(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 393 848**

(51) Int. CI.:

B60S 1/08 (2006.01)
G01N 27/22 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **10164460 .7**
(96) Fecha de presentación: **11.12.2006**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2218616**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

(54) Título: **Sensor de lluvia con condensadores(es) fractal(es)**

(30) Prioridad:

10.01.2006 US 757479 P
27.01.2006 US 340869
27.01.2006 US 340847
27.01.2006 US 340859
27.01.2006 US 340864

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:

28.12.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:

28.12.2012

(73) Titular/es:

GUARDIAN INDUSTRIES CORP. (100.0%)
2300 HARMON ROAD
AUBURN HILLS, MICHIGAN 48326-1714, US

(72) Inventor/es:

VEERASAMY, VIJAYEN S.

(74) Agente/Representante:

FÀBREGA SABATÉ, Xavier

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 condensador(es) fractal(es)

Esta invención se refiere a un sistema y/o procedimiento para la detección de la presencia de lluvia y/o alteraciones o la presencia de otros materiales sobre una(s) lámina(s) de vidrio como por ejemplo un parabrisas de vehículo, una luna trasera o un techo solar. En ciertas realizaciones de ejemplo no limitantes, al menos un condensador sensor es soportado por una ventana, directa o indirectamente, tal como una ventana de vehículo, teniendo el (los) condensador(es) un campo que es afectado por humedad (por ejemplo, lluvia) sobre una superficie de la ventana. De acuerdo con la invención, uno o más de los condensador(es) sensor(es) tiene una geometría fractal.

ANTECEDENTES Y RESUMEN DE FORMAS DE REALIZACIÓN DE EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

La presencia de humedad (p. ej., lluvia o condensación) en parabrisas y/o lunetas traseras de vehículo puede crear unas condiciones de conducción peligrosas para los conductores, los pasajeros y los peatones si no se elimina con rapidez. Las rasquetas del limpiaparabrisas son una forma común y muy conocida para eliminar tales materiales y reducir los riesgos de la conducción durante condiciones peligrosas. Los sensores de lluvia han sido desarrollados pata detectar la presencia de humedad (p. ej., lluvia u otra condensación) en el parabrisas de vehículo, y para activar y desactivar los limpiaparabrisas, según sea necesario, cuando se detecta dicha humedad. La detección automática de lluvia, aguanieve, niebla y similares, y tomar las acciones apropiadas (por ejemplo, activar/desactivar las rasquetas de limpiaparabrisas a una velocidad adecuada) reduce potencialmente las distracciones al conductor, permitiendo al conductor concentrarse mejor en la carretera que tiene por delante. Sin embargo, activar/desactivar los limpiaparabrisas de forma inadecuada o no accionar los mismos cuando hay humedad también puede crear condiciones peligrosas. Además, tales sistemas también son susceptibles a distracciones por “suciedad” que pueden provocar falsas lecturas/acciones del limpiaparabrisas cuando ha suciedad en el parabrisas.

Algunos sensores de lluvia convencionales se basan en un concepto electro-óptico. Según determinadas tales técnicas, las gotas de lluvia se detectan únicamente midiendo el cambio en la reflexión interna total de un haz luminoso fuera de la interfaz vidrio-aire. Otras técnicas electro-ópticas han intentado analizar la luminosidad de una sección de una “imagen” de ventana para detectar gotas de agua o niebla en una ventana. Sin embargo, estas técnicas ópticas tienen unas zonas de detección limitadas, son bastante caras, y pueden resultar en indicaciones de detección erróneas debido al uso de imágenes ópticas como único método de detección. El documento US 2003/080871 A1 se refiere a una unidad de sensor para detectar el humedecimiento de la ventana. LA unidad de sensor comprende un sensor de lluvia sensitivo a humedad sobre una superficie externa de ventana, que incluye un condensador sensor con dos electrodos de condensador siendo eléctricamente separados uno del otro y siendo dispuestos en una forma espiral. Otro sensor de lluvia con electrodos de condensador siendo dispuesto en fora espiral se describe en DE 9403135U.

La patente US nº 6.373.263 de Netzer explica cómo usar sensores de lluvia capacitivos y leer la corriente diferencial entre dos condensadores en el parabrisas. Desafortunadamente, el sistema de Netzer también tiene importantes desventajas. Por ejemplo, el sistema de Netzer puede estar sujeto a ciertos efectos perjudiciales de interferencias electromagnéticas (EMI), así como a interferencias de otras fuentes. Por ejemplo, cuando cuerpos externos (p. ej., una mano humana, las ondas de radio, etc.) interfieren con la función de los condensadores, las cargas de la excitación y de los electrodos receptores pueden variar de forma incontrolada en Netzer, lo que lleva a falsas alarmas o detecciones y por tanto a producir posiblemente falsas acciones del limpiaparabrisas y/o detecciones. El sistema de Netzer también está sujeto a posibles falsas lecturas producidas por drásticos cambios de temperatura en vista del sistema de condensador de referencia utilizado por Netzer, donde el condensador de referencia de Netzer tiene una geometría/forma/tamaño diferente al condensador sensor.

Así, podrá apreciarse que existe una necesidad en la técnica de un sensor de humedad (por ejemplo, lluvia) que tenga una operación y/o detección eficientes. Por ejemplo, y sin limitación, puede desearse que se proporcione un sensor de lluvia que supere una o más de las desventajas analizadas anteriormente. El objeto es resuelto mediante un sensor de lluvia según la reivindicación 1.

En esta invención, los condensadores se forman en base a un patrón fractal. Por ejemplo y sin limitación, uno o más de los condensadores puede formarse en base a patrón fractal, tal como un patrón fractal de Hilbert. Otros patrones fractales capacitivos pueden usarse igualmente, incluyendo, pero sin limitarse a, un conjunto de Cantor. Estas estructuras fractales maximizan o amplifican la periferia y por tanto resultan en una gran capacitancia para un área dado. El uso de diseños fractales de dos dimensiones también permite al sensor ocupar poco espacio físico en la ventana y al mismo tiempo ser más grande eléctricamente que su tamaño físico. La concentración del flujo lateral en una geometría fractal también puede permitir al sensor detectar lluvia/agua no necesariamente distribuida sobre el área física real del sensor en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Además, en su(s) iteración(es) más altas un(os) condensador(es) fractal(es) tiene(n) un atributo de ser su propia pantalla de Faraday o cuasi-pantalla de Faraday lo que puede reducir los efectos adversos de interferencias EMI o similares. Igualmente, in ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor de lluvia puede ser conectado eléctricamente a un Bus de Interconexión

Local del vehículo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Éstas y otras características y ventajas se entenderán mejor y de forma más completa haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de formas de realización ilustrativas a título de ejemplo conjuntamente con los dibujos, de los que:

La FIGURA 1 (a) es un diagrama de bloques de componentes de un sensor de lluvia de ejemplo.

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

La FIGURA 1(c) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia, que puede usar 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, que puede usar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

La FIGURA 1 (e) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia, que puede usar 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, que puede usar las características de la Fig. 1(a) y/o una o más de las Figs. 2-12.

La FIGURA 2A es un patrón optimizado a título de ejemplo para un sistema capacitivo de cuadrante basado en los fractales de Hilbert, en el que dichos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como un sistema de sensores en una o más de las Figs. 1(a)-1(f) y 4-12, por ejemplo.

La FIGURA 2B es otro patrón optimizado a título de ejemplo para un sistema capacitivo de cuadrante, en el que dichos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como un sistema de sensores en una o más de las Figs. 1(a)-1(f) y 4-12, por ejemplo.

La FIGURA 3 es un dibujo aumentado de otro sistema capacitivo de cuadrante de ejemplo, en el que dichos condensadores pueden proporcionarse en la ventana como un sistema de sensores en 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 un sistema de circuitos de ejemplo usado para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura de salida, para su uso en una o más de las realizaciones de las Figs. 1(a)-1(f) y 5-12, por ejemplo.

La FIGURA 5 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye un sistema de circuitos de ejemplo usado para un pulso de reloj de borrado en la electrónica de lectura de salida, para su uso en una o más de las Figs. 1(a)-1(f) y 6-12, por ejemplo.

La FIGURA 6 es una diagrama de temporizador a título de ejemplo derivado del sistema de circuitos de lectura de salida de las Figs. 4-5.

La FIGURA 7 es un diagrama de flujo o diagrama de estados a título de ejemplo que muestra cómo pueden usarse datos de autocorrección y correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas, que pueden usarse junto con una o más de las Figs. 1-6 y 8-12.

La FIGURA 8 es un diagrama de flujo a título de ejemplo que muestra cómo pueden usarse datos de autocorrección y correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas, que pueden usarse junto con una o más de las Figs. 1-7 y 9-12.

La FIGURA 9 es una vista estilizada a título de ejemplo de cómo puede viajar una gota de lluvia a través de un parabrisa.

La FIGURA 10 es un gráfico que traza unos valores máximos obtenidos experimentalmente de ejemplo de autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones.

La FIGURA 11A es un instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de lluvia fuerte.

La FIGURA 11B es un instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de una

ligera bruma.

La FIGURA 11C es un instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de interferencias de radio CB.

La FIGURA 11D es un 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 a título de ejemplo indicativa de lluvia ligera.

La FIGURA 12B es una matriz de correlación a título de ejemplo indicativa de lluvia fuerte.

La FIGURA 13 es un ejemplo de autocorrelación de acuerdo con una forma de realización de ejemplo de esta invención.

La FIGURA 14 es una tabla que muestra datos de correlación cruzada de ejemplo de los condensadores C1, C2.

La FIGURA 15 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 16 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 17 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 18 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 19 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 20 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 21 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 22 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 23 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 24 es un gráfico de correlación cruzada, en el que se trazan valores de correlación cruzada versus periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio temporal), usando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 25 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de circuitos y/o procesamiento de señales cuando hay un condensador sensor (p. ej. C1) presente, incluyendo modulación sigma-delta.

La FIGURA 26 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de circuitos y/o procesamiento de señales cuando hay una pluralidad de condensadores (p. ej. C1-C4) presentes, incluyendo modulación sigma-delta.

La FIGURA 27 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta; llevándose a cabo este procesamiento mediante un sistema de circuitos, en firmware y/o software.

Las FIGURAS 28(a) Y (28b) son unos diagramas esquemáticos que ilustran las ventajas de usar electrodos flotantes para los condensadores sensores (p. ej. C1-C4).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES DE EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

Haciendo referencia a continuación más concretamente a los dibujos adjuntos en los que números de referencia similares indican partes similares en todas las vistas.

Se proporciona un sistema de detección de lluvia e incluye una detección basada en la capacitancia que traduce una señal de entrada física (p. ej., la presencia de una gota de agua en un parabrisas, o similar) en una señal de voltaje eléctrico digital que se recibe y se interpreta en un(os) programa(s) de software o en un(os) circuito(s) que decide(n) si los limpiaparabrisas deberían o no activarse, y, si es el caso, opcionalmente su velocidad adecuada. De esta manera, se usa el acoplamiento capacitivo para detectar agua y/u otro material en la superficie exterior de una ventana como el parabrisas, el techo solar y/o la luneta trasera de vehículo. Podrá apreciarse que pueden llevarse a cabo métodos computacionales mediante hardware o una combinación de hardware y software en diferentes formas de realización de ejemplo de esta invención. No puede ser necesaria ninguna capacitancia o ningún condensador de referencia, (es decir, no es necesario un condensador de compensación).

El sistema puede tomar ventaja de una ecuación de permitividad, que proporciona una cantidad física que describe cómo afecta un campo eléctrico y es afectado por un medio. Una ecuación de permitividad básica de ejemplo es:

$$D = \varepsilon_0 E + P,$$

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

$$P = \varepsilon_r \varepsilon_0 E,$$

donde ε_r es la permitividad relativa (p. ej., la constante dieléctrica de agua, hielo, suciedad o cualquier otra cosa que pudiera encontrarse en una superficie exterior de una ventana como un parabrisas). En general, un valor alto de ε_i se corresponderá con una alta polarizabilidad. La permitividad de vidrio es aproximadamente 8, y la permitividad de agua es aproximadamente 85. Por sustitución y factorización, entonces, la ecuación de permitividad puede rescribirse como:

$$D = \varepsilon_0 (\varepsilon_r + 1) E.$$

De esta manera, podrá apreciarse que *D* es la respuesta a la excitación *E*.

La capacitancia *C* se da por *C*=*Q*/*V*, donde *Q* es la carga y V es el potencial, en voltios. Además, *C*=Φ/*V*, donde Φ es el flujo eléctrico asociado a 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, entonces, se ve claramente que la capacitancia está relacionada con la diferencia de potencial:

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

Estas ecuaciones forman la base de un ejemplo.técnica para medir la interacción de agua sobre vidrio usando un sensor con un sistema capacitivo para explorar sobre la ventana (p. ej., el vidrio). En concreto, pueden usarse los datos de un sensor que incluya, por lo menos, uno o dos o más condensador(es) (p. ej. C1, C2, C3, etc.) para detectar si hay o no humedad (p. ej., lluvia o similares) en una superficie exterior de una ventana como el parabrisas o la luneta trasera de vehículo. Las ecuaciones anteriormente indicadas ilustran que la presencia de agua en la superficie de la ventana puede afectar a la capacitancia de un condensador sensor adecuadamente colocado.

La Fig. 1(a) es un diagrama de bloques de componentes de ejemplo de un sensor de humedad (p. ej., lluvia). La fuente de alimentación 10 está conectada a la electrónica de lectura de salida 12 que puede incluir uno o más de entre hardware, firmware y/o software. Tal y como se describirá como mayor detalle más adelante, el sensor incluye uno o más condensadores para construir un sensor capacitivo 5 en determinadas formas de realización de ejemplo. Se usan condensadores que tienen cada uno un par de electrodos aproximadamente coplanarios dispuestos en un patrón fractal en el sensor de acuerdo con la invención. El un patrón fractal puede dividirse en un sistema capacitivo. Mientras que la ventana puede ser plana o curva, los electrodos de condensador de un condensador sensor dado (C1, C2, C3 y/o C4) son considerablemente coplanarios entre sí y están soportados por la ventana plana o curva, a pesar de que puede haber una pequeña curvatura del vidrio. Los datos de y/o relacionados con el (los) condensador(es) sensor(es) del sensor capacitivo 5 se reciben y se leen mediante una electrónica de lectura de salida 12 que puede estar compuesta por uno o más de entre hardware, firmware y/o software. La electrónica de lectura de salida 12 captura el ruido eléctrico y convierte el mismo a señal(es) digital(es). Esta(s) señal(es) digital(es) se pasa a un modulo de cálculo 14 (que puede estar compuesto por uno o más de entre hardware, firmware y/o software) que determina qué acción deberían llevar a cabo los limpiaparabrisas. Por ejemplo, los limpiaparabrisas pueden iniciar una acción de limpiaparabrisas única, acciones de limpiaparabrisas a baja velocidad, acciones de limpiaparabrisas a alta velocidad, etc., en base a los datos analizados de y/o relacionados con el sensor capacitivo. También se puede hacer que se desactiven los limpiaparabrisas, se reduzca/aumente la velocidad de los mismos, etc., en base a los datos analizados de y/o relacionados con el sensor capacitivo. Un motor de sistema de control de limpiaparabrisas 16 recibe instrucciones desde el módulo de cálculo 14 y ordena a los limpiaparabrisas 18 para que lleven a cabo la acción adecuada.

El sensor capacitivo 5 se conecta a un Bus de Interconexión Local (bus LIN) de un vehículo. Un bus LIN (no mostrado) por lo general es un bus serie al que se conectan dispositivos esclavo en un coche. Un bus LIN por lo general ejecuta un apretón de manos con los dispositivos esclavos para asegurar que están, por ejemplo, conectados y en estado funcional. Además, un bus LIN puede proporcionar otra información a los dispositivos esclavos como, por ejemplo, la hora actual.

El sensor capacitivo 5 incluye una pluralidad de condensadores en forma de cualquier sistema adecuado.

La Fig. 1(b) es una vista en sección transversal de una ventana de vehículo que incluye un sensor de humedad. Un parabrisas del vehículo incluye un sustrato de vidrio interior 1 y un sustrato de vidrio exterior 2 que están laminados a la vez por medio de una intercapa 3 que incluye un polímero de un material como butiral de polivinilo (PVB) o similar. Puede proporcionarse un recubrimiento 4 de baja e (baja emisividad) opcional en la superficie interior del sustrato exterior de vidrio 2 (o incluso en la superficie del sustrato 1). 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 similares intercalado entre por lo menos unas capas dieléctricas primera y segunda de un material como nitruro de silicio, óxido de estaño, óxido de zinc, o similares. Recubrimientos de baja E 4 de ejemplo, para fines de ejemplo y sin limitaciones, se describen en las patentes US 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.

La Fig. 1(b) ilustra un condensador de ejemplo del sensor capacitivo. Mientras que el sensor capacitivo de la Fig. 1(a) por lo general incluye una pluralidad de condensadores en un sistema, sólo se muestra un condensador del sensor en la Fig. 1(b) por motivos de simplicidad. Los otros condensadores son similares en sección transversal al que se muestra 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 coplanarios o considerablemente coplanarios separados 7 y 8. Los electrodos 7 y 8 están hechos de un material conductor que puede imprimirse o de otro modo formarse en la ventana. Por ejemplo, los electrodos del condensador 7 y 8 del condensador sensor pueden estar hechos de o incluir plata, ITO (óxido de indio-estaño), u otro material conductor adecuado. El condensador mostrado en la Fig. 1(b) se ve afectado por una gota de agua 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 de esa manera puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Las señales recibidas desde y/o relacionadas al(a los) condensador(es) sensor(es) y el análisis de las mismas se describen en la presente.

En la Fig. 1(b), se proporciona una capa aislante opaca (p. ej., frita negra o esmalte, o similares) 9 en la ventana sobre los electrodos 7 y 8 con el fin de esconder los electrodos 7, 8 de la vista del (de los) pasajero(s) que está(n) sentado(s) dentro del vehículo. De esta manera, podrá apreciarse que la capa opaca 9 se proporciona únicamente en una pequeña parte de la ventana, incluyendo en el área en la que el sistema capacitivo del sistema de condensadores del sensor de lluvia está situado. El sistema capacitivo del sensor de lluvia y de esta manera la capa opaca 9 pueden situarse en el parabrisas de un vehículo en un área próxima al soporte de montaje del espejo retrovisor. La capa opaca 9 (p. ej., frita negra o esmalte) puede hacer contacto con el patrón fractal de los electrodos del condensador 7, 8 directamente porque la capa 9 no es conductora. Sin embargo, incluso si una capa de frita negra 9 fuera conductora (lo que es posible), su constante dieléctrica es parecida a la del agua de manera que no interferirá de manera adversa con la captura de datos de y/o relacionados con los condensadores C1-C4 y el análisis asociado:

La Fig. 2A es una vista superior o en planta que ilustra un sistema 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 coplanarios separados primero y segundo 7 y 8 como se muestra en la Fig. 1(b) (o en cualquiera de las Fig. 1(c)-1(f)). Los electrodos de condensador 7 y 8 de cada condensador C1-C4 pueden estar hechos de frita de plata conductora o similar como se muestra en la Fig. 2A. Además, puede haber un espacio 22 de aproximadamente 0,2 a 1,5 mm, más preferentemente de aproximadamente 0,3 a 1,0 mm (p. ej., 0,6 mm), entre los electrodos de condensador coplanarios 7 y 8 de cada condensador (C1, C2, C3 y/o C4) como se muestra en la Fig. 2A. En la Fig. 2A, los condensadores C1-C4 están cubiertos de una capa de frita negra aislante 9 que es la misma que la capa 9 opaca anteriormente indicada con respecto la Fig. 1(b). En la Fig. 2A, se proporciona un sistema de placas de contacto en el centro del sistema de sensores, e incluye cuatro placas de contacto eléctricamente conectadas a los respectivos electrodos 7 de los condensadores C1-C4, y cuatro placas de contacto eléctricamente conectadas a los respectivos electrodos 8 de los condensadores C1-C4. Una placa de contacto de ejemplo está indicada por el número de referencia 28 en la Fig. 2A. Las cuatro placas de contacto de color blanco 28 de la Fig. 2A están eléctricamente conectadas a los respectivos electrodos de condensador 7 de los condensadores C1-C4, mientras que las placas de contacto de color gris oscuro 28 de la Fig. 2A están eléctricamente conectadas a los respectivos electrodos de condensador 8 de los condensadores C1-C4. Todos los condensadores sensores C1-C4 son sensibles a la humedad como lluvia sobre la superficie externa de la ventana.

En la forma de realización de la invención de la Fig. 2A, cada uno de los condensadores C1-C4 del sensor capacitivo está formado usando una geometría fractal. En concreto, cada uno de los electrodos coplanarios 7 y 8 de cada condensador C1-C4 está formado con una geometría fractal. Los patrones de diseño fractal permiten obtener una gran capacitancia en un área muy pequeña, y son por tanto deseables sobre otras geometrías en aplicaciones de sensores de lluvia. La geometría fractal se puede agrupar en (a) fractales aleatorios que se pueden denominar fractales caóticos o de Brown e incluyen un componente de ruido aleatorio, y (b) fractales deterministas o exactos. En la geometría de fractales deterministas, una estructura autosimilar es producida por la repetición de un diseño o motivo (o “generador”) (es decir, autosimilaridad o estructura en todas escalas). En la autosimilaridad determinista o exacta, condensadores fractales pueden ser construidos mediante medios iterativos o recursivos. EN otras palabras, fractales a menudo son compuestos por o incluyen muchas copias de si mismos en escalas diferentes.

En la forma de realización de la Fig. 2A, puede verse que los electrodos coplanarios 7 y 8 de cada condensador (donde los electrodos 7 y 8 son mostrados pero no marcados en la Fig. 2A debido al color oscuro de la frita 9, pero están separados mediante unos espacios 22) presentan unas geometrías fractales y están dispuestos sustancialmente en paralelo entre sí en toda la longitud sinuosa de cada condensador. En otras palabras, cada electrodo 7, 8 de un condensador dado (p. ej., C1, C2, C3 o C4) tiene una forma sinuosa en la geometría fractal, pero se mantiene sustancialmente en paralelo al otro electrodo (el otro de 7, 8) del condensador en toda la longitud sinuosa del condensador. La longitud global de cada condensador (p. ej., C1), a lo largo de la longitud sinuosa del fractal, es de aproximadamente 25 a 200 mm en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, más preferentemente de aproximadamente 30 a 90 mm, con un ejemplo que es de 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 en la forma de realización de la Fig. 2A forman un patrón fractal de Hilbert, solamente a propósito de ejemplo y sin limitación. En concreto, los condensadores mostrados en la Fig. 2A tienen una forma fractal de Hilbert de tercer orden. Los fractales de Hilbert son fractales continuos que llenan el espacio, con dimensiones fractales de dos. Esto significa que fractales de orden superior tendrán una forma más cuadrada. Un fractal de Hilbert puede formarse usando el siguiente sistema 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 delante”, “+” significa “girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj”, y “-“ significa “girar en el sentido de las aguja del reloj”. Mientras las geometrías de fractales de Hilbert se pueden utilizar para formar los condensadores C1 a C4 en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, esta invención no es tan limitada y otros tipos de fractales se pueden utilizar también para formar las formas de condensador. En determinadas formas

de realización de ejemplo de esta invención, como se muestra en las Figs. 2A, 2B y 3, todos los condensadores sensores del sistema de sensores pueden tener una forma idéntica o prácticamente idéntica.

Cada uno de los condensadores C1-C4 en el sistema de sensores puede ser eléctricamente flotante (esto puede denominarse una tierra virtual en determinados casos de ejemplo) con el fin de no tener una tierra común fija como cero voltios fijos, y/o 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 el sistema capacitivo no estará sujeto a efectos adversos de interferencias como, por ejemplo, interferencias EMI reduciendo de esa manera el potencial para falsas acciones del limpiaparabrisas, falsas detecciones, y similares.

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

La Fig. 1(c) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede usar el sistema de la Fig. 1(a) y una o más de las Figs. 2-12. En la Fig. 1(c), la ventana de vehículo (p. ej., luneta trasera) está hecha de únicamente una lámina de vidrio 10, y los electrodos 7, 8 del condensador están dispuestos sobre, directamente o indirectamente, la superficie principal interior de la lámina de vidrio 10. El condensador (p. ej., C1) mostrado en la Fig. 1(c) está diseñado de tal 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 de esa manera puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 está formado de manera similar. Hay que notar que el uso de la palabra “sobre” en la presente cubre tanto directamente sobre e indirectamente sobre, y no está limitada al contacto físico 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 puede 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 otro ejemplo, que puede usar el sistema de la Fig. 1(a) y una o más de las Figs. 2-12. En la Fig. 1(d), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas a la vez por medio de una intercapa 3 con base de polímero, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja E 4 en cualquiera de los sustratos 1 ó 2. La Fig. 1(d) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador se disponen en la superficie principal de sustrato de vidrio 1 que está más lejos del interior del vehículo. Los electrodos del condensador 7, 8 pueden hacer contacto con la intercapa 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) está diseñado de tal 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 de esa manera puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del sistema de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(d). La capa opaca 9 también puede disponerse en la Fig. 1(d) si se desea, sobre una parte de la ventana de manera que los electrodos del condensador queden escondidos a la vista de los pasajeros del vehículo. En la fig. 1(d), los electrodos 7 y 8 pueden estar formados 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 estar formados y estampados a partir de una capa reflectante de IR conductora metálica (p. ej., una capa con base de plata) de un recubrimiento de baja E 4 que está soportada por la ventana.

La Fig. 1(e) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede usar el sistema de la Fig. 1(a) y una o más de las Figs. 2-12. En la Fig. 1(e), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas a la vez por medio de una intercapa 3 con base de polímero, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja E 4 en cualquiera de los sustratos 1 ó 2. La Fig. 1(e) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) se disponen en la superficie principal del sustrato de vidrio exterior 2 que está más cerca del interior del vehículo. Los electrodos de condensador 7, 8 pueden hacer contacto con la intercapa de polímero 3. El condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) mostrado en la Fig. 1(e) está diseñado de tal 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 de esa manera puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del sistema de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(e). La capa opaca 9 también puede disponerse en la Fig. 1(e) si se desea, sobre una parte de la ventana de manera que los electrodos de condensador queden escondidos a la vista de un(os) pasajero(s) de vehículo.

La Fig. 1(f) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede usar el sistema de la Fig. 1(a) y una o más de las Figs. 2-12. En la Fig. 1(f), la ventana de vehículo (p. ej., parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas a la vez por medio de una intercapa 3 con base de polímero, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja E 4 en cualquiera de los sustratos 1 ó 2. La Fig. 1(f) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) se disponen en la superficie principal del sustrato de vidrio interior 1 que está más cerca del interior del vehículo, a través del elemento de soporte 12. El elemento de soporte

12, situado entre el sustrato de vidrio 1 y los electrodos 7, 8, puede estar hecho de vidrio, silicio o similares. El condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4) mostrado en la Fig. 1(e) está diseñado de tal 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 de esa manera puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del sistema de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(f). La capa opaca 9 también puede disponerse en la Fig. 1(f) si se desea, sobre una parte de la ventana de manera que los electrodos 7, 8 del condensador queden escondidos a la vista de un(os) pasajero(s) de vehículo.

La Fig. 2B es una vista en planta de un patrón de ejemplo para un sistema capacitivo de cuadrante de los condensadores con forma fractal C1-C4 para el sensor capacitivo de acuerdo con esta invención. Los cuatro condensadores mostrados en la Fig. 2B son similares a los de la Fig. 2A, excepto por las formas concretas de los mismos. Los condensadores de la Fig. 2B pueden usarse en cualquiera de las Figs. 1(a)-(f). Las líneas a puntos superpuestas muestran las divisiones en cuatro condensadores distintos C1-C4. La anchura de la línea exterior puede ser de aproximadamente 2 mm, y la anchura de la línea interior puede ser de aproximadamente 1 mm.

La Fig. 3 es un dibujo aumentado de otro sistema capacitivo de cuadrante de ejemplo de condensadores con forma fractal C1-C4 para el sensor capacitivo de acuerdo con esta invención. Los cuatro condensadores mostrados en la Fig. 3 son similares a los de las Figs. 2A y 2B, excepto por las formas concretas de los mismos. Los condensadores fractales de la Fig. 3 pueden usarse en cualquiera de las Figs. 1(a)-(f). Las líneas superpuestas muestran una división de ejemplo entre los condensadores C1-C4 en la Fig. 3. Podrá apreciarse que algunas formas de realización de ejemplo pueden tener sistemas capacitivos con solamente dos condensadores. Sin embargo, es preferente tener por lo menos cuatro condensadores para capturar y obtener matices en perturbaciones.

El uso de la geometría fractal para los condensadores sensores C1-C4 es en reducir falsas lecturas debido a interferencias EMI. En concreto, los fractales a altas iteraciones ayudan a reducir las incidencias por interferencias EMI, debido a que la jaula de Faraday o cuasi-jaula de Faraday del fractal a altas iteraciones reduce el acoplamiento EMI reduciendo de esa manera los efectos adversos de las interferencias EMI. Los fractales a altas iteraciones forman cuasi-jaulas de Faraday.

La electrónica de lectura de salida examina la interacción de lluvia y/u otras perturbaciones en la ventana. Este proceso puede llevarse a cabo mediante cargar secuencialmente los condensadores, leer sus datos, cuantificar estos datos y/o eliminar las cargas.

La Fig. 4 es un diagrama de circuito de un circuito de detección o lectura de salida. El circuito de detección de la Fig. 4 puede estar hecho de una unidad electrónica 12 y el sistema de sensores capacitivos 5 de la Fig. 1. Cualquiera de los condensadores de las Figs. 1(b)-1(f), 2A, 2B y/o 3 puede usarse como los condensadores C1-C4 del circuito de la Fig. 4. El sistema de circuito de la Fig. 4 se usa para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura de salida. 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 un interruptor, cargando uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia de sensor C_s. La Fig. 6 incluye ciertas señales usadas en el circuito de la Fig. 4 en el ciclo de escritura. En el ciclo de escritura, el transistor Q1 se encuentra en un modo saturado, ya que su puerta y su 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 Vcc aparece en Cs a través de A y carga uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia de sensor Cs. V_{cc} puede ser un voltaje constante, como 5V. Uno o más de los condensadores C1-C4 puede cargarse al mismo tiempo durante un ciclo de escritura. Sin embargo, el circuito carga y lee los condensadores C1, C2, C3 y C4, uno a uno (p. ej., véase Fig. 6). De esta manera, durante un ciclo de escritura, únicamente se carga uno de los condensadores C1, C2, C3 o C4.

El proceso anterior descrito para el lado izquierdo del circuito sensor de Fig. 4 está básicamente duplicado en el lado opuesto o lado derecho del circuito de Fig. 4. Como la corriente fluye a través del ramal del lado izquierdo, la corriente también fluye en B a través del ramal del lado derecho, y se imitan los cambios a C_s, o se imitan sustancialmente en la capacitancia de replicación interna C_{int}. Cuando Q7 se activa, la corriente también fluye a través de Q2 (que se encuentra activado) y carga C_{int} usando Vcc. De esta manera, se imita la carga de uno de los condensadores C1-C4 mediante la carga del condensador C_{int}. En otras palabras, C_{int} se carga al mismo nivel, o sustancialmente al mismo nivel, que el condensador (p. ej. C1) que está siendo cargado al otro lado del circuito de la Fig. 4. El voltaje de salida del circuito de Fig. 4, Vout (o Vo), se basa en C_{int} y se toma en un electrodo o próximo al mismo del condensador C_{int} como se muestra en la Fig. 4. Una formula de ejemplo que refleja Vout (o Vo) se muestra en la parte inferior de la Fig. 4. Por consiguiente, podrá apreciarse que la salida Vout (o Vo) del circuito de Fig. 4-5 se refiere a y está basada en los condensadores C1-C4 del sensor Cs. Más concretamente, la salida Vout del circuito de Fig. 4-5 se refiere a y es indicativa del estado de los condensadores C1-C4 y los efectos en dichos

condensadores de humedad en la superficie exterior de la ventana, a pesar de que Vout no se toma directamente de los condensadores C1-C4. En concreto, Vout (o Vo) se captura durante un ciclo de escritura, debido al pulso de escritura mostrado en la Fig. 4 (véase también la Fig. 6). En la fórmula de la parte inferior de la Fig. 4 para Vout, W1 es para Q1, W2 es para Q2, L1 es para Q1, L2 es para Q2, donde W es la anchura de canal de transistores, y L es la longitud de canal de transistores; y V_T es un voltaje umbral de cada MOSFET. Hay que notar que alternativamente la salida Vout del circuito puede tomarse directamente (en vez de indirectamente a través de C_{int}) desde los condensadores sensores C1-C4.

Los transistores Q3, Q4 son opcionales. Estos transistores pueden encontrarse a voltajes bajos (p. ej., desactivados) durante la fase de escritura, y activados durante la fase de borrado.

La señal de salida Vout (o Vo) del circuito sensor de Fig. 4 (y Fig. 5) está modulada mediante la modulación sigma-delta. Los moduladores sigma-delta, que pueden usarse en un convertidor digital a analógico (DAC) sigma-delta, pueden proporcionar un nivel de formación o filtrado de ruido de cuantificación que puede haber presente. Moduladores sigma-delta de ejemplo que pueden usarse se describen en las patentes US n^{os} 6.975.257, 6.972.704, 6.967.608 y 6.980.144. En la conversión sigma-delta., se pueden llevar a efecto el sobremuestreo, la conformación de ruido y/o el filtrado por decimación. 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 puede ser más barato que ciertos sistemas de ejemplo basados en nyquist; ii) puede usarse un sistema de circuito de muestreo y retención debido a la elevada frecuencia de muestreo de entrada y a la conversión A/D de baja precisión; iii) ya que puede haber fase(s) de filtrado digital detrás de la conversión A/D, puede controlarse el ruido inyectado durante el proceso de conversión como la oscilación de fuente de alimentación, el ruido de referencia de tensión y el ruido en el propio convertidor A/D; iv) ya que el convertidor sigma-delta puede ser esencialmente lineal puede que no sufra de nolinealidades diferenciales apreciables y/o el(los) nivel(es) de ruido de fondo pueden ser independientes del nivel de señal de entrada. Pueden obtenerse relaciones S/N mejoradas.

La Fig. 25 que es una versión simplificada de un sistema modulador sigma-delta, para modular y/o convertir la señal de salida Vout (o Vo) del circuito de Fig. 4 (y Fig. 5). En la Fig. 25, se usa un pulso de escritura (véase el pulso en la parte inferior de la Fig. 25) para cargar el condensador sensor (Cl, C2, C3 o C4) como se ha explicado anteriormente con respecto a la Fig. 5. Se usa la excitación de onda cuadrada (p. ej., para ciclos de escritura y/o borrado) en el condensador sensor para cargar y descargar el mismo. Este proceso se duplica o imita, para C_{int}, como se explica en la presente. La señal de salida Vout (o Vo) del circuito de Fig. 4 está modulada en sigma-delta mediante un modulador sigma-delta 60. El modulador 60 puede tomar la forma de un circuito hardware, firmware, y/o software. Los pulsos de reloj 62 de un reloj se introducen al modulador 60, que activan el latch de un cuantificador del modulador 60. Una vez que las señales de salida Vout (o Vo) se han modulado por el modulador sigma-delta 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 64 de modulador sigma-delta, que es un tren de 0s y ls. A continuación los datos se escalan de manera adecuada usando un(os) coeficiente(s) de calibración. Los datos filtrados 68 se leen a continuación a través de una interfaz serie 69 o similar y envían a un ordenador que lleva a cabo los cálculos de correlación para segmentos de paquetes de datos. De esta manera, a continuación se aplica sobre los datos de la interfaz 69 una correlación (p. ej., una autocorrelación o una correlación cruzada) como se explica en la presente. La Fig. 26 es similar a la Fig. 25, excepto en que la Fig. 26 ilustra un sistema de condensadores sensores C1-C4 que se multiplexan a través de un multiplexor.

La Fig. 27 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una 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 circuito, firmware y/o software. La señal de salida analógica Vout (o Vo) del circuito de Fig. 4 (y Fig. 5) se recibe 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 se recibe por el integrador 72 cuyo salida se recibe por un cuantificador 74 como un cuantificador de un bit. La salida digital 64 se filtra 66 a continuación como se ha explicado anteriormente, etcétera. La modulación sigma-delta es ventajosa en que proporciona un sobremuestreo y permite tratar ruidos como las EMI y reducir sus efectos adversos. En concreto, el ruido se distribuye por el modulador sigma-delta en la banda de frecuencia de manera que pueda mejorarse la relación señal/ruido (S/N).

Haciendo referencia nuevamente a la Fig. 4, cada condensador (C1, C2, C3, C4) se descarga antes de cargar el siguiente. El proceso de descargar cada condensador se describe en conexión con el pulso de borrado, con respecto a las Figs. 5-6.

La Fig. 5 es un diagrama de circuito del circuito sensor de Fig. 4, con respecto a un ciclo de borrado. Durante un ciclo de borrado, se descarga un condensador (C1, C2, C3 o C4) anteriormente cargado antes del siguiente ciclo de escritura. La Fig. 6 incluye una señales de ejemplo usadas durante el(los) ciclo(s) de borrado. No se lleva a cabo ninguna lectura durante la fase de borrado. Durante un ciclo o una fase de borrado, se desactiva Q7 (el pulso de escritura Clk_{wr} no está presente), y se activan los transistores Q5 y Q6 mediante 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 hace C_{int}. Nuevamente, C_{int} imita la capacitancia del sensor Cs. Una vez que las

capacitancias Cs y C_{int} se han conectado a tierra y descargado, finalizan el pulso y ciclo de borrado. Entonces, puede prepararse, cargarse y leerse el próximo condensador (C1, C2, C3 o C4) en la secuencia.

De esta manera, con relación a las Figs. 4-6, podrá apreciarse que un sensor de lluvia comprende: un circuito sensor que comprende por lo menos unos condensadores sensores primero y segundo (p. ej., C1 y C2) que son sensibles a la humedad en una superficie externa 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 sensores primero y segundo; en el que un pulso de escritura (Clk_{Wr}) hace que se cargue por lo menos el primer condensador sensor (p. e., C1), y un pulso de borrado (Clk_{Er}) hace que se descargue sustancialmente cada uno de los condensador sensor primero (p. ej., C1) y condensador imitador (C_{int}); en el que la presencia de lluvia en la superficie externa de la ventana en un campo sensor del primer condensador sensor (p. ej., C1) hace que un voltaje (véase Vo o Vout) en un electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}) fluctúe de manera proporcional a la fluctuación del voltaje en un electrodo de salida (8) del primer condensador sensor (p. ej., Cl), incluso si no hay lluvia presente en un campo del condensador imitador (C_{int}); y en el que la lluvia se detecta en base a una señal de salida (véase Vo o Vout) del electrodo de salida del condensador imitador (C_{int}), en el que la señal de salida se lee por lo menos entre una finalización 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 con relación a la Fig. 5, durante el ciclo de borrado, el pulso de borrado Clk_{Er} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por tanto también el condensador imitador C_{int} se descarguen a tierra (p. ej., un potencial fijo como V=0) (véase el símbolo de tierra convencional en la Fig. 5). Sin embargo, se ha descubierto que una tierra fija puede llevar a ciertos problemas. De esta manera, durante el ciclo de borrado el pulso de borrado Clk_{Er} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por tanto también el condensador imitador C_{int} se descarguen 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 flotante o de referencia. Se ha descubierto que una tierra flotante o virtual puede ser altamente ventajosa (p. ej., una tierra flotante y/o un(os) electrodo(s) de condensador puede(n) llevar a una reducción considerable en los problemas de interferencias EMI). Por ejemplo, dicha tierra flotante o virtual puede ayudar a reducir las posibilidades de que el sistema sensor sea distorsionado por interferencias EMI. A este respecto, 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 hacen referencia a los electrodos de un condensador (p. ej., C1, C2, C3 o C4). En estas figuras, “q” hace referencia a la carga y Φ hace referencia al potencial (Φ1 es diferente de Φ2). 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 está fijada a +q). A este respecto, cuando la carga en el electrodo 7 puesto a tierra está fijada a +q, cuando se trae un cuerpo externo E_B (p. ej., el dedo de una persona con una constante dieléctrica más alta) a una zona sensora o de detección del condensador (p. ej., tocando la superficie frontal del parabrisas encima del condensador) este cuerpo externo induce un cambio en la carga de -Δq y el otro electrodo 8 que no es fijo cambia de una carga de -q a una carga de -q+Δq en un intento de equilibrar la carga. De esta manera, si se pusiera a tierra el condensador a un potencial fijo como 0 voltios, y se leyera un voltaje de salida del condensador, se leerían cambios de carga causados por un Δq que no es necesario, y esto puede llevar a falsas lecturas. Comparando las Figs. 28(a) y 28(b), la Fig. 28(b) ilustra una ventaja de hacer que un electrodo 7 del condensador sensor (p. ej., C1-C4) sea flotante (p. ej., a una tierra flotante o virtual). En la Fig. 28(b), la carga q en el electrodo 7 no es fija. P. ej., la carga del electrodo 7 cambia de +q’ a +q’’ cuando el cuerpo externo hace contacto con el parabrisas en una zona sensora o de detección, indicando de esa manera la naturaleza flotante del electrodo. En la Fig. 28(b), cuando el cuerpo externo (p. ej., el dedo de una persona) se aplica al parabrisas encima de la zona sensora o de detección del condensador las cargas libres en ambos electrodos 7 y 8 del condensador cambian. De esta manera, el efecto adverso de Δq se elimina o reduce usando la tierra flotante o virtual VG (el electrodo 7 es flotante). En concreto, cuando el electrodo 7 es flotante como en la Fig. 28(b), el cuerpo externo (E_B) no afecta de manera adversa a la suma de la carga debido a que sumar las cargas (+q’’ y -q’’) de los electrodos 7 y 8 cuando el cuerpo externo está presente da un resultado de cero o prácticamente cero. Las falsas lecturas debidas a interferencias EMI también pueden reducirse usando esta característica flotante. De esta manera, la naturaleza flotante puede permitir que los valores absolutos de las cargas q en los electrodos del condensador 7 y 8 sean iguales o sustancialmente iguales incluso cuando está presente el cuerpo externo ya que el electrodo 7 es flotante y no está fijado a tierra. Esta es una razón de ejemplo de por qué puede ser ventajoso hacer que los electrodos 7 de los condensadores C1-C4 sean flotantes, o estén puestos a una tierra virtual VG como se muestra en la Fig. 5. De esta manera, haciendo referencia a las Figs. 5 y 28, los condensadores sensores C1-C4 son flotantes y sus dos electrodos están aislados de la tierra. Por consiguiente, el sensor de lluvia comprende por lo menos un condensador sensor (C1, C3, C3 y/o C4) que sea sensible a la humedad en una superficie externa de una ventana, incluyendo el condensador sensor un primer electrodo de condensador (8) que recibe una señal de carga y un segundo electrodo de condensador (7) separado del primer electrodo de condensador (8); y en el que el segundo electrodo de condenador (7) es flotante de manera que el condensador sensor está aislado de la tierra.

La Fig. 6 es un diagrama de temporizador de ejemplo de las señales aplicadas a o a ser capturadas del circuito de Fig. 4-5 durante los modos/ciclos de escritura y borrado. Como se ha notado anteriormente, los condensadores (C1-C4) se cargan, se leen, se cuantifican y se borran secuencialmente. La Fig. 6 muestra un pulso de reloj de escritura (Clk_{Wr}) y de borrado (Clk_{Er}) para cada condensador C1-C4, en secuencia. Entonces, los voltajes son cuantificados y puestos en la salida. Los voltajes de salida variables Vol-Vo4 se corresponden con los condensadores C1-C4

respectivamente, y por tanto C_{int}. Hay que notar que las señales de salida Vo1-Vo4 en la Fig. 6 son tomadas en V_{out} (o Vo) en las Figs. 4-5. Además, en la Fig. 6, las señales de salida Vo son leídas o analizadas (p. ej., para una autocorrelación y/o una correlación cruzada) en el pico de las zonas de lectura (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 concreto, la señal de salida V_{out} (o Vo) en la Fig. 6 para un condensador (Cl) concreto, se lee en la "zona de lectura" tras la finalización 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 referencia a la Fig. 6, por ejemplo, una gota de agua en la superficie exterior de un parabrisas afectará a la magnitud de la(s) señal(es) de salida V_{out} (o Vo). Por ejemplo, una gota de agua encima de la zona de un condensador dado (p. ej., C1) hará que el nivel de la(s) señal(es) de salida V_{out} (o Vo) para dicho condensador en la zona de "lectura" de la señal sea superior comparado con una situación en la que dicha gota no esté presente. La magnitud o el nivel exacto dependen del tamaño de la gota de agua. Con cantidades de agua incrementales, la magnitud de la señal en la zona de "lectura" se vuelve superior debido a que la constante dieléctrica del agua es superior a la del vidrio y/o a la del aire y esto hace que aumente la capacitancia. De manera similar, si no hay ninguna gota de agua presente en el parabrisas encima de la zona de un condensador dado (p. ej., C1l) entonces esto hará que el nivel de la(s) señal(es) de salida V_{out} (o Vo) para el condensador en la zona de "lectura" de la señal de salida sea inferior comparado con una situación en la que haya una gota presente.

Las señales del (de los) condensador(es) pueden convertirse de analógico 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 una arquitectura sigma-delta es hacer evaluaciones bastas de la señal, medir el error, integrarlo, y compensar a continuación ese error. Los datos pueden ser sobremuestreados a una frecuencia dada de por lo menos 32 kHz, p. ej., más preferentemente de 64 kHz, aunque podrá apreciarse que también pueden usarse otras frecuencias de muestreo. La cuantificación en curso puede recuperarse mediante el esquema de modulación sigma-delta para producir una salida binaria simple de 0 ó 1, correspondiente a activado y desactivado, respectivamente, De esta manera, el esquema de modulación sigma-delta puede usarse para reducir ruido (p. ej., a la cola de una señal) y producir un tren de salida digital (p. ej., 1s y 0s).

Antes de analizar la operación detallada de y matemáticas de ejemplo que hay detrás de un algoritmo de un sensor de ejemplo, se proporcionará un resumen de los estados que pueden tomar el sensor y/o los limpiaparabrisas en conexión con la Fig. 7, que se trata de un diagrama de estados de ejemplo que muestra como pueden usarse datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar limpiaparabrisas de vehículo. El sistema comienza en un Estado de Inicio/Inicialización S702. En este estado, se vacían todas las memorias intermedias. En base a las entradas de los condensadores C_1, C_2,…, C_n, se lleva a cabo una conversión 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 periodo de tiempo T. El Estado Selector del Modo de Operación S704 funciona como un interruptor que selecciona entre el modo manual y automático de limpiaparabrisas. Si el Estado Selector del Modo de Operación S704 indica que se selecciona el modo manual, entonces en el Estado de Modo Manual S706 puede deshabilitarse un modo automático y puede 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 selecciona el modo automático, entonces se selecciona el modo automático de limpiaparabrisas en el Estado de Modo Automático S708.

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 no perturbada de referencia (Δ_1). Esta información es pasada al Estado ¿Está Lloviendo? S712, en el que se verifican por lo menos tres condiciones para determinar si es probable que esté lloviendo, haya humedad en el parabrisas, etc. Indicaciones probables de lluvia son que el gradiente de la autocorrelación sea mayor que 1, que todos los valores de autocorrelación sean positivos, y/o que Δ_1 sea mayor que un valor umbral predefinido t1. Si no se cumplen estas condiciones, el sistema se mueve al Estado Detener Limpiaparabrisas/Parar Motor S714, en el que los limpiaparabrisas se desactivan (si están en movimiento) o no se accionan, y el motor se para (si está en marcha), y el sistema se devuelve al Estado de Inicio/Inicialización S702.

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 mueve al Estado de Velocidad Más Baja S716, en el que el motor de limpiaparabrisas se activa a la velocidad más baja disponible. En el Estado de Motor de Correlación-Cruzada 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 se verifica la simetría de los dos lados de la curva de correlación cruzada. Tal y como se describirá más adelante, estas verificaciones 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 Nivel de Lluvia S720, se determina el "nivel de lluvia" (p. ej., fuerte, ligera, etc.). En base a esta determinación, se activa el motor de limpiaparabrisas a la velocidad adecuada en el Estado Selector de Velocidad S722. Por último, el sistema se devuelve al Estado de Inicio/Inicialización S702 para determinar si hay o

no algún cambio en las condiciones externas al coche.

Los pasos llevados a cabo por el sensor de lluvia se describirán con mayor detalle en conexión con la FIG. 8, que es un diagrama de flujo a título de ejemplo que muestra cómo pueden usarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas. En la FIG. 8, en la etapa S800 se vacían las memorias intermedias, y se aplica la modulación sigma-delta sobre los datos que se obtienen a la salida del circuito de Fig. 4-5 (p. ej., de C_{int}, de los condensadores C1-C4), y se leen en S802.

El algoritmo para determinar si poner o no en marcha los limpiaparabrisas, y si es el caso, la velocidad a la que poner en marcha los limpiaparabrisas, comienza autocorrelando los datos modulados mediante la modulación sigma-delta en la etapa S804. La autocorrelación puede usarse para analizar funciones de series de valores, como señales de dominio temporal. Una autocorrelación es la correlación cruzada de una señal consigo misma. La autocorrelación se usa para encontrar patrones repetitivos o prácticamente repetitivos en una señal como, por ejemplo, determinar la presencia de una señal periódica escondida bajo ruido, identificar la frecuencia fundamental de una señal que propiamente 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 usa para encontrar características en una señal desconocida comparando la misma a una conocida; en otras palabras, puede usarse para llevar a cabo la identificación mediante la huella digital de una señal. La correlación cruzada es una función del tiempo relativo entre las señales. Se aplica la correlación cruzada sobre las señales digitales de dos condensadores cualquiera (p. ej., C1 y C2), en proximidad espacial cercana, y el sistema busca cualquier grado de correlación en periodos de tiempo diferentes a un periodo de tiempo de cero. Esta correlación espacio-temporal permite al sistema extraer patrones de cómo la lluvia que cae se proyecta a sí misma eléctricamente sobre el 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 t0 y la misma gota que “tocan” otro condensador C4 (espacialmente separado por una distancia L de C1). Si la gota se mueve a una velocidad media de Vi, el tiempo (t0+T), donde T=L/Vi, la función de correlación cruzada tendrá otro extremo o doblez. La magnitud normalizada de este valor extremo puede permitir al sistema determinar el grado de lluvia que cae sobre el sensor.

Cada condensador C1-C4 tiene una función de autocorrelación asociada con la Vout digitalizada que resulta de la adquisición de datos del mismo (o la correspondiente adquisición de datos de C_{int}). La función de autocorrelación depende de la diferencia temporal, en vez del propio tiempo. Calcular autocorrelaciones es beneficioso porque permite, por ejemplo, deducir la frecuencia fundamental independientemente de la fase. Las autocorrelaciones son ventajosas sobre otros métodos, como las transformadas de Fourier (que también pueden usarse) que proporcionan información únicamente sobre los armónicos subyacentes. De esta manera, el uso de las autocorrelaciones de los datos adquiridos de los condensadores C1-C4 (que como se ha explicado anteriormente, incluye los correspondientes datos adquiridos del C_{int} intimador) puede usarse para detectar y distinguir gotas de agua, suciedad, polvo, gotitas de agua; un aguacero, etc.

Hay que notar que en la presente se considera que los datos de C_{int} son de los condensadores C1-C4 debido a que la capacitancia C_{int} imita o sustancialmente imita a las capacitancias C1-C4 como se ha explicado anteriormente. De esta manera, cuando hablamos sobre recibir datos de los condensadores (p. ej., C1-C4), esto cubre e incluye recibir datos de la capacitancia C_{int}. En otras palabras, se considera que la salida del circuito de Fig. 4-5 es de los condensadores C1-C4, incluso si no se toma directamente de los mismos.

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

$$b(\vec{r},t)=\begin{cases}1 & \text{Lluvia proyecta eléctricamente}\\ 0 & \text{de otra manera}\end{cases}$$

Esencialmente, b toma un valor binario que indica si está lloviendo (1) o no (0). Podrá apreciarse que b es por lo menos de dos bits, y que para la modulación sigma-delta pueden usarse 24 bits. También podrá apreciarse que podría introducirse una escala, potencialmente para capturar más datos relacionados con los voltajes en los condensadores C1-C4 (o C_{int}).

Al final de un ciclo de muestreo *L*, por ejemplo, la salida del circuito de Fig. 4-5, p. ej., del sistema de cuatro condensadores C1-C4 (o a través de C_{int}), va desde 0000 hasta 1111, usando datos digitales binarios. Un único bit a uno puede iniciar una acción del limpiaparabrisas única. En el caso en el que todos los bits estén a cero (0000) o todos los bits estén a uno (1111), entonces no puede iniciarse ninguna acción del limpiaparabrisas, debido a que probablemente no hay nada sobre el parabrisas, el coche está completamente sumergido, etc., ya que todos los condensadores en el array estarían leyendo lo mismo lo que no es consistente con la caída de lluvia sobre una ventana. De esta manera, los eventos más probables en los que serán necesarios los limpiaparabrisas son los que se encuentren en el intervalo de 0001 1 a 1110 (es decir, cuando la salida de todos los condensadores en el sistema no es la misma). Cuando los datos se encuentran en este intervalo, o incluso si no se encuentran en este intervalo,

pueden ejecutarse funciones de correlación (funciones de autocorrelación y/o de correlación cruzada) usando la siguiente integral. Podrá apreciarse que la integral que se indica a continuación puede rescribirse de otras maneras como, por ejemplo, un sumatorio. Las correlaciones entre dos gotas a lo largo de un periodo de tiempo largo pueden calcularse de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

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

donde R_b es la correlación de un evento binario, dada como una función de las resistencias r_i en los instantes de tiempo t_i; y L es un periodo de muestreo largo durante el cual se capturan los datos. El periodo de muestreo L puede ser aproximadamente de entre 10 y 100 ms, y más preferentemente aproximadamente de 20-30 ms, que corresponde aproximadamente a la frecuencia a la que puede discernir un ojo humano estándar. R_b también es igual a una función de la correlación de los cambios en las resistencias en los condensadores $\Delta\bar{r}$ y el cambio en el tiempo. Cuando $\Delta\bar{r}$ = 0, se determina el valor de autocorrelación ya que se están analizando los datos del mismo condensador, y cuando $\Delta\bar{r}$ ≠ 0, se calculan correlaciones cruzadas ya que la correlación se lleva a cabo sobre datos de diferentes condensadores.

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

$$\Delta\vec{r} = \vec{Vi}\,\Delta t\,.$$

Esta restricción básicamente significa que una gota de agua o similar se está moviendo a una escala temporal dada. En segundo lugar,

$$b(\vec{r}+\vec{Vi}\,\Delta t, t+\Delta t) = b(\vec{r},t)\,.$$

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

$$R_b(m\vec{p},nT) \equiv R(\vec{Vi}\,\Delta t,\Delta t)$$

Básicamente, la parte izquierda de la ecuación establece una red teórica en espacio y tiempo a través de la cual 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 viajar a través de un parabrisas. La Fig. 9 muestra una gota de agua moviéndose a través de un parabrisas en el plano X-Z durante un periodo de tiempo inicial (t=0) y cierto tiempo de cantidad más tarde (t=T). La suposición de que la distribución de las gotas es uniforme en el espacio y tiempo permite la creación de un campo binario producido por la lluvia que es en un sentido amplio estacionario. El sistema también asume que la correlación temporal entre los pixeles preferentes en la misma vecindad es elevada en la dirección de la lluvia. Por último, el grado de autocorrelación y de correlación cruzada en el tiempo cuantifica la caída de la lluvia y otras perturbaciones.

Podrá apreciarse que puede ahorrarse tiempo de cálculo debido a la naturaleza de las matrices de correlación y a la naturaleza de la lluvia caída. Por ejemplo, las matrices de correlación pueden ser simétricas. Además, como otro ejemplo, debido a que la lluvia tiende a caer hacia a bajo desde el cielo y moverse hacia arriba a lo largo de un parabrisas, puede ser suficiente comparar únicamente condensadores que se disponen verticalmente uno respecto al otro en correlación cruzada, al tiempo que se ignoran los condensadores horizontalmente adyacentes.

Hay que notar que mientras se usan datos binarios, también pueden utilizarse datos de la escala de grises con respecto a las salidas del circuito de las Figs. 4-5, o de otro(s) circuito(s) similar(es) o adecuado(s).

Una vez que se ha ejecutado la autocorrelación en la etapa S804 (p. ej., usando la(s) ecuación(es) anteriormente analizada(s), o alguna(s) otra(s) ecuación(es) de correlación adecuada(s)), pueden llevarse a cabo una o más comprobaciones para mejorar la precisión del sistema. Ejemplos de tales comprobaciones (p. ej., si los datos autocorrelados Rxx tienen valores negativos, si un gradiente es mayor que uno, y/o si la forma de una curva Rxx es

diferente o considerablemente diferente a la de los datos de una autocorrelación no perturbada normalizada almacenados en memoria) se muestran en la parte inferior del cuadro para la etapa S804 en la Fig. 8. Pueden llevarse a cabo una, dos o las tres comprobaciones.

Por ejemplo, una comprobación de los datos de autocorrelación en la etapa S806 puede ser determinar si los datos autocorrelados de uno o más de los condensador(es) (C1, C2, C3 y/o C4; o a través del C_{int} imitador) comprenden valores negativos. Por ejemplo, cuando los datos autocorrelados tienen valor(es) negativo(s), entonces el sistema o método puede indicar que no está lloviendo, puede detener los limpiaparabrisas, y/o puede no accionar los limpiaparabrisas (véase la etapa S806). Esta comprobación es para determinar, por ejemplo, si una perturbación detectada es la lluvia. A este respecto, la Fig. 10 es un ejemplo de un trazado gráfico de valores máximos de autocorrelaciones normalizadas para diferentes perturbaciones obtenidos experimentalmente. La Fig. 10 ilustra que las señales de agua son mayores que las señales no perturbadas y que son positivas, y que interferencias externas como ondas electromagnéticas de radios CB y de la mano humana que está tocando una ventana tienden a estar por debajo de los niveles de no perturbación y que pueden ser negativos. De esta manera, para eliminar o reducir falsas detecciones debidas a perturbaciones externas como, por ejemplo, la mano humana que está tocando la ventana, interferencias de señales de radio, etc., cualquier señal con valores negativos de autocorrelación se considera como un evento de “no lluvia”. Podrían considerarse los valores negativos de autocorrelación, o podrían tomarse otras medidas para eliminar o reducir detecciones falsas debidas a interferencias externas por, por ejemplo, comparación de gradientes (p. ej., cualquier curva inferior o menor que la curva/el trazado de no perturbación de la Fig. 10 puede considerarse como un evento de “no lluvia”), condensadores de apantallado, 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 autocorrelados es mayor que uno; y si no entonces el sistema o método puede indicar que no está lloviendo, detener los limpiaparabrisas y/o no accionar los limpiaparabrisas del vehículo (véase la etapa S806). 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 debido a que no se ve afectado por los cambios de temperatura. De esta manera, el sensor de lluvia puede ser prácticamente inmune a falsas lecturas debidas a cambios de temperatura en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. Los gradientes inferiores a 1 (o algún otro valor predeterminado) pueden considerarse como eventos de no lluvia.

Un tercer ejemplo de comprobación de datos de autocorrelación es determinar si hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre una curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados y una o más curva(s) de autocorrelación predeterminada(s) almacenadas en una base de datos y/o en memoria. Cuando la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 es diferente o sustancialmente diferente con respecto a la curva de autocorrelación referente a los datos de una autocorrelación no perturbada normalizada, esto puede considerarse como un evento de no lluvia y puede 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 autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada con humedad como lluvia, entonces puede indicarse que está lloviendo, pueden accionarse los limpiaparabrisas o seguir moviendo los mismos.

A este respecto, la forma de la curva de autocorrelación puede usarse para reducir falsas acciones del limpiaparabrisas y/o falsas detecciones. Concretamente, la autocorrelación normalizada de una señal no perturbada se usa como referencia. Entonces, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de Fig. 4-5 se compara a la referencia para identificar la huella digital más cercana en determinados casos de ejemplo. Generalmente, cuanta más agua hay presente en la zona de detección, mayor es la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada. De esta manera, pueden compararse instantáneas de correlación con instantáneas de referencia de eventos bien conocidos como la presencia de lluvia, suciedad, ninguna perturbación, hielo, etcétera. En general, las instantáneas de correlación pueden estar normalizadas, aunque la invención no se limita a ello. Los instantáneas de correlación preferentemente trazan valores r versus cantidades de tiempo a lo largo de un intervalo de tiempo discreto

Cuando hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada con una sustancia no húmeda como la suciedad, entonces esto puede considerarse como un evento de no lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, pueden detenerse los limpiaparabrisas y/o pueden no accionarse los mismos (véase la etapa S808).

De esta manera, podrá apreciarse que la forma de la curva de autocorrelación que resulta de la salida de datos del circuito de Fig. 4-5 (desde los condensadores C1-C4, o a través de C_{int}) puede usarse para reducir falsas acciones del limpiaparabrisas como una tercera condición. Por ejemplo, una curva de autocorrelación normalizada de una señal no perturbada puede usarse como referencia. Entonces, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de Fig. 4-5 se compara a la referencia para identificar la huella digital más cercana. Generalmente, cuanta más agua hay presente en la zona de detección, mayor es la diferencia entre la señal de

referencia y la señal observada/detectada. De esta manera, pueden compararse instantáneas de correlación con instantáneas de referencia de eventos bien conocidos. En general, las instantáneas de correlación pueden estar normalizadas. Los instantáneas de correlación preferentemente trazan valores r versus cantidades de tiempo a lo largo de un intervalo de tiempo discreto.

Un potencial problema con los sensores de lluvia capacitivos es que los cambios rápidos de temperatura (p. ej., debido a la frita negra de absorción de radiación usada para cosméticamente esconder el patrón de sensor) cambian la “constante” dieléctrica (permitividad) del vidrio. Entonces esto se registra como un cambio de capacitancia y puede interpretarse erróneamente como una señal de lluvia. Sin embargo, una función de autocorrelación normalizada se mantiene inalterable, o sustancialmente inalterable, para diferentes temperaturas a pesar de que puede haber diferencias para las funciones de autocorrelación no normalizadas para las diferentes temperaturas. De esta manera, el sistema sensor no se ve afectado o no se ve sustancialmente afectado por los cambios de temperatura.

Además, la acumulación extremadamente lenta de agua como la bruma ultrafina puede acumularse lentamente hasta un nivel que active unos sensores basados en convertidores de frecuencia de Nyquist. En el tiempo de observación que concierne al ojo humano (p. ej., 30-60 Hz), la función de autocorrelación es capaz de distinguir entre la acumulación ultralenta de rocío o condensación y la bruma y lluvia normales.

La Figs. 11A-11D proporcionan instantáneas de correlación obtenidas experimentalmente de muestra. Estas instantáneas de correlación, o huellas digitales de un evento, pueden almacenarse como huellas digitales o curvas de correlación de referencia. Las instantáneas de correlación observada/detectada (p. ej., curvas de autocorrelación) pueden compararse a estas huellas digitales de referencia para determinar el tipo de evento 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 bruma 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 con un voltaje puesto a tierra. Podrá apreciarse que estas huellas digitales se proporcionan como ejemplos y reflejan datos obtenidos experimentalmente. Los eventos reales pueden diferir en diversas características. De esta manera, cuando se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación de no humedad predeterminada como la de la Fig. 11C o Fig. 11D, entonces esto puede considerarse como un evento de no lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, pueden detenerse los limpiaparabrisas y/o pueden no accionarse los mismos (véase la etapa S808). Sin embargo, cuando se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 y una curva de autocorrelación relacionada con humedad predeterminada como la de la Fig. 11A o Fig. 11B, entonces esto puede considerarse como un evento de lluvia y puede indicarse que está lloviendo, pueden accionarse los limpiaparabrisas y/o pueden seguir moviéndose los mismos. Además de las curvas de autocorrelación predeterminadas de las Figs. 11A-11D, pueden almacenarse y/o compararse otras huellas digitales de referencia con 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 mostradas en la parte inferior del cuadro de S804. Concretamente, se determina en S806 si se cumple cada una de las siguientes: a) los datos autocorrelados no tienen datos negativos; b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociada con dichos datos autocorrelados es mayor que un valor predeterminado como uno; c) la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelados del circuito de Fig. 4-5 es diferente a una curva de autocorrelación predeterminada asociada con datos de autocorrelación no perturbados. Si no se cumplen todas las condiciones, esto es una indicación de un evento de no lluvia y el proceso se mueve a la etapa S808 en la que se detiene(n) el(los) limpiaparabrisas de vehículo (si se está(n) moviendo) o se mantienen desactivados, y se inicia nuevamente la inicialización de S800. Sin embargo, si se cumplen todos estos requisitos en S806, entonces el proceso se mueve a S810 y se activan los limpiaparabrisas de vehículo (p. ej., los limpiaparabrisas de parabrisas) a su velocidad más baja.

La Fig. 13 ilustra un ejemplo de autocorrelación. En la Fig. 13, los valores del (o correspondientes al) condensador sensor C1 son, en unos 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 correspondientes 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 produce una entrada en el gráfico en el instante 0 para un valor de autocorrelación de 2. Hay que notar que el gráfico de autocorrelación en la parte inferior de la Fig. 13 es similar, aunque 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 con relación a la Fig. 13, se lleva a cabo una autocorrelación usando los valores de capacitancia correspondientes a C1 para el siguiente punto en el tiempo para obtener el valor de autocorrelación ac1. Este siguiente valor de autocorrelación (ac1) se obtiene desplazando la secuencia de valores de la fila inferior para C1 con respecto a la fila superior como se muestra en la Fig. 13, y multiplicando a continuación los valores en las filas que forman una misma línea y sumando los resultados. La Fig. 13 ilustra que ac1 es igual a 1 para el tiempo 1. De

esta manera, este valor de autocorrelación de 1 para el tiempo 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 para fines de ejemplo y entendimiento. El, para el siguiente valor (o periodo) de tiempo, se vuelve a correr la fila inferior a otro segmento más arriba con respecto a la fila superior y se repite el proceso, y así sucesivamente. Puede verse que los trazados de autocorrelación en la Fig. 10 pueden obtenerse de manera similar. En la Fig. 13, podrá apreciarse que puede llevarse a cabo una correlación cruzada sustituyendo los valores correspondientes a C1 en la fila inferior con valores de o correspondientes a otro condensador como C2 (o C3 o C4).

Examinar una autocorrelación y/o correlación cruzada también puede ayudar a distinguir entre, por ejemplo, una ligera lluvia o lluvia fuerte. Por ejemplo, si solamente la autocorrelación en el tiempo es alta (y la correlación cruzada es baja), entonces probablemente únicamente hay una lluvia ligera. La Fig. 12A es una matriz de correlación de ejemplo que muestra lluvia ligera. A notar en la Fig. 12A es que las correlaciones entre C1 y C1, C2, y C2, C3 y C3, y C4 y C4 (estas son autocorrelaciones) a lo largo de un periodo de tiempo dado son altas, mientras que el resto de correlaciones (las correlaciones cruzadas) son bajas. En base a hipótesis y 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 de los condensadores son altas, probablemente haya lluvia fuerte. La Fig. 12B es una matriz de correlación de ejemplo que muestra lluvia fuerte. En la Fig. 12B, no solamente son las autocorrelaciones de los condensadores individuales altas (es decir, las autocorrelaciones son las correlaciones entre Cl y C1, C2 y C2, C3 y C3, y C4 y C4), las autocorrelaciones entre los diferentes condensadores también son generalmente altas (las correlaciones en la Fig. 12B que van en diagonal desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha son las autocorrelaciones, y el resto son las correlaciones cruzadas). En base a hipótesis y a datos experimentales confirmados, una matriz de este tipo indicaría una lluvia fuerte. El grado de correlación cruzada puede cuantificarse para determinar la velocidad relativa de la lluvia. Estos datos pueden, a su vez, usarse para activar diversas velocidades de limpiaparabrisas, según resulte apropiado para la velocidad de la lluvia. Por ejemplo, cuantas más correlaciones cruzadas altas hay, mayor la velocidad de limpiaparabrisas a usar.

Más sistemáticamente, en la etapa S812, se calculan unas correlaciones cruzadas (correlaciones entre datos correspondientes a diferentes condensadores), y se usan los dos lados de la curva de correlación cruzada para determinar un nivel de simetría L. Si el nivel de simetría es inferior a un umbral predefinido t_{min}, la etapa S814 dirige el sistema hacia la etapa S816 en la que los limpiaparabrisas se activan a la velocidad más baja, y el sistema es devuelto a la etapa de inicialización S800. Si el nivel de simetría es mayor que t_{min} pero menor que un valor arbitrario t, la etapa S818 dirige el sistema a la etapa S820 en la que los limpiaparabrisas se activan a una velocidad superior o media, y el sistema es devuelto a la etapa de inicialización S800. Podrá apreciarse que puede especificarse una pluralidad de valores arbitrarios t_i, y un nivel de simetría que se encuentre entre t_i y t_{i+1} activará una velocidad de limpiaparabrisas correspondiente adecuada y a continuación devolver el sistema a la etapa de inicialización S800. Finalmente, en la etapa S822, si el nivel de simetría está por encima de un nivel predefinido t_{max}, la etapa S822 dirige el sistema hacia la etapa S824 en la que los limpiaparabrisas son activados a una velocidad más alta, y el sistema es devuelto a la etapa de inicialización S800. De esta manera, las correlaciones de las salidas de datos del circuito de Fig. 4-5 pueden usarse para ajustar la velocidad de limpiaparabrisas. Cuantas más autocorrelaciones altas haya, mayor la velocidad de limpiaparabrisas a usar debido a la probabilidad de una lluvia más fuerte.

Las Figs. 12-24 ilustran unos ejemplos de correlaciones cruzadas llevadas a cabo Fig. 14 muestra los datos de las correlaciones cruzadas, mientras que las Figs. 15-24 ilustran los gráficos de correlación cruzada de determinados de los datos de la Fig. 14 en los que.se detecta lluvia. En las Figs. 15-24, cada periodo en el eje horizontal es un microsegundo (1 µs) para fines 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 tiempo = 0 (periodo 0), no hay un desplazamiento en el tiempo de los valores de los diferentes condensadores que están siendo correlacionados. La Fig. 14 ilustra que cuando hay lluvia presente (véanse las señales S1-S5 y W1-W5), las señales delta correspondientes a la autocorrelación eran altas. Las Figs. 15-24 son trazados de correlaciones cruzadas correspondientes a estas señales. Ayuda buscar simetrías entre los trazados de la parte izquierda y de la parte derecha de cada una de las Figs. 15-24 (un lado de cero es comparado con otro lado de cero). Por lo general, si hay una simetría entorno al eje del periodo cero, no hay mucha correlación cruzada lo que indica que la lluvia detectada no es muy fuerte. Sin embargo, si hay una 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, nótense la asimetría en las Fig. 18, 19 y 23 alrededor del eje de periodo cero debida a los picos o valles en uno o ambos lados. Más correlación cruzada indica que las gotas de lluvia se están moviendo desde una zona de detección de un condensador a una zona de detección de otro condensador. A este respecto, cada interacción de una gota de lluvia y la superficie de un parabrisas tiene su propia firma de correlación en el dominio temporal. Una alta correlación cruzada indica que la misma gota está siendo detectada por diferentes condensadores, en diferentes puntos en el tiempo (p. ej., véase también la Fig. 9). Hay que notar que la “t” minúscula en la Fig. 9 representa lo mismo que el eje de periodos en las Figs. 15-24.

De esta manera, podrá apreciarse que el sensor de lluvia puede detectar lluvia en la ventana de vehículo sin la necesidad de un condensador de referencia. Puede usarse la correlación espacio-temporal. Todos los condensadores, o una pluralidad de condensadores, en el sistema sensor pueden tener una forma idéntica o

sustancialmente idéntica en determinadas formas de realización de ejemplo. Para fines de ejemplo, en un punto dado en el tiempo (p. ej., tl), el sistema puede comparar valores correspondientes a C1 con valores correspondientes a C2, y/o valores correspondientes a otro condensador. Para este tiempo t1 el sistema también puede comparar valores correspondientes a C1 consigo mismo (autocorrelación), y también puede comparar la autocorrelación para C1 con la autocorrelación para C2 y/o para otro(s) condensador(es) sensor(es).

Mientras la invención se ha descrito en conexión con lo que se considera siendo actualmente la realización más practica y preferida, se entiende que la invención no se debe limitar a la realización divulgada, sino al contrario, se pretende cubrir varias modificaciones que se incluyen dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor de lluvia que comprende:

un circuito sensor que comprende por lo menos un primer condensador sensor (C1) adaptado para soportarse por una ventana de vehículo, siendo el primer condensador sensor (C1) sensible a la humedad en una superficie externa de dicha;
teniendo el primer condensador sensor (C1) unos electrodos de condensador separados primero y segundo (7, 8) que son sustancialmente coplanarios; y **caracterizado porque**
por lo menos parte del primer condensador sensor (C1) tiene una geometría fractal, y en el que los electrodos de condensador primero y segundo (7, 8) tienen cada uno una forma sinuosa y son sustancialmente paralelos uno al otro.

2. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que la geometría fractal se selecciona de entre el grupo que consiste en un fractal de Hilbert y un fractal de Cantor.

3. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que la geometría fractal es tal que el primer condensador sensor (C1) funciona como su propia pantalla de Faraday o cuasi-pantalla de Faraday para reducir los efectos adversos de las interferencias EMI.

4. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el primer condensador sensor (C1) comprende una geometría fractal de manera que el flujo lateral causado por la geometría fractal permite al condensador ser sensible a la humedad en la superficie externa de la ventana que no se encuentra situada directamente sobre el primer condensador sensor.

5. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que la ventana es una de entre el parabrisas de vehículo, la luneta trasera de vehículo, y/o el techo solar de vehículo.

6. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el sensor de lluvia comprende por lo menos unos condensadores sensores primero y segundo (C1, C2) de aproximadamente el mismo tamaño que son sensibles a la humedad en la superficie externa de la ventana, y en el que cada uno de los condensadores sensores primero y segundo (C1, C2) comprende una geometría fractal.

7. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el sensor de lluvia incluye una pluralidad de condensadores sensores (C1, C2, C3, C4) que tienen una geometría fractal, en el que la pluralidad de condensadores sensores se disponen en un sistema alrededor de una placa de contacto situada centralmente.

8. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que la longitud global del primer condensador sensor (C1) es de aproximadamente 25 a 200 mm, más preferentemente de aproximadamente 30 a 90 mm.

9. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente unos medios para autocorrelar datos correspondientes al y/o del condensador sensor (C1) para obtener datos autocorrelados, y unos medios para determinar en base a por lo menos dichos datos autocorrelados si hay humedad en la superficie externa de la ventana.

10. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que los electrodos de condensador separados primero y segundo (7, 8) son eléctricamente conductivos y son soportados por una lámina de vidrio interior (1) de un parabrisas de vehículo, en el que el parabrisas de vehículo comprende tanto la lámina de vidrio interior (1) y una lámina de vidrio exterior (2) y a través del cual preferiblemente los electrodos de condensador separados primero y segundo (7, 8) son situados sobre la superficie de la lámina de vidrio interior (1) la más cercana a un interior del vehículo.

11. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que una capa opaca (12) es provista sobre la ventana con el fin de esconder el condensador sensor primero (C1) de una vista de un pasajero dentro del vehículo.

12. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el por lo menos un condensador sensor es parte de un circuito sensor, comprendiendo el circuito sensor adicionalmente por lo menos un condensador imitador que imita por lo menos cargar y/o descargar el primer condensador sensor, en el que un pulso de escritura hace que se cargue por lo menos el primer condensador sensor y un pulso de borrado hace que cada primer condensador sensor y condensador imitador se descarguen sustancialmente; en el que presencia de lluvia sobre la superficie externa de la ventana en un campo sensor del primer condensador sensor hace que un voltaje en un electrodo de salida del condensador imitador fluctúe de una manera proporcional a la fluctuación del voltaje en un electrodo de salida del primer condensador sensor, incluso a pesar de que no haya lluvia presente en un campo del condensador imitador; y en el que se detecta lluvia 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 una finalización del pulso de escritura y un comienzo del pulso de borrado.

13. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, en el que el primer electrodo condensador (7) del condensador sensor recibe una señal de carga y el segundo electrodo condensador (8) del condensador sensor es separado del primer electrodo condensador (7); y en el que el segundo electrodo condensador (8) es flotante de manera que el condensador sensor esté aislado de la tierra.

14. El sensor de lluvia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente por lo menos un motor de correlación que (a) autocorrela información del y/o correspondiente al condensador sensor para determinar si hay o no lluvia en la superficie exterior de la ventana, y/o (b) lleva a cabo correlaciones cruzadas de información del y/o correspondiente al condensador sensor para determinar a qué velocidad operar por lo menos un limpiaparabrisas de un vehículo y/o una cantidad de lluvia en la superficie externa de la ventana.

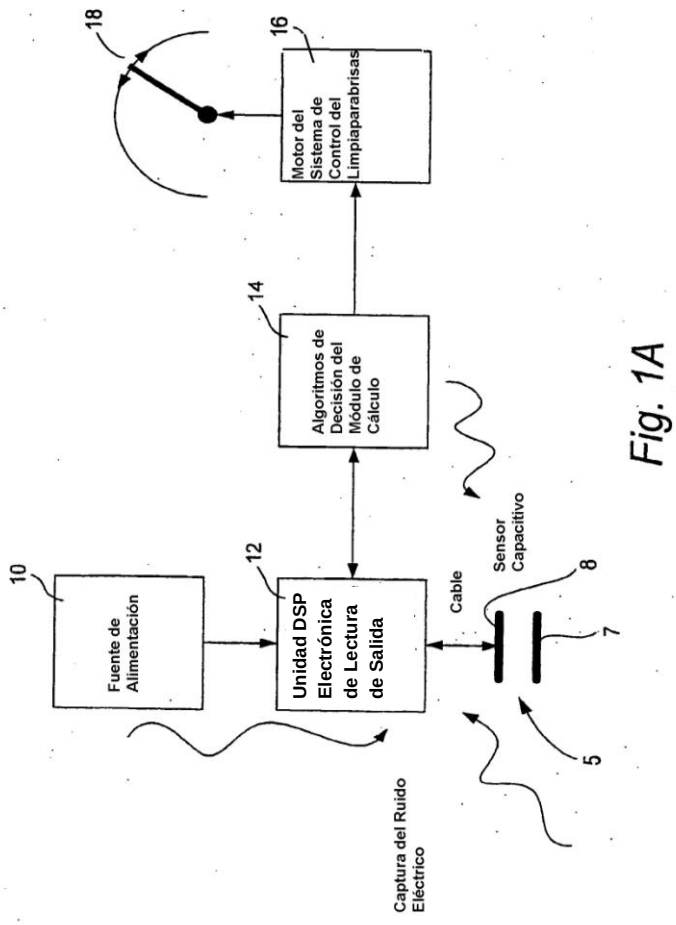
18
16
Motor del Sistema de Control del Limpiaparabrisas
14
Algoritmos de Decisión del Módulo de Cálculo
10
Fuente de Alimentación
12
Unidad DSP Electrónica de Lectura de Salida
Cable
Sensor Capacitivo
8
7
5
Captura del Ruido Eléctrico

Fig. 1A

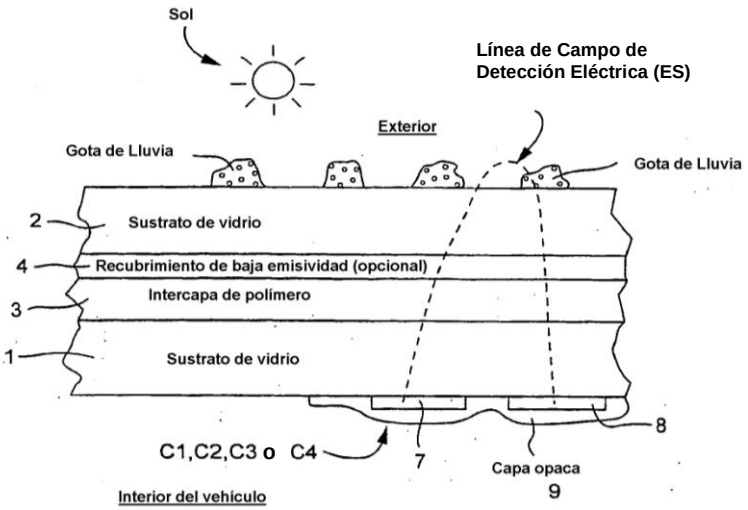
Sol
Línea de Campo de Detección Eléctrica (ES)
Exterior
Gota de Lluvia
Gota de Lluvia
2
Sustrato de vidrio
4
Recubrimiento de baja emisividad (opcional)
Intercapa de polímero
3
1
Sustrato de vidrio
8
C1,C2,C3 o C4
7
Capa opaca
9
Interior del vehículo

Fig. 1B

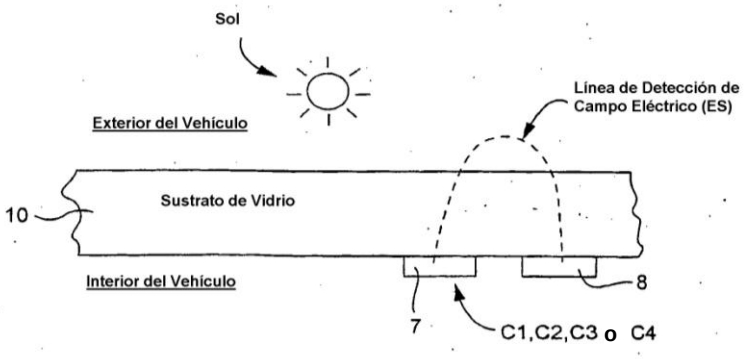
Sol
Línea de Detección de Campo Eléctrico (ES)
Exterior del Vehículo
Sustrato de Vidrio
10
Interior del Vehículo
8
7
C1,C2,C3 o C4

Fig. 1C

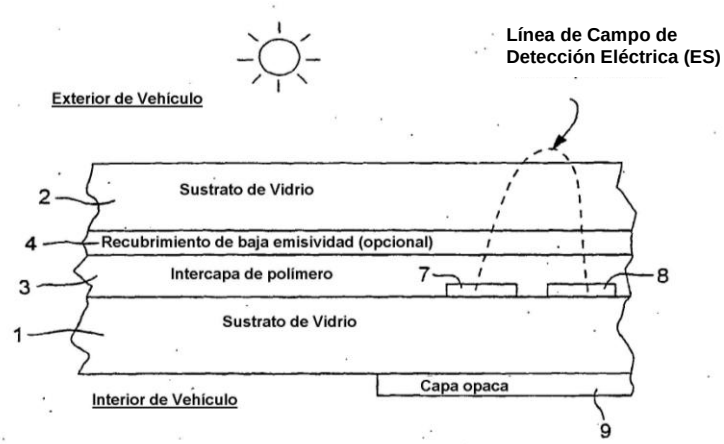
Línea de Campo de Detección Eléctrica (ES)
Exterior de Vehículo
Sustrato de Vidrio
Recubrimiento de baja emisividad (opcional)
Intercapa de polímero
Sustrato de Vidrio
Capa opaca
Interior de Vehículo
2
4
3
1
7
8
9

Fig. 1D

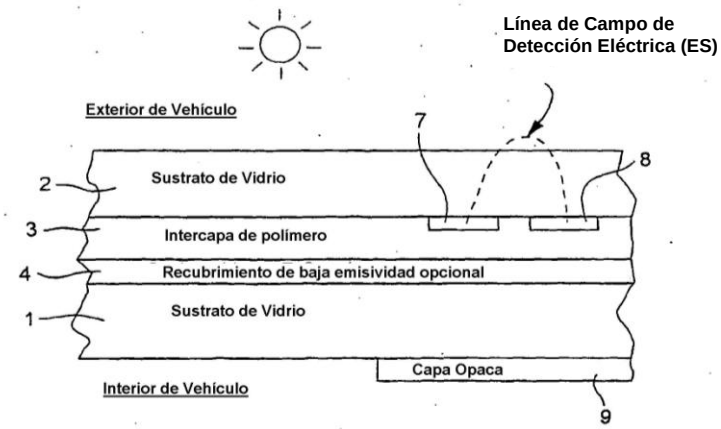
Línea de Campo de Detección Eléctrica (ES)
Exterior de Vehículo
Sustrato de Vidrio
Intercapa de polímero
Recubrimiento de baja emisividad opcional
Sustrato de Vidrio
Capa Opaca
Interior de Vehículo
2
3
4
1
7
8
9

Fig. 1E

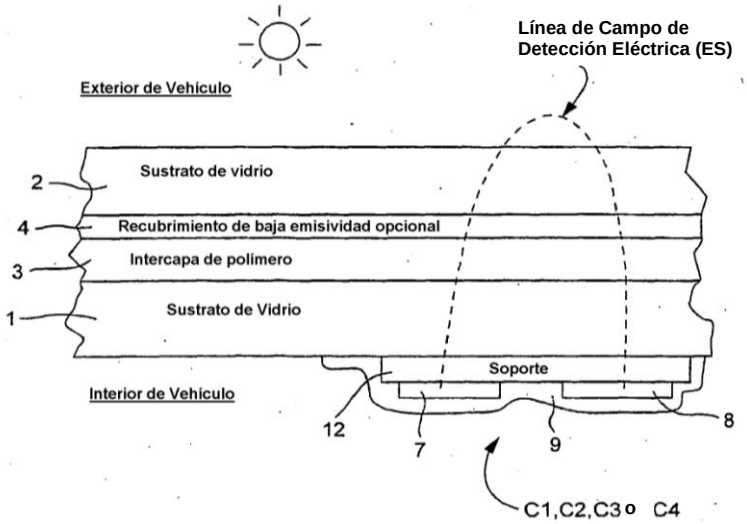
Línea de Campo de Detección Eléctrica (ES)
Exterior de Vehiculo
Sustrato de vidrio
2
Recubrimiento de baja emisividad opcional
4
Intercapa de polimero
3
Sustrato de Vidrio
1
Soporte
Interior de Vehiculo
12
7
9
8
C1,C2,C3 o C4

Fig. 1F

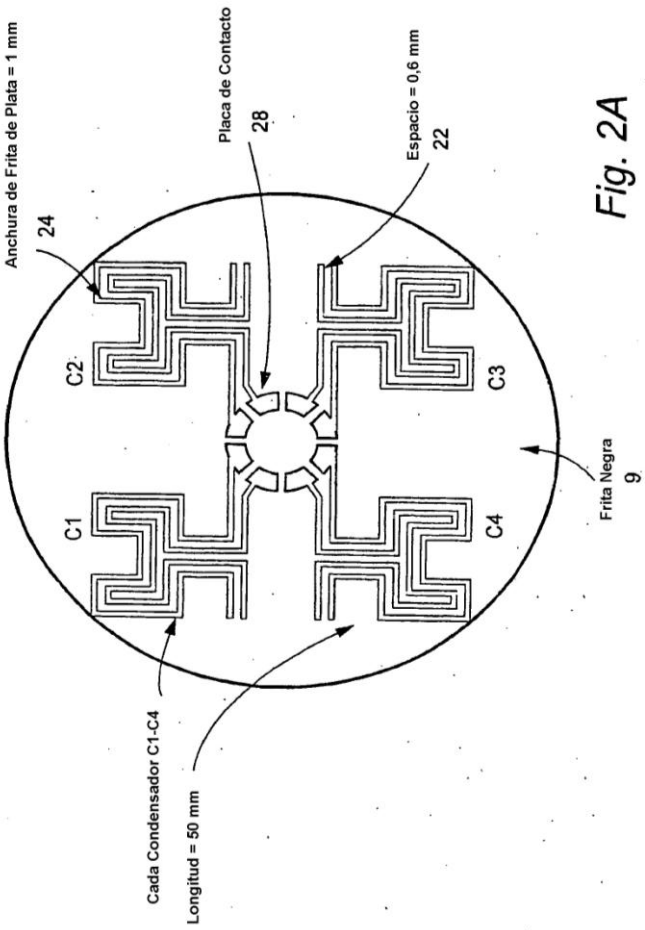
Anchura de Frita de Plata = 1 mm
24
Placa de Contacto
28
Espacio = 0,6 mm
22
C2
C3
C1
C4
Frita Negra
9
Cada Condensador C1-C4
Longitud = 50 mm

Fig. 2A

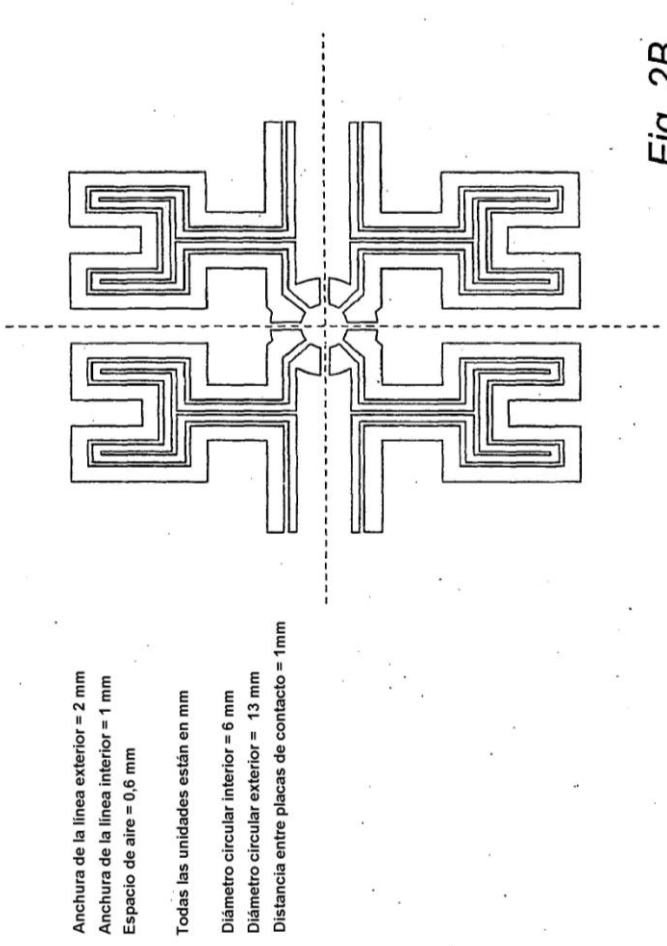
Anchura de la línea exterior = 2 mm
Anchura de la línea interior = 1 mm
Espacio de aire = 0,6 mm
Todas las unidades están en mm
Diámetro circular interior = 6 mm
Diámetro circular exterior = 13 mm
Distancia entre placas de contacto = 1mm

Fig. 2B

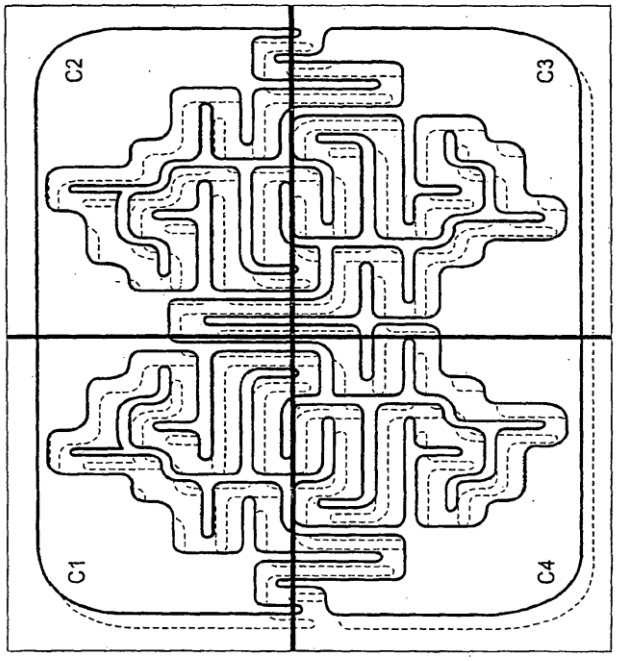

Fig. 3

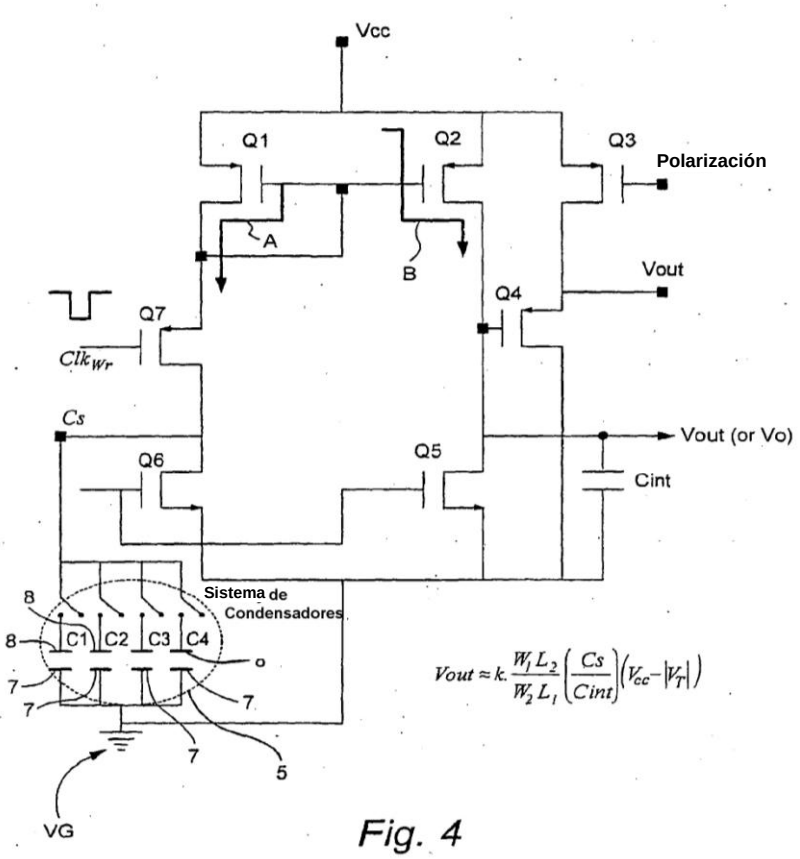
Vcc
Q1
Q2
Q3
Polarización
A
B
Vout
Q4
Q7
Clk_Wr
Cs
Vout (or Vo)
Q6
Q5
Cint
Sistema de Condensadores
8
C1
C2
C3
C4
o
7
5
VG
Vout ≈ k. (W1 L2 / W2 L1) (Cs / Cint) (Vcc − |VT|)

Fig. 4

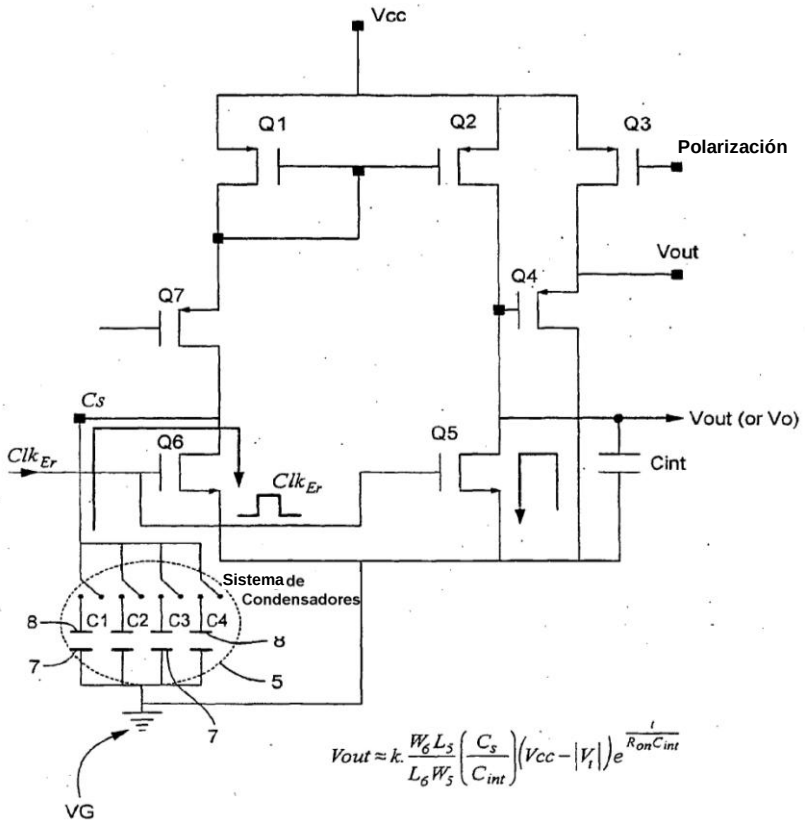
Vcc
Q1
Q2
Q3
Polarización
Vout
Q4
Q7
Cs
Vout (or Vo)
Q5
Q6
Clk Er
Clk Er
Cint
Sistema de Condensadores
8
C1
C2
C3
C4
8
7
5
7
VG
$Vout \approx k.\frac{W_6 L_5}{L_6 W_5}\left(\frac{C_s}{C_{int}}\right)\left(Vcc-|V_t|\right)e^{\frac{t}{R_{on}C_{int}}}$

Fig. 5

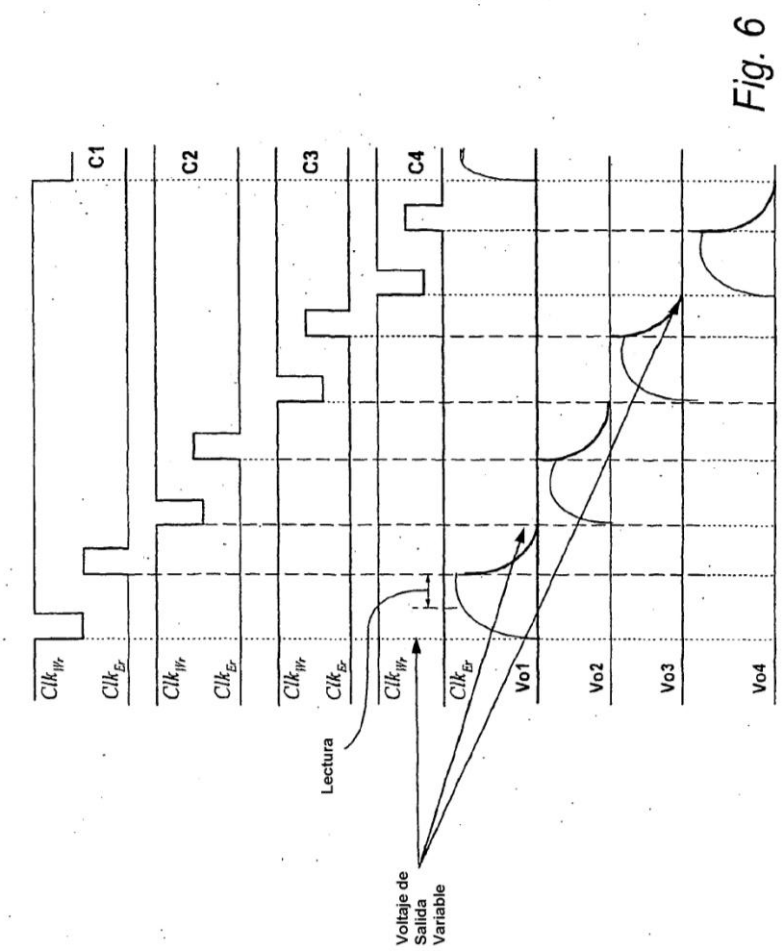
C1
C2
C3
C4
Clk_{Wr}
Clk_{Er}
Lectura
Voltaje de Salida Variable
Vo1
Vo2
Vo3
Vo4

Fig. 6

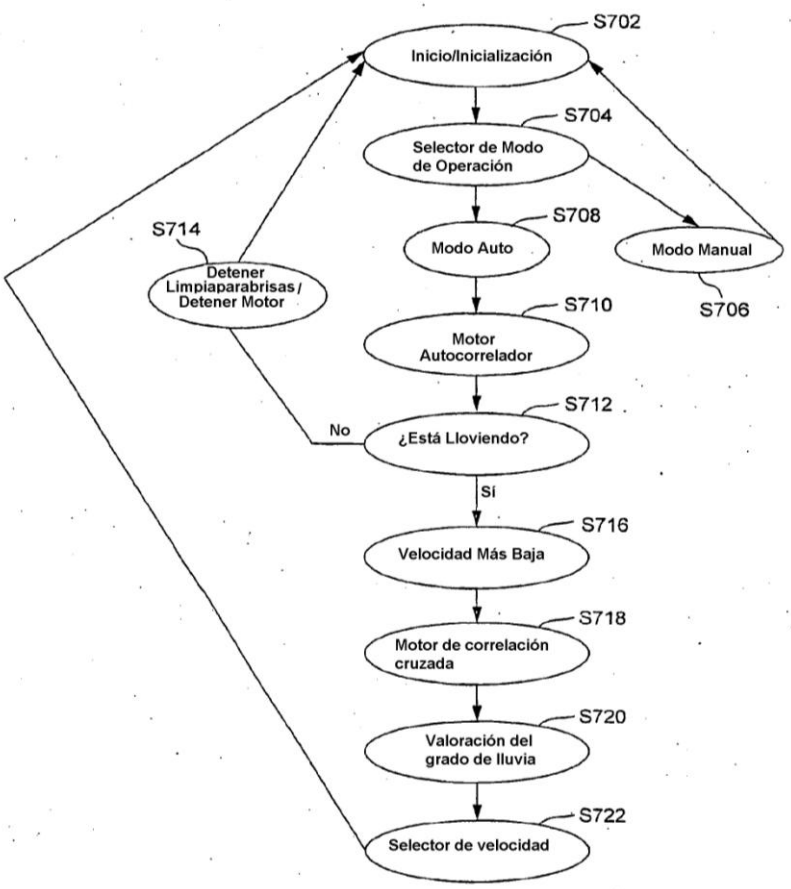
S702
Inicio/Inicialización
S704
Selector de Modo de Operación
S708
Modo Auto
Modo Manual
S706
S714
Detener Limpiaparabrisas / Detener Motor
S710
Motor Autocorrelador
S712
No
¿Está Lloviendo?
Sí
S716
Velocidad Más Baja
S718
Motor de correlación cruzada
S720
Valoración del grado de lluvia
S722
Selector de velocidad

Fig. 7

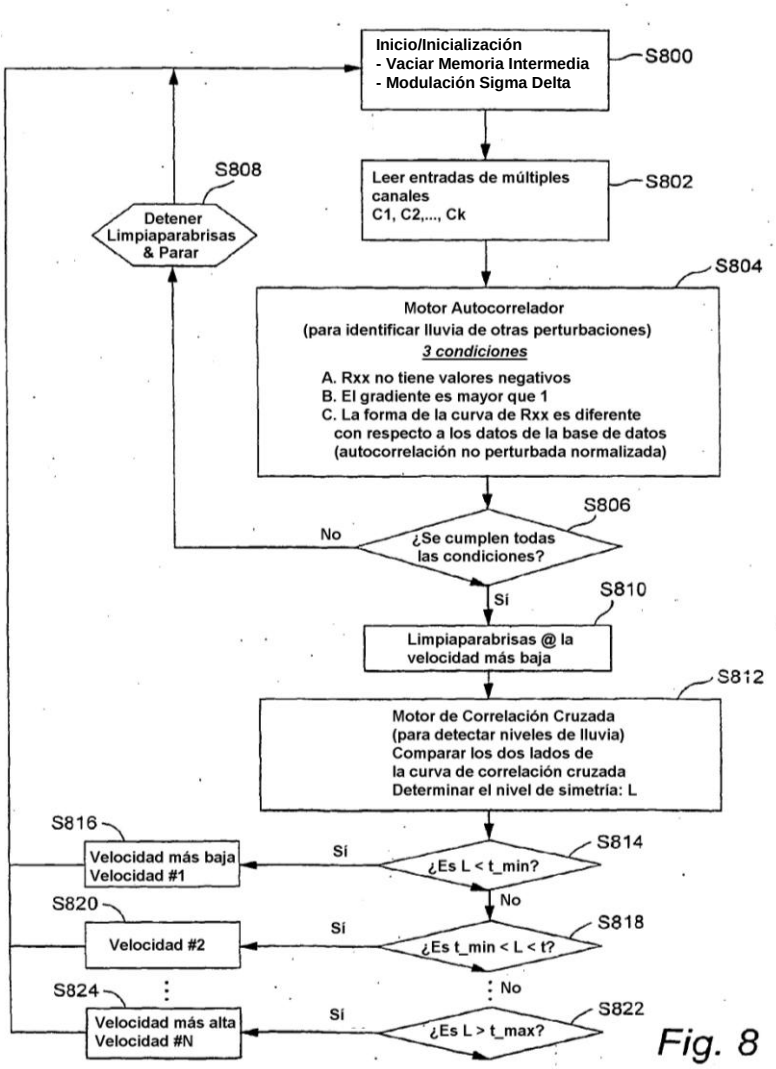
Inicio/Inicialización
- Vaciar Memoria Intermedia
- Modulación Sigma Delta
S800
Leer entradas de múltiples canales
C1, C2,..., Ck
S802
Motor Autocorrelador
(para identificar lluvia de otras perturbaciones)
3 condiciones
A. Rxx no tiene valores negativos
B. El gradiente es mayor que 1
C. La forma de la curva de Rxx es diferente con respecto a los datos de la base de datos (autocorrelación no perturbada normalizada)
S804
¿Se cumplen todas las condiciones?
S806
No
Sí
Detener Limpiaparabrisas & Parar
S808
Limpiaparabrisas @ la velocidad más baja
S810
Motor de Correlación Cruzada
(para detectar niveles de lluvia)
Comparar los dos lados de la curva de correlación cruzada
Determinar el nivel de simetría: L
S812
¿Es L < t_min?
S814
Velocidad más baja
Velocidad #1
S816
¿Es t_min < L < t?
S818
Velocidad #2
S820
¿Es L > t_max?
S822
Velocidad más alta
Velocidad #N
S824

Fig. 8

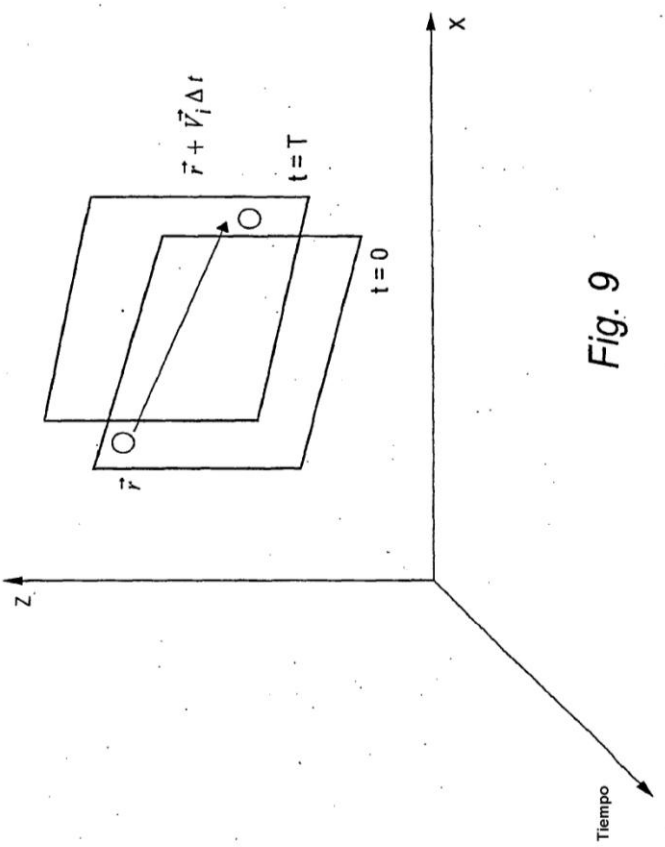

Fig. 9

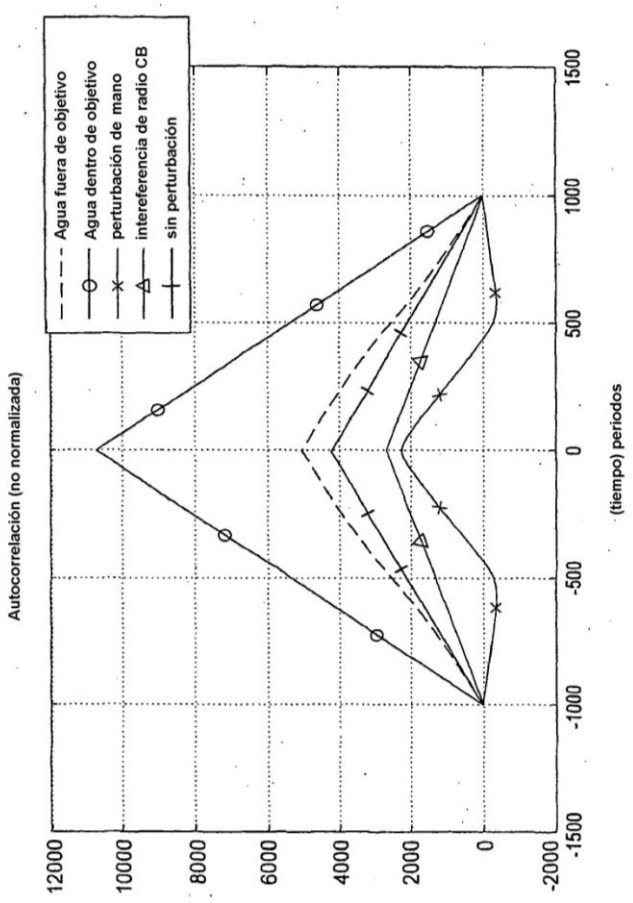
Agua fuera de objetivo
Agua dentro de objetivo
perturbación de mano
intereferencia de radio CB
sin perturbación
Autocorrelación (no normalizada)
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
-2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
(tiempo) periodos

Fig. 10

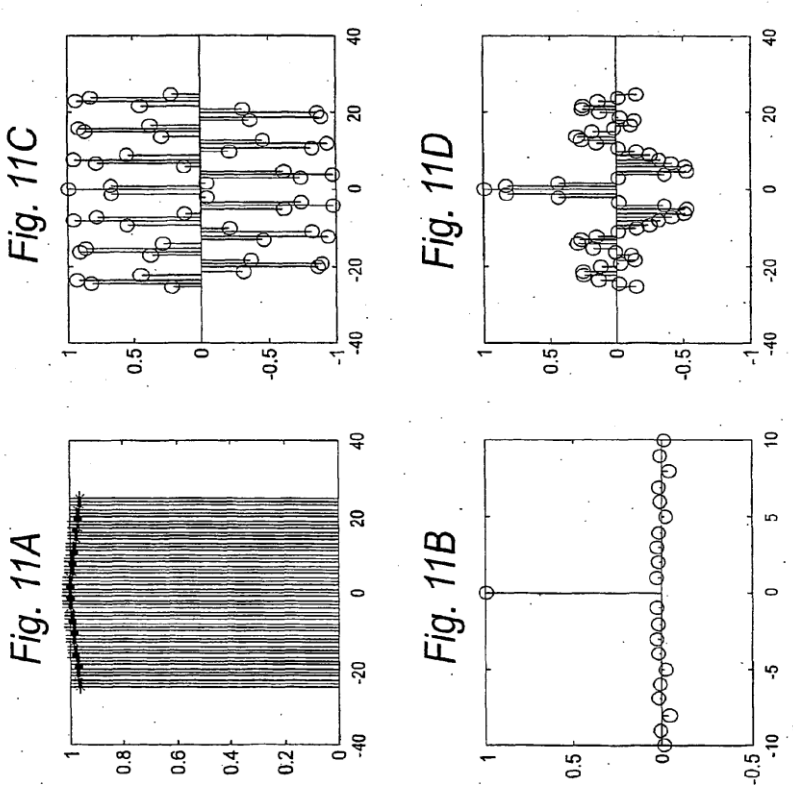
Fig. 11C
Fig. 11A
Fig. 11D
Fig. 11B

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

Fig. 12B

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

Fig. 12A

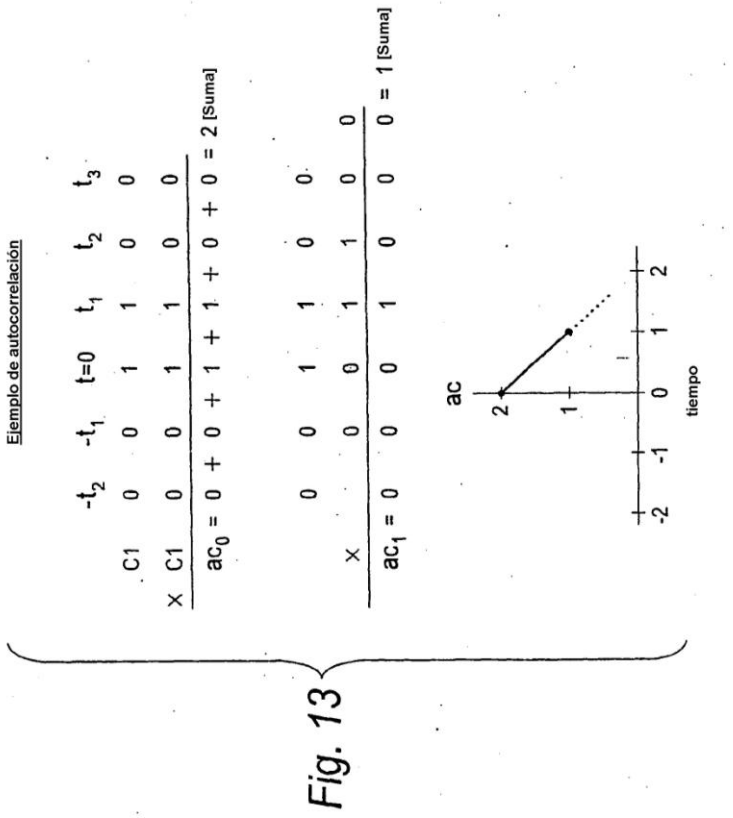
Ejemplo de autocorrelación
$-t_2$ $-t_1$ t=0 t_1 t_2 t_3
C1 0 0 1 1 0 0
× C1 0 0 1 1 0 0
ac_0 = 0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 = 2 [Suma]
0 0 1 1 0 0
× 0 0 1 1 0 0
ac_1 = 0 0 0 1 0 0 = 1 [Suma]
ac
2
1
-2 -1 0 1 2
tiempo

Fig. 13

	Señal	Delta
Sin perturbación @ 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 perturbación @ 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 fuera de objetivo @ 130 F	K1	6
	K2	24
	K3	4.8
	K4	4
	K5	2

Nota: **Delta = diferencia calculada entre el elemento de datos de autocorrelación normalizada de cada señal y la autocorrelación normalizada de una referencia (no perturbación)**

Fig. 14

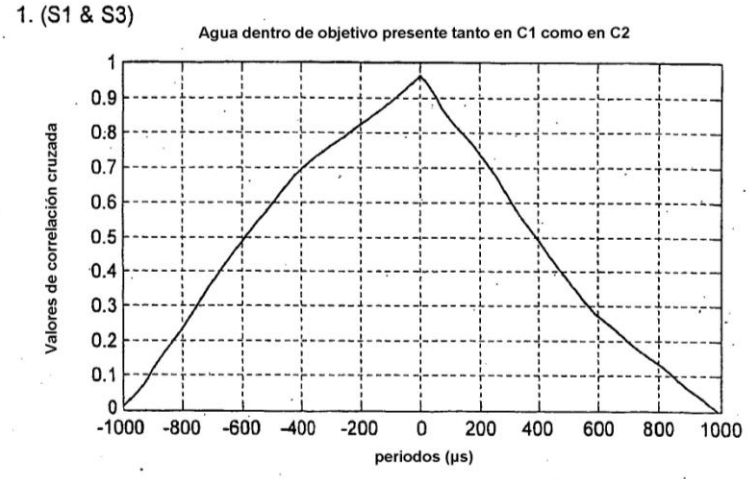
1. (S1 & S3)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 15

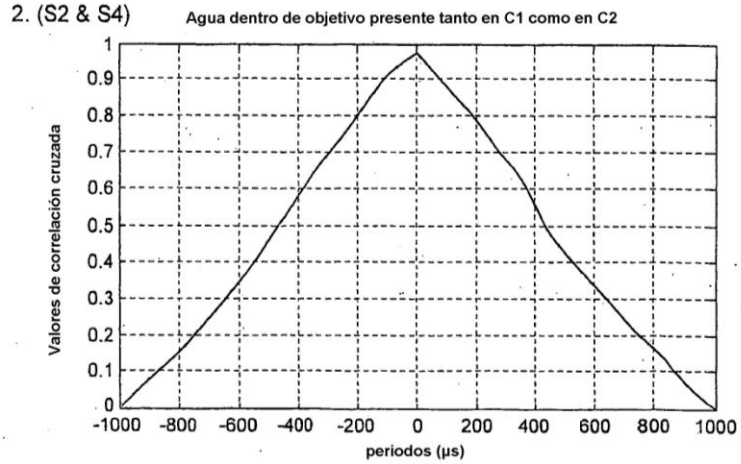
2. (S2 & S4)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 16

3. (S3 & S2)

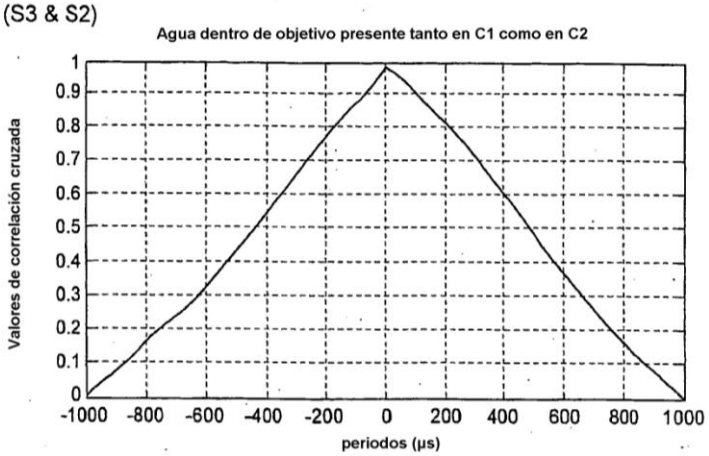

Fig. 17

4. (S1, S5)

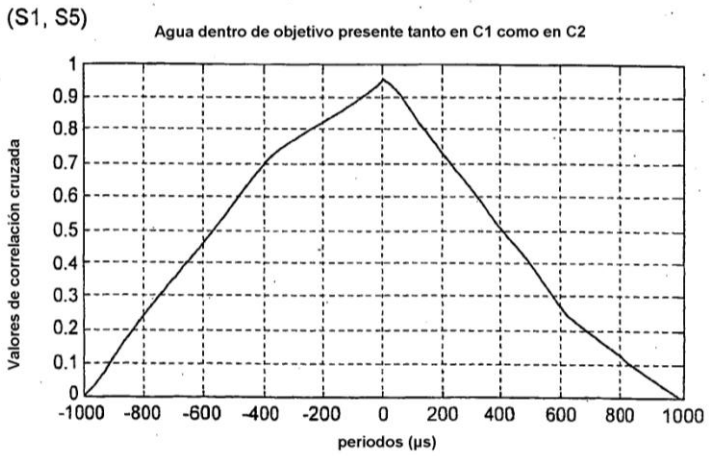

Fig. 18

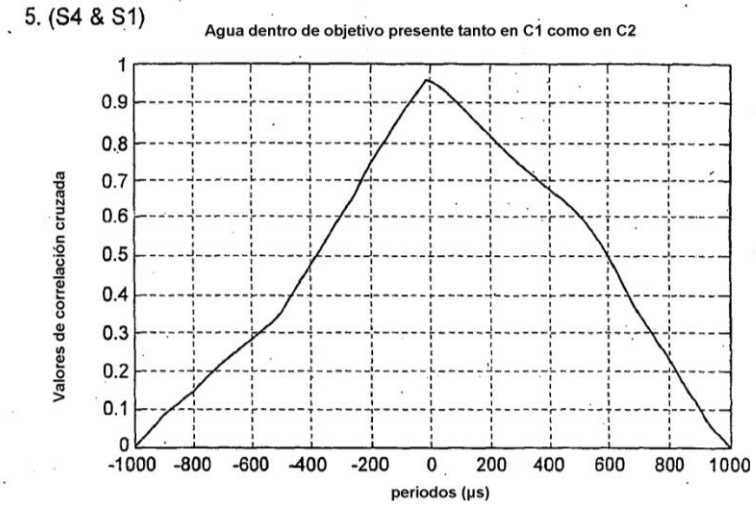
5. (S4 & S1)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 19

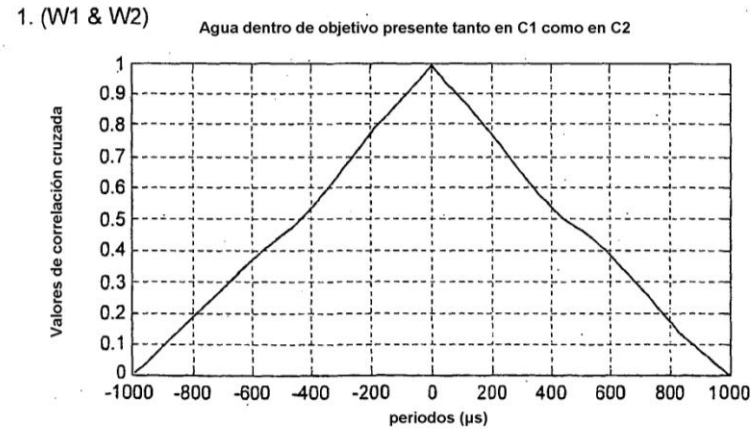
1. (W1 & W2)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 20

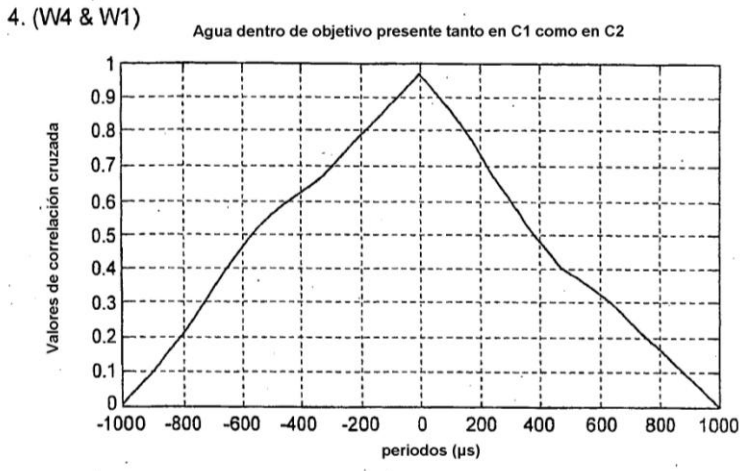
4. (W4 & W1)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 21

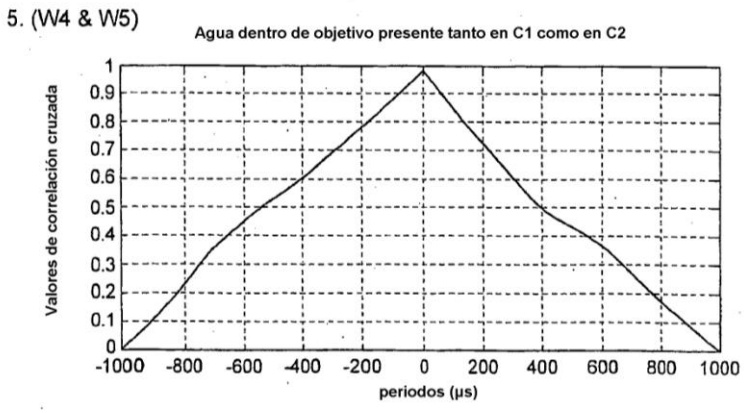
5. (W4 & W5)
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2
Valores de correlación cruzada
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-1000 -800 -600 -400 -200 0 200 400 600 800 1000
periodos (µs)

Fig. 22

2. (W3 & W4)

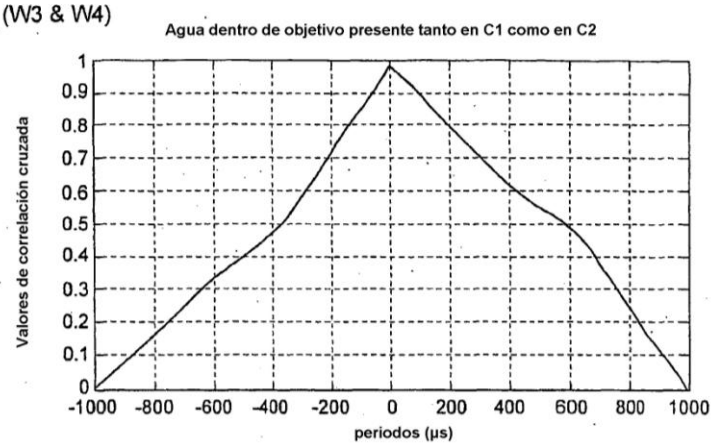

Fig. 23

3. (W2, W5)

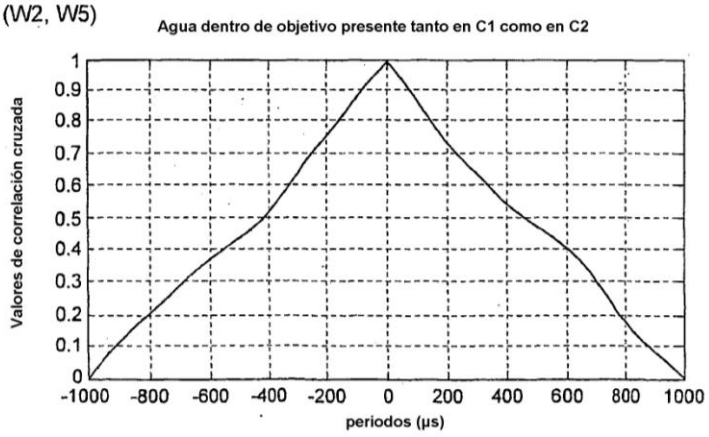

Fig. 24

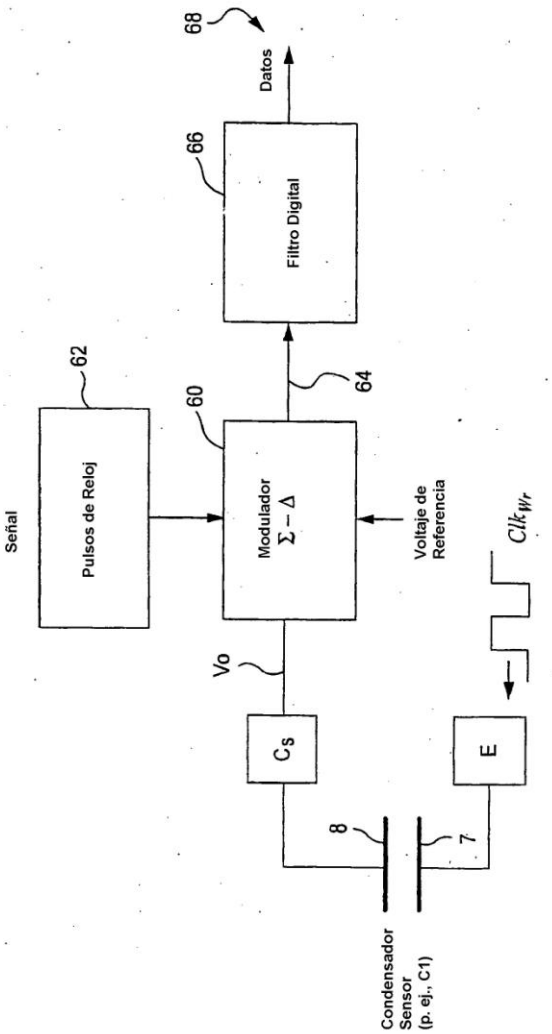
68
Datos
66
Filtro Digital
62
60
64
Señal
Pulsos de Reloj
Modulador
Σ – Δ
Voltaje de
Referencia
Vo
Clk_{Wr}
C_S
E
8
7
Condensador
Sensor
(p. ej., C1)

Fig. 25

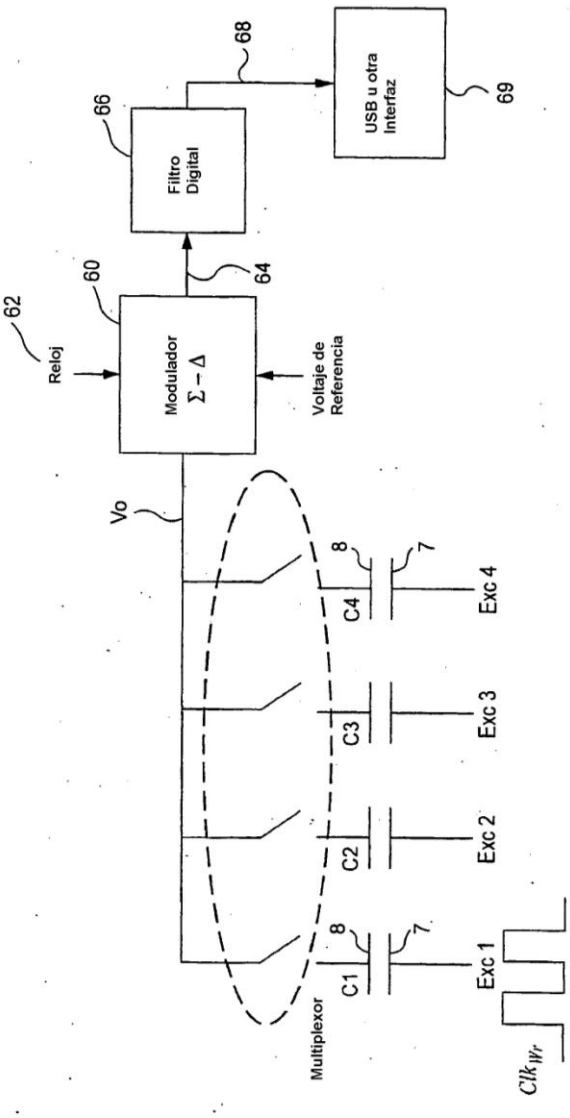
68
USB u otra Interfaz
69
66
Filtro Digital
64
60
62
Reloj
Modulador Σ – Δ
Voltaje de Referencia
Vo
8
7
C4
Exc 4
C3
Exc 3
C2
Exc 2
C1
Exc 1
Multiplexor
Clk Wr

Fig. 26

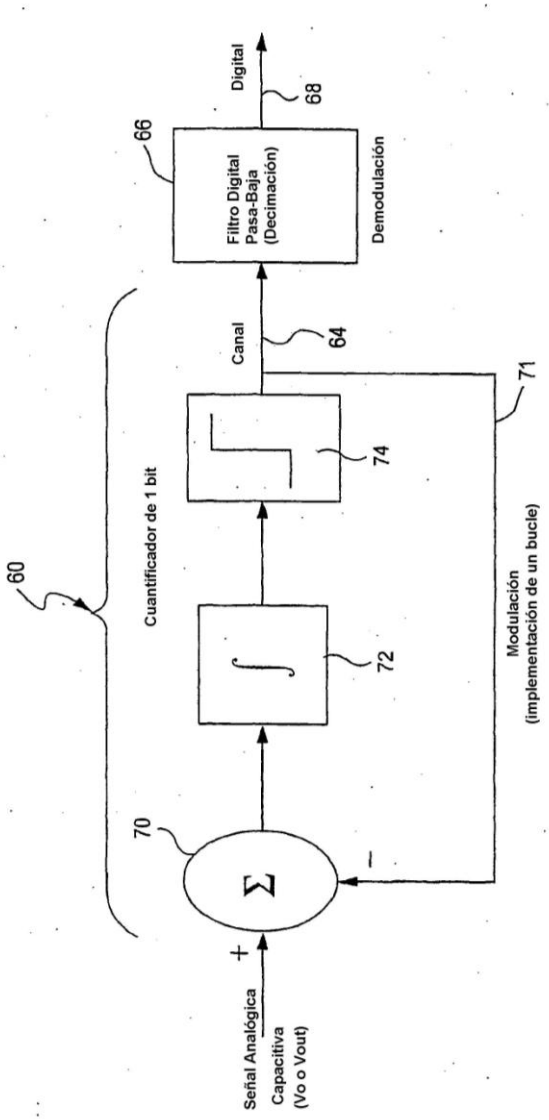
Digital
68
66
Filtro Digital Pasa-Baja (Decimación)
Demodulación
Canal
64
71
74
60
Cuantificador de 1 bit
72
Modulación (implementación de un bucle)
70
Σ
+
−
Señal Analógica Capacitiva (Vo o Vout)

Fig. 27

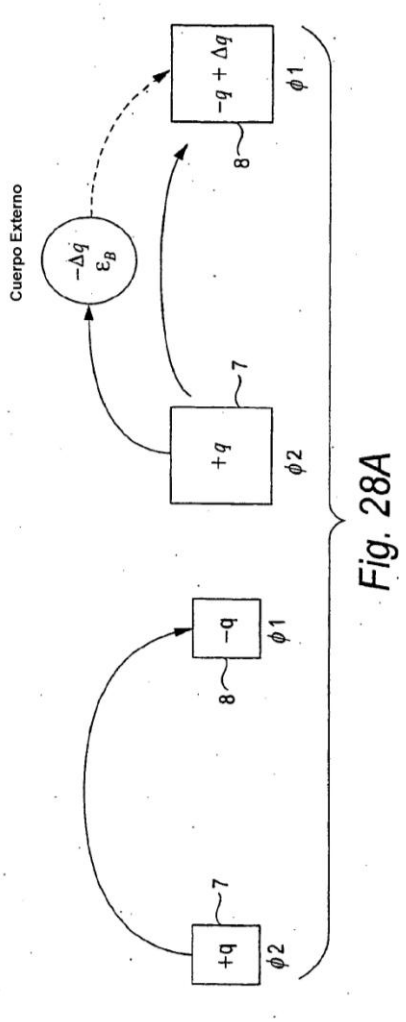

Fig. 28A

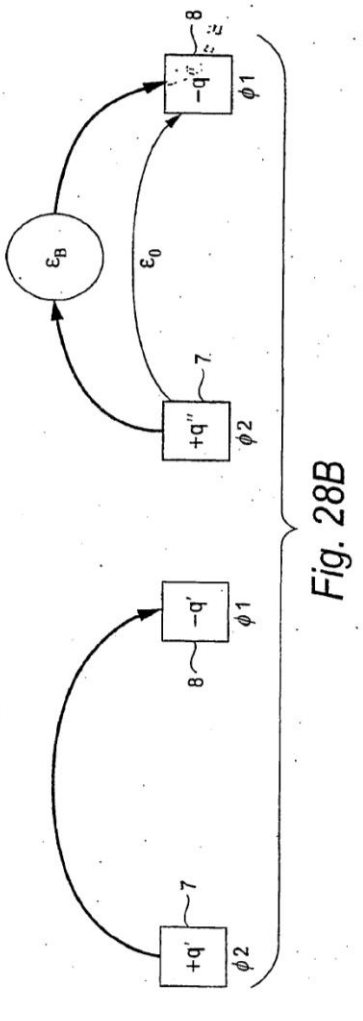

Fig. 28B