

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 646**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/10** (2013.01)

**G10L 19/12** (2013.01)

**G10L 19/18** (2013.01)

**G10L 19/107** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2012 PCT/EP2012/052294**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2012 WO12110416**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2012 E 12703123 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2676267**

54 Título: **Codificación y decodificación de posiciones de impulso de pistas de una señal de audio**

30 Prioridad:

**14.02.2011 US 201161442632 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.10.2017**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**BÄCKSTRÖM, TOM y  
FUCHS, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 639 646 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

Codificación y decodificación de posiciones de impulso de pistas de una señal de audio

5 **[0001]** La presente invención se refiere al campo del procesamiento de audio y codificación de audio, en particular a la codificación y decodificación de posiciones de impulso de pistas en una señal de audio.

**[0002]** El procesamiento y/o codificación de audio ha avanzado de muchas formas. En la codificación de audio, los codificadores predictivos lineales juegan un importante papel. Cuando se codifica una señal de audio, por ejemplo, una señal de audio que comprende voz, los codificadores predictivos lineales normalmente codifican una representación del envolvente espectral de la señal de audio. En este extremo, los codificadores predictivos lineales pueden determinar los coeficientes de filtro predictivos para representar el envolvente espectral del sonido en formato codificado. Los coeficientes de filtro pueden entonces usarse por un decodificador predictivo lineal para decodificar la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada usando los coeficientes de filtro predictivos.

**[0003]** Ejemplos importantes de codificadores predictivos lineales son los codificadores ACELP (ACELP = codificadores de Predicción Lineal Excitado por Código Algebraico). Los codificadores ACELP se utilizan ampliamente, por ejemplo, en USAC (USAC = Codificación de Voz y Audio Unificada) y puede tener campos de aplicación adicionales, por ejemplo, en LD-USAC (Codificación de Voz y Audio Unificada de Retraso Bajo).

**[0004]** Los codificadores ACELP normalmente codifican una señal de audio de terminando coeficientes de filtro predictivos. Para conseguir una mejor codificación, los codificadores ACELP determinan una señal residual, también denominada señal de destino, basada en la señal de audio a ser codificada, y basada en los coeficientes de filtro predictivos ya determinados. La señal residual puede, por ejemplo, ser una señal de diferencia que representa una diferencia entre la señal de audio a ser codificada y las partes de la señal que son codificadas por los coeficientes de filtro predictivos, y, posiblemente por los coeficientes de filtro adaptativos que resultan de un análisis de tono. El codificador ACELP entonces intenta codificar la señal residual. Para esto, el codificador codifica parámetros algebraicos del libro de códigos, que se utilizan para codificar la señal residual.

**[0005]** Para codificar la señal residual, se utilizan libros de códigos algebraicos. Normalmente, los libros de códigos algebraicos comprenden una pluralidad de pistas, por ejemplo, cuatro pistas cada uno comprendiendo 16 posiciones de pista. En dicha configuración, un total de  $4 \cdot 16 = 64$  posiciones de muestra pueden representarse por un libro de códigos algebraico respectivo, por ejemplo, correspondiente al número de muestras de una sub-estructura de la señal de audio a ser codificada.

**[0006]** Las pistas del libro de códigos pueden entrelazarse de forma que la pista 0 del libro de códigos puede representar muestras 0, 4, 8, ..., 60 de la sub-estructura, de forma que la pista 1 del libro de códigos puede representar las muestras 1, 5, 9..., 61 de la sub-estructura, de forma que la pista 2 del libro de códigos puede representar las muestras 2, 6, 10... 62 de la sub-estructura, y de forma que la pista 3 del libro de códigos puede representar las muestras 3, 7, 11, ...63 de la sub-estructura. Cada pista puede tener un número fijo de impulsos. O, el número de impulsos por pista puede variar, por ejemplo, dependiendo de otras condiciones. Un impulso puede, por ejemplo, ser positivo o negativo, por ejemplo, puede estar representado por +1 (impulso positivo) o 0 (impulso negativo).

**[0007]** Para codificar la señal residual, cuando se codifica, una configuración del libro de códigos puede seleccionarse, de forma que represente mejor las partes de señal restantes de la señal residual. Para esto, los impulsos disponibles pueden posicionarse a posiciones de la pista adecuadas que reflejen mejor las partes de la señal a ser codificadas. Además, puede especificarse si un impulso correspondiente es positivo o negativo.

**[0008]** En un lado del decodificador, un decodificador ACELP primero decodificaría los parámetros del libro de códigos algebraico. El decodificador ACELP también puede decodificar los parámetros adaptativos del libro de códigos. Para determinar los parámetros algebraicos del libro de códigos, el decodificador ACELP puede determinar la pluralidad de posiciones de impulso para cada pista de un libro de códigos algebraico. Además, el decodificador ACELP también puede decodificar si un impulso en una posición de pista es un impulso positivo o negativo. Adicionalmente, el codificador ACELP también puede decodificar los parámetros adaptativos del libro de códigos. En base a esta información, el decodificador ACELP normalmente genera una señal de excitación. El decodificador ACELP luego aplica los coeficientes de filtro predictivos sobre la señal de excitación para generar una señal de audio sintetizada para obtener la señal de audio decodificada.

**[0009]** En ACELP, los impulsos sobre una pista generalmente se codifican como sigue. Si la pista es de una longitud 16 y si el número de impulsos en esta pista es uno, entonces podemos codificar la posición del impulso por su posición (4 bits) y señal (1 bit), con un total de 5 bits. Si la pista es de una longitud 16 y el número de impulsos es dos, entonces el primer impulso se codifica por su posición (4 bits) y señal (1 bit). Para el segundo impulso, necesitamos codificar solo la posición (4 bits), ya que podemos seleccionar que la señal del segundo impulso sea positiva si está a la izquierda del primer impulso, negativa si está a la derecha del primer impulso, y la misma señal que el primer impulso si está en la misma posición que el primer impulso. En total, por tanto, necesitaremos 9 bits para codificar dos impulsos. En comparación con la codificación, el impulso se posiciona por separado, en 5 bits cada uno, y así ahorramos 1 bit por cada par de impulsos.

**[0010]** Codificar un número de impulsos mayor de 2, podemos codificar impulsos en parejas y si el número de impulsos es impar, codificar el último impulso por separado. Entonces, por ejemplo, para una pista de 5 impulsos, necesitaríamos  $9+9+5 = 23$  bits. Si tenemos 4 pistas, entonces  $4 \times 23 = 92$  bits se requerirían para codificar una subestructura de una longitud de 64 con 4 pistas y 5 impulsos por pista. Sin embargo, se apreciaría si el número de bits pudiera reducirse aún más.

**[0011]** Virette et al, "Enhanced Pulse Indexing CE for ACELP in USAC", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 95ª Reunión de MPEG, enero 2011, páginas 1-13, XP030047872, presenta una indexación de impulso basada en un método de permutación para la codificación y decodificación ACELP.

**[0012]** Se apreciaría si se proporcionara un aparato para codificar y un aparato respectivo para decodificar con conceptos de codificación o decodificación mejorados, que tenga medios para codificar o decodificar información de impulsos en una forma mejorada usando menos bits para la representación de la información de impulsos, ya que esto, por ejemplo, reduciría la velocidad de transmisión para transmitir una señal de audio codificada respectivamente, y además, esto, por ejemplo, reduciría el almacenamiento necesario para almacenar una señal de audio codificada respectivamente.

**[0013]** Es por tanto un objetivo de la presente invención proporcionar conceptos mejorados para codificar y decodificar los impulsos de las pistas de una señal de audio. Los objetivos de la presente invención se consiguen mediante un aparato para decodificar de acuerdo con la reivindicación 1, un aparato para codificar de acuerdo con la reivindicación 4, un procedimiento para decodificar de acuerdo con la reivindicación 6, un procedimiento para codificar de acuerdo con la reivindicación 7 y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 8.

**[0014]** De acuerdo con las realizaciones, se asume que un número de estado está disponible para un aparato para decodificar. Se asume además que un número de posiciones de pista, indicando el número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas asociadas con la señal de audio codificada, y un número total de impulsos, indicando el número de impulsos de al menos una de las pistas, está disponible para un aparato de decodificación de la presente invención. Preferiblemente, el número de posiciones de pista y el número total de impulsos está disponible para cada pista asociada con una señal de audio codificada.

**[0015]** Por ejemplo, tener 4 pistas con 5 impulsos, cada uno puede alcanzar aproximadamente  $6,6 \times 10^{21}$  estados, que pueden, de acuerdo con las realizaciones, codificarse por 73 bits, que es aproximadamente un 21% más eficiente que la codificación del codificador de última generación descrito anteriormente usando 92 bits.

**[0016]** Primero, se proporciona un concepto sobre cómo codificar una pluralidad de posiciones de impulsos de una pista de una señal de audio de forma eficiente. A continuación, el concepto se amplía para permitir codificar no solo la posición de los impulsos de una pista, sino si el impulso es positivo o negativo. Adicionalmente, el concepto luego se amplía para permitir codificar información del impulso para una pluralidad de pistas de forma eficiente. Los conceptos son aplicables de forma correspondiente en el lado de un decodificador.

**[0017]** Además, las realizaciones están basadas, por otra parte, en la conclusión de que, si la estrategia de codificación utiliza un número de bits predeterminado, dicha configuración con el mismo número de impulsos en cada pista requiere un número igual de bits. Si el número de bits disponible es fijo, es entonces posible elegir directamente cuántos impulsos pueden codificarse con la cantidad de bits dada, permitiendo así la codificación con una cantidad predeterminada. Además, con este enfoque, no es necesario probar diferentes cantidades de impulsos hasta que se consiga la tasa de bits deseada, pero podemos seleccionar directamente la cantidad adecuada de impulsos, reduciendo así la complejidad.

**[0018]** En base a las suposiciones anteriores, la pluralidad de posiciones de impulsos de una pista de una estructura de señal de audio puede codificarse y/o decodificarse.

**[0019]** Aunque la presente invención puede emplearse para codificar o decodificar cualquier tipo de señal de audio, por ejemplo, señales de voz o señales de música, la presente invención es particularmente útil para codificar o decodificar señales de voz.

**[0020]** El decodificador de la información del impulso se adapta adicionalmente para decodificar una pluralidad de señales de impulso usando el número de posiciones de la pista, el número total de impulsos y el número de estado, donde cada una de las señales de impulso indica una señal de uno de la pluralidad de impulsos. El decodificador de señal se adapta para decodificar la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada utilizando adicionalmente la pluralidad de señales de impulso.

**[0021]** De acuerdo con una realización preferida, donde una o más pistas pueden comprender al menos una última pista y una o más pistas adicionales, el decodificador de información de impulso puede adaptarse para generar un primer número de subestado y un segundo número de subestado desde un número de estado. El decodificador de información de impulso puede configurarse para decodificar un primer grupo de las posiciones del impulso en base al número del primer subestado, y el decodificador de la información del impulso puede además configurarse para decodificar un segundo grupo de las posiciones de impulso en base al segundo número del subestado. El segundo grupo de las posiciones del impulso pueden solo consistir en posiciones de impulso que indican las posiciones de la pista de la última pista. El primer grupo de las posiciones del impulso pueden solo consistir en posiciones de impulso que indican las posiciones de una o más pistas adicionales.

**[0022]** De acuerdo con otra realización preferida, el decodificador de información de impulsos puede configurarse para separar el número de estado en el primer número de subestado y el segundo número de subestado dividiendo el número de estado por  $f(p, N)$  para obtener una parte de entero y un resto como un resultado de la división, donde la parte de entero es el primer número de subestado y donde el resto es el segundo número de subestado, donde  $p$  indica para cada una de la pista o pistas el número de impulsos, y donde  $N$  indica para cada una de la pista o pistas el número de posiciones de pista. -Aquí,  $f(p, N)$  es una función que devuelve el número de estados que pueden conseguirse en una pista de longitud  $N$  con impulsos  $p$ .

**[0023]** En otra realización, el decodificador de información de impulso puede adaptarse para realizar una prueba comparando el número de estado o un número de estado actualizado con un valor umbral.

**[0024]** El decodificador de información de impulso puede adaptarse para realizar la prueba comparando si el número de estado o un número de estado actualizado es mayor que, mayor que o igual a, más pequeño que, o más pequeño que o igual al valor umbral, y donde la unidad analizadora se adapta adicionalmente para actualizar el número de estado o un número de estado actualizado dependiendo del resultado de la prueba.

**[0025]** En una realización, el decodificador de información de impulso puede configurarse para comparar el número de estado o el número de estado actualizado con el valor umbral para cada posición de pista de una de la pluralidad de pistas.

**[0026]** El decodificador de información de impulso se configura para dividir una de las pistas en una primera partición de pista, comprendiendo al menos una posición de pista de la pluralidad de posiciones de pistas, y en una segunda partición de pista, comprendiendo las otras posiciones de pista restantes de la pluralidad de posiciones de pista. El decodificador de información de impulso está configurado para generar un primer número de subestado y un segundo número de subestado en base al número de estado. Además, el decodificador de información de impulso se configura para decodificar un primer grupo de posiciones de impulso asociadas con la primera partición de pista en base al primer número de subestado. Además, el decodificador de información de impulso se configura para decodificar un segundo grupo de posiciones de impulso asociadas con la segunda partición de pista en base al segundo número de subestado.

**[0027]** De acuerdo con una realización, se proporciona un aparato para codificar una señal de audio. El aparato comprende un procesador de señal adaptado para determinar una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos que están asociados con la señal de audio, para generar una señal residual basada en la señal de audio y la pluralidad de coeficientes de filtro predictivos. Por otra parte, el aparato comprende un codificador de información de impulso adaptado para codificar una pluralidad de posiciones de impulso relacionadas con una o más pistas para codificar la señal de audio, la pista o pistas estando asociadas con la señal residual. Cada una de las

pistas tiene una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de impulsos. Cada una de las posiciones de impulso indica una de las posiciones de la pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista. El codificador de información de impulso se configura para codificar la pluralidad de posiciones de impulso generando un número de estado, de forma que las posiciones de impulso puedan decodificarse solo en base al número de estado, un número de posiciones de pista indicando un número total de las posiciones de la pista de al menos una de las pistas, y un número total de impulsos indicando un número total de los impulsos de al menos una de las pistas.

10 **[0028]** El codificador de información de impulsos se adapta para codificar una pluralidad de señales de impulso, donde cada una de las señales de impulso indica una señal de una de la pluralidad de impulsos. El codificador de información de impulso se configura adicionalmente para codificar la pluralidad de señales de impulso generando el número de estado, de forma que las señales de impulso pueden decodificarse solo en base al número de estado, el número de posiciones de pista indicando un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, y el número total de impulsos.

15 **[0029]** El codificador de información de impulso se configura para dividir una de las pistas en una primera partición de pista, comprendiendo al menos una posición de pista de la pluralidad de posiciones de pistas, y en una segunda partición de pista, comprendiendo las otras posiciones de pista restantes de la pluralidad de posiciones de pista. Además, el codificador de información de impulso se configura para codificar un primer número de subestado asociado con la primera partición. Además, el codificador de información de impulso se configura para codificar un segundo número de subestado asociado con una segunda partición. Además, el codificador de información de impulsos se configura para combinar el primer número de subestado y el segundo número de subestado para obtener el número de estado.

25 **[0030]** En la siguiente descripción, se describen con más detalles las realizaciones y ejemplos que ilustran la presente invención con respecto a las figuras, donde:

La Fig. 1 ilustra un aparato para decodificar una señal de audio codificada de acuerdo con una realización,  
 la Fig. 2 ilustra un aparato para codificar una señal de audio de acuerdo con una realización,  
 30 la Fig. 3 ilustra todas las posibles configuraciones para una pista que tenga dos impulsos no asignados y tres posiciones de pista,  
 la Fig. 4 ilustra todas las posibles configuraciones, para una pista que tenga un impulso con señal y dos posiciones de pista,  
 la Fig. 5 ilustra todas las posibles configuraciones, para una pista que tenga dos impulsos de señal y dos posiciones  
 35 de pista,  
 la Fig. 6 es un gráfico de flujo que ilustra una realización, que representa los pasos del procesamiento realizados por un decodificador de información de impulso de acuerdo con un ejemplo, y  
 la Fig. 7 es un gráfico de flujo que ilustra una realización, el gráfico de flujo representando los pasos del proceso realizados por un codificador de información de impulso de acuerdo con un ejemplo.

40 **[0031]** La Fig. 1 ilustra un aparato para decodificar una señal de audio codificada, donde una o más pistas se asocian con la señal de audio codificada, cada una de las pistas teniendo una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de impulsos.

45 **[0032]** El aparato comprende un decodificador de información de impulsos 110 y un decodificador de señal 120. El decodificador de información de impulsos 110 se adapta para decodificar una pluralidad de posiciones de impulso. Cada una de las posiciones de impulso indica una de las posiciones de la pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista.

50 **[0033]** El decodificador de impulsos 110 está configurado para decodificar la pluralidad de posiciones de impulso usando un número de posiciones de pista indicando un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, un número total de impulsos indicando un número total de los impulsos de al menos una de las pistas, y un número de estado.

55 **[0034]** El decodificador de señal 120 se adapta para decodificar la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada usando la pluralidad de posiciones de impulso y una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos que están asociados con la señal de audio codificada.

5 **[0035]** El número de estado es un número que puede haber sido codificado por un codificador de acuerdo con las realizaciones que se describirán a continuación. El número de estado, por ejemplo, comprende información sobre una pluralidad de posiciones de impulsos en una representación compacta, por ejemplo, una representación que requiere algunos bits, y que puede decodificarse, cuando la información sobre el número de posiciones de pista y el número de impulsos totales está disponible en el decodificador.

10 **[0036]** En un ejemplo, el número de posiciones de pista y/o el número de impulsos totales de una o de cada pista de la señal de audio puede estar disponible en el decodificador, porque el número de posiciones de pista y/o el número de impulsos totales es un valor estático que no cambia y es conocido por el receptor. Por ejemplo, el número de posiciones de pista puede ser siempre 16 para cada pista y el número total de impulsos puede ser siempre 4.

15 **[0037]** En otro ejemplo, el número de posiciones de pista y/o el número total de impulsos de una o de cada pista de la señal de audio puede transmitirse explícitamente al aparato para decodificación, por ejemplo, el aparato para codificación.

20 **[0038]** En un ejemplo adicional, el decodificador puede determinar el número de posiciones de pista y/o el número total de impulsos de una o de cada pista de la señal de audio analizando otros parámetros que no indican explícitamente el número de posiciones de pista y/o el número total de impulsos, pero desde los cuales el número de posiciones de pista y/o el número total de impulsos puede derivarse.

25 **[0039]** En otros ejemplos, el decodificador puede analizar otros datos disponibles para derivar el número de posiciones de la pista y/o el número total de impulsos de una o de cada pista de la señal de audio.

30 **[0040]** En un ejemplo adicional, el decodificador de la información de impulsos puede adaptarse para también decodificar, tanto si un impulso es un impulso positivo o un impulso negativo.

35 **[0041]** En otro ejemplo, el decodificador de información de impulsos puede adaptarse adicionalmente para decodificar información de impulsos que comprende información sobre los impulsos para una pluralidad de pistas. La información del impulso puede, por ejemplo, ser información sobre la posición de los impulsos en una pista y/o información tanto si un impulso es un impulso positivo o un impulso negativo.

**[0042]** La Fig. 2 ilustra un aparato para codificar una señal de audio, que comprende un procesador de señal 210 y un codificador de información de impulsos 220.

40 **[0043]** El procesador de señal 210 está adaptado para determinar una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos estando asociados con la señal de audio, para generar una señal residual basada en la señal de audio y la pluralidad de coeficientes de filtro predictivos.

45 **[0044]** El codificador de información de impulsos 220 está adaptado para codificar una pluralidad de posiciones de impulsos relacionadas con una o más pistas para codificar la señal de audio. Una o más pistas están asociadas con la señal residual generada por el procesador de señal 210. Cada una de las pistas tiene una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de impulsos. Además, cada una de las posiciones de impulso indica una de las posiciones de la pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista.

50 **[0045]** El codificador de información de impulsos 220 está configurado para codificar la pluralidad de posiciones de impulso generando un número de estado, de forma que las posiciones de impulso puedan ser decodificadas solo en base al número de estado, un número de posiciones de pista que indica un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, y un número total de impulsos que indica un número total de los impulsos de al menos una de las pistas.

**[0046]** A continuación, se presentan los conceptos básicos de las realizaciones de la presente invención relacionada con la codificación de posiciones de impulso y señal de impulso (impulso positivo o impulso negativo) al generar un número de estado.

55 **[0047]** Los principios de codificación de las realizaciones de la presente invención se basan en la conclusión de que, si una enumeración de estado de todas las posibles configuraciones de k impulsos en una pista con n posiciones de pista se considera, es suficiente codificar el estado actual de los impulsos de una pista. Codificar dicho estado en tan pocos bits como sea posible proporciona la codificación compacta deseada. Con esto, se presenta un

concepto de enumeración de estado, donde cada constelación de posiciones de impulso, y posiblemente también las señales de impulso, representa un estado y cada estado se enumera de forma única.

- [0048]** La Fig. 3 ilustra esto para un caso sencillo, donde todas las posibles configuraciones se representan, cuando se considera una pista teniendo dos impulsos y tres posiciones de pista. Dos impulsos pueden estar ubicados en la misma posición de la pista. En el ejemplo de la Fig. 3, la señal de los impulsos (por ejemplo, cuando el impulso es positivo o negativo) no se considera, por ejemplo, en dicho ejemplo, todos los impulsos pueden, por ejemplo, considerarse como positivos.
- 10 **[0049]** En la Fig. 3, se ilustran todos los posibles estados para dos impulsos no dirigidos ubicados en una pista con tres posiciones de pista (en la Fig. 3: posiciones de pista 1, 2 y 3). Existen solo seis posibles estados diferentes (en la Fig. 3, enumerados de 0 a 5) que describen cómo los impulsos pueden distribuirse en la pista. Con esto, es suficiente usar un número de estado en el intervalo 0 a 5 para describir la configuración real presente. Por ejemplo, si el número de estado en el ejemplo de la Fig. 3 tiene el valor (4) y si el decodificador conoce el esquema de codificación, el decodificador puede concluir que el número de estado = 4 significa que la pista tiene un impulso en la posición de pista 0 y otro impulso en la posición de pista 2. Con esto, en el ejemplo de la Fig. 3, tres bits son suficientes para codificar el número de estado para identificar uno de los seis estados diferentes del ejemplo de la Fig. 3.
- 20 **[0050]** La Fig. 4 ilustra un caso que representa todos los estados posibles para un impulso dirigido ubicado en una pista con dos posiciones de pista (en la Fig. 4: posiciones de pista 1 y 2). En la Fig. 4 se considera la señal de los impulsos (por ejemplo, si el impulso es positivo o negativo). Existen cuatro estados diferentes posibles (en la Fig. 4 enumerados de 0 a 3) que describen cómo el impulso puede distribuirse en la pista y también su señal (positiva o negativa). Es suficiente usar un número de estado en el intervalo 0 a 3 para describir la configuración real presente. Por ejemplo, si el número de estado en el ejemplo de la Fig. 4 tiene el valor (2) y si el decodificador conoce el esquema de codificación, el decodificador puede concluir que el número de estado = 2 significa que la pista tiene un impulso en la posición de pista 1 y que el impulso es un impulso positivo.
- 30 **[0051]** La Fig. 5 ilustra otro caso más, donde todas las posibles configuraciones se representan, cuando se considera una pista teniendo dos impulsos y dos posiciones de pista. Los impulsos pueden estar ubicados en la misma posición de la pista. En el ejemplo mostrado en la Fig. 5 se considera la señal de los impulsos (por ejemplo, si el impulso es positivo o negativo). Se asume que los impulsos en la misma posición de pista tienen la misma señal (por ejemplo, las pistas en la misma posición de pista son todas positivas o todas negativas).
- 35 **[0052]** En la Fig. 5, se ilustran todos los posibles estados para los impulsos de dos señales (por ejemplo, impulsos que son positivos o negativos) ubicados en una pista con dos posiciones de pista (en la Fig. 5: posiciones de pista 1 y 2). Existen solo ocho posibles estados diferentes (en la Fig. 5, enumerados de 0 a 7) que describen cómo los impulsos pueden distribuirse en la pista. Con esto, es suficiente usar un número de estado en el intervalo 0 a 7 para describir la configuración real. Por ejemplo, si el número de estado en el ejemplo de la Fig. 5 tiene el valor (3) y si el decodificador conoce el esquema de codificación, el decodificador puede concluir que el número de estado = 3 significa que la pista tiene un impulso en la posición de pista 0 que es positivo y otro impulso en la posición de pista 1 que es negativo. Con esto, en el ejemplo de la Fig. 5, tres bits son suficientes para codificar el número de estado para identificar uno de los ocho estados diferentes del ejemplo de la Fig. 5.
- 45 **[0053]** En ACELP, la señal residual puede codificarse mediante un número fijo de impulsos con señal. Como se ha descrito anteriormente, los impulsos pueden, por ejemplo, distribuirse en cuatro pistas interrelacionadas, de forma que la pista 0 contenga las posiciones  $\text{mod}(n,4)=0$ , la pista=1 contenga las posiciones  $\text{mod}(n, 4)=1$ , y así sucesivamente. Cada pista puede tener un número predefinido de impulsos de unidad con señal, que pueden solaparse, pero cuando se solapan, los impulsos tienen la misma señal.
- 50 **[0054]** Al codificar los impulsos, se debería conseguir una asignación desde las posiciones del impulso y sus señales, a una representación que utiliza la cantidad más pequeña posible de bits. Además, la codificación de impulsos debería tener un consumo de bits que es fijo, es decir, cualquier constelación de impulsos tiene el mismo número de bits.
- 55 **[0055]** Cada pista se codifica primero de forma independiente y luego los estados de cada pista se combinan a un número, que representa el estado de toda la sub-estructura. Este enfoque proporciona el consumo de bits matemáticamente óptimo, dado que todos los estados tienen una probabilidad igual y el consumo de bits es fijo.

**[0056]** El concepto de numeración de estado puede explicarse también usando una representación compacta de las diferentes constelaciones de estado:

Digamos que la señal residual, que queremos codificar, sea  $x_n$ . Asumiendo que se consideren cuatro pistas interrelacionadas, por ejemplo, de un libro de códigos algebraico, entonces la primera pista tiene las muestras  $x_0, x_4, x_8 \dots x_{N-4}$ , la segunda pista tiene las muestras  $x_1, x_5, x_9 \dots x_{N-3}$ , etc. Supongamos que la primera pista está cuantizada con un impulso de unidad con señal y que  $T=8$ , donde la longitud de la pista es 2 ( $T =$  longitud (muestras) de la señal residual a codificar). Si  $T=8$ , y si se utilizan 4 pistas para codificar la señal residual, cada una de las 4 pistas tiene dos posiciones de pista. Por ejemplo, la primera pista puede considerarse como que tiene dos posiciones de pista  $x_0$  y  $x_4$ . El impulso de la primera pista puede entonces aparecer en cualquiera de las siguientes constelaciones:

$x_0$	+1	-1	0	0
$x_4$	0	0	+1	-1

**[0057]** Existen cuatro estados diferentes para esta configuración.

**[0058]** Similarmente, si hubiera dos impulsos en la primera pista, la primera pista teniendo dos posiciones de pista  $x_0$  y  $x_4$ , los impulsos podrían asignarse entonces en las siguientes constelaciones:

$x_0$	+2	-2	+1	+1	-1	-1	0	0
$x_4$	0	0	+1	-1	+1	-1	+2	-2

**[0059]** Por tanto, esta configuración tiene 8 estados.

**[0060]** Si la longitud de la señal residual se extiende a  $T=12$ , entonces cada una de las 4 pistas tiene 3 posiciones de pista. La primera pista obtiene una muestra más y ahora tiene las posiciones de pista  $x_0, x_4$  y  $x_8$ , de forma que obtengamos:

$x_0, x_4$	2 impulsos 8 estados	1 impulsos 4 estados	1 impulsos 4 estados	0 impulsos 1 estados	0 impulsos 1 estados
$x_8$	0	+1	-1	+2	-2

**[0061]** La tabla anterior significa que existen **ocho** estados diferentes para  $x_0$  y  $x_4$ , si  $x_8 = 0$  ( $x_8$  no tiene impulso); 4 estados diferentes para  $x_0$  y  $x_4$ , si  $x_8 = 1$  ( $x_8$  tiene un impulso positivo); 4 estados diferentes para  $x_0$  y  $x_4$ , si  $x_8 = -1$  ( $x_8$  tiene un impulso negativo); 1 estado para  $x_0$  y  $x_4$ , si  $x_8 = 2$  ( $x_8$  tiene dos impulsos positivos); y 1 estado para  $x_0$  y  $x_4$ , si  $x_8 = -2$  ( $x_8$  tiene dos impulsos negativos).

**[0062]** Aquí, el número de estados para la primera fila ha sido obtenido a partir de las dos tablas anteriores. En adición al número de estados de la primera fila, vemos que esta configuración tiene 18 estados.

**[0063]** En el ejemplo  $T=12$ , 5 bits son suficientes para codificar todos los 18 estados diferentes posibles. El codificador entonces, por ejemplo, selecciona el número de estado desde el intervalo  $[0, \dots, 17]$  para especificar una de las 18 configuraciones. Si el decodificador conoce el esquema de codificación, por ejemplo, si conoce qué número de estado representa qué configuración, puede decodificar las posiciones de impulso y las señales de impulso para una pista.

**[0064]** A continuación, se proporcionarán procedimientos de codificación adecuados y procedimientos de decodificación correspondientes de acuerdo con las realizaciones y ejemplos. De acuerdo con las realizaciones, como se indica en las reivindicaciones independientes 1 a 4, se proporcionan un aparato para codificar y un aparato para decodificar.

**[0065]** En las realizaciones, para generar el número de estado o para decodificar el número de estado, puede calcularse el número de configuraciones posibles para las posiciones de pista  $N$  teniendo impulsos  $p$ .

**[0066]** Los impulsos pueden señalizarse, y puede emplearse una fórmula recursiva, que calcula el número de estados  $f(p, N)$  para una pista que tiene posiciones de pista  $N$  e impulsos con señal  $p$  (los impulsos pueden ser



positivos o negativos, pero los impulsos en la misma posición de pista tienen la misma señal), donde la fórmula recurrente  $f(p, N)$  se define mediante:

**Fórmula 1:**

$$f(p, N) = \sum_{k=0}^p f(k, N-1) f(p-k, 1)$$

5

**[0067]** Las condiciones iniciales son

$$f(p, 1) = \begin{cases} 2 & \text{para } p \geq 1 \\ 1 & \text{para } p = 0 \end{cases} \quad \text{y} \quad f(p, 0) = 0$$

10 ya que una posición única con uno o más impulsos requiere un bit (dos estados) para la señal. La fórmula recurrente es para la totalización de todas las constelaciones diferentes.

**[0068]** Es decir, dados los impulsos  $p$ , la posición actual puede tener impulsos  $qN = 0$  a  $p$ , donde las posiciones  $N-1$  restantes tienen impulsos  $p - qN$ . El número de estados en la posición actual y las posiciones  $N-1$  restantes se multiplican para obtener el número de estados con estas combinaciones de impulsos y las combinaciones se totalizan para obtener el número total de estados.

15

**[0069]** En las realizaciones, la función recurrente puede calcularse mediante un algoritmo iterativo, donde la recurrencia se sustituye por la iteración.

20

**[0070]** Ya que la evaluación de  $f(p, N)$  es relativamente numéricamente compleja para las aplicaciones a tiempo real, de acuerdo con algunas realizaciones, puede emplearse una búsqueda de tabla para calcular  $f(p, N)$ . De acuerdo con algunas realizaciones, la tabla puede haber sido calculada offline.

25

**[0071]** En lo siguiente, se proporcionan conceptos adicionales para codificar y decodificar el número de estado:

Digamos que  $f(p, N)$  denota el número de configuraciones posibles para una pista que tiene posiciones de pista  $N$  e impulsos de señal  $p$ .

30

**[0072]** El codificador de información de impulsos puede ahora analizar la pista: Si la primera posición en la pista no tiene un impulso, entonces las posiciones  $N-1$  restantes tienen impulsos con señal  $p$ , y para describir esta constelación, necesitamos solo los estados  $f(p, N-1)$ .

35

**[0073]** De lo contrario, si la primera posición tiene uno o más impulsos, el codificador de información de impulsos puede definir que el estado general es mayor que  $f(p, N-1)$ .

**[0074]** Luego, en el decodificador de la información de impulsos, el decodificador de información de impulsos puede, por ejemplo, empezar con la última posición y comparar el estado con un valor de umbral, por ejemplo con  $f(p, N-1)$ . Si es mayor, luego el decodificador de información de impulsos puede determinar que la última posición tiene al menos un impulso. El decodificador de información de impulsos puede entonces actualizar el estado para obtener un número de estado actualizado restando  $f(p, N-1)$  del estado y reduciendo el número de impulsos restantes en uno.

40

45

**[0075]** De otra forma, si no hay impulso en la última posición, el decodificador de información de impulsos puede reducir el número de posiciones restantes en uno. Repetir este procedimiento hasta que no queden impulsos, proporcionarían las posiciones sin señal de los impulsos.

**[0076]** También tiene en cuenta las señales de los impulsos, el codificador de información de impulsos puede codificar los impulsos en el bit más bajo del estado. En una realización alternativa, el codificador de información de impulsos puede codificar la señal en el bit restante más alto del estado. Se prefiere, sin embargo, codificar la señal de impulso en el bit más bajo, ya que es más fácil de gestionar con respecto a los cálculos de enteros.

5

**[0077]** Si, en el decodificador de información de impulsos, se encuentra el primer impulso de una posición dada, la señal del impulso se determina mediante el último bit. Luego, el estado restante se desplaza un paso a la derecha para obtener un número de estado actualizado.

10 **[0078]** En un ejemplo, un decodificador de la información de impulsos se configura para aplicar el siguiente algoritmo de decodificación. En este algoritmo de decodificación, en un enfoque paso a paso, para cada posición de pista, por ejemplo una detrás de la otra, el número de estado o el número de estado actualizado se compara con un valor umbral, por ejemplo, con  $f(p, k - 1)$ .

15 **[0079]** De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un algoritmo para el decodificador de información de impulsos.

Para cada posición en la pista,  $k=N$  to 1

Mientras el estado  $s \geq f(p, k - 1)$

20

Pone un impulso en  $k$

Establecer  $s := s - f(p, k - 1)$

Si éste es el primer impulso en  $k$

Si el bit más bajo de  $s$  está ajustado, establecer señal a menos

De otro modo, establecer señal a más

25

Desplazar estado derecho un paso  $s = s/2$

Reducir el número de impulsos restantes  $p := p - 1$

**[0080]** En cuanto la información de impulsos, de acuerdo con una realización, un codificador de información de impulsos se configura para aplicar el siguiente algoritmo de codificación. El codificador de información de impulsos realiza los mismos pasos que el decodificador de información de impulsos, pero en orden inverso.

30

**[0081]** De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un algoritmo para el codificador de información de impulsos:

35 Establecer número de impulsos encontrados a cero,  $p:=0$  y el estado a cero,  $s:=0$ .

Para cada posición en la pista,  $k=1$  a  $N$

Para cada impulso en esta posición

Si el impulso actual es el último en esta posición

Desplazar estado izquierdo un paso  $s:= s * 2$

40

Si la señal es menos, establecer el bit más bajo a uno,  $s:= s + 1$

De otra manera establecer el bit más bajo a cero (es decir, no hacer nada)

Actualizar el estado  $s := s + f(p, k - 1)$

Aumentar el número de impulsos encontrados  $p := p + 1$

45 **[0082]** Al decodificar el número de estado usando este algoritmo, el codificador de información de impulso añade un valor entero a un número intermedio (por ejemplo, un número de estado intermedio), por ejemplo, el número de estado antes de completar el algoritmo, para cada impulso en una posición de pista para cada posición de pista de una de las pistas, para obtener (el valor de) el número de estado.

50 **[0083]** El enfoque para codificar y decodificar la información de impulsos, por ejemplo, las posiciones de impulsos y las señales de impulsos, puede denominarse "codificación paso a paso" y "decodificación paso a paso", ya que las posiciones de pista son consideradas por los procedimientos de codificación y decodificación uno tras el otro, paso a paso.

55 **[0084]** La Fig. 6 es un gráfico de flujo que ilustra un ejemplo, que representa los pasos de procesamiento realizados por una decodificación de la información de impulsos de acuerdo con una realización.

**[0085]** En el paso 610, la posición de pista actual  $k$  se establece a  $N$ . Aquí,  $N$  representa el número de posiciones de pista de una pista, donde las posiciones de pista se enumeran de 1 a  $N$ .

**[0086]** En el paso 620, se prueba si  $k$  es mayor que o igual a 1, es decir, si las posiciones de la pista restantes no han sido consideradas. Si  $k$  no es mayor que o igual a 1, todas las posiciones de pista han sido consideradas y el proceso finaliza.

5 **[0087]** De otra manera, se prueba en el paso 630 si el estado es mayor que o igual a  $f(p, k-1)$ . Si éste es el caso, al menos hay un impulso presente en la posición  $k$ . Si éste no es el caso, no hay presente ningún impulso (adicional) en la posición de pista  $k$  y el proceso continúa en 640 donde  $k$  se reduce en 1, de forma que la siguiente posición de pista se considerará.

10 **[0088]** Si, sin embargo, el estado es mayor que o igual a  $f(p, k-1)$ , el proceso continúa con el paso 642, un impulso se pone en la posición de pista  $k$ , y luego, en el paso 644, el estado se actualiza reduciendo el estado en  $f(p, k-1)$ . Luego, en el paso 650, se prueba si el impulso actual es el primer impulso descubierto en la posición de pista  $k$ . Si éste no es el caso, el número de impulsos restantes se reduce en 1 en el paso 680, y el proceso continúa en el paso 630.

15

**[0089]** Si, sin embargo, éste es el primer impulso descubierto en la posición de pista  $k$ , el proceso continúa con el paso 660, donde se prueba si el bit más bajo de  $s$  se ha establecido. Si éste es el caso, la señal de los impulsos en esta posición de pista se establece a menos (paso 662), de otra manera, la señal de los impulsos en esta posición de pista se establece a más (paso 664). En ambos casos, el estado se desplaza un paso a la derecha en el paso 670 ( $s := s/2$ ). Luego, además, el número de impulsos restante se reduce en uno (paso 680) y el proceso continúa en el paso 630.

20

**[0090]** La Fig. 7 es un gráfico de flujo que ilustra un ejemplo, el gráfico de flujo representando los pasos de procesamiento realizados por un codificador de información de impulsos de acuerdo con un ejemplo.

25

**[0091]** En el paso 710, el número de impulsos  $p$  encontrados se establece a 0, el estado  $s$  se establece a 0 y la posición de pista considerada  $k$  se establece a 1.

30 **[0092]** En el paso 720, se prueba si  $k$  es más pequeño que o igual a  $N$ , es decir, si las posiciones de pista permanecen como no consideradas (aquí,  $N$  significa: número de posiciones de pista de una pista). Si  $k$  no es más pequeño que o igual a  $N$ , todas las posiciones de pista han sido consideradas y el proceso finaliza.

35 **[0093]** De otra manera, se prueba en el paso 730 si al menos un impulso está presente en la posición  $k$ . Si éste no es el caso, el proceso continúa a 740, donde  $k$  se aumenta en 1, de forma que se considerará la siguiente posición de pista.

40 **[0094]** Sin embargo, si al menos hay presente un impulso en la posición de pista  $k$ , se prueba en el paso 750 si el impulso considerado actualmente es el último impulso en la posición de la pista  $k$ . Si éste no es el caso, entonces, en el paso 770, el estado  $s$  se actualiza añadiendo  $f(p, k-1)$  al estado  $s$ , el número de impulsos encontrados  $p$  se aumenta en 1 y el proceso continúa con el paso 780.

45 **[0095]** Si el impulso considerado actualmente es el último impulso en la posición de pista  $k$ , entonces tras el paso 750, el proceso continúa con el paso 755 y el estado se desplaza un paso a la izquierda ( $s := s * 2$ ). Luego, se prueba en el paso 760 si la señal del impulso es menos. Si éste es el caso, el bit más bajo se establece a 1 (paso 762); de otra manera, el bit más bajo de  $s$  se establece a 0 (o no se hace nada) (paso 764). Luego, en ambos casos, se realiza el paso 770, donde el estado  $s$  se actualiza añadiendo  $f(p, k-1)$  al estado  $s$ , el número de impulsos encontrados  $p$  se aumenta en 1 y el proceso continúa con el paso 780.

50 **[0096]** En el paso 780, se prueba si existe otro impulso en la posición  $k$ . Si éste es el caso, el proceso continúa con el paso 750; de otra manera, el proceso continúa con el paso 740.

**[0097]** A continuación, se proporciona un concepto para generar un número de estado conjunto que codifica el estado de una pluralidad de pistas.

55 **[0098]** Desafortunadamente, en muchos casos, el rango de posibles estados de una sola pista no es un múltiplo de 2 y la representación binaria de cada estado es por tanto ineficiente. Por ejemplo, si el número de posibles estados es 5, entonces necesitamos 3 bits para representarlo con un número binario. Sin embargo, si tenemos cuatro pistas, cada una con 5 estados, entonces tenemos  $5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$  estados para toda la sub-estructura que puede representarse por 10 bits (en vez de  $4 \times 3 = 12$  bits). Esto se corresponde con 2,5 bits por pista en vez de 3

y así obtenemos un ahorro de 0,5 bits por pista o equivalentemente, 2 bits por sub-estructura (20% del consumo total de bits). Es por tanto importante combinar los estados de cada pista a un estado conjunto, ya que, por esto, la ineficacia de la representación puede reducirse. Debe tenerse en cuenta que el mismo enfoque podría usarse para cualquier número transmitido. Por ejemplo, ya que cada sub-estructura puede tener un estado que representa las 5 posiciones de los impulsos, y cada estructura puede, por ejemplo, tener cuatro sub-estructuras, estos estados podrían combinarse a un número de estado conjunto.

**[0099]** Dado que una sub-estructura tiene, por ejemplo, 4 pistas, el consumo de bits puede reducirse para mejorar la eficiencia para codificar de forma conjunta los estados de cada pista. Por ejemplo, dado que cada pista tiene impulsos  $pk$  y cada pista tiene una longitud  $N$ , por ejemplo tiene  $N$  posiciones de pista, entonces el estado de cada pista está en el rango de 0 a  $J(pk, N) - 1$ . Los estados de cada pista  $sk$  pueden entonces combinarse a un estado conjunto  $s$  de la sub-estructura con la fórmula (asumiendo que tenemos 4 pistas por sub-estructura).

**Fórmula 2:**

$$s = [s_0 f(p_0, N) + s_1] f(p_1, N) + s_2] f(p_2, N) + s_3 .$$

15

**[0100]** Los estados de cada pista pueden entonces determinarse en el decodificador dividiendo el estado conjunto por  $f(pk, N)$ , donde el resto es el estado de la última pista y la parte entera es el estado conjunto de las pistas restantes. Si el número de pistas es distinto a 4, podemos rápidamente añadir o reducir el número de términos en la ecuación anterior de forma apropiada.

20

**[0101]** Debe tenerse en cuenta que cuando el número de impulsos por pista es grande, entonces el número de posibles estados aumenta. Por ejemplo, con 6 impulsos por pista con cuatro pistas y una longitud de pista  $N=16$ , entonces el estado es un número de 83 bit, que supera la longitud máxima de los números binarios en CPUs regulares. A continuación, se muestran algunos pasos regulares que deben realizarse para evaluar la fórmula anterior usando métodos estándar con enteros muy largos.

25

**[0102]** Debe observarse también que este enfoque es igual a la codificación aritmética de los estados de la pista, cuando las posibilidades del estado se asumen como iguales.

30

**[0103]** Anteriormente, se ha presentado un enfoque paso a paso para codificar y decodificar informaciones de impulsos de una pista, por ejemplo, ls posiciones, y posiblemente las señales, de impulsos de una pista. Otras realizaciones proporcionan otro enfoque, al que llamaremos enfoque "dividir y conquistar".

35

**[0104]** Un codificador de información de impulsos configurado para aplicar el enfoque dividir y conquistar, divide una pista en dos particiones de pista  $x_1$  y  $x_2$ , que podrían considerarse como dos vectores, donde  $x = [x_1 \ x_2]$ . La idea básica es codificar ambos vectores  $x_1$  y  $x_2$  por separado, y luego combinar los dos con la fórmula.

**Fórmula 3:**

$$s(x) = s(x_1) + f(p_1, N_1) s(x_2) + \sum_{k=0}^{p_1-1} f(k, N_1) f(p-k, N - N_1)$$

40

**[0105]** En la anterior ecuación, debería notarse que  $s(x_1)$  y  $s(x_2)$  son los estados de los vectores  $x_1$  y  $x_2$ , cuando el número de impulsos ya se conocen, es decir, cuando los vectores tienen, respectivamente, impulsos,  $p_1$  y  $p_2 = p - p_1$ . Para tener en cuenta todos los estados que tienen 0 a  $p_1 - 1$  impulsos en el vector  $x_1$ , tenemos que añadir el término de la suma en la ecuación anterior.

45

**[0106]** El algoritmo/fórmula anterior puede aplicarse para codificar los impulsos de las pistas interrelacionadas para aplicar los siguientes pasos de preprocesamiento. Primero, dejemos que los vectores  $x_{track \ k}$  consistan en todas las muestras en la pista  $k$  y combinar estos vectores definiendo  $x = [x_{track \ 1}, x_{track \ 2}, x_{track \ 3},$

*xtrack 4j*. Observamos que esto es meramente una reordenación de las muestras de forma que todas las muestras de la pista 1 se coloquen en el primero grupo y así sucesivamente.

**[0107]** Segundo, obsérvese que los números de impulsos por pista es normalmente un número fijo. Sigue que si la pista 1 siempre tiene impulsos  $p_1$  entonces el número de estado en la pista 1 es 1 is  $f(k, N_1) = 0$  para todos los valores  $k \neq p_1$ . Ésta es simplemente otra forma de decir que no hay estados para la pista 1 que no tengan impulsos  $p_1$ . Formalmente, podemos definir la fórmula número de estados como:

**Fórmula 4:**

10

Para una pista completa *xtrack k* con impulsos  $p_k$  el número de estados es  $(N=N_{track k})$

$$f(p, N) = \begin{cases} f(p, N) & \text{para } p = p_k \\ 0 & \text{para } p \neq p_k \end{cases}$$

15 De otra manera, para  $N > 1$

$$f(p, N) = \sum_{k=0}^p f(k, N_1) f(p-k, N-N_1)$$

Y para  $N=1$ :

20

$$f(p, 1) = \begin{cases} 2 & \text{para } p \geq 1 \\ 1 & \text{para } p = 0 \end{cases}$$

**[0108]** Al reordenar las muestras y usar la definición anterior para el número de estados (Fórmula 4), podemos calcular el estado conjunto de todas las pistas mediante la Fórmula 3. Téngase en cuenta que, ya que el número de estados contiene mayormente ceros, la suma en la Fórmula 3 es cero, cuando se combina el estado de las pistas. Por tanto, combinar dos pistas es idéntico a la Fórmula 2. Similarmente, podemos mostrar fácilmente que la combinación de las cuatro pistas (o cinco) también proporciona resultados idénticos con ambos enfoques.

**[0109]** De acuerdo con un ejemplo, la reordenación puede usarse como un paso de preprocesamiento para el codificador. En otro ejemplo, la reordenación puede integrarse en el codificador. De forma similar, de acuerdo con un ejemplo, la reordenación puede utilizarse como paso de post-procesamiento para el decodificador. En otro ejemplo, la reordenación puede integrarse en el decodificador.

**[0110]** Si el número de impulsos en una pista no es fijo, podemos modificar fácilmente el número de la fórmula de estados de forma apropiada, y seguir usando el mismo algoritmo de codificación.

**[0111]** Se observa que el enfoque presentado en la sección "Combinando datos de pista" y el método anterior proporcionan resultados iguales si el orden de combinación de las pistas se selecciona de forma apropiada. Igualmente, además los enfoques paso a paso y dividir y conquistar proporcionan los mismos resultados. Podemos por tanto seleccionar de forma independiente qué enfoque usar en el decodificador y codificador, según cual es más práctico de implementar o qué enfoque se ajusta mejor a las restricciones computacionales de la plataforma.

**[0112]** De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un algoritmo de codificador de información de impulsos, que puede describirse en pseudo-código por

45

estado de función = codificar(x)

1. si la longitud de x es 1
  - a. si x no tiene impulsos

- i. estado = 0
  - ii. retorno
- b. si no (x tiene al menos un impulso)
- 5 i. si el impulso(s) en x es positivo
  - estado = 0
  - retorno
- 10 ii. si no (el impulso(s) en x es negativo)
  - estado = 1
  - retorno
- iii. fin
- 15 c. fin
- 2. si no (es decir, cuando la longitud de x es > 1)
  - a. dividir x en dos vectores x1 y x2 de longitud N1 y N2 respectivamente
  - b. determinar el estado del vector x1 por s1 = codificar(x1)
  - 20 c. determinar el estado del vector x2 por s2 = codificar(x1)
  - d. dejar que p sea el número de impulsos en x y p1 el número de impulsos en x1
  - e. establecer n0 = 0
  - f. para k desde 0 a p1-1
    - i. establecer n0 := n0 + f(k,N1)\*f(p-k,N2)
  - 25 g. fin
  - h. calcular estado como s := s1 + f(p1,N1)\*s2 + n0
  - i. retorno

3. fin

30

**[0113]** Emplear dicho algoritmo de codificación, de acuerdo con un ejemplo, se configura el codificador de información de impulsos para dividir una de las pistas en una primera partición de pista y en una segunda partición de pista. El codificador de información de impulso está configurado para codificar un primer número de subestado asociado con la primera partición. Además, el codificador de información de impulsos se configura para codificar un segundo número de subestado asociado con la segunda partición. Adicionalmente, el codificador de la información de impulsos se configura para combinar el primer número de subestado y el segundo número de subestado para obtener el número de estado.

35

**[0114]** De forma similar, de acuerdo con un ejemplo, el algoritmo del decodificador de información de impulsos se proporciona de forma que puede describirse en un pseudo-código mediante:

40

función x = decodificar(s, p, N)

- 1. si el número de impulsos p es 0
  - a. vector de retorno x lleno de ceros
- 45 2. si no
  - a. si lon. es 1
    - i. si s == 0
      - 1. El vector x tiene impulsos p positivos en su primera posición
    - 50 ii. si no
      - 1. El vector x tiene impulsos p negativos en su primera posición
    - iii. fin
  - b. si no
    - i. Seleccionar longitudes de partición N1 y N2
    - ii. Establecer n0 := 0 y p1 := 0
    - iii. Mientras n0 + f(p1,N1)\*f(p-p1) < s
      - 1. establecer p1 := p1+1

55

2. establecer  $n0 := n0 + f(p1, N1) * f(p-p1)$

iv. fin

v. establecer  $s := s - n0$  y  $p2 := p - p1$

vi. establecer  $s1 := s / f(p1, N1)$  y el resto en  $s2$

5 vii. decodificar la primera partición  $x1 = \text{decodifica}(s1, p1, N1)$

viii. decodificar la segunda partición  $x2 = \text{decodificar}(s2, p2, N2)$

ix. combinar particiones  $x1$  y  $x2$  en para  $x$

c. fin

10

3. fin

15 **[0115]** En una realización realizando el enfoque dividir y conquistar, un decodificador de información de impulsos se configura para generar un primer número de subestado y un segundo número de subestado basado en el número de estado. El decodificador de información de impulsos se configura para decodificar un primer grupo de posiciones de impulsos de una primera partición de una de las pistas basada en el primer número de subestado. Además, el decodificador de información de impulsos se configura para decodificar un segundo grupo de posiciones de impulsos de una segunda partición de una de las pistas basada en el segundo número de subestado.

20 **[0116]** Aunque algunos aspectos se han descrito en el contexto de un aparato, está claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo se corresponde con un paso del procedimiento o una característica de un paso del procedimiento. Semejantemente, los aspectos descritos en el contexto de un paso del procedimiento representan una descripción de un bloque correspondiente o elemento o característica de un aparato correspondiente.

25

**[0117]** Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse usando un soporte de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco floppy, un DVD, un CD, un ROM, un PROM, un EPROM, un EEPROM o una memoria flash, con señales de control legibles electrónicamente almacenadas en el mismo, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de forma que se realice el procedimiento respectivo.

30

**[0118]** En algunas realizaciones, un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una Matriz de puertas programables por campo o FPGA) puede utilizarse para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente. En algunas realizaciones, la FPGA puede cooperar con un microprocesador para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente.

35

**[0119]** Generalmente, los procedimientos se realizan preferiblemente mediante un aparato de hardware. Las realizaciones descritas anteriormente son meramente ilustrativas para los principios de la presente invención. Se comprende que las modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente serán aparentes para aquellos expertos en la técnica. Es la intención, por tanto, estar limitados solo por el alcance de las reivindicaciones de patente inminentes y no por los detalles específicos presentados mediante la descripción y explicación de las realizaciones del presente.

40

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para decodificar una señal de audio codificada, donde una o más pistas se asocian con la señal de audio codificada, cada una de las pistas teniendo una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de 5 impulsos, que comprende:

un decodificador de información de impulsos (110) para decodificar una pluralidad de posiciones de impulsos, donde cada una de las posiciones de impulsos indica una de las posiciones de la pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista, y donde el decodificador de la información de impulsos (110) se 10 configura para decodificar la pluralidad de posiciones de impulsos usando un número de posiciones de pista que indica un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, un número de impulsos total que indica un número total de los impulsos de al menos una de las pistas, y un número de estado;

y

15 un decodificador de señal (120) para decodificar la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada usando la pluralidad de posiciones de impulsos y una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos estando asociados con la señal de audio codificada, donde el decodificador de información de impulsos (110) se adapta además para decodificar una pluralidad de señales de impulso usando el número de posiciones de pista, el número de impulsos total y el número de estado, donde cada una de las señales de impulso indica una señal de una 20 de las pluralidades de impulsos, y donde el decodificador de señal (120) se adapta para decodificar la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada usando adicionalmente la pluralidad de señales de impulso, donde el decodificador de información de impulsos (110) se configura para dividir una de las pistas en una primera partición de pista, que comprende al menos dos posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, y en una segunda partición de pista, comprendiendo al menos dos otras posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de 25 pista, donde el decodificador de información de impulsos (110) se configura para generar un primer número de subestado y un segundo número de subestado en base al número de estado, donde el decodificador de información de impulsos (110) se configura para decodificar un primer grupo de posiciones de impulsos asociado con la primera partición de pista basada en el primer número de subestado, y donde el decodificador de información de impulsos (110) está configurado para decodificar un segundo grupo de posiciones de impulsos asociado con la segunda 30 partición de pista en el segundo número de subestado, donde el número de estado indica un estado de una enumeración de todos los posibles estados, donde todos los posibles estados indican todas las posibles configuraciones de los impulsos de una o más pistas teniendo la pluralidad de posiciones de pista.

2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde al menos dos pistas están asociadas con la 35 señal de audio codificada, donde las al menos dos pistas comprenden al menos una última pista y una o más otras pistas, y donde el decodificador de información de impulsos (110) se adapta para generar un primer número de subestado y un segundo número de subestado desde el número de estado, donde el decodificador de información de impulsos (110) se configura para decodificar un primer grupo de las posiciones de impulso en base al primer número de subestado, y donde el decodificador de información de impulsos (110) se configura para decodificar un 40 segundo grupo de las posiciones de impulsos en base al segundo número de subestado, donde el segundo grupo de las posiciones de impulsos solo consisten en posiciones de impulsos que indican posiciones de pista de la última pista, y donde el primero grupo de las posiciones de impulsos solo consisten en posiciones de impulsos que indican posiciones de pista de una o más otras pistas.

3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, donde el decodificador de información de impulsos puede configurarse para generar el primer número de subestado y el segundo número de subestado dividiendo el 45 número de estado por  $f(p, N)$  para obtener una parte de entero y un resto como un resultado de la división, donde la parte de entero es el primer número de subestado y donde el resto es el segundo número de subestado, donde  $p$  indica para cada una de las al menos dos pistas el número de impulsos, y donde  $N$  indica para cada una de las al 50 menos dos pistas el número de posiciones de pista, donde  $f(p, N)$  denota el número de configuraciones posibles para una pista con posiciones de pista  $N$  e impulsos con señal  $p$ .

4. Un aparato para codificar una señal de audio, que comprende:

55 un procesador de señal (210) para determinar una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos estando asociados con la señal de audio, para generar una señal residual basada en la señal de audio y la pluralidad de coeficientes de filtro predictivos;



y un codificador de información de impulsos (220) para codificar una pluralidad de posiciones de impulsos relacionadas con una o más pistas, para codificar la señal de audio, la pista o pistas estando asociadas con la señal residual, cada una de las pistas teniendo una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de impulsos, donde cada una de las posiciones de impulso indica una de las posiciones de pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista, donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para codificar la pluralidad de posiciones de impulsos generando un número de estado, de forma que las posiciones de impulsos puedan decodificarse solo en base al número de estado, un número de posiciones de pista que indica un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, y un número de impulsos total que indica un número total de los impulsos de al menos una de las pistas, donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para dividir una de las pistas en una primera partición de pista, comprendiendo al menos dos posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, y en una segunda partición de pista que comprende al menos dos otras posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para codificar un primer número de subestado asociado con la primera partición, donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para codificar un segundo número de subestado asociado con la segunda partición, y donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para combinar el primer número de subestado y el segundo número de subestado para obtener el número de estado, donde el número de estado indica un estado de una enumeración de todos los posibles estados, donde todos los posibles estados indican todas las configuraciones posibles de los impulsos en una de la pista o pistas teniendo la pluralidad de posiciones de pista.

5. Un aparato para codificar de acuerdo con la reivindicación 4, donde el codificador de información de impulsos (220) se adapta para codificar una pluralidad de señales de impulsos, donde cada una de las señales de impulsos indica una señal de una de la pluralidad de impulsos, donde el codificador de información de impulsos (220) se configura para codificar la pluralidad de señales de impulsos generando el número de estado, de forma que las señales de impulsos puedan decodificarse solo en base al número de estado, el número de posiciones de pista indicando un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, y el número total de impulsos.

6. Procedimiento para decodificar una señal de audio codificada, donde una o más pistas se asocian con la señal de audio codificada, cada una de las pistas teniendo una pluralidad de posiciones de pista y una pluralidad de impulsos, donde el procedimiento comprende:

decodificar una pluralidad de posiciones de impulsos, donde cada una de las posiciones de impulsos indica una de las posiciones de pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista, y donde la pluralidad de posiciones de impulsos se decodifican usando un número de posiciones de pista que indica un número total de las posiciones de pista de al menos una de las pistas, un número total de impulsos que indica un número total de los impulsos de al menos una de las pistas, y un número de estado, decodificando una pluralidad de señales de impulsos usando el número de posiciones de pista, el número total de impulsos y el número de estado, donde cada una de las señales de impulso indica una señal de una de las pluralidades de impulsos, y decodificando la señal de audio codificada generando una señal de audio sintetizada usando la pluralidad de posiciones de impulsos y una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos estando asociados con la señal de audio codificada, donde decodificar la señal de audio codificada se realiza generando una señal de audio sintetizada usando además la pluralidad de señales de impulso, donde el procedimiento además comprende:

dividir una de las pistas en una primera partición de pista, comprendiendo al menos dos posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, y en una segunda partición de pista, comprendiendo al menos dos otras posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, generando un primer número de subestado y un segundo número de subestado en base al número de estado, decodificando un primer grupo de posiciones de impulsos asociadas con la primera partición de pista en base al primer número de subestado, y decodificando un segundo grupo de posiciones de impulso asociadas con la segunda partición de pista en base al segundo número de subestado, donde el número de estado indica un estado de una enumeración de todos los posibles estados, donde todos los posibles estados indican todas las configuraciones posibles de los impulsos en una o más pistas que tienen la pluralidad de posiciones de pista.

7. Procedimiento para codificar una señal de audio, que comprende:

determinar una pluralidad de coeficientes de filtro predictivos estando asociados con la señal de audio, para generar una señal residual basada en la señal de audio y la pluralidad de coeficientes de filtro predictivos; y codificar una pluralidad de posiciones de impulsos relacionadas con una o más pistas, para codificar la señal de audio, la pista o pistas estando asociadas con la señal residual, cada una de las pistas teniendo una pluralidad de posiciones de

pista y una pluralidad de impulsos, donde cada una de las posiciones de impulsos indica una de las posiciones de pista de una de las pistas para indicar una posición de uno de los impulsos de la pista, donde la pluralidad de posiciones de impulsos se codifican generando un número de estado, de forma que las posiciones del impulso puedan decodificarse solo en base al número de estado, un número de posiciones de pista indicando un número total de las posiciones de la pista de al menos una de las pistas, y un número total de impulsos indicando un número total de los impulsos de al menos una de las pistas, donde el procedimiento además comprende:

10 dividir una de las pistas en una primera partición de pista, comprendiendo al menos dos posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, y en una segunda partición de pista, comprendiendo al menos dos otras posiciones de pista de la pluralidad de posiciones de pista, codificando un primer número de subestado asociado con la primera partición, codificando un segundo número de subestado asociado con la segunda partición, y combinando el primer número de subestado y el segundo número de subestado para obtener el número de estado, donde el número de estado indica un estado de una enumeración de todos los posibles estados, donde todos los posibles estados indican todas las posibles configuraciones de los impulsos en una de la pista o pistas que tienen  
15 una pluralidad de posiciones de pista.

8. Un programa informático adaptado para implementar el procedimiento de las reivindicaciones 6 o 7 cuando se ejecuta en un ordenador o procesador de señal.

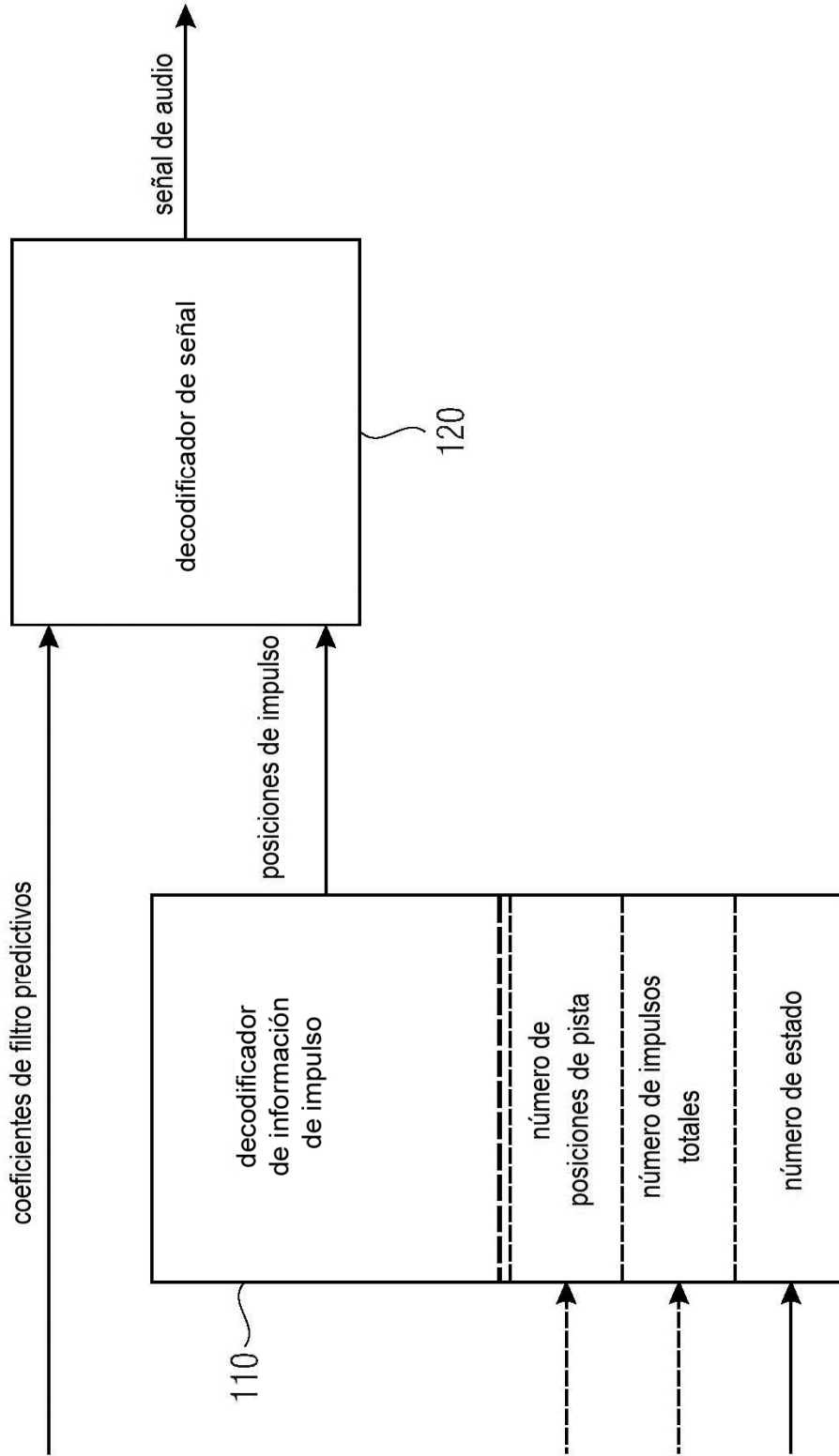


FIG 1

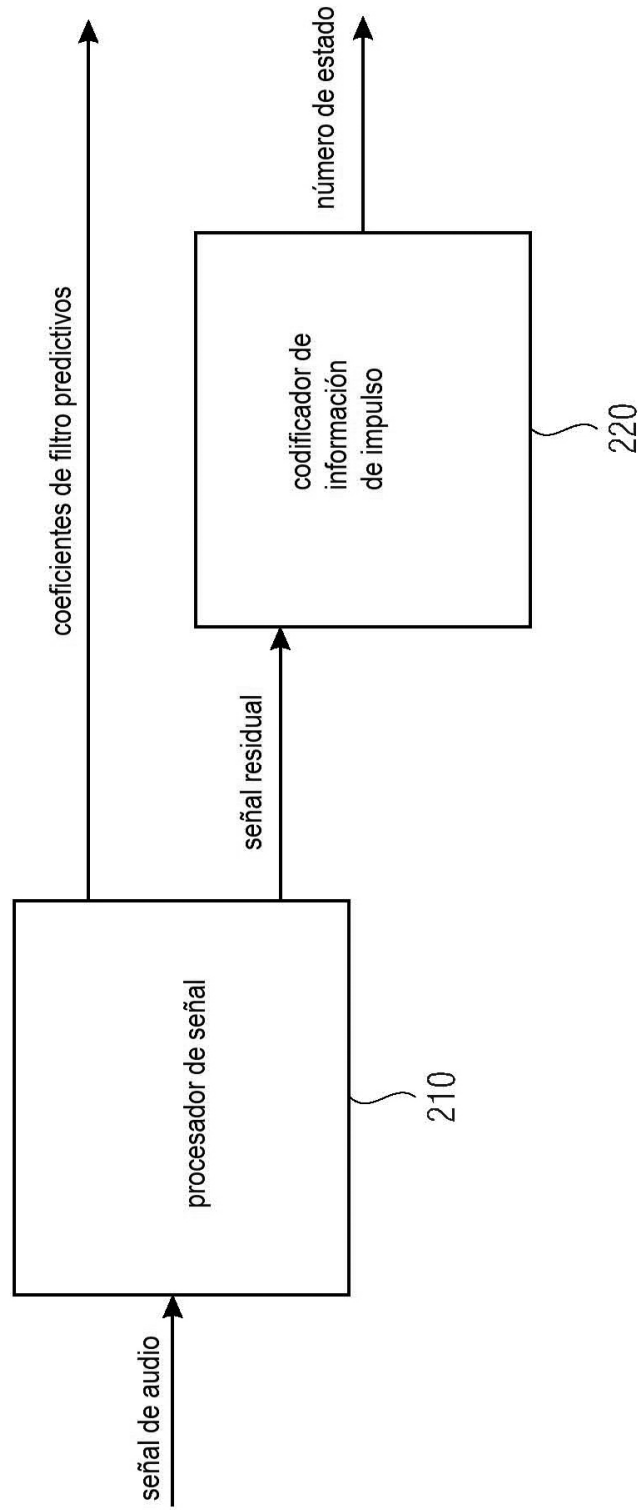


FIG 2

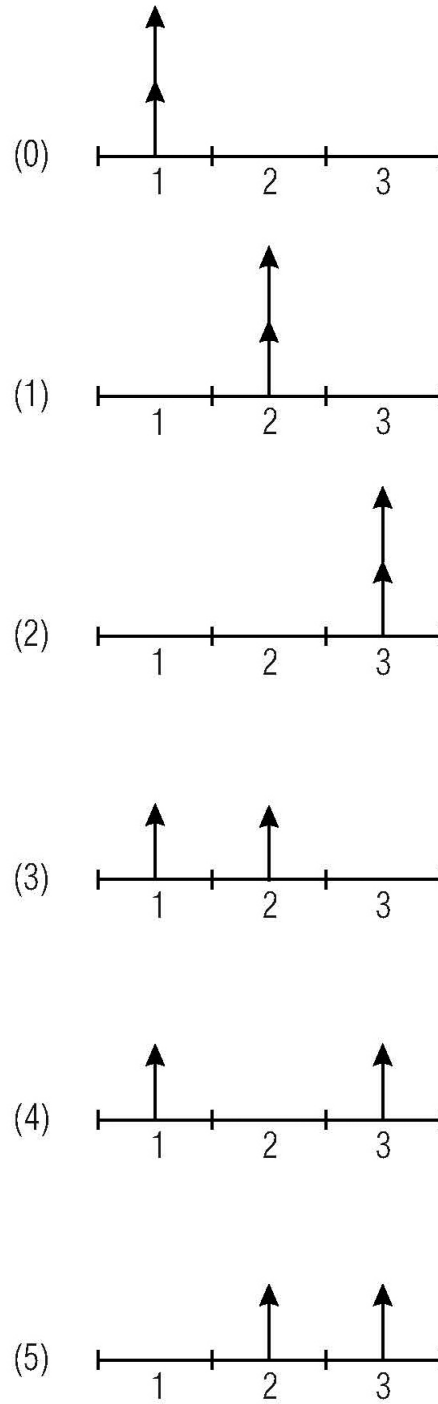


FIG 3

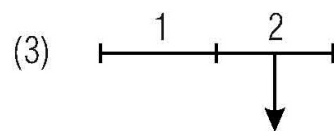
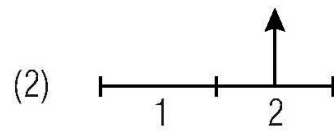
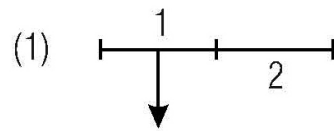
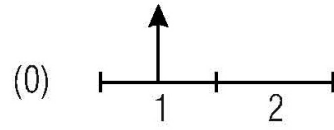


FIG 4

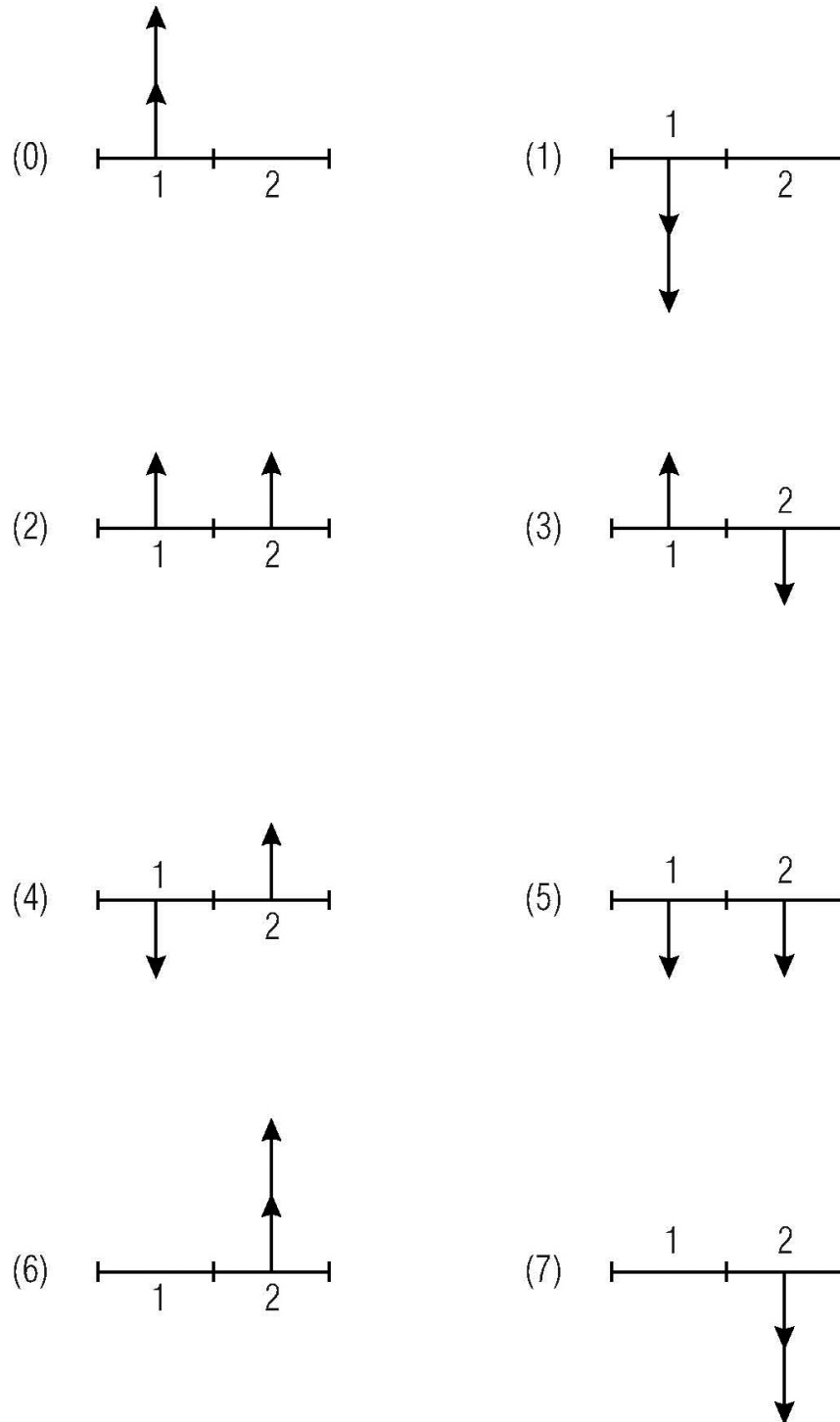


FIG 5

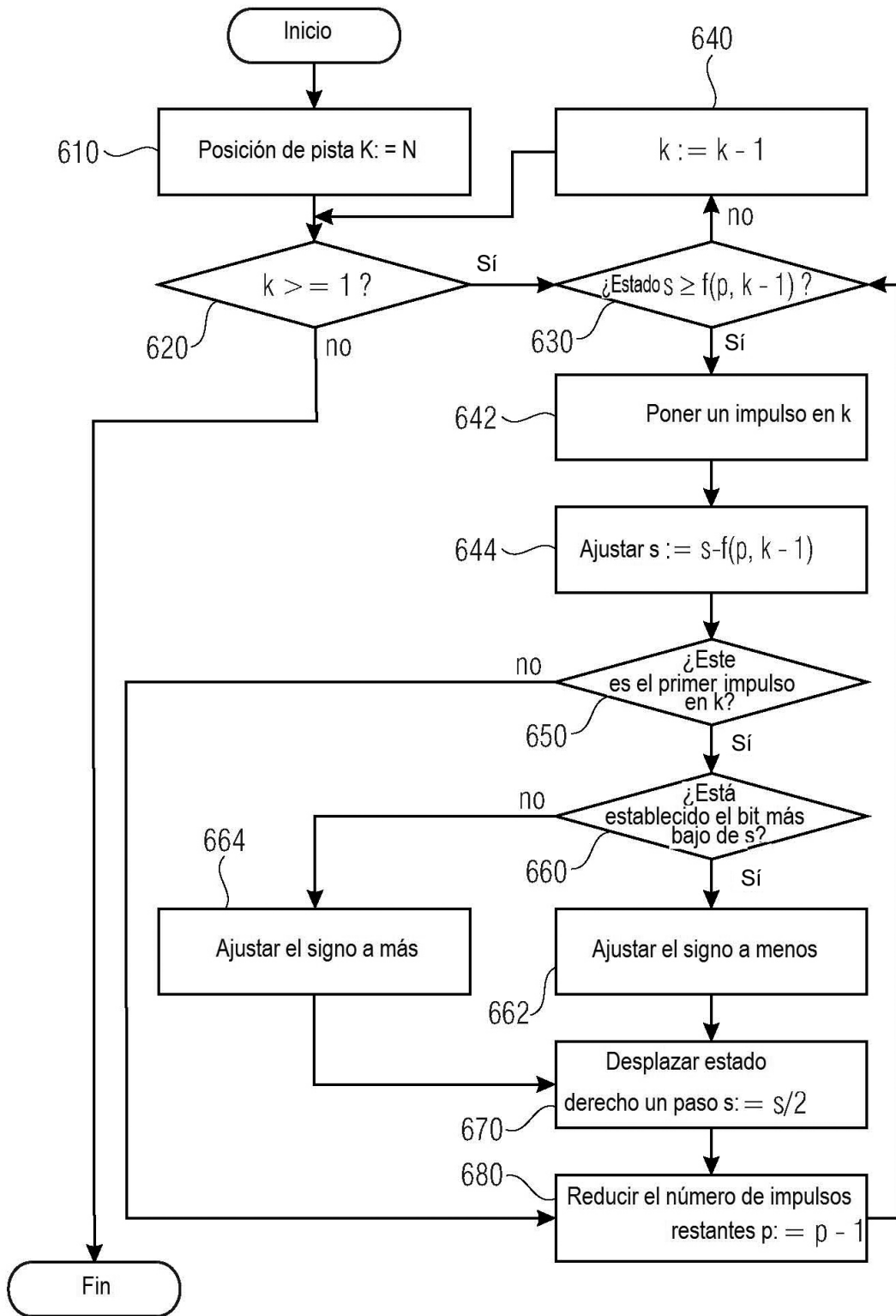


FIG 6



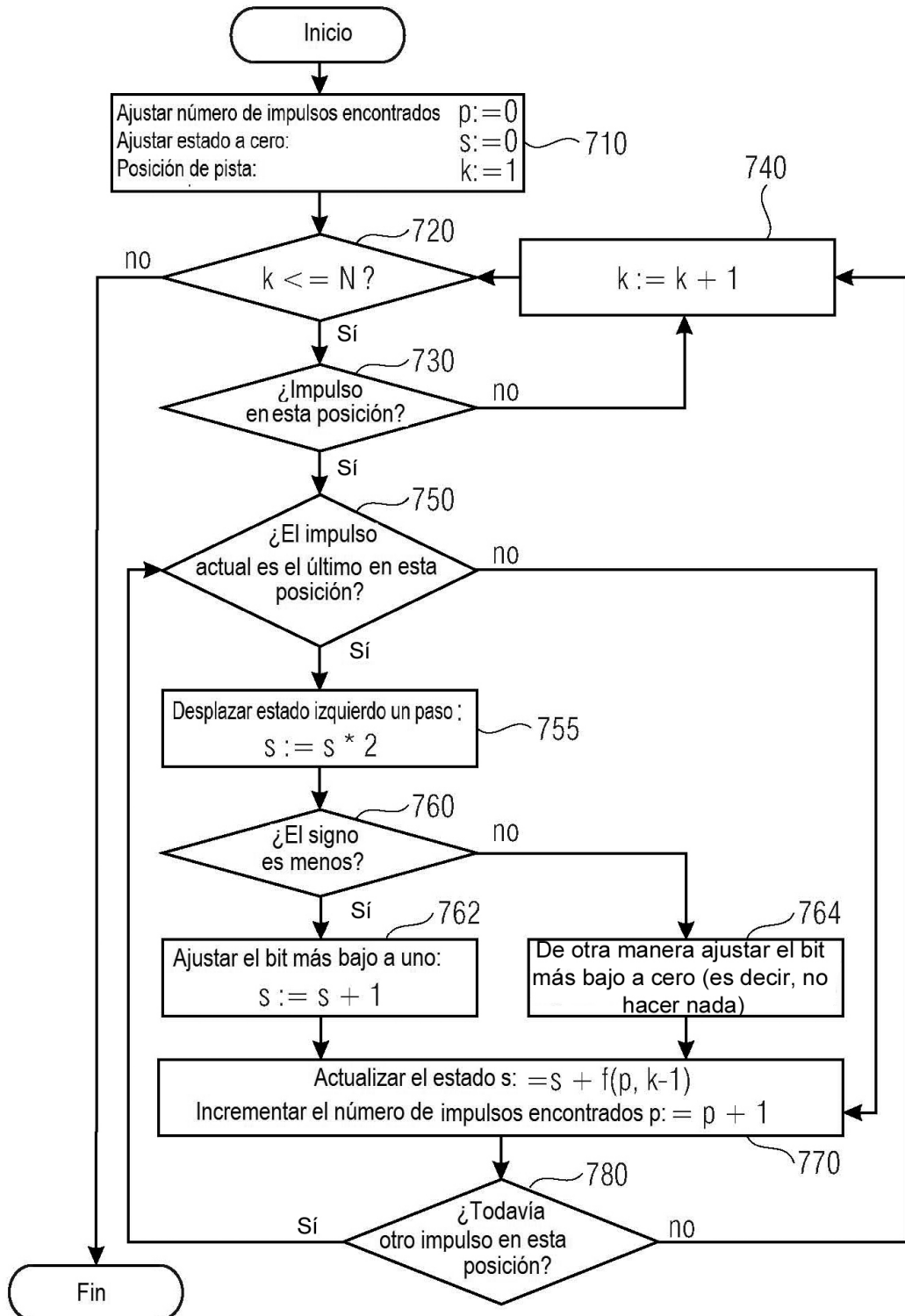


FIG 7