

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 380**

51 Int. Cl.:
B60S 1/08 (2006.01)
G01N 27/22 (2006.01)
H01Q 1/12 (2006.01)
H01Q 1/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08712927 .6**
96 Fecha de presentación: **03.01.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2109556**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.10.2009**

54 Título: **SENSOR DE LLUVIA CON SENSORES/CONDENSADORES BASADOS EN FRACTALES RECONFIGURABLES DE MANERA SELECTIVA.**

30 Prioridad:
31.01.2007 US 700251

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.03.2012

73 Titular/es:
**GUARDIAN INDUSTRIES CORP.
2300 HARMON ROAD
AUBURN HILLS, MI 48326-1714, US**

72 Inventor/es:
VEERASAMY, Vijayen, S.

74 Agente/Representante:
Fàbrega Sabaté, Xavier

ES 2 376 380 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

Sensor de lluvia con sensores/condensadores basados en fractales reconfigurables de manera selectiva

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un sistema para detectar la presencia de lluvia y/o las perturbaciones o presencia de otros materiales en una(s) lámina(s) de vidrio como un parabrisas de vehículo, una luneta trasera, o un techo solar. En determinadas formas de realización de ejemplo no limitativas, una pluralidad de condensadores de detección es soportada por una ventana como un parabrisas de vehículo, teniendo cada condensador un campo diferente. Un circuito de detección envía una señal analógica que se basa en y/o se relaciona con las capacitancias de los condensadores de detección. En determinadas formas de realización de ejemplo, se proporciona un circuito de conmutación para conmutar selectivamente entre diferentes condensadores de detección o diferentes combinaciones de los mismos, para cambiar el campo de detección que se está analizando y/o cambiar la característica que se está buscando. Por ejemplo, en determinadas formas de realización de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: (a) un(os) condensador(es) para detectar la lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un(os) condensador(es) para detectar uno o más de hielo en una superficie exterior de la ventana, niebla en una superficie exterior de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana.

20 ANTECEDENTES Y RESUMEN LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO DE LA INVENCION

La presencia de humedad (p. ej., lluvia o condensación) y/u otros materiales o residuos en los parabrisas y/o en las lunetas traseras de vehículo puede crear condiciones de conducción peligrosas para los conductores, pasajeros, y peatones si no se eliminan rápidamente. Las escobillas de limpiaparabrisas son una forma común y conocida para eliminar esos materiales y reducir los peligros de la conducción en condiciones peligrosas. Se han desarrollado sensores de lluvia para detectar la presencia de humedad (p. ej., lluvia u otra condensación) en el parabrisas de un vehículo, y para activar y desactivar los limpiaparabrisas, según resulte necesario, cuando se detecta esa humedad. Detectar automáticamente la lluvia, aguanieve, niebla, y similares, y tomar las medidas adecuadas - por ejemplo, activar/desactivar las escobillas del limpiaparabrisas a una velocidad adecuada - reduce potencialmente las distracciones del conductor, permitiendo al conductor concentrarse mejor en la carretera. Sin embargo, activar/desactivar de manera inapropiada los limpiaparabrisas o no accionar los limpiaparabrisas cuando existe humedad puede crear también condiciones peligrosas. Además, esos sistemas también son susceptibles de distracciones "por suciedad" que pueden causar falsas lecturas/barridos cuando hay suciedad en el parabrisas.

Determinados sensores de lluvia convencionales se basan en un concepto electro-óptico. Según determinadas de esas técnicas, las gotas de lluvia son detectadas sólo midiendo el cambio en la reflexión interna total de un haz de luz fuera de la interfaz vidrio-aire. Otras técnicas electro-ópticas han intentado analizar el brillo de una sección de una "imagen" de la ventana para detectar gotas de lluvia o niebla en una ventana. Sin embargo, estas técnicas ópticas tienen zonas de detección limitadas, son bastante caras, y pueden resultar en indicaciones de detección erróneas debido al uso de imágenes ópticas como único procedimiento de detección. EP-A 1306276 muestra el preámbulo de la reivindicación 1 y de la reivindicación 11.

Por lo tanto, debe entenderse que existe una necesidad en la técnica de un sensor de humedad (p. ej., lluvia) que sea eficaz en el funcionamiento y/o en la detección.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, una pluralidad de condensadores de detección es soportada por una ventana, como un parabrisas de vehículo, teniendo cada condensador un campo diferente. Un circuito de detección envía una señal analógica que se basa en y/o se relaciona con las capacitancias de los condensadores de detección. En determinadas formas de realización de ejemplo, se proporciona un circuito de conmutación para conmutar selectivamente entre diferentes condensadores de detección o diferentes combinaciones de los mismos (o incluso posiblemente antenas y/o bandas), para cambiar el campo de detección que se está analizando y/o cambiar la característica que se está buscando. Por ejemplo, en determinadas formas de realización de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: (a) un(os) condensador(es) para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un(os) condensador(es) para detectar uno o más de hielo en una superficie exterior de la ventana, niebla en una superficie exterior de la ventana, o humedad en una superficie interior de la ventana. Esas formas de realización pueden utilizarse o no en combinación con cualquier otra forma de realización de esta invención analizada en este documento.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende una pluralidad de condensadores de detección soportada por una ventana de vehículo, siendo sensible uno o más de los condensadores de detección a la humedad en una superficie exterior de la ventana y que incluye unos electrodos de condensador separados primero y segundo que son sustancialmente coplanares; y un circuito de conmutación para acoplar selectivamente la pluralidad de condensadores de detección a un sistema de circuitos de lectura del sensor de lluvia.

En otras formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un dispositivo electrónico (p. ej., sensor de lluvia, sistema de antenas, o similares) que comprende: un circuito de detección que comprende una pluralidad de estructuras fractales diferentes, y un circuito de conmutación para acoplar selectivamente estructuras fractales diferentes o combinaciones de estructuras fractales a un sistema de circuitos de lectura. Las estructuras fractales pueden ser sensores capacitivos, antenas con diferentes bandas, o similares en diferentes casos de ejemplo.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende por lo menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie exterior de una ventana; un sumador que recibe, directa o indirectamente, un señal analógica de salida del circuito de detección y que determina una diferencia entre la señal de salida analógica del circuito de detección y una señal de retroalimentación; un cuantificador que incluye un comparador aguas abajo del sumador que emite una secuencia de bits en base a por lo menos si un nivel de señal recibida es superior o inferior a un umbral predeterminado; un filtro digital pasa bajo aguas abajo del cuantificador para un filtrado pasa bajo del flujo de bits para emitir una señal digital filtrada; y un motor de correlación que lleva a cabo la correlación en la señal digital filtrada para determinar si hay presencia de lluvia en la superficie exterior de la ventana. En determinados casos de ejemplo, puede decirse que este sistema utiliza una modulación sigma-delta en la conversión de señal analógica a digital.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para determinar si hay presencia de humedad en una superficie exterior de una ventana de vehículo, comprendiendo el procedimiento: recibir una señal en relación con por lo menos un condensador de detección, y procesar la señal para obtener una huella de señal; y comparar la huella de señal con una o más huellas de señal predeterminadas almacenadas en memoria para determinar si un material detectado en la superficie exterior del vehículo es humedad o algún otro material.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: por lo menos un condensador de detección soportado por una ventana, siendo sensible el condensador de detección a la lluvia en una superficie exterior de la ventana; y en el que el condensador de detección comprende una geometría fractal.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: por lo menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie exterior de una ventana; y comprendiendo el primer condensador de detección unos electrodos de condensador primero y segundo con una forma sinuosa, y en el que los electrodos de condensador primero y segundo son sustancialmente paralelos entre sí.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende por lo menos unos condensadores de detección primero y segundo sensibles a la humedad en una superficie exterior de una ventana; comprendiendo adicionalmente el circuito de detección por lo menos un condensador imitador que imita por lo menos la carga y/o la descarga de por lo menos uno de los condensadores de detección primero y segundo; en el que un pulso de escritura hace que por lo menos el primer condensador de detección se cargue, y un pulso de borrado hace que el primer condensador de detección y el condensador imitador sustancialmente se descarguen; en el que la presencia de lluvia en la superficie exterior de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección hace que un voltaje en un electrodo de salida del condensador imitador fluctúe de manera proporcional a la fluctuación del voltaje en un electrodo de salida del primer condensador de detección, aunque no haya presencia de lluvia en un campo del condensador imitador; y en el que la lluvia se detecta en base a una señal de salida del electrodo de salida del condensador imitador, en el que la señal de salida se lee por lo menos entre un final de un pulso de escritura y un comienzo del pulso de borrado.

En otras formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para detectar la lluvia en una superficie de una ventana, comprendiendo el procedimiento: suministrar unos pulsos de escritura espaciados primero y segundo que hacen respectivamente que los condensadores de detección primero y segundo de un circuito de detección se carguen, en el que el primer condensador de detección se carga cuando el segundo condensador de detección está sustancialmente descargado, y el segundo condensador de detección se carga cuando el primer condensador de detección está sustancialmente descargado, de manera que los condensadores de detección primero y segundo se cargan en momentos diferentes; siendo cada uno de los condensadores de detección primero y segundo sensibles a la humedad en la superficie de la ventana; suministrar un primer pulso de borrado entre los tiempos de los pulsos de escritura primero y segundo, haciendo el primer pulso de borrado que el primer condensador de detección sustancialmente se descargue, y suministrar un segundo pulso de borrado tras el segundo pulso de escritura en el que el segundo pulso de borrado hace que el segundo condensador de detección sustancialmente se descargue; en el que una magnitud de una salida del circuito detección se ve afectada por la presencia de lluvia en la superficie de la ventana; y convertir un señal analógica de salida del circuito detección en una señal digital y en base a la señal digital, determinar si hay presencia de lluvia en la superficie de la ventana.

5 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: por lo menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie exterior de una ventana, incluyendo el condensador de detección un primer electrodo de condensador que recibe una señal de carga y un segundo electrodo de condensador espaciado del primer electrodo de condensador; y en el que el segundo electrodo de condensador es flotante de manera que el condensador de detección está aislado de tierra. Se ha descubierto que la característica flotante es ventajosa en que permite reducir o evitar falsas lecturas debido a la EMI o a objetos externos (p. ej., una mano humana).

10 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para detectar la presencia de humedad (p. ej., lluvia, rocío, niebla, o similares) en una ventana de vehículo, comprendiendo el procedimiento: recibir datos referentes a por lo menos dos condensadores soportados por la ventana de vehículo; autocorrelacionar los datos referentes a cada condensador para obtener datos autocorrelacionados; y determinar, en base a por lo menos dichos datos autocorrelacionados, si hay presencia de humedad en una superficie exterior de la ventana de vehículo. En determinadas formas de realización de ejemplo, los datos referentes a los por lo menos dos condensadores se reciben del sistema de circuitos que recibe y/o lee los datos de capacitancia de los por lo menos dos condensadores. En determinadas formas de realización de ejemplo, los datos referentes a los por lo menos dos condensadores se emiten desde el sistema de circuitos que: (a) recibe y/o lee los datos y/o las señales de los por lo menos dos condensadores, y/o (b) incluyen un(os) condensador(es) u otro(s) elemento(s) de circuito que imita(n) o sustancialmente imita(n) la carga y/o la descarga de los por lo menos dos condensadores. En determinadas formas de realización de ejemplo, la autocorrelación puede utilizarse como etapa inicial para determinar si hay presencia de agua en la ventana. Sin embargo, es posible que la autocorrelación pueda también detectar la presencia de otros materiales (p. ej., polvo o suciedad) en la ventana porque las firmas de correlación de estos materiales pueden ser diferentes.

25 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de humedad (p. ej., sensor de lluvia) para detectar la presencia de humedad en una ventana de vehículo, comprendiendo el sensor de humedad: uno, dos o más condensadores; unos medios para autocorrelacionar los datos de uno, dos, tres, más, o todos los condensadores para obtener datos autocorrelacionados; y unos medios para determinar, en base a por lo menos dichos datos autocorrelacionados, si hay presencia de humedad en la ventana de vehículo.

30 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, pueden llevarse a cabo la correlación cruzada de datos de los por lo menos dos condensadores para correlacionar datos de diferentes condensadores para obtener datos de correlación cruzada. A continuación, en base a por lo menos los datos de correlación cruzada, puede determinarse un tipo y/o una cantidad de humedad. Los datos de correlación cruzada pueden utilizarse además o en cambio para determinar si el material detectado mediante la autocorrelación es un material distinto de la humedad, como polvo o suciedad, y de en caso afirmativo no accionar entonces los limpiaparabrisas. En determinadas formas de realización de ejemplo, puede llevarse a cabo la correlación cruzada después de la autocorrelación cuando se cumplen determinadas condiciones. A modo de ejemplo, puede llevarse a cabo la correlación cruzada para determinar si la humedad en la ventana es de lluvia ligera, lluvia fuerte, niebla, aguanieve, nieve, o hielo (un tipo de humedad).

45 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, los datos autocorrelacionados del condensador (o de los condensadores) pueden comprobarse para valores negativos. Cuando los datos autocorrelacionados tienen valor(es) negativo(s), entonces el procedimiento o sistema puede indicar que no está lloviendo y/o puede no accionar los limpiaparabrisas.

50 Además, en determinadas formas de realización de ejemplo, el procedimiento o sistema puede calcular si un gradiente de una curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados es superior a uno o algún otro valor predeterminado; y si no lo es, entonces el procedimiento o sistema puede indicar que no está lloviendo, detener los limpiaparabrisas si estuvieran en movimiento, y/o no accionar los limpiaparabrisas del vehículo.

55 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, el procedimiento o sistema puede determinar si la forma de la huella de señal o curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados es diferente de una huella de señal o curva de autocorrelación predeterminada asociada con datos de autocorrelación no perturbados normalizados. Cuando no son diferentes o sustancialmente diferentes, entonces puede indicarse que no está lloviendo, pueden detenerse los limpiaparabrisas si hubieran estado en movimiento, y/o pueden no accionarse los limpiaparabrisas. Aunque las huellas se basan en datos de autocorrelación en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, en determinados casos pueden utilizarse en su lugar otros tipos de huellas.

60 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, las condiciones comprobadas en la función de autocorrelación incluyen (i) el gradiente de la función de autocorrelación normalizada (p. ej., cuando no hay ninguna perturbación del valor absoluto del gradiente es la unidad y cambia con la perturbación), (ii) el signo de la función de autocorrelación (p. ej., con una radio CB encendida o con una mano humana en el parabrisas los valores son oscilatorios con partes positivas y negativas), y (iii) la forma de la función de autocorrelación como función del tiempo de periodo también puede utilizarse como una firma o huella para distinguir la lluvia de otras perturbaciones, y esta

5 forma puede utilizarse también para distinguir entre diferentes matices de lluvia o contenido de agua. De esta manera, en determinados casos de ejemplo, se lleva a cabo la correlación cruzada de datos de por lo menos dos condensadores sólo cuando se cumplen una, dos o todas las condiciones siguientes: (a) los datos autocorrelacionados no tienen valores negativos; (b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociada con dichos datos autocorrelacionados es superior a uno; y (c) la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados (p. ej., la huella de señal) es diferente a una curva de autocorrelación predeterminada asociada con datos de autocorrelación no perturbados normalizados (p. ej., huella predeterminada). De manera alternativa, (c) puede sustituirse con (c') la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados (p. ej., la huella de señal) coincide o sustancialmente coincide con una curva de autocorrelación predeterminada (p. ej., la huella de señal predeterminada) asociada con un patrón de humedad conocido. En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, puede determinarse un nivel de simetría de una curva de correlación cruzada asociada con los datos de correlación cruzada.

10 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, es posible comparar la autocorrelación entre diversos condensadores. En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, puede utilizarse una comparación de este tipo para indicar al sistema si debe iniciarse un barrido si hay presencia de agua en la ventana cuando se enciende el sistema sensor.

15 En determinadas formas de realización de ejemplo, una matriz de condensadores de detección puede incluir por lo menos n condensadores de detección, donde n puede ser dos, cuatro, diez o cualquier otro número adecuado. La matriz puede ser cualquier tipo de matriz como una matriz lineal, cualquiera de las matrices mostradas en las figuras, o cualquier otro tipo de matriz. Puede llevarse a cabo la autocorrelación de datos de y/o relacionados con todos o menos que todos los condensadores de detección para obtener los datos autocorrelacionados.

20 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, los condensadores se forman en base a un patrón fractal. Por ejemplo y sin limitación, uno o más de los condensadores pueden formarse en base a un patrón fractal, como un patrón fractal de Hilbert. También pueden utilizarse otros patrones fractales capacitivos, que incluyen pero no se limitan a un conjunto de Cantor. Estas estructuras fractales maximizan o amplían la periferia y resultan así en una gran capacitancia para una zona dada. El uso de diseños fractales bidimensionales también permite que el sensor ocupe una pequeña cantidad de espacio físico en la ventana al tiempo que es eléctricamente más grande que su tamaño físico. La concentración de flujo lateral en una geometría fractal también puede permitir al sensor detectar lluvia/agua no necesariamente extendida por el área física real del sensor en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Además, en su(s) mayor(es) iteración(es) un(os) condensador(es) fractal(es) tiene(n) un atributo de ser su propia jaula de Faraday o jaula de cuasi-Faraday. Además, en determinadas formas de realización de ejemplo, el sensor de lluvia puede conectarse eléctricamente a un Bus de Interconexión Local del vehículo.

25 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para detectar la presencia de humedad en una ventana de vehículo como un parabrisas, luneta trasera o techo solar, comprendiendo el procedimiento: recibir datos de por lo menos dos condensadores soportados por la ventana de vehículo; correlacionar los datos de uno o más de los condensadores para obtener datos correlacionados; determinar, en base a por lo menos dichos datos correlacionados, (a) si hay presencia de humedad en una superficie exterior de la ventana de vehículo y/o (b) un tipo y/o la cantidad de material presente en una superficie exterior de la ventana de vehículo. Por ejemplo y sin limitación, la correlación puede ser una autocorrelación y/o una correlación cruzada.

30 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para accionar el/los limpiaparabrisas del vehículo en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el procedimiento la lectura de datos de una matriz capacitiva con por lo menos dos condensadores; autocorrelacionar los datos de cada condensador individualmente; determinar a partir de los datos de autocorrelación si está lloviendo; llevar a cabo la correlación cruzada de los datos de los condensadores; determinar a partir de los datos de correlación cruzada un tipo y/o una cantidad de lluvia; accionar los limpiaparabrisas si se detecta lluvia; y, detener o no accionar los limpiaparabrisas si una o ambas de las etapas determinantes determina que no está lloviendo. En determinadas formas de realización de ejemplo, puede determinarse un nivel de simetría de la curva de correlación cruzada, y puede seleccionarse una velocidad de limpiaparabrisas relacionada con el nivel de simetría. En determinados casos de ejemplo puede seleccionarse una velocidad de limpiaparabrisas de una pluralidad de velocidades de limpiaparabrisas predeterminadas. En algunas formas de realización de ejemplo, sólo se inicia un único barrido para condiciones límite detectadas en una o ambas etapas determinantes.

35 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento para accionar los limpiaparabrisas de un vehículo en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el procedimiento la lectura de datos de una matriz capacitiva con por lo menos dos condensadores; comparar matemáticamente los datos de cada condensador individualmente (p. ej., por autocorrelación); determinar a partir de los datos de condensador individuales comparados matemáticamente si está lloviendo; comparar matemáticamente los datos de condensadores diferentes (p. ej., por correlación cruzada); determinar a partir de los datos de condensador diferentes comparados matemáticamente un tipo y/o una cantidad de lluvia; accionar los limpiaparabrisas si se

detecta lluvia; y, detener o no accionar los limpiaparabrisas si una o ambas etapas determinantes determina que no está lloviendo.

5 En determinadas formas de realización de ejemplo, puede utilizarse un modulador sigma-delta u otro software o circuito adecuado para llevar a cabo una conversión de analógico a digital (A/D) de los datos de la matriz capacitiva. Además, en determinadas formas de realización de ejemplo, un software u otro tipo de comparador puede llevar a cabo por lo menos uno de comprobar los datos de autocorrelación por valores negativos, calcular si un gradiente de datos de autocorrelación es superior a uno, y/o intentar ajustar o sustancialmente ajustar una forma de los datos de autocorrelación con los datos de autocorrelación almacenados en una base de datos. En determinados casos, el motor de correlación calcula las correlaciones cruzadas cuando se cumplen todas las condiciones sometidas a ensayo por el comparador.

10 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un sistema o procedimiento para accionar los limpiaparabrisas del parabrisas en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el sistema (o procedimiento) una matriz capacitiva con por lo menos dos condensadores; un sistema de circuitos que lee los datos de capacitancia del matriz capacitiva; un motor de correlación o correlador que autocorrelaciona los datos del sistema de circuitos para determinar la existencia de lluvia, y lleva a cabo la correlación cruzada de los datos del sistema de circuitos para determinar un tipo y/o una cantidad de lluvia si se determina que existe lluvia; y un motor de limpiaparabrisas que es capaz de recibir una señal para ordenar si los limpiaparabrisas deben moverse o detenerse. En determinadas formas de realización de ejemplo, se calcula un nivel de simetría de una curva de correlación cruzada, y el motor de limpiaparabrisas puede seleccionar una velocidad de limpiaparabrisas relacionada con el nivel de simetría.

15 En determinadas formas de realización de ejemplo, un sensor de lluvia comprende por lo menos dos dispositivos de detección (p. ej., condensadores de detección o similares) que se ven afectados por la lluvia en una superficie de una ventana; un sistema de circuitos que proporcionan una salida relacionada con los dispositivos de detección; y por lo menos un motor de correlación que (a) autocorrelaciona la información de dicho sistema de circuitos para determinar si hay presencia de lluvia, y/o (b) lleva a cabo la correlación cruzada de la información de dicho sistema de circuitos para determinar la velocidad con que debe accionarse por lo menos un limpiaparabrisas de un vehículo y/o una cantidad de lluvia.

20 En determinadas formas de realización de ejemplo, se proporciona un procedimiento o sistema para accionar un(os) limpiaparabrisas de ventana en respuesta a la lluvia detectado y comprende una matriz capacitiva con por lo menos dos condensadores; un sistema de circuitos que lee los datos de capacitancia de la matriz capacitiva; un algoritmo que determina matemáticamente la existencia de lluvia en la ventana en base a los datos del sistema de circuito, y cuantifica matemáticamente un tipo y/o una cantidad de lluvia si se determina que existe lluvia; y, un motor de limpiaparabrisas capaz de recibir un(as) señal(es) que ordena(n) si el/los limpiaparabrisas debe(n) moverse o detenerse.

25 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Estas y otras características y ventajas se entenderán mejor y de manera más completa haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de las formas de realización de ejemplo ilustrativas junto con los dibujos, de los cuales:

30 La FIGURA 1(a) es un diagrama de bloques de los componentes de un sensor de lluvia de ejemplo según una forma de realización de ejemplo de esta invención.

La FIGURA 1(b) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia según una forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

35 La FIGURA 1(c) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia según otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

La FIGURA 1(d) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia según otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

40 La FIGURA 1(e) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia según otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

La FIGURA 1(f) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia según otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

45 La FIGURA 2A es un patrón optimizado de ejemplo para una matriz capacitiva de cuadrante en base a fractales de Hilbert, donde esos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como una matriz de sensores en las formas de realización de una o más de las Figs. 1(a) 1(f) y 4-12 por ejemplo.

La FIGURA 2B es otro patrón optimizado de ejemplo para una matriz capacitiva de cuadrante, donde esos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como una matriz de sensores en las formas de realización de una o más de las Figs. 1(a)-1(f) y 4-12 por ejemplo.

50 La FIGURA 3 es un dibujo ampliado de todavía otra matriz capacitiva de cuadrante de ejemplo, donde esos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como una matriz de sensores en las formas de realización de una o más de las Figs. 1(a)-1(f) y 4-12, por ejemplo.

- La FIGURA 4 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye el sistema de circuitos de ejemplo utilizado para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura, para su uso en una o más de las formas de realización de las Figs. 1(a)-1(f) y 5-12 por ejemplo.
- 5 La FIGURA 5 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye el sistema de circuitos de ejemplo utilizado para un pulso de reloj de borrado en la electrónica de lectura, para su uso en una o más de las formas de realización de las Figs. 1(a)-1(f) y 6-12 por ejemplo.
- La FIGURA 6 es un diagrama de temporización de ejemplo derivado del sistema de circuitos de lectura de las Figs. 4-5.
- 10 La FIGURA 7 es un diagrama de flujo o diagrama de estado de ejemplo que muestra cómo los datos de autocorrelación y de correlación cruzada pueden utilizarse para controlar los limpiaparabrisas según una forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizarse junto con una o más de las Figs. 1-6 y 8-12.
- La FIGURA 8 es un diagrama de flujo de ejemplo que muestra cómo los datos de autocorrelación y correlación cruzada pueden utilizarse para controlar los limpiaparabrisas según una forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizarse junto con una o más de las Figs. 1-7 y 9-12.
- 15 La FIGURA 9 es una vista estilizada de ejemplo de cómo una gota de lluvia podría desplazarse a través de un parabrisas.
- La FIGURA 10 es un gráfico que dibuja valores máximos obtenidos experimentalmente de ejemplo de autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones.
- 20 La FIGURA 11A es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de lluvia pesada.
- La FIGURA 11B es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de una niebla ligera.
- La FIGURA 11C es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de interferencias de radio CB.
- 25 La FIGURA 11D es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de un cuerpo puesto a tierra con un voltaje.
- La FIGURA 12A es una matriz de correlación de ejemplo indicativa de lluvia ligera.
- La FIGURA 12B es una matriz de correlación de ejemplo indicativa de lluvia fuerte.
- 30 La FIGURA 13 es un ejemplo de autocorrelación según una forma de realización de ejemplo de esta invención.
- La FIGURA 14 es un diagrama que presenta los datos de correlación cruzada de ejemplo de los condensadores C1, C2 según ejemplos de determinadas formas de realización de esta invención.
- La FIGURA 15 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 35 La FIGURA 16 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- La FIGURA 17 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 40 La FIGURA 18 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- La FIGURA 19 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 45 La FIGURA 20 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 50 La FIGURA 21 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- La FIGURA 22 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 55 La FIGURA 23 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- 60 La FIGURA 24 es un gráfico de correlación cruzada, que dibuja los valores de correlación cruzada frente a los tiempos de periodo (los tiempos de periodo son en términos de microsegundos en el dominio temporal) según un ejemplo de esta invención, utilizando determinadas señales de la Fig. 14.
- La FIGURA 25 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de circuitos y/o el procesamiento de señales según una forma de realización de ejemplo de esta invención donde un condensador de detección (p. ej., C1) está presente, incluyendo modulación sigma-delta.

La FIGURA 26 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de circuitos y/o el procesamiento de señales según una forma de realización de ejemplo de esta invención donde una pluralidad de condensadores (p. ej., C1-C4) están presentes, incluyendo modulación sigma-delta.

5 La FIGURA 27 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta según una forma de realización de ejemplo de esta invención; llevándose a cabo este procesamiento en un sistema de circuitos, firmware y/o software.

Las FIGURAS 28(a) Y 28(b) son diagramas esquemáticos que ilustran las ventajas de utilizar electrodos flotantes para los condensadores de detección (p. ej., C1-C4) según determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención.

10 La FIGURA 29 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta según otra forma de realización de ejemplo de esta invención; llevándose a cabo este procesamiento en un sistema de circuitos, firmware y/o software.

La FIGURA 30 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta según todavía otra forma de realización de ejemplo de esta invención; llevándose a cabo este procesamiento en un sistema de circuitos, firmware y/o software.

15 La FIGURA 31 ilustra un circuito de conmutación que puede utilizarse junto con cualquiera de las demás formas de realización de esta invención, para conmutar selectivamente entre diferentes condensadores de detección para cambiar el campo de detección que se está analizando y/o cambiar la característica que se está buscando.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO DE LA INVENCION

20 En relación a continuación más concretamente a los dibujos adjuntos en los que números de referencia iguales indican partes iguales en las distintas vistas.

25 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se proporciona un procedimiento y/o un sistema sensor de la humedad (p. ej., la lluvia) e incluye la detección en base a la capacitancia que traduce una señal de entrada física (p. ej., la presencia de una gota de agua en un parabrisas, o similar) a una señal de voltaje eléctrico digital que es recibida e interpretada por un(os) programa(s) de software o circuito(s) que decide(n) si deben activarse los limpiaparabrisas del parabrisas, y, de ser así, opcionalmente su velocidad adecuada. De esta manera, se utiliza el acoplamiento capacitivo para detectar agua y/u otro material en la superficie exterior de una ventana como un parabrisas de vehículo, techo solar, y/o lunetas traseras. Debe entenderse que los procedimientos computacionales pueden llevarse a cabo mediante un hardware o una combinación de hardware y software en diferentes formas de realización de ejemplo de esta invención. En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, no se necesita ningún condensador o capacitancia de referencia (es decir, no se necesita ningún condensador de compensación).

35 En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, una pluralidad de condensadores de detección es soportada por una ventana, como un parabrisas de vehículo, teniendo cada condensador un campo diferente. Un circuito de detección envía una señal analógica que se basa en y/o se relaciona con las capacitancias de los condensadores de detección. En determinadas formas de realización de ejemplo, se proporciona un circuito de conmutación para conmutar selectivamente entre diferentes condensadores de detección o diferentes combinaciones de los mismos (o incluso posiblemente antenas y/o bandas), para cambiar el campo de detección que se está analizando y/o cambiar la función que se está buscando (p. ej., véase las Figs. 4, 5, 26 y 31). Por ejemplo, en determinadas formas de realización de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutarse selectivamente entre: (a) condensador(es) para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) condensador(es) para detectar uno o más de hielo en una superficie exterior de la ventana, niebla en una superficie exterior de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana. Estas formas de realización pueden utilizarse o no en combinación con cualquier otra(s) forma(s) de realización de esta invención analizada(s) en este documento.

40 [0076] Determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención aprovechan la ventaja de una ecuación de permitividad, lo que da una cantidad física que describe cómo un campo eléctrico afecta y se ve afectado por un medio. Una ecuación de permitividad básica de ejemplo es:

$$D = \epsilon_0 E + P,$$

donde D es el flujo eléctrico, ϵ_0 es la constante dieléctrica de un vacío, E es un campo eléctrico (p. ej., la configuración de voltaje entre placas o electrodos dividida por la distancia, o V/m), y P es la polarización. La polarización P puede además describirse matemáticamente como:

$$P = \epsilon_r \epsilon_0 E,$$

55 donde ϵ_r es la permitividad relativa (p. ej., la constante dieléctrica del agua, hielo, suciedad o cualquier otra cosa que pudiera estar en una superficie exterior de una ventana como un parabrisas). En general, un valor alto de ϵ_r corresponderá a una polarizabilidad alta. La permitividad del vidrio es aproximadamente 8, y la permitividad del agua

es aproximadamente 85. Por sustitución y factorización, la ecuación de permitividad puede reescribirse entonces como:

$$D = \epsilon_0(\epsilon_r + 1)E .$$

En esta forma, debe entenderse que D es la respuesta a la excitación E .

La capacitancia C viene dada por $C=Q/V$, donde Q es la carga y V es el potencial, en voltios. Además, $C=\Phi/V$, donde Φ es el flujo eléctrico asociado con la carga Q . Por la Ley de Gauss:

$$\Phi = \oint_S E \cdot dA ,$$

donde dA es el área de un cuadrado diferencial en la superficie cerrada S . Por sustitución, se pone entonces de manifiesto que la capacitancia se relaciona con la diferencia de potencial:

$$C = \int D dA / V .$$

Estas ecuaciones forman la base de una técnica de ejemplo para medir la interacción del agua en el vidrio utilizando un sensor con una matriz capacitiva para sondear por encima de la ventana (p. ej., el vidrio). En particular, pueden utilizarse los datos de un sensor que incluye por lo menos uno, dos o más condensador(es) (p. ej., C1, C2, C3, etc.) para detectar si hay presencia de humedad (p. ej., lluvia, o similar) en una superficie exterior de una ventana como un parabrisas o luneta trasera de vehículo. Las ecuaciones anteriores ilustran que la presencia de agua en la superficie de una ventana puede afectar a la capacitancia de un condensador de detección situado correctamente.

La Fig. 1(a) es un diagrama de bloques de componentes de ejemplo de un sensor de humedad (p. ej., lluvia) según una forma de realización de ejemplo de esta invención. La fuente de alimentación 10 se conecta a la electrónica de lectura 12 que puede incluir uno o más de hardware, firmware, y/o software. Como se describirá en mayor detalle más adelante, el sensor incluye uno o más condensadores para componer un sensor capacitivo 5 en determinadas formas de realización de ejemplo. Aunque pueden utilizarse diferentes tipos de condensadores, pueden utilizarse condensadores cada uno con un par de electrodos aproximadamente coplanares dispuestos en un patrón fractal en el sensor en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. En determinadas formas de realización de ejemplo, un patrón fractal puede dividirse en una matriz capacitiva. Los datos de y/o relacionados con el(los) condensador(es) de detección del sensor capacitivo 5 son recibidos y leídos por la electrónica de lectura 12 que puede estar compuesta por uno o más de hardware, firmware y/o software. La electrónica de lectura 12 captura el ruido eléctrico y lo convierte en señal(es) digital(es). Esta(s) señal(es) digital(es) se pasa(n) al módulo de cálculo 14 (que puede estar compuesto por uno o más de hardware, firmware y/o software) que determina qué medidas deben tomar los limpiaparabrisas. Por ejemplo, los limpiaparabrisas podrían iniciar un único barrido, barridos a baja velocidad, barridos a alta velocidad, etc., en base a los datos analizados de y/o relacionados con el sensor capacitivo. También puede hacerse que los limpiaparabrisas se desactiven, disminuyan/aumenten la velocidad a la que están limpiando, etc., en base a los datos analizados de y/o relacionados con el sensor capacitivo. El motor del sistema de control de los limpiaparabrisas 16 recibe instrucciones del módulo de cálculo 14 y dirige los limpiaparabrisas 18 para que tomen las medidas adecuadas.

En determinadas formas de realización de ejemplo, el sensor capacitivo 5 interactúa con un Bus de Interconexión Local (bus LIN) de un vehículo. Un bus LIN (no mostrado) es por lo general un bus serie al que se conectan los dispositivos esclavos de un automóvil. Un bus LIN por lo general ejecuta un apretón o apretones de manos con los dispositivos esclavos para garantizar que, por ejemplo, están conectados y son funcionales. Además, un bus LIN puede proporcionar otra información a los dispositivos esclavos, como, por ejemplo, la hora actual.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, el sensor capacitivo 5 incluye una pluralidad de condensadores en forma de cualquier matriz adecuada.

La Fig. 1(b) es una vista en sección transversal de una ventana de vehículo que incluye un sensor de humedad según una forma de realización de ejemplo de esta invención. Un parabrisas del vehículo incluye un sustrato de vidrio interior 1 y un sustrato de vidrio exterior 2 que se laminan juntos a través de una capa intermedia que incluye un polímero 3 de un material como butiral de polivinilo (PVB) o similar. Puede proporcionarse un recubrimiento de baja E (de baja emisividad) opcional 4 en la superficie interior del sustrato vidrio exterior 2 (o incluso en la superficie del sustrato 1) en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Un recubrimiento de baja E 4 por lo general incluye por lo menos una capa reflectante de IR fina de un material como plata, oro o similar intercalada entre por lo menos unas capas dieléctricas primera y segunda de un material como nitrato de silicio, óxido de estaño, óxido de zinc, o similares. Recubrimientos de baja E de ejemplo 4, a efectos de ejemplo y sin

limitación, se describen en las patentes U.S. n^{os} 6.686.050, 6.723.211, 6.782.718, 6.749.941, 6.730.352, 6.802.943, 4.782.216, 3.682.528, y 6.936.347, cuyas divulgaciones se incorporan de este modo en este documento por referencia.

5 La Fig. 1(b) ilustra un condensador de ejemplo del sensor capacitivo. Aunque el sensor capacitivo de la Fig. 1(a) por lo general incluye una pluralidad de condensadores en una matriz, sólo un condensador del sensor se muestra en la Fig. 1(b) para fines de simplicidad. Los demás condensadores son similares en sección transversal al mostrado en la Fig. 1(b) en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. El condensador de ejemplo (C1, C2, C3 o C4) del sensor capacitivo mostrado en la Fig. 1(b) incluye un par de electrodos de condensador coplanares o sustancialmente coplanares espaciados 7 y 8. Los electrodos 7 y 8 son de un material conductor que puede imprimirse o bien formarse en la ventana. Por ejemplo, los electrodos de condensador 7 y 8 del condensador de detección pueden hacerse de o incluir plata, ITO (óxido de indio-estaño), u otro material conductor adecuado. En determinadas formas de realización de ejemplo, el condensador mostrado en la Fig. 1(b) se ve afectado por una gota de lluvia en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la Fig. 1(b) y por tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Las señales recibidas de y/o referentes al(a los) condensador(es) de detección y el análisis de las mismas se describen en este documento.

20 En la forma de realización de la Fig. 1(b), se proporciona una capa aislante opaca (p. ej., fritada negra o esmalte, o similares) 9 en la ventana sobre los electrodos 7 y 8 para ocultar los electrodos 7, 8 de la vista de un(os) pasajero(s) sentado(s) dentro del vehículo. De esta manera, debe entenderse que la capa opaca 9 sólo se proporciona en una pequeña parte de la ventana, incluida en el área donde se encuentra la matriz capacitiva de la matriz de los sensores de lluvia de los condensadores. En determinados casos de ejemplo, la matriz capacitiva de los sensores de lluvia y por tanto la capa opaca 9 puede situarse en el parabrisas de un vehículo en un área cercana al soporte de montaje del retrovisor. En determinadas formas de realización de ejemplo, la capa opaca 9 (p. ej., fritada negra o esmalte) puede estar en contacto con el patrón fractal de los electrodos de condensador 7, 8 directamente porque la capa 9 no es conductora. Sin embargo, incluso si una capa de fritada negra 9 fuese conductora (lo que es posible), su constante dieléctrica es cercana a la del agua de manera que no interfiere negativamente con la captura de datos de y/o relacionados con los condensadores C1-C4 y el análisis asociado.

30 La Fig. 2A es una vista superior o en planta que ilustra una matriz de sensores capacitivos de ejemplo que incluye cuatro condensadores C1, C2, C3 y C4. Cada uno de estos condensadores C1, C2, C3 y C4 incluye unos electrodos de condensador coplanares espaciados primero y segundo 7 y 8 como se muestra en la Fig. 1(b) (o cualquiera de las Figs. 1(c)-1(f)). Los electrodos de condensador 7 y 8 de cada condensador C1-C4 pueden hacerse de fritada de plata conductora o similar como se muestra en la Fig. 2A. Además, en determinadas formas de realización de ejemplo, puede haber un hueco 22 desde aproximadamente 0,2 hasta 1,5 mm, más preferentemente desde aproximadamente 0,3 hasta 1,0 mm (p. ej., 0,6 mm), entre los electrodos de condensador coplanares 7 y 8 de un condensador (C1, C2, C3 y/o C4) como se muestra en la Fig. 2A. En la forma de realización de la Fig. 2A, los condensadores C1-C4 se cubren con una capa de fritada negra aislante 9 que es la misma que la capa opaca 9 analizada anteriormente con respecto a la Fig. 1(b). En la Fig. 2A, se proporciona una matriz de placas de contacto en el centro de la matriz de sensores, e incluye cuatro placas de contacto conectadas eléctricamente a los electrodos respectivos 7 de los condensadores C1-C4, y cuatro placas de contacto conectadas eléctricamente a los electrodos respectivos 8 de los condensadores C1-C4. Se hace referencia a una placa de contacto de ejemplo mediante el número de referencia 28 de la Fig. 2A. Las cuatro placas de contacto de color blanco 28 de la Fig. 2A se conectan eléctricamente a los electrodos de condensador respectivos 7 de condensadores C1-C4, mientras que las placas de contacto de color gris oscuro 28 de la Fig. 2A se conectan eléctricamente a los electrodos de condensador respectivos 8 de los condensadores C1-C4. Todos los condensadores de detección C1-C4 son sensibles a la humedad como lluvia en la superficie exterior de la ventana.

50 En la forma de realización de la Fig. 2A, cada uno de los condensadores C1-C4 del sensor capacitivo se forma utilizando la geometría fractal. En particular, cada uno de los electrodos coplanares 7 y 8 de cada condensador C1-C4 se forma con una geometría fractal. Los patrones de diseño fractal permiten, por ejemplo, llevar a cabo una alta capacitancia en un área pequeña, y por tanto son deseables sobre otras geometrías en determinadas aplicaciones de sensores de lluvia de ejemplo. La geometría fractal puede agruparse en (a) fractales aleatorios, que pueden denominarse fractales caóticos o fractales brownianos e incluyen un componente de ruido aleatorio, y (b) fractales deterministas o exactos. En la geometría fractal determinista, una estructura autosimilar resulta de la repetición de un diseño o motivo (o "generador") (es decir, autosimilitud y estructura a todas las escalas). En la autosimilitud determinista o exacta, pueden construirse condensadores fractales a través de medios recursivos o iterativos. En otras palabras, los fractales a menudo se componen de o incluyen muchas copias de sí mismos a diferentes escalas.

65 En la forma de realización de la Fig. 2A, puede verse que los electrodos coplanares 7 y 8 de cada condensador (donde los electrodos 7 y 8 se muestran pero no se etiquetan en la Fig. 2A debido al color oscuro de la fritada 9, pero están espaciados mediante los huecos 22) tienen geometrías fractales y se disponen sustancialmente paralelos entre sí por toda la longitud sinuosa de cada condensador. En otras palabras, cada electrodo 7, 8 de un condensador determinado (p. ej., C1, C2, C3 o C4) tiene una forma sinuosa en la geometría fractal, pero permanece

sustancialmente paralelo al otro electrodo (el otro de 7, 8) del condensador por toda la longitud sinuosa del condensador. La longitud global de cada condensador (p. ej., C1), por toda la longitud sinuosa del fractal, es desde aproximadamente 25 hasta 200 mm en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, más preferentemente desde aproximadamente 30 hasta 90 mm, siendo un ejemplo aproximadamente 50 mm.

El patrón fractal de la Fig. 2A es un patrón fractal de Hilbert. Los electrodos 7, 8 de los condensadores C1-C4 de la forma de realización de la Fig. 2A forman un patrón fractal de Hilbert, sólo a efectos de ejemplo y sin limitación. En particular, los condensadores mostrados en la Fig. 2A se conforman de una manera fractal de Hilbert de tercer orden. Los fractales de Hilbert son fractales continuos que llenan el espacio, con unas dimensiones fractales de dos. Esto significa que los fractales de orden superior tendrán una forma más cuadrada. Un fractal de Hilbert puede formarse utilizando el siguiente sistema de L:

```
Hilbert {
  Ángulo 90
  Axioma X
  X= -YF+XFX+FY-
  Y= +XF-YFY-FX+
}
```

donde "Ángulo 90" establece las siguientes rotaciones a 90 grados, X e Y son funciones definidas, "F" significa "dibujar hacia adelante", "+" significa "girar en sentido contrario a las agujas del reloj", y "-" significa "girar en sentido de las agujas del reloj". Aunque las geometrías fractales de Hilbert pueden utilizarse para formar los condensadores C1-C4 en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, esta invención no se limita a ello, y también pueden utilizarse otros tipos de fractales para formar las formas de condensador. Por ejemplo, los electrodos de condensador 7, 8 de los condensadores C1-C4 en cualquier forma de realización de este documento pueden formarse utilizando cualquiera de los diseños fractales divulgados en cualquiera de las patentes U.S. nºs 6.552.690, 6.104.349, 6.140.975, 6.127.977, 6.084.285, 6.975.277, cuyas descripciones se incorporan de este modo en este documento por referencia. En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, como se muestra en las Figs. 2A, 2B y 3, todos los condensadores de detección de la matriz de sensores pueden tener una forma idéntica o sustancialmente idéntica.

En las formas de realización preferentes, cada uno de los condensadores C1-C4 en la matriz de sensores puede ser eléctricamente flotante (esto puede denominarse tierra virtual en determinados casos de ejemplo) para no tener una tierra común fija como unos voltios cero fijos, y/o puede estar espacialmente separado o similar lo que puede resultar útil con respecto a las funciones de correlación. Además, la falta de una tierra común significa que la matriz capacitiva no estará sujeta a los efectos adversos de las interferencias, como por ejemplo, interferencias EMI reduciendo así el potencial para falsos barridos, falsas detecciones, y similares.

El diseño fractal para los condensadores C1-C4 puede utilizarse en cualquiera de las formas de realización de las Figs. 1(a)-1(f).

La Fig. 1(c) es una vista en sección transversal de otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar el sistema de las Figs. 1(a) y una o más de las formas de realización de las Figs. 2-12. En la forma de realización de la Fig. 1(c), la ventana de vehículo (p. ej., luneta trasera) se compone únicamente de una lámina de vidrio 10, y los electrodos 7, 8 del condensador se proporcionan, directa o indirectamente, en la superficie principal interior de la lámina de vidrio 10. El condensador (p. ej., C1) mostrado en la Fig. 1(c) se diseña de manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la Fig. 1(c) y por tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 se forma de una manera similar. Hay que reseñar que el uso de la palabra "sobre" en este documento cubre tanto directamente sobre e indirectamente sobre, y no se limita al contacto físico o a tocar a menos que se indique expresamente. Una capa opaca 9, similar a la mostrada en la forma de realización de la Fig. 1(b) también pueden proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(c) si se desea.

La Fig. 1(d) es una vista en sección transversal de otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar el sistema de las Figs. 1(a) y una o más de las formas de realización de las Figs. 2-12. En la forma de realización de la Fig. 1(d), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye las láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente a través de una capa intermedia basada en polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 en el sustrato 1 o en el sustrato 2. La forma de realización de la Fig. 1(d) difiere de la forma de realización de la Fig. 1(b) en que los electrodos, 7, 8 del condensador se proporcionan en la superficie principal del sustrato de vidrio 1 más alejada del interior del vehículo. Los electrodos de condensador, 7, 8 pueden estar en contacto con la capa intermedia de polímero 3 en esta forma de realización, en determinados casos de ejemplo. El condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) mostrado en la Fig. 1(d) se diseña de manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la Fig. 1(d) y por tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de

los condensadores C1-C4 de la matriz de sensores se forma de manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(d). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(d) si se desea, sobre una parte de la ventana para ocultar los electrodos de condensador de la vista de un pasajero del vehículo. En la forma de realización mostrada en la Fig. 1(d), los electrodos 7 y 8 pueden formarse de una frita de plata conductora o ITO impreso o estampado directamente sobre y en contacto con la superficie del sustrato 1. Sin embargo, esta invención no se limita a ello, y los electrodos 7 y 8 de uno o más de los condensadores del sensor pueden en su lugar formarse y estamparse a partir de una capa reflectante de IR conductora (p. ej., capa basada en plata) de un recubrimiento de baja E 4 que es soportado por la ventana.

La Fig. 1(e) es una vista en sección transversal de otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar el sistema de las Figs. 1(a) y una o más de las formas de realización de las Figs. 2-12. En la forma de realización de la Fig. 1(e), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye las láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente a través de la capa intermedia basada en polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 en el sustrato 1 o en el sustrato 2. La forma de realización de la Fig. 1(e) difiere de la forma de realización de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador. (p. ej., C1, C2, C3 o C4) se proporcionan en la superficie principal del sustrato de vidrio exterior 2 más cercana al interior del vehículo. Los electrodos de condensador, 7, 8 pueden estar en contacto con la capa intermedia de polímero 3 en esta forma de realización, en determinados casos de ejemplo. El condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) mostrado en la Fig. 1(e) se diseña de manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la Fig. 1(e) y por tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 de la matriz de sensores se forma de manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(e). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(e) si se desea, sobre una parte de la ventana para ocultar los electrodos de condensador de la vista del pasajero o pasajeros de un vehículo.

La Fig. 1(f) es una vista en sección transversal de otra forma de realización de ejemplo de esta invención, que puede utilizar el sistema de las Figs. 1(a) y una o más de las formas de realización de las Figs. 2-12. En la forma de realización de la Fig. 1(f), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye las láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente a través de la capa intermedia basada en polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 sobre el sustrato 1 o el sustrato 2. La forma de realización de la Fig. 1(f) difiere de la forma de realización de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) se proporcionan en la superficie principal del sustrato de vidrio interior 1 más cercana al interior del vehículo, a través de un elemento de soporte 12. El elemento de soporte 12, situado entre el sustrato de vidrio 1 y los electrodos 7, 8, puede hacerse de vidrio, silicio o similares. El condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) mostrado en la Fig. 1(e) se diseña de manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la Fig. 1(f) y por tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 de la matriz de sensores se forma de manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(f). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(f) si se desea, sobre una parte de la ventana para ocultar los electrodos de condensador 7, 8 de la vista del(de los) pasajero(s) de un vehículo.

La Fig. 2B es una vista en planta de un patrón de ejemplo para una matriz capacitiva de cuadrante de los condensadores con forma de fractal C1-C4 para el sensor capacitivo según otra forma de realización de ejemplo de esta invención. Los cuatro condensadores mostrados en la Fig. 2B son similares a los de la Fig. 2A, excepto por las formas precisas de los mismos. Los condensadores de la Fig. 2B pueden utilizarse en cualquiera de las formas de realización de las Figs. 1(a)-(f). Las líneas discontinuas superpuestas muestran las divisiones en cuatro condensadores C1-C4 distintos. El ancho de la línea exterior puede ser de aproximadamente 2 mm, y el ancho de línea interior de aproximadamente 1 mm, en determinadas formas de realización de ejemplo.

La Fig. 3 es un dibujo ampliado de otra matriz capacitiva de cuadrante de ejemplo de los condensadores con forma de fractal C1-C4 para el sensor capacitivo según otra forma de realización de ejemplo de esta invención. Los cuatro condensadores mostrados en la Fig. 3 son similares a los de las Figs. 2A y 2B, excepto por las formas precisas de los mismos. Los condensadores fractales de la Fig. 3 pueden utilizarse en cualquiera de las formas de realización de las Figs. 1(a)-(f). Las líneas superpuestas muestran una división de ejemplo entre los condensadores C1-C4 de la Fig. 3. Debe entenderse que algunas formas de realización de ejemplo pueden tener matrices capacitivas con solamente dos condensadores. Sin embargo, es preferible disponer de por lo menos cuatro condensadores en determinadas formas de realización de ejemplo para capturar y derivar matices en las perturbaciones.

El uso de la geometría fractal para los condensadores de detección C1-C4 puede resultar ventajoso en la reducción de lecturas falsas debido a las interferencias EMI en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. En particular, los fractales a iteraciones altas ayudan a reducir las incidencias por interferencias EMI, porque la jaula de Faraday o jaula de cuasi-Faraday del fractal a iteraciones altas reduce el acoplamiento EMI reduciendo así los efectos adversos de las interferencias EMI. Los fractales a iteraciones altas forman jaulas de cuasi-Faraday.

En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, la electrónica de lectura examina la interacción de la lluvia y/u otras perturbaciones en la ventana. En determinadas formas de realización de ejemplo, este proceso puede llevarse a cabo cargando secuencialmente los condensadores, leyendo sus datos, y cuantificando esos datos, y/o borrando las cargas.

La Fig. 4 es un diagrama de circuito de un circuito de detección o de lectura según una forma de realización de ejemplo de esta invención. El circuito de detección de la Fig. 4 puede estar compuesto por la unidad de electrónica 12 y la matriz de sensores capacitiva 5 de la Fig. 1. Cualquiera de los condensadores de las Figs. 1(b)-1(f), 2A, 2B, y/o 3 puede utilizarse como condensadores C1-C4 del circuito de la Fig. 4. El sistema de circuitos de la Fig. 4 se utiliza para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Los transistores Q1, Q2 y Q7 son MOSFETs de canal p, siendo principalmente los transistores Q1 y Q2 responsables de una fase de escritura. Los transistores Q5 y Q6 son MOSFETs de canal n.

Todavía en relación a la Fig. 4, durante una fase de escritura se introduce un pulso de escritura Clk_{wr} en la puerta del transistor Q7, que funciona como una resistencia o conmutador, que carga uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia de sensor C_s . La Fig.6 incluye determinadas señales utilizadas en el circuito de la Fig. 4 en el ciclo de escritura. En el ciclo de escritura, el Transistor Q1 está en modo saturado, ya que su puerta y drenador están conectados, de manera que Q1 está activado. Q4, Q5 y Q6 están desactivados, y Q2 está activado durante el modo de escritura. Los transistores Q3 y Q4 son opcionales. Cuando Q7 se activa por el pulso de escritura, tenemos un ciclo de escritura, y V_{cc} aparece en C_s a través de A y carga uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia de sensor C_s . V_{cc} puede ser un voltaje constante, como 5V, en determinadas formas de realización de ejemplo. Uno o más de los condensadores C1-C4 puede cargarse al mismo tiempo durante un ciclo de escritura. Sin embargo, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, el circuito carga y lee los condensadores C1, C2, C3 y C4, uno a uno (p. ej., véase las Figs. 6). De esta manera, durante un ciclo de escritura, sólo uno de los condensadores C1, C2, C3 o C4 se carga en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención.

El proceso descrito anteriormente para el lado izquierdo del circuito de detección de la Fig. 4 se duplica esencialmente en el lado opuesto o derecho del circuito de la Fig.4. Como la corriente fluye a través de la rama izquierda, la corriente también fluye en B a través de la rama derecha, y los cambios a C_s se imitan, o sustancialmente se imitan en la capacitancia imitadora interna C_{int} . Cuando Q7 se activa, la corriente también fluye a través de Q2 (que está activado) y carga C_{int} utilizando V_{cc} . De esta manera, la carga de uno de los condensadores C1-C4 es imitada por la carga del condensador C_{int} . En otras palabras, C_{int} se carga en el mismo grado, o sustancialmente en el mismo grado, que el condensador (p. ej., C1) que se está cargando en el otro lado del circuito de la Fig. 4. El voltaje de salida del circuito de la Fig. 4, V_{out} (o V_o), se basa en C_{int} y se toma en o próximo a un electrodo del condensador C_{int} como se muestra en la Fig. 4. Una fórmula de ejemplo que refleja V_{out} (o V_o) se muestra en la parte inferior de la Fig. 4. Por consiguiente, debe entenderse que la salida V_{out} (o V_o) del circuito de la Fig. 4-5 se relaciona con y se base en los condensadores C1-C4 del sensor C_s . Más concretamente, la salida V_{out} del circuito de la Fig. 4-5 se relaciona con y es indicativa del estado de los condensadores C1-C4 y los efectos sobre esos condensadores de humedad en la superficie exterior de la ventana, aunque V_{out} no se tome directamente de los condensadores C1-C4. En particular, V_{out} (o V_o) se lee durante el ciclo de escritura, debido al pulso de escritura mostrado en la Fig. 4 (véase también la Fig. 6). En la fórmula en la parte inferior de la Fig. 4 para V_{out} , W1 es para Q1, W2 es para Q2, L1 es para Q1, L2 es para Q2, donde W es el ancho de canal de transistor, y L es la longitud del canal de transistor; y V_T es un umbral de voltaje de cada MOSFET. Hay que reseñar que en formas de realización alternativas de esta invención, la salida V_{out} del circuito puede tomarse directamente (en lugar de indirectamente a través de C_{int}) de los condensadores de detección C1-C4.

Los transistores Q3 y Q4 son opcionales. En determinadas formas de realización de ejemplo, estos transistores pueden estar a voltajes bajos (p. ej., desactivados) durante la fase de escritura, y activados durante la fase de borrado.

La señal de salida V_{out} (o V_o) del circuito de detección de la Fig. 4 (y de la Fig. 5) es sometida a una modulación sigma-delta en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Los moduladores sigma-delta, que pueden utilizarse en un convertidor de digital a analógico sigma-delta (DAC), pueden proporcionar un grado de conformación o filtrado de ruido de cuantificación que puede estar presente. Los moduladores sigma-delta de ejemplo que pueden utilizarse se describen en las patentes U.S. n^{os} 6.975.257, 6.972.704, 6.967.608, y 6.980.144, cuyas divulgaciones se incorporan de este modo en este documento por referencia. En determinados ejemplos de conversión sigma-delta, pueden ejercerse el sobremuestreo, la conformación de ruido y/o el filtrado por decimación. Las ventajas de ejemplo de la modulación sigma-delta incluyen uno o más de: (i) los requisitos de filtro de antisolapamiento analógico son menos complejos y por tanto pueden resultar más barato que determinados sistemas de ejemplo basados en Nyquist; (ii) puede utilizarse un sistema de circuitos de muestreo y retención debido a la elevada frecuencia de muestreo de entrada y la baja precisión de conversión A/D; (iii) ya que la(s) etapa(s) de filtrado digital(es) puede(n) residir detrás de la conversión A/D, el ruido inyectado durante el proceso de conversión como la oscilación de la fuente de alimentación, el ruido de referencia de voltaje y el ruido en el propio convertidor A/D pueden controlarse; (iv) ya que el convertidor sigma-delta puede ser esencialmente lineal no puede sufrir una no

linealidad diferencial apreciable y/o el nivel o niveles de ruido de fondo puede(n) ser independiente(s) del nivel de señal de entrada. Pueden llevarse a cabo relaciones S/N mejoradas.

Las Figs. 4-5 ilustran unos conmutadores para acoplar selectivamente los diversos condensadores C1-C4 al resto del circuito. El circuito puede leer simultáneamente señales de todos los condensadores C1-C4, o de manera alternativa puede leer sólo señales de un condensador al mismo tiempo seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional puede leer señales de una combinación de algunos pero no todos los condensadores C1-C4 en un determinado instante en el tiempo. Más adelante se analiza un circuito de conmutación no limitativo de ejemplo para acoplar selectivamente la electrónica de lectura a uno o más de los condensadores C1-C4 según resulte necesario o según se desee, en relación con la Fig. 31.

La Fig. 25 es una versión simplificada de un sistema modulador sigma-delta según una forma de realización de ejemplo de esta invención, para modular y/o convertir la señal de salida Vout (o Vo) del circuito de la Fig. 4 (y de la Fig. 5). En la Fig. 25, un pulso de escritura (véase el pulso en la parte inferior de la Fig. 25), se utiliza para cargar el condensador de detección (C1, C2, C3 o C4), como se ha explicado anteriormente con respecto a la Fig. 5. La excitación de onda cuadrada (p. ej., para ciclos de escritura y/o de borrado) se utiliza en el condensador de detección para cargarlo y descargarlo. Este proceso se refleja o imita, para C_{int} como se explica en este documento. La señal de salida Vout (o Vo) del circuito de la Fig. 4 es sometida a una modulación sigma-delta por el modulador sigma-delta 60. El modulador 60 puede adoptar la forma de un circuito de hardware, firmware, y/o software en diferentes formas de realización de ejemplo de esta invención. Los pulsos de reloj 62 de un reloj son proporcionados al modulador 60, que activan el circuito viestable de un cuantificador del modulador 60. Después de que la señal de salida Vout (o Vo) es sometida a una modulación sigma-delta por el modulador 60, las señales moduladas 64 se envían a un filtro digital opcional 66 (p. ej., un filtro pasa bajo o similar). El filtro digital 66 procesa la salida digital del modulador sigma-delta 64, que es un tren de 0s y 1s. A continuación los datos se escalan de manera adecuada utilizando un(os) coeficiente(s) de calibración. A continuación se leen los datos filtrados 68 a través de una interfaz en serie 69 o similar y se hace a un ordenador que realiza los cálculos de correlación para segmentos de paquetes de datos. De esta manera, a continuación se correlacionan los datos de la interfaz 69 (p. ej., se autocorrelacionan y/o se lleva a cabo una correlación cruzada) como se explica en este documento. La Fig. 26 es similar a la Fig. 25, excepto que la Fig. 26 ilustra una matriz de condensadores de detección C1-C4 que son multiplexados a través de un multiplexor. El multiplexor mostrado en la Fig. 26 puede utilizarse para acoplar selectivamente los diversos condensadores C1-C4 al resto del circuito que incluye el modulador 60. El circuito puede leer señales de todos los condensadores C1-C4 simultáneamente a través del multiplexor, o de manera alternativa puede leer sólo señales de un condensador al mismo tiempo seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional pueden leer señales de una combinación de algunos pero no todos los condensadores C1-C4 en un determinado instante en el tiempo. Más adelante se analiza un circuito de conmutación no limitativo de ejemplo para su uso en la posición del multiplexor mostrado en la Fig. 26, para acoplar selectivamente la electrónica de lectura a uno o más de los condensadores C1-C4 según resulte necesario o según se desee, en relación con la Fig. 31.

La Fig. 27 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de modulación sigma-delta que puede llevarse a cabo en el modulador 60 de las Figs. 25-26. Nuevamente, esta modulación puede llevarse a cabo mediante un sistema de circuitos, firmware y/o software en diferentes formas de realización de ejemplo de esta invención. La señal de salida analógica Vout (o Vo) del circuito de la Fig. 4 (y de la Fig. 5) es recibida por un sumador 70 del modulador sigma-delta 60. El sumador 70 recibe la señal analógica Vout (o Vo) así como una señal de retroalimentación de un bucle de retroalimentación 71 del modulador 60. La salida del sumador 70 es recibida por el integrador 72 cuya salida es recibida por un cuantificador 74 como un cuantificador de un bit. A continuación se filtra 66 la salida digital 64 como se ha explicado anteriormente, y así sucesivamente. La modulación sigma-delta resulta ventajosa en que proporciona un sobremuestreo y permite tratar ruidos como las EMI y reducir sus efectos adversos. En particular, el ruido es propagado por la modulación sigma-delta por la banda de frecuencias de manera que pueda mejorarse la relación entre señal y ruido (S/N).

La Fig. 29 ilustra otro ejemplo de una modulación sigma-delta según un ejemplo de esta invención. El modulador sigma-delta de la Fig. 29 recibe una entrada analógica del circuito de detección de la Fig. 4, 5 que llega al sumador 70. El sumador 70 determina la diferencia entre una señal de retroalimentación y la entrada, y su salida se envía al integrador 72. La salida del integrador 72 se envía al comparador 73. El comparador 73 decide si su entrada es superior o inferior a un umbral predeterminado y puede emitir una señal de un bit en base al mismo, un flujo de bits, al circuito biestable 75 (advértase que el cuantificador 74 de la Fig. 27 puede incluir cada uno del comparador 73 y el circuito biestable 75). La salida del comparador es recibida por el circuito biestable 75 para el muestreo. Una manera de reducir el ruido es aumentar la velocidad de reloj del reloj 62; p. ej., una velocidad de muestreo de por lo menos dos veces la frecuencia de entrada máxima, con aumentos adicionales denominados velocidad de sobremuestreo. La salida del flujo de bits digital del circuito biestable es recibida por el filtro digital pasa bajo 66. El filtro pasa bajo se utiliza porque a veces se desea obtener el nivel medio de la señal del flujo de bits. La salida digital puede ser una señal en serie de un bit con una tasa de bits muy superior a la velocidad de datos, y su nivel medio puede representar un nivel de señal de entrada medio. El bucle de retroalimentación, como el de la Fig. 27, incluye un convertidor de digital a analógico (DAC) 77 que puede ser del tipo de un bit o de cualquier otro tipo adecuado. Los datos filtrados 68 se leen a través de una interfaz en serie 69 o similar y se envían a un ordenador que hace los cálculos de correlación para los segmentos de paquetes de datos.

La Fig. 30 ilustra otro ejemplo de una modulación sigma-delta según un ejemplo de esta invención. El modulador sigma-delta de la Fig. 30 recibe una entrada analógica del circuito de detección de la Fig. 4, 5 que llega al primer sumador 70. El esquema del modulador sigma-delta de la Fig. 30 es el mismo que el de la Fig. 29 analizado anteriormente, excepto que se proporcionan un segundo sumador 70' y un segundo integrador 72' en el modulador de la forma de realización de la Fig. 30.

Volviendo a la Fig. 4, cada condensador (C1, C2, C3, C4) se descarga antes de cargarse el siguiente, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. El proceso de descarga de cada condensador se describe en relación con el pulso de borrado, con respecto a las Figs. 5-6.

La Fig. 5 es un diagrama del circuito de detección de la Fig. 4, con respecto a un ciclo de borrado. Durante un ciclo de borrado, un condensador previamente cargado (C1, C2, C3 y/o C4) se descarga antes del siguiente ciclo de escritura. La Fig. 6 incluye señales de ejemplo utilizadas durante el ciclo o ciclos de borrado. No se lleva a cabo ninguna lectura durante la fase de borrado, en determinados casos de ejemplo. Durante una fase o ciclo de borrado, Q7 se desactiva (el pulso de escritura Clk_{wr} no se halla presente), y los transistores Q5 y Q6 son activados por un pulso de borrado Clk_{Er} (véase también la Fig. 6). De esta manera, el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) se descarga a tierra (p. ej., $V=0$) o a una tierra virtual (VG), como lo hace C_{int} . Nuevamente, C_{int} imita la capacitancia del sensor C_s . Una vez que las capacitancias C_s y C_{int} han sido conectadas a tierra y descargadas, el ciclo y pulso de borrado finaliza. A continuación, puede prepararse, cargarse y leerse el siguiente condensador (C1, C2, C3 o C4) en la secuencia.

De esta manera, en relación a las Figs. 4-6, se entenderá que según determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención un sensor de lluvia comprende: un circuito de detección que comprende por lo menos unos condensadores de detección primero y segundo (p. ej., C1 y C2) sensibles a la humedad en una superficie exterior de una ventana, y por lo menos un condensador imitador (C_{int}) que imita por lo menos la carga y/o la descarga de por lo menos uno de los condensadores de detección primero y segundo; en el que un pulso de escritura (Clk_{wr}) hace que por lo menos el primer condensador de detección (p. ej., C1) se cargue, y un pulso de borrado (Clk_{Er}) hace que el primer condensador de detección (p. ej., C1) y el condensador imitador (C_{int}) sustancialmente se descarguen; en el que la presencia de lluvia en la superficie exterior de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección (p. ej., C1) hace que un voltaje (véase V_o o V_{out}) en un electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}) fluctúe de una manera proporcional a la fluctuación del voltaje de un electrodo de salida (8) del primer condensador de detección (p. ej., C1), aunque no haya presencia de lluvia en un campo del condensador imitador (C_{int}); y en el que la lluvia se detecta en base a una señal de salida (véase V_o o V_{out}) del electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}), en el que la señal de salida se lee por lo menos entre un final del pulso de escritura (Clk_{wr}) y un comienzo del pulso de borrado (Clk_{Er}) (véase el área de "lectura" en la Fig. 6).

Todavía en relación a la Fig. 5, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, durante el ciclo de borrado, el pulso de borrado Clk_{Er} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por lo tanto también la capacitancia imitadora C_{int} se descargue a tierra (p. ej., un potencial fijo como $V=0$) (véase el símbolo de tierra convencional en la Fig. 5). Sin embargo, en otras formas de realización de ejemplo de esta invención, se ha descubierto que una tierra fija puede conducir a algunos problemas. De esta manera, en esas otras formas de realización de ejemplo de esta invención, durante el ciclo de borrado el pulso de borrado Clk_{Er} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por lo tanto también la capacitancia imitadora C_{int} se descargue a una tierra virtual VG que es flotante (véase VG y el símbolo de tierra en la Fig. 5). Dicho de otra manera, un electrodo de cada uno de los condensadores C1-C4 es flotante. Puede estar a un potencial/voltaje de referencia o flotante. Se ha descubierto que una tierra flotante o virtual puede ser muy ventajosa en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención (p. ej., una tierra flotante y/o un(os) electrodo(s) de condensador pueden conducir a una reducción significativa en los problemas de interferencias EMI). Por ejemplo, una tierra flotante o virtual de este tipo puede ayudar a reducir la probabilidad de que el sistema de sensores sea distorsionado por interferencias EMI. En este sentido, se hace referencia a las Figs. 28(a) y 28(b) (junto con la Fig. 5).

En las Figs. 28(a)-(b), los números de referencia 7 y 8 se refieren a los electrodos de un condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4). En estas figuras, "q" se refiere a la carga y Φ se refiere al potencial (Φ_1 es diferente de Φ_2). En la Fig. 28(a) el condensador (p. ej., C1) está puesto a tierra a un potencial fijo como 0 voltios (la carga en el electrodo puesto a tierra 7 se fija a +q). En este sentido, cuando la carga en el electrodo puesto a tierra 7 se fija a +q, cuando se trae un cuerpo externo E_B (p. ej., un dedo humano con una constante dieléctrica mayor) a un área del sensor del condensador (p. ej., tocar la superficie frontal del parabrisas sobre el condensador) este cuerpo externo induce un cambio en la carga $-\Delta q$ y el otro electrodo 8 que no es fijo cambia de una carga de -q a una carga de $-q + \Delta q$ en un intento de equilibrar la carga. De esta manera, si se fuese a poner a tierra el condensador a un potencial fijo como 0 voltios, y leer un voltaje de salida del condensador, se leerían cambios de carga causados por Δq que no es necesario, y esto puede llevar a lecturas falsas. Comparando las Figs. 28(a) y 28(b), la Fig. 28(b) ilustra una ventaja de hacer que un electrodo 7 del condensador de detección (p. ej., cualquiera de C1-C4) sea flotante (p. ej., en una tierra flotante o virtual). En la Fig. 28(b), la carga q en el electrodo 7 no es fija. P. ej., la carga en el electrodo 7 cambia de +q' a +q" cuando el cuerpo externo entra en contacto con el parabrisas en un área del sensor del condensador, indicando así la naturaleza flotante del electrodo. En la Fig. 28(b), cuando el cuerpo externo (p. ej., un

dedo humano) se aplica al parabrisas sobre el área de detección del condensador las cargas libres en ambos electrodos 7 y 8 del condensador cambian. De esta manera, el efecto adverso de Δq es eliminado o reducido utilizando la tierra flotante o virtual VG (el electrodo 7 es flotante). En particular, cuando el electrodo 7 es flotante como en la Fig. 28(b), el cuerpo externo (E_B) no afecta negativamente a la suma de la carga porque sumar las cargas (+q" y -q") de los electrodos 7 y 8 cuando el cuerpo externo está presente da cero o sustancialmente cero. Las lecturas falsas debido a las interferencias EMI también pueden reducirse utilizando esta característica flotante. De esta manera, en determinadas formas de realización de ejemplo, la naturaleza flotante puede permitir que los valores absolutos de las cargas q en los electrodos de condensador 7 y 8 sean iguales o sustancialmente iguales incluso cuando el cuerpo externo está presente ya que el electrodo 7 es flotante y no está fijado a tierra. Esta es una razón de ejemplo de por qué puede resultar ventajoso hacer que los electrodos 7 de los condensadores C1-C4 sean flotantes, o estén en una tierra virtual VG como se muestra en la Fig. 5. De esta manera, en relación a las Figs. 5 y 28, los condensadores de detección C1-C4 son flotantes y ambos electrodos de los mismos están aislados de tierra. Por consiguiente, según determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, el sensor de lluvia comprende por lo menos un condensador de detección (C1, C2, C3 y/o C4) sensible a la humedad en una superficie exterior de una ventana, incluyendo el condensador de detección un primer electrodo de condensador (8) que recibe una señal de carga y un segundo electrodo de condensador (7) espaciado del primer electrodo de condensador (8); y en el que el segundo electrodo de condensador (7) es flotante de manera que el condensador de detección esté aislado de tierra.

La Fig. 6 es un diagrama de temporización de ejemplo de las señales aplicadas a o leídas del circuito de la Fig. 4-5 durante los modos/ciclos de escritura y borrado. Como se ha indicado anteriormente, los condensadores (C1-C4) se cargan, leen, cuantifican, y borran secuencialmente. La Fig. 6 muestra una escritura de reloj (Clk_{wr}) y pulso de borrado (Clk_{er}) para cada condensador C1-C4, en secuencia. A continuación, los voltajes son cuantificados y devueltos. El voltaje de salida variable $Vo1-Vo4$ corresponde a los condensadores C1-C4 respectivamente, y por lo tanto a C_{int} . Hay que reseñar que las señales de salida $Vo1-Vo4$ de la Fig. 6 se toman a V_{out} (o Vo) en las Figs. 4-5. Además, en la Fig. 6, las señales de salida Vo se leen o analizan (p. ej., para la autocorrelación y/o la correlación cruzada) en las áreas de lectura máxima (véase "leer" en la Fig. 6) de las señales de salida donde las señales de salida están sustancialmente estabilizadas y/o el condensador saturado. En particular, la señal de salida V_{out} (o Vo) de la Fig. 6 para un condensador concreto (CI) se lee en el "área de lectura" después del final del pulso de escritura (Clk_{wr}) para ese condensador, y antes y/o hasta el comienzo del pulso de borrado (Clk_{er}) para ese condensador.

Todavía en relación a la Fig. 6, por ejemplo, una gota de agua en la superficie exterior de un parabrisas afectará a la magnitud de la señal o señales de salida V_{out} (o Vo). Por ejemplo, una gota de agua sobre el área de un condensador dado (p. ej., C1) hará que el nivel de la señal o señales de salida V_{out} (o Vo) para ese condensador en el área de "lectura" de la señal sea superior en comparación con a una situación en la que no hay presencia de esa gota. El nivel o la magnitud exacta dependen del tamaño de la gota de agua. Con cantidades de agua en aumento, la magnitud de la señal en el área de "lectura" aumenta porque la constante dieléctrica del agua es mayor que la del vidrio y/o la del aire y esto hace que aumente la capacitancia. De manera similar, si no se halla presente ninguna gota de agua en el parabrisas sobre el área de un condensador determinado (p. ej., C1) entonces esto hará que el nivel de la señal o señales de salida V_{out} (o Vo) para ese condensador en el área de "lectura" de la señal de salida sea menor en comparación con una situación en la que se hallase presente una gota.

Las señales (p. ej., del condensador o condensadores) pueden ser convertidas de analógica a digital a través de un esquema de modulación sigma-delta o similar, que puede implementarse a nivel de software o de cualquier otra manera adecuada como a través de hardware. El principio que hay detrás de la arquitectura sigma-delta es hacer evaluaciones aproximadas de la señal, para medir el error, integrarlo, y a continuación compensar ese error. Los datos pueden ser sobremuestreados a una velocidad dada de por lo menos 32 kHz, p. ej., más preferentemente 64 kHz, aunque debe entenderse que pueden utilizarse otras velocidades de muestreo. La cuantificación del trayecto puede recuperarse mediante el esquema de modulación sigma-delta para producir una salida binaria simple de 0 ó 1, correspondiente a la activación y la desactivación, respectivamente. De esta manera, puede utilizarse el esquema de modulación sigma-delta para reducir el ruido (p. ej., a la cola de la señal) y producir un tren de salida digital (p. ej., 1s y 0s).

Antes de analizar el funcionamiento detallado de y las matemáticas de ejemplo detrás de un algoritmo sensor de ejemplo, se dará una visión general de los estados que pueden tomar el sensor y/o los limpiaparabrisas en relación a la FIG. 7, que es un diagrama de estado de ejemplo que muestra cómo pueden utilizarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas del vehículo. El sistema comienza en el Estado de Inicio/Inicialización S702. En este estado, se borran todas las memorias intermedias en determinados casos de ejemplo. En base a las entradas de los Condensadores C_1, C_2, \dots, C_n , se lleva a cabo la conversión de analógico a digital de las señales de las respectivas entradas a través de la modulación sigma-delta. Se leen los datos para la pluralidad de canales a lo largo de un período de tiempo T. El Estado Selector del Modo de Operación S704 funciona como un conmutador para seleccionar entre el modo de barrido manual o automático. Si el Estado Selector del Modo de Operación S704 indica que se ha seleccionado el modo manual, entonces en el Estado de Modo Manual S706 puede inhabilitarse un modo automático y habilitarse un modo manual preexistente. A continuación, el sistema vuelve al Estado de Inicio/Inicialización S702. Sin embargo, si el Estado Selector del Modo

de Operación S704 indica que se ha seleccionado el modo automático, el modo de limpiaparabrisas automático se habilita en el Estado de Modo Automático S708.

5 En el Estado de Motor Autocorrelador S710, se llevan a cabo por lo menos tres cálculos. En primer lugar, se calcula una autocorrelación normalizada para cada entrada de señal del sistema capacitivo. En segundo lugar, se calcula el gradiente de la autocorrelación. En tercer lugar, puede calcularse la diferencia entre la entrada de señal y una señal de referencia no perturbada (Δ_1). Esta información se pasa al Estado ¿Está lloviendo? S712, en el que por lo menos se comprueban tres condiciones para determinar si es probable que esté lloviendo, haya humedad en el parabrisas, etc. Las indicaciones de probabilidad de lluvia son que el gradiente de la autocorrelación sea superior a 1, todos los valores de autocorrelación sean positivos, $y/o\Delta_1$ sea superior a algún valor umbral predefinido t_1 . Si no se cumplen estas condiciones, el sistema se traslada al Estado Detener Limpiaparabrisas/Parar Motor S714, donde los limpiaparabrisas se detienen (si se están moviendo) o no se accionan, y el motor se para (si está acoplado), y el sistema se devuelve al Estado de Inicio/Inicialización S702.

10
15 Por otro lado, si se cumplen todas las condiciones (p. ej., es probable que haya una interacción de agua, humedad o alguna otra perturbación en el vidrio, etc.), el sistema se traslada al Estado de Velocidad más baja S716, en el que el motor de los limpiaparabrisas se activa a la velocidad más baja disponible. En el Estado de Motor Correlador Cruzado S718, se calcula la correlación cruzada entre las señales de entrada de los condensadores. Se determina la forma de la curva de correlación cruzada, y la simetría de los dos lados de la curva de correlación cruzada se comprueba para la simetría. Como se describirá más adelante, estas comprobaciones ayudan, por ejemplo, a determinar el tipo de perturbación (p. ej., lluvia ligera, lluvia fuerte, niebla, nieve, etc.) que está golpeando la ventana (p. ej., el parabrisas). En el Estado de Evaluación del Grado de Lluvia S720, se determina el "grado de lluvia" (p. ej., fuerte, ligera, etc.). En base a esta determinación, el motor de los limpiaparabrisas se activa a la velocidad adecuada en el Estado Selector de Velocidad S722. Por último, el sistema devuelve al Estado de Inicio/Inicialización S702 para determinar si hay algún cambio en las condiciones fuera del coche.

20
25 Las etapas llevadas a cabo por el sensor de lluvia se describirán en mayor detalle en relación con la FIG. 8, que es un diagrama de flujo de ejemplo que muestra cómo los datos de autocorrelación y de correlación cruzada pueden utilizarse para controlar los limpiaparabrisas en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. En la FIG. 8, en la etapa S800 las memorias intermedias se borran, y los datos devueltos del circuito de la Fig. 4-5 (p. ej., de C_{int} , o de los condensadores C1-C4) son sometidos a una modulación sigma-delta, y se leen en S802.

30
35 El algoritmo para determinar si accionar los limpiaparabrisas y, de ser así, la velocidad a la que accionar los limpiaparabrisas empieza por la autocorrelación de los datos sometidos a una modulación sigma-delta en la etapa S804. La autocorrelación puede utilizarse para analizar las funciones o series de valores, como las señales del dominio temporal. Una autocorrelación es la correlación cruzada de una señal consigo misma. La autocorrelación se utiliza para encontrar patrones repetitivos o sustancialmente repetitivos en una señal, como por ejemplo, determinar la presencia de una señal periódica enterrada bajo el ruido, identificar la frecuencia fundamental de una señal que en realidad no contiene esa componente frecuencial pero implica dentro de la misma muchas frecuencias armónicas, etc. La correlación cruzada es una medida de la similitud de dos señales, y se utiliza para encontrar características en una señal desconocida comparándola con una conocida; en otras palabras puede utilizarse para llevar a cabo identificación mediante la huella digital de una señal en determinados casos. La correlación cruzada es una función del tiempo relativo entre las señales. En determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, se aplica la correlación cruzada sobre las señales digitales de dos condensadores cualesquiera (p. ej., C1 y C2), a corta distancia espacial, y el sistema busca cualquier grado de correlación en tiempos de periodo distintos de un tiempo de periodo igual a cero. Esta correlación cruzada espaciotemporal permite que el sistema extraiga los patrones de cómo la lluvia que cae se proyecta eléctricamente a sí misma sobre la sistema de sensores. Como ejemplo, el sistema puede tomar el caso de gotas de lluvia que se mueven sobre un condensador C1 en un instante t_0 y la misma gota "que toca" otro condensador C4 (espacialmente separado por la distancia L de C1). Si la gota se mueve a una velocidad media V_i , el tiempo (t_0+T), donde $T=L/V_i$, la función de correlación cruzada tendrá otro extremo o doblez. La magnitud normalizada de este valor de extremo puede permitir que el sistema determine el grado de lluvia que cae en el sensor.

40
45
50 Cada condensador C1-C4 tiene una función de autocorrelación asociada con la Vout digitalizada resultante de la lectura del mismo (o la lectura correspondiente de C_{int}). En las formas de realización de ejemplo, la función de autocorrelación depende de la diferencia de tiempo, más que el tiempo real. Calcular las autocorrelaciones resulta beneficioso porque permite, por ejemplo, la deducción de la frecuencia fundamental independientemente de la fase. Las autocorrelaciones resultan ventajosas sobre otros procedimientos, como las transformadas de Fourier (que también pueden utilizarse en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención) que proporcionan información únicamente sobre los armónicos subyacentes. De esta manera, el uso de la autocorrelación de las lecturas de los condensadores C1-C4 (que como se ha explicado anteriormente, incluye las lecturas correspondientes de la C_{int} imitador) puede utilizarse para detectar y distinguir entre gotas de agua, suciedad, polvo, gotitas, aguacero, etc.

55
60
65 Hay que reseñar que en este documento los datos de C_{int} se consideran datos de los condensadores C1-C4 porque la capacitancia C_{int} imita o sustancialmente imita las capacitancias C1-C4 como se ha explicado anteriormente. De

esta manera, cuando hablamos sobre la recepción de datos de los condensadores (p. ej., C1-C4), esto abarca e incluye la recepción de datos de la capacitancia C_{int} . En otras palabras, la salida del circuito de la Fig. 4-5 se considera proveniente de los condensadores C1-C4, aunque no se tome directamente de los mismos.

5 La lluvia, como una función del tiempo, puede representarse mediante la siguiente fórmula:

$$b(\bar{r}, t) = \begin{cases} 1 & \text{la lluvia se proyecta eléctricamente} \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

10

Esencialmente, b adquiere un valor binario que indica si está lloviendo (1), o no (0). Debe entenderse que b es por lo menos dos bits, y que para la modulación sigma-delta pueden utilizarse 24 bits en determinadas formas de realización de ejemplo. También debe entenderse que podría introducirse una escala, potencialmente para capturar más datos relacionados con los voltajes en los condensadores C1-C4 (o C_{int}).

15

Al final de un ciclo de muestreo L , por ejemplo, la salida del circuito de la Fig. 4-5, p. ej., de la matriz de cuatro condensadores C1-C4 (o a través de C_{int}), va desde 0000 hasta 1111 en determinadas formas de realización de ejemplo, utilizando datos digitales binarios. Un único bit activado puede iniciar un único barrido en determinados casos de ejemplo. En el caso en el que todos los bits están apagados (0000) o todos los bits están encendidos (1111), entonces no puede iniciarse ninguna barrido en determinados casos de ejemplo, porque es probable que no haya nada en el parabrisas, el coche esté completamente sumergido, etc., ya que todos los condensadores del sistema estarían leyendo lo mismo lo que no es coherente con lluvia que cae en una ventana. De esta manera, los sucesos más probables donde se necesitarán los limpiaparabrisas son aquellos en el intervalo de 0001 a 1110 (es decir, cuando la salida desde todos los condensadores de la matriz no es la misma). Cuando los datos se encuentran de este intervalo, o incluso si no se encuentran dentro de este intervalo, las funciones de correlación (funciones de autocorrelación y/o correlación cruzada) pueden llevarse a cabo utilizando la siguiente integral. Debe entenderse que la integral que se muestra a continuación puede reescribirse de otras formas, como por ejemplo, una suma. Las correlaciones entre dos gotas en un periodo de tiempo grande pueden calcularse según la fórmula siguiente:

20

25

30

$$R_b(r_1, t_1; r_2, t_2) = \frac{1}{T} \int_0^L b(r_1, t_1 + t) b(r_2, t_2 + t) dt$$

$$R_b(r_1, t_1; r_2, t_2) = R_b(\Delta \bar{r}, \Delta t)$$

35

donde R_b es la correlación de un suceso binario, dado como una función de las resistencias r_i a unos instantes t_i dados; y L es un periodo de muestreo grande durante el cual se captura una ráfaga de datos. En determinadas formas de realización de ejemplo, el periodo de muestreo L puede ser desde aproximadamente 10 hasta 100 ms, y más preferentemente desde aproximadamente 20-30 ms, lo que se corresponde aproximadamente con la frecuencia que un ojo humano medio puede discernir. R_b también es igual a una función de la correlación de los cambios de las resistencias a través de los condensadores $\Delta \bar{r}$ y el cambio de tiempo. Cuando $\Delta \bar{r} = 0$, se determina el valor de autocorrelación ya que se están analizando los datos del mismo condensador, y cuando $\Delta \bar{r} \neq 0$, se calculan las correlaciones cruzadas ya que la correlación se lleva a cabo en datos de diferentes condensadores.

40

45

Estas funciones están sujetas a varias restricciones de ejemplo y supuestos subyacentes. En primer lugar,

50

$$\Delta \bar{r} = V \bar{i} \Delta t .$$

Esta restricción significa esencialmente que una gota de agua o similar está avanzando en una escala de tiempo determinada. En segundo lugar,

55

$$b(\bar{r} + V \bar{i} \Delta t, t + \Delta t) = b(\bar{r}, t) .$$

Esta restricción imita o sustancialmente imita lo que sucede cuando las gotas de agua o similares se mueven de un condensador a otro. De esta manera, las funciones de correlación podrían considerarse como etapas discretas p en el espacio y T en el tiempo. Esta característica puede representarse matemáticamente como la siguiente ecuación:

60

$$R_b(m\bar{p}, nT) \equiv R(V \bar{i} \Delta t, \Delta t)$$

Esencialmente, el lado izquierdo de la ecuación establece una rejilla teórica en el espacio y el tiempo por el que se mueve una gota de agua o similar. Por ejemplo, la Fig. 9 es una vista estilizada de ejemplo de cómo una gota de lluvia podría desplazarse a través de un parabrisas. La Fig. 9 muestra una gota de lluvia que se desplaza a través de un parabrisas en el plano X-Z durante un período de tiempo inicial ($t=0$) y un cuanto de tiempo más tarde ($t=T$). El supuesto de que la distribución de las gotas sea uniforme en el espacio y el tiempo permite la creación de un campo binario causado por lluvia que es en un sentido amplio estacionaria. El sistema también supone que la correlación temporal entre píxeles preferentes en las mismas cercanías es alta en la dirección de la lluvia. Por último, el grado de autocorrelación y de correlación cruzada en el tiempo cuantifica la caída de lluvia y otras perturbaciones.

Debe entenderse que en determinadas formas de realización de ejemplo, el tiempo computacional puede guardarse debido a la naturaleza de las matrices de correlación y la naturaleza de la lluvia. Por ejemplo, las matrices de correlación pueden ser simétricas en determinados casos de ejemplo. Además, como otro ejemplo, debido a que la lluvia tiende a caer del cielo y subir por un parabrisas, puede ser suficiente comparar sólo los condensadores que están dispuestos verticalmente entre sí en correlación cruzada, haciendo caso omiso de los condensadores adyacentes horizontalmente.

Hay que reseñar que aunque se utilizan datos binarios en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, esta invención puede utilizar también datos en la escala de grises en determinados casos de ejemplo con respecto a las salidas del circuito de las Figs. 4-5, o de otro(s) circuito(s) adecuado(s) similar(e)s.

Después de haber llevado a cabo la autocorrelación en la etapa S804 (p. ej., utilizando la ecuación o ecuaciones que se han analizado anteriormente, o alguna otra ecuación o ecuaciones de correlación adecuadas), pueden llevarse a cabo una o más comprobaciones para mejorar la precisión del sistema. Ejemplos de tales controles (p. ej., si los datos autocorrelacionados R_{xx} tienen valores negativos, si un gradiente es superior a uno, y/o si la forma de una curva R_{xx} es diferente o sustancialmente diferente de unos datos de autocorrelación no perturbados normalizados almacenados en memoria) se enumeran en la parte inferior del cuadro para las etapas S804 de la Fig. 8. Pueden llevarse a cabo una, dos o las tres de estas comprobaciones.

Por ejemplo, una comprobación de los datos de autocorrelación en la etapa S806 puede ser para determinar si los datos autocorrelacionados de uno o más del(de los) condensador(es) (C_1 , C_2 , C_3 y/o C_4 ; o a través del C_{int} imitador) comprende valores negativos. Por ejemplo, cuando los datos autocorrelacionados tiene(n) un(os) valor(es) negativo(s), entonces el procedimiento o sistema puede indicar que no está lloviendo, puede detener los limpiaparabrisas, y/o puede no accionar los limpiaparabrisas del parabrisas (véase la etapa S808). Esta comprobación es para determinar, por ejemplo, si una perturbación detectada es realmente lluvia. A este respecto, la Fig. 10 es un gráfico que traza los valores máximos obtenidos experimentalmente de ejemplo de las autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones. La Fig. 10 ilustra que las señales de agua son mayores que las señales no perturbadas y son positivas, y que las interferencias externas como las ondas electromagnéticas de radios CB y de una mano humana que toca una ventana tienden a estar por debajo de los niveles de no perturbación y pueden ser negativas. De esta manera, para eliminar o reducir las detecciones falsas debido a perturbaciones externas como, por ejemplo, una mano humana que toca la ventana, las interferencias de señales de radio, etc., cualquier señal con valores de autocorrelación negativos se considera un suceso de "no-lluvia". Debe entenderse que algunas formas de realización de ejemplo pueden considerar valores de autocorrelación negativos. Otras formas de realización de ejemplo pueden tomar otras medidas para eliminar o reducir las detecciones falsas debido a interferencias externas, por ejemplo, comparando gradientes (p. ej., cualquier curva inferior a o menor que la curva/representación gráfica de no perturbación de la Fig. 10 puede considerarse un suceso de "no-lluvia"), protegiendo los condensadores, etc.

Una segunda comprobación de ejemplo de los datos de autocorrelación es comprobar si un gradiente de una curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados es superior a uno; y si no lo es, a continuación el procedimiento o sistema puede indicar que no está lloviendo, detener los limpiaparabrisas y/o no accionar los limpiaparabrisas del vehículo (véase la etapa S808). En esta comprobación, se comprueba el gradiente de la autocorrelación normalizada de la perturbación. El gradiente de la autocorrelación normalizada de una señal no perturbada es cercano a 1. Medir el gradiente es beneficioso porque no se ve afectado por el cambio de temperatura. De esta manera, el sensor de lluvia puede ser sustancialmente inmune a lecturas falsas debido a los cambios de temperatura en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. En determinados casos de ejemplo, los gradientes inferiores a 1 (o algún otro valor predeterminado) pueden considerarse sucesos de no-lluvia.

Una tercera comprobación de ejemplo de los datos de autocorrelación es determinar si existe una coincidencia o coincidencia sustancial entre una curva de autocorrelación (p. ej., la huella de señal) asociada con los datos autocorrelacionados y una o más curvas de autocorrelación predeterminadas (p. ej., la huella predeterminada) almacenadas en una base de datos y/o memoria. Cuando la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4-5 es diferente o sustancialmente diferente de una curva de autocorrelación referente a los datos de autocorrelación no perturbados normalizados, esto puede considerarse un suceso de no-lluvia y pueden indicarse que no está lloviendo, pueden detenerse los limpiaparabrisas, y/o puede no accionarse los limpiaparabrisas (véase la etapa S808). Sin embargo, cuando hay una coincidencia o una

coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada con la humedad como la lluvia, entonces puede indicarse que está lloviendo, accionarse los limpiaparabrisas, o seguir moviéndose.

5 En este sentido, la forma de la curva de autocorrelación puede utilizarse para reducir falsas barridos y/o falsas detecciones. En particular, se utiliza como referencia la autocorrelación normalizada de una señal no perturbada. A continuación, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de la Fig. 4-5 se compara con la referencia para identificar la huella más cercana en determinados casos de ejemplo. Generalmente, cuanto más agua se halle presente en el área de detección, mayor será la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada. De esta manera, pueden compararse instantáneas de correlación con instantáneas de referencia de sucesos conocidos como la presencia de lluvia, suciedad, no perturbación, hielo, y así sucesivamente. En general, las instantáneas de correlación pueden normalizarse, aunque la invención no se limita a ello. Las instantáneas de correlación preferentemente trazan valores r frente a cuantías de tiempo en un intervalo de tiempo discreto en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención.

10
15 En determinadas formas de realización de ejemplo, cuando hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada con una sustancia de no humedad como la suciedad, entonces esto puede considerarse un suceso de no-lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden detenerse y/o no accionarse (véase la etapa S808).

20 De esta manera, debe entenderse que la forma de la curva de autocorrelación resultante de los datos proporcionados desde el circuito de la Fig. 4-5 (de los condensadores C1-C4, o a través del C_{int}) puede utilizarse para reducir falsas barridos como una tercera condición. Por ejemplo, puede utilizarse como referencia una curva de autocorrelación normalizada de una señal no perturbada. A continuación, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de la Fig. 4-5 se compara con la referencia para identificar la huella digital más cercana. Generalmente, cuanto más agua se halle presente en el área de detección, mayor será la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada/detectada. De esta manera, pueden compararse las instantáneas de correlación con las instantáneas de referencia de sucesos conocidos. En general, preferentemente se normalizan las instantáneas de correlación, aunque la invención no se limita a ello. Las instantáneas de correlación preferentemente trazan valores r frente a cuantías de tiempo en un intervalo de tiempo discreto.

25 Un problema potencial con los sensores de lluvia capacitivos es que los cambios rápidos de temperatura (p. ej., debido a la frita negra que absorbe las radiaciones utilizada para ocultar por razones estéticas el patrón del sensor) cambian la "constante" dieléctrica (permitividad) del vidrio. Esto se registra a continuación como un cambio de la capacitancia y puede interpretarse erróneamente como una señal de lluvia. Sin embargo, según determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, una función de autocorrelación normalizada no se modifica, o sustancialmente no se modifica, para diferentes temperaturas aunque pueda haber diferencias para las funciones de autocorrelación no normalizadas para las diferentes temperaturas. De esta manera, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, el sistema de detección no se ve afectado o sustancialmente no se ve afectado por los cambios de temperatura.

30 Además, la acumulación de agua extremadamente lenta como la niebla ultrafina puede acumularse lentamente hasta un nivel que active los sensores en base a unos convertidores de frecuencia Nyquist. En el momento de la observación que se refiere a la visión humana (p. ej., 30-60 Hz), la función de autocorrelación en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención es capaz de discriminar entre la acumulación ultralenta de rocío o la condensación y la lluvia y niebla normales.

35 Las Figs. 11A-11D proporcionan instantáneas de correlación obtenidas experimentalmente de muestra. Estas instantáneas de correlación, o huellas de un suceso, pueden almacenarse como huellas de referencia o curvas de correlación. Las instantáneas de correlación observadas/detectadas (p. ej., las curvas de autocorrelación) pueden compararse con estas huellas de referencia para determinar el tipo de suceso que se está produciendo. Por ejemplo, la Fig. 11A es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de lluvia fuerte. La Fig. 11B es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de una niebla ligera. La Fig. 11C es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de interferencias de radio CB. La Fig. 11D es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de un cuerpo puesto a tierra con un voltaje. Los patrones o datos de las Figs. 11A-11D pueden denominarse huellas predeterminadas en determinados casos, y debe entenderse que otros tipos y formas de huellas predeterminadas también pueden utilizarse en diferentes formas de realización de esta invención. Debe entenderse que estas huellas se proporcionan como ejemplos no limitativos y reflejan los datos obtenidos experimentalmente. Los sucesos reales pueden diferir en diversas características. De esta manera, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, cuando se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4 - 5 y una curva de autocorrelación de no humedad predeterminada como la de la Fig. 11C o la Fig. 11D, a continuación esto puede considerarse un suceso de no-lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden detenerse y/o no accionarse (véase la etapa S808). Sin embargo, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, cuando

se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación relacionada con la humedad predeterminada como la de la Fig. 11A o la Fig. 11B, entonces esto puede considerarse un suceso de lluvia y puede indicarse que está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden accionarse y/o mantenerse en movimiento. Además de las curvas de autocorrelación predeterminadas de las Figs. 11A-11D, otras huellas de referencia pueden almacenarse y/o compararse con las instantáneas de correlación observadas en otras formas de realización de ejemplo de esta invención.

Volviendo a la Fig. 8, en la etapa S806 se determina si se cumple cada una de las tres condiciones presentadas en la parte inferior del recuadro S804. En concreto, en S806 se determina si cada uno de los siguientes se cumple: (a) los datos autocorrelacionados no tienen valores negativos; (b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociado con dichos datos autocorrelacionados es superior a un valor predeterminado como uno; y (c) la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de la Fig. 4-5 es diferente de una curva de autocorrelación predeterminada asociada con los datos de autocorrelación no perturbados. Si no se cumplen todos ellos, esto es indicativo de un suceso de no-lluvia y el proceso avanza a la etapa S808 donde el/los limpiaparabrisas del vehículo se detiene(n) (si estuviera(n) en movimiento) o se mantienen desactivados, y comienza nuevamente la inicialización S800. Sin embargo, si todos estos requisitos se cumplan en S806, entonces el proceso avanza hacia S810 y los limpiaparabrisas del vehículo (p. ej., limpiaparabrisas del parabrisas) se activan a su velocidad más baja.

Sólo a efectos de ejemplo, y de comprensión, la Fig. 13 ilustra un ejemplo de autocorrelación. En la Fig. 13, los valores de (o referentes al) condensador de detección C1, a tiempos secuenciales -t2, -t1, t0, t1, t2 y t3 son 0, 0, 1, 1, 0 y 0, respectivamente. La autocorrelación para el instante 0 (aco) se determina multiplicando los valores referentes a C1 de una manera no desfasada, y añadiendo o sumando a continuación los resultados. Puede verse en la Fig. 13 que aco es igual a 2 en este caso. De esta manera, en el gráfico de autocorrelación en la parte inferior de la Fig. 13, se hace una entrada en el gráfico en el instante 0 para un valor de autocorrelación de 2. Adviértase que el gráfico de autocorrelación en la parte inferior de la Fig. 13 es similar, pero más simple, que el gráfico de autocorrelación de la Fig. 10 y los valores de autocorrelación pueden obtenerse para la Fig. 10 de una manera similar. A continuación, todavía en relación a la Fig. 13, se lleva a cabo la autocorrelación utilizando los valores de capacitancia referentes a C1 para el siguiente instante en el tiempo para obtener el valor de autocorrelación ac1. Este siguiente valor de autocorrelación (ac1) se obtiene desplazando la secuencia de la fila de la parte inferior de los valores para C1 con respecto a la fila superior como se muestra en la Fig. 13, y a continuación multiplicando los valores de las filas que se alinean entre sí y sumando los resultados. La Fig. 13 ilustra que ac1 es igual a 1 para el instante 1. De esta manera, este valor de autocorrelación de 1 para el instante t1 puede introducirse en el gráfico en la parte inferior de la Fig. 13 y se dibuja una línea entre los dos puntos de datos introducidos a efectos de ejemplo y comprensión. A continuación, para el siguiente valor de tiempo (o periodo), la fila inferior se desplaza nuevamente otro segmento con respecto a la fila superior y el proceso se repite, y así sucesivamente. Puede observarse que las representaciones gráficas de autocorrelación en la Fig. 10 pueden obtenerse de una manera similar. En la Fig. 13, debe entenderse que esa correlación cruzada puede llevarse a cabo reemplazando los valores relacionados con C1 en la fila inferior con los valores de o relacionados con otro condensador como C2 (o C3 o C4).

Examinar la autocorrelación y/o la correlación cruzada también puede ayudar a distinguir entre, por ejemplo, lluvia ligera y lluvia fuerte. Por ejemplo, si sólo la autocorrelación en el tiempo es alta (y la correlación cruzada es baja), entonces es probable que sólo haya lluvia ligera. La Fig. 12A es una matriz de correlación de ejemplo que muestra lluvia ligera. Es de destacar en la Fig. 12 que las correlaciones entre C1 y C1, C2 y C2, C3 y C3, y C4 y C4 (estas son autocorrelaciones) durante un determinado período de tiempo son altas, mientras que el resto de las correlaciones (las correlaciones cruzadas) son bajas. Por hipótesis y por los datos experimentales confirmados, una matriz de este tipo indicaría una lluvia ligera.

Por otro lado, si tanto la autocorrelación como la correlación cruzada en el tiempo entre las señales del condensador son altas, es probable que haya lluvia rápida. La Fig. 12B es una matriz de correlación de ejemplo que muestra lluvia fuerte. En la Fig. 12B, no son altas sólo las autocorrelaciones de los condensadores individuales (es decir, las autocorrelaciones son las correlaciones entre C1 y C1, C2 y C2, C3 y C3, y C4 y C4), las correlaciones cruzadas entre diferentes condensadores también son generalmente altas (las correlaciones de la Fig. 12B que van diagonalmente desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha son las autocorrelaciones, y el resto son las correlaciones cruzadas). Por hipótesis y por los datos experimentales confirmados, una matriz de este tipo indicaría una lluvia rápida. El grado de correlación cruzada puede cuantificarse para determinar la velocidad relativa de la lluvia. Estos datos a su vez, pueden utilizarse para activar diversas velocidades de limpiaparabrisas, según corresponda a la velocidad de la lluvia. Por ejemplo, cuantas más correlaciones cruzadas altas haya, mayor será la velocidad del limpiaparabrisas que se utilice.

De manera más sistemática, en la etapa S812, se calculan las correlaciones cruzadas (las correlaciones entre los datos referentes a diferentes condensadores), y se utilizan los dos lados de la curva de correlación cruzada para determinar el nivel de simetría L. Si el nivel de simetría es inferior a un umbral predefinido t_{min} , la etapa S814 dirige el sistema a la etapa S816 donde los limpiaparabrisas se activan a la velocidad más baja, y el sistema se devuelve a la etapa de inicialización S800. Si el nivel de simetría es superior a t_{min} pero inferior a un valor arbitrario t, la etapa S818

dirige el sistema a la etapa S820 donde los limpiaparabrisas se activan a una velocidad más rápida o media, y el sistema se devuelve a la etapa de inicialización S800. Debe entenderse que pueden especificarse una pluralidad de valores arbitrarios t_i , y un nivel de simetría comprendido entre t_i y t_{i+1} activará una velocidad de limpiaparabrisas correspondiente adecuada y a continuación devolverá el sistema a la etapa de inicialización S800. Por último, en la etapa S822, si el nivel de simetría está por encima de un nivel predefinido t_{max} , la etapa S822 dirige el sistema a la etapa S824 donde los limpiaparabrisas se activan a la máxima velocidad, y el sistema se devuelve a la etapa de inicialización S800. De esta manera, las correlaciones de los datos devueltos desde el circuito de la Fig. 4-5 pueden utilizarse para ajustar la velocidad de los limpiaparabrisas. En determinadas formas de realización de ejemplo, cuantas más correlaciones cruzadas altas haya, mayor será la velocidad del limpiaparabrisas utilizada debido a la probabilidad de lluvia más fuerte.

A efectos de ejemplo y comprensión, las Figs. 14-24 ilustran ejemplos de la correlación cruzada llevada a cabo según determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. La Fig. 14 presenta los datos de correlación cruzada en determinados casos de ejemplo, mientras que las Figs. 15-24 ilustran gráficos de correlación cruzada de algunos de los datos de la Fig. 14, donde se detecta lluvia. En las Figs. 15-24, cada periodo en el eje horizontal es un microsegundo (1 μ s) a efectos de ejemplo, y el muestreo se llevó a cabo cada microsegundo. Como se ha explicado anteriormente con respecto a la Fig. 13, en las Figs. 15-24 en el instante = 0 (periodo 0), no hay ningún desplazamiento en el tiempo de los valores de los diferentes condensadores que se están correlacionando. La Fig. 14 ilustra que, cuando había presencia de lluvia (véase las señales S1-S5 y W1-W5), las señales delta referentes a la autocorrelación eran altas. Las Figs. 15-24 son representaciones gráficas de correlación cruzada referentes a estas señales. Resulta útil buscar simetría entre las representaciones gráficas en los lados de la izquierda y la derecha de cada una de las Figs. 15-24 (un lado de cero se compara con el otro lado de cero). En términos generales, si existe simetría alrededor del eje de periodo cero, no hay mucha correlación cruzada, lo que indica que la lluvia detectada no es muy fuerte. Sin embargo, si hay asimetría alrededor del eje de periodo cero, entonces esto significa más correlación cruzada e indica que la lluvia es fuerte o más fuerte. Por ejemplo, adviértase la asimetría en las Figs. 18, 19 y 23 alrededor del eje de periodo cero debida a los baches o valles en uno o ambos lados. Más correlación cruzada indica que las gotas de lluvia se están moviendo de un área de detección de un condensador a otra área de detección de otro condensador. En este sentido, cada interacción de una gota de lluvia y la superficie de un parabrisas tiene su propia firma de correlación en el dominio temporal. Una correlación cruzada alta indica que la misma gota está siendo detectada en condensadores diferentes, en diferentes instantes de tiempo (p. ej., véase también la Fig. 9). Hay que reseñar que la "t" minúscula en la Fig. 9 es la misma que el eje de periodo en las Figs. 15-24.

De esta manera, se entenderá que determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención proporcionan un sensor de humedad (p. ej., un sensor de lluvia) que puede detectar lluvia u otro material en una ventana de vehículo u otro tipo de ventana o lámina/superficie, sin la necesidad de un condensador de referencia. Puede utilizarse la correlación espaciotemporal. Todos los condensadores, o una pluralidad de condensadores, en la matriz de sensores pueden ser idénticos o sustancialmente idénticos en forma en determinadas formas de realización de ejemplo. A efectos de ejemplo, en un instante dado en el tiempo (p. ej., t_1), el sistema puede comparar los valores relacionados con C1 con los valores relacionados con C2, y/o los valores relacionados con otro condensador. Para este instante t_1 , el sistema puede comparar también los valores relacionados con C1 consigo mismos (autocorrelación), y puede comparar también la autocorrelación para C1 con la autocorrelación para C2 y/u otro(s) condensador(es) de detección.

Las Figs. 4-5 ilustran unos conmutadores para acoplar selectivamente los diversos condensadores C1-C4 al resto del circuito, y la Fig. 26 muestra un multiplexor a este respecto. Los circuitos mostrados en las Figs. 4-5 y/o 26 pueden leer simultáneamente señales de todos los condensadores C1-C4, o de manera alternativa pueden leer sólo señales de un condensador al mismo tiempo seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional puede leer señales de una combinación de algunos pero no todos los condensadores C1-C4 en un determinado instante en el tiempo. Más adelante se analiza un circuito de conmutación no limitativo de ejemplo para el acoplamiento selectivo de la electrónica de lectura a uno o más de los condensadores C1-C4 según resulte necesario o según se desee, en relación con la Fig. 31. El circuito de conmutación de la Fig. 31, o similar, puede o utilizarse no en lugar de los conmutadores mostrados en las Figs. 4-5 y/o el multiplexor mostrado en la Fig. 26.

La Fig. 31 muestra un circuito de conmutación de ejemplo para conmutar o acoplar selectivamente entre diferentes condensadores de detección C1-C4 o diferentes combinaciones de los mismos, para cambiar el campo de detección que se está analizando y/o la función que se está buscando. De esta manera, el circuito de conmutación de la Fig. 31 permite que el sistema y/o el(los) campo(s) de detección sea(n) reconfigurable(s) de manera selectiva en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Por ejemplo, en determinadas formas de realización de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: (a) un(os) condensador(es) (p. ej., C1) para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un(os) condensador(es) (p. ej., uno o más de C2, C3 y/o C4) para detectar uno o más de hielo en una superficie exterior de la ventana, niebla en una superficie exterior de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana. El(los) circuito(s) de lectura puede(n) leer simultáneamente señales de todos los condensadores C1-C4, o de manera alternativa puede(n) leer sólo las señales de un condensador al mismo tiempo seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional puede(n) leer las señales de una combinación de algunos pero no todos los condensadores C1-C4 en un

determinado instante en el tiempo; el circuito de conmutación de la Fig. 31 permite llevar a cabo cada una de estas posibilidades y hacerlo de manera selectiva según se desee. De esta manera, el circuito de conmutación de la Fig. 31 puede resultar ventajoso en que puede permitir que el sistema se ajuste de manera selectiva, a través del campo de detección, para enfocarse en los diferentes tipos de elementos (p. ej., lluvia, hielo, niebla, etc.) en diferentes instantes en el tiempo. Los condensadores C1-C4 pueden tener o no la misma geometría o patrón fractal, y pueden ser o no de diferentes formas y/o tamaños en diferentes casos.

El circuito de conmutación de la Fig. 31 incluye una conexión de fuente de alimentación en RFC, unas conexiones de control en CTRL1 y CTRL2, unos inversores IV1 e IV2, una puerta G AND, y unos conmutadores SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6, SW7 y SW8. Los conmutadores SW1-SW8 pueden ser conmutadores microelectromecánicos (MEM) donde la aplicación de voltaje al MEM hace que el conmutador se accione, o cualquier otro tipo de conmutador adecuado en diferentes casos. En esta forma de realización de ejemplo, cada condensador tiene dos conmutadores asociados al mismo. Por ejemplo, el condensador de detección C1 (y/o la Banda 1 si el dispositivo de detección es una antena en lugar de un condensador) tiene unos conmutadores SW1 y SW2 asociados al mismo, el condensador de detección C2 (y/o la Banda 4 si el dispositivo de detección es una antena en lugar de un condensador) tiene unos conmutadores SW3 y SW4 asociados al mismo, el condensador de detección C3 (y/o la Banda 4 si el dispositivo de detección es una antena en lugar de un condensador) tiene unos conmutadores SW5 y SW6 asociados al mismo, y el condensador de detección C4 (y/o la Banda 4 si el dispositivo de detección es una antena en lugar de un condensador) tiene unos conmutadores SW7 y SW8 asociados al mismo. En la Fig. 31, a efectos de ejemplo, los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW7 se ilustran en posición cerrada, donde los conmutadores SW1, SW3, SW5 y SW8 se ilustran en posición abierta.

[0150] Los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW8 se proporcionan para acoplar selectivamente los condensadores C1-C4 (y/o las Bandas 1-4) a tierra GND. En determinadas formas de realización de ejemplo, cuando un condensador dado se acopla al sistema de circuitos de lectura (p. ej., C4 se acopla al sistema de circuitos de lectura en la Fig. 31 porque el conmutador SW7 está cerrado), ese condensador se desacopla de tierra GND abriendo su conmutador de tierra (p. ej., el conmutador de tierra SW8 está abierto en la Fig. 31). Sin embargo, cuando un(os) condensador(es) dado(s) no está(n) acoplado(s) al sistema de circuitos de lectura (p. ej., los condensadores C1, C2 y C3 no están acoplados al sistema de circuitos de lectura en la Fig. 31 porque los conmutadores de lectura SW1, SW3 y SW5 asociados a los mismos están abiertos), ese condensador se pone a tierra cerrando su conmutador de tierra (p. ej., los conmutadores de tierra SW2, SW4 y SW6 están cerrados para poner a tierra C1, C2 y C3, respectivamente, en la Fig. 31). La puesta a tierra de los condensadores que actualmente no se están leyendo resulta ventajoso en que impide que el ruido y/u otras señales problemáticas interfieran con el circuito de lectura o con el sistema de circuitos de conmutación general.

Todavía en relación a la Fig. 31, a efectos de ejemplo y sin limitación, considérese una situación de ejemplo donde el condensador C1 se diseña (p. ej., se conforma) y se sitúa para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana (p. ej., parabrisas), el condensador C2 se diseña y se sitúa para detectar hielo en una superficie exterior de la ventana, el condensador C3 se diseña y se sitúa para detectar niebla en una superficie exterior de la ventana, y el condensador C4 se diseña y se sitúa para detectar condensación/humedad en una superficie interior de la ventana (p. ej., si C4 detecta esa condensación y/o humedad en la superficie interior, entonces un calentador de parabrisas puede encenderse automáticamente o de otra manera para remediarlo). En algunos de esos casos de ejemplo, cada uno de los sensores capacitivos fractales C1-C4 puede tener una forma y/o un patrón fractal diferente, y/o una orientación/dirección diferente. El circuito de conmutación, para enfocar el sistema de circuitos de lectura en la detección de lluvia en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar el condensador C1 a un sistema de circuitos de lectura y aislar los condensadores C2-C4 del sistema de circuitos de lectura; esto puede hacerse enviando las señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW1, SW4, SW6 y SW8 se cierren y los conmutadores SW2, SW3, SW5 y SW7 se abran. Como otro ejemplo, el circuito de conmutación, para enfocar el sistema de circuitos de lectura en la detección de condensación y/o humedad en una superficie interior de la ventana, puede acoplar el condensador C4 al sistema de circuitos de lectura y aislar los condensadores C1-C3 del sistema de circuitos de lectura; esto puede hacerse enviando las señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW7 se cierren y los conmutadores SW1, SW3, SW5 y SW8 se abran como se muestra en la Fig. 31. Como otro ejemplo, el circuito de conmutación, para enfocar el sistema de circuitos de lectura en la detección de niebla en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar el condensador C3 al sistema de circuitos de lectura y aislar los condensadores C1-C2 y C4 del sistema de circuitos de lectura; esto puede hacerse enviando las señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW2, SW4, SW5 y SW8 se cierren y los conmutadores SW1, SW3, SW6 y SW7 se abran. Como otro ejemplo más, el circuito de conmutación de la Fig. 31, para enfocar el sistema de circuitos de lectura en la detección de hielo y lluvia en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar los condensadores C1-C2 al sistema de circuitos de lectura y aislar los condensadores C3-C4 del sistema de circuitos de lectura; esto puede hacerse enviando las señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW1, SW3, SW6 y SW8 se cierren y los conmutadores SW2, SW4, SW5 y SW7 se abran. También es posible en determinados casos de ejemplo acoplar todos los condensadores C1-C4 al sistema de circuitos de lectura, en cuyo caso los conmutadores SW1, SW3, SW5 y SW7 se cerrarían y los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW8 se abrirían.

Se comprenderá que el circuito de conmutación de la Fig. 31 puede utilizarse o no en combinación con cualquier otra forma de realización de ejemplo analizada en este documento.

- 5 Además, es posible pero no se reivindica que los condensadores C1-C4 en relación con la forma de realización de la Fig. 31 puedan sustituirse con antenas como antenas basadas en fractales que tengan unas Bandas respectivas (véanse las Bandas 1-4 en la Fig. 31). De esta manera, en esta situación, el circuito de la Fig. 31 sería capaz de reconfigurar selectivamente las antenas basadas en fractales de diferentes bandas para cambiar selectivamente la(s) banda(s) que está(n) siendo leída(s) por el sistema de circuitos de lectura. En esos casos de ejemplo, puede utilizarse el sistema de circuitos de lectura para detectar y/o procesar las ondas entrantes como señales AM, FM, Bluetooth, GPS, VHF, y/o UHF.
- 10 Hay que reseñar que en este documento el uso de la palabra "fractal" no se limita a un patrón fractal perfecto, y en cambio cubre también los cuasi-fractales como los elementos poligonales y los patrones geométricos con auto-afinidad como los analizados por ejemplo en las patentes U.S. n^{os} 6.809.692, 6.937.191, y/o 7.015.868.
- 15 Hay que reseñar que aunque los condensadores C1-Cn (donde n es dos, cuatro, diez o cualquier otro número adecuado) son preferentes como dispositivos de detección en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, es posible utilizar otros tipos de dispositivos de detección en lugar de o además de los condensadores en determinados casos de ejemplo.
- 20 Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que actualmente se considera la forma de realización más práctica y preferente, debe entenderse que la invención no debe limitarse a la forma de realización divulgada, sino que por el contrario, está destinada a cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas en el espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor de lluvia que comprende:
 - 5 un circuito de detección que comprende una pluralidad de condensadores de detección (C1-C4) soportados por una ventana de vehículo, siendo sensibles uno o más de los condensadores de detección a la humedad en una superficie exterior de la ventana e incluyendo unos electrodos de condensador espaciados primero y segundo (7, 8) que son sustancialmente coplanares; y
 - 10 un circuito de conmutación para acoplar selectivamente la pluralidad de condensadores de detección (C1-C4) a un sistema de circuitos de lectura del sensor de lluvia, **caracterizado porque** el circuito de conmutación comprende unos conmutadores primero y segundo (SW1, SW2) asociados con cada uno de una pluralidad de condensadores de detección (C1-C4), dicho primer conmutador para acoplar selectivamente el condensador de detección asociado al sistema de circuitos de lectura y el segundo conmutador para acoplar selectivamente el condensador de detección asociado a tierra.
2. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que, cuando un condensador de detección (C1-C4) dado de la pluralidad se acopla al sistema de circuitos de lectura, se cierra el primer conmutador en relación con el condensador de detección dado y se abre el segundo conmutador en relación con el condensador de detección dado de manera que el condensador dado se desacople de tierra cuando se acopla al sistema de circuitos de lectura.
3. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que por lo menos parte de por lo menos uno de los condensadores de detección (C1-C4) tiene una geometría fractal.
4. El sensor de lluvia de la reivindicación 3, en la que la geometría fractal es tal que el por lo menos un condensador de detección (C1-C4) funciona como su propia jaula de Faraday o cuasi-jaula de Faraday para reducir los efectos adversos de las interferencias EMI.
5. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que por lo menos uno de los condensadores de detección (C1-C4) comprende una geometría fractal de manera que el flujo lateral generado por la geometría fractal permita que el condensador sea sensible a la humedad en la superficie exterior de la ventana que no se encuentra directamente sobre el primer condensador de detección.
6. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que la ventana es una de un parabrisas de vehículo, una luneta trasera de vehículo, y/o un techo solar de vehículo.
7. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente medios para autocorrelacionar los datos referentes a y/o del por lo menos un condensador de detección (C1-C4) para obtener datos autocorrelacionados, y medios para determinar por lo menos en base a dichos datos autocorrelacionados si hay presencia de humedad en la superficie exterior de la ventana.
8. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el por lo menos un condensador de detección (C1-C4) forma parte de un circuito de detección, comprendiendo adicionalmente el circuito de detección por lo menos un condensador imitador (C_{int}) que imita por lo menos la carga y/o la descarga del primer condensador de detección, en el que un pulso de escritura (Clk_{wr}) hace que por lo menos el primer condensador de detección se cargue y un pulso de borrado (Clk_{er}) hace que el primer condensador de detección y el condensador imitador (C_{int}) sustancialmente se descarguen; en el que la presencia de lluvia en la superficie exterior de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección hace que un voltaje en un electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}) fluctúe de manera proporcional a la fluctuación del voltaje en un electrodo de salida del primer condensador de detección, aunque no haya presencia de lluvia en un campo del condensador imitador; y en el que la lluvia se detecta en base a una señal de salida del electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}), en el que la señal de salida se lee por lo menos entre un final del pulso de escritura y un comienzo del pulso de borrado.
9. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el primer electrodo de condensador del condensador de detección (C1-C4) recibe una señal de carga y el segundo electrodo de condensador del condensador de detección está espaciado del primer electrodo de condensador; y en el que el segundo electrodo de condensador es flotante de manera que el condensador de detección está aislado de tierra.
10. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente por lo menos un motor de correlación que (a) autocorrelaciona la información de, y/o referente a, el por lo menos un condensador de detección (C1-C4) para determinar si hay presencia de lluvia en la superficie exterior de la ventana, y/o (b) lleva a cabo la correlación cruzada de la información del, y/o referente al, por lo menos un condensador de detección para determinar la velocidad con que debe accionarse por lo menos un limpiaparabrisas de un vehículo y/o una cantidad de lluvia en la superficie exterior de la ventana.

11. Un dispositivo electrónico que comprende:

5

un circuito de detección que comprende una pluralidad de estructuras fractales diferentes, y un circuito de conmutación para acoplar selectivamente diferentes estructuras fractales o combinaciones de estructuras fractales a un sistema de circuitos de lectura;

10

en el que las estructuras fractales comprenden unos sensores capacitivos de un sensor de lluvia; y **caracterizado porque** el circuito de conmutación comprende unos conmutadores primero y segundo (SW1, SW2) asociados con cada uno de una pluralidad de estructuras fractales, dicho primer conmutador para acoplar selectivamente la estructura fractal asociada al sistema de circuitos de lectura y el segundo conmutador para acoplar selectivamente la estructura fractal asociada a tierra.

12. El dispositivo electrónico de la reivindicación 11, en el que las estructuras fractales diferentes tienen orientaciones diferentes, y pueden tener o no el mismo patrón y/o tamaño.

15

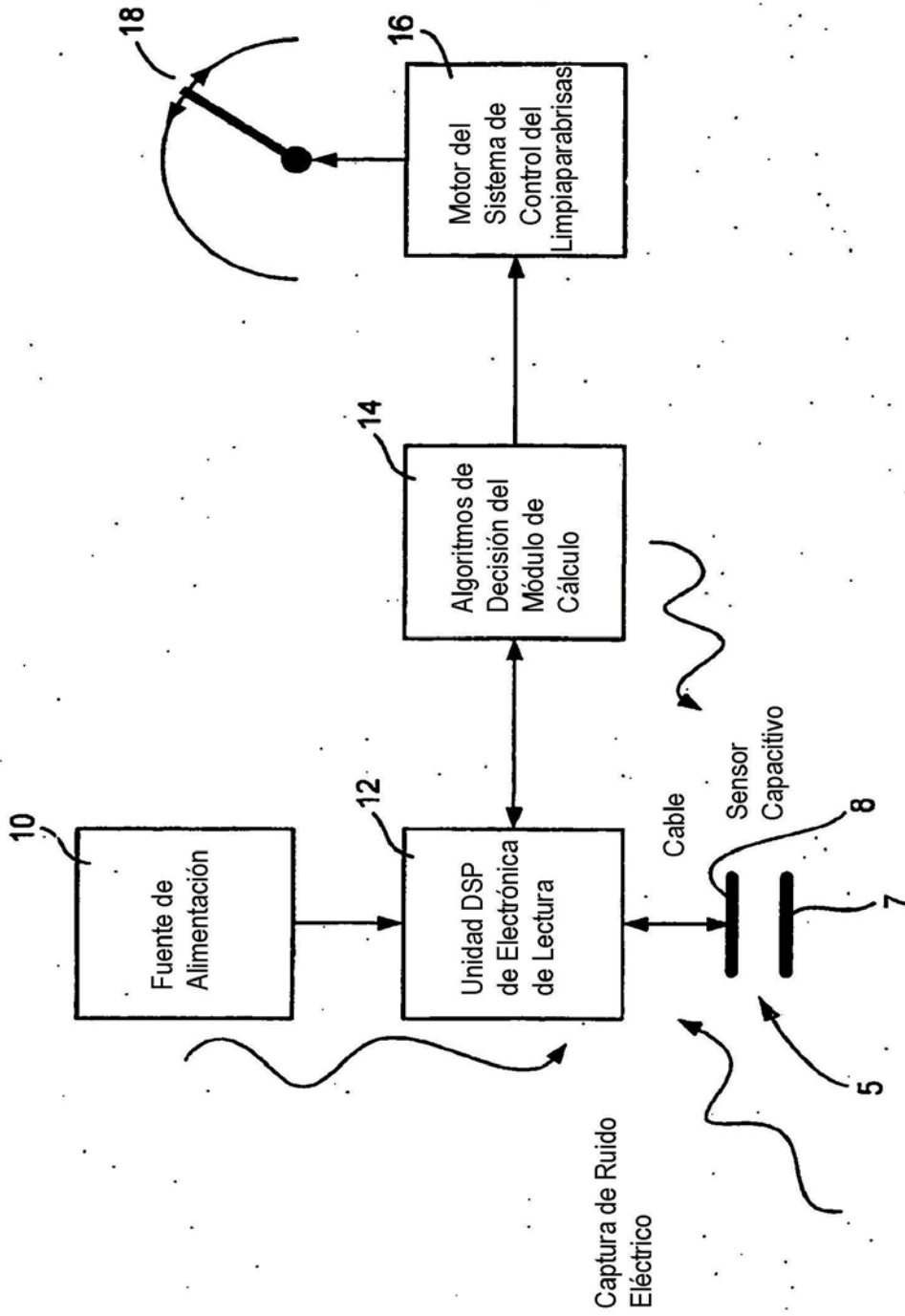


Fig. 1A

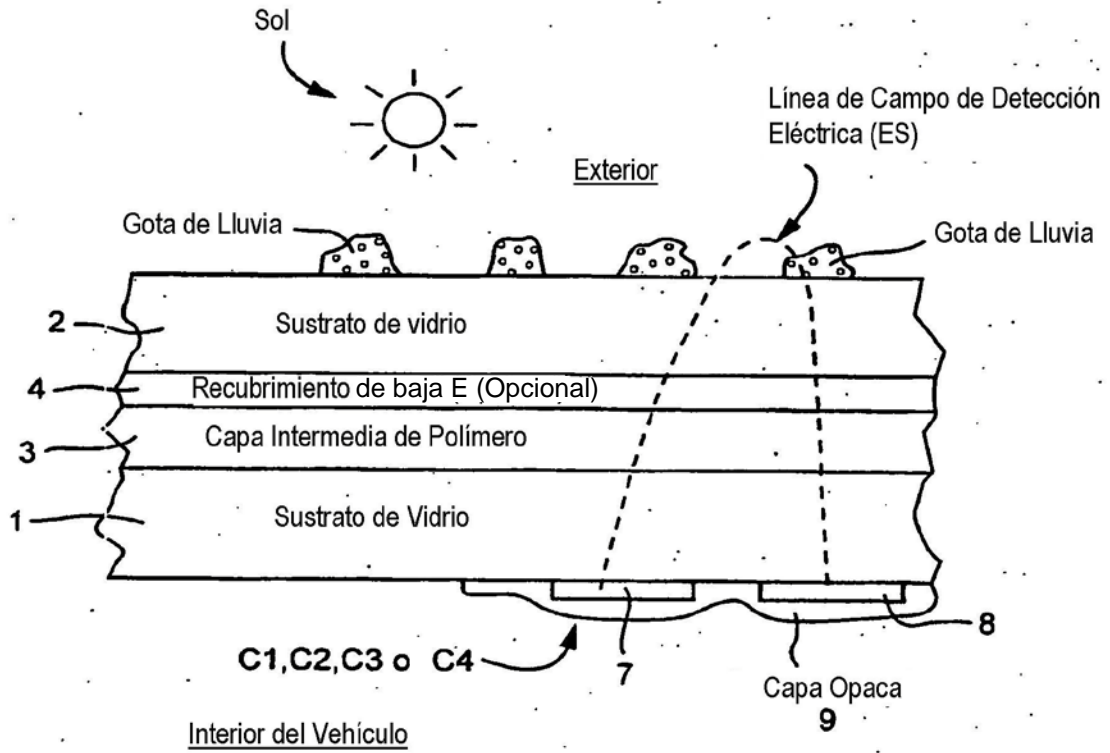


Fig. 1B

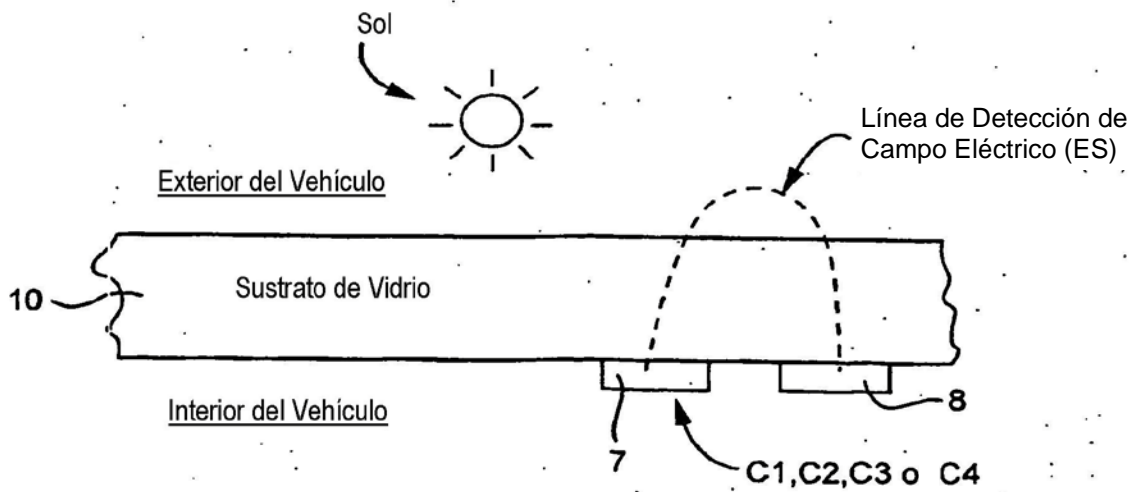
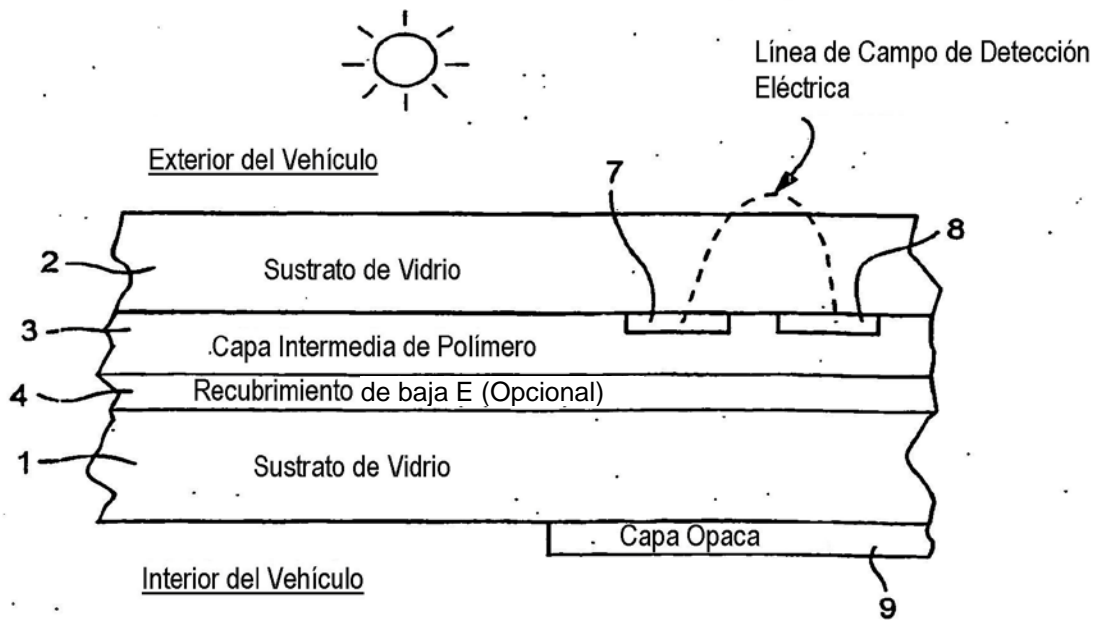
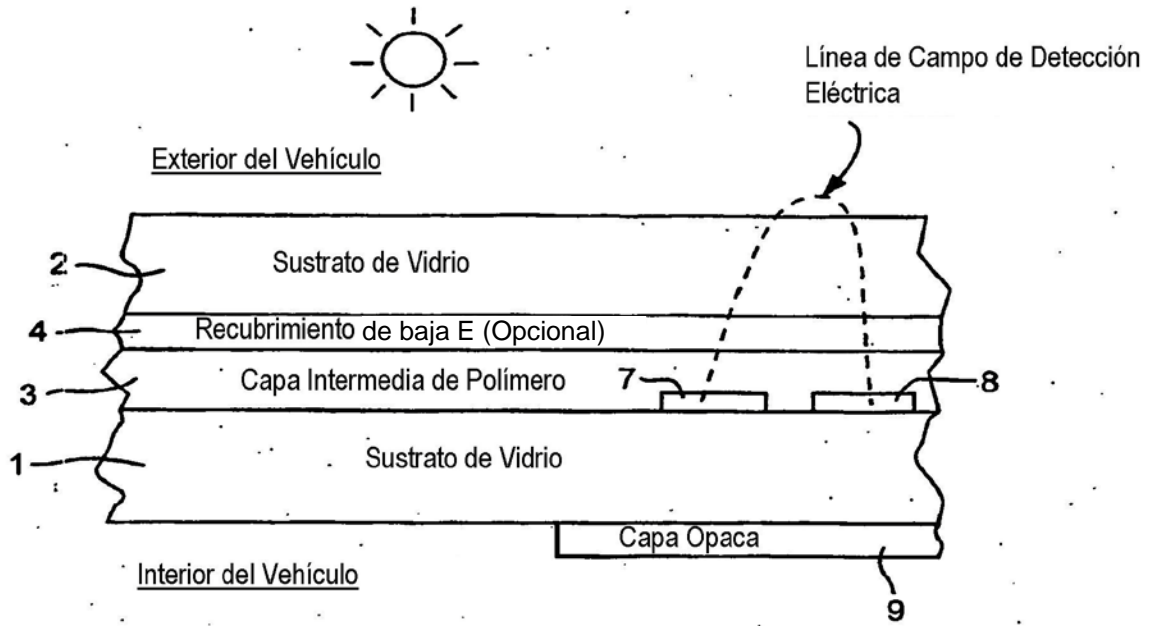


Fig. 1C



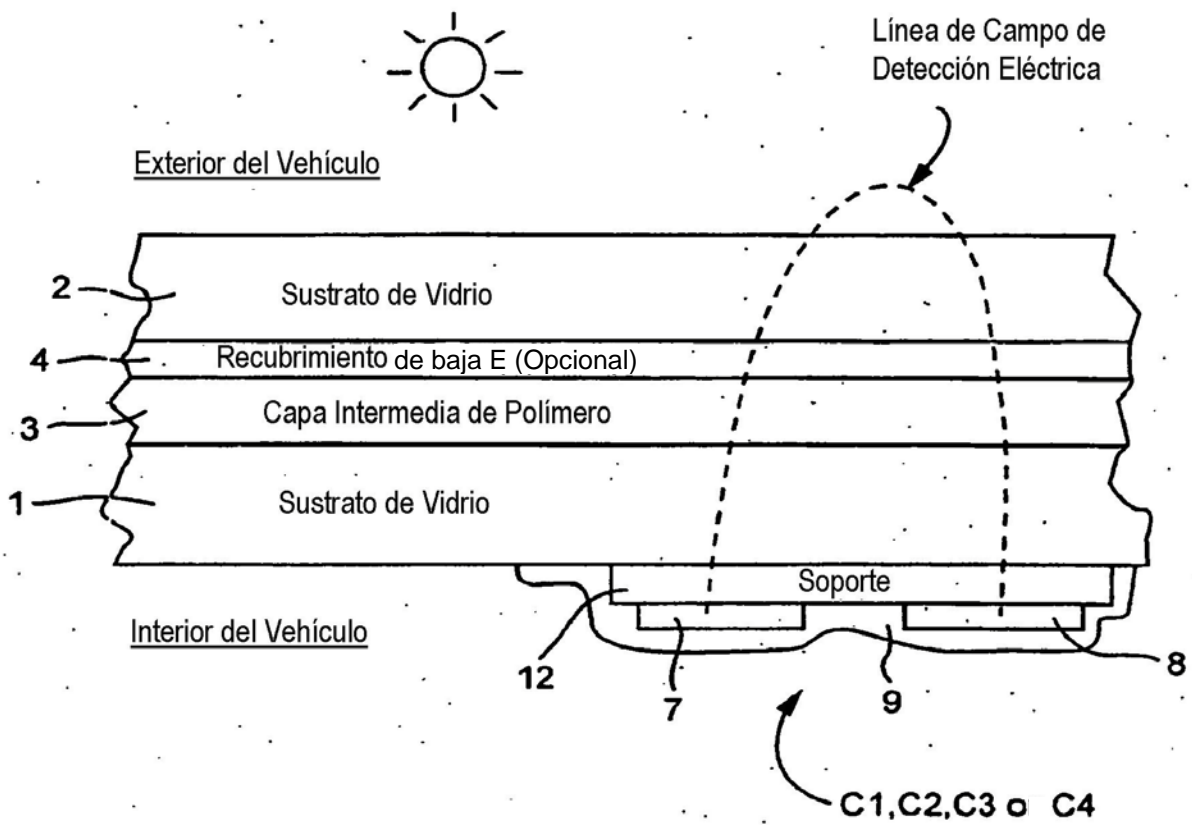


Fig. 1F

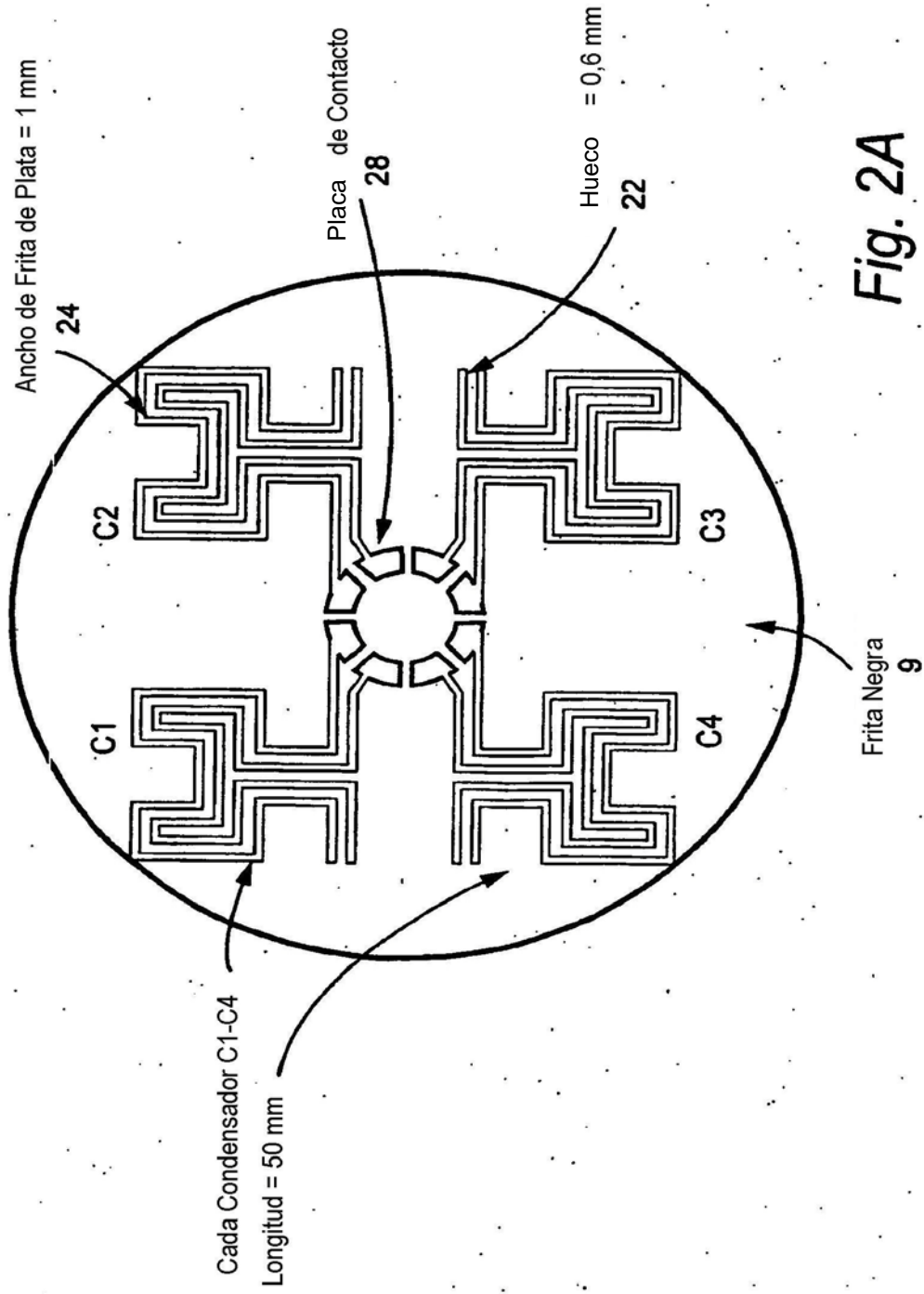


Fig. 2A

Anchura de la línea exterior = 2 mm
Anchura de la línea interior = 1 mm
Hueco de aire = 0,6 mm

Todas las unidades están en mm

Diámetro interior del círculo = 6 mm
Diámetro exterior del círculo = 13 mm
Distancia entre placas de contacto = 1 mm

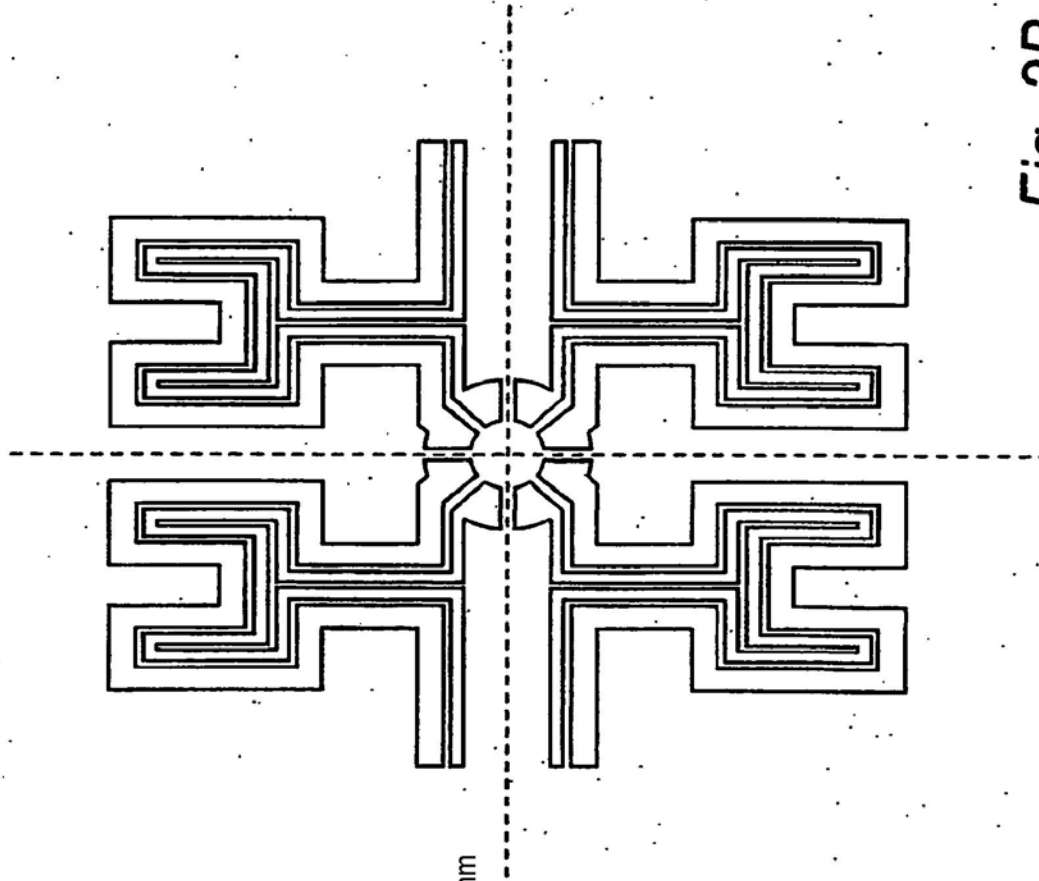


Fig. 2B

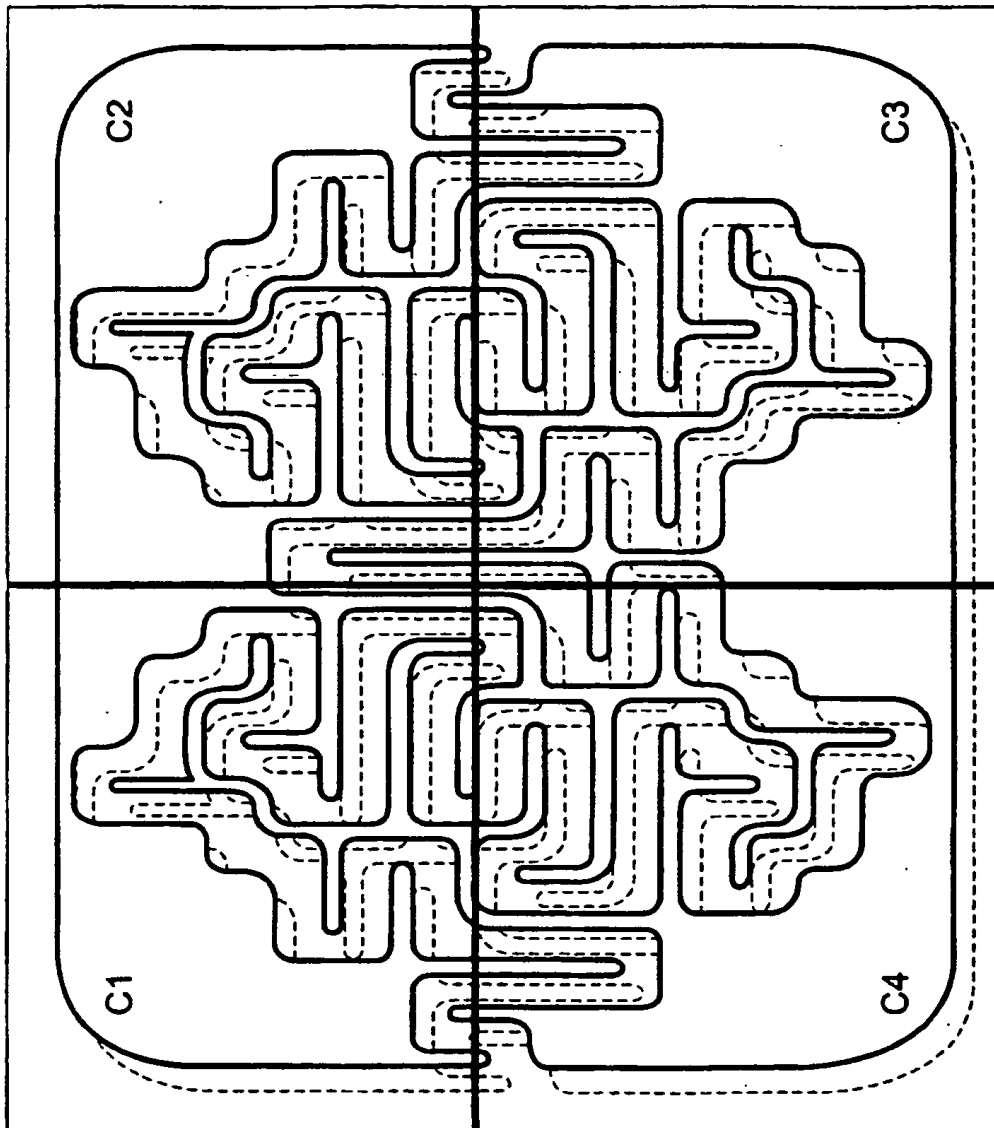
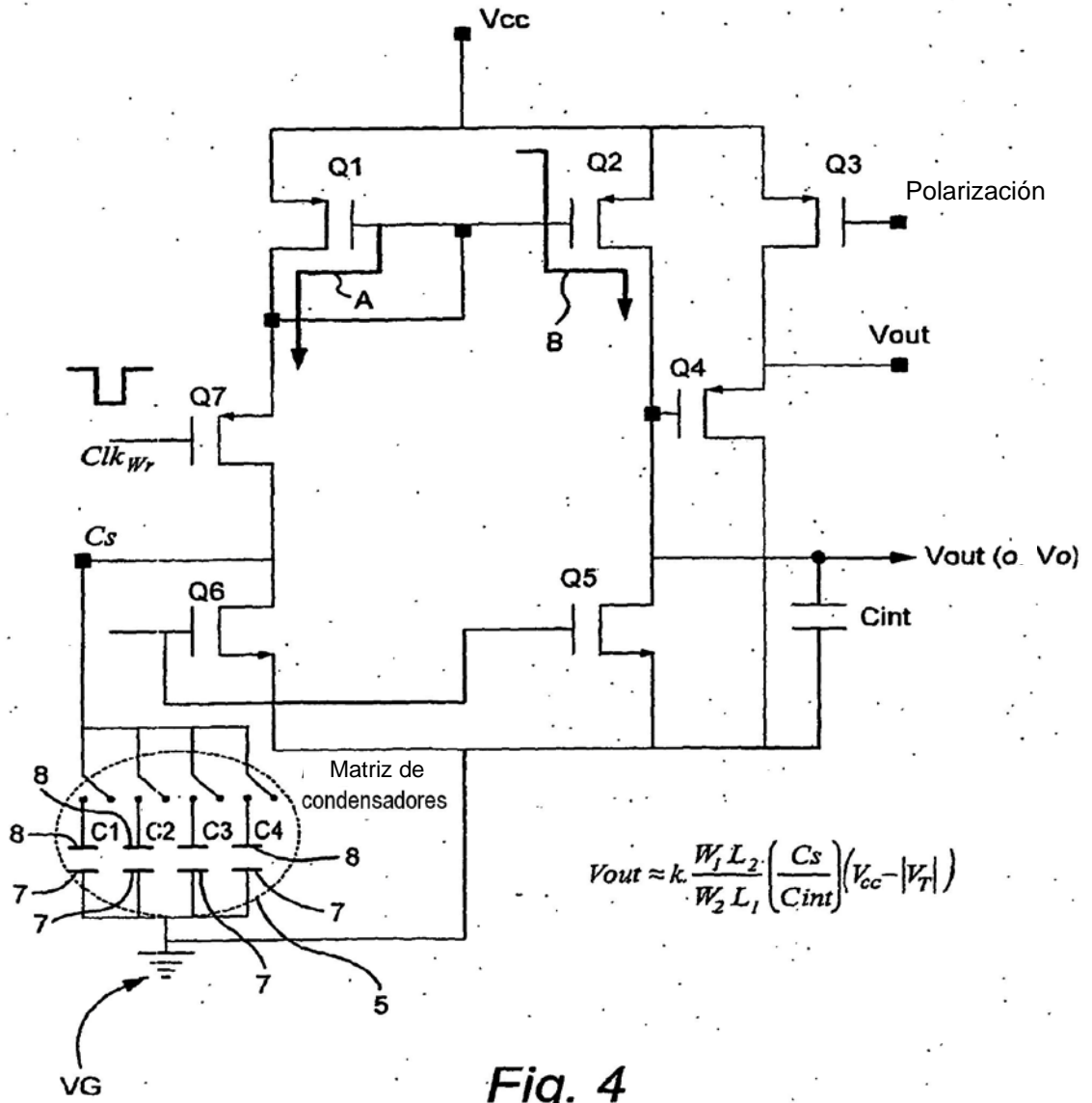


Fig. 3



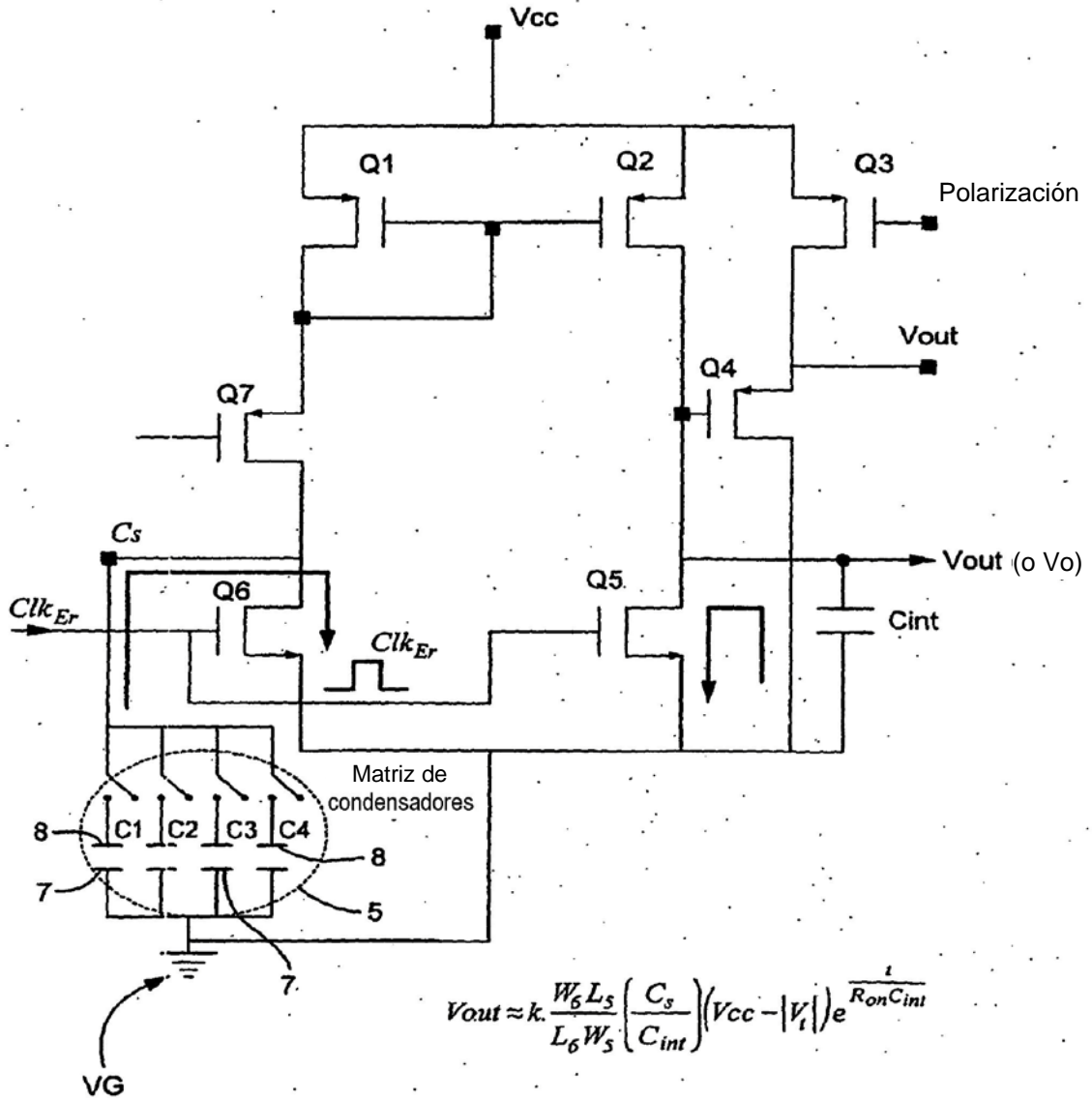


Fig. 5

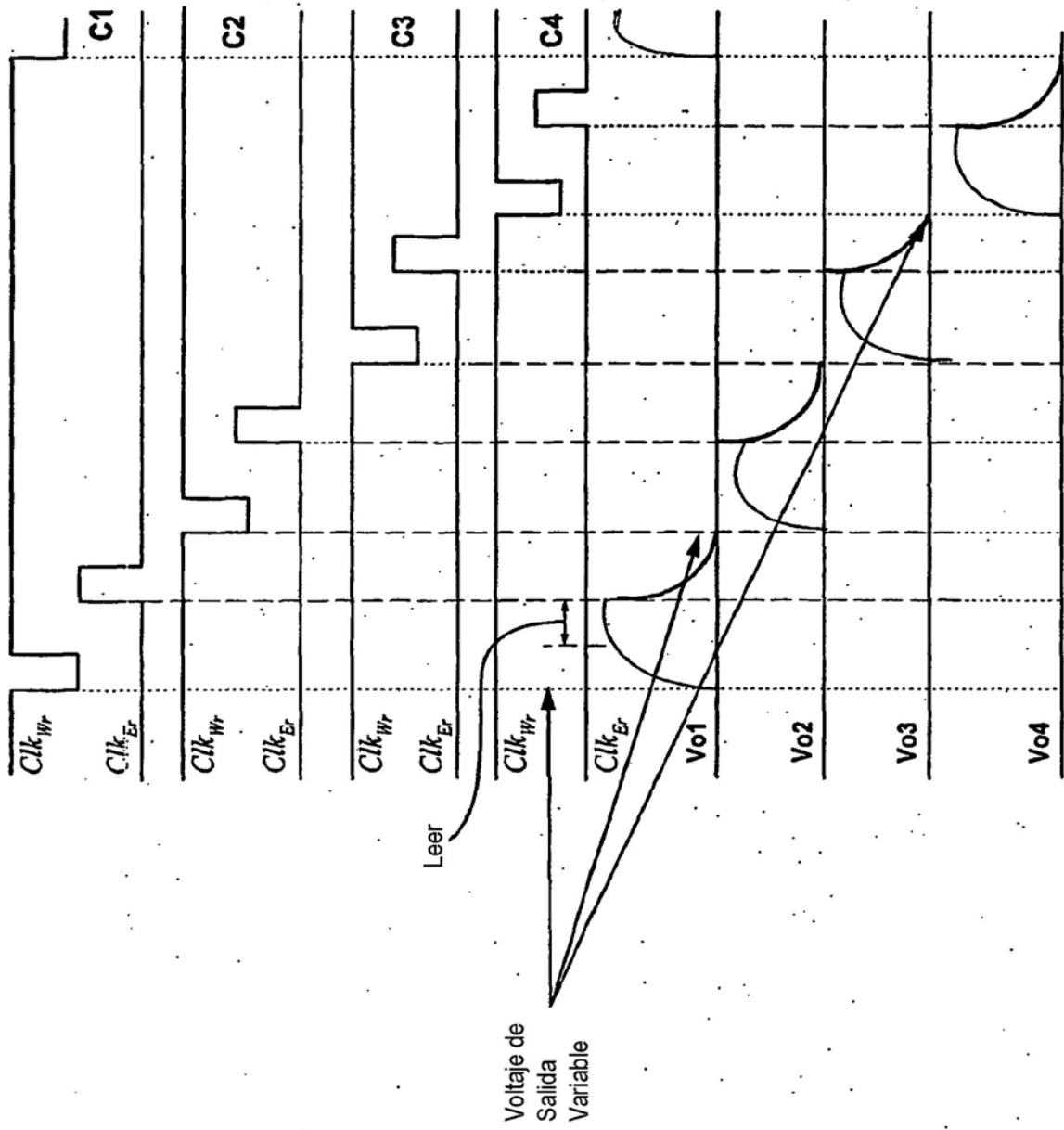


Fig. 6

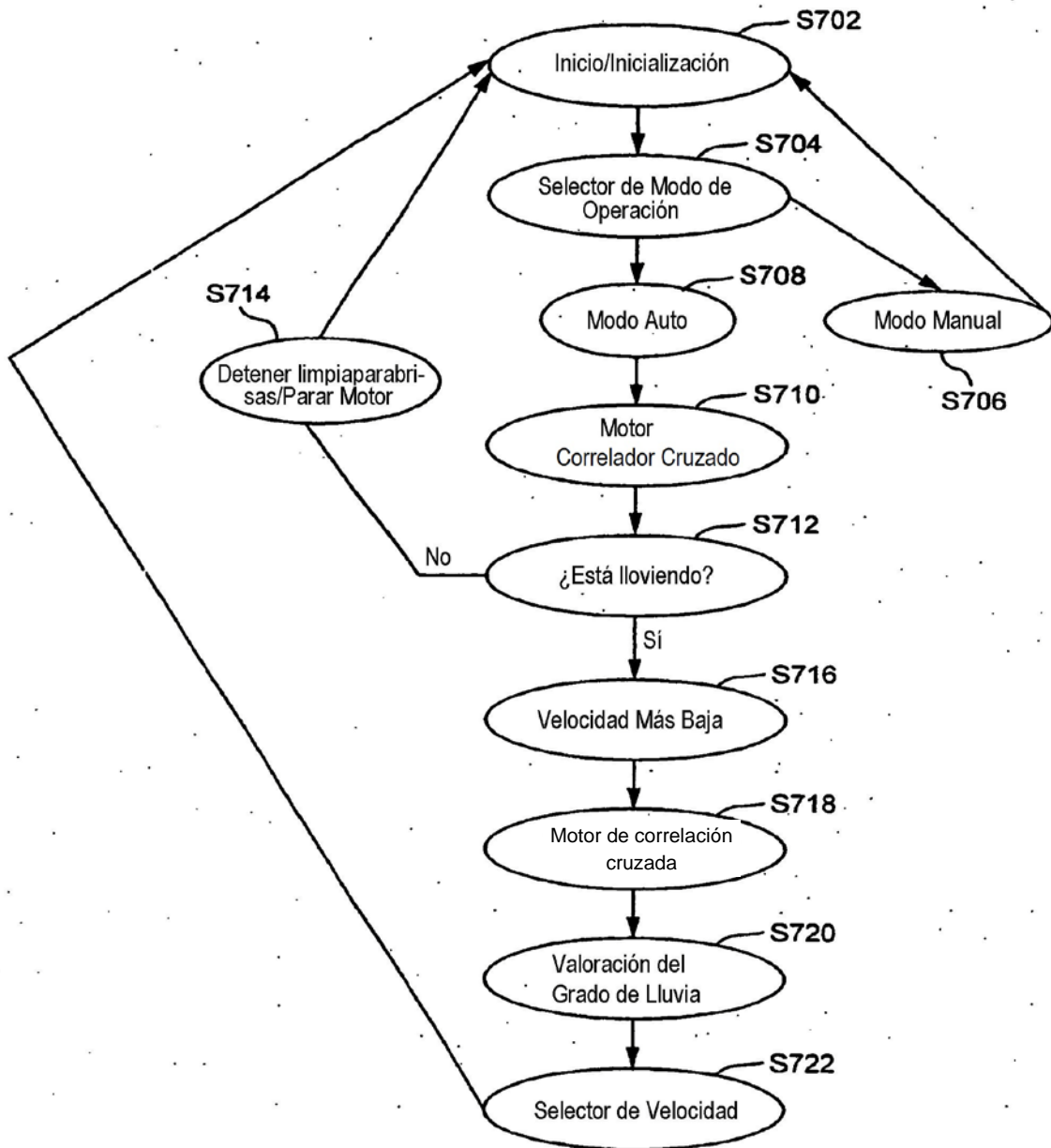


Fig. 7

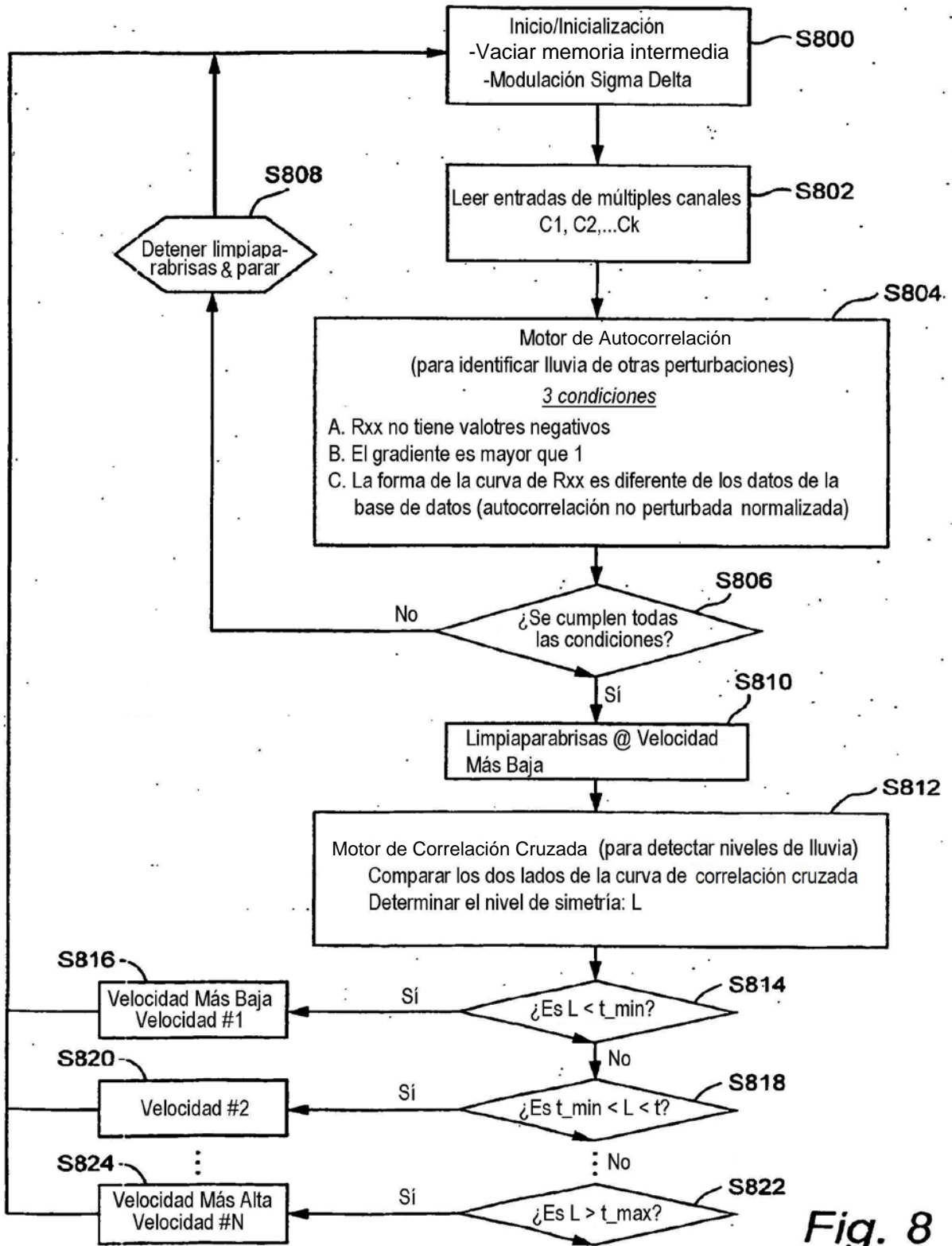


Fig. 8

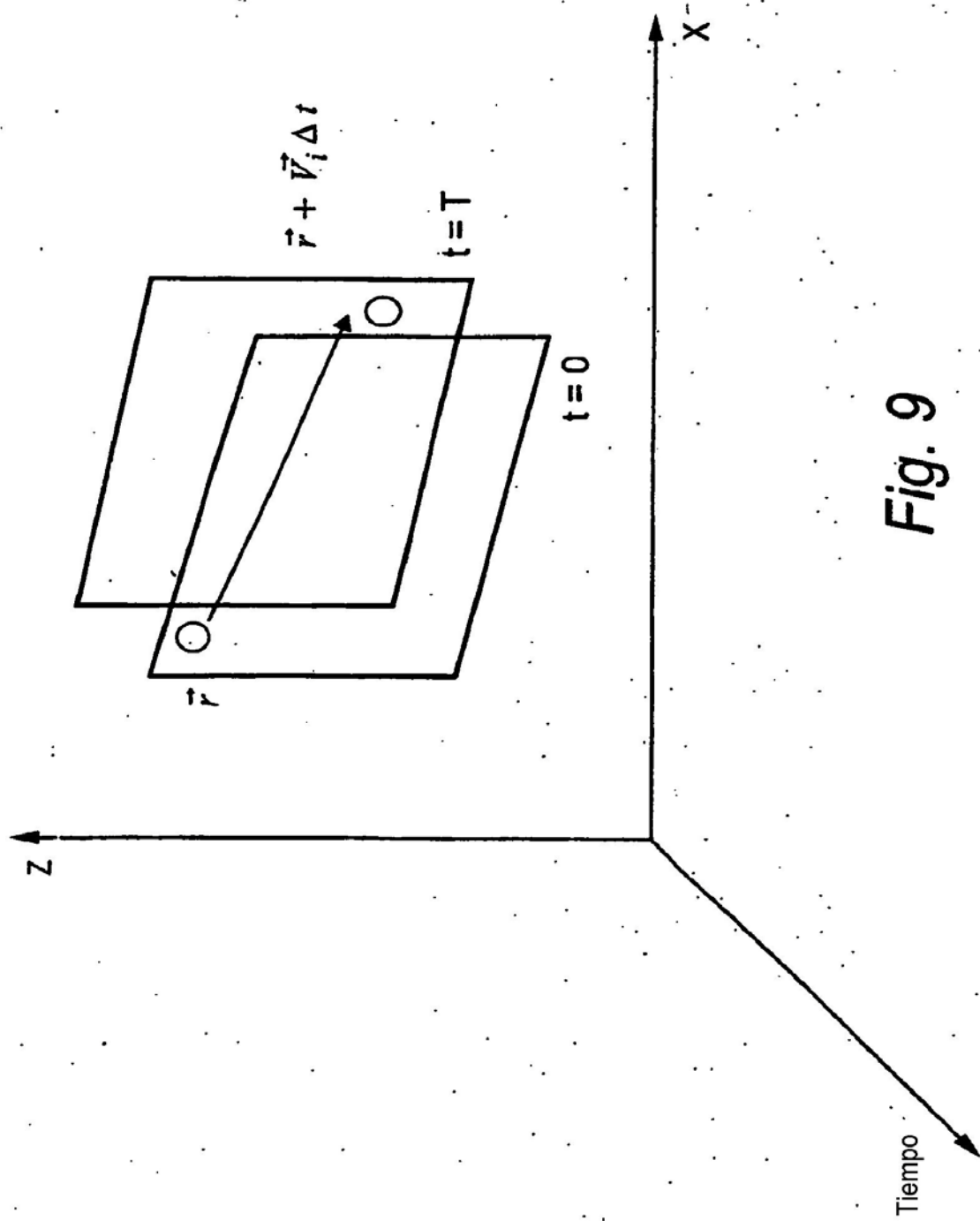


Fig. 9

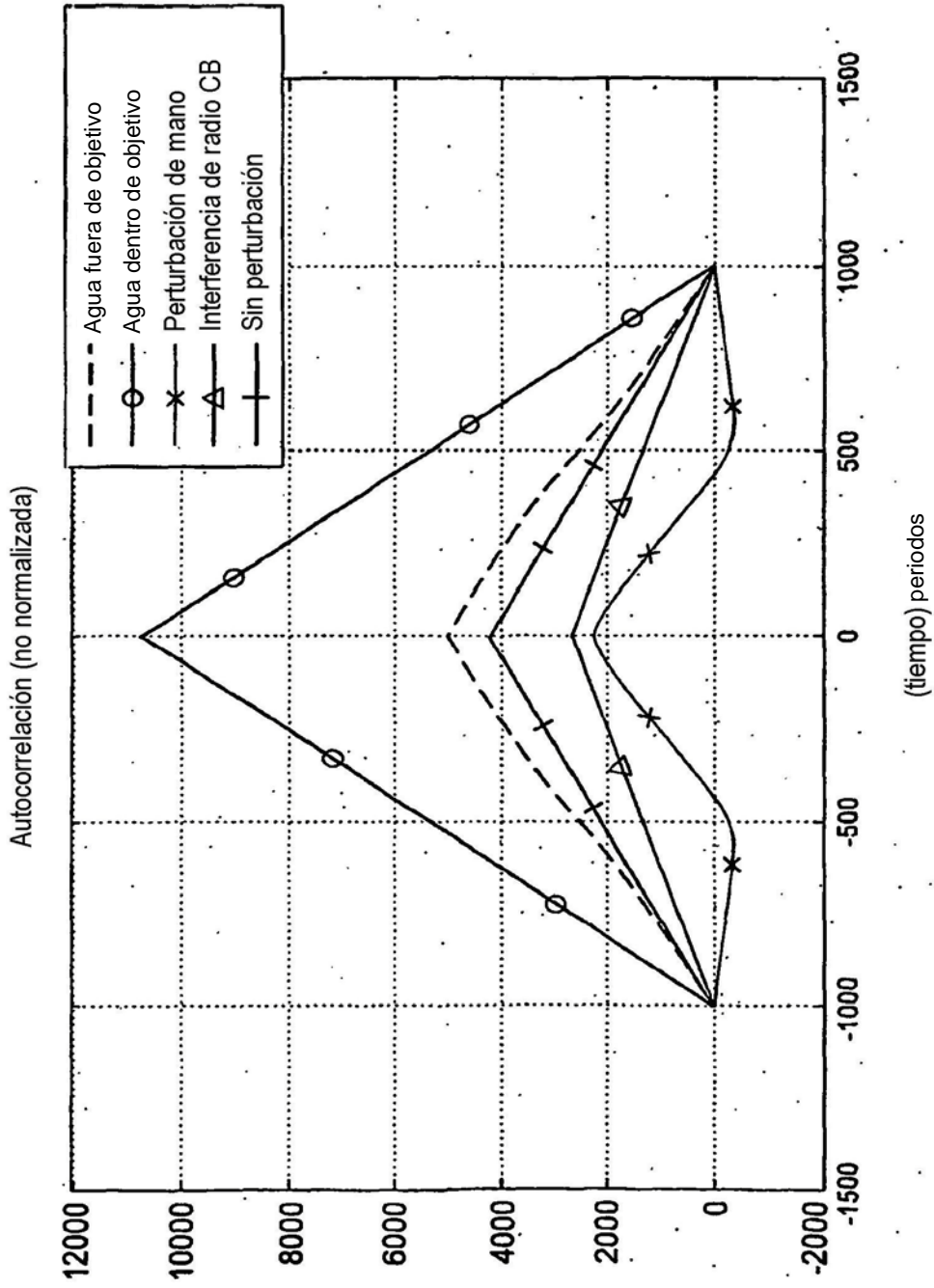


Fig. 10

Fig. 11A

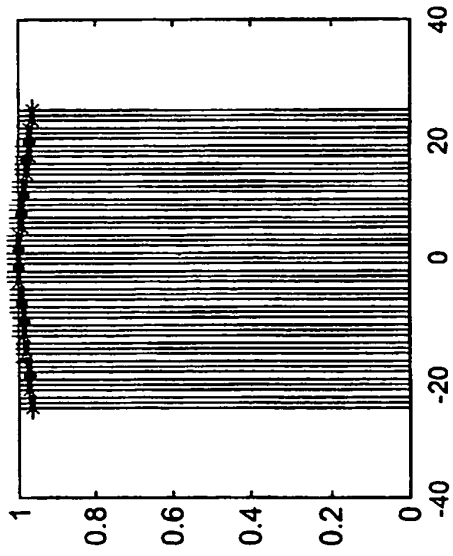


Fig. 11C

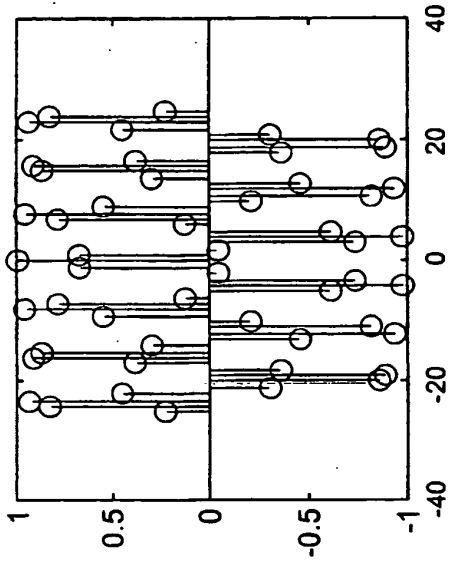


Fig. 11B

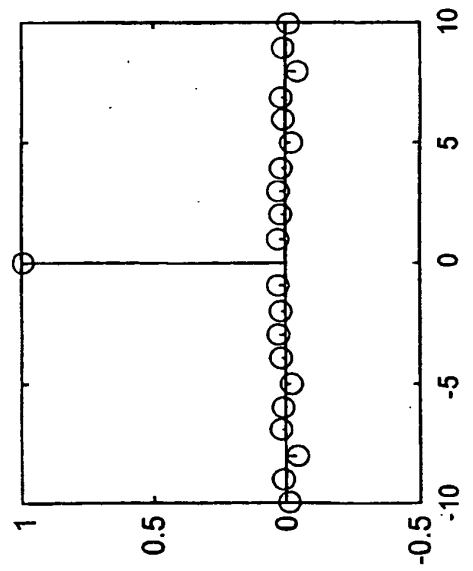
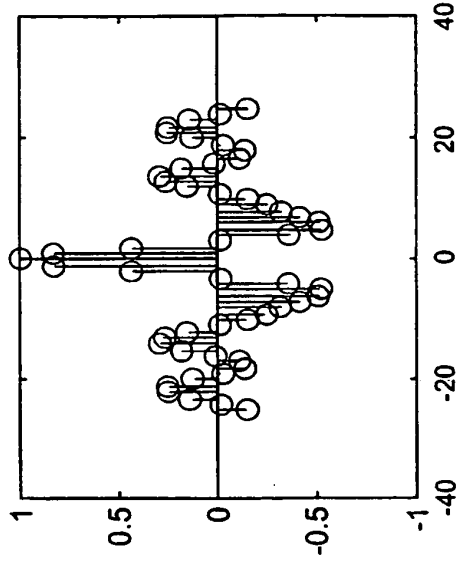


Fig. 11D



	C1	C2	C3	C4
C1	H	L	H	H
C2	H	H	H	H
C3	L	H	L	L
C4	H	H	L	H

Fig. 12B

	C1	C2	C3	C4
C1	H	L	H	H
C2	H	H	H	H
C3	L	H	L	L
C4	H	H	L	H

Fig. 12A

Ejemplo de Autocorrelación

	$-t_2$	$-t_1$	$t=0$	t_1	t_2	t_3
C1	0	0	1	1	0	0
X · C1	0	0	1	1	0	0
$ac_0 = 0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 = 2$ [Suma]						

	0	0	1	1	0	0
X	0	0	0	1	1	0
$ac_1 = 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 = 1$ [Suma]						

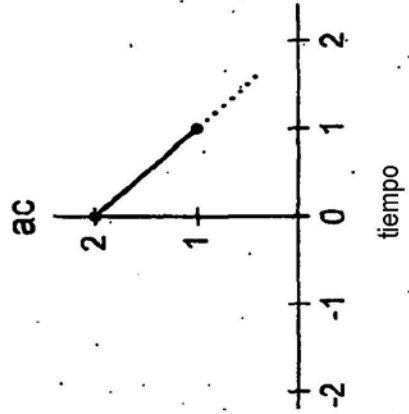


Fig. 13

	Señal	Delta
Sin perturbaciones @ 65 F	N1	0
	N2	0,8
	N3	0,3
	N4	0,7
	N5	0,3
agua dentro de objetivo @ 65 F	S1	6
	S2	55
	S3	52
	S4	63
	S5	60
agua fuera de objetivo @ 65 F	F1	1
	F2	0,3
	F3	5
	F4	3
	F5	0,6
Sin perturbaciones @ 130 F	H1	0,3
	H2	0,5
	H3	0,4
	H4	0,7
agua dentro de objetivo @ 130 F	W1	61
	W2	49
	W3	66
	W4	19
	W5	64
agua dentro de objetivo @ 130 F	K1	6
	K2	24
	K3	4,8
	K4	4
	K5	2

Fig. 14

Nota: Delta = diferencia calculada entre el punto de dato de la autocorrelación normalizada de cada señal y la autocorrelación de una referencia (no perturbación).

1. (S1 & S3)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

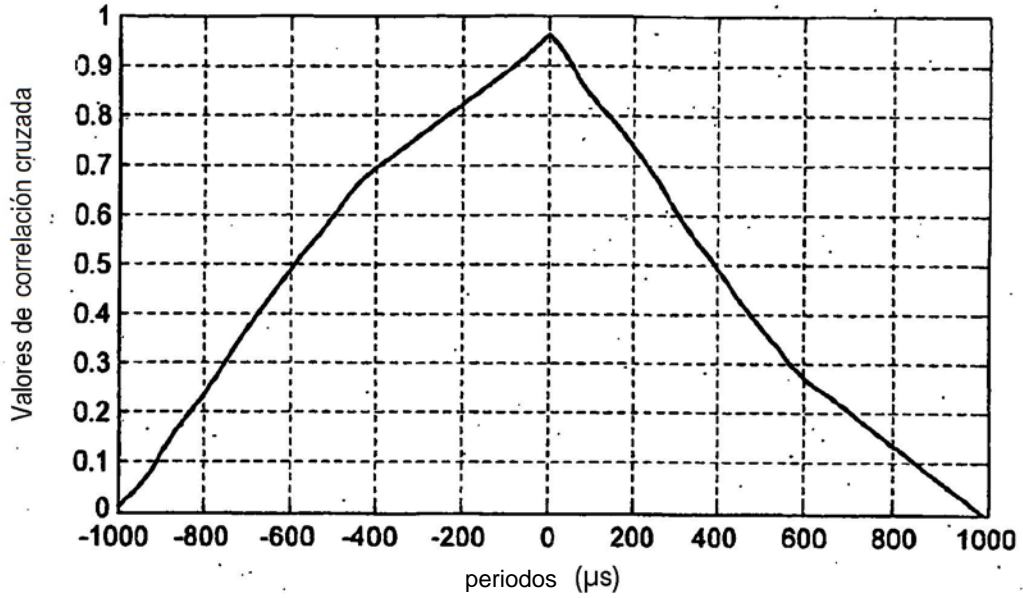


Fig. 15

2. (S2 & S4)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

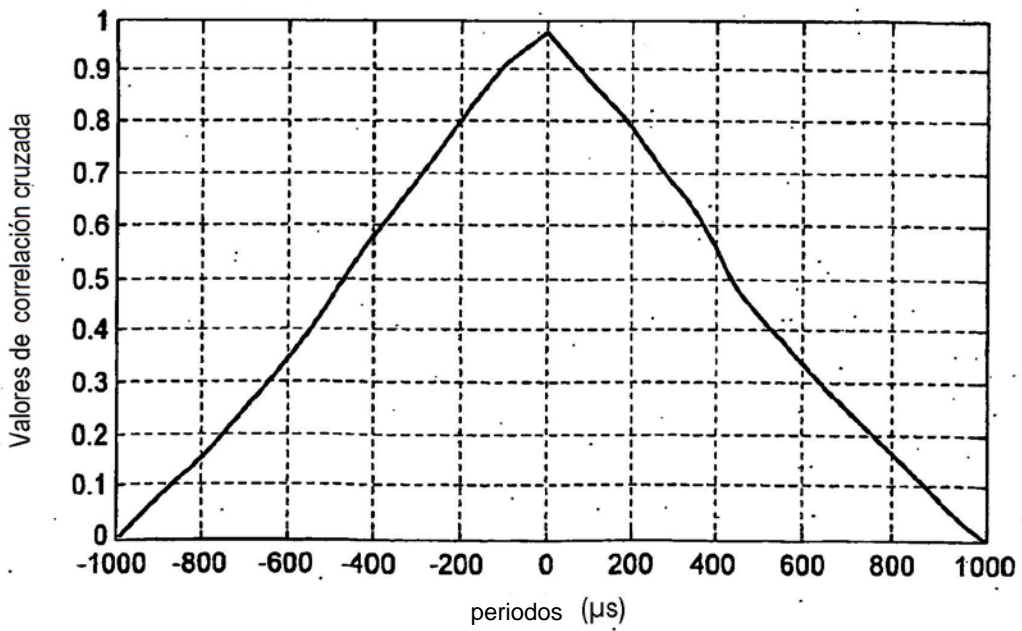


Fig. 16

3. (S3 & S2)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

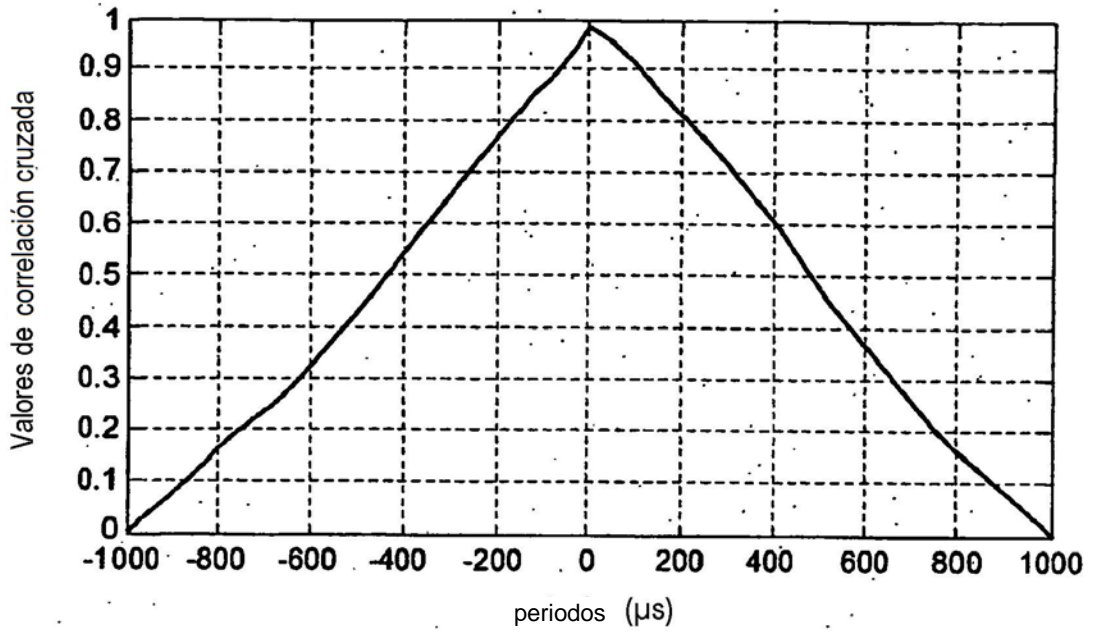


Fig. 17

4. (S1, S5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

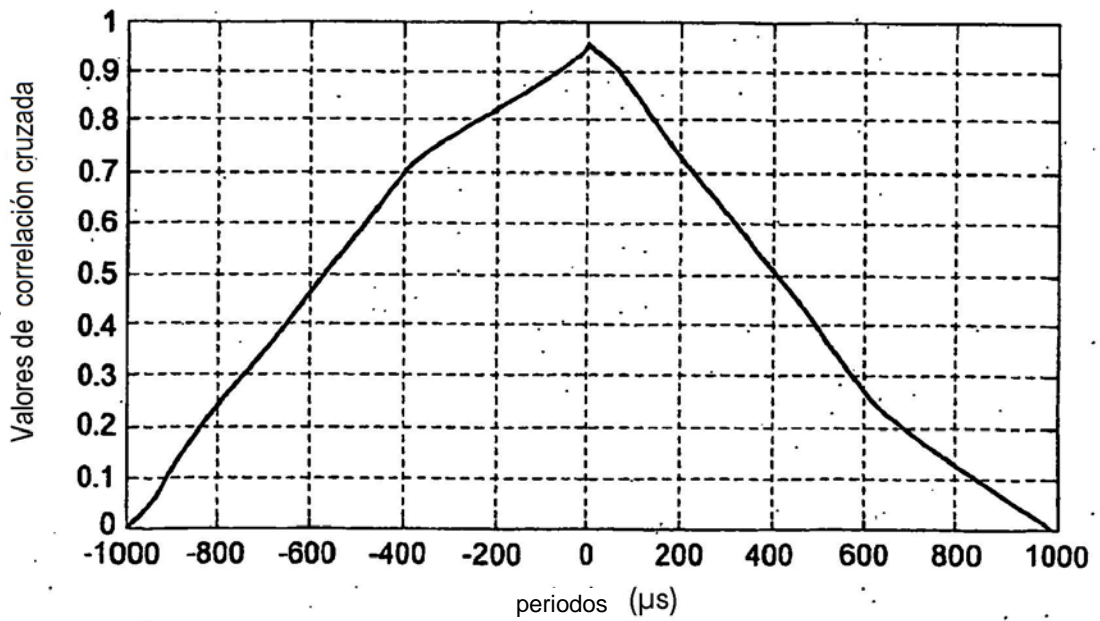


Fig. 18

5. (S4 & S1)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

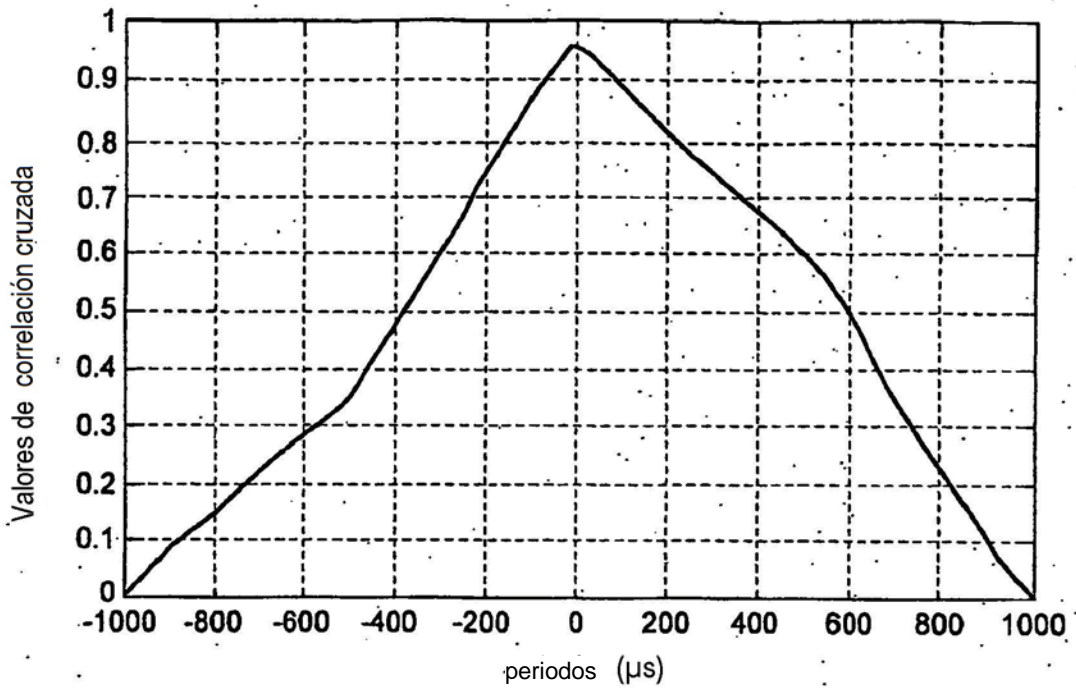


Fig. 19

1. (W1 & W2)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

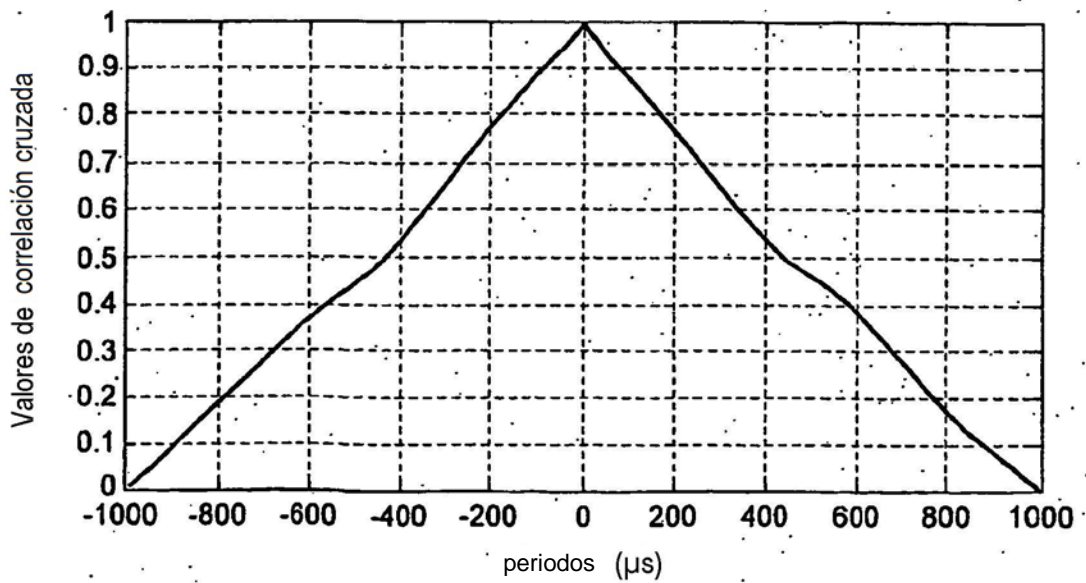


Fig. 20

4. (W4 & W1)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

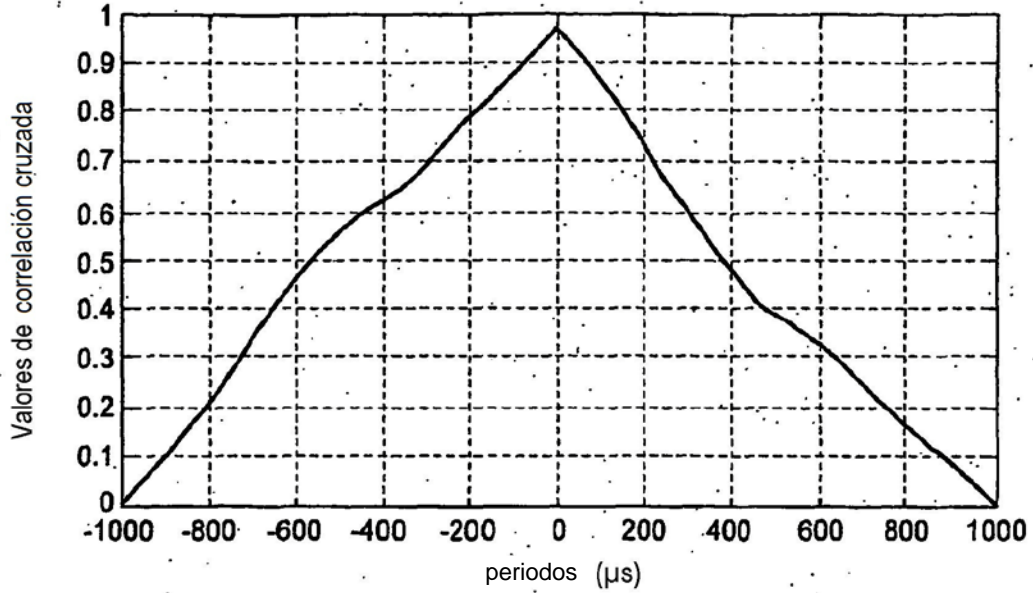


Fig. 21

5. (W4 & W5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

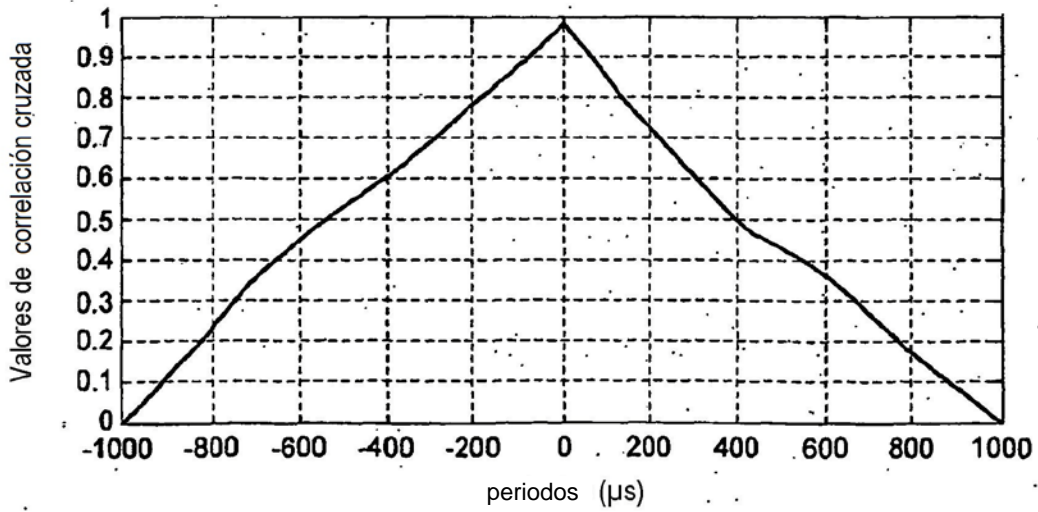


Fig. 22

2. (W3 & W4)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

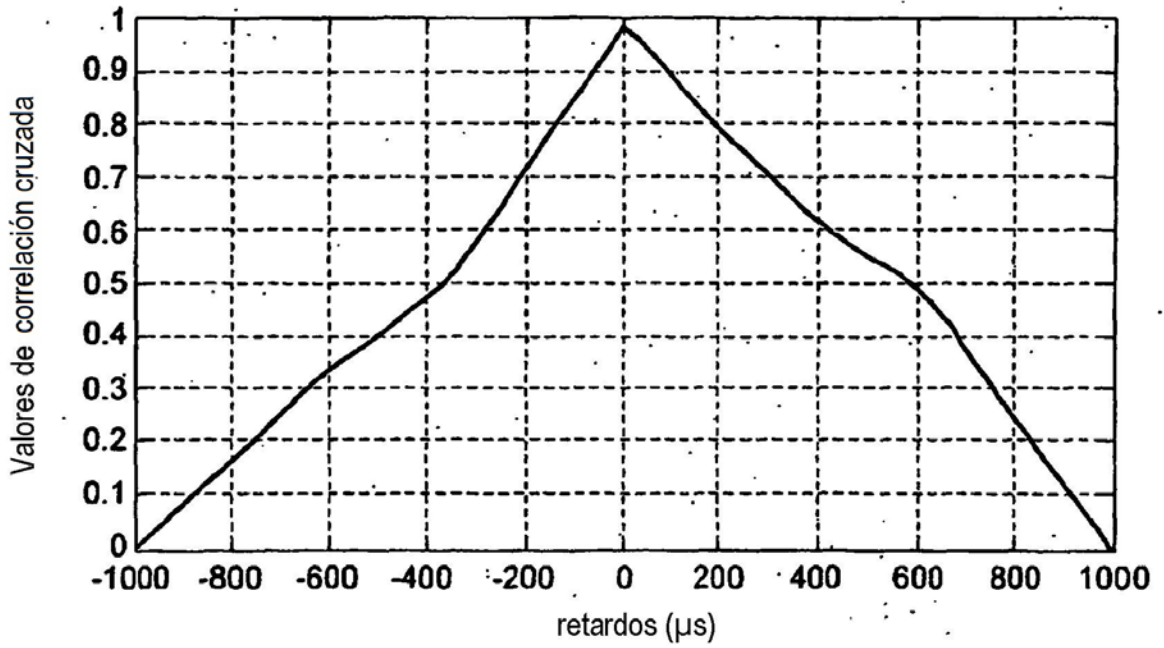


Fig. 23

3. (W2, W5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

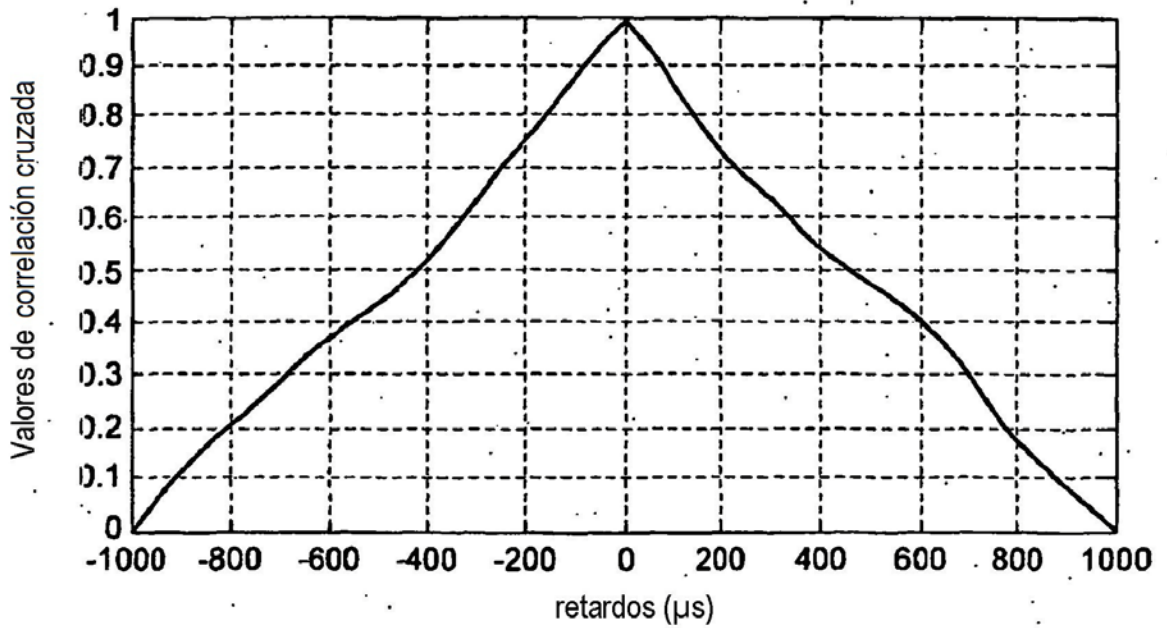


Fig. 24

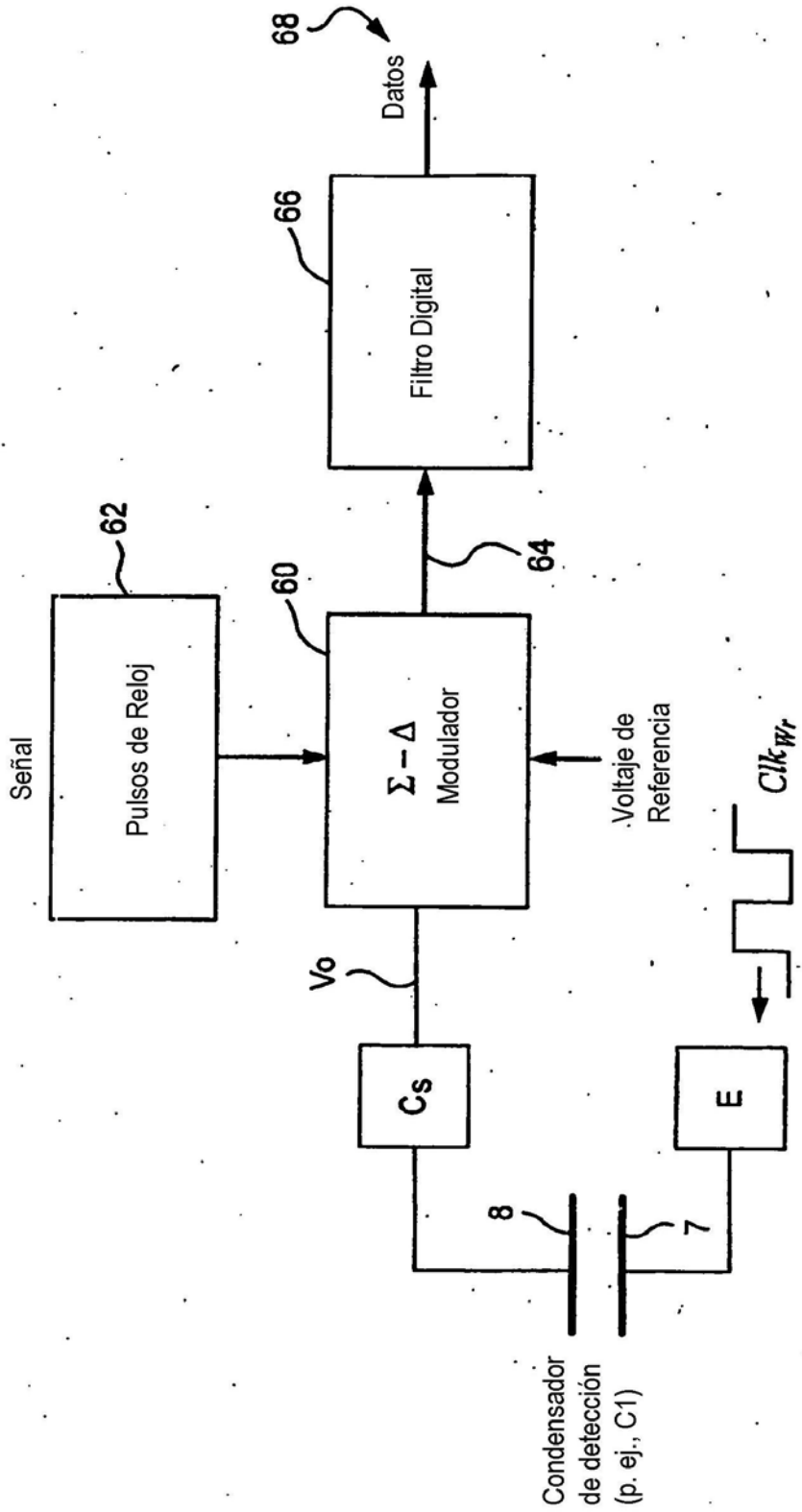


Fig. 25

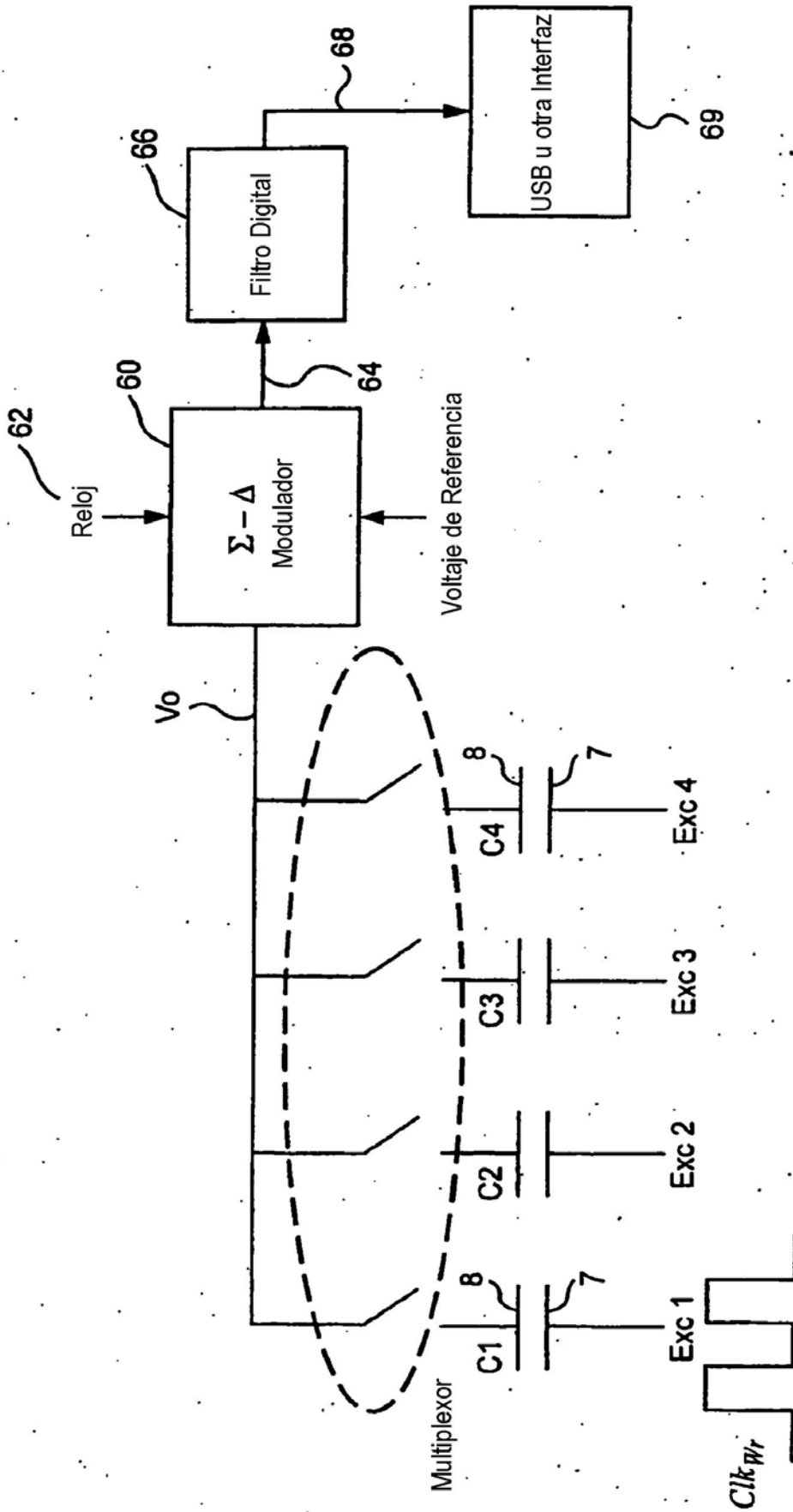


Fig. 26

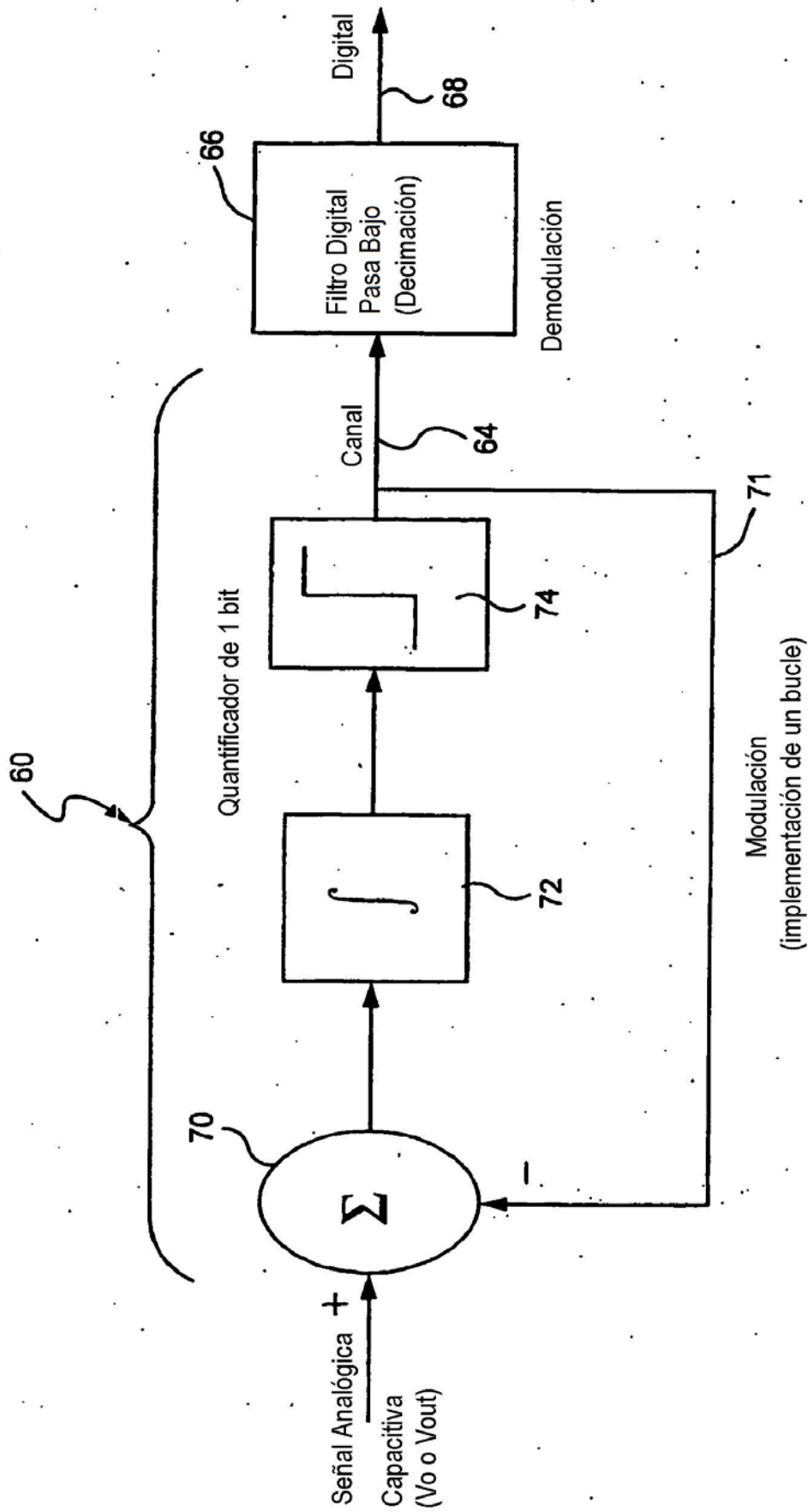


Fig. 27

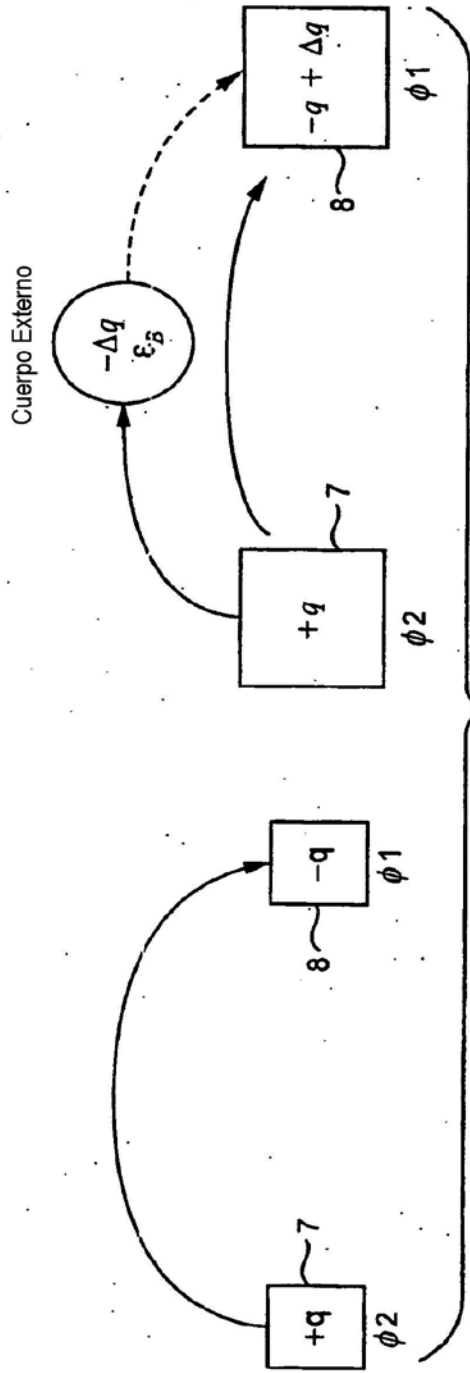


Fig. 28A

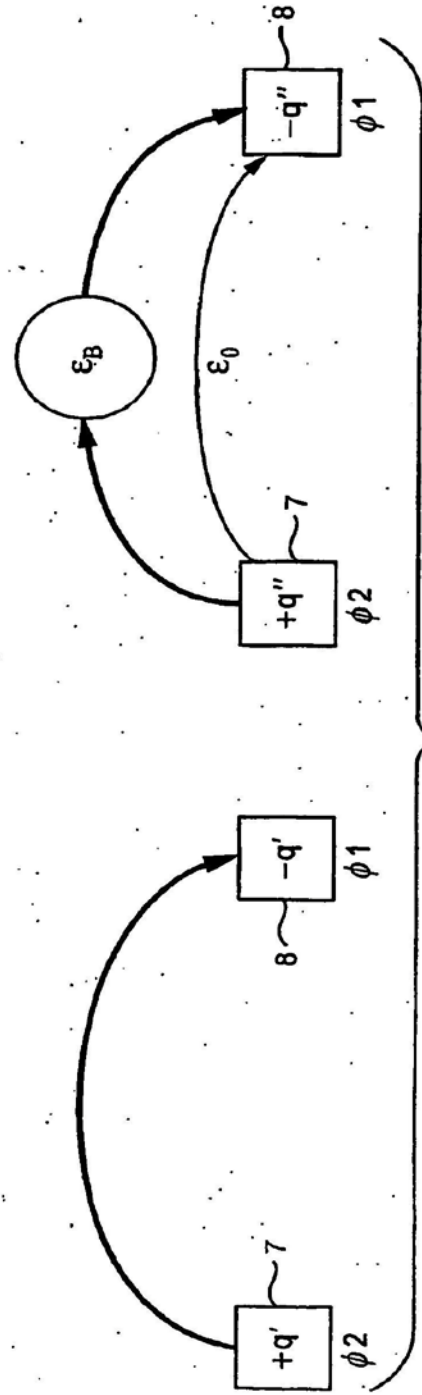


Fig. 28B

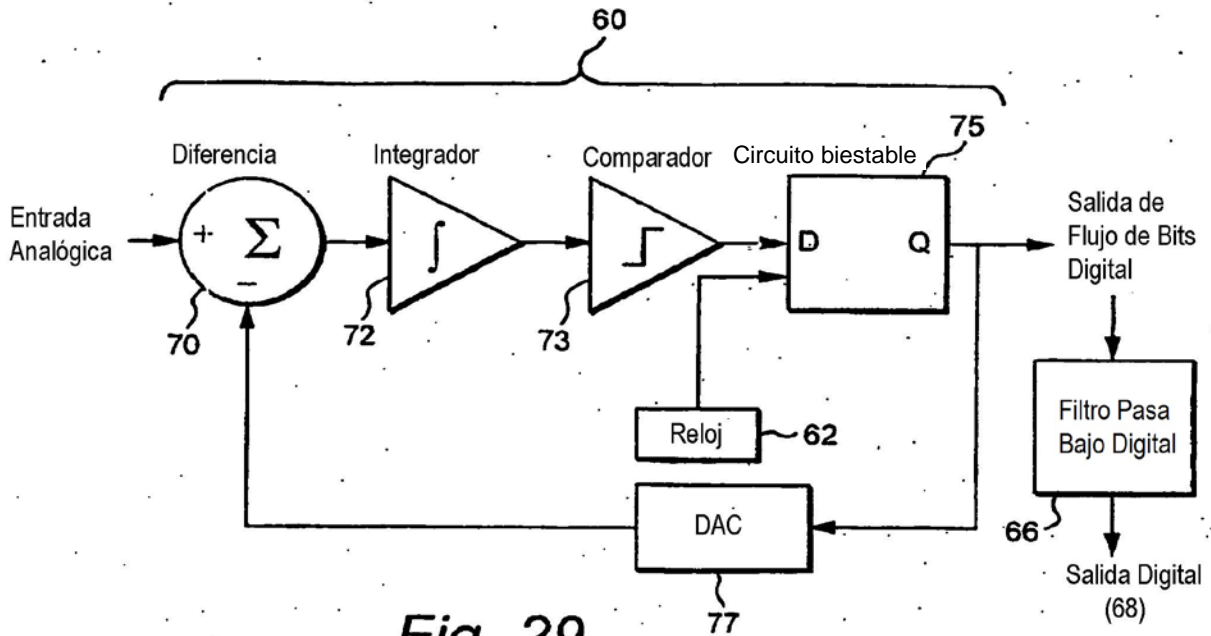


Fig. 29

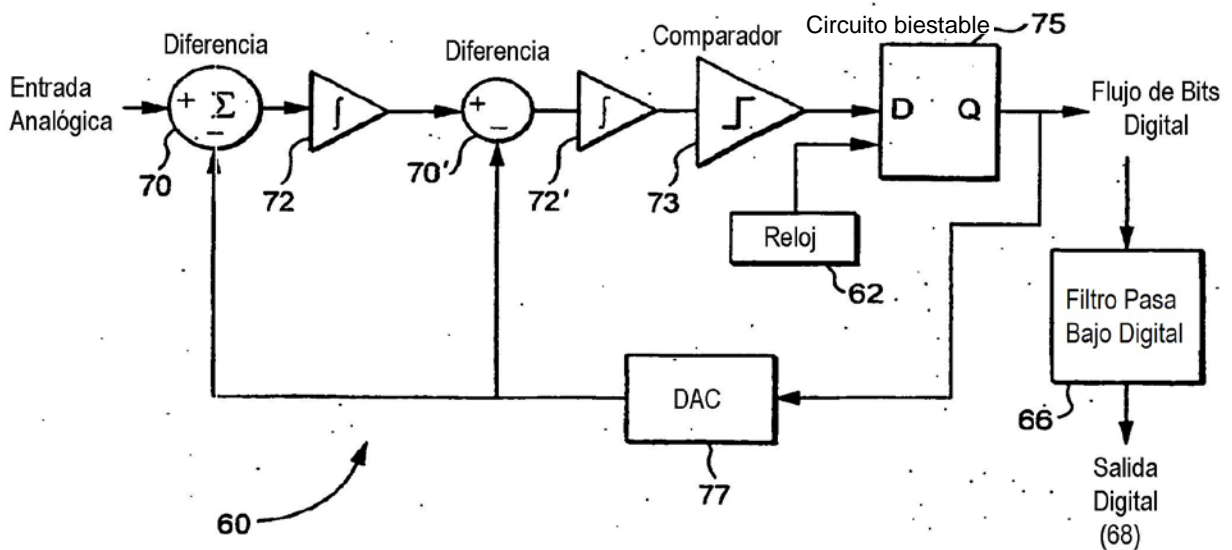


Fig. 30

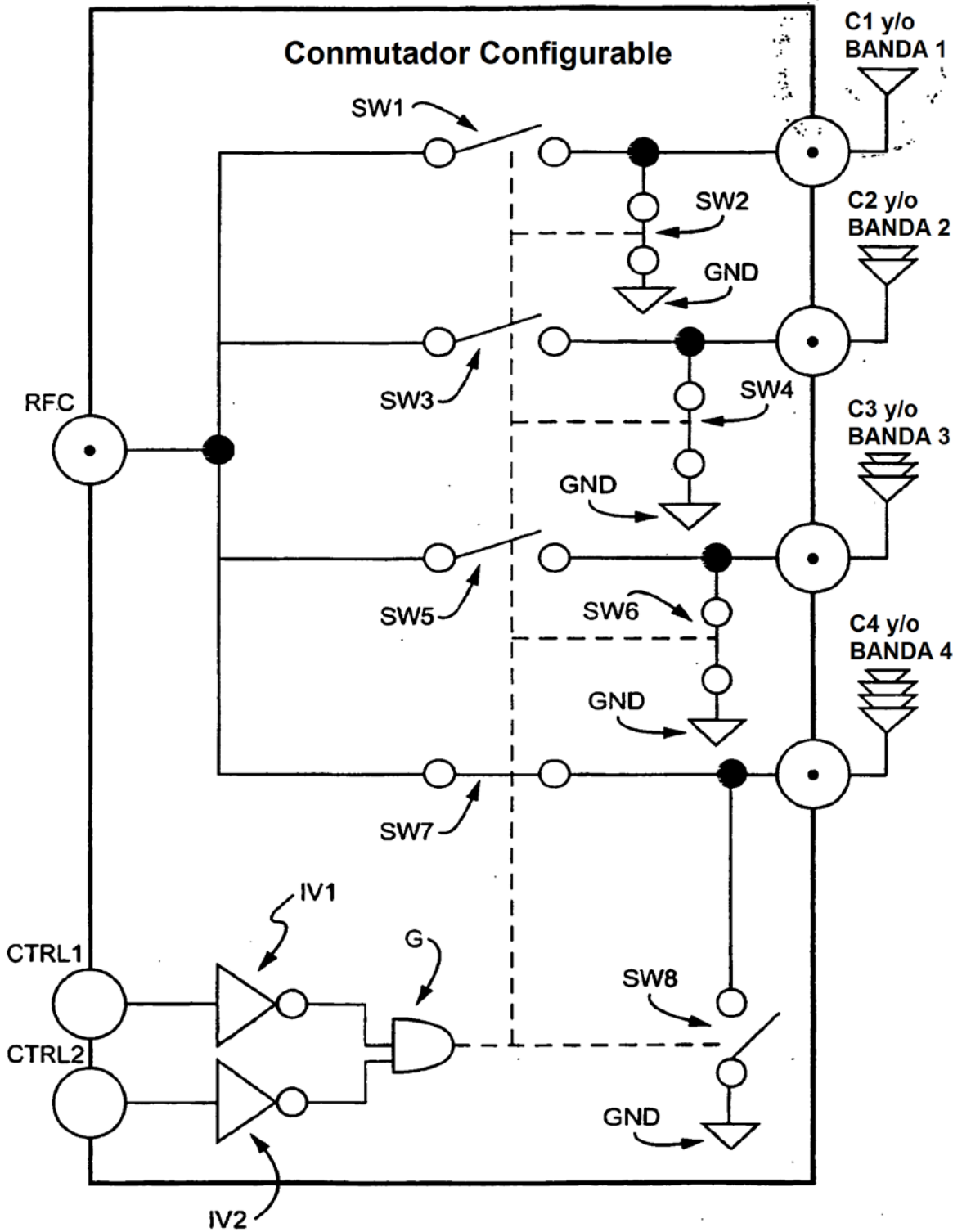


Fig. 31