



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 180 409**

② Número de solicitud: 200100407

⑤ Int. Cl.7: **A61B 5/12**

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **21.02.2001**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2003**

Fecha de la concesión: **17.03.2004**

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **16.04.2004**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.04.2004**

⑦ Titular/es: **Juan Sancho Gil  
León Felipe, 6º F  
28038 Madrid, ES  
Jorge Grundman Isla y  
Antonio Mínguez Olivares**

⑦ Inventor/es: **Sancho Gil, Juan;  
Grundman Isla, Jorge y  
Mínguez Olivares, Antonio**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de "noise-shaping" en la generación de señales.**

⑦ Resumen:

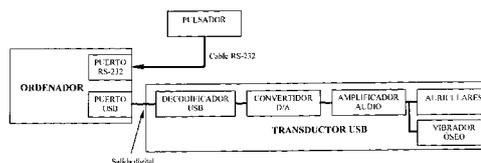
Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de "noise shaping" en la generación de señales.

Consiste en un audiómetro desarrollado en un ordenador personal. Una aplicación informática, interface de control y medida, genera las señales de prueba necesarias para evaluar la respuesta acústica del oído de un paciente.

La precisión y la calidad exigida en los audiómetros se obtiene por nuevos procedimientos. En primer lugar, la generación de las señales es llevada a cabo por algoritmos digitales. La distorsión y el rango dinámico de las mismas se optimiza a los valores exigidos mediante "técnicas de noise shaping" que permiten anular el ruido de cuantificación (codificación digital) justamente en la frecuencia del tono generado. En segundo lugar, la transmisión de las señales que se aplican al paciente se realiza en formato digital (sin tarjeta de sonido), concretamente por uno de los puertos USB (Universal Serial Bus) de cualquier ordenador personal. De esta forma se garantiza que las señales de prueba estén libres de ruidos indeseados generados en el propio ordenador: diafonías y ruidos eléctricos. Por último, se utiliza unos auriculares compatibles con el protocolo USB, para decodificar las señales producidas por la aplicación.

Asimismo, un pulsador unido al ordenador por el puerto serie RS-232 permite el envío de la respuesta del paciente cuyas características auditivas se están evaluando.

El audiómetro así diseñado es un sistema preciso, robusto y de bajo coste al no ser necesario ningún otro elemento "hardware" para cumplir las especificaciones requeridas, para este tipo de equipos, por las normas que le son aplicables.



ES 2 180 409 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCION

Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de "noise-shaping" en la generación de señales.

La presente invención se refiere a un audiómetro de tonos puros desarrollado sobre un ordenador personal, utilizando la conexión USB (Universal Serial Bus) para la transmisión de la señal hasta un interface USB, compatible en su salida con la excitación de los auriculares o vibrador óseo, para determinar el umbral de audición de un paciente. Es un sistema preciso, robusto y de bajo coste al no ser necesario ningún otro elemento "hardware" para cumplir con las especificaciones requeridas.

### Antecedentes de la invención

Los requisitos generales para los audiómetros y los requisitos particulares para los audiómetros de tonos puros, diseñados para ser utilizados en la determinación de los niveles umbrales de audición en comparación con el nivel umbral de audición normalizado, están reflejados en la Norma Europea EN 60645-1, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 645-1:1992.

Uno de los elementos más importantes del audiómetro es su generador de señales. Este debe cumplir unas especificaciones de distorsión armónica, rango dinámico de niveles y ruidos indeseados (relación S/N), definidas en las normas anteriormente reseñadas. En los audiómetros controlados por ordenador, esta unidad suele ser externa al propio ordenador para cumplir tales exigencias funcionales. El ordenador se limita a dar las oportunas ordenes de control a la unidad generadora de señales y gestionar los datos de los sujetos evaluados.

Si se desea integrar el generador de señales en el propio ordenador, con objeto de simplificar el sistema y reducir costes, estas deben tener un rango dinámico de niveles de 90 dB en los audiómetros de tipo 4 y de 130 dB en los audiómetros de tipo 1, 2 y 3. Además la distorsión armónica ha de ser inferior al 2.5% en estos últimos y como máximo del 5.5% en los audiómetros de tipo 4. La generación digital de señales con una resolución de 16 bits está limitada a un rango de niveles en tomo a los 90 dB y la distorsión armónica en niveles bajos es muy superior a la permitida. Además la tarjeta de sonido, unidad por la que se extraen las señales de audio del ordenador, no está libre de diafonías y de ruidos eléctricos extraños que empeoran la calidad de las señales generadas. Todos estos inconvenientes hacen prácticamente inviable la utilización del ordenador como elemento generador de tonos puros en el diseño de un audiómetro.

La presente invención solventa estos problemas y describe el método y la forma en que deben generarse y extraerse las señales del propio ordenador, simplificando y reduciendo los costes del diseño del audiómetro.

### Descripción de la invención

Es un audiómetro implementado en un ordenador. La generación de señales se realiza mediante un algoritmo digital que cumple con las especificaciones exigidas en la norma EN 60645-1, relativas al rango dinámico de niveles (>130

dB) y a la máxima distorsión armónica permitida (2.5%). La transmisión de estas señales se realiza en formato digital a través del puerto USB. Unos auriculares y un vibrador óseo compatibles con la conexión USB garantizan la ausencia de ruidos no deseados en la señal final que se aplica al paciente. Un pulsador conectado al puerto RS-232 es el elemento que permite comunicarse al sujeto con la aplicación informática que realiza el control total del sistema.

La generación de señales se realiza según se explica a continuación. Un algoritmo iterativo calcula los sucesivos valores que conforman una señal sinusoidal de amplitud arbitraria. El número de datos digitales que deben generarse depende de la frecuencia de muestreo y de la duración de la señal. Así por ejemplo, para una frecuencia de muestreo de 48000 muestras por segundo serían necesarios 24000 datos para generar una sinusoidal de 0,5 segundos. Cada uno de estos datos se denominan  $y(n)$ , donde  $n$  hace referencia al número de la secuencia. La expresión del algoritmo se muestra en la ecuación 1.

$$y(n) = 2 \cos \omega_0 y(n-1) - y(n-2) \quad [1]$$

donde  $\omega_0$  es la pulsación normalizada de la sinusoide que depende de la frecuencia deseada ( $f_0$ ) y de la frecuencia de muestreo de los datos ( $f_s$ ):

$$\omega_0 = 2\pi \frac{f_0}{f_s} \quad [2]$$

Las condiciones iniciales que deben aplicarse al algoritmo son:

$$y(-2) = 0 \quad y(-1) = k \cos \omega_0 \quad [3]$$

donde  $k$  es la constante que determina la amplitud de la sinusoide. La precisión de los datos calculados depende del propio ordenador por lo que puede considerarse casi perfecta. Sin embargo, posteriormente los datos se truncan a un determinado número de bits (representación de coma fija) y existe un error de cuantificación. Este error se representa por  $e(n)$  y determina el rango dinámico de representación de los datos.

$$s(n) = y(n) + e(n) \quad [4]$$

Por ejemplo para una cuantificación de 16 bits este rango está entorno a los 90 dB. El error cometido en el truncamiento se muestra en la ecuación 5:

$$e(n) = \frac{y(n)2^{N-1} - \text{INT}(y(n)2^{N-1})}{2^{N-1}} \quad [5]$$

donde  $N$  es el número de bits de cuantificación. Este error de cuantificación se comporta como un ruido de carácter aleatorio (respuesta en frecuencia constante) cuando la sinusoide que se genera es de nivel alto. Si por el contrario se intenta generar un tono de un nivel extremadamente bajo, por ejemplo cerca de los umbrales de audición, se pierde el carácter aleatorio del ruido y este se

transforma en niveles altos de distorsión de la sinusoides generada. Estos valores de distorsión son mayores a los permitidos por la norma EN 60645-1.

Es posible eliminar la distorsión generada en las sinusoides de niveles bajos si se modifica el algoritmo generador, tal como se muestra en la figura 2. La idea consiste en reinyectar el error de cuantificación y sumarlo con los datos  $y(n)$  antes de ser nuevamente, cuantificados a un determinado número de bits. Al hacer este proceso no sólo se elimina la distorsión sino que además se anula el ruido de cuantificación en la frecuencia de la sinusoides, aumentando de esta forma el rango dinámico de niveles entorno a los 160 dB.

Una vez generados los datos estos son guardados en ficheros en el propio ordenador. Serán reproducidos por el usuario mediante la aplicación informática encargada de realizar todo el procedimiento de medida. La salida de estos datos se realiza por el puerto USB, en formato digital. De esta manera, utilizándose un formato digital en la salida de los datos de audio, se elimina todo riesgo de ruidos indeseados producidos por el propio ordenador en forma de diafonías o interferencias eléctricas de los distintos elementos que integran el ordenador. Unos auriculares y un vibrador óseo compatibles con el protocolo USB serán los encargados de transformar estas señales en ondas de presión acústica o en vibraciones adecuadas. Según se muestra en la figura 2, los auriculares incorporan las unidades necesarias para realizar este proceso. En primer lugar, un decodificador USB encargado de extraer de las tramas los datos digitales de audio generados desde el ordenador. A continuación un convertidor digital-analógico (D/A) que transformará los datos en señales analógicas y por último un amplificador de audio que suministrará la potencia suficiente para que los auriculares proporcionen el nivel de

presión sonora suficiente, abarcando todo el rango de amplitudes especificado en la norma. La salida del amplificador puede también excitar un vibrador óseo, para producir la vibración necesaria en caso de usar la vía ósea.

#### Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra el proceso de generación de los tonos puros con técnicas de "noise-shaping". En la parte izquierda se encuentra el algoritmo generador de sinusoides. Cada dato de salida  $y(n)$  es calculado a partir del dato anterior  $y(n-1)$  multiplicado por factor y sumado con el dato de una iteración previa  $y(n-2)$ . Este algoritmo requiere dos registros de memoria, representados por  $z^{-1}$ , para almacenar los dos datos mencionados. En la parte superior derecha está representado el efecto de la cuantificación a  $N$  bits mediante la adición de un ruido  $e(n)$ . En la parte inferior se encuentra el algoritmo encargado de realizar el "noise-shaping", similar al utilizado en la generación de las señales. Los datos de entrada se obtienen por diferencia entre la salida y la entrada del cuantificador. Los datos de salida del algoritmo "noise-shaping" se restan a los datos que representan la señal sinusoidal  $y(n)$ .

En la figura 2 se muestran los elementos que constituyen el audiómetro. Un ordenador con puerto de salida USB (Universal Serial BUS) conectado a unos auriculares y a un vibrador, compatibles USB, que incorporan el decodificador de protocolo USB para extraer los datos de audio, el convertidor D/A para transformar los datos en señales analógicas y el amplificador de audio que suministra la potencia necesaria para generar las ondas de presión acústica a través de los auriculares. Un pulsador conectado al puerto PS-232 permite la comunicación entre el sujeto y el sistema de control para determinar los umbrales de audición.

## REIVINDICACIONES

1. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales **caracterizado** por integrar en el ordenador la generación de los tonos puros.

2. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicación 1, que utiliza un algoritmo digital para generar los datos de audio que representan las señales sinusoidales, modificando el error de cuantificación mediante técnicas de “noise-shaping”.

3. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicaciones 1 y 2, que aumenta el rango dinámico de las señales digitales generadas y elimina la distorsión armónica de las mismas en los niveles bajos.

4. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicaciones 1 a 3, que utiliza el

protocolo de comunicación digital USB (Universal Serial Bus) a través de un puerto USB del propio ordenador.

5. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicación 4, que permite eliminar los ruidos indeseados de diafonía e interferencias eléctricas producidos por los diversos componentes del ordenador.

6. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicaciones 1 a 5, que utiliza unos auriculares USB para ser conectados directamente al puerto del mismo nombre que tiene el ordenador.

7. Audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales según reivindicaciones 1 a 5, que utiliza un vibrador óseo USB para ser conectado directamente al puerto del mismo nombre que tiene el ordenador.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

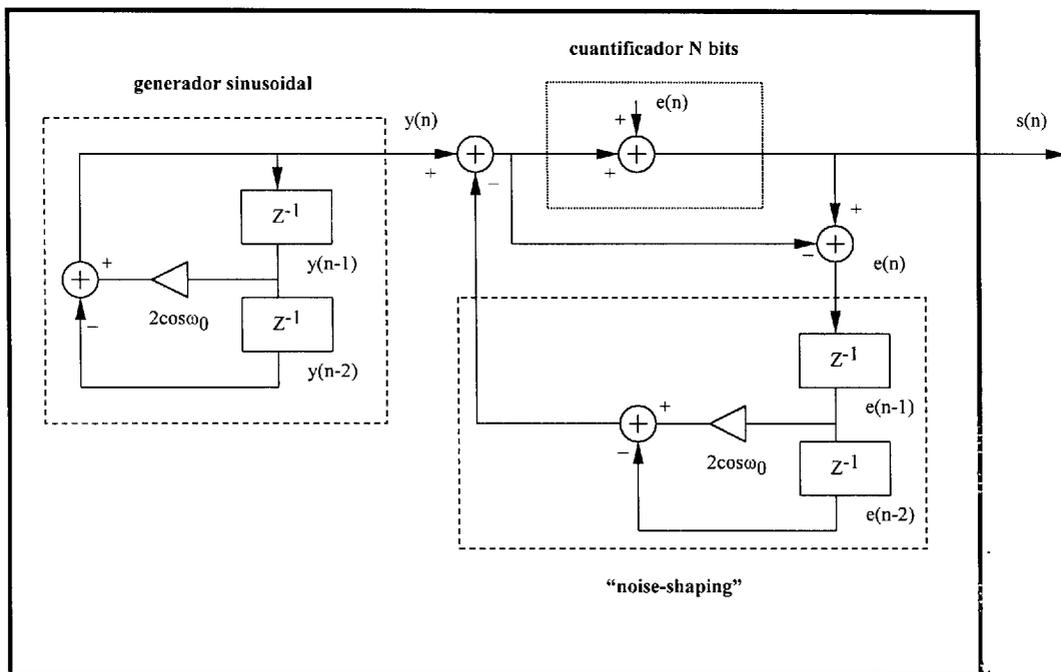


Figura 1. Generador sinusoidal con técnicas de “noise-shaping”

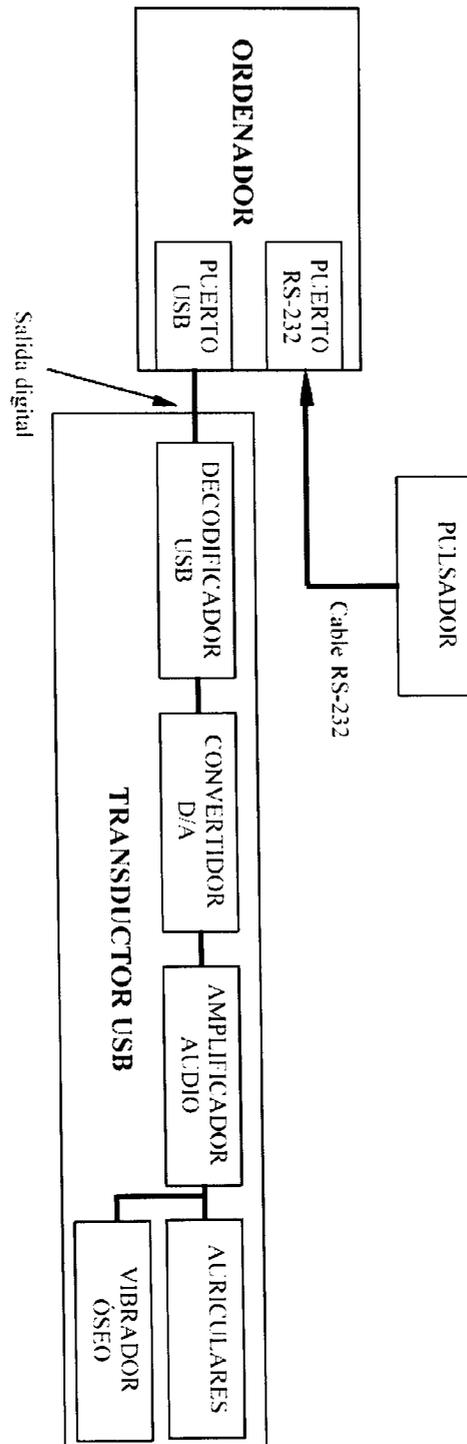


Figura 2. Diagrama de bloques del audiómetro digital por ordenador aplicando técnicas de “noise-shaping” en la generación de señales.



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 180 409

② Nº de solicitud: 200100407

③ Fecha de presentación de la solicitud: 21.02.2001

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: A61B 5/12

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	US 5923764 A (SHENNIB) 13.07.1999, todo el documento.	1 2-7
Y	US 5019819 A (KIMURA) 28.05.1991, todo el documento.	2-7
X Y	WO 9841973 A1 (TAPUZ MEDICAL TECH. LTD.) 24.09.1998, todo el documento.	1 2-7
Y	JP 07-015281 A (MATSUSHITA DENKI KK.) 17.01.1995, todo el documento.	2-7
X Y	US 4489610 A (SLAVIN) 25.12.1984, todo el documento.	1 2-7
Y	EP 677931 A2 (SONY CORPORATION) 18.10.1995, todo el documento.	2-7
Y	DE 4408443 A1 (MÜLLER HANS DIETER) 12.10.1995, todo el documento.	1-7
Y	US 5652585 A (LEUNG et al.) 29.07.1997, todo el documento.	1-7

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<b>Fecha de realización del informe</b> 30.12.2002	<b>Examinador</b> M. Fluvía Rodríguez	<b>Página</b> 1/1
---	--	----------------------