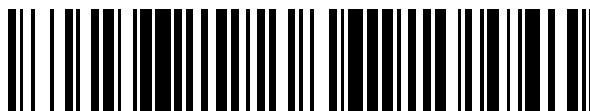


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 668**

51 Int. Cl.:

**H03K 19/195** (2006.01)

**G06F 15/82** (2006.01)

**H03K 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2016 PCT/NL2016/050122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16133394**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2016 E 16715363 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3259844**

54 Título: **Sistema de control de cambio de estado de un circuito de cúbits**

30 Prioridad:

**19.02.2015 EP 15155829**

**20.02.2015 EP 15156027**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.11.2019**

73 Titular/es:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR  
TOEGEPAST- NATUURWETENSCHAPPELIJK  
ONDERZOEK TNO (100.0%)**

**Anna van Buerenplein 1  
2595 DA 's-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

**DEURLOO, DUIJE y  
DICARLO, LEONARDO**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 731 668 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 control de cambio de estado de un circuito de cúbits

## 5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema de circuito de cúbits, y a un circuito de computación cuántica que comprende dicho sistema de circuito de cúbits.

## 10 Antecedentes

Un circuito de cúbits es un circuito en donde dos estados cuánticos pueden coexistir en estados de superposición cuántica y que admiten el uso computacional de los dos estados cuánticos como representaciones de estados lógicos 0 y 1. Se conocen varios ejemplos de circuitos de cúbits con los nombres de Cooper, Transmon, Quantronium, Fluxonium, etc. Los documentos US2009015317 y US 8.111.083 describen ejemplos de circuitos de cúbits. En la mayoría de los casos, el circuito de cúbits comprende un circuito de RF resonante superconductor con una frecuencia de resonancia en el rango de microondas, por ejemplo, en un rango de 1-10 gigahercios y preferentemente una unión de Josephson en esta estructura. En los circuitos de computación cuántica, los circuitos de cúbits se utilizan como elementos para procesar y almacenar información superpuesta.

20

Se conoce la transmisión de pulsos de RF a circuitos de cúbits para controlar los cambios de estado y/o medir los estados. Se usa una generación de pulsos de RF para aplicar pulsos de RF a la entrada de dicho circuito de cúbits, por ejemplo, a través de una línea de transmisión de microondas que se acopla capacitivamente al circuito de cúbits. Por ejemplo, la transmisión puede comprender usar el pulso de RF para generar un campo electromagnético superpuesto en un campo en parte del circuito de RF resonante superconductor. La frecuencia de la señal de RF en el pulso se relaciona con la frecuencia de resonancia del cúbit y puede estar en el rango de los gigahercios (aunque no es necesario que sea igual a esa frecuencia de resonancia). El cambio de estado del cúbit depende de la forma del pulso, su amplitud y la fase de las ondulaciones en el pulso de RF (las ondulaciones pueden corresponder a oscilaciones de RF sobre las cuales se ha modulado el pulso de RF). Además, las formas del pulso de las componentes en cuadratura y en fase del pulso de RF pueden controlarse para evitar cambios de estado no deseados.

25

30

35

Puede usarse una serie de pulsos de RF sucesivos para realizar cambios de estado sucesivos. Al establecer las amplitudes y la fase relativa de los pulsos de RF en una serie de este tipo, puede realizarse una serie de operaciones seleccionables en el cúbit. Puede usarse un sistema de control que almacena definiciones de conjuntos de tales parámetros para pulsos de RF predefinidos y un "programa" que indica cuál de estos pulsos de RF predefinidos debe transmitirse en la serie. En un sistema de cúbits con una pluralidad de cúbits, un sistema de control selecciona la amplitud y la fase de la señal de RF en un pulso de RF para diferentes cúbits dependiendo de los cambios de estado deseados.

40

La tolerancia de fabricación puede afectar negativamente la utilidad de los circuitos de cúbits en los circuitos de computación cuántica. La tolerancia de fabricación puede dar como resultado la inexactitud de los cambios de estado y la efectividad insuficiente de la supresión de las transiciones de estado no deseadas. El ruido puede reducir el tiempo de coherencia del cúbit. Para compensar las tolerancias de fabricación, pueden ser necesarios ajustes de amplitud y/o fase ligeramente diferentes para que los pulsos de RF a diferentes cúbits individuales afecten los mismos cambios de estado.

45

50

55

Se conoce el uso de generadores de pulsos de RF independientes en un sistema de múltiples cúbits para generar los pulsos de RF con amplitud y fase controladas para los cúbits individuales. De esta manera, la calibración de los generadores de pulsos de RF puede usarse para tener en cuenta los efectos de las tolerancias de fabricación. La calibración puede realizarse, por ejemplo, aplicando uno o más pulsos de RF a cada cúbit y midiendo el efecto de los pulsos de RF. Pueden aplicarse pulsos de RF con diferentes amplitudes y/o fases a cada cúbit durante la calibración para medir las respuestas de los cúbits individuales en función de las amplitudes y/o fases, y las amplitudes y/o fases correspondientes a una respuesta deseada predeterminada pueden usarse para controlar el ajuste de los adaptadores. Además, con los generadores de pulsos de RF independientes pueden aplicarse combinaciones arbitrarias de pulsos a diferentes cúbits simultáneamente, lo que hace posible hacer un uso óptimo del tiempo de coherencia. Sin embargo, esta solución requiere que se use un gran número de generadores de pulsos de RF en un sistema de cúbits con un gran número de cúbits. Con un número cada vez mayor de generadores de pulsos de RF, esto se traducirá en altos costos de equipos y también en una pérdida de calor cada vez más significativa, ya que los generadores de pulsos de RF funcionan convencionalmente a temperatura ambiente y deben proporcionarse líneas de transmisión a los cúbits superconductores que funcionan a muy baja temperatura (por ejemplo, a temperaturas criogénicas).

60

65

Los documentos US 20090014714 describen una arquitectura del sistema de control para la computación cuántica. El documento aborda el problema de las señales de multiplexación a baja temperatura. El documento usa una matriz bidimensional de circuitos cuánticos, tales como los circuitos de cúbits. La matriz tiene conductores de columna, cada uno acoplado a los cúbits en una columna respectiva de la matriz, para aplicar una señal de polarización a los circuitos de cúbits en la columna. Además, la matriz tiene conductores de fila, cada uno acoplado a los circuitos de cúbits en una fila respectiva de la matriz, para aplicar pulsos de microondas a los circuitos de cúbits en la fila. De esta manera, si hay M columnas y N filas, es decir,  $N \times M$  circuitos de cúbits, las líneas de transmisión N para las señales de control son suficientes

para dirigir las señales de control a todos los  $N \times M$  circuitos de cúbits individualmente sobre la base de la multiplexación por división de tiempo. Sin embargo, las discrepancias en la frecuencia de resonancia entre diferentes cúbits pueden afectar negativamente el rendimiento de dicha matriz de cúbits. Además, en comparación con la solución que usa generadores de pulso de RF individuales para cúbits individuales, el número de pulsos de RF que pueden aplicarse simultáneamente se reduce significativamente, de modo que algunas tareas que podrían ejecutarse con el mismo número de cúbits que usan generadores de pulso de RF individuales no pueden ejecutarse con dicha matriz dentro de una distancia de tiempo que es menor que el tiempo de coherencia.

#### Resumen

Entre otros, es un objeto proporcionar un sistema de cúbits en donde el circuito para controlar el circuito de cúbits no se escala en proporción al número total de cúbits.

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un sistema de control de cambio de estado de circuito de cúbits de acuerdo con la reivindicación 1. Este sistema usa una combinación de multiplexación en el dominio del tiempo y multiplexación en el dominio de la frecuencia. Se usa una pluralidad de  $M$  sistemas de multiplexación en el dominio del tiempo, cada uno con un generador de pulsos de RF para una frecuencia diferente y un multiplexor de RF de 1 a  $N$ . Se usan  $N$  grupos de  $M$  cúbits, los  $M$  cúbits de cada grupo reciben señales de RF de una estructura de transmisión común para ese grupo, tal como una línea de transmisión. La estructura de transmisión se acopla a diferentes circuitos de cúbits en el grupo a través de los respectivos filtros selectivos en frecuencia.

En cada sistema de multiplexación en el dominio del tiempo, cada una de las  $N$  líneas de transmisión de salida multiplexadas del conjunto de  $N$  líneas de transmisión de salida multiplexadas corresponde a un grupo respectivo de los  $N$  grupos. Cada grupo tiene su propio combinador de RF, que acopla la estructura de transmisión común para el grupo a las líneas de transmisión de salida multiplexadas correspondientes de los  $M$  sistemas de multiplexación en el dominio del tiempo.

Se usa un circuito de control configurado para controlar la generación de pulsos y la selección por los multiplexores de RF de 1: $N$  de los  $M$  sistemas de multiplexación en el dominio del tiempo. De esta manera, el circuito de control puede seleccionar a cuál de las  $N$  líneas de transmisión comunes de los  $N$  grupos respectivos se transmitirá un pulso de RF desde cada generador de pulsos de RF. Como resultado, se cambiará el estado del cúbit con el filtro selectivo en frecuencia acoplado a esa línea de transmisión común. De esta manera, los cambios de estado de los  $M \times N$  cúbits pueden controlarse mediante el uso de  $M$  generadores de pulsos de RF. Los cambios de estado en cualquier combinación de  $M$  de los  $M \times N$  cúbits pueden aplicarse a la vez.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona el sistema de acuerdo con la reivindicación 2. En la presente descripción, un modo de difusión en donde el multiplexor transmite un pulso de RF a todas las  $N$  líneas de transmisión de salida de su sistema de multiplexación en el dominio del tiempo simultáneamente. De esta manera, cuando los multiplexores de uno de los  $M$  sistemas de multiplexación en el dominio del tiempo se encuentran en el modo de difusión, un conjunto de pulsos de RF transmitidos simultáneamente desde los  $M$  generadores de pulsos de RF alcanzará los cúbits con filtros selectivos en frecuencia para la frecuencia del sistema de multiplexación en el dominio del tiempo en todos los grupos. Cuando los multiplexores de todos los  $M$  sistemas de multiplexación en el dominio del tiempo están en el modo de difusión, un conjunto de pulsos de RF transmitidos simultáneamente desde los  $M$  generadores de pulsos de RF alcanzará todos los  $N \times M$  cúbits.

En una modalidad adicional, puede soportarse un modo de multidifusión, en donde el multiplexor transmite un pulso de RF a un subconjunto de  $N$  ( $N > 1$ ) de todas las  $N$  líneas de transmisión de salida de su sistema de multiplexación en el dominio del tiempo, que depende simultáneamente del control por el circuito de control. De acuerdo con otro aspecto, se proporciona el sistema de acuerdo con la reivindicación 3. Los adaptadores de amplitud proporcionan una compensación para las diferencias entre los valores de amplitud que se necesitan para afectar un mismo cambio de estado en diferentes cúbits. Esto hace posible usar la generación de pulsos de RF independiente de cúbit por un generador de pulsos de RF. En particular, cuando se usa el modo de difusión o multidifusión, esto hace que no sea necesario usar circuitos de cúbits que coincidan exactamente: los adaptadores de amplitud permiten la compensación de los circuitos de cúbits que no coinciden, por ejemplo, debido a la tolerancia de fabricación. Opcionalmente, los circuitos adaptadores de fase pueden proporcionarse en serie con los circuitos adaptadores de amplitud. Estos pueden usarse para compensar las diferencias de longitud del trayecto, tal como las diferencias de longitud del trayecto entre las señales En fase y Cuadratura y para mantener estas ortogonales en cada cúbit individual y evitar así proyecciones no deseadas. El circuito de control se configura para configurar los cambios de amplitud/fase de los adaptadores de amplitud/fase de manera diferente de acuerdo con las diferencias de fabricación. Estas configuraciones deben cambiarse a lo sumo cuando se recalibran los cúbits.

En una modalidad, se usan  $N \times M$  adaptadores de amplitud controlable y, opcionalmente, adaptadores de fase, un adaptador de amplitud (adaptador de fase +) para cada salida de multiplexor. Esto da como resultado una relación uno a uno entre los adaptadores de amplitud controlables y los  $N \times M$  cúbits, en el sentido de que todos los pulsos de RF que cambian el estado de un cúbit particular deben pasar a través de un único adaptador de fase/amplitud particular.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona el sistema de acuerdo con la reivindicación 4. La aplicación de una combinación de pulsos a un circuito de cúbits puede usarse para suprimir las transiciones de estado no deseadas. Por ejemplo, puede usarse un pulso gaussiano con señal de oscilador local en fase y una derivada del pulso Gaussiano con una señal de oscilador local en cuadratura. La relación requerida entre las amplitudes de estos pulsos puede depender de las celdas individuales debido a las tolerancias de fabricación. Los circuitos adaptadores de amplitud compensan esta relación después de los multiplexores. Opcionalmente, los circuitos adaptadores de fase controlables pueden usarse en serie con los circuitos adaptadores de amplitud, para compensar la tolerancia de fase. Debido a que la compensación de relación y, opcionalmente, la compensación de diferencia de fase se realizan después de la multiplexación, es posible utilizar la generación de pulsos de RF independiente de cúbit por un generador de pulsos de RF. En particular, cuando se usa el modo de difusión o multidifusión, esto hace que no sea necesario usar circuitos de cúbits que coincidan exactamente.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros objetos se harán evidentes a partir de una descripción de las modalidades ilustrativas con referencia a las siguientes figuras.

La Figura 1 muestra un sistema cúbits.

La Figura 2 muestra un circuito de multiplexación por división de tiempo.

La Figura 3 muestra un circuito de multiplexación adicional.

Descripción detallada de las modalidades ilustrativas

La generación de señales de RF multiplexadas se conoce en sí misma por el campo general de la tecnología de RF. En un sistema de multiplexación en el dominio del tiempo puede usarse un multiplexor de RF para conectar un único generador de pulsos de RF a una pluralidad de N líneas de transmisión y un circuito de control controla el multiplexor de RF para suministrar pulsos de RF sucesivos a las N líneas de transmisión seleccionadas sucesivamente. Por lo tanto, solo se necesita un único generador de pulsos de RF para una pluralidad de N líneas de transmisión.

En un sistema de multiplexación en el dominio de la frecuencia, se generan pulsos de RF simultáneos en una pluralidad de M frecuencias de RF diferentes en una única línea de transmisión y se usan M filtros selectivos en frecuencia para recibir los diferentes pulsos en diferentes receptores. En un sistema de multiplexación en el dominio de la frecuencia, pueden usarse incluso M diferentes generadores de pulsos de RF para generar los pulsos de RF en M frecuencias diferentes, pero el número de líneas de transmisión se reduce, debido a que una pluralidad de receptores se acoplan a una única línea de transmisión. En este caso, los diferentes generadores de pulsos de RF pueden acoplarse a la única línea de transmisión a través de un combinador.

Cuando la multiplexación en el dominio del tiempo se aplica a los cúbits, N diferentes cúbits se acoplan a N líneas de transmisión diferentes del sistema de multiplexación en el dominio del tiempo. El circuito de control controla la amplitud y la fase en intervalos de tiempo sucesivos, en cada intervalo de tiempo de acuerdo con el cambio de estado deseado para el cúbit individual que se acopla a la línea de transmisión durante el intervalo de tiempo. De esta manera, puede usarse un único generador de pulsos de RF para proporcionar pulsos para una pluralidad de cúbits.

Cuando la multiplexación en el dominio de la frecuencia se aplica a los cúbits, todos los cúbits diferentes se acoplan a una única línea de transmisión de un sistema de multiplexación en el dominio de la frecuencia. Los cúbits diferentes se acoplan a las líneas de transmisión a través de los respectivos filtros selectivos en frecuencia diferentes. El circuito de control controla la amplitud y la fase de los pulsos de RF en diferentes frecuencias al mismo tiempo, en cada frecuencia de acuerdo con el cambio de estado deseado para el cúbit individual que se acopla a la línea de transmisión a través del filtro para esa frecuencia. De esta manera, puede usarse una única línea de transmisión para proporcionar pulsos para una pluralidad de cúbits.

La Figura 1 muestra un sistema de cúbits, que comprende un circuito de control 16, una pluralidad de sistemas de multiplexación por división de tiempo 12, una pluralidad de acopladores 14 de M a 1, una pluralidad de líneas de transmisión de grupo 13, una pluralidad de filtros selectivos en frecuencia 11 y una pluralidad de circuitos de cúbits 10.

El circuito de control 16 tiene salidas de control acopladas a los sistemas de multiplexación por división de tiempo 12. Puede usarse una pluralidad de M sistemas de multiplexación por división de tiempo 12 (M es un número entero mayor que uno; a modo de ejemplo, la figura muestra solo cuatro sistemas de multiplexación por división de tiempo 12). Cada uno de los M sistemas de multiplexación por división de tiempo 12 comprende un generador de pulsos de RF 120 (por ejemplo, un generador de pulsos conformados) y un multiplexor de RF 122 con una pluralidad de N líneas de transmisión de salida 28 (solo una etiquetada). N puede ser cualquier entero mayor que uno; N no necesita ser igual a M; a manera de ejemplo, la figura muestra solo cuatro líneas de transmisión de salida. El hecho de que el multiplexor de RF 122 se denomine multiplexor 1:N no excluye que pueda tener más de N líneas de transmisión de salida. El generador de pulsos de RF 120 se configura para generar pulsos de RF, en intervalos de tiempo sucesivos, por ejemplo, pulsos que contienen

ondulaciones a una frecuencia en un rango de frecuencia de 1-10 GHz, con una envoltura con forma Gaussiana y una duración de pulso de 10-40 o de 20-40 nanosegundos en intervalos de tiempo de 100 nanosegundos. Los generadores de pulsos de RF 120 de los diferentes sistemas de multiplexación por división de tiempo 12 se configuran para generar pulsos que contienen ondulaciones de RF a frecuencias mutuamente diferentes. El circuito de control 16 tiene salidas acopladas a las entradas de control (no mostradas) de los generadores 120 de pulsos de RF para controlar la fase y la amplitud de los pulsos de RF.

El generador de pulsos de RF 120 tiene una salida de RF acoplada al multiplexor de RF 122. El multiplexor de RF 122 puede comprender un divisor de 1 a N (no mostrado) y conmutadores FET (por ejemplo, conmutadores GaAs FET no mostrados) acoplados entre las salidas respectivas del divisor 1 a N y las respectivas líneas de transmisión de salida. Dicha estructura se ilustra en la Figura 2. Preferentemente, cada uno de los conmutadores se configura para conmutar entre el acoplamiento de una salida respectiva de las salidas del divisor 1 a N a una línea de transmisión de salida desde el multiplexor de RF 122 o a una carga de terminación. El circuito de control 16 tiene salidas acopladas a las entradas de control de los conmutadores (no mostrados). Las líneas de transmisión de salida del multiplexor de RF 122 pueden ser cables coaxiales, líneas de transmisión de tipo líneas de banda, guías de onda o cualquier otro tipo de líneas de transmisión. Cada una de las N líneas de transmisión de salida de un multiplexor de RF 122 se acopla a una entrada de un acoplador respectivo diferente de los acopladores 14 de M a 1. Este es el caso de cada uno de los M sistemas de multiplexación 12. Hay N acopladores 14 de M a 1, cada uno con M entradas acopladas a M sistemas diferentes de los M sistemas de multiplexación por división de tiempo 12. El hecho de que los combinadores de RF 14 se refieran a los combinadores de M a 1 no excluye que puedan tener más de M entradas.

Los acopladores 14 de M a 1 tienen una salida acoplada a una línea respectiva de las líneas de transmisión de grupo 13. Hay N líneas de transmisión de grupo 13. Las líneas de transmisión de grupo 13 se denominan líneas de transmisión de "grupo" 13 porque cada una se acopla a un grupo de circuitos de cúbits 10. A cada una de las N líneas de transmisión de "grupos" 13 se han acoplado M circuitos de cúbits 10. En total hay N veces de M circuitos de cúbits 10.

Cada circuito de cúbits 10 se acopla a la línea de transmisión de grupo a través de un filtro selectivo en frecuencia 11 respectivo que hace pasar una frecuencia respectiva de las frecuencias de los M sistemas de multiplexación por división de tiempo 12. En una modalidad, cada filtro selectivo en frecuencia 11 puede comprender una línea de transmisión de filtro acoplada a una línea de transmisión de grupo 13 y un circuito de cúbits 10, por ejemplo, a través de un acoplamiento capacitivo, y un conductor de media longitud de onda cortocircuitado en ambos extremos que se acopla a la línea de transmisión de filtro, por ejemplo, porque está adyacente a la línea de transmisión de filtro. Sin embargo, puede usarse cualquier estructura de filtro selectivo en frecuencia conocida.

Las líneas de transmisión 13 son un ejemplo de una estructura de transmisión que se usa preferentemente, pero en su lugar pueden usarse estructuras de transmisión más complejas que la función para transmitir pulsos de RF a todos los filtros selectivos en frecuencia. Por ejemplo, una estructura de transmisión más complicada puede comprender divisores de RF para distribuir el mismo pulso de RF a todos los filtros selectivos en frecuencia a través de una estructura de árbol, y/o pueden estar presentes atenuadores o incluso amplificadores en las estructuras de transmisión para transmitir pulsos de RF atenuados o amplificados. Los 1 a N multiplexores 122, las líneas de transmisión de salida 28 y los combinadores forman trayectos de señal de RF que pueden conmutarse desde los generadores de pulsos de RF 120 a las estructuras de transmisión de grupo 13.

Aunque no se muestra, el sistema de cúbits también puede comprender líneas de transmisión de salida de grupo acopladas a los circuitos de cúbits 10 del grupo, preferentemente a través de otros filtros selectivos en frecuencia. Además, pueden proporcionarse líneas conductoras de polarización para polarizar los circuitos de cúbits 10. La polarización puede realizarse aplicando una corriente eléctrica a lo largo de una unión de Josephson del circuito de cúbits 10. La polarización puede usarse para ajustar los cúbits de acuerdo con las frecuencias de ondulación de los generadores de pulsos de RF relevantes. La sintonización puede realizarse a una frecuencia mucho menor que la de los intervalos de tiempo. Alternativamente, una línea conductora de polarización puede acoplarse a un conjunto de circuitos de cúbits 10, en cuyo caso la sintonización puede ajustarse por intervalo de tiempo, de acuerdo con los circuitos de cúbits seleccionados 10.

Al menos los circuitos de cúbits 10 se ubican preferentemente en una unidad de refrigeración (no se muestra, pero, por ejemplo, comprenden un recipiente aislado térmicamente para contener líquido a baja temperatura y un conductor térmico entre los circuitos de cúbits 10 y el espacio para el líquido; la unidad de refrigeración puede ser una unidad de refrigeración criogénica) para mantener los circuitos de cúbits 10 a una temperatura a la que sus conductores son superconductores. Parte o toda la parte restante del sistema puede ubicarse fuera de esta unidad de refrigeración. Preferentemente, los atenuadores de RF (no mostrados) se proporcionan en la unidad de refrigeración en los trayectos de RF entre la parte del sistema fuera de la unidad de refrigeración y los circuitos de cúbits 10 que están dentro de la unidad de refrigeración, para reducir el ruido térmico sustancialmente al nivel correspondiente a la temperatura en la unidad de refrigeración.

Durante el funcionamiento, el circuito de control 16 hace que los sistemas de multiplexación por división de tiempo 12 transmitan pulsos de RF sucesivos, cada uno en un intervalo de tiempo sucesivo, cada sistema de multiplexación por división de tiempo 12 transmite pulsos que contienen una frecuencia de RF diferente. A modo de ejemplo, la duración de los pulsos puede estar en un rango de 10-100 nanosegundos (por ejemplo, 20-40), con una mayor duración del intervalo

de tiempo, es decir, en el rango de 50-500 nanosegundos (por ejemplo, 100-200) y frecuencia de ondulación de pulso en un rango de 500 MHz a 20 GHz (por ejemplo, 4,8 GHz).

Además, para cada intervalo de tiempo en el que el sistema funciona en un modo de multiplexación, el circuito de control 16 selecciona una línea de transmisión de salida y para los sistemas de multiplexación por división de tiempo 12. El circuito de control 16 controla cada multiplexor de RF 122 para transmitir el pulso de RF a la línea de transmisión de salida seleccionada. Los acopladores 14 de M a 1 transmiten los pulsos de RF para agrupar las líneas de transmisión 13. Los filtros selectivos en frecuencia 11 pasan los pulsos de RF con sus frecuencias de paso a los circuitos de cúbits 10. Por lo tanto, cada vez que los M circuitos de cúbits 10 reciben pulsos de RF en el mismo intervalo de tiempo, el control de los multiplexores de RF 122 determinan independientemente para cada una de las M frecuencias el grupo en el que se encuentra el circuito de cúbits 10 de recepción.

En una modalidad, el sistema también soporta el uso de un modo de difusión. En el modo de difusión, cada uno de los M sistemas de multiplexación por división de tiempo 12 transmite pulsos de RF simultáneamente a todas sus N líneas de transmisión de salida. El circuito de control 16 puede configurarse para seleccionar entre usar el modo de difusión o el modo de multiplexación para cada intervalo de tiempo individualmente y para aplicar una señal de control correspondiente o señales de control a los multiplexores de RF 122. En esta modalidad, los multiplexores de RF 122 están diseñados para hacer pasar pulsos de RF a las líneas seleccionadas de las N líneas de transmisión de salida, o a todas las N líneas de transmisión de salida bajo el control de la señal de selección del circuito de control 16.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un circuito de multiplexación por división de tiempo en donde el multiplexor de RF 122 comprende uno a N divisores de señales de RF 24 y N conmutadores de RF controlables 26, acoplados entre las salidas respectivas del divisor 24 y las respectivas N líneas de transmisión de salida 28. En este caso, el circuito de control 16 puede tener salidas de control (representadas simbólicamente por una flecha) acopladas a las entradas de control de los N conmutadores de RF controlables 26 cada vez en intervalos de tiempo sucesivos. El circuito de control 16 puede configurarse para controlar todos los N conmutadores de RF controlables 26 para transmitir versiones divididas de un pulso de RF simultáneamente a todas las N líneas de transmisión de salida 28 en el modo de difusión. El circuito de control 16 puede configurarse para controlar uno de los N conmutadores de RF controlables 26 para transmitir versiones divididas del pulso de RF a una de las N líneas de transmisión de salida 28 en el modo de multiplexación, mientras controla los otros N-1 conmutadores de RF controlables 26 para bloquear dicha transmisión. A modo de ejemplo, se muestran conmutadores de RF controlables 26 que conmutan entre las salidas de acoplamiento del divisor 24 a una carga adaptada o que transmiten la señal de RF.

Aunque se ha mostrado un tipo específico de multiplexor, debe apreciarse que un modo de difusión puede realizarse también con otros diseños de multiplexores, por ejemplo, con un árbol de uno a dos multiplexores, cada uno con un divisor 1:2 y dos conmutadores de RF. El uso del modo de difusión hace posible aumentar el número total de pulsos de RF que se pueden usar dentro de una distancia de tiempo que es menor que el tiempo de coherencia. El modo de difusión puede usarse, por ejemplo, para efectuar cambios de estado, tal como realizar el desplazamiento de datos, en una o dos superficies dimensionales (el denominado código de superficie).

Un posible problema puede surgir como resultado de las discrepancias entre los circuitos de cúbits 10 debido a las tolerancias de fabricación. En una modalidad en la que solo se usa el modo múltiple, esto podría solucionarse configurando el circuito de control 16 para controlar el generador de pulsos de RF 120 para generar el pulso de RF con parámetros establecidos en dependencia del cambio de estado requerido y del ajuste requerido para el circuito de cúbits particular 10 para el cual está destinado el pulso de RF (es decir, el circuito de cúbits 10 con el filtro 11 para la frecuencia del pulso de RF en la línea de transmisión de grupo 13 a la que el multiplexor de RF 122 enrutará el pulso de RF).

El circuito de multiplexación por división de tiempo de la Figura 2 ilustra una solución diferente, en donde el ajuste requerido para el circuito de cúbits particular 10 se realiza por medio de adaptadores de amplitud 27 ubicados en los trayectos de señal de RF desde el multiplexor de RF 122 hasta las líneas de transmisión de salida 28 del multiplexor por división de tiempo antes de los combinadores (no se muestra) para las líneas de transmisión de grupo (no se muestra). Por lo tanto, los adaptadores de amplitud 27 se ubican en los trayectos de señal de RF desde los generadores de pulsos de RF a las estructuras de transmisión de grupo entre los multiplexores y los combinadores. En una modalidad, cada adaptador de amplitud 27 comprende un FET, por ejemplo, un FET de GaAs, configurado como una resistencia variable, pero puede usarse cualquier otro tipo de dispositivo adaptador de amplitud. Además de los adaptadores de amplitud 27, los adaptadores de fase controlables (no mostrados) pueden acoplarse en serie con los adaptadores de amplitud 27.

El circuito de control 16 tiene salidas de control acopladas a las entradas de control de los adaptadores de amplitud 27, para controlar la adaptación de la amplitud mediante los adaptadores de amplitud 27 de acuerdo con las propiedades de los circuitos de cúbits. La adaptación de la amplitud requerida puede determinarse en una etapa de calibración. Cabe señalar que los adaptadores de amplitud 27 están en una correspondencia uno a uno con los circuitos de cúbits: la señal de RF de cada adaptador de amplitud 27 siempre alcanzará el mismo circuito de cúbits, si corresponde. El ajuste de la adaptación de amplitud requerida se puede hacer una vez para una serie de intervalos de tiempo en lugar de sobre una base de intervalo de tiempo a intervalo de tiempo. El uso de los adaptadores de amplitud 27 detrás del multiplexor de RF 122 hace posible el funcionamiento en el modo de difusión con adaptación de amplitud para cúbits individuales para compensar las tolerancias de fabricación. Opcionalmente, los adaptadores de fase controlables pueden usarse para

compensar la adaptación de amplitud en las diferencias de longitud de trayecto y/o fase en los trayectos que contienen diferentes líneas de salida de RF 28.

5 Aunque los adaptadores de amplitud 27 se muestran en la Figura 2 en combinación con un diseño específico del multiplexor de RF 122, debe apreciarse que cualquier diseño puede usarse en combinación con los adaptadores de amplitud 27.

10 El circuito de multiplexación por división de tiempo de la Figura 2 ilustra una modalidad del generador de pulsos de RF 120 que comprende un oscilador local 20 y un mezclador 22 acoplados entre el oscilador local 20 y el multiplexor de RF 122. El oscilador local 20 puede funcionar a la frecuencia de ondulación de los pulsos de RF. El circuito de control 16 tiene una salida de señal de modulación acoplada a una entrada del mezclador 22, para suministrar una señal de modulación para definir las propiedades del pulso de RF.

15 Preferentemente, el mezclador 22 es un único mezclador de banda lateral. Dicho mezclador puede comprender submezcladores para la modulación de amplitud en componentes en cuadratura y en fase de una señal del oscilador local 20 usando componentes reales e imaginarios de la señal de modulación y un combinador para combinar las señales en cuadratura y en fase moduladas antes de transmitir las al multiplexor de RF 122. Aunque el oscilador local 20 y el mezclador 22 se muestran en la Figura 2 en combinación con un diseño específico del multiplexor de RF 122 y de los adaptadores de amplitud, debe apreciarse que cualquier tipo de generador de pulsos de RF 120 puede usarse en combinación con los adaptadores de amplitud 27 y cualquier diseño multiplexor de RF.

20 La Figura 3 muestra un ejemplo de un circuito de multiplexación en el que se utiliza un generador de pulsos de RF 30 que se configura para proporcionar una primera y una segunda señales de pulsos de RF moduladas. Dependiendo de las propiedades de los circuitos de cúbits en general, tales señales pueden usarse definidas para evitar cambios de estado no deseados. Las señales para este propósito son conocidas per se. En una modalidad, puede usarse una envolvente de pulso gaussiano y una derivada de la envolvente de pulso gaussiano para la primera y la segunda señales de pulso de RF respectivamente.

25 La primera y la segunda señales de pulso de RF (por ejemplo, las señales en fase (I) y cuadratura (Q)) se aplicarán a los circuitos de cúbits juntos. Sin embargo, como se muestra en la Figura 3, estas se combinan en combinadores 38 solo después de los multiplexores de RF 32, 34 y los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36 opcionales. Esto hace posible realizar adaptaciones independientes de las amplitudes y, opcionalmente, la fase relativa del primer y segundo pulsos de RF dependientes del circuito de cúbits para el que están destinados los pulsos de RF. Como en la modalidad de la Figura 2, la adaptación puede ajustarse una vez para una pluralidad de intervalos de tiempo basados en una calibración. La adaptación individual hace posible compensar el efecto de las tolerancias de fabricación en la prevención de cambios de estado no deseados.

30 En la Figura 3, el generador de pulsos de RF 30 comprende un oscilador local 20 y un primer y segundo mezcladores 302, 304 acoplados a salidas en cuadratura y en fase del oscilador local 20. El circuito de control 16 tiene salidas de modulación acopladas a las entradas del primer y segundo mezcladores 302, 304. El primer y segundo mezcladores 302, 304 son preferentemente mezcladores de una única banda lateral (SSB). El primer y segundo mezcladores 302, 304 se acoplan a las entradas de un primer y segundo multiplexor de RF 1:N 32, 34. Cada una de las salidas de los multiplexores de RF 32, 34 se acopla a una conexión en serie respectiva de los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36 opcionales (etiquetados en una sola conexión en serie). La secuencia de los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36 en la conexión en serie puede invertirse. Por lo tanto, los adaptadores de amplitud 35 y los adaptadores de fase 36 opcionales están ubicados en los trayectos de la señal de RF desde los generadores de pulsos de RF hasta las estructuras de transmisión de grupo entre los multiplexores y los combinadores.

35 Las salidas de las conexiones en serie se acoplan a los combinadores de RF 38. Cada combinador de RF 38 tiene una primera entrada acoplada a una salida del primer multiplexor de RF 32 y una segunda entrada acoplada a una salida del segundo multiplexor de RF 34, ambas a través de una conexión en serie de un adaptador de amplitud controlable 35 y un adaptador de fase controlable 36. Las salidas de los combinadores 38 se acoplan a otros combinadores (no mostrados) que combinan señales de pulso de M sistemas de multiplexación por división de tiempo diferentes como el que se muestra en la Figura 3. Aunque se describe una modalidad en donde los combinadores de RF 38 son combinadores discretos, debe apreciarse que estos pueden ser parte de los combinadores que están acoplados a las líneas de transmisión de grupo, o que pueden considerarse como parte de estos combinadores de RF. En este caso, estos últimos son combinadores de  $2^M$  a uno. Como se indicó, un combinador de M a uno puede tener más de M entradas. En otra modalidad, los combinadores de RF 38 se ubican en el trayecto de la señal de RF detrás de los combinadores de M a uno

40 El circuito de control 16 tiene salidas acopladas a las entradas de control de los multiplexores de RF 32, 34, los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36. El circuito de control 16 se configura para controlar los multiplexores de RF 32, 34 de la misma manera en cada intervalo de tiempo, mediante el uso del control seleccionado independientemente para diferentes intervalos de tiempo, en un modo de multiplexación y opcionalmente en un modo de difusión. El circuito de control 16 se configura para controlar los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36 de la misma manera durante una pluralidad de intervalos de tiempo. Aunque la

conexión de la serie  $N=3$  de los adaptadores de amplitud controlables 35 y los adaptadores de fase controlables 36 opcionales se ha mostrado por los multiplexores de RF 32, 34 y los  $N=3$  combinadores 38 y debe apreciarse que puede usarse otro número  $N$  de tales unidades. Preferentemente, el circuito de control 16 se configura para controlar ambos adaptadores de amplitud 35, 36, de modo que pueda controlarse la amplitud de todos los componentes. Pero puede ser suficiente controlar solo uno, o incluir un adaptador después del combinador 38 para controlar ambos al mismo tiempo.

Aunque el circuito de control 16 se ha mostrado como una única caja, este puede comprender una pluralidad de subcircuitos para realizar diferentes tareas de control. El circuito de control 16 puede comprender un ordenador para coordinar las tareas y realizar parte o todas las tareas bajo el control de un programa informático almacenado en una memoria de la computadora. En una modalidad, esta u otra memoria del ordenador almacena datos que definen la configuración de los adaptadores de amplitud y/o los adaptadores de fase. El ordenador puede configurarse para escribir las configuraciones en los registros de control local en los adaptadores a través de un bus de comunicación.

En una modalidad, la parte del sistema detrás de los combinadores 14 puede ubicarse en una unidad de refrigeración (es decir, una unidad de refrigeración criogénica) y los combinadores 14 pueden ubicarse fuera de la unidad de refrigeración. Por lo tanto, solo  $N$  líneas de transmisión para los pulsos de RF de entrada deben entrar a la unidad de refrigeración.

En otra modalidad, la parte del sistema detrás de los generadores de pulsos de RF está ubicada en la unidad de refrigeración y los generadores de pulsos de RF se ubican afuera. Por lo tanto, solo las  $M$  líneas de transmisión para los pulsos de RF de entrada necesitan entrar a la unidad de refrigeración.

Aunque se han analizado las modalidades en donde los multiplexores de RF pueden hacerse funcionar selectivamente en un modo múltiple o un modo de difusión en intervalos de tiempo individuales, debe observarse que además se puede proporcionar un modo de multidifusión, en donde el circuito de control 16 controla los multiplexores de RF para hacer pasar los pulsos de RF a los subconjuntos predeterminados seleccionables de  $N'$  de las  $N$  líneas de transmisión de salida 28 ( $1 < N' < N$ ). De esta manera, puede llevarse a cabo una manera más flexible de aumentar el número de pulsos de RF aplicados. En esta modalidad o por separado, el circuito de control 16 puede configurarse para controlar los diferentes  $M$  sistemas de multiplexación por división de tiempo de manera diferente, por ejemplo, conmutando parte hacia los  $M$  sistemas de multiplexación por división de tiempo en el modo de difusión y otra parte en el modo de multiplexación en el mismo intervalo de tiempo. De esta manera, puede llevarse a cabo una manera más flexible de aumentar el número de pulsos de RF aplicados. Como otro ejemplo, el circuito de control 16 puede configurarse para llevar a cabo diferentes selecciones de multidifusión para diferentes  $M$  sistemas de multiplexación por división de tiempo en la misma ranura de tiempo.

El sistema descrito puede ser parte de un circuito de computación cuántica, en el que los circuitos de cúbits se usan como elementos de procesamiento y almacenamiento, para procesar y/o almacenar información superpuesta para su uso en cálculos de bits superpuestos. Como se señaló, se conocen varios ejemplos de circuitos de cúbits con los nombres de caja de pares de Cooper, Transmon, Quantronium, Fluxonium, así como también del documento US2009015317. El término circuito de cúbits cubre ambos circuitos en donde se usan estructuras de guía de onda o cavidades para transportar campos de ondas electromagnéticas de RF en el circuito de cúbits, así como también circuitos de RF en los que se usan capacitores y/o inductores conectados por conductores. En la mayoría de los casos, el circuito de cúbits comprende un circuito de RF superconductor resonante con una frecuencia de resonancia en el rango de microondas, por ejemplo, en un rango de 1-10 gigahercios debido a los efectos de la mecánica cuántica las oscilaciones en la frecuencia de resonancia de tal circuito resonante solo pueden excitarse a niveles discretos de energía, correspondientes a diferentes estados. Se usan diferentes estados para representar diferentes valores computacionales en el circuito de computación cuántica

Un efecto importante en los cúbits es la decoherencia. En el transcurso del tiempo, un cúbit pierde coherencia, por ejemplo, en relación con el ruido externo, después de lo cual se vuelve inútil (es decir, sus datos se pierden). Los circuitos de cúbits superconductores de RF permiten la coherencia durante un tiempo suficiente para permitir el uso de los cúbits para el cálculo. Sin embargo, la coherencia todavía impone un límite a su uso, que puede expresarse en términos de una distancia de tiempo de coherencia, que puede definirse como la distancia de tiempo máxima entre pulsos de RF que es posible sin restar valor a la posibilidad de uso computacional. La utilidad de un sistema de cúbits para realizar una tarea computacional puede depender de la capacidad de aplicar un número suficiente de pulsos de RF de la tarea a los cúbits en el sistema dentro de la distancia de tiempo de coherencia. Los pulsos de RF pueden tener una duración de 10-40 nanosegundos, por ejemplo, 20-40 nanosegundos, mientras que la distancia del tiempo de coherencia puede ser más larga, al menos unos pocos microsegundos, o decenas o cientos de microsegundos.

Las transiciones de estado no deseadas de los cúbits constituyen otro problema. Dichas transiciones pueden suprimirse mediante el uso de formas de pulso complejas, obtenidas aplicando diferentes modulaciones de pulso a los componentes en fase y en cuadratura de la señal portadora a partir de la cual se genera el pulso de RF. Sin embargo, esto crea una mayor sensibilidad a las inexactitudes de la modulación de pulso de RF y las tolerancias de fabricación de cúbit.



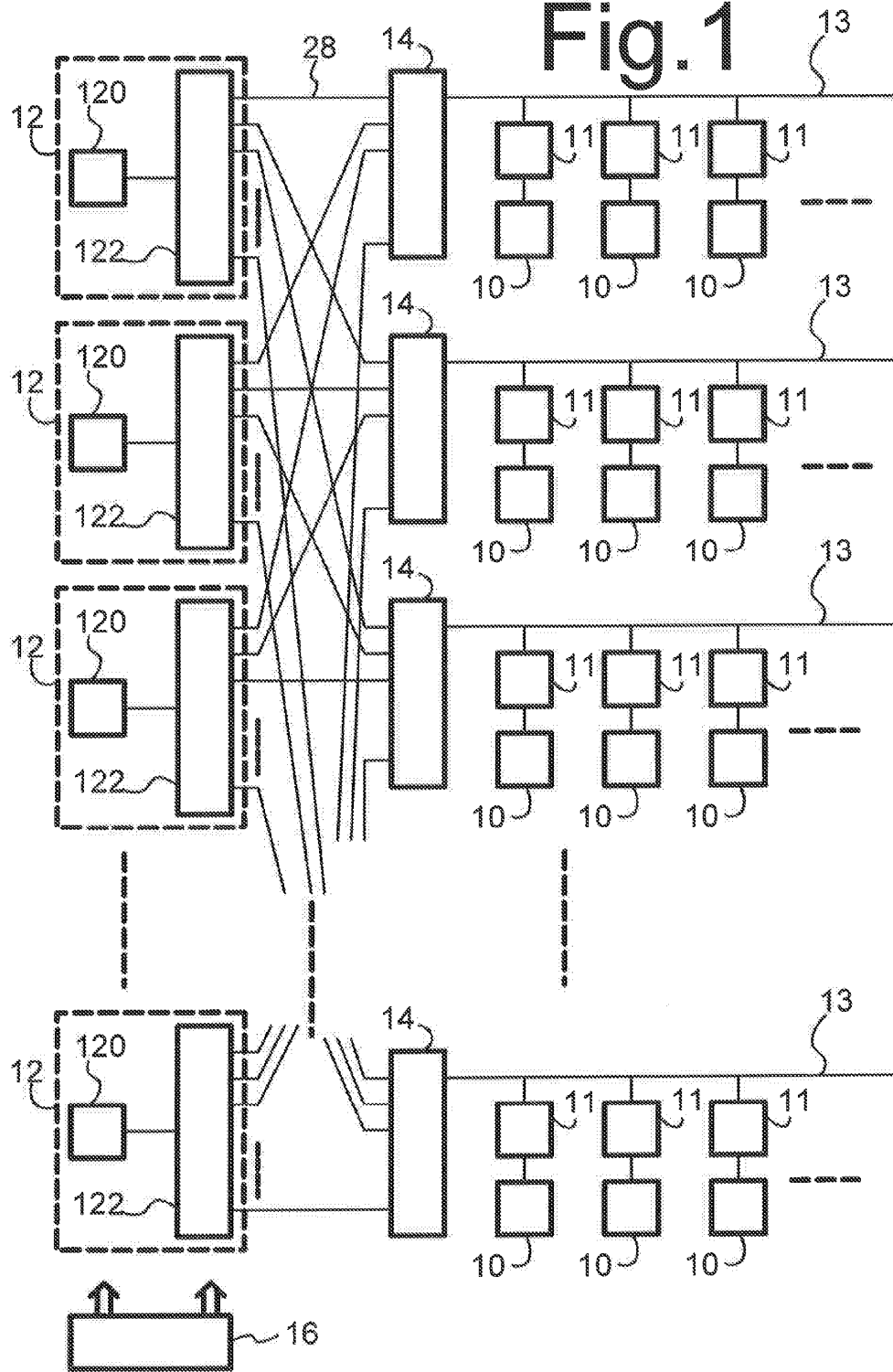
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de circuito de cúbits que comprende
  - una pluralidad de N grupos de M circuitos de cúbits, en donde N y M son un primer y segundo enteros mayores que uno;
  - una pluralidad de N estructuras de transmisión de RF, cada una correspondiente a un grupo respectivo de los grupos de circuitos de cúbits;
  - una pluralidad de N grupos de M filtros selectivos en frecuencia, cada grupo de filtros selectivos en frecuencia se acopla entre una estructura respectiva de las N estructuras de transmisión de RF y su grupo correspondiente de circuitos de cúbits, los M filtros selectivos en frecuencia en cada grupo de filtros selectivos en frecuencia se configura para hacer pasar selectivamente las señales de RF a diferentes frecuencias de paso respectivas a los circuitos de cúbits respectivos en el grupo correspondiente;
  - una pluralidad de M sistemas de multiplexación por división de tiempo, cada sistema de multiplexación por división de tiempo comprende un generador de pulsos de RF y un multiplexor de uno a N controlable con una entrada acoplada a una salida del generador de pulsos de RF, los generadores de pulsos de RF de cada uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo funcionan para producir pulsos de RF que contienen ondulaciones a una de las frecuencias de paso respectivas de los M filtros selectivos en frecuencia en los grupos de filtros selectivos en frecuencia;
  - una pluralidad de N combinadores de RF, cada uno con M entradas acopladas a las salidas de los multiplexores de uno a N de cada uno de los M sistemas de multiplexación por división de tiempo, cada combinador de RF tiene una salida acoplada a una de las estructuras de transmisión de RF respectiva;
  - un circuito de control que tiene primeras salidas de control acopladas a las entradas de modulación de los generadores de pulsos de RF y segundas salidas de control acopladas a las entradas de control de los multiplexores de uno a N controlables, el circuito de control se configura para controlar la transmisión sucesiva de pulsos de RF simultáneos desde los generadores de pulsos de RF, y para controlar los multiplexores de uno a N controlables para hacer pasar los pulsos de RF individuales hacia las salidas de los multiplexores uno a N que pueden seleccionarse en un modo de multiplexación.
  
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de control se configura para controlar el multiplexor de uno a N de al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo que puede seleccionarse alternativamente en el modo de multiplexación y un modo de difusión, en donde el multiplexor de uno a N hace pasar un pulso de RF desde el generador de pulsos de RF de al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo a todas las salidas del multiplexor de uno a N del al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo.
  
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el circuito de control se configura para controlar el multiplexor de uno a N del al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo que puede seleccionarse alternativamente en el modo de multiplexación y un modo de multidifusión, en donde el multiplexor de uno a N hace pasar un pulso de RF desde el generador de pulsos de RF del al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo a las salidas de un subconjunto que contiene una pluralidad de los multiplexores de uno a N del al menos uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo.
  
4. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende circuitos adaptadores de amplitud en trayectos de señal de RF desde los sistemas de multiplexación por división de tiempo a las entradas del combinador de RF, el circuito de control comprende terceras salidas de control acopladas a entradas de control de los circuitos adaptadores de amplitud para controlar individualmente la adaptación de amplitud por los circuitos adaptadores de amplitud individuales.
  
5. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el generador de pulsos de RF de cada uno de los sistemas de multiplexación por división de tiempo comprende
  - un oscilador de RF local y
  - un primer y segundo mezclador con entradas acopladas al oscilador de RF local, el sistema de multiplexación por división de tiempo comprende
  - un multiplexor de uno a N controlable adicional, las entradas del multiplexor controlable de uno a N y el multiplexor controlable de uno a N adicional se acoplan a las salidas del primer y segundo mezclador, respectivamente,
  - circuitos adaptadores de amplitud controlable en trayectos de señal de RF desde las salidas del multiplexor de uno a N controlable y/o en trayectos de señal de RF desde las salidas del multiplexor de uno a N controlable adicional hasta las entradas de los combinadores de RF,
  - el circuito de control que comprende terceras salidas de control acopladas a las entradas de control de al menos parte de los circuitos adaptadores de amplitud para controlar individualmente la adaptación de una relación de amplitud entre las amplitudes de pulso de RF de los pulsos de RF que pasan por el multiplexor de uno a N controlable y el multiplexor de uno a N controlable adicional.
  
6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, que comprende adaptadores de fase controlables en serie con los adaptadores de amplitud, el circuito de control comprende una cuarta salida de control acoplada a las entradas de control de al menos parte de los circuitos adaptadores de amplitud, para controlar individualmente la adaptación

de una diferencia de fase entre pulsos de RF que pasan por el multiplexor de uno a N controlable y por el multiplexor de uno a N controlable adicional.

- 5 7. Un método para controlar los cambios de estado del circuito de cúbits, de los circuitos de cúbits en una pluralidad de N grupos de M circuitos de cúbits, en donde N y M son un primer y segundo entero mayor que uno, el método que comprende
- 10 - generar conjuntos sucesivos de M pulsos de RF simultáneamente, cada conjunto contiene M pulsos de RF en diferentes frecuencias de RF  
 - en un modo de multiplexación, usar M circuitos de multiplexación de conmutación cada uno para hacer pasar un pulso respectivo de los M pulsos de RF en el conjunto a un combinador seleccionado de una pluralidad de N combinadores de RF de M a uno;  
 - transmitir pulsos de RF combinados a M diferentes frecuencias de RF de cada uno de los N combinadores a una estructura de transmisión para uno de los grupos respectivos,  
 15 - acoplar los pulsos individuales de los pulsos de RF combinados de la estructura de transmisión para el grupo a los respectivos circuitos de cúbits de los grupos a través de los respectivos filtros selectivos en frecuencia.
- 20 8. Un método para controlar el estado del circuito de cúbits cambia de acuerdo con la reivindicación 7, que conmuta a un modo de difusión para parte de los conjuntos y conmuta los M circuitos de multiplexación para hacer pasar un pulso respectivo de los M pulsos de RF en el conjunto a toda la pluralidad de N combinadores de RF de M a uno.
- 25 9. Un método para controlar el estado del circuito de cúbits cambia de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, que conmuta a un modo de multidifusión para parte de los conjuntos y conmuta los M circuitos de multiplexación para hacer pasar uno de los M pulsos de RF respectivos en el conjunto a un subconjunto de multidifusión de la pluralidad de N combinadores de RF de M a uno, el subconjunto de multidifusión comprende una pluralidad de combinadores de RF.
- 30 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, 8 o 9, que comprende controlar la adaptación de la amplitud de los pulsos de RF entre los M circuitos de multiplexación de conmutación y los combinadores de RF.
- 35 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, 8 o 9, que comprende  
 - generar conjuntos sucesivos de M colecciones de pulsos de RF simultáneamente, cada colección comprende un primer y segundo pulsos de RF diferentes en la misma frecuencia simultáneamente, colecciones diferentes en el conjunto contienen diferentes frecuencias de RF;  
 - en el modo de multiplexación, usar  $2^*M$  circuitos de multiplexación de conmutación cada uno para hacer pasar el primer y segundo pulsos de RF respectivos en el conjunto a los combinadores correspondientes seleccionados de la pluralidad de N combinadores de RF de M a uno;  
 - transmitir pulsos de RF combinados a M diferentes frecuencias de RF que contienen la primera y la segunda señales de pulso de RF a la estructura de transmisión para uno de los grupos respectivos.
- 40 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende controlar la adaptación de una relación de amplitudes del primer y segundo pulsos de RF entre los M circuitos de multiplexación de conmutación y los combinadores de RF.

Fig. 1



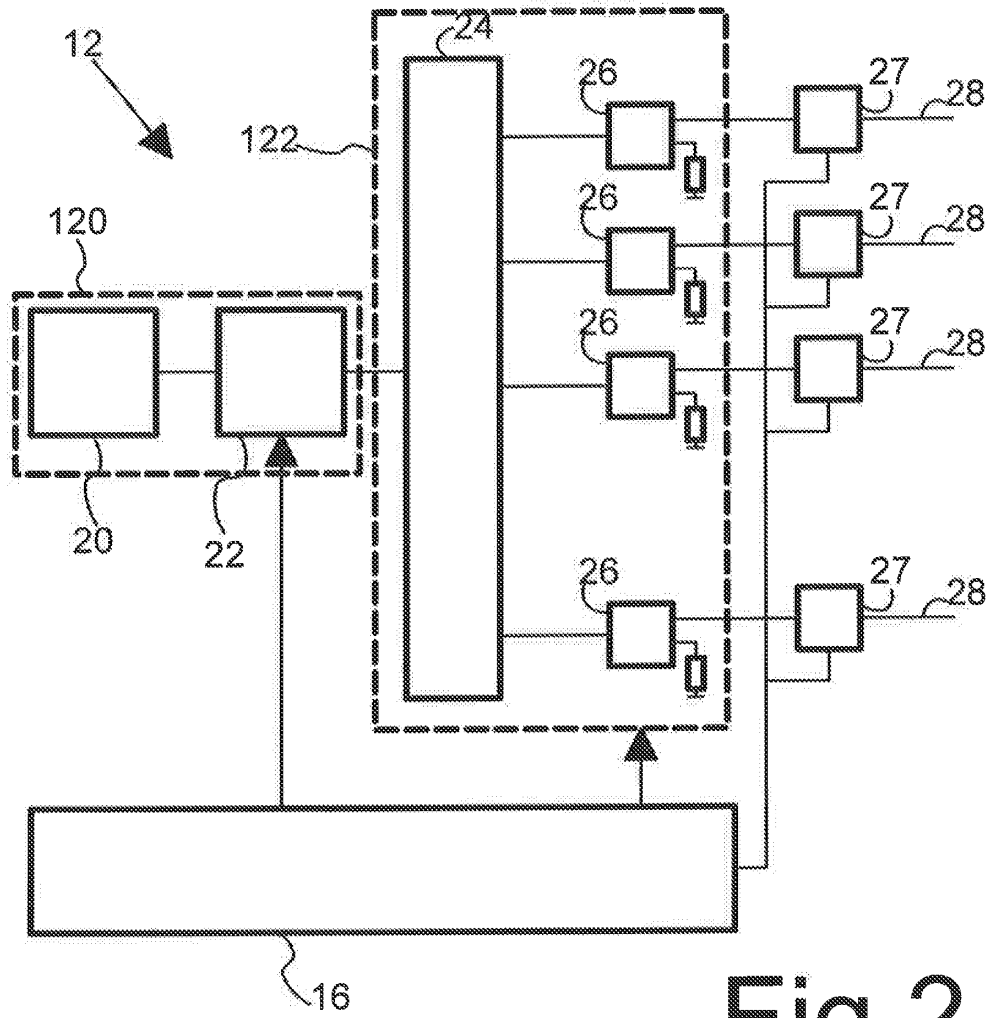


Fig.2

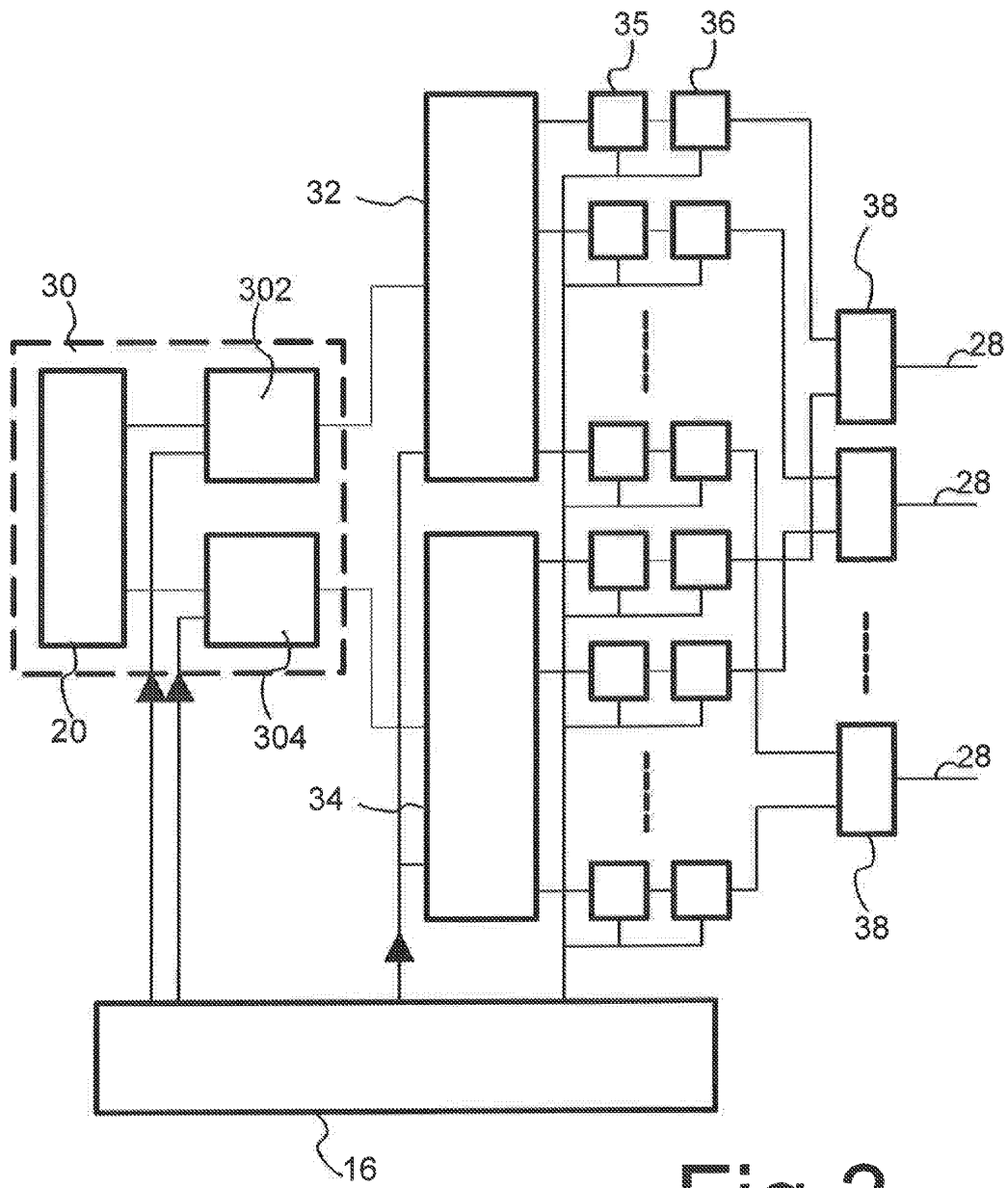


Fig.3