

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 110**

51 Int. Cl.:  
**B60S 1/08** (2006.01)  
**G01R 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06845184 .8**  
96 Fecha de presentación: **11.12.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1971509**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.09.2008**

54 Título: **SENSOR DE LLUVIA CON UN CIRCUITO INCLUSIVO CAPACITIVO.**

30 Prioridad:  
10.01.2006 US 757479 P  
27.01.2006 US 340847  
27.01.2006 US 340859  
27.01.2006 US 340869  
27.01.2006 US 340864

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.02.2012**

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

72 Inventor/es:  
**VEERASAMY, Vijayen, S.**

74 Agente: **Fàbrega Sabaté, Xavier**

ES 2 374 110 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sensor de lluvia con un circuito inclusivo capacitivo

**Campo de la invención**

5 Esta invención se refiere a un sistema y/o a un procedimiento para detectar la presencia de lluvia y/o las perturbaciones o la presencia de otros materiales sobre una(s) lámina(s) de vidrio tales como el parabrisas, la luna trasera o el techo solar de un vehículo. Los condensadores de detección están soportados por una ventana tal como el parabrisas de un vehículo y tienen un campo que se ve afectado por la humedad (por ejemplo, lluvia) sobre una superficie de la ventana. Un circuito de detección proporciona una señal analógica basada en y/o relacionada con las capacitancias de los condensadores de detección. La salida analógica del circuito puede convertirse en una  
10 señal digital y someterse a un procesamiento (por ejemplo, correlación) para determinar si hay humedad (por ejemplo, lluvia, rocío, niebla, etc.) o similar sobre la superficie de la ventana.

**Antecedentes y resumen de formas de realización de ejemplo de la invención**

15 La presencia de humedad (por ejemplo, lluvia o condensación) y/o de otros materiales o residuos sobre el parabrisas y/o la luna trasera de un vehículo puede crear situaciones de conducción peligrosas para los conductores, pasajeros y peatones si no se eliminan de manera inmediata. Las escobillas del limpiaparabrisas son una manera ampliamente conocida y habitual de eliminar tales materiales y de reducir los peligros de la conducción durante situaciones peligrosas. Los sensores de lluvia se han desarrollado para detectar la presencia de humedad (por ejemplo, lluvia u otra condensación) sobre el parabrisas de un vehículo y para encender y apagar los limpiaparabrisas, según sea necesario, cuando se detecta dicha humedad. Detectar automáticamente lluvia,  
20 aguanieve, niebla y similares, y tomar la acción apropiada, por ejemplo encender/apagar las escobillas del limpiaparabrisas a una velocidad apropiada, reduce potencialmente las distracciones del conductor, permitiendo al conductor concentrarse mejor en la carretera. Sin embargo, encender/apagar de manera inapropiada los limpiaparabrisas o no poder activar los limpiaparabrisas cuando hay humedad también puede crear situaciones peligrosas. Además, tales sistemas también son sensibles a distracciones provocadas por "suciedad", lo que puede provocar lecturas/barridos falsos cuando hay suciedad sobre el parabrisas.  
25

Determinados sensores de lluvia convencionales están basados en un concepto capacitivo, como los descritos en el documento DE 3736049.

30 La patente U.S. nº 6.373.263 a nombre de Netzer enseña la utilización de sensores de lluvia capacitivos y la lectura de corriente diferencial entre dos condensadores sobre el parabrisas. Desafortunadamente, el sistema de Netzer también tiene importantes desventajas. Por ejemplo, el sistema de Netzer sólo es sensible a los cambios. Por lo tanto, por ejemplo, si ya hay humedad (por ejemplo, lluvia o condensación) en un parabrisas debido a que un vehículo ha estado aparcado al aire libre en presencia de lluvia o niebla, el sistema de Netzer no puede detectarlas cuando se arranca el vehículo. Además, el sistema de Netzer puede estar sujeto a determinados efectos nocivos de interferencias electromagnéticas (EMI), cambios de temperatura, así como interferencias de otras fuentes. Por  
35 ejemplo, cuando cuerpos externos (por ejemplo, la mano de una persona, ondas de radio, etc.) interfieren en la función de los condensadores, las cargas de los electrodos de excitación y de recepción pueden variar de manera no controlada en el sistema de Netzer, dando lugar por tanto a alarmas o detecciones falsas. Por lo tanto, por ejemplo, con el sistema de Netzer, ondas de radio CB, microondas, dispositivos manuales, el contacto humano con el parabrisas, objetos que pueden conectarse a tierra y/o similares, puede interferir de manera no deseada con el sistema y, de ese modo, producir posiblemente barridos y/o detecciones falsos. El sistema de Netzer también está sometido a posibles lecturas falsas producidas por cambios bruscos de temperatura en vista del sistema de condensador de referencia utilizado por el sistema de Netzer, donde el condensador de referencia del sistema de Netzer tiene una geometría/forma/tamaño diferente a los del condensador de detección.  
40

45 Por lo tanto, resulta evidente que existe una necesidad en la técnica de un sensor de humedad (por ejemplo, lluvia) que sea eficaz en lo que respecta al funcionamiento y/o la detección, y que supere una o más de las desventajas mencionadas anteriormente. Según esta invención, se proporciona un sensor de lluvia y un procedimiento como los definidos en las reivindicaciones 1 y 10.

**Breve descripción de los dibujos**

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

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

La FIGURA 1(b) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia que puede utilizar las características de

la Fig. 1(a) y/o de una o más de las Fig. 2 - 12.

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

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

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

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

10 La FIGURA 2A es un patrón optimizado a modo de ejemplo para una matriz capacitiva en cuadrantes basada en fractales de Hilbert, donde tales condensadores pueden estar previstos en la ventana como una matriz de sensor en una o más de las Fig. 1(a) - 1(f) y 4 - 12, por ejemplo.

15 La FIGURA 2B es otro patrón optimizado a modo de ejemplo para una matriz capacitiva en cuadrantes, donde tales condensadores pueden estar previstos en la ventana como una matriz de sensor en una o más de las Fig. 1(a) - 1(f) y 4 - 12, por ejemplo.

La FIGURA 3 es una imagen ampliada de otra matriz capacitiva en cuadrantes a modo de ejemplo, donde tales condensadores pueden estar previstos en la ventana como una matriz de sensor en una o más de las Fig. 1(a) - 1(f) y 4 - 12, por ejemplo.

20 La FIGURA 4 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye un sistema de circuitos utilizado para un pulso de reloj de escritura en dispositivos electrónicos de lectura de salida, para su utilización en una o más de las Fig. 1(a) - 1(f) y 5 - 12, según la invención.

La FIGURA 5 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye un sistema de circuitos utilizado para un pulso de reloj de borrado en dispositivos electrónicos de lectura de salida, para su utilización en una o más de las Fig. 1(a) - 1(f), 4 y 6 - 12, según la invención.

25 La FIGURA 6 es un diagrama de temporización a modo de ejemplo obtenido a partir del sistema de circuitos de lectura de salida de las Fig. 4 - 5.

La FIGURA 7 es una diagrama a modo de ejemplo de flujo o de estados que muestra cómo pueden utilizarse datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas, que pueden utilizarse junto con una o más de las Fig. 1 - 6 y 8 - 12.

30 La FIGURA 8 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra cómo pueden utilizarse datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas, que pueden utilizarse junto con una o más de las Fig. 1 - 7 y 9 - 12.

La FIGURA 9 es una vista estilizada a modo de ejemplo de cómo una gota de lluvia puede desplazarse a través de un limpiaparabrisas.

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

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

40 La FIGURA 11B es una instantánea de autocorrelación de ejemplo obtenida experimentalmente indicativa de una ligera bruma.

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

La FIGURA 11D es una instantánea de autocorrelación de ejemplo obtenida experimentalmente indicativa de un cuerpo puesto a tierra con un voltaje.

45 La FIGURA 12A es una matriz de correlación a modo de ejemplo indicativa de lluvia ligera.

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

La FIGURA 13 es un ejemplo de autocorrelación.

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

5 La FIGURA 15 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 16 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

10 La FIGURA 17 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 18 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

15 La FIGURA 19 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

20 La FIGURA 20 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 21 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

25 La FIGURA 22 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 23 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

30 La FIGURA 24 es un gráfico de correlación cruzada que traza valores de correlación cruzada frente a periodos de tiempo (los periodos de tiempo están en microsegundos en el dominio de tiempo), utilizando determinadas señales de la Fig. 14.

La FIGURA 25 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de circuitos y/o el procesamiento de señales cuando un condensador de detección (por ejemplo, C1) está presente, incluyendo modulación sigma-delta.

35 La FIGURA 26 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de circuitos y/o el procesamiento de señales cuando una pluralidad de condensadores (por ejemplo, C1 - C4) está presente, incluyendo modulación sigma-delta.

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

40 Las FIGURAS 28(a) y (28b) son diagramas esquemáticos que ilustran las ventajas de utilizar electrodos flotantes para los condensadores de detección (por ejemplo, C1 - C4).

#### **Descripción detallada de formas de realización de ejemplo de la invención**

A continuación se hace referencia más en particular a los dibujos adjuntos en los que números de referencia similares indican partes similares a lo largo de las diversas las vistas.

45 Se proporciona un sistema y/o un procedimiento de detección de lluvia que incluye una detección basada en capacitancia que convierte una señal de entrada física (por ejemplo, la presencia de una gota de agua sobre un parabrisas, o similar) en una señal digital de voltaje eléctrico que se recibe y se interpreta mediante un(os) programa(s) de software o un(os) circuito(s) que decide(n) si los limpiaparabrisas deben activarse y, si es así, opcionalmente su velocidad adecuada. Por tanto, se utiliza un acoplamiento capacitivo para detectar agua y/u otro

material en la superficie exterior de una ventana tal como el parabrisas, el techo solar y/o la luna trasera de un vehículo. Puede apreciarse que los procedimientos computacionales pueden llevarse a cabo mediante hardware o una combinación de hardware y software. Puede no necesaria ninguna capacitancia o ningún condensador de referencia, (es decir, no es necesario ningún condensador de compensación).

5 Una ecuación de permitividad proporciona una cantidad física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. Una ecuación de permitividad básica de ejemplo es:

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

10 donde  $D$  es el flujo eléctrico,  $\epsilon_0$  es la constante dieléctrica de un vacío,  $E$  es un campo eléctrico (por ejemplo, el voltaje establecido entre placas o electrodos dividido por la distancia, o V/m), y  $P$  es polarización. Polarización  $P$  puede describirse matemáticamente además como:

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

15 donde  $\epsilon_r$  es la permitividad relativa (por ejemplo, la constante dieléctrica del agua, hielo, suciedad o cualquier otra cosa que pudiera encontrarse sobre una superficie exterior de una ventana tal como un parabrisas). En general, un valor alto de  $\epsilon_r$  se corresponderá con una alta polarizabilidad. La permitividad del vidrio es aproximadamente 8, y la permitividad del agua es aproximadamente 85. Entonces, por sustitución y factorización, la ecuación de permitividad puede describirse como:

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

De esta forma, puede apreciarse que  $D$  es la respuesta a la excitación  $E$ .

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

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

donde  $dA$  es el área de un cuadrado diferencial en la superficie cerrada  $S$ . Entonces, por sustitución, resulta evidente que la capacitancia está relacionada con la diferencia de potencial:

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

25 Estas ecuaciones forman la base de una técnica de ejemplo para medir la interacción del agua sobre el vidrio utilizando un sensor con una matriz capacitiva para sondear encima de la ventana (por ejemplo, vidrio). En particular, pueden utilizarse los datos de un sensor que incluya al menos uno, dos o más condensadores (por ejemplo, C1, C2, C3, etc.) para detectar si hay lluvia sobre una superficie exterior de una ventana tal como el parabrisas o la luna trasera de un vehículo. Las ecuaciones anteriores ilustran que la presencia de agua sobre la superficie de una ventana puede afectar a la capacitancia de un condensador de detección colocado de manera apropiada.

30 La Fig. 1(a) es un diagrama de bloques de componentes de ejemplo de un sensor de lluvia. Una fuente de alimentación 10 está conectada a un dispositivo electrónico de lectura de salida 12 que puede incluir uno o más de entre hardware, firmware y/o software. Tal y como se describirá en mayor detalle posteriormente, el sensor incluye uno o más condensadores para formar un sensor capacitivo 5. Aunque pueden utilizarse diferentes tipos de condensadores, en el sensor pueden utilizarse condensadores que tengan cada uno un par de electrodos aproximadamente coplanarios dispuestos en un patrón fractal. Un patrón fractal puede dividirse en una matriz capacitiva. Los datos de y/o relacionados con el (los) condensador(es) de detección del sensor capacitivo 5 se reciben y se leen mediante el dispositivo electrónico de lectura de salida 12 que puede estar constituido por uno o más de entre hardware, firmware y/o software. El dispositivo electrónico de lectura de salida 12 captura el ruido eléctrico y lo convierte en una(s) señal(es) digital(es). Esta(s) señal(es) digital(es) se pasa(n) a un modulo de cálculo 14 (que puede estar constituido por uno o más de entre hardware, firmware y/o software) que determina qué acción deben llevar a cabo los limpiaparabrisas. Por ejemplo, los limpiaparabrisas pueden iniciar un único barrido, barridos a baja velocidad, barridos a alta velocidad, etc., en función de los datos analizados de y/o relacionados con el sensor capacitivo. También puede hacerse que se desactiven los limpiaparabrisas, se reduzca/aumente la

velocidad de barrido, etc., en función de 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 que lleven a cabo la acción adecuada.

5 El sensor capacitivo 5 interacciona con un bus de interconexión local (bus LIN) de un vehículo. Un bus LIN (no mostrado) es normalmente un bus serie al que se conectan dispositivos esclavos de un automóvil. Un bus LIN lleva a cabo normalmente el establecimiento con los dispositivos esclavos para garantizar que estén, por ejemplo, conectados y en estado operativo. Además, un bus LIN puede proporcionar otra información a los dispositivos esclavos tal como, por ejemplo, la hora actual.

El sensor capacitivo 5 incluye una pluralidad de condensadores en forma de cualquier disposición adecuada.

10 La Fig. 1(b) es una vista en sección transversal de una ventana de vehículo que incluye un sensor de lluvia según una forma de realización de ejemplo de esta invención. El parabrisas de un vehículo incluye un sustrato de vidrio interior 1 y un sustrato de vidrio exterior 2 que están laminados conjuntamente por medio de una intercapa con base de polímero 3 de un material tal como butiral de polivinilo (PVB) o similar. Puede proporcionarse un recubrimiento de baja e (baja emisividad) 4 opcional en la superficie interior del sustrato de vidrio exterior 2 (o incluso en la  
15 superficie del sustrato 1). Un recubrimiento de baja E 4 incluye normalmente al menos una capa reflectante de IR delgada de un material tal como plata, oro o similares, intercalada entre al menos una primera y una segunda capa dieléctrica de un material tal como nitruro de silicio, óxido de estaño, óxido de zinc o similares. Recubrimientos de baja E 4 de ejemplo se describen en las patentes U.S. nº 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.

20 La Fig. 1(b) ilustra un condensador de ejemplo del sensor capacitivo. Mientras que el sensor capacitivo de la Fig. 1(a) incluye normalmente una pluralidad de condensadores en una matriz, en la Fig. 1(b) sólo se muestra un condensador del sensor por motivos de simplicidad. Los otros condensadores son similares en sección transversal al mostrado en la Fig. 1(b) en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención. El condensador de ejemplo (C1, C2, C3 o C4) del sensor capacitivo mostrado en la Fig. 1(b) incluye un par de electrodos de  
25 condensador coplanarios o sustancialmente coplanarios espaciados 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 de condensador 7 y 8 del condensador de detección pueden estar hechos de o incluir plata, ITO (óxido de indio-estaño), u otro material conductor adecuado. En determinadas formas de realización de ejemplo, el condensador mostrado en la Fig. 1(b) se ve afectado por una gota de lluvia en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana tal y como se muestra en la Fig. 1(b) y, por tanto, puede interactuar con la gota de lluvia u otro material sobre la superficie exterior de la ventana. En este documento se describen las señales recibidas desde y/o relacionadas con el (los) condensador(es) de detección y el análisis de las mismas.

30 En la Fig. 1(b) se proporciona una capa aislante opaca 9 (por ejemplo, frita negra o esmalte, o similar) 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. Por lo tanto, puede apreciarse que la capa opaca 9 se proporciona únicamente en una pequeña parte de la ventana, incluyendo el área en la que está situada la matriz capacitiva de la matriz de condensadores del sensor de lluvia. La matriz capacitiva del sensor de lluvia y, por tanto, 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 (por ejemplo, frita negra o esmalte) puede establecer un contacto directo con el patrón fractal de los  
40 electrodos de condensador 7, 8 ya que 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 en la captura de datos de y/o relacionados con los condensadores C1 - C4 y en el análisis asociado.

45 La Fig. 2A es una vista desde arriba o en planta que ilustra una matriz de sensor capacitivo de ejemplo que incluye cuatro condensadores C1, C2, C3 y C4. Cada uno de estos condensadores C1, C2, C3 y C4 incluye primer y segundo electrodos de condensador coplanario espaciados 7 y 8 tal y 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, tal y como se muestra en la Fig. 2A. Además, puede haber un hueco  
50 22 de 0,2 a 1,5 mm aproximadamente, más preferiblemente de 0,3 a 1,0 mm aproximadamente (por ejemplo, 0,6 mm), entre los electrodos de condensador coplanarios 7 y 8 de un condensador (C1, C2, C3 y/o C4), tal y como se muestra en la Fig. 2A. En la Fig. 2A, los condensadores C1 - C4 están cubiertos por una capa de frita negra aislante 9 que es la misma que la capa opaca 9 mencionada anteriormente con respecto la Fig. 1(b). En la Fig. 2A, se proporciona una matriz de placas de contacto en el centro de la matriz de sensor, 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  
55

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 de detección C1 - C4 son sensibles a la humedad, tal como lluvia sobre la superficie externa de la ventana.

En la Fig. 2A, cada uno de los condensadores C1 - C4 del sensor capacitivo se forma utilizando una geometría fractal. En particular, 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, por ejemplo, una gran capacitancia en un área pequeña y, por lo tanto, son deseables sobre otras geometrías en determinadas aplicaciones de sensor de lluvia de ejemplo. La geometría fractal puede agruparse en (a) fractales aleatorios, que pueden denominarse como fractales caóticos o de Brownian y que incluyen una componente de ruido aleatorio, y en (b) fractales deterministas o exactos. En la geometría fractal determinista se obtiene una estructura autosimilar a partir de la repetición de un diseño o motivo (o "generador") (es decir, autosimilitud y estructura en todas las escalas). En la autosimilitud determinista o exacta, los condensadores fractales pueden fabricarse a través de medios recursivos o iterativos. Dicho de otro modo, los fractales están formados normalmente por o incluyen muchas copias de sí mismos en escalas diferentes.

En la Fig. 2A puede observarse que los electrodos coplanarios 7 y 8 de cada condensador (donde se muestran los electrodos 7 y 8 pero no están etiquetados en la Fig. 2A debido al color oscuro de la frita 9, pero están espaciados mediante unos huecos 22) presentan unas geometrías fractales y están dispuestos sustancialmente en paralelo entre sí en toda la longitud sinuosa de cada condensador. Dicho de otro modo, cada electrodo 7, 8 de un condensador dado (por ejemplo, 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 (por ejemplo, C1), a lo largo de la longitud sinuosa del fractal, es aproximadamente de 25 a 200 mm en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, más preferiblemente de 30 a 90 mm aproximadamente, siendo un ejemplo 50 mm aproximadamente.

El patrón fractal de la Fig. 2A es un patrón fractal de Hilbert. Los electrodos 7, 8 de los condensadores C1 - C4 en la Fig. 2A forman un patrón fractal de Hilbert, solamente a modo de ejemplo y de manera no limitativa. En particular, 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 utilizando el siguiente sistema L:

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

donde "Ángulo 90" establece las rotaciones siguientes a 90 grados, X e Y son funciones definidas, "F" significa "llevar hacia delante", "+" significa "girar en el sentido contrario a las agujas del reloj", y "-" significa "girar en el sentido de las agujas del reloj". Aunque pueden utilizarse geometrías fractales de Hilbert para formar los condensadores C1 - C4, también pueden utilizarse otros tipos de fractales para crear la forma de los condensadores. Por ejemplo, los electrodos de condensador 7, 8 de los condensadores C1 - C4 pueden formarse utilizando cualquiera de los diseños fractales divulgados en cualquiera de las patentes U.S. nºs 6.552.690, 6.104.349, 6.140.975, 6.127.977, 6.084.285, 6.975.277. Tal y como se muestra en las Fig. 2A, 2B y 3, todos los condensadores de detección de la matriz de detección pueden ser idénticos o sustancialmente idénticos respecto a la forma.

Cada uno de los condensadores C1 - C4 de la matriz de sensor puede ser eléctricamente flotante (esto puede denominarse como una tierra virtual en determinados casos de ejemplo) con el fin de no tener una tierra común fija tal 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 la matriz capacitiva no estará sujeta a efectos adversos de interferencias tales como, por ejemplo, interferencias EMI, reduciendo de ese modo la posibilidad de falsos barridos, falsas detecciones y similares.

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

La Fig. 1(c) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede utilizar el sistema de la Fig. 1(a) y de una o más de las Fig. 2 - 12. En la Fig. 1(c), la ventana de vehículo (por ejemplo, la luna trasera) está formada

solamente por una lámina de vidrio 10, y los electrodos 7, 8 del condensador están previstos, directa o indirectamente, en la superficie principal interior de la lámina de vidrio 10. El condensador (por ejemplo, C1) mostrado en la Fig. 1(c) está diseñado de tal manera que se ve afectado por una gota de lluvia sobre 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 tal y como se muestra en la Fig. 1(c) y, por tanto, puede interactuar con la gota de lluvia u otro material sobre la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1 - C4 está formado de manera similar. Debe observarse que el uso de la palabra "sobre" en este documento cubre tanto directamente sobre como 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 Fig. 1(b), también puede proporcionarse en la Fig. 1(c) si se desea.

La Fig. 1(d) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede utilizar el sistema de la Fig. 1(a) y de una o más de las formas de realización de las Fig. 2 - 12. En la Fig. 1(d), la ventana de vehículo (por ejemplo, un parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente por medio de una intercapa con base de polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 sobre o bien el sustrato 1 o bien el sustrato 2. La Fig. 1(d) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador están previstos en la superficie principal de sustrato de vidrio 1 que está más lejos del interior del vehículo. Los electrodos de condensador 7, 8 pueden hacer contacto con la intercapa de polímero 3 en esta forma de realización, en determinados casos de ejemplo. El condensador (por ejemplo, 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) sobre 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 tal y como se muestra en la Fig. 1(d) y, por tanto, puede interactuar con la gota de lluvia u otro material sobre la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1 - C4 de la matriz de sensor está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(d). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la Fig. 1(d) si se desea, sobre una parte de la ventana de modo que los electrodos de condensador queden ocultos de la vista de los pasajeros del vehículo. En la Fig. 1(d), los electrodos 7 y 8 pueden estar formados por una frita de plata conductora o ITO impreso o estampado directamente sobre y en contacto con la superficie de sustrato 1. Sin embargo, los electrodos 7 y 8 de uno o más de los condensadores del sensor pueden estar formados y estampados a partir de una capa reflectante de IR conductora metálica (por ejemplo, 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 utilizar el sistema de la Fig. 1(a) y de una o más de las Fig. 2 - 12. En la Fig. 1(e), la ventana de vehículo (por ejemplo, un parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente por medio de una intercapa con base de polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 sobre o bien el sustrato 1 o bien el sustrato 2. La Fig. 1(e) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) están previstos sobre 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 (por ejemplo, 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) sobre 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 tal y como se muestra en la Fig. 1(e) y, por tanto, puede interactuar con la gota de lluvia u otro material sobre la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1 - C4 de la matriz de sensor está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(e). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(e) si se desea, sobre una parte de la ventana de manera que los electrodos de condensador queden ocultos de la vista de un(os) pasajero(s) del vehículo.

La Fig. 1(f) es una vista en sección transversal de otro ejemplo, que puede utilizar el sistema de la Fig. 1(a) y de una o más de las Fig. 2 - 12. En la Fig. 1(f), la ventana de vehículo (por ejemplo, un parabrisas laminado) incluye unas láminas de vidrio 1 y 2 laminadas conjuntamente por medio de una intercapa con base de polímero 3, e incluye opcionalmente un recubrimiento de baja E 4 sobre o bien el sustrato 1 ó 2. La Fig. 1(f) difiere de la Fig. 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) están provistos sobre la superficie principal del sustrato de vidrio interior 1 que está más cerca del interior del vehículo, a través de un elemento de soporte 12. El elemento de soporte 12, situado entre el sustrato de vidrio 1 y los electrodos 7, 8, puede estar hecho de vidrio, silicio o similares. El condensador (por ejemplo, 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) sobre 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 tal y como se muestra en la Fig. 1(f) y, por tanto, puede interactuar con la gota de lluvia u otro material sobre la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1 - C4 de la matriz de sensor está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la Fig. 1(f). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la forma de realización de la Fig. 1(f) si se desea, sobre una parte de la ventana de manera que los electrodos de condensador 7, 8 queden ocultos de la vista de un (os) pasajero(s) del vehículo.

La Fig. 2B es una vista en planta de un patrón de ejemplo para una matriz capacitiva en cuadrantes de los

condensadores con forma fractal C1 - C4 para el sensor capacitivo. Los cuatro condensadores mostrados en la Fig. 2B son similares a los de la Fig. 2A, excepto por las formas precisas de los mismos. Los condensadores de la Fig. 2B pueden utilizarse en cualquiera de las Fig. 1(a) - (f). Las líneas de puntos superpuestas muestran las divisiones en cuatro condensadores distintos C1 - C4. La anchura de la línea exterior puede ser de 2 mm aproximadamente, y la anchura de la línea interior puede ser de 1 mm aproximadamente.

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

El uso de la geometría fractal para los condensadores de detección C1 a C4 puede ser ventajoso para reducir falsas lecturas debidas a interferencias EMI. En particular, los fractales a altas iteraciones ayudan a reducir las incidencias por interferencias EMI, debido a que la jaula de Faraday o la cuasi-jaula de Faraday del fractal a altas iteraciones reducen el acoplamiento EMI, reduciendo de esa manera los efectos adversos de las interferencias EMI. Los fractales a altas iteraciones forman cuasi-jaulas de Faraday.

Dispositivos electrónicos de lectura de salida examinan la interacción de la lluvia y/o de otras perturbaciones sobre la ventana. Este proceso se consigue cargando secuencialmente los condensadores, leyendo sus datos, cuantificando esos datos y eliminando las cargas, tal y como se define en las reivindicaciones 1 y 10.

La Fig. 4 es un diagrama de circuito de un circuito de detección o de lectura de salida. El circuito de detección de la Fig. 4 puede estar formado por la unidad electrónica 12 y por la matriz de sensor capacitiva 5 de la Fig. 1. Cualquiera de los condensadores de las Fig. 1(b) - 1(f), 2A, 2B y/o 3 puede utilizarse como los condensadores C1 - C4 del circuito de la Fig. 4. El sistema de circuitos de la Fig. 4 se utiliza para un pulso de reloj de escritura en dispositivos electrónicos de lectura de salida. Los transistores Q1, Q2 y Q7 son MOSFET de canal p, siendo principalmente los transistores Q1 y Q2 responsables de una fase de escritura. Los transistores Q5 y Q6 son MOSFET 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 determinadas señales utilizadas en el circuito de la Fig. 4 en el ciclo de escritura. En el ciclo de escritura, el transistor Q1 está en 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, se produce un ciclo de escritura, y  $V_{cc}$  aparece en  $C_s$  a través de A y carga uno o más de los condensadores C1 - C4 de la capacitancia de sensor  $C_s$ .  $V_{cc}$  puede ser un voltaje constante, tal como 5V. Uno o más de los condensadores C1 - C4 puede cargarse al mismo tiempo durante un ciclo de escritura, o el circuito carga y lee los condensadores C1, C2, C3 y C4, uno a uno (por ejemplo, véase Fig. 6). Durante un ciclo de escritura, solamente se carga uno de los condensadores C1, C2, C3 o C4.

El proceso anterior descrito para el lado izquierdo del circuito de detección de la Fig. 4 está básicamente duplicado en el lado opuesto o lado derecho del circuito de la 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 con respecto a  $C_s$ , o se imitan sustancialmente en la capacitancia de imitación interna  $C_{int}$ . Cuando Q7 se activa, la corriente también fluye a través de Q2 (que está activado) y carga  $C_{int}$  utilizando  $V_{cc}$ . Por lo tanto, la carga del condensador  $C_{int}$  imita la carga de uno de los condensadores C1 - C4. Dicho de otro modo,  $C_{int}$  se carga al mismo nivel, o sustancialmente al mismo nivel, que el condensador (por ejemplo, C1) que está cargándose al otro lado del circuito de la Fig. 4. El voltaje de salida del circuito de la Fig. 4,  $V_{out}$  (o  $V_o$ ), se basa en  $C_{int}$  y se toma en o cerca de un electrodo del condensador  $C_{int}$  tal y como se muestra en la Fig. 4. Una fórmula de ejemplo que refleja  $V_{out}$  (o  $V_o$ ) se muestra en la parte inferior de la Fig. 4. Por consiguiente, puede apreciarse que la salida  $V_{out}$  (o  $V_o$ ) del circuito de las Fig. 4 - 5 se refiere a y está basada en los condensadores C1 - C4 del sensor  $C_s$ . Más específicamente, la salida  $V_{out}$  del circuito de las Fig. 4 - 5 se refiere a y es indicativa del estado de los condensadores C1 - C4 y de los efectos de la humedad en dichos condensadores sobre la superficie exterior de la ventana, a pesar de que  $V_{out}$  no se toma directamente de los condensadores C1 - C4. En particular,  $V_{out}$  (o  $V_o$ ) se lee 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  $V_{out}$ ,  $W_1$  es para Q1,  $W_2$  es para Q2,  $L_1$  es para Q1,  $L_2$  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.

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

La señal de salida Vout (o Vo) del circuito de detección de la Fig. 4 (y de la Fig. 5) está modulada en sigma-delta. Los moduladores sigma-delta, que pueden utilizarse en un convertidor de digital a analógico (DAC) sigma-delta, pueden proporcionar un nivel de conformación o filtrado del ruido de cuantificación que puede estar presente. Moduladores sigma-delta de ejemplo que pueden utilizarse se describen en las patentes U.S. n<sup>os</sup> 6.975.257, 6.972.704, 6.967.608 y 6.980.144. En determinados ejemplos de conversión sigma-delta, puede llevarse 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 lo siguiente: (i) los requisitos de filtro de antisolapamiento analógico son menos complejos y, por tanto, puede ser más económico que determinados sistemas de ejemplo basados en nyquist; (ii) puede utilizarse un sistema de circuitos de muestreo y retención debido a la elevada frecuencia de muestreo de entrada y 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 introducido durante el proceso de conversión tal como la oscilación de fuente de alimentación, el ruido de referencia de voltaje y el ruido del propio convertidor A/D; (iv) ya que el convertidor sigma-delta puede ser esencialmente lineal, puede que no sufra de no-linealidades diferenciales apreciables y/o el (los) nivel(es) de ruido de fondo puede(n) ser independiente(s) del nivel de la señal de entrada. Pueden obtenerse relaciones S/N mejoradas.

La Fig. 25 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 la Fig. 4 (y de 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 de detección (C1, C2, C3 o C4) tal y como se ha explicado anteriormente con respecto a la Fig. 5. Se usa la excitación de onda cuadrada (por ejemplo, para ciclos de escritura y/o de borrado) en el condensador de detección para cargar y descargar el mismo. Este proceso se duplica o imita para C<sub>int</sub>, como se explica en este documento. La señal de salida Vout (o Vo) del circuito de la Fig. 4 se modula en sigma-delta mediante un modulador sigma-delta 60. El modulador 60 puede adoptar la forma de un circuito de hardware, firmware y/o software. Los pulsos de reloj 62 de un reloj se introducen en el modulador 60, que activan el bloqueo interno de un cuantificador del modulador 60. Después de que la señal de salida Vout (o Vo) se haya modulado en sigma-delta por el modulador 60, las señales moduladas 64 se envían a un filtro digital opcional 66 (por ejemplo, un filtro pasa baja o similar). El filtro digital 66 procesa la salida digital 64 del modulador sigma-delta, que es un tren de varios 0 y 1. Después, los datos se escalan de manera adecuada utilizando un(os) coeficiente(s) de calibración. Después, los datos filtrados 68 se leen a través de una interfaz serie 69 o similar, y se envían a un ordenador que lleva a cabo cálculos de correlación para grupos de paquetes de datos. Por lo tanto, los datos de la interfaz 69 se correlacionan (por ejemplo, se les aplica una autocorrelación y/o una correlación cruzada) tal y como se explica en este documento. La Fig. 26 es similar a la Fig. 25, excepto en que la Fig. 26 ilustra una matriz de condensadores de detección C1 - C4 que se multiplexan a través de un multiplexor.

La Fig. 27 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de modulación sigma-delta que puede llevarse a cabo en el modulador 60 de las Fig. 25 - 26. Nuevamente, esta modulación puede llevarse a cabo mediante un sistema de circuitos, firmware y/o software. La señal de salida analógica Vout (o Vo) del circuito de la Fig. 4 (y de la 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 un integrador 72 cuya salida se recibe por un cuantificador 74, tal como un cuantificador de un bit. Después, la salida digital 64 se filtra 66 tal y como se ha explicado anteriormente, etc. La modulación sigma-delta es ventajosa ya que proporciona un sobremuestreo y permite tratar ruidos como las EMI y reducir sus efectos adversos. En particular, el ruido se distribuye por el modulador sigma-delta en la banda de frecuencia de manera que pueda mejorarse la relación de señal a ruido (S/N).

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 4, cada condensador (C1, C2, C3, C4) se descarga antes de cargarse el siguiente. El proceso de descargar cada condensador se describe con relación al pulso de borrado, con respecto a las Fig. 5 - 6.

La Fig. 5 es un diagrama de circuito del circuito de detección de la Fig. 4, con respecto a un ciclo de borrado. Durante un ciclo de borrado, un condensador (C1, C2, C3 o C4) cargado anteriormente se descarga antes del siguiente ciclo de escritura. La Fig. 6 incluye señales de ejemplo utilizadas durante el (los) ciclo(s) de borrado. En determinados casos de ejemplo no se lleva a cabo ninguna lectura durante la fase de borrado. Durante un ciclo o fase de borrado, Q7 se desactiva (el pulso de escritura Clk<sub>wr</sub> no está presente), y los transistores Q5 y Q6 se activan mediante un pulso de borrado Clk<sub>Er</sub> (véase también la Fig. 6). Por lo tanto, el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) se descarga a tierra (por ejemplo, V=0) o a una tierra virtual (VG), como hace C<sub>int</sub>. Nuevamente, C<sub>int</sub> imita la capacitancia del sensor Cs. Una vez que las capacitancias Cs y C<sub>int</sub> se han conectado a tierra y se han descargado, finaliza el pulso y ciclo de borrado. Entonces puede prepararse, cargarse y leerse el próximo condensador (C1, C2, C3 o C4) de la secuencia.

Por lo tanto, con relación a las Fig. 4 - 6, puede apreciarse que, según esta invención, un sensor de lluvia comprende: un circuito de detección que comprende al menos primer y segundo condensadores de detección (por ejemplo, C1 y C2) que son sensibles a la humedad sobre una superficie externa de una ventana, y al menos un

condensador imitador ( $C_{int}$ ) que imita al menos la carga y/o la descarga de al menos uno de los primer y segundo condensadores de detección; en el que un pulso de escritura ( $Clk_{Wr}$ ) hace que se cargue al menos el primer condensador de detección (por ejemplo, C1), y un pulso de borrado ( $Clk_{Er}$ ) hace que se descarguen sustancialmente cada uno del primer condensador de detección (por ejemplo, C1) y el condensador imitador ( $C_{int}$ ); en el que la presencia de lluvia sobre la superficie externa de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección (por ejemplo, C1) hace que un voltaje (véase  $V_o$  o  $V_{out}$ ) 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 de detección (por ejemplo, C1), incluso si no hay lluvia presente en un campo del condensador imitador ( $C_{int}$ ); y en el que la lluvia se detecta en función de una señal de salida (véase  $V_o$  o  $V_{out}$ ) del electrodo de salida del condensador imitador ( $C_{int}$ ), en el que la señal de salida se lee al 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 la capacitancia imitadora  $C_{int}$  se descarguen a tierra (por ejemplo, un potencial fijo como  $V=0$ ) (véase el símbolo de tierra convencional en la Fig. 5). Sin embargo, en otras formas de realización de ejemplo de esta invención, se ha descubierto que una tierra fija puede dar lugar a determinados problemas. Por lo tanto, 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 la capacitancia imitadora  $C_{int}$ , se descarguen a una tierra virtual VG que es flotante (véase VG y el símbolo de tierra en la Fig. 5). Dicho de otro modo, 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 (por ejemplo, una tierra flotante y/o un(os) electrodo(s) de condensador pueden dar lugar 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 de detección sea distorsionado por interferencias EMI. A este respecto, se hace referencia a las Fig. 28(a) y 28(b) (junto con la Fig. 5).

En las Fig. 28(a) y (b), los números de referencia 7 y 8 hacen referencia a los electrodos de un condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4). En estas figuras, "q" hace referencia a la carga y  $\Phi$  hace referencia al potencial ( $\Phi_1$  es diferente de  $\Phi_2$ ). En la Fig. 28(a), el condensador (por ejemplo, C1) está puesto a tierra a un potencial fijo como 0 voltios (la carga en el electrodo puesto a tierra 7 está fijada a +q). A este respecto, cuando la carga en el electrodo puesto a tierra 7 está fijada a +q, cuando se lleva un cuerpo externo  $E_B$  (por ejemplo, el dedo de una persona con una constante dieléctrica más alta) a una zona de detección del condensador (por ejemplo, tocando la superficie delantera del parabrisas encima del condensador) este cuerpo externo induce un cambio en la carga de  $-\Delta q$  y el otro electrodo 8 que no es fijo cambia de una carga de -q a una carga de  $-q + \Delta q$  en un intento de equilibrar la carga. Por lo tanto, 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 provocados por un  $\Delta q$  que no es necesario, y esto puede dar lugar a falsas lecturas. Comparando las Fig. 28(a) y 28(b), la Fig. 28(b) ilustra una ventaja de hacer que un electrodo 7 del condensador de detección (por ejemplo, cualquiera de C1 - C4) sea flotante (por ejemplo, a una tierra flotante o virtual). En la Fig. 28(b), la carga q en el electrodo 7 no es fija. Por ejemplo, la carga del electrodo 7 cambia de +q' a +q" cuando el cuerpo externo hace contacto con el parabrisas en una zona de detección del condensador, indicando de esa manera la naturaleza flotante del electrodo. En la Fig. 28(b), cuando el cuerpo externo (por ejemplo, el dedo de una persona) se aplica al parabrisas encima de la zona de detección del condensador, las cargas libres en ambos electrodos 7 y 8 del condensador cambian. Por lo tanto, el efecto adverso de  $\Delta q$  se elimina o se reduce utilizando la tierra flotante o virtual VG (el electrodo 7 es flotante). En particular, cuando el electrodo 7 es flotante como en la Fig. 28(b), el cuerpo externo ( $E_B$ ) no afecta de manera adversa a la suma de la carga ya 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 sustancialmente cero. Las falsas lecturas debidas a interferencias EMI también pueden reducirse utilizando esta característica flotante. Por lo tanto, la naturaleza flotante puede permitir que los valores absolutos de las cargas q en los electrodos de condensador 7 y 8 sean iguales o sustancialmente iguales incluso cuando 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. Por lo tanto, haciendo referencia a las Fig. 5 y 28, los condensadores de detección C1 - C4 son flotantes y sus dos electrodos están aislados con respecto a tierra. Por consiguiente, el sensor de lluvia comprende al menos un condensador de detección (C1, C3, C3 y/o C4) que es sensible a la humedad sobre una superficie externa de una ventana, incluyendo el condensador de detección un primer electrodo de condensador (8) que recibe una señal de carga y un segundo electrodo de condensador (7) espaciado del primer electrodo de condensador (8); y en el que el segundo electrodo de condensador (7) es flotante de manera que el condensador de detección está aislado con respecto a tierra.

La Fig. 6 es un diagrama de temporización a modo de ejemplo de las señales aplicadas a o leídas del circuito de las Fig. 4 - 5 durante los modos/ciclos de escritura y borrado. Tal y como se ha indicado 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 ( $\text{Clk}_{Wr}$ ) y de borrado ( $\text{Clk}_{Er}$ ) para cada condensador C1 - C4, en secuencia. Después, los voltajes se cuantifican y se proporcionan en la salida. Los voltajes de salida variables Vo1 - Vo4 corresponden a los condensadores C1 - C4, respectivamente, y por tanto  $C_{int}$ . Debe observarse que las señales de salida Vo1 - Vo4 de la Fig. 6 se toman en  $V_{out}$  (o Vo) en las Fig. 4 - 5. Además, en la Fig. 6, las señales de salida Vo se leen o se analizan (por ejemplo, para una autocorrelación y/o una correlación cruzada) en el pico de las zonas de lectura (véase "Lectura" en la Fig. 6) de las señales de salida donde las señales de salida se estabilizan sustancialmente y/o el condensador se satura. En particular, la señal de salida  $V_{out}$  (o Vo) de la Fig. 6 para un condensador particular (C1) se lee en la "zona de lectura" tras la finalización del pulso de escritura ( $\text{Clk}_{Wr}$ ) para ese condensador, y antes y/o hasta el comienzo del pulso de borrado ( $\text{Clk}_{Er}$ ) para ese condensador.
- Todavía en referencia a la Fig. 6, por ejemplo, una gota de agua sobre 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 del área de un condensador dado (por ejemplo, C1) hará que el nivel de la(s) señal(es) de salida  $V_{out}$  (o Vo) para ese condensador en la zona de "lectura" de la señal sea superior en comparación con una situación en la que tal gota no esté presente. La magnitud o el nivel exactos dependen del tamaño de la gota de agua. Con cantidades de agua crecientes, 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 sobre el parabrisas encima del área de un condensador dado (por ejemplo, C1) entonces esto hará que el nivel de la(s) señal(es) de salida  $V_{out}$  (o Vo) para ese condensador en la zona de "lectura" de la señal de salida sea inferior en comparación con una situación en la que hay una gota.
- Las señales (por ejemplo, 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 subyacente a una arquitectura sigma-delta es hacer evaluaciones aproximadas de la señal, medir el error, integrarlo y después compensar ese error. Los datos pueden sobremuestrearse a una frecuencia dada de al menos 32 kHz, por ejemplo, más preferiblemente de 64 kHz, aunque puede apreciarse que también pueden utilizarse 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. Por lo tanto, el esquema de modulación sigma-delta puede utilizarse para reducir ruido (por ejemplo, en la cola de una señal) y producir un tren de salida digital (por ejemplo, de varios 1 y 0).
- Antes de analizar el funcionamiento detallado y las matemáticas de ejemplo subyacentes a un algoritmo de un sensor de ejemplo, se proporcionará una visión general de los estados que pueden adoptar el sensor y/o los limpiaparabrisas con relación a la Fig. 7, la cual es un diagrama de estados a modo de ejemplo que muestra cómo pueden utilizarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas de un vehículo. El sistema comienza en un estado de inicio/inicialización S702. En este estado, se vacían todas las memorias intermedias en determinados casos de ejemplo. En función de las entradas de los condensadores  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , se lleva a cabo una conversión de analógico a digital de las señales de las respectivas entradas a través de modulación sigma-delta. Se leen los datos para la pluralidad de canales a lo largo de un periodo de tiempo T. El estado selector de modo de funcionamiento S704 funciona como un conmutador que selecciona entre el modo manual o el modo automático del limpiaparabrisas. Si el estado selector de modo de funcionamiento S704 indica que está seleccionado el modo manual, entonces en el estado de modo manual S706 puede deshabilitarse un modo automático y puede habilitarse un modo manual preexistente. Después, el sistema vuelve al estado de inicio/inicialización S702. Sin embargo, si el estado selector de modo de funcionamiento S704 indica que está seleccionado el modo automático, entonces se habilita el modo automático de limpiaparabrisas en el estado de modo automático S708.
- En el estado de motor autocorrelador S710, se llevan a cabo al menos tres cálculos. En primer lugar, se calcula una autocorrelación normalizada para cada entrada de señal de la matriz capacitiva. En segundo lugar, se calcula el gradiente de la autocorrelación. En tercer lugar, puede calcularse la diferencia entre la entrada de señal y una señal de referencia no perturbada ( $\Delta_1$ ). Esta información se pasa al estado "¿está lloviendo?" S712, en el que se verifican al 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  $\Delta_1$  sea mayor que un valor umbral predefinido  $t_1$ . Si no se cumplen estas condiciones, el sistema pasa 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 vuelve al estado de inicio/inicialización S702.
- Por otro lado, si se cumplen todas las condiciones (por ejemplo, es probable que haya una interacción de agua, humedad o alguna otra perturbación sobre el vidrio, etc.), el sistema pasa 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 posteriormente, estas comprobaciones ayudan, por ejemplo, a determinar el tipo de perturbación (por ejemplo, lluvia ligera, lluvia fuerte, niebla, nieve, etc.) que incide sobre la ventana (por ejemplo, el parabrisas). En el estado de valoración del nivel de lluvia S720, se determina el "nivel de lluvia" (por ejemplo, fuerte, ligera, etc.). En función de esta determinación, el motor de limpiaparabrisas se activa a la velocidad adecuada en el estado selector de velocidad S722. Por último, el sistema vuelve al estado de inicio/inicialización S702 para determinar si se ha producido algún cambio en las condiciones externas al coche.

Las etapas llevadas a cabo por el sensor de lluvia se describirán en mayor detalle con relación a la Fig. 8, que es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra cómo pueden utilizarse 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 modulación sigma-delta a los datos obtenidos del circuito de las Fig. 4 - 5 (por ejemplo, del  $C_{int}$  o de los condensadores C1 - C4), y se leen en S802.

El algoritmo para determinar si poner en marcha el limpiaparabrisas, y si es así, la velocidad a la que poner en marcha el limpiaparabrisas, comienza autocorrelacionando los datos modulados en sigma-delta en la etapa S804. La autocorrelación puede utilizarse para analizar funciones de series de valores, tales como señales de dominio de tiempo. Una autocorrelación es la correlación cruzada de una señal consigo misma. La autocorrelación se utiliza para encontrar patrones repetitivos o sustancialmente repetitivos en una señal tal como, por ejemplo, determinar la presencia de una señal periódica escondida bajo ruido, identificar la frecuencia fundamental de una señal que no contiene propiamente esa componente de frecuencia pero que implica dentro de la misma muchas frecuencias armónicas, etc. La correlación cruzada es una medida de la similitud de dos señales y se utiliza para encontrar características en una señal desconocida comparándola con una conocida; dicho de otro modo, puede utilizarse para llevar a cabo la identificación mediante huella digital de una señal en determinados casos. La correlación cruzada es una función del tiempo relativo entre las señales. La correlación cruzada se aplica a las señales digitales de dos condensadores cualquiera (por ejemplo, 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 transversal espacio-temporal permite al sistema extraer patrones de cómo la lluvia que cae se proyecta eléctricamente sobre la disposición de sensor. Como ejemplo, el sistema puede tomar el caso de gotas de lluvia que se mueven sobre un condensador C1 en un instante  $t_0$  y la misma gota que "toca" otro condensador C4 (espacialmente separado por una distancia L desde C1). Si la gota se mueve a una velocidad media de  $V_i$ , el tiempo ( $t_0+T$ ), donde  $T=L/V_i$ , la función de correlación cruzada tendrá otro extremo o doblez. La magnitud normalizada de este valor 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 resultante de la lectura del mismo (o la lectura correspondiente de  $C_{int}$ ). La función de autocorrelación depende de la diferencia de tiempo, más que del tiempo real. Calcular las autocorrelaciones resulta beneficioso porque permite, por ejemplo, la deducción de la frecuencia fundamental independientemente de la fase. Las autocorrelaciones resultan ventajosas sobre otros procedimientos, como las transformadas de Fourier (que también pueden utilizarse) que proporcionan información únicamente sobre los armónicos subyacentes. Por lo tanto, el uso de la autocorrelación de las lecturas de los condensadores C1 a C4 (que como se ha explicado anteriormente, incluye las lecturas correspondientes del  $C_{int}$  imitador) puede utilizarse para detectar y distinguir entre gotas de agua, suciedad, polvo, gotitas, un chaparrón, etc.

Debe observarse que en este documento los datos de  $C_{int}$  se consideran los datos de los condensadores C1 - C4 ya que la capacitancia  $C_{int}$  imita o sustancialmente imita las capacitancias C1 - C4, tal y como se ha explicado anteriormente. Por lo tanto, cuando se describe cómo recibir datos desde los condensadores (por ejemplo, C1 - C4), esto abarca e incluye la recepción de datos de la capacitancia  $C_{int}$ . Dicho de otro modo, la salida del circuito de las Fig. 4 - 5 se considera que proviene de los condensadores C1 - C4, aunque no se tome directamente de los mismos.

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

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

Esencialmente,  $b$  toma un valor binario que indica si está lloviendo (1), o no (0). Debe apreciarse que  $b$  es al menos dos bits, y que para la modulación sigma-delta pueden utilizarse 24 bits en determinadas formas de realización de ejemplo. También debe apreciarse que puede 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 las Fig. 4 - 5, por ejemplo, de la matriz de

cuatro condensadores C1 - C4 (o a través de C<sub>int</sub>), oscila entre 0000 y 1111, utilizando datos digitales binarios. Un único bit activado puede iniciar un único barrido en determinados casos de ejemplo. En el caso en el que todos los bits están apagados (0000) o todos los bits están encendidos (1111), no puede iniciarse ningún barrido en determinados casos de ejemplo, porque es probable que no haya nada sobre el parabrisas, el coche esté completamente sumergido, etc., ya que todos los condensadores de la matriz estarán leyendo lo mismo, lo que no es coherente con la lluvia que cae sobre una ventana. Por lo tanto, los sucesos más probables en los que se necesitarán los limpiaparabrisas son aquellos en el intervalo de 0001 a 1110 (es decir, cuando la salida de todos los condensadores de la matriz no es la misma). Cuando los datos se encuentran en este intervalo, o incluso si no se encuentran dentro de este intervalo, las funciones de correlación (funciones de autocorrelación y/o de correlación cruzada) pueden llevarse a cabo utilizando la siguiente integral. Debe apreciarse que la integral que se muestra a continuación puede reescribirse de otras formas, como, por ejemplo, una suma. Las correlaciones entre dos gotas en un periodo de tiempo largo pueden calcularse según la siguiente fórmula:

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

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

donde  $R_b$  es la correlación de un suceso binario, proporcionado en función de las resistencias  $r_i$  en unos tiempos dados  $t_i$  y  $L$  es un período de muestreo largo durante el cual se captura una ráfaga de datos. El período de muestreo  $L$  puede ser de 10 a 100 ms aproximadamente y, más preferiblemente, de 20 - 30 ms aproximadamente, lo que corresponde aproximadamente a la frecuencia en la que un ojo humano medio puede discernir.  $R_b$  también es igual a una función de la correlación de los cambios en las resistencias a través de los condensadores  $\Delta \bar{r}$  y el cambio de tiempo. Cuando  $\Delta \bar{r} = 0$ , se determina el valor de autocorrelación ya que están analizándose los datos del mismo condensador, y cuando  $\Delta \bar{r} \neq 0$ , se calculan las correlaciones cruzadas ya que la correlación se lleva a cabo en datos de diferentes condensadores.

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

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

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

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

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

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

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

Debe apreciarse que puede ahorrarse tiempo computacional debido a la naturaleza de las matrices de correlación y a la naturaleza de la lluvia. Por ejemplo, las matrices de correlación pueden ser simétricas en determinados casos de ejemplo. Además, como otro ejemplo, debido a que la lluvia tiende a caer desde el cielo y subir por un parabrisas, puede ser suficiente comparar solamente los condensadores que están dispuestos verticalmente entre sí en correlación cruzada, ignorando los condensadores horizontalmente adyacentes.

Después de haberse llevado a cabo la autocorrelación en la etapa S804 (por ejemplo, utilizando la(s) ecuación(es) descrita(s) anteriormente, o alguna otra ecuación o ecuaciones de correlación adecuadas), puede llevarse a cabo

una o más comprobaciones para mejorar la precisión del sistema. Ejemplos de tales comprobaciones (por ejemplo, si los datos autocorrelacionados  $R_{xx}$  tienen valores negativos, si un gradiente es mayor que uno, y/o si la forma de una curva  $R_{xx}$  es diferente o sustancialmente diferente de unos datos de autocorrelación normalizados y no perturbados almacenados en memoria) se enumeran en la parte inferior del cuadro de la etapa S804 en la Fig. 8. Puede 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 autocorrelacionados de uno o más de los condensadores (C1, C2, C3 y/o C4; o a través del  $C_{int}$  imitador) comprenden valores negativos. Por ejemplo, cuando los datos autocorrelacionados tienen un(os) valor(es) negativo(s), entonces el sistema o procedimiento puede indicar que no está lloviendo, puede detener los limpiaparabrisas, y/o puede no accionar los limpiaparabrisas del parabrisas (véase la etapa S808). Esta comprobación es para determinar, por ejemplo, si una perturbación detectada es realmente lluvia. A este respecto, la Fig. 10 es un gráfico que traza valores máximos de ejemplo obtenidos experimentalmente de autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones. La Fig. 10 ilustra que las señales de agua son más intensas que las señales no perturbadas y son positivas, y que las interferencias externas como las ondas electromagnéticas de radios CB y la mano de una persona que toca una ventana tienden a estar por debajo de los niveles de no perturbación y pueden ser negativos. Por lo tanto, para eliminar o reducir las falsas detecciones debidas a perturbaciones externas tales como, por ejemplo, la mano de una persona que toca la ventana, interferencias de señales de radio, etc., cualquier señal con valores de autocorrelación negativos se considera un suceso de "no lluvia". Debe apreciarse que algunas formas de realización pueden considerar valores de autocorrelación negativos. Otras medidas para eliminar o reducir las detecciones falsas debidas a interferencias externas son, por ejemplo, comparar gradientes (por ejemplo, cualquier curva inferior o menor que la curva/gráfica de no perturbación de la Fig. 10 puede considerarse como un suceso de "no lluvia"), proteger los condensadores, etc.

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

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

A este aspecto, la forma de la curva de autocorrelación puede utilizarse para reducir falsos barridos y/o falsas detecciones. En particular, la autocorrelación normalizada de una señal no perturbada se utiliza como referencia. Después, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada desde el circuito de las Fig. 4 - 5 se compara con la referencia para identificar la huella más aproximada en determinados casos de ejemplo. Generalmente, cuanto más agua se halle presente en el área de detección, mayor será la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada. De esta manera pueden compararse instantáneas de correlación con instantáneas de referencia de sucesos bien conocidos como la presencia de lluvia, suciedad, no perturbación, hielo, etc. En general, las instantáneas de correlación pueden normalizarse, aunque la invención no está limitada a esto. Preferiblemente, las instantáneas de correlación trazan valores  $r$  frente a cuantías de tiempo en un intervalo de tiempo discreto.

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

Por lo tanto, debe apreciarse que la forma de la curva de autocorrelación resultante de los datos de salida del

circuito de las Fig. 4 - 5 (de los condensadores C1 - C4, o a través de  $C_{int}$ ) pueden utilizarse para reducir falsos barridos como una tercera condición. Por ejemplo, una curva de autocorrelación normalizada de una señal no perturbada puede utilizarse como referencia. Después, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del

5 Generalmente, cuanto más agua se halle presente en el área de detección, mayor será la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada/detectada. De esta manera pueden compararse instantáneas de correlación con instantáneas de referencia de sucesos bien conocidos. En general, las instantáneas de correlación se normalizan preferiblemente, aunque la invención no está limitada a esto. Preferiblemente, las instantáneas de correlación trazan valores  $r$  frente a cuantías de tiempo en un intervalo de tiempo discreto.

10 Un posible problema con los sensores de lluvia capacitivos es que los cambios rápidos de temperatura (por ejemplo, debido a la frita negra de absorción de radiación utilizada para ocultar estéticamente el patrón de sensores) modifican la "constante" dieléctrica (permitividad) del vidrio. Esto se registra entonces como un cambio de la capacitancia y puede interpretarse erróneamente como una señal de lluvia. Sin embargo, una función de autocorrelación normalizada no se modifica, o sustancialmente no se modifica, para diferentes temperaturas

15 aunque pueda haber diferencias para las funciones de autocorrelación no normalizadas para las diferentes temperaturas. Por lo tanto, el sistema de detección no se ve afectado o sustancialmente no se ve afectado por los cambios de temperatura.

Además, una acumulación de agua extremadamente lenta como una niebla ultrafina puede acumularse lentamente hasta un nivel que active los sensores en función de convertidores de frecuencia Nyquist. En el momento de la

20 observación que se refiere a la visión humana (por ejemplo, de 30 - 60 Hz), la función de autocorrelación puede discriminar entre la acumulación ultralenta de rocío o condensación y de lluvia y niebla normales.

Las Figs. 11A - 11D proporcionan instantáneas de correlación de muestra obtenidas experimentalmente. Estas instantáneas de correlación, o huellas de un suceso, pueden almacenarse como huellas de referencia o curvas de correlación. Las instantáneas de correlación observadas/detectadas (por ejemplo, las curvas de autocorrelación)

25 pueden compararse con estas huellas de referencia para determinar el tipo de suceso que está produciéndose. Por ejemplo, la Fig. 11A es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de lluvia fuerte. La Fig. 11B es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de una 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 puesto a tierra con un voltaje. Debe apreciarse que estas huellas se proporcionan como ejemplos no limitativos y reflejan datos obtenidos experimentalmente. Los sucesos reales pueden diferir en diversas características. Por lo tanto, en determinadas formas de realización de ejemplo de esta invención, cuando se determina que hay una correspondencia o una correspondencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de las Fig. 4 - 5 y una curva de autocorrelación predeterminada de no humedad como la de la Fig. 11C o la Fig. 11D, entonces esto puede considerarse como un suceso de no-lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden detenerse y/o no accionarse (véase la etapa S808). Sin embargo, cuando se determina que hay una correspondencia o una correspondencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de las Fig. 4 y 5 y una curva de autocorrelación predeterminada relacionada con la humedad como la de la Fig. 11A o la Fig. 11B, entonces esto

30 puede considerarse como un suceso de lluvia y puede indicarse que está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden accionarse y/o mantenerse en movimiento. Además de las curvas de autocorrelación predeterminadas de las Fig. 11A a 11D, otras huellas de referencia pueden almacenarse y/o compararse con las instantáneas de correlación observadas.

Volviendo a la Fig. 8, en la etapa S806 se determina si se cumple cada una de las tres condiciones presentadas en la parte inferior del recuadro S804. En particular, en S806 se determina si se cumple cada uno de lo siguiente: (a) los datos autocorrelacionados no tienen valores negativos; (b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociada con dichos datos autocorrelacionados es mayor que un valor predeterminado tal como uno; y (c) la forma de la curva de autocorrelación asociada con los datos autocorrelacionados del circuito de las Fig. 4 y 5 es diferente de una curva de autocorrelación predeterminada asociada con datos de autocorrelación no perturbados. Si no se cumplen todos, esto indica un suceso de no lluvia y el proceso avanza hasta la etapa S808, donde el/los limpiaparabrisas del vehículo se detiene(n) (si estaba(n) en movimiento) o se mantiene(n) desactivado(s), y comienza nuevamente la inicialización S800. Sin embargo, si todos estos requisitos se cumplen en S806, entonces el proceso avanza hasta S810 y los limpiaparabrisas del vehículo (por ejemplo, los limpiaparabrisas del parabrisas) se activan a su velocidad más baja.

55 Solamente a efectos de ejemplo y comprensión, la Fig. 13 ilustra un ejemplo de autocorrelación. En la Fig. 13, los valores de (o referentes al) condensador de detección C1, en los tiempos secuenciales  $-t_2$ ,  $-t_1$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$ , son 0, 0, 1, 1, 0 y 0, respectivamente. La autocorrelación para el tiempo 0 (aco) se determina multiplicando los valores referentes a C1 de una manera no desfasada y, a continuación, se añaden o suman los resultados. En la Fig. 13

5 puede observarse que  $\rho$  es igual a 2 en este caso. Por lo tanto, en el gráfico de autocorrelación en la parte inferior de la Fig. 13, se crea una entrada en el gráfico en el tiempo 0 para un valor de autocorrelación de 2. Debe observarse que el gráfico de autocorrelación en la parte inferior de la Fig. 13 es similar, pero más simple, que el gráfico de autocorrelación de la Fig. 10 y los valores de autocorrelación pueden obtenerse para la Fig. 10 de una manera similar. Después, todavía en relación a la Fig. 13, se lleva a cabo la autocorrelación utilizando los valores de capacitancia referentes a C1 para el siguiente instante de tiempo para obtener el valor de autocorrelación  $\rho_1$ . Este siguiente valor de autocorrelación ( $\rho_1$ ) se obtiene desplazando la secuencia de la fila inferior de los valores para C1 con respecto a la fila superior, tal y como se muestra en la Fig. 13, y multiplicando a continuación los valores de las filas que se alinean entre sí y sumando los resultados. La Fig.13 ilustra que  $\rho_1$  es igual a 1 para el tiempo 1. Por lo tanto, este valor de autocorrelación de 1 para el tiempo  $t_1$  puede introducirse en el gráfico en la parte inferior de la Fig. 13, dibujándose una línea entre los dos puntos de datos introducidos a efectos de ejemplo y comprensión. Después, para el siguiente valor de tiempo (o periodo), la fila inferior se desplaza nuevamente otro segmento con respecto a la fila superior y el proceso se repite, y así sucesivamente. Puede observarse que los gráficos de autocorrelación de la Fig. 10 pueden obtenerse de una manera similar. En la Fig. 13, puede apreciarse que esa correlación cruzada puede llevarse a cabo reemplazando los valores relacionados con C1 de la fila inferior por los valores de  $\rho$  relacionados con otro condensador, tal como C2 (o C3 o C4).

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

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

30 De manera más sistemática, en la etapa S812 se calculan las correlaciones cruzadas (las correlaciones entre los datos referentes a diferentes condensadores), y los dos lados de la curva de correlación cruzada se utilizan para determinar el nivel de simetría L. Si el nivel de simetría es inferior a un umbral predefinido  $t_{min}$ , la etapa S814 dirige el sistema hasta la etapa S816 donde los limpiaparabrisas se activan a la velocidad más baja, y el sistema vuelve 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 hasta la etapa S820 donde los limpiaparabrisas se activan a una velocidad más rápida o media, y el sistema vuelve a la etapa de inicialización S800. Debe apreciarse que puede especificarse una pluralidad de valores arbitrarios  $t_i$ , y un nivel de simetría comprendido entre  $t_i$  y  $t_{i+1}$  activará una velocidad de limpiaparabrisas correspondiente adecuada y, después, el sistema volverá 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 hasta la etapa S824 donde los limpiaparabrisas se activan a la velocidad más alta, y el sistema vuelve a la etapa de inicialización S800. Por lo tanto, las correlaciones a partir de la salida de datos del circuito de las Fig. 4 - 5 pueden utilizarse para ajustar la velocidad del limpiaparabrisas. Cuantas más correlaciones cruzadas altas haya, mayor será la velocidad del limpiaparabrisas utilizada debido a la probabilidad de lluvia más fuerte.

50 A efectos de ejemplo y comprensión, las Figs. 14 - 24 ilustran ejemplos de correlación cruzada. La Fig. 14 muestra los datos de correlación cruzada en determinados casos de ejemplo, mientras que las Figs. 15 - 24 ilustran gráficos de correlación cruzada de algunos de los datos de la Fig. 14, donde se detecta la lluvia. En las Fig. 15 - 24, cada periodo en el eje horizontal es un microsegundo (1  $\mu$ s) a efectos de ejemplo, y el muestreo se llevó a cabo cada microsegundo. Tal y como se ha explicado anteriormente con respecto a la Fig. 13, en las Fig. 15 - 24 en el tiempo = 0 (periodo 0), no hay ningún desplazamiento en el tiempo de los valores de los diferentes condensadores que están correlacionándose. La Fig. 14 ilustra que, cuando había lluvia (véanse las señales S1 - S5 y W1 - W5), las señales delta referentes a la autocorrelación fueron altas. Las Figs. 15 - 24 son gráficos de correlaciones cruzadas referentes a estas señales. Es útil buscar simetría entre los gráficos en los lados izquierdo y derecho de cada una de las Figs. 15 - 24 (un lado de cero se compara con el otro lado de cero). En términos generales, si hay simetría alrededor del eje de periodo cero, no hay mucha correlación cruzada, lo que indica que la lluvia detectada no es

- 5 muy fuerte. Sin embargo, si hay asimetría alrededor del eje de periodo cero, entonces esto significa más correlación cruzada e indica que la lluvia es fuerte o más fuerte. Por ejemplo, obsérvese la asimetría en las Fig. 18, 19 y 23 alrededor del eje de periodo cero debida a las depresiones o valles en uno o ambos lados. Más correlación cruzada indica que las gotas de lluvia se están moviendo desde un área de detección de un condensador hasta otra área 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 de tiempo. Una alta correlación cruzada indica que la misma gota está detectándose en condensadores diferentes, en diferentes instantes de tiempo (por ejemplo, véase también la Fig. 9). Debe observarse que la "t" minúscula de la Fig. 9 es la misma que la del eje de periodos en las Figs. 15 - 24.
- 10 Por lo tanto, el sensor de lluvia puede detectar lluvia u otro material en la ventana de vehículo o en otro tipo de ventana o lámina/superficie, sin necesidad de un condensador de referencia. Puede utilizarse correlación espacio-temporal. Todos los condensadores, o una pluralidad de condensadores, de la matriz de sensores pueden tener una forma idéntica o sustancialmente idéntica en determinadas formas de realización de ejemplo. A efectos de ejemplo, en un instante de tiempo dado (por ejemplo,  $t_1$ ), el sistema puede comparar los valores relacionados con C1 con los valores relacionados con C2 y/o con los valores relacionados con otro condensador. Para este tiempo  $t_1$ ,
- 15 el sistema también puede comparar los valores relacionados con C1 consigo mismo (autocorrelación), y también puede comparar la autocorrelación de C1 con la autocorrelación de C2 y/o de otro(s) condensador(es) de detección.

## REIVINDICACIONES

1. Un sensor de lluvia, que comprende:
 

un circuito de detección que comprende al menos condensadores de detección (C1, C2) primero y segundo que son sensibles a la humedad sobre una superficie externa de una ventana (1; 10); caracterizado porque el circuito de detección comprende además al menos un condensador imitador ( $C_{int}$ ) que imita la carga y descarga de al menos el primer condensador de detección; en el que un pulso de escritura hace que cada uno del primer condensador de detección (C1) y del condensador imitador ( $C_{int}$ ) se carguen, y un pulso de borrado hace que cada uno del primer condensador de detección (C1) y del condensador imitador ( $C_{int}$ ) se descarguen sustancialmente; en el que la presencia de lluvia sobre la superficie externa de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección (C1) hace que un voltaje en un electrodo de salida del condensador imitador ( $C_{int}$ ) fluctúe de una manera proporcional a la fluctuación de un voltaje en un electrodo de salida del primer condensador de detección (C1) aunque no haya lluvia presente en un campo del condensador imitador; y en el que se detecta lluvia en función de una señal de salida del electrodo de salida del condensador imitador, en el que la señal de salida se lee al menos entre la finalización del pulso de escritura y el comienzo del pulso de borrado.
2. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que la señal de salida del electrodo de salida del condensador imitador ( $C_{int}$ ) se convierte de analógico a digital y después se somete a un procesamiento para determinar si hay lluvia sobre la superficie externa de la ventana, y en el que dicho procesamiento comprende preferiblemente autocorrelación y/o correlación cruzada.
3. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que el circuito de detección comprende una matriz de condensadores de detección (C1, C2, C3, C4), y en el que el condensador imitador ( $C_{int}$ ) imita cada uno de los condensadores de detección de la matriz que se cargan y descargan secuencialmente.
4. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que electrodos de los condensadores de detección (C1, C2) primero y segundo son flotantes, de manera que los condensadores de detección están aislados eléctricamente con respecto a tierra.
5. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que los condensadores de detección (C1, C2) primero y segundo tienen una geometría fractal.
6. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que el condensador imitador ( $C_{int}$ ) está separado físicamente de los condensadores de detección (C1, C2), y en el que el pulso de escritura hace que se cargue el primer condensador de detección (C1), pero no el segundo condensador de detección (C2), y también hace que se cargue el condensador imitador ( $C_{int}$ ).
7. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, que comprende además:
 

medios para correlacionar datos del condensador imitador ( $C_{int}$ ) referentes a al menos uno de los condensadores de detección para obtener datos correlacionados;

medios para determinar, en función de al menos los datos correlacionados, si hay lluvia sobre una superficie exterior de la ventana; y

en el que dicha correlación es autocorrelación y/o correlación cruzada.
8. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que cada uno de los condensadores de detección (C1, C2) primero y segundo comprende electrodos (7, 8) primero y segundo espaciados que son sustancialmente coplanarios entre sí.
9. El sensor de lluvia según la reivindicación 1, en el que el pulso de escritura se suministra a una puerta de un primer transistor (Q1) que está eléctricamente conectado al primer condensador de detección (C1), y el pulso de borrado se aplica a puertas respectivas de transistores (Q2, Q3) segundo y tercero que están eléctricamente conectados al primer condensador de detección y al condensador imitador ( $C_{int}$ ), respectivamente.
10. Un procedimiento para detectar lluvia sobre una superficie de una ventana (1; 10), comprendiendo el procedimiento:
 

suministrar pulsos de escritura primero y segundo espaciados que provocan respectivamente que condensadores de detección (C1, C2) primero y segundo de un circuito de detección se carguen, en el que el primer condensador de detección se carga cuando el segundo condensador de detección está sustancialmente descargado, y el segundo condensador de detección se carga cuando el primer

condensador de detección está sustancialmente descargado, de manera que los condensadores de detección primero y segundo se cargan en momentos diferentes;

que cada uno de los condensadores de detección primero y segundo sea sensible a la humedad sobre la superficie de la ventana;

- 5 suministrar un primer pulso de borrado, entre tiempos de los pulsos de escritura primero y segundo, provocando el primer pulso de borrado que el primer condensador de detección se descargue sustancialmente, y suministrar un segundo pulso de borrado después del segundo pulso de escritura, en el que el segundo pulso de borrado hace que el segundo condensador de detección se descargue sustancialmente;
- 10 en el que una magnitud de una salida del circuito de detección se ve afectada por la presencia de lluvia sobre la superficie de la ventana;
- convertir una señal de salida analógica del circuito de detección a una señal digital y, en función de la señal digital, determinar si hay lluvia sobre la superficie de la ventana;
- 15 en el que el circuito de detección comprende además al menos un condensador imitador ( $C_{int}$ ) que imita la carga y la descarga de al menos uno de los condensadores de detección primero y segundo, y la presencia de lluvia sobre la superficie de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección hace que un voltaje en un electrodo de salida del condensador imitador fluctúe de una manera proporcional a la fluctuación de un voltaje en un electrodo de salida del primer condensador de detección, aunque no haya lluvia presente en un campo del condensador imitador; y
- 20 detectar lluvia en función de una señal de salida del electrodo de salida del condensador imitador.
11. El procedimiento según la reivindicación 10, en el que cada uno de los condensadores de detección primero y segundo comprende electrodos (7, 8) primero y segundo separados que son sustancialmente coplanarios entre sí y que están soportados por la ventana.
12. El procedimiento según la reivindicación 10, en el que los pulsos de escritura se suministran a una puerta de un primer transistor (Q1) que está eléctricamente conectado a al menos uno de los condensadores de detección (C1, C2, C3, C4), y los pulsos de borrado se aplican a puertas respectivas de transistores (Q2, Q3) segundo y tercero.
- 25
13. El procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además:
- correlacionar datos de la señal digital para obtener datos correlacionados;
- 30 determinar, en función de al menos los datos correlacionados, si hay lluvia sobre la superficie de la ventana; y
- en el que dicha correlación es autocorrelación y/o correlación cruzada.

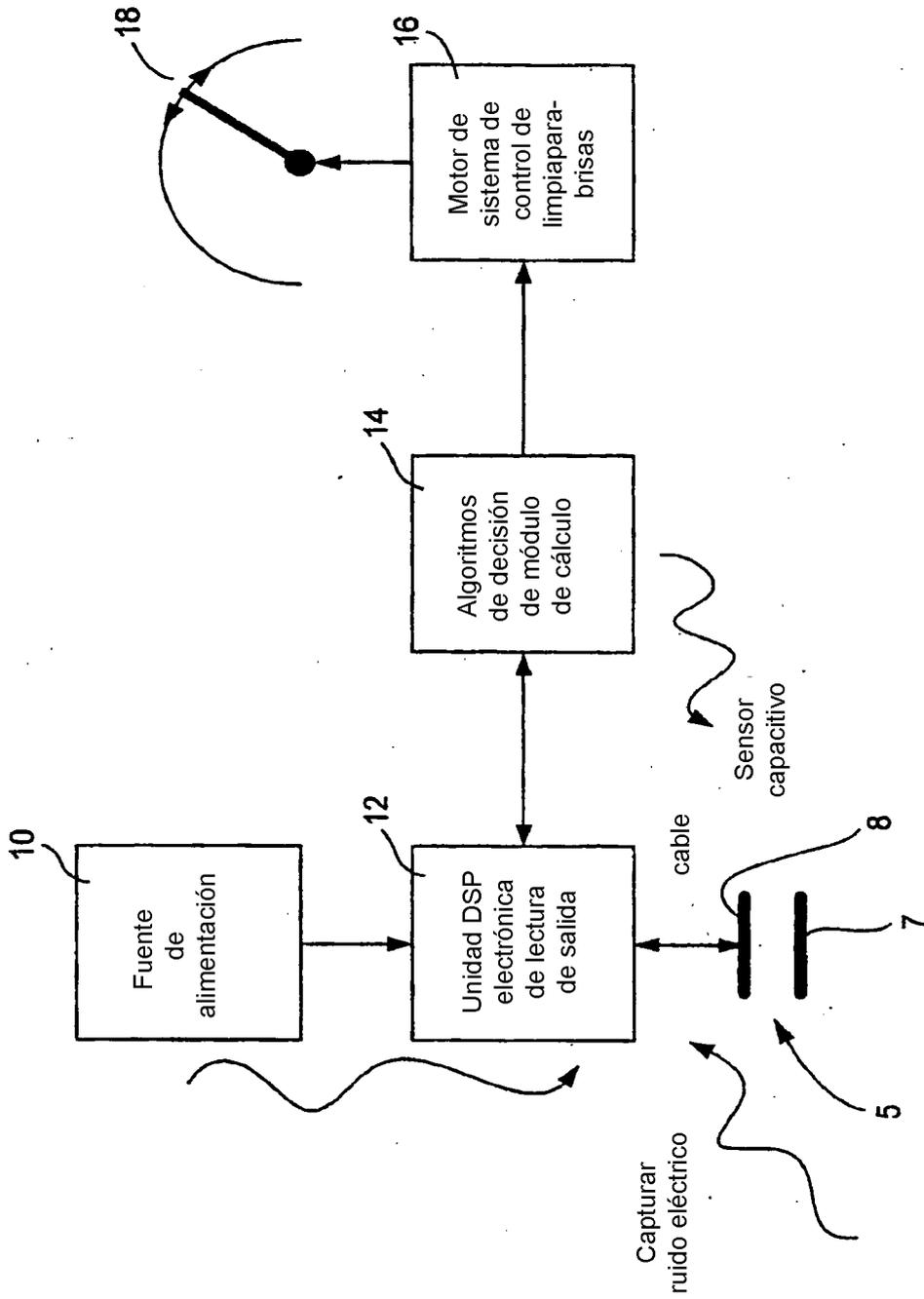


Fig. 1A

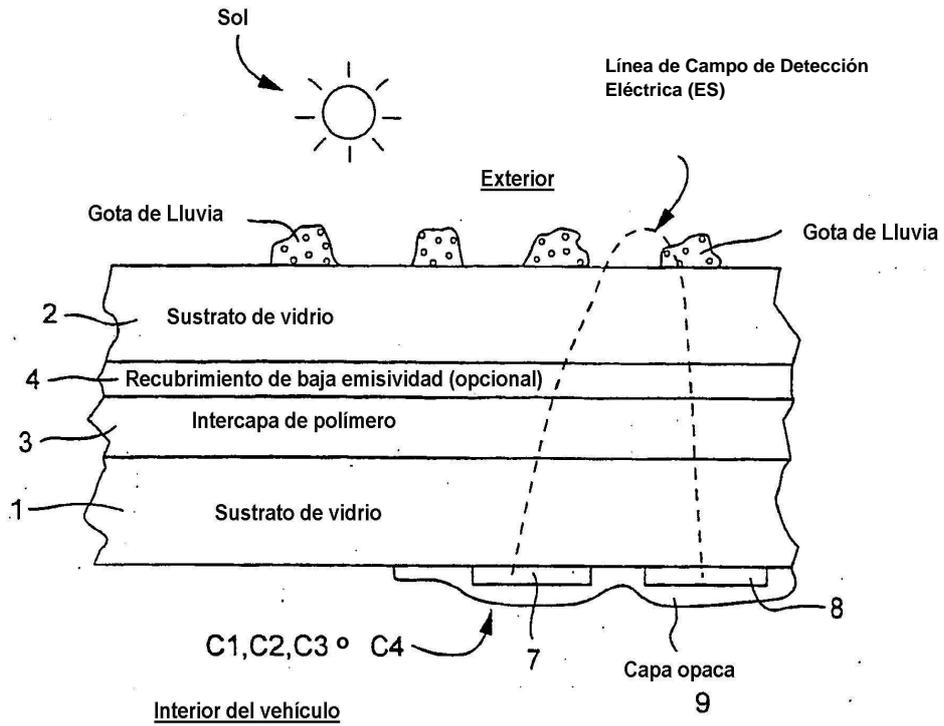


Fig. 1B

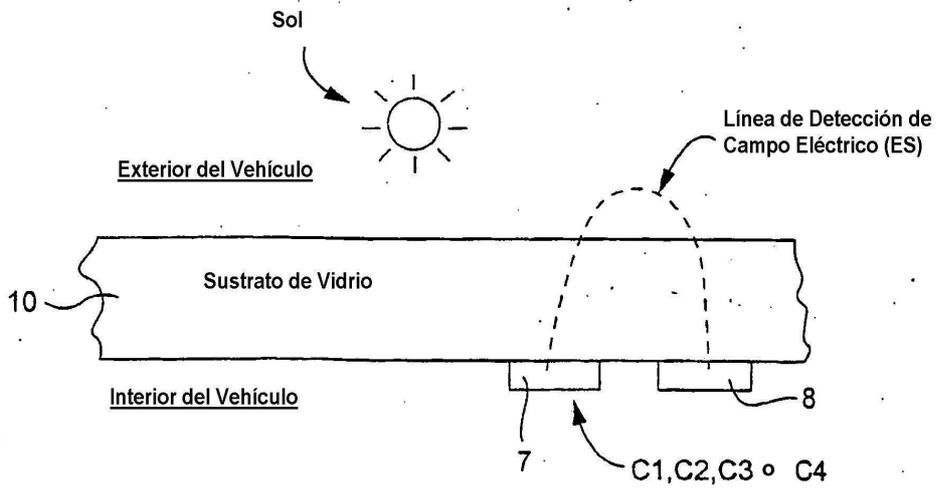


Fig. 1C

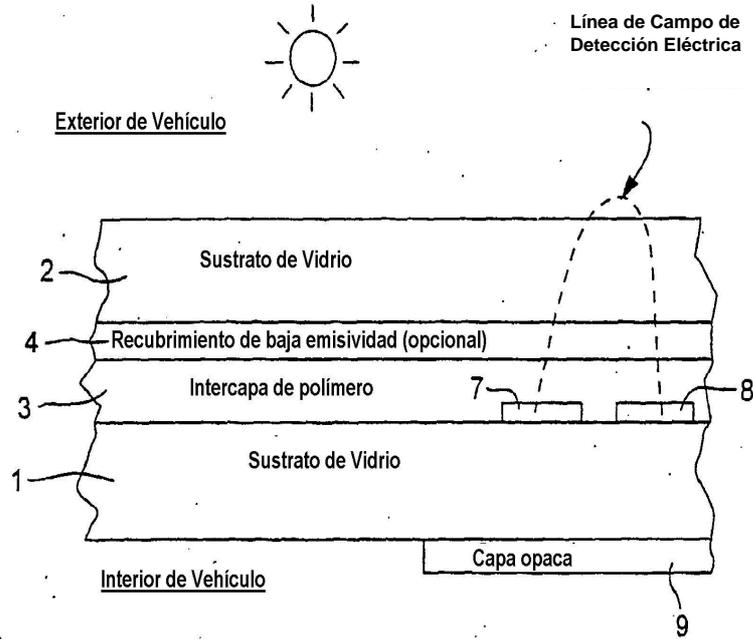


Fig. 1D

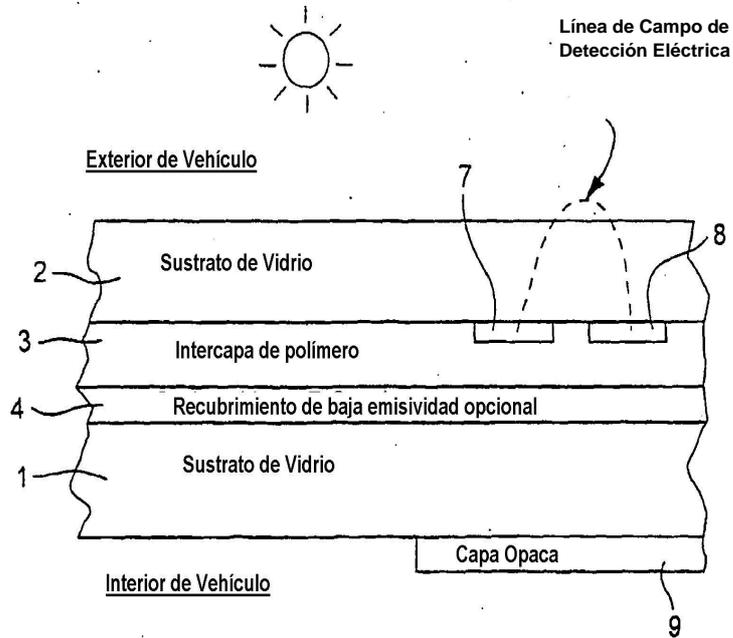


Fig. 1E

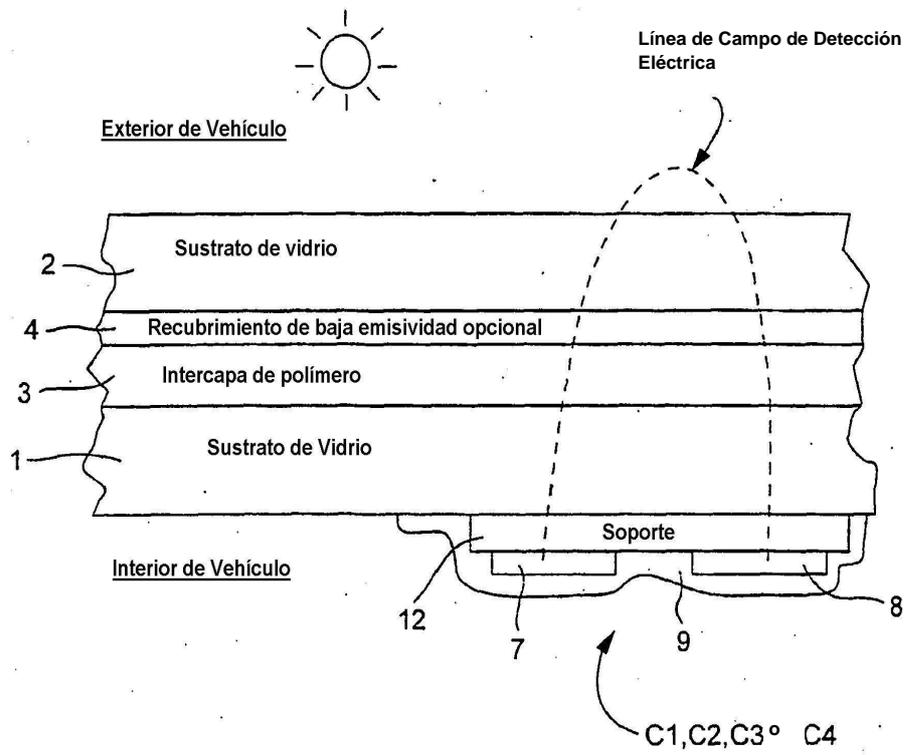


Fig. 1F

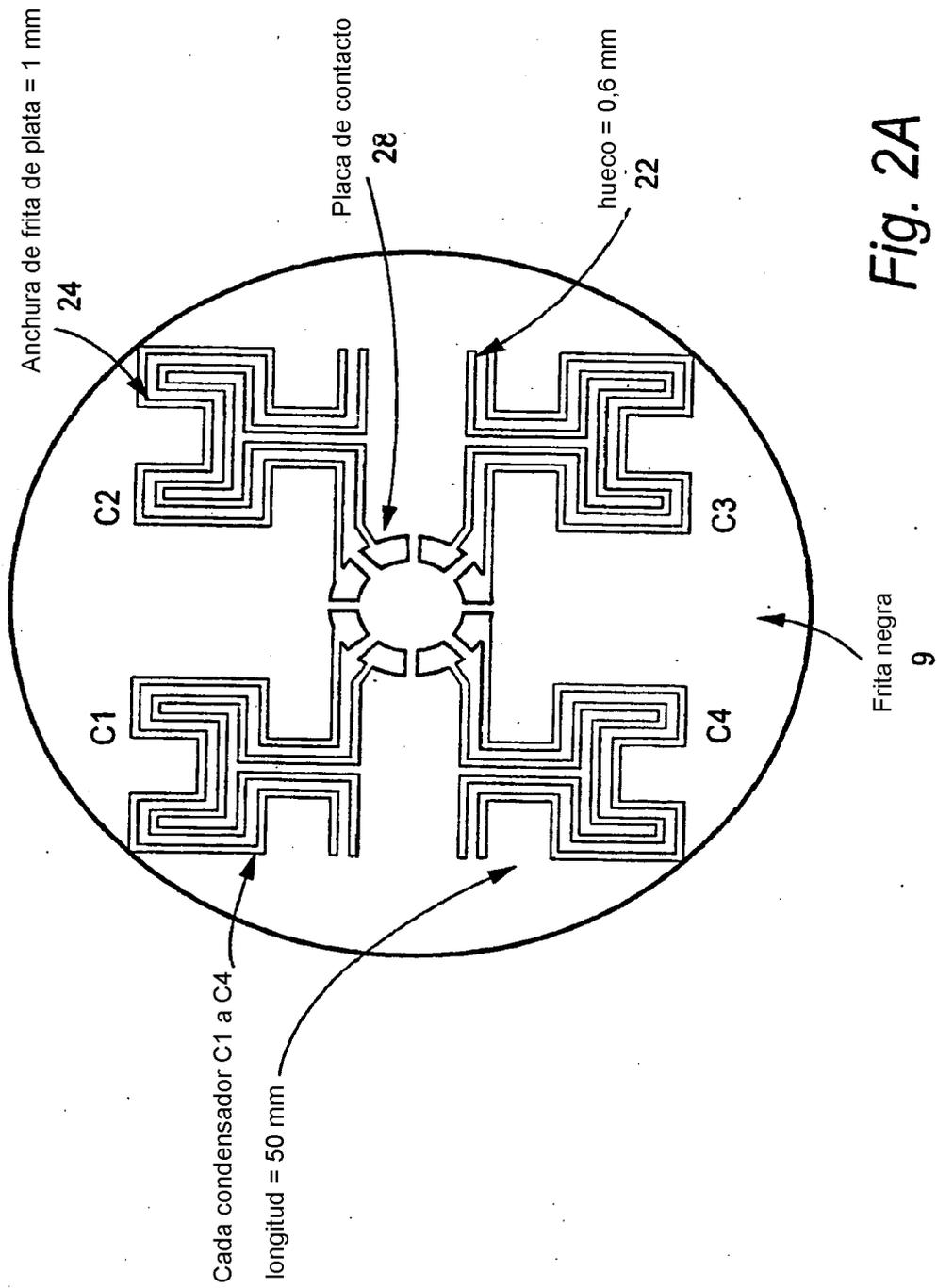
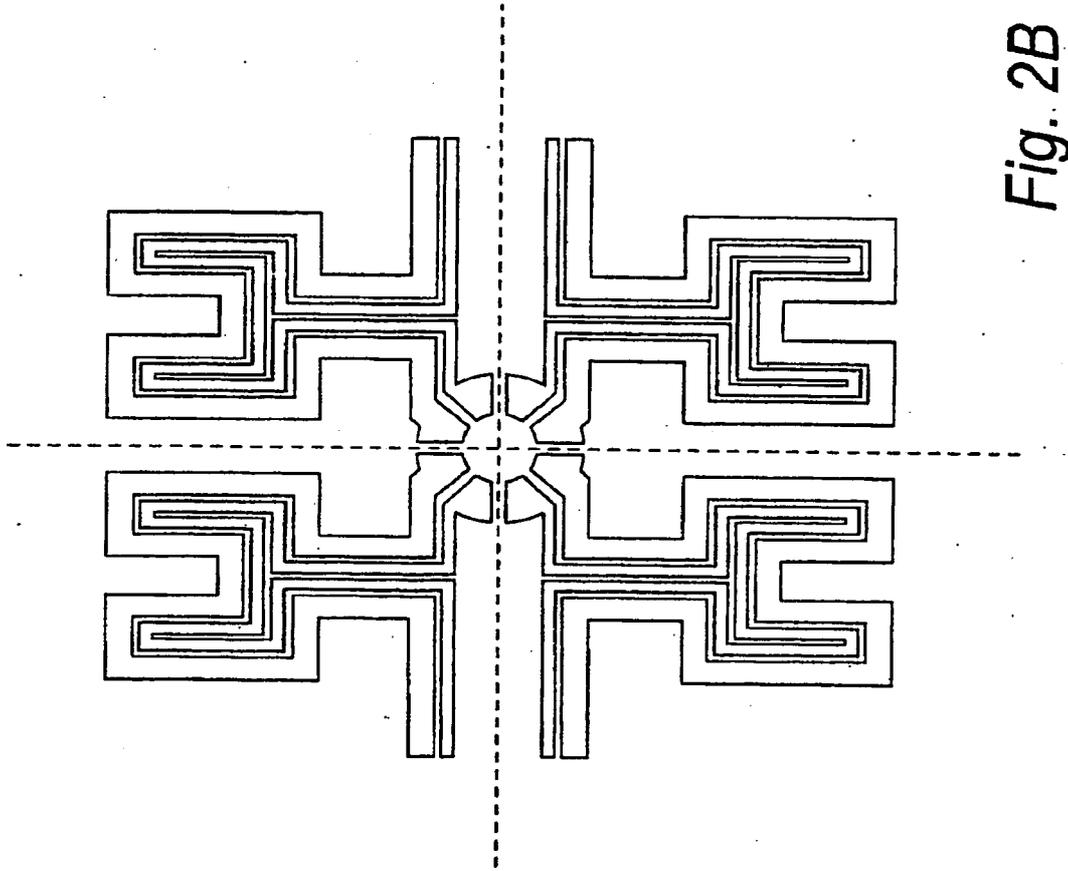


Fig. 2A



Anchura de línea exterior = 2 mm  
Anchura de línea interior = 1 mm  
Espacio hueco de aire = 0,6 mm

Todas las unidades están en mm

Diámetro de círculo interno = 6 mm  
Diámetro de círculo externo = 13 mm  
Distancia entre placas de contacto = 1 mm

Fig. 2B

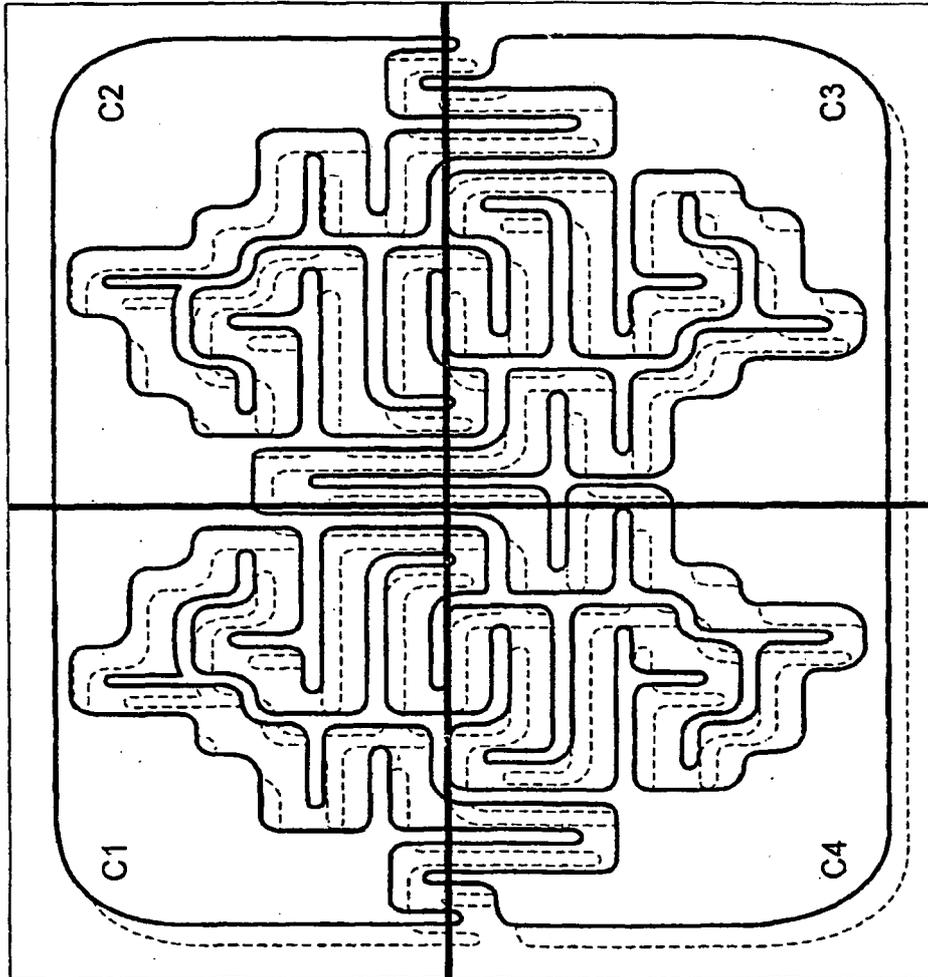


Fig. 3

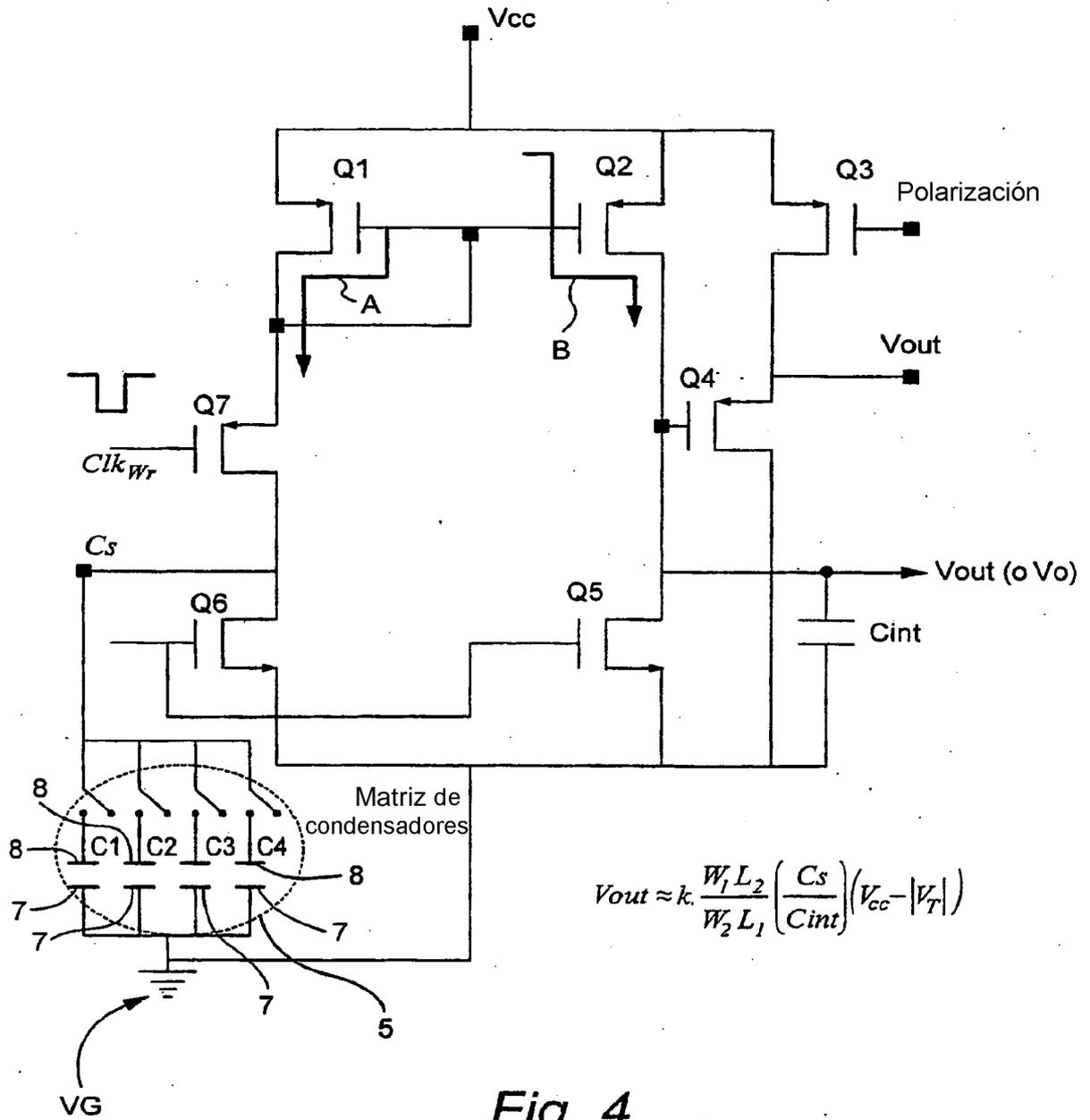


Fig. 4

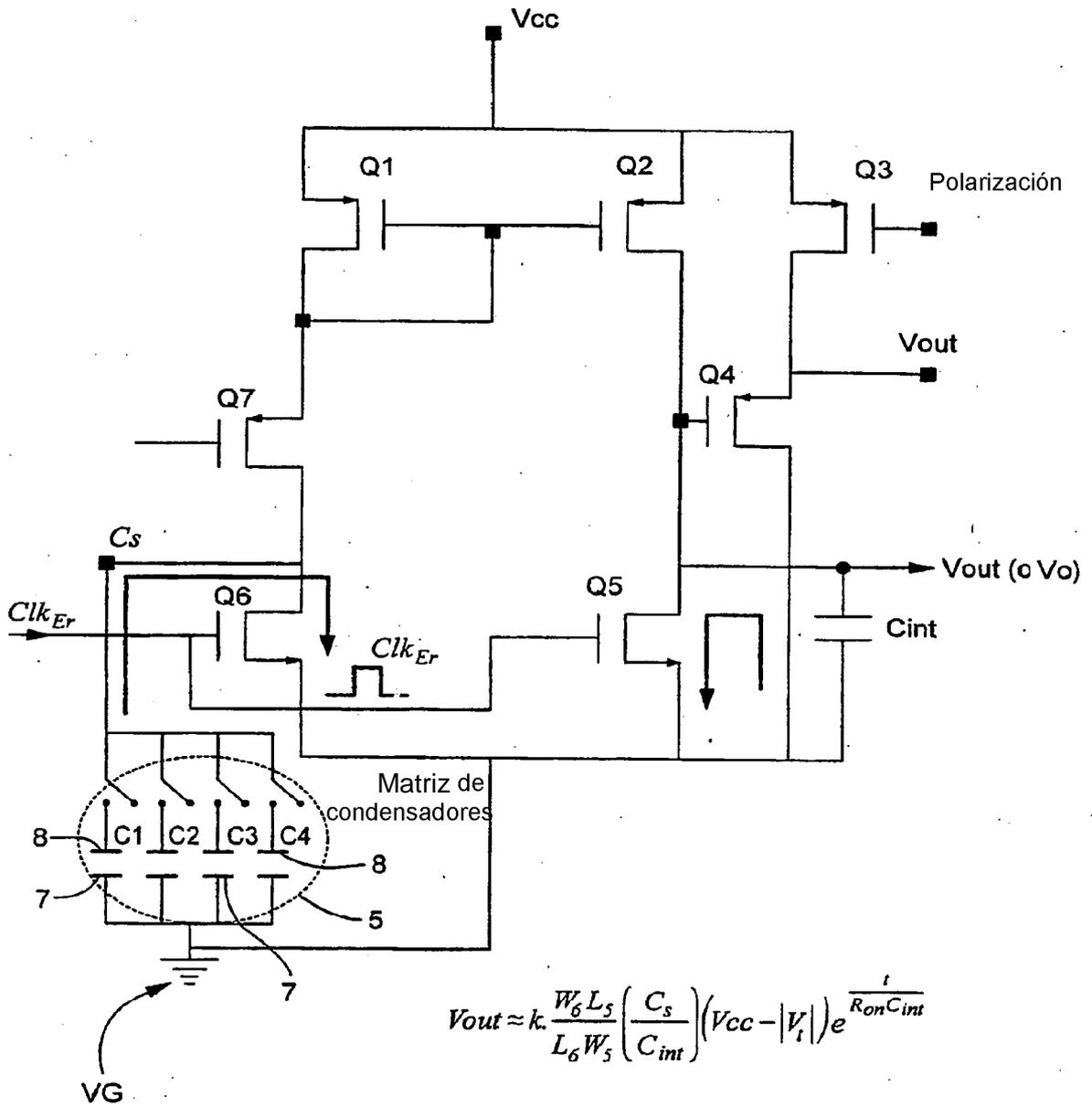


Fig. 5

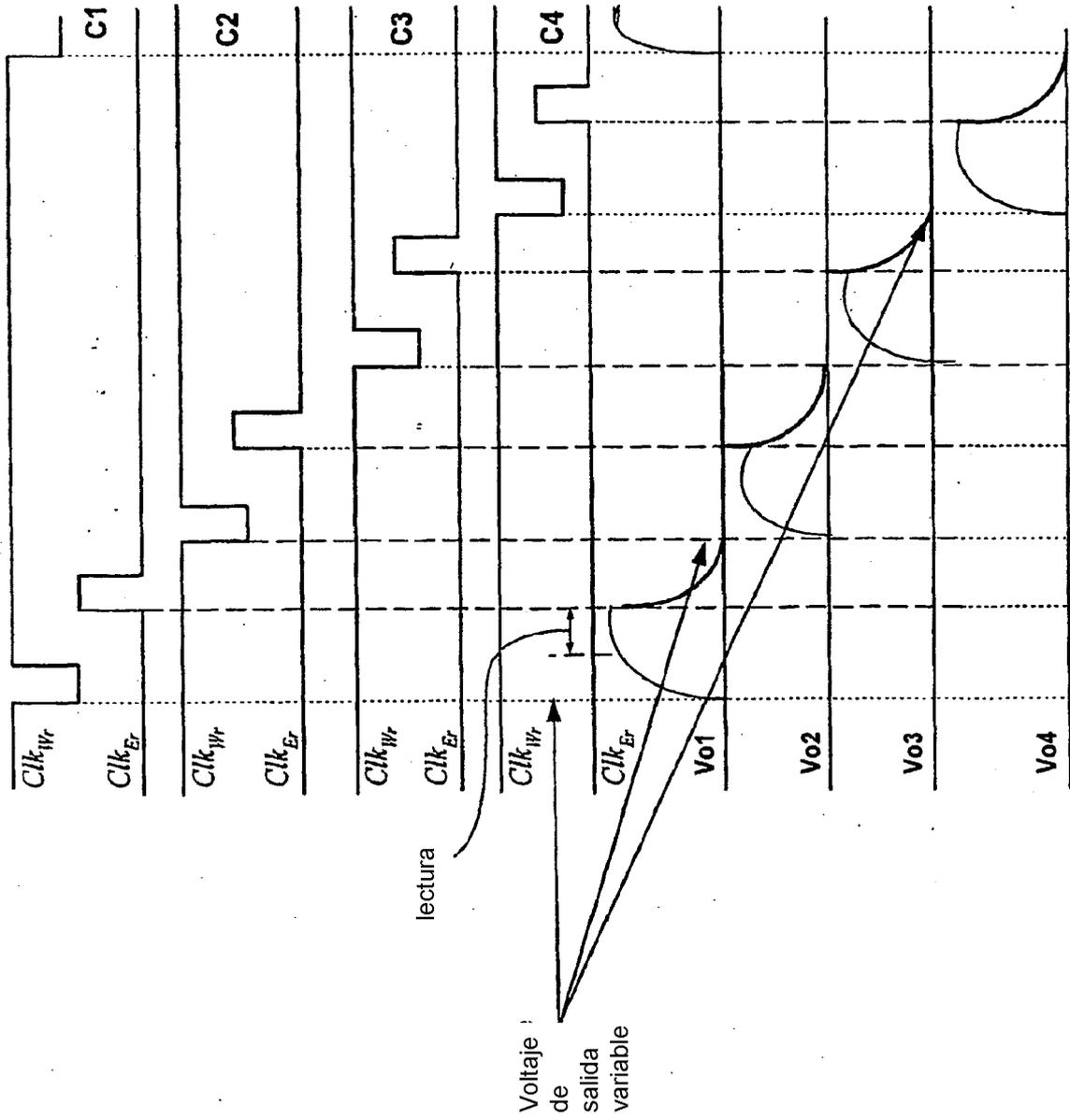


Fig. 6

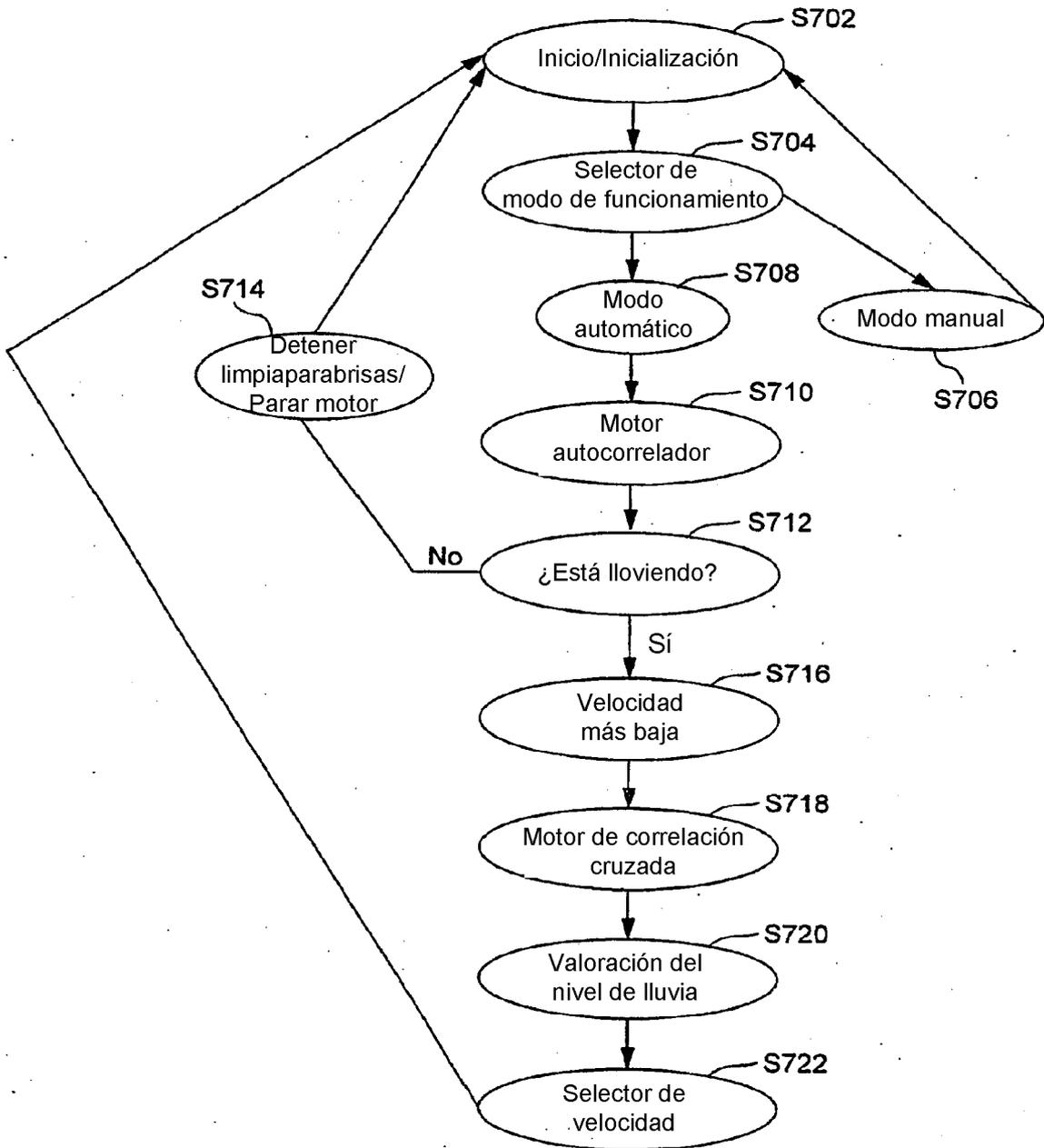


Fig. 7

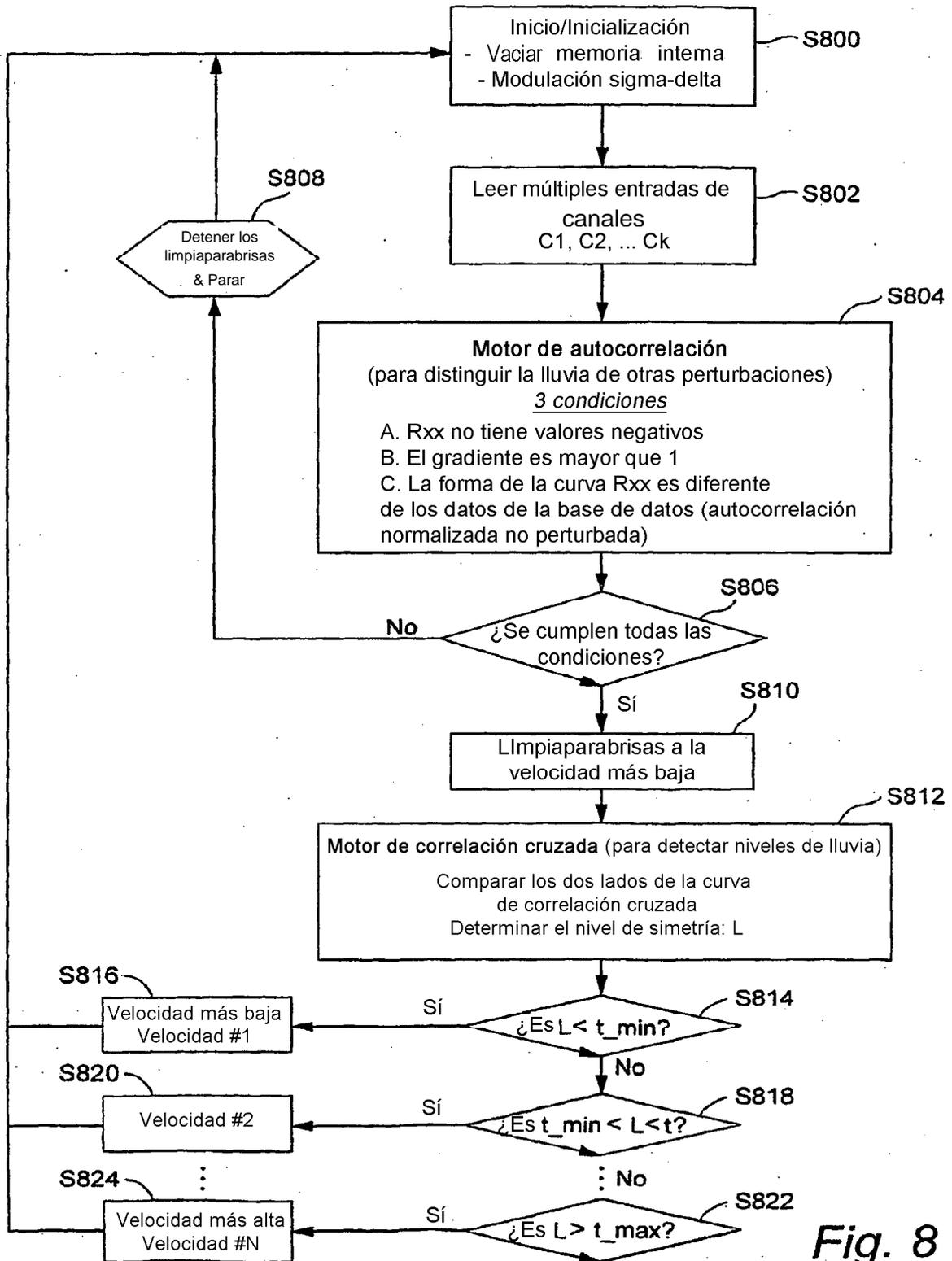


Fig. 8

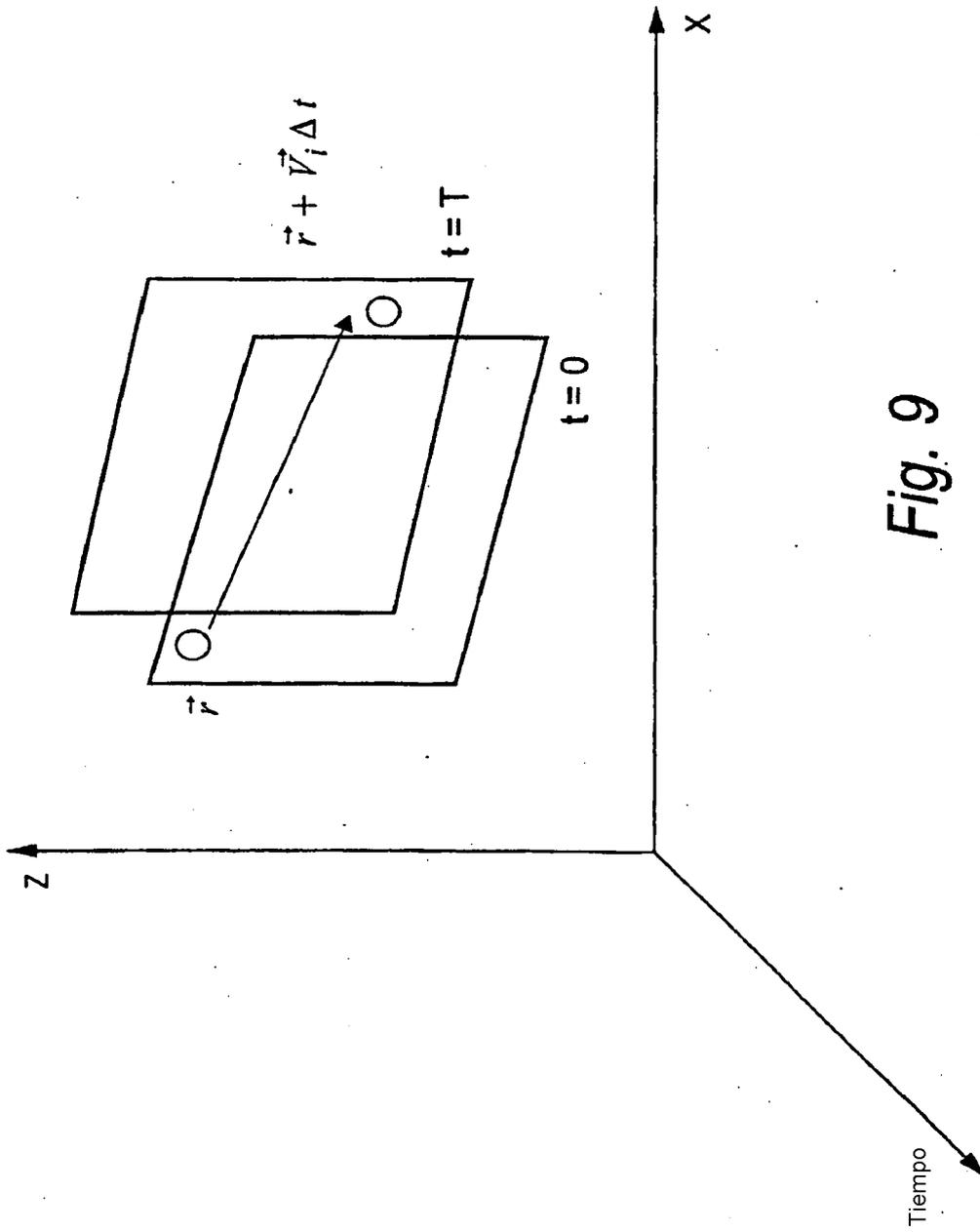


Fig. 9

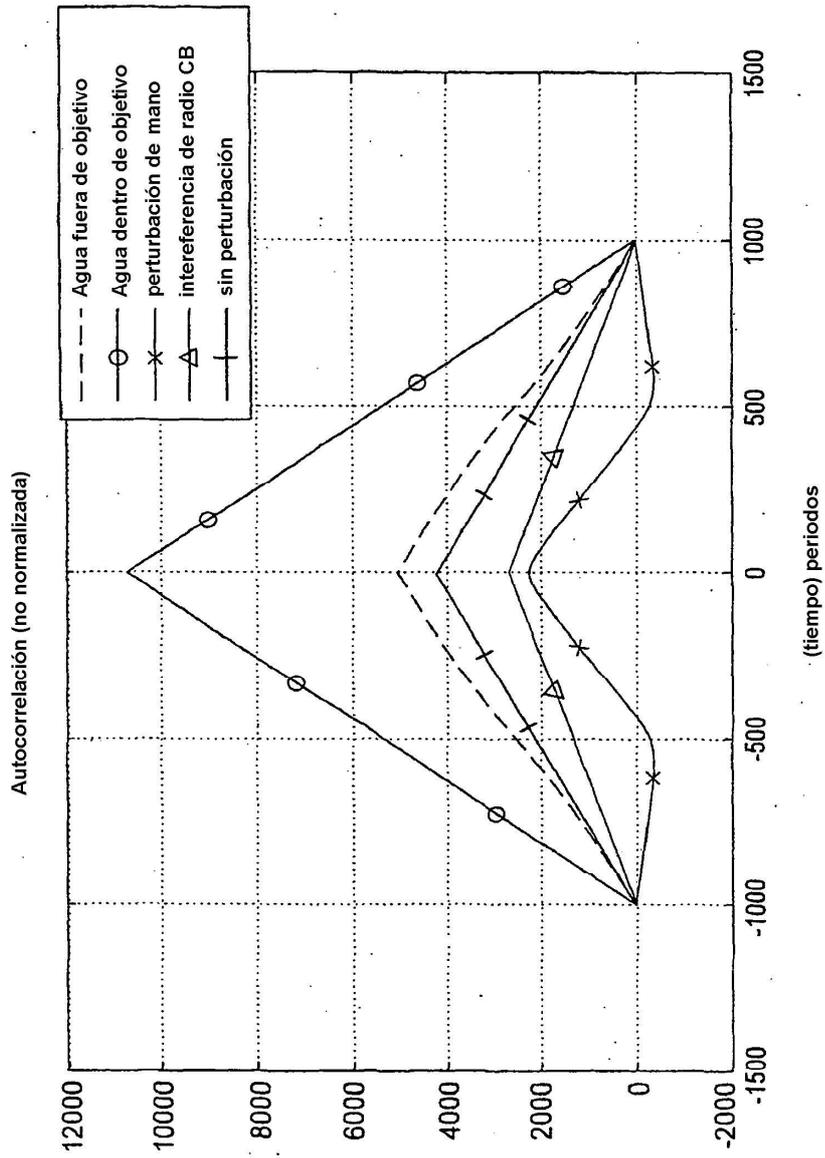


Fig. 10

Fig. 11A

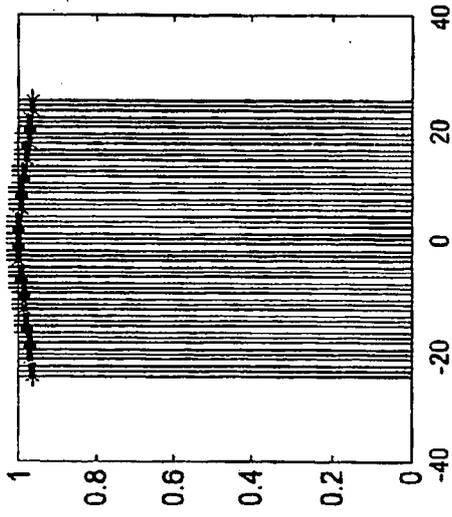


Fig. 11C

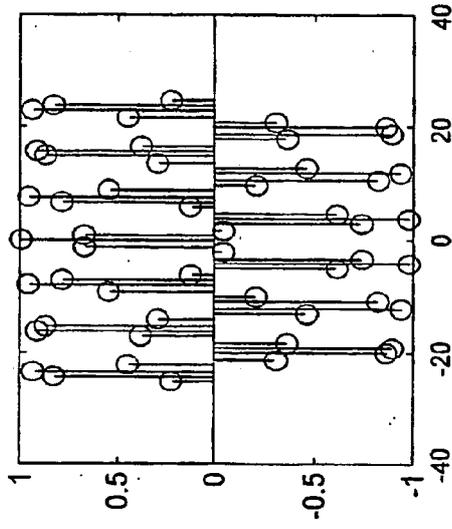


Fig. 11B

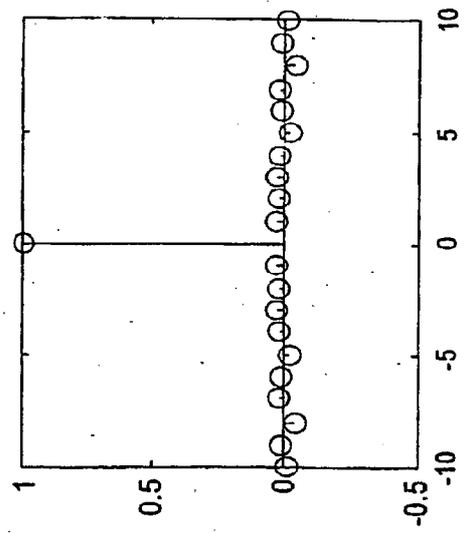
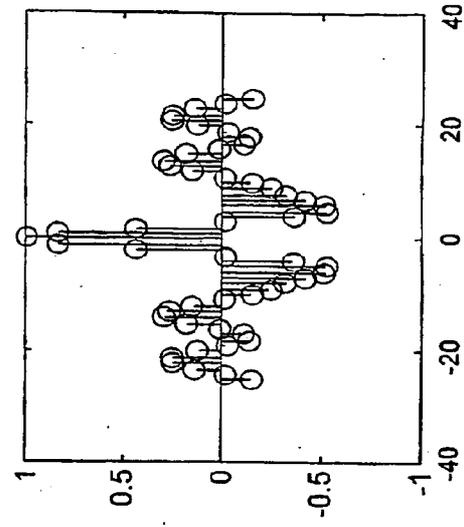


Fig. 11D



	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>C1</b>	H	L	H	H
<b>C2</b>	L	H	H	H
<b>C3</b>	H	H	H	L
<b>C4</b>	H	H	L	H

*Fig. 12B*

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>C1</b>	H	L	H	H
<b>C2</b>	L	H	H	H
<b>C3</b>	H	H	H	L
<b>C4</b>	H	H	L	H

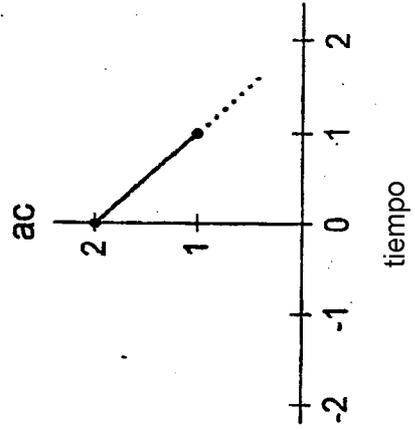
*Fig. 12A*

Ejemplo de autocorrelación

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

Fig. 13

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



	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

Fig. 14

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

1. (S1 & S3)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

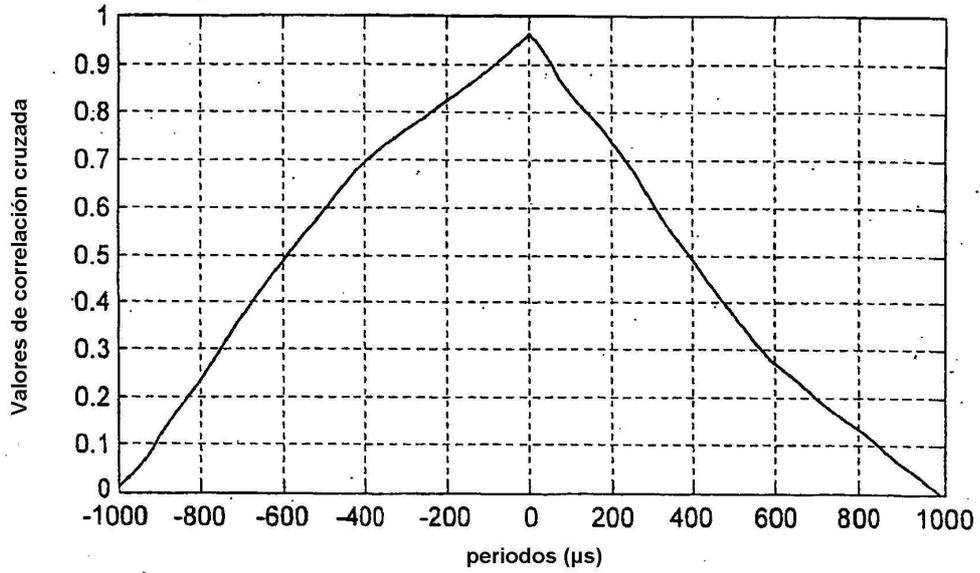


Fig. 15

2. (S2 & S4)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

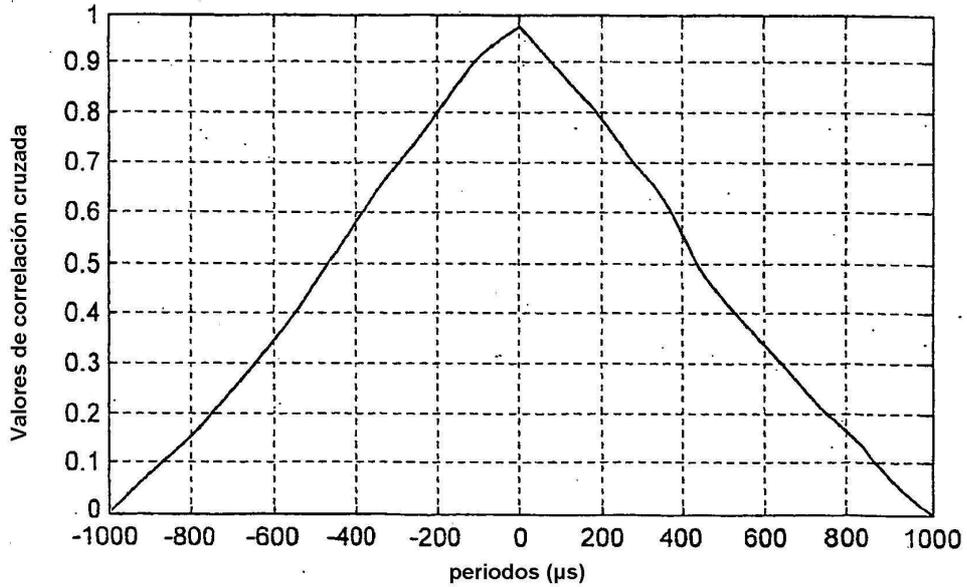
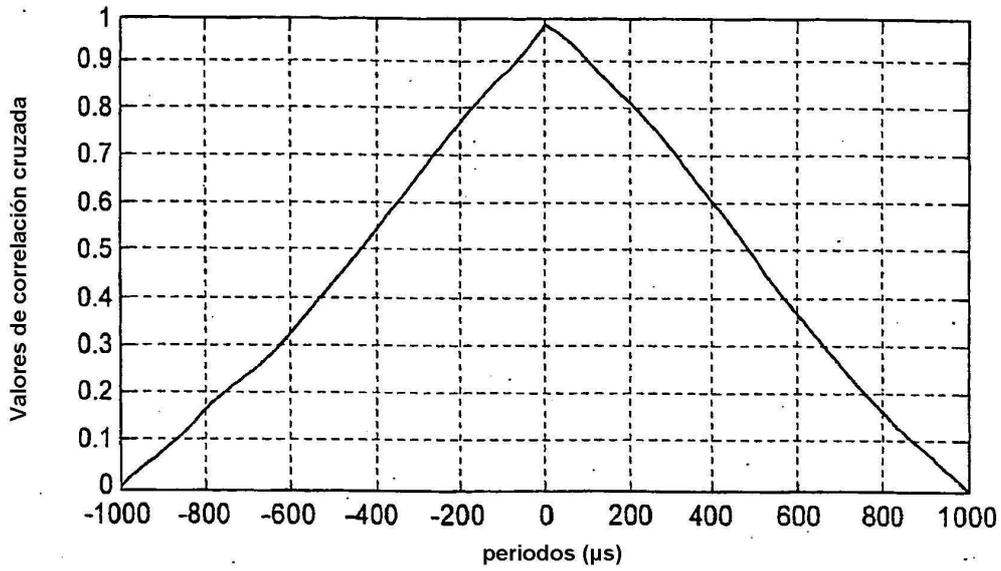


Fig. 16

3. (S3 & S2)

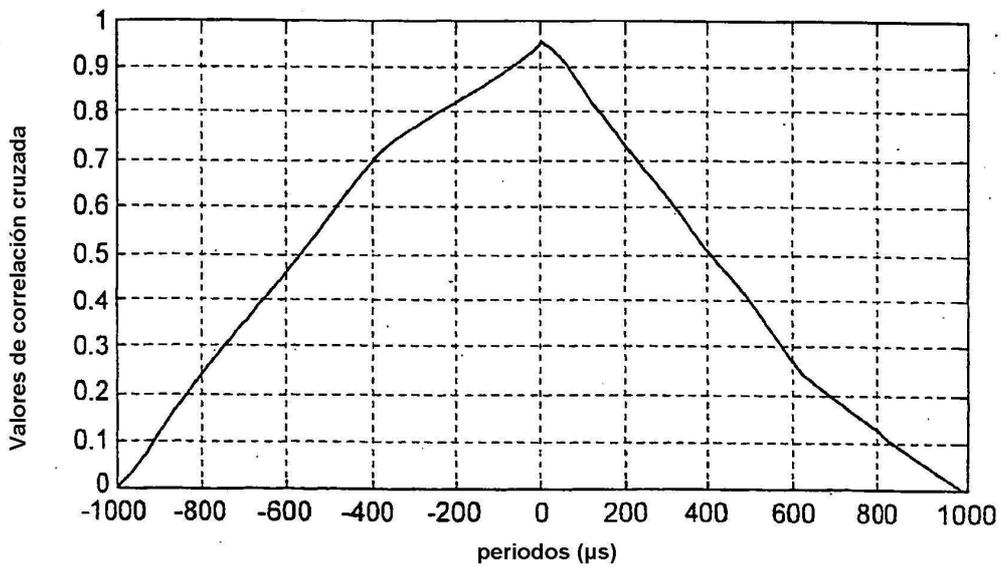
Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2



*Fig. 17*

4. (S1, S5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2



*Fig. 18*

5. (S4 & S1)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

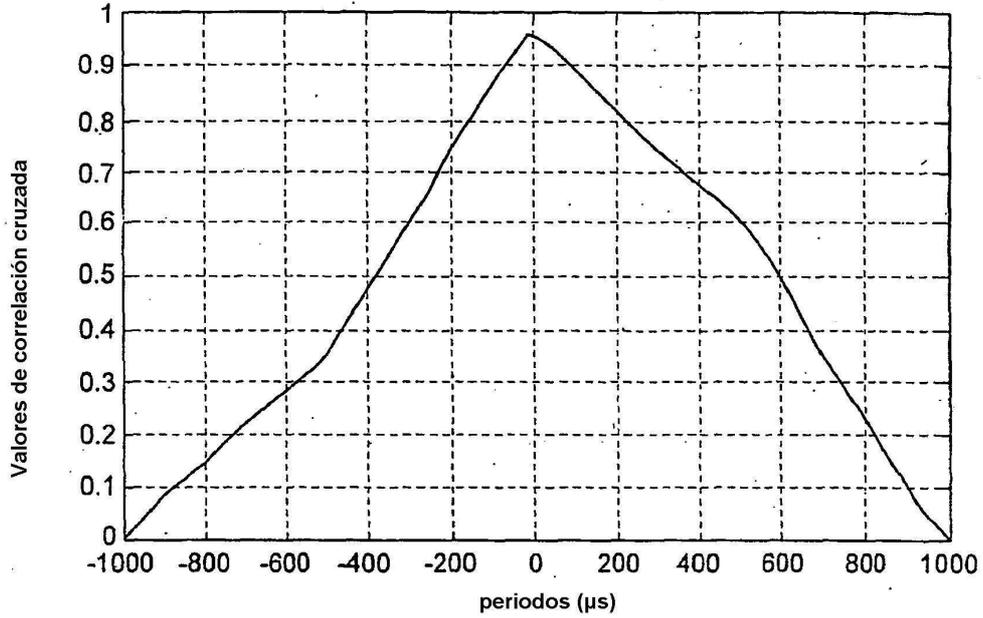


Fig. 19

1. (W1 & W2)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

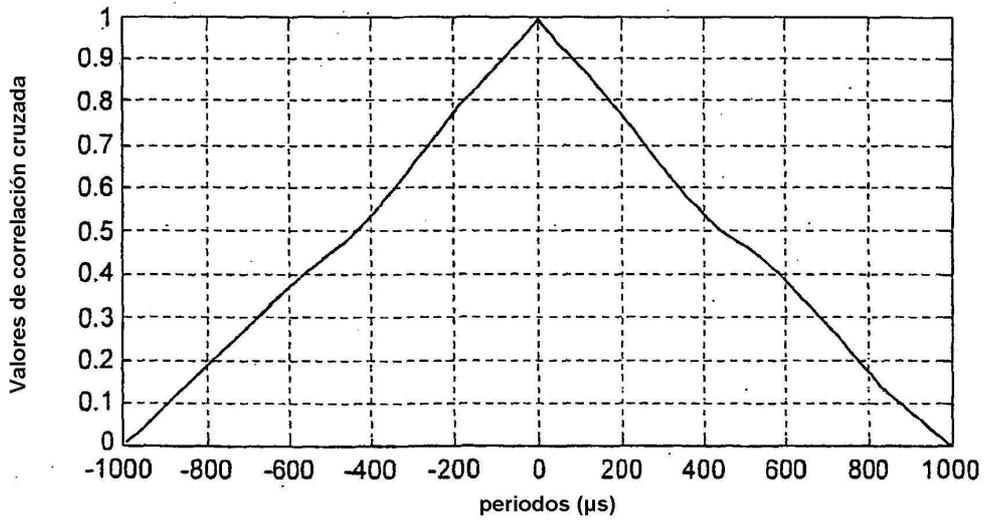


Fig. 20

4. (W4 & W1)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

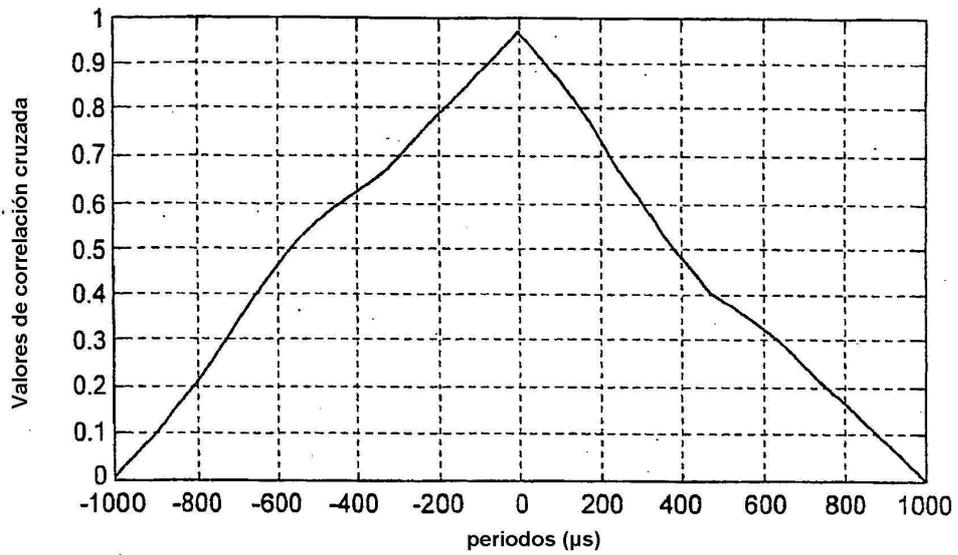


Fig. 21

5. (W4 & W5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

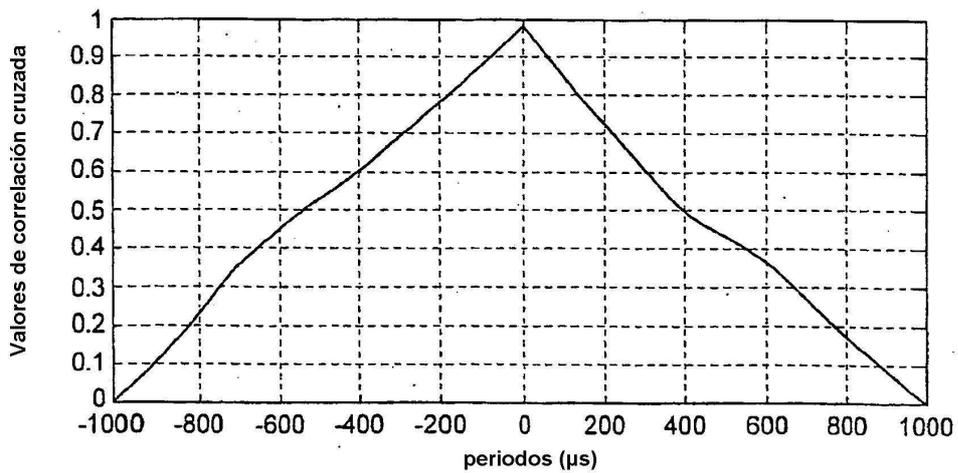


Fig. 22

2. (W3 & W4)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

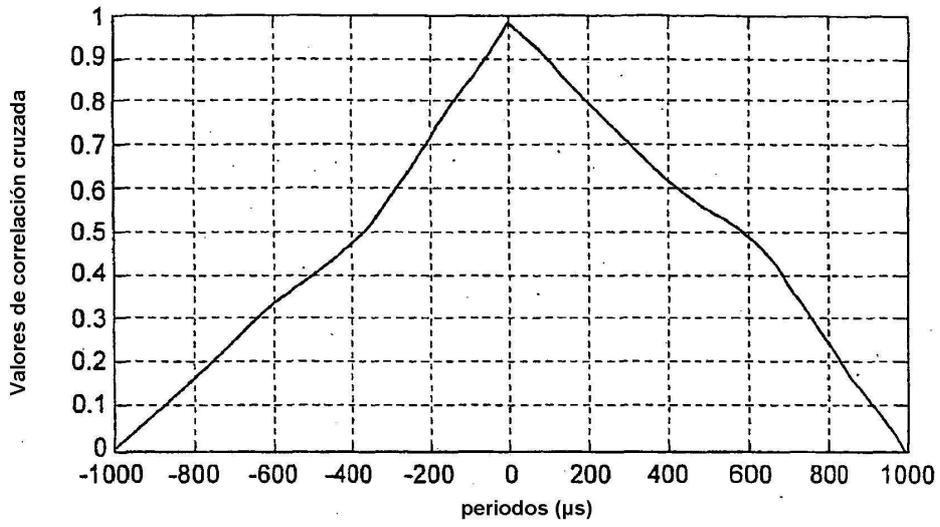


Fig. 23

3. (W2, W5)

Agua dentro de objetivo presente tanto en C1 como en C2

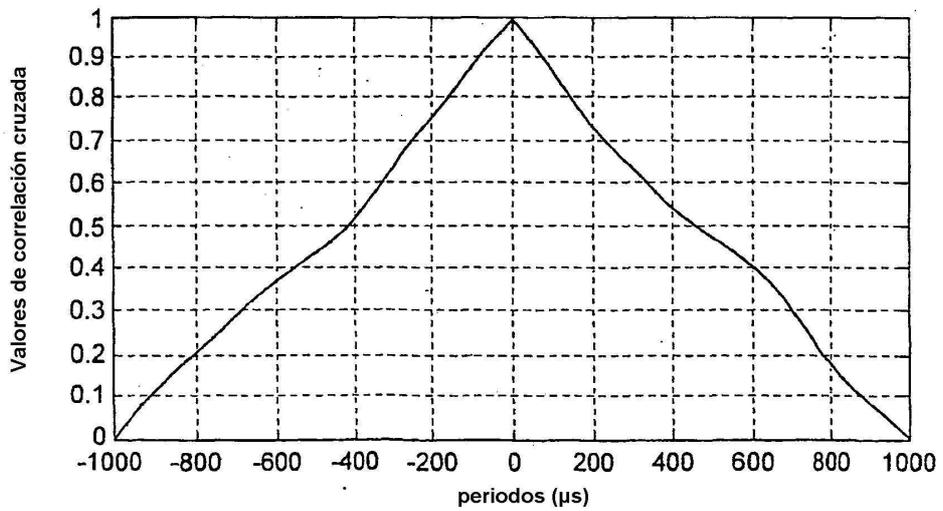


Fig. 24

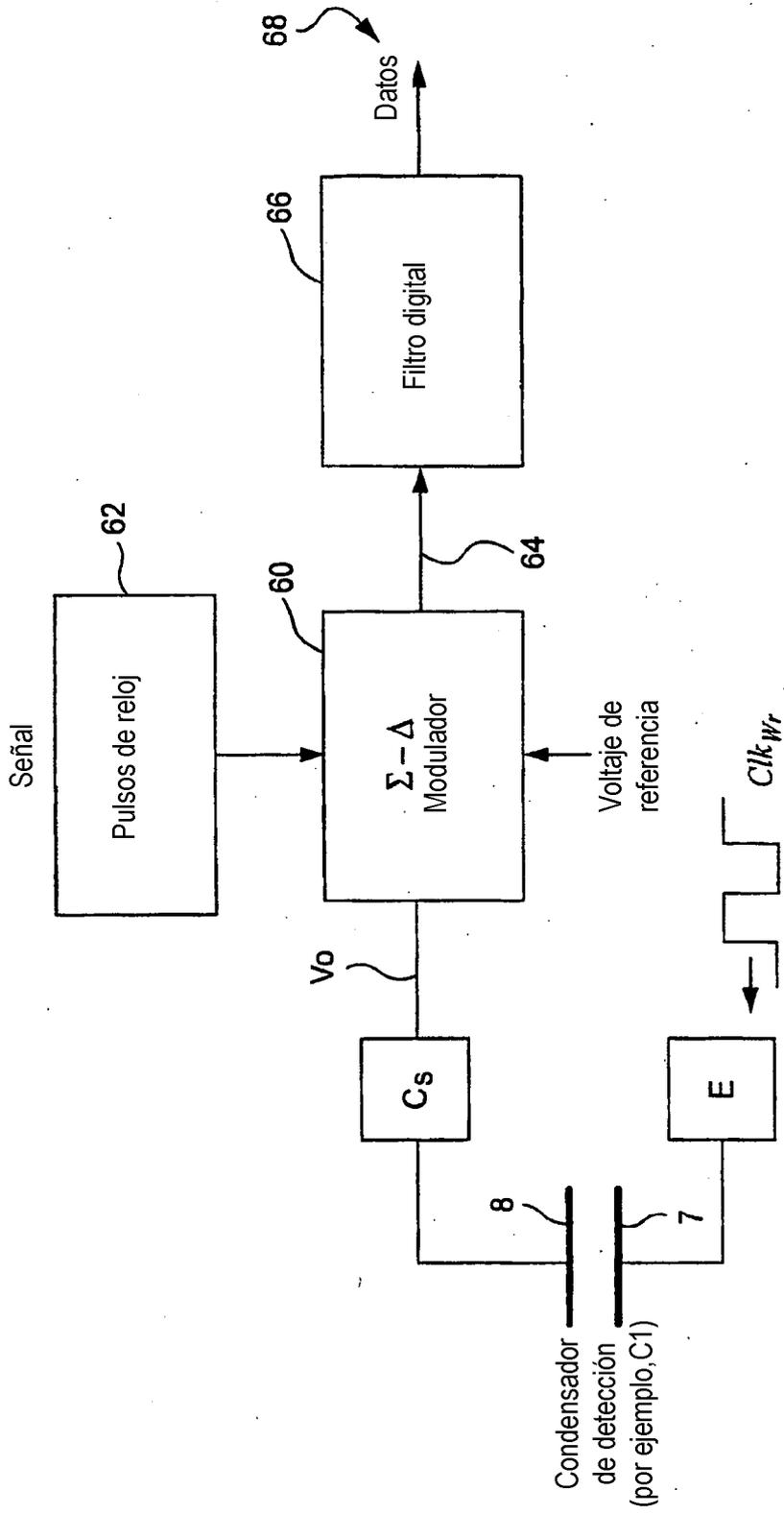


Fig. 25

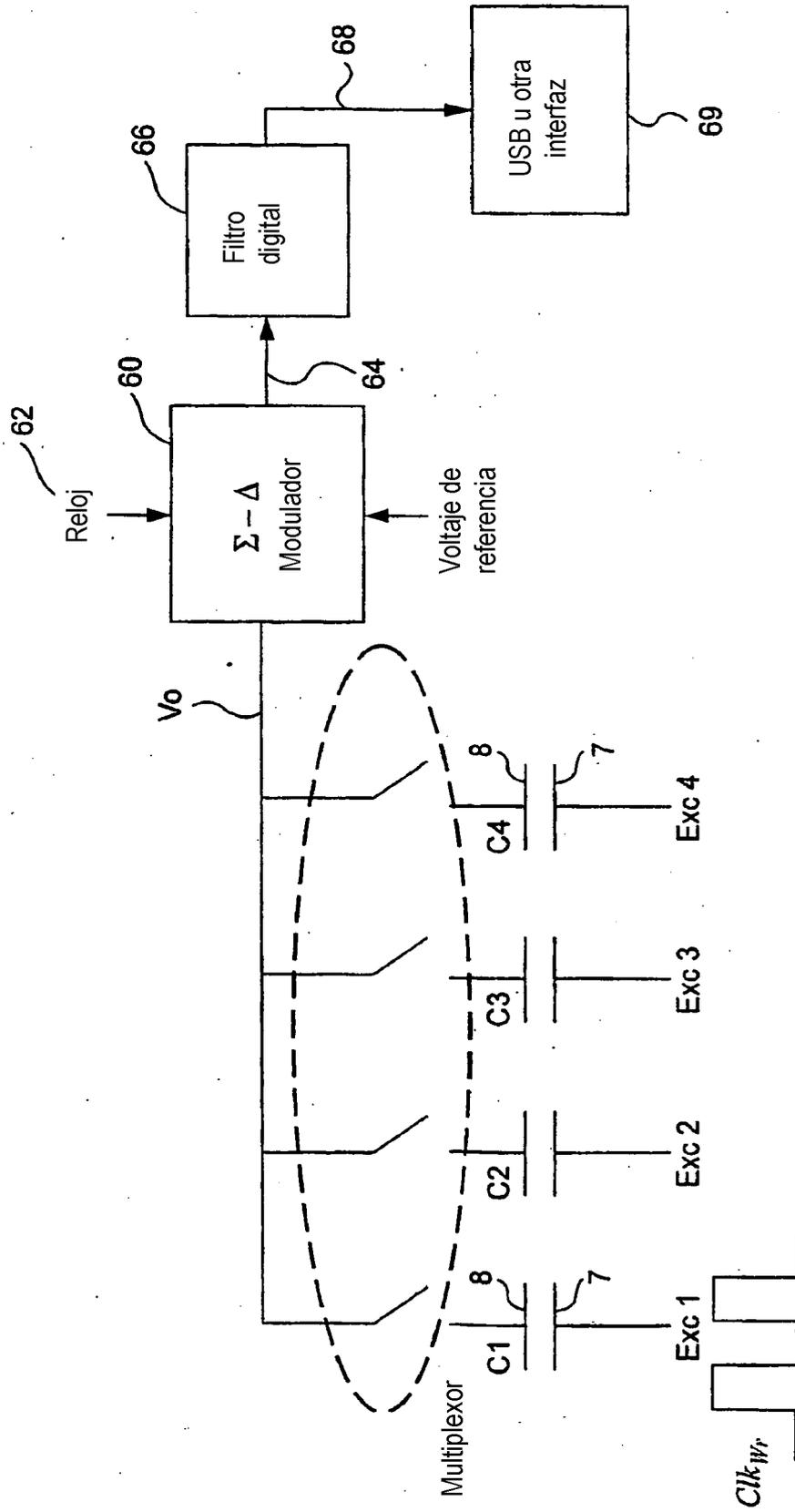


Fig. 26

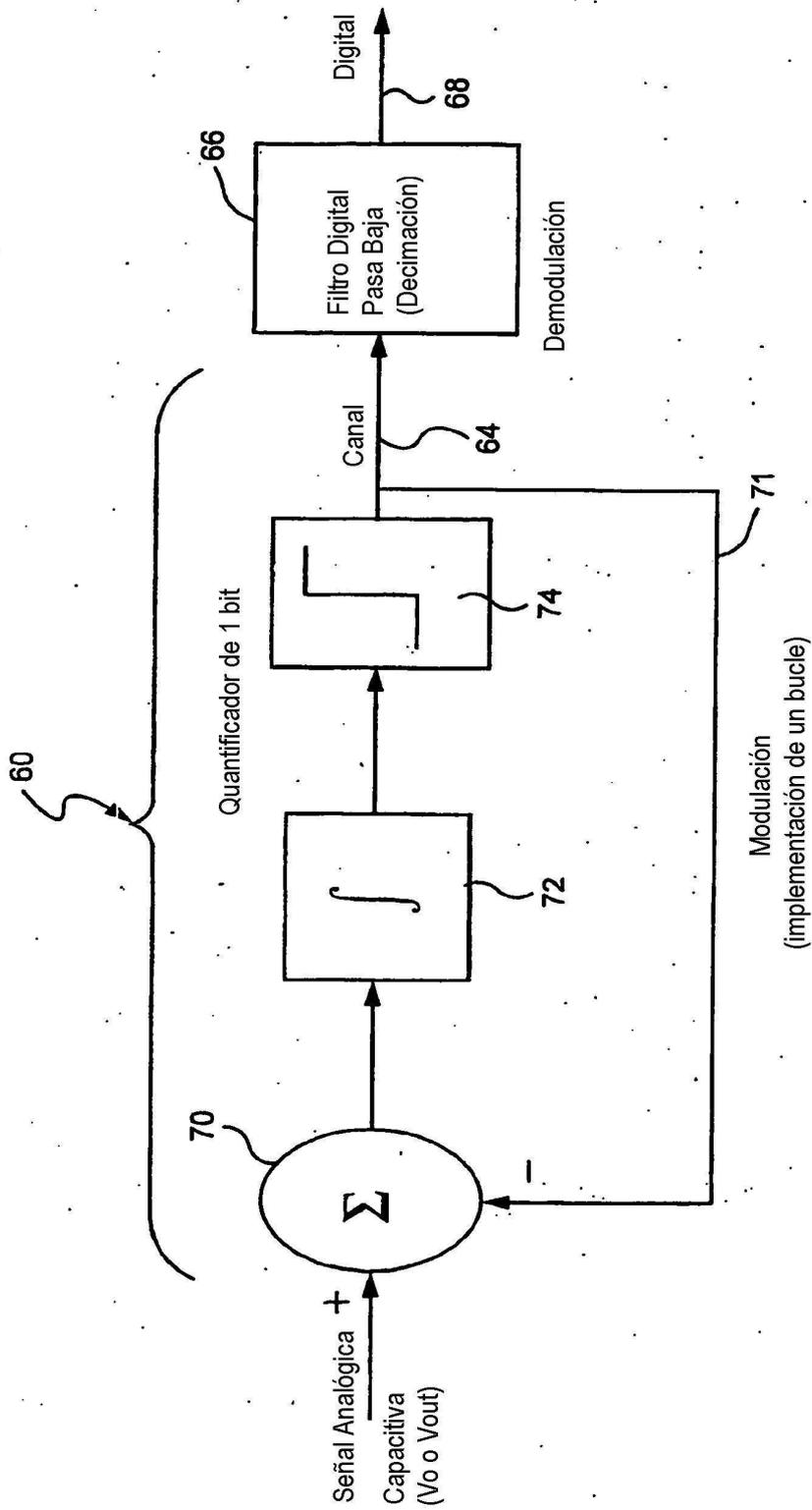


Fig. 27

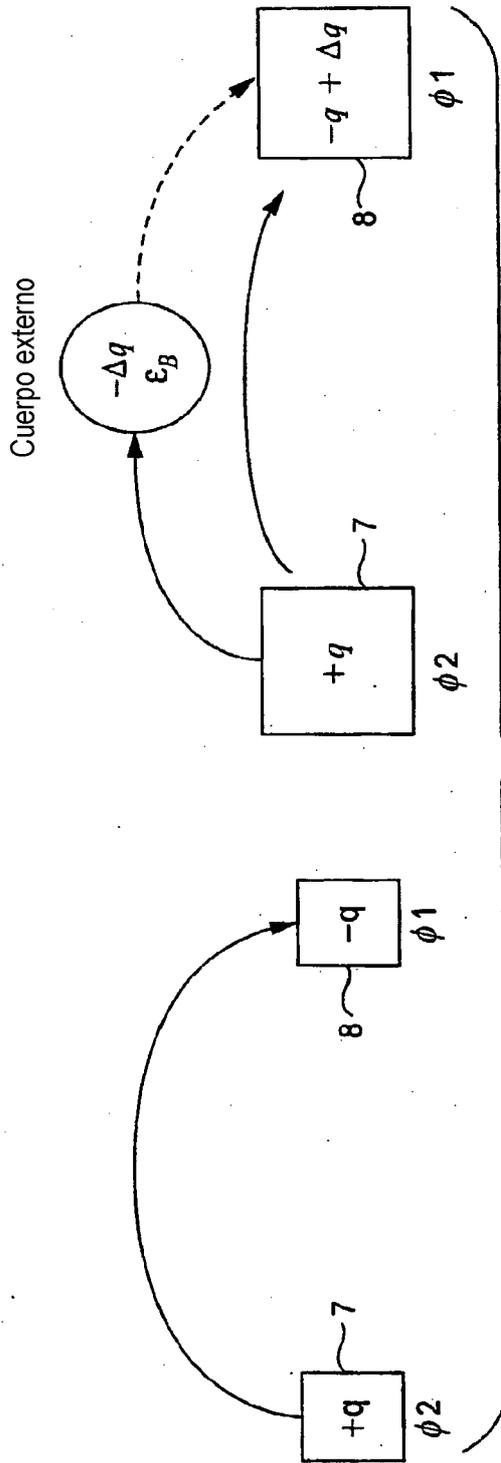


Fig. 28A

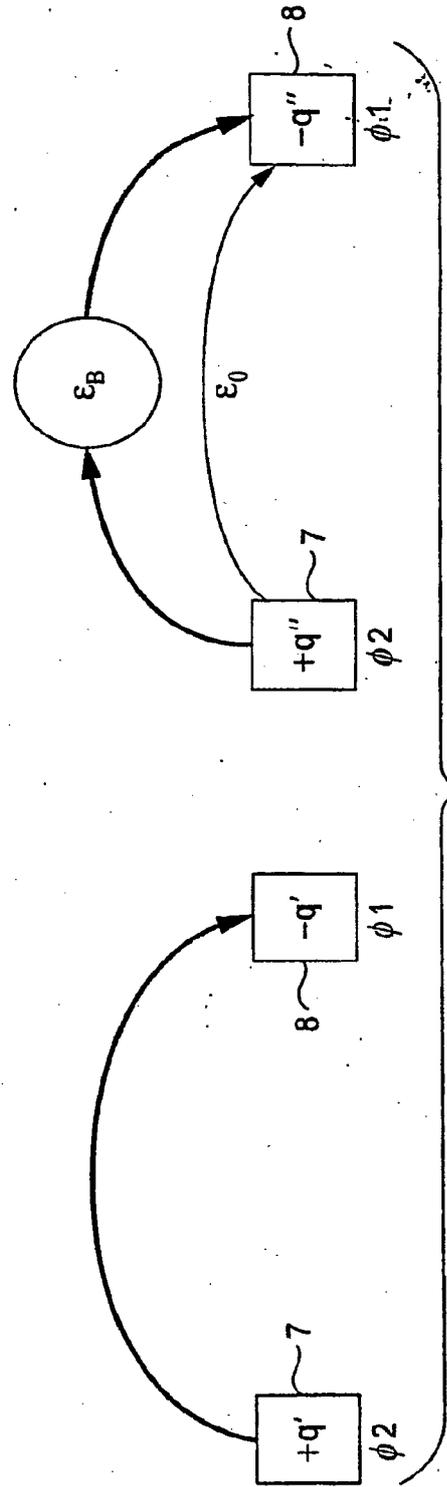


Fig. 28B