

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 224**

51 Int. Cl.:

H04H 20/02 (2008.01)

H04B 7/155 (2006.01)

H04B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2010 E 10382165 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2393226**

54 Título: **Sistema de amplificación de canales de televisión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2013

73 Titular/es:

ÁNGEL IGLESIAS S.A. (100.0%)
Paseo Miramón 170
20009 San Sebastián, Gipuzkoa, ES

72 Inventor/es:

DOMÍNGUEZ BONINI, DAVID;
CAMPO PABLOS, MIGUEL ÁNGEL;
PÉREZ DOMÍNGUEZ, BORJA;
SÁNCHEZ PONTE, MIKEL;
DEL SER LORENTE, JAVIER y
PRIETO ARCE, PABLO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 433 224 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 de amplificación de canales de televisión

Campo de la invención

5 La presente invención se aplica al campo de las telecomunicaciones y, más específicamente, a la difusión de vídeo digital (DVB).

Antecedentes de la invención

10 En los sistemas de difusión de canales de televisión (TV), ya sean analógicos o digitales, en los que existe multiplexación en canales de frecuencia, es frecuente recibir dichos canales de frecuencia con diferentes niveles de potencia. Esto se debe a que no todos los canales son transmitidos por las mismas antenas, lo que da lugar a distintas pérdidas por espacio libre, debido a la direccionalidad de las antenas emisoras y receptoras, etc. No obstante, para la correcta visualización de dichos canales de televisión, es necesario disponer de una potencia mínima de señal, normalmente establecida por normativa, lo que hace necesaria la inclusión de etapas amplificadoras que eleven la potencia de los canales de televisión recibidos.

15 Una primera opción es amplificar por igual toda la banda en la que se transmiten dichos canales, habitualmente la banda UHF (Frecuencia Ultra Alta, entre 470 y 862 MHz) pero, dado que existen diferencias notables entre las potencias con las que se recibe cada canal, esta modalidad de amplificación no sólo resulta ineficaz, sino que puede dar lugar a canales con potencias excesivamente altas, y que no sean válidas para su visualización.

20 Existe por tanto la necesidad de sistemas transceptores multicanal que amplifiquen individualmente cada canal de frecuencia, por ejemplo, en los sistemas de distribución de televisión cercanos al usuario final, tales como las cabeceras de televisión de comunidades vecinales. Otro caso en el que dichos transceptores son necesarios son los repetidores de TV (también denominados rellenadores de brechas), donde es necesario filtrar y amplificar cada uno de los canales de TV recibidos desde la red primaria para transmitirlos por la red secundaria, en la misma frecuencia para redes de monofrecuencia (SFN) y en frecuencias distintas para redes multifrecuencia (MFN). El documento US 5.535.240 presenta un ejemplo de transceptor multicanal, en concreto, que utiliza canalizador y combinador basado en la Transformada Rápida de Fourier (FFT). El documento EP1912348 revela un sistema de retransmisión de señales de difusión de TV que incluye varias cadenas de amplificación analógica en paralelo y, en una realización distinguida, una única cadena que incluye convertidores digitales. El documento US 5.812.605 presenta también un transceptor digital que, en este caso, emplea una pluralidad de antenas receptoras.

30 Adicionalmente, los estándares de TV (analógicos y digitales) imponen restricciones a la separación entre canales. Por ejemplo, la configuración de difusión de vídeo digital terrestre (DVB-T) utilizada en España está fijada en una separación entre canales de 8 MHz, para anchos de banda de cada canal de 7,61 MHz. Esto quiere decir que la separación entre un canal y el adyacente es de apenas 380 KHz, que es mucho menor que el ancho de banda de un canal. Si a esto le añadimos que, según el estándar DVB-T, el ratio de potencia a canal adyacente (ACPR) debe ser como mínimo de 50 dB, se puede concluir que, para filtrar individualmente canales de televisión, es necesario contar con filtros con una alta selectividad y, por lo tanto, de orden alto. Los filtros analógicos tradicionales, realizados con componentes discretos, tienen poca flexibilidad, y no suelen emplearse para órdenes elevados, por lo que es necesario recurrir a filtros analógicos de onda acústica de superficie (SAW) o a filtros digitales.

40 Los sistemas basados en filtros SAW están basados en un receptor / transmisor heterodino con paso a una Frecuencia Intermedia (IF), habitualmente de 36 MHz. El filtrado y amplificación se realiza, por tanto, analógicamente y canal por canal. La elevada selectividad requerida es proporcionada por los filtros SAW mediante componentes industrializables sobre un circuito impreso.

45 Existen también sistemas monocanales basados en el procesamiento digital de la señal donde se realiza el filtrado selectivo del canal por medio de un filtro de respuesta de impulso finito (FIR), habitualmente de unos 100 pesos (también denominados "espitas"). Estos filtros se generan mediante dispositivos de lógica programable, presentan una mayor linealidad que los filtros analógicos y permiten una flexibilidad mayor a la hora de migrar los sistemas a otras configuraciones u otros estándares de radiodifusión. El documento US 5.299.192 presenta un ejemplo de demultiplexador digital con filtros monocanal.

50 Tanto las soluciones basadas en filtros SAW analógicos como aquellas basadas en filtros digitales operan canal por canal, siguiendo una estructura en cascada y, por lo tanto, no son flexibles ni ajustables a escala frente a cambios en los planes de radiodifusión. Conviene señalar que dichos planes no están cerrados, sino que permiten la incorporación de nuevos canales de frecuencia una vez un operador ha conseguido la licencia correspondiente. Por lo tanto, o bien se instala el número máximo posible de filtros y amplificadores monocanales desde el principio, lo cual supone un claro desperdicio de recursos, dado que muchos de dichos canales no están siendo utilizados, o bien, por cada nuevo canal de frecuencia utilizado, se requiere la asistencia de un técnico encargado de reconfigurar o añadir los módulos monocanal correspondientes.

55 Además de estos problemas, el coste, el consumo y la complejidad de las soluciones descritas en el estado de la técnica

aumentan linealmente con el número M de canales.

Sigue existiendo, por tanto, la necesidad, en el estado de la técnica, de sistemas que permitan amplificar la potencia de cada canal de frecuencia individualmente de manera eficaz y ajustable a escala, que optimice el consumo y la complejidad del sistema.

5 **Sumario de la invención**

La presente invención soluciona los problemas anteriormente descritos mediante un sistema de amplificación de canales de televisión en el que dicha amplificación se realiza digitalmente mediante módulos transceptores, cada uno de los cuales opera sobre un subconjunto de canales de televisión. El sistema opera sobre una señal de entrada analógica que recibe a través de medios de recepción, como pueden ser una antena, o simplemente una conexión de entrada desde otro dispositivo de un sistema de comunicaciones del que forma parte. La señal de entrada analógica comprende una pluralidad de canales de televisión analógica multiplexados, habitualmente en la banda de UHF.

El sistema comprende un divisor de potencia que hace llegar la señal de entrada analógica a todos los módulos transceptores y, preferiblemente, un amplificador de bajo ruido antes de dicho divisor de potencia, para elevar la potencia de la señal de entrada minimizando el ruido introducido, dado que las primeras etapas de amplificación son más críticas para la relación entre señal y ruido resultante. Las salidas de los módulos transceptores, cuyo funcionamiento se detalla a continuación, se combinan en una señal de salida, que es preferiblemente amplificada mediante un amplificador situado a la salida del sistema.

Dado que la amplificación se realiza digitalmente en banda base, cada módulo transceptor comprende medios de conversión que permiten digitalizar la señal de entrada, así como al menos un filtro mediante el cual se selecciona un subconjunto de M canales sobre los que opera dicho módulo (se supone que el número M es constante para todos los módulos transceptores, incluso aunque el sistema pueda diseñarse igualmente utilizando distintos valores para distintos módulos). Una vez que se dispone de los canales seleccionados y digitalizados, su potencia es igualada a una potencia objetivo mediante medios de control de ganancia.

Preferiblemente, dichos medios de ganancia, también denominados en el presente documento control automático de ganancia (AGC), comprenden a su vez medios para estimar la potencia de cada canal, compararla con una potencia objetivo y amplificar cada canal para alcanzar dicha potencia objetivo. Obsérvese que la amplificación de todos los canales del subconjunto se realiza simultáneamente mediante un mismo amplificador del módulo transceptor, gracias al multiplexado temporal de los canales. Para ello, más preferiblemente, los medios de amplificación comprenden medios de retardo que retrasan la aplicación de la ganancia necesaria para obtener la potencia objetivo durante los intervalos en los que están multiplexados otros canales.

También preferiblemente, el filtrado del subconjunto de M canales se realiza mediante un filtro polifásico y, de forma equivalente, cada módulo transceptor comprende un combinador polifásico para recombinar los canales una vez amplificados.

Se contemplan tres opciones preferidas para la conversión de la señal analógica en una señal digital en banda base sobre la que es posible aplicar el AGC.

- Conversión heterodina a una frecuencia intermedia (IF) que sea suficientemente alta como para evitar la formación de alias, de modo que la digitalización se lleve a cabo mediante un convertidor de analógico a digital (ADC) que opera a dicha frecuencia intermedia. Los canales digitalizados se demodulan mediante un demodulador en cuadratura de fase (IQ).

- Conversión homodina a banda base mediante demodulación IQ analógica. Esta opción se implementa mediante un mezclador de IQ analógico que genera dos componentes, cada uno de las cuales atraviesa un filtro de paso bajo, un AGC y un ADC.

- Digitalización directa en radiofrecuencia (RF). En este caso, cada módulo transceptor comprende un ADC que opera directamente sobre la señal de radiofrecuencia, es decir, sobre los canales en la misma frecuencia en la que se encuentran a la entrada del sistema.

Cada una de las tres opciones anteriores implica una proporción diferente de dispositivos analógicos y digitales en el sistema, pero todas ellas permiten amplificar individualmente cada canal de televisión en el dominio digital, y actuar sobre varios canales al mismo tiempo, permitiendo por tanto una implementación eficaz y flexible que puede utilizarse tanto en la red secundaria de difusión de televisión como en la recepción en los hogares.

Preferiblemente, el sistema comprende medios para modificar la frecuencia en la que está multiplexado un canal de televisión, tanto dentro de las frecuencias en las que trabaja un módulo transceptor mediante medios de control de canales locales (que serán denominados unidades locales de gestión de canales), como mediante una comunicación entre dos módulos transceptores distintos, mediante medios de control de canales globales (que serán denominados unidades globales de gestión de canales). Se dota así al sistema de una gran flexibilidad a la hora de cambiar la frecuencia de un canal, lo que permite redistribuir, en términos de frecuencia, el contenido de la señal de televisión

difundida.

Estas y otras ventajas se harán evidentes a la vista de la descripción detallada de la invención.

Breve descripción de las figuras

5 Con objeto de ayudar para una mejor comprensión de las características del invento de acuerdo a un ejemplo preferido de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompañan como parte integral de la misma las siguientes figuras, con carácter ilustrativo y no limitativo:

La Figura 1 muestra un diagrama del sistema de la invención de acuerdo a una realización específica del mismo.

La Figura 2 presenta un diagrama de una realización preferida de un módulo transceptor en la que se utiliza una conversión heterodina con paso a una IF alta.

10 La Figura 3 muestra un diagrama de una realización preferida de un módulo transceptor en la que se utiliza una conversión homodina.

La Figura 4 presenta un diagrama de una realización preferida de un módulo transceptor en la que se utiliza una digitalización en RF.

La Figura 5 es un ejemplo de demodulador digital en cuadratura de fase.

15 La Figura 6 muestra un sistema de canalización tradicional con una cadena de enlace descendente por cada canal de televisión de la banda.

La Figura 7 representa un canalizador basado en un filtro polifásico – FFT.

La Figura 8 presenta un analizador polifásico de sobremuestreo con división en canales pares e impares.

La Figura 9 muestra una comparación del coste de cálculo entre distintos tipos de canalizadores.

20 La Figura 10 es una ilustración de frecuencias de la base filtradora en los sistemas polifásicos de sobremuestreo presentados y su acción sobre los canales pares e impares.

La Figura 11 ejemplifica una multiplexación temporal de los canales en un solo bus.

La Figura 12 ilustra un Filtro FIR selectivo para filtrar un canal de televisión.

25 La Figura 13 presenta un sistema de control automático de ganancia de acuerdo con una realización preferida de la invención.

La Figura 14 presenta una unidad de gestión de canales.

La Figura 15 muestra esquemáticamente un combinador polifásico de K canales.

La Figura 16 ilustra un combinador de canales pares e impares.

Descripción detallada de la invención

30 En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (como "comprendiendo", etc.) no deberían entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir más elementos, etapas, etc.

35 La Figura 1 presenta una representación esquemática del sistema de la invención que comprende un módulo analógico de recepción y otro módulo analógico de transmisión. El procesamiento, filtrado e igualación de potencia de los canales se realiza digitalmente en banda base.

El sistema comprende P módulos transceptores 3, cada uno de los cuales recibe, filtra y amplifica M canales. Si dicho número M es constante para todos los módulos transceptores 3, pueden manejarse, por tanto, hasta P*M canales. Dichos canales son recibidos en el sistema por los medios 1 de recepción, tales como una antena o cualquier puerto de entrada que permita recibir una señal de entrada con dichos canales desde otro elemento de la red de comunicaciones. Mediante un divisor 2 de potencia, dicha señal de entrada se envía a los P módulos 3 (es decir, todos los módulos reciben todos los canales). Los módulos 3 son controlados por los medios de control denominados unidad global gestora de canales (CMU) 4. Finalmente, el sistema comprende un combinador 5 que combina las salidas de los módulos 3 en una sola señal de salida, y los medios 6 de transmisión que transmiten dicha señal de salida, por ejemplo, una antena transmisora o un cable coaxial.

45 La Figura 2 muestra una primera realización preferida de uno de los P módulos 3 del sistema. Cada módulo 3 presenta una solución multicanal basada en una conversión heterodina a una IF lo suficientemente alta como para evitar el efecto

de formación de alias, de tal forma que la digitalización se lleve a cabo a través de un ADC de alta velocidad en IF. La señal multicanal de TV se recibe desde la entrada 7 de recepción que puede ser, por ejemplo, una antena o cable de UHF, atraviesa un LNA 8 (Amplificador de Ruido Bajo) para aumentar la potencia de toda la banda, y se filtra con un filtro 9 de UHF. A continuación, un convertidor 10 a IF reduce la frecuencia de los canales mediante el mezclado con una frecuencia generada por un oscilador local 11. La señal resultante se filtra mediante un filtro 12 de IF para eliminar componentes indeseados, y se aplica un control 13 automático de ganancia. Posteriormente se digitaliza la señal en IF a través de un ADC 14 de alta velocidad. Ya en el dominio digital, el sistema consiste en un demodulador 15 de IQ, un filtro polifásico-FFT de M canales 16 y un filtro 17 selectivo de canal. En este punto los M canales de TV se presentan en banda base IQ y son multiplexados en el tiempo, atravesando un control automático de ganancia digital para la igualación de potencias 18 y entrando al bloque 19 CMU local para la gestión de los mismos. Posteriormente el sistema cuenta con la cadena de enlace ascendente, con un combinador polifásico-FFT de M canales 20, seguido de un modulador 21 de IQ que deja la señal en una IF digital para atacar a un DAC con filtros interpoladores 22 y pasar al dominio analógico. De forma simétrica a la cadena de enlace descendente, la señal atraviesa un filtro 23 de reconstrucción de paso bajo, un mezclador / convertidor 24 a RF, un filtro 25 de paso de banda de UHF y un amplificador 26 de potencia para salir por la antena / cable 27 de transmisión.

La Figura 3 presenta una segunda realización preferida de un módulo transceptor 3, en este caso utilizando una conversión directa (también llamada homodina) en banda base dentro del dominio analógico mediante demodulación de IQ analógica. Esta etapa, también llamada conversión a O-IF, cuenta con un mezclador 28 de IQ analógico con dos multiplicadores / mezcladores, uno para la mezcla con la función coseno del oscilador local, y el otro para la mezcla con la función seno 29. También cuenta con filtros 39 de paso bajo en IF, que son menos restrictivos que los descritos para la conversión heterodina, dos AGC 31 y dos ADC 32, uno para cada rama de IQ. De la misma forma, cuenta con 2 dispositivos DAC 33 en la cadena de enlace ascendente, dos filtros 34 de reconstrucción de paso bajo y un mezclador 35 de IQ ascendente con su correspondiente sumador 36. Los elementos restantes son comunes a la implementación con conversión heterodina.

Una tercera realización preferida del módulo transceptor 3 se presenta en la Figura 4. En dicha tercera realización, se utilizan medios digitales para las labores de mezcla y conversión, pasando por tanto a un diagrama de digitalización en radiofrecuencia. El sistema comprende un filtro 37 de UHF que es más restrictivo que en los casos anteriores, para evitar el efecto de formación de alias, ya que la señal, tras ser filtrada y amplificada mediante un amplificador 38, pasa directamente a ser digitalizada por un ADC 39 de alta velocidad, aplicando técnicas de submuestreo. De manera similar, en la transmisión se utiliza un DAC de muy alta velocidad con filtros interpoladores 40 para pasar la señal a RF de forma directa sin necesidad de mezcladores ni osciladores locales. El filtro 41 de reconstrucción puede ser de paso bajo o de paso de banda, según la frecuencia de muestreo del DAC.

Al analizar con mayor detalle la parte de recepción del módulo transceptor, se recibe la señal de entrada por medio de una antena 7 de UHF (470 MHz a 862 MHz), aunque también puede recibirse, por ejemplo, desde un cable coaxial. Generalmente, dicha señal llega con pérdidas considerables, sobre todo en aplicaciones de TV digital terrestre, por lo que es necesario su paso a través de un amplificador 8 de bajo ruido para poder aportar como mínimo 20 dB de ganancia a los canales recibidos.

Tras el LNA 8, la señal atraviesa el filtro 9 de paso de banda de UHF en el cual se seleccionará la banda de canales de TV a recibir por parte del módulo P. El ancho de banda de dicho filtro debe ser de al menos $B \cdot M$ MHz, siendo B el ancho de banda de cada canal de TV. En el caso de la conversión heterodina y homodina, el filtro de UHF puede ser no restrictivo, pudiéndose emplear filtros LC convencionales (construidos con condensadores e inductores) de tercer orden. Sin embargo, en la implementación basada en la digitalización de RF, el filtro de UHF debe ser muy restrictivo para evitar la formación de alias en la digitalización. En este caso, se utilizan filtros SAW de ancho $B \cdot M$ MHz, sumamente selectivos.

Las implementaciones de la invención basadas en conversiones heterodinas y homodinas (conversión directa) pasan por una etapa de mezcla entre la banda recibida y una frecuencia generada por un oscilador local 11. Esta frecuencia también puede ser generada por un bucle bloqueado en fase (PLL) controlado desde un sistema procesador digital para añadir flexibilidad a la solución. En la implementación homodina, la frecuencia de mezcla debe coincidir con la frecuencia central de la banda filtrada, utilizándose dos mezcladores 28 y un desfase de 90° 29 para obtener las señales en cuadratura de fase de banda base (paso O-IF). Por otro lado, la frecuencia utilizada en la mezcla heterodina es igual a $f_{rf} - f_{if}$, pudiéndose elegir entre $f_{rf} + f_{if}$ y $f_{rf} - f_{if}$, según los productos de intermodulación que puedan aparecer en uno u otro caso, siendo f_{rf} la frecuencia de la señal de radiofrecuencia recibida y f_{if} la frecuencia intermedia. También se puede optar por una doble conversión heterodina con dos etapas de mezcla, la primera a una frecuencia superior y la segunda para pasar de ésta a frecuencia intermedia.

Tras la etapa de mezcla, se realiza la etapa de filtrado y amplificación, para filtrar y amplificar la señal en frecuencia intermedia (para las implementaciones tanto homodina como heterodina). En este punto la señal ya consiste en una parte útil que es la banda de paso con una anchura de $B \cdot M$ MHz, y de otra parte que no interesa, resultante de las bandas de transición del filtro de UHF y de los productos de intermodulación que aparecen tras la mezcla. En el caso de la implementación heterodina, la frecuencia intermedia debe ser elegida de acuerdo al ancho $B \cdot M$ gestionado por cada módulo transceptor, de tal forma que no supere el 40% del ancho de la banda de Nyquist fijado por la frecuencia de muestreo que se emplea en el ADC 14. También hay que tener en cuenta que es conveniente centrar

aproximadamente la frecuencia intermedia en dicha banda de Nyquist para aprovechar al máximo el ancho de banda útil. La frecuencia intermedia, en teoría, puede estar centrada en cualquiera de las bandas de Nyquist, pero es recomendable situarla en la segunda banda, ya que las bandas restantes plantean más problemas de interferencia co-canal tras realizar la mezcla. Para el caso de la conversión homodina, todo lo expuesto no es relevante, ya que, por definición, la frecuencia intermedia de la conversión homodina es de 0 MHz (es decir, banda base).

El filtro de IF para la conversión heterodina consiste en un filtro 12 de paso de banda relativamente restrictivo. En la práctica, es suficiente con un filtro elíptico de tercer orden si se respeta la condición de que la banda de paso no supere el 40% del ancho de banda de Nyquist. Para el caso de la implementación con conversión homodina, basta con dos filtros 30 LC de paso bajo de tercer orden.

Tras efectuar el filtrado de IF, es muy importante ajustar de forma óptima el rango dinámico de la señal al ADC antes de pasar al dominio analógico, ya que de lo contrario se pierden resolución y eficacia. Por lo tanto, ya que el nivel de recepción en la antena puede ser variable, se incluye en todas las implementaciones de la invención un amplificador (13, 31, 38) de ganancia variable que entrega en todo momento la misma potencia al ADC. Es lo que se llama un control automático de ganancia analógico. El nivel óptimo de entrada al ADC depende de las especificaciones técnicas del ADC.

El convertidor analógico / digital (14, 32, 39) empleado tiene más o menos características, según la implementación de la invención. La implementación homodina es la que utiliza un ADC 39 más relajado, ya que no necesita frecuencias de muestreo excesivamente altas. Como mínimo se necesita una frecuencia de muestreo $f_s = B \cdot N / 0,4$, mientras que para el receptor heterodino es necesario al menos el doble de dicha frecuencia. Por el contrario, se encuentra que la conversión directa presenta varios inconvenientes como son el desplazamiento continuo, el desequilibrio de las ramas I / Q y el ruido de fase. Estos inconvenientes son corregidos por elementos analógicos y / o procesamiento digital, aumentando de cualquier manera la complejidad del circuito. Por otra parte, la implementación asociada a la digitalización de RF es la que requiere una frecuencia de muestreo más alta, pero una gran ventaja es la flexibilidad absoluta que se obtiene al procesar la señal exclusivamente en el dominio digital y el evitar los problemas inherentes a las conversiones analógicas descritas anteriormente. En base a lo precedente, la frecuencia de muestreo de los ADC de la invención, suponiendo 7 canales por módulo transceptor ($N=7$), es como mínimo de 256 Msps. Si se opta por una frecuencia de muestreo mayor, por ejemplo, 512 Msps, se pueden gestionar hasta 14 canales por módulo transceptor.

El rango dinámico del ADC está directamente relacionado con el número M de canales que se procesan en la banda. Se propone para la invención la utilización de ADC con al menos 12 bits de resolución, aunque otras resoluciones pueden ser también utilizadas.

En el caso de las implementaciones heterodinas y de digitalización de RF, se utiliza un demodulador I / Q para pasar la señal a banda base. Una implementación de dicho demodulador I / Q se presenta en la Figura 5. Este bloque tiene un sintetizador 43 digital de frecuencias para realizar la demodulación de IF a banda base que genera un coseno y un seno en la frecuencia IF. Tras los multiplicadores digitales 42 se generan las señales I / Q. A continuación se tiene un filtro FIR 44 para evitar la formación de alias con la frecuencia de imagen generada en la demodulación. Este filtro es a su vez un diezmador para rebajar la frecuencia de muestreo a $2 \cdot B \cdot N$ Msps. En la implementación homodina no está presente este bloque, porque la señal ya está digitalizada en banda base de IQ.

Una vez en banda base y dentro del dominio digital, la invención tiene bloques bien diferenciados comunes para todas las implementaciones: canalizador, filtrado, unidad de gestión de canales (CMU) local y decanalizador digital de salida.

El canalizador es el encargado de extraer de la señal multicanal cada uno de los canales de TV, pasándolos a banda base para que posteriormente puedan ser filtrados. Tradicionalmente, este proceso se ha realizado por medio de reducciones de frecuencia para cada canal, cada uno de ellos con sus filtros FIR diezmadores, como se muestra en la Figura 6. Sin embargo, el sistema de la presente invención comprende un filtro polifásico-FFT, cuya arquitectura clásica se muestra en la Figura 7. En lugar de utilizar dicha arquitectura clásica, denominada máximamente diezmada, el sistema comprende un filtro polifásico de sobremuestreo porque es más eficaz en términos de coste de cálculo. Se usa el término sobremuestreo porque se procesan en total M canales utilizando para ese fin 2 canalizadores polifásicos preparados para $K=M/2$ canales. En esta invención se aplica una técnica sencilla de sobremuestreo que consiste en separar los canales pares de los impares y utilizar dos canalizadores polifásicos-FFT, uno para los canales pares y otro para los canales impares, como se indica en la Figura 8 (se consideran canales pares aquellos con subíndice 0,2,4... mientras que los canales impares son aquellos con subíndice 1,3,5...). En dicha figura, puede verse cómo la señal se divide en dos trayectos, a uno de los cuales se aplica una traslación 45 de frecuencia de B MHz o, en otras palabras, se le aplica un desfase que está regido por $\exp(j \cdot 2 \cdot \pi / K)$, de tal forma que un canal impar esté centrado en 0 MHz. Posteriormente se aplica un canalizador M/2 47 a los canales pares y otro a los canales impares. La Figura 9 muestra la diferencia en coste de cálculo (en pesos o espitas de filtros FIR) entre un canalizador máximamente diezmado y otro canalizador de sobremuestreo. A pesar del hecho de que el filtro máximamente diezmado es óptimo en términos de arquitectura, al aplicarse a canales de TV con una separación de frecuencia estrecha, resulta inviable porque requiere de un filtro base H(z) con más de 700 espitas para $K = 16$. En cambio, el filtro de sobremuestreo puede dar la sensación de ineficacia al duplicar recursos, pero

resulta de especial utilidad para la aplicación del filtrado multicanal en TV, como se puede observar en los resultados comparativos, necesitando únicamente 240 espitas para $K=16$. Los filtros base del canalizador polifásico de sobremuestreo son mucho más relajados, como se puede observar en la Figura 10. El efecto de los dos canalizadores, tanto para los canales pares 48 como para los impares 49, puede verse en dicha figura, en líneas a trazos y punteadas, respectivamente. Estos filtros base son mucho más relajados porque poseen bandas de transición de al menos B MHz.

La salida del canalizador polifásico consiste en un bus para los canales pares y otro para los canales impares, en donde todos los canales están multiplexados 50 en el tiempo, porque la frecuencia de muestreo es K veces mayor, según se muestra en la Figura 11.

Tras separar cada uno de los canales de TV de forma sobremuestreada, en este momento se aplica a cada uno de ellos un filtrado selectivo para evitar la interferencia de canal adyacente al recombinar. En este momento se aplica un filtrado a cada canal de banda base con un filtro FIR 51 de 110 espitas. Este filtro es el que tradicionalmente se utiliza para el filtrado digital de un solo canal de TV, para que cumpla las especificaciones de la difusión de vídeo digital terrestre respecto a la ratio de energía de canal adyacente (ACPR).

Una vez los canales de TV están filtrados en banda base, se iguala su nivel de potencia por medio de un control automático de ganancia (AGC) 52 digital aplicado sobre los dos buses, los buses pares y los impares. Pese a que cada bus transporta K canales multiplexados en el tiempo, el AGC se aplica a todos ellos aprovechando el hecho de que el sistema trabaja K veces más rápido que la frecuencia de muestreo de cada canal. El nivel se configura por medio de un sistema procesador global que establece la potencia de salida de todos los canales a través de una señal denominada g_ref . Este AGC posee a su vez un detector de energía encargado de decidir si un canal de TV está presente, o no lo está, por medio de la comparación de su nivel de potencia de entrada respecto a un umbral configurado a través de un sistema procesador global. De esta forma se limpian completamente de ruido los canales no existentes o los residuos de interferencias que no han de ser amplificadas. Como se puede observar en el diagrama de la Figura 13, el AGC consiste en la entrada con un estimador 54 de potencia instantánea, cuya salida atraviesa un primer sistema integrador 55 para obtener una estimación de la potencia media. Dicha potencia se compara con, o se resta de, la potencia g_ref objetivo configurada para todos los canales, y la diferencia resultante pasa a otro bloque acumulador 57 que ofrece el valor g instantáneo por el cual se debe multiplicar a la señal para alcanzar la potencia objetivo. Obsérvese que dicho sistema se aplica a los M canales de cada trayecto par e impar, por lo que, para sincronizar el mecanismo es necesario incluir M-1 retardos en el bloque integrador 55 y el bloque acumulador 57, como se muestra en la figura.

Tras igualar los niveles de potencia, los canales de TV pasan a una unidad 53 local de gestión de canales (es decir, es un bloque local al módulo transceptor que lo contiene). Esta unidad local de gestión de canales de cada módulo transceptor está encargada de tareas relativas al manejo y gestión de los canales de TV, tales como la conmutación de frecuencia de los mismos (en repetidores MFN, por ejemplo) y la supresión y adición de canales externos al módulo. Las unidades locales de gestión de canales de cada módulo transceptor de la invención están controladas de forma centralizada por una unidad global 58 de gestión de canales, que está encargada de la gestión global de los canales de TV así como de la interfaz con el usuario externo. La Figura 14 muestra el diagrama de la CMU local, así como el control que efectúa sobre la misma la CMU global 58. Se puede observar cómo el sistema local consiste esencialmente en una memoria 62 de doble puerto en donde la lectura siempre la realiza un contador 61 que funciona continuamente en dicha memoria, y la escritura es llevada a cabo por un bloque de punteros 60 que establece las direcciones donde cada canal debe ser grabado y, por lo tanto, colocado. Como se ha expuesto anteriormente, una alteración en la posición temporal del bus de canales implica en la práctica una traslación de frecuencia de L canales, según la ranura temporal en la que se sitúe. El bloque de punteros 60 tiene las razones entre los canales de dicho módulo transceptor, con su posición en la trama de M canales registrada en el mismo en todo momento. Debe observarse en este punto que es posible conmutar canales pares e impares, con lo que, elevando la frecuencia de trabajo al doble de su nivel, se unen ambos buses en un solo bus común 59. A la salida vuelve a la situación original de dos buses 63. La unidad global 58 gestora de canales se ocupa de escribir el bloque de punteros 60 de los P módulos transceptores del sistema. También está encargado de controlar el multiplexor 64 presente en la entrada de las memorias 62 de los P módulos. Este multiplexor es necesario porque cualquier canal de los restantes módulos puede acceder al P-ésimo, y para ello se debe realizar un control a nivel global. Finalmente, la unidad global 58 gestora de canales está también encargada de la conmutación de frecuencia de canales entre distintos módulos transceptores 3, es decir, extrae de un primer módulo transceptor un canal de televisión, originalmente multiplexado en una primera frecuencia, y lo envía mediante un bus de alta velocidad a un segundo módulo transceptor que vuelve a multiplexar dicho canal de televisión en una segunda frecuencia (frecuencia objetivo).

A la salida del bloque CMU, los M canales de TV filtrados e igualados están listos para ser transmitidos. Para ello, entran al bloque decanalizador polifásico-FFT, una posible implementación del cual se presenta en Figura 15. El filtro polifásico-FFT actúa como un combinador de canales, es decir, efectúa el proceso inverso respecto al realizado en el canalizador polifásico-FFT y sitúa cada canal de TV en su frecuencia correspondiente. Tras los M / 2 canalizadores 66 se combinan los buses pares e impares, como se indica en la Figura 16, deshaciendo la traslación de frecuencia efectuada anteriormente. Para ello, se emplea un multiplicador (67) que multiplica por el complejo

conjugado de dicha traslación anterior, es decir, por $\exp(-j*2*\pi/K)$ 68, devolviendo de esta forma los canales impares a su frecuencia original; y un combinador 69 que combina dichos canales impares con los canales pares.

5 A la salida del decanalizador polifásico-FFT se obtiene una señal de M canales de TV previamente filtrados e igualados. Para las implementaciones basadas en conversión heterodina y digitalización en RF, en este momento se modula con IQ la señal para generar una salida real del sistema y atacar el DAC. Para la implementación homodina las ramas I y Q de salida del decanalizador polifásico FFT entran directamente en un dispositivo DAC para cada rama.

10 El DAC empleado en los módulos transceptores de la invención se basa, para todas las implementaciones, en un dispositivo que consiste en uno o varios filtros interpoladores y un sistema de conversión de digital a analógico. Los filtros interpoladores son utilizados para filtrar y aumentar simultáneamente la frecuencia de muestreo y de esta forma hacer más sencillo el diseño del filtro de reconstrucción analógico posterior al DAC. Sin los filtros interpoladores, las frecuencias de imagen que aparecen en el paso de digital a analógico son difíciles de eliminar por medio de filtros de reconstrucción sencillos. Con la utilización de un DAC con filtros interpoladores, el filtro de reconstrucción puede ser de un paso bajo de orden muy bajo, un tercer orden, por ejemplo. Para compensar su utilización se requiere un DAC con una frecuencia de muestreo mayor. Siguiendo con el ejemplo de $M=7$ canales por módulo transceptor, la frecuencia de muestreo del DAC será como mínimo de 256 Msps para la implementación homodina, de 512 Msps para la implementación heterodina y de 2 Gsps para la digitalización de RF.

20 Tras salir del bloque del DAC y filtro de reconstrucción, la señal analógica que consiste en los M canales de TV filtrados e igualados entra en un mezclador (24, 35) de RF a través de la misma frecuencia generada por el oscilador local 11 o PLL utilizado en la parte de recepción (como antes, solo para las implementaciones heterodinias y homodinias, que son las que establecen una conversión de frecuencia). La señal con los M canales de TV filtrados e igualados, centrados en la misma frecuencia de RF que se utilizó en recepción, se deja a la salida. En el caso de la implementación de digitalización de RF no se utiliza ningún tipo de conversión, con los filtros interpoladores del DAC, porque la señal sitúa directamente la frecuencia que le corresponde en la RF.

25 Por último la señal con los M canales de TV entra a un amplificador 26 de potencia para aportar la potencia requerida por etapas posteriores del sistema de difusión de televisión.

30 Tras la amplificación de potencia, la señal sale del sistema a través de un combinador 5 que une las salidas de todas las bandas manejadas por los K sistemas transceptores y, una vez combinadas, la señal resultante se envía al exterior a través de una antena en el caso de repetidores, o a través de un cable coaxial en el caso de un sistema de distribución de TV en comunidades vecinales.

A la vista de esta descripción y figuras, el experto en la materia puede entender que la invención ha sido descrita según realizaciones preferidas de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferidas, sin apartarse del objeto de la invención, tal y como ha sido reivindicada.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de amplificación de canales de televisión que comprende medios (1) de recepción de una señal de entrada analógica sobre la que se multiplexan una pluralidad de canales de televisión con una pluralidad de potencias, **caracterizado porque** además comprende:
- 5 - un divisor (2) de potencia configurado para transmitir la señal de entrada analógica a una pluralidad de módulos transceptores;
- la pluralidad de módulos transceptores (3), comprendiendo a su vez cada uno de dichos módulos:
- medios de conversión configurados para convertir la señal de entrada analógica en una señal de entrada digital;
- 10 - medios de filtrado adecuados para seleccionar un número entero M de canales de televisión multiplexados en la señal de entrada digital;
- y medios (18) de control de ganancia configurados para igualar las potencias de la pluralidad de canales de televisión seleccionados;
- 15 - y medios de combinación configurados para combinar en una señal de salida los canales de televisión cuya potencia es igualada por la pluralidad de módulos transceptores.
2. Sistema de amplificación según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios de filtrado comprenden a su vez un filtro polifásico (16) de un número M de canales y **porque** cada módulo transceptor (3) comprende a su vez un combinador polifásico (20) de dicho número M de canales.
- 20 3. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un amplificador (8) de bajo ruido adecuado para amplificar la señal de entrada.
4. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un amplificador (26) de potencia adecuado para amplificar la señal de salida.
5. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de conversión comprenden a su vez:
- 25 - medios de mezclado configurados para convertir la señal analógica a una frecuencia intermedia;
- medios (14) de digitalización configurados para trabajar en dicha frecuencia intermedia;
- y **porque** cada módulo transceptor (3) comprende un demodulador (21) digital en cuadratura de fase
6. Sistema de amplificación según la reivindicación 5, **caracterizado porque** los medios de mezclado comprenden a su vez:
- 30 - un oscilador (11) configurado para generar la frecuencia intermedia;
- un convertidor (10) configurado para mezclar la señal analógica con la frecuencia intermedia generada por el oscilador;
- y un filtro (12) de paso bajo configurado para dejar pasar la frecuencia intermedia.
7. Sistema de amplificación según la reivindicación 6, **caracterizado porque** los medios de mezclado comprenden además medios (13) de control automático de ganancia en la frecuencia intermedia.
- 35 8. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los medios de conversión comprenden a su vez:
- un mezclador (28) analógico en cuadratura de fase configurado para generar dos componentes de la señal de entrada en banda base;
- 40 - dos convertidores (32) de analógico a digital configurados para digitalizar desde dicha banda base los dos componentes generados.
9. Sistema de amplificación según la reivindicación 8, **caracterizado porque** los medios de conversión comprenden además:
- dos filtros (30) de paso bajo configurados para dejar pasar los dos componentes en banda base;
- dos medios (31) de control automático de ganancia en banda base.

10. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los medios de conversión comprenden a su vez un convertidor (39) de analógico a digital de alta velocidad, configurado para operar en la frecuencia de los canales de televisión en la señal analógica de entrada.
- 5 11. Sistema de amplificación según la reivindicación 10, **caracterizado porque** cada módulo transceptor (3) comprende además:
- un filtro (37) de paso de banda en la frecuencia de los canales de televisión en la señal analógica de entrada;
 - y un amplificador en dicha frecuencia de los canales (38) de televisión.
12. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios (18) de control de ganancia comprenden a su vez:
- 10 - medios de estimación configurados para estimar una potencia de cada canal de televisión;
- medios (56) de comparación configurados para determinar una ganancia necesaria para obtener una potencia objetivo a partir de la potencia de cada canal;
 - medios (57) de amplificación configurados para aplicar dicha ganancia necesaria a cada canal de televisión;
- 15 13. Sistema de amplificación según la reivindicación 12, **caracterizado porque** dichos medios (57) de amplificación comprenden medios de retardo configurados para retrasar la aplicación de la ganancia un número M-1 de ranuras de tiempo de una señal multiplexada temporalmente.
14. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada módulo transceptor (3) comprende medios (19) locales de control de canales, configurados para trasladar, en términos de frecuencia, al menos un canal de televisión dentro de un rango de frecuencias operado por dicho módulo transceptor (3).
- 20 15. Sistema de amplificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el sistema comprende además medios (4) globales de control de canales, configurados para extraer de un primer módulo transceptor al menos un canal de televisión multiplexado en una primera frecuencia, y multiplexar dicho al menos un canal de televisión en un segundo módulo transceptor en una segunda frecuencia.

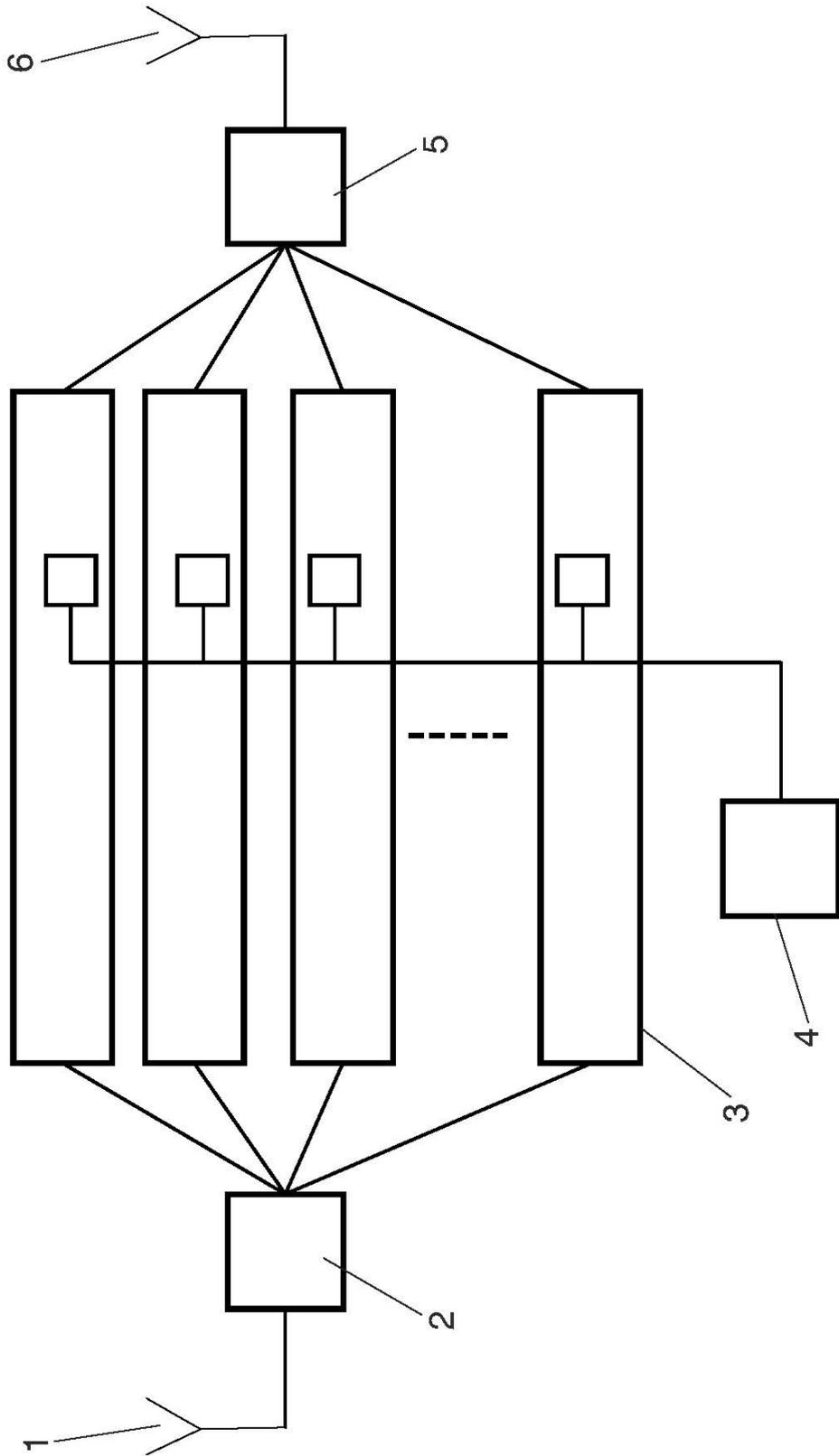


FIG. 1

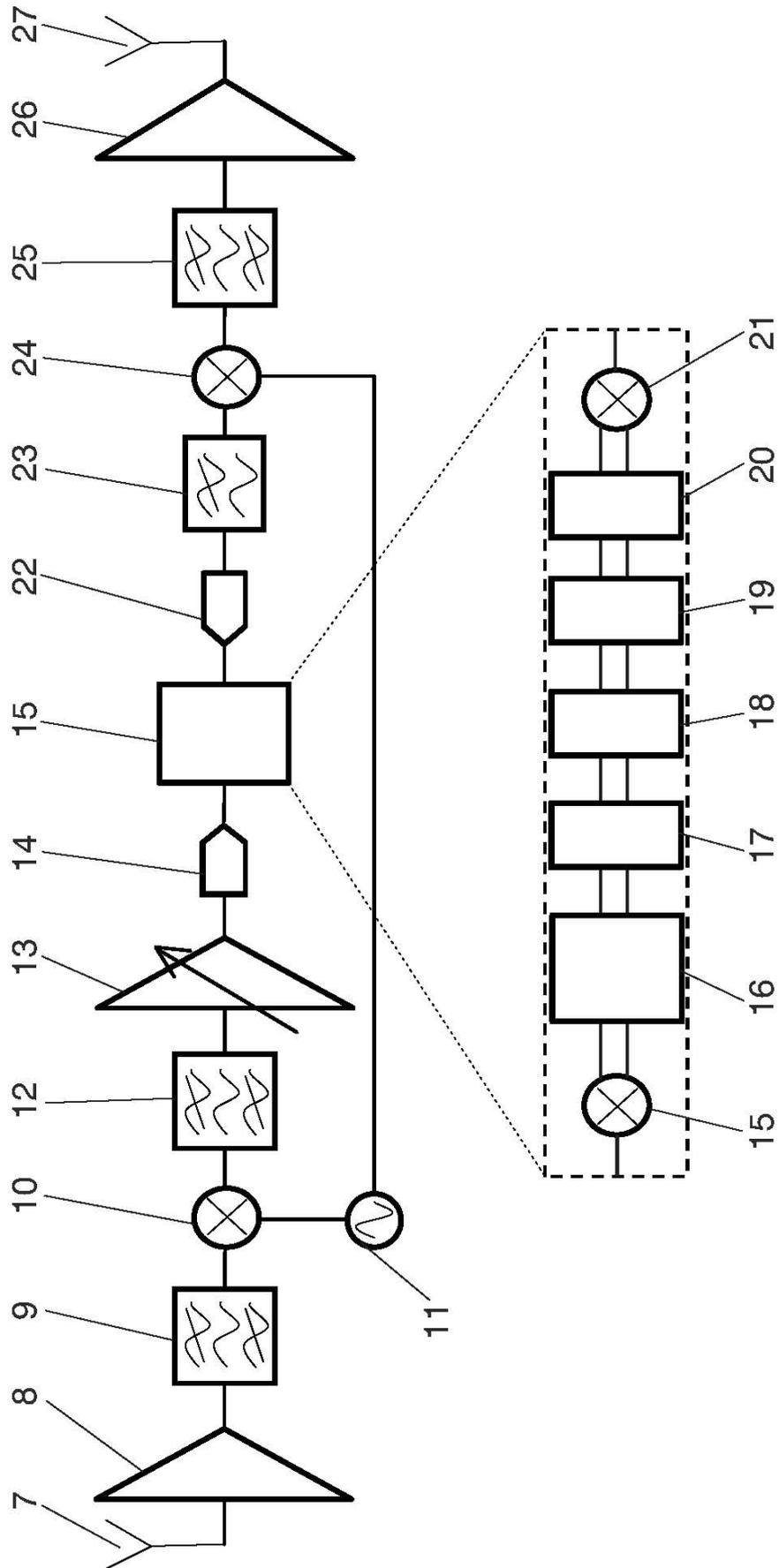


FIG. 2

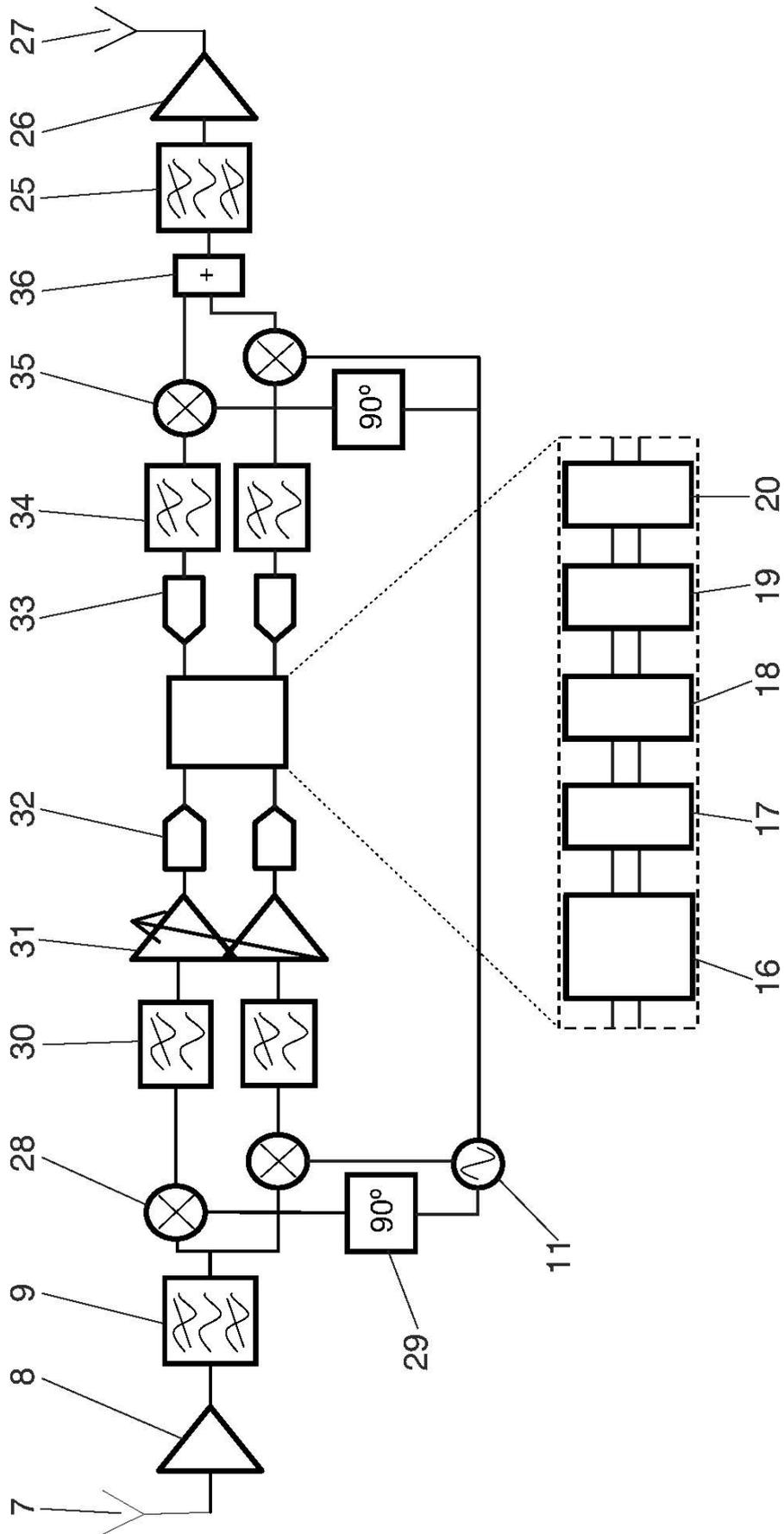


FIG. 3

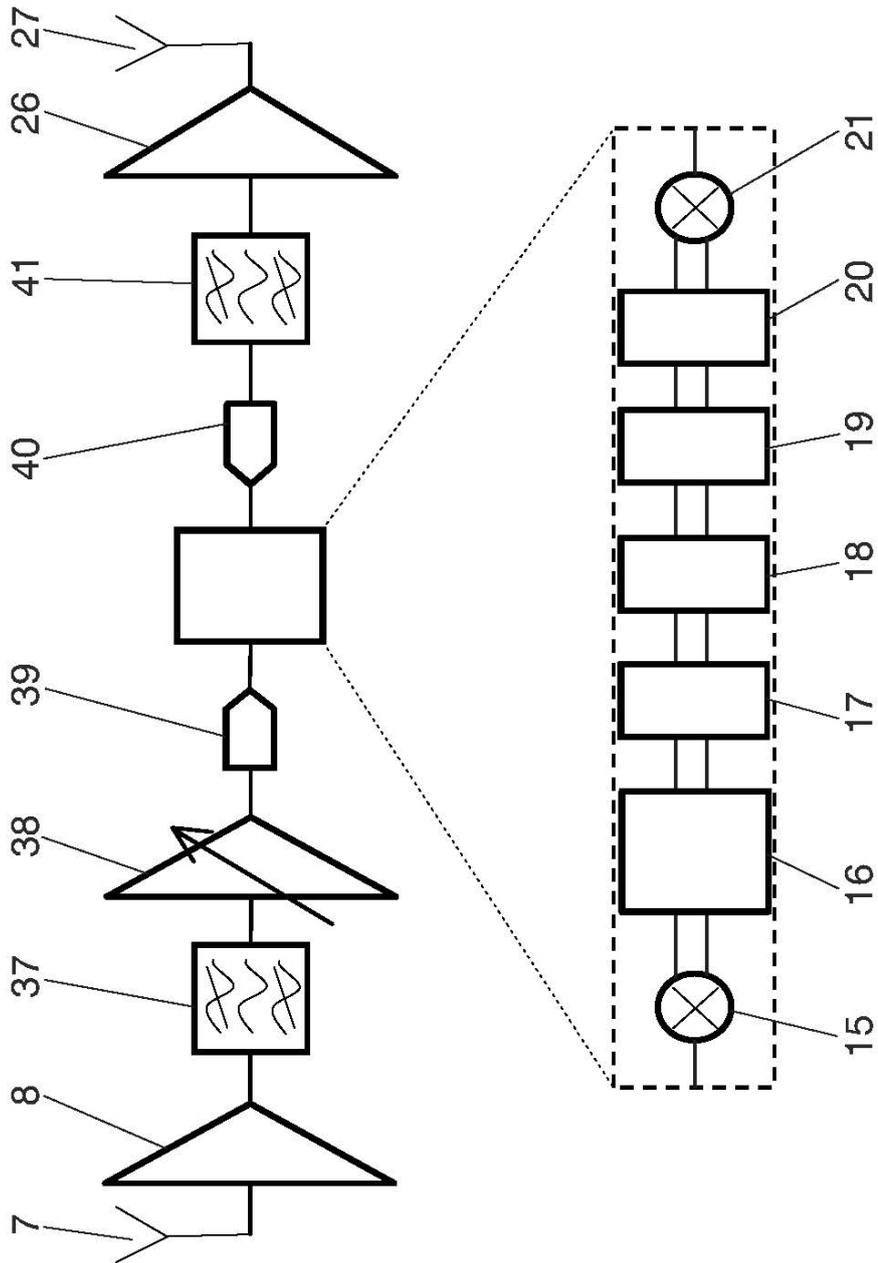


FIG. 4

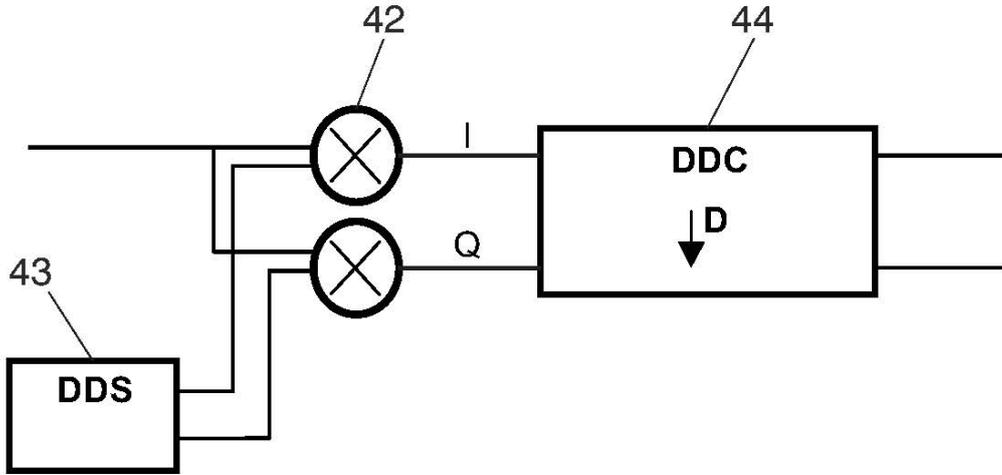


FIG. 5

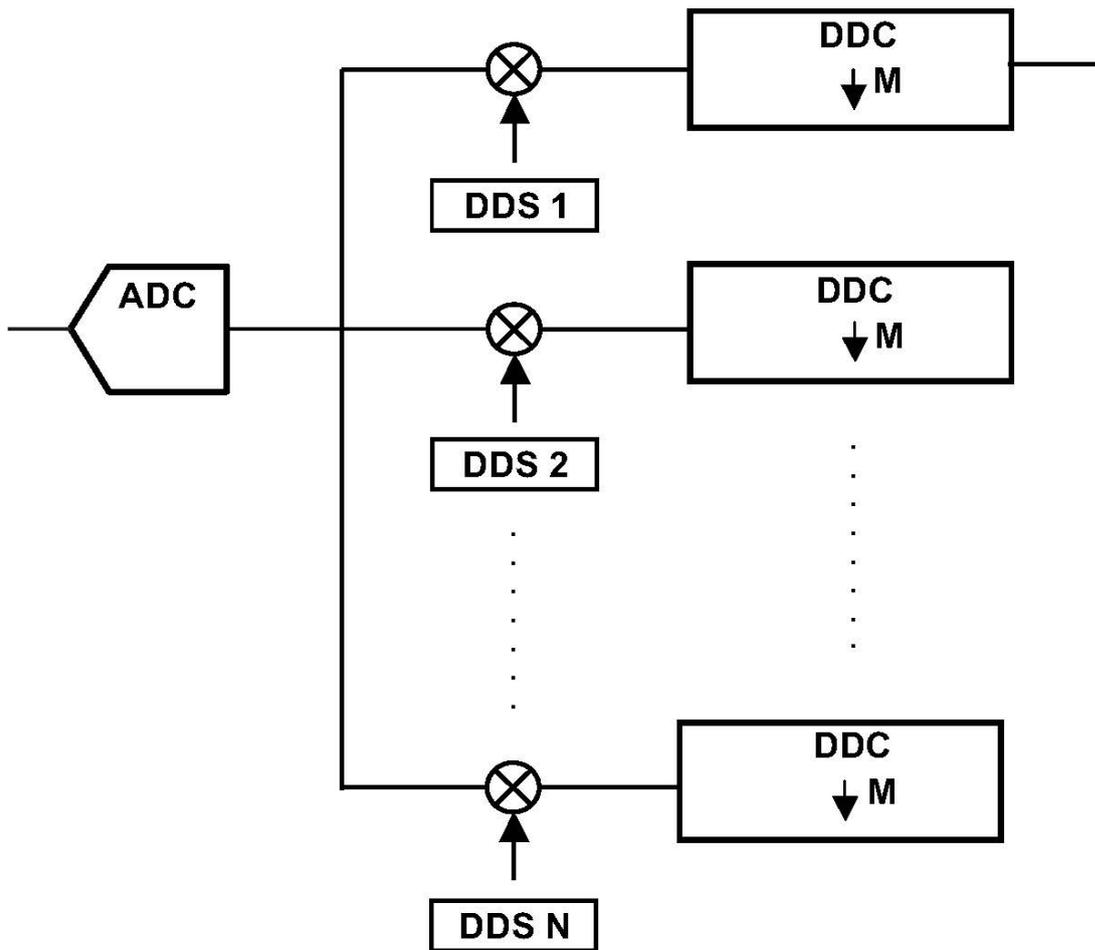


FIG. 6

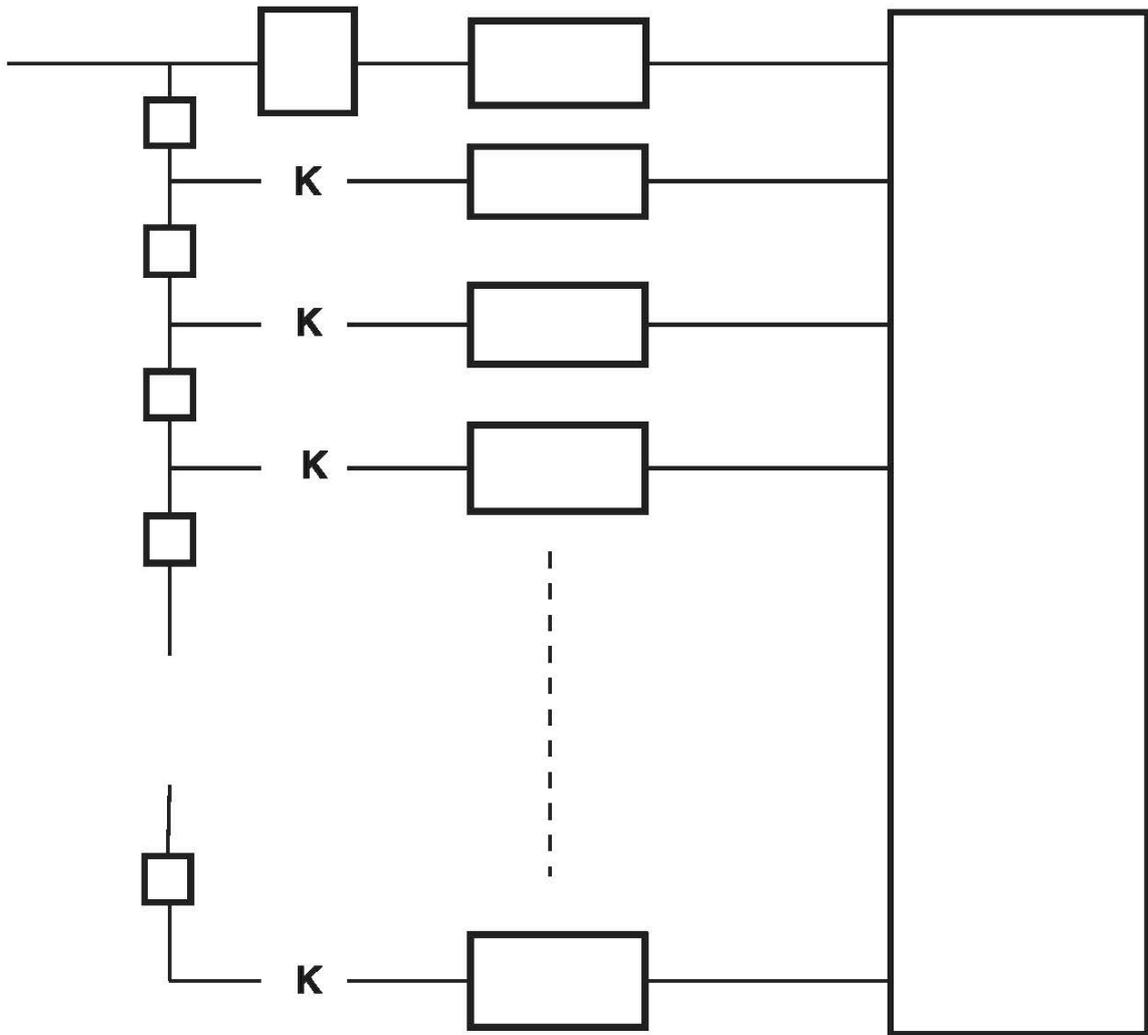


FIG. 7

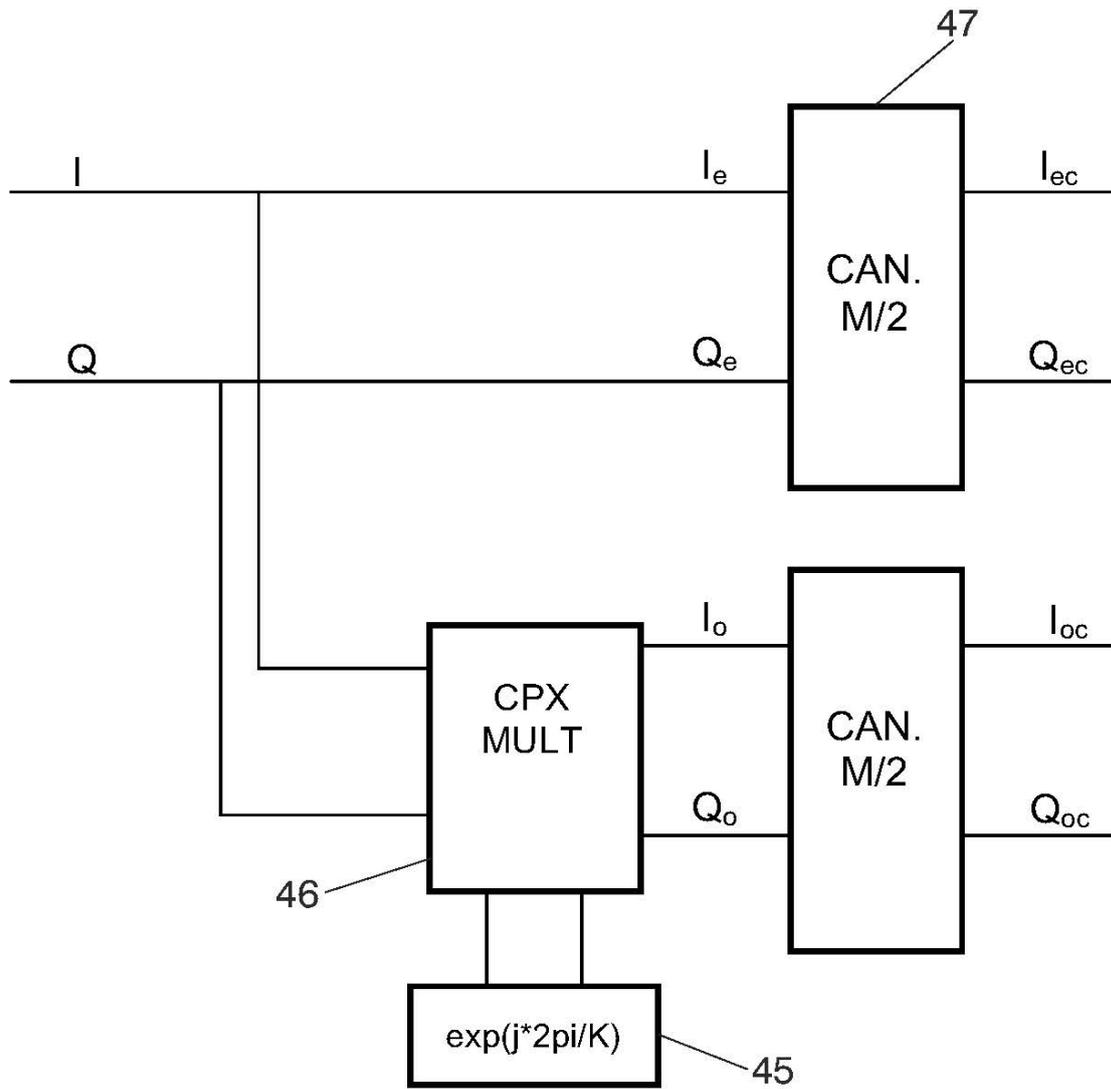


FIG. 8

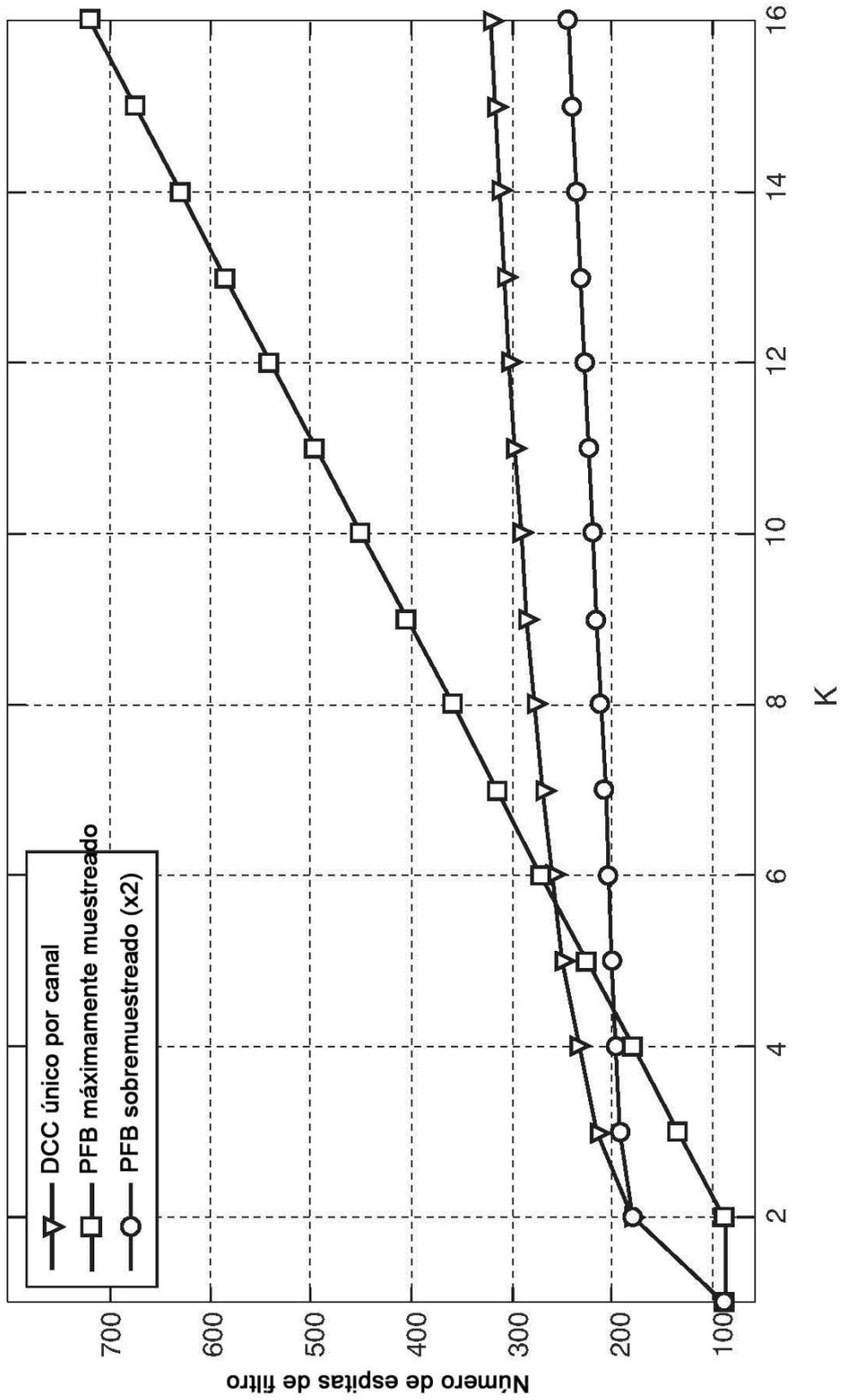


FIG. 9

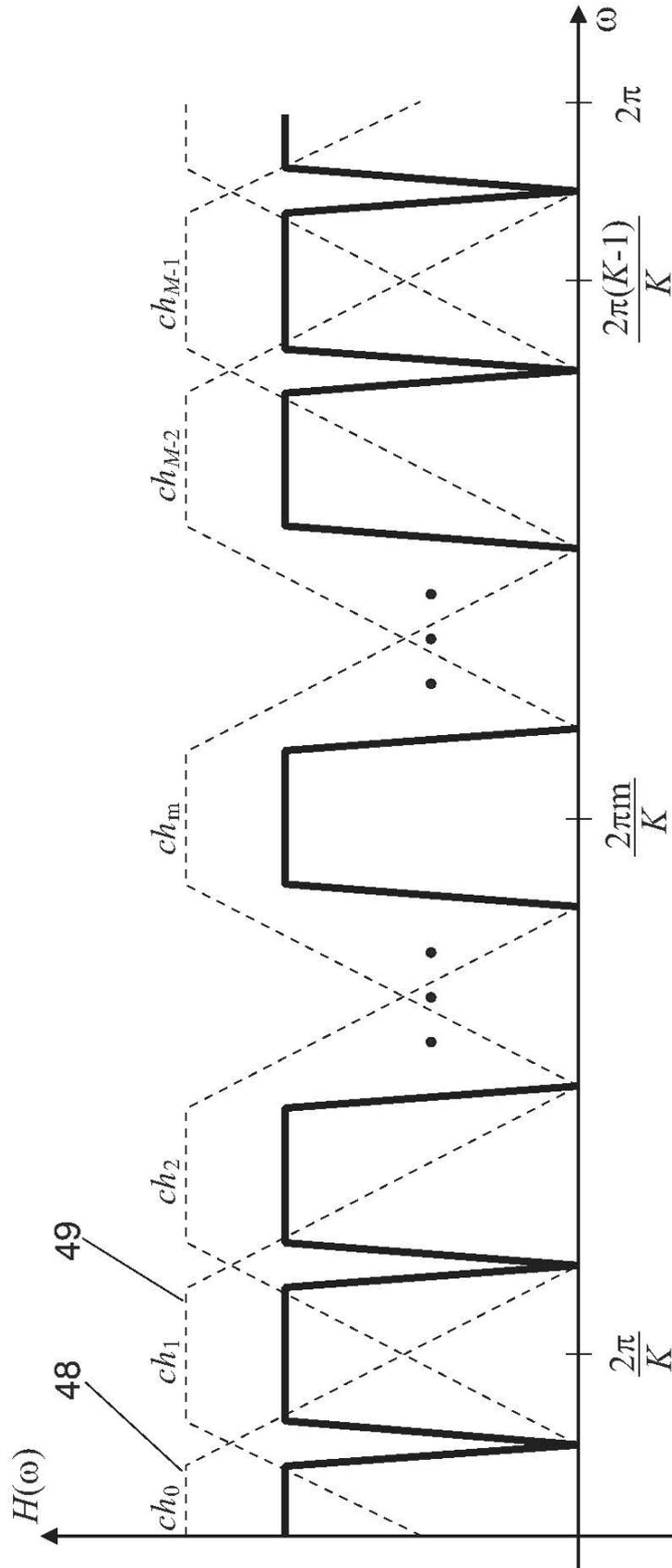


FIG. 10

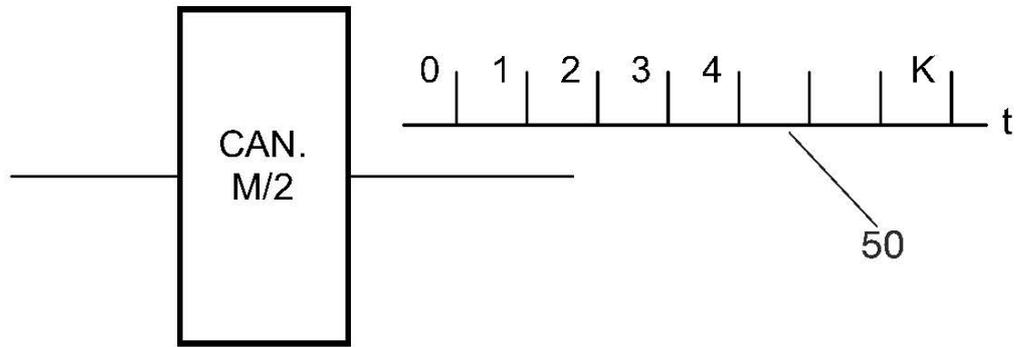
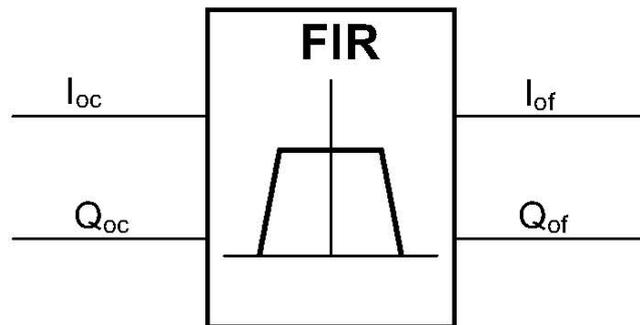
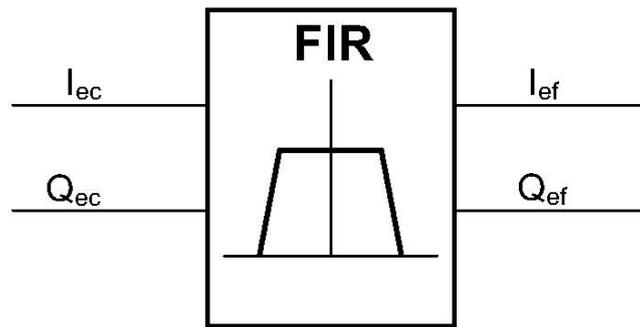


FIG. 11



51

FIG. 12

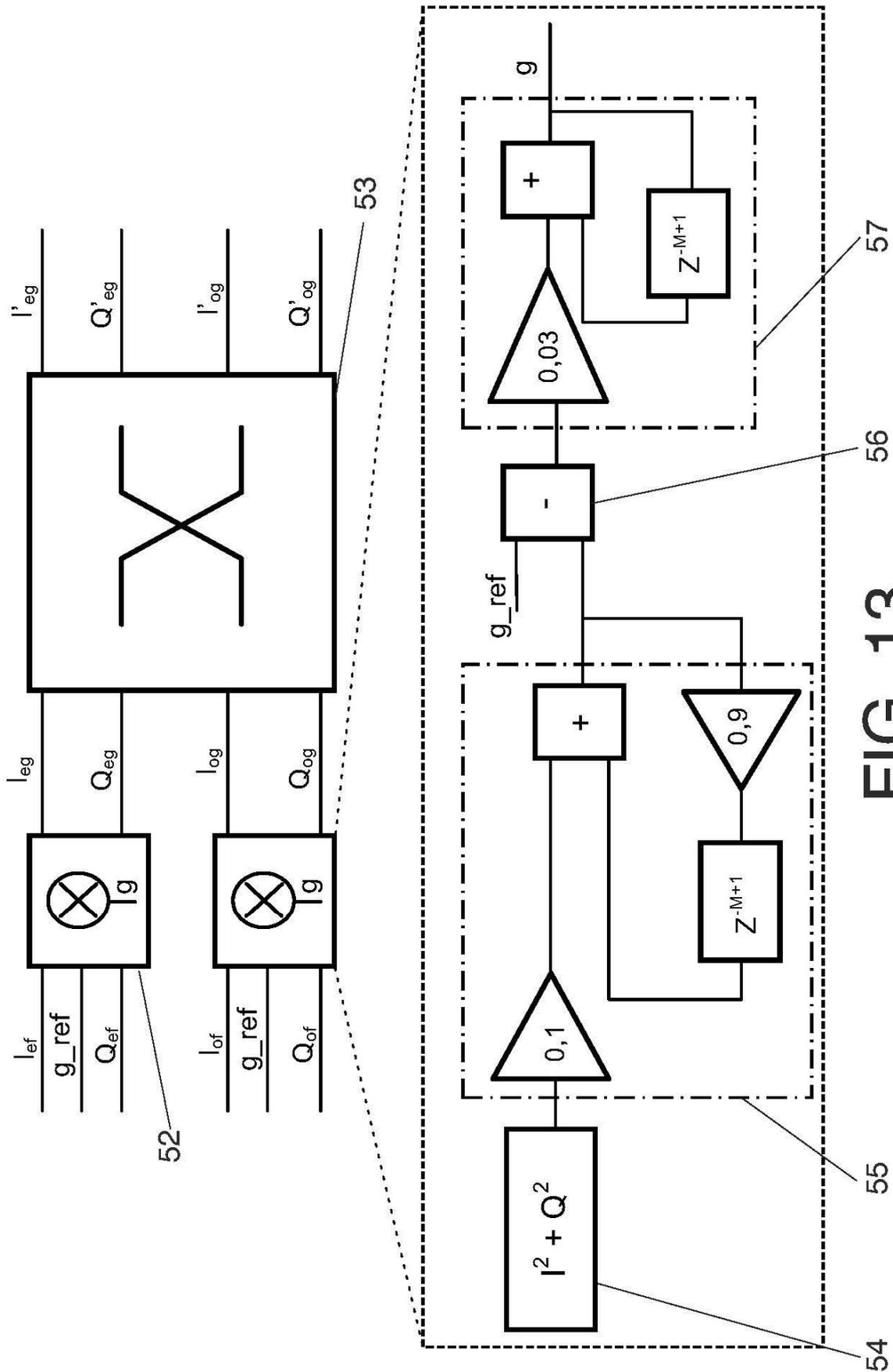


FIG. 13

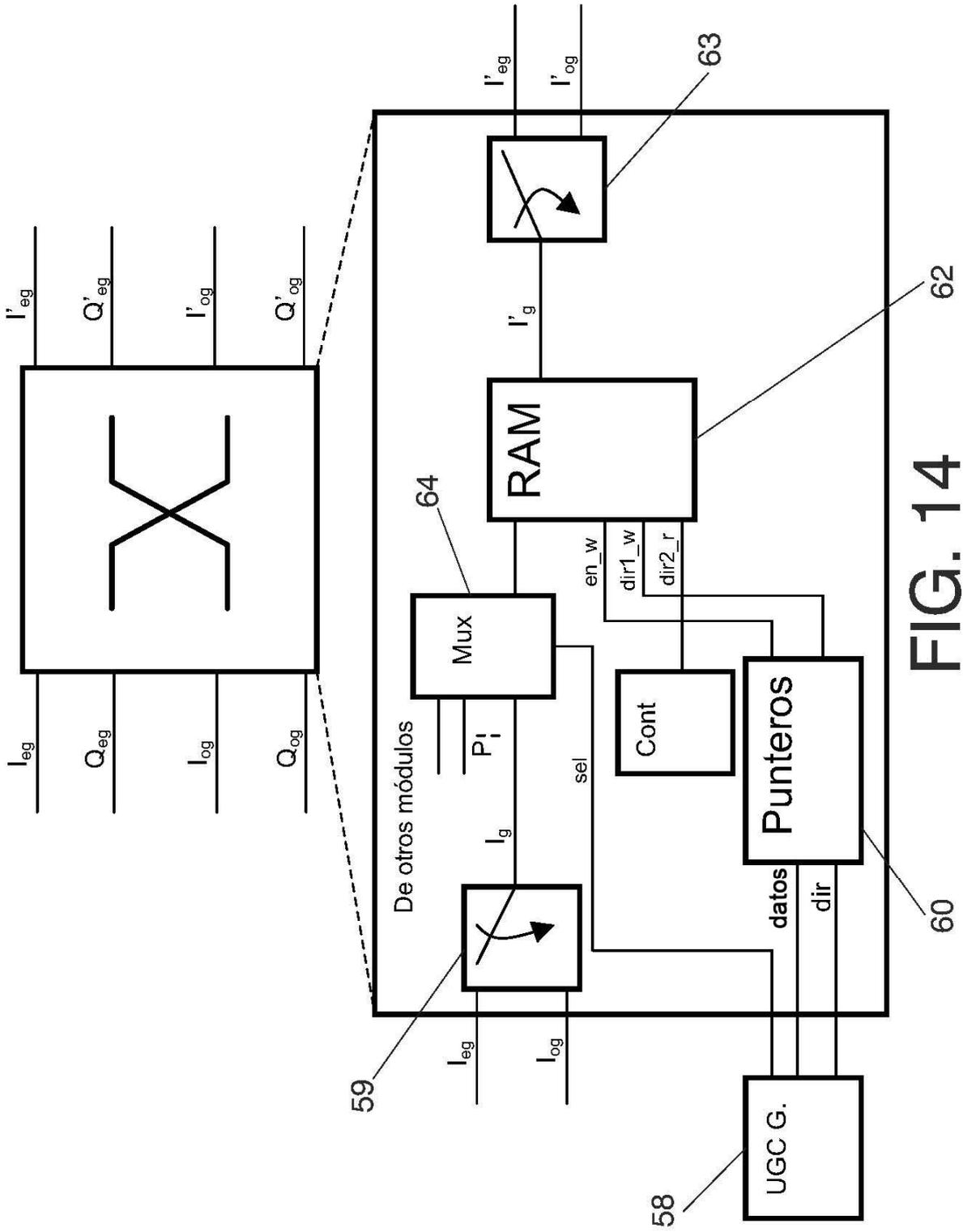


FIG. 14

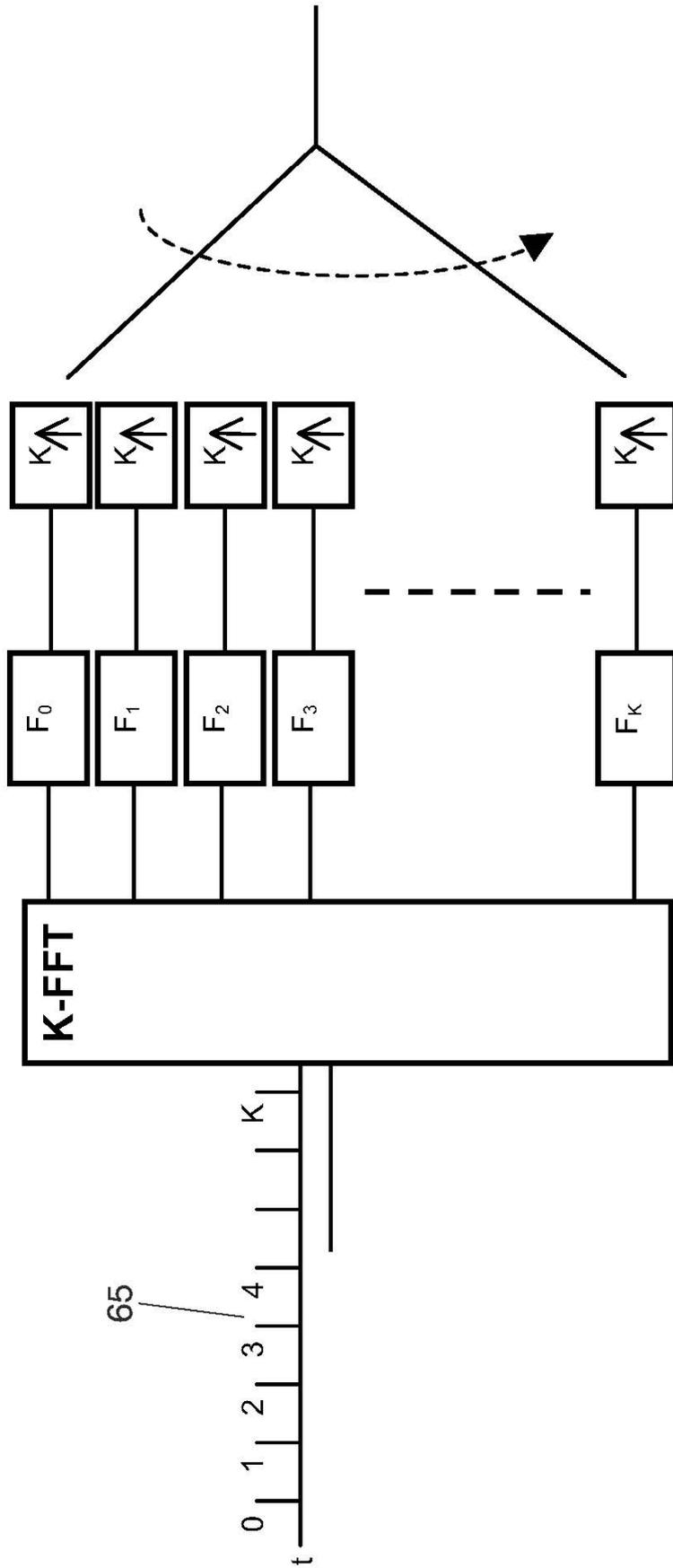


FIG. 15

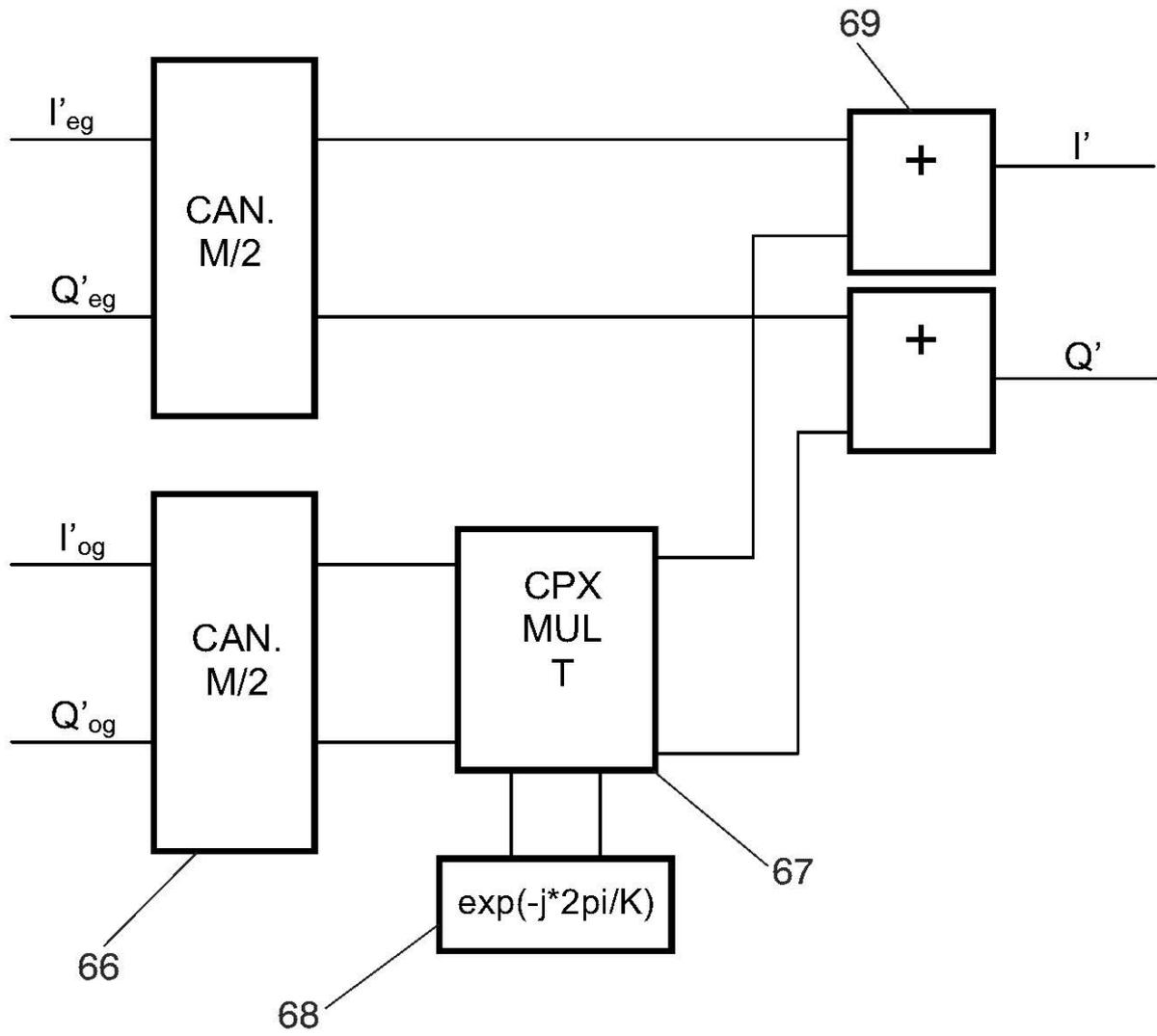


FIG. 16