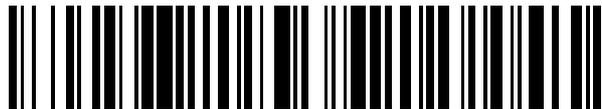


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 782**

51 Int. Cl.:

B60Q 1/14 (2006.01)

B60S 1/08 (2006.01)

B32B 17/10 (2006.01)

G01D 5/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.03.2009 E 09155251 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2100768**

54 Título: **Sensor de luz capacitivo multiplexado en tiempo, espacio y/o longitud de onda, y métodos relacionados**

30 Prioridad:

14.03.2008 US 76238

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

16.08.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

VEERASAMY, VIJAYEN S.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 579 782 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 luz capacitivo multiplexado en tiempo, espacio y/o longitud de onda, y métodos relacionados

5 **Referencias cruzadas a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud es una continuación en parte (CIP) del documento de Estados Unidos n.º de serie 11/700.251, presentado el 31 de enero de 2007, que es una CIP de cada uno de los documentos de Estados Unidos números de serie 11/340.847, presentado el 27 de enero de, de 2006, 11/340.864, presentado el 27 de enero de 2006, 11/340.859, presentado el 27 de enero de 2006, y 11/340.869, presentado el 27 de enero de 2006, todos los cuales reivindican la prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º 60/757.479, presentada el 10 de enero de 2006, cuyas divulgaciones se incorporan en el presente documento por referencia.

15 **Campo de la invención**

Esta invención en ciertos casos de ejemplo se refiere a unas técnicas que se proporcionan para hacer funcionar las luces de vehículo. Un sensor de luz capacitivo está configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de al menos una longitud de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada a un canal de salida respectivo del sensor de luz. Un búfer se llena con datos del al menos un canal de salida, llenándose el búfer con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada. Un cambio de flanco se detecta en los datos del búfer. Un estado de encendido/apagado de las luces de vehículo se mantiene cuando no se detecta un cambio de flanco. Al detectarse un cambio de flanco, cuando los datos pasan de un valor alto a un valor bajo a través de un primer umbral predefinido y permanecen más bajos que el primer umbral predefinido durante un intervalo de persistencia, las luces de vehículo se encienden, y cuando los datos pasan de un valor bajo a un valor alto a través de un segundo umbral predefinido y permanecen más altos que el segundo valor umbral predefinido para el intervalo de persistencia, las luces de vehículo se apagan. El segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis. Los enfoques de sensor de luz capacitivo de ciertas realizaciones de ejemplo pueden ser el tiempo, el espacio y/o la longitud de onda multiplexados.

30 **Antecedentes y sumario de las realizaciones de ejemplo de la invención**

La presencia de humedad (por ejemplo, lluvia o condensación) y/u otros materiales o residuos en los parabrisas y/o lunetas del vehículo pueden crear condiciones de conducción peligrosas para los conductores, los pasajeros y los peatones, si no se eliminan rápidamente. Los limpiaparabrisas son una forma común bien conocida para eliminar este tipo de materiales y reducir los riesgos de una conducción en condiciones peligrosas. Los sensores de lluvia se han desarrollado para detectar la presencia de humedad (por ejemplo, la lluvia u otra condensación) en el parabrisas del vehículo, y para encender y apagar los limpiaparabrisas, cuando sea necesario, al detectarse tal humedad. La detección automática de la lluvia, el aguanieve, el vaho, y similares, y tomar la acción apropiada, por ejemplo, encender/apagar los limpiaparabrisas a una velocidad adecuada, reduce potencialmente las distracciones al conductor, permitiendo al conductor concentrarse mejor en la carretera. Sin embargo, encender/apagar de manera inapropiada los limpiaparabrisas o fallar al accionar los limpiaparabrisas cuando la humedad está presente también puede crear condiciones peligrosas. Además, tales sistemas son también susceptibles a las distracciones por "suciedad" lo que puede provocar falsas lecturas/limpiezas cuando la suciedad está en el parabrisas.

Ciertos sensores de lluvia convencionales están basados en un concepto electro-óptico. De acuerdo con ciertas técnicas de este tipo, las gotas de lluvia se detectan únicamente midiendo el cambio en la reflexión interna total de un haz de luz fuera de la interfaz cristal-aire. Otras técnicas electro-ópticas han intentado analizar el brillo de una sección de una "imagen" de ventana para detectar las gotas de lluvia o el vaho en una ventana. Sin embargo, estas técnicas ópticas han limitado las zonas de detección, que son bastante caras, y pueden dar lugar a indicaciones de detección erróneas debido al uso de formación de imágenes ópticas tal como el método de detección exclusivo. La patente de Estados Unidos 6.379.013 B1 se refiere a un control de equipo de vehículo con sensores de luz de semiconductores.

Por lo tanto, se apreciará que existe una necesidad en la técnica de un sensor de humedad (por ejemplo, la lluvia) que sea eficiente en el funcionamiento y/o en la detección. La invención se define por las reivindicaciones independientes.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, una pluralidad de condensadores de detección están soportados por una ventana tal como un parabrisas de vehículo, teniendo cada uno de los condensadores un campo diferente. Un circuito de detección emite una señal analógica que se basa en y/o se relaciona con las capacidades de los condensadores de detección. En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un circuito de conmutación con el fin de conmutar selectivamente entre los diferentes condensadores de detección o las diferentes combinaciones de los mismos (o incluso, posiblemente, antenas y/o bandas), con el fin de cambiar el campo de detección que se analiza y/o cambiar la característica que se busca. Por ejemplo, en ciertas realizaciones de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: (a) un condensador(s) para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un condensador(s) para detectar uno o más de entre hielo en una

superficie exterior de la ventana, vaho en una superficie exterior de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana. Tales realizaciones pueden o no pueden usarse en combinación con cualquier otra realización(s) de esta invención tratada en el presente documento.

5 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende una pluralidad de condensadores de detección soportados por una ventana de vehículo, siendo uno o más de los condensadores de detección sensibles a la humedad en una superficie externa de la ventana y que incluye unos electrodos de condensador separados primero y segundo que son sustancialmente coplanarios; y un circuito de conmutación para acoplar selectivamente la pluralidad de condensadores de detección a la circuitería de salida del sensor de lluvia.

15 En otras realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un dispositivo electrónico (por ejemplo, un sensor de lluvia, un sistema de antena, o similares) que comprende: un circuito de detección que comprende una pluralidad de diferentes estructuras fractales, y un circuito de conmutación para acoplar selectivamente diferentes estructuras fractales o combinaciones de las estructuras fractales a la circuitería de salida. Las estructuras fractales pueden ser sensores capacitivos, antenas que tienen diferentes bandas, o similares en diferentes casos de ejemplo.

20 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende al menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie externa de una ventana; un sumador que recibe, directa o indirectamente, una señal de salida analógica desde el circuito de detección y determina una diferencia entre la señal de salida analógica del circuito de detección y una señal de retroalimentación; un cuantificador que incluye un comparador corriente abajo del sumador que emite un flujo de bits basándose al menos en si un nivel de señal recibida es mayor o menor que un umbral predeterminado; un filtro digital de paso bajo corriente abajo del cuantificador para filtrar a paso bajo la corriente de bits con el fin de emitir una señal digital filtrada; y un motor de correlación que realiza la correlación de la señal digital filtrada con el fin de determinar si la lluvia está presente en la superficie externa de la ventana. En ciertos casos de ejemplo, puede decirse que este sistema usa una modulación sigma-delta en la conversión de señal de analógica a digital.

30 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método para determinar si la humedad está presente sobre una superficie externa de una ventana de vehículo, comprendiendo el método: recibir una señal relacionada con al menos un condensador de detección, y procesar la señal para obtener una huella de la señal; y comparar la huella de la señal con una o más huellas de señal predeterminadas almacenadas en la memoria para determinar si un material detectado en la superficie exterior del vehículo es la humedad o algún otro material.

35 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: al menos un condensador de detección soportado por una ventana, siendo el condensador de detección sensible a la lluvia en una superficie externa de la ventana; y en el que el condensador de detección comprende una geometría fractal.

40 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: al menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie externa de una ventana; y comprendiendo el primer condensador de detección unos electrodos de condensador primero y segundo que tienen cada uno una forma serpenteante, y en el que los electrodos de condensador primero y segundo son sustancialmente paralelos entre sí.

45 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: un circuito de detección que comprende al menos unos condensadores de detección primero y segundo que son sensibles a la humedad en una superficie externa de una ventana; el circuito de detección que comprende además al menos un condensador de imitación que imita al menos la carga y/o la descarga de al menos uno de los condensadores de detección primero y segundo; en el que un pulso de escritura hace que se cargue al menos el primer condensador de detección, y un pulso de borrado hace que cada uno del primer condensador de detección y el condensador de imitación se descarguen sustancialmente; en el que la presencia de lluvia en la superficie externa de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección hace que una tensión en un electrodo de salida del condensador de imitación fluctúe de manera proporcional a la fluctuación de la tensión en un electrodo de salida del primer condensador de detección, a pesar de que la lluvia no esté presente en un campo del condensador de imitación; y en el que la lluvia se detecta basándose en una señal de salida del electrodo de salida del condensador de imitación, en el que la señal de salida se lee al menos entre un extremo del pulso de escritura y un comienzo del pulso de borrado.

60 En otras realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método de detectar lluvia en una superficie de una ventana, comprendiendo el procedimiento: suministrar unos pulsos de escritura separados primero y segundo que hacen que se carguen respectivamente los condensadores de detección primero y segundo de un circuito de detección, en el que el primer condensador de detección se carga cuando el segundo condensador de detección se descarga sustancialmente, y el segundo condensador de detección se carga cuando el primer condensador de detección se descarga sustancialmente, de manera que los condensadores de detección primero y segundo se cargan en diferentes momentos; siendo cada uno de los condensadores de detección primero y

segundo sensibles a la humedad en la superficie de la ventana; suministrar un primer pulso de borrado, entre los tiempos de los pulsos de escritura primero y segundo, haciendo el primer pulso de borrado que el primer condensador de detección 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; en el que una magnitud de una salida del circuito de detección se ve afectada por la presencia de lluvia en la superficie de la ventana; y convertir una señal de salida analógica del circuito de detección en una señal digital y basándose en la señal digital determinar si la lluvia está presente en la superficie de la ventana.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de lluvia que comprende: al menos un condensador de detección que es sensible a la humedad en una superficie externa de una ventana, incluyendo el condensador de detección un primer electrodo de condensador que recibe una señal de carga y un segundo electrodo de condensador separado del primer electrodo del condensador; y en el que el segundo electrodo de condensador está flotando de manera que el condensador de detección está aislado de tierra. La característica de flotación se ha descubierto que es ventajosa por que permite lecturas falsas debidas al EMI o a los objetos externos (por ejemplo, una mano humana) a reducirse o evitarse.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método para detectar la presencia de humedad (por ejemplo, lluvia, rocío, vaho, o similares) en una ventana de vehículo, comprendiendo el método: recibir los datos relativos a al menos dos condensadores soportados por la ventana de vehículo; autocorrelacionar los datos relativos a cada condensador para obtener los datos autocorrelacionados; y determinar, basándose al menos en dichos datos autocorrelacionados, si la humedad está presente en una superficie exterior de la ventana de vehículo. En ciertas realizaciones de ejemplo, los datos relativos a los al menos dos condensadores se reciben desde una circuitería que recibe y/o lee los datos de capacitancia de los al menos dos condensadores. En ciertas realizaciones de ejemplo, los datos relativos a los al menos dos condensadores se emiten desde una circuitería que: (a) recibe y/o lee los datos y/o las señales de los al menos dos condensadores, y/o (b) incluye un condensador(s) u otro elemento(s) de circuito que imita o sustancialmente imita la carga y/o la descarga de los al menos dos condensadores. En ciertas realizaciones de ejemplo, la autocorrelación puede usarse como una etapa inicial para determinar si el agua puede estar presente en la ventana. Sin embargo, es posible que la autocorrelación también pueda detectar la presencia de otros materiales (por ejemplo, polvo o suciedad) en la ventana porque las firmas de correlación de estos materiales pueden ser diferentes.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sensor de humedad (por ejemplo, un sensor de lluvia) para detectar la presencia de humedad en una ventana de vehículo, comprendiendo el sensor de humedad: uno, dos o más condensadores; medios para autocorrelacionar los datos a partir de uno, dos, tres, más, o todos los condensadores para obtener los datos autocorrelacionados; y medios para determinar, basándose al menos en dichos datos autocorrelacionados, si la humedad está presente en la ventana de vehículo.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, pueden realizarse los datos de correlación cruzada de los al menos dos condensadores con el fin de correlacionar los datos de diferentes condensadores para obtener los datos de correlación cruzada. A continuación, basándose al menos en los datos de correlación cruzada, puede determinarse un tipo y/o una cantidad de humedad. Los datos de correlación cruzada pueden también o en su lugar usarse para determinar si el material detectado a través de la autocorrelación es un material distinto de la humedad, tal como polvo o suciedad, y si es así, entonces no accionar los limpiaparabrisas. En ciertas realizaciones de ejemplo, puede realizarse la correlación cruzada después de la autocorrelación cuando se cumplen ciertas condiciones. A modo de ejemplo, la correlación cruzada puede realizarse con el fin de determinar si la humedad en la ventana es lluvia ligera, lluvia intensa, vaho, nieve o hielo (un tipo de humedad).

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, los datos autocorrelacionados del condensador(s) pueden comprobarse para valores negativos. Cuando los datos autocorrelacionados tienen un valor(s) negativo, entonces el sistema o método pueden indicar que no está lloviendo y/o pueden no accionarse los limpiaparabrisas del parabrisas.

Por otra parte, en ciertas realizaciones de ejemplo, el sistema o método puede calcular si un gradiente de una curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados es mayor que uno o algún otro valor predeterminado; y si no es así, entonces el sistema o método puede indicar que no está lloviendo, aparcarse los limpiaparabrisas si estaban en movimiento, y/o no accionar los limpiaparabrisas del vehículo.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, el sistema o método puede determinar si la forma de la curva de autocorrelación o la huella de señal asociada a los datos autocorrelación es diferente de una curva de autocorrelación predeterminada o la huella de señal asociada a los datos de autocorrelación no perturbados normalizados. Cuando no es diferente o sustancialmente diferente, entonces puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden aparcarse si estaban en movimiento, y/o los limpiaparabrisas pueden no accionarse. Mientras que las huellas se basan en datos de autocorrelación en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, pueden usarse en su lugar otros tipos de huellas en ciertos casos.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, las condiciones comprobadas en la función de autocorrelación incluyen (i) el gradiente de la función de autocorrelación normalizada (por ejemplo, cuando no hay una perturbación, el valor absoluto del gradiente es la unidad y cambia con una perturbación), (ii) la señal de la función de autocorrelación (por ejemplo, con una radio CB encendida o con una mano humana en el parabrisas los valores son oscilatorios con partes positivas y negativas), y (iii) la forma de la función de autocorrelación como una función de retardo de tiempo también puede usarse como una firma o huella para distinguir la lluvia de otras perturbaciones, y esta forma puede usarse también para distinguir entre los diferentes matices de lluvia o contenido de agua. Por lo tanto en ciertos casos de ejemplo, la correlación cruzada de los datos de al menos dos condensadores solo se realiza cuando una, dos o todas las condiciones siguientes se cumplen: (a) los datos autocorrelacionados no tienen valores negativos; (b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociado a dichos datos autocorrelacionados es mayor de uno; y (c) la forma de la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados (por ejemplo, la huella de la señal) es diferente de una curva de autocorrelación predeterminada asociada a los datos de autocorrelación no perturbados normalizados (por ejemplo, la huella predeterminada). Como alternativa, (c) puede sustituirse con (c') la forma de la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados (por ejemplo, la huella de la señal) coincide o coincide sustancialmente con una curva de autocorrelación predeterminada (por ejemplo, la huella de la señal predeterminada) asociada a un patrón de humedad conocido. En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, puede determinarse un nivel de simetría de una curva de correlación cruzada asociada a los datos de correlacionados cruzados.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, es posible comparar la autocorrelación entre diversos condensadores. En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, tal comparación puede usarse para indicar al sistema si iniciar una limpieza si el agua está presente en la ventana cuando el sistema de sensor está activado.

En ciertas realizaciones de ejemplo, un conjunto de condensadores de detección puede incluir al menos n condensadores de detección, en el que n puede ser dos, cuatro, diez o cualquier otro número adecuado. El conjunto puede ser cualquier tipo de conjunto tal como un conjunto lineal, cualquiera de los conjuntos mostrados en las figuras, o cualquier otro tipo de conjunto. La autocorrelación de los datos de y/o en relación con la totalidad o menos de la totalidad de los condensadores de detección puede realizarse para obtener los datos autocorrelacionados.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, los condensadores se forman basándose en un patrón fractal. Por ejemplo y sin limitación, uno o más de los condensadores pueden formarse basándose en un patrón fractal, tal como un patrón fractal de Hilbert. Otros patrones fractales capacitivos también pueden usarse, incluyendo pero no limitados a un conjunto de Cantor. Estas estructuras fractales maximizan o amplían la periferia y por lo tanto dan como resultado una gran capacitancia para una zona dada. El uso de dos diseños fractales dimensionales también permite que el sensor ocupe una pequeña cantidad de espacio físico en la ventana, mientras que al mismo tiempo es eléctricamente más grande que su tamaño físico. La concentración de flujo lateral en una geometría fractal también puede permitir al sensor detectar la lluvia/agua no necesariamente extendido a lo largo de la zona física real del sensor en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención. Además, en su iteración(s) más alta un condensador(s) fractal tiene un atributo de que es su propio escudo Faraday o escudo cuasi-Faraday. Además, en ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor de lluvia puede conectarse eléctricamente a un bus de interconexión local del vehículo.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método para detectar la presencia de humedad en una ventana de vehículo tal como un parabrisas, luneta o techo solar, comprendiendo el método: recibir datos de al menos dos condensadores soportados por la ventana de vehículo; correlacionar los datos de uno o más de los condensadores para obtener los datos correlacionados; determinar, basándose al menos en dichos datos correlacionados (a) si la humedad está presente sobre una superficie exterior de la ventana del vehículo, y/o (b) un tipo y/o una cantidad de material presente en una superficie exterior de la ventana de vehículo. Por ejemplo y sin limitación, la correlación puede ser una autocorrelación y/o una correlación cruzada.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método de acoplar el limpiaparabrisas(s) del parabrisas del vehículo en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el método leer los datos de un conjunto capacitivo que tiene al menos dos condensadores; autocorrelacionar los datos de cada condensador individualmente; determinar a partir de los datos autocorrelacionados si está lloviendo; correlacionar de manera cruzada los datos de los condensadores; determinar a partir de los datos de correlación cruzada un tipo y/o una cantidad de lluvia; acoplar los limpiaparabrisas si se detecta lluvia; y, parar o no accionar los limpiaparabrisas si una o ambas de las etapas de determinación determina que no está lloviendo. En ciertas realizaciones de ejemplo, puede determinarse un nivel de simetría de la curva de correlación cruzada, y puede seleccionarse una velocidad de limpiaparabrisas en relación con el nivel de simetría. Una velocidad de limpiaparabrisas puede seleccionarse a partir de una pluralidad de velocidades de limpiaparabrisas predeterminadas en ciertos casos de ejemplo. En algunas realizaciones de ejemplo, solo un único limpiaparabrisas se inicia durante condiciones límite detectadas en una o ambas de las etapas de determinación.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un método de acoplar unos limpiaparabrisas de parabrisas de un vehículo en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el método leer los datos de un conjunto capacitivo que tiene al menos dos condensadores; comparar matemáticamente los datos de cada

condensador individual (por ejemplo, una autocorrelación); determinar a partir de los datos de condensador individual comparados matemáticamente si está lloviendo; comparar matemáticamente los datos de diferentes condensadores (por ejemplo, una correlación cruzada); determinar a partir de los datos de condensador diferentes comparados matemáticamente un tipo y/o una cantidad de lluvia; acoplar los limpiaparabrisas si se detecta lluvia; y, parar o no accionar los limpiaparabrisas si una o ambas de las etapas de determinación determina que no está lloviendo.

En ciertas realizaciones de ejemplo, puede usarse un modulador sigma-delta u otro circuito o software adecuado para realizar una conversión analógica a digital (A/D) de los datos del conjunto capacitivo. Además, en ciertas realizaciones de ejemplo, un software u otro tipo de comparador puede realizar al menos uno de entre verificar los datos de autocorrelación para los valores negativos, calcular si un gradiente de los datos de autocorrelación es mayor de uno, y/o intentar hacer coincidir o coincidir sustancialmente una forma de los datos de autocorrelación con los datos de autocorrelación almacenados en una base de datos. En ciertos casos, el motor de correlación calcula las correlaciones cruzadas cuando se cumplen todas las condiciones probadas por el comparador.

En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporciona un sistema o método para acoplar unos limpiaparabrisas del parabrisas en respuesta a la lluvia detectada, comprendiendo el sistema (o método) un conjunto capacitivo que tiene al menos dos condensadores; la circuitería que lee los datos de capacidad del conjunto capacitivo; un motor de correlación o correlador que autocorrelaciona los datos de la circuitería para determinar la existencia de la lluvia, y correlacionar de manera cruzada los datos de la circuitería para determinar un tipo y/o una cantidad de lluvia si se determina que existe lluvia; y, un motor de limpiaparabrisas que es capaz de recibir una señal para dirigir si los limpiaparabrisas deberían moverse o parar. En ciertas realizaciones de ejemplo, se calcula un nivel de simetría de una curva de correlación cruzada, y el motor de limpiaparabrisas puede seleccionar una velocidad de limpiaparabrisas en relación con el nivel de simetría.

En ciertas realizaciones de ejemplo, un sensor de lluvia comprende al menos dos dispositivos de detección (por ejemplo, unos condensadores de detección o similares) que se ven afectados por la lluvia en una superficie de una ventana; la circuitería que proporciona una salida relacionada con los dispositivos de detección; y al menos un motor de correlación que (a) autocorrelaciona la información de dicha circuitería para determinar si la lluvia está presente, y/o (b) correlaciona de manera cruzada la información de dicha circuitería para determinar cómo de rápido funciona al menos un limpiaparabrisas de un vehículo y/o una cantidad de lluvia.

En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un método o sistema para acoplar un limpiaparabrisas(s) de ventana en respuesta a la lluvia detectada y comprende un conjunto capacitivo que tiene al menos dos condensadores; una circuitería que lee los datos de capacitancia del conjunto capacitivo; un algoritmo que determina matemáticamente la existencia de la lluvia en la ventana basándose en los datos de la circuitería, y cuantifica matemáticamente un tipo y/o una cantidad de lluvia si se determina que existe la lluvia; y, un motor de limpiaparabrisas capaz de recibir una señal(s) que dirige si el limpiaparabrisas(s) debe moverse o parar.

En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un sensor de lluvia para un vehículo. Una placa de circuito impreso (PCB) soportada por una ventana de vehículo comprende unas capas exteriores primera y segunda y al menos una capa interior. La primera capa exterior está más cercana a un interior del vehículo, y la segunda capa exterior está más cercana a un exterior del vehículo. Se proporcionan unos conjuntos de condensadores primero y segundo. El primer conjunto de condensadores está formado en una superficie exterior de la primera capa exterior de la PCB, y el segundo conjunto de condensadores está formado en una superficie exterior de la segunda capa exterior de la PCB. Uno o más condensadores de detección en los conjuntos de condensadores primero y/o segundo es/son sensibles a la humedad en una superficie externa de la ventana. La circuitería lógica programada está configurada para distinguir entre la humedad en la superficie exterior de la ventana del vehículo, la humedad en la superficie interior de la ventana de vehículo, y la EMI. La al menos una capa interior está dispuesta con el fin de desacoplar los conjuntos de condensadores primero y segundo y para proteger el primer conjunto de condensadores de los campos que emanan del segundo conjunto de condensadores, y viceversa. La EMI se detecta cuando los conjuntos de condensadores primero y segundo detectan sustancialmente de manera simultánea unas señales idénticas o similares.

En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona una placa de circuito impreso (PCB) flexible soportada por una ventana de vehículo. Se proporciona una primera capa exterior, estando la primera capa exterior más cerca de un interior del vehículo y formándose a partir de un polímero flexible. Se proporciona una segunda capa exterior, estando la segunda capa exterior más cerca de un exterior del vehículo y formándose a partir de un polímero flexible. Un primer conjunto de condensadores que comprende una primera pluralidad de condensadores de detección se imprime o se graba en la primera capa exterior de la PCB. Un segundo conjunto de condensadores que comprende una segunda pluralidad de condensadores de detección se imprime o se graba en la segunda capa exterior de la PCB más cerca de la ventana de vehículo. La circuitería lógica programada está configurada para distinguir entre la humedad en la superficie exterior de la ventana de vehículo, la humedad en la superficie interior de la ventana de vehículo, y la EMI, en función de las señales generadas por los conjuntos de condensadores primero y segundo. Al menos una capa interior sustancialmente metálica está dispuesta con el fin de desacoplar los conjuntos de condensadores primero y segundo y para proteger el primer conjunto de condensadores de los campos que

emanan del segundo conjunto de condensadores, y viceversa. Los conjuntos de condensadores primero y segundo se forman en las superficies opuestas de la PCB flexible. La EMI se detecta cuando los conjuntos de condensadores primero y segundo detectan sustancialmente de manera simultánea unas señales idénticas o similares.

5 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un dispositivo electrónico que puede montarse en o sobre una ventana de vehículo. Se proporciona una placa de circuito impreso (PCB) flexible. Los circuitos de detección primero y segundo están formados en lados opuestos de la PCB flexible, comprendiendo cada circuito de detección mencionado una pluralidad de diferentes estructuras fractales. Un plano de tierra se localiza entre los circuitos de detección primero y segundo, estando el plano de tierra dispuesto con el fin de desacoplar los conjuntos de condensadores primero y segundo y para proteger el primer conjunto de condensadores de los campos que emanan del segundo conjunto de condensadores, y viceversa. El dispositivo electrónico está configurado para detectar la humedad en una superficie exterior de la ventana de vehículo, la humedad en una superficie interior de la ventana de vehículo, y la EMI.

15 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un sensor de luz para un vehículo. Una placa de circuito impreso (PCB) soportada por una ventana de vehículo comprende unas capas exteriores primera y segunda y al menos una capa interior, estando la primera capa exterior más cerca de un interior del vehículo y estando la segunda capa exterior más cerca de un exterior del vehículo. Un sensor de luz flip-chip está montado en una superficie interior de la primera capa exterior de la PCB, incluyendo el sensor de luz flip-chip al menos dos conjuntos de sensores de luz, y estando cada conjunto de sensores mencionado configurado para detectar la luz de una longitud de onda predeterminada. La circuitería lógica programada está configurada para establecer un estado de las luces de vehículo en función del sensor de luz. Los al menos dos conjuntos de sensores de luz están dispuestos con el fin de ver a través de un orificio formado en la PCB, actuando el orificio en la PCB como una lente.

25 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona una placa de circuito impreso (PCB) flexible soportada por una ventana de vehículo. Se proporciona una primera capa exterior, estando la primera capa exterior más cerca de un interior del vehículo y formándose a partir de un polímero flexible. Se proporciona una segunda capa exterior, estando la segunda capa exterior más cerca de un exterior del vehículo y formándose a partir de un polímero flexible. Se proporciona al menos una capa interior sustancialmente metálica. Un sensor de luz que comprende un sensor de luz flip-chip está montado en una superficie interior de la primera capa exterior de la PCB, incluyendo el sensor de luz flip-chip al menos dos conjuntos de sensores de luz, y estando cada conjunto de sensores mencionado configurado para detectar la luz de una longitud de onda predeterminada. La circuitería lógica programada está configurada para establecer un estado de las luces de vehículo en función del sensor de luz. Los al menos dos conjuntos de sensores de luz están dispuestos con el fin de ver a través de un orificio formado en la PCB, actuando el orificio en la PCB como una lente.

40 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona una ventana de vehículo. Unos sustratos de cristal separados sustancialmente paralelos primero y segundo se laminan juntos por medio de una capa inclusiva de polímero. Se proporciona una capa opaca. Una placa de circuito impreso (PCB) incluye un sensor de luz que comprende un sensor de luz flip-chip, incluyendo el sensor de luz flip-chip al menos dos conjuntos de sensores de luz, estando cada conjunto de sensores mencionado configurado para detectar la luz de una longitud de onda predeterminada. Un adhesivo une el sensor de luz a la PCB. Un orificio está formado en la PCB y la capa opaca con el fin de permitir a los conjuntos de sensores de luz ver a través del orificio formado en la PCB y la capa opaca. Un estado de las luces de vehículo puede ajustarse en función del sensor de luz. La PCB está localizada o está soportada en el parabrisas del vehículo.

50 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un método para hacer funcionar las luces de vehículo. Un sensor de luz capacitivo está configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de al menos una longitud de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada a un canal de salida respectivo del sensor de luz. Un búfer se llena con datos del al menos un canal de salida, llenándose el búfer con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada. Un cambio de flanco se detecta en los datos del búfer. Un estado de encendido/apagado de las luces de vehículo se mantiene cuando no se detecta un cambio de flanco. Al detectarse un cambio de flanco, cuando los datos pasan de un valor alto a un valor bajo a través de un primer umbral predefinido y permanecen más bajos que el primer umbral predefinido durante un intervalo de persistencia, las luces de vehículo se encienden, y cuando los datos pasan de un valor bajo a un valor alto a través de un segundo umbral predefinido y permanecen más altos que el segundo valor umbral predefinido para el intervalo de persistencia, las luces de vehículo se apagan. El segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis.

60 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un método para hacer funcionar las luces de vehículo. Un sensor de luz capacitivo está configurado para detectar la presencia y la intensidad de la luz a lo largo de tres longitudes de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada, respectivamente, a los canales de salida primero, segundo y tercero del sensor de luz. Un búfer se llena con los datos de los canales de salida, llenándose el búfer con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada. Un cambio de flanco se detecta en los datos del búfer. Se determina una velocidad del vehículo. Cuando la velocidad del vehículo supera un primer umbral de velocidad, se añade un factor de histéresis de velocidad predefinida a los umbrales primero y

segundo hasta que la velocidad del vehículo desciende por debajo de un segundo umbral de velocidad. Los cambios de flanco en al menos dos de los canales primero, segundo y tercero están correlacionados. El estado de encendido/apagado de las luces de vehículo se cambia en función de la correlación. El segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis.

5 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un sensor de luz para un vehículo. Al menos un conjunto de sensor de luz capacitivo está configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de al menos una longitud de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada a un canal de salida respectivo del conjunto de sensores de luz. Un búfer está configurado para almacenar los datos del al menos un canal de salida, llenándose el búfer con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada. La circuitería lógica programada de detección de luz está configurada para: (a) detectar un cambio de flanco en los datos del búfer, (b) mantener un estado de encendido/apagado de las luces de vehículo cuando no se detecta un cambio de flanco, y (c) al detectarse un cambio de flanco: cuando los datos pasan de un valor alto a un valor bajo a través de un primer umbral predefinido y permanecen más bajos que el primer umbral predefinido durante un intervalo de persistencia, generar una señal que indique que las luces de vehículo deben encenderse, y cuando los datos pasan de un valor bajo a un valor alto a través de un segundo umbral predefinido y permanecen más altos que el segundo valor umbral predefinido para el intervalo de persistencia, generar una señal que indique que las luces de vehículo deben apagarse. El segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis.

20 En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un sensor de luz para un vehículo.

Al menos un conjunto de sensor de luz capacitivo está configurado para detectar la presencia y la intensidad de la luz a lo largo de una pluralidad de longitudes de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada a un canal de salida respectivo del conjunto de sensores de luz. Un búfer está configurado para almacenar los datos de los canales de salida, llenándose el búfer con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada. La circuitería lógica programada de detección de luz está configurada para detectar un cambio de flanco en los datos del búfer. La circuitería lógica programada de determinación de velocidad está configurada para determinar una velocidad del vehículo. La circuitería lógica programada de detección de luz está configurada además para añadir un factor de histéresis de velocidad predefinida a los umbrales primero y segundo cuando la velocidad del vehículo supera un primer umbral de velocidad hasta que la velocidad del vehículo desciende por debajo de un segundo umbral de velocidad, para correlacionar los cambios de flanco en al menos algunos de la pluralidad de canales, y para cambiar el estado de encendido/apagado de las luces de vehículo en función de la correlación. El segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis.

35 Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1-38 muestran unas realizaciones que no forman parte de la invención pero son útiles para entender la invención y las figuras 39-43 muestran las realizaciones de la invención.

40 Estas y otras características y ventajas serán mejor y más completamente entendidas por referencia a la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas a modo de ejemplo junto con los dibujos, de los que:

La figura 1(a) es un diagrama de bloques de componentes de un sensor de lluvia a modo de ejemplo de acuerdo con una realización de ejemplo de esta invención.

45 La figura 1(b) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia de acuerdo con una realización de ejemplo de esta invención, que puede usar las características de la figura 1(a) y/o una o más de las figuras 2-12.

La figura 1(c) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia de acuerdo con otra realización de ejemplo de esta invención, que puede usar las características de la figura 1(a) y/o una o más de las figuras 2-12.

50 La figura 1(d) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia de acuerdo con otra realización de ejemplo de esta invención, que puede usar las características de la figura 1(a) y/o una o más de las figuras 2-12.

La figura 1(e) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia de acuerdo con otra realización de ejemplo de esta invención, que puede usar las características de la figura 1(a) y/o una o más de las figuras 2-12.

55 La figura 1(f) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia de acuerdo con otra realización de ejemplo de esta invención, que puede usar las características de la figura 1(a) y/o una o más de las figuras 2-12.

La figura 2A es un patrón optimizado a modo de ejemplo para un conjunto capacitivo de cuadrante basándose en los fractales de Hilbert, en el que tales condensadores pueden proporcionarse en la ventana como un conjunto de sensores en las realizaciones de, por ejemplo, una o más de las figuras 1(a)-(f) y 4 a 12.

60 La figura 2B es otro patrón optimizado a modo de ejemplo para un conjunto capacitivo de cuadrante, en el que pueden proporcionarse tales condensadores en la ventana como un conjunto de sensores en las realizaciones de, por ejemplo, una o más de las figuras 1(a)-(f) y 4 a 12.

La figura 3 es una imagen ampliada de otro conjunto capacitivo de cuadrante a modo de ejemplo más, en el que pueden proporcionarse tales condensadores en la ventana como un conjunto de sensores en las realizaciones de, por ejemplo, una o más de las figuras 1(a)-(f) y 4 a 12.

65 La figura 4 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye una circuitería a modo de ejemplo usada para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura, para su uso, por ejemplo en una o más de las realizaciones de las figuras 1(a)-1(f) y 5 a 12.

La figura 5 es un diagrama de circuito de ejemplo que incluye circuitería a modo de ejemplo usado para un pulso de reloj de borrado en la electrónica de lectura, para su uso, por ejemplo, en una o más de las realizaciones de las figuras 1(a)-1(f), 4 y 6 a 12.

La figura 6 es un diagrama de tiempos a modo de ejemplo derivado de la circuitería de lectura de las figuras 4-5.

5 La figura 7 es un diagrama de flujo o un diagrama de estado a modo de ejemplo que muestra cómo pueden usarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas de acuerdo con una realización de ejemplo, que puede usarse junto con una o más de las figuras 1-6 y 8-12.

La figura 8 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra cómo pueden usarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas de acuerdo con una realización de ejemplo, que puede usarse junto con una o más de las figuras 1-7 y 9-12.

10 La figura 9 es una vista estilizada a modo de ejemplo de cómo una gota de lluvia puede viajar a través de un parabrisas.

La figura 10 es un ejemplo de representación gráfica de unos valores máximos obtenidos experimentalmente de unas autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones.

15 La figura 11A es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de lluvias fuertes.

La figura 11B es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de un vaho ligero.

La figura 11C es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de una interferencia de radio CB.

20 La figura 11D es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente de ejemplo indicativa de un cuerpo a tierra con una tensión.

La figura 12A es un conjunto de correlación a modo de ejemplo indicativo de lluvia ligera.

La figura 12B es un conjunto de correlación a modo de ejemplo indicativo de lluvia intensa.

25 La figura 13 es un ejemplo de autocorrelación de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 14 es una gráfica que expone unos datos de correlación cruzada de ejemplo de los condensadores C1, C2 de acuerdo con los ejemplos de ciertas realizaciones.

La figura 15 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

30 La figura 16 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

La figura 17 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

35 La figura 18 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

La figura 19 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

40 La figura 20 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

La figura 21 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

45 La figura 22 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

La figura 23 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

50 La figura 24 es una gráfica de correlación cruzada, que representa los valores de correlación cruzada frente a los retardos de tiempo (los retardos de tiempo están en términos de microsegundos en el dominio del tiempo) de acuerdo con un ejemplo, usando determinadas señales de la figura 14.

La figura 25 es un diagrama de bloques que ilustra la circuitería y/o el procesamiento de las señales de acuerdo con una realización de ejemplo en el que está presente un condensador de detección (por ejemplo, C1), que incluye la modulación sigma-delta.

60 La figura 26 es un diagrama de bloques que ilustra la circuitería y/o el procesamiento de las señales de acuerdo con una realización de ejemplo en el que está presente una pluralidad de condensadores (por ejemplo, C1-C4), que incluye la modulación sigma-delta.

La figura 27 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta de acuerdo con una realización de ejemplo; realizándose este procesamiento en una circuitería, un firmware y/o un software.

65 Las figuras 28(a) y 28(b) son diagramas esquemáticos que ilustran las ventajas del uso de electrodos flotantes

para los condensadores de detección (por ejemplo, C1-C4) de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo.

La figura 29 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta de acuerdo con otra realización de ejemplo; realizándose este procesamiento en una circuitería, un firmware y/o un software.

5 La figura 30 es un diagrama de bloques que ilustra la modulación sigma-delta de acuerdo con otra realización más de ejemplo; realizándose este procesamiento en una circuitería, un firmware y/o un software.

La figura 31 ilustra un circuito de conmutación que puede usarse junto con cualquiera de las otras realizaciones, con el fin de conmutar selectivamente entre diferentes condensadores de detección con el fin de cambiar el campo de detección que se analiza y/o cambiar la característica por la que se busca.

10 La figura 32 muestra una primera capa exterior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 33 muestra una primera capa interior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 34 muestra una segunda capa interior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo.

15 La figura 35 muestra una segunda capa exterior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 36 es una vista en sección transversal de una cubierta de PCB de ejemplo de acuerdo con una realización de ejemplo.

20 La figura 37(a) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia soportado por una superficie interior de un sustrato de cristal interior de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 37(b) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia soportado por una superficie interior de un sustrato de cristal exterior de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 37(c) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia soportado por una superficie exterior de un sustrato de cristal interior de acuerdo con una realización de ejemplo.

25 La figura 37(d) es una vista en sección transversal de un sensor de lluvia integrado en una capa intermedia de polímero de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 38 es un diagrama de flujo o un diagrama de estado a modo de ejemplo que muestra cómo pueden accionarse los limpiaparabrisas del parabrisas de acuerdo con una realización de ejemplo.

30 La figura 39 es una vista ilustrativa de un diseño de sensor de luz flip-chip de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 40 es una vista en sección transversal de un sensor de luz soportado por una superficie interior de un sustrato de cristal interior de acuerdo con una realización de ejemplo de esta invención.

La figura 41 es un diagrama de flujo ilustrativo o un diagrama de estado que ilustra cómo pueden encenderse o apagarse las luces en función de los datos del sensor de luz, de acuerdo con una realización de ejemplo.

35 La figura 42 muestra una circuitería de conjunto capacitivo de ejemplo de acuerdo con una realización de ejemplo.

La figura 43 es una gráfica que muestra la respuesta espectral de los fotodiodos de los tres canales de un sensor de luz ilustrativo de acuerdo con una realización de ejemplo.

40 Descripción detallada de las realizaciones de ejemplo de la invención

Haciendo referencia ahora más específicamente a los dibujos adjuntos en los que los números de referencia similares indican partes similares en todas las diversas vistas.

45 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se proporcionan un sistema de sensor de humedad (por ejemplo, la lluvia) y/o un método e incluye la detección basada en la capacitancia que transforma una señal de entrada física (por ejemplo, la presencia de una gota de agua en una parabrisas, o similares) en una señal de tensión eléctrica digital que se recibe e interpreta por un programa(s) de software o circuito(s) que decide si deben activarse los limpiaparabrisas del parabrisas, y, en caso afirmativo, opcionalmente su velocidad adecuada. Por lo tanto, el acoplamiento capacitivo se usa para detectar agua y/u otro material en la superficie exterior de una ventana como un parabrisas de vehículo, un techo solar, y/o la luneta posterior. Se apreciará que los métodos de cálculo pueden realizarse por hardware o una combinación de hardware y software en diferentes realizaciones de ejemplo de esta invención. En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, no es necesaria una capacitancia de referencia o un condensador (es decir, no se necesita condensador de compensación).

55 En ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, se soporta una pluralidad de condensadores de detección por una ventana tal como un parabrisas de vehículo, teniendo cada uno de los condensadores un campo diferente. Un circuito de detección emite una señal analógica que se basa en y/o se relaciona con las capacidades de los condensadores de detección. En ciertas realizaciones de ejemplo, se proporciona un circuito de conmutación con el fin de cambiar selectivamente entre los diferentes condensadores de detección o las diferentes combinaciones de los mismos (o incluso, posiblemente, unas antenas y/o unas bandas), con el fin de cambiar el campo de detección que se analiza y/o de cambiar la característica por la que se busca (por ejemplo, véanse las figuras 4, 5, 26 y 31). Por ejemplo, en ciertas realizaciones de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: 60 (a) un condensador(s) para detectar lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un condensador(s) para detectar uno o más de entre hielo en una superficie exterior de la ventana, vaho en una superficie exterior de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana. Tales realizaciones pueden o no pueden usarse en 65

combinación con cualquier otra realización(s) de esta invención tratada en el presente documento.

Ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención se aprovechan de una ecuación de permitividad, lo que da una cantidad física que describe cómo un campo eléctrico afecta y se ve afectado por un medio. Una ecuación de permitividad básica de ejemplo es:

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

en la que D es el flujo eléctrico, ϵ_0 es la constante dieléctrica de un vacío, E es un campo eléctrico (por ejemplo, la configuración de tensión entre las placas o electrodos dividido por la distancia, o V/m), y P es la polarización. La polarización P puede describirse más matemáticamente como:

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

en la que ϵ_r es la permitividad relativa (por ejemplo, la constante dieléctrica del agua, el hielo, la suciedad o cualquier otra cosa que podría estar en una superficie exterior de una ventana tal como un parabrisas). En general, un valor alto de ϵ_r corresponderá a una alta polarizabilidad. La permitividad de cristal es de aproximadamente 8, y de la permitividad del agua es de aproximadamente 85. Por sustitución y factorización, entonces, la ecuación de permitividad puede reescribirse como:

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

En esta forma, se apreciará que D es la respuesta a la excitación E.

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

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

en la que dA es la zona de un cuadrado diferencial en la superficie cerrada S. Por sustitución, entonces, se hace evidente que la capacitancia está relacionada con la diferencia de potencial:

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

Estas ecuaciones forman la base de una técnica de ejemplo para medir la interacción del agua en el cristal usando un sensor con un conjunto capacitivo para sondear por encima de la ventana (por ejemplo, cristal). En particular, los datos de un sensor que incluye al menos uno, o dos o más, condensador(s) (por ejemplo, C1, C2, C3, etc.) pueden usarse para detectar si la humedad (por ejemplo, la lluvia, o similares) está presente en una superficie exterior de una ventana tal como un parabrisas de vehículo o una luneta posterior. Las ecuaciones anteriores ilustran que la presencia de agua en la superficie de una ventana puede afectar a la capacitancia de un condensador de detección localizado convenientemente.

La figura 1(a) es un diagrama de bloques de componentes de ejemplo de un sensor de humedad (por ejemplo, la lluvia) de acuerdo con una realización de ejemplo. La fuente de alimentación 10 está conectada a la electrónica de lectura 12 que puede incluir uno o más de entre un hardware, un firmware y/o un software. Como se describirá en mayor detalle a continuación, el sensor incluye uno o más condensadores con el fin de componer un sensor capacitivo 5 en ciertas realizaciones de ejemplo. Aunque pueden usarse diferentes tipos de condensadores, teniendo cada uno de los condensadores, pueden usarse un par de electrodos aproximadamente coplanarios dispuestos en un patrón fractal en el sensor en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención. En ciertas realizaciones de ejemplo, un patrón fractal puede dividirse en un conjunto capacitivo. Los datos de y/o relacionados con el condensador(s) de detección del sensor capacitivo 5 se reciben y se leen por la electrónica de lectura 12 que puede componerse por uno o más de entre un hardware, un firmware y/o un software. La electrónica de lectura 12 recoge el ruido eléctrico y convierte el mismo en una señal(s) digital. Esta señal(s) digital se pasa al módulo de cálculo 14 (que puede componerse por uno o más de entre un hardware, un firmware y/o un software) que determina qué acción deberían realizar los limpiaparabrisas. Por ejemplo, los limpiaparabrisas pueden iniciar una sola limpieza, unas limpiezas a baja velocidad, unas limpiezas a alta velocidad, etc., basándose en los datos analizados por y/o relacionados con el sensor capacitivo. También se puede hacer que los limpiaparabrisas se apaguen, disminuyan/aumenten la velocidad a la que están limpiando, etc., basándose en los datos analizados por y/o relacionados con el sensor capacitivo. El motor de sistema de control de limpiaparabrisas 16 recibe instrucciones del módulo de cálculo 14 y dirige los limpiaparabrisas 18 para realizar la acción apropiada.

En ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor capacitivo 5 interactúa con un bus de interconexión local (bus LIN) de un vehículo. Un bus LIN (no mostrado) normalmente es un bus en serie al que están conectados los dispositivos esclavos en un automóvil. Un bus LIN normalmente ejecuta un protocolo(s) de enlace con los dispositivos esclavos para garantizar que están, por ejemplo, conectados y son funcionales. Además, un bus LIN puede proporcionar otra información a los dispositivos esclavos, tal como, por ejemplo, la hora actual.

En ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor capacitivo 5 incluye una pluralidad de condensadores en la forma de cualquier conjunto adecuado.

La figura 1(b) es una vista en sección transversal de una ventana de vehículo que incluye un sensor de humedad de acuerdo con una realización de ejemplo. Un parabrisas del vehículo incluye un sustrato de cristal interior 1 y un sustrato de cristal exterior 2 que se laminan entre sí mediante una capa intermedia inclusiva de polímero 3 de un material como el butiral de polivinilo (PVB) o similares. Un recubrimiento de baja-E (baja emisividad) opcional 4 puede proporcionarse en la superficie interior del sustrato de cristal exterior 2 (o incluso en la superficie del sustrato 1) en ciertas realizaciones de ejemplo. 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 las capas dieléctricas primera y segunda del material, tal como nitruro de silicio, óxido de estaño, óxido de zinc, o similares. Unos recubrimientos de baja-E de ejemplo, con fines de ejemplo y sin limitación, se describen en las patentes de Estados Unidos números 6.686.050, 6.723.211, 6.782.718, 6.749.941, 6.730.352, 6.802.943, 4.782.216, 3.682.528 y 6.936.347, cuyas divulgaciones se incorporan en el presente documento por referencia.

La figura 1(b) ilustra un condensador de ejemplo del sensor capacitivo. Mientras que el sensor capacitivo de la figura 1(a) normalmente incluye una pluralidad de condensadores en un conjunto, se muestra un solo condensador del sensor en la figura 1(b) con fines de simplicidad. Los otros condensadores son similares en sección transversal a la mostrada en la figura 1(b) en ciertas realizaciones de ejemplo. El condensador de ejemplo (C1, C2, C3 o C4) del sensor capacitivo mostrado en la figura 1(b) incluye un par de electrodos de condensador coplanarios o sustancialmente coplanarios separados 7 y 8. Los electrodos 7 y 8 son de un material conductor que puede imprimirse o formarse de otra manera en la ventana. Por ejemplo, los electrodos de condensador 7 y 8 del condensador de detección pueden estar hechos de o incluyen plata, ITO (óxido de indio y estaño), u otro material conductor adecuado. En ciertas realizaciones de ejemplo, el condensador mostrado en la figura 1(b) se ve afectado por una gota de lluvia en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la figura 1(b), y por lo tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Las señales recibidas desde y/o relativas al condensador de detección(s) y el análisis de las mismas se describe en el presente documento.

En la realización de la figura 1(b), una capa aislante opaca 9 (por ejemplo, sinterizada o esmaltada de negro, o similares) se proporciona en la ventana a lo largo de los electrodos 7 y 8 con el fin de proteger los electrodos 7, 8 de la vista de un pasajero(s) que se sienta en el interior del vehículo. Por lo tanto, se apreciará que la capa opaca 9 solo se proporcione en una pequeña parte de la ventana, incluso en la zona en la que se localiza el conjunto capacitivo del conjunto de los sensores de lluvia de los condensadores. En ciertos casos de ejemplo, el conjunto capacitivo de los sensores de lluvia y por lo tanto la capa opaca 9 puede localizarse en un parabrisas de vehículo en una zona próxima al soporte de montaje del espejo retrovisor. En ciertas realizaciones de ejemplo, la capa opaca 9 (por ejemplo, sinterizada o esmaltada de negro) puede ponerse en contacto directamente con el patrón fractal de los electrodos de condensador 7, 8 debido a que la capa 9 no es conductora. Sin embargo, incluso si una capa sinterizada de negro 9 fuese conductora (lo que es posible), su constante dieléctrica está próxima a la del agua de manera que no interferirá de manera adversa con la captura de los datos de y/o relacionados con los condensadores C1-C4 y el análisis asociado.

La figura 2A es una vista superior o en planta que ilustra un ejemplo de un conjunto de sensores capacitivo que incluye cuatro condensadores C1, C2, C3 y C4. Cada uno de estos condensadores C1, C2, C3 y C4 incluye unos electrodos de condensador coplanarios separados primero y segundo 7 y 8 como se muestra en la figura 1(b) (o cualquiera de las figuras 1(c)-1(f)). Los electrodos de condensador 7 y 8 de cada condensador C1-C4 pueden estar hechos de plata conductora sinterizada o similares, como se muestra en la figura 2A. Por otra parte, en ciertas realizaciones de ejemplo, puede haber un hueco 22 de aproximadamente 0,2 a 1,5 mm, más preferentemente de aproximadamente 0,3 a 1,0 mm (por ejemplo, 0,6 mm), entre los electrodos de condensador coplanarios 7 y 8 de un condensador (C1, C2, C3 y/o C4) como se muestra en la figura 2A. En la realización de la figura 2A, los condensadores C1-C4 están cubiertos con una capa sinterizada de negro aislante 9 que es la misma que la capa opaca 9 tratada anteriormente con respecto a la figura 1(b). En la figura 2A, se proporciona un conjunto de terminal de contacto en el centro del conjunto de sensores, e incluye cuatro terminales de contacto eléctricamente conectados a los respectivos electrodos 7 de los condensadores C1-C4, y cuatro terminales de contacto conectados eléctricamente a los respectivos electrodos 8 de los condensadores C1 C4. Un terminal de contacto de ejemplo se denomina por el número de referencia 28 en la figura 2A. Las cuatro terminales de contacto de color blanco 28 de la figura 2A están conectados eléctricamente a los respectivos electrodos de condensador 7 de los condensadores C1-C4, mientras que los terminales de contacto de color gris oscuro 28 en la figura 2A están conectados eléctricamente a los respectivos electrodos de condensador 8 de los condensadores C1-C4. Todos los condensadores de detección

C1-C4 son sensibles a una humedad tal como la lluvia en la superficie externa de la ventana.

En la realización de la figura 2A, cada uno de los condensadores C1-C4 del sensor capacitivo se forma usando la 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, por ejemplo, una alta capacitancia para realizarse en una zona pequeña, y por lo tanto son deseables sobre otras geometrías en ciertas aplicaciones de sensores de lluvia de ejemplo. La geometría fractal puede agruparse en (a) fractales aleatorios, que pueden llamarse fractales caóticos o Brownianos e incluyen un componente de ruido aleatorio, y (b) fractales deterministas o exactos. En la geometría fractal determinista, una estructura en sí misma similar resulta de la repetición de un diseño o motivo (o "generador") (es decir, la similitud y la estructura en sí mismas en todas las escalas). En la similitud en sí misma determinista o exacta, los condensadores fractales pueden construirse a través de medios recursivos o iterativos. En otras palabras, los fractales se componen a menudo de o incluyen muchas copias de sí mismos a diferentes escalas.

En la realización de la figura 2A, puede verse que los electrodos coplanarios 7 y 8 de cada condensador (en la que se muestran los electrodos 7 y 8, pero no etiquetados en la figura 2A debido al color oscuro de la sinterización 9, pero están separados por los huecos 22) tienen geometrías fractales y están dispuestos sustancialmente paralelos entre sí a lo largo de la longitud serpenteante de cada condensador. En otras palabras, cada electrodo 7, 8 de un condensador dado (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) tiene una forma serpenteante en la geometría fractal, pero se mantiene sustancialmente paralelo al otro electrodo (el otro de 7, 8) del condensador a lo largo de la longitud serpenteante del condensador. La longitud total de cada condensador (por ejemplo, C1), a lo largo de la longitud serpenteante del fractal, es de aproximadamente 25 a 200 mm en ciertas realizaciones de ejemplo, más preferentemente de aproximadamente 30 a 90 mm, siendo en un ejemplo de aproximadamente 50 mm.

El patrón fractal de la figura 2A es un patrón fractal de Hilbert. Los electrodos 7, 8 de los condensadores C1-C4 en la realización de la figura 2A forman un patrón fractal de Hilbert, a efectos de ejemplo solamente y sin limitación. En particular, los condensadores mostrados en la figura 2A están conformados de una manera fractal de Hilbert de tercer orden. Los fractales de Hilbert son fractales de llenado de espacio continuos, con dimensiones fractales de dos. Esto significa que los fractales de orden superior serán más cuadrados similares. Un fractal de Hilbert puede formarse usando el siguiente sistema en L:

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

en el que "Angle 90" establece las siguientes rotaciones de 90 grados, X e Y son funciones definidas, "F" significa "extraer hacia delante", "+" significa "girar hacia la izquierda" y "-" significa "girar hacia la derecha". Mientras que las geometrías fractales de Hilbert pueden usarse en la formación de los condensadores C1-C4 en ciertas realizaciones de ejemplo, esta invención no está tan limitada, y pueden usarse también otros tipos de fractales para formar las formas de los condensadores. Por ejemplo, los electrodos de condensador 7, 8 de los condensadores C1-C4 en cualquier realización en el presente documento pueden formarse usando cualquiera de los diseños de fractal desvelados en cualquiera de las patentes de Estados Unidos números 6.552.690, 6.104.349, 6.140.975, 6.127.977, 6.084.285, 6.975.277, cuyas divulgaciones se incorporan en el presente documento por referencia. En ciertas realizaciones de ejemplo, como se muestra en las figuras 2A, 2B y 3, todos los condensadores de detección del conjunto de detección pueden ser idénticos o sustancialmente idénticos en forma.

En las realizaciones preferidas, cada uno de los condensadores C1-C4 en el conjunto de sensores puede ser eléctricamente flotante (esto puede llamarse una tierra virtual en ciertos casos de ejemplo) con el fin de no tener una tierra común fija, como unos voltios fijados a cero, y/o separada espacialmente o similares que pueda ser útil con respecto a las funciones de correlación. Además, la falta de una tierra común significa que el conjunto capacitivo no estará sujeto a los efectos adversos de una interferencia tal como, por ejemplo la interferencia EMI, reduciendo de este modo el potencial por falsas limpiezas, falsas detecciones, y similares.

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

La figura 1(c) es una vista en sección transversal de otra realización de ejemplo, que puede usar el sistema de la figura 1(a) y una o más de las realizaciones de las figuras 2-12. En la realización de la figura 1(c), la ventana de vehículo (por ejemplo, la luneta posterior) se compone de una única lámina de cristal 10, y los electrodos 7,8 del condensador se proporcionan, directa o indirectamente, en la superficie principal interior de la lámina de cristal 10. El condensador (por ejemplo, C1) mostrado en la figura 1(c) está diseñado de tal manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana porque el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la figura 1(c), y por lo tanto

puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 está formado de una manera similar. Se observa que el uso de la palabra "en" en el presente documento cubre tanto directamente en como indirectamente en, y no se limita al contacto físico o a tocar a menos que se indique expresamente. Una capa opaca 9, similar a la mostrada en la realización de la figura 1(b), puede proporcionarse también en la realización de la figura 1(c) si se desea.

La figura 1(d) es una vista en sección transversal de otra realización de ejemplo, que puede usar el sistema de la figura 1(a) y una o más de las realizaciones de las figuras 2-12. En la realización de la figura 1(d), la ventana de vehículo (por ejemplo, el parabrisas laminado) incluye unas láminas de cristal 1 y 2 laminadas juntas mediante una capa intermedia basada en un polímero 3, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja-E 4 o en el sustrato 1 o en el sustrato 2. La realización de la figura 1(d) difiere de la realización de la figura 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador se proporcionan en la superficie principal del sustrato de cristal 1 que está más alejado del interior del vehículo. Los electrodos de condensador 7, 8 pueden hacer contacto con la capa intermedia de polímero 3 en esta realización, en ciertos casos de ejemplo. El condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) mostrado en la figura 1(d) está diseñado de tal manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana debido a que el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la figura 1(d), y por lo tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del conjunto de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la figura 1(d). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la realización de la figura 1(d) si se desea, sobre una parte de la ventana con el fin de proteger los electrodos de condensador de la vista de un pasajero del vehículo. En la realización mostrada en la figura 1(d), los electrodos 7 y 8 pueden estar formados de una sinterización de plata conductora o un ITO impreso o modelado directamente en y haciendo contacto con la superficie del sustrato 1. Sin embargo, esta invención no está tan limitada, y los electrodos 7 y 8 de uno o más condensadores del sensor pueden estar formados y modelados en su lugar a partir de una capa de reflexión de IR conductora metálica (por ejemplo, una capa basada en plata) de un recubrimiento de baja-E 4 que se soporta por la ventana.

La figura 1(e) es una vista en sección transversal de otra realización de ejemplo, que puede usar el sistema de la figura 1(a) y una o más de las realizaciones de las figuras 2-12. En la realización de la figura 1(e), la ventana de vehículo (por ejemplo, el parabrisas laminado) incluye unas láminas de cristal 1 y 2 laminadas juntas a través de una capa intermedia basada en un polímero 3, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja-E 4 o en el sustrato 1 o en el sustrato 2. La realización de la figura 1(e) difiere de la realización de la figura 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) se proporcionan en la superficie principal del sustrato de cristal exterior 2 que está más cerca del interior del vehículo. Los electrodos de condensador 7, 8 pueden hacer contacto con la capa intermedia de polímero 3 en esta realización, en ciertos casos de ejemplo. El condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) mostrado en la figura 1(e) está diseñado de tal manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana debido a que el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la figura 1(e) y por lo tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del conjunto de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la figura 1(e). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la realización de la figura 1(e) si se desea, en una parte de la ventana con el fin de proteger los electrodos de condensador de la vista de un pasajero(s) del vehículo.

La figura 1(f) es una vista en sección transversal de otra realización de ejemplo, que puede usar el sistema de la figura 1(a) y una o más de las realizaciones de las figuras 2-12. En la realización de la figura 1(f), la ventana de vehículo (por ejemplo, el parabrisas laminado) incluye unas láminas de cristal 1 y 2 laminadas juntas a través de una capa intermedia basada en un polímero 3, y opcionalmente incluye un recubrimiento de baja-E 4 o en el sustrato 1 o en el sustrato 2. La realización de la figura 1(f) difiere de la realización de la figura 1(b) en que los electrodos 7, 8 del condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) se proporcionan en la superficie principal del sustrato de cristal interior 1 que está más cerca del interior del vehículo, a través de un elemento de soporte 12. El elemento de soporte 12, localizado entre el sustrato de cristal 1 y los electrodos 7, 8, puede fabricarse de cristal, silicio o similares. El condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4) mostrado en la figura 1(e) está diseñado de tal manera que se ve afectado por una gota de lluvia (u otro material) en la superficie exterior de la ventana debido a que el campo eléctrico Es del condensador se extiende hasta o más allá de la superficie exterior de la ventana como se muestra en la figura 1(f) y por lo tanto puede interactuar con la gota de lluvia u otro material en la superficie exterior de la ventana. Cada uno de los condensadores C1-C4 del conjunto de sensores está formado de una manera similar a la mostrada para el condensador de la figura 1(f). La capa opaca 9 también puede proporcionarse en la realización de la figura 1(f) si se desea, en una parte de la ventana con el fin de proteger los electrodos de condensador 7, 8 de la vista de un pasajero(s) del vehículo.

La figura 2B es una vista en planta de un patrón de ejemplo para un conjunto capacitivo de cuadrante de unos condensadores con forma fractal C1-C4 para el sensor capacitivo de acuerdo con otra realización de ejemplo. Los cuatro condensadores mostrados en la figura 2B son similares a los de la figura 2A, a excepción de las formas precisas de los mismos. Los condensadores de la figura 2B pueden usarse en cualquiera de las realizaciones de las figuras 1(a)-(f). Las líneas de trazos superpuestas muestran las divisiones en cuatro distintos condensadores C1-C4.

La anchura de la línea exterior puede ser de aproximadamente 2 mm, y la anchura de la línea interior de aproximadamente 1 mm, en ciertas realizaciones de ejemplo.

La figura 3 es una imagen ampliada de otro conjunto capacitivo de cuadrante a modo de ejemplo de los condensadores con forma fractal C1-C4 para el sensor capacitivo de acuerdo con otra realización de ejemplo. Los cuatro condensadores mostrados en la figura 3 son similares a los de las figuras 2A y 2B, a excepción de las formas precisas de los mismos. Los condensadores fractales de la figura 3 pueden usarse en cualquiera de las realizaciones de las figuras 1(a)-(f). Las líneas superpuestas muestran una división de ejemplo entre los condensadores C1-C4 de la figura 3. Se apreciará que algunas realizaciones de ejemplo pueden tener conjuntos capacitivos con tan solo dos condensadores. Sin embargo, es preferible tener al menos cuatro condensadores en ciertas realizaciones de ejemplo para recoger y obtener los matices en las perturbaciones.

El uso de la geometría fractal para los condensadores de detección C1-C4 puede ser ventajoso para reducir las falsas lecturas debidas a la interferencia EMI en ciertas realizaciones de ejemplo. En particular, los fractales a altas iteraciones ayudan a reducir los problemas de interferencias EMI, debido a que la jaula Faraday o la jaula cuasi-Faraday del fractal a altas iteraciones reduce el acoplamiento EMI, reduciendo de este modo los efectos adversos de las interferencias EMI. Los fractales a altas iteraciones forman jaulas cuasi-Faraday.

En ciertas realizaciones de ejemplo, las electrónicas de lectura buscan la interacción de la lluvia y/u otras perturbaciones en la ventana. En ciertas realizaciones de ejemplo, este proceso puede realizarse cargando los condensadores secuencialmente, leyendo sus datos, cuantificando los datos, y/o borrando las cargas.

La figura 4 es un diagrama de circuito de un sensor o circuito de lectura de acuerdo con una realización de ejemplo. El circuito de detección de la figura 4 puede componerse de la unidad electrónica 12 y el conjunto de sensores capacitivo 5 de la figura 1. Cualquiera de los condensadores de las figuras 1(b)-1(f), 2A, 2B, y/o 3 puede usarse como los condensadores C1-C4 del circuito de la figura 4. La circuitería de la figura 4 se usa para un pulso de reloj de escritura en la electrónica de lectura, en ciertas realizaciones de ejemplo. Los transistores Q1, Q2 y Q7 son MOSFET de canal-p, siendo los transistores Q1 y Q2 los principales responsables de una fase de escritura. Los transistores Q5 y Q6 son MOSFET de canal-n.

Haciendo referencia aun a la figura 4, durante una fase de escritura, un pulso de escritura Clk_{wr} es la entrada a la puerta del transistor Q7, que funciona como una resistencia o un conmutador, cargando uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia de sensor C_s . La figura 6 incluye ciertas señales usadas en el circuito de la figura 4 en el ciclo de escritura. En el ciclo de escritura, el transistor Q1 está en un modo saturado, ya que su puerta y drenaje están conectados, de manera que Q1 está encendido. Q4, Q5 y Q6 están apagados, y Q2 está encendido durante el modo de escritura. Los transistores Q3 y Q4 son opcionales. Cuando se enciende Q7 por el pulso de escritura, se tiene un ciclo de escritura, y V_{cc} aparece en C_s a través de A y cambia uno o más de los condensadores C1-C4 de la capacitancia del sensor C_s . V_{cc} puede ser una tensión constante, tal como 5 V, en ciertas realizaciones de ejemplo. Uno o más de los condensadores C1-C4 pueden cambiarse a la vez durante un ciclo de escritura. Sin embargo, en ciertas realizaciones de ejemplo, el circuito carga y lee los condensadores C1, C2, C3 y C4, uno a la vez (por ejemplo, véase la figura 6). Por lo tanto, durante un ciclo de escritura, solo uno de los condensadores C1, C2, C3 o C4 se carga en ciertas realizaciones de ejemplo.

El proceso descrito anteriormente para el lado izquierdo del circuito de detección de la figura 4 se refleja esencialmente en el lado opuesto o lado derecho del circuito de la figura 4. Como la corriente fluye a través de la rama del lado izquierdo, la corriente también fluye en B a través de la rama del lado derecho, y se imitan o se imitan sustancialmente los cambios a C_s , en la capacitancia de imitación interna C_{int} . Cuando se enciende Q7, la corriente también fluye a través de Q2 (que está encendido) y carga C_{int} usando V_{cc} . Por lo tanto, la carga de uno de los condensadores C1-C4 se imita por la carga del condensador C_{int} . En otras palabras, C_{int} se carga en el mismo grado, o sustancialmente en el mismo grado, como el condensador (por ejemplo, C1) que se carga en el otro lado del circuito de la figura 4. La tensión de salida del circuito de la figura 4, V_{salida} (o V_o), se basa en C_{int} y se toma próxima a un electrodo del condensador C_{int} como se muestra en la figura 4. Una fórmula de ejemplo que refleja V_{salida} (o V_o) se muestra en la parte inferior de la figura 4. En consecuencia, se apreciará que la salida V_{salida} (o V_o) del circuito de las figuras 4-5 se relaciona con y está basada en los condensadores C1-C4 del sensor C_s . Más específicamente, la salida V_{salida} del circuito de las figuras 4-5 está relacionada con y es indicativa del estado de los condensadores C1-C4 y los efectos en los condensadores de humedad en la superficie de ventana exterior, a pesar de que V_{salida} no se toma directamente de los condensadores C1-C4. En particular, V_{salida} (o V_o) se lee durante el ciclo de escritura, debido al pulso de escritura mostrado en la figura 4 (véase también la figura 6). En la fórmula en la parte inferior de la figura 4 para V_{salida} , W1 es para Q1, Q2 es para W2, L1 es para Q1, L2 es para Q2, en la que W es la anchura de canal de transistor, y L es la longitud de canal de transistor; y V_T es una tensión umbral de cada MOSFET. Debe observarse que en una realización alternativa, la salida V_{salida} del circuito puede tomarse directamente (en lugar de indirectamente a través de C_{int}) de los condensadores de detección C1-C4.

Los transistores Q3 y Q4 son opcionales. En ciertas realizaciones de ejemplo, estos transistores pueden estar a tensiones bajas (por ejemplo, apagados) durante la fase de escritura, y encendidos durante la fase de borrado.

La señal de salida V_{salida} (o V_o) del circuito de detección de la figura 4 (y la figura 5) está sigma-delta modulada en ciertas realizaciones de ejemplo. Los moduladores sigma-delta, que pueden usarse en un convertidor digital a analógico sigma-delta (DAC), pueden proporcionar un grado de conformación o de filtrado del ruido de cuantificación que puede estar presente. Los moduladores sigma-delta de ejemplo que pueden usarse se describen en las patentes de Estados Unidos números 6.975.257, 6.972.704, 6.967.608, y 6.980.144, cuyas divulgaciones se incorporan en el presente documento por referencia. En ciertos ejemplos de conversión sigma-delta, pueden ejercerse el sobremuestreo, la formación de ruido y/o el filtrado de decimación. Unas ventajas de ejemplo de la modulación sigma-delta incluyen uno o más de entre: (i) los requisitos de filtro anti-solapamiento analógicos son menos complejos y por lo tanto pueden ser más baratos que ciertos sistemas basados en nyquist de ejemplo; (ii) puede usarse una circuitería de muestreo y retención debido a la alta tasa de muestreo de entrada y la baja precisión de la conversión A/D; (iii) ya que la fase(s) de filtrado digital puede residir detrás de la conversión A/D pueden controlarse, el ruido inyectado durante el proceso de conversión, tal como la ondulación de suministro de energía, el ruido de referencia de tensión y el ruido en el convertidor A/D en sí; (iv) ya que el convertidor sigma-delta puede ser esencialmente lineal puede no sufrir una no linealidad diferencial apreciable y/o un nivel(s) de ruido de fondo puede ser independiente del nivel de señal de entrada. Las proporciones S/N mejoradas pueden realizarse.

La figuras 4-5 ilustran unos conmutadores para acoplar selectivamente los diferentes condensadores C1-C4 con el resto del circuito. El circuito puede leer las señales de todos los condensadores C1-C4 simultáneamente, o, como alternativa, solo pueden leer las señales de un condensador en un momento seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional pueden leer las señales de una combinación de algunos, pero no de todos los condensadores C1-C4 en un momento determinado en el tiempo. Un circuito de conmutación no limitante de ejemplo para el acoplamiento selectivo de la electrónica de lectura de salida a uno o más de los condensadores C1-C4, cuando sea necesario o cuando se desee se trata a continuación en relación con la figura 31.

La figura 25 que es una versión simplificada de un sistema modulador sigma-delta de acuerdo con una realización de ejemplo, para modular y/o convertir la señal de salida V_{salida} (o V_o) del circuito de la figura 4 (y la figura 5). En la figura 25, un pulso de escritura (véase el pulso en la parte inferior de la figura 25), se usa para cargar el condensador de detección (C1, C2, C3 o C4) como se ha explicado anteriormente con respecto a la figura 5. La excitación de onda cuadrada (por ejemplo, para escribir y/o borrar ciclos) se usa en el condensador de detección para cargarlo y descargarlo. Este proceso se refleja o se imita, para C_{int} como se ha explicado en el presente documento. La señal de salida V_{salida} (o V_o) del circuito de la figura 4 está sigma-delta modulada por el modulador sigma-delta 60. El modulador 60 toma la forma de un circuito de hardware, firmware y/o software en diferentes realizaciones de ejemplo. Los pulsos de reloj 62 de un reloj se introducen en el modulador 60, lo que desencadena la retención de un cuantificador del modulador 60. Después de que la señal de salida V_{salida} (o V_o) se sigma-delta module por el modulador 60, las señales moduladas 64 se reenvían a un filtro digital opcional 66 (por ejemplo, un filtro de paso bajo o similar). El filtro digital 66 procesa la salida digital del modulador sigma-delta 64, que es un flujo de 0 y 1. A continuación, los datos se escalan apropiadamente usando el coeficiente(s) de calibración. A continuación, se leen los datos filtrados 68 a través de una interfaz serie 69 o similares y se envían a un ordenador que hace los cálculos de correlación para los fragmentos de los paquetes de datos. Por lo tanto, los datos de la interfaz 69 se correlacionan a continuación (por ejemplo, autocorrelacionados y/o de correlación cruzada) como se ha explicado en el presente documento. La figura 26 es similar a la figura 25, excepto que la figura 26 ilustra un conjunto de condensadores de detección C1-C4 que se multiplexan a través de un multiplexor. El multiplexor mostrado en la figura 26 puede usarse para acoplar selectivamente los distintos condensadores C1-C4 con el resto del circuito incluyendo el modulador 60. El circuito puede leer las señales de todos los condensadores C1-C4 simultáneamente por medio del multiplexor, o, como alternativa puede leer solo las señales de un condensador a la vez seleccionado de entre C1-C4, o como una alternativa adicional puede leer las señales de una combinación de algunos pero no de todos los condensadores C1-C4 en un momento determinado en el tiempo. Un circuito de conmutación no limitante de ejemplo para su uso en la posición del multiplexor mostrado en la figura 26, para acoplar selectivamente las electrónicas de lectura a uno o más de los condensadores C1-C4, cuando sea necesario o cuando se desee, se trata a continuación en relación con la figura 31.

La figura 27 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de modulación sigma-delta que puede realizarse en el modulador 60 de las figuras 25-26. Una vez más, esta modulación puede realizarse por una circuitería, un firmware y/o un software en diferentes realizaciones de ejemplo. La señal de salida analógica V_{salida} (o V_o) del circuito de la figura 4 (y la figura 5) se recibe por un sumador 70 del modulador sigma-delta 60. El añadidor o sumador 70 recibe la señal V_{salida} (o V_o) analógica, así como una señal de retroalimentación de un bucle de retroalimentación 71 del modulador 60. La salida del añadidor o sumador 70 se recibe por el integrador 72, cuya salida se recibe por un cuantificador 74, tal como un cuantificador de un bit. La salida digital 64 se filtra 66 a continuación como se ha explicado anteriormente, y así sucesivamente. La modulación sigma-delta es ventajosa por que proporciona un sobremuestreo y permite que el ruido tal como el EMI se trate y se reduzcan sus efectos adversos. En particular, el ruido se propaga por la modulación sigma-delta a lo largo de la banda de frecuencia de manera que puede mejorarse la proporción señal a ruido (S/N).

La figura 29 ilustra otro ejemplo de una modulación sigma-delta de acuerdo con un ejemplo. El modulador sigma-delta de la figura 29 recibe una entrada analógica del circuito de detección de las figuras 4, 5 que llega al añadidor o sumador 70. El sumador 70 determina la diferencia entre una señal de retroalimentación y la entrada, y su salida se

reenvía al integrador 72. La salida del integrador 72 se envía al comparador 73. El comparador 73 decide si su entrada es más alta o más baja que un umbral predeterminado y puede sacar una señal de un solo bit basándose en la misma, un flujo de bits, para el circuito de retención 75 (obsérvese que el cuantificador 74 en la figura 27 puede incluir tanto el comparador 73 como el circuito de retención 75). La salida del comparador se recibe por el circuito de retención 75 para su muestreo. Una forma de reducir el ruido es aumentar la velocidad del reloj del reloj 62; por ejemplo, una tasa de muestreo de al menos el doble de la frecuencia de entrada máxima, con incrementos adicionales que se denomina como una tasa de sobremuestreo. La salida de flujo de bits digital del circuito de retención se recibe por el filtro digital de paso bajo 66. Se usa el filtro de paso bajo, porque a veces se desea obtener el nivel de señal promedio de la corriente de bits. La salida digital puede ser una señal serie de un solo bit con una tasa de bits mucho más alta que la tasa de datos, y su nivel medio puede representar un nivel de señal de entrada medio. El bucle de retroalimentación, como el de la figura 27, incluye un convertidor digital a analógico (DAC) 77 que pueden ser del tipo de un bit o de cualquier otro tipo adecuado. Los datos filtrados 68 se leen a través de un interfaz serie 69 o similares y se envían a un ordenador que hace los cálculos de correlación para los fragmentos de los paquetes de datos.

La figura 30 ilustra otro ejemplo de una modulación sigma-delta de acuerdo con un ejemplo. El modulador sigma-delta de la figura 30 recibe una entrada analógica del circuito de detección de la figura 4, 5 que alcanza el primer añadidor o sumador 70. El esquema de modulador sigma-delta de la figura 30 es el mismo que el de la figura 29 tratado anteriormente, excepto que se proporcionan un segundo añadidor o sumador 70' y un segundo integrador 72', en el modulador de la realización de la figura 30.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, cada condensador (C1, C2, C3, C4) se descarga antes de cargar el siguiente, en ciertas realizaciones de ejemplo. El proceso de descarga de cada condensador se describe en relación con el pulso de borrado, con respecto a las figuras 5-6.

La figura 5 es un diagrama de circuito del circuito de detección de la figura 4, con respecto a un ciclo de borrado. Durante un ciclo de borrado, un condensador previamente cargado (C1, C2, C3 y/o C4) se descarga antes del siguiente ciclo de escritura. La figura 6 incluye unas señales de ejemplo usadas durante el ciclo(s) de borrado. No se realiza ninguna lectura durante la fase de borrado, en ciertos casos de ejemplo. Durante un ciclo o fase de borrado, Q7 está apagado (el pulso de escritura Clk_{wr} no está presente), y los transistores Q5 y Q6 están encendidos por un pulso de borrado CLK_{ER} (véase también la figura 6). Por lo tanto, el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) descarga a tierra (por ejemplo, $V = 0$) o a tierra virtual (VG), como lo hace C_{int} . Una vez más, C_{int} imita la capacitancia del sensor C_s . Una vez que las capacitancias C_s y C_{int} se han conectado a tierra y descargado, el pulso de borrado y el ciclo terminan. A continuación, el siguiente condensador (C1, C2, C3 o C4) en la secuencia puede prepararse, cargarse, y leerse.

Por lo tanto, haciendo referencia a las figuras 4-6, se apreciará que, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo un sensor de lluvia comprende: un circuito de detección que comprende al menos unos condensadores de detección primero y segundo (por ejemplo, C1 y C2) que son sensibles a la humedad en una superficie externa de una ventana, y al menos un condensador de imitación (C_{int}) que imita al menos la carga y/o la descarga de al menos uno de los condensadores de detección primero y segundo; 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 de entre el primer condensador de detección (por ejemplo, C1) y el condensador de imitación (C_{int}) a descargarse de manera sustancial; en el que la presencia de lluvia en la superficie externa de la ventana en un campo de detección del primer condensador de detección (por ejemplo, C1) hace fluctuar una tensión (véase V_o o V_{valida}) en un electrodo de salida del condensador de imitación (C_{int}) de manera proporcional a la fluctuación de la tensión en un electrodo de salida (8) del primer condensador de detección (por ejemplo, C1), a pesar de que la lluvia no esté presente en un campo del condensador de imitación (C_{int}); y en el que la lluvia se detecta basándose en una señal de salida (véase V_o o V_{valida}) del electrodo de salida del condensador de imitación (C_{int}), en el que la señal de salida se lee al menos entre un extremo del pulso de escritura (Clk_{wr}) y un principio del pulso de borrado (CLK_{ER}) (véase la zona de "lectura" en la figura 6).

Haciendo referencia aún a la figura 5, en ciertas realizaciones de ejemplo, durante el ciclo de borrado, el pulso de borrado CLK_{ER} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por lo tanto también la capacitancia imitación C_{int} se descargue a tierra (por ejemplo, un potencial fijo como $V = 0$) (véase el símbolo de tierra convencional en la figura 5). Sin embargo, en otras realizaciones de ejemplo, se ha descubierto que una tierra fija puede conducir a ciertos problemas. Por lo tanto, en tales otras realizaciones de ejemplo, durante el ciclo de borrado el pulso de borrado CLK_{ER} hace que el condensador (C1, C2, C3 y/o C4) y por lo tanto también la capacitancia de imitación C_{int} se descargue a una tierra virtual VG que es flotante (véase VG y el símbolo de tierra en la figura 5). Dicho de otra manera, un electrodo de cada uno de los condensadores C1-C4 es flotante. Puede estar en un potencial/tensión de flotación o de referencia. Se ha descubierto que una tierra flotante o virtual puede ser muy ventajosa en ciertas realizaciones de ejemplo (por ejemplo, una tierra flotante y/o el electrodo(s) de condensador pueden conducir a una reducción significativa en los problemas de interferencia EMI). Por ejemplo, una tierra flotante o virtual de este tipo puede ayudar a reducir la posibilidad de que el sistema de sensores sea engañado por la interferencia EMI. A este respecto, se hace referencia a las figuras 28(a) y 28(b) (junto con la figura 5).

En las figuras 28(a)-(b), los números de referencia 7 y 8 se refieren a los electrodos de un condensador (por ejemplo, C1, C2, C3 o C4). En estas figuras, "q" se refiere a una carga y ϕ se refiere a un potencial (ϕ_1 es diferente que ϕ_2). En la figura 28(a) el condensador (por ejemplo, C1) está conectado a tierra en un potencial fijo tal como 0 voltios (la carga en el electrodo conectado a tierra 7 se fija en +q). A este respecto, cuando la carga en el electrodo conectado a tierra 7 se fija en +q, cuando se trae un cuerpo externo E_B (por ejemplo, un dedo humano con una constante dieléctrica más alta) a una zona de detección del condensador (por ejemplo, tocando la superficie delantera del parabrisas sobre el condensador) este cuerpo externo induce un cambio en la carga $-\Delta q$ y el otro electrodo 8 que no es fijo cambia de una carga de -q a una carga de $-q + \Delta q$ en un intento de equilibrar la carga. Por lo tanto, si estuviera a tierra el condensador a un potencial fijo tal como 0 voltios, y se leyera una tensión de salida del condensador, se podrían leer los cambios de carga hechos por Δq que no se necesitan, y esto puede conducir a lecturas falsas. Comparando las figuras 28(a) y 28(b), la figura 28(b) ilustra una ventaja de hacer que un electrodo 7 del condensador de detección (por ejemplo, cualquiera de C1-C4) esté flotando (por ejemplo, en una tierra flotante o virtual). En la figura 28(b), la carga q en el electrodo 7 no es fija. Por ejemplo, la carga en el electrodo 7 cambia de +q' a +q" cuando el cuerpo externo entra en contacto con el parabrisas en una zona de detección del condensador indicando de este modo la naturaleza flotante del electrodo. En la figura 28(b), cuando el cuerpo externo (por ejemplo, un dedo humano) se aplica al parabrisas sobre 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 Δq se elimina o se reduce usando la tierra flotante o virtual VG (el electrodo 7 es flotante). En particular, cuando el electrodo 7 es flotante como en la figura 28(b), el cuerpo externo (E_B) no afecta negativamente a la suma de la carga porque sumando las cargas (+q' y -q") de los electrodos 7 y 8 cuando el cuerpo externo está presente da cero o sustancialmente cero. Las lecturas falsas debidas a la interferencia EMI también pueden reducirse usando esta característica flotante. Por lo tanto, en ciertas realizaciones de ejemplo, la naturaleza flotante puede permitir que los valores absolutos de las cargas q en los electrodos de condensador 7 y 8 sean los mismos o sustancialmente los mismos, incluso cuando el cuerpo externo está presente ya que el electrodo 7 es flotante y no está fijado a tierra. Esta es una razón de ejemplo que puede ser ventajosa para hacer que los electrodos 7 de los condensadores C1-C4 sean flotantes, o estén en una tierra virtual VG como se muestra en la figura 5. Por lo tanto, haciendo referencia a las figuras 5 y 28, los condensadores de detección C1-C4 están flotando y ambos electrodos de los mismos están aislados de tierra. En consecuencia, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor de lluvia comprende al menos un condensador de detección (C1, C2, C3 y/o C4) que es sensible a la humedad en 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) separado 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 de tierra.

La figura 6 es un diagrama de tiempos a modo de ejemplo de las señales aplicadas a o leídas del circuito de las figuras 4-5 durante los modos/ciclos de escritura y borrado. Como se ha observado anteriormente, los condensadores (C1-C4) se cargan, se leen, se cuantifican, y se borran de manera secuencial. La figura 6 muestra un pulso de escritura (CLK_{wr}) y borrado (CLK_{Er}) de reloj para cada condensador C1-C4, en secuencia. A continuación, las tensiones se cuantifican y se emiten. La tensión de salida variable Vo_1-Vo_4 corresponde a los condensadores C1-C4, respectivamente, y por lo tanto a C_{int} . Se observa que las señales de salida Vo_1-Vo_4 en la figura 6 se toman en V_{salida} (o Vo) en las figuras 4-5. Por otra parte, en la figura 6, las señales de salida Vo se leen o se analizan (por ejemplo, para la autocorrelación y/o la correlación cruzada) en las zonas pico de lectura (véase "Lectura" en la figura 6) de las señales de salida, en las que las señales de salida se estabilizan sustancialmente y/o el condensador se satura. En particular, la señal de salida V_{salida} (o Vo) en la figura 6 para un condensador específico (C1) se lee en la "zona de lectura" después del final del pulso de escritura (CLK_{wr}) para ese condensador, y antes y/o hasta el comienzo del pulso de borrado (CLK_{Er}) para ese condensador.

Haciendo referencia aún a la figura 6, por ejemplo, una gota de agua en la superficie exterior de un parabrisas afectará a la magnitud de la señal(s) de salida V_{salida} (o Vo). Por ejemplo, una gota de agua sobre la zona de un condensador dado (por ejemplo, C1) hará que el nivel de la señal(s) de salida V_{salida} (o Vo) para ese condensador en la zona de "lectura" de la señal sea mayor en comparación con una situación en la que no estaba presente la gota. La magnitud o el nivel exacto dependen del tamaño de la gota de agua. Con el aumento de las cantidades de agua, la magnitud de la señal en la zona de "lectura" se hace mayor debido a que la constante dieléctrica del agua es mayor que la del cristal y/o la del aire y esto hace que aumente la capacitancia. De una manera similar, si no está presente una gota de agua en el parabrisas sobre la zona de un condensador dado (por ejemplo, C1), entonces esto hará que el nivel de la señal(s) de salida V_{salida} (o Vo) para ese condensador en la zona de "lectura" de la señal de salida sea menor en comparación con una situación en la que estaba presente la gota.

Las señales (por ejemplo, del condensador(s)) pueden convertirse de analógicas a digitales a través de un esquema de modulación sigma-delta o similares, que puede implementarse a nivel de software o de cualquier otra manera adecuada, tal como a través de hardware. El principio detrás de la arquitectura sigma-delta es hacer evaluaciones en bruto de la señal, medir el error, integrarlo, y a continuación compensar ese error. Los datos pueden sobremuestrearse a una tasa dada de al menos 32 kHz, por ejemplo, más preferentemente de 64 kHz, aunque se apreciará que pueden usarse otras tasas de muestreo. La cuantificación aproximada puede recuperarse por el esquema de modulación sigma-delta para producir un salida binaria simple de 0 o 1, que corresponde a encendido y apagado, respectivamente. Por lo tanto, el esquema de modulación sigma-delta puede usarse para reducir el ruido

(por ejemplo, en la cola de la señal) y producir un flujo de salida digital (por ejemplo, de 1 y 0).

Antes de tratar el funcionamiento detallado de y las matemáticas de ejemplo detrás de un algoritmo de sensor de ejemplo, se dará una visión general de los estados que el sensor y/o el limpiaparabrisas pueden tomar en relación con la figura 7, que es un diagrama de estado a modo de ejemplo que muestra cómo pueden usarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas del vehículo. El sistema comienza en el estado de inicio/inicialización S702. En este estado, todos los búferes están borrados en ciertos casos de ejemplo. Basándose en las entradas de los condensadores C1, C2,..., Cn, la conversión de analógico a digital de las señales de las entradas respectivas se realiza a través de la modulación sigma-delta. Los datos se leen de la pluralidad de canales a lo largo del periodo de tiempo T. El estado de selector de modo de funcionamiento S704 funciona como un conmutador para seleccionar entre el modo de limpieza manual o automático. Si el estado de selector de modo de funcionamiento S704 indica que se ha seleccionado el modo manual, entonces en el estado de modo manual S706 un modo automático puede estar deshabilitado y un modo manual preexistente habilitado. A continuación, el sistema vuelve al estado de inicio/inicialización S702. Sin embargo, si el estado de selector de modo de funcionamiento S704 indica que se ha seleccionado el modo automático, el modo de limpieza automático está habilitado en el estado de modo automático S708.

En el estado de motor autocorrelador S710, se realizan al menos tres cálculos. En primer lugar, se calcula una autocorrelación normalizada para cada entrada de señal del conjunto capacitivo. En segundo lugar, se calcula el gradiente de autocorrelación. En tercer lugar, puede calcularse la diferencia entre la entrada de señal y una señal no perturbada de referencia ($\Delta 1$). Esta información se pasa al estado ¿está lloviendo? S712, en el que se comprueban al menos tres condiciones para determinar si es probable que esté lloviendo, hay humedad en el parabrisas, etc. Las indicaciones probables de lluvia son las que el gradiente de la autocorrelación es mayor de 1, todos los valores de autocorrelación son positivos, y/o $\Delta 1$ es mayor que algún valor umbral predefinido t_1 . Si estas condiciones no se cumplen, el sistema se mueve al estado de aparcar limpiaparabrisas/detener motor S714, en el que se aparcan los limpiaparabrisas (si se están moviendo) o no están accionados, y se detiene el motor (si está acoplado) y el sistema vuelve al estado de inicio/inicialización S702.

Por otra parte, si se cumplen todas las condiciones (por ejemplo, es probable que exista una interacción de agua, humedad o alguna otra perturbación en el cristal, etc.), el sistema se mueve al estado de velocidad más baja S716, en el que el motor del limpiaparabrisas se activa a la velocidad más baja disponible. En el estado de motor correlador cruzado S718, se calcula la correlación cruzada entre las señales de entrada de los condensadores. Se determina la forma de la curva de correlación cruzada, y se comprueba la simetría de los dos lados de la curva de correlación cruzada para la simetría. Como se describirá más adelante, estas comprobaciones ayudan, por ejemplo, a determinar el tipo de perturbación (por ejemplo, lluvia ligera, lluvia intensa, vaho, nieve, etc.) que golpea la ventana (por ejemplo, el parabrisas). En el estado de evaluación del grado de lluvia S720, se determina el "grado de lluvia" (por ejemplo, intensa, ligera, etc.). Basándose en esta determinación, el motor del limpiaparabrisas se activa a la velocidad apropiada en el estado de selector de velocidad S722. Por último, el sistema vuelve al estado de inicio/inicialización S702 para determinar si existe algún cambio en las condiciones fuera del coche.

Las etapas realizadas por el sensor de lluvia se describirán con mayor detalle en relación con la figura 8, que es un diagrama de flujo a modo de ejemplo que muestra cómo pueden usarse los datos de autocorrelación y de correlación cruzada para controlar los limpiaparabrisas en ciertas realizaciones de ejemplo. En la figura 8, en la etapa S800 los búferes se borran, y los datos emitidos desde el circuito de la figura 4-5 (por ejemplo, desde C_{int} , o desde los condensadores C1-C4) se sigma-delta modulan, y se leen en S802.

El algoritmo para determinar si acoplar los limpiaparabrisas y, de ser así, la velocidad a la que acoplar los limpiaparabrisas empieza autocorrelacionando los datos sigma-delta modulados en la etapa S804. La autocorrelación puede usarse para analizar las funciones o las series de valores, tales como las señales de dominio de tiempo. Una autocorrelación es la correlación cruzada de una señal consigo misma. La autocorrelación se usa para encontrar los patrones de repetición o sustancialmente de repetición en una señal, tal como, por ejemplo, determinar la presencia de una señal periódica enterrada bajo el ruido, identificar la frecuencia fundamental de una señal que no contiene realmente ese componente de frecuencia, pero se implica dentro de ella con muchas frecuencias armónicas, etc. La correlación cruzada es una medida de la similitud de dos señales, y se usa para encontrar características en una señal desconocida comparándola con una conocida; en otras palabras, puede usarse para realizar las huellas de señal en ciertos casos. La correlación cruzada es una función del tiempo relativo entre las señales. En ciertas realizaciones de ejemplo, las señales digitales de cualquiera de los dos condensadores (por ejemplo, C1 y C2) son de correlación cruzada, en estrecha proximidad espacial, y el sistema busca cualquier grado de correlación en los retrasos de tiempo que no sea un retraso de tiempo de cero. Esta correlación cruzada espacio temporal permite que el sistema extraiga los patrones de cómo la lluvia que cae está resaltando eléctricamente ella misma sobre el conjunto de sensores. A modo de ejemplo, el sistema puede tomar el caso de las gotas de lluvia moviéndose sobre un condensador C1 en un tiempo t_0 y la misma gota "resonando" en otro condensador C4 (espacialmente separados por la distancia L de 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 vuelta. La magnitud normalizada de este valor extremo puede permitir que el sistema determine el grado de lluvia que cae sobre el sensor.

Cada condensador C1-C4 tiene una función de autocorrelación asociada a la V_{valida} digitalizada resultante de la lectura de los mismos (o la lectura correspondiente de C_{int}). En las realizaciones de ejemplo, la función de autocorrelación depende de la diferencia de tiempo, en lugar del tiempo real. El cálculo de las autocorrelaciones es beneficioso porque permite, por ejemplo, la deducción de la frecuencia fundamental con independencia de la fase. Las autocorrelaciones son ventajosas sobre otros métodos, tales como las transformadas de Fourier (que también pueden usarse en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención) que proporcionan información sobre solo los armónicos subyacentes. Por lo tanto, el uso de la autocorrelación de las lecturas de los condensadores C1- C4 (que como se ha explicado anteriormente, incluye las lecturas correspondientes del C_{int} de imitación) puede usarse para detectar y distinguir entre las burbujas de agua, la suciedad, el polvo, las gotitas, un aguacero, etc.

Se observa que en el presente documento los datos del C_{int} se consideran datos de los condensadores C1-C4 porque la capacitancia C_{int} imita o sustancialmente imita las capacitancias C1-C4 como se ha explicado anteriormente. Por lo tanto, cuando se habla de recibir datos de los condensadores (por ejemplo, C1-C4), esto abarca e incluye recibir datos de la capacitancia C_{int} . En otras palabras, la salida del circuito de la figura 4-5 se considera que es de los condensadores C1-C4, a pesar de que no se toma directamente de los mismos.

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

$$b(\vec{r}, t) = \begin{cases} 1 & \text{la lluvia resalta electricamente} \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

En esencia, b toma un valor binario que indica si está lloviendo (1), o no (0). Se apreciará que b es al menos de dos bits, y que para la modulación sigma-delta pueden usarse 24 bits en ciertas realizaciones de ejemplo. También se apreciará que podría introducirse una escala, potencialmente para capturar más datos relacionados con las tensiones en los condensadores C1-C4 (o C_{int}).

Al final de un ciclo de muestreo L , por ejemplo, la salida del circuito de la figura 4-5, por ejemplo, del conjunto de cuatro condensadores C1-C4 (o a través de C_{int}), oscila de 0000 a 1111 en ciertas realizaciones de ejemplo, usando los datos digitales binarios. Un único bit activado puede iniciar una única limpieza en ciertos casos de ejemplo. En el caso de que todos los bits están desactivados (0000) o todos los bits están activados (1111), entonces no pueden iniciarse las limpiezas en ciertos casos de ejemplo, porque probablemente no haya nada en el parabrisas, el coche está completamente sumergido, etc., ya todos los condensadores del conjunto estarían leyendo lo mismo lo que no es coherente con la lluvia que cae en una ventana. Por lo tanto, los eventos más probables en los que se requieran los limpiaparabrisas son aquellos en el intervalo de 0001 a 1110 (es decir, cuando la salida de todos los condensadores del conjunto no es la misma). Cuando los datos están en este intervalo, o incluso si no están dentro de este intervalo, las funciones de correlación (las funciones de autocorrelación y/o correlación cruzada) pueden realizarse usando la siguiente integral. Se apreciará que la siguiente integral puede reescribirse de otras formas, tal como, por ejemplo, como una suma. Las correlaciones entre dos gotas a lo largo de un período de tiempo grande pueden calcularse de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

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

en la que R_b es la correlación de un evento binario, dado como una función de las resistencias r_i en determinados momentos t_i , y L es un gran periodo de muestreo durante el que se captura una ráfaga de datos. En ciertas realizaciones de ejemplo, el periodo de muestreo L puede ser de aproximadamente 10 a 100 ms, y más preferentemente de aproximadamente 20 a 30 ms, lo que corresponde aproximadamente a la frecuencia en que un ojo humano promedio puede discernir. R_b es también igual a una función de la correlación de los cambios en las resistencias a través de los condensadores $\Delta \vec{r}$ y el cambio en el tiempo. Cuando $\Delta \vec{r} = 0$, el valor de autocorrelación se determina desde los datos a partir del mismo condensador que se está analizando, y cuando $\Delta \vec{r} \neq 0$, las correlaciones cruzadas se calculan desde la correlación que se realiza en los datos de diferentes condensadores.

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

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

Esta restricción significa esencialmente que una gota de agua o similar está moviéndose a una escala de tiempo dada. En segundo lugar,

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

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

$$R_p(m\bar{p}, nT) \equiv R(V_i \Delta t, \Delta t)$$

5 En esencia, el lado izquierdo de la ecuación establece una rejilla teórica en el espacio y el tiempo a través de la que se mueve una gota de agua o similar. Por ejemplo, la figura 9 es una vista estilizada a modo de ejemplo de cómo una gota de lluvia puede viajar a través de un parabrisas. La figura 9 muestra una gota de lluvia moviéndose a través de un parabrisas en el plano X-Z durante un período de tiempo inicial ($t = 0$) y una cuantía de tiempo ($t = T$). La suposición de que la distribución de la gota es uniforme a lo largo del espacio y del tiempo permite la creación de un campo binario hecho por la lluvia que está en un amplio sentido estacionario. El sistema también supone que la correlación temporal entre los píxeles preferidos en las proximidades es alta en la dirección de lluvia. Por último, el grado de autocorrelación y de correlación cruzada en el tiempo cuantifica la caída de la lluvia y otras perturbaciones.

15 Se apreciará que en ciertas realizaciones de ejemplo, puede ahorrarse tiempo de cálculo debido a la naturaleza de las matrices de correlación y a la naturaleza de las precipitaciones. Por ejemplo, las matrices de correlación pueden ser simétricas en ciertos casos de ejemplo. Además, como otro ejemplo, debido a que la lluvia tiende a caer hacia abajo desde el cielo y moverse hacia arriba a lo largo de un parabrisas, puede ser suficiente para comparar solo los condensadores que están dispuestos verticalmente uno con relación a otro en correlación cruzada, ignorando mientras los condensadores horizontalmente adyacentes.

20 Debe observarse que mientras que los datos binarios se usan en ciertas realizaciones de ejemplo, esta invención también puede utilizar unos datos de escala de grises en ciertos casos de ejemplo con respecto a las salidas del circuito de las figuras 4-5, o de un circuito(s) adecuado similar u otro.

25 Después de que se haya realizado la autocorrelación en la etapa S804 (por ejemplo, usando la ecuación(s) tratada anteriormente, o alguna otra ecuación(s) de correlación adecuada), puede realizarse 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 otro, y/o si la forma de una curva R_{xx} es diferente o sustancialmente diferente de unos datos autocorrelacionados no perturbados normalizados almacenados en la memoria) se enumeran en la parte inferior del cuadro para la etapa S804 en la figura 8. Pueden realizarse una, dos o tres de estas comprobaciones.

35 Por ejemplo, puede realizarse una comprobación de los datos de autocorrelación en la etapa S806 para determinar si los datos autocorrelacionados de uno o más de los condensadores (C1, C2, C3 y/o C4, o a través de la C_{int} de imitación) comprenden valores negativos. Por ejemplo, cuando los datos autocorrelacionados tienen valores negativo, entonces el sistema o el método puede indicar que no está lloviendo, se pueden aparcar los limpiaparabrisas, y/o se pueden 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 figura 10 es una representación gráfica de unos valores máximos obtenidos experimentalmente de ejemplo de unas autocorrelaciones no normalizadas para diferentes perturbaciones. La figura 10 ilustra que las señales de agua son mayores que las señales no perturbadas y la mano humana que toca una ventana, tienden a estar por debajo de los niveles sin perturbaciones y pueden ser negativas. Por lo tanto, para eliminar o reducir las falsas detecciones debido a las perturbaciones externas tales como, por ejemplo, una mano humana que toca la ventana, la interferencia de señal de radio, etc., cualquier señal con unos valores de autocorrelación negativos se considera un evento de "no-lluvia". Se apreciará que algunas realizaciones de ejemplo pueden considerar valores de autocorrelación negativos. Otras realizaciones de ejemplo pueden tomar otras medidas para eliminar o reducir las falsas detecciones debidas a las interferencias externas, por ejemplo, la comparación de gradientes (por ejemplo, cualquier curva inferior o menor que la curva/representación de no perturbación de la figura 10 puede considerarse un evento de "no-lluvia"), los condensadores de protección, etc.

55 Una segunda comprobación de ejemplo de los datos de autocorrelación es comprobar si un gradiente de una curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados es mayor que otra; y si no es así, entonces el sistema o método puede indicar que no está lloviendo, aparcar 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 está cerca de 1. La medición del gradiente es beneficiosa, ya que no se ve afectada por el cambio de temperatura. Por lo tanto, el sensor de lluvia puede ser sustancialmente inmune a falsas lecturas debido a cambios de temperatura en ciertas realizaciones de ejemplo. En ciertos casos de ejemplo, los gradientes menores de 1 (o algún otro valor predeterminado) pueden considerarse eventos de no-lluvia.

65 Una tercera comprobación de ejemplo de los datos de autocorrelación es determinar si hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre una curva de autocorrelación (por ejemplo, la huella de señal) asociada a los datos autocorrelacionados y una o más curvas de autocorrelación predeterminadas (por ejemplo, la huella

predeterminada) almacenadas en una base de datos y/o en una memoria. Cuando la forma de la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 es diferente o sustancialmente diferente de una curva de autocorrelación relacionada con los datos de autocorrelación no perturbados normalizados, esto puede considerarse un evento de no lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas se pueden aparcarse, y/o los limpiaparabrisas pueden no accionarse (véase la etapa S808). Sin embargo, cuando hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada a una humedad tal como la lluvia, entonces puede indicarse que está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden accionarse, o mantenerse en movimiento.

A este respecto, la forma de la curva de autocorrelación puede usarse para reducir las falsas limpiezas y/o las falsas detecciones. En particular, la autocorrelación normalizada de una señal no perturbada se usa como referencia. Entonces, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de la figura 4-5 se compara con la referencia para identificar la huella digital más cercana en ciertos casos de ejemplo. En general, a más agua presente en la zona de detección, mayor es la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada. De esta manera, pueden compararse las instantáneas de correlación con las instantáneas de referencia de eventos bien conocidos, tales como la presencia de lluvia, suciedad, no perturbación, hielo, y así sucesivamente. En general, las instantáneas de correlación pueden normalizarse, aunque la invención no es tan limitada. Las instantáneas de correlación representan preferentemente los valores-r frente a la cantidad de tiempo a lo largo de un intervalo de tiempo discreto en ciertas realizaciones de ejemplo.

En ciertas realizaciones de ejemplo, cuando hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 y una curva de autocorrelación predeterminada asociada a una sustancia no de humedad, tal como la suciedad, entonces esto puede considerarse como un evento de no-lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden aparcarse y/o no accionarse (véase la etapa S808).

Por lo tanto, se apreciará que la forma de la curva de autocorrelación que resulta de la salida de datos del circuito de la figura 4-5 (de los condensadores C1-C4, o a través de la C_{int}) puede usarse para reducir falsas limpiezas como una tercera condición. Por ejemplo, puede usarse una curva de autocorrelación normalizada de una señal no perturbada como referencia. A continuación, la autocorrelación normalizada de cada señal capturada del circuito de la figura 4-5 se compara con la referencia para identificar la huella digital más cercana. En general, a más agua presente en la zona de detección, mayor es la diferencia entre la señal de referencia y la señal observada/detectada. De esta manera, las instantáneas de correlación pueden compararse con las instantáneas de referencia de los eventos bien conocidos. En general, las instantáneas de correlación están normalizadas preferentemente, aunque la invención no es tan limitada. Las instantáneas de correlación representan preferentemente los valores-r frente a la cantidad de tiempo a lo largo de un intervalo de tiempo discreto.

Un problema potencial con los sensores de lluvia capacitivos es que los cambios rápidos de temperatura (por ejemplo, debidos a la sinterización oscura de absorción de radiación usada para ocultar cosméticamente el patrón de sensor) cambian la "constante" dieléctrica (permitividad) del cristal. Esto se registra entonces como un cambio de capacitancia y puede interpretarse erróneamente como una señal de lluvia. Sin embargo, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo, una función de autocorrelación normalizada no cambia, o sustancialmente no cambia, para diferentes temperaturas a pesar de que puede haber diferencias en las funciones de autocorrelación no normalizadas para las diferentes temperaturas. Por lo tanto, en ciertas realizaciones de ejemplo, el sistema de detección no se ve afectado o sustancialmente afectado por los cambios de temperatura.

Además, la acumulación extremadamente lenta de agua como el vaho ultra-fino puede aumentar poco a poco hasta un nivel que dispare los sensores basados en convertidores de tasa de Nyquist. En el momento de la observación que se refiere a la visión humana (por ejemplo, 30-60 Hz), la función de autocorrelación en ciertas realizaciones de ejemplo es capaz de discriminar entre la acumulación ultra lenta de condensación de rocío o de condensación y el vaho y la lluvia normal.

Las figuras 11A-11D proporcionan unas instantáneas de correlación obtenidas experimentalmente de muestra. Estas instantáneas de correlación, o huellas dactilares/huellas de un evento, pueden almacenarse como huellas dactilares/huellas de referencia o curvas de correlación. Las instantáneas de correlación observadas/detectadas (por ejemplo, las curvas de autocorrelación) pueden compararse con estas huellas dactilares o huellas de referencia para determinar el tipo de evento que se produzca. Por ejemplo, la figura 11A es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de lluvia intensa. La figura 11B es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de vaho ligero. La figura 11C es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de interferencias de radio CB. La figura 11D es una instantánea de autocorrelación obtenida experimentalmente indicativa de un cuerpo con conexión a tierra con una tensión. Los patrones o datos de las figuras 11A-11D puede llamarse huellas o huellas digitales predeterminadas en ciertos casos, y se apreciará que otros tipos y formas de huellas predeterminadas pueden usarse también en diferentes realizaciones. Se apreciará que estas huellas digitales/huellas se proporcionan como ejemplos no limitativos y reflejan los datos obtenidos experimentalmente. Los eventos reales pueden diferir en varias características. Por lo tanto en ciertas realizaciones

de ejemplo, cuando se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 y una curva de autocorrelación de no humedad predeterminada tal como la de la figura 11C o figura 11D, entonces esto puede considerarse como un evento de no-lluvia y puede indicarse que no está lloviendo, los limpiaparabrisas pueden aparcarse y/o no accionarse (véase la etapa S808). Sin embargo, en ciertas realizaciones de ejemplo, cuando se determina que hay una coincidencia o una coincidencia sustancial entre la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 y una curva de autocorrelación relacionada con la humedad predeterminada tal como la de la figura 11A o la figura 11B, entonces esto puede considerarse un evento 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 figuras 11A-11D, otras huellas digitales de referencia puede almacenarse y/o compararse con las instantáneas de correlación observadas en otras realizaciones de ejemplo.

Volviendo a la figura 8, en la etapa S806 se determina si se cumple cada una de las tres condiciones expuestas en la parte inferior del cuadro S804. En particular, se determina en S806 si cada una de las siguientes se cumple: (a) los datos autocorrelacionados no tienen valores negativos; (b) un gradiente de una curva de autocorrelación asociada a dichos datos autocorrelacionados es mayor que un valor predeterminado, tal como uno; y (c) la forma de la curva de autocorrelación asociada a los datos autocorrelacionados del circuito de la figura 4-5 es diferente de la curva de autocorrelación predeterminada asociada a los datos de autocorrelación no perturbados. Si todas ellas no se cumplen, esto es una indicación de un evento de no-lluvia y el proceso pasa a la etapa S808 en la que se aparcó el limpiaparabrisas(s) del vehículo (si se movían) o se mantienen parados, y comienza la inicialización S800 de nuevo. Sin embargo, si todos estos requisitos se cumplen en S806, entonces el proceso pasa a S810 y los limpiaparabrisas del vehículo (por ejemplo, el limpiaparabrisas del parabrisas) se activan a su velocidad más baja.

Con fines de ejemplo solamente, y de comprensión, la figura 13 ilustra un ejemplo de autocorrelación. En la figura 13, los valores de (o en relación con) un condensador de detección C1 son, en tiempos secuenciales $-t_2$, $-t_1$, t_0 , t_1 , t_2 y t_3 están en 0, 0, 1, 1, 0 y 0, respectivamente. La autocorrelación para el tiempo 0 (ac_0) se determina multiplicando los valores relativos a C1 de una manera no-desplazada, y a continuación añadiendo o sumando los resultados. Puede verse en la figura 13 que ac_0 es igual a 2 en este caso. Por lo tanto, en la gráfica de autocorrelación en la parte inferior de la figura 13, se hace una entrada en la gráfica en el tiempo 0 para un valor de autocorrelación de 2. Obsérvese que la gráfica de autocorrelación en la parte inferior de la figura 13 es similar, pero más sencilla, que la gráfica de autocorrelación en la figura 10 y los valores de autocorrelación pueden obtenerse para la figura 10 de una manera similar. A continuación, haciendo referencia aun a la figura 13, la autocorrelación se realiza usando los valores de capacitancia en relación con C1 para el siguiente momento en el tiempo para obtener un valor de autocorrelación ac_1 . Este siguiente valor de autocorrelación (ac_1) se obtiene desplazando la secuencia de fila inferior de los valores de C1 en relación con la fila superior, como se muestra en la figura 13 y, a continuación, multiplicando los valores de las filas, que se alinean entre sí y sumando los resultados. La figura 13 ilustra que ac_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 la gráfica en la parte inferior de la figura 13 y se traza una línea entre los dos puntos de datos introducidos con fines de ejemplo y comprensión. A continuación, para el siguiente valor de tiempo (o retraso), la fila inferior se desplaza de nuevo sobre otro segmento en relación con la fila superior y se repite el proceso, y así sucesivamente. Puede observarse que la autocorrelación representada en la figura 10 puede obtenerse de una manera similar. En la figura 13, se apreciará que la correlación cruzada puede realizarse sustituyendo los valores relacionados con C1 en la fila inferior con valores de o en relación con otro condensador como C2 (o C3 o C4).

El examen de autocorrelación y/o de correlación cruzada también puede ayudar a distinguir entre, por ejemplo, la lluvia ligera y la lluvia intensa. Por ejemplo, si solo la autocorrelación en el tiempo es alta (y la correlación cruzada es baja), entonces probablemente solo sea lluvia ligera. La figura 12A es una matriz de correlación a modo de ejemplo que muestra una lluvia ligera. Es de destacar que en la figura 12A, las correlaciones entre C1 y C1, C2 y C2, C3 y C3, y C4 y C4 (estas son autocorrelaciones) a lo largo de un período de tiempo dado son altas, mientras que el resto de las correlaciones (las correlaciones cruzadas) son bajas. Por hipótesis y los datos experimentales confirmados, una matriz de este tipo indicaría una lluvia ligera.

Por otra parte, si tanto la autocorrelación como la correlación cruzada en el tiempo entre las señales de condensador son altas, probablemente sea lluvia rápida. La figura 12B es una matriz de correlación a modo de ejemplo que muestra lluvias intensas. En la figura 12B, no solo son altas las autocorrelaciones de los condensadores individuales (es decir, las autocorrelaciones son las correlaciones entre C1 y C1, C2 y C2, C3 y C3, y C4 y C4), las correlaciones cruzadas entre los diferentes condensadores también son en general altas (la correlaciones en la figura 12B que van en diagonal desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha son las autocorrelaciones, y el resto son las correlaciones cruzadas). Por hipótesis y los datos experimentales confirmados, una matriz de este tipo indicaría una lluvia rápida. El grado de correlación cruzada puede cuantificarse para determinar la velocidad relativa de la lluvia. Estos datos pueden, a su vez, usarse para desencadenar diferentes velocidades de limpieza, de manera que sean apropiadas para la velocidad de la lluvia. Por ejemplo, mientras más altas sean las correlaciones cruzadas que son altas, más altas será la velocidad de limpiaparabrisas a usarse.

Más sistemáticamente, en la etapa S812, se calculan las correlaciones cruzadas (las correlaciones entre los datos en relación con los diferentes condensadores), y se usan las dos partes de la curva de correlación cruzada para determinar un nivel de simetría L . Si el nivel de simetría es menor que un umbral predefinido t_{\min} , la etapa S814 dirige el sistema a la etapa S816 en la que 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 de t_{\min} , pero menor que un valor arbitrario t , la etapa S818 dirige el sistema a la etapa S820 en la que los limpiaparabrisas se activan a una velocidad más rápida o media, y el sistema vuelve a la etapa de inicialización S800. Se apreciará que una pluralidad de valores arbitrarios T_i pueden especificarse y un nivel de simetría caer entre t_i y t_{i+1} activará una velocidad de limpieza correspondiente apropiada y a continuación devuelve el sistema a la etapa de inicialización S800. Finalmente, en la etapa S822, si el nivel de simetría es superior a un nivel predefinido t_{\max} , la etapa S822 dirige el sistema a la etapa S824 en la que los limpiaparabrisas se activan a la velocidad más alta, y el sistema vuelve a la etapa de inicialización S800. Por lo tanto, las correlaciones de la salida de datos del circuito de la figura 4-5 pueden usarse para ajustar la velocidad del limpiaparabrisas. En ciertas realizaciones de ejemplo, mientras más altas sean las correlaciones cruzadas, mayor será la velocidad del limpiaparabrisas a usarse debido a la probabilidad de lluvia más intensa.

Con fines de ejemplo y comprensión, las figuras 14-24 ilustran unos ejemplos de la correlación cruzada realizada de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo. La figura 14 expone los datos de correlación cruzada en ciertos casos de ejemplo, mientras que las figuras 15-24 ilustran unas gráficas de la correlación cruzada de algunos de los datos de la figura 14, en los que se detecta lluvia. En las figuras 15-24, cada retraso en el eje horizontal es un microsegundo ($1 \mu\text{s}$) con fines de ejemplo, se realizó un muestreo cada microsegundo. Como se ha explicado anteriormente con respecto a la figura 13, en las figuras 15-24 en el tiempo = 0 (retraso 0), no hay ningún cambio en el tiempo de los valores de los diferentes condensadores que están correlacionados. La figura 14 ilustra que cuando la lluvia estaba presente (véanse las señales S1-S5 y W1-W5), las señales delta en relación con la autocorrelación eran altas. La figuras 15-24 son representaciones de la correlación cruzada en relación con estas señales. Es útil para buscar simetría entre las representaciones en los lados izquierdo y derecho de cada una de las figuras 15 a 24 (un lado del cero se compara con el otro lado del cero). Hablando en general, si hay simetría alrededor del eje de retardo cero, no hay mucha correlación cruzada que indique que la lluvia detectada no sea muy intensa. Sin embargo, si existe una asimetría alrededor del eje de retardo cero, entonces esto significa más correlación cruzada e indica que la lluvia es intensa o más intensa. Por ejemplo, téngase en cuenta la asimetría en las figuras 18, 19 y 23 alrededor del eje de retardo cero debido a las protuberancias o valles en uno o en ambos lados. Más correlación cruzada indica que las gotas de lluvia se están moviendo desde la zona de detección del condensador a otra zona de detección del 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 del tiempo. Una alta correlación cruzada indica que se está detectando la misma gota en diferentes condensadores, en diferentes momentos en el tiempo (por ejemplo, véase la figura 9 también). Debería notarse que el caso inferior "t" en la figura 9 es el mismo que el eje de retardo en figuras 15-24.

Por lo tanto, se apreciará que ciertas realizaciones de ejemplo proporcionan un sensor de humedad (por ejemplo, un sensor de lluvia) que puede detectar lluvia u otro material en una ventana de vehículo u otro tipo de ventana o de lámina/superficie, sin la necesidad de un condensador de referencia. La correlación temporal espacial puede usarse. Todos los condensadores, o una pluralidad de condensadores, en el conjunto de detección pueden ser idénticos o sustancialmente idénticos en forma en ciertas realizaciones de ejemplo. Con fines de ejemplo, en un momento dado en el tiempo (por ejemplo, t_1), el sistema puede comparar los valores en relación con C1 con los valores en relación con C2, y/u otros valores en relación con condensadores. Para este tiempo t_1 , el sistema también puede comparar los valores en relación con C1 consigo mismo (autocorrelación), y también puede comparar la autocorrelación para C1 con la autocorrelación para C2 y/u otro condensador(s) de detección.

La figuras 4-5 ilustran unos conmutadores para acoplar de manera selectiva los diferentes condensadores C1-C4 con el resto del circuito, y la figura 26 ilustra un multiplexor a este respecto. Los circuitos mostrados en las figuras 4-5 y/o 26 pueden leer las señales de todos los condensadores C1-C4 simultáneamente, o, como alternativa, solo pueden leer las señales de un condensador en un momento seleccionado de C1-C4, o como una alternativa adicional puede leer las señales de una combinación de algunos pero no de todos los condensadores C1-C4 en un momento dado en el tiempo. Un ejemplo de un circuito de conmutación no limitante para el acoplamiento selectivo de la electrónica de lectura para uno o más de los condensadores C1-C4, según sea necesario o como se desee se trata más adelante en relación con la figura 31. El circuito de conmutación de la figura 31, o similares, puede o puede no usarse en lugar de los conmutadores mostrados en las figuras 4-5 y/o el multiplexor mostrado en la figura 26.

La figura 31 ilustra un circuito de conmutación de ejemplo para acoplar o conmutar selectivamente entre los diferentes condensadores de detección C1-C4 o las diferentes combinaciones de los mismos, con el fin de cambiar el campo de detección que se analiza y/o cambiarse la característica que se busca. Por lo tanto, el circuito de conmutación de la figura 31 permite que el campo(s) de detección y/o el sistema pueda reconfigurarse selectivamente en ciertas realizaciones de ejemplo. Por ejemplo, en ciertas realizaciones de ejemplo, el circuito de conmutación puede conmutar selectivamente entre: (a) un condensador(s) (por ejemplo, C1) para la detección de lluvia en una superficie exterior de la ventana, y (b) un condensador(s) (por ejemplo, uno o más de entre C2, C3 y/o C4) para detectar uno o más de entre hielo en una superficie exterior de la ventana, vaho en una superficie exterior

de la ventana, y/o humedad en una superficie interior de la ventana. El circuito(s) de lectura puede leer las señales de todos los condensadores C1-C4 simultáneamente, o, alternativamente solo podrá leer las señales de un condensador en un momento seleccionado de C1-C4, o como una alternativa adicional puede leer las señales de una combinación de algunos pero no de todos los condensadores C1-C4 en un momento dado en el tiempo; el circuito de conmutación de la figura 31 permite que cada una de estas posibilidades se haga realidad y se haga selectivamente como se desea. Por lo tanto, el circuito de conmutación de la figura 31 puede ser ventajoso en que puede permitir que el sistema se ajuste selectivamente, a través del campo de detección, con el fin de centrarse en los diferentes tipos de elementos (por ejemplo, lluvia, hielo, vaho, etc.) en diferentes momentos en el tiempo. Los condensadores C1-C4 pueden o pueden no tener el mismo patrón o geometría fractal, y pueden o pueden no ser de diferentes formas y/o tamaños en diferentes ejemplos.

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

Los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW8 se proporcionan para acoplar selectivamente los condensadores C1-C4 (y/o las bandas 1-4) a tierra GND. En ciertas realizaciones de ejemplo, cuando un condensador dado está acoplado a la circuitería de lectura (por ejemplo, C4 está acoplado a la circuitería de lectura en la figura 31 porque el conmutador SW7 está cerrado), ese condensador se desacopla de tierra GND abriendo su conmutador de tierra (por ejemplo, el conmutador de tierra SW8 está abierto en la figura 31). Sin embargo, cuando un condensador(s) dado no está acoplado a circuitería de lectura (por ejemplo, los condensadores C1, C2 y C3 no están acoplados a la circuitería de lectura en la figura 31 porque los conmutadores de lectura SW1, SW3 y SW5 asociados al mismo están abiertos), ese condensador se conecta a tierra cerrando su conmutador de tierra (por ejemplo, los conmutadores SW2, SW4 y SW6 están cerrados con el fin de poner a tierra C1, C2 y C3, respectivamente, en la figura 31). Conectar a tierra los condensadores que no se están leyendo actualmente es ventajoso ya que permite que el ruido y/u otras señales problemáticas interfieran con la circuitería de lectura o el circuito de conmutación completo.

Haciendo referencia aun a la figura 31, con fines de ejemplo y sin limitación, considérese una situación de ejemplo en la que el condensador C1 diseñado (por ejemplo, formado) y colocado para detectar la lluvia en una superficie exterior de la ventana (por ejemplo, el parabrisas), el condensador C2 está diseñado y colocado para detectar hielo en una superficie exterior de la ventana, el condensador C3 está diseñado y colocado para detectar el vaho o empañamiento en una superficie exterior de la ventana, y el condensador C4 está diseñado y colocado para detectar condensación/humedad en una superficie interior de la ventana (por ejemplo, si C4 detecta dicha condensación y/o humedad en la superficie interior, entonces un desempañador puede activarse de manera automática o de otra manera con el fin de poner remedio a la misma). En ciertos ejemplos tales casos, cada uno de los sensores capacitivos fractales C1-C4 puede tener un patrón y/o forma fractal diferente, y/o una orientación/dirección diferente. El circuito de conmutación, con el fin de centrar la circuitería de lectura en detectar la lluvia en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar el condensador C1 a la circuitería de lectura y aislar los condensadores C2-C4 de la circuitería de lectura; esto puede hacerse enviando unas señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW1, SW4, SW6 y SW8 se cierren y los conmutadores SW2, SW3, SW5 y SW7 se abran. Como otro ejemplo, el circuito de conmutación, con el fin de centrar la circuitería de lectura en detectar la condensación y/o la humedad en una superficie interior de la ventana, puede acoplar el condensador C4 a la circuitería de lectura y aislar los condensadores C1-C3 de la circuitería de lectura; esto puede hacerse enviando unas señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW7 se cierren y los conmutadores SW1, SW3, SW5 y SW8 se abran como se muestra en la figura 31. Como otro ejemplo, el circuito de conmutación, con el fin de centrar la circuitería de lectura en detectar el vaho y/o la empañamiento en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar el condensador C3 a la circuitería de lectura y aislar los condensadores C1-C2 y C4 de la circuitería de lectura; esto puede hacerse enviando las señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW2, SW4, SW5 y SW8 se cierren y los conmutadores SW1, SW3, SW6 y SW7 se abran. Como otro ejemplo más, el circuito de conmutación de la figura 31, con el fin de centrar la circuitería de lectura en detectar tanto el hielo como la lluvia en una superficie exterior de la ventana, puede acoplar los condensadores C1-C2 a la circuitería de lectura y aislar los condensadores C3-C4 de la circuitería de lectura; esto puede hacerse enviando unas señales de control CTRL1 y CTRL2 que hacen que los conmutadores SW1, SW3, SW6 y SW8 se cierren y los conmutadores SW2, SW4, SW5 y SW7 se abran. También es posible en ciertos casos de ejemplo acoplar todos los condensadores C1-

C4 a la circuitería de lectura, en cuyo caso los conmutadores SW1, SW3, SW5 y SW7 estarían cerrados y los conmutadores SW2, SW4, SW6 y SW8 se abrirían.

5 Se apreciará que el circuito de conmutación de la figura 31 puede o puede no usarse en combinación con cualquier otra realización de ejemplo tratada en el presente documento.

10 Por otra parte, es posible que los condensadores C1-C4 en relación con la realización de la figura 31 puedan reemplazarse con antenas tales como las antenas basadas en fractales que tienen unas bandas respectivas (véase las bandas 1-4 en la figura 31). Por lo tanto, en esta situación, el circuito de la figura 31 sería capaz de reconfigurar selectivamente las antenas basadas en fractales de diferentes bandas con el fin de cambiar selectivamente la banda(s) que se lee por la circuitería de lectura. En tales casos de ejemplo, la circuitería de lectura puede usarse para detectar y/o procesar las ondas entrantes tales como las señales de AM, FM, Bluetooth, GPS, VHF, y/o UHF.

15 Como se desprende de la descripción proporcionada anteriormente, ciertas realizaciones de ejemplo desveladas anteriormente se refieren a un sensor de lluvia basado en un condensador fractal. Tales condensadores permiten una mayor capacitancia por unidad de superficie usando campos periféricos laterales. Como se ha descrito en detalle anteriormente, los campos periféricos que emanan en la superficie del cristal pueden usarse para detectar la humedad, los desechos, y/o similares. La cantidad de periferia lateral es proporcional a la periferia, y por lo tanto del perímetro de la estructura. Como se ha señalado anteriormente, un sensor de lluvia basado en un condensador fractal de este tipo puede imprimirse en el cristal usando, por ejemplo, una sinterización de plata, que puede localizarse en una cualquiera de las superficies 2, 3, y 4 del parabrisas. Tales disposiciones se muestran en, y se describen en relación con, las figuras 1(b)-1(f).

20 La colocación del patrón en la superficie 4 es bastante práctica y fácil de implementar usando las técnicas de fabricación de parabrisas convencionales. Sin embargo, en la práctica, colocar el patrón en este caso requiere normalmente que se usen unos contactos elásticos para conectar los condensadores a la electrónica de lectura de y a la circuitería de cálculo. Este enfoque de diseño ha demostrado ser eficaz a pesar de diversos desafíos. Por ejemplo, en primer lugar, a veces se necesita una junta hermética para desacoplar los efectos de condensación en la superficie 4 interior del vehículo. En segundo lugar, muchas veces puede haber vibraciones mecánicas inherentes en los terminales de contacto. En tercer lugar, los contactos pueden estar sujetos a corrosión.

25 Las técnicas de autocorrelación descritas anteriormente ayudan a superar el primer reto, por ejemplo, sin el uso de una junta hermética. Los desafíos segundo y tercero pueden superarse usando unas patillas cargadas por resorte recubiertas de oro. Sin embargo, esta solución implica que tales sistemas, si no se han diseñado mecánicamente de manera adecuada, podrían verse afectados por las vibraciones en los contactos, por ejemplo, la creación de cambios por minuto en los valores de capacitancia, por ejemplo, mientras que el vehículo está en movimiento. En términos más generales, aunque, las vibraciones inducidas mecánicamente pueden, a su vez, traducirse en ruido capacitivo que puede afectar a la sensibilidad máxima del sensor de lluvia.

30 Propiamente dicho, aunque las disposiciones de ejemplo y los enfoques de diseño descritos anteriormente han tenido éxito, aún son posibles mejoras adicionales. Por ejemplo, los retos potenciales indicados anteriormente pueden abordarse en ciertas realizaciones de ejemplo, proporcionando un sensor de humedad y/o suciedad capacitivo, integrado que tiene electrónicas incorporadas localizadas en una placa de circuito impreso flexible (PCB). En resumen, el sensor puede comprender un conjunto de condensadores de efectos marginales, que pueden imprimirse en pantalla, grabarse directamente, o de otro modo localizarse, en una PCB flexible de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo. La PCB flexible, a su vez, puede incluir los componentes electrónicos de lectura. Una vez formado el conjunto de sensores en la PCB flexible, el conjunto puede pegarse, laminarse directamente o de otro modo localizarse en el parabrisas. En ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB y el conjunto de disposiciones de sensores pueden localizarse en la superficie 4, mientras que en ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB y el conjunto de disposiciones de sensores pueden localizarse entre las superficies 2 y 3.

35 En ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB flexible y el conjunto de disposiciones de sensores pueden comprender un conjunto distribuido multi-capa de condensadores, apilados uno encima del otro, y eléctricamente aislados y protegidos entre sí. En ciertas realizaciones de ejemplo, una disposición de este tipo puede estar hecha ventajosamente de manera compacta, ya que la longitud de las líneas de excitación y de retorno a los condensadores puede reducirse mientras que toda la electrónica necesaria, a su vez, puede estar incorporada en el sensor.

40 Como se ha mencionado anteriormente, en ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB flexible puede usarse para soportar mecánicamente y/o para conectar electrónicamente los componentes electrónicos usando vías y/o pistas conductoras, que pueden grabarse en las láminas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor. Una PCB flexible comprende en general una película de polímero flexible laminada a una lámina delgada de cobre que se graba para producir un patrón de circuito. Los patrones pueden crearse en uno o en ambos lados de la película, y las interconexiones pueden conseguirse, por ejemplo, a través de orificios pasantes chapados, proporcionando una mayor capacidad de adaptación entre las partes componentes. Un recubrimiento de polímero puede añadirse para aislar y/o sellar del ambiente el circuito.

Un ejemplo de una película de polímero flexible que puede usarse en relación con las PCB flexibles de ciertas realizaciones de ejemplo es Kapton®. Kapton® tiene una alta resistencia al calor, es dimensionalmente estable, y tiene buena resistencia dieléctrica y capacidades de flexión. En general, estas características de la materia prima ayudan al circuito flexible a mantener un alto grado de durabilidad y también le ayudan a sobrevivir en ambientes hostiles. Por supuesto, las PCB flexibles de ciertas realizaciones de ejemplo pueden incluir cualquier película de polímero adecuado.

Las PCB flexibles de ciertas realizaciones de ejemplo también pueden combinar varios circuitos de una y/o doble cara con interconexiones complejas, protegiendo los dispositivos montados en la superficie en un diseño de múltiples capas. Tales diseños de múltiples capas pueden combinarse opcionalmente con las placas de circuito rígidas en ciertas realizaciones de ejemplo, por ejemplo, para crear un circuito rígido/flexible capaz de soportar dispositivos como, y cuando, sea necesario.

Ciertas realizaciones de ejemplo pueden conducir a una o más de las siguientes y/o otras ventajas. En primer lugar, puede ser posible colocar con más precisión el conjunto del sensor completo en el parabrisas. Es decir, la capacidad de flexión del polímero puede permitir que el patrón del sensor se ajuste a las curvaturas del parabrisas, con unas piezas de (por ejemplo, libre de) movimiento reducido. En segundo lugar, laminar, encolar, o de otra modo conectar la PCB flexible al parabrisas puede reducir la influencia de la condensación de agua interior (y/o otro tipo de humedad o suciedad) en los condensadores "húmedos".

En tercer lugar, colocando los condensadores "húmedos" y "secos" en unas capas separadas y cada uno de ellos de espaldas entre sí permite que el sensor discrimine entre las condiciones del exterior y del interior. Esto puede usarse para tomar medidas más apropiadas, por ejemplo, para hacer las limpiezas cuando se detecta agua en el parabrisas exterior por los condensadores "mojados", mientras que puede provocarse el desempañado cuando los condensadores "secos" leen un valor de umbral.

En cuarto lugar, teniendo ambos conjuntos de condensadores uno al lado del otro puede permitir identificar los efectos de los cambios de temperatura rápidos o la exposición a la EMI. Por ejemplo, una EMI aleatoria tendrá al mismo tiempo unas firmas muy similares en ambos condensadores "seco" y "húmedo". Tales firmas podrán diferenciarse, por ejemplo, con o unos eventos de lluvia externa o un empañamiento interior.

En quinto lugar, y como anteriormente, el sensor puede comprender una pluralidad de módulos, incluyendo un convertidor de canal analógico a digital sigma-delta, una unidad de microprocesador con una memoria (por ejemplo, SRAM y/o Flash), y un transceptor LIN. Tales componentes pueden funcionar usando una menor alimentación y pueden estar equipados con una batería independiente y/o un transceptor inalámbrico. En tales casos, el sistema puede incluir una base u otros medios de recarga adecuados para permitir la recarga, por ejemplo, de la batería del coche u otra fuente.

La figuras 32-35 muestran unas capas de ejemplo que comprenden una PCB de acuerdo con una realización de ejemplo. La PCB, como un todo, puede construirse a partir de la FR-4 de flexión o cualquier plástico, poliimida, polímero adecuado, etc., en ciertas implementaciones no limitativas. La figura 32 muestra una primera capa exterior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo. La primera capa exterior de la figura 32 está diseñada para localizarse en el interior del coche, en la cara de la PCB más cercana al conductor. Por lo tanto, la figura 32 incluye un conjunto de condensador interior o "seco" 3202, que puede estar formado de acuerdo con un patrón fractal en ciertas realizaciones de ejemplo. En ciertas realizaciones de ejemplo, varios conjuntos de condensadores secos 3202 pueden formarse en la primera capa exterior de la figura 32, y/o la PCB de la figura 32 puede estar conectada a una o más PCB "esclavas" en ciertas realizaciones de ejemplo. En este último caso, las tarjetas esclavas pueden estar ligadas o conectadas de manera inalámbrica a la placa madre. Cuando se utilizan tarjetas esclavas, que pueden estar unidas a la superficie 4 del cristal directa o indirectamente, por ejemplo, para medir la humedad dentro de la cabina del vehículo u/o la humedad en el cristal.

En cualquier disposición, el conjunto(s) de condensadores secos 3202 puede usarse para determinar la presencia de EMI y/o la humedad (por ejemplo, dentro de la unidad y/o un coche). EMI puede detectarse, por ejemplo, cuando se detectan los mismos o similares patrones para tanto los conjuntos de condensadores húmedos como los secos, al mismo tiempo o dentro de un intervalo de tiempo predeterminado breve (por ejemplo, dentro de unos pocos milisegundos o segundos o, más específicamente, dentro de aproximadamente 20-40 ms), los conjuntos de condensadores húmedos y secos que se localizan en diferentes capas, y caras opuestas, de la PCB. Las conexiones 3204 se proporcionan para un microprocesador (descrito en mayor detalle a continuación). Las conexiones 3206 se proporcionan también para un convertidor/filtro sigma-delta como se ha descrito anteriormente.

Una o más capas interiores pueden proporcionarse en ciertas realizaciones de ejemplo con el fin de proporcionar una protección entre las conjuntos de condensadores húmedos y secos. Esta disposición reduce de manera ventajosa los problemas asociados a algunos campos que emanan hacia fuera y algunos campos que emanan hacia dentro, lo que podría provocar detecciones espurias, medir la humedad dentro del vehículo cuando se trata de detectar la humedad fuera del vehículo, etc. Por lo tanto, la una o más capas interiores de ciertas realizaciones de

ejemplo pueden ayudar a desacoplar los conjuntos de condensadores húmedos y secos.

Como ejemplos de las capas interiores, la figura 33 muestra una primera capa interior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo, y la figura 34 muestra una segunda capa interior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo. En la figura 33, la mayoría de la capa es metálica 3302 (por ejemplo, cobre) y está a un potencial de tensión. Además de proporcionar protección, la capa metálica 3302 también hace que sea difícil para los campos del conjunto de condensadores húmedos acoplarse a los campos del conjunto de condensadores secos, y viceversa. Una serie de conductos o líneas conectados entre las capas proporcionan también alimentación a los chips. También se proporcionan las tierras digitales y analógicas 3304a, 3304b.

La primera capa interior mostrada en la figura 33 está más cerca de la primera capa exterior mostrada en la figura 32, mientras que la segunda capa interior mostrada en la figura 34 está más cerca de la segunda capa exterior mostrada en la figura 35. Como anteriormente, la mayoría de la capa es metálica 3402 (por ejemplo, cobre), y también se proporcionan las tierras digitales y analógicas 3404a, 3404b. Como puede verse en las figuras 33 y 34, las piezas de protección metálicas están colocadas en sus respectivas capas con el fin de que sean al menos adyacentes a los conjuntos de condensadores húmedos y secos, en los que los campos probablemente serán más fuertes.

La figura 35 muestra una segunda capa exterior de ejemplo de un sensor de acuerdo con una realización de ejemplo. La segunda capa exterior de la figura 35 está diseñada para localizarse en el interior del coche, en la cara de la PCB más alejada del conductor y el más cercano al cristal. Por lo tanto, la figura 35 incluye un conjunto de condensadores exterior o "húmedo" 3502, que puede estar formado de acuerdo con un patrón fractal en ciertas realizaciones de ejemplo. La capacitancia exterior puede medirse de un modo diferencial usando C_{in+} y C_{in-} , así como en un modo de un solo extremo en ciertas realizaciones de ejemplo. Esto puede ayudar a reducir la relación señal a ruido considerablemente. Además, una resolución de RMS del sistema está por encima de 16 bits en ciertas implementaciones de ejemplo.

Como se ha señalado anteriormente, un problema asociado a las tecnologías de sensor actuales es una laminación ligera o estrés, o incluso una instalación inadecuada, entre el cristal y el sensor pone el sistema óptico fuera de alineación. Sin embargo, la unión de ciertas realizaciones de ejemplo, ayuda a reducir estos y/u otros problemas de alineación de precisión. En ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB está unida a la superficie 4 del parabrisas usando un adhesivo. Por ejemplo, puede usarse una cinta adhesiva de doble cara para fijar la segunda capa exterior a la superficie 4 del parabrisas. En ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB puede estar localizada detrás de la sinterización oscura impresa en el cristal. Una cinta adhesiva de doble cara puede proporcionar ventajosamente una estabilidad aumentada al sensor (especialmente en comparación con el diseño de patilla, que puede permitir el movimiento del sensor y/o de las patillas individuales directamente y/o la corrosión), mientras que sella también sustancialmente, reduciendo las posibilidades de que los residuos, la humedad y/o similares entren en contacto directo con el sensor y/o los componentes del mismo. En ciertas realizaciones de ejemplo, el cristal y/o la sinterización de cristal pueden tratarse en la proximidad de donde debe adherirse el sensor, por ejemplo, para facilitar el proceso de unión. Por ejemplo, un precursor a base de silano puede usarse para preparar la superficie para la adhesión. En ciertas implementaciones de ejemplo, una cinta adhesiva disponible comercialmente de 3M tal como las cintas de transferencia de adhesivo VHB™ con el adhesivo 100MP (que incluye F9460PC, F9469PC, y F9473PC) pueden usarse para fijar la PCB al parabrisas. Por supuesto, cualquier cinta adhesiva adecuada puede usarse en relación con ciertas realizaciones de ejemplo. Un ejemplo de esta disposición se muestra en la figura 37(a).

En vista de lo anterior, se apreciará que las líneas de campo de EM para los condensadores exteriores en ciertas realizaciones de ejemplo sondan solo el exterior del coche en la superficie del parabrisas y, en el interior, las líneas de campo de los condensadores exteriores se desvían a través de un "plano de tierra enterrado". En consecuencia, sus líneas de campo no sondan dentro del coche o miden la humedad desde el interior. El mismo razonamiento se aplica a los condensadores enfrentados en el interior, ya que sus líneas de campo "ven" el interior del coche. Las ondas EM de libre propagación (como las EMI) pueden afectar a ambos conjuntos de condensadores, y la ocurrencia de este evento es indicativa de un evento EMI como un rayo. El conjunto interior de condensadores también es capaz de recoger cambios sutiles en la capacitancia que se relacionan con el nivel de humedad. Se apreciará que la inclusión de un sensor de temperatura en el conjunto de PCB próximo a los condensadores interiores permite deducir con precisión el punto de rocío.

La figura 36 es una vista en sección transversal de una cubierta de PCB de ejemplo 3602 de acuerdo con una realización de ejemplo. La cubierta 3602 protege la PCB 3500, que se adhiere a la superficie 4 del sustrato de cristal interior 1 del parabrisas. La cubierta 3602 es sustancialmente en forma de M cuando se observa en sección transversal. Como tal, la tapa 3602 incluye una pluralidad de patas. En el ejemplo mostrado en la figura 36, se muestran tres de tales patas 3602a-c, con las patas izquierda y derecha 3602a, 3602b, y una pata central 3602c. Las patas izquierda y derecha 3602a, 3602b se perfilan hacia fuera con el fin de poner en contacto tanto la superficie 4 del parabrisas como la PCB 1500. Las piezas de plástico blando 3606a-c pueden añadirse a la tapa 3602 en las partes perfiladas de las patas izquierda y derecha 3602a, 3602b, así como en la superficie de la pata central 3602c que entra en contacto con la PCB 1500, con el fin de mantener la PCB en su lugar al tiempo que reduce las

posibilidades de que se dañe. Las partes de las patas izquierda y derecha 3602a, 3602b que no están perfiladas pueden adherirse a la superficie 4 del parabrisas usando la cinta adhesiva 3604, que también sirve para unir la PCB 1500 a la superficie 4 del parabrisas. Como alternativa, o además, unos cordones de soldadura 3608a-b u otros mecanismos de sujeción adecuados pueden usarse para unir las partes de las patas izquierda y derecha 3602a, 3602b que no están perfiladas a la superficie 4 del parabrisas. Debido a que la PCB 1500 y/o los componentes de la misma pueden producir calor, puede proporcionarse una o más ranuras de ventilación 3602d o unos orificios pasantes a la cubierta 3602 con el fin de permitir que se disipe el calor. Aunque no se muestra en la figura 36, la cubierta 3602 puede encerrar de manera sustancial completamente la PCB 1500.

En ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor de lluvia también puede estar soportado por la superficie 2 como muestra el ejemplo de la figura 37(b), la superficie 3 como muestra el ejemplo de la figura 37(c), o en la capa de polímero incluido entre las superficies 2 y 3 como muestra el ejemplo de la figura 37(d). En tales implementaciones de ejemplo, una PCB flexible puede estar montada de acuerdo con las técnicas descritas anteriormente. La PCB flexible o las capas de la PCB flexible pueden estar incorporadas en o formadas a partir de un polímero o un acrílico (incluyendo, por ejemplo, PET). En ciertas realizaciones de ejemplo, los cables de conexión (por ejemplo, para la alimentación, la transmisión de datos, etc.) pueden extenderse desde la PCB en una malla, que también es flexible. Como alternativa, en ciertas realizaciones de ejemplo, los cables pueden sustituirse por un ITO u otros conductores adecuados impresos en el cristal, proporcionando posiblemente de este modo una disposición más transparente o limpia. En cualquier caso, los "conductores" pueden conectarse a un bus.

La PCB puede estar localizada en una zona en general no visible desde el interior o el exterior del coche. Por lo tanto, en ciertas realizaciones de ejemplo, la PCB puede estar localizada, por ejemplo, próxima al espejo retrovisor. Opcionalmente, la PCB puede oscurecerse más de la vista a través de un revestimiento de protección oscuro, que puede imprimirse en o formarse alrededor de la PCB en el caso de que el parabrisas no esté protegido, o puede ser una sinterización oscura del propio parabrisas. Además de ocultar la PCB de la vista ordinaria, una cubierta protectora de este tipo también puede ayudar a proteger la PCB y/o sus componentes de la radiación UV. Además, en ciertas realizaciones de ejemplo, el sensor de lluvia y la PCB pueden intercalarse entre las superficies 2 y 3 durante la laminación. Localizar el sensor de lluvia y la PCB en este punto puede ayudar también a proteger los componentes del sensor de lluvia de la radiación UV en virtud del material que comprende la capa de laminado (por ejemplo, el PVB). Una capa reflectante de IR todavía puede recubrirse en la superficie 3 del parabrisas.

El sensor de lluvia, la PCB flexible y los conductores todos pueden ser flexibles. Como anteriormente, esta configuración puede permitir ventajosamente que el sensor de lluvia se adapte a la forma del parabrisas y también se aumente la resistencia. Aunque puede producirse una ligera deformación del sensor de lluvia, la PCB flexible, los conductores, y/o los componentes de los mismos, por ejemplo, por las fuerzas generadas durante la laminación, el calor, etc., pueden recogerse unos datos de referencia después de tales procesos (por ejemplo, después de la laminación, etc.) de tal manera que los algoritmos del sensor de lluvia se calibren para tener en cuenta tales cambios. También es ventajoso el hecho de que la localización y la estructura del sensor de lluvia, la PCB y los conductores estén unificados, reduciendo de este modo el impacto de los choques, las vibraciones, la humedad, los residuos, etc.

La figura 38 es un diagrama de flujo o un diagrama de estado a modo de ejemplo que muestra cómo pueden accionarse los limpiaparabrisas del parabrisas de acuerdo con una realización de ejemplo. En 3802, se inicia o se inicializa el sistema. Si una comunicación al bus LIN está ya abierta, se cierra y/o se restablece. En 3804, el sensor de lluvia que incluye sus conjuntos capacitivos se calibra o se pone en un modo de diagnóstico. Esto puede permitir que se recojan los datos de referencia. Si la etapa de calibración o de diagnóstico falla en 3804, se genera un error en 3806 y el sistema se pone en modo manual 3808. Como alternativa, un usuario puede poner inicialmente el sistema en el modo manual 3808.

Después de que se completen las calibraciones en 3804, se abre una comunicación LIN en 3810. La filtración y/o las estadísticas se aplican en 3812 a un primer búfer, que se llena a lo largo de un primer intervalo de muestreo. Por ejemplo, pueden recogerse 50 puntos de datos a lo largo de un intervalo de tiempo predeterminado. Un segundo búfer se llena con los datos del primer búfer en 3814. El segundo búfer puede tomar solo un subconjunto de los datos del primer búfer para su análisis. Por ejemplo, puede extraerse solo los puntos de datos del 44 al 48.

Usando los datos de los búferes primero y/o segundo, el sistema determina si se ha producido un evento de lluvia corta en 3816. En este caso, como a continuación, la determinación de la existencia de una perturbación (por ejemplo, humedad, residuos, etc.) puede determinarse usando las técnicas expuestas anteriormente, incluyendo la coincidencia de las señales de los conjuntos capacitivos para formas de onda predefinidas, la realización de autocorrelaciones y/o correlaciones cruzadas, etc.

Si se detecta un evento de lluvia corta en 3816, y a continuación se realiza una limpieza en 3818. El sistema puede clasificar aún más el tipo de lluvia o humedad en el parabrisas y tomar otras acciones adicionales apropiadas para el tipo de lluvia. Por lo tanto en 3820, se realiza una transformación (por ejemplo, una transformada rápida de Fourier o FFT) en los datos. A continuación, usando los datos transformados, la lluvia se clasifica como que es una lluvia fina (por ejemplo, algo más que un vaho fino) 3824, una baja cantidad de lluvia 382, una lluvia intensa 3828, o una lluvia

súper hidrófila 3830 (por ejemplo, que tiende a saturar el parabrisas). Los limpiaparabrisas pueden accionarse o habilitarse en 3832 a una velocidad apropiada para el tipo de lluvia. Opcionalmente, pueden aparcarse temporalmente o desactivarse en 3822 (lo que también puede realizarse si los datos no pueden transformarse en 3820, o si los datos transformados no coinciden con un patrón de lluvia conocido. El sistema puede a continuación volver a 3812 para volver a poblar el primer búfer, etc.

Si un evento de lluvia corta no se detecta en 3816, el sistema determina si una EMI ha afectado al conjunto(s) capacitivo en 3834. Si no es así, el sistema determina si una mano que toca el parabrisas ha afectado al conjunto(s) capacitivo en 3836. Si no es así, el sistema determina de manera similar si una mano (u otro artículo vivo o no vivo) que entra en la proximidad del parabrisas ha afectado al conjunto(s) capacitivo en 3838. Si es así en cualquiera de 3834, 3836, y 3836, el sistema vuelve a 3814 para volver a poblar el segundo búfer.

Si no hay efectos atribuibles a una EMI, un toque de la mano, o una mano que entra en la proximidad del parabrisas, un clasificador de pulso dispone los datos del primer búfer en 3840. Si los datos ordenados por pulso de 3840 se fijan en un comportamiento como se determina en la etapa 3842 (por ejemplo, no hay "flancos" detectados y por lo tanto los datos pueden diferenciarse en todos los puntos), entonces el sistema determina si la ventana está seca en 3844. Si no lo es, entonces no ha habido un cambio transitorio en la capacitancia 3848, lo que, por ejemplo, puede provocarse por un cambio en la exposición al sol, al viento, etc. En tal caso, el sistema vuelve a 3812. Sin embargo, si el resultado de 3844 es diferente, los valores de referencia medios para los conjuntos capacitivos se actualizan en 3846, y el sistema vuelve a 3812. En este último caso, el sistema puede "aprender" de manera efectiva acerca de las condiciones y mejorar la exactitud de las limpiezas.

Si no hay un comportamiento detectado en 3842, la existencia de una mano en el parabrisas se determina de nuevo en 3850. Si se ha detectado un toque de la mano, el sistema vuelve a 3812. En 3852, se determina la presencia de cualquier flanco en todo. Si hay algún flanco, entonces el sistema pasa a 3820 para indicar que hay algún tipo de evento de lluvia diferente de un evento de lluvia corto. Si no hay ningún flanco, entonces hay un vaho 3854, y el motor se activa y/o la limpieza comienza en 3832.

Como tal, una característica de ciertas realizaciones de ejemplo es que el código de detección de lluvia puede realizar una normalización automática de los valores de capacitancia. En el transcurso de los días (incluso sin agua), la capacitancia puede cambiar desde aproximadamente 0,6 pF a aproximadamente 1 pF. Esto puede atribuirse a los cambios de temperatura del cristal. Ciertas técnicas de la técnica anterior, simplemente tratan de restar dos señales, haciendo la suposición de que la diferencia no varía con la temperatura. De hecho, se ha determinado que esto no es correcto. El procedimiento de normalización de ciertas realizaciones de ejemplo ayuda a garantizar que los parámetros de detección no tienen que cambiar. No hay nada para calibrar, ya que el valor se normaliza por la media. En consecuencia, cada vez que el código de detección de lluvia pasa por el "modo seco" en el diagrama de estado, se produce el proceso de normalización.

Ciertas realizaciones de ejemplo se refieren a los sensores de luz. Los sensores de luz pueden estar montados en las PCB flexibles descritas anteriormente. La conexión del sensor de luz a la PCB flexible puede realizarse usando un flip-chip, en el que el sensor de luz está montado en la superficie posterior de la PCB (por ejemplo, la superficie de la PCB que mira hacia fuera del exterior del vehículo). En general, el montaje flip-chip es un tipo de montaje usado para los dispositivos semiconductores, tales como los chips de circuito integrado (CI), lo que reduce la necesidad de uniones por hilos. La etapa final de procesamiento de obleas deposita el resalto de soldadura en los terminales del chip, que se conectan directamente a la circuitería externa asociada. El procesamiento de un flip-chip es similar a la fabricación convencional de los CI. Cerca del final del proceso de fabricación de un flip-chip, se metalizan los terminales de fijación para hacerlos más apropiados para la soldadura. Esta metalización incluye normalmente diversos tratamientos. Un pequeño punto de soldadura se deposita en cada uno de los terminales. Los chips se cortan de la oblea de manera convencional. Un procesamiento adicional no se requiere en general, y en general no hay soporte mecánico en absoluto. Cuando un flip-chip está unido a un circuito, se invierte para llevar los puntos de soldadura hacia abajo sobre los conectores en la electrónica subyacente o la placa de circuito. A continuación, la soldadura se vuelve a fundir para producir una conexión eléctrica. Esto deja un pequeño espacio entre la circuitería del chip y el montaje subyacente. En la mayoría de los casos un adhesivo eléctricamente aislante se usa a continuación para proporcionar una conexión mecánica más fuerte, para proporcionar un puente de calor, y para garantizar que las juntas de soldadura no están estresadas debido al calentamiento diferencial del chip y el resto del sistema. El conjunto terminado resultante es mucho más pequeño que un sistema tradicional basado en un soporte. El chip se encuentra en la placa de circuito, y es mucho más pequeño que el soporte tanto en superficie como en altura.

El sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo "ve" a través de un orificio pequeño (por ejemplo, un poro) o hendidura. El orificio pequeño se extiende a través de una sinterización oscura o una capa opaca (cuando se proporciona una capa de este tipo) y a través de la PCB. Un diseño del poro permite que el sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo "vea" lo que está en la línea de visión. También actúa como una forma de lente en sí misma. Por lo tanto, en ciertas realizaciones de ejemplo, la necesidad de una lente puede reducirse y, a veces incluso eliminarse completamente. Este es un cambio en los diseños de sensores de luz convencionales, que suelen requerir este tipo de lentes. Cuando se implementa una capa opaca, incluyendo solo un poro pequeño en la misma

puede blindar y/o proteger ventajosamente los componentes de detección sin luz de la PCB, por ejemplo, de UV, y/o ocultar efectivamente tales componentes del campo de visión del conductor.

5 A pesar de que ciertas realizaciones de ejemplo no requieren una lente, en ciertas otras realizaciones de ejemplo, puede usarse una lente en relación con el sensor de luz. En tal caso, la lente puede ser una lente de refracción sustancialmente plana. Una lente de refracción sustancialmente plana de este tipo puede estar localizada a lo largo del sensor de luz (o en un conjunto de detección de luz del sensor de luz descrito en mayor detalle a continuación).

10 El sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo puede ser capaz de detectar la presencia de luz y/o la cantidad de lux. Esto puede ser posible a través de UV, IR y espectros de luz visible. Como tal, el sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo puede detectar la presencia y la cantidad de lux de UV, IR, y la luz visible dentro de una línea de visión del vehículo. Opcionalmente, las mismas y/o similares mediciones pueden tomarse desde el interior del vehículo. Los conjuntos orientados internamente del sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo pueden usarse para las comparaciones de referencia de los cambios en la luz de ambiente. Por ejemplo, en ciertas realizaciones de ejemplo, los conjuntos orientados internamente del sensor de luz pueden compararse con los conjuntos orientados externamente con el fin de determinar cuando el vehículo está, por ejemplo, dentro de un túnel. Del mismo modo, al menos algunos de los conjuntos orientados externamente pueden apuntarse hacia el cielo con fines de referencia (por ejemplo, para determinar si el vehículo se encuentra bajo la cobertura de nubes).

20 La figura 39 es una vista ilustrativa de un diseño flip-chip de sensor de luz 3900 de acuerdo con una realización de ejemplo. Se proporciona un primer conjunto 3902. El primer conjunto 3902 incluye una pastilla de silicio al descubierto 3902a en este fotodiodo, y cada pastilla de silicio está rodeada o cubierta por metal 3902b. En ciertas realizaciones de ejemplo, el metal 3902b puede usarse para generar los datos de referencia en ciertas realizaciones de ejemplo. Este primer conjunto 3902 puede multiplexarse con el fin de "ver" la luz en una banda ancha de aproximadamente 300 nm a aproximadamente 1100 nm (y por lo tanto incluyendo la luz UV, visible e infrarroja), con capacidad de respuesta alcanzando un pico en aproximadamente 650 nm, en un primer canal, así como en un tercer canal "viendo" la luz desde aproximadamente 400 nm a aproximadamente 550 nm y alcanzando un pico en aproximadamente 500 nm (y por lo tanto "viendo" la luz visible). Un segundo conjunto 3904 puede "ver" la luz en un segundo canal, que varía desde aproximadamente 500 nm a aproximadamente 1100 nm y alcanzando un pico en aproximadamente 800 nm (y por lo tanto "viendo" la luz IR). La figura 43 es una gráfica que muestra la respuesta espectral de los fotodiodos de los tres canales de un sensor de luz ilustrativo de acuerdo con una realización de ejemplo. Los canales pueden ser canales digitales o analógicos en ciertas realizaciones de ejemplo, y en ciertas realizaciones de ejemplo, uno o más registros de procesamiento 3906 u otras localizaciones de memoria pueden usarse para ayudar a almacenar, convertir, o de otro modo procesar los datos relacionados con la luz. También pueden proporcionarse uno o más convertidores de analógico a digital individuales.

40 No se muestran lentes en la figura 39. Esto es porque, como se ha señalado anteriormente, un poro y la proximidad del sensor al poro pueden convertirse en una lente opcional. Por supuesto, en ciertas realizaciones de ejemplo, puede proporcionarse una lente. Como se ha señalado anteriormente, la lente puede ser una lente de índice de refracción. El sensor de luz de ciertas realizaciones de ejemplo puede tener un campo delantero de visión de aproximadamente 50-70°, más preferentemente de aproximadamente 55-65°, y todavía más preferentemente de aproximadamente 60°, estando los ángulos o en el lado de la normalidad o siendo ángulos visibles totales.

45 Se proporciona una pluralidad de patas 3908a-f. Cada una de las patas 3908a-f tiene una patilla de conexión de soldadura 3910a-f respectivamente asociada a las mismas. En ciertas realizaciones de ejemplo, las patas 3908a-f pueden fabricarse de cerámica o cristal, y las patillas de conexión de soldadura 3910a-f pueden incluir un metal. En ciertas implementaciones de ejemplo, las patillas 3910a-f pueden corresponder a las patillas de suministro de tensión o alimentación, dirección, suministro en tierra, reloj, interrupción y datos. Por supuesto, es posible usar otras patillas solas o en combinación con tales disposiciones. Una función de interrupción puede facilitar opcionalmente la captura de solo grandes cambios con el fin de ayudar a reducir el desperdicio de memoria.

50 El sensor de luz puede convertir la intensidad de luz en una salida de señal digital, que puede enviarse a un enlace I²C de un vehículo para procesarse mediante una circuitería lógica programada adecuada (que puede ser cualquier combinación adecuada de hardware, software, firmware y/o similar). Los canales 1 y 2 descritos anteriormente pueden estar "multiplexados" opcionalmente entre sí para derivar los datos de canal UV. Al término de la conversión de las señales analógicas a digitales, los resultados de la conversión pueden enviarse a través de sus respectivos canales. Las transferencias pueden ser de doble búfer para mantener la integridad de los datos.

60 Los sensores de luz pueden obtenerse y modificarse a partir de fuentes comerciales con el fin de que funcionen con ciertas realizaciones de ejemplo. Por ejemplo, pueden usarse los sensores de luz comercialmente disponibles de TAOS (por ejemplo, los modelos de flipchip ALS modificados TSL2560FC y TSL2561FC), Micron, y/u otras fuentes.

65 La figura 40 es una vista en sección transversal de un sensor de luz soportado por una superficie interior de un sustrato de cristal interior de acuerdo con una realización de ejemplo de esta invención. Al igual que en el realización de ejemplo mostrada en la figura 37(a), en la figura 40, una PCB flexible 3500 está conectada a una capa opaca 9 a través de un adhesivo 3604. La capa opaca se forma en una superficie interior (por ejemplo, una superficie más

cercana al interior del vehículo) de un sustrato de cristal interior 1. El sustrato de cristal interior 1 y el sustrato de cristal exterior 2 se laminan entre sí mediante una capa intermedia de polímero 3 (por ejemplo, de PVB, EVA, etc.). Un recubrimiento de baja-E 4 puede aplicarse opcionalmente a una o más de las superficies interiores de los sustratos 1, 2. Un orificio 4000 está formado en la capa opaca 9 y en la PCB flexible 3500. Este orificio 4000 puede funcionar como una lente, como se ha descrito anteriormente. El sensor de luz 3900 está conectado a la PCB flexible 3500 en una superficie de la misma que está más cerca del interior del vehículo usando un montaje flipchip. Similar al anterior, el sensor de luz 3900 y la PCB flexible 3500 pueden montarse en otra parte del conjunto de parabrisas (por ejemplo, soportados por la superficie 2 o 3, o flotando dentro de la capa intermedia de polímero 3). Una capa reflectante de IR puede o puede no eliminarse en ciertas realizaciones de ejemplo, por ejemplo, en función de dónde se localice el sensor de luz, el efecto total de la capa reflectante de IR, etc.

Esta disposición de ejemplo es ventajosa por un número de razones. Por ejemplo, los sensores de luz convencionales incluyen normalmente una carcasa de plástico para proteger los chips. Una prueba de automóvil normal requiere una funcionalidad de aproximadamente -40 °C a 105 °C. Las carcasas de plástico que protegen los chips en las disposiciones de diseño convencionales, sin embargo, se han descubierto que se funden a solo aproximadamente a 85 °C. Esto es problemático, por que los sustratos de cristal a menudo alcanzan temperaturas de hasta aproximadamente 120 °C. En contraste con los diseños típicos, la disposición de diseño de ciertas realizaciones de ejemplo es estable hasta al menos aproximadamente 120 °C. Esto es cierto por varias razones. En primer lugar, no hay recubrimiento de plástico a fundirse. En segundo lugar, los chips y el sensor en sí mismos no están en contacto directo con el cristal. Es decir, las patas de cerámica y la ayuda de la soldadura aíslan los chips del calor. Además, la placa de circuito flexible (que puede contener FR-4 y capas interiores de metal) puede ayudar a desviar el calor lejos del sensor de luz.

La disposición de diseño de ciertas realizaciones de ejemplo también es ventajosa, ya que el agua tiende a no condensarse delante de o a infiltrarse en el poro. Esto se debe a que la disposición de ciertas realizaciones de ejemplo puede estar protegida por un adhesivo sustancialmente transparente (por ejemplo, una cinta y/o un pegamento adicional opcional). Además, hay poco movimiento debido a la sello seguro. Por otra parte, cuando hay movimiento, se mueve toda la PCB y por lo tanto los datos de referencia pueden mantenerse o recalcularse.

Los datos de canal del sensor de luz pueden compararse para determinar cuándo y cómo encender/apagar las luces de un vehículo. Las comparaciones pueden basarse en valores absolutos, proporciones de las salidas de canal, etc. La figura 41 es un diagrama de flujo o un diagrama de estado que ilustra cómo las luces pueden encenderse o apagarse en función de los datos del sensor de luz de acuerdo con una realización de ejemplo. En la figura 41, el estado 4102 representa un estado apagado del haz de luz, y el estado 4106 representa un estado encendido del haz de luz.

Un búfer FIFO se construye en ciertas realizaciones de ejemplo. En ciertas realizaciones de ejemplo, los datos del búfer pueden tomarse a una frecuencia de aproximadamente 25 Hz, que en general es lo que se considera la tasa a la que ve el ojo humano. Por supuesto, los datos pueden muestrearse a otras tasas, que pueden ser superiores o inferiores a 25 Hz. Una trama comprenderá un número predeterminado de puntos recogidos en un intervalo predeterminado. Por ejemplo, las tramas pueden capturarse a 25 Hz, incluyendo cada trama 50 puntos recogidos en aproximadamente cada 40 ms. En ciertas realizaciones de ejemplo, pueden o no pueden filtrarse los valores del búfer.

En esencia, el sensor de luz puede buscar un cambio de flanco estable en los datos del búfer. Si el cambio de flanco pasa a través de un umbral predefinido, el estado debería conmutarse. Si los datos son planos o sustancialmente planos, no hay ningún cambio en la luz de ambiente, y si los datos cambian, pero no pasan a través de un umbral, los estados no deberían conmutarse.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 41, se determina en la decisión 4104 si los haces de luz deberían estar encendidos, y se determina en la decisión 4108 si los haces de luz deberían estar apagados. LS-Th-Br-Cont es un umbral de sensor de luz de control de brillo, que puede expresarse en lux. Un valor típico para LS-Th-Br-Cont se ha determinado que sea de aproximadamente 2.500 lux. H denota un valor de lux de nivel alto, que se ha determinado que sea de 4.000 lux o superior. L denota un valor de lux de nivel bajo, que se ha determinado que sea de 1.000 lux o menos. Por lo tanto, si las señales salen del sensor de luz (por ejemplo, del búfer) pasan de H a L a través de LS-Th-Br-Cont, las luces pueden cambiarse. El cambio a la baja puede necesitarse para persistir durante un tiempo predeterminado. Este tiempo puede ser el equivalente de una trama, una media trama, etc. En este caso, y por debajo, el retardo de persistencia puede evitar que los destellos de luz o los cambios transitorios en la luz de ambiente desencadenen erróneamente un cambio de estado.

En la decisión 4108, se introduce un factor de histéresis. Como tal, histéresis_apagada se ha determinado que sea de 5.000 lux. Se añade a LS-Th-Br-Cont para determinar cuándo alternar a otro estado. Por lo tanto, si las señales salen del sensor de luz (por ejemplo, del búfer) pasan de L a H a través de la suma de histéresis_apagada y LS-Th-Br-Cont, y la condición de retardo de persistencia se cumple, entonces el estado puede cambiarse.

Se ha determinado que la metodología descrita anteriormente trabaja específicamente bien cuando un vehículo está

parado o viajando por debajo de cierta velocidad crítica. Sin embargo, si el vehículo cumple o supera un determinado umbral de velocidad, que se denota por V-velocidad-ésima, entonces el LS-Th-Br-Cont puede necesitar que se aumente en ciertas realizaciones de ejemplo. Por ejemplo, si el vehículo está viajando a una velocidad de aproximadamente 100 km por hora o más, puede añadirse un delta de aproximadamente 1.000 lux al LS-Th-Br-Cont.

Este delta se añadirá al LS-Th-Br-Cont hasta que el coche caiga por debajo de V-velocidad-ésima menos una V-velocidad-histéresis. En tal caso, delta se puede devolver a 0. Un valor típico para V-velocidad-histéresis es de unos 30 kilómetros por hora.

Esta técnica de ejemplo puede usarse con un solo canal. Como alternativa, o además, esta técnica de ejemplo puede refinarse adicionalmente comparando los datos a través de los tres canales mencionados anteriormente. En el caso más simple, el umbral puede establecerse mediante el canal 1 (por ejemplo, el canal de banda ancha). La decisión de cuándo encender la luz puede basarse en 2 o más de los canales. En un caso más complicado, los flancos pueden detectarse a través de los tres canales. Por lo tanto, ciertas realizaciones de ejemplo implican detectar el flanco en el espacio y en el tiempo, así como la longitud de onda.

De hecho, pueden correlacionarse los cambios en los canales. Los canales 1 y 2 varían linealmente. Por lo tanto, si los canales 1 y 2 cambian, entonces el estado de luz debería cambiarse también. Este tipo de cambio podría sugerir un gran cambio en la luz de ambiente visible. Si el canal 1 cambia, pero el canal 2 no cambia, no debería haber ningún cambio en el estado. Este resultado es indicativo de un cambio en solo el espectro de IR. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando las nubes bloquean el sol. Si hay un cambio en el canal 3 y no el canal 2, no debería haber un cambio en el estado. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando un coche entra en un túnel.

La figura 42 muestra una circuitería de conjunto capacitiva de ejemplo de acuerdo con una realización de ejemplo. En la figura 42, las excitaciones 4202 se filtran por un filtro EMI 4204. Las excitaciones indicadas como EXC A y EXC B se procesan por los condensadores del conjunto capacitivo 4208. Un multiplexor 4216 multiplexa las señales del conjunto capacitivo 4208, unos convertidores de digital a analógico capacitivos 4210, una tensión positiva y negativa 4212a-b, y un sensor de temperatura 4214. La señal multiplexada del multiplexor 4216 se introduce en un convertidor de 24 bits 4220, junto con una señal de reloj generada por el generador de reloj 4218 y una tensión de referencia 4212c. Esta señal se filtra digitalmente usando un filtro digital 4222 y se introduce en un enlace de I²C 4224. La salida del sensor de luz 4226 y del sensor de humedad 4228 también se introduce en el enlace de I²C 4224.

El enlace de I²C 4224 está conectado a un puerto de I²C 4232 del procesador de 4230. Cada uno de entre el código de detección de luz 4238, el código de detección de humedad 4240, y el código de sensor de lluvia 4242 están conectados a unos primeros puertos UART y JTAG 4234 y 4236 del procesador 4230. Los códigos pueden implementarse como una circuitería de lógica programada (por ejemplo, cualquier combinación adecuada de hardware, software, firmware, y/o similares), y/o pueden almacenarse tangiblemente como instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador. El primer puerto JTAG 4236 también está conectado a una o más localizaciones de memoria. Las localizaciones de memoria mostradas en el ejemplo de la figura 42 son unas localizaciones de memoria SRAM y flash 4244a y 4244b. El procesador 4230 también incluye un puerto GPID 4246 y un segundo puerto UART 4248.

El segundo puerto UART 4248 está conectado a un transceptor LIN 4250 que está conectado finalmente a un bus LIN central 4252 del vehículo. El bus LIN 4252 está conectado a un controlador LIN maestro 4254, así como a un controlador de motor de limpiaparabrisas 4256. El controlador de motor de limpiaparabrisas 4256 controla en última instancia los limpiaparabrisas 4258 en función de las excitaciones 4202.

Por medio de un ejemplo y sin limitación, el AD7745 y AD7746 son unos convertidores de capacitancia a digital $\Sigma-\Delta$ de alta resolución, que pueden usarse en relación con ciertas realizaciones de ejemplo. Por supuesto, se apreciará que otros convertidores de capacitancia a digital $\Sigma-\Delta$ de alta resolución pueden usarse en relación con ciertas realizaciones de ejemplo. También a modo de ejemplo y sin limitación, el microprocesador puede ser un microcontrolador ADuC7128, que puede usarse en relación con un núcleo ARM7TDMI. Por supuesto, se apreciará que otros microprocesadores y/o microcontroladores pueden usarse en relación con ciertas realizaciones de ejemplo.

Se observa que en el presente documento el uso de la palabra "fractal" no se limita a un patrón fractal perfecto, y en su lugar también cubre los cuasi-fractales como los elementos poligonales y los patrones geométricos que tienen autoafinidad tales como los discutidos por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos números 6.809.692, 6.937.191, y/o 7.015.868, cuyas divulgaciones se incorporan en el presente documento por referencia.

Se observa que mientras los condensadores C1-Cn (donde n es dos, cuatro, diez o cualquier otro número adecuado) se prefieren como los dispositivos de detección en ciertas realizaciones de ejemplo de esta invención, es posible usar otros tipos de dispositivos de detección en lugar de o además de los condensadores en ciertos casos de ejemplo.

5 Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que se considera actualmente que es la realización más práctica y preferida, debe entenderse que la invención no está limitada a la realización desvelada, sino que por el contrario, se pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de puesta en funcionamiento de unas luces de vehículo, comprendiendo el método:

5 proporcionar un sensor de luz capacitivo (3900, 4226) configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de al menos una longitud de onda, estando cada longitud de onda mencionada asociada a un canal de salida respectivo del sensor de luz (3900, 4226);
 10 mantener un estado de encendido/apagado de las luces de vehículo cuando no se detecta un cambio de flanco;
 y
 cuando se detecta un cambio de flanco:

cuando los datos pasan de un valor alto a un valor bajo a través de un primer umbral predefinido y permanecen más bajos que el primer umbral predefinido durante un intervalo de persistencia, encender las
 15 luces de vehículo,
 cuando los datos pasan de un valor bajo a un valor alto a través de un segundo umbral predefinido y permanecen más altos que el segundo valor de umbral predefinido para el intervalo de persistencia, apagar las luces de vehículo,
 en donde el segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis
caracterizado por
 20 llenar un búfer FIFO con los datos del al menos un canal de salida, llenándose el búfer FIFO con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada; y
 detectar un cambio de flanco en los datos del búfer FIFO.

25 2. El método de la reivindicación 1, en el que el primer umbral es de aproximadamente 2.500 lux.

3. El método de la reivindicación 1, en el que el valor alto es al menos de aproximadamente 4.000 lux.

4. El método de la reivindicación 1, en el que el valor bajo es menor de o igual a aproximadamente 1.000 lux.

30 5. El método de la reivindicación 1, en el que el intervalo de persistencia se corresponde con la frecuencia predeterminada.

6. El método de la reivindicación 1, en el que el factor de histéresis es igual a aproximadamente 5.000 lux.

35 7. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

determinar una velocidad del vehículo; y
 cuando la velocidad del vehículo supera un primer umbral de velocidad, añadir un factor de histéresis de
 40 velocidad predefinido a los umbrales primero y segundo hasta que la velocidad del vehículo desciende por debajo de un segundo umbral de velocidad.

8. El método de la reivindicación 1, en el que el al menos un canal es un canal de banda ancha que funciona a lo largo de una longitud de onda de aproximadamente 300 nm a aproximadamente 1100 nm y los picos en la
 45 capacidad de respuesta a aproximadamente 650 nm.

9. El método de la reivindicación 1, en el que el sensor de luz capacitivo (3900, 4226) está configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de tres longitudes de onda y los datos de salida, respectivamente,
 en los canales primero, segundo y tercero,
 50 en el que el primer canal es un canal de banda ancha que funciona a lo largo de una longitud de onda de aproximadamente 300 nm a aproximadamente 1100 nm y los picos en la capacidad de respuesta a aproximadamente 650 nm,
 en el que el segundo canal es un canal de luz IR que funciona a lo largo de una longitud de onda de aproximadamente 500 nm a aproximadamente 1100 nm y los picos en la capacidad de respuesta a aproximadamente 800 nm, y
 55 en el que el tercer canal es un canal de luz visible que funciona a lo largo de una longitud de onda de aproximadamente 400 nm a aproximadamente 550 nm y los picos en la capacidad de respuesta a aproximadamente 500 nm.

60 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además correlacionar los cambios en al menos dos de los canales primero, segundo y tercero; y cambiar el estado de encendido/apagado de las luces de vehículo en función de la correlación.

11. Un sensor de luz (3900, 4226) para un vehículo, que comprende:

65 al menos un conjunto de sensor de luz capacitivo (3900, 4226) configurado para detectar una presencia y una intensidad de la luz a lo largo de al menos una longitud de onda, estando cada longitud de onda mencionada

asociada a un canal de salida respectivo del conjunto de sensor de luz;
una circuitería lógica programada de detección de luz configurada para: (a) mantener un estado de encendido/apagado de las luces de vehículo cuando no se detecta un cambio de flanco, y (c) cuando se detecta un cambio de flanco:

5 cuando los datos pasan de un valor alto a un valor bajo a través de un primer umbral predefinido y permanecen más bajos que el primer umbral predefinido durante un intervalo de persistencia, generar una señal que indique que las luces de vehículo deben encenderse, y cuando los datos pasan de un valor bajo a
10 un valor alto a través de un segundo umbral predefinido y permanecen más altos que el segundo valor de umbral predefinido para el intervalo de persistencia, generar una señal que indique que las luces de vehículo deben apagarse,
en el que el segundo umbral es igual al primer umbral más un factor de histéresis
caracterizado por
15 un búfer FIFO configurado para almacenar los datos del al menos un canal de salida, llenándose el búfer FIFO con un número predeterminado de puntos de datos a una frecuencia predeterminada; y
en el que la circuitería lógica programada de detección de luz está configurada además para detectar un cambio de flanco en los datos del búfer FIFO.

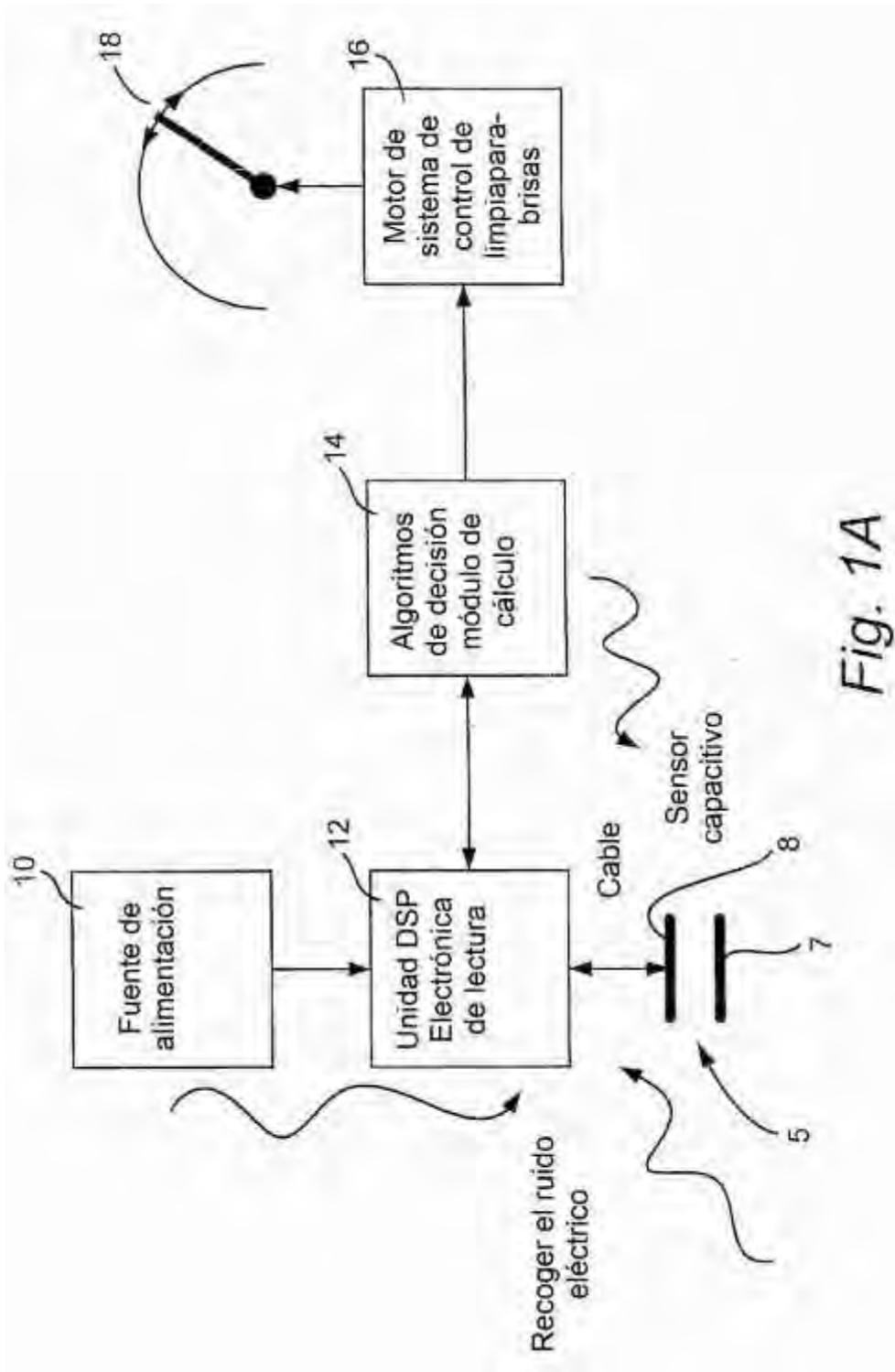


Fig. 1A

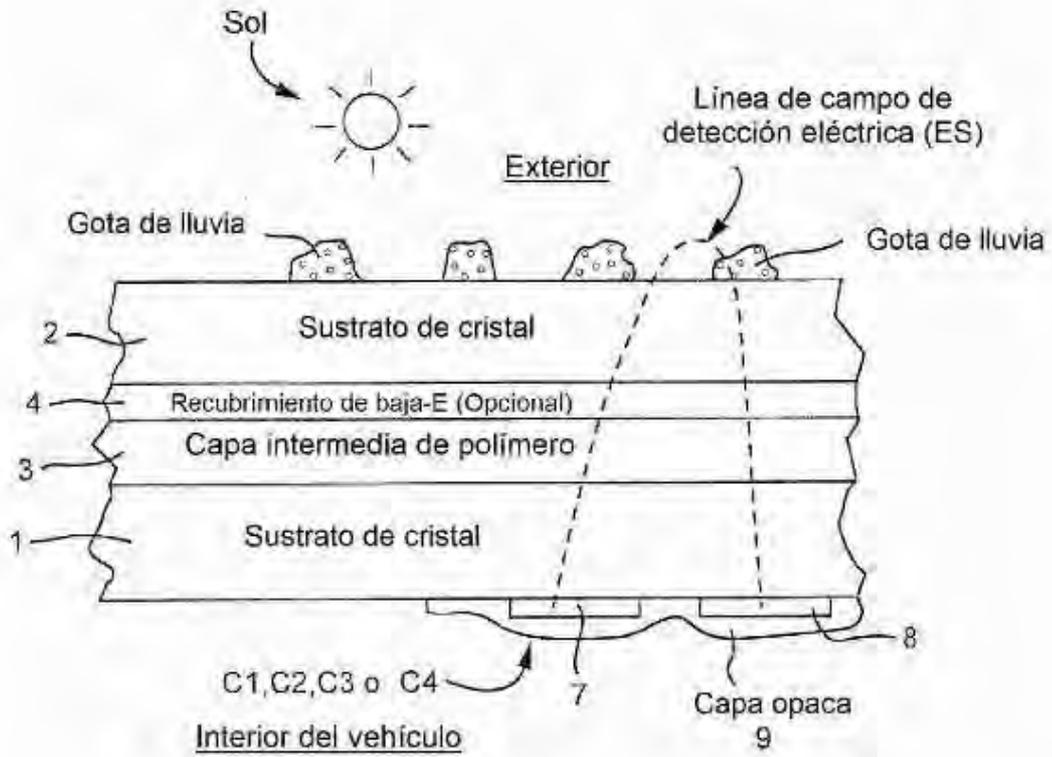


Fig. 1B

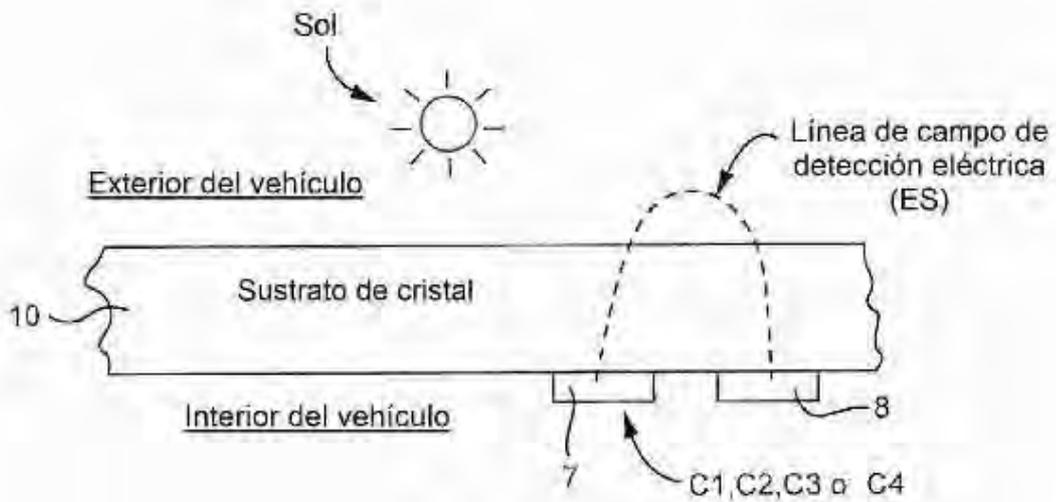


Fig. 1C

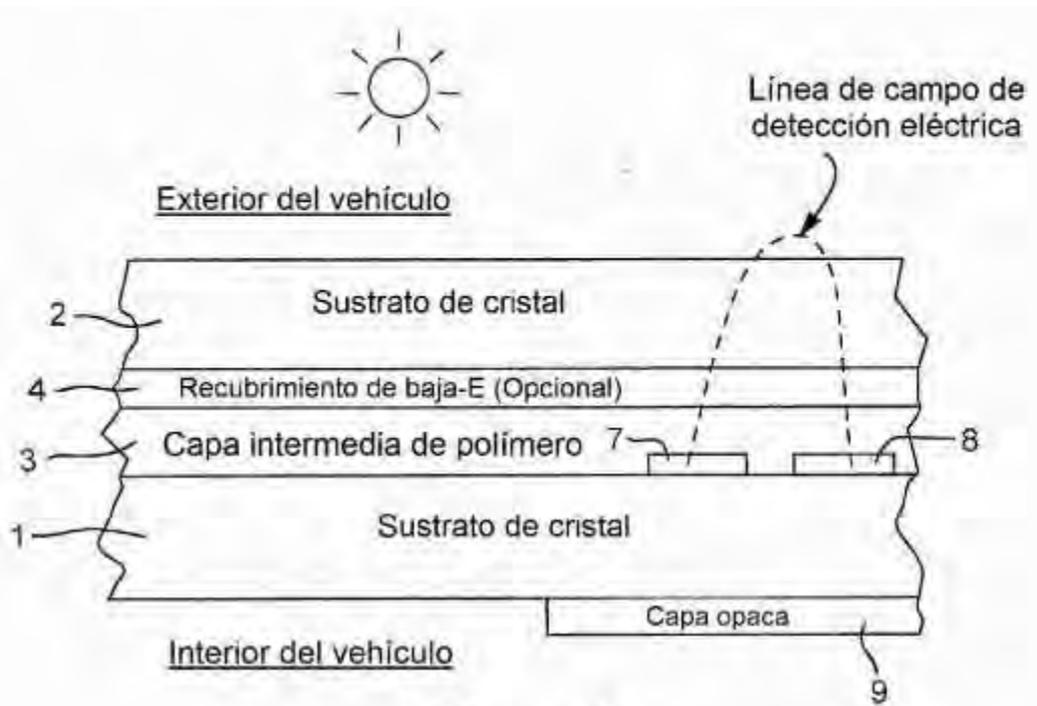


Fig. 1D

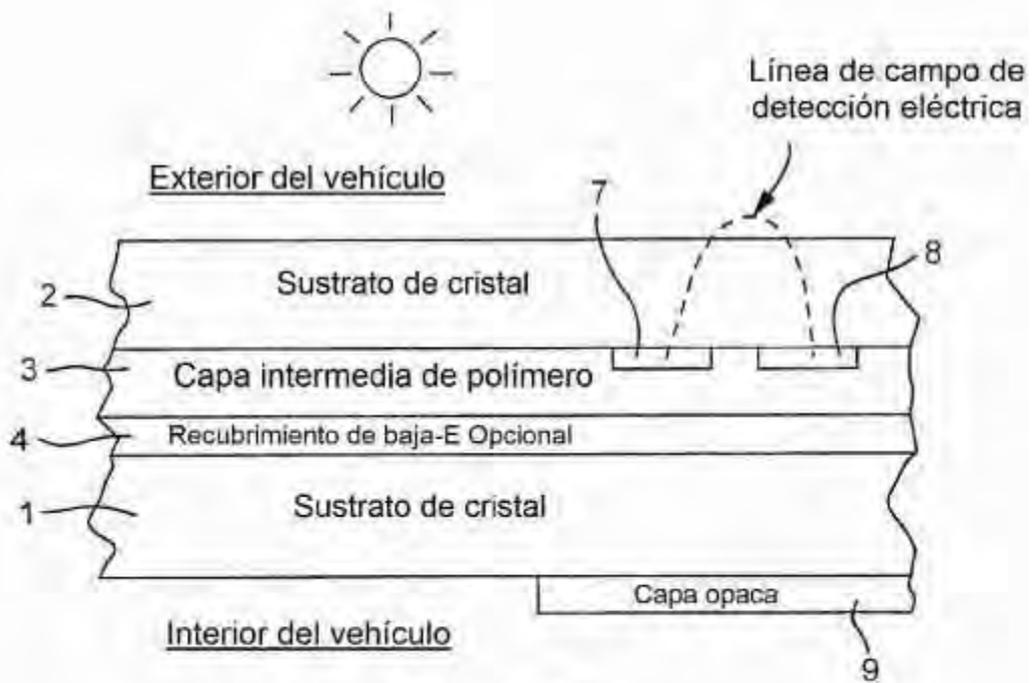
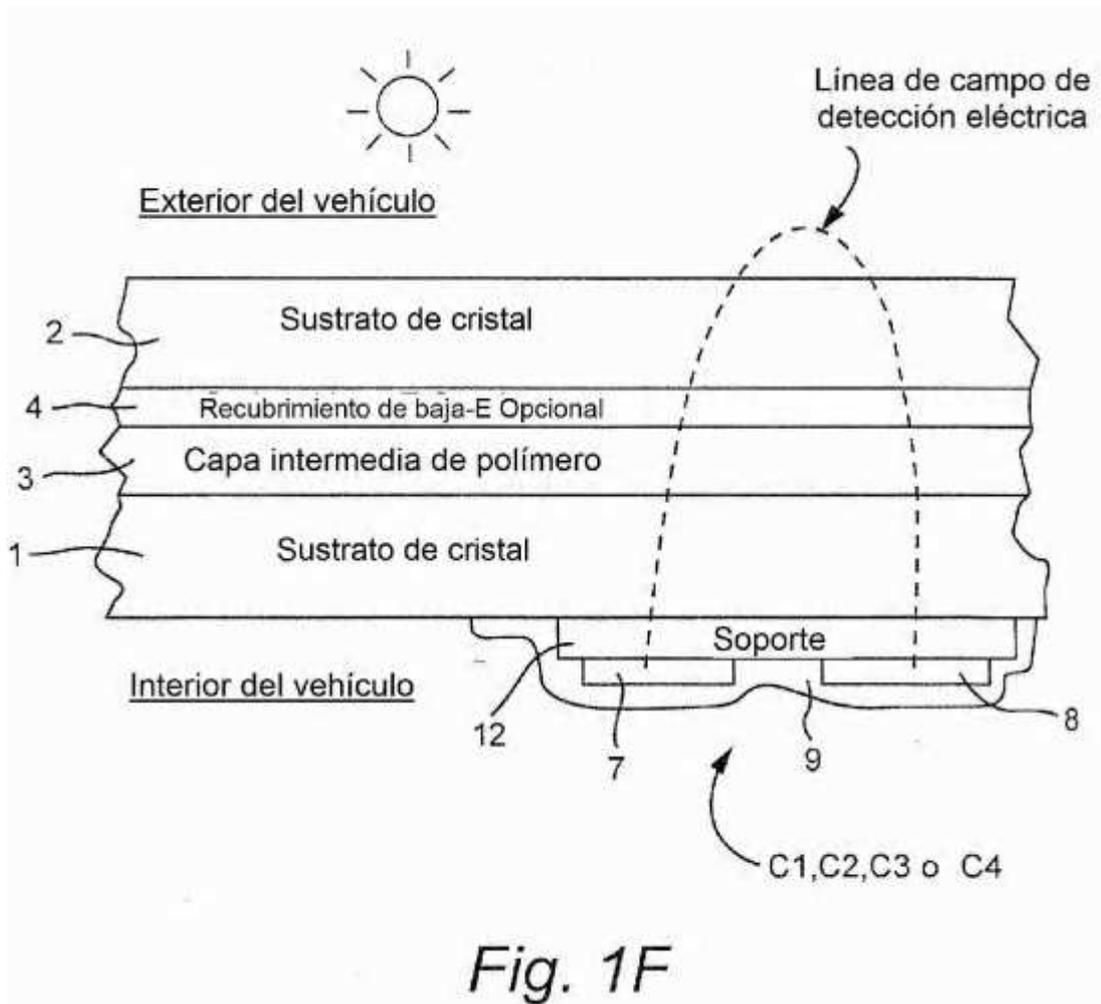
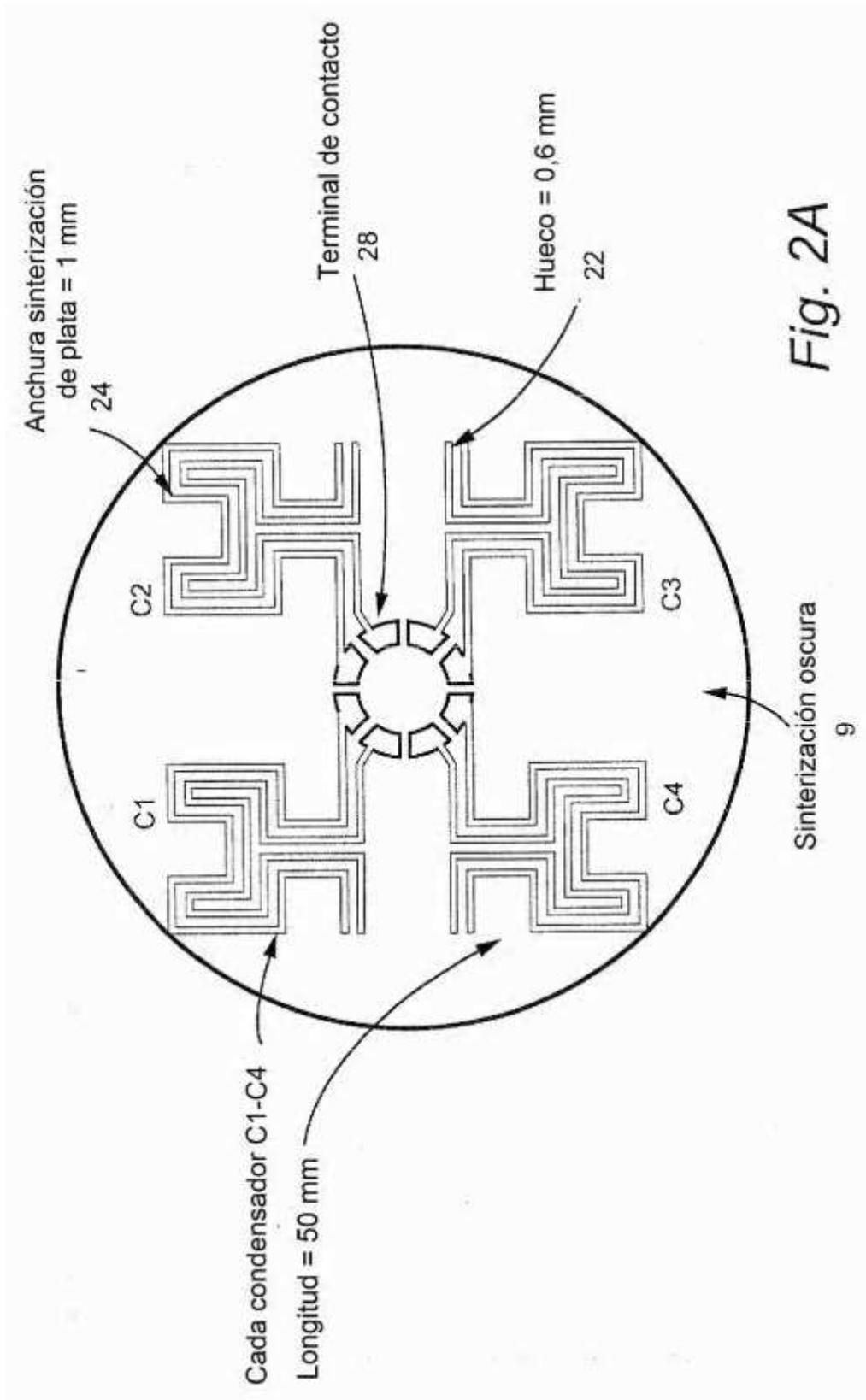
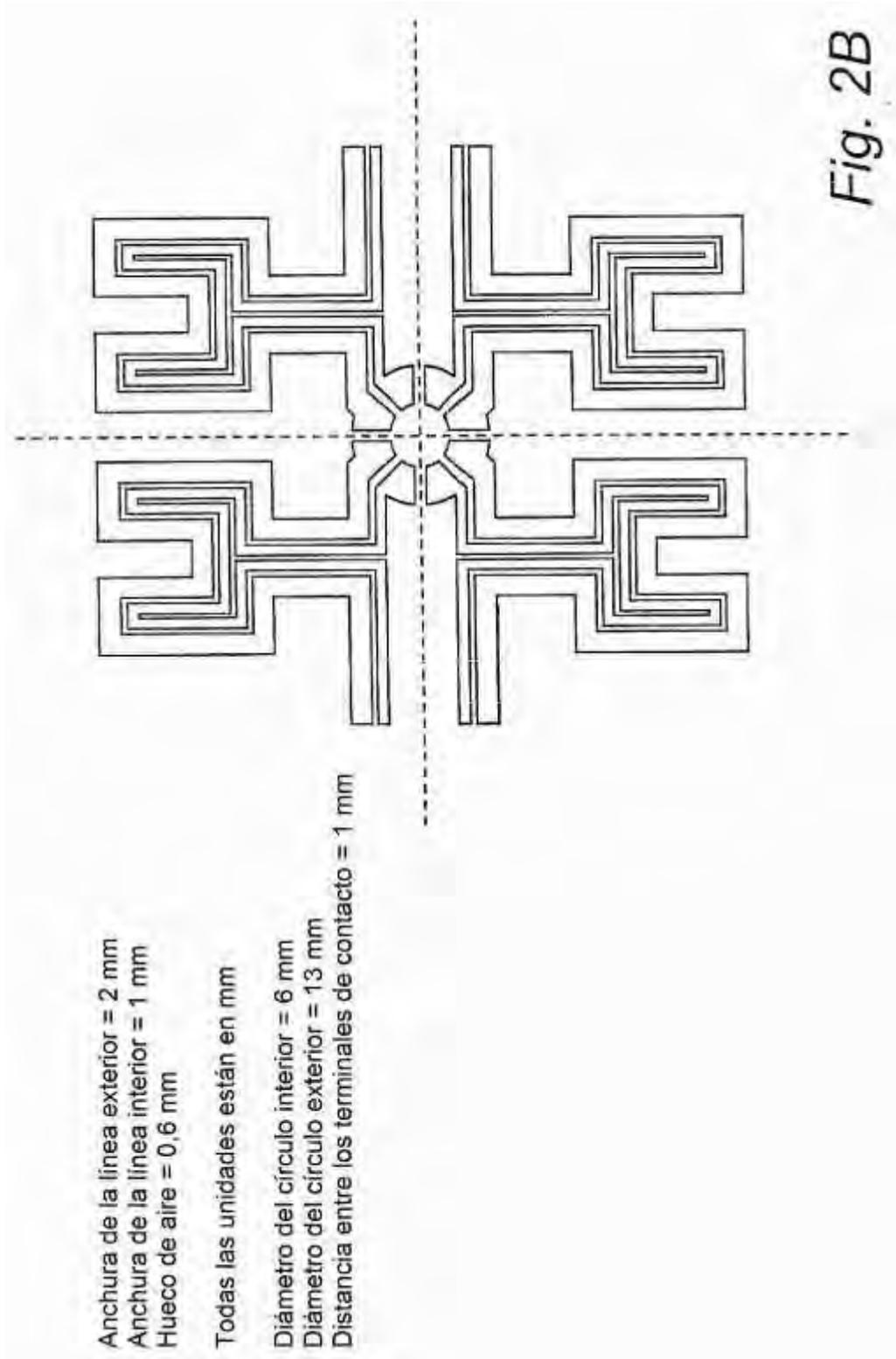


Fig. 1E







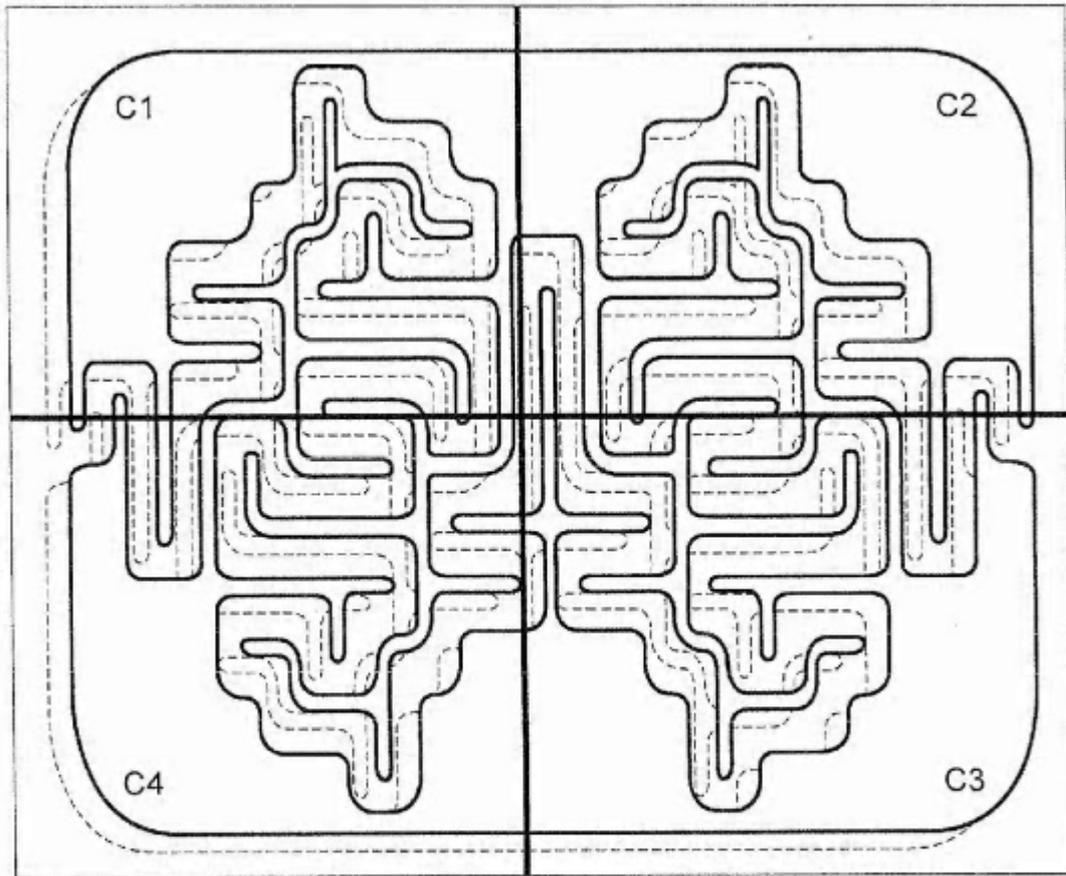
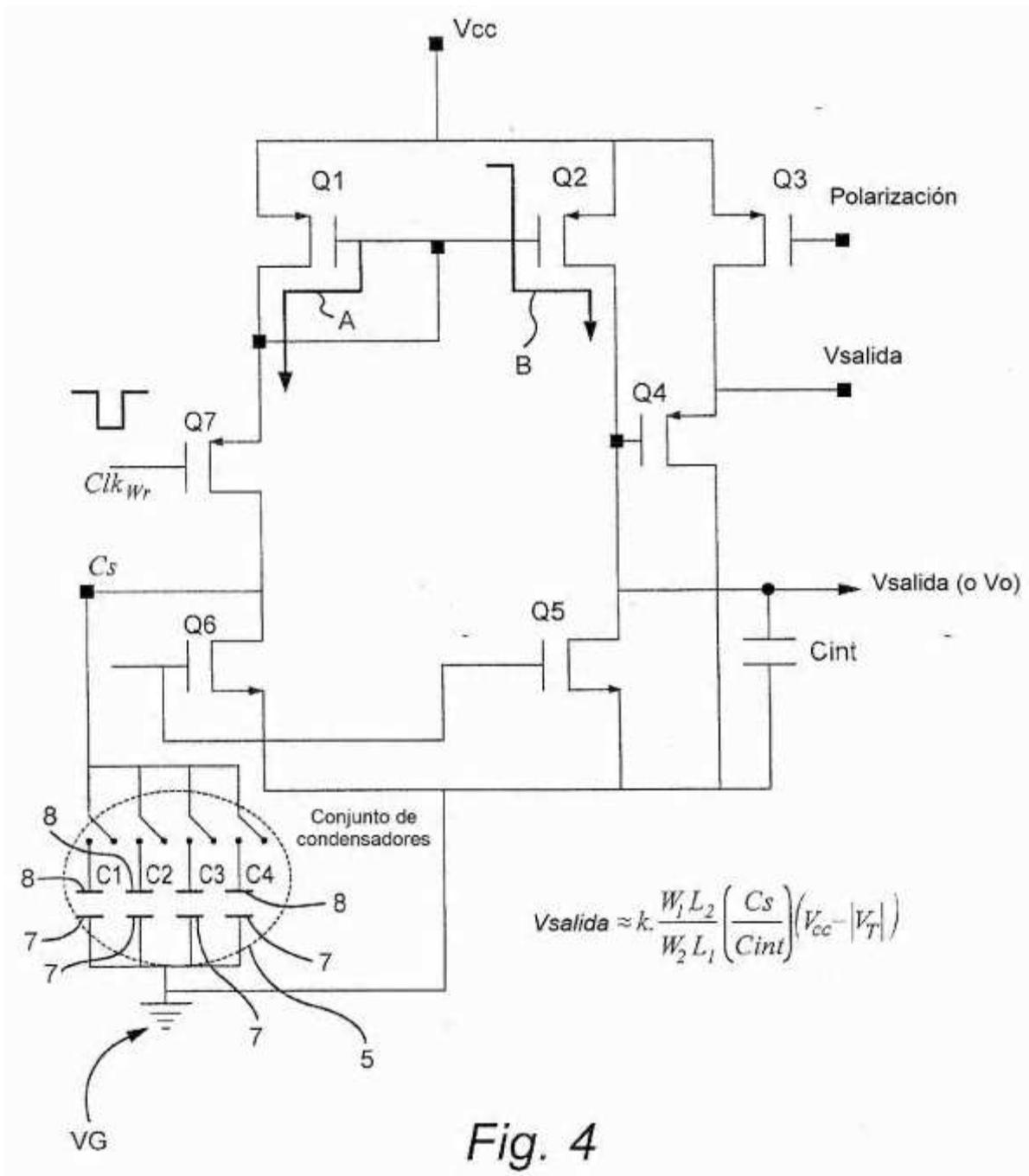


Fig. 3



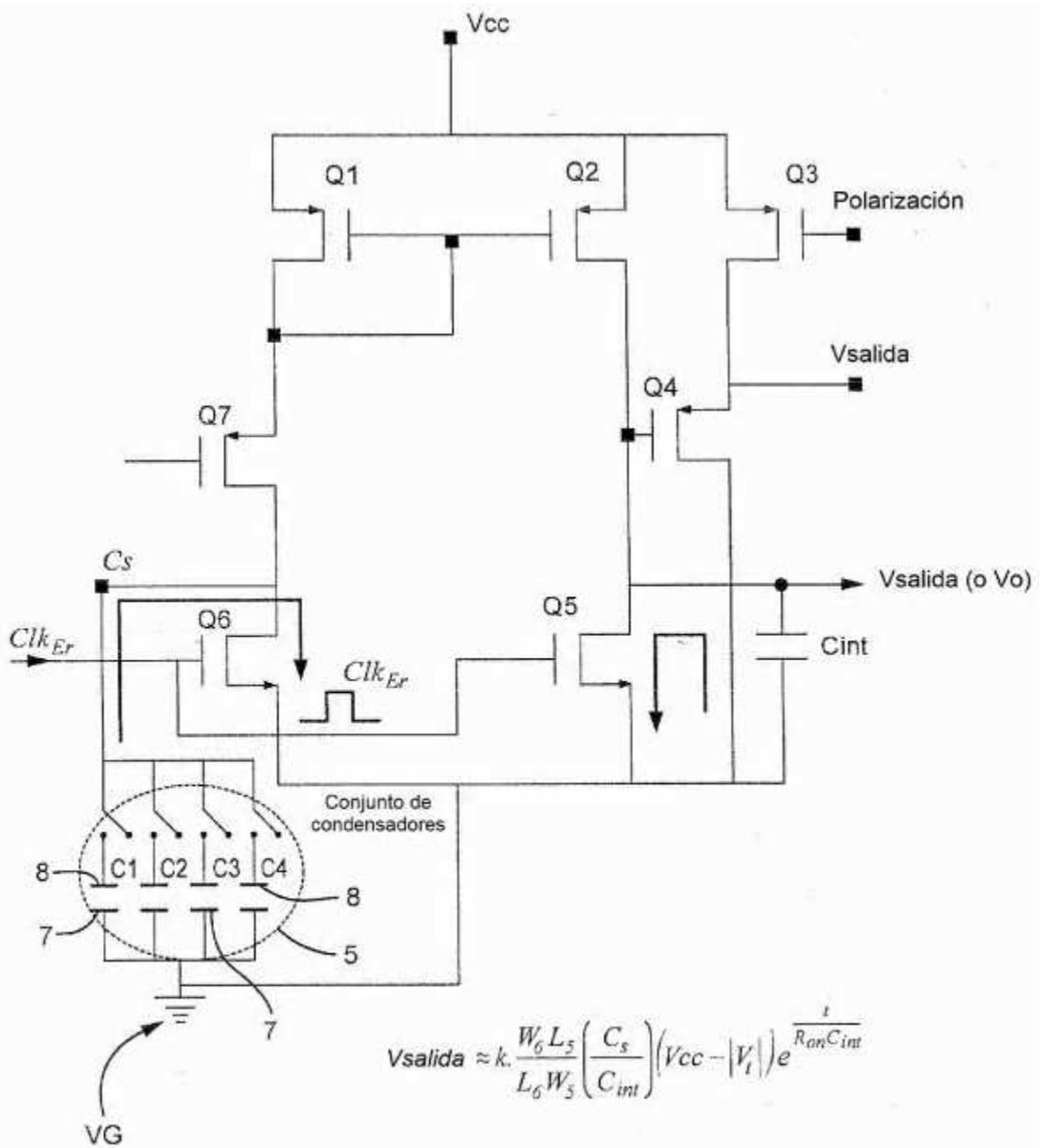


Fig. 5

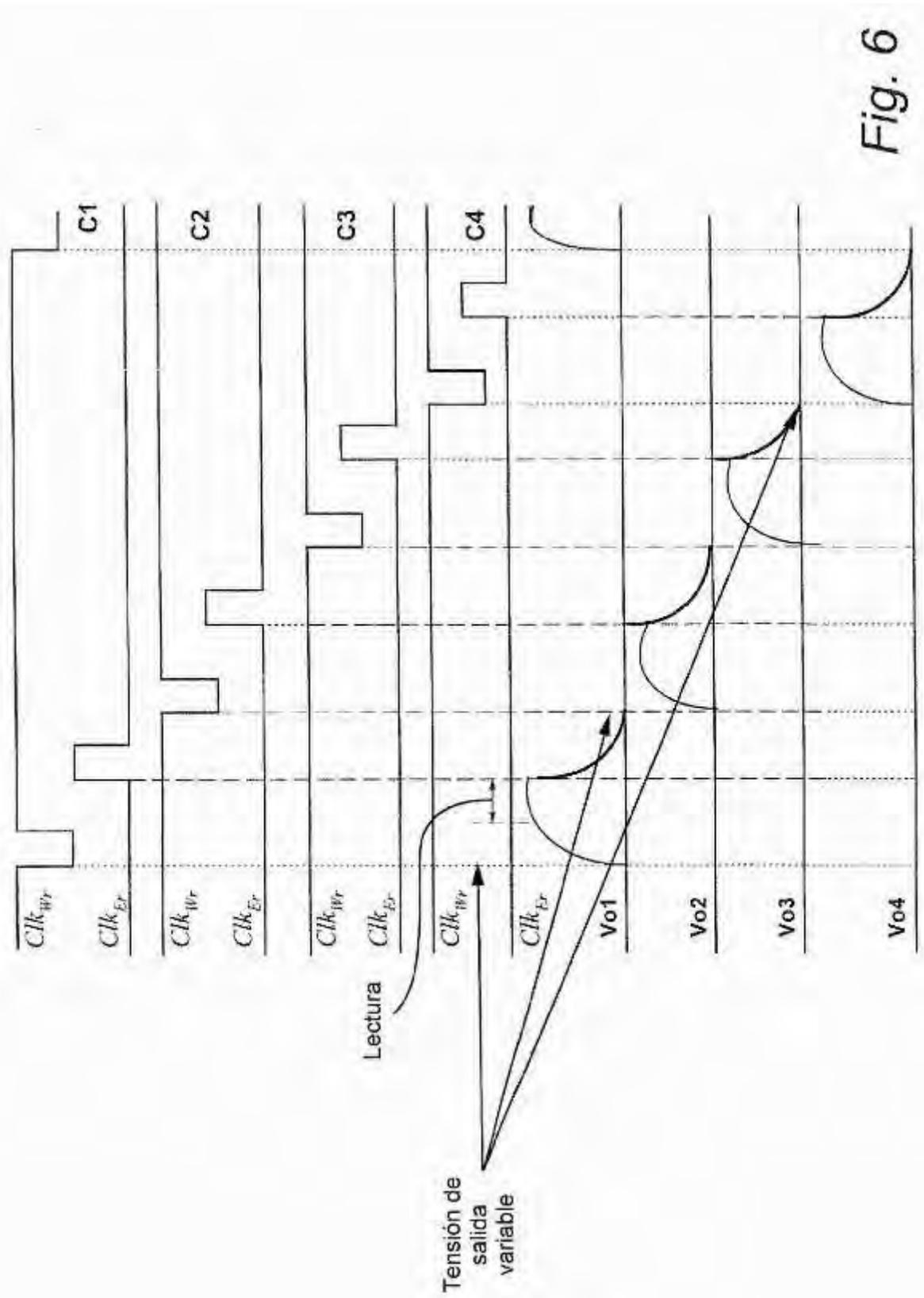


Fig. 6

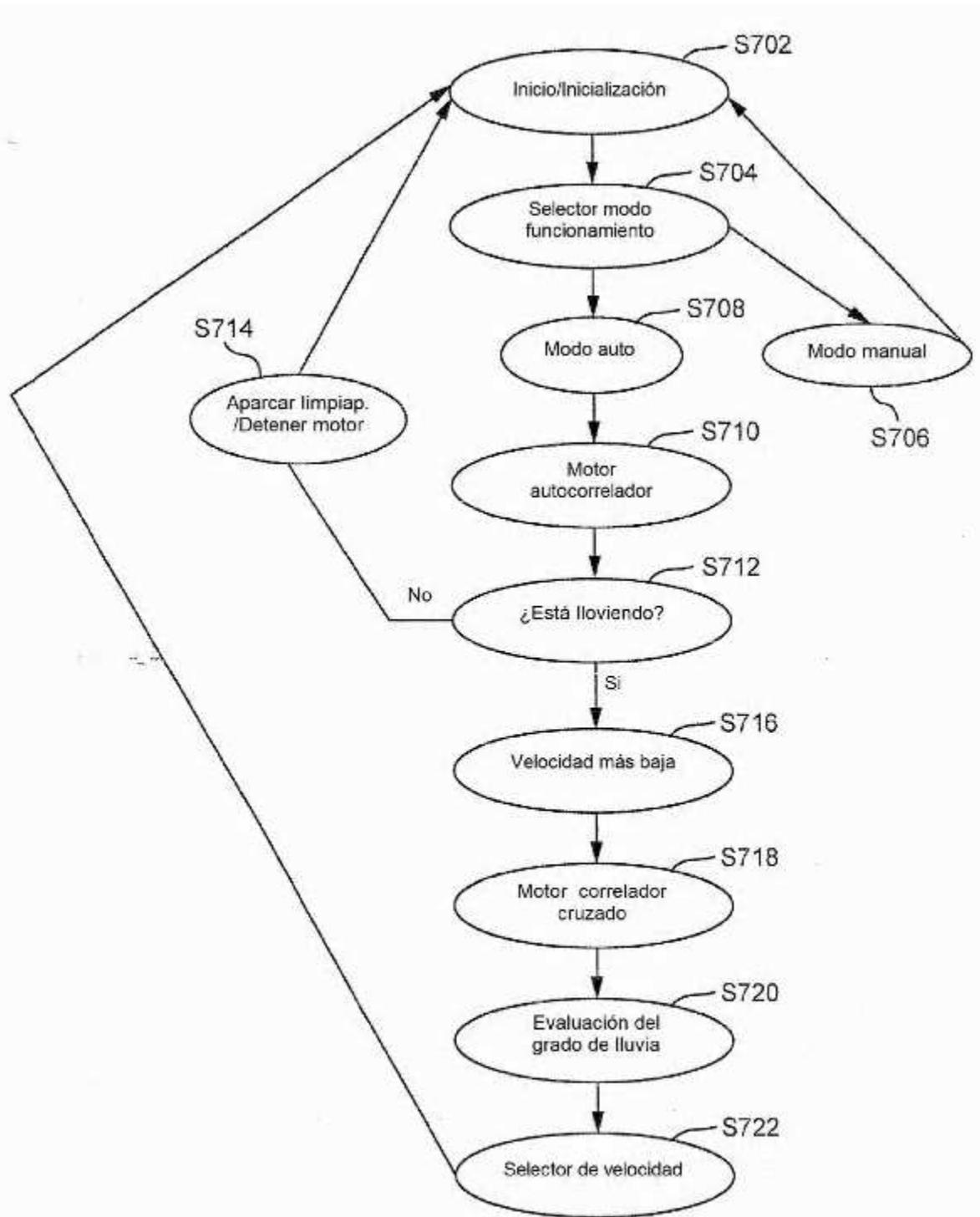


Fig. 7

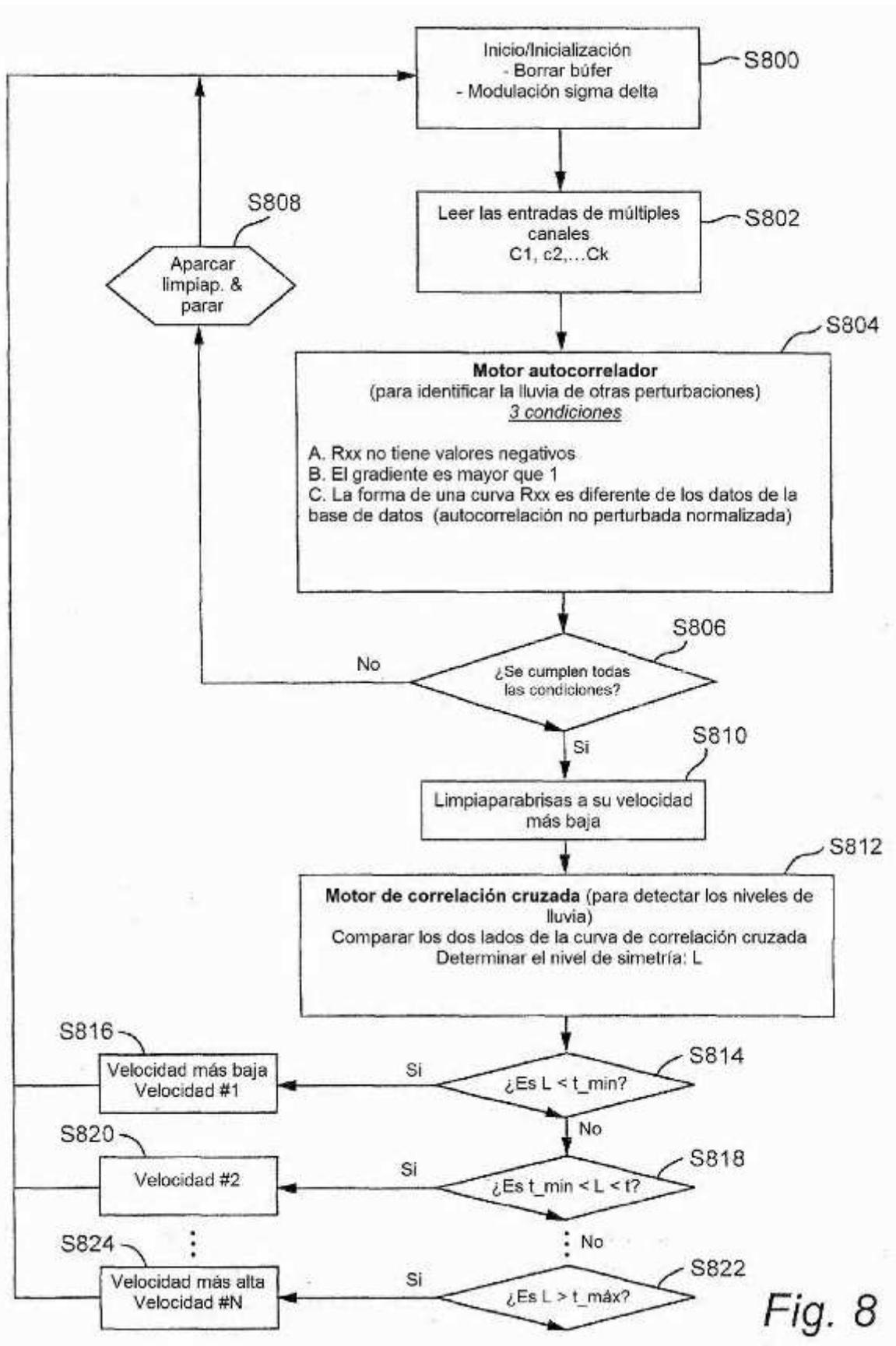


Fig. 8

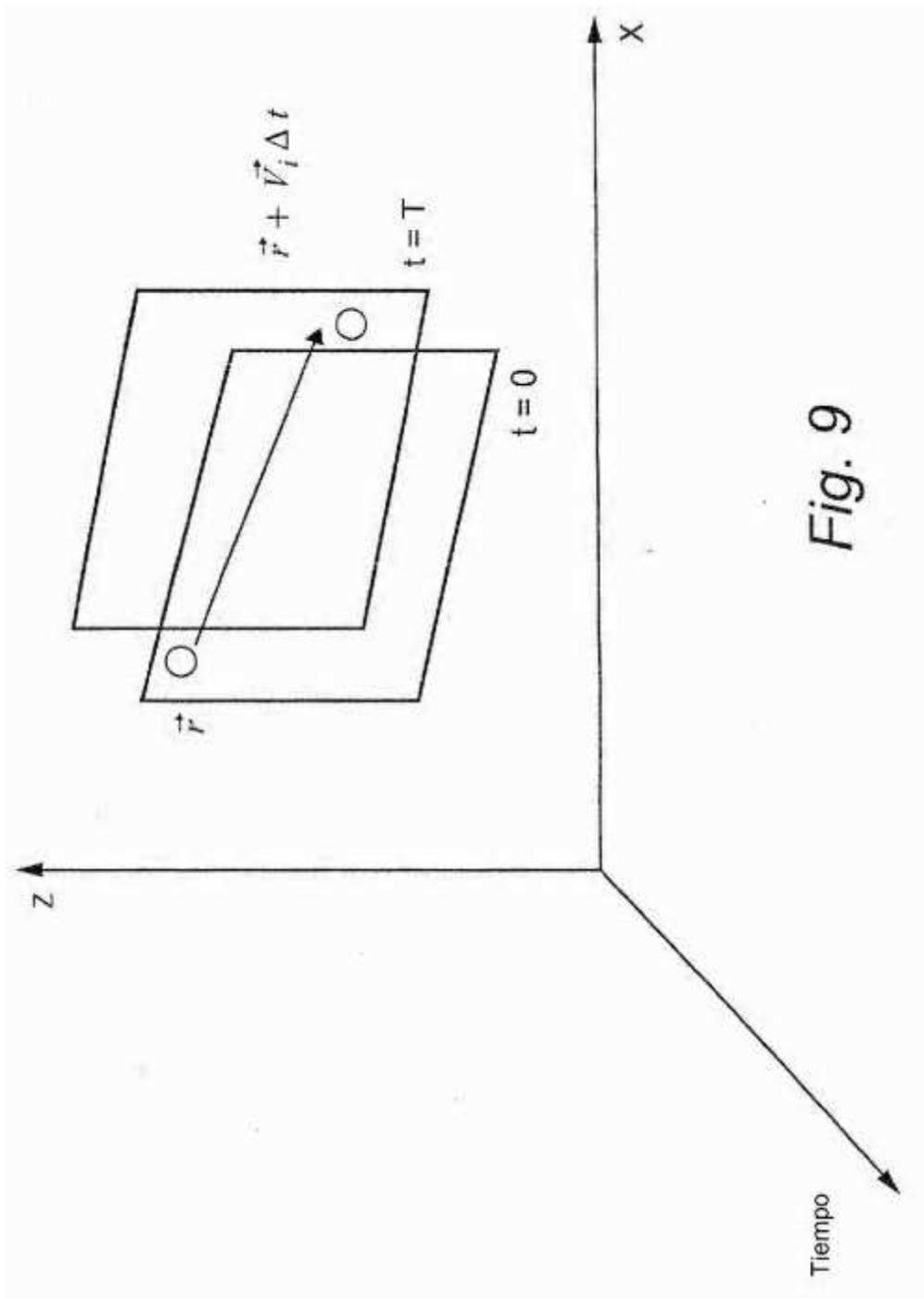


Fig. 9

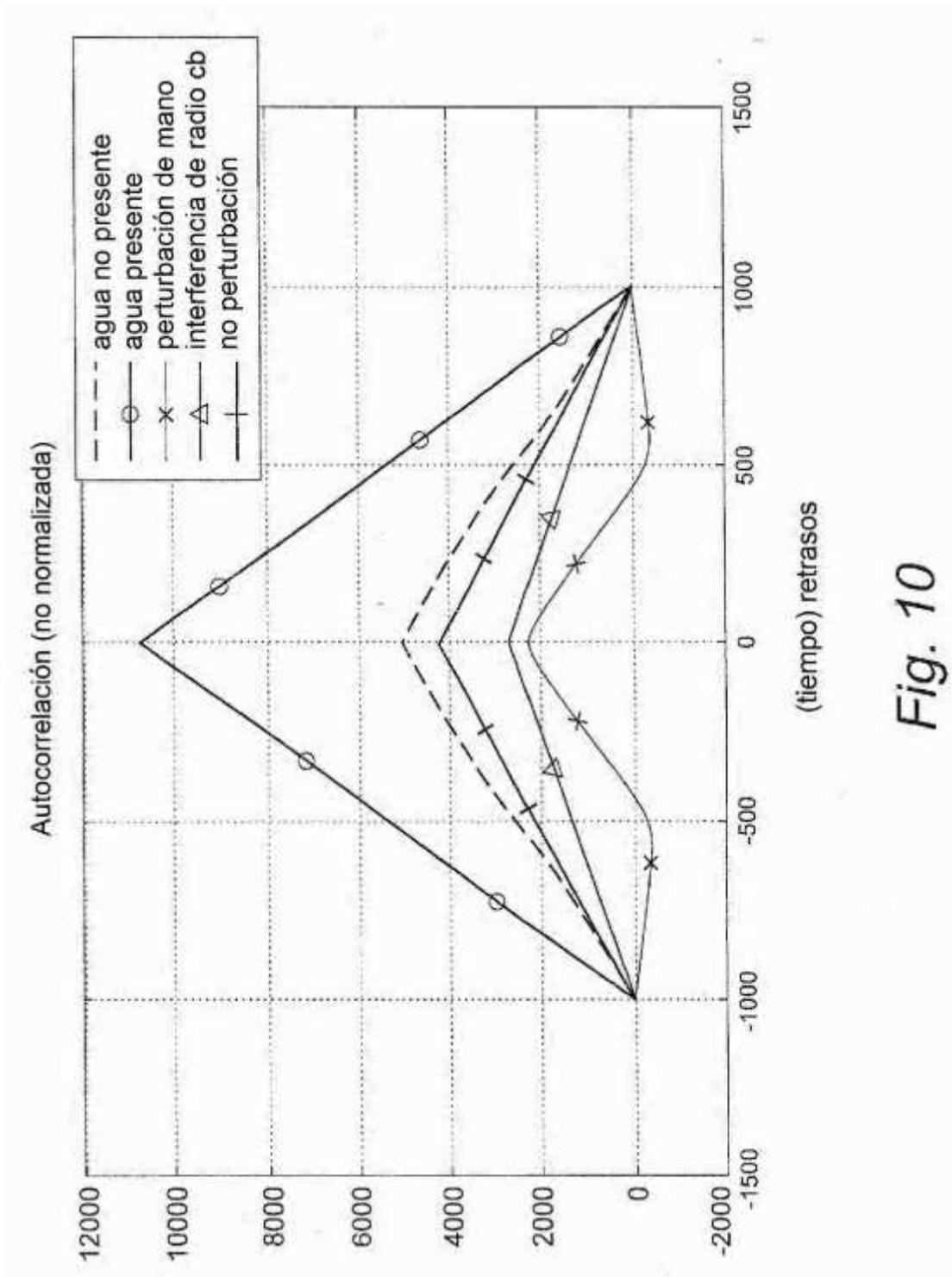


Fig. 10

Fig. 11A

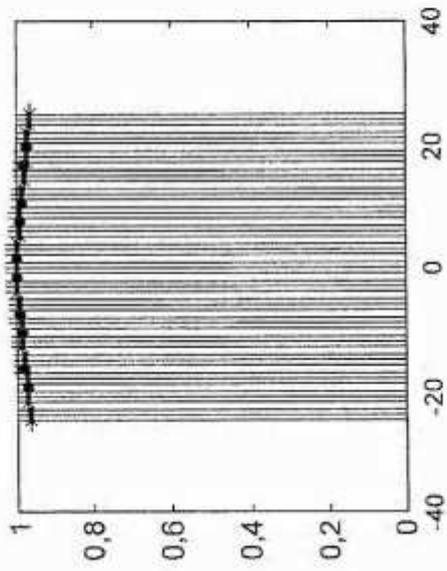


Fig. 11C

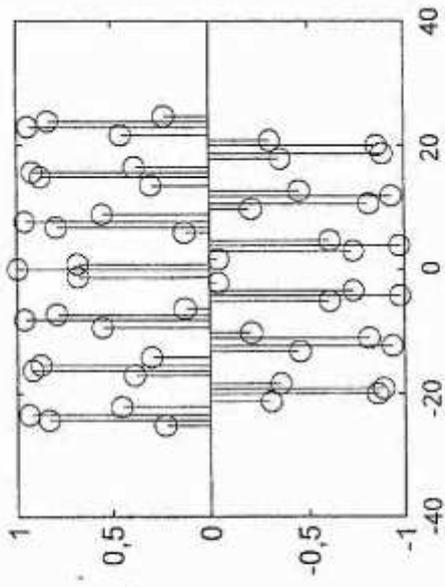


Fig. 11B

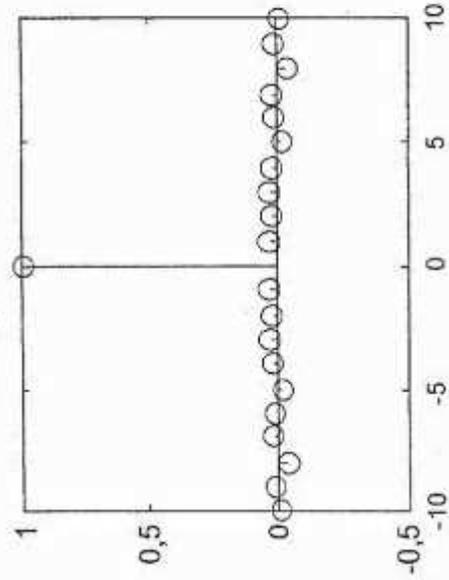
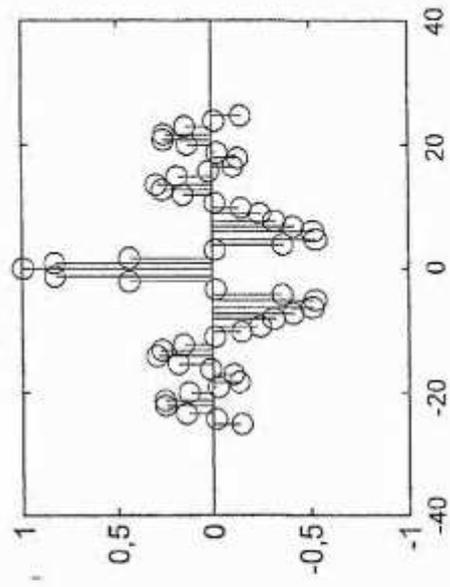


Fig. 11D



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

Fig. 12B

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

Fig. 12A

Ejemplo de autocorrelación

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

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

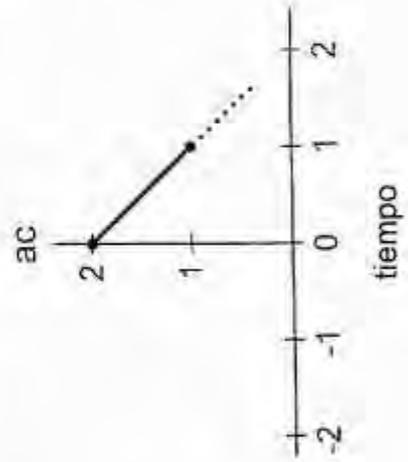


Fig. 13

	Señal	Delta
no perturbación @ 65 F	N1	0
	N2	0,8
	N3	0,3
	N4	0,7
	N5	0,3
agua presente @ 65 F	S1	6
	S2	55
	S3	52
	S4	63
	S5	60
agua no presente @ 65 F	F1	1
	F2	0,3
	F3	5
	F4	3
	F5	0,6
no perturbación @ 130 F	H1	0,3
	H2	0,5
	H3	0,4
	H4	0,7
agua presente @ 130 F	W1	61
	W2	49
	W3	66
	W4	19
	W5	64
agua no presente @ 130 F	K1	6
	K2	24
	K3	4,8
	K4	4
	K5	2

Fig. 14

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

1. (S1 & S3)

Agua presente tanto en C1 como C2

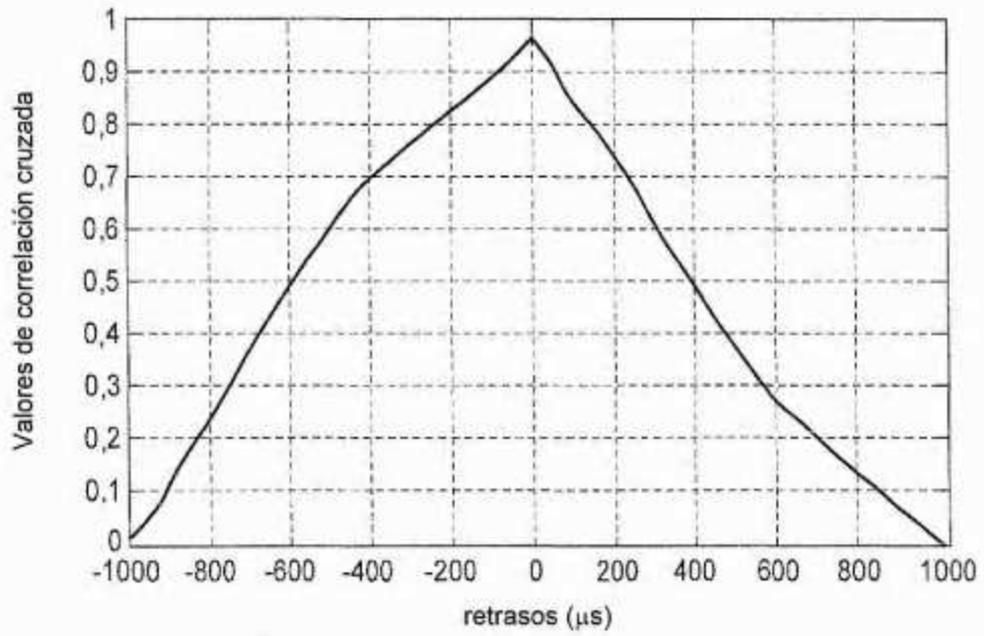


Fig. 15

2. (S2 & S4)

Agua presente tanto en C1 como C2

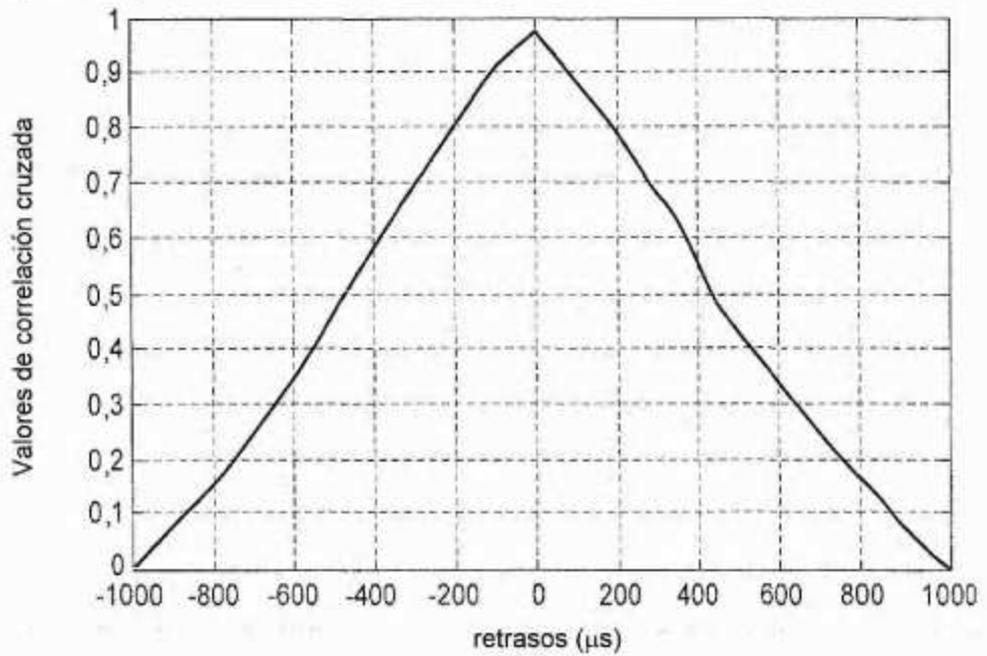


Fig. 16

3. (S3 & S2)

Agua presente tanto en C1 como C2

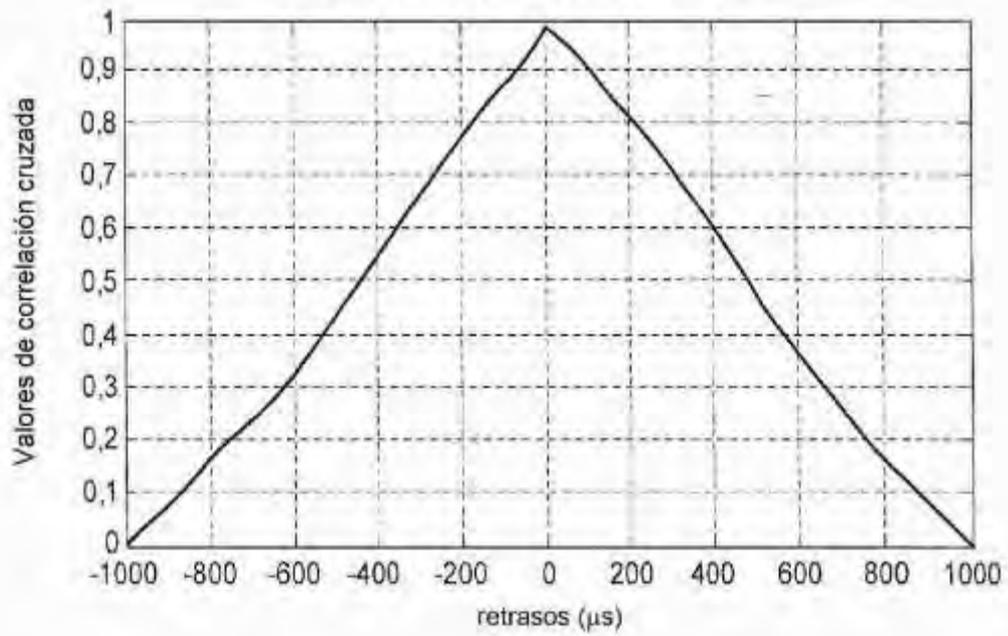


Fig. 17

4. (S1, S5)

Agua presente tanto en C1 como C2

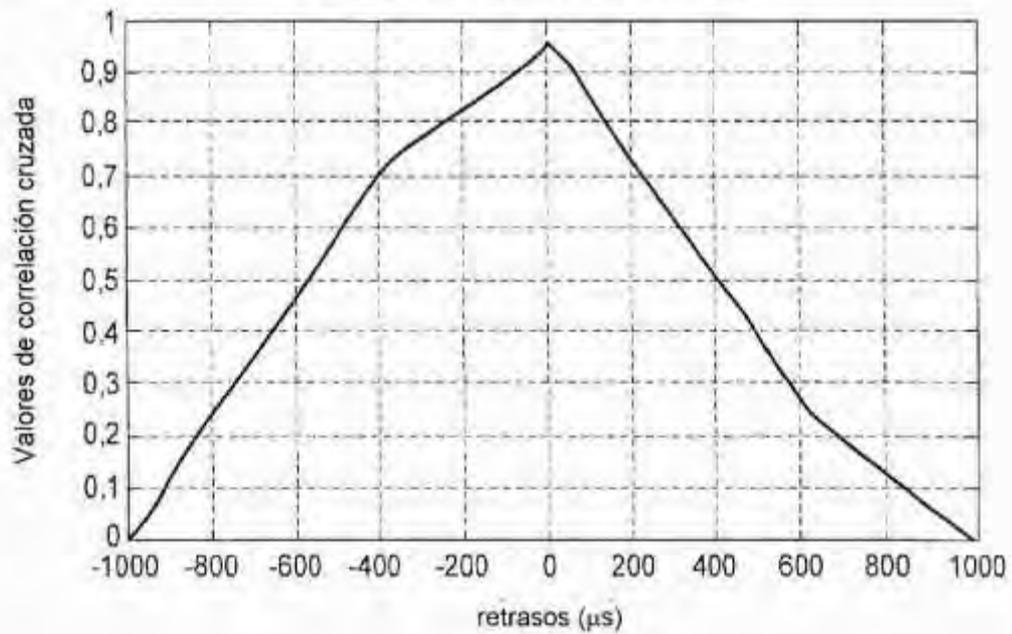


Fig. 18

5. (S4 & S1)

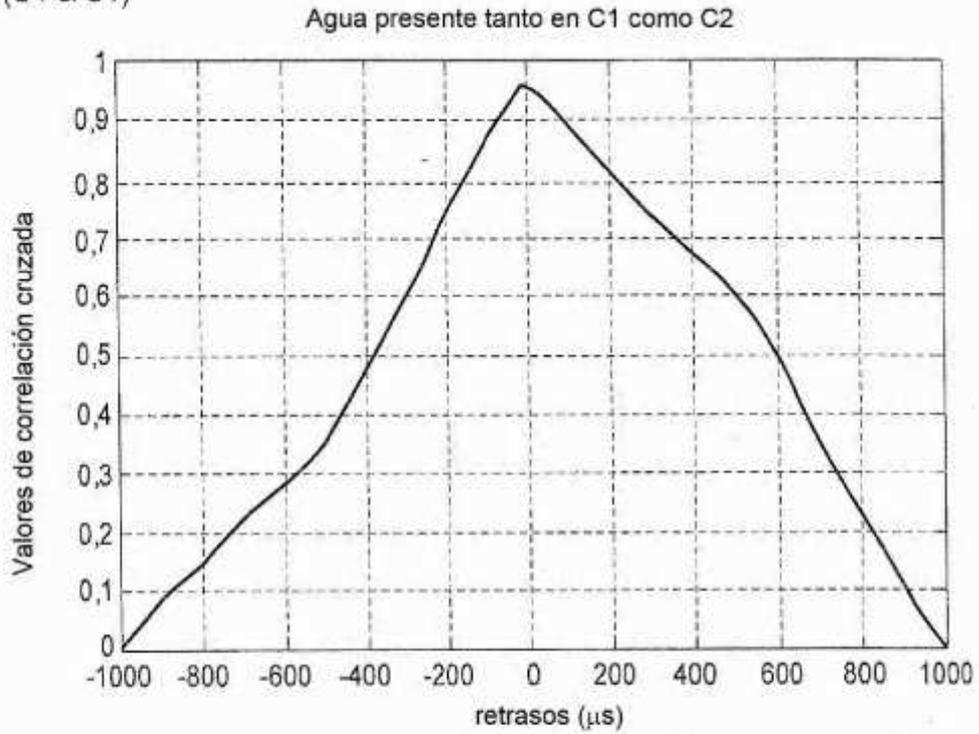


Fig. 19

1. (W1 & W2)

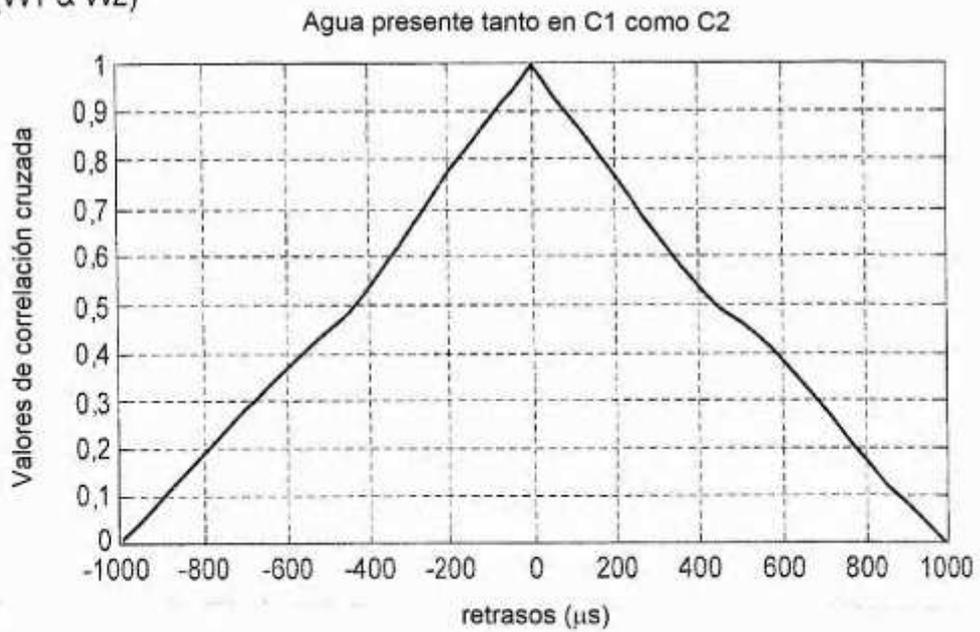


Fig. 20

4. (W4 & W1)

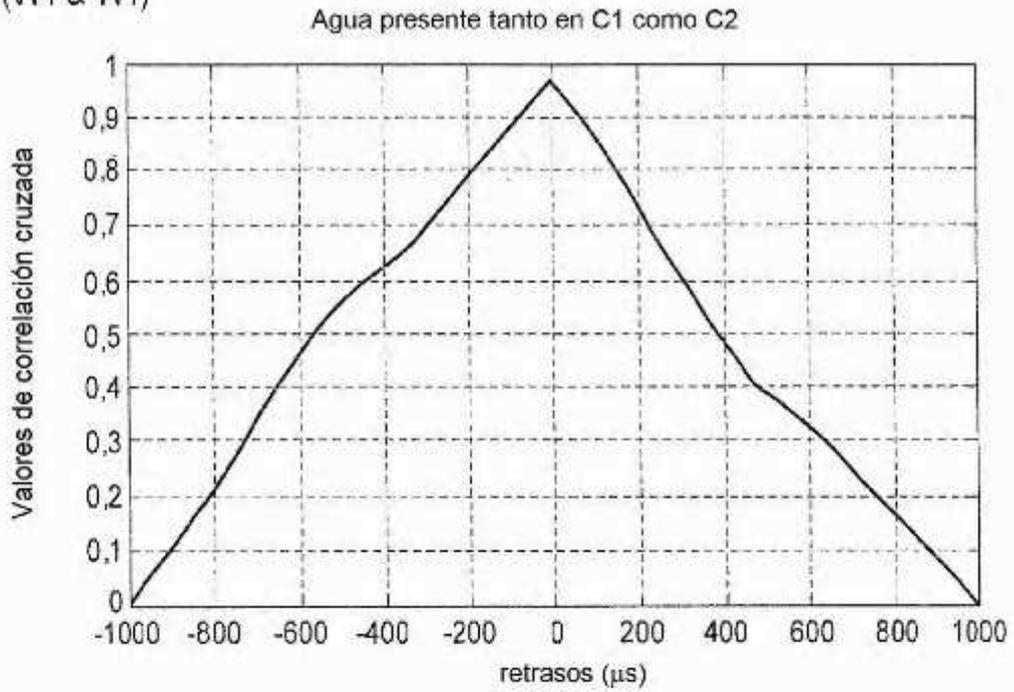


Fig. 21

5. (W4 & W5)

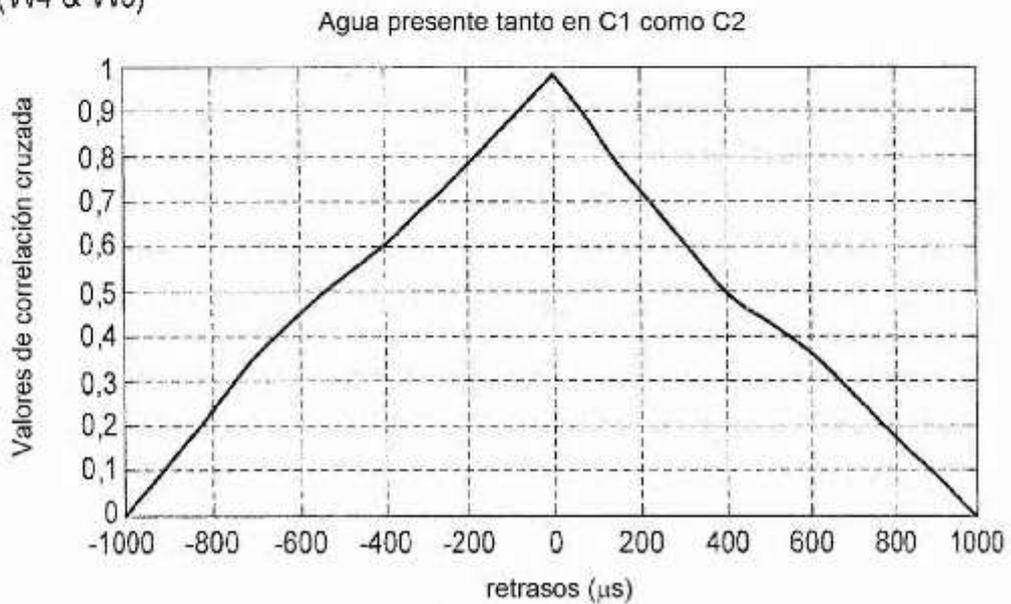


Fig. 22

2. (W3 & W4)

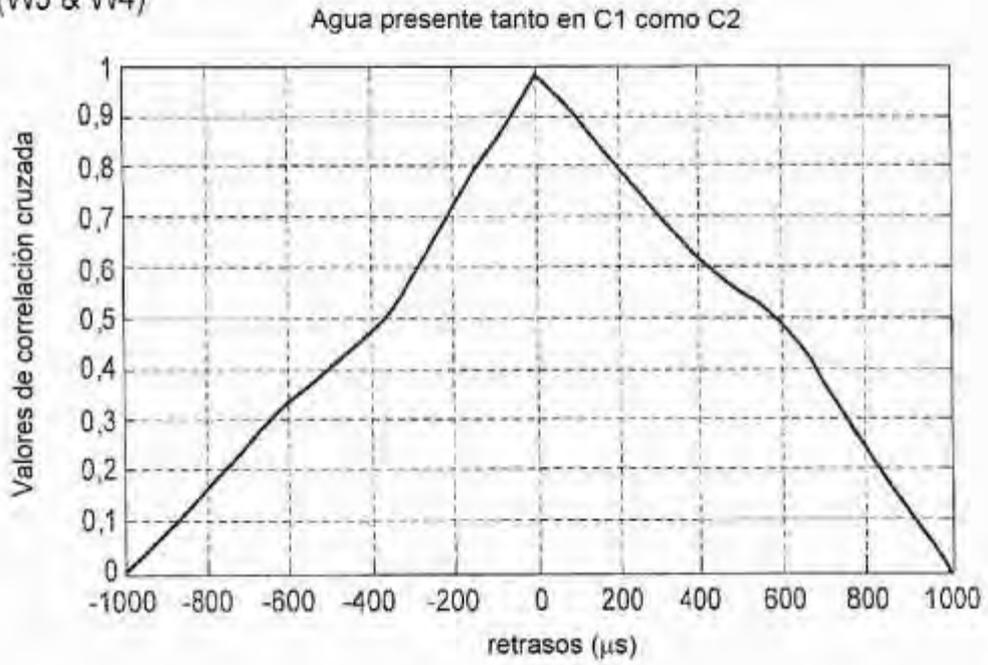


Fig. 23

3. (W2, W5)

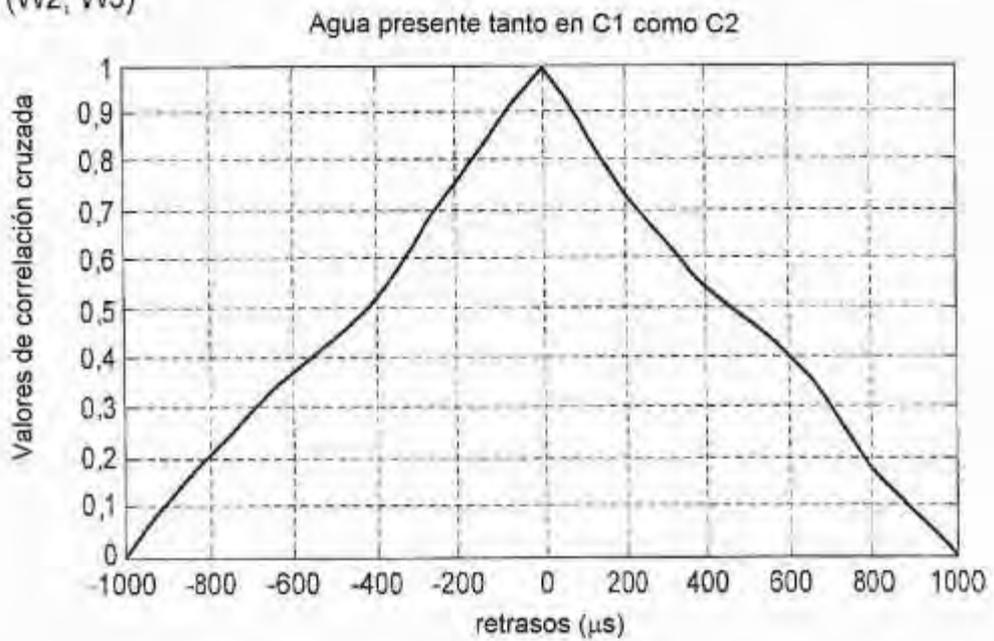


Fig. 24

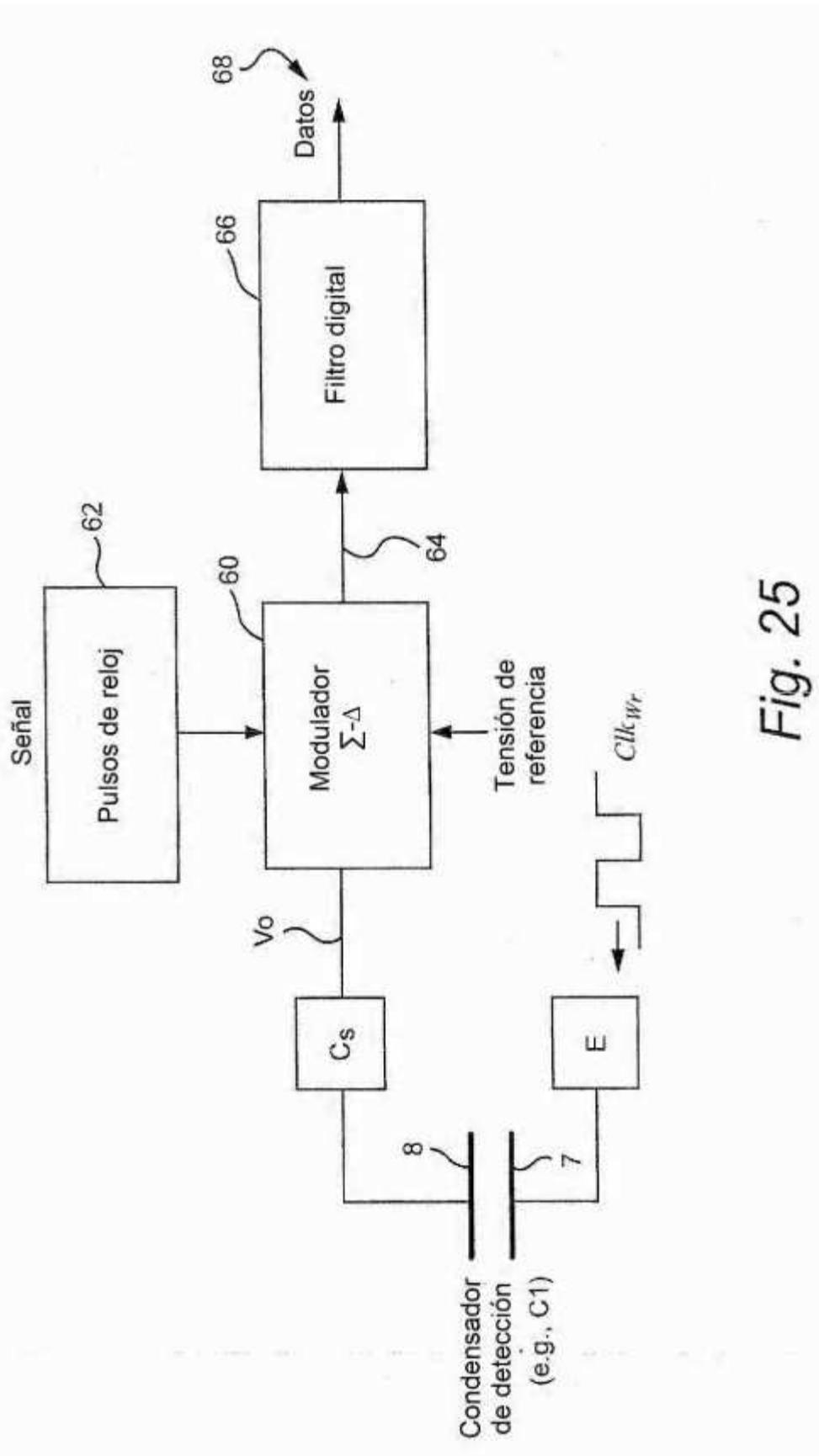


Fig. 25

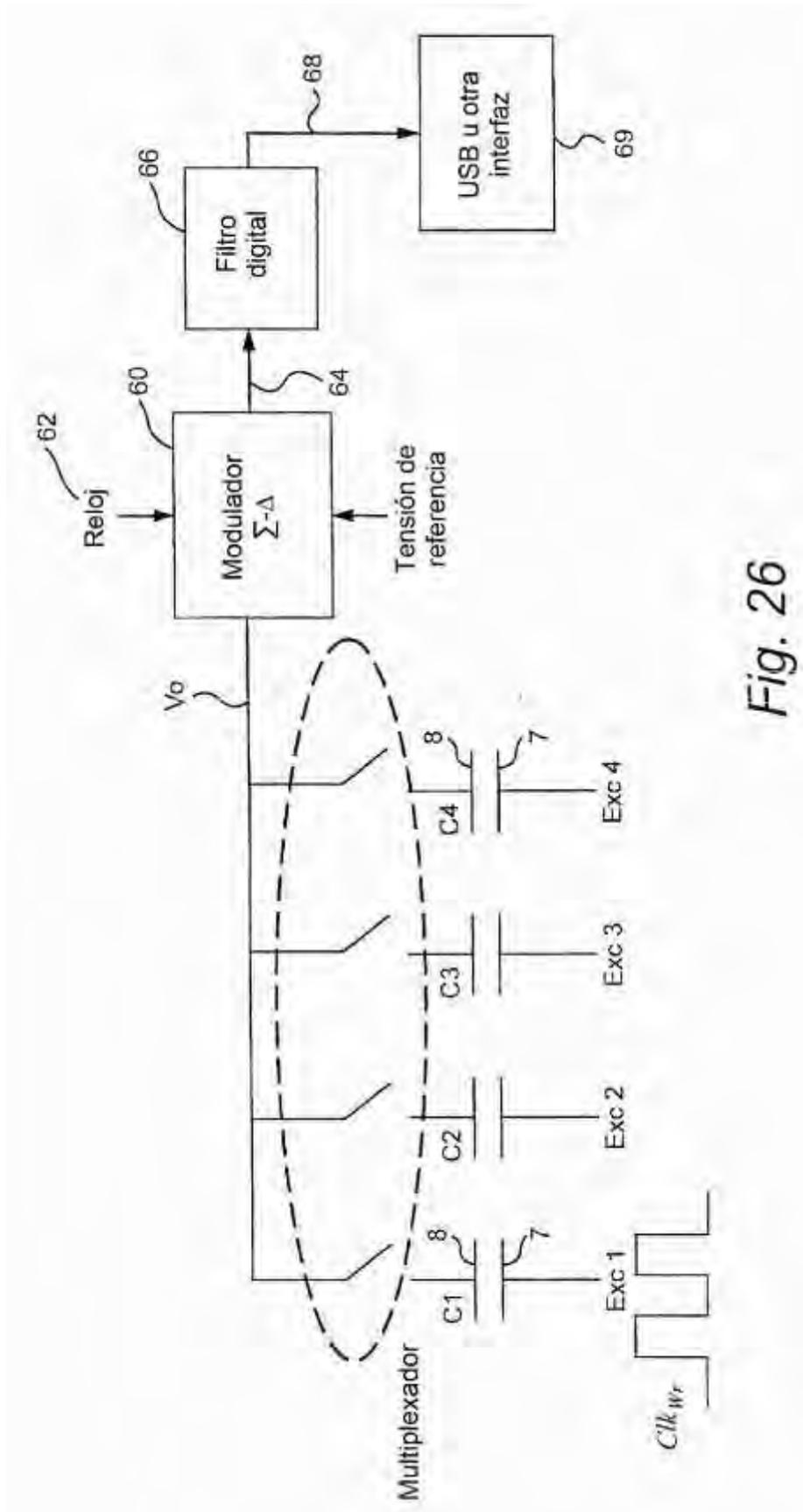


Fig. 26

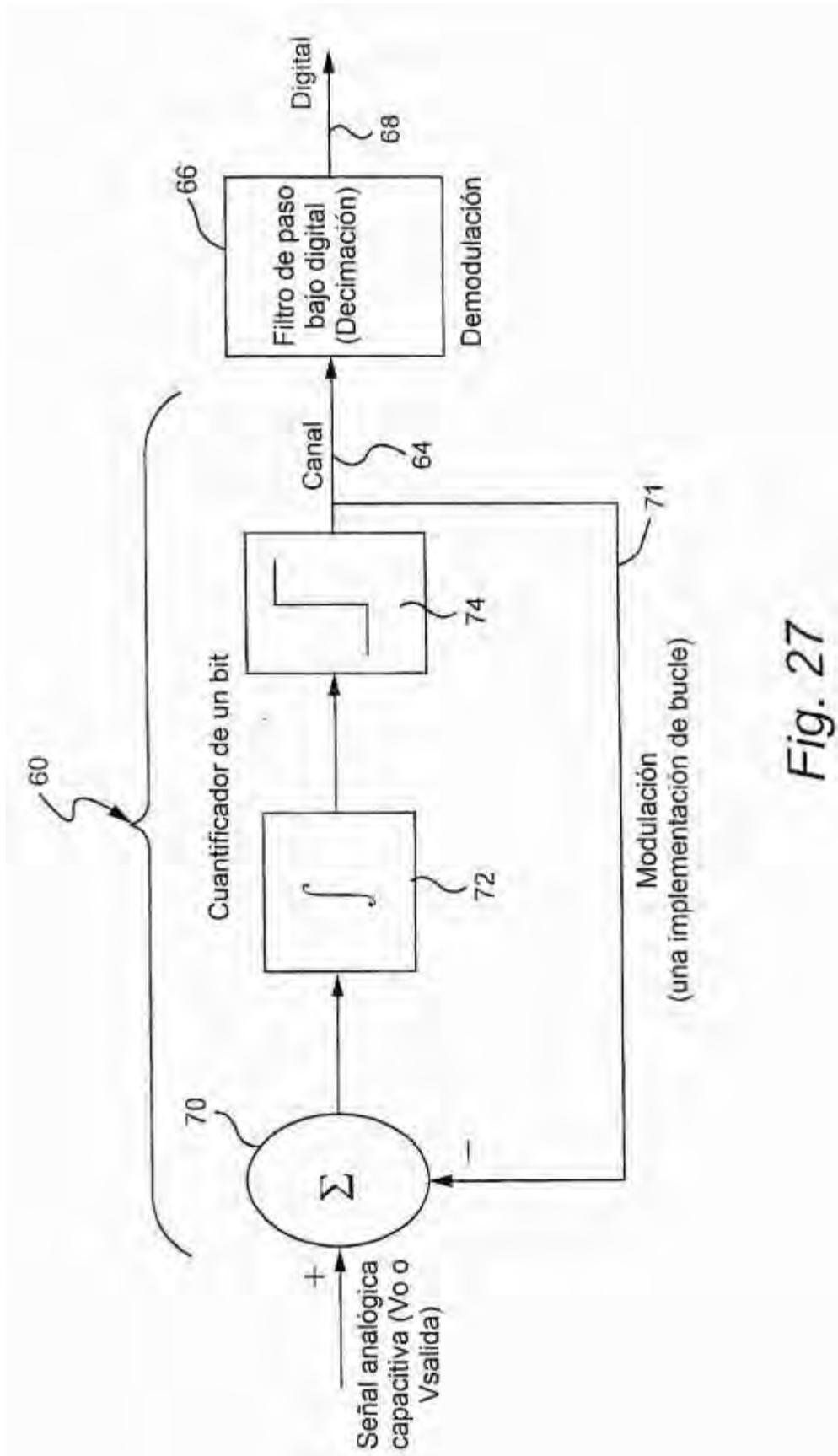


Fig. 27

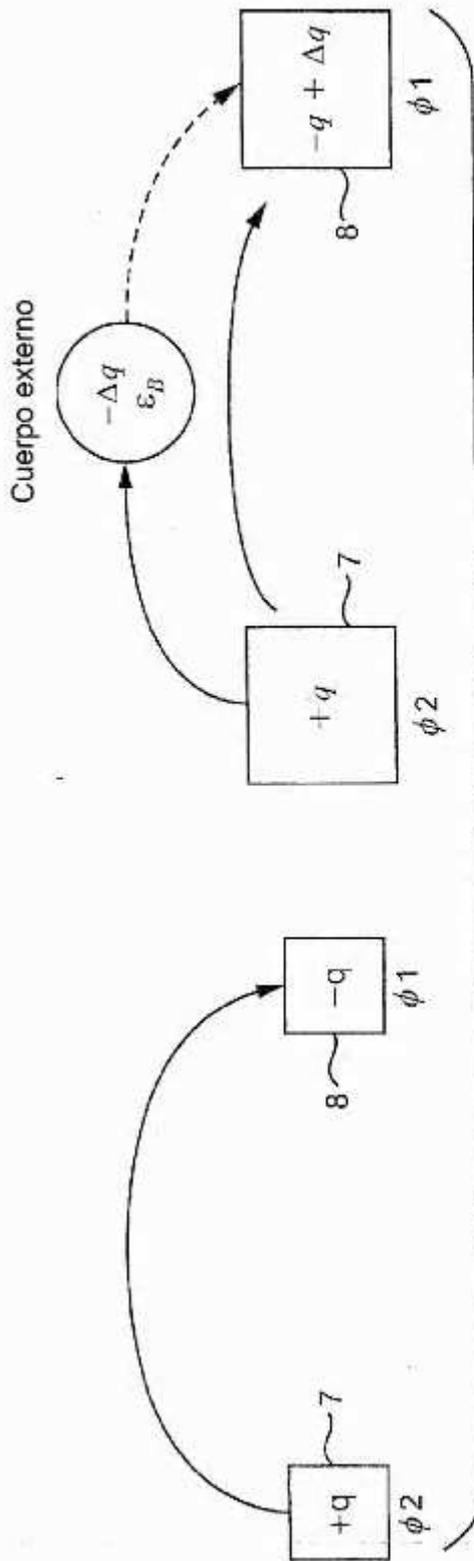


Fig. 28A

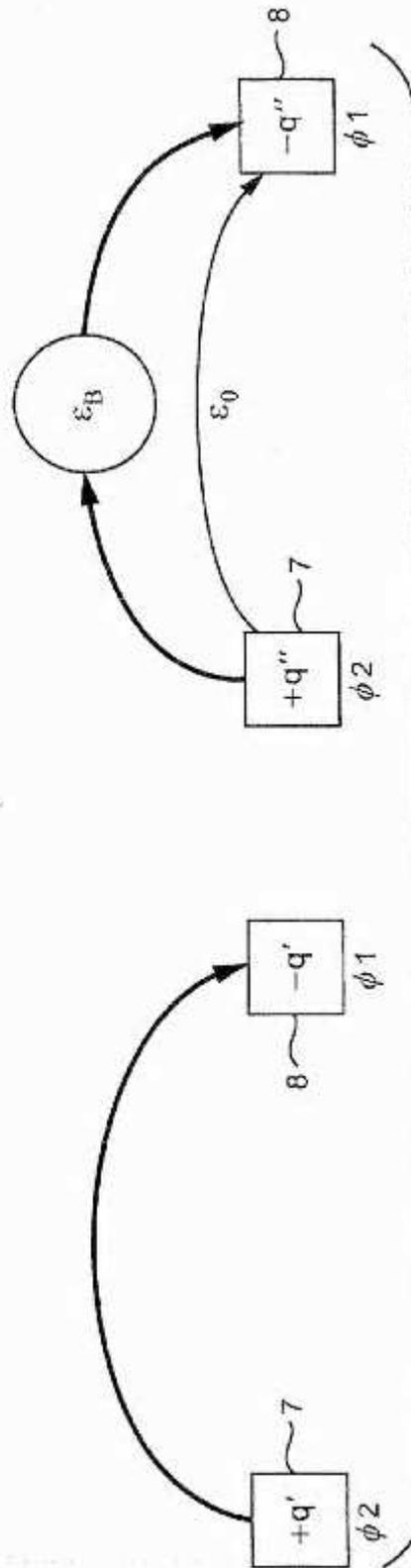
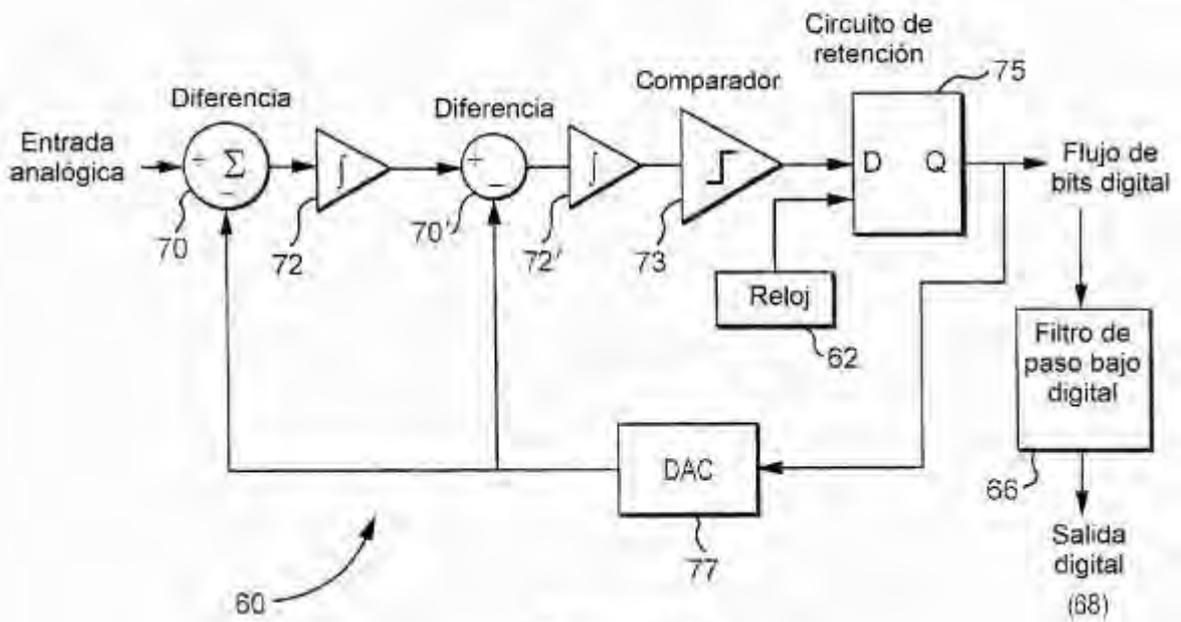
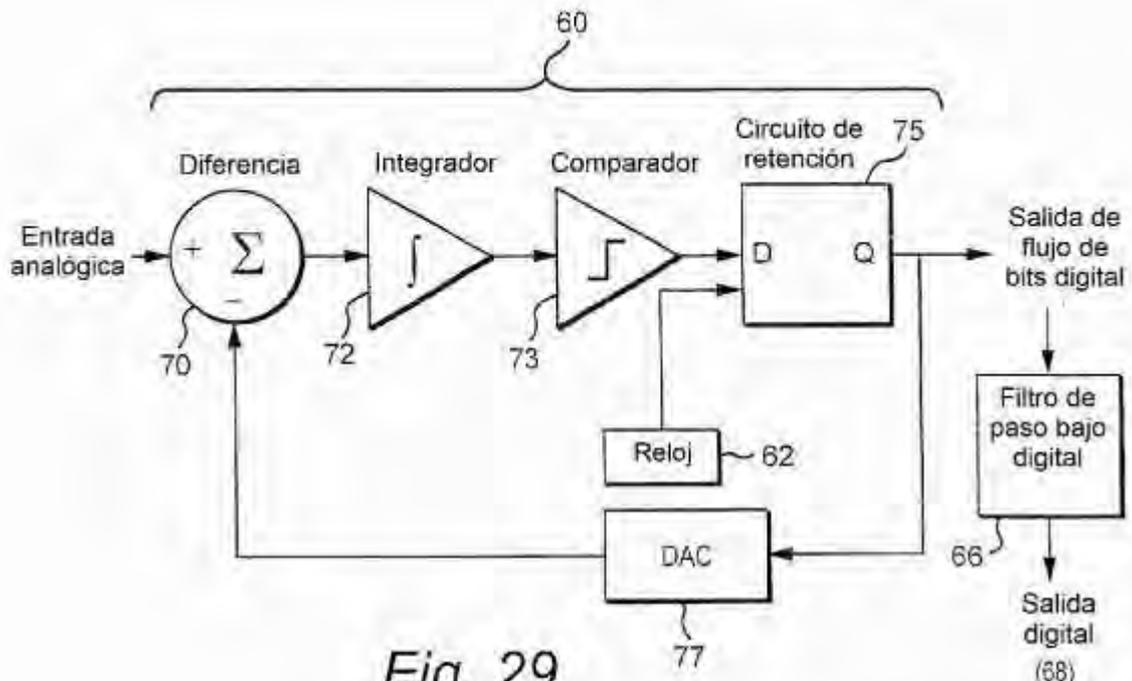


Fig. 28B



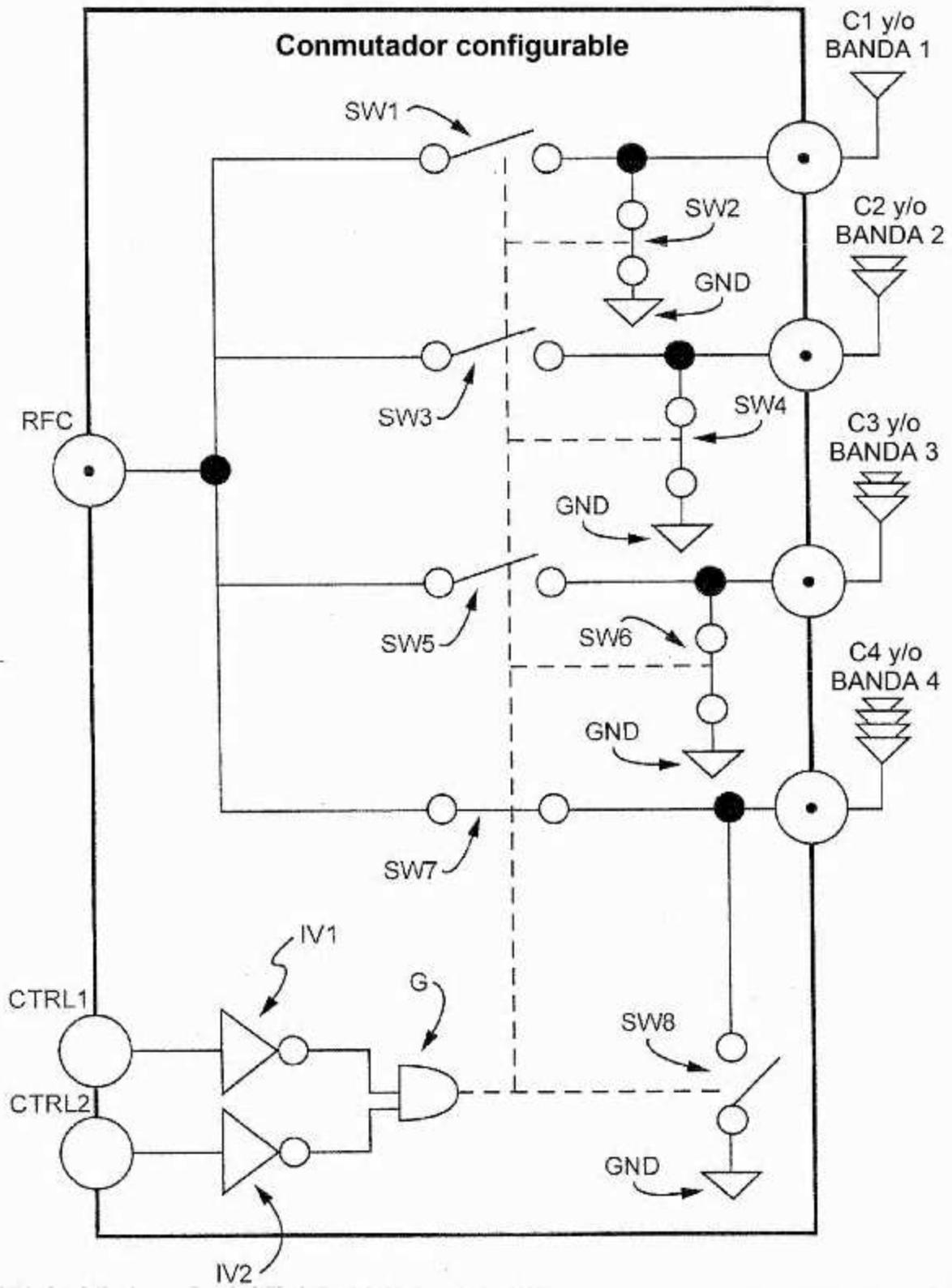


Fig. 31

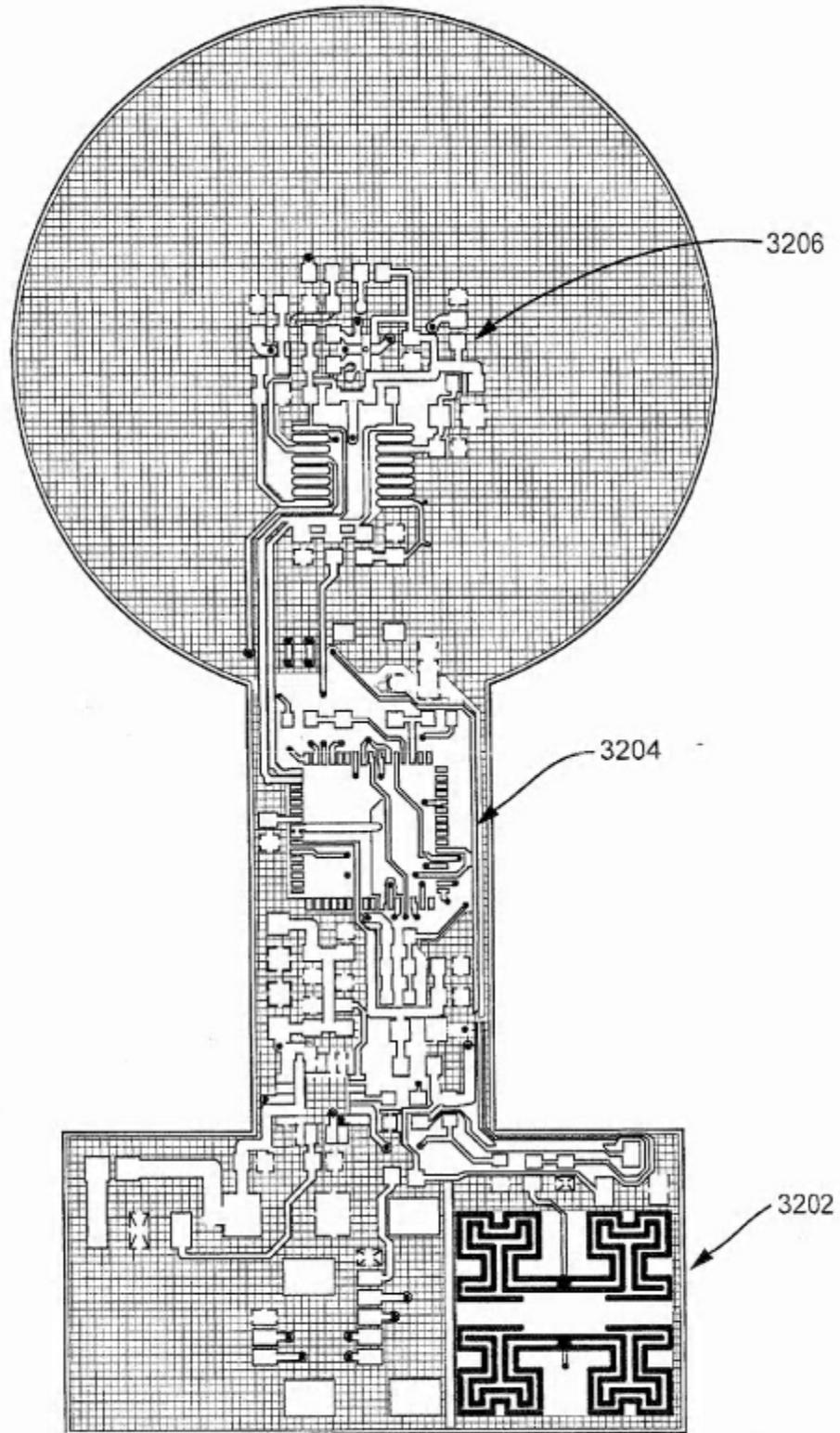


Fig. 32

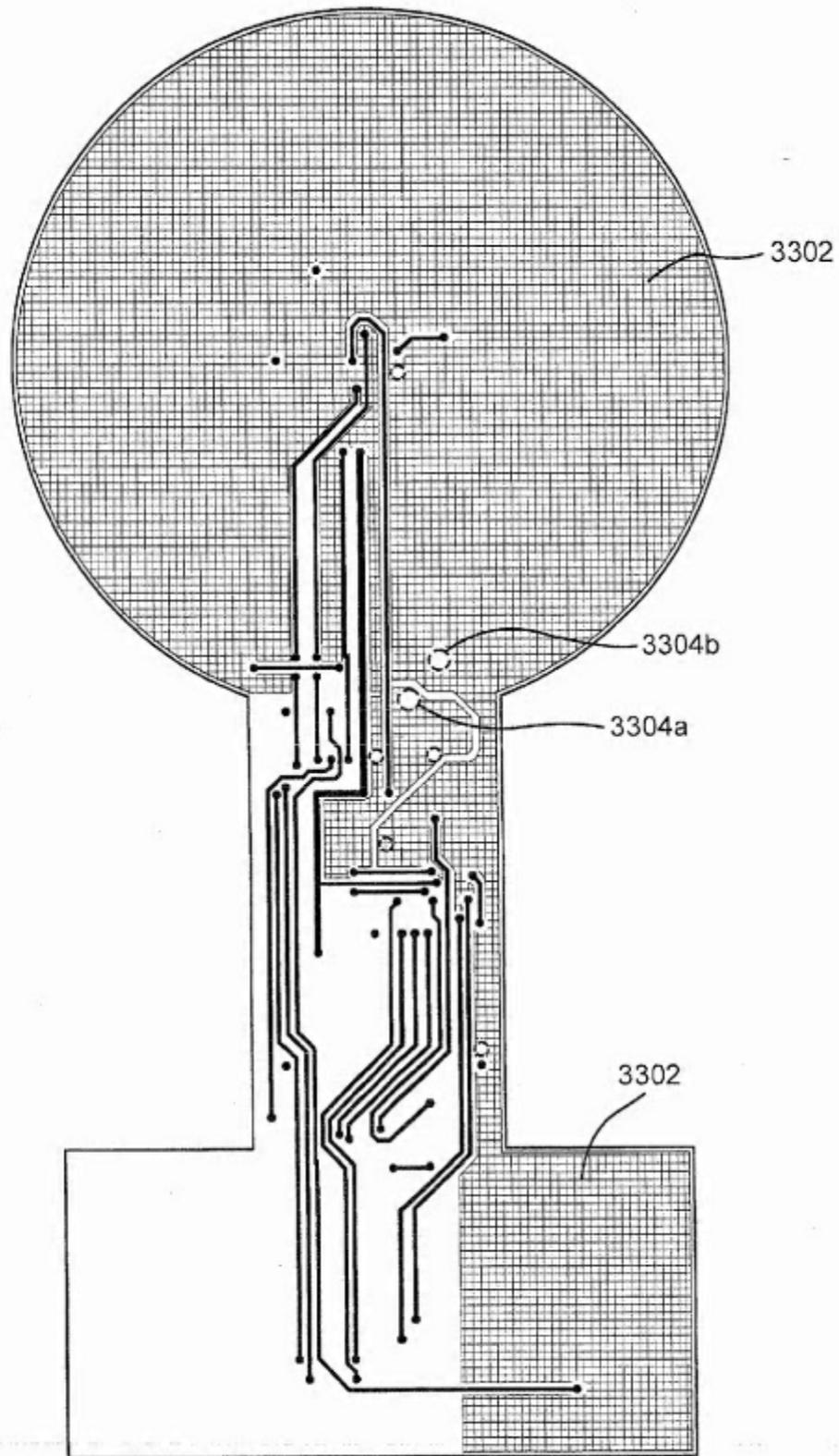


Fig. 33

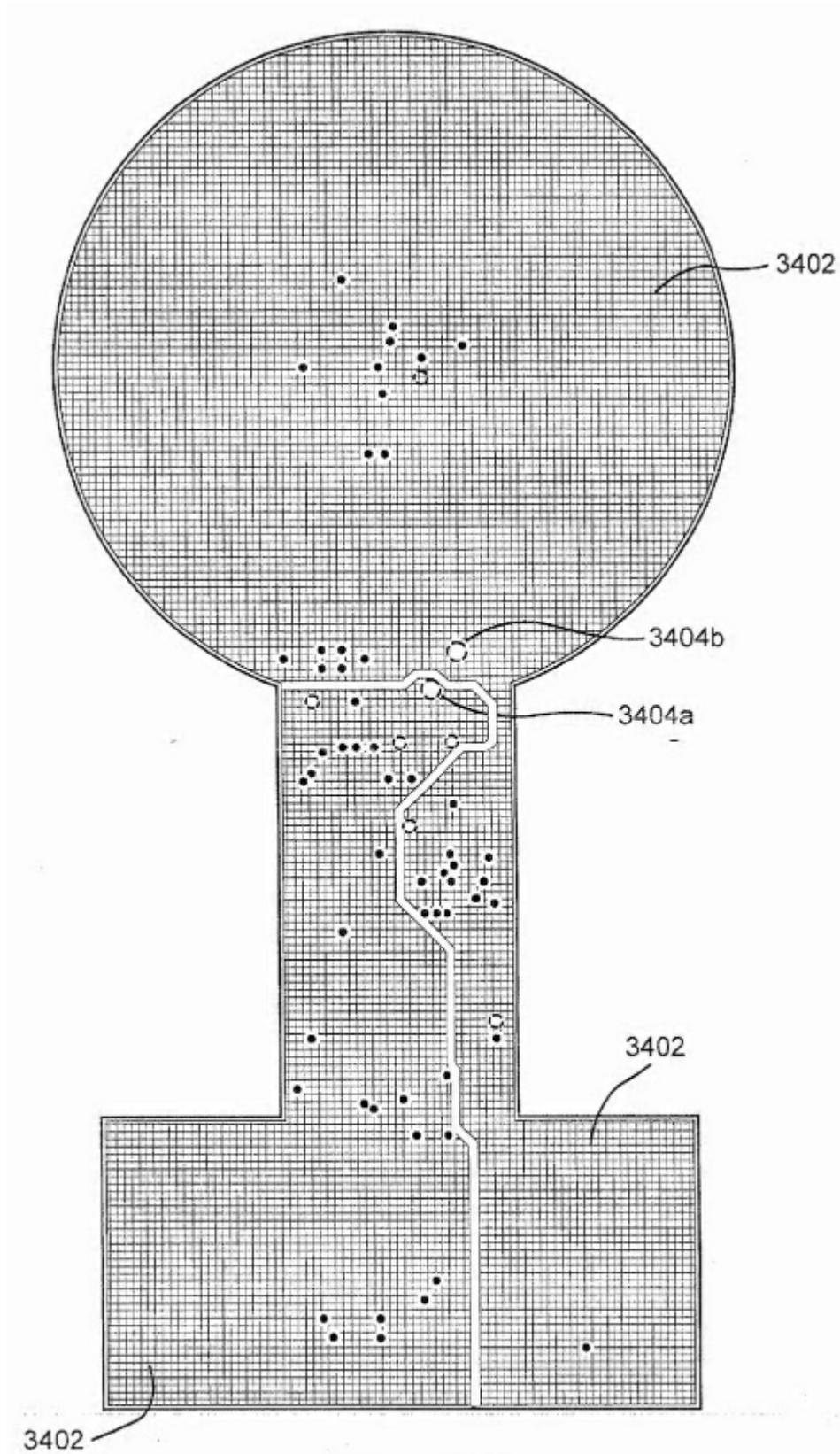


Fig. 34

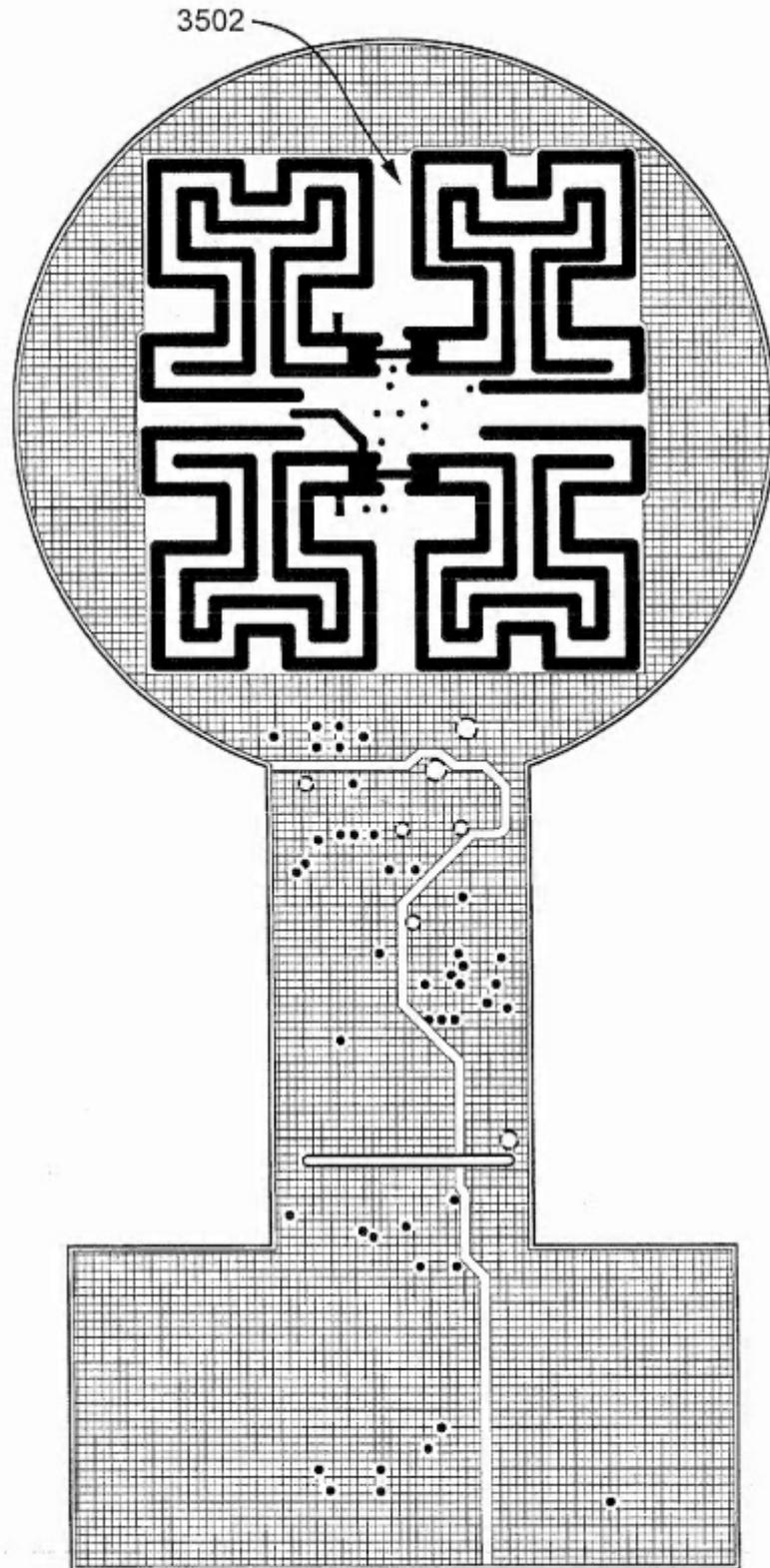


Fig. 35

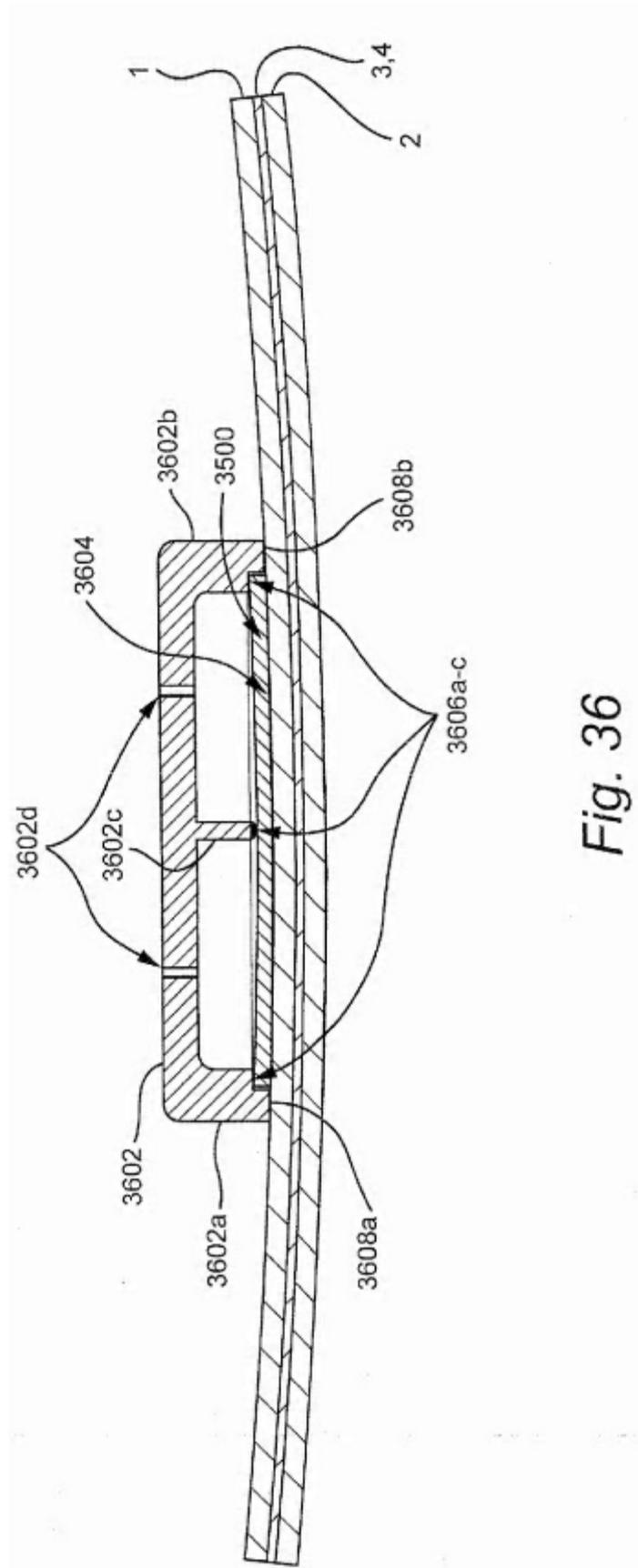


Fig. 36

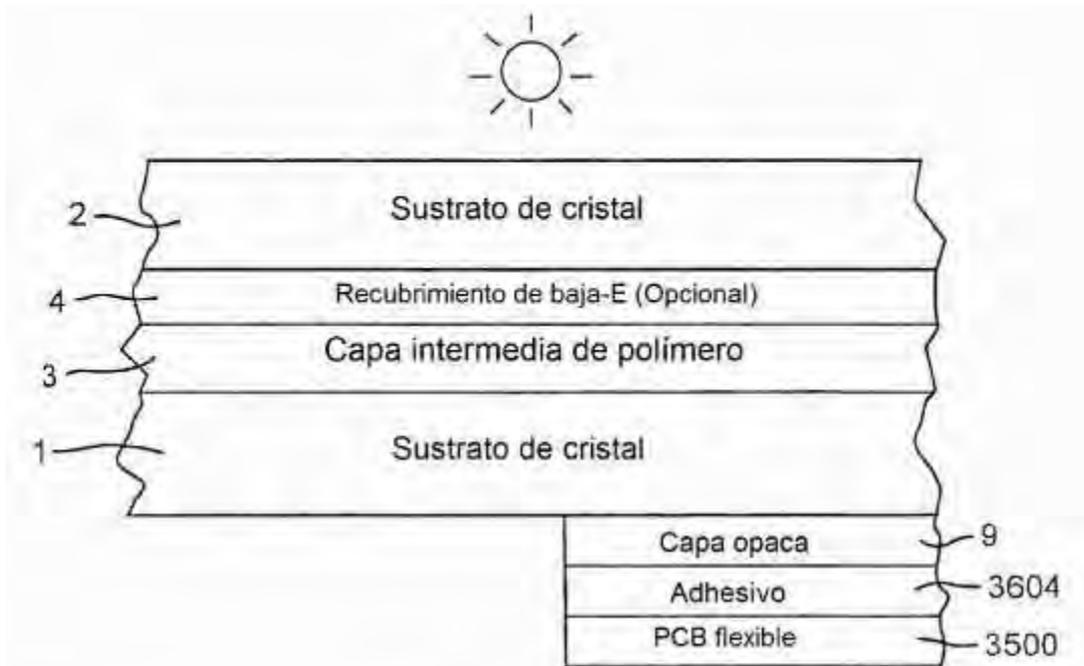


Fig. 37A



Fig. 37B

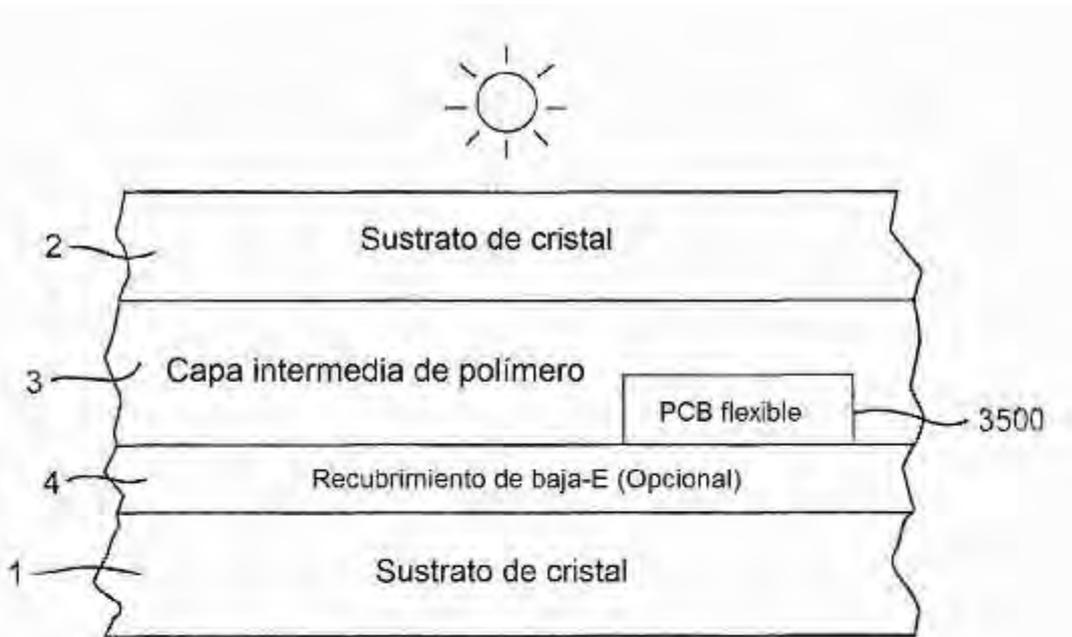


Fig. 37C

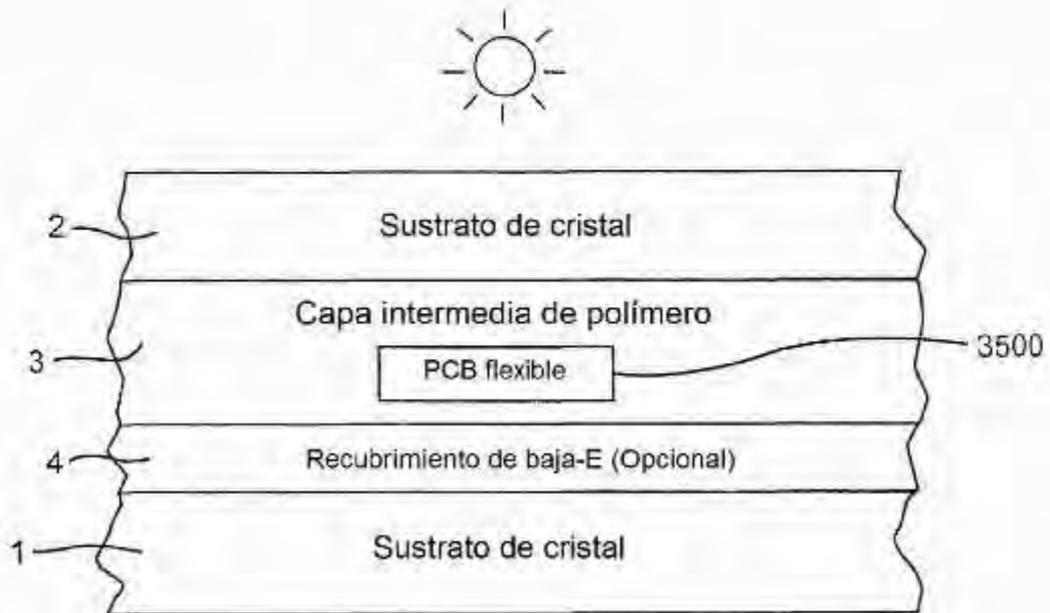
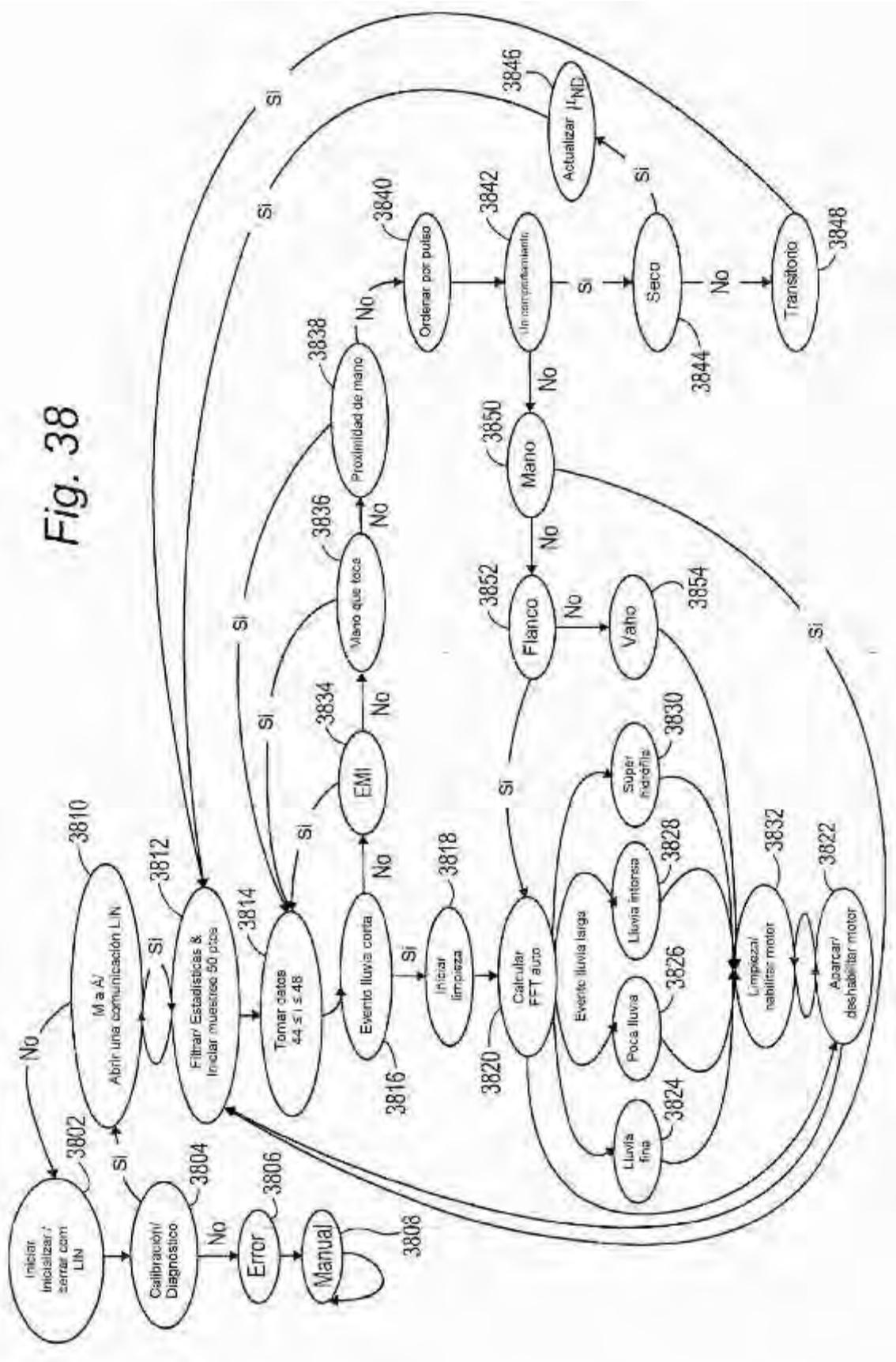
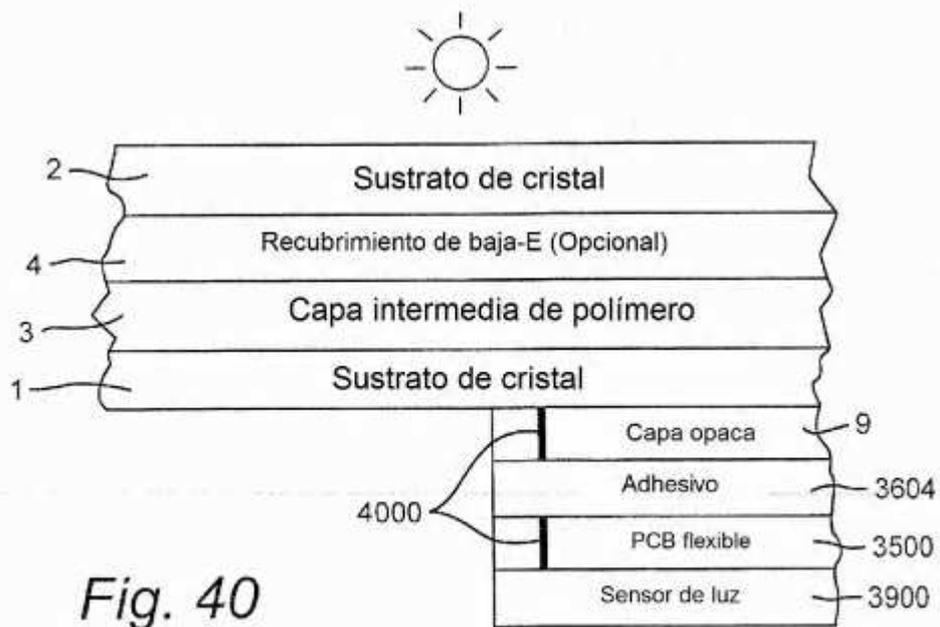
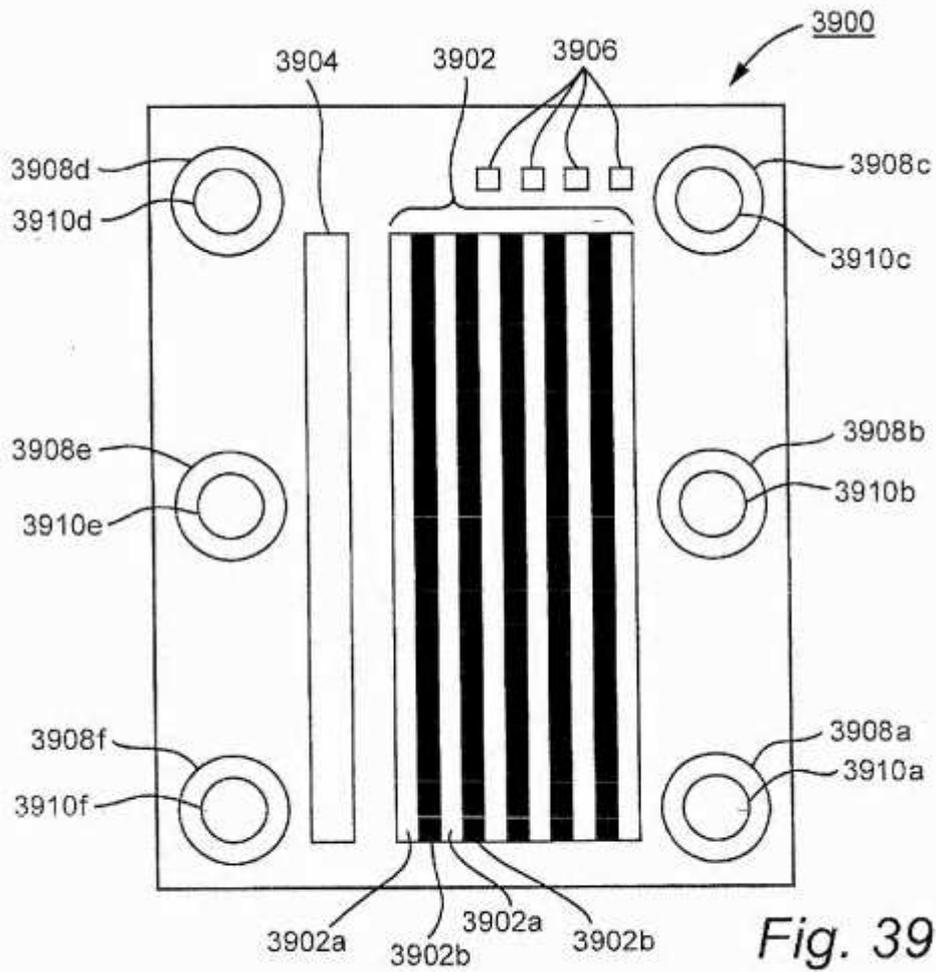


Fig. 37D

Fig. 38





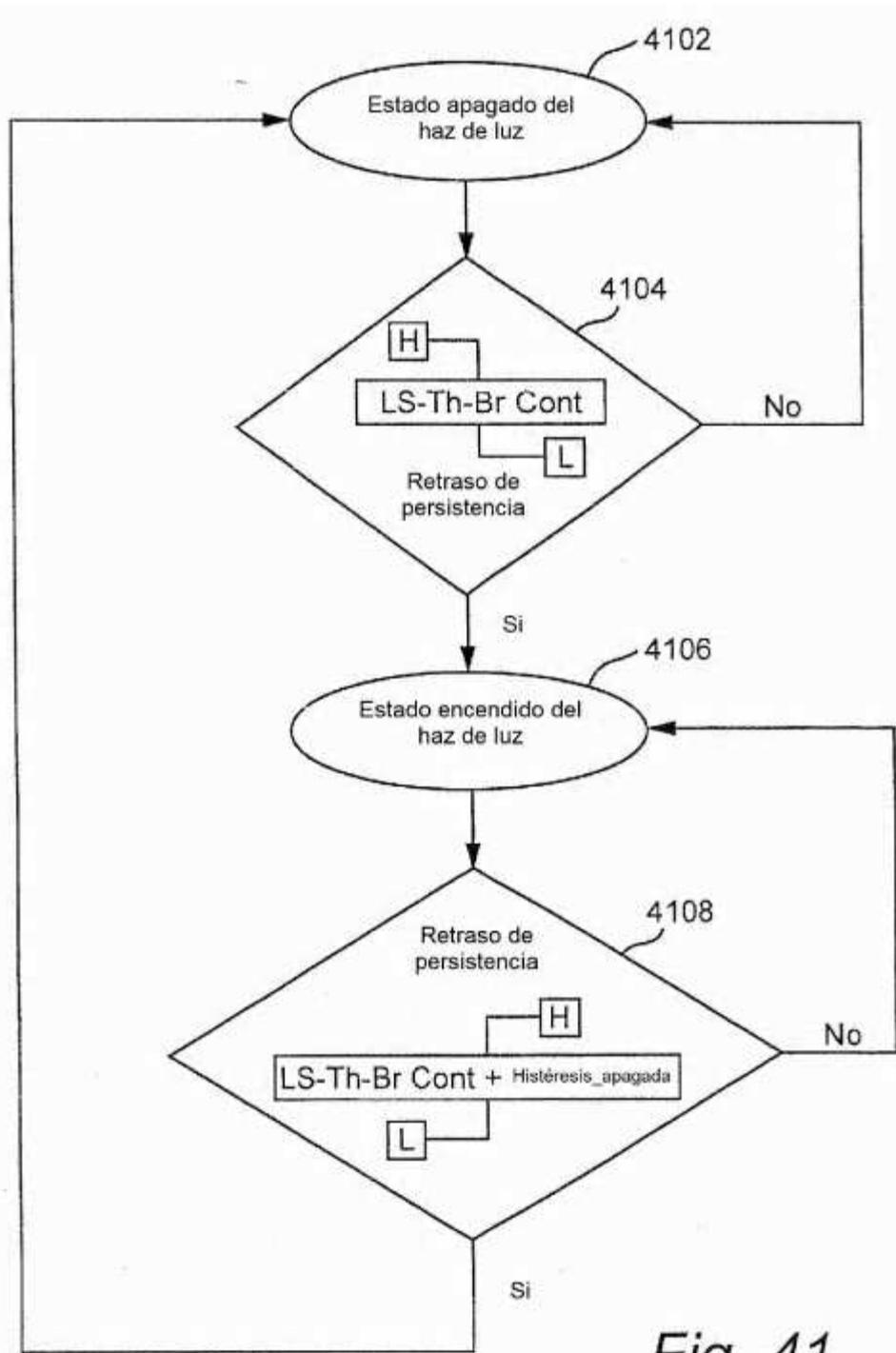


Fig. 41

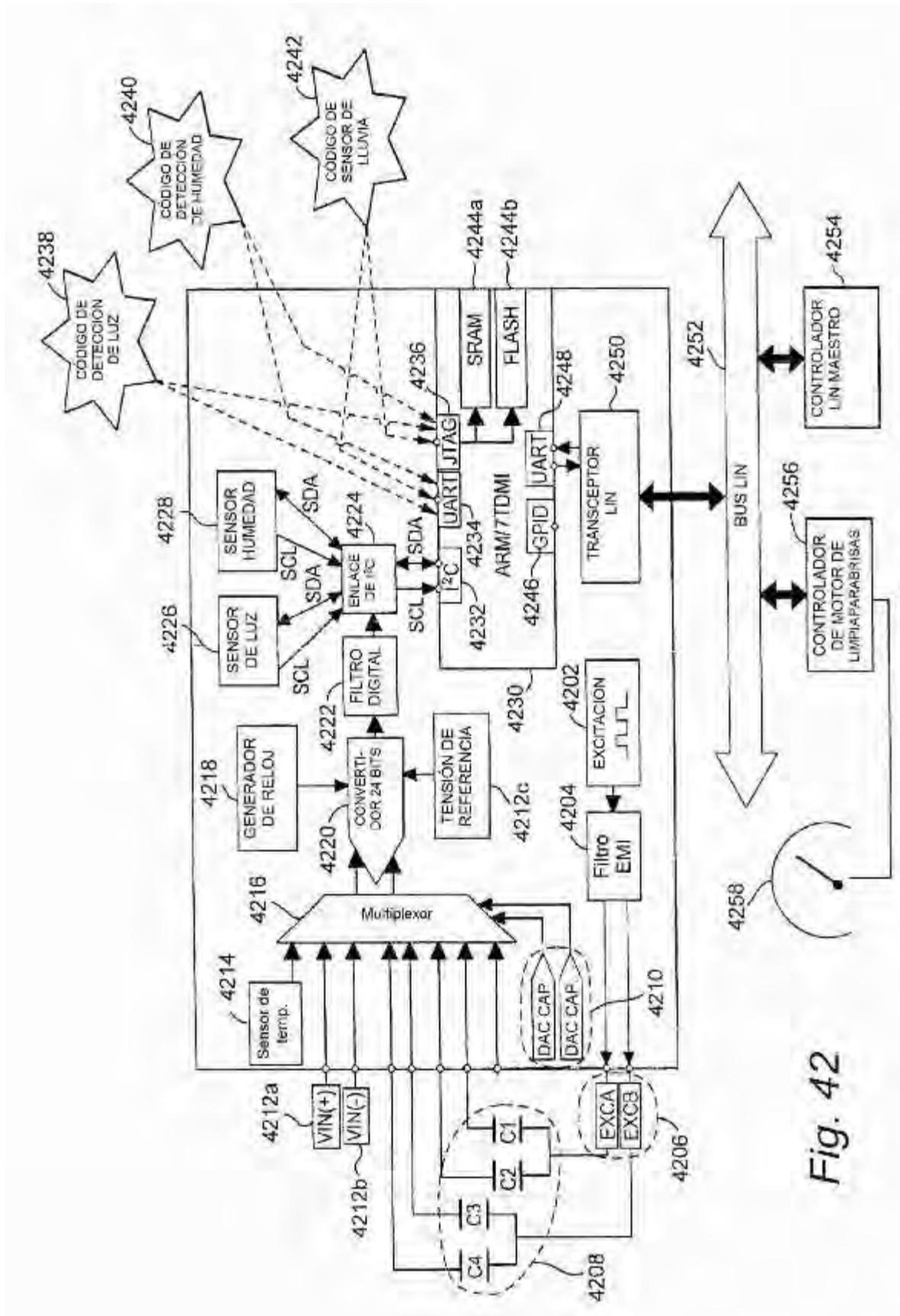


Fig. 42

