

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 741**

51 Int. Cl.:

**G10H 1/18** (2006.01)

**H04S 3/00** (2006.01)

**H04S 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2013 PCT/EP2013/054336**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13131873**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2013 E 13707182 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2823649**

54 Título: **Procedimiento y aparato para mezclar una señal de audio multicanal**

30 Prioridad:

**05.03.2012 IT TO20120193**  
**10.10.2012 IT TO20120886**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.09.2017**

73 Titular/es:

**INSTITUT FÜR RUNDfunkTECHNIK GMBH**  
**(100.0%)**  
**Floriansmühlstrasse 60**  
**80939 München, DE**

72 Inventor/es:

**GOOSSENS, SEBASTIAN;**  
**GROH, JENS;**  
**HARTMAN, CHRISTIAN y**  
**KNAPPE, JONAS**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 633 741 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

Procedimiento y aparato para mezclar una señal de audio multicanal

5 Campo de la invención

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato para mezclar una señal de audio multicanal.

10 Descripción de la técnica anterior

**[0002]** Se conocen técnicas para la conversión de señales de audio multicanal en señales de dos canales, y se denominan normalmente como técnicas de mezcla.

Con la mezcla es posible reproducir una señal de audio multicanal original por un equipo estéreo normal con dos canales y dos altavoces.

**[0003]** Un ejemplo de una señal de audio multicanal bien conocida es el denominado sistema de sonido envolvente. La representación envolvente de canales, incluye, además de los dos canales estéreo delanteros L y R, un canal central delantero C adicional y dos canales traseros envolventes Ls, Rs.

20

**[0004]** Esas señales envolventes se suministran durante la reproducción a altavoces correspondientes situados en una sala de escucha, por ejemplo, como se muestra en la Fig. 1, y se perciben por un oyente situado en la posición P1.

**[0005]** Como se conoce, la mezcla de las señales envolventes originales (L, R, C, Ls, Rs) en una señal estéreo (Lo, Ro) se hace realizando una combinación lineal de las señales originales como, por ejemplo, dada por las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} Lo &= L + \alpha \cdot C + \beta \cdot Ls \\ Ro &= R + \alpha \cdot C + \beta \cdot Rs \end{aligned}$$

30

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son constantes, menores de 1, preferiblemente ambas iguales a 0,7.

Cada una de las dos señales estéreo Lo, Ro está dada por una combinación lineal de las señales delantera y trasera del mismo lado, y del canal central C.

35

**[0006]** Las señales Lo y Ro se suministran al altavoz izquierdo y derecho de una disposición de altavoz estéreo para reproducción a un oyente, véase la Fig. 2. De este modo, un oyente situado en la posición P2 percibe una sensación (pseudo)envolvente incluso si la señal envolvente se reproduce en forma mezclada por los dos altavoces Lo y Ro. Sin embargo, al hacerlo, el oyente percibe distorsiones en la señal de mezcla.

40

Cabe señalar que la publicación en Proceedings of the AES, vol. 121, enero de 2006, titulado "Binaural simulation of complex acoustic scenes for interactive audio" de Jean-Marc Jot et al. describen un complicado sistema de procesamiento de señales para una simulación binaural de escenas acústicas, lo que significa que se propone un sistema en el que el sonido puede proceder de "direcciones específicas" específicamente elegidas, de manera que se obtiene una sensación "correcta" de un oyente que escucha el sonido a través de auriculares. También se describe una presentación a través de altavoces (dos, véase la figura 8, o cuatro, véase la figura 9). Sin embargo, cabe apreciarse que las componentes de señal generados en la publicación anterior de uno de los dos lados (izquierda o derecha) siempre incluyen una componente del otro lado (derecha o izquierda, respectivamente). Contrariamente a esto, en la presente invención, los dos lados están completamente separados, ya que una componente de señal de un lado (izquierda o derecha) no comprende un componente de señal del otro lado (derecha o izquierda, respectivamente). Esto significa que, en la presente solicitud, no se hace uso de funciones de transferencia entre una posición en el lado izquierdo y el oído derecho del oyente, ni de funciones de transferencia entre una posición en el lado derecho y el oído izquierdo del oyente. Esto hace que el procesamiento de señales en el sistema según la invención sea más sencillo, más barato y más rápido y menos susceptible a variaciones de la posición del oyente.

55

Cabe apreciar adicionalmente que el documento EP-A177790 describe un sistema de reproducción de audio de coche para crear una fuente de sonido de centro virtual por medio de un altavoz lateral izquierdo y derecho. De nuevo, el sistema aprovecha las funciones de transferencia entre una posición en el lado izquierdo y el oído derecho

del oyente, y funciones de transferencia entre una posición en el lado derecho y el oído izquierdo del oyente. Esto es de nuevo contrario a la presente solicitud. De nuevo, la presente solicitud describe las mismas ventajas sobre el circuito conocido descrito en el documento EP-A1777902.

5 Resumen de la invención

**[0007]** Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato de mezcla que evite al menos parcialmente dichas distorsiones.

10 **[0008]** Un primer objeto de la invención es una primera variante de un aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), según la reivindicación 1.

15 **[0009]** Un segundo objeto de la invención es una segunda variante de un aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), según la reivindicación 2.

20 **[0010]** Un tercer objeto de la invención es una tercera variante de un aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), según la reivindicación 4.

**[0011]** Un cuarto objeto de la invención es un procedimiento para realizar una mezcla de una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), según la reivindicación 13. Otros objetos son aparatos donde  $m = 3$ , o  $m = 4$ , o  $m = 5$ , o  $m = 6$ , o  $m = 7$ , y  $n = 2$ , o  $n = 4$ , que cumplen las características del aparato que se ha definido anteriormente.

**[0012]** Estos y otros objetivos se consiguen por medio de un aparato y un procedimiento para mezclar una señal de audio multicanal en una señal de audio de dos canales, como se describe en las reivindicaciones adjuntas, que forman parte integrante de la presente descripción.

30 **[0013]** La invención se basa en el reconocimiento de que la combinación, por ejemplo, los componentes de señal Ls y Rs con respecto, por ejemplo, a las señales izquierda delantera y derecha delantera, respectivamente, en el proceso de mezcla, esas señales Ls y Rs se perciben ahora desde las direcciones de "delantera izquierda" y "delantera derecha", respectivamente, mientras que normalmente (en la situación de reproducción de cinco canales) se percibirán desde las direcciones "trasera izquierda" y "trasera derecha", respectivamente.

40 **[0014]** Esto da como resultado distorsiones en las señales mezcladas percibidas, que no permiten al oyente reconocer el origen físico real del sonido, que se logra normalmente reproduciendo la señal multicanal original con un sistema de reproducción multicanal. Mediante el preprocesamiento de las señales de las posiciones que se "pierden" en el proceso de mezcla mediante el prefiltrado, como se reivindica, se puede obtener una reubicación que mejora la percepción del oyente, de manera que las componentes de señal de las posiciones que están "perdidas" en el proceso de mezcla descendente, puedan percibirse, al menos sustancialmente, desde su posición original.

Breve descripción de los dibujos

45 **[0015]** La invención se ilustrará completamente a partir de la siguiente descripción detallada, dada a modo de ejemplo meramente ilustrativo y no limitante, que se ha de leer con referencia a las figuras de dibujos adjuntas, en las que:

- 50 - La Fig. 1 muestra un ejemplo de disposición de cinco altavoces para la reproducción de una señal de sonido envolvente, con  $m = 5$ ;  
 - la Fig. 2 muestra un ejemplo de disposición de dos altavoces para la reproducción de una señal de sonido de dos canales mezclada, con  $n = 2$ ;  
 - la Fig. 3 muestra un ejemplo de disposición de siete altavoces para la reproducción de una señal de sonido de m canales, con  $m = 7$ ;  
 55 - las figuras 4, 5, 6 y 7 muestran diagramas de bloques de ejemplos de realización del aparato según la invención, en el caso de  $n = 2$  y respectivamente  $n = 3, 4, 5$  y  $7$ ;  
 - la figura 8 muestra un diagrama de bloques de un ejemplo adicional de realización del aparato según la invención, en el caso de  $n = 4$ .

**[0016]** Los mismos números de referencia y letras de las figuras designan partes iguales o funcionalmente equivalentes.

5 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

**[0017]** El procedimiento de la presente invención tiene el objetivo de corregir las distorsiones que se han descrito anteriormente, preprocesando las componentes de señal de m canales antes de combinarse en las señales Lo y Ro, respectivamente.

10

**[0018]** Una configuración típica proporciona una situación como la descrita anteriormente, con referencia a las Figs. 1 y 2, donde (m = 5): L, R, C, Ls y Rs son respectivamente componentes delantera izquierda, delantera derecha, central, trasera izquierda y trasera derecha de la señal de audio multicanal, ya mencionada anteriormente, reproducida por los respectivos altavoces.

15

**[0019]** Hay una serie de situaciones posibles de presencia de diferente número de canales en la señal de audio multicanal de entrada, concretamente m = 3, donde se encuentran las componentes de señal R, L, C; m = 4 con R, L, Rs, Ls; m = 5 con todas las componentes de señal L, R, C, Ls y Rs, y así sucesivamente con valores más altos de m.

20

**[0020]** A continuación, se describirán algunos ejemplos específicos no limitativos de realización del procedimiento de la presente invención.

**[0021]** Una primera realización de la invención, donde m = 3 (L, R, C) y n = 2 (Lo, Ro), mostrada en la Fig. 4, prevé el primer H1 y segundo H2 preprocesamiento de señal de una componente de señal envolvente central delantera de la señal C de audio de m canales antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales. La etapa de preprocesamiento de la componente de señal envolvente central delantera C es equivalente al prefiltrado por una primera H1 y segunda H2 función de filtrado, respectivamente, que satisfacen, al menos sustancialmente, las siguientes fórmulas:

30

$$H(c-re) = H1 * H(fr-re),$$

y

35

$$H(c-le) = H2 * H(fl-le)$$

donde H(c-re) y H(c-le) son las características de frecuencia de las trayectorias de transmisión entre la posición del altavoz central delantero y las posiciones del oído derecho e izquierdo, respectivamente, del oyente, en una situación de reproducción de envolvente de m canales, y

40 H(fr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción estéreo de n canales, y H(fl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción estéreo de n canales.

45 **[0022]** Otra realización de la invención donde m = 4 (L, Ls, R, Rs) y n = 2 (Lo, Ro) se muestra en la Fig. 5, y proporciona el siguiente preprocesamiento.

**[0023]** Más precisamente, la señal Rs es preprocesada mediante el prefiltrado Rs por una tercera función de filtrado H3, cuyo tercer filtro satisface la siguiente fórmula:

50

$$H(br-re) = H3 * H(fr-re)$$

y Ls se preprocesa por el prefiltrado Ls por un cuarto filtro H4, cuyo cuarto filtro satisface la siguiente fórmula:

55

$$H(bl-le) = H4 * H(fl-le),$$

donde

H(bl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "trasero izquierdo" y la posición del oído izquierdo del oyente, en la situación de reproducción envolvente de m canales, H(br-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "trasero derecho" y la posición del oído derecho del oyente, en la situación de reproducción envolvente de m canales, H(fl-le) y H(fr-re) se han definido anteriormente.

**[0024]** Haciendo esto, el oyente puede recibir la siguiente componente de señal  $R_s$  en su oído derecho, en el caso de una situación de reproducción estéreo ( $n = 2$ ):

$$R_s \cdot H_3 \cdot \beta \cdot H(fr-re) = R_s \cdot H(br-re) / H(fr-re) \cdot \beta \cdot H(fr-re) = \beta \cdot R_s \cdot H(br-re),$$

que puede ser lo que el oído derecho del oyente habría percibido en la situación de reproducción envolvente de m canales ( $m = 5$ ).

**[0025]** Dado que una solución exacta para  $H_3$  en general no es factible o no existe, se utilizará una aproximación  $H_3'$ , donde

$$H_3' \cdot H(fr-re) \approx H(br-re).$$

**[0026]** Un cálculo equivalente puede ser válido por supuesto para la percepción por el oído izquierdo del oyente de la componente de señal  $L_s$ .

$$L_s \cdot H_4 \cdot \beta \cdot H(fl-le) = L_s \cdot H(bl-le) / H(fl-le) \cdot \beta \cdot H(fl-le) = \beta \cdot L_s \cdot H(bl-le),$$

**[0027]** Y una aproximación equivalente

$$H_4' \cdot H(fl-le) \approx H(bl-le).$$

**[0028]** Generalmente, el procedimiento de mezcla genera una componente de canal derecho ( $R_o$ ) de la señal de audio de n canales de la siguiente manera:

$$R_o = \delta \cdot R + \beta \cdot H_3 \cdot R_s + A(m)$$

donde  $R$  es la componente de señal derecha delantera de la señal de audio de m canales,  $\delta$  y  $\beta$  son factores de multiplicación preferiblemente  $\leq 1$ , y  $A(m)$  una ecuación dependiente de m.

**[0029]** De manera similar, la unidad de mezcla genera la componente de canal izquierdo ( $L_o$ ) de la señal de audio de n canales de la siguiente manera:

$$L_o = \delta \cdot L + \beta \cdot H_4 \cdot L_s + B(m)$$

donde  $L$  es la componente de señal izquierda delantera de la señal de audio de m canales,  $\delta$  y  $\beta$  son factores de multiplicación preferiblemente  $\leq 1$ , y  $B(m)$  una ecuación dependiente de m.

**[0030]** Para  $m = 3$  (la realización de la figura 4), las componentes  $L$ ,  $R$ ,  $C$  están presentes, mientras que las componentes  $R_s$  y  $L_s$  no están presentes, por lo tanto, se dan las siguientes fórmulas:

$$R_o = \delta \cdot R + \alpha \cdot H_1 \cdot C$$

$$L_o = \delta \cdot L + \alpha \cdot H_2 \cdot C$$

donde  $A(m) = \alpha \cdot H_1 \cdot C$  y  $B(m) = \alpha \cdot H_2 \cdot C$ , y las contribuciones relativas a  $R_s$  y  $L_s$  no están presentes.

**[0031]** Para  $m = 4$  (la realización de la Fig. 5), las componentes  $L$ ,  $R$ ,  $L_s$ ,  $R_s$  están presentes, mientras que la componente  $C$  no está presente, por lo tanto, se da  $A(m) = B(m) = 0$  en las fórmulas anteriores de  $L_o$ ,  $R_o$ .

**[0032]** Para  $m = 5$  (la realización de la Fig. 6), las componentes  $L$ ,  $R$ ,  $C$ ,  $L_s$ ,  $R_s$  están presentes,  $A(m) = \alpha \cdot H_1 \cdot C$  y  $B(m) = \alpha \cdot H_2 \cdot C$ , en las fórmulas anteriores de  $L_o$ ,  $R_o$ , donde  $C$  es la componente de señal central definida

anteriormente de la señal de audio de m canales con  $m = 5$ , siendo  $\alpha$  un factor de multiplicación menor de 1, y H1, H2 son el primer y segundo filtros que se han definido anteriormente.

**[0033]** Una realización adicional del procedimiento de la invención (véase la figura 7) se aplica en una situación con una señal de audio multicanal de entrada con  $m = 7$  canales de entrada.

**[0034]** Con referencia a la figura 3, en este caso se siguen teniendo las cinco componentes de la señal de audio multicanal L, R, C, Ls y Rs, respectivamente, delantera izquierda, delantera derecha, central, trasera izquierda y trasera derecha, como para  $m = 5$ , más dos componentes adicionales dados por un canal Rss lateral derecho y un canal Lss lateral izquierdo.

**[0035]** En este caso de  $m = 7$ , el procedimiento de la invención proporciona un quinto preprocesamiento de señal con una función de filtrado (H5) para preprocesar la componente de señal lateral derecha de la señal de audio de m canales (Rss) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio estéreo de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral derecha equivalente a una etapa de prefiltrado; la función de filtrado H5 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sr-re) = H5 * H(fr-re),$$

donde H(sr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "lateral derecho" Rss y la posición del oído derecho del oyente, en la situación de reproducción envolvente de siete canales, y H(fr-re) es la característica de frecuencia que se ha definido anteriormente de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción estéreo de n canales.

**[0036]** Además, el procedimiento de la invención proporciona un sexto preprocesamiento de señal con una función de filtrado (H6) para preprocesar la componente de señal lateral izquierda de la señal de audio de m canales (Lss) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio estéreo de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral izquierda equivalente a una etapa de prefiltrado; la función de filtrado H6 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sl-le) = H6 * H(fl-le),$$

donde H(sl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "lateral izquierdo" Lss y la posición del oído izquierdo del oyente, en la situación de  $m = 7$ , y H(fl-le) es la característica de frecuencia que se ha definido anteriormente de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción estéreo de n canales.

**[0037]** En el caso de  $m = 7$ ,  $A(m) = \alpha \cdot H1 \cdot C + Y \cdot H5 \cdot Rss$  y  $B(m) = \alpha \cdot H2 \cdot C + Y \cdot H6 \cdot Lss$ . Otras realizaciones del procedimiento de la invención se aplican en una situación en la que las señales de la componente de señal "lateral derecha" y los componentes de señal "lateral izquierda" de la señal de audio de m canales se preprocesan y posteriormente se combinan con la componente de señal "trasera derecha" y la componente de señal "trasera izquierda" y se envían a los altavoces envolventes derecho e izquierdo de una disposición de reproducción de audio de n canales. Esto se muestra en la realización de la Fig. 8. En estos casos, el procedimiento de la invención proporciona un séptimo preprocesamiento de señal con una función de filtrado (H7) para preprocesar una componente de señal lateral derecha de la señal de audio de m canales (Rss) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral derecha equivalente a una etapa de prefiltrado; la función de filtrado H7 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sr-re) = H7 * H(br-re),$$

donde H(sr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "lateral derecho" y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y H(br-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "trasero derecho" Rso y la posición del oído derecho del oyente, en la situación de reproducción de n canales.

**[0038]** En estos casos, el procedimiento de la invención proporciona además un octavo preprocesamiento de señal con una función de filtrado (H8) para preprocesar una componente de señal lateral izquierda de la señal de audio de m canales (Lss) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral izquierda equivalente a una etapa de prefiltrado; la función de filtrado H8 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sl-le) = H8 * H(bl-le),$$

10 donde H(sl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz lateral izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y H(bl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "trasero izquierdo" Lso y la posición del oído izquierdo del oyente, en la situación de reproducción de n canales.

15 **[0039]** En los casos anteriores se generan componentes adicionales de la señal de n canales, concretamente:

$$Rso = \epsilon \cdot Rs + \zeta \cdot H7 \cdot Rss \text{ y}$$

$$Lso = \epsilon \cdot Ls + \zeta \cdot H8 \cdot Lss, \text{ donde}$$

20 Rso es la señal compuesta aplicada al altavoz trasero derecho, Lso es la señal compuesta aplicada al altavoz trasero izquierdo,  $\epsilon$  y  $\zeta$  son factores de multiplicación, preferiblemente  $\leq 1$ .

25 **[0040]** En este caso, preferiblemente:

$$Ro = \delta \cdot R$$

$$Lo = \delta \cdot L$$

30 **[0041]** En esta realización, la mezcla es aquella en la que las señales de altavoz lateral izquierdo y lateral derecho se añaden a altavoces trasero izquierdo y trasero derecho, respectivamente. Por lo tanto, suponiendo que  $m = 6$  (R, Rs, Rss, L, Ls, Lss), la mezcla da como resultado  $n = 4$  (R, Rso, L, Lso), como se muestra en la Fig. 8.

35 **[0042]** Aún en otra realización adicional, a partir de la realización anterior, está presente otro componente central C adicional en la señal de m canales, que se aplica a las componentes Ro y Lo de la señal de n canales multiplicadas por los coeficientes mencionados anteriormente H1, H2, respectivamente, obteniendo:

$$Ro = \delta \cdot R + H1.C;$$

$$Lo = \delta \cdot L + H2.C$$

40 **[0043]** En general, la presencia de los factores multiplicadores ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\eta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ) en las diversas fórmulas tiene en cuenta la necesidad de controlar el nivel global de sonido generado por la señal de mezcla, reduciendo proporcionalmente las contribuciones de las componentes sonoras originales. Por lo tanto, cada uno de ellos se establece en un valor inferior a 1.

45 **[0044]** Una manera preferida de realizar la funcionalidad de filtro de las funciones de filtrado H1, H2, H3, H4, H5, H6 es mediante la implementación de un filtro de respuesta de impulso finito (FIR) de tiempo discreto cuyos coeficientes de filtro están fijos y se han calculado de antemano.

50 **[0045]** Los coeficientes de filtro pueden derivarse de las respuestas de impulso deseadas de los filtros K1, K2, K3, K4, K5, K6, respectivamente.

**[0046]** Por ejemplo, para un filtro de forma directa no recursiva, el vector de coeficientes es idéntico a la función de respuesta de impulso. K1 y K2 se calculan como se describe más adelante.

55 **[0047]** El cálculo de K1 se basa en respuestas de impulso de trayecto de transmisión K(fr-re) y K(br-re), que son las homólogas del dominio del tiempo de las correspondientes características de frecuencia de trayectoria de transmisión H(fr-re), H(br-re).

**[0048]** Lo mismo se aplica al cálculo de K2 basado en K(fl-le) y K(bl-le), correspondiente a H(fl-le) y H(bl-le), respectivamente.

5 **[0049]** Los resultados de cálculo K1 y K2 son las homólogas del dominio del tiempo de las funciones de filtrado H1 y H2, respectivamente.

**[0050]** Un procedimiento común para determinar dichas respuestas de impulso de trayectoria de transmisión es registrarlas directamente en una configuración de medición con un altavoz y un micrófono, colocados  
10 apropiadamente en una habitación, preferiblemente una cámara anecoica.

**[0051]** El uso de un micrófono de cabeza ficticia es la forma común, y en este caso preferida, de obtener respuestas de impulso relacionadas con la cabeza (HRIR), que son las contrapartes del dominio del tiempo de las funciones de transferencia relacionadas con la cabeza (HRTF).  
15

**[0052]** Un procedimiento preferido para calcular K1 usa el concepto conocido de aproximación por mínimos cuadrados del sistema de ecuaciones lineales que expresa la convolución de un filtro con una señal de entrada, identificada con una señal de salida.

20 **[0053]** Este procedimiento pertenece a los conceptos también conocidos como filtrado inverso o deconvolución y se describe en resumen como se indica a continuación.

**[0054]** Aquí se aplica:

25 
$$K(fr-re) (*) K1 = K(br-re) ,$$

donde (\*) es el operador de convolución (que representa una convolución discreta).

**[0055]** Cuando se extiende a un sistema de ecuaciones en forma de matriz, el lado de la ecuación izquierda  
30 se convierte en una matriz de Toeplitz formada a partir de K(fr-re), multiplicada con un vector, equivalente a K1, y el lado de la ecuación derecha es un vector, equivalente a K(br-re).

**[0056]** Para este sistema de ecuaciones lineales, se realiza entonces uno de los procedimientos conocidos de solución aproximada de mínimos cuadrados, por ejemplo, una descomposición de valor singular (SVD). Esto da  
35 como resultado una solución adecuada para K1.

**[0057]** El mismo cálculo se realiza respectivamente para K2 con:

40 
$$K(fl-le) (*) K2 = K(bl-le) .$$

**[0058]** En lo que respecta a algunos ejemplos de aparatos, para la implementación del procedimiento para la conversión de una señal de audio de m canales en una señal de audio de n canales de la presente invención, puede aplicarse lo siguiente.

45 **[0059]** En el caso de la transmisión de una señal original de m canales, el procedimiento de la invención puede implementarse en un equipo de audio de consumo, modificado adecuadamente para incluir medios para la implementación del procedimiento.

**[0060]** Con referencia a las figuras 4, 5, 6 y 7, se describen cuatro diagramas de bloques de ejemplos de realización del aparato según la invención, con n = 2 y respectivamente m = 3, 4, 5, 7. En la Fig. 8 se muestra un ejemplo adicional de realización en el que m = 6 y n = 4.

**[0061]** El procedimiento de la presente invención se puede implementar ventajosamente a través de un programa para ordenador que comprende medios de codificación de programa para la implementación de una o más  
55 etapas del procedimiento, cuando este programa se ejecuta en un ordenador. Por lo tanto, se entiende que el alcance de la protección se extiende a dicho programa para ordenador y además a un medio legible por ordenador que tiene un mensaje grabado en el mismo, comprendiendo dichos medios legibles por ordenador medios de codificación de programa para la implementación de una o más etapas del procedimiento, cuando este programa se ejecuta en un equipo.

**[0062]** Muchos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones de la invención objeto se harán evidentes para los expertos en la técnica después de considerar la memoria descriptiva y los dibujos adjuntos que describen sus realizaciones preferidas.

5

**[0063]** No se describirán detalles de implementación adicionales, ya que el experto en la técnica es capaz de llevar a cabo la invención partiendo de la enseñanza de la descripción anterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), donde m es un entero para el cual se mantiene  $m > N$  y n es un número entero para el cual tiene  $n \geq 2$ , que comprende

- entradas para recibir la señal de audio de m canales,
- un circuito de mezcla para convertir la señal de audio de m canales en la señal de audio de canal n,
- salidas para suministrar la señal de audio de n canales a una pluralidad de altavoces,

10

**caracterizado por que**

dicho circuito de mezcla comprende una primera y una segunda unidades de preprocesamiento de señales (H1, H2) para preprocesar una componente de señal envolvente central delantera de la señal de audio de m canales (C) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo las etapas de preprocesamiento en la componente de señal envolvente central delantera equivalentes a la primera y segunda funciones de prefiltrado H1 y H2 respectivamente, cuyas primera y segunda funciones de filtrado H1 y H2 satisfacen al menos sustancialmente las siguientes fórmulas:

20

$$H(c-re) = H1 * H(fr-re),$$

y

$$H(c-le) = H2 * H(fl-le)$$

donde H(c-re) y H(c-le) son las características de frecuencia de las trayectorias de transmisión entre la posición del altavoz central delantero y las posiciones de un oído derecho e izquierdo, respectivamente, de un oyente, en una situación de reproducción de envolvente de m canales, y

H(fr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción estéreo de n canales, y

H(fl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción de n canales, el circuito de mezcla comprende además una primera unidad de combinación de señales (AD1) para combinar una componente de señal de canal derecho de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal central delantero prefiltrada por dicha primera función de prefiltrado, y comprende una segunda unidad de combinación de señales (AD2) para combinar una componente de señal de canal izquierdo de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal central delantero prefiltrada por dicha segunda función de prefiltrado.

2. Aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), donde m es un entero para el cual se mantiene  $m > n$  y n es un número entero para el cual tiene  $n \geq 2$ , que comprende

40

- entradas para recibir la señal de audio de m canales,
- un circuito de mezcla para convertir la señal de audio de m canales en la señal de audio de canal n,
- salidas para suministrar la señal de audio de n canales a una pluralidad de altavoces,

**45 caracterizado por que**

dicho circuito de mezcla comprende una tercera y cuarta unidades de preprocesamiento de señal (H3, H4) para preprocesar una componente de señal envolvente trasera derecha (Rs) y una componente de señal envolvente trasera izquierda (Ls) respectivamente de la señal de audio de m canales antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal envolvente trasera derecha equivalente a una tercera función de prefiltrado H3, cuya tercera función de prefiltrado H3 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

55

$$H(br-re) = H3 * H(fr-re),$$

donde H(br-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz trasero derecho y la posición de un oído derecho de un oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y

H(fr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal envolvente trasera izquierda equivalente a una cuarta función de prefiltrado H4, cuya cuarta función de filtrado H4 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$5 \quad H(bl-le) = H4 * H(fl-le)$$

donde H(bl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz trasero izquierdo y la posición de un oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y H(fl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción de n canales, el circuito de mezcla comprende además una tercera unidad de combinación de señales (AD3) para combinar una componente de señal de canal derecho de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal trasero derecho prefiltrada por dicha tercera función de prefiltrado, y comprende una cuarta unidad de combinación de señales (AD4) para combinar una componente de señal de canal izquierdo de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal trasero izquierdo prefiltrada por dicha cuarta función de prefiltrado.

15

3. Aparato según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el circuito de mezcla comprende además una quinta y una sexta unidad de preprocesamiento de señales (H5, H6) para preprocesar una componente de señal derecha lateral (Rss) y una señal lateral izquierda (Lss), respectivamente, de la señal de audio de m canales antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral derecha equivalente a una quinta función de prefiltrado H5, cuya quinta función de filtrado H5 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sr-re) = H5 * H(fr-re),$$

25 donde H(sr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz lateral derecho y la posición del oído derecho del oyente, en la situación de reproducción envolvente de m canales, y H(fr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral izquierda equivalente a una sexta función de prefiltrado H6, cuya sexta función de filtrado H6 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

30

$$H(sl-le) = H6 * H(fl-le),$$

donde H(sl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz lateral izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en la situación de reproducción envolvente de m canales, y H(fl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz delantero izquierdo y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción de n canales, aplicándose las componentes de señal lateral derecha (Rss) y lateral izquierda (Lss) prefiltradas a dicha tercera y cuarta unidades de combinación de señales, respectivamente.

35

4. Aparato para mezclar una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), donde m es un entero para el cual se mantiene  $m > N$  y n es un número entero para el cual tiene  $n \geq 2$ , que comprende

40

- entradas para recibir la señal de audio de m canales,
- un circuito de mezcla para convertir la señal de audio de m canales en la señal de audio de canal n,
- 45 - salidas para suministrar la señal de audio de n canales a una pluralidad de altavoces,

**caracterizado por que:**

dicho circuito de mezcla comprende una séptima y octava unidades de preprocesamiento de señales (H7, H8) para preprocesar una componente de señal lateral derecha (Rss) y una componente de señal lateral izquierda (Lss), respectivamente, de la señal de audio de m canales (Rss) antes de mezclar la señal de audio de m canales en la señal de audio de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral derecha equivalente a una séptima función de prefiltrado H7, cuya séptima función de filtrado H7 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

55

$$H(sr-re) = H7 * H(br-re),$$

donde H(sr-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz "lateral

derecho" y la posición de un oído derecho de un oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y

H(br-re) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz trasero derecho y la posición del oído derecho del oyente, en una situación de reproducción de n canales, siendo la etapa de preprocesamiento en la componente de señal lateral izquierda equivalente a una octava función de prefiltrado H8, cuya octava función de filtrado H8 satisface, al menos sustancialmente, la siguiente fórmula:

$$H(sl-le) = H8 * H(bl-le),$$

10 donde H(sl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz lateral izquierdo y la posición de un oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción envolvente de m canales, y H(bl-le) es la característica de frecuencia de la trayectoria de transmisión entre la posición del altavoz trasero izquierdo (Lso) y la posición del oído izquierdo del oyente, en una situación de reproducción de n canales, el circuito de mezcla comprende además una quinta unidad de combinación de señales (AD9) para combinar la componente de señal de canal trasero derecho de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal lateral derecho prefiltrada por dicha séptima función de prefiltrado, y comprende una sexta unidad de combinación de señales (AD10) para combinar una componente de señal de canal trasero izquierdo de la señal de audio de m canales con la componente de señal de canal lateral izquierdo prefiltrada por dicha octava función de prefiltrado.

20 5. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** es un aparato también según las reivindicaciones 2 o 3 o 4.

6. Aparato según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por que** el circuito de mezcla está adaptado para generar la componente de canal derecho (Ro) de la señal de audio de n canales de la siguiente manera:

25

$$Ro = \delta \cdot R + \beta \cdot H3 \cdot Rs + A(m)$$

donde R es la componente de señal delantera derecha de la señal de audio de m canales,  $\delta$  y  $\beta$  son factores de multiplicación preferiblemente  $\leq 1$ , y A(m) una ecuación dependiente de m, y **por que** la unidad de mezcla está adaptada para generar la componente de canal izquierda (Lo) de la señal de audio de n canales de la siguiente manera:

30

$$Lo = \delta \cdot L + \beta \cdot H4 \cdot Ls + B(m)$$

35 donde L es la componente de señal izquierda delantera de la señal de audio de m canales,  $\delta$  y  $\beta$  son factores de multiplicación preferiblemente  $\leq 1$ , y B(m) una ecuación dependiente de m.

7. Aparato según la reivindicación 6, **caracterizado por que** para  $m = 4$  y  $n = 2$ ,  $A(m) = B(m) = 0$ .

40 8. Aparato según la reivindicación 6, **caracterizado por que** para  $m = 5$  y  $n = 2$ ,  $A(m) = \alpha \cdot H1 \cdot C$  y  $B(m) = \alpha \cdot H2 \cdot C$ , donde C es la componente de señal envolvente delantera central de la señal de audio de cinco canales, siendo  $\alpha$  un factor de multiplicación menor de 1.

9. Aparato según la reivindicación 6, **caracterizado por que** para  $m = 7$ ,  $A(m) = \alpha \cdot H1 - C + Y \cdot H5 \cdot Rss$  y  $B(m) = \alpha \cdot H2 \cdot C + Y \cdot H6 \cdot Lss$ , siendo  $\alpha$  e Y un factor de multiplicación menor de 1.

45

10. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que**  $n = 2$ .

50 11. Aparato según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el circuito de mezcla está adaptado para generar una señal de audio de n canales que comprende una componente delantera derecha (Ro), delantera izquierda (Lo), trasera derecha (Rso) y trasera izquierda (Lso), en el que: -  $Ro = \delta \cdot R$ ;

-  $Lo = \delta \cdot L$ ;

55 -  $Rso = \epsilon \cdot Rs + \zeta \cdot H7 \cdot Rss$ ;

-  $Lso = \epsilon \cdot Ls + \zeta \cdot H8 \cdot Lss$ , y siendo  $\delta$ ,  $\epsilon$  y  $\zeta$  factores de multiplicación preferiblemente  $\leq 1$ .

12. Aparato según la reivindicación 1 y 4, **caracterizado por que** el circuito de mezcla está adaptado para

generar una señal de audio de n canales que comprende una componente delantera derecha (Ro), delantera izquierda (Lo), trasera derecha (Rso) y trasera izquierda (Lso), en el que:

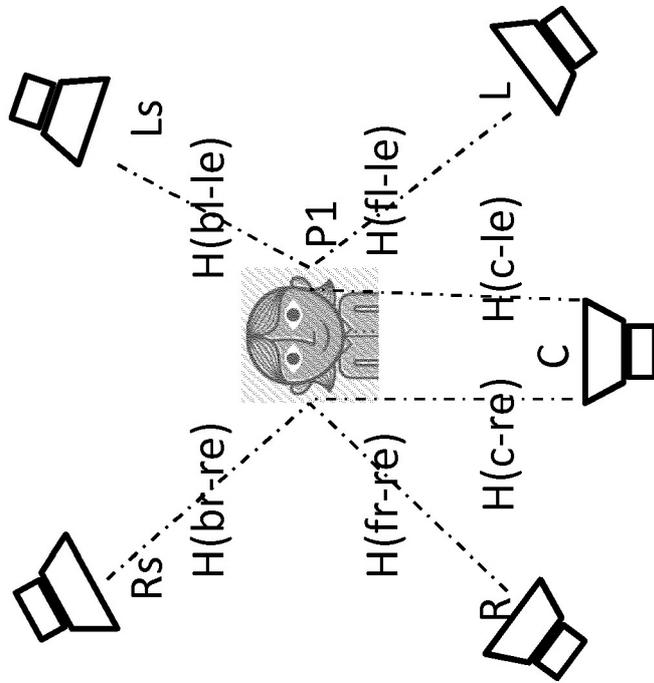
$$- R_o = \delta \cdot R + H_1 \cdot C;$$

$$5 - L_o = \delta \cdot L + H_2 \cdot C;$$

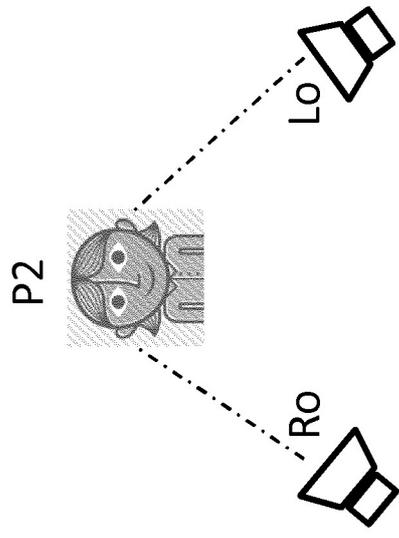
$$- R_{so} = \varepsilon \cdot R_s + \zeta \cdot H_7 \cdot R_{ss};$$

$$- L_{so} = \varepsilon \cdot L_s + \zeta \cdot H_8 \cdot L_{ss}, \text{ y siendo } \delta, \varepsilon \text{ y } \zeta \text{ factores de multiplicación preferiblemente } \leq 1.$$

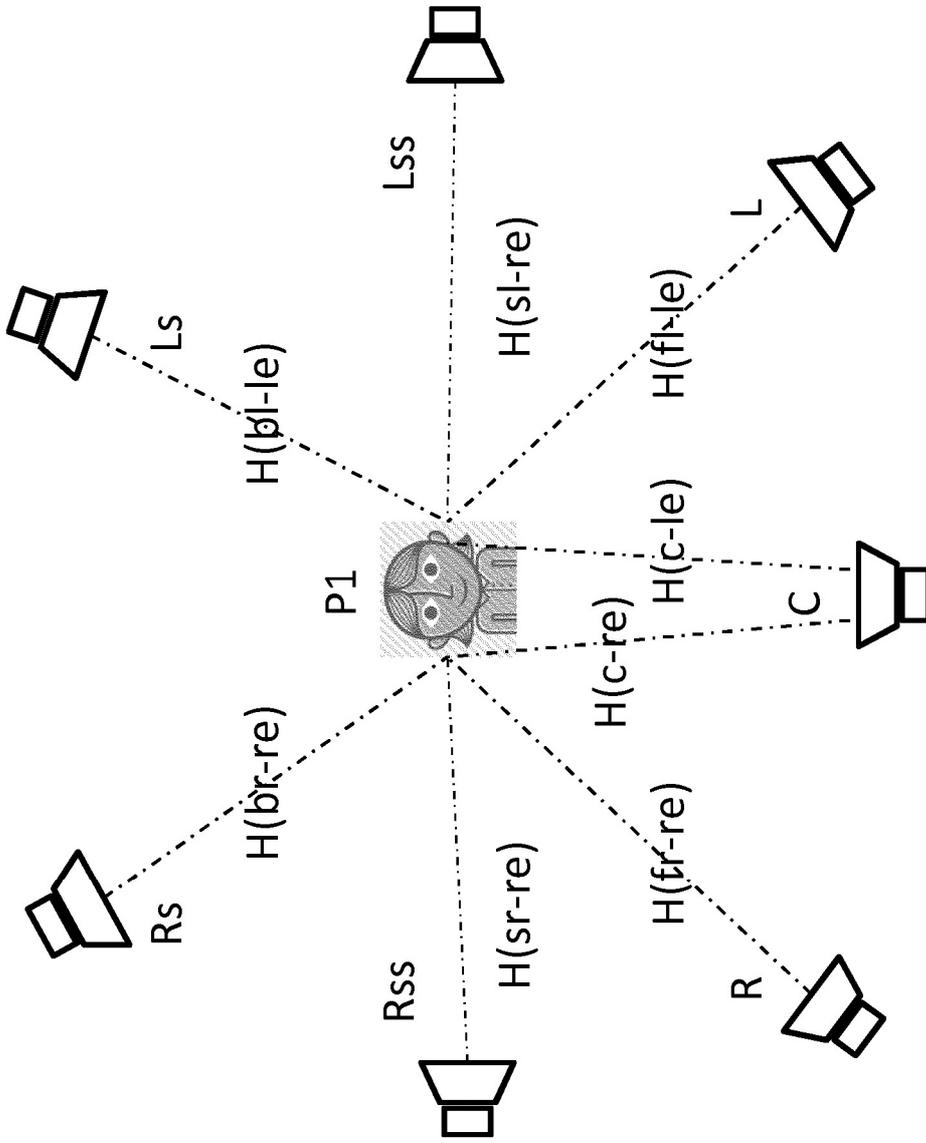
13. Procedimiento para realizar una mezcla de una señal de audio de m canales (L, R, C, Ls, Rs, Rss, Lss) en una señal de audio de n canales (Ro, Lo), donde m es un entero para el cual se mantiene  $m > N$  y n es un número entero para el cual tiene  $n \geq 2$ , usando un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.



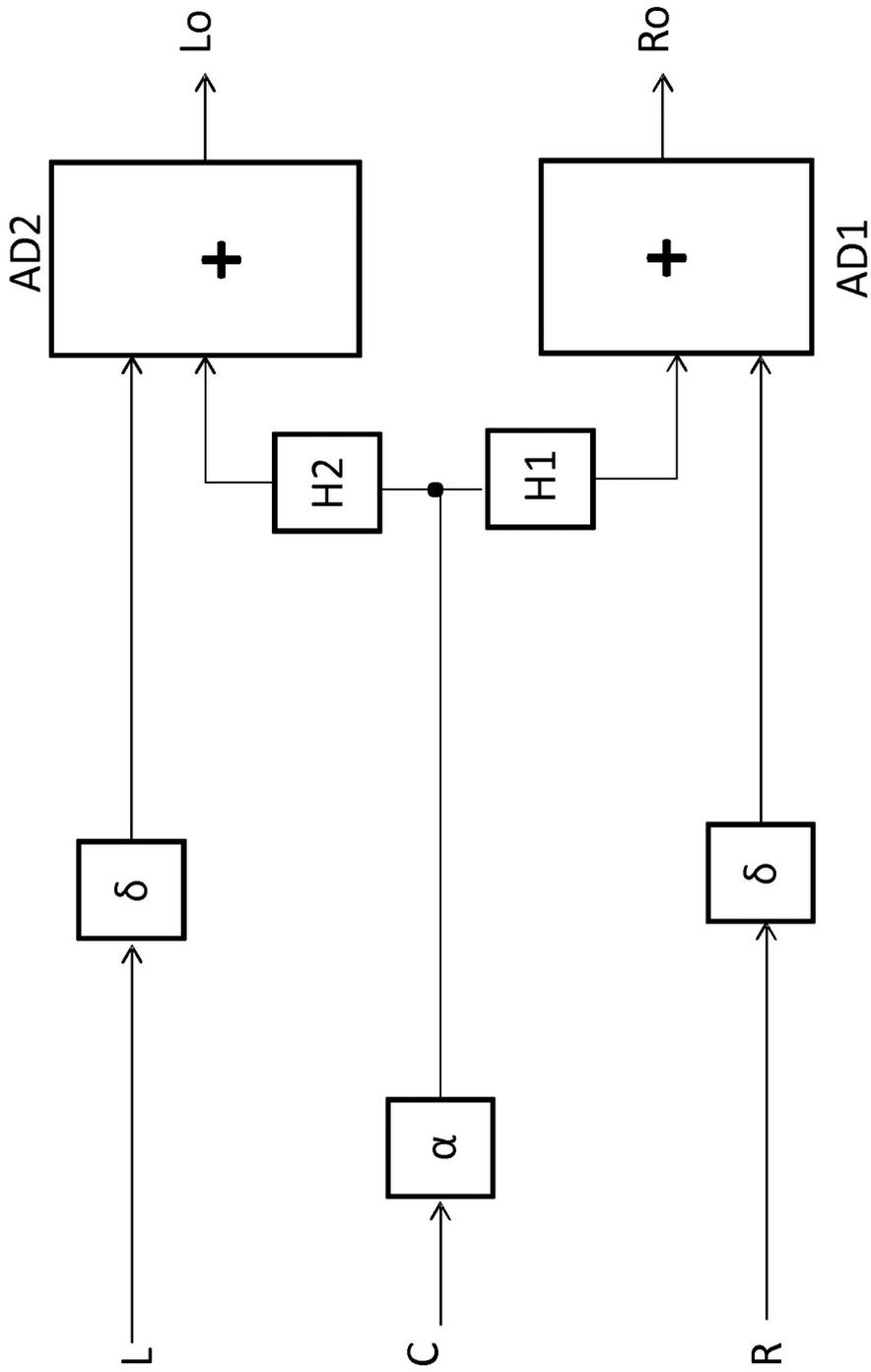
**FIG. 1**



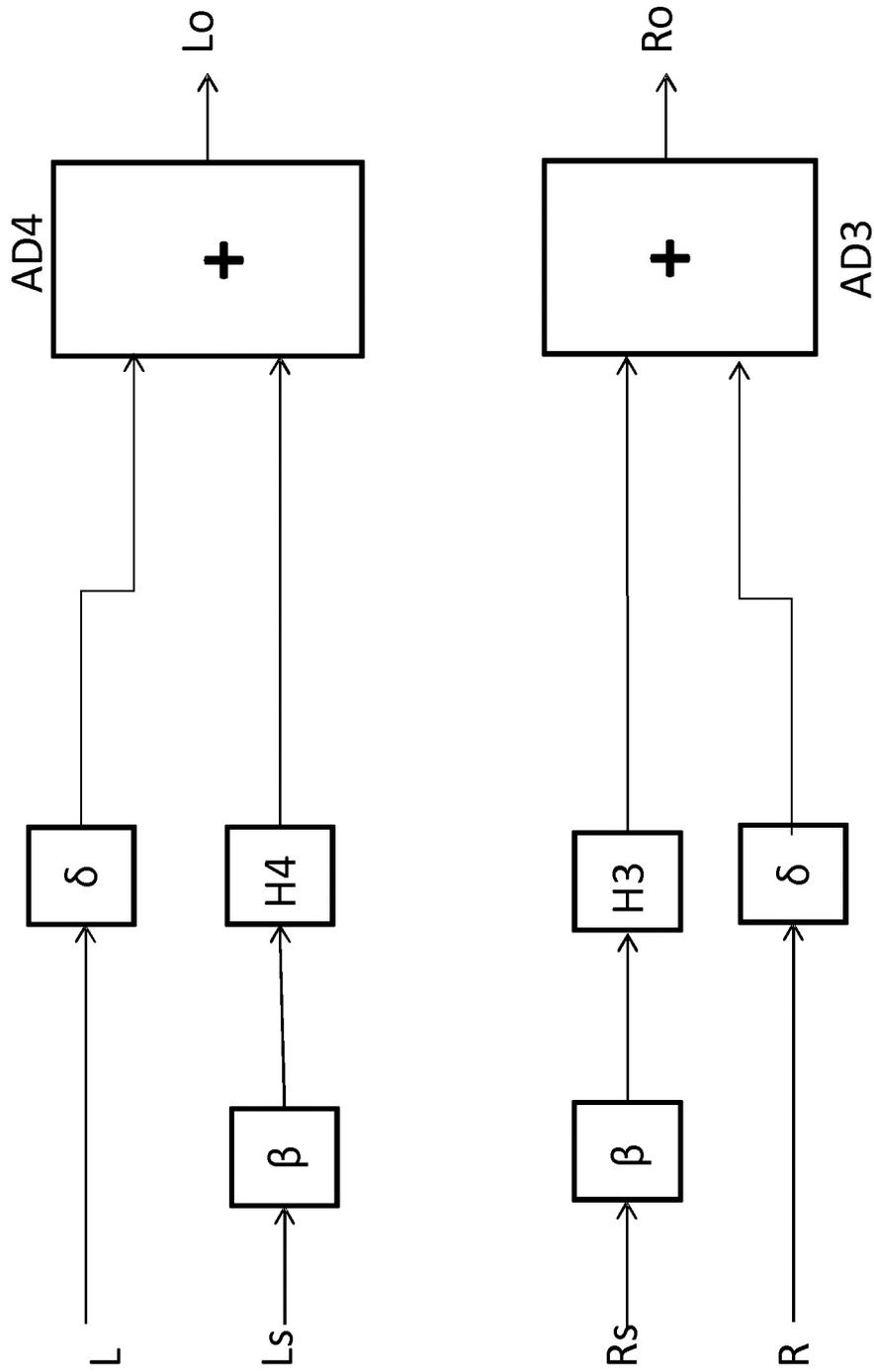
**FIG. 2**



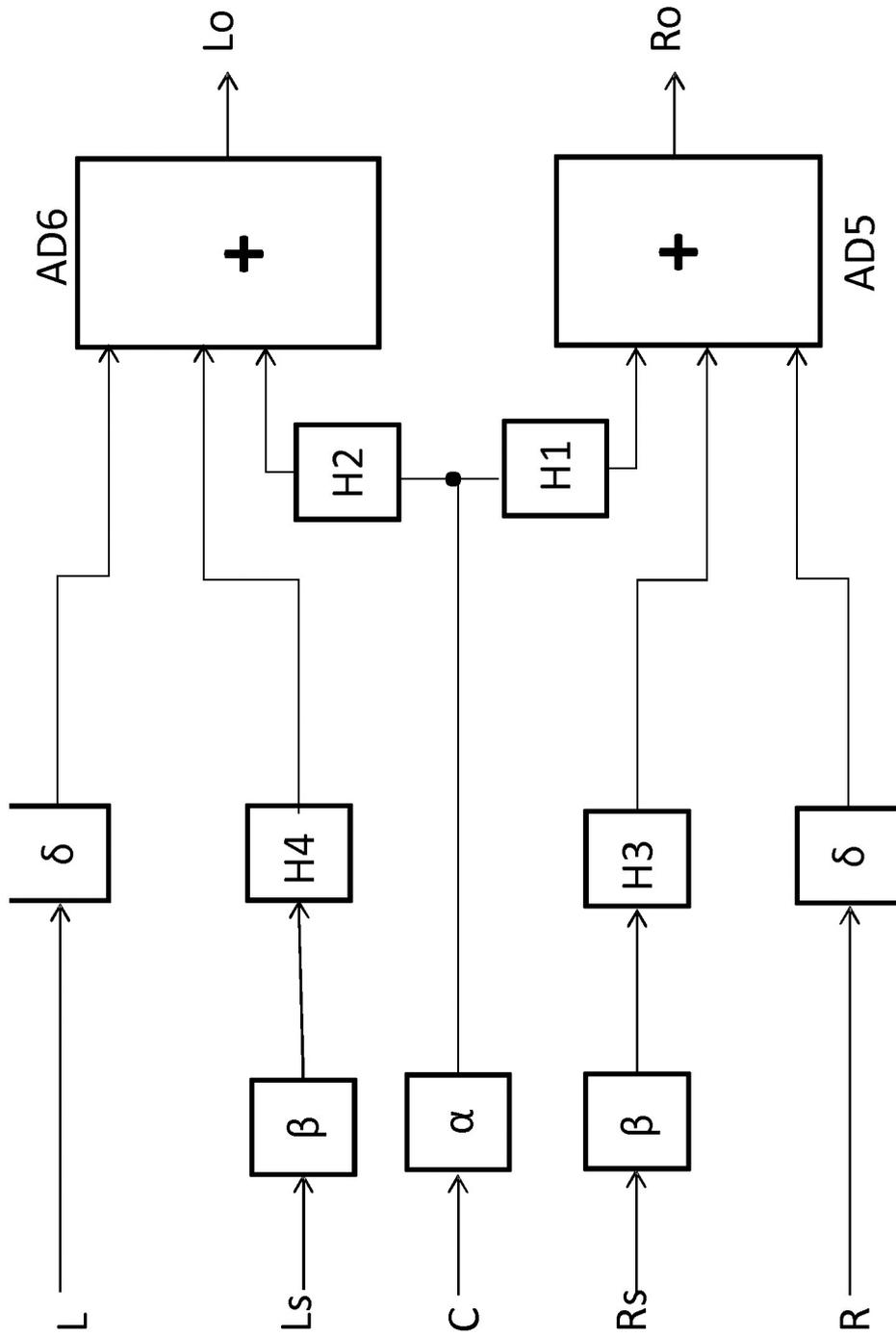
**FIG. 3**



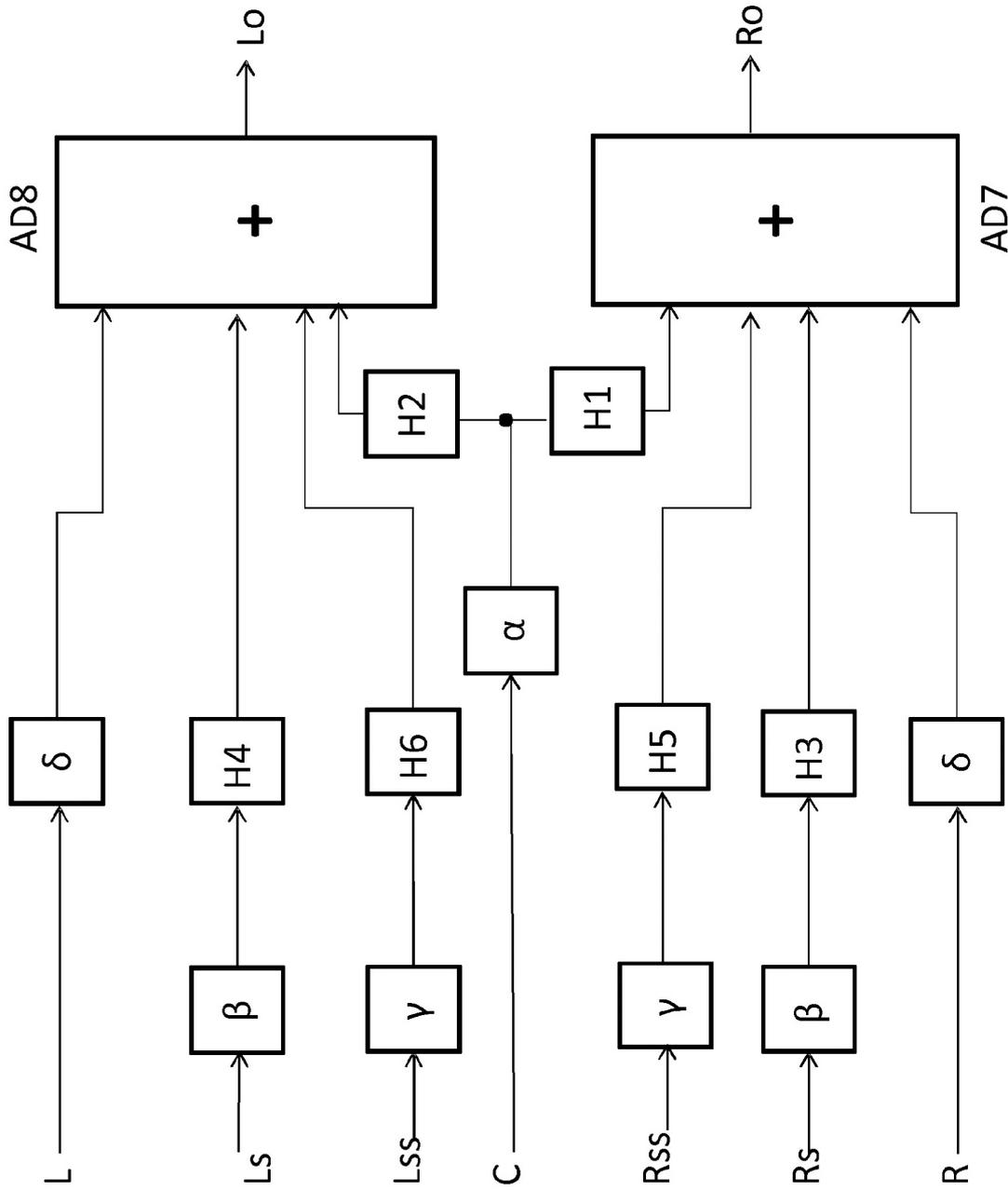
**FIG. 4**



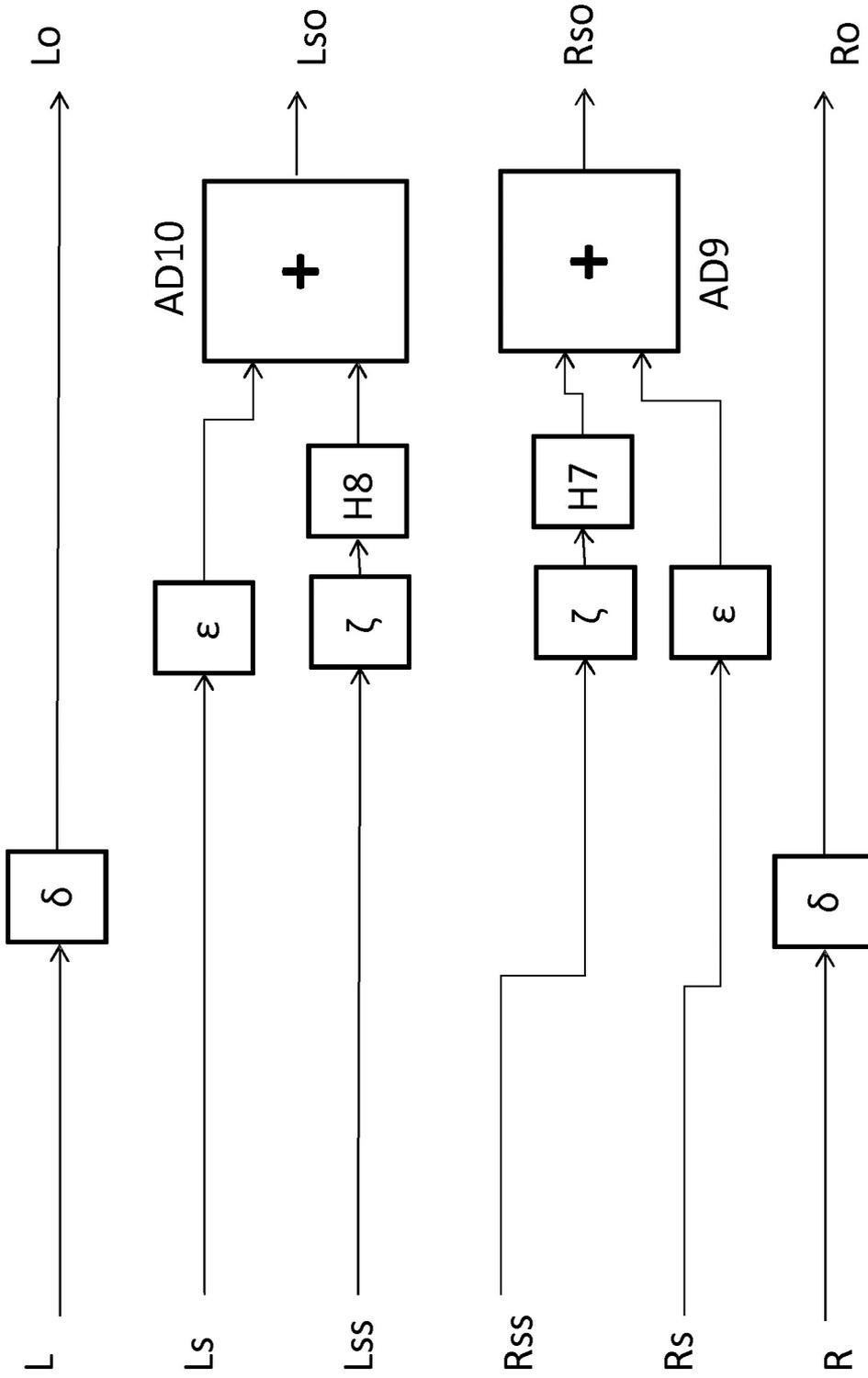
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**