

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 854**

51 Int. Cl.:

A61B 5/0428 (2006.01)

H03H 11/26 (2006.01)

H03F 3/45 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2008 PCT/US2008/056353**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2008 WO08112602**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2008 E 08754879 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2137817**

54 Título: **Aplicación de amplificación de avance de señal para detección, adquisición y procesamiento de señal o forma de onda analógica**

30 Prioridad:

09.03.2007 US 893983 P

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

07.07.2017

73 Titular/es:

**HYMEL, CHRIS (100.0%)
3515 COUNTY ROAD 81
IOWA COLONY, TX 77583, US**

72 Inventor/es:

HYMEL, CHRIS

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 622 854 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

Aplicación de amplificación de avance de señal para detección, adquisición y procesamiento de señal o forma de onda analógica

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION1. Campo de la invención

10 **[0001]** La presente invención se refiere a la adquisición y procesamiento de señales o formas de onda analógicas, y más específicamente para nuevas aplicaciones de "avance de señal" para reducir o eliminar significativamente el retardo inherente en la detección y adquisición de señales o formas de onda analógicas.

2. Información de antecedentes

15 **[0002]** La instrumentación se basa en la detección, adquisición y procesamiento de señales o formas de onda analógicas. El proceso de adquisición de formas de onda o señales analógicas, implica típicamente la detección a través de un transductor de señal analógica, la amplificación, la conversión (incluyendo, pero sin limitarse a, conversión analógico a digital) y el subsiguiente procesamiento de señal que puede incluir descomposición espectral y, típicamente, salida de señal o de datos, para fines de visualización o control.

20 **[0003]** Los retardos de detección y procesamiento de señales son necesariamente inherentes a los sistemas electrónicos que realizan estas funciones. Estos retardos afectan adversamente la utilización subsiguiente de la señal adquirida o datos procesados basándose en la señal o forma de onda adquirida, ya que continúa variando o disminuyendo durante el período en que la señal es detectada, adquirida y procesada. Cualquier control o intervención depende necesariamente de, y en algunos casos refuerza, o intenta intervenir, en eventos subyacentes que han ocurrido, y dichos control, tratamiento o intervención pueden ser menos efectivos.

25 **[0004]** Debido a estos retardos de procesamiento de señales analógicas, no existe una manera fiable para que cualquier salida de respuesta controle, intervenga, trate o responda directamente a través de una interferencia constructiva o destructiva con el fenómeno subyacente. En esencia, cualquier respuesta es a algo que, literalmente, ya se ha completado y en el pasado.

30 **[0005]** La instrumentación actual utilizada en estas aplicaciones de control, de intervención, terapéuticas u otras relacionadas, actúa típicamente para ajustar los parámetros de salida de la respuesta, basándose en las extrapolaciones realizadas a partir de los datos adquiridos recientemente. Sin embargo, esta instrumentación sigue siendo incapaz de iniciar de manera fiable una verdadera respuesta en tiempo real, ya que no existe forma de controlar la sincronización de la señal de estimulación aplicada para asegurar la interferencia constructiva o destructiva apropiadamente necesaria con el fenómeno subyacente a la generación de la señal analógica o forma de onda analógica detectada. La velocidad de conversión de señal analógica o forma de onda, que en general es crítica para un tratamiento eficaz de intervención de respuesta o control, podría ser grandemente mejorada por la detección precoz o "previa" de estas señales analógicas o mediante eliminación o reducción significativa de los retardos de procesamiento y detección de la señal analógica o forma de onda. La aplicación de amplificación de "avance de señal" a la detección de señales o formas de onda analógicas podría mejorar significativamente el tiempo de respuesta del sistema.

35 **[0006]** Numerosas patentes y solicitudes de patentes, así como publicaciones científicas, discuten el retardo de grupo negativo ("NGD").

40 **[0007]** La patente U.S. nº 5.291.156, concedida a Arntz en 1 de marzo de 1994, se titula "Procedimiento y aparato para impartir pendiente de fase positiva a una señal de banda estrecha". Describe un procedimiento y un aparato para impartir una pendiente de fase positiva (es decir, un retardo de grupo negativo) a señales de banda estrecha: se ajusta las fases de los diversos componentes de frecuencia de una señal de manera opuesta a la de una línea de retardo. La invención también permite ajustar la magnitud de la pendiente de fase, electrónicamente, sin necesidad de aparatos electromecánicos o el intercambio de cables. La cuantía de pendiente de fase impartida a la señal se puede ajustar variando la ganancia (o atenuación) de los respectivos bloques de control de ganancia. Como tal, hasta 156 patentes se refieren a la separación de una señal en dos trayectorias. La primera con un retardo positivo y por lo tanto una pendiente de fase negativa, siendo la segunda una trayectoria paralela que utiliza circuito de retardo de grupo negativo para impartir un desplazamiento de fase positivo, que puede compensar el retardo positivo de la primera trayectoria.

50 **[0008]** La solicitud de patente U.S. nº 20050127996, publicada a favor de Jelonnek y otros en 16 de junio de 2005, se titula "Disposición para reducir las distorsiones no lineales en una señal de salida de una etapa amplificadora". Esta solicitud de patente describe un sistema para la reducción de distorsión de señal no lineal que incorpora un dispositivo de transmisión de retardo de grupo negativo para compensar el retardo de transmisión asociado con la detección de distorsión de señal para generar una señal de error que se añade a la señal original para reducir la distorsión en la señal original a través de una trayectoria de señal paralela para la distorsión de señal. Esta solicitud de patente describe un sistema para la reducción de distorsión relacionado con la amplificación basada en el "principio de pre-alimentación". Se utiliza para reducir los retardos asociados con la conversión de señales analógicas en señales digitales, utilizando una etapa amplificadora de retardo negativo predictiva en la trayectoria de detección/transmisión de señal original, utilizando un dispositivo de retardo de grupo negativo en una trayectoria de

65

señal paralela que posteriormente se recombina con la señal original que se propaga a través de la trayectoria de señal principal.

[0009] Otras referencias, por ejemplo, la patente U.S. nº. 6.456.950, titulada "Procedimiento y aparato para estimar y digitalizar instantáneamente frecuencia y fase de señales de paso banda" y la patente U.S. nº 6.587.064 titulada "Procesador de señal con comportamiento de señal local y capacidad predictiva", puede incorporar información temprana o "predictiva" sobre las características de la señal de entrada, pero ninguna incorpora un amplificador de "avance de señal".

[0010] Otras patentes aparentemente relacionadas (por ejemplo, las patentes U.S., números 6.466.604, 6.222.673, 6.081.379 y 4.853.933) se refieren al fenómeno de retardo de grupo negativo aplicado a láseres y características de diversas configuraciones de cavidades generadoras de radiación. Sin embargo, no tienen ninguna relación con la aplicación descrita en la presente invención, que aplica el fenómeno de retardo de grupo negativo usando amplificación operacional basada en amplificación de "avance de señal " a detección de señal/forma de onda analógica y procesamiento en rangos espectrales muy por debajo de las patentes anteriormente descritas.

[0011] También, otras patentes aparentemente relacionadas (por ejemplo, las patentes U.S. números 5.945.861 y 6.154.079) se refieren a la utilización de un circuito de retardo negativo para compensar los retardos en las señales de reloj y la prevención de un fenómeno de bloqueo múltiple relacionado con dichos impulsos de reloj. Sin embargo, estas aplicaciones implican impulsos de reloj y no señales analógicas en general y actúan para compensar los retardos de la señal de reloj y no para adelantar temporalmente la detección de señal/forma de onda analógica. Por lo tanto, estos grupos de patentes y similares no tienen relación con la aplicación de la amplificación de retardo negativo a una interfaz electrofisiológica para mejorar la respuesta de detección/procesamiento de señales, como en la presente invención.

[0012] El documento US 5.957.854 describe un sistema para diagnóstico y monitorización médica inalámbrica.

[0013] En el documento US 5.651.037 se describe y se muestra un aparato para llevar a cabo un encolado y calculo analógico de tiempo discreto en un sistema.

[0014] Si bien estas enseñanzas anteriores pueden satisfacer sus respectivos objetivos y requisitos particulares, nadie ha propuesto hasta la fecha un sistema de detección, adquisición y procesamiento de señal analógica o de forma de onda que proporcione avance o "detección temprana" de picos de forma de onda analógica entrante y propague la forma de onda al sistema de adquisición de datos antes de la detección completa de la señal de entrada o forma de onda real.

SUMARIO DE LA INVENCION

[0015] En vista de lo anterior, es un objeto de la presente invención avanzar el campo de detección y respuesta de señales analógicas.

[0016] Es otro objeto de esta presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que incorpore amplificador(es) de "avance de señal" basado(s) en el fenómeno de retardo de grupo negativo.

[0017] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de señal o forma de onda analógica que pueda mejorar significativamente el rendimiento de instrumentación y dispositivos utilizados para una variedad de funciones de control, intervención, supresión, refuerzo, mejora, alarma o procesos de respuesta que se relacionan con señales o formas de onda analógicas detectadas.

[0018] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal o forma de onda analógica que pueda proporcionar una manera fiable de investigar o reforzar (negativa o positivamente) entre una respuesta o señal de estimulación aplicada y la respuesta fisiológica u otros procesos subyacentes a la generación de la señal o forma de onda analógica que se avanza temporalmente.

[0019] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal o forma de onda que pueda iniciar de manera fiable una respuesta auténtica en tiempo real, controlando la sincronización de la señal de estimulación aplicada u otra salida de respuesta para asegurar una interferencia constructiva o destructiva en tiempo real con el proceso real subyacente a la generación de la señal o forma de onda analógica detectada que incluye, pero no se limita a, respuestas fisiológicas reales.

[0020] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que puede mejorar significativamente una gama de aplicaciones electrofisiológicas y neuro-terapéuticas, tales como EMG, EKG, mielograma, estimulación EEG controlada, *neurofeedback* [realimentación neuronal] (activa o pasiva) y otras terapias neuronales.

[0021] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señales de forma de onda analógica que puede proporcionar nuevas herramientas de investigación para investigar mecanismos que subyacen a la generación de señal o forma de onda analógica, incluyendo una amplia gama de mecanismos fisiológicos y electrofisiológicos.

[0022] Es otro objeto de esta presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de onda analógica que puede mejorar el tiempo de respuesta y el rendimiento de interfaces cerebro-ordenador.

[0023] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que pueda generar un avance de señal temporal, significativo y utilizable para señales o formas de onda analógicas con contenido espectral típico de señales o formas de onda electrofisiológicas.

[0024] Es otro objeto de esta presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que puede generar un avance de señal temporal significativo y utilizable para

señales o formas de onda analógicas para una amplia gama de señales o formas de onda analógicas de transductor que representan una medida física para propósitos de intervención o de control.

[0025] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que pueda generar un avance de señal temporal significativo y utilizable para señales analógicas o formas de onda para una amplia gama de señales o formas de onda analógicas para control de sistema(s) que generan señales analógicas que se pueden aplicar a diversos procesos.

[0026] Es otro objeto de esta presente invención proporcionar un sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica que puede generar un avance de señal temporal significativo y utilizable para señales analógicas en las que un cambio en amplitud de señal o forma de onda representa una transición de estado binario ya desde un estado "verdadero" a "falso" o bien de un estado de "falso" a "verdadero".

[0027] Para satisfacer estos y relacionados objetos, la presente invención enseña una implementación y uso únicos de la amplificación de paso de banda de retardo de grupo negativo. Su realización preferida se aplica a la detección, adquisición y procesamiento de señal de forma de onda analógica. El sistema de detección/adquisición de datos de señal de forma de onda analógica incorpora amplificación paso banda de retardo de grupo negativo en la detección, adquisición y procesamiento de señal de forma de onda analógica. El resultado es un avance de señal significativo y utilizable para señales de forma de onda analógicas, especialmente para aquellas con un contenido espectral en el extremo bajo del espectro. Este avance de señal utilizable si no elimina, al menos reducirá, los retardos en el procesamiento de señales y, por lo tanto, con un amplio sistema de control en aplicaciones científicas, médicas y de investigación.

[0028] De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un procedimiento para avanzar temporalmente la detección y caracterización de datos analógicos para acciones de respuesta temporalmente avanzadas a tales datos analógicos, caracterizado por las etapas de:

proporcionar medios de detección de datos analógicos, estando dichos medios de detección de datos analógicos interconectados, directa o indirectamente, con unos medios de circuito de "NGD" de retardo de grupo negativo que tienen medios de salida de señal NGD para producir indicios temporalmente avanzados de datos analógicos recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos;

introducir en los medios de detección de datos analógicos una señal de datos analógica a partir de una fuente de datos analógicos; y

emitir de salida indicaciones temporalmente avanzadas producidas por dichos medios de circuito de retardo de grupo negativo;

en el que los medios de circuito NGD tienen un retardo de grupo negativo en un intervalo de frecuencias que omite las frecuencias de resonancia de los medios de circuito NGD.

[0029] De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un aparato para avanzar temporalmente la detección y caracterización de datos analógicos para acciones de respuesta temporalmente avanzadas a tales datos analógicos, donde N es un entero positivo, que comprende:

medios de detección de datos analógicos que están conectados, directa o indirectamente, con medios de circuito "NGD" de retardo de grupo negativo con medios de salida de señal NGD para producir indicaciones temporalmente avanzadas de datos de señal analógica, recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos, y en el que los medios de circuito NGD tienen un retardo de grupo negativo en un intervalo de frecuencias que omite las frecuencias de resonancia de los medios de circuito de retardo de grupo negativo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0030]

La figura 1 representa en general el proceso de adquisición de señales o formas de onda analógicas, que típicamente implica la detección a través de un transductor de señal analógico, amplificación, conversión (incluyendo, pero sin limitarse a, conversión analógico a digital) y procesamiento de señal subsiguiente. Puede incluir descomposición espectral y, típicamente, señal o salida de datos, con fines de visualización o control.

La figura 2 representa, en general, la aplicación de la amplificación de "avance de señal" para la detección de señales o formas de onda analógicas y, de este modo, mejorar significativamente el tiempo de respuesta del sistema.

La figura 3 representa la relación de la salida a la entrada de un circuito electrónico simple que utiliza un impulso gaussiano y una senoide como formas de onda de entrada en las que los picos de la forma de onda de salida preceden a los de las entradas.

La figura 4 ilustra la forma más simple de tal circuito amplificador operacional que presenta esta respuesta contra-intuitiva consistente en un amplificador operacional de etapa única con un bucle de realimentación lineal pasivo compuesto por componentes resistivos, capacitivos y/o inductivos.

La figura 5 ilustra la velocidad de grupo, es decir, la velocidad de un impulso/forma de onda, la figura 6 ilustra un circuito sencillo que consiste en un amplificador operacional, dos resistencias y dos condensadores, que presenta propiedades de retardo de grupo negativo en una banda espectral específica (frecuencias muy por debajo de la frecuencia característica del amplificador).

La figura 7 ilustra el circuito amplificador de "avance de señal", que incluye componentes inductivos, resistivos y capacitivos.

La figura 8 ilustra un circuito similar al circuito anterior de la figura 7 y se encuentra conectado en cascada con cada etapa, exhibiendo una función de transferencia diferente debido a la utilización de diferentes valores de resistencia,

capacidad e inductancia. Con la selección de componentes específicos, este amplificador de "avance de señal" de etapas múltiples muestra un avance relativamente constante en un rango espectral más ancho.

La figura 9 representa las características de retardo de grupo fase y ganancia de un amplificador de avance de señal en el que el retardo de grupo negativo es relativamente constante en un intervalo espectral específico. El gráfico superior representa la ganancia del amplificador respecto de la frecuencia. Obsérvese que la ganancia es relativamente constante hasta 200 Hz, una banda espectral que es menor que, y adyacente a, la menor de las dos frecuencias características del circuito amplificador. El gráfico intermedio (fase frente a frecuencia) indica tanto una respuesta de fase positiva y relativamente lineal hasta aproximadamente 200 Hz. El tercer gráfico representa el retardo de grupo respecto de la frecuencia. El retardo de grupo se define como el valor negativo de la tasa de cambio de fase respecto de la frecuencia y se expresa matemáticamente como: $[T(\omega) = -\delta\psi(\omega)/\delta\omega]$ (en unidades de tiempo).

La figura 10 ilustra cómo la duración del avance de forma de onda puede aumentarse (de manera limitada debido a una distorsión de señal concomitante, pero aceptable) mediante la conexión en cascada de múltiples etapas de amplificador de retardo de grupo negativo en un intervalo espectral limitado.

La figura 11 ilustra disposiciones en paralelo de amplificadores de "avance de señal" estrechos, en los que algunas de las bandas de los amplificadores de "avance de señal" se encuentran conectados en cascada. Esta disposición en paralelo de amplificadores puede configurarse para generar una respuesta de entrada-salida más lineal, que a su vez puede producir un avance temporal de señales sobre intervalos espectrales particulares de interés.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FORMA DE REALIZACIÓN PREFERIDA

[0031] La instrumentación moderna se basa en la detección, adquisición y procesamiento de señales analógicas. El rendimiento de la tecnología utilizada para adquirir y procesar estas señales ha mejorado drásticamente en los últimos veinte años, pero a pesar de estas mejoras, los sistemas actuales tienen necesariamente retardos inherentes, aunque leves (algunos del orden de los microsegundos) entre la generación real de formas de onda analógicas a detectar y la capacidad de reaccionar a los datos adquiridos.

[0032] En los últimos años, se ha demostrado un fenómeno de retardo de grupo negativo (NGD) en circuitos electrónicos relativamente simples, y muestra el avance temporal de impulsos gaussianos, formas de onda sinusoidales y formas de onda analógicas complejas compuestas de múltiples componentes sinusoidales superpuestos. La figura 3 representa la relación de la salida a la entrada de tal circuito utilizando un impulso gaussiano y sinusoidal como formas de onda de entrada en las que los picos de la forma de onda de salida preceden a los de las entradas. Obsérvese la distorsión de la forma de onda de salida con respecto a la entrada en la que la salida está ligeramente "distorsionada" hacia la izquierda, indicando la introducción de elementos de frecuencia más alta. Sobre una banda espectral limitada, la distorsión es despreciable y lineal, facilitando la eliminación algorítmica de la distorsión digitalmente para aplicaciones en las que la señal analógica avanzada debe reflejar fielmente las características de la señal de entrada.

[0033] La forma más simple de dicho circuito amplificador operacional que presenta esta respuesta contra-intuitiva consta de un amplificador operacional de etapa única con un bucle de realimentación lineal pasivo compuesto por componentes resistivos, capacitivos y/o inductivos.

[0034] Típicamente, una señal o forma de onda electromagnética que pasa a través de un circuito lineal pasivo presentará un retardo positivo. Sin embargo, los amplificadores operacionales de alta ganancia actúan para minimizar las diferencias entre las señales aplicadas a las entradas inversora (-) y no inversora (+). Para satisfacer este requisito funcional, el amplificador operacional suministra una señal con un retardo de grupo negativo en su salida para compensar el retardo de grupo positivo del circuito lineal pasivo aplicado a la entrada inversora (-). De este modo, el circuito de realimentación negativa genera un impulso de salida cuyo pico sale a través de la salida del circuito antes de que el pico del impulso de entrada llegue a la entrada.

[0035] Las configuraciones de amplificadores operacionales, que invierten funciones de transferencia, no carecen de precedentes. Los convertidores de impedancia negativa funcionan para hacer que una carga resistiva se comporte como una carga negativa. Un circuito girador invierte la impedancia tal manera que la capacitancia se comporta como inductancia.

[0036] A primera vista, el comportamiento de estos circuitos parece contradecir las leyes de la física ya que los resultados sugieren que la propagación de señal avanzada es supra-lumínica. Sin embargo, la propagación electromagnética se caracteriza realmente por cinco velocidades diferentes: velocidad frontal (velocidad de una discontinuidad brusca de señal, por ejemplo, una señal que se enciende o apaga repentinamente); velocidad de grupo (velocidad de un impulso/forma de onda), velocidad de fase, velocidad de transporte de energía y, finalmente, velocidad de señal presumida. Mientras que la velocidad frontal no puede exceder la velocidad de la luz, "... la velocidad de grupo ..." puede ser mayor que la velocidad de la luz c , puede ser infinita e incluso negativa!" [Brillouin L, Propagación de ondas y velocidad de grupo, Academic Press, NY, 1960]. Como tal, la detección de un impulso electromagnético o forma de onda en la salida puede preceder a la detección en la entrada. Durante el intervalo de tiempo entre el frente de señal y la detección de forma de onda de grupo, la energía electromagnética comienza a propagarse a través del circuito. Sin embargo, estas perturbaciones iniciales no son detectables hasta que las oscilaciones alcanzan una magnitud suficiente. Existe, sin embargo, suficiente información en la primera porción de cualquier forma de onda analógica para reproducir una forma de onda temporalmente avanzada usando un amplificador operacional de alta ganancia.

[0037] De este modo, la salida de una forma de onda electromagnética (la velocidad de grupo) se puede avanzar con respecto a la entrada, pero no puede exceder la velocidad frontal y por lo tanto establece un límite superior teórico para un avance de velocidad de grupo. Además, la cuestión de la "supra-lumínica" se ha tratado en una serie de experimentos en los que la señal de entrada se interrumpió abruptamente dando como resultado una discontinuidad simultánea (no avanzada) o caída brusca de señal en la forma de onda de salida "avanzada", que demuestra la relación causal entre las formas de onda de entrada y de salida avanzada.

[0038] En la figura 6 se muestra un circuito simple que consiste en un amplificador operacional, dos resistencias y dos condensadores, que presenta propiedades de retardo de grupo negativas sobre una banda espectral específica (frecuencias muy por debajo de la frecuencia característica del amplificador). La función de transferencia ($T(\omega)$) definida como la señal de salida/entrada se define como sigue:

$$T(\omega) = \tilde{V}_{out} / \tilde{V}_{in} = (1 + Z_R / Z_C) = 1 + \frac{i\omega T}{(1 + i\omega a T)(1 + i\omega b T)}$$

donde $T = CR$, $a = C'/C$, $b = R'/R$

[0039] El circuito amplificador de "avance de señal" mostrado en la figura 7, incluye componentes inductivos, así como resistivos y capacitivos. El análisis de circuitos produce la siguiente función de transferencia:

$$T(\omega) = 1 + \frac{1}{R'} \cdot \frac{1}{(R - i\omega L)^{-1} - i\omega C}$$

[0040] Un circuito similar al circuito anterior se conectó en cascada (figura 8), presentando cada etapa una función de transferencia diferente, debido a la utilización de diferentes valores de resistencia, capacidad e inductancia. Mediante la variación de los valores de estos componentes, el amplificador de "avance de señal" de etapas múltiples puede presentar un avance relativamente constante del intervalo espectral de interés para una aplicación particular. La función de transferencia se expresa como:

$$T(\omega) = \left[1 + \left(\frac{1}{R_2} \right) \left(\frac{1}{(r_1 + i\omega L_1)^{-1} + i\omega C_1} \right) \right] \times \left[1 + \left(\frac{1}{R_4} \right) \left(\frac{1}{(R_3 + i\omega L_2)^{-1} + i\omega C_2} \right) \right]$$

[0041] La fase asociada con estas funciones de transferencia está dada por:

$$\psi(\omega) = \arg[T(\omega)]$$

[0042] Los análisis de circuitos para los circuitos amplificadores de señal "Avance de señal" descritos anteriormente revelan bandas espectrales que presentan retardo de grupo negativo para una banda de frecuencia adyacente a la frecuencia característica o resonante del circuito. Es dentro de esta banda espectral de retardo negativo en la que el(los) circuito(s) genera(n) un avance de señal analógica.

[0043] La figura 9 representa características de ganancia, fase y retardo de grupo de un amplificador de avance de señal en el que el retardo de grupo negativo es relativamente constante en un intervalo espectral específico. El gráfico superior representa la ganancia del amplificador respecto de la frecuencia. La ganancia es relativamente constante hasta 200 Hz, una banda espectral que es menor que, y adyacente a, la menor de las dos frecuencias características del circuito amplificador. El gráfico intermedio (fase respecto de frecuencia) indica una respuesta de fase positiva y relativamente lineal hasta aproximadamente 200 Hz. El tercer gráfico representa el retardo de grupo respecto de la frecuencia. El retardo de grupo se define como el valor negativo de la tasa de cambio de fase respecto de la frecuencia y se expresa matemáticamente como: $[Tf(\omega)] = -\delta\psi(\omega)/\delta\omega$ (en unidades de tiempo). De nuevo, la pendiente del retardo de fase es positiva y relativamente lineal; por lo tanto, su derivada es negativa y constante en el rango espectral inferior a 200 Hz.

[0044] Basándose en los análisis detallados de los circuitos de retardo negativos de los ejemplos detallados anteriormente, la cuantía de retardo negativo, o avance de señal, que puede alcanzarse, está indirectamente relacionada con el contenido espectral o la frecuencia de la forma de onda analógica a la que se aplica, es decir, un mayor retardo negativo o avance de señal es posible para señales de frecuencia más baja.

[0045] Obsérvese que la utilización del componente inductivo en los circuitos de retardo de grupo negativo facilita el avance de señal para una señal analógica compleja sobre una banda espectral más amplia. Como se ha descrito anteriormente, los avances de señal analógica mayores son indirectamente proporcionales al contenido espectral de la forma de onda analógica. Para conseguir una característica o frecuencia de resonancia más baja en un circuito amplificador de "avance de señal" puede requerir tanto una gran capacitancia como una inductancia como la frecuencia de resonancia (ω_r) es aproximada por:

$$\omega_r \approx 1/\sqrt{LC}$$

Las inducciones se miden típicamente en unidades de mili-henrios (mH) o menores. Por lo tanto, se puede utilizar un girador para simular grandes valores de inductancia (medidos en henrios (H)).

[0046] Para numerosas aplicaciones y, en particular, aplicaciones biomédicas de intervención tales como electrofisiología, la salida temporalmente avanzada puede requerir una representación de alta fidelidad de la forma de onda de entrada original. En estas aplicaciones, las formas de onda analógicas que se están avanzando se encuentran típicamente en el rango de frecuencias más bajo (cientos de hertzios). De este modo, la compensación de la distorsión de señal inherente se puede conseguir utilizando procesadores de señal digital que operan a velocidades de conversión que son insignificantes con respecto a la duración del avance de la forma de onda alcanzada. Numerosos convertidores analógico/digital (A-D) y procesadores de señales digitales, que pueden usarse para realizar el filtrado digital y la reconstrucción de señales, tienen tiempos de respuesta que oscilan desde poco menos de 100 hasta más de 1.000 veces menores que el avance de la forma de onda esperada.

[0047] La duración del avance de la forma de onda puede aumentarse (de manera limitada debido a una distorsión de señal concomitante, pero aceptable) mediante la conexión en cascada de múltiples etapas de amplificador de retardo de grupo negativo en un intervalo espectral limitado (figura 10). Mediante la conexión en cascada de múltiples etapas de amplificador de avance de señal, un avance de forma de onda podría exceder el ancho de impulso de entrada, pero el avance máximo puede estar limitado a pocas veces de subida de impulso debido al aumento de la distorsión de señal en cada etapa y el límite teórico de velocidad frontal.

[0048] Como se ha discutido anteriormente, el filtrado digital y la reconstrucción de señales pueden aplicarse para reducir o eliminar la forma de onda o la distorsión de la señal en una fracción de la duración del avance de forma de onda temporal alcanzado. La reducción o eliminación de la distorsión de mayor frecuencia resultante de la amplificación de "avance de señal", que se aproxima a la frecuencia característica o resonante del circuito, es particularmente útil cuando etapas sucesivas del amplificador se conectan en cascada para alcanzar una duración aumentada del avance de señal o forma de onda temporal.

[0049] Pueden configurarse disposiciones en paralelo de amplificadores de "avance de señal", en las que algunas de las bandas de amplificadores de "avance de señal" se encuentran en cascada (figura 11), para generar una respuesta de entrada-salida más lineal. Esto proporciona un mecanismo para conseguir un avance temporal de señales o formas de onda sobre rangos espectrales particulares de interés, ya que pueden sintonizarse bandas espectrales estrechas para detectar aspectos específicos de la señal o forma de onda analógica entrante utilizando una disposición en cascada tal.

[0050] Como tal, para una amplia gama de instrumentación utilizada en la detección, adquisición y procesamiento de señal o de forma de onda analógica, una aproximación utilizando amplificación de "avance de señal" mantiene la expectativa de mejorar significativamente una gama de aplicaciones de control y biomédicas.

[0051] Una consideración primaria en la aplicación práctica de la amplificación de "avance de señal" a detección, adquisición y procesamiento de señal analógica, es conseguir un avance de señal suficiente para permitir una respuesta utilizable. Por lo tanto, el diseño de un amplificador de "avance de señal" práctico comienza necesariamente con un análisis detallado de la forma de onda analógica a avanzar para determinar las características de forma de onda para las cuales se debe diseñar el circuito. El diseño del amplificador debe tener en cuenta las características de forma de onda que incluyen el rango de frecuencia, anchuras de impulso (o duraciones) que comprenden la señal, la forma del impulso, etc.

[0052] La segunda consideración es, después de determinar el avance de señal que se puede conseguir, es determinar el potencial para producir una respuesta utilizable basándose en la duración del avance temporal obtenido. Puede ser necesarias varias etapas en cascada o detectar diferentes aspectos de la forma de onda analógica utilizando trayectorias de "avance de señal" paralelas. Es la capacidad de proporcionar una respuesta utilizable dada la disponibilidad de señal avanzada o detección de forma de onda que es la clave para la aplicación práctica de esta tecnología.

[0053] Para algunas aplicaciones potenciales de la presente invención, la distorsión de la señal tiene poca o ninguna consecuencia. Un ejemplo es la detección de un impulso analógico en el que la diferencia de amplitud, o simplemente la existencia de un impulso, representa un cambio en un estado binario, una condición umbral u otra transición verdadero/falso. En la detección de la forma de onda de ECG/EKG (electrocardiograma), una forma de onda PQRST ligeramente distorsionada puede ser aceptable para la detección de patrones de onda anormales, siempre y cuando las distorsiones de señales resultantes de la amplificación de "avance de señal" sean consistentes. Otras aplicaciones, como la realimentación neural (*neurofeedback*), pueden requerir o beneficiarse de la eliminación o compensación de la distorsión de la señal, ya que es el contenido espectral que puede ser importante para la aplicación terapéutica.

[0054] Con el fin de desarrollar un mecanismo para compensar la distorsión resultante de la amplificación de "avance de señal", las distorsiones resultantes que surgen en las señales analógicas de avance o formas de onda deben caracterizarse para el intervalo espectral particular y con una resolución apropiada para las formas de onda analógicas detectadas. Con el fin de generar datos que puedan utilizarse para diseñar metodologías y algoritmos para reconstituir el contenido espectral de la señal o forma de onda de entrada analógica original, se utilizan sistemas de generación de señal y adquisición de datos, que proporcionan alta tasa de muestreo y amplio ancho de banda sincronizados simultáneos muestreo de datos y capacidad de generación de señal, para generar señal de entrada analógica de alta fidelidad y adquirir señales o formas de onda de salida analógicas temporalmente avanzadas. La descomposición espectral de ambas señales de entrada y salida se obtiene aplicando análisis de transformada de Fourier rápida (FFT) a las señales de entrada y salida de cada etapa de amplificador de "avance de señal". La comparación del contenido espectral de las respectivas señales proporciona datos para caracterizar y reconstituir digitalmente el contenido espectral de la forma de onda de entrada analógica original.

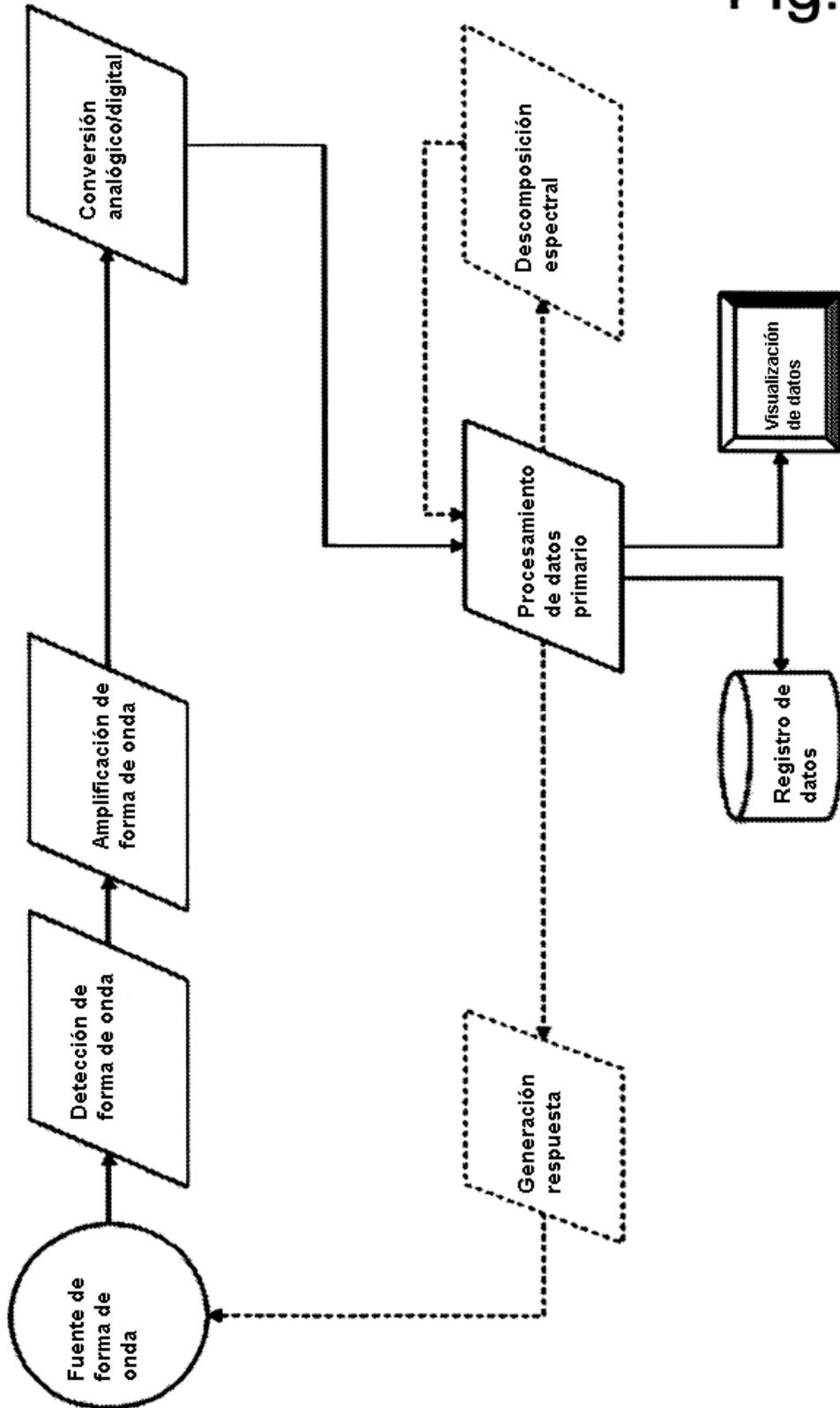
5 **[0055]** Dado que la distorsión es mínima y constante a través de una banda estrecha, los datos obtenidos empíricamente, tal como se ha descrito anteriormente, pueden usarse para caracterizar la distorsión y concebir procedimientos para la subsiguiente eliminación de la distorsión digitalmente para una aplicación particular. Por ejemplo, se podría incorporar una simple tabla de "búsqueda" en el hardware incorporado que reemplace los componentes descompuestos espectralmente de las señales o formas de onda avanzadas con los datos de amplitud y frecuencia equivalentes para la señal de entrada original.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Procedimiento para avanzar temporalmente la detección y caracterización de datos analógicos para acciones de respuesta avanzada temporalmente a tales datos analógicos, que comprende:
- proporcionar medios de detección de datos analógicos, estando dichos medios de detección de datos analógicos interconectados, directa o indirectamente, con unos medios de circuito "NGD" de retardo de grupo negativo que tienen medios de salida de señal NGD para producir indicaciones avanzadas temporalmente de datos analógicos recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos;
- 10 introducir en los medios de detección de datos analógicos una señal de datos analógica procedente de una fuente de datos analógicos; y
- emitir de salida indicaciones avanzadas temporalmente producidas por dichos medios de circuito de retardo de grupo negativo;
- 15 en el que los medios de circuito NGD tienen un retardo de grupo negativo en un intervalo de frecuencias y encontrándose cualquier frecuencia resonante de los medios de circuito NGD fuera de dicho intervalo de frecuencias.
- 2.** Procedimiento de la reivindicación 1, en el que el retardo de grupo negativo es relativamente constante en el intervalo de frecuencias.
- 20 **3.** Procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios de circuito NGD tiene una ganancia que es relativamente constante en el intervalo de frecuencias.
- 4.** Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los medios de salida de señal NGD están interconectados con medios de filtración y reconstrucción de señal digital para producir indicaciones corregidas que representan más exactamente dichos datos analógicos detectados por dichos medios de detección de datos analógicos que dichas indicaciones avanzadas temporalmente.
- 25 **5.** Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que existen N circuitos NGD, siendo N un número entero positivo mayor o igual que 1.
- 30 **6.** Procedimiento de la reivindicación 5 en lo que depende de la reivindicación 4, en el que existen N medios de filtración y reconstrucción digital.
- 35 **7.** Procedimiento de la reivindicación 6, en el que:
- dichas N salidas de medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales están interconectados con N+1 medios de circuito de retardo de grupo negativo que tienen N+1 medios de salida de señal NGD para producir N+1 indicaciones temporalmente avanzadas de datos analógicos recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos y procesados primero por dichos N medios de circuito de retardo de grupo negativo y dichos medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales, estando dichos N+1 medios de salida de señal NGD interconectados con N+1 medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales para producir, en N+1 salidas de filtrado y reconstrucción de señal digitales, N+1 indicaciones corregidas que representan más exactamente dichos datos analógicos detectados por dichos medios de detección de datos analógicos que dichas N+1 indicaciones temporalmente avanzadas.
- 40 **8.** Procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que dichos medios de detección de datos analógicos son un dispositivo de monitorización médica para detectar y transmitir datos indicativos de ondas electromagnéticas producidas por órganos y sistemas del cuerpo humano; preferiblemente en el que dicho dispositivo de monitorización médica es un monitor EKG o un monitor EEG.
- 50 **9.** Aparato para avanzar temporalmente la detección y caracterización de datos analógicos para acciones de respuesta temporalmente avanzada a tales datos analógicos, que comprende:
- medios de detección de datos analógicos que están conectados, directa o indirectamente, con unos medios de circuito "NGD" de retardo de grupo negativo que tienen medios de salida de señal NGD para producir indicaciones temporalmente avanzadas de datos de señal analógica recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos, y en el que los medios de circuito NGD tienen un retardo de grupo negativo dentro de un intervalo de frecuencias y estando cualquier frecuencia de resonancia de los medios de circuito NGD fuera de la gama de frecuencias.
- 55 **10.** Aparato de la reivindicación 9, en el que el retardo de grupo negativo es relativamente constante en el intervalo de frecuencias.
- 60 **11.** Aparato de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que los medios de circuito NGD tienen una ganancia que es relativamente constante en la gama de frecuencias.
- 65

- 5
12. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que dichos medios de salida de señal NGD están interconectados con medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales para producir indicaciones corregidas que representan más exactamente dichos datos analógicos detectados por dichos medios de detección de datos analógicos que dichas indicaciones temporalmente avanzadas.
- 10
13. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que existe N medios de circuito NGD, y siendo N un número entero positivo mayor que 1.
- 10
14. Aparato de la reivindicación 13 en cuanto depende de la reivindicación 12, en el que existe N medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales.
- 15
15. Aparato de la reivindicación 14, en el que:
dichas N salidas de medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales están interconectada con N+1 medios de circuito de retardo de grupo negativo que tiene N+1 medios de salida de señal NGD para producir N+1 indicaciones temporalmente avanzadas de datos analógicos recibidos por dichos medios de detección de datos analógicos y primer procesamiento por dichos N medios de circuito de retardo de grupo negativo y dichos N medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales, estando dichos N+1 medios de salida de señal NGD conectados con N+1 medios de filtrado y de reconstrucción de señal digitales para producir, en N+1 salidas de filtrado y de reconstrucción digitales, N+1 indicaciones corregidas que representan más exactamente dichos datos analógicos detectados por dichos medios de detección de datos analógicos que dichas N+1 indicaciones temporalmente avanzadas.
- 20
16. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en el que dichos medios de detección de datos analógicos son un dispositivo de monitorización médica para detectar y transmitir datos indicativos de ondas electromagnéticas producidas por órganos y sistemas del cuerpo humano; preferiblemente en el que dicho dispositivo de monitorización médica es un monitor EKG o un monitor EEG.
- 25

Fig. 1



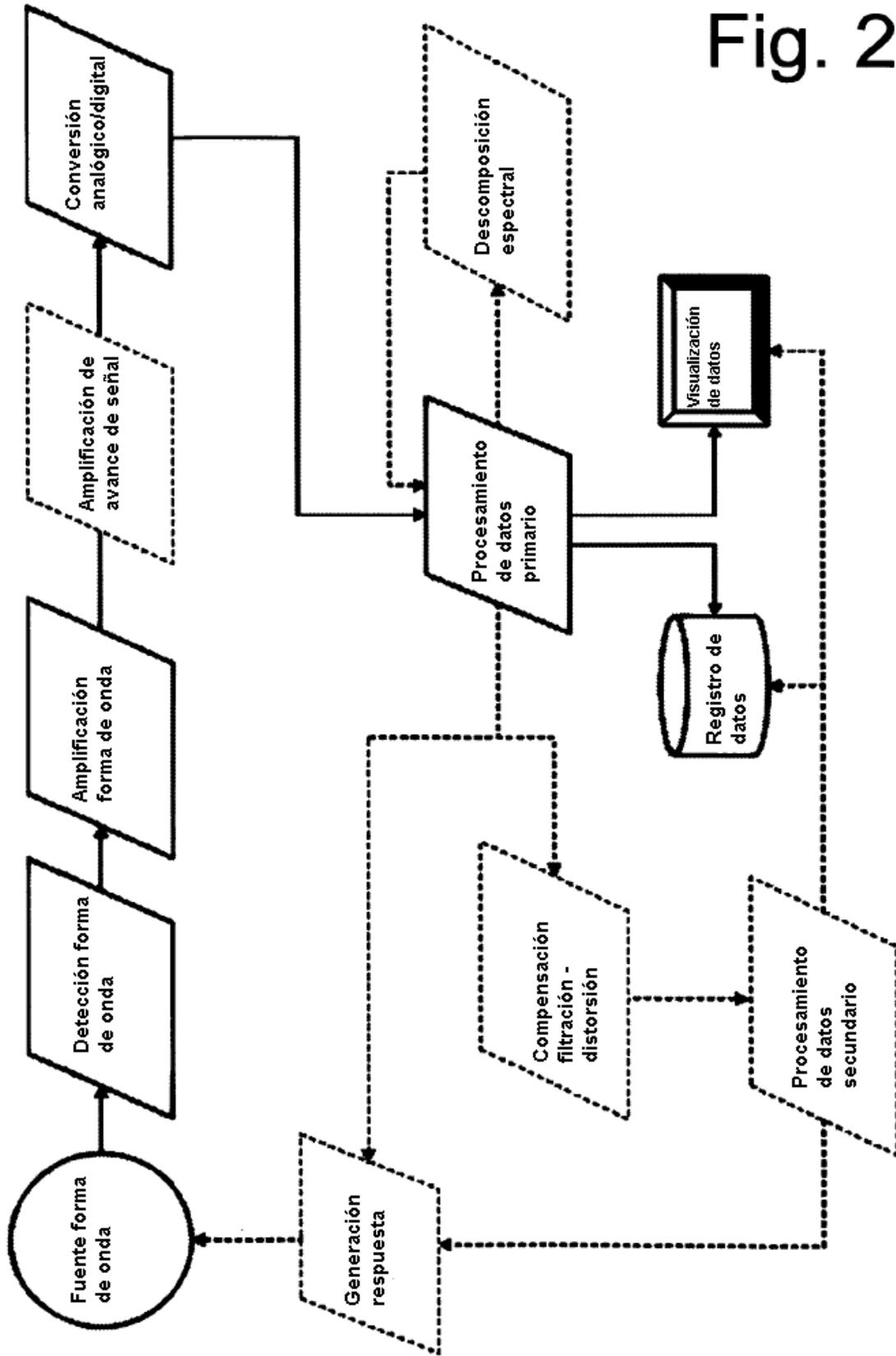


Fig. 2

Fig. 3

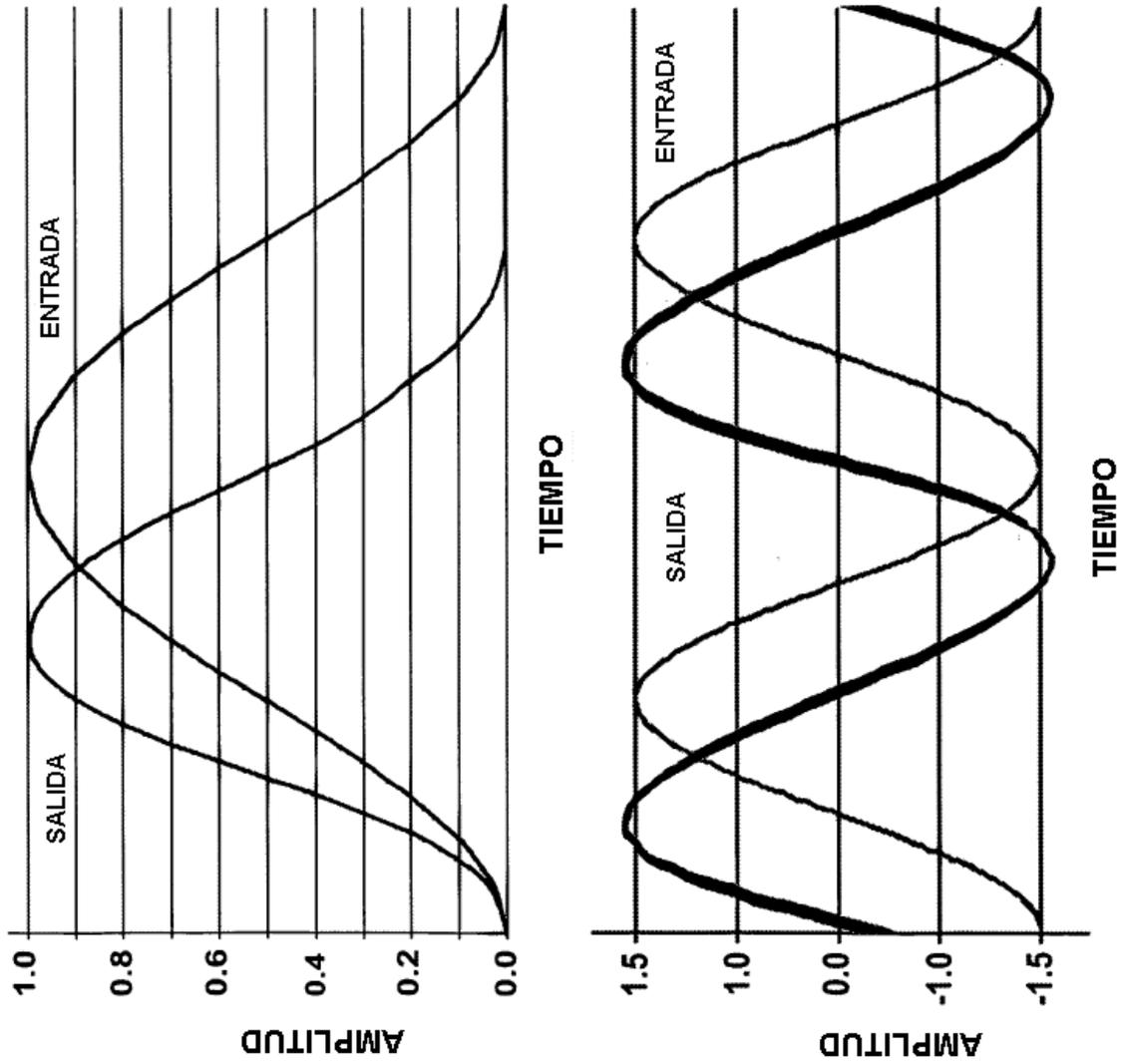
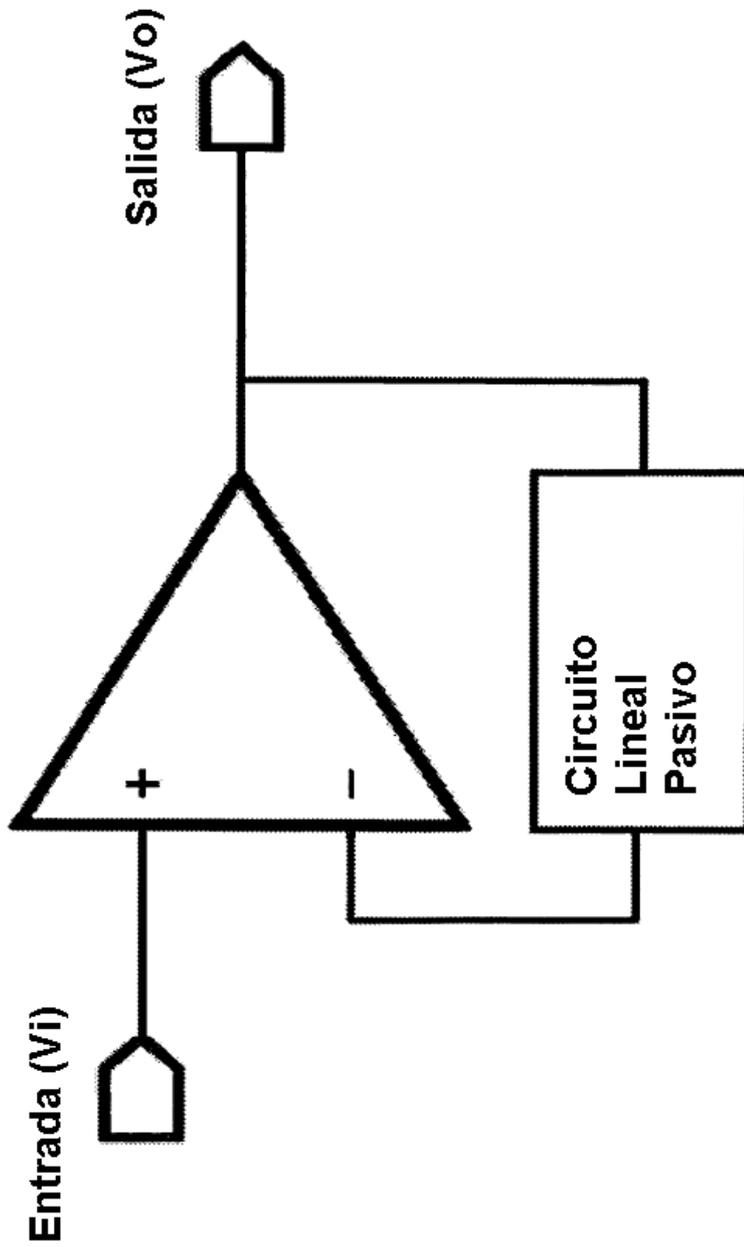


Fig. 4



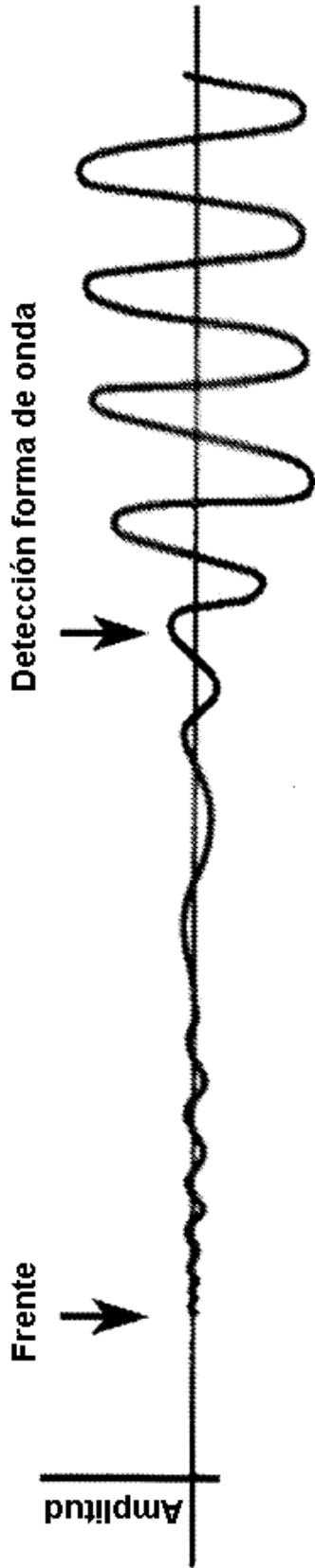


Fig. 5

Fig. 6

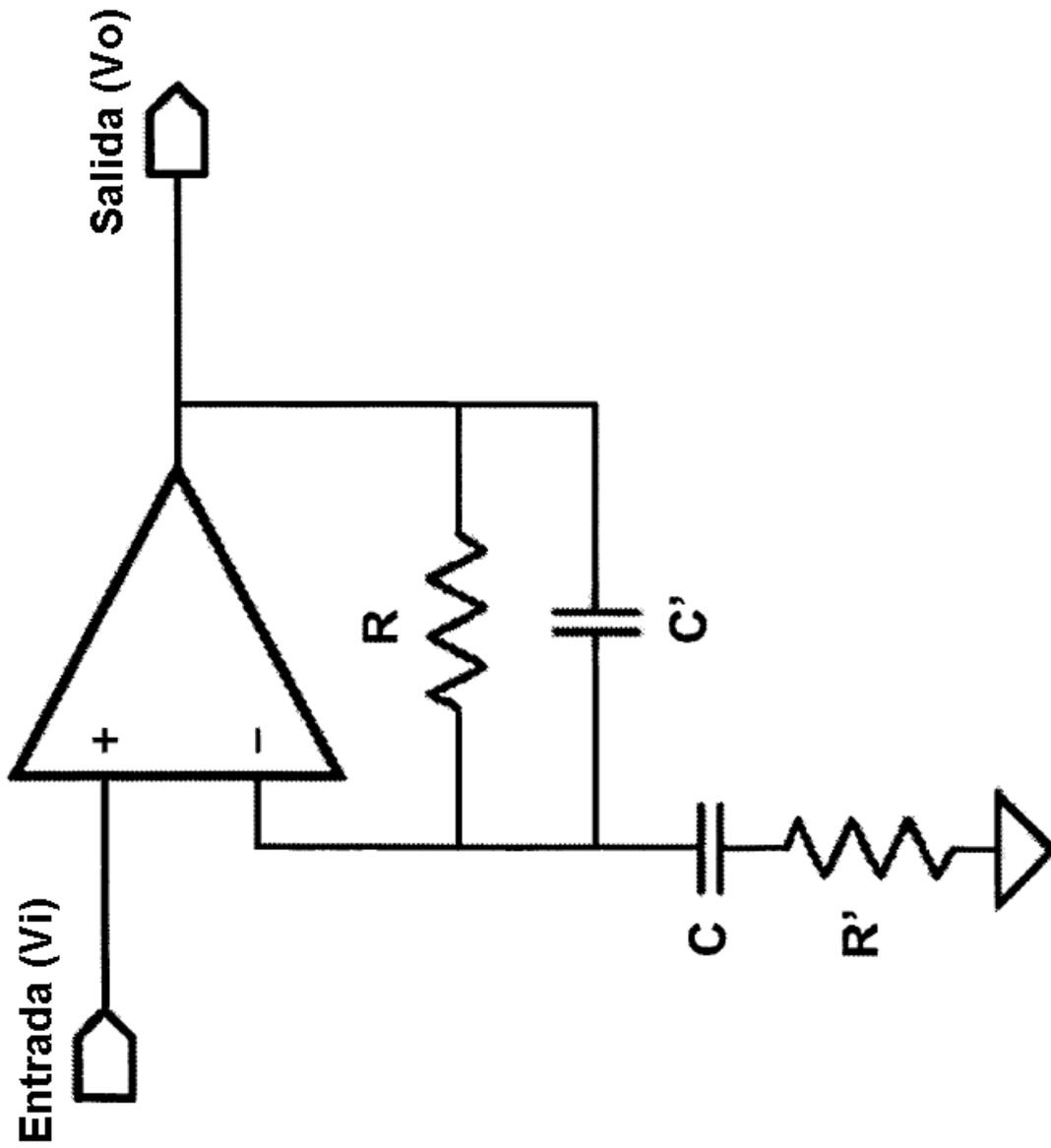


Fig. 7

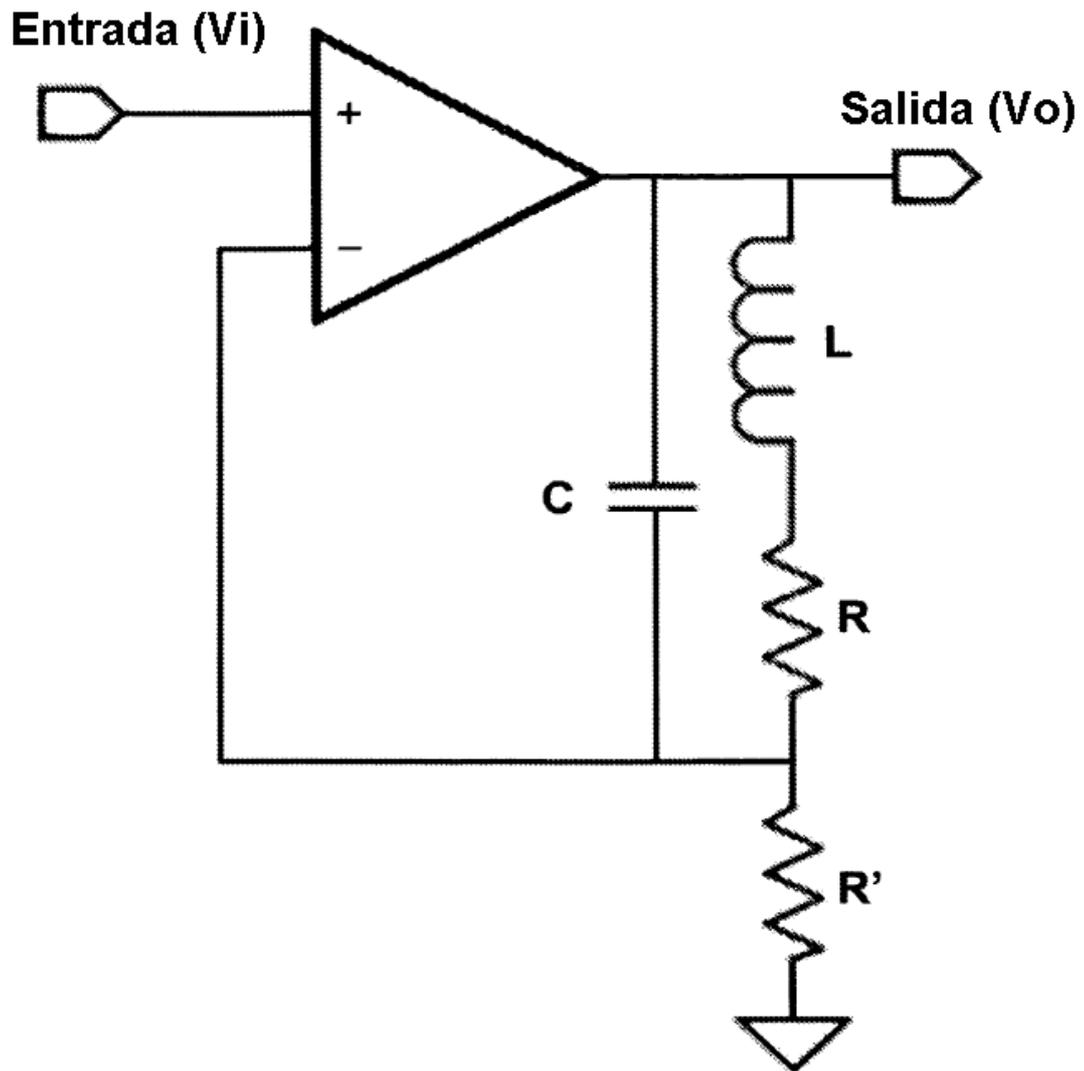


Fig. 8

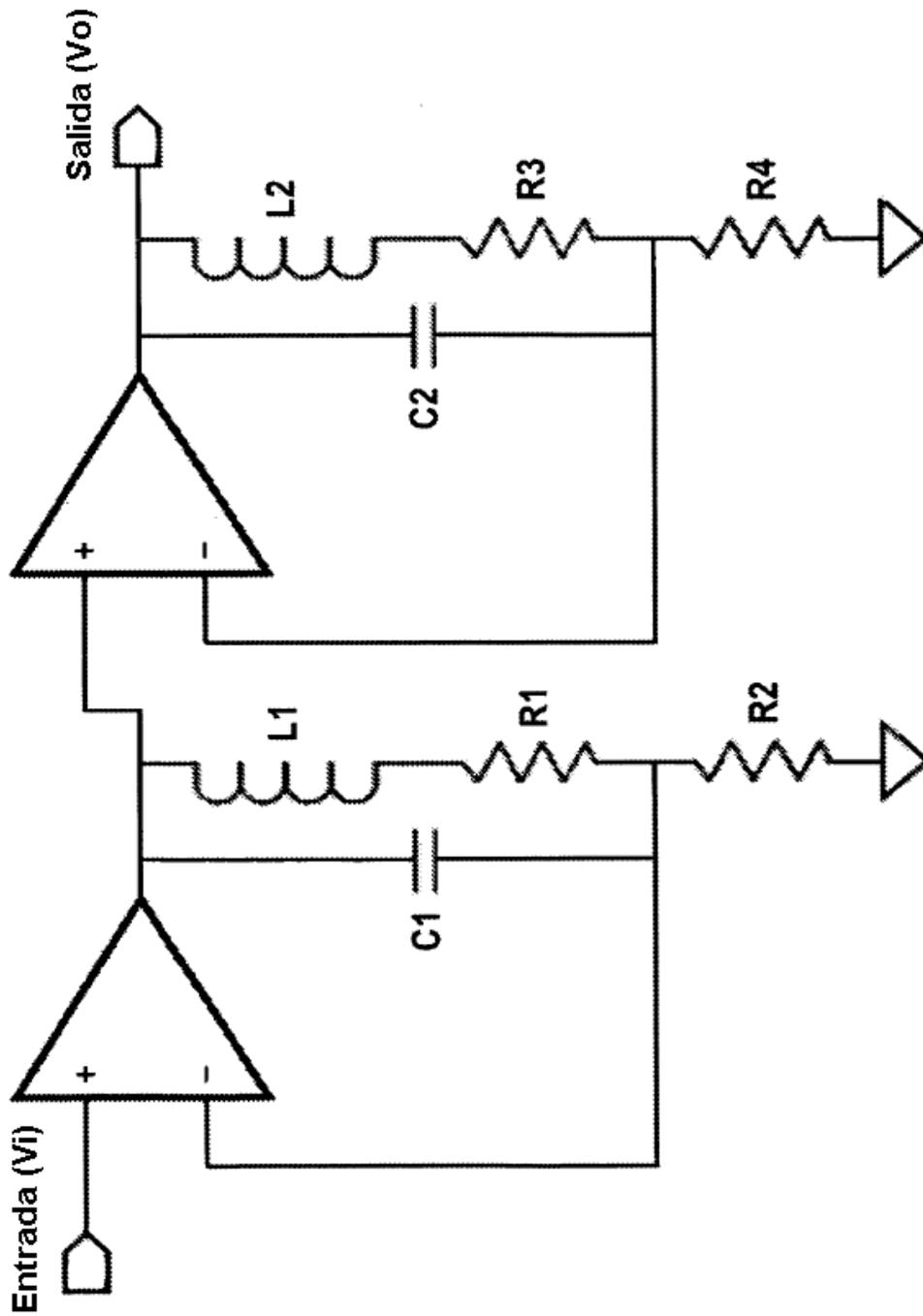


Fig. 9

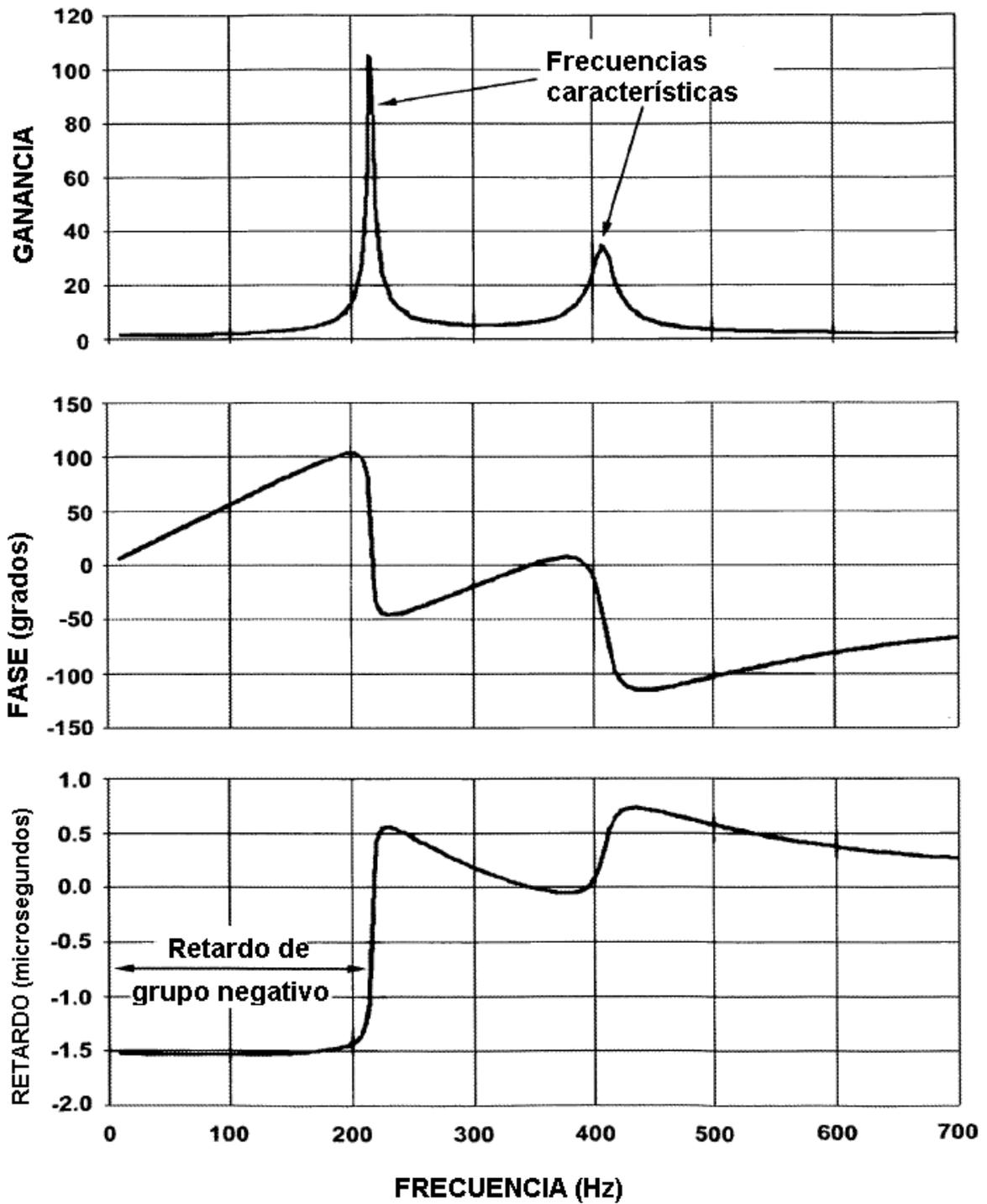


Fig. 10

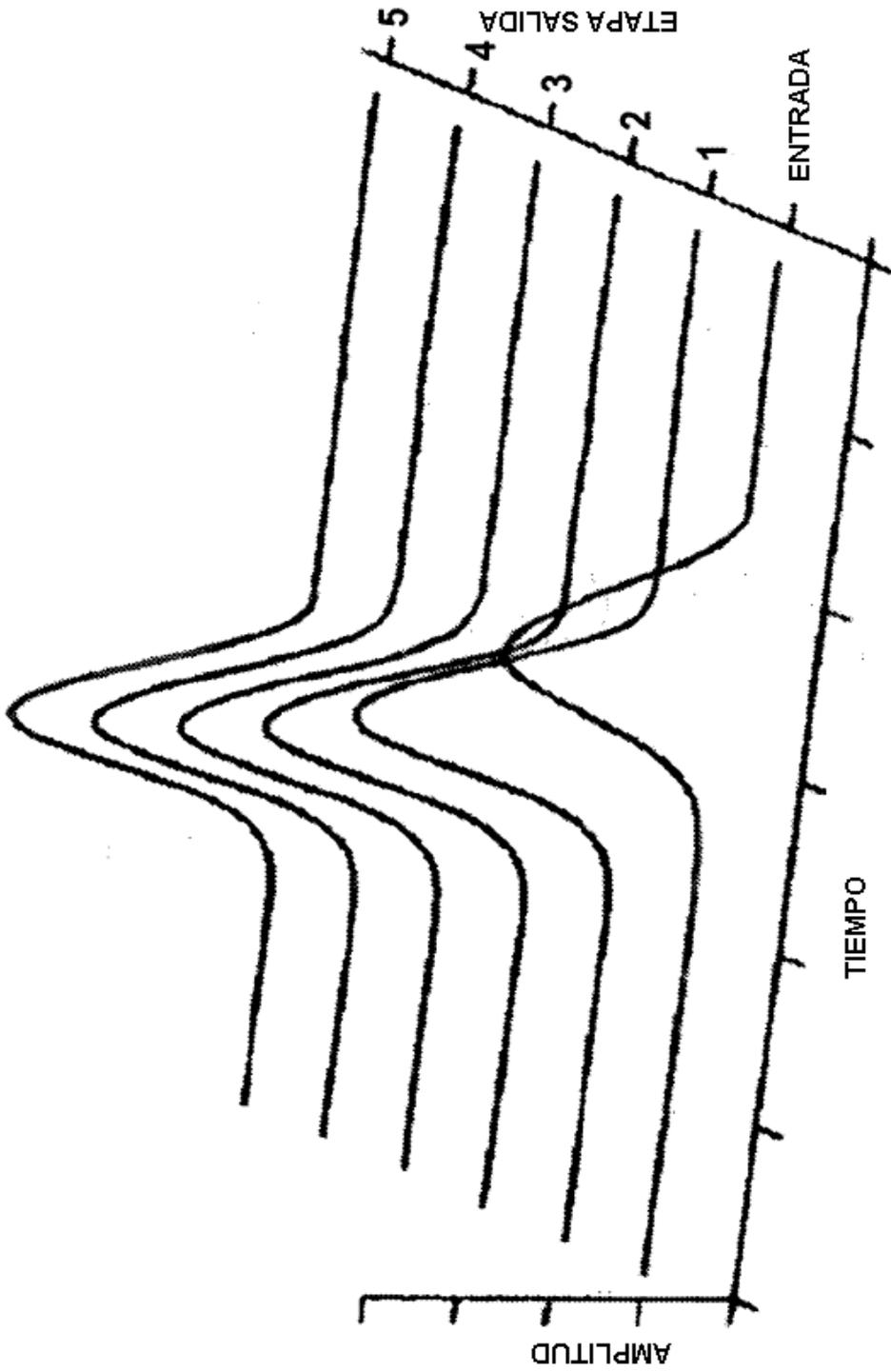
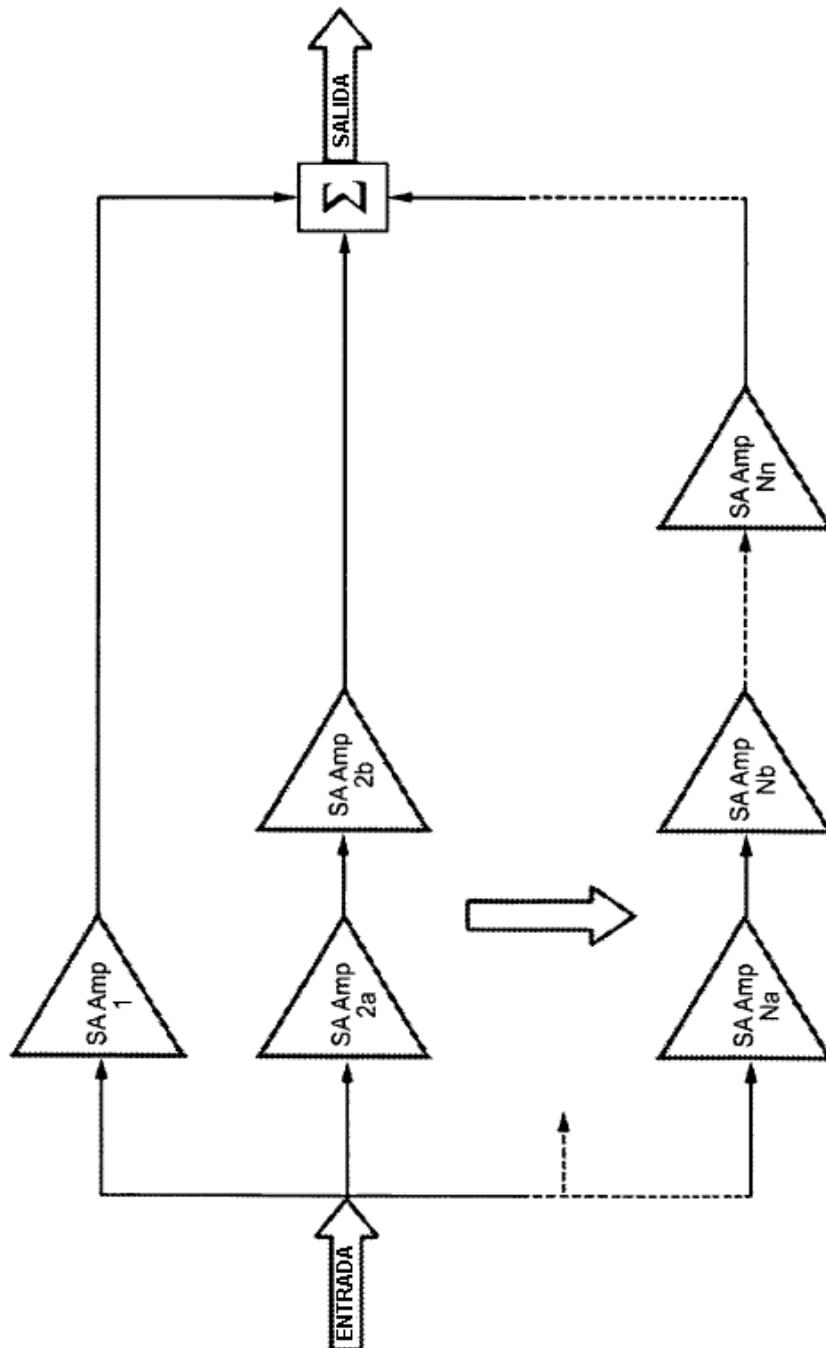


Fig. 11



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citado en la descripción

- US 5291156 A, Arntz [0007]
- US 20050127996 A, Jelonnek [0008]
- US 6456950 B [0009]
- US 6587064 B [0009]
- US 6466604 B [0010]
- US 6222673 B [0010]
- US 6081379 A [0010]
- US 4853933 A [0010]
- US 5945861 A [0011]
- US 6154079 A [0011]
- US 5957854 A [0012]
- US 5651037 A [0013]

10 **Bibliografía no de patentes citada en la descripción**

- **BRILLOUIN L.** Wave Propagation and Group Velocity. Academic Press, 1960 [0036]