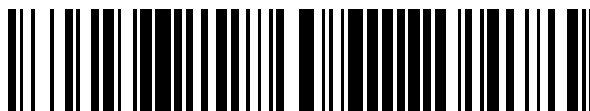


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 877**

51 Int. Cl.:

**H04N 5/355** (2011.01)

**H01L 27/146** (2006.01)

**H04N 5/363** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2016** **E 16180798 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 3122035**

54 Título: **Sensor de imagen con píxeles activos con funcionamiento en modo de obturador global, sustracción del ruido de restablecimiento y lectura no destructiva**

30 Prioridad:

**24.07.2015 FR 1557073**

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

**11.06.2020**

73 Titular/es:

**PYXALIS (100.0%)  
170 rue Chatagnon  
38430 Moirans, FR**

72 Inventor/es:

**CHENEBAUX, GRÉGOIRE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 765 877 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 imagen con píxeles activos con funcionamiento en modo de obturador global, sustracción del ruido de restablecimiento y lectura no destructiva

5 La invención se refiere a un sensor de imagen del tipo con píxeles activos y a un procedimiento de adquisición de imágenes que usa tal sensor. La invención tiene en particular como objetivo permitir la adquisición de imágenes en modo de obturador global con sustracción del ruido de restablecimiento en asociación con la lectura no destructiva de píxeles.

10 Los sensores de imagen con píxeles activos, generalmente realizados en tecnología CMOS (metal, óxido, semiconductor complementario) se usan comúnmente en los sistemas de generación de imágenes electrónicas. En estos sensores, cada píxel comprende un fotodiodo, opcionalmente, un nodo de almacenamiento de las cargas fotogeneradas por el fotodiodo ("difusión flotante") en el caso de uso de un fotodiodo fijado ("pinned photodiode" en inglés) y una pluralidad de transistores (típicamente entre 3 y 5 por píxel). Se suministra una introducción general a estos sensores, por ejemplo, por el artículo de Abbas El Gamal y Helmu Rlyoukhy "SCMOS Image Sensors", IEEE Circuits & Devices Magazine, mayo-junio de 2005, páginas 6 a 20.

15 Se sabe que los sensores de imagen con píxeles activos pueden funcionar sin la necesidad de usar un obturador mecánico. La función del obturador se obtiene entonces de forma puramente electrónica, por el pilotaje apropiado de los transistores de cada píxel. El obturador electrónico producido de este modo puede ser del tipo "enrollable" o "global".

20 En el caso de un obturador enrollable ("rolling shutter" en inglés), los períodos de integración de las diferentes líneas de píxeles están desfasados entre sí. El documento WO2010066850 desvela un sensor de imagen que funciona en particular con un obturador enrollable. Con el fin de extender el rango dinámico del sensor, la lectura de las cargas de un píxel está condicionada allí por la proximidad o no de la saturación del nodo de almacenamiento. El documento FR2939950 desvela otro sensor con un obturador enrollable, en el que se obtiene una extensión del rango dinámico evitando la saturación de los nodos de almacenamiento en caso de una imagen muy luminosa, mientras se garantiza suficiente sensibilidad para una imagen poco luminosa.

25 En el caso de un obturador global ("global shutter" en inglés), en cambio, todos los píxeles integran la luz incidente simultáneamente, la lectura de los píxeles se realiza posteriormente y línea por línea. Un funcionamiento en el modo de obturador enrollable es más simple de realizar y permite maximizar la duración de integración para una tasa de adquisición de imágenes dada y, por lo tanto, la sensibilidad del sensor, pero produce artefactos dañinos (distorsión de la escena...) si la escena cambia rápidamente (objeto en movimiento, modificación repentina en las condiciones de iluminación, ...). De este modo, ciertas aplicaciones necesitan un obturador global.

También se conoce que los sensores de imagen con píxeles activos se ven afectados por diferentes tipos de ruido.

35 El documento US2007/045681 propone una solución para reducir el ruido vinculado a la corriente de oscuridad mediante la realización de transferencias de cargas desde el fotodiodo de forma pulsada con el objeto de limitar esta contribución de ruido. Este ruido está asociado con la corriente de fuga de la unión del fotodiodo y encuentra su origen en los fenómenos de generación/recombinación de electrones.

40 Entre estos diferentes tipos de ruido, también está el llamado ruido "kTC", o ruido de restablecimiento. Antes de adquirir una imagen, un píxel activo se restablece a una tensión (diferencia de potencial con respecto a una masa) que se supone conocida; entonces comienza a acumular cargas fotogeneradas, lo que conduce a una disminución de la tensión. Si la tensión de restablecimiento se conocía perfectamente, la medición de la tensión en la salida del píxel al final de la integración permitiría determinar la intensidad luminosa incidente. De hecho, la tensión de restablecimiento varía de manera impredecible de una imagen a otra debido a las fluctuaciones térmicas de los portadores de carga. Para suprimir esta fuente de ruido, es necesario muestrear la tensión de salida del píxel dos veces, justo después del restablecimiento y al final del período de integración para un píxel con tres transistores (3T), o justo después del restablecimiento y justo después de una transferencia de carga para un píxel con cuatro o más transistores (4T), y para restar la primera muestra de la segunda. Esta técnica se conoce como doble muestreo correlacionado (CDS, del inglés "Correlated Double Sampling"). En su forma más simple, el doble muestreo correlacionado no es compatible con el uso de un obturador global para sensores matriciales que disponen de un número de línea consecuente (del orden de diez o más). En este caso, se conoce recurrir a una técnica llamada "cuádruple muestreo correlacionado" (CQS), que consiste en adquirir dos imágenes para cada imagen, uno en ausencia de luz ("imagen negra" representativa de las tensiones de restablecimiento del conjunto los píxeles) y el otro después de haber iluminado el píxel durante el tiempo de integración deseado ("imagen de integración" obtenida después de una transferencia global de las cargas en la matriz). La adquisición de imágenes negras y de integración es posible por el hecho de que, en los píxeles compatibles con esta técnica, un transistor llamado de transferencia permite aislar la fuente de las cargas fotogeneradas (fotodiodo fijado) de un nodo de almacenamiento no iluminado. Tanto la imagen negra como la imagen de integración se obtienen por diferencia entre dos muestras de tensión. La imagen negra es el resultado de la diferencia entre una tensión de referencia y una tensión adquirida después del restablecimiento del nodo de almacenamiento. La imagen de integración es el resultado de la diferencia de una tensión adquirida al final del tiempo

de integración, después de una operación de transferencia realizada de manera global entre la imagen negra y la imagen de integración, y con la misma tensión de referencia. De manera más precisa, se procede primero, línea por línea, al restablecimiento de los nodos de almacenamiento y la adquisición concomitante de la tensión de restablecimiento, que es un nivel de tensión constante y de bajo ruido que sirve de tensión de referencia; después de un tiempo predefinido, se procede a la parada del restablecimiento del nodo de almacenamiento y a una nueva adquisición de la tensión de los píxeles representativos de ruido muestreado sobre el nodo de almacenamiento, la diferencia entre las dos adquisiciones que constituyen la imagen negra. Durante este tiempo, los fotodiodos de todos los píxeles integran cargas eléctricas que, después de la adquisición la imagen negra, se transfieren globalmente a los nodos de almacenamiento correspondientes. Para obtener la imagen de integración, se procede a una primera adquisición de la tensión en los terminales de los nodos de almacenamiento, luego durante el restablecimiento de dichos nodos, a una segunda adquisición de tensión, para volver a obtener el nivel de referencia, poco ruidoso, y finalmente a la sustracción de las dos tensiones adquiridas de este modo.

La imagen negra obtenida de esta manera constituye esencialmente una medición del ruido posterior al restablecimiento (diferencia aleatoria entre la tensión de restablecimiento y la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento después del restablecimiento), ruido que afecta a la imagen de integración, porque el nodo de almacenamiento no se restablece entre las dos adquisiciones. Por lo tanto, este ruido se puede eliminar sustrayendo las dos imágenes. El artículo de B. Fowler y col. "A 5.5 Mpixel 100 Frames/sec Wide Dynamic Range Low Noise CMOS Image Sensor for Scientific Applications", SPIE Proceedings 7536 - Sensors, Cámaras, and Systems for Industrial/Scientific Applications XI, describe un sensor de imágenes con píxeles activos que implementa la técnica CQS combinada con un obturador electrónico global. Un inconveniente de tal sensor es que la lectura de las tensiones de píxeles es necesariamente destructiva, porque va acompañada de un restablecimiento de los nodos de almacenamiento para adquirir la tensión de referencia. Ahora bien, la lectura no destructiva sería preferente en ciertas aplicaciones, porque permitiría efectuar una pluralidad de lecturas de los píxeles sin dejar de integrar las cargas fotogeneradas para detener la integración cuando el nivel de exposición sea óptimo. Esto evitaría cualquier riesgo de subexposición o sobreexposición.

La invención tiene como objetivo proporcionar un sensor de imágenes con píxeles activos que permita combinar el funcionamiento en modo de obturador global con la sustracción del ruido de restablecimiento (o kTC) y la lectura no destructiva de los píxeles. Accesoriamente, la invención también tiene como objetivo minimizar el nivel de ruido global y la complejidad de la electrónica de lectura de los píxeles.

Una idea subyacente a la invención, que permite alcanzar este objeto es usar una referencia de tensión externa, generada, por ejemplo, al nivel del circuito de lectura de la matriz de píxeles, en lugar de usar como nivel de referencia la tensión de restablecimiento de los nodos de almacenamiento. Esto permite efectuar este restablecimiento una sola vez, durante la fase de lectura de la imagen negra que, por lo tanto, no es destructiva. Por otra parte, la tensión de referencia generada en el circuito de lectura puede ser mucho menos ruidosa que la tensión de restablecimiento de los nodos de almacenamiento; en efecto, un circuito de generación de un nivel de tensión a altos rendimientos puede preverse en el exterior de la matriz, pero no se puede integrar razonablemente en los píxeles. Además, esta tensión de referencia siempre está disponible, lo que simplifica el diseño del circuito de lectura con respecto al caso descrito en el artículo mencionado por B. Fowler y col.

Por lo tanto, un objeto de la invención es un sensor de imágenes con píxeles activos que consta de una matriz de píxeles organizados por líneas y columnas, así como un circuito de lectura que consta de una vía de lectura distinta para cada columna de píxeles, en el que cada píxel comprende:

- un fotodiodo,
- un nodo de almacenamiento de las cargas eléctricas integradas por dicho fotodiodo,
- un transistor de transferencia para autorizar selectivamente la transferencia de dichas cargas eléctricas desde el fotodiodo al nodo de almacenamiento,
- un transistor de restablecimiento del nodo de almacenamiento para conectar selectivamente dicho nodo de almacenamiento a una fuente de tensión de restablecimiento,
- un transistor de selección de línea para conectar selectivamente dicho píxel a la vía de lectura de la columna a la que pertenece, y
- un transistor montado como seguidor de tensión para transferir a dicha vía de lectura la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento por medio de dicho transistor de selección de línea;

caracterizado porque cada vía de lectura comprende un bloque de sustracción que tiene dos entradas y una salida, estando dicho bloque de sustracción conectado para recibir en una primera entrada la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento de uno de los píxeles de la columna correspondiente a través del transistor montado como seguidor de tensión y del transistor de selección de línea de dicho píxel y sobre una segunda entrada, una tensión de referencia de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz vista en la entrada de la vía de lectura, y para proporcionar a su salida una señal representativa de una diferencia de los niveles de tensión presentes en sus entradas;

y porque dicho sensor también comprende un controlador configurado para pilotar los transistores de los píxeles y el circuito de lectura para:

- efectuar un restablecimiento global de los fotodiodos;
- efectuar un restablecimiento de los nodos de almacenamiento de los píxeles de la matriz y adquirir una primera imagen digital, llamada imagen negra; después
- 5 - realizar una transferencia global de carga de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles; después
- adquirir una segunda imagen digital llamada imagen de integración; para realizar una adquisición de imagen en modo de obturador global con sustracción del ruido de restablecimiento y lectura no destructiva de los píxeles de las cargas integradas.

Según diferentes modos de realización de tal sensor:

- 10 - El sensor también puede comprender al menos un generador de dicha tensión de referencia, exterior a dicha matriz de píxeles.
- Cada dicho bloque sustractor puede ser una cadena de digitalización diferencial configurada para suministrar en su salida una señal digital representativa de la diferencia de los niveles de tensión analógicos presentes en sus entradas.
- 15 - Dicho controlador se puede configurar para pilotar los transistores de píxeles y el circuito de lectura para restablecer los nodos de almacenamiento de píxeles línea por línea.
- Un primer y un segundo muestreador-bloqueador pueden estar presentes en la primera y segunda entrada de cada dicho bloque de sustracción, respectivamente, y dicho controlador se puede configurar para:
  - 20 a) activar él o los transistores de restablecimiento de todos los píxeles para restablecer sus fotodiodos y sus nodos de almacenamiento;
  - b) activar los primeros muestreadores-bloqueadores de cada vía de lectura, de tal modo que una muestra de la tensión de referencia esté presente en la primera entrada de cada bloque de sustracción;
  - c) para cada columna de píxel, y después del restablecimiento de los nodos de almacenamiento correspondientes:
    - 25 c1) activar sucesivamente los transistores de selección de línea,
    - c2) en correspondencia con cada activación de un transistor de selección de línea, activar el segundo muestreador-bloqueador de la vía de lectura correspondiente a dicha columna de tal manera que una muestra de tensión esté presente sobre la segunda entrada del bloque de sustracción correspondiente; después
    - 30 c3) pilotar el convertidor analógico-digital de dicha vía de lectura, mediante el cual se adquiere una primera imagen digital llamada imagen negra línea por línea;

y, luego:

- d) activar los transistores de transferencia de todos los píxeles, para realizar una transferencia de carga global desde los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles;
- 35 e) activar los primeros muestreadores-bloqueadores de cada vía de lectura, de tal modo que una muestra de la tensión de referencia esté presente en la primera entrada de cada bloque sustractor;
- f) para cada columna de píxel, y después de la transferencia de carga hacia los nodos de almacenamiento correspondientes:
  - 40 f1) activar sucesivamente los transistores de selección de línea,
  - f2) en correspondencia con cada activación de un transistor de selección de línea, activar el segundo muestreador-bloqueador de la vía de lectura correspondiente a dicha columna, después
  - f3) pilotar el convertidor analógico-digital de dicha vía de lectura, mediante el cual se adquiere una segunda imagen digital llamada imagen de integración (IIM) línea por línea;

45 no efectuándose ningún restablecimiento de los fotodiodos o de los nodos de almacenamiento entre las operaciones b) y f3).

- Dicho controlador también se puede configurar para repetir las operaciones d) a f3) una o varias veces, en función del nivel de señal de dicha imagen o imágenes de integración, antes de efectuar de nuevo las operaciones a) a c), de tal manera que se adquieran una o varias imágenes de integración para una misma imagen negra.
- 50 - El sensor también puede constar de un procesador digital de imágenes configurado para sustraer de dicha o de una dicha imagen de integración la imagen negra correspondiente.
- Dichos píxeles pueden comprender un transistor de restablecimiento del fotodiodo y un transistor de restablecimiento del nodo de almacenamiento distintos.
- Cada píxel también puede comprender un transistor de restablecimiento del fotodiodo para conectar selectivamente el fotodiodo a una fuente de tensión de restablecimiento.

55 Otro objeto de la invención es un procedimiento de adquisición de imágenes por medio de un sensor de imágenes con píxeles activos que consta de una matriz de píxeles organizados por líneas y columnas, así como un circuito de lectura que consta de una vía de lectura distinta para cada columna de píxeles, en el que cada píxel comprende:

- un fotodiodo,
  - un nodo de almacenamiento de las cargas eléctricas generados por dicho fotodiodo cuando se ilumina,
  - un transistor de transferencia para autorizar selectivamente la transferencia de dichas cargas eléctricas desde el fotodiodo al nodo de almacenamiento,
  - al menos un transistor de restablecimiento para conectar selectivamente el fotodiodo y el nodo de almacenamiento a una fuente de tensión de restablecimiento,
  - un transistor de selección de línea para conectar selectivamente dicho píxel a la vía de lectura de la columna a la que pertenece, y
  - un transistor montado como seguidor de tensión para transferir a dicha vía de lectura la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento por medio de dicho transistor de selección de línea;
- constando el procedimiento de las siguientes etapas;

- A) activar él o los transistores de restablecimiento de todos los píxeles para restablecer sus fotodiodos y sus nodos de almacenamiento;
- B) muestrear una tensión de referencia, generada en el interior de dicho circuito de lectura y de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz;
- C) para cada columna de píxel, y después del restablecimiento de los nodos de almacenamiento correspondientes: activar sucesivamente los transistores de selección de línea, muestrear la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento del píxel correspondiente, sustraer la tensión de referencia muestreada en la etapa B) de la tensión muestreada de este modo y digitalizar el resultado, para adquirir línea por línea una primera imagen digital llamada imagen negra;

y, luego:

- D) activar los transistores de transferencia de todos los píxeles, para realizar una transferencia global de carga de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles;
- E) muestrear una tensión de referencia, generada en el interior de dicho circuito de lectura y de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz;
- F) para cada columna de píxel, y después de la transferencia de carga hacia los nodos de almacenamiento correspondientes: activar sucesivamente los transistores de selección de línea, muestrear la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento del píxel correspondiente, sustraer la tensión de referencia muestreada en la etapa E) de la tensión muestreada de este modo y digitalizar el resultado, para adquirir línea por línea una segunda imagen digital llamada imagen de integración.

Según diferentes modos de realización de tal procedimiento:

- Las etapas D) a F) pueden repetirse una o varias veces, en función de un nivel de señal de dicha imagen o imágenes de integración, antes de efectuar de nuevo dichas etapas A) a C), de tal manera que se adquieran una o varias imágenes de integración para una misma imagen negra.
- El procedimiento también puede constar de una etapa que consiste en sustraer de dicha o de una dicha imagen de integración la imagen negra correspondiente.

Otras características, detalles y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la descripción hecha con referencia a los dibujos adjuntos dados a título de ejemplo y que representan, respectivamente:

- la figura 1, un diagrama funcional de conjunto de un sensor de imágenes según un modo de realización de la invención;
- la figura 2, el esquema eléctrico de un píxel activo con cinco transistores que se pueden usar en el sensor de imágenes de la figura 1;
- la figura 3, el esquema eléctrico simplificado de una vía de lectura del sensor de imágenes de la figura 1;
- la figura 4 es un cronograma que ilustra un primer modo de funcionamiento del sensor de imágenes de la figura 1;
- y
- la figura 5 es un cronograma que ilustra un segundo modo de funcionamiento del sensor de imágenes de la figura 1.

Como se ilustra en la figura 1, un sensor de imágenes según un modo de realización de la invención comprende una matriz M de píxeles activos P que están dispuestos por líneas y por columnas. La matriz M usada para la adquisición de imágenes puede ser un subconjunto de una matriz más grande, de la cuál, ciertas líneas y/o columnas no pueden usarse en una aplicación determinada.

Un modo de realización de los píxeles de la matriz M se ilustra en la figura 2.

De manera convencional, todos los píxeles de una misma columna están conectados, mediante transistores de selección (no se representados en la figura 1; referencia T4 en la figura 2) a una vía de lectura respectiva VL, cuyo esquema simplificado se suministra en la figura 3. Al adquirir una imagen, los transistores de selección de todos los píxeles de una misma línea se activan al mismo tiempo; de este modo se adquiere una imagen línea por línea. La matriz M está conectada a una fuente  $V_{RST}$  de tensión continua  $V_{RST}$ . Esta tensión se llama "tensión de restablecimiento" porque, como se explicará con referencia a la figura 2, los nodos de almacenamiento se restablecen

conectándolos a la fuente  $V_{RST}$  para llevarlos al potencial  $V_{RST}$ .

Las vías de lectura VL están conectadas a una fuente  $V_{REF}$  de tensión continua  $V_{REF}$ . Esta tensión  $V_{REF}$ , llamada tensión de referencia, es sustancialmente idéntica a la imagen  $V_{RSTCOL}$  de la tensión de restablecimiento  $V_{RST}$  sobre el conector de columna CCi que une los píxeles de la matriz a las vías de lectura VL. Por "sustancialmente idéntico" se entiende que la tensión  $V_{REF}$  se incluye en la posible distribución de las imágenes sobre el conector de la columna de las tensiones de restablecimiento del conjunto de los píxeles de la matriz.

En el modo de realización de la figura 1, los canales de lectura y la fuente de tensión de referencia se combinan en un circuito de lectura CL. Este circuito recibe en la entrada las señales analógicas que provienen de la matriz M y suministra a su salida imágenes digitales "en bruto", que son tratadas por un procesador digital de imágenes DIP. Este último, en particular, sustrae las imágenes negras de las imágenes de integración correspondientes para suprimir el ruido de restablecimiento.

El sensor de la figura 1 también incluye un controlador CTR que genera señales de pilotaje de los transistores de los píxeles de la matriz (R\_PD, R\_FD, CH\_T, L\_Si) y los canales de lectura (SH\_REF, SH\_PIX). Los cronogramas de estas señales se representan en la figura 4 y se discutirán en detalle más adelante. Opcionalmente, el controlador CTR también puede recibir una señal IMAX proveniente del circuito de lectura o del procesador de imágenes y representativo de un nivel de señal de las imágenes de integraciones adquiridas. Por ejemplo, IMAX puede corresponder al nivel de señal más alto entre los píxeles de la matriz. El uso de esta señal se detallará más adelante, con referencia a la figura 4.

El procesador digital de imágenes DIP y el controlador CTR pueden estar constituidos por (o comprender) uno o varios microprocesadores programados de manera oportuna y/o circuitos digitales dedicados.

La figura 2 ilustra la arquitectura de un píxel P de la matriz M. Se trata de una arquitectura convencional, llamada "5T", es decir, con 5 transistores. Este píxel comprende un fotodiodo fijado PPD, que integra cargas eléctricas cuando el píxel está iluminado. Un transistor T1 está conectado entre el fotodiodo y una unión pn llamada "flotante" ("floating diffusion" en inglés), identificada por la referencia FD, que está protegido de la luz por una pantalla LSFD. Cuando el transistor T1 está inactivo, el fotodiodo PPD acumula las cargas de origen fotónico; cuando el transistor, pilotado por la señal CH\_T generada por el controlador CTR, está activo, las cargas almacenadas en el fotodiodo PPD se transfieren hacia la unión FD, que luego sirve como un nodo de almacenamiento de carga. Dos transistores T2, T3, pilotados por las señales R\_PD y R\_FD, respectivamente, permiten restablecer el fotodiodo y el nodo de almacenamiento de carga a través de la fuente de tensión  $V_{RST}$ . La tensión en los terminales del nodo de almacenamiento de carga es leída por un transistor T5 conectado en seguidor de tensión (el drenaje de este transistor está en la tensión  $V_{RST}$ ), y transmitida a la vía de lectura de la columna "i" a la que pertenece el píxel mediante un transistor T4 de selección de línea, pilotado por la señal L\_Si (donde "i" identifica la columna).

La figura 3 ilustra el esquema eléctrico simplificado de una vía de lectura VL según un modo de realización de la invención. Esta vía de lectura comprende una fuente de corriente  $I_P$  que distribuye una corriente de polarización al conjunto de los píxeles de una misma columna, en función de la selección de la línea L\_Si. Esta vía de lectura también comprende un primer muestreador-bloqueador SH1 pilotado por la señal SH\_REF generada por el controlador CTR y cuya entrada está conectada a la fuente de tensión de referencia  $V_{REF}$ , así como un segundo muestreador-bloqueador SH2 controlado por la señal SH\_PIX generada por el controlador CTR y cuya entrada está conectada a los píxeles de una misma columna de la matriz M a través de los transistores de selección de línea de estos píxeles; se indica por  $V_P$  la tensión aplicada a la entrada de SH2 cuando uno de estos transistores de selección está activado. Las salidas de estos muestreadores-bloqueadores están conectadas a las entradas de una cadena de digitalización diferencial CND, que típicamente puede realizar una sola conversión de rampa analógica-digital. La señal digital generada por este convertidor, proporcional a la diferencia digitalizada entre los valores muestreados de  $V_P$  y  $V_{REF}$ , se suministra en la entrada al procesador digital de imágenes DIP.

La figura 4 ilustra un modo de funcionamiento del sensor de la figura 1, y más precisamente un modo de realización de su secuencia de adquisición de imágenes.

La secuencia comienza con un restablecimiento global (es decir, con respecto a todos los píxeles) de los fotodiodos (señal R\_PD). El restablecimiento global de los nodos de almacenamiento de carga (señal R\_FD) se lleva a cabo poco antes de la lectura de la imagen DIM. El frente descendente de la señal R\_PD, es decir, el final de la operación de restablecimiento global de los fotodiodos, desencadena el inicio del tiempo de integración de la luz, que tiene una duración  $T'$  y termina en el frente descendente de la señal CH\_T que desencadena la detención de la transferencia global de carga de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de carga.

En paralelo con el tiempo de integración  $T'$ , se procede a la adquisición de la imagen negra DIM, que se efectúa línea por línea. El inserto en la parte inferior izquierda de la figura ilustra las operaciones que conducen a la adquisición de un píxel de la imagen negra; estas operaciones se efectúan simultáneamente para todas las columnas (y por lo tanto todos los canales de lectura) y sucesivamente para todas las líneas. En primer lugar, la señal SH\_REF activa el muestreador-bloqueador SH1 para que adquiera una muestra de la tensión de referencia  $V_{REF}$ . Seguidamente, la señal L\_Si activa el transistor de selección de línea de un píxel de la línea i-ésima de la matriz M; durante el tiempo de

activación de este transistor, la señal SH\_PIX activa el muestreador-bloqueador SH2 para que adquiera una muestra de la tensión  $V_P$  en los terminales del nodo de almacenamiento de carga de este píxel. Las tres operaciones L\_Si, SH\_PIX y SH\_REF también se pueden hacer simultáneamente para todas las líneas. Como no ha habido transferencia de carga desde la operación de restablecimiento de los nodos de almacenamiento (R\_FD), la tensión  $V_P$  es igual a  $V_{RST\_COL}$ , la imagen de la tensión de restablecimiento  $V_{RST}$  sobre el conductor  $V_P$ , a lo que se agrega, algebraicamente, un ruido térmico  $V_{KTC}$ :  $V_P = V_{RST\_COL} + V_{KTC}$ . La señal de salida de la cadena de digitalización diferencial CND es una imagen digital de la diferencia de los dos valores muestreados:  $sd_{DIM} = G(V_{RST\_COL} + V_{KTC} - V_{REF})$ , donde G representa una ganancia de la cadena de lectura VL. Dado que  $V_{REF} \cong V_{RST\_COL}$  y casi no tiene ruido, se puede escribir  $sd_{DIM} \cong G \cdot V_{KTC}$ , donde el índice "DIM" recuerda que se trata de la señal relacionada con la imagen negra. Por lo tanto, se puede ver que la imagen negra constituye esencialmente un mapeo del ruido de restablecimiento de la matriz M.

La adquisición de la imagen de integración IIM (ilustrada por el inserto en la parte inferior derecha de la figura) consta de las mismas operaciones, pero que se implementan después de la transferencia global de carga. De este modo, en este caso  $V_P = V_{RST\_COL} + V_{KTC} + V_{INT}$  donde  $V_{INT}$  (generalmente inferior a 0) es la señal útil en el conductor  $V_P$ , proporcional a la energía luminosa interceptada por el fotodiodo del píxel durante el tiempo de integración  $\Delta t$ . Recordando que  $V_{REF} \cong V_{RST\_COL}$  para que se pueda escribir por lo tanto  $sd_{INT} \cong G(V_{INT} + V_{KTC})$ . Desde entonces, el ruido de restablecimiento  $V_{KTC}$  se puede suprimir calculando la diferencia entre  $sd_{INT}$  y  $sd_{DIM}$ :  $sd_{INT} - sd_{DIM} = G V_{INT}$ . Ventajosamente, esta sustracción es calculada numéricamente por el procesador DIP.

La figura 5 ilustra un modo de funcionamiento alternativo del sensor de la figura 1, y más precisamente otro modo de realización de su secuencia de adquisición de imágenes, en el que los nodos de almacenamiento no se reinician simultáneamente, sino línea por línea durante la adquisición (también efectuada línea por línea) de la imagen negra. En este caso, la única señal de restablecimiento de los nodos de almacenamiento R\_FD se reemplaza por una pluralidad de señales de restablecimiento R\_FDi, uno por línea. Para cada línea "i", esta señal de restablecimiento R\_FDi debe preceder al muestreo de la señal  $V_P$  y, por lo tanto, el frente descendente de la señal SH\_PIX. En cambio, el restablecimiento de todos los fotodiodos sigue siendo global, así como su transferencia de carga, de tal manera que la fase de integración sea simultánea para todos los píxeles de la matriz. El hecho de restablecer los nodos de almacenamiento línea por línea reduce las fluctuaciones de la tensión de restablecimiento y, por lo tanto, el nivel de ruido estático de la imagen.

En el sensor descrito por el artículo mencionado anteriormente por B. Fowler y col., la tensión de referencia se adquiere al leer cada píxel durante el restablecimiento de su nodo de almacenamiento de cargas. De este modo, la tensión de referencia (o de restablecimiento) no está disponible permanentemente y debe almacenarse en una memoria analógica para poder sustraerla de la señal útil. Para implementar esta sustracción analógica, además, es necesario prever un módulo de conmutación que permita invertir las dos entradas del amplificador diferencial dispuestas en la entrada de su convertidor analógico-digital para cambiar el signo de la señal de salida; la invención permite evitar esta complejidad adicional. Además, la elección de una referencia fuera de la matriz permite realizar una referencia con muy poco ruido, elemento esencial de la operación anterior. De este modo, la invención permite una simplificación apreciable de la arquitectura del circuito de lectura acompañada de una mejora en los rendimientos en términos de ruido.

Pero la principal ventaja de la invención es que la lectura de un píxel no requiere el restablecimiento de su nodo de almacenamiento o de su fotodiodo; se dice que no es destructiva. De este modo, después de la primera transferencia de carga global (CH\_T 1 en la figura 4) y la lectura de los píxeles línea por línea, los fotodiodos continúan integrando cargas fotogeneradas. Por lo tanto, es posible realizar transferencias de carga subsiguientes: pulsos CH\_T2, CH\_T3... - seguidas de otras lecturas no destructivas. Se este modo se obtiene, para una sola imagen negra, una pluralidad de imágenes de integración IIM, IIM2, IIM3 correspondiente a tiempos de integración crecientes (por ejemplo,  $\Delta t_{INT}$ ,  $2 \Delta t_{INT}$  y  $3 \Delta t_{INT}$ , respectivamente).

Los tiempos de integraciones no son necesariamente idénticos si los pulsos R\_PD aparecieran entre CH\_T1 y CH\_T2 o CH\_T2 y CH\_T3, por ejemplo). Esto permite en particular optimizar la exposición de la imagen final. Por ejemplo, después de la adquisición de la primera imagen de integración, el procesador DIP puede determinar la intensidad de la señal IMAX correspondiente al píxel más brillante de esta imagen. Este valor se transmite al controlador CTR. Si IMAX está lo suficientemente cerca de un valor preestablecido, correspondiente a la saturación del píxel, la secuencia de adquisición se detiene; de lo contrario, se procede a otra lectura no destructiva, y así sucesivamente. El tiempo de integración se adapta así a las condiciones de iluminación, dentro de los límites de las restricciones impuestas por los requisitos de cadencia de adquisición. Tal modo de funcionamiento no sería posible en el caso del sensor del artículo mencionado por B. Fowler y col., en el que la lectura de un píxel es necesariamente destructiva, acompañándose siempre de su restablecimiento. Para lograr el mismo nivel de señal acumulada con el sensor de B. Fowler y col. tendrían que procederse a adquisiciones múltiples, cada uno con su propio restablecimiento generador de ruido. En el caso de la invención, en cambio, solo se sustraen dos imágenes en todos los casos de figura, lo que reduce considerablemente el nivel de ruido.

La invención se ha descrito en relación con un modo de realización particular, pero se pueden prever muchas variantes. En particular:

- Es posible que el sensor no comprenda el procesador DIP, cuyas funciones pueden ser implementadas por un

- dispositivo exterior. Lo mismo ocurre con el controlador CTR.
- Se puede usar un solo procesador dedicado y/o circuito digital para realizar las funcionalidades del procesador DIP y el controlador CTR. O entonces, el procesador DIP y el controlador CTR pueden ser dispositivos físicamente distintos.
- 5
- El circuito de lectura, el procesador DIP, el controlador CTR, las fuentes de tensión  $V_{SRST}$  y  $V_{SREF}$  puede o no estar cointegrados en la matriz M. Estos elementos estar realizados en una forma completamente integrada o usar componentes discretos.
  - Se pueden usar varios diagramas conocidos para realizar las fuentes de tensión continua  $V_{SRST}$  y  $V_{SREF}$ .
- 10
- Los píxeles activos pueden tener arquitecturas diferentes de las que se ilustran ("5T") en la figura 1. Por ejemplo, es posible usar píxeles "4T" que no consten del transistor T2, de tal modo que el restablecimiento del fotodiodo se realice a través de T1 y T3. En cualquier evento, cada píxel debe comprender al menos un fotodiodo, un nodo de almacenamiento, un transistor de transferencia, al menos un transistor de restablecimiento, un transistor de selección de línea y al menos un transistor montado como amplificador como, por ejemplo, en seguidor de tensión.
  - El esquema de la figura 3 está muy simplificado. Los circuitos de lectura conocidos de la técnica anterior pueden usarse para implementar la invención.
- 15
- En el esquema de la figura 3, se considera el caso en el que cada vía de lectura comprende una cadena de digitalización diferencial. En una variante, los canales de lectura pueden comprender circuitos sustractores analógicos y suministrar señales diferenciales analógicas en su salida, digitalizadas con ayuda de un convertidor analógico-digital; este último puede ser común a varias vías de lectura, o incluso todas ellas, y no necesariamente tiene que estar integrada en el circuito de lectura (puede, por ejemplo, ser parte del procesador de imágenes). Incluso se podría considerar una digitalización de las señales  $V_P$  y  $V_{REF}$  muestreadas, seguida de una operación de sustracción implementada digitalmente. En cualquier evento, cada vía de lectura debe comprender un bloque de sustracción, realizado de forma analógica, digital o como un convertidor diferencial analógico-digital.
- 20
- La secuencia de adquisición de imágenes puede diferir de la que se ha descrito con respecto a la figura 4. Por ejemplo:
- 25
- los fotodiodos se pueden restablecer antes, después o al mismo tiempo que los nodos de almacenamiento;
  - la tensión de referencia se puede adquirir antes, después o al mismo tiempo que la tensión en los terminales de cada nodo de almacenamiento.
- 30
- Un sensor según la invención está adaptado para usarse en modo de obturador global mientras permite la lectura no destructiva de los píxeles. No obstante, también se puede usar en modo de obturador enrollable y la adquisición de imágenes de integración múltiples es solo opcional.
  - En caso de adquisición de imágenes de integración múltiples para una misma imagen negra, los tiempos de integración elementales que separan dos transferencias de carga sucesivas pueden no ser iguales.



## REIVINDICACIONES

1. Sensor de imágenes con píxeles activos que consta de una matriz (M) de píxeles (P) organizados por líneas y columnas, así como un circuito de lectura (CL) que consta de una vía de lectura (VL) distinta para cada columna de píxeles, en el que cada píxel comprende:

- 5           ◦ un fotodiodo (PPD),  
               ◦ un nodo de almacenamiento (FD) de las cargas eléctricas integradas por dicho fotodiodo,  
               ◦ un transistor de transferencia (T1) para autorizar selectivamente la transferencia de dichas cargas eléctricas desde el fotodiodo al nodo de almacenamiento,  
               ◦ un transistor de restablecimiento del nodo de almacenamiento (T3) para conectar selectivamente dicho nodo de almacenamiento a una fuente ( $V_{RST}$ ) de tensión de restablecimiento ( $V_{RST}$ ),  
 10           ◦ un transistor de selección de línea (T4) para conectar selectivamente dicho píxel a la vía de lectura de la columna a la que pertenece, y  
               ◦ un transistor (T5) montado como seguidor de tensión para transferir a dicha vía de lectura la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento por medio de dicho transistor de selección de línea;

15 **caracterizado porque** cada vía de lectura comprende un bloque de sustracción (CND) que tiene dos entradas y una salida, estando dicho bloque de sustracción conectado para recibir en una primera entrada la tensión ( $V_P$ ) en los terminales del nodo de almacenamiento de uno de los píxeles de la columna correspondiente a través del transistor montado como seguidor de tensión y del transistor de selección de línea de dicho píxel y sobre una segunda entrada,  
 20 una tensión de referencia ( $V_{REF}$ ) externa a dicha matriz de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz vista en la entrada de la vía de lectura, y para proporcionar a su salida una señal representativa de una diferencia de los niveles de tensión presentes en sus entradas;  
 y **porque** dicho sensor también comprende un controlador (CTR) configurado para pilotar los transistores de los píxeles y el circuito de lectura para:

- 25           - efectuar un restablecimiento global de los fotodiodos;  
               - efectuar un restablecimiento de los nodos de almacenamiento de los píxeles de la matriz y adquirir una primera imagen digital, llamada imagen negra (DIM); después  
               - realizar una transferencia global de carga de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles; después  
               - adquirir una segunda imagen digital llamada imagen de integración (IIM);  
 30           para realizar una adquisición de imagen en modo de obturador global con sustracción del ruido de restablecimiento y lectura no destructiva de los píxeles de las cargas integradas.

2. Sensor de imagen según la reivindicación 1 que también comprende al menos un generador ( $V_{SREF}$ ) de dicha tensión de referencia ( $V_{REF}$ ), exterior a dicha matriz de píxeles.

35 3. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones anteriores, en el que cada dicho bloque sustractor es una cadena de digitalización diferencial configurada para suministrar en su salida una señal digital representativa de la diferencia de los niveles de tensión analógicos presentes en sus entradas.

4. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho controlador (CTR) está configurado para pilotar los transistores de píxeles y el circuito de lectura para restablecer los nodos de almacenamiento de píxeles línea por línea.

40 5. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un primer y un segundo muestreador-bloqueador (SH1, SH2) están presentes en la primera y segunda entradas de cada dicho bloque de sustracción, respectivamente, y dicho controlador está configurado para:

- a) activar él o los transistores de restablecimiento de todos los píxeles para restablecer sus fotodiodos y sus nodos de almacenamiento;  
 45           b) activar los primeros muestreadores-bloqueadores de cada vía de lectura, de tal modo que una muestra de la tensión de referencia esté presente en la primera entrada de cada bloque de sustracción (CND);  
               c) para cada columna de píxel, y después del restablecimiento de los nodos de almacenamiento correspondientes:  
                   c1) activar sucesivamente los transistores de selección de línea,  
                   c2) en correspondencia con cada activación de un transistor de selección de línea, activar el segundo muestreador-bloqueador de la vía de lectura correspondiente a dicha columna de tal manera que una muestra de tensión esté presente sobre la segunda entrada del bloque de sustracción correspondiente; después  
 50           c3) pilotar el convertidor analógico-digital de dicha vía de lectura, mediante el cual se adquiere una primera imagen digital llamada imagen negra (DIM) línea por línea;

y, luego:

- 55           d) activar los transistores de transferencia de todos los píxeles, para realizar una transferencia de carga global de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles;

e) activar los primeros muestreadores-bloqueadores de cada vía de lectura, de tal modo que una muestra de la tensión de referencia esté presente en la primera entrada de cada bloque sustractor;  
 f) para cada columna de píxel, y después de la transferencia de carga hacia los nodos de almacenamiento correspondientes:

5 f1) activar sucesivamente los transistores de selección de línea,  
 f2) en correspondencia con cada activación de un transistor de selección de línea, activar el segundo muestreador-bloqueador de la vía de lectura correspondiente a dicha columna, después  
 f3) pilotar el convertidor analógico-digital de dicha vía de lectura, mediante el cual se adquiere una segunda imagen digital llamada imagen de integración (IIM) línea por línea;

10 no efectuándose ningún restablecimiento de los fotodiodos o de los nodos de almacenamiento entre las operaciones b) y f3).

6. Sensor de imagen según la reivindicación 5 en el que dicho controlador también está configurado para repetir las operaciones d) a f3) una o varias veces, en función de un nivel de señal (IMAX) de dicha imagen o imágenes de integración, antes de efectuar de nuevo las operaciones a) a c), de tal manera que una o varias imágenes de integración (IIM, IIM2, IIM3) se adquieran para una misma imagen negra.

7. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones 5 o 6, que también consta de un procesador digital de imágenes (DIP) configurado para sustraer de dicha o una dicha imagen de integración la imagen negra correspondiente.

8. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos píxeles comprenden un transistor de restablecimiento de fotodiodo (T2) y un transistor de restablecimiento del nodo de almacenamiento (T3) distintos.

20 9. Sensor de imagen según una de las reivindicaciones anteriores, en el que cada píxel también comprende un transistor de restablecimiento del fotodiodo (T2) para conectar selectivamente el fotodiodo a una fuente ( $V_{RST}$ ) de tensión de restablecimiento ( $V_{RST}$ ).

25 10. Procedimiento de adquisición de imágenes por medio de un sensor de imágenes con píxeles activos que consta de una matriz (M) de píxeles (P) organizados por líneas y columnas, así como un circuito de lectura (CL) que consta de una vía de lectura (VL) distinta para cada columna de píxeles, en el que cada píxel comprende:

- un fotodiodo (PPD),
- un nodo de almacenamiento (FD) de las cargas eléctricas generados por dicho fotodiodo cuando se ilumina,
- un transistor de transferencia (T1) para autorizar selectivamente la transferencia de dichas cargas eléctricas desde el fotodiodo al nodo de almacenamiento,
- al menos un transistor de restablecimiento (T2, T3) para conectar selectivamente el fotodiodo y el nodo de almacenamiento a una fuente ( $V_{RST}$ ) de tensión de restablecimiento ( $V_{RST}$ ),
- un transistor de selección de línea (T4) para conectar selectivamente dicho píxel a la vía de lectura de la columna a la que pertenece, y
- un transistor (T5) montado como seguidor de tensión para transferir a dicha vía de lectura la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento por medio de dicho transistor de selección de línea; constando el procedimiento de las siguientes etapas;

A) activar él o los transistores de restablecimiento de todos los píxeles para restablecer sus fotodiodos y sus nodos de almacenamiento;  
 B) muestrear una tensión de referencia externa a dicha matriz, generada en el interior de dicho circuito de lectura y de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz;  
 C) para cada columna de píxel, y después del restablecimiento de los nodos de almacenamiento correspondientes: activar sucesivamente los transistores de selección de línea, muestrear la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento del píxel correspondiente, sustraer la tensión de referencia muestreada en la etapa B) de la tensión muestreada de este modo y digitalizar el resultado, para adquirir línea por línea una primera imagen digital llamada imagen negra;

y, luego:

D) activar los transistores de transferencia de todos los píxeles, para realizar una transferencia global de carga de los fotodiodos hacia los nodos de almacenamiento de dichos píxeles;  
 E) muestrear una tensión de referencia, generada en el interior de dicho circuito de lectura y de valor sustancialmente igual a la tensión de restablecimiento de los píxeles de la matriz;  
 F) para cada columna de píxel, y después de la transferencia de carga hacia los nodos de almacenamiento correspondientes: activar sucesivamente los transistores de selección de línea, muestrear la tensión en los terminales del nodo de almacenamiento del píxel correspondiente, sustraer la tensión de referencia muestreada en la etapa E) de la tensión muestreada de este modo y digitalizar el resultado, para adquirir línea por línea una segunda imagen digital llamada imagen de integración.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que las etapas D) a F) se repiten una o varias veces, en función

de un nivel de señal de dicha imagen o imágenes de integración, antes de efectuar de nuevo dichas etapas A) a C), de tal manera que una o varias imágenes de integración (IIM, IIM2, IIM3) se adquieran para una misma imagen negra.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 u 11, que también consta de una etapa que consiste en sustraer de dicha o de una dicha imagen de integración la imagen negra correspondiente.

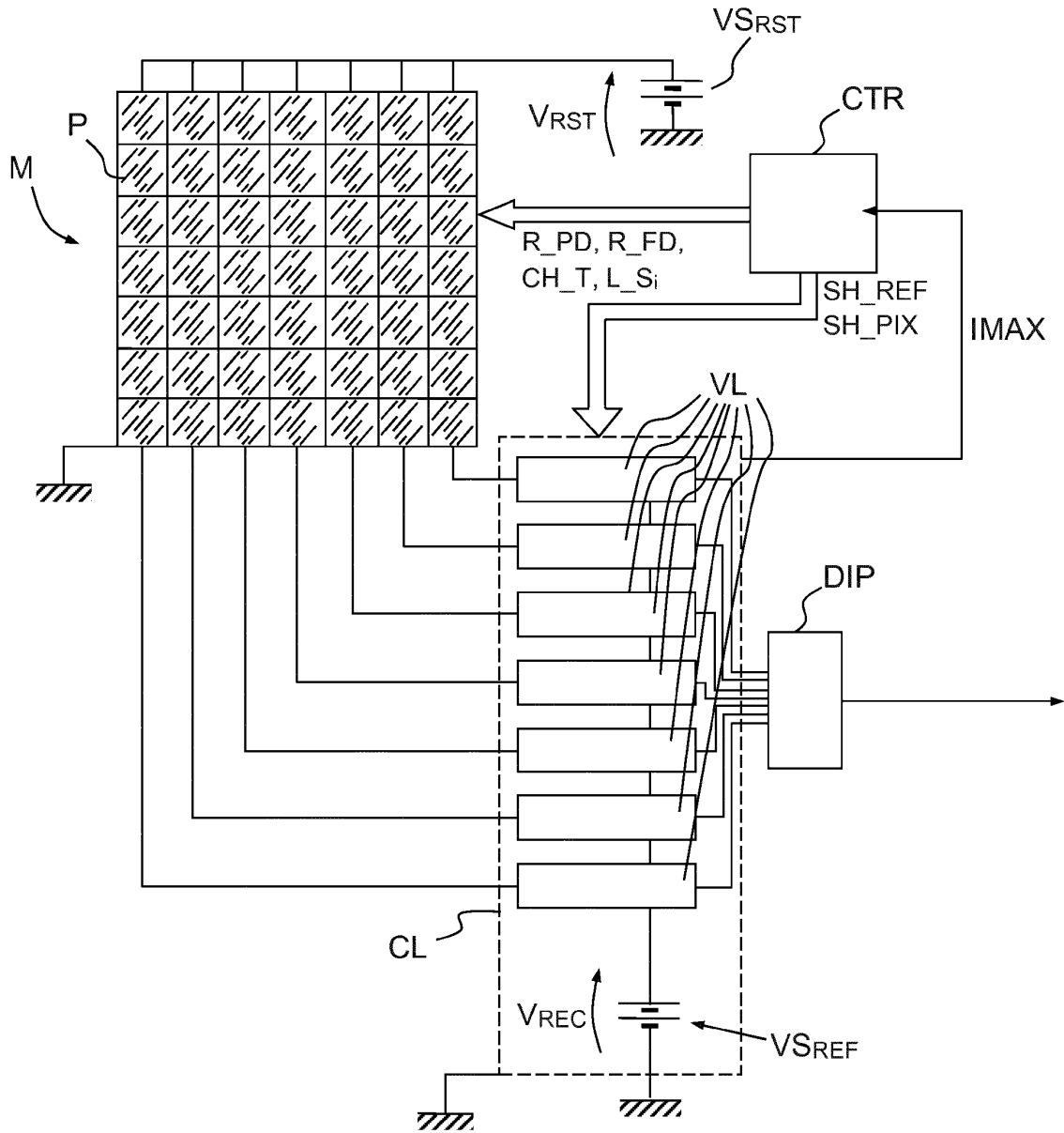


FIG.1

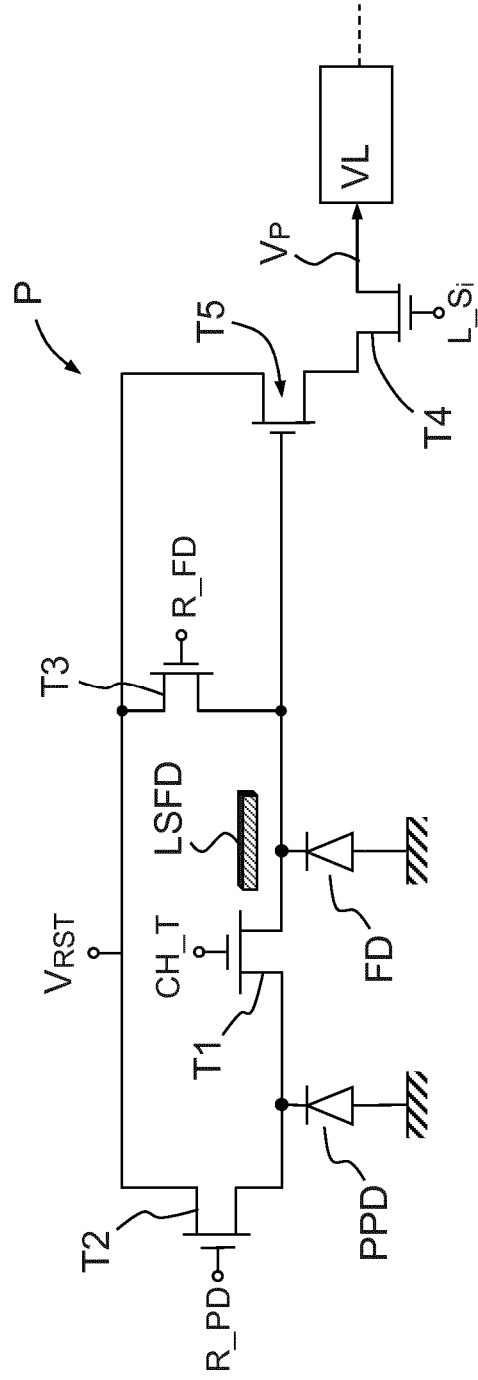


FIG.2

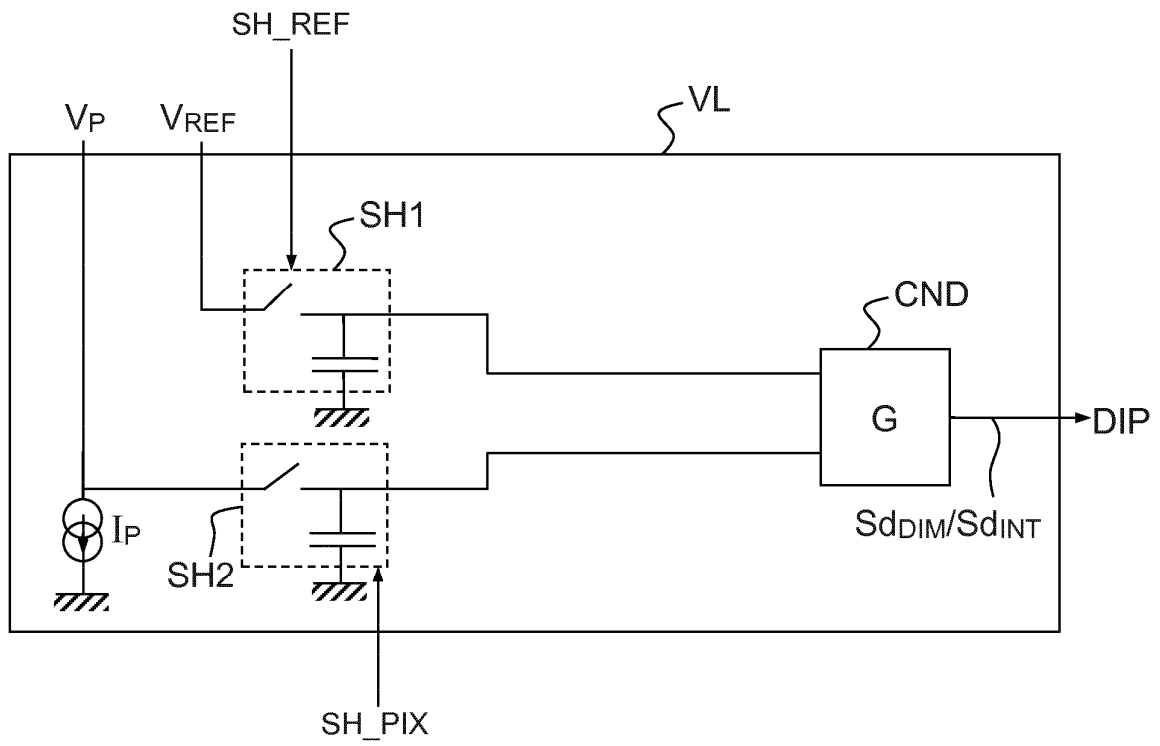


FIG.3

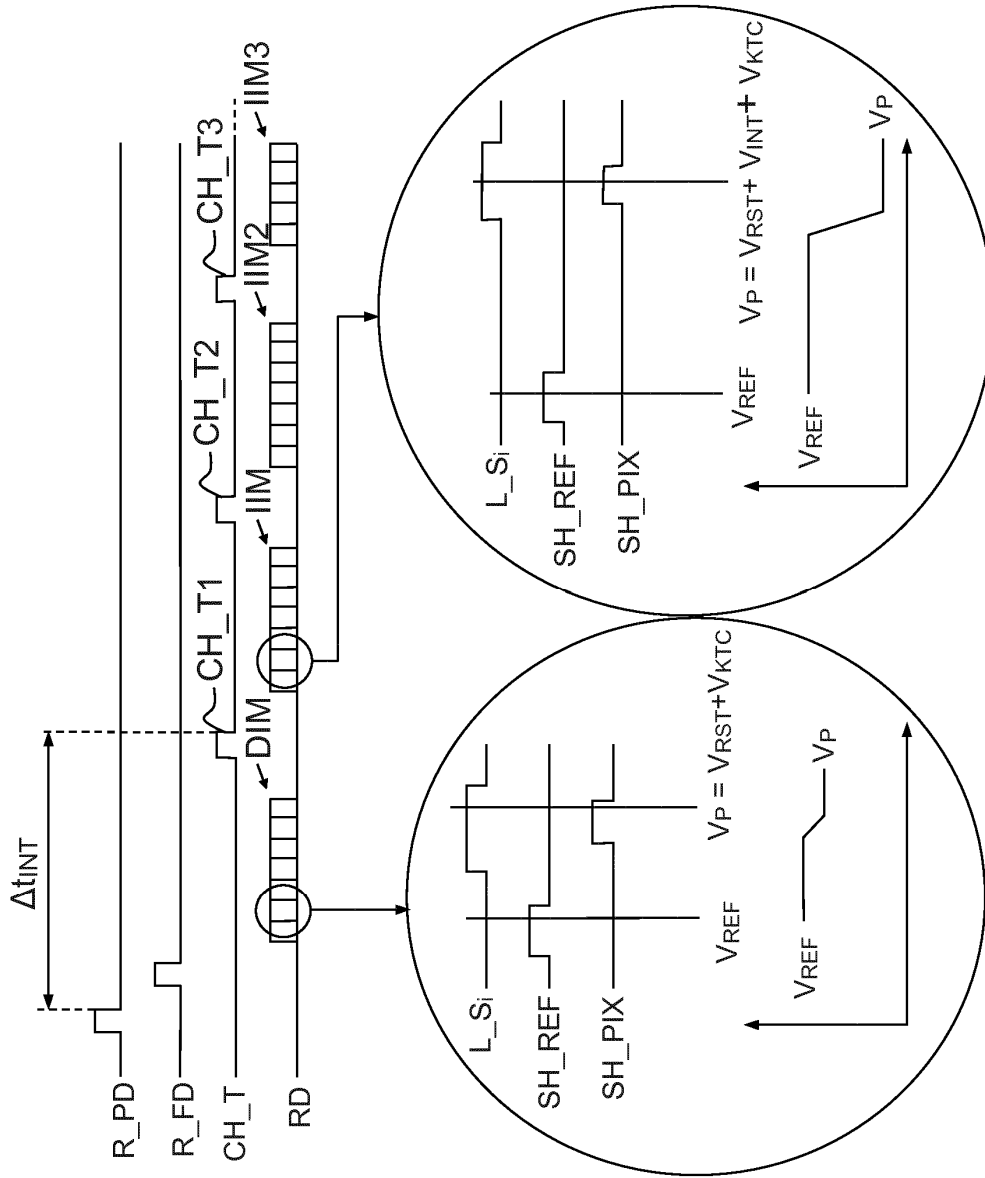


FIG.4

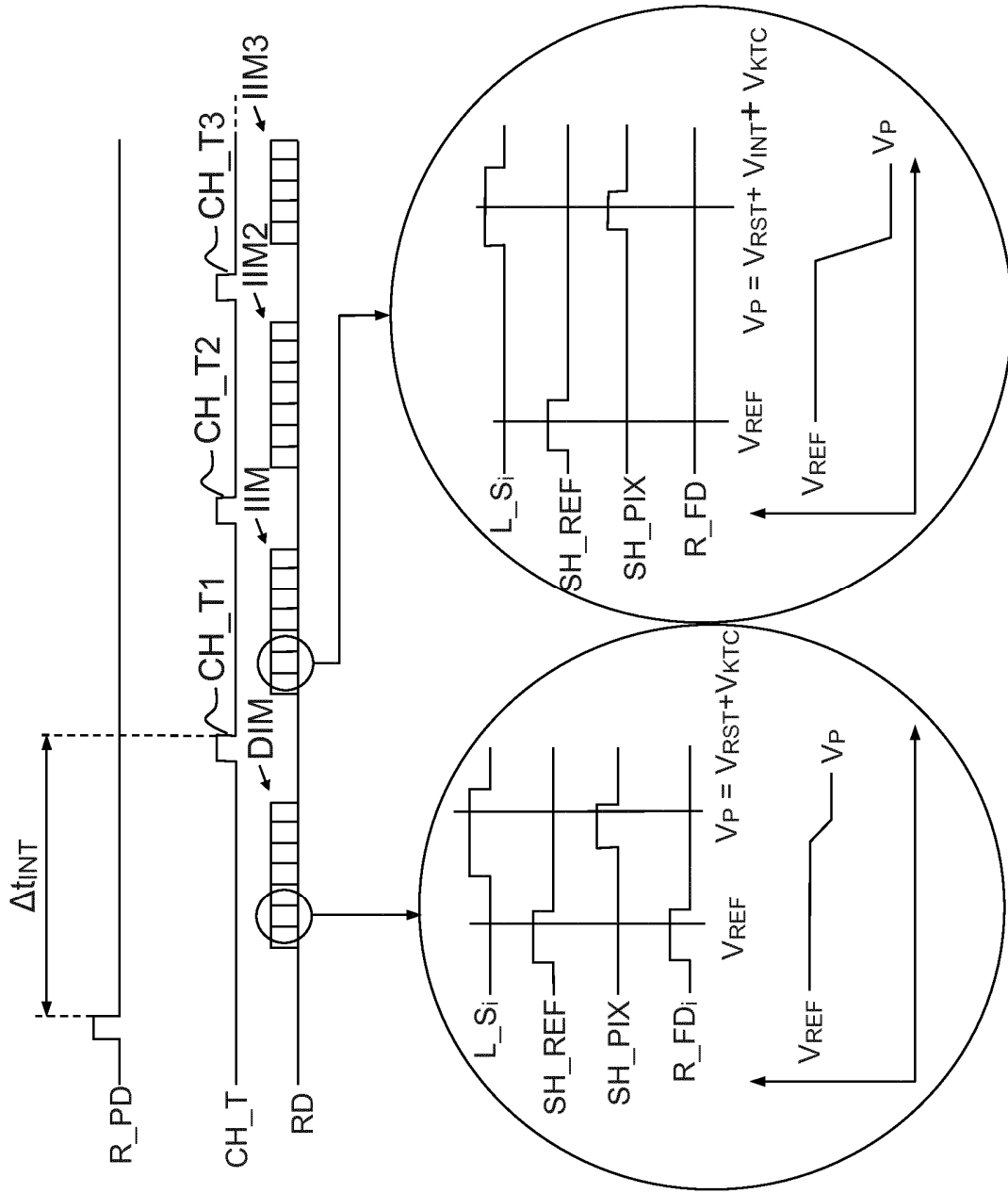


FIG.5