuencia de la primera señal de
 oscilador y de la segunda señal de oscilador.
7. Generador de señales según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la frecuencia de la señal de
 55 salida ($F1_{OUT}$, $F2_{OUT}$) puede ajustarse mediante un ajuste de la frecuencia de la primera señal de oscilador, de la
 segunda señal de oscilador y de la tercera señal de oscilador.

Fig. 1

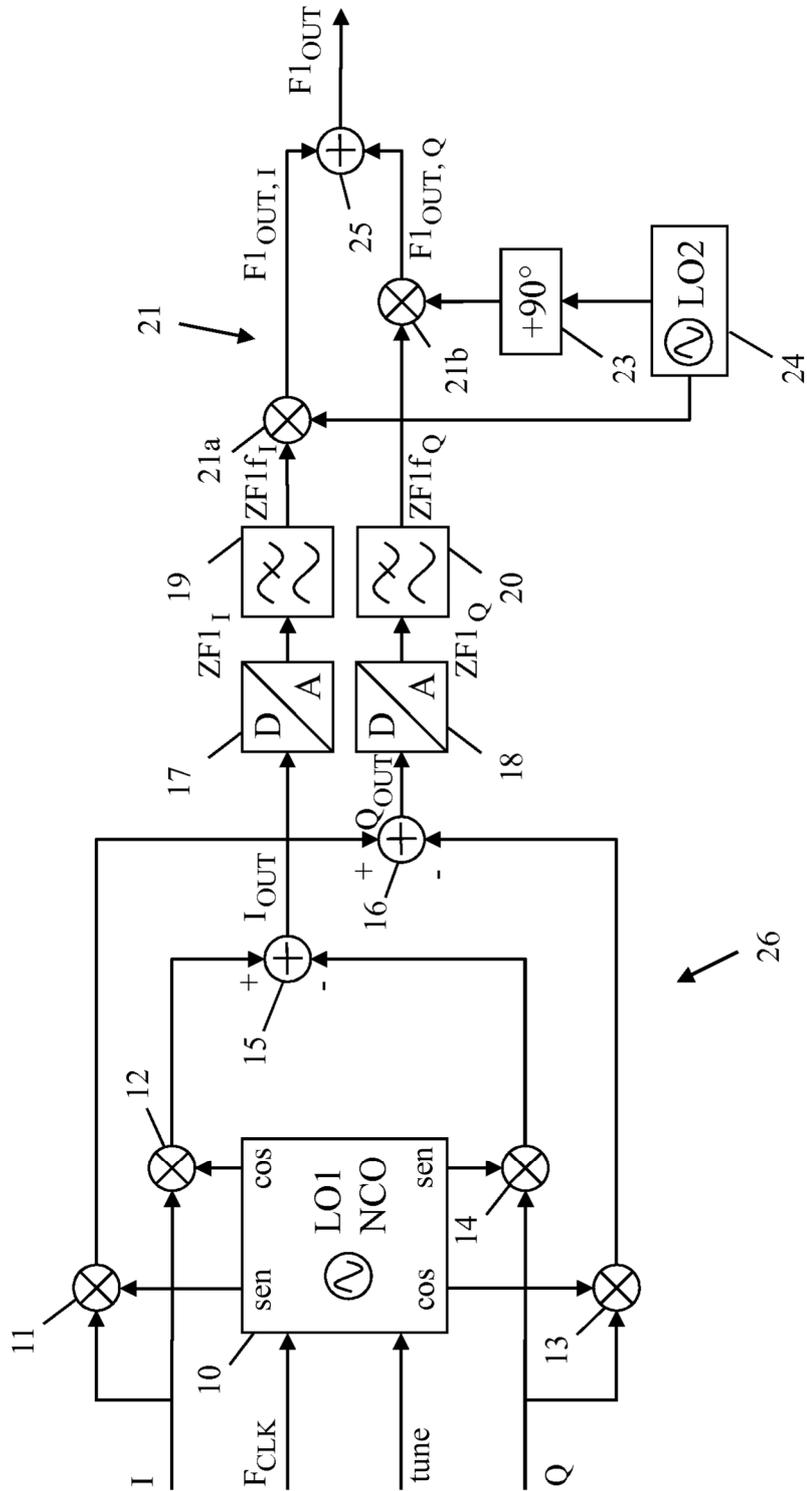
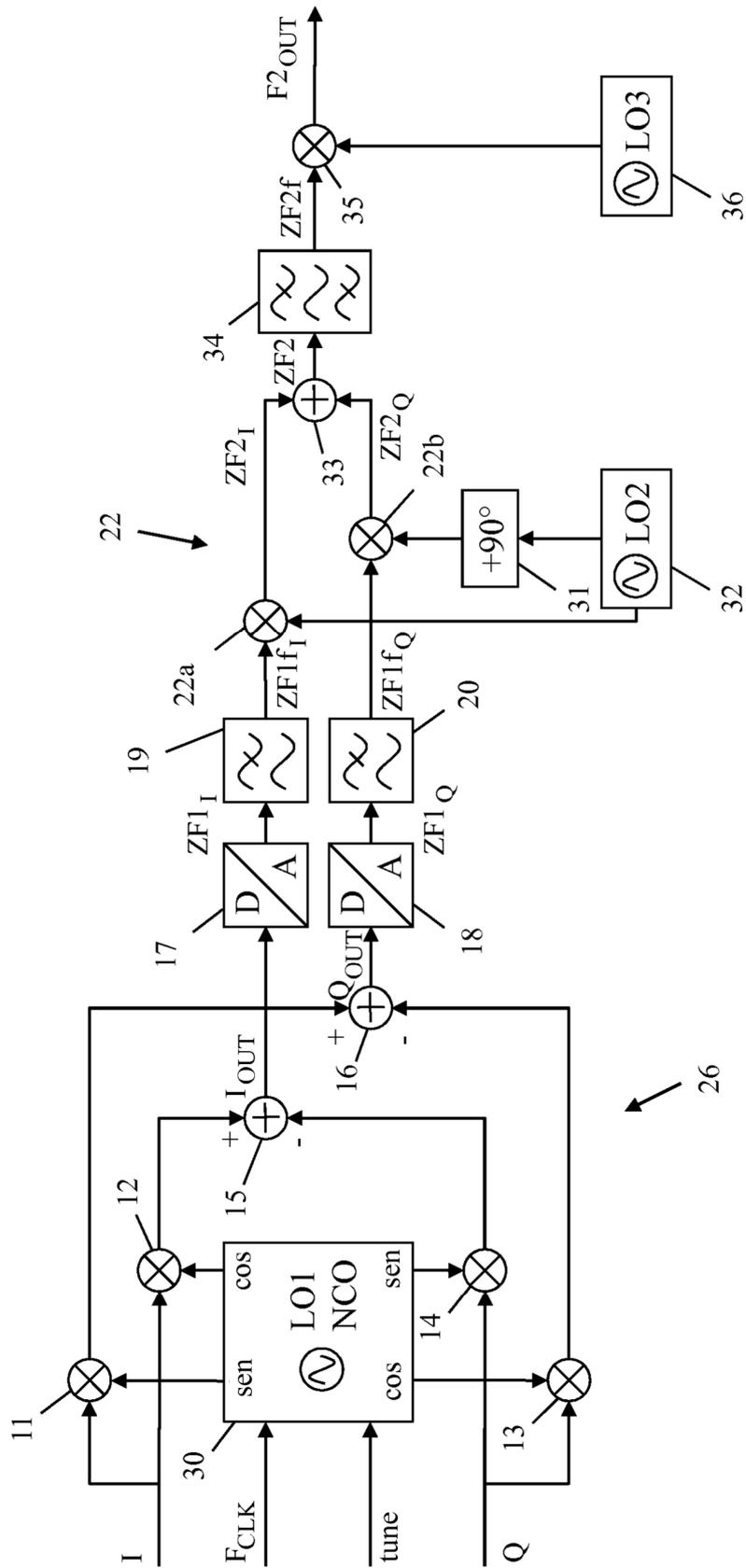


Fig. 2



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- DE 19937608 A1 [0002]
- EP 1811650 A1 [0003]
- US 6668024 B1 [0004]
- US 6334051 B1 [0005]

10