

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 194**

51 Int. Cl.:

H04N 3/14 (2006.01)

H04N 5/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.11.2007 PCT/AT2007/000526**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.05.2008 WO08061268**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2007 E 07815192 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2098062**

54 Título: **Método para generar una imagen en forma electrónica, elemento de imagen para un sensor de imagen para generar una imagen, así como sensor de imagen**

30 Prioridad:

23.11.2006 AT 19402006

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

03.07.2017

73 Titular/es:

**AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
GMBH (100.0%)
TECH GATE VIENNA WISSENSCH. U. TECH.
PARK DONAU-CITY-STRASSE 1
1220 WIEN, AT**

72 Inventor/es:

**POSCH, CHRISTOPH;
LITZENBERGER, MARTIN;
MATOLIN, DANIEL y
WOHLGENANNT, RAINER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 621 194 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

Método para generar una imagen en forma electrónica, elemento de imagen para un sensor de imagen para generar una imagen, así como sensor de imagen.

5 La presente invención hace referencia a un método para generar una imagen de una escena en forma electrónica a través de elementos de imagen, también hace referencia a un elemento de imagen para un sensor de imagen para generar una imagen con un dispositivo para medir la exposición, y a un sensor de imagen para generar una imagen en forma electrónica con una pluralidad de elementos de imagen.

10 El procesamiento de imágenes clásico se basa en la evaluación de datos que son proporcionados por un sensor de imagen. En la adquisición de datos mediante un sensor de datos generalmente la información visual pasada a la forma electrónica para cada elemento de imagen (píxel) del sensor, con un ciclo predeterminado (sincrónico), es leída desde el sensor de imagen, usualmente muchas veces por segundo, (por ejemplo Fossum E.R., "CMOS image sensors: Electronic Camera-On-A-Chip", Electron Devices, IEEE Transactions on, Vol.44, Iss.10, pp.1689-1698, octubre de 1997). A este principio se imponen varios límites, debido a la cantidad de datos producida en sensores de alta resolución (de forma temporal y/o local) y al costoso procesamiento posterior resultante. En primer lugar, la tasa de datos de los canales de transmisión digitales se encuentra limitada y no es lo suficientemente grande para algunas tareas del procesamiento de imágenes de alto rendimiento; además, las exigencias con respecto al espacio de almacenamiento para las cantidades de datos proporcionadas por el sensor de imagen, en particular en el caso de aplicaciones de alta velocidad, con frecuencia no pueden cumplirse en cuanto al aspecto técnico (o también de forma conveniente en cuanto al aspecto económico). Además, los procesadores de señal eficientes de modo correspondiente, para muchas aplicaciones, en particular móviles, tienen un consumo de energía muy elevado, o son muy costosos para muchas áreas de aplicación. Por último, algunas aplicaciones (de alta velocidad) inclusive no pueden ser realizadas debido a la potencia insuficiente del procesador.

25 Desde hace algunos años se estudian arquitecturas de sensores de imagen que efectúan un procesamiento previo de la información de la imagen directamente en el sensor, generalmente de forma paralela en cada elemento de imagen ("focal plane processing"). Algunos de los sensores de esa clase envían la información de la imagen previamente procesada de forma asíncrona y controlada por un evento, es decir, independientemente de un ciclo externo, y sólo cuando se detecta información relevante en la escena.

30 En el caso especial del sensor óptico de transiciones, esa información relevante se trata de modificaciones relativas en la intensidad de la exposición recibida por los elementos de imagen (píxel) individuales que operan de forma autónoma. El circuito electrónico, el detector de transiciones que constituye la base de esos elementos de imagen, se describe en Lichtsteiner, P.; Posch, C.; Delbruck, T., "A 128x128 120dB 30mW asynchronous vision sensor that responds to relative intensity change," Solid-State Circuits, 2006 IEEE International Conference Digest of Technical Papers, pp. 2060- 2069, febrero 6-9, 2006, in Lichtsteiner, P.; Delbruck, T.; Posch, C., "A 100dB dynamic range high-speed dual-line optical transient sensor with asynchronous readout," Circuits and Systems, 2006. ISCAS 2006. Proceedings. 2006 IEEE International Symposium on, pp. 1659- 1662, 21-24 mayo de 2006, y en la solicitud WO 2006/128315 A1.

40 Puesto que las modificaciones de la luminosidad generalmente son causadas a través de una modificación de la reflectividad de objetos en la escena, éstas se asocian generalmente a los movimientos de los objetos. Los píxeles que no detectan una modificación de la luminosidad no producen ningún dato. Debido a ello se reduce en forma considerable la cantidad de datos que se encuentra presente, en comparación con los sensores de imagen CMOS o CCD tradicionales que, tal como se indicó anteriormente, leen todo su campo de píxeles permanentemente con una tasa constante ("Frame-Rate" tasa de trama). No obstante, en el flujo de datos sólo se encuentra contenida también información sobre los objetos que se modifican en la escena, es decir que no existe ninguna información de la imagen sobre las superficies homogéneas y el segundo plano sin movimiento (es decir, ninguna información de valores de gris). Puesto que los píxeles individuales reaccionan de forma asíncrona y con una latencia reducida a los estímulos en su campo visual, durante la lectura no se produce una cuantificación temporal y puede alcanzarse una resolución temporal elevada. Para muchas aplicaciones de la "Machine Vision" (visión artificial), por ejemplo en las áreas vinculadas a los automóviles, al monitoreo, a la automatización industrial, etc. los datos de un sensor de transiciones son especialmente adecuados.

50 Una propiedad limitante de los sensores ópticos de transiciones es la ausencia de una imagen "legible" para las personas (de la intensidad- así como valor de gris / imagen a color). Sin embargo, algunas aplicaciones requieren información sobre objetos inmóviles (o invariables) o sobre el fondo de la escena. Aun cuando se utilizan operadores humanos no puede prescindirse de una imagen de video de la escena observada.

55 Las desventajas de los sensores de imagen CMOS o CCD secuenciados tradicionales, tal como ya se ha mencionado, residen en la limitación de la resolución temporal a la tasa de "trama" con la cual se lee el campo de píxeles, en la cantidad de datos altamente redundantes que son generados por los sensores de esa clase y en un rango dinámico limitado.

El objeto de la presente invención consiste en desarrollar un método y un dispositivo para el registro continuo de la información de imagen de una escena variable observada, con una resolución temporal y de imagen elevada dentro de lo posible, y sobre un rango dinámico amplio (de la intensidad de la luz que puede ser procesada). Los datos adquiridos no deben consistir en una secuencia de imágenes individuales, sino en un flujo asíncrono de información de modificación de píxeles individuales, la cual sólo es registrada y transmitida cuando efectivamente ha tenido lugar una modificación en el campo visual del píxel. Esto conduce a una supresión considerable de la redundancia temporal típica de los sensores de imagen tradicionales en la información de la imagen y a cantidades de datos esencialmente más reducidas, en el caso del mismo contenido de información (o inclusive de un contenido mayor). El resultado es comparable a un video, pero sin imágenes individuales. El elemento de imagen para un sensor de imágenes, para implementar el método mencionado, puede realizarse en base a circuitos electrónicos, analógicos. El sensor de imagen con una pluralidad de elementos de imagen de esa clase, de manera más conveniente, puede presentar un consumo de potencia en lo posible reducido y, generalmente, se realiza como sistema CMOS integrado.

Para alcanzar dicho objeto, el método presentado en la introducción se caracteriza porque una medición de la exposición en uno de los elementos de imagen autónomos es estimulada mediante un primer fotorreceptor a través del evento de una detección independiente, asíncrona, de una modificación de la luminosidad en la sección de la escena observada por el elemento de imagen a través de otro fotorreceptor del mismo elemento de imagen, y porque el resultado de esa medición, junto con la dirección del elemento de imagen, se transmite de forma asíncrona para el almacenamiento y/o para un procesamiento posterior. Después de que cada píxel del sensor ha detectado al menos una vez una modificación y, con ello, ha efectuado una medición de la exposición, una ilustración (valor de gris/ imagen a color) de la escena observada en su totalidad se encuentra presente en forma digital. A continuación, sólo los píxeles que detectan las modificaciones de luminosidad en su campo visual envían valores de gris nuevamente actualizados (y no todos los píxeles en momentos predeterminados, independientemente de si se encuentra presente o no nueva información). Para píxeles que no detectan una modificación de la luminosidad, es decir, que "pretenden" una luminosidad invariable, no se necesita una actualización del gris. A través de ese método, dependiendo del contenido dinámico de la escena observada, se logra una reducción sustancial de la cantidad de datos generada en comparación con un sensor de imágenes secuenciado (síncrono), con el mismo resultado. Como resultado, en cada momento una imagen completa (del valor de gris) de la escena observada se encuentra en la memoria de imágenes y se actualiza continuamente con una resolución temporal elevada, pero con una tasa de datos (relativamente) más reducida. Una lectura de la información de la imagen desde la memoria de imágenes es posible en todo momento y con tasas de repetición elevadas, independientemente del funcionamiento del registro de imágenes.

De acuerdo con la forma de ejecución preferente de la invención, el final de la medición de la exposición se determina en el elemento de imagen alcanzando un valor umbral regulable a través de una variable física que depende de la exposición, la dirección del elemento de imagen en ese momento se transmite para un procesamiento posterior, y la diferencia de tiempo entre el momento del evento que activa la medición de la exposición y el alcance del valor umbral se emplea como medida para la exposición del elemento de imagen. La variable física mencionada, la cual depende de la exposición, en el elemento de imagen, preferentemente es la tensión eléctrica en el condensador de integración del circuito del fotodetector. La dirección del elemento de imagen, en ese momento, es transmitida nuevamente, de forma asíncrona y controlada por un evento, para un procesamiento posterior, y la diferencia de tiempo entre el momento del evento que activa la exposición, detectado por un detector de transiciones, y el alcance del valor umbral, detectado por un comparador del valor umbral que compara la señal de tensión del circuito del fotodetector con un nivel regulable, se utiliza como medida para la exposición del elemento de imagen. El método de acuerdo con la invención no requiere señales de control externas para controlar secuencias temporales, en particular la medición de la exposición.

Conceptos y métodos sobre el tema "sensores de imagen basados en tiempo" se describen en las siguientes publicaciones:

Bermak, "A CMOS imager with PFM/PWM based analog-to-digital converter", Circuits and Systems, 2002. ISCAS 2002. IEEE International Symposium on, 2002;

Chen S.; Bermak, A., "A low power CMOS imager based on time-to-first-spike encoding and fair AER," Circuits and Systems, 2005. ISCAS 2005. IEEE International Symposium on, pp. 5306- 5309 Vol. 5, 23-26 mayo de 2005;

Chen S.; Bermak, A., "A Second Generation Timeto-First-Spike Pixel with Asynchronous Self Poweroff," Circuits and Systems, 2006. ISCAS 2006. Proceedings. 2006 IEEE International Symposium on, pp. 2289- 2292, 21-24 mayo de 2006;

Culurciello, E.; Etienne-Cummings, R.; Boahen, K., "Arbitrated address-event representation digital image sensor," Electronics Letters, vol.37, no.24pp.1443-1445, 22 noviembre de 2001;

Curciello, E.; Etienne-Cummings, R.; Boahen, K.A., "A biomorphic digital image sensor," Solid- State Circuits, IEEE Journal of, vol.38, no.2pp. 281- 294, febrero de 2003;

J.G. Harris, X. Qi, Q. Luo and X. Guo, "SNR and FPN considerations for time-based wide dynamic range CMOS image sensors", 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, julio 14-18, 2002;

5 Kitchen, A.; Bermak, A.; Bouzerdoum, A., "PWM digital pixel sensor based on asynchronous self-resetting scheme," Electron Device Letters, IEEE, vol.25, no.7pp. 471- 473, julio de 2004;

Qiang Luo; Harris, J.G., "A time-based CMOS image sensor," Circuits and Systems, 2004. ISCAS '04. Proceedings of the 2004 International Symposium on, vol.4, IV- 840-3 Vol.4, 23-26 mayo de 2004;

Xin Qi; Xiaochuan Guo; Harris, J.G., "A time-to-first spike CMOS imager," Circuits and Systems, 2004.

10 ISCAS '04. Proceedings of the 2004 International Symposium on, vol.4, IV-824-7 Vol.4, 23-26 mayo de 2004;

Chen Xu; Chao Shen; Bermak, A.; Mansun Chan, "A new digital-pixel architecture for CMOS image sensor with pixel-level ADC and pulse width modulation using a 0.18 mm CMOS technology," Electron Devices and Solid-State Circuits, 2003 IEEE Conference on, pp. 265-268, 16-18 diciembre de 2003;

15 así como en los documentos de patente US 6,660,989; US 6,069,377; US 6,642,503; US 5,650,643; US 5,565,915 y US 6,587,145.

20 Todos los métodos descritos se diferencian esencialmente del principio según la invención, ya que por ejemplo éstos inician un ciclo de exposición para el campo de píxeles en su totalidad (trama) o al menos en forma de líneas (columnas) (por ejemplo el "modo "rolling-shutter"), de forma externa , (es decir con un "inicio" global o una señal de "reinicio"), o codifican la información de luminosidad como "Inter-Spike-Intervalle" (intervalo inter -espiga) en ciclos continuos de "Request-Acknowledge-Reset-Integrate" (integración de reinicio de reconocimiento de petición) .

25 Para suprimir variaciones en la tensión residual o fallas temporarias causadas por errores, de manera ventajosa, puede preverse que después de alcanzarse un primer valor de tensión al inicio de la integración, la dirección del elemento de imagen sea transmitida, de manera que a continuación, al alcanzarse un segundo valor de tensión (del mismo proceso de integración) la dirección de ese elemento de imagen sea transmitida nuevamente, donde la diferencia de tiempo entre los momentos en que se alcanzan los dos valores de tensión diferentes, se emplea como medida para la exposición del elemento de imagen.

En todas las variantes, la información sobre la detección de una modificación de la luminosidad y sobre la medición de la exposición pueden transmitirse de forma paralela e independiente una con respecto a otra.

30 Una característica esencial de la invención reside en el hecho de que la medición de la exposición en un elemento de imagen es iniciada a través de una modificación de la luminosidad en ese elemento de imagen, donde la aparición de la modificación de la luminosidad se señala a través de la transmisión de la dirección del elemento de imagen para el procesamiento posterior.

35 De acuerdo con otra forma de ejecución de la invención, tal como en el caso de un sensor de imagen APS convencional, se determina el valor de tensión resultante en el elemento de imagen después de la integración durante un período predeterminado y se emplea como medida para la exposición del elemento de imagen, transmitiéndose para un procesamiento posterior. Sin embargo, el momento del evento que activa la exposición, tal como anteriormente, se determina de forma autónoma con respecto al circuito de píxeles y de forma asíncrona.

40 La iniciación de la medición de exposición para un grupo de elementos de imagen puede activarse o desactivarse de forma conjunta, para poder realizar una selección de la sección desde la totalidad del área de la imagen, para la cual puede generarse una imagen "legible" para el usuario. Por ejemplo, pueden desconectarse áreas en las cuales es suficiente el monitoreo de modificaciones de la luminosidad, lo cual naturalmente reduce también la tasa de datos que debe ser transmitida.

45 De manera similar puede ser ventajoso también cuando, de acuerdo con una forma de ejecución según la invención, la detección de modificaciones de la luminosidad se activa o se desactiva de forma conjunta para un grupo de elementos de imagen. De este modo, áreas irrelevantes pueden desconectarse en su totalidad o la generación de imágenes puede limitarse a secciones más reducidas, lo cual reduce esencialmente la tasa de datos que debe ser transmitida.

De manera ventajosa, tal como se ha explicado hasta el momento, el método puede mejorarse aún más al iniciarse de forma externa una medición de la exposición de referencia en al menos un elemento de imagen, al menos en cualquier momento. Los elementos de imagen descritos hasta el momento y los sensores de imagen estructurados en base a ello, una vez pasado un tiempo que depende del contenido dinámico de la escena observada, proporcionan una imagen completa con valores de gris para todos los píxeles. Esto resulta de la propiedad relacionada con el hecho de que los píxeles que no detectan una modificación en su campo visual no activan una medición de la exposición. Por lo tanto, se considera ventajoso poder registrar una imagen completa ("trama de referencia") en cualquier momento, para poder obtener una imagen completa en escenas con un fondo invariable. La funcionalidad mencionada se considera además conveniente, ya que para la fijación óptima de los parámetros para la transformación de la información temporal en valores de gris de la imagen a través del nivel de procesamiento posterior es necesario conocer la información de luminosidad de la escena en su totalidad. Los datos requeridos para la transformación (desplazamiento, rango) pueden extraerse de forma sencilla de los valores temporales de la trama de referencia. De este modo pueden favorecerse la estimulación aleatoria de los elementos de imagen y, con ello, la activación de la medición de la exposición .

Puede preverse que la medición de la exposición en algunas líneas, preferentemente en todas las líneas paralelas de elementos de imagen, sea iniciada en su primer elemento de imagen, respectivamente de forma esencialmente simultánea, y que al final de la integración de la medición de la exposición de un elemento de imagen la medición de la exposición se inicie respectivamente en el siguiente elemento de imagen de la misma línea. De manera alternativa, sin embargo, la medición de la exposición podría activarse también esencialmente de forma simultánea en elementos de imagen que están dispuestos según cualquier patrón predeterminado, preferentemente en un área contigua.

De manera ventajosa, la medición de la exposición de referencia puede efectuarse de forma simultánea e independientemente de la detección de variaciones de luminosidad, a través de los elementos de imagen del sensor de imagen.

En una forma de ejecución puede lograrse una simplificación de la técnica del circuito y una reducción de la necesidad de la superficie para el circuito, en donde la iniciación de la medición de la exposición para un elemento de imagen tiene lugar a través de la activación respectivamente de toda la columna que contiene ese elemento de imagen, como también líneas y la vinculación lógica "UND" de esas señales de activación. Para ello, un elemento de imagen de acuerdo con la invención presenta un dispositivo para la medición de la exposición, y se caracteriza porque se proporcionan dos fotorreceptores, de los cuales un fotorreceptor se utiliza para la medición de la exposición, la cual activa una modificación de la luminosidad en el otro fotorreceptor, donde se proporciona además un circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, a un circuito de evaluación, y porque adicionalmente se proporciona un circuito para la detección de modificaciones de la luminosidad y se encuentra conectado al circuito de evaluación, donde el circuito, al detectar una modificación de la luminosidad, emite una señal para iniciar el dispositivo para la medición de la exposición y el circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección.

Un sensor de imagen para ejecutar el método descrito hasta el momento puede estructurarse a partir de una cantidad de elementos de imagen que funcionan preferentemente de forma autónoma y asíncrona, llamados también píxeles, y de una memoria de imágenes con una cantidad de células de memoria correspondiente a la cantidad de los elementos de imagen en el sensor, en donde pueden almacenarse los resultados de la medición de la exposición respectivamente más actual para cada píxel. La memoria puede realizarse sobre el mismo sustrato ("chip") como el sensor de imagen en sí mismo, o puede ser un módulo separado.

Para la medición de la luminosidad, el elemento de imagen está provisto de un fotodetector, tal como los que se emplean en los sensores de imagen CMOS secuenciados tradicionales. Circuitos de fotodetector se describen por ejemplo en Fossum E.R., "CMOS image sensors: Electronic Camera- On-A-Chip", Electron Devices, IEEE Transactions on, vol.44, Iss.10, pp.1689-1698, Oct 1997, en Noble P.J.W., "Self-scanned silicon image detector arrays" Electron Devices, IEEE Transactions on, vol.15, Iss.4, pp. 202- 209, abril de 1968, y en Chamberlain S.G., "Photosensitivity and Scanning of Silicon Image Detector Arrays," Solid-State Circuits, IEEE Journal of, vol.4, Iss.6, pp. 333- 342, diciembre de 1969. En un píxel CMOS, la corriente fotoeléctrica generada por un fotodiodo en función de la intensidad de la luz irradiada es integrada en un condensador y el valor de tensión eléctrico resultante es leído después de un tiempo fijado. Tanto el inicio como también el final de esa integración son predeterminados en un sensor de imagen CMOS tradicional, igual para todos los píxeles, a través de señales de control externas.

En el elemento de imagen de acuerdo con la invención, el momento del evento que activa la medición de la exposición (=integración) no es el mismo para todos los píxeles ni se deriva de forma síncrona desde un momento común, como en los sensores de imagen individuales, sino que depende de cada píxel, considerando el contenido de la escena observada, es decir, que se determina para sí mismo al detectarse una modificación de la luminosidad. En ese momento, el elemento de imagen transmite su dirección, generalmente una dirección X, Y, en un campo del

píxel rectangular del sensor de imagen, de forma independiente, mediante un canal de transmisión preferentemente arbitrado y asíncrono, para un procesamiento posterior.

5 De acuerdo con una forma de ejecución ventajosa puede preverse que la línea de señal desde el circuito para la detección de modificaciones de la luminosidad hacia el dispositivo para la medición de la exposición, y el circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, pueda ser separada, donde se proporciona una línea de control externa para iniciar el dispositivo y el circuito.

10 De acuerdo con una forma de ejecución ventajosa de la invención se prevé que el dispositivo para la medición de la exposición comprenda un circuito de integración con comparador del valor umbral y, junto con el circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, esté integrado en un circuito.

De manera ventajosa, como comparador del valor umbral se utiliza un amplificador de operación de dos niveles, donde mediante un transistor adicional, en el estado de reposo del circuito, se reduce casi a cero el flujo estático y, con ello, el consumo de energía en el comparador del valor umbral.

15 Una ventaja adicional puede lograrse debido a que el comparador del valor umbral puede conmutar entre dos tensiones de comparación regulables, donde durante el proceso de integración puede conmutar entre dos valores regulables por separado, donde el circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, controla el comparador del valor umbral para la conmutación entre esas tensiones de comparación. De este modo, la selección de la tensión de comparación que debe aplicarse respectivamente, así como la determinación de los puntos de conmutación, tienen lugar a través del circuito para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, de forma independiente en el elemento de imagen, de manera que con ello pueden suprimirse errores a través de variaciones de la tensión residual, así como a través de fallos temporarios. Preferentemente se proporcionan además dos árbitros del bus asíncronos, paralelos e independientes, mediante los cuales, de forma separada uno de otro, el circuito para la detección de variaciones de la luminosidad y el circuito para la medición de la exposición se encuentran conectados al circuito de evaluación. Árbitros del bus adecuados se describen por ejemplo en Boahen K., "Point-to-point connectivity between neuromorphic chips using Address Events", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 47 pp. 416-433, 2000 und K. A. Boahen, "A burst-mode word-serial address-event link-I transmitter design," IEEE Transactions on Circuits and Systems I-Regular Papers, vol. 51, pp. 1269-1280, 2004.

De acuerdo con una característica opcional de la invención puede preverse además que el circuito para la medición de la exposición presente un circuito de integración con un tiempo de integración regulable y que se encuentre conectado a un convertidor analógico/digital para el valor de tensión resultante.

35 De manera conveniente, el convertidor analógico/ digital se encuentra conectado al circuito de evaluación mediante un bus de datos separado de la transmisión de la detección de variaciones de luminosidad.

40 Una forma de ejecución del elemento de imagen de acuerdo con la invención se caracteriza porque el circuito para la detección de variaciones de la luminosidad presenta un detector de transiciones con un circuito de conmutación analógico para el procesamiento de la señal y para el envío asíncrono, preferentemente mediante el "protocolo de dirección - evento" ("Address-Event-Representation", AER). AER se describe por ejemplo en Boahen K., "Point-topoint connectivity between neuromorphic chips using Address Events", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 47 pp. 416-433, 2000.

Un sensor de imagen para generar una imagen, con una estructura base como la mencionada en la introducción, para solucionar el objeto planteado, se caracteriza porque sus elementos de imagen están estructurados según uno de los principios precedentes.

45 De acuerdo con una forma de ejecución ventajosa, ese sensor de imagen puede caracterizarse también porque se proporciona un circuito para la excitación forzada de la medición de la exposición en al menos un elemento de imagen en cualquier momento.

50 Una forma de ejecución especial de un sensor de imagen de acuerdo con la invención se caracteriza por elementos de imagen que están dispuestos en forma de líneas, donde el circuito está diseñado para la excitación externa forzada esencialmente simultánea de respectivamente los primeros elementos de imagen de cada línea, para determinar el final de la medición de la exposición de cada elemento de imagen y para la excitación forzada respectivamente del siguiente elemento de imagen de la misma línea.

En todas las formas de ejecución mencionadas son posibles variantes dentro del marco de la invención. A modo de ejemplo, un circuito para regular la corriente de fuga del circuito podría proporcionarse para detectar modificaciones de la luminosidad, el cual puede utilizarse para la excitación temporalmente aleatoria de la medición de la exposición en el elemento de imagen. No obstante, un circuito para la excitación esencialmente simultánea, forzada, del circuito para la medición de la exposición puede implementarse para un grupo de elementos de imagen, donde dicho grupo de elementos de imagen se encuentra dispuesto en cualquier patrón predeterminable, preferentemente en un área contigua. Para reducir la inversión técnica en cuanto al circuito, así como también la demanda de espacio para el circuito, podría proporcionarse en cada uno una lógica de reiniciación para el circuito para la medición de la exposición, respectivamente para una línea completa o para una columna completa de elementos de imagen, donde en el propio elemento de imagen se encuentra realizada una vinculación lógica "UND" para las señales de las dos lógicas de reiniciación. De este modo, la activación o la desactivación de su circuito para la medición de la exposición mediante una cadena de registros de desplazamiento con función de carga puede realizarse de forma conjunta respectivamente para al menos una línea y/o al menos una columna de elementos de imagen. Del mismo modo, las simplificaciones de esa clase y las dimensiones físicas de menor tamaño del circuito pueden lograrse cuando respectivamente para al menos una línea y/o al menos una columna de elementos de imagen la activación o la desactivación de sus circuitos para la detección de modificaciones de la luminosidad y para la medición de la exposición se realizan de forma conjunta mediante una cadena de registros de desplazamiento con función de carga.

En la siguiente descripción la invención se explica de forma más detallada mediante ejemplos de ejecución preferentes y haciendo referencia a los dibujos añadidos.

La figura 1a muestra un esquema de conexiones simplificado del detector de transiciones; la figura 1b representa sus cursos típicos de la señal; la figura 2 muestra un diagrama de bloques de un elemento de imagen de acuerdo con la invención con árbitros del bus, en una primera forma de ejecución; la figura 3 muestra un diagrama de bloques de un elemento de imagen con árbitro asíncrono, multiplexor/Sample&Hold y ADC; la figura 4 muestra un diagrama de bloques de un elemento de imagen con árbitros para una forma de ejecución según la figura 2, complementada con detalles para la realización de circuitos para la generación flexible de estímulos para tramas de referencia o funcionamiento de video síncrono y la activación o desactivación optativa de cualquier área, contigua o no contigua, en el campo de píxeles ("Region-Of-Interest", ROI); la figura 5 muestra un diagrama esquemático de la unidad lógica 4 en la parte de medición de la exposición 12 del píxel en la figura 4; la figura 6 muestra cursos de tiempo típicos para las señales de lógica; la figura 7 muestra un diagrama de circuitos de un comparador del valor umbral de acuerdo con la invención; y la figura 8 muestra un diagrama esquemático del circuito de reiniciación 14 en la figura 4.

Un esquema de conexión simplificado de un detector de transiciones tradicional (estado del arte) se representa en la figura 1a, donde en la figura 1b se representan los cursos de la señal típicos que se presentan en el mismo. La señal de entrada del detector de transiciones es la corriente a través del transistor M1 y el fotodiodo 1a I_{photo} . En una disposición del amplificador invertida realimentada A1, la corriente fotoeléctrica es transformada en una señal de tensión V_p . Las modificaciones de V_p son amplificadas por el amplificador de inversión A2, acoplado de forma capacitiva, y aparecen como desviación de un valor de tensión definido (punto de trabajo después del evento "reinicio") en el punto V_{Diff} . Cuando la señal V_{Diff} se ubica por encima o por debajo de valores umbral que pueden regularse de forma determinada, lo cual es detectado por dos comparadores de tensión, se activa brevemente una señal "reinicio", debido a lo cual se cierra el circuito "reinicio" y el nodo de entrada del amplificador A2 con su salida cortocircuita, donde por consiguiente el punto de trabajo del circuito del amplificador se reinicia. Esos pulsos de "reinicio" cortos, del modo antes mencionado, se utilizan para generar una señal de "petición" (Req_T) para un árbitro (Arbiter_T, 5), el cual realiza la transmisión respectivamente de un paquete de datos que contiene la dirección del píxel (dirección X, Y en el campo de píxeles) (los así llamados "eventos de dirección"). De ese modo se detectan modificaciones temporales de la iluminación de fotodiodos (modificaciones de la luminosidad) y se transmiten de forma asíncrona mediante un bus de datos 7. La tasa de la modificación se representa en el dominio temporal como distancias entre los eventos de reinicio (véase la figura 1b); la dirección de la modificación (más claro o más oscuro) resulta de la ubicación por encima del valor umbral más elevado o por debajo del valor umbral más bajo (evento "+" o "-"). Ese circuito se utiliza en el elemento de imagen que es objeto de la presente invención, junto con otros bloques del circuito.

De manera preferente, el elemento de imagen de la figura 2 está realizado como tecnología CMOS con fotodiodos 1a, 2a como fotorreceptores. Ese elemento de imagen (píxel) para un sensor de imagen, compuesto por una pluralidad de píxeles, se compone esencialmente de un detector de transiciones 1 y de un circuito del fotodetector 2. El mismo se amplía en un comparador del valor umbral 3 con circuito 4 que, a través de la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición en el píxel, junto con la transmisión de la dirección del píxel al circuito de evaluación, posibilita la transformación de la información de exposición en una duración.

Para realizar un sensor de imagen, varios elementos de imagen se sitúan en una disposición de matriz (por ejemplo cuadrática). El sistema en su totalidad se compone del sensor de imagen y de una unidad de procesamiento

posterior y de almacenamiento. En la unidad de procesamiento posterior, el resultado de cada medición de la exposición, una duración, generalmente mediante un contador digital, se transforma en un valor digital. La unidad de almacenamiento contiene una célula de memoria por píxel. En esa memoria se almacena la imagen de valor de gris generada y, en el caso de modificaciones, se adecua de forma continua, donde esas modificaciones son detectadas, medidas y enviadas por los píxeles de forma autónoma y asíncrona, con una resolución temporal muy elevada. La imagen actual de valor de gris puede ser leída en cualquier momento por un consumidor de datos desde la memoria de imágenes, de forma paralela con respecto al proceso continuo de registro de imágenes.

Los datos de los elementos de imagen, mediante árbitros del bus 5, 6 asíncronos y buses de datos 7, 8 paralelos, son transmitidos a la unidad de procesamiento posterior, donde los paquetes de datos individuales (eventos de dirección) son provistos de una firma temporal. Para el detector de transiciones y la parte de medición de la exposición, preferentemente, pueden realizarse árbitros del bus 5, 6 y buses de datos 7, 8 separados. Con la ayuda de señales de petición (Req) y reconocimiento (Ack) se implementa un protocolo asíncrono "handshaking" entre el sensor de imagen y la unidad de procesamiento posterior.

De manera alternativa, a los eventos puede asignarse la marca temporal ya en el sensor y los datos son transmitidos mediante árbitros del bus síncronos.

A continuación se explicará el modo de funcionamiento de un elemento de imagen y de un sensor de imagen de acuerdo con la invención. El detector de transiciones 1 de un píxel detecta una modificación de la exposición relativa que excede un umbral regulable, y produce un "evento de dirección". Esto significa que en ese momento el píxel transmite su dirección, generalmente una dirección X, Y, en el campo de píxeles rectangular del sensor de imagen, de manera independiente, para un procesamiento posterior. Al mismo tiempo, en la parte de medición de la exposición comienza un ciclo de medición de la exposición (integración), donde el conmutador de "reinicio" se abre (transistor Rst en el circuito del fotodetector s). Después de finalizada la integración, caracterizada porque la tensión fotoeléctrica integrada en el condensador del circuito del fotodetector 2 alcanza un valor umbral regulable V_{ref} (detectado por un comparador del valor umbral 3), se genera otro "evento de dirección" y se transmite de forma asíncrona para el almacenamiento/procesamiento posterior. Los dos "eventos" llevan la misma dirección del píxel, pero pueden diferenciarse a través de un bit de identificación. En caso de utilizar dos árbitros del bus paralelos (de manera preferente) esa diferenciación no es necesaria. El tiempo de integración es indirectamente proporcional a la corriente a través del fotodiodo 2a y, por tanto, de la exposición del píxel. Puesto que la integración finaliza al alcanzar un valor umbral regulable, la diferencia de tiempo entre los dos "eventos de dirección" codifica la exposición del píxel.

El control asíncrono en la parte de medición de la exposición, en el funcionamiento normal, se forma con la ayuda del circuito de lógica 4, en base a la señal "handshake" Ack_T del detector de transiciones 1, a la señal "handshake" Ack_B de la parte de medición de la exposición y a la señal inicial del comparador del valor umbral 3.

De este modo, los dos tipos de eventos se activan controlados por un evento o por datos y son transmitidos para un procesamiento posterior digital mediante árbitros del bus asíncronos 5, 6. La correlación (es decir, la identificación de los "eventos de dirección" correspondientes) y la transformación TDC ("conversión de tiempo a digital") tiene lugar en el procesamiento posterior digital con resolución regulable. La utilización de dos árbitros separados reduce latencias del árbitro provocadas por colisiones del evento y fallos que resultan en base a ello.

Como comparador del valor umbral 3 se utiliza un comparador de tensión con un umbral de tensión regulable, donde la tensión de comparación es generada fuera o dentro del comparador. La diferencia de tiempo t_{int} entre el momento del evento que activa la exposición (detectado por ejemplo por el detector de transiciones) y el alcance del valor umbral V_{ref} es una medida para la exposición del elemento del píxel. El tiempo de integración depende de la magnitud de la capacidad de integración en el circuito del fotodetector 2, de la corriente fotoeléctrica I_{ph} provocada por el fotodiodo 2a, así como del valor de tensión V_{start} , mediante la capacidad de integración C_{int} , hasta el inicio de la integración:

$$t_{int} = \frac{C_{int}}{I_{ph}} \cdot (V_{start} - V_{ref})$$

Las desviaciones temporalmente aleatorias (ruidos de tensión) de los valores de tensión V_{start} y V_{ref} , o diferencias de esas tensiones en elementos de imagen diferentes ("ruidos de patrón fijo") pueden conducir a tiempos de integración diferentes en el caso de la misma exposición de los elementos de imagen. Errores adicionales pueden producirse en diferentes elementos de imagen con diferentes tensiones residuales del comparador, a través de imprecisiones en la detección de la tensión de comparación V_{ref} a través del comparador. Una mejora significativa de la calidad de la señal de la imagen en cuanto a ese ruido de la imagen estático y dinámico puede lograrse

determinando la diferencia de tiempo entre el alcance de dos valores de tensión diferentes V_{refH} y V_{refL} en la capacidad de integración. El tiempo de integración asciende entonces a:

$$t_{int} = \frac{C_{int}}{I_{ph}} \cdot (V_{refH} - V_{refL})$$

5 Las desviaciones estáticas o dinámicas de la tensión inicial no influyen en el tiempo de integración. Del mismo modo se suprimen con efectividad errores causados por variaciones de desplazamiento (offset).

De acuerdo con la forma de ejecución preferente de la invención, al alcanzarse el valor umbral superior regulable V_{refH} , el cual se aplica en el comparador del valor umbral 3 del elemento de imagen al inicio de la integración, la dirección del elemento de imagen en ese momento asíncrona y controlada por un evento, es transmitida para el procesamiento posterior. Al mismo tiempo tiene lugar la conmutación de la tensión de comparación en el comparador del elemento de imagen correspondiente a una tensión más reducida V_{refL} , a través de la aplicación del conmutador 13. La dirección del elemento de imagen, al alcanzar esa tensión mediante la capacidad de integración, en ese momento, es transmitida nuevamente, de forma asíncrona y controlada por un evento, para un procesamiento posterior, y la diferencia de tiempo entre los momentos del alcance de las tensiones de comparación V_{refH} y V_{refL} se emplea para la exposición del elemento de imagen.

15 Como comparador del valor umbral preferente (comparador de tensión) puede utilizarse un amplificador diferencial (M1-M5) con amplificador de inversión (M6 y M7) conectado aguas abajo con carga de descenso de corriente (amplificador de operación de dos niveles) (figura 7), donde la tensión, mediante la capacidad de integración del circuito del fotodetector 2 se encuentra conectada a la entrada negativa (-) y la tensión de comparación se encuentra conectada a la entrada positiva (+) del comparador. Cuando la tensión en la entrada negativa es menor que la tensión en la entrada positiva, la tensión de salida del comparador asciende aproximadamente a la tensión de servicio, de lo contrario 0V. El amplificador de operación de dos niveles, ya conocido, fue ampliado para la aplicación descrita a través del transistor M8 (véase la figura 7) para, en el estado de reposo del circuito que se caracteriza por una tensión menor o igual a 0V, mediante la capacidad de integración del circuito del fotodetector 2, reducir aproximadamente a cero el flujo estático de corriente en el comparador de tensión. En el amplificador diferencial esto se da de forma inherente para el estado de reposo del circuito, puesto que en ese caso el flujo de corriente se interrumpe por el transistor M5. De este modo, la tensión en la salida del amplificador diferencial asciende a $V_{outdiff}$ 0V, lo cual, sin la utilización del transistor M8, en el segundo nivel del amplificador, tendría como consecuencia un flujo estático de corriente que se determina a través del transistor de carga de descenso de corriente M6 y de la tensión aplicada V_{bias} . A través de la determinación de M8, de un transistor cuya conductividad requiere una tensión de entrada-fuente superior a 0V, el flujo de corriente entre el nodo V_{out} y el transistor M6, en el caso de una tensión inicial del amplificador diferencial de 0V, puede ser interrumpido, sin influenciar otra funcionalidad del circuito.

De acuerdo con la forma de ejecución preferente de la invención, la señal inicial del comparador debe transformarse de forma adecuada en el mismo elemento de imagen, para la comunicación asíncrona. Además, la conmutación de la tensión de referencia del comparador, al realizar la forma de ejecución con la evaluación del tiempo de integración entre dos tensiones del comparador diferentes, debe tener lugar igualmente de forma separada en cada elemento de imagen. Ambas cosas se realizan mediante el circuito de lógica 4.

A continuación se explica una estructura funcional posible del circuito de lógica 4 para realizar la forma de ejecución con la evaluación del tiempo de integración entre dos tensiones diferentes del comparador, donde la evaluación del tiempo de integración hasta alcanzar sólo un umbral del comparador representa un caso especial, el cual se implementa de forma inherente.

En la figura 6 se representa de forma básica el desarrollo temporal de las señales relevantes para un ciclo de medición de la exposición. Con la restauración de la tensión mediante la capacidad de integración del fotodetector 2 se inicializa al mismo tiempo el circuito de lógica 4 y se genera la señal de conmutación Refsel (selección de refinamiento de la señal) correspondiente para conmutadores 13, para la aplicación de la tensión de referencia superior V_{refH} en el comparador. Al alcanzar V_{refH} mediante la capacidad de integración del elemento de imagen (detectada a través de la señal inicial K del comparador) se activa la señal Req_B[H] y se restaura después de efectuada la transmisión de señal mediante la señal de acuse de recibo Ack_B[H]. Vinculado a ello, la tensión de referencia en el comparador se conmuta a la tensión de referencia inferior V_{refL} , lo cual requiere la modificación de la señal Refsel. La conmutación de la señal Refsel puede tener lugar de forma simultánea con la activación de Req_B[H] o, como en el modo implementado, puede activarse a través de la señal de acuse de recibo Ack_B[H]. Al alcanzar V_{refL} mediante la capacidad de integración del elemento de imagen (detectada a través de la señal inicial K del comparador) se activa nuevamente una señal de petición. Puede utilizarse para ello otra vez la señal Req_B[H] o, del modo implementado, puede utilizarse una señal separada Req_B[L]. Después de realizada la transmisión de

señal, Req_B[L] se restaura mediante la señal de acuse de recibo Ack_B[L]. De este modo concluye el proceso del registro de imagen.

5 Para el caso de la evaluación del tiempo de integración entre la restauración de la capacidad de integración mediante el elemento de imagen y la tensión de referencia superior, la tensión de referencia inferior se fija a un nivel más elevado que la tensión de referencia superior, con lo cual se evita la generación de una segunda señal de petición, que en todo caso no debe ser evaluada.

10 En la figura 5 se muestra una posible realización del circuito de lógica 4 de la forma de ejecución preferente de la invención, en el plano de puerta. Junto con elementos de combinación se utilizan dos memorias de 1 bit para poder codificar efectivamente en el elemento de imagen los tres estados internos del elemento de imagen (la integración - tensión de referencia superior aún no se ha alcanzado mediante la capacidad de integración, la integración - tensión mediante la capacidad de integración se encuentra por debajo de la tensión de referencia superior y por encima de la tensión de referencia inferior, ningún registro de imagen). Los estados de la memoria se representan mediante las señales MEM2 y MEM1. La señal Rst, así como las señales Req_B[H/L], en la realización mostrada, son "low" activas, pero esto no es obligatorio.

15 Puesto que cada píxel controla autónomamente su propio tiempo de exposición puede lograrse un alcance dinámico más amplio de la intensidad de la exposición que puede mostrarse y una resolución del valor de gris elevada. Ya que la resolución que puede alcanzarse depende de la relación de señal - ruido, así como del alcance dinámico, por tanto de la amplitud de señal y, con ello, del tiempo de integración, así como de la corriente eléctrica mínima y del umbral regulado, un aumento de la tasa de actualización de la imagen (en el funcionamiento de video síncrono superpuesto) provoca una reducción simultánea del alcance dinámico y, por tanto, de la resolución del valor fr gris, y de forma inversa. A través de la adecuación del umbral, la tasa de actualización de la imagen puede regularse en función de la resolución del valor de gris deseada.

25 La tasa de datos, en comparación con un sensor de transiciones puro, tal como corresponde por ejemplo a la figura 1, aumenta en el factor 2; donde el sensor de imagen descrito, sin embargo, proporciona adicionalmente una imagen de valor de gris de elevada calidad y una resolución temporal elevada. Puede estimarse que - en el caso de una resolución del valor de gris de 8 bit - puede realizarse una resolución temporal en el rango de sub - milisegundos (comparable con sensores de imagen con varios kilo- tramas por segundo). Las tasas de datos que se presentan dependen del suceso en la escena y se desplazan según las experiencias con los sensores transiciones en el rango de algunos 10 hasta algunos 100 kilo - eventos por segundo (por ejemplo con 16 bit por evento para un sensor de píxel 128x128). La imagen de valor de gris actual almacenada en la memoria, dependiendo de la aplicación, puede ser leída con tasas de repetición de la imagen muy elevadas. En un "sistema en chip" CMOS integrado, la memoria de imágenes, la lógica de correlación y la conversión TDC puede realizarse directamente en el mismo sustrato de silicio que el sensor.

35 En lugar de transformar la información de exposición en una duración variable, de forma alternativa, tal como en el sensor de imagen convencional CMOS APS, puede integrarse (medirse) por una duración determinada y el valor de tensión resultante puede transformarse y emitirse mediante uno, o varios, convertidores analógico/digitales 10. Un circuito a modo de ejemplo para una forma de ejecución de esa clase de un elemento de imagen de acuerdo con la invención se representa en la figura 3.

40 El ciclo de exposición, tal como en la forma de ejecución de la figura 2, es activado de forma asíncrona y controlada por un evento por el detector de transiciones 1. La señal "handshake" asíncrona del detector de transiciones 1, Ack_T, controla la señal de reinicio, Rst, de la parte de medición de la exposición (mediante un circuito de lógica 4), así como el multiplexor/Sample&Hold 9 y el convertidor analógico/digital 10. El árbitro del bus 5 asíncrono controla el direccionamiento de los píxeles en el campo de píxeles.

45 A continuación se explicará el modo de funcionamiento de esa otra forma de ejecución. El detector de transiciones 1 de un píxel detecta una modificación de la luminosidad relativa que sobrepasa un umbral regulable y produce un "evento de dirección"; al mismo tiempo se inicia un ciclo de exposición (integración) en la parte del fotodetector 2. Después del final de la integración, definido por una señal de control externa (Sample&Convert), la tensión inicial de la parte de medición de la exposición 2 disminuye desde un circuito 9 Sample&Hold y es transformada por un convertidor analógico/digital 10. Los datos de valor de gris de ADC son enviados mediante un bus de datos 11 separado para un procesamiento posterior/almacenamiento. El tiempo de integración es controlado externamente por el procesamiento posterior (Sample&Convert). Los "eventos de dirección" del detector de transiciones son transmitidos para un procesamiento posterior mediante un árbitro del bus 5 asíncrono y un bus de datos 7.

55 Los elementos de imagen descritos hasta el momento y los sensores de imagen estructurados en base a ello, después de un cierto tiempo, proporcionan una imagen completa con valores de gris para todos los elementos de imagen. Lo mencionado resulta del hecho de que los píxeles que no detectan una modificación en su campo visual, tampoco generan "eventos " y, por tanto, no realizan ninguna medición de la exposición. Para determinar los parámetros para la transformación óptima de la información temporal en los valores de gris de la imagen es

necesario conocer la información de luminosidad de toda la escena. Por lo tanto, se considera ventajoso poder registrar una imagen completa (trama de referencia) en cualquier momento. Los datos requeridos para la transformación TDC ("desplazamiento", "rango") pueden extraerse de forma sencilla de los valores temporales de la trama. Además, esa funcionalidad es conveniente para obtener rápidamente una imagen completa en el caso de escenas con un fondo invariable.

En principio, para el registro de una trama de referencia son posibles varios procedimientos. En el caso más sencillo, el campo de píxeles completo es estimulado externamente, iniciándose debido a ello al mismo tiempo la integración en todos los píxeles. El píxel que recibe la mayor intensidad de exposición envía primero, los píxeles restantes siguen en el orden de su exposición (concepto de "Time-to-first- Spike"). Este concepto se describe por ejemplo en Chen S.; Bermak, A., "A low power CMOS imager based on time-to-first-spike encoding and fair AER," Circuits and Systems, 2005. ISCAS 2005. IEEE International Symposium on , pp. 5306- 5309 Vol. 5, 23-26 mayo de 2005, en Chen S.; Bermak, A., "A Second Generation Time-to-First-Spike Pixel with Asynchronous Self Power-off," Circuits and Systems, 2006. ISCAS 2006. Proceedings. 2006 IEEE International Symposium on , pp. 2289- 2292, 21-24 mayo de 2006, in Qiang Luo; Harris, J.G., "A timebased CMOS image sensor," Circuits and Systems, 2004. ISCAS '04. Proceedings of the 2004 International Symposium on , vol.4, IV- 840-3 Vol.4, 23-26 mayo de 2004, in Q. Luo, J.G. Harris, A Time-Based CMOS Image Sensor, IEEE International Symposium on Circuits And Systems ISCAS04, 2004, in Xin Qi; Xiaochuan Guo; Harris, J.G., "A time-to-first spike CMOS imager," Circuits and Systems, 2004. ISCAS '04. Proceedings of the 2004 International Symposium on , vol.4, IV- 824-7 Vol.4, 23-26 mayo de 2004, o en la solicitud US 6,660,989.

En el caso de escenas o de áreas de la escena uniformes muchos píxeles alcanzan al mismo tiempo el valor umbral y envían un "evento de dirección" correspondiente. De ello resultan colisiones de datos en los árbitros del bus y, como otra consecuencia, diferentes latencias del árbitro y errores en la diferencia de tiempo entre el momento del estímulo externo y los "eventos" de medición de la exposición correspondientes. Como consecuencia se producen errores en la ilustración.

Para evitar esas desventajas conocidas, así como para reducirlas, de acuerdo con la invención se implementan diferentes posibilidades para el inicio del proceso de integración de los fotodiodos y de la capacidad conectada de forma paralela, a continuación denominada como "reinicio" (véase la figura 4). La realización de la técnica de circuitos de la producción del reinicio tiene lugar en el circuito de reinicio y se representa en la figura 8.

La característica esencial de la invención presentada, tal como ya se explicó, consiste en el hecho de que en el funcionamiento normal el inicio de la medición de la exposición de un elemento de imagen es activado a través de un evento del detector de transiciones del mismo elemento de imagen.

Una característica esencial de la invención presentada consiste en el hecho de que el circuito de reinicio 14 sólo está realizado a modo de columnas y líneas, lo cual a diferencia de una implementación por píxel conduce a una reducción considerable de la inversión y, con ello de la superficie. Preferentemente, el circuito de reinicio 14 es idéntico para columnas y líneas, y genera respectivamente las señales de reinicio Rst_T (0 a Z) para la restauración de los detectores de transiciones 1 y las señales de reinicio Rst_B (0 a Z) para la restauración de las mediciones de exposición 12 de las respectivas columnas o líneas. El reinicio de un píxel determinado tiene lugar a través de la vinculación lógica de las señales Rst_T, así como Rst_B, de las respectivas columnas y líneas en el propio píxel. De modo opcional el circuito de reinicio puede realizarse también directamente en cada píxel.

Una característica esencial de la invención consiste en limitar el reinicio a píxeles seleccionados. La selección tiene lugar a través de señales ROI que, a modo de ejemplo, activan una cadena de registros de desplazamiento con función de carga. Los datos secuenciados en forma de serie activan o desactivan líneas, así como columnas determinadas. A partir de la combinación de líneas y columnas determinadas pueden activarse o desactivarse determinados píxeles del sensor. En la presente realización puede seleccionarse cualquier área rectangular, donde dentro de un área pueden realizarse patrones determinados (por ejemplo se activa sólo cada segundo píxel). A través de ampliaciones, así como adaptaciones adecuadas son posibles otros patrones. A continuación, ese patrón se denominará como ROI (Region of Interest). De modo opcional, los patrones seleccionados a través de ROI pueden invertirse para desactivar áreas; RONI (Region of Non-Interest).

Otra característica esencial de la invención reside en el hecho de que el patrón descrito en el párrafo precedente puede utilizarse de forma opcional tanto para el reinicio del detector de transiciones 1 y/o para el reinicio de la medición de la exposición 12. Esto conduce a una pluralidad de posibilidades que, en combinación con el modo de reinicio señal RstMode que se describirá a continuación, pueden utilizarse para diversos casos de aplicación.

La selección del respectivo modo de reinicio es realizada a través de una o de varias señales de control RstMode. A continuación se indican los diferentes modos de funcionamiento de reinicio, así como de funcionamiento:

Modo de funcionamiento normal

En el modo de funcionamiento normal la restauración de la medición de la exposición de un píxel es activada a través del detector de transiciones 1 del mismo píxel. Para lograr una realización más eficiente, es decir más reducida, se selecciona el "rodeo" mediante una vinculación de señales de reinicio generadas en forma de columnas y de líneas, tal como se describió anteriormente. De manera opcional, la activación del reinicio de la medición de la exposición después de presentarse un evento del detector de transiciones 1 puede retrasarse de forma aleatoria para evitar colisiones de datos en los árbitros del bus, cuando una gran cantidad de detectores de transiciones generan eventos al mismo tiempo. Preferentemente, en esta invención, el reinicio de la medición de la exposición es activado a través de la señal de reconocimiento Ack_T de la misma línea o de la misma columna del píxel, la cual es generada por el árbitro_T 5. Gracias a ello se interceptan colisiones de datos ya a través del árbitro_T 5. Sin embargo son posibles también otras estrategias.

Modo independiente

En el modo independiente, la medición de la exposición opera independientemente del detector de transiciones y, por ejemplo para el registro de una trama de referencia, puede ser activada a través de un reinicio global, tal como se describe más adelante.

Modo secuencial

El modo secuencial se utiliza para reducir colisiones de árbitros que pueden producirse por ejemplo en las (áreas) escenas uniformes en el modo independiente y, a pesar de ello, para obtener relativamente rápido una imagen completa de la escena registrada. En el modo secuencial, la restauración de la medición de la resolución de un píxel es activada a través del final de la medición de la exposición del píxel de la columna precedente. Esto se logra a través de la utilización de la señal Ack_B (N-1) del árbitro_B 6. Es decir, que el inicio de la medición de la exposición del píxel en la columna consecutiva es independiente de una modificación en la escena. Por ejemplo, si la medición de la exposición de toda la primera columna del campo de píxeles se inicia de forma manual, tal como se describe en uno de los apartados posteriores, esto conduce a una activación secuencial de la medición de la exposición de los píxeles en todas las líneas, donde la medición de la exposición de los píxeles de las líneas individuales se activan independientemente una de otra y sólo dependen de la medición de la exposición del píxel en la columna precedente. A través de la utilización de Ack_B (N-1), que señala el final de la medición de la exposición del píxel precedente, el retraso depende de la exposición del píxel precedente, lo cual conduce a un retraso no uniforme y, con ello, a una carga del árbitro regular. De manera opcional también es posible activar la medición de la exposición de un píxel con el inicio de la medición de la exposición del píxel precedente después de un cierto retraso de tiempo regulable. Un cambio de columnas y líneas, de forma conveniente, ofrece el mismo resultado.

Modo aleatorio

En el modo aleatorio se aprovecha el efecto de que, en el caso de una realización idéntica múltiple, elementos de construcción o estructuras dimensionados de forma correspondiente en un chip presentan parámetros determinados a través de tolerancias en el proceso de fabricación, por ejemplo corrientes o tensiones, dispersiones estáticas entre las diferentes realizaciones. De acuerdo con la forma de ejecución preferente de la invención, la dispersión de la corriente de fuga del conmutador de "reinicio" (transistor) del detector de transiciones 1, realizado con dimensiones reducidas, se utiliza para imprimir una corriente que se dispersa entre los distintos píxeles en el punto del nodo entre C1, C2 y la entrada del amplificador A2. La magnitud de la corriente de fuga del transistor de reinicio puede ser influenciada por el potencial mayor del mismo. A través de esa corriente son generados eventos del detector de transiciones, cuya producción es aleatoria para cada píxel, y cuya tasa puede ser controlada a través del potencial mayor. Los eventos del detector de transiciones activan a su vez la medición de la exposición, como en el modo de funcionamiento normal. De este modo, los puntos individuales de la imagen de la escena registrada son actualizados de forma aleatoria y con una tasa regulable.

Independientemente de la selección de los modos de funcionamiento mencionados anteriormente existe la posibilidad de activar la medición de la exposición para una selección de píxeles determinados (ROI), así como de desactivar píxeles determinados (RONI). Gracias a ello resultan las siguientes posibilidades:

Reinicio global de la medición de la exposición: En donde a través de los píxeles seleccionados ROI se inicia al mismo tiempo la medición de la exposición a través de un pulso en la señal GlobalRst. Lo mencionado proporciona rápidamente una imagen para todo el ROI, pero puede conducir a colisiones de datos en el árbitro.

Como característica esencial de la invención, el reinicio global puede utilizarse durante el modo de funcionamiento normal para actualizar la imagen registrada o partes de la misma en caso necesario.

En el modo secuencial, a través de la activación del reinicio global, por ejemplo de la primera columna, se inicia el registro secuencial de toda la escena, del modo antes descrito.

- 5 Desactivación de detectores de transiciones: Los detectores de transiciones de los píxeles seleccionados a través de ROI son mantenidos en el reinicio de duración a través de la activación de la señal TransRst. Debido a ello, los detectores de transiciones seleccionados ya no proporcionan eventos. Puesto que la medición de la exposición en el modo de funcionamiento normal es activada por los detectores de transiciones, con esto puede limitarse el área de la imagen registrada o pueden desactivarse partes del sensor. De este modo es posible por ejemplo un funcionamiento del sensor de líneas (múltiple).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para generar una imagen de una escena en forma electrónica a través de elementos de imagen, caracterizado porque una medición de exposición en uno de los elementos de imagen autónomos es activada mediante un primer fotorreceptor a través del evento de una detección independiente, asíncrona, de una modificación de la luminosidad en la sección de la escena observada por el elemento de imagen a través de otro fotorreceptor del mismo elemento de imagen, y porque el resultado de esa medición, junto con la dirección del elemento de imagen, se transmite de forma asíncrona para el almacenamiento y/o para un procesamiento posterior.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el final de la medición de la exposición se determina en el elemento de imagen alcanzando un valor umbral regulable a través de una variable física que depende de la exposición, la dirección del elemento de imagen en ese momento se transmite para un procesamiento posterior, y la diferencia de tiempo entre el momento del evento que activa la medición de la exposición y el alcance del valor umbral se emplea como medida para la exposición del elemento de imagen.
- 15 3. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque después de alcanzar un primer valor de tensión al comienzo de la integración, la dirección del elemento de imagen es transmitida, de manera que al alcanzar un segundo valor de tensión en el mismo elemento de imagen la dirección de ese elemento de imagen es transmitida nuevamente, y porque la diferencia de tiempo entre los momentos del alcance de los dos valores de tensión diferentes es empleada como medida para la exposición del elemento de imagen.
- 20 4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la información sobre la detección de una modificación de la luminosidad y sobre la medición de exposición es transmitida de forma paralela e independiente una de otra.
- 25 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la medición de la exposición en un elemento de imagen es iniciada a través de una modificación de la luminosidad en ese elemento de imagen, donde la aparición de la modificación de la luminosidad se señala a través de la transmisión de la dirección del elemento de imagen para el procesamiento posterior.
- 30 6. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el valor de tensión resultante en el elemento de imagen después de la integración es determinado mediante una duración predeterminada, es empleado como medida para la exposición del elemento de imagen y es transmitido para el procesamiento posterior.
- 35 7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la detección de modificaciones de la luminosidad para un grupo de elementos de imagen es activada o desactivada de forma conjunta.
- 40 8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque en al menos un momento cualquiera se inicia de forma externa una medición de la exposición de referencia en al menos un elemento de imagen.
- 45 9. Método según la reivindicación 8, caracterizado porque la medición de la exposición en algunas líneas, preferentemente en todas las líneas paralelas de elementos de imagen es iniciada en su primer elemento de imagen, respectivamente de forma esencialmente simultánea, y porque al final de la integración de la medición de la exposición de un elemento de imagen la medición de la exposición se inicia respectivamente en el siguiente elemento de imagen de la misma línea.
- 50 10. Método según una de las reivindicaciones 8 ó 9, caracterizado porque la medición de la exposición de referencia se efectúa al mismo tiempo y de forma independiente con respecto a la detección de modificaciones de la luminosidad, a través de los elementos de imagen del sensor de imagen.
11. Elemento de imagen para un sensor de imagen para generar una imagen, con un dispositivo para la medición de la exposición, caracterizado porque se proporcionan dos fotorreceptores, de los cuales un fotorreceptor se utiliza para la medición de la exposición, la cual activa una modificación de la luminosidad en el otro fotorreceptor, donde se proporciona además un circuito (4) para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, a un circuito de evaluación, y porque adicionalmente se proporciona un circuito para la detección de modificaciones de la luminosidad (1) y se encuentra conectado al circuito de evaluación, donde el circuito (1), al detectar una modificación de la luminosidad, emite una señal para iniciar el dispositivo para la medición de la exposición (2, 3) y el circuito (4) para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección.
12. Elemento de imagen según la reivindicación 11, caracterizado porque la línea de señal desde el circuito para la detección de modificaciones de la luminosidad (1) hacia el dispositivo (2, 3) para la medición de la exposición, y el circuito (4) para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición,

así como de su dirección, puede ser separada, donde se proporciona una línea de control externa para iniciar el dispositivo (2, 3) y el circuito (4).

5 13. Elemento de imagen según la reivindicación 11 ó 12, caracterizado porque el dispositivo (2, 3) para la medición de la exposición comprende un circuito de integración con un comparador del valor umbral (3) y, junto con el circuito diseñado como lógica de reiniciación, para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección (4), está integrado en un circuito (12).

10 14. Elemento de imagen según la reivindicación 13, caracterizado porque como comparador del valor umbral (3) se utiliza un amplificador de operación de dos niveles, donde mediante un transistor adicional (M8), en el estado de reposo del circuito, se reduce casi a cero el flujo estático y, con ello, el consumo de energía en el comparador del valor umbral.

15 15. Elemento de imagen según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque el comparador del valor umbral (3) puede conmutar entre dos tensiones de comparación regulables, donde el circuito (4) para la transmisión asíncrona y controlada por un evento del resultado de la medición de la exposición, así como de su dirección, controla el comparador del valor umbral (3) para la conmutación entre esas tensiones de comparación.

15 16. Elemento de imagen según una de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizado porque el circuito para la medición de la exposición (2) presenta un circuito de integración con un tiempo de integración regulable y se encuentra conectado a un convertidor analógico/digital (10) para el valor de tensión resultante.

20 17. Elemento de imagen según una de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizado porque el circuito (1) para la detección de modificaciones de la luminosidad presenta un detector de transiciones con un circuito de conmutación analógico para el procesamiento de la señal y para la emisión asíncrona, preferentemente mediante el protocolo de dirección - evento.

18. Sensor de imagen para generar una imagen en forma electrónica con una pluralidad de elementos de imagen, caracterizado porque los elementos de imagen están estructurados según una de las reivindicaciones 11 a 17.

25 19. Sensor de imagen según la reivindicación 18, caracterizado porque se proporciona un circuito (14) para la excitación forzada de la medición de la exposición en al menos un elemento de imagen en cualquier momento.

30 20. Sensor de imagen según la reivindicación 18 ó 19, caracterizado porque los elementos de imagen están dispuestos en forma de líneas y el circuito (14) está diseñado para la excitación forzada esencialmente simultánea de respectivamente los primeros elementos de imagen de cada línea, para determinar el final de la medición de la exposición de cada elemento de imagen y para la excitación forzada respectivamente del siguiente elemento de imagen de la misma línea.

FIG. 1a

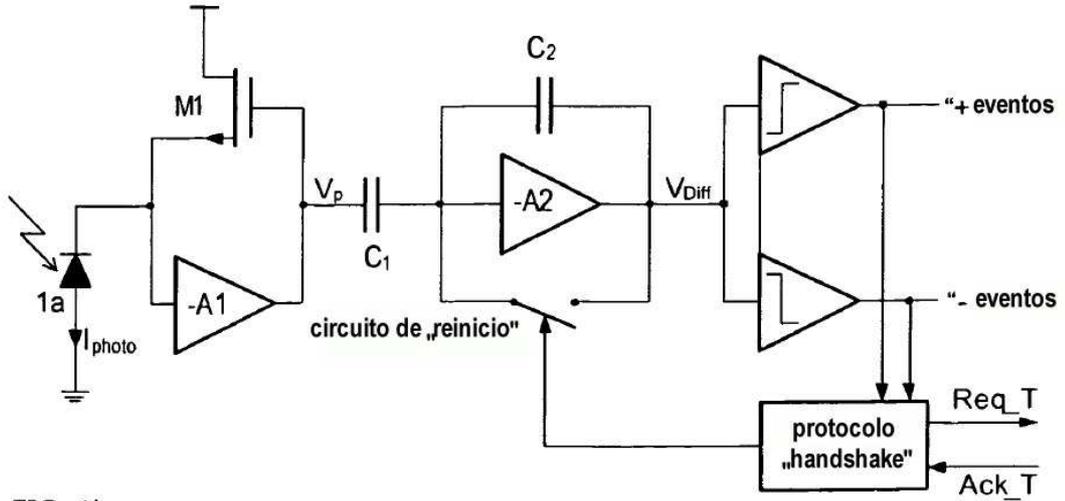


FIG. 1b

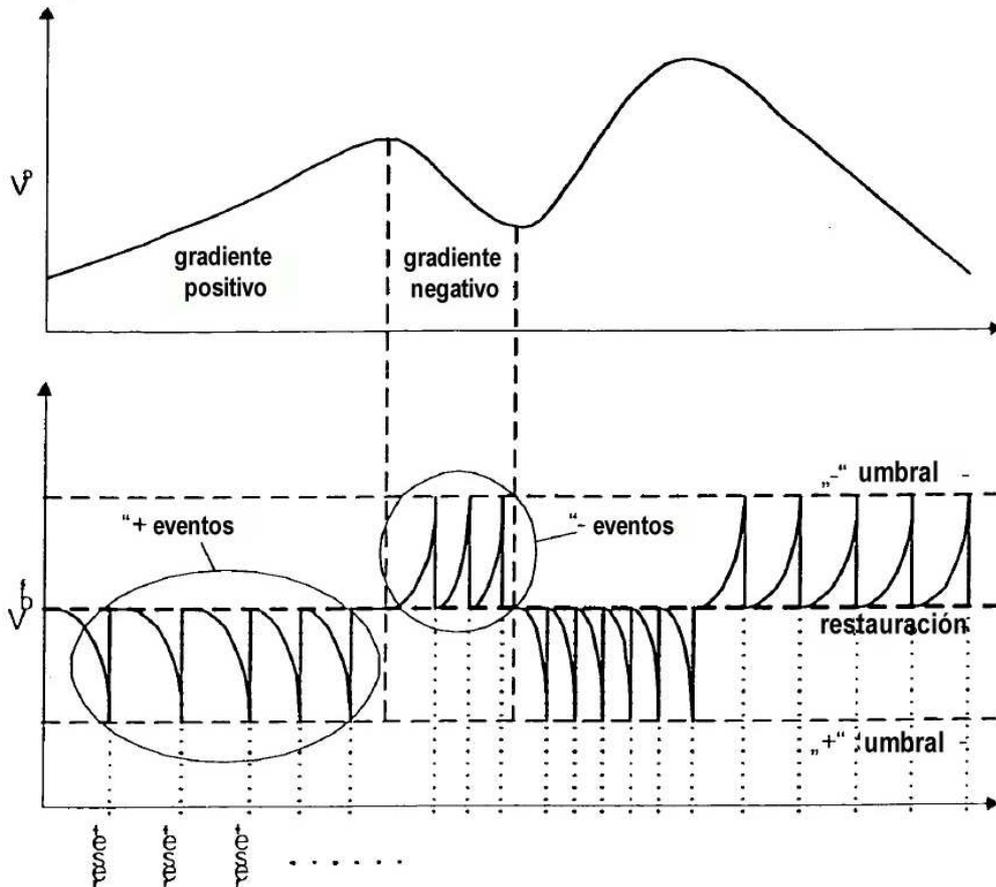


FIG. 2

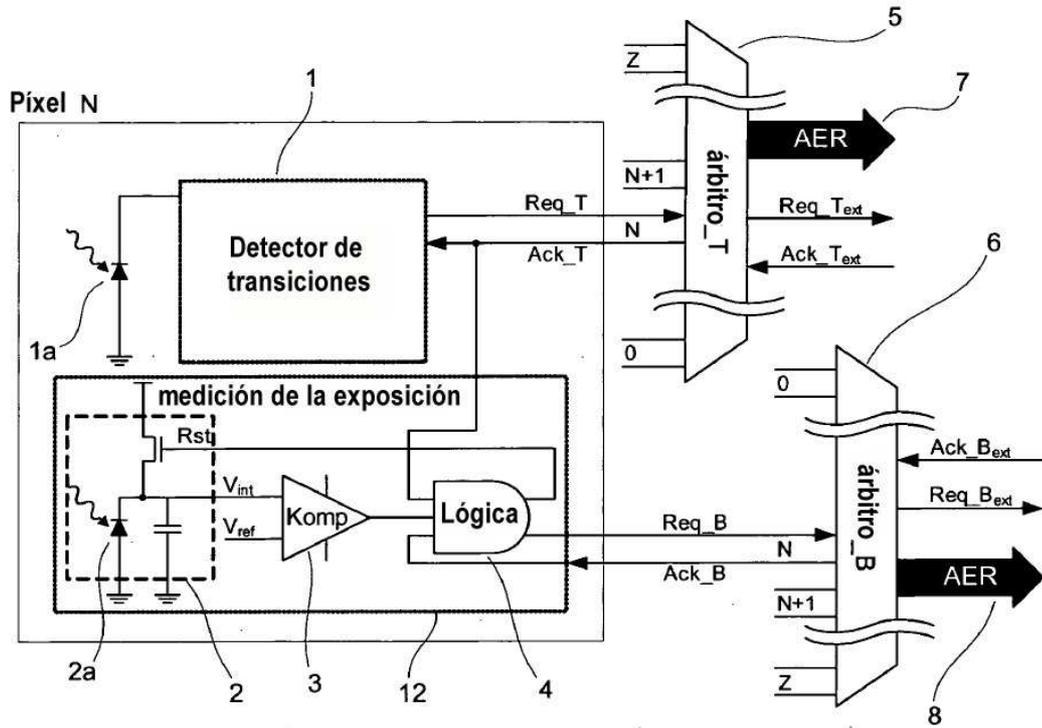


FIG. 3

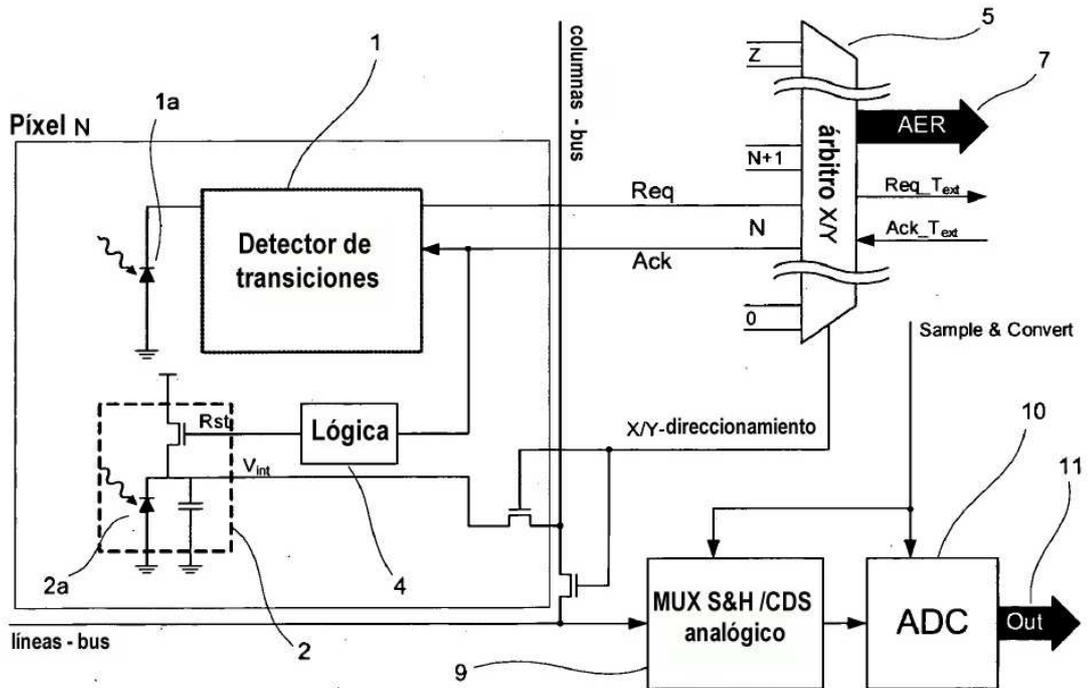


FIG. 4

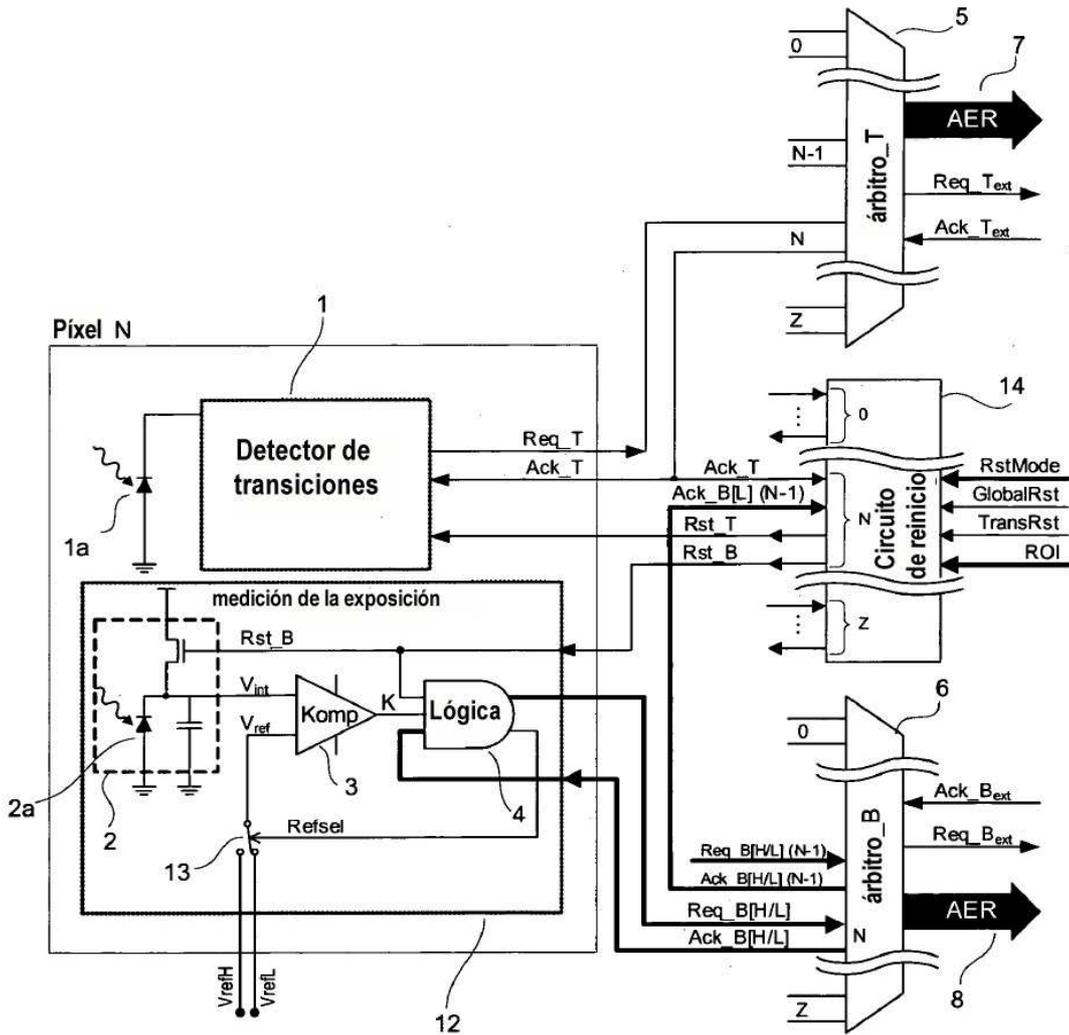


FIG. 5

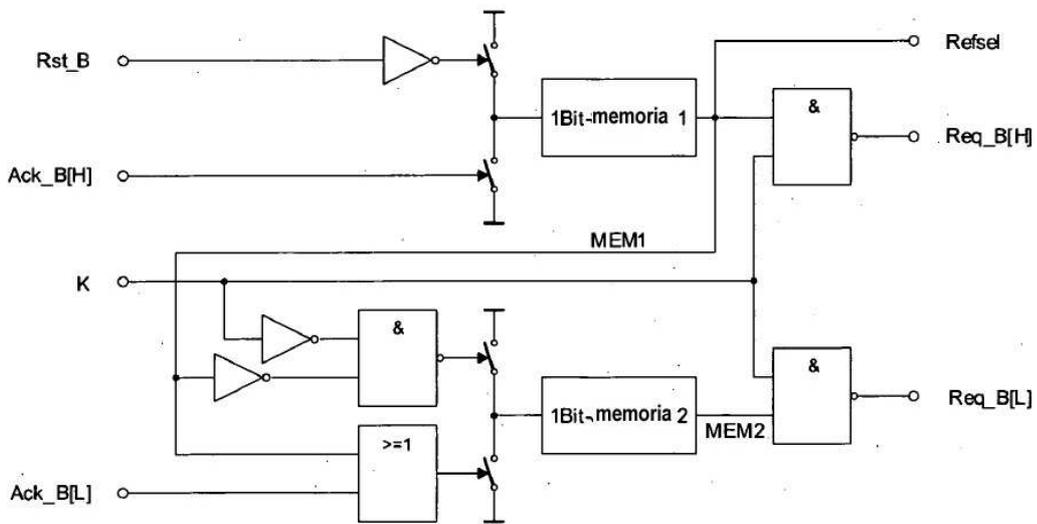


FIG. 6

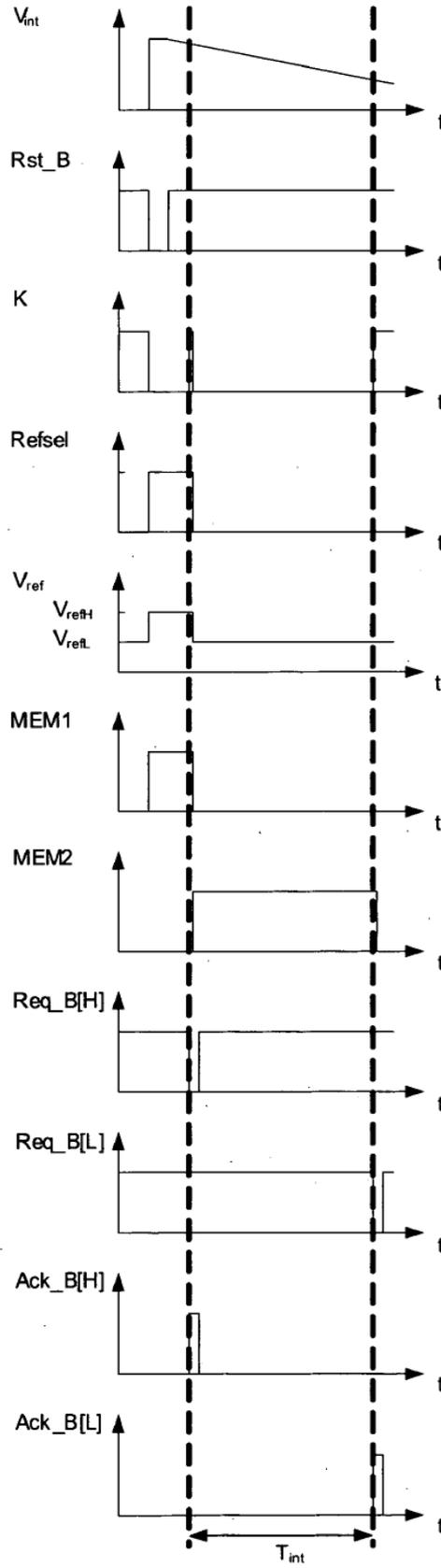


FIG. 7

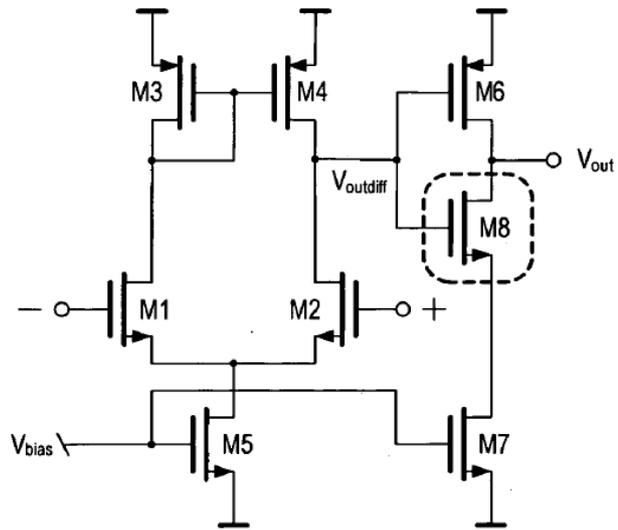


FIG. 8

