

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 752**

51 Int. Cl.:  
**H04N 5/378** (2011.01)  
**H04N 5/3745** (2011.01)  
**H04N 5/355** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09712199 .0**  
96 Fecha de presentación: **19.02.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2243287**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.10.2010**

54 Título: **Captador de visión para la medición de contrastes y método para efectuar tal medición**

30 Prioridad:  
**22.02.2008 EP 08151781**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.05.2012**

73 Titular/es:  
**CSEM Centre Suisse d'Electronique et de  
Microtechnique SA - Recherche et  
Développement  
Rue Jaquet-Droz 1  
2002 Neuchâtel, CH**

72 Inventor/es:  
**HEIM, Pascal y  
RUEDI, Pierre-François**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 379 752 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**

Captador de visión para la medición de contrastes y método para efectuar tal medición

Campo técnico

5 El presente invento se refiere a los captadores de visión realizados en un solo chip. Se refiere, más específicamente, a un captador de visión que, para cada píxel, convierte y memoriza numéricamente una medición de la intensidad luminosa emitida y recibida por el captador, siendo a continuación tal medición utilizada para el cálculo de un elemento invariable de la escena, tal como un valor de contraste con respecto a los píxeles contiguos. El invento se refiere también al método para efectuar esta medición.

Estado de la técnica

10 Tales dispositivos utilizan un concepto que se denomina "Time-to-Vref", que consiste en medir el tiempo que tarda la tensión que resulta de la integración de una fotocorriente en una capacidad para alcanzar un umbral fijado a priori y denominado  $V_{ref}$ . Esto permite trabajar con una dinámica muy grande de iluminación. En la mayor parte de las aplicaciones este umbral es el mismo para el conjunto del reproductor de imágenes, pero se puede muy bien  
15 imaginar que puede variar de una zona de interés a otra, incluyendo un contador interno al píxel que se detiene cuando se alcanza el umbral o además un contador externo que memorizará más convencionalmente el valor de la comparación entre la tensión del píxel y la tensión de umbral. Un detector emite una señal cuando se alcanza la comparación. La solicitud de patente EP 1.301.028 A1 describe así un captador de imagen en el que cada píxel está unido a un comparador conectado a una palabra de RAM estática que memoriza un código Gray suministrado por un contador único. Otro ejemplo de una técnica "Time-to-Vref" aplicado a un captador de imagen puede ser encontrado  
20 en la patente de EEUU US 4.797.562 de Klaus Dietrich, intitulada "Image Recording Sensor".

El cálculo local del contraste, bien se trate de su intensidad o de su orientación había, hasta ahora, sido ejecutado con la ayuda de un multiplicador analógico (P.-F. Rüedi y otros: "A 128 x 128 Pixel 120 dB Dynamic-Range Vision-Sensor Chip for Image Contrast and Orientation Extraction", IEEE JSSC, Vol. 38, N° 12, Diciembre 2003). En el documento antes citado el cálculo se realiza analógicamente y en una primera aproximación con una precisión  
25 independiente del nivel de iluminación de la escena y ello es debido al modo de integración temporal mencionado antes. Tal ventaja constituye un triunfo importante incluso si la resolución del captador es menor.

Otra ventaja se debe al hecho de que la utilización directa del contraste en el tratamiento de las imágenes permite unos resultados equivalentes a los de otros métodos más convencionales con, sin embargo, una menor resolución, pero también con menos cálculos y menos almacenamiento de datos.

30 Divulgación del invento

En el ámbito de los reproductores de imágenes normales el campo dinámico de sensibilidad es uno de los criterios de calidad de funcionamiento más importantes. Puede definirse como la relación entre la luminancia más fuerte y la luminancia más débil que el reproductor de imágenes es capaz de medir y de restituir de manera aceptable.

35 Un primer objeto del invento es efectuar una toma de imagen con una gran dinámica en la que la reflectancia (u otro parámetro) de un mismo objeto, iluminado con una intensidad luminosa cualquiera, es cuantificada con una resolución que no depende de dicha intensidad luminosa.

La reflectancia es una magnitud que expresa la capacidad de los elementos de una escena de reenviar la luz.

A continuación de la descripción el objeto de análisis será la medición del contraste aunque también se podrían aplicar otros elementos invariables.

40 De forma más precisa el invento se refiere a un captador de visión numérico que tiene una red de píxeles poseyendo cada uno un fotodetector y destinado a recibir un haz de luz que representa una escena visual. Para facilitar la medición de al menos un elemento invariable de la escena, en el sentido de que no depende de la iluminación de la escena captada, el captador genera un valor que no depende de la iluminación de la escena más que, si acaso, de una constante. El elemento invariable puede entonces ser calculado por el captador o en el exterior del captador por  
45 simple sustracción de estos valores. Estos valores pueden ser agrupados antes de su sustracción, teniendo el captador según el invento:

- un generador de tensión de referencia  $V_{ref}$ ;
- unos medios en cada píxel para generar durante una fase de integración una tensión  $V_p$  proporcional a la iluminación recibida por el píxel;
- 50 - en cada píxel un comparador para determinar el instante en el cual la tensión  $V_p$  de dicho píxel alcanza la tensión  $V_{ref}$ , siendo dicha tensión  $V_{ref}$  común a todos los píxeles;
- un dispositivo de medición del tiempo pasado desde el comienzo de cada integración;

- unos medios para cuantificar el tiempo medido por dicho dispositivo de medición del tiempo con una separación temporal entre dos valores de tiempo sucesivos, que aumenta proporcionalmente con el tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración, constituyendo la variación de dicha separación una compresión logarítmica de la iluminación;

- 5 - un dispositivo que permite codificar dichos valores de tiempo sucesivos en un código binario;
- una palabra de memoria estática RAM por píxel;
- en cada píxel, unos medios que permitan la escritura de dicho código en dicho instante en dicha memoria;
- unos medios para controlar la terminación de la fase de integración; y
- unos medios de lectura de la información almacenada en la memoria.

10 De forma ventajosa, el captador según el invento comprende además un dispositivo que permite codificar dicho valor binario en un código Gray, y dichos medios de lectura efectúan la decodificación de estos códigos Gray en sus valores binarios originales.

Por otra parte, el captador dispone de medios de cálculo del contraste a partir de los valores binarios memorizados.

15 Se entiende que la iluminación de cada píxel es representativa de la luminancia de la parte de la escena proyectada sobre este píxel, como es el caso en todos los captadores del estado de la técnica. Debido a la naturaleza logarítmica de la medición del tiempo de integración, se obtiene el logaritmo de la luminancia por simple cambio de signo de esta medición.

20 Cuando la iluminación de una parte de la escena aumenta o disminuye de manera uniforme, por ejemplo cuando una gran nube pasa delante del sol, la zona constituida por los píxeles que representan esta parte de la escena son elementos de la iluminación que apenas varían en una constante. En otros términos, el paso de la nube va a adicionar (o sustraer) el mismo valor en todos los píxeles de esta zona. De esto resulta que el contraste que se obtiene por una sustracción del valor de un píxel de esta zona por otro píxel de la misma zona será el mismo antes y después del paso de la nube. Esto es también cierto si se considera, siempre en la misma zona, la sustracción de grupos de píxeles. Se puede adicionar el valor de los píxeles de un grupo de píxeles y sustraerlo de la suma de los valores de otro grupo de píxeles del mismo tamaño. El resultado será también invariable en la iluminación. En el

25 resto de este documento, cuando se menciona que el valor del contraste no depende de la iluminación, o cuando se menciona que el valor de los píxeles no depende de la iluminación más que en apenas una constante, siempre se entiende que se refiere a las partes de la escena, y por extensión a las zonas de la imagen cuya iluminación ha variado de manera uniforme entre dos tomas de vista, es decir cuya iluminación ha sido multiplicado por un factor

30 constante en una misma zona. Esta última condición no presupone que la iluminación es uniforme en la zona, es únicamente la variación la que debe ser uniforme. Es también posible que esta zona represente la imagen en su totalidad.

El invento utiliza un método que mide el tiempo que emplea la tensión  $V_p$  28 de un píxel 10, resultante de la integración de la fotocorriente  $I_{phd}$  23 de su fotodiodo 22 sobre una capacidad  $C_p$  25, para alcanzar una tensión de

35 referencia  $V_{ref}$  31. La medición de este tiempo se cuantifica con un periodo variable que aumenta proporcionalmente al tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración, de modo que además de la propiedad antes mencionada, la compresión logarítmica implícita de la luminancia permite el cálculo subsiguiente de los datos del contraste, que no depende más que de la reflectancia de la escena iluminada, de ahí la denominación utilizada de captador de visión para la medición de contraste. Además, debido a la compresión logarítmica, pueden ser

40 suficientes menos bits para una gran dinámica (10 bits para 6 décadas). Entre las otras ventajas, se pueden citar sin orden: una mayor robustez, una mayor compacidad (debido al número reducido de bits), una mayor simplicidad de los cálculos del contraste, una mayor calidad de funcionamiento debido a la invariabilidad del efecto de los errores de apareamiento de los componentes con respecto a la iluminación de los píxeles y una cuantificación de esta iluminación que permite un cálculo de los invariantes con una precisión que no depende del nivel de iluminación de

45 la escena captada. Hay que advertir que una variación de la iluminación de la escena añade una misma constante al valor de los píxeles de todo el captador.

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa el esquema de principio de un píxel.

La Figura 2 muestra la puesta en práctica de la RAM y del generador de impulsión de escritura.

50 La Figura 3 representa un diagrama temporal para la adquisición de una imagen.

La Figura 4 es un esquema de principio.

La Figura 5 muestra el principio de la toma de muestras homotética.

La Figura 6 presenta una comparación de los resultados del invento con el método denominado “Michelson” para el cálculo del contraste.

La Figura 7 representa un ejemplo de reloj de tiempo logarítmico.

La Figura 8 muestra una puesta en práctica del reloj de tiempo logarítmico.

5 La Figura 9 ilustra la manera de funcionamiento del presente invento.

El esquema de la Figura 1 no representa más que una puesta en práctica posible en tecnología de tipo CMOS, aunque es evidente que otras puestas en práctica permiten resolver las mismas funciones. Un integrador 20, cuya entrada positiva está en la masa, está conectado por su otra entrada a un fotodiodo 22, el cual genera una corriente  $I_{phd}$  23 cuando recibe una luz L 21. El integrador 20 utiliza un amplificador de ganancia elevada 24 (preferiblemente superior a 100). La capacidad  $C_p$  de integración 25, conectada entre la entrada negativa y la salida del amplificador 24, sirve para convertir la fotocorriente  $I_{phd}$  23 del fotodiodo en una tensión  $V_p$  28 según la relación:

10

$$V_p = \frac{1}{C_p} \int I_{phd} dt \quad (1)$$

La capacidad de integración 25 puede ser puesta a cero gracias al interruptor 26, que está mandado por una señal de puesta a cero RST 27 emitida por un controlador (no representado) del captador de visión. La tensión  $V_p$  28 se compara con la tensión de referencia  $V_{ref}$  31, generalmente idéntica para toda la matriz, por el comparador 30 cuya salida  $V_c$  32 se aplica al generador 40 una impulsión de escritura WR 41, aplicada a una memoria estática RAM 50. En esta puesta en práctica la tensión  $V_c$  pasa al estado alto cuando la tensión del píxel  $V_p$  alcanza la tensión de referencia  $V_{ref}$ .

15

Una puesta en práctica del generador de impulsión 40, el cual está activo cuando se encuentra en el estado alto, así como de la memoria estática RAM 50 que le está asociada, se describe en relación con la Figura 2. Una palabra memoria RAM por píxel comprende, por ejemplo, n bits  $b_1$  a  $b_n$ . Una barra de distribución 51, común a toda una columna de píxeles en la matriz, está compuesta por n líneas de acceso, denominadas líneas de bits. La referencia 52 designa una señal WL (para línea de palabra) o RD (para leer) de lectura de la memoria estática 50. Esta señal es también utilizada para poner a cero todas las células de memoria antes de cualquier nueva toma de imagen, siempre que ésta aparezca durante la descripción de la Figura 3.

20

La Figura 2 representa una puesta en práctica de la RAM 50 y del generador de impulsión de escritura 40. Un bit de RAM comprende dos inversores CMOS 61 y 62 montados pies contra cabeza y destinados a servir de báscula (o “cerrojo”) a la célula de memoria 60. El transistor 63 es el transistor de acceso de la célula tanto en lectura como en escritura. La escritura no permite más que colocar un cero en el nudo  $m_0$ . Para esto la línea de bits  $b_i$  se mantiene en cero mientras que una impulsión de escritura en el estado alto es aplicada en la línea de control WL 52. El nudo  $m_0$  se pone entonces a la tensión baja impuesta en la línea de bits por el transistor 63. La lectura del nudo  $m_0$  después de la adquisición de la imagen se efectúa también por medio de una impulsión en el estado alto en la línea de control WL 52. El transistor 63 aplica entonces en la línea de bits  $b_i$  la tensión en el nudo  $m_0$  impuesta por el inversor 61. El transistor 64 es el transistor de escritura de la memoria 60 desde el interior del píxel 10 (véase la Figura 1). Tras la puesta a cero de las memorias todos los nudos  $m_1$  se encuentran en el estado alto y todos los nudos  $m_0$  en el estado bajo. Las memorias contienen por tanto ceros. Cuando el píxel produce una impulsión de escritura WR 41, la puesta en conducción del transistor 64 va condicionalmente a poner el nudo  $m_1$  en el estado bajo según el estado presente en la línea de bits de la memoria. Si esta línea de bits se encuentra en el estado bajo el transistor 65, que es el transistor de escritura de la memoria 60, controlado por la dada presente en la línea de bits, es bloqueado (es decir, no conductor) y el nudo  $m_1$  permanece en el estado alto (la memoria conserva su estado cero). Por el contrario, si la línea de bits se encuentra en el estado alto, la conducción simultánea de los transistores 64 y 65 durante la impulsión WR 41 va a poner el nudo  $m_1$  en el estado bajo, lo que corresponde a la escritura de un “1” en la memoria. El transistor de escritura 65 de la memoria 60 está bien controlado por la dada presente en la línea de bits.

25

El generador 40 de la impulsión WR 41 para la escritura de la memoria 50 se compone de una memoria 43 y de una puerta lógica ET 42. La célula de memoria 43 es puesta a cero antes de una captación de imagen, generalmente al mismo tiempo que la palabra de memoria 50. En este estado su nudo interno  $m_1$ , representado por la señal  $m_{1p}$  45 y la salida de la puerta ET 42, adopta el mismo estado que su entrada conectada a la salida  $V_c$  32 del comparador 30. Desde el comienzo y durante la captación de la imagen la línea de bits  $b_p$  44 se mantiene en el estado alto para hacer conductor el transistor 46. Cuando la salida  $V_c$  32 del comparador 30 pasa al estado alto, o sea cuando  $V_p$  28 alcanza  $V_{ref}$  31, la señal WR 41 pasa al estado alto, lo que hace conductor el transistor 46, después arrastra la señal  $m_{1p}$  hacia el estado bajo para finalmente terminar la impulsión WR 41 por el bloqueo de la puerta ET 42.

45

La duración de la impulsión WR 41 depende de la velocidad de basculamiento de los dos inversores 61 y 62 y de la demora de transmisión de la puerta ET 42. Con objeto de asegurar que la duración de esta impulsión sea suficiente para hacer bascular todas las células de la palabra de memoria 50, la longitud del transistor 46 es superior a la del transistor 65 de las células de la palabra de memoria 50, de modo que el tiempo de basculamiento de la célula 43

55

- 5 sea más lento que el de las otras células en el peor de los casos. Como se ha indicado antes, la impulsión de escritura de la memoria 50 está activa en el estado alto. La célula de memoria 43 se utiliza para generar la impulsión de escritura WR 41 de la memoria 50. La línea de bits  $b_p$  44 está asociada a la célula de memoria 43. La señal  $m_{1p}$  45 salida de la memoria 43 se utiliza, como se ha indicado antes, para generar la impulsión de escritura. El transistor 46, controlado por el dato presente en la línea de bits  $b_p$  44, es más largo que su equivalente 65 de las células de la palabra de memoria 50.
- La Figura 3 muestra en 70 un diagrama temporal que corresponde a un ciclo completo, aunque simplificado, de la adquisición de una imagen.
- 10 La referencia CK 71 representa el reloj del sistema, denominado reloj de tiempo logarítmico pues varía el tiempo que separa dos impulsiones sucesivas, como se explicará en relación con el tiempo transcurrido desde el comienzo del tiempo de exposición 75, y por lo tanto del comienzo de la integración.
- 15 Antes del comienzo de la adquisición de una imagen, una impulsión 72 en la señal WL 52 pone a cero todas las células de RAM, que incluye las células de la palabra de memoria 50 así como la célula 43 asociada al generador de impulsión 40. Esta impulsión en la señal WL 52 fuerza la escritura de un cero en todas las células, siendo previamente todas las líneas de bits mantenidas en el estado bajo. La referencia 73 muestra el efecto de la puesta a cero de las células de memoria. Los nudos  $m_0$ , no representados, son puestos en el estado bajo, mientras que los nudos  $m_1$  son puestos en el nivel alto.
- La referencia 74 muestra la abertura del interruptor 26 para la puesta a cero RST de los píxeles, lo que marca el comienzo de la integración 75 de las fotocorrientes 23 sobre las capacidades de integración  $C_p$  25.
- 20 El periodo de integración y la generación del reloj de tiempo logarítmico comienzan pues al mismo tiempo. En 76 la línea de bits  $b_p$  pasa al estado alto para permitir la escritura de la célula de memoria 43 durante el basculamiento del comparador 30.
- 25 La referencia 77 designa los diferentes instantes definidos por el reloj de tiempo logarítmico. La tensión del píxel  $V_p$  28 alcanza la tensión de referencia  $V_{ref}$  31 en el instante 78. En 79 la salida  $V_c$  32 del comparador 30 bascula al estado alto, después del suceso 78, lo que provoca el paso al estado alto de la señal de escritura WR 41 interna del píxel 10. En 80 se efectúa la escritura en el estado alto de los bits de memoria cuyas líneas de bits se encuentran en el estado alto mientras que los otros bits se mantienen en el estado bajo. En 81 la escritura del bit p en el estado alto lleva al nudo  $m_{1p}$  al estado bajo, lo que tiene el efecto de terminar la impulsión de escritura WR 41 después del bloqueo de la puerta ET 42.
- 30 La referencia 82 corresponde al fin de la integración a la que se volverá en relación con la Figura 5.
- La referencia 83 designa el comienzo de la fase de lectura de la memoria a la que las líneas de bits 51 y 44 son puestas en modo de lectura, es decir en un estado de alta impedancia HZ. Tras la puesta en práctica de los amplificadores de lectura y el dimensionamiento de las células de memoria 60, las líneas de bits 51 y 44 podrán ser precargadas en el estado alto. En 84 la impulsión de lectura se aplica en una de las líneas de palabras de la matriz (señal WL 52). Los transistores 63 de las células 60 van a poner las líneas de bits correspondientes en el estado alto o al estado bajo según las tensiones en los nudos  $m_0$  de estas células. La lectura de las líneas de bits es efectuada por el bloque de lectura/escritura 140 (Figura 4) que contiene los amplificadores de lectura, luego el ciclo vuelve a comenzar para la totalidad o parte (zona de interés) de las líneas de la matriz de píxeles 101. La referencia 85 designa el fin del periodo de lectura de la matriz. En 86 las líneas de bits 51 y 44 son activadas al estado bajo en previsión de la fase de puesta a cero de los amplificadores 20 y de las células de memoria 60 y 43 de los píxeles 10.
- 40 En 87 los integradores 20 de los píxeles 10 son puestos a cero. Después de esta acción la salida  $V_p$  28, y después la salida  $V_c$  32 de los integradores, pasan al estado bajo en 88.
- 45 En 89 tienen lugar las impulsiones de escritura de puesta a cero de las células de memoria 60 y 43 por medio de la señal de selección de línea WL 52. Cuando esta señal es aplicada en el estado alto, al mismo tiempo que las líneas de bits 51 y 41 son mantenidas en el estado bajo con baja impedancia, los nudos  $m_0$  de las células de memoria 63 y 43 son forzadas al estado bajo, lo que corresponde a un cero. Hay que advertir que la puesta a cero de las memorias por este medio debe hacerse de manera secuencial línea a línea, pues los tampones que activan las líneas de bits 51 y 44 no pueden ser dimensionados razonablemente para permitir el basculamiento de toda una columna de células de memoria.
- 50 La Figura 4 es un esquema de principio del captador de visión 100 para la medida de los contrastes. El sistema aquí descrito constituye una versión preferible pero es susceptible de variantes sin salir del marco del invento. La matriz 101 comprende N líneas y M columnas de píxeles. El bloque 110 asegura el control del circuito completo. Dispone de un circuito de interfaz 111 con el exterior, por ejemplo un microcontrolador, gestiona las señales de control 112 para la lectura/escritura de la memoria 140, los registros de lectura de las líneas de píxeles 160 y del bloque de cálculo de los contrastes 170. En fin, genera las señales de control 113 para la generación del reloj de periodo exponencial. La señal RST\_GEN es la señal de puesta a cero del generador de periodo logarítmico 120. CK un reloj de frecuencia fija y RST\_CNT es la señal de puesta a cero del contador de tiempo 122 para la toma de muestras
- 55

homotética de la salida de los píxeles. El reloj 121 del generador 120 sirve para incrementar el contador de tiempo 122. El código binario 123 de n bits enviado por el contador 122 es convertido en 124 en un código Gray 125 que es un código en el que un solo bit cambia en un momento dado. La conversión debe ser sincronizada con la puesta al día del contador 122 para evitar transmisiones no válidas. Esta puesta en práctica no es la única posible; sin embargo, ha sido preferida ya que permite simplificar la escritura de la memoria y por tanto reducir el número de transistores en el píxel. En efecto, sin código Gray, es preciso inhibir la escritura de la memoria durante el cambio de código, lo que requiere unos medios suplementarios en el píxel. El empleo de este código en tal conversión analógico-numérica depende del estado de la técnica establecido. El código Gray de n bits 125 es distribuido a través del bloque de control de lectura/escritura 140 a las líneas de bits 51 de las M columnas de píxeles de la matriz 101. El convertidor numérico/analógico 130 genera la tensión de referencia  $V_{ref}$ . El código numérico 131 suministrado por el bloque de control 110 permite generar esta tensión de referencia para la medición global del tiempo de integración en cada píxel 10. Cuando la tensión  $V_p$  del píxel alcanza la tensión de referencia el código Gray 125, presente en las líneas de bits 51, es memorizado en la palabra de memoria RAM 50 del píxel.

En modo de escritura el código Gray es presentado simultáneamente en las líneas de bits 51 de las M columnas de la matriz 101 representadas por la barra de distribución de los datos 141. En modo de lectura los datos de la línea  $k^{ésima}$  de píxeles, seleccionada por el bloque de decodificación de línea 150, son presentados en la barra de distribución 141 de datos para ser leídos y convertidos a binario por el bloque 140 y transferidos en los registros de lectura 160. La barra 142 de distribución de datos es una barra de distribución unidireccional de las mismas dimensiones que la barra de distribución 141 y permite transferir los datos del bloque 140 de lectura/escritura hacia los registros de lectura 160. Las señales de control del bloque 140 y salidas del bloque de control del circuito llevan la referencia 143. El decodificador de dirección de líneas 150 envía una dirección de línea 151 de la matriz 101 a través de la barra de distribución de selección de línea 152. Los registros tampón 160 contienen, por ejemplo, las tres últimas líneas que han sido leídas, lo que permite al circuito de cálculo de contraste 170 operar en zonas de 3x3 píxeles. La referencia 161 designa la barra de transmisión de estas zonas hacia el circuito 170 de cálculo de los contrastes. La salida 171 del resultado de este cálculo es finalmente aplicada al bloque de control del circuito 110. El método de cálculo de los contrastes se explicará más adelante.

La Figura 5 muestra en 20 la evolución en el tiempo de las tensiones  $V_p$  de dos píxeles referenciados "píxel 1" y "píxel 2".  $L_A$  y  $L_B$  designan la luminancia que ilumina un objeto o varios objetos de los que  $R_1$  y  $R_2$  son las reflectancias en dos puntos de este o estos objetos medidos respectivamente por los píxeles 1 y 2.

La reflectancia de un objeto es la proporción R de la intensidad luminosa incidente reflejada por el objeto. Depende de la longitud de onda, pero no depende de la intensidad de la luz. Por consiguiente, si se ilumina el mismo objeto con dos intensidades luminosas diferentes, con por ejemplo  $L_A > L_B$ , la medida de la intensidad luminosa reflejada por este objeto por el método de la medición del tiempo de integración de la fotocorriente suministrará unos tiempos de integración en proporción inversa a la intensidad luminosa. Para el píxel n bajo la luminancia  $L_x$ , se tendrá:

$$t_{nx} = \frac{K_p V_{ref0}}{R_n L_x} \quad (2)$$

$K_p$  es un coeficiente de proporcionalidad que depende de la construcción del píxel, en particular del rendimiento cuántico del fotodiodo y de la capacidad de integración  $C_p$ , aunque también de la óptica utilizada.

En la Figura 5:

202 representan las curvas de integración de los píxeles 1 y 2 bajo la luminancia  $L_A$ , siendo los tiempos de integración respectivamente  $t_{1A}$  y  $t_{2A}$ ;

212 representan las curvas de integración de los píxeles 1 y 2 bajo la luminancia  $L_B$ , siendo los tiempos de integración respectivamente  $t_{1B}$  y  $t_{2B}$ .

Según la relación (2) anterior los tiempos de integración  $t_{1A}$  y  $t_{2A}$  están en una relación  $L_B/L_A$  con los tiempos de integración  $t_{1B}$  y  $t_{2B}$ . Desde un punto de vista geométrico se tiene pues una homotecia. Si se quiere cuantificar la imagen de un objeto según su reflectancia, es decir una magnitud que le es propia independientemente de su iluminación, con una precisión de cuantificación que no depende de dicha iluminación, entonces es preciso adaptar los pasos de cuantificación  $Q_i$  en la misma relación homotética  $L_B/L_A$ .

La referencia 203 corresponde a un paso de cuantificación  $Q_A$  elegido para medir el tiempo de integración cuando la iluminación vale  $L_A$ . La referencia 213 corresponde a un paso de cuantificación  $Q_B$  elegido para medir el tiempo de integración cuando la iluminación vale  $L_B$ , con la misma precisión de cuantificación que cuando la iluminación vale  $L_A$ , de modo que:

$$\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{t_{1B}}{t_{1A}} \quad (3)$$

Con objeto de definir estos pasos de cuantificación es preciso generar un reloj que fije los instantes de toma de muestras  $t_i$ . Para satisfacer la relación (3) es preciso que:

$$t_{i+1} = t_i(1+\alpha) \quad (4)$$

Esta iteración puede también ser formulada con la forma de una exponencial:

$$5 \quad t_i = t_0(1+\alpha)^i \quad (5)$$

Con un reloj de este tipo se obtienen efectivamente unos pasos de cuantificación proporcionales al tiempo transcurrido, cuyo valor es:

$$Q_i = \alpha \cdot t_i \quad (6)$$

10 Los instantes  $t_i$  son los instantes de tiempo absoluto (reales) a los que se define un nuevo periodo de índice  $i$  del reloj, cuyo valor incremental lineal es el logaritmo del tiempo transcurrido:

$$i = \log_{1+\alpha} t_i = \frac{\log_{10} t_i}{\log_{10} (1+\alpha)} = K_\alpha \log_{10} t_i \quad (7)$$

Los valores de  $i$  son enteros que definen los periodos sucesivos del reloj.

En el caso del píxel  $n$  bajo la iluminación  $L_x$  descrito por la relación (2) se obtiene:

$$i_{nX} = K_\alpha \log_{10} \frac{K_p V_{ref0}}{R_n L_x} = K_\alpha \left( \log_{10} \frac{K_p V_{ref0}}{L_x} - \log_{10} R_n \right) \quad (8)$$

15 Como el tiempo  $t_{nX}$  es cualquiera, el resultado de (8) es real y es preciso coger su valor entero para tener en cuenta la cuantificación efectuada por la toma de muestras temporal.

20 Como cada década de tiempo emplea dos veces más de tiempo, es conveniente poner en práctica un medio para limitar el tiempo de integración convirtiendo el máximo de píxeles que se encuentran en las zonas más negras de la escena, y que no han franqueado todavía el umbral  $V_{ref0}$ . A este efecto es posible convertir aún una década de iluminación de manera rápida, disminuyendo la tensión de referencia  $V_{ref}$  31 de la forma que se describe más adelante.

25 Siempre en la Figura 5, la curva 220 corresponde a la integración de un píxel que recibe muy poca luz (en el negro). La referencia 221 designa el periodo de terminación del periodo de integración, definido desde el momento  $t_{ramp}$  a partir del cual la tensión de referencia  $V_{ref}$  31 comienza a decrecer, hasta el momento  $t_{end}$  en el cual la tensión de referencia no vale más que  $V_{ref0}/10$ , y que define el fin del periodo de integración. El periodo de terminación ha sido deliberadamente limitado a una década, después de la cual todos los píxeles restantes adoptan el mismo valor que corresponde al negro absoluto. La referencia 222 muestra la curva de disminución de la tensión de referencia  $V_{ref}$  31, cuya formulación se dará más adelante. La referencia 223 corresponde a un paso de cuantificación  $Q_i$  (para terminación) constante durante la fase de disminución 221 para la toma de muestras temporal de los  
30 acontecimientos provocados durante la disminución 222 de la tensión de referencia  $V_{ref}$  31. En fin, la referencia 224 designa el instante  $t_3$  que corresponde al momento de coincidencia entre la tensión de integración 220 del píxel oscuro con la curva de disminución 222 de la tensión de referencia  $V_{ref}$  31.

35 En el instante  $t_{ramp}$  que corresponde al comienzo de la curva de disminución 222, el contador de tiempo logarítmico vale  $i = i_{ramp}$ . Este contador es enseguida incrementado con un reloj de frecuencia fija mientras que la tensión de referencia  $V_{ref}$  disminuye, de manera que se obtenga una toma de muestras idéntica a la que se habría obtenido con el proceso anterior.

Admitiendo que el tiempo del periodo de terminación 221 igual a  $t_{end}-t_{ramp}$  es despreciable con respecto al último periodo del reloj logarítmico, mientras que la curva de disminución 222 de la tensión de referencia  $V_{ref}$  31 está simplemente dada por:

$$40 \quad V_{ref} = 10^{\frac{i-i_{ramp}}{K_\alpha}} V_{ref0} \quad (9)$$

Cuando  $i = i_{ramp}$ ,  $V_{ref} = V_{ref0}$ . Cuando  $i-i_{ramp} = K_\alpha$ , es decir igual al número de pasos de cuantificación de una década,  $V_{ref} = 10^{-1} V_{ref0} = 0,1 \cdot V_{ref0}$ . A continuación, cuando se ha alcanzado  $t_{end}$ ,  $V_{ref}$  se reduce bruscamente a 0 a fin de hacer bascular todos los píxeles restantes, a los cuales se atribuye el último valor de  $i$  que corresponde al negro absoluto.

A continuación se expone la manera de calcular el contraste. Considérese un píxel central C y sus contiguos a izquierda, derecha, arriba y abajo, respectivamente designados G, D, H y B. Tomando las diferencias de los valores tomados como muestra por los píxeles izquierdo y derecho por una parte, y arriba y abajo por otra parte, estando calculados dichos valores con la ayuda de la relación (8), se obtiene:

$$5 \quad \Delta_x = i_G - i_D = K_\alpha (\log_{10} R_D - \log_{10} R_G) = K_\alpha \log_{10} \left( \frac{R_D}{R_G} \right) \equiv C_x \quad (10)$$

$$\Delta_y = i_B - i_H = K_\alpha (\log_{10} R_H - \log_{10} R_B) = K_\alpha \log_{10} \left( \frac{R_H}{R_B} \right) \equiv C_y \quad (11)$$

10 Las magnitudes  $C_x$  y  $C_y$  corresponden al logaritmo de la relación de las reflectancias, y constituyen una medida del contraste independiente del nivel de iluminación. Los componentes del contraste son por tanto obtenidos por una simple sustracción de dos números. El cálculo de estas diferencias puede realizarse de forma masivamente paralela poniendo en práctica unos sustractores debajo de cada columna de la matriz. La realización escogida, que se describe en la Figura 4 utiliza un circuito de cálculo de contraste 170 que opera en zonas de 3x3 píxeles que son leídas secuencialmente del registro tampón de lectura 160.

15 El valor numérico de estos componentes de contraste  $C_x$  y  $C_y$  es comparado en la Figura 6 con una definición más clásica  $C_{\text{Michelson}}$  de la medición de contraste dada por la relación siguiente, después de la normalización de las escalas:

$$C_{\text{Michelson}} = 2 \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1} \quad (12)$$

Como se puede constatar, el cálculo del contraste por sustracción de la toma de muestras logarítmica de dos reflectancias no difiere cualitativamente de la medición de contraste clásica descrita por la relación (12).

20 Se advertirá en la Figura 6 que la curva indicada "slope" representa la pendiente bien de  $C_x$  o bien de  $C_y$  y que la curva "Michelson contrast" ha sido renormalizada para poder ser comparada con la curva "Log Contrast".

Desde un punto de vista práctico, para realizar el reloj de tiempo logarítmico a partir de un reloj de frecuencia fija, el método consiste en utilizar una tabla que contiene en memoria todos los instantes medidos con respecto al reloj de frecuencia fija, en los que el reloj logarítmico debe ser incrementado, después de generar las impulsiones por medio de un comparador numérico. En el ejemplo que sigue esto representa una memoria de 1.024 palabras de 27 bits.

25 La realización preferida propuesta en el marco de este invento está basada en una máquina de estado que calcula el próximo instante en el que el contador del reloj logarítmico debe ser incrementado, según la relación (4). Una tabla podría también sustituir a la máquina de estado.

30 La puesta en práctica de un contador de este tipo se hace con un tiempo discretizado,  $\alpha t_i$  debe ser un múltiplo del periodo de la señal de reloj utilizada. Para facilitar la puesta en práctica del coeficiente  $\alpha$  es ventajoso que sea una potencia de 2. Es decir:

$$\alpha = 2^p \quad (13)$$

Contando en pulsos de reloj, el algoritmo se convierte en:

$$T_{i+1} = T_i + \max \left[ 1, (\text{parte\_entera\_de}(T_i / 2^p)) \right] \quad (14)$$

35 Al primer pulso de reloj no se puede más que añadir un periodo, lo que corresponde a  $\alpha = 1$ . En el segundo pulso de reloj el periodo añadido corresponde al 50% del tiempo ya transcurrido y  $\alpha = 0,5$ . Así, de este modo, hasta que la resolución relativa de un periodo se haga menor que  $2^{-p}$ . Se obtiene por tanto un contador de frecuencia fija durante los  $2^{p+1}$  primeros pulsos de reloj, para llegar a ser logarítmico de forma progresiva.

El ejemplo cuantitativo dado a continuación es realista con respecto al estado de la técnica actual. La frecuencia de reloj es  $f_{ck} = 100$  MHz, y el parámetro  $p = 6$ , el que corresponde a un crecimiento temporal relativo  $\alpha = 1,56\%$ .

40 En la Figura 7 se ha representado el valor de  $\alpha$  en función del tiempo. La variable  $T_{\text{log}}$  representa el valor del contador logarítmico, que corresponde al índice  $i$  dado por la relación (8), cuando dicho contador es puesto a cero al comienzo de la integración (tiempo  $t=0$ ). La resolución por década está dada por el número de iteraciones  $k$  tal que  $(1 + \alpha)^k = 10$ , es decir:

$$k = \frac{1}{\log(1 + \alpha)} = K_{\alpha} \quad (15)$$

Lo cual, en el caso del ejemplo elegido, da una resolución de 149 pasos de cuantificación por década, a partir del momento en el que el contador se hace verdaderamente logarítmico.

5 En el caso en el que no se quiera codificar más que la parte logarítmica del reloj se puede comenzar el recuento en cero al comienzo de esta zona, lo que permite utilizar toda la capacidad de la palabra de memoria 50 del píxel. Con el valor de  $\alpha$  del ejemplo, que define 149 pasos de cuantificación por década, se pueden cubrir 6,8 décadas con una palabra de solamente 10 bits.

10 Al nivel de la realización física es más ventajoso en lo que se refiere a la superficie de circuito, realizar el reloj logarítmico por medio de una máquina de estado que utilizar un método más clásico basado en la utilización de una tabla programada en memoria. En relación con la Figura 8 se describe una máquina de estado que realiza el algoritmo descrito por la relación (14) y que utiliza los valores del ejemplo precedente.

La máquina de estado 300 sirve para la generación del reloj de tiempo logarítmico. Esta máquina pone en práctica los bloques 120 y 122 de la Figura 4 en la cual:

15 - La señal RST\_CNT 301 es la señal de puesta a cero del contador de tiempo logarítmico. Esta señal de puesta a cero puede ser diferente de la señal de puesta a cero RST\_GEN 303 de la máquina de estado para poder comenzar la toma de muestras en un instante arbitrario después del comienzo de la integración, por ejemplo cuando el reloj se hace efectivamente logarítmico.

- La referencia 302 designa el reloj CK de frecuencia constante  $f_{ck}$  para la cadencia de la máquina de estado 300.

20 - La referencia 303 designa la señal RST\_GEN de puesta a cero de la máquina de estado 300. Esta señal debe ser liberada en el mismo momento 74 (véase la Figura 3) que la señal RST 27 de los píxeles. Esta acción define el origen del tiempo para el algoritmo descrito por la relación (14) así como el comienzo de la integración de las fotocorrientes 23.

- La referencia 113 designa globalmente las señales 301, 302 y 303 que aparecen en la Figura 4.

25 - La referencia 304 es un contador incrementador de 27 bits con puesta a cero para el recuento del tiempo de integración lineal. Este contador es incrementado en cada pulso de reloj CK 302.

- La referencia 305 designa la barra de distribución de datos para la transmisión de los 27 bits de salida del contador 304 hacia el comparador 316 y la entrada T (Tiempo) del adionador 310.

30 - La referencia 306 designa la barra de distribución de datos para la transmisión de los  $27-6=21$  bits de pesos fuertes de la salida del contador 304 hacia la entrada DT (Delta-Tiempo) del adionador 310. Estos 21 bits de pesos fuertes corresponden al término [parte entera de  $(T_i/2^p)$ ] de la relación (13), con  $p=6$ .

- La referencia 307 designa una puerta NO-O con 21 entradas que corresponde a los datos de la barra de distribución 306. La salida INC1 308 de esta puerta es igual al estado alto, en tanto que los 21 bits de pesos fuertes de la salida del contador 304 se encuentran todavía en el estado bajo.

35 - La referencia 308 constituye la salida INC1 de la puerta NO-O 307. Esta variable corresponde al término "1" de la función max de la relación (13). Esta señal es encaminada hacia la entrada INC del adionador 310 y a una de las entradas de la puerta O 318.

40 - La referencia 310 designa un adionador de 3 entradas que calcula de forma permanente el instante venidero  $T_{i+1}$  del próximo periodo del contador logarítmico. La entrada T corresponde al término  $T_i$  de la relación (13). Las dos entradas DT e INC corresponden a la función max de la relación (13), pues en cuanto que DT se hace mayor que cero, la salida INC1 308 de la puerta NO-O 307 pasa al estado bajo (0).

- La referencia 311 designa la salida del adionador 310 que corresponde al instante venidero  $T_{i+1}$  del próximo periodo del contador logarítmico.

- La referencia 312 designa un multiplexor con dos entradas de 27 bits que sirve para transferir el próximo instante venidero  $T_{i+1}$  en el registro 314 en el momento de la impulsión INC2 121 que aparece en el instante  $T_i$ .

45 - La referencia 313 designa la salida del multiplexor 312 aplicada en la entrada del registro 314 que sirve para memorizar el próximo instante  $T_{i+1}$  y aplicado en la entrada INB del comparador numérico 316.

- La referencia 315 designa la salida del registro 314 aplicada en la entrada "O" del multiplexor 312 y en la entrada INB del comparador numérico 316 que permite detectar la igualdad entre el tiempo presente aplicado en la entrada INA y el instante  $T_{i+1}$  del próximo periodo del contador logarítmico aplicado en la entrada INB.

- La referencia 317 designa la salida del comparador numérico 316 en el estado alto cuando las entradas INA e INB son iguales.

- La referencia 318 designa la puerta O que permite combinar la señal INC1 308 y la salida A = B del comparador numérico 316 para producir la señal de reloj de tiempo logarítmico INC1 121.

5 - En fin, las referencias 121 a 123 ya han sido mencionadas en relación con la Figura 4.

La Figura 9 es un diagrama 400 que describe las fases esenciales del método de medición del contraste según el invento.

10 En 410 la tensión de cada píxel de la matriz es puesta a cero, que representa el nivel cero o nivel de negro. En 420, en cada píxel, está integrada una tensión que varía linealmente con la luz incidente sobre el fotodetector. En 430 se emite una señal de comparación cuando la tensión integrada alcanza una tensión de referencia.

En paralelo, en 411, un contador se pone en un valor que representa un nivel cero o un nivel de negro. En 421 se produce una señal de reloj cuyos periodos son proporcionales al tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración. En 431 se suministra un código Gray a partir de la salida numérica del contador.

15 En 440, en cada píxel el código Gray es almacenado en una palabra memoria sobre la base de la señal de comparación. El proceso de integración se termina a continuación en 450 reduciendo la tensión de referencia a un ritmo dado y tomando muestras de ello con una frecuencia fija conveniente (que puede ser la frecuencia de base o menos); esta fase de terminación permite reducir el tiempo de conversión de la última década de luminancia. En 460 se efectúa la lectura de las memorias de la matriz así como la conversión de los códigos Gray en códigos binarios; efectuándose esta operación, por ejemplo, línea a línea. En 470 los códigos numéricos son proporcionales (véanse las relaciones (7) y (8)) al logaritmo de la luz incidente sobre los fotodetectores. Finalmente, en 480 los componentes en X y en Y del contraste pueden ser calculados por la simple sustracción de los píxeles izquierdo y derecho, y alto y bajo, respectivamente.

25 Para calcular el contraste entre dos objetos de la escena cuyas imágenes están espaciadas en más de un píxel se puede tomar la suma o el valor medio) de la zona de la imagen que representa el primer objeto y sustraerla de la suma de la zona de la imagen en la que se sitúa el segundo objeto. Se habrá tenido cuidado en coger las zonas que tienen el mismo número de píxeles para efectuar la sustracción. Este método permite calcular de forma fácil el contraste en escalas espaciales diferentes.

Aunque el presente invento haya sido descrito en el marco de una aplicación particular, tal como el cálculo de los contrastes de una escena, está claro que es susceptible de modificaciones o variantes sin salirse de su campo.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Captador de visión numérico que comprende una red de píxeles (10) poseyendo cada uno un fotodetector y destinado a recibir un haz de luz que representa una escena visual, que comprende:
- un generador de tensión de referencia  $V_{ref}$ ;
- 5
- en cada píxel, unos medios (20) para generar, durante una fase de integración, una tensión  $V_p$  proporcional a la iluminación recibida por el píxel;
  - en cada píxel, un comparador (30) para determinar el instante en el que la tensión  $V_p$  de dicho píxel alcanza la tensión  $V_{ref}$ , común a todos los píxeles;
  - un generador de reloj (120), que genera un reloj (121);
- 10
- un dispositivo de recuento (122) del número de periodos del reloj (121) transcurridos desde el comienzo de la fase de integración, que envía un resultado en forma de código binario (123);
  - una palabra de memoria estática RAM (50) por píxel;
  - en cada píxel, unos medios (40) que permiten la escritura de dicho código binario (123) presente en dicho instante en dicha memoria;
- 15
- unos medios (110, 130) para controlar la terminación (221) de la fase de integración; y
  - unos medios (140, 150, 160) de lectura de la información almacenada en la memoria;
- caracterizado porque el periodo de dicho reloj (121) aumenta proporcionalmente con el tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración.
- 20
2. Captador de visión según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un dispositivo (124) que permite codificar dicho código binario (123) en un código Gray y porque dichos medios de lectura (160) efectúan la decodificación de dichos códigos Gray en sus valores binarios originales.
3. Captador de visión según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque tiene unos medios (170) de cálculo del contraste a partir de los valores binarios memorizados.
- 25
4. Captador de visión según una de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque los componentes en X y en Y de dicho contraste se calculan por sustracción de los valores binarios memorizados en los contiguos de derecha y de izquierda, respectivamente de arriba y de abajo de dichos píxeles.
5. Captador de visión según la reivindicación 4, caracterizado porque dos componentes de dicho contraste se calculan por sustracción de los valores binarios memorizados en los contiguos dispuestos respectivamente en las dos diagonales de dichos píxeles.
- 30
6. Captador de visión según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la fase de terminación de la integración (221) que precede a la puesta a cero de los píxeles se efectúa con un reloj de frecuencia fija, en tanto que la tensión de referencia  $V_{ref}$  satisface la relación:
- $$V_{ref} = 10^{\frac{i-i_{ramp}}{K_\alpha}} V_{ref0}$$
- 35
7. Método para la medición del contraste local propio de una escena, que no depende de la iluminación de dicha escena, por medio de un captador de visión que comprende una red de píxeles (10) que posee cada uno un fotodetector, caracterizado porque consiste en:
- determinar el tiempo necesario para permitir en la tensión  $V_p$  resultante de la integración de la corriente del fotodetector de cada píxel alcanzar una tensión de referencia  $V_{ref}$  común a todos los píxeles;
- 40
- generar una señal de reloj cuyos espaciamentos temporales entre dos valores de tiempos sucesivos son proporcionales al tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración, y contar el tiempo por medio de dicha señal de reloj, siendo el código binario resultante de dicho recuento proporcional al logaritmo del tiempo transcurrido desde el comienzo de la integración;
  - generar un código Gray a partir del código numérico binario que representa dichos valores de tiempo;
  - memorizar el código Gray cuando la tensión del píxel alcanza la tensión de referencia;

- en el momento de la lectura de las memorias de los píxeles, convertir los códigos Gray memorizados en magnitudes numéricas binarias; y

- calcular los componentes de dicho contraste local de la escena.

5 8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque los componentes en X y en Y de dicho contraste se calculan por la diferencia de los códigos binarios de los contiguos de la izquierda y de la derecha, respectivamente de arriba y de abajo, de cada uno de los píxeles.

9. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque dos componentes de dicho contraste se calculan por la diferencia de los códigos binarios de los contiguos dispuestos respectivamente en las dos diagonales de cada uno de los píxeles.

10 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque la fase de terminación de la integración que precede a la puesta a cero de los píxeles se efectúa con un reloj de frecuencia fija mientras que la tensión de referencia  $V_{ref}$  satisface la relación:

$$V_{ref} = 10^{\frac{i-i_{ramp}}{K_{\alpha}}} V_{ref0}$$

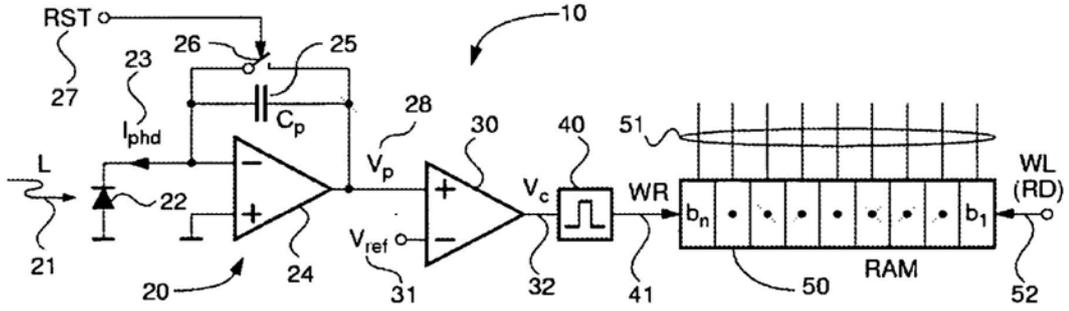


FIG. 1

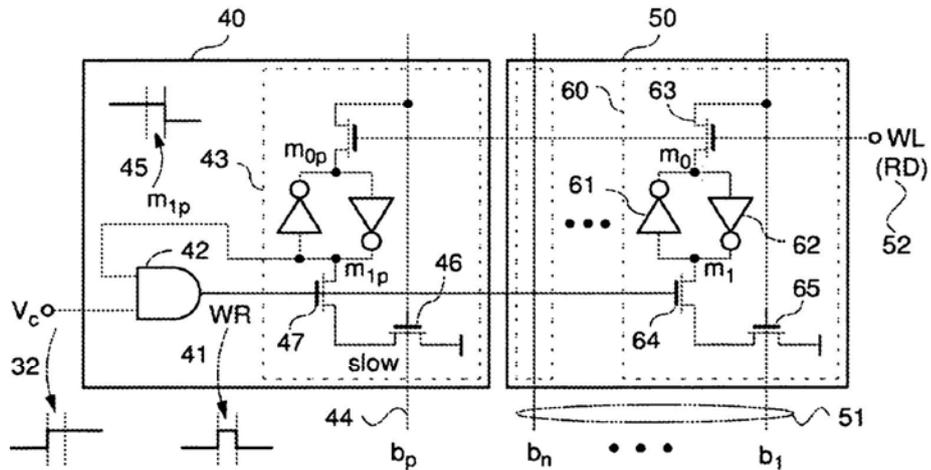


FIG. 2

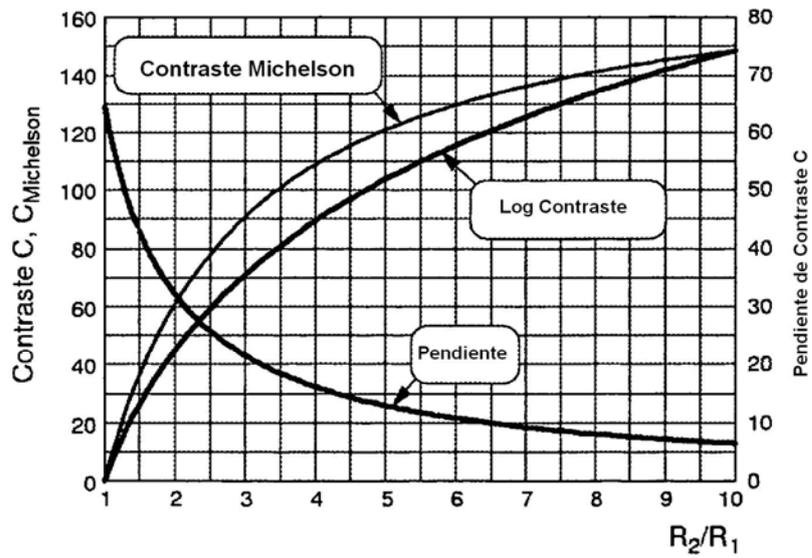


FIG. 6

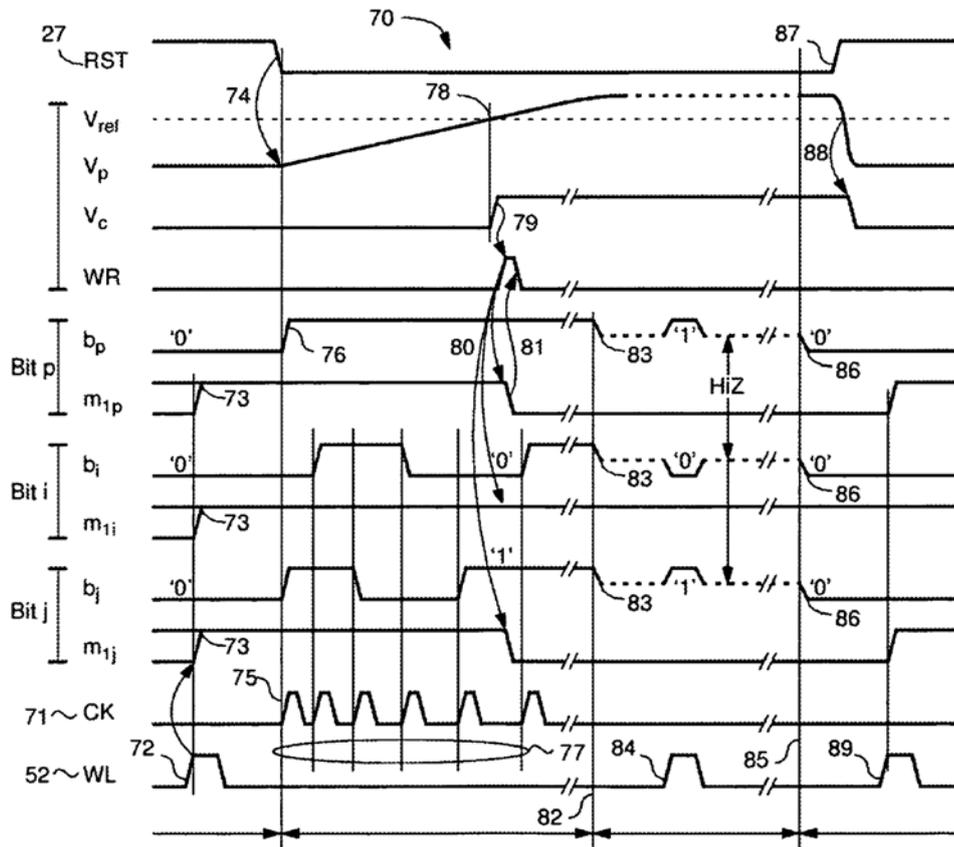


FIG. 3



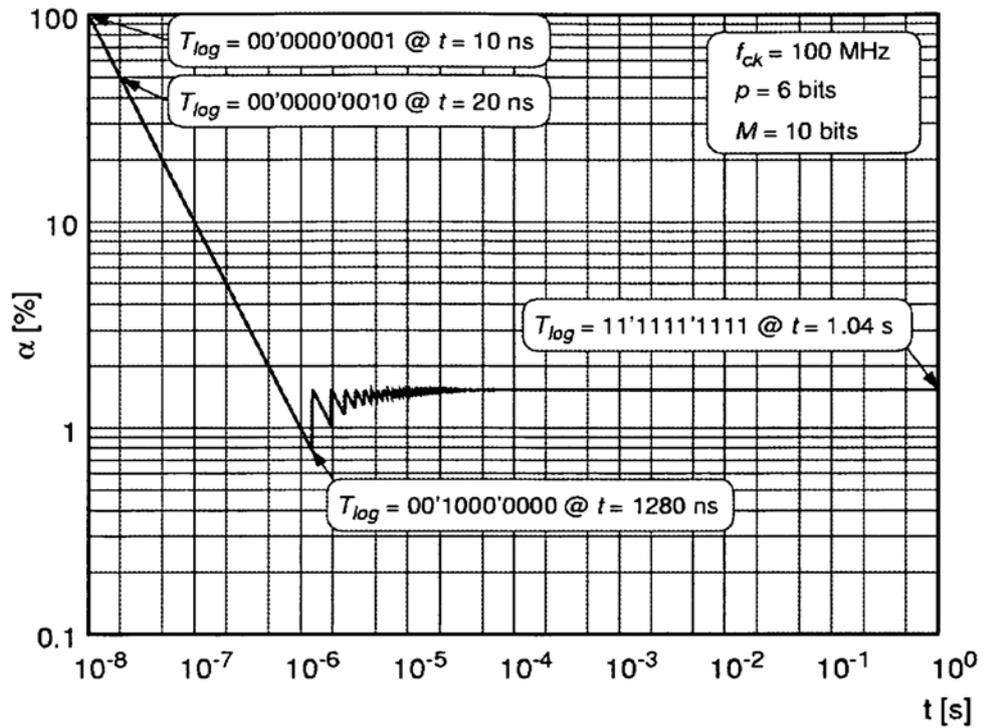


FIG. 7

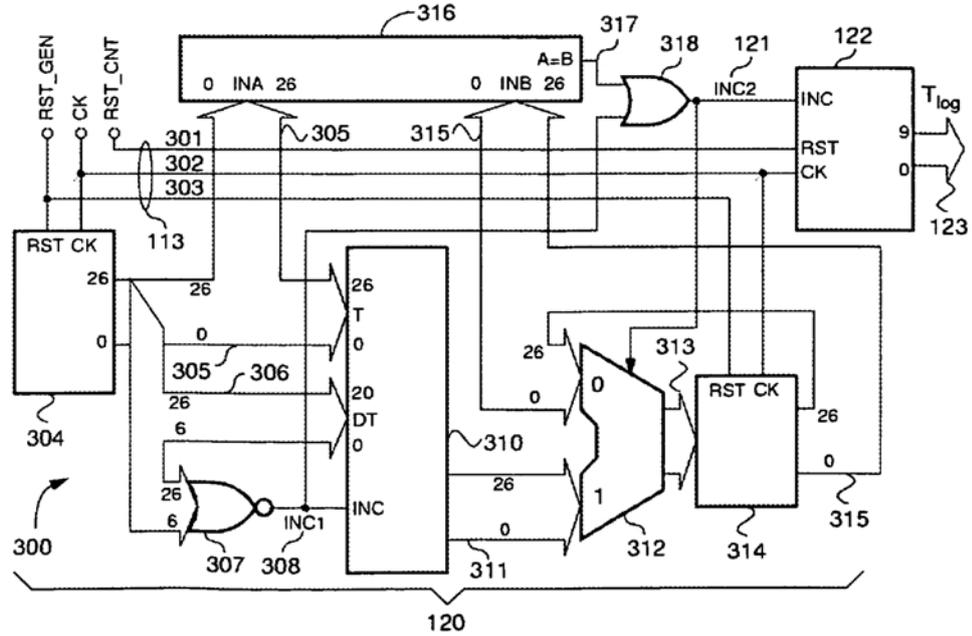


FIG. 8

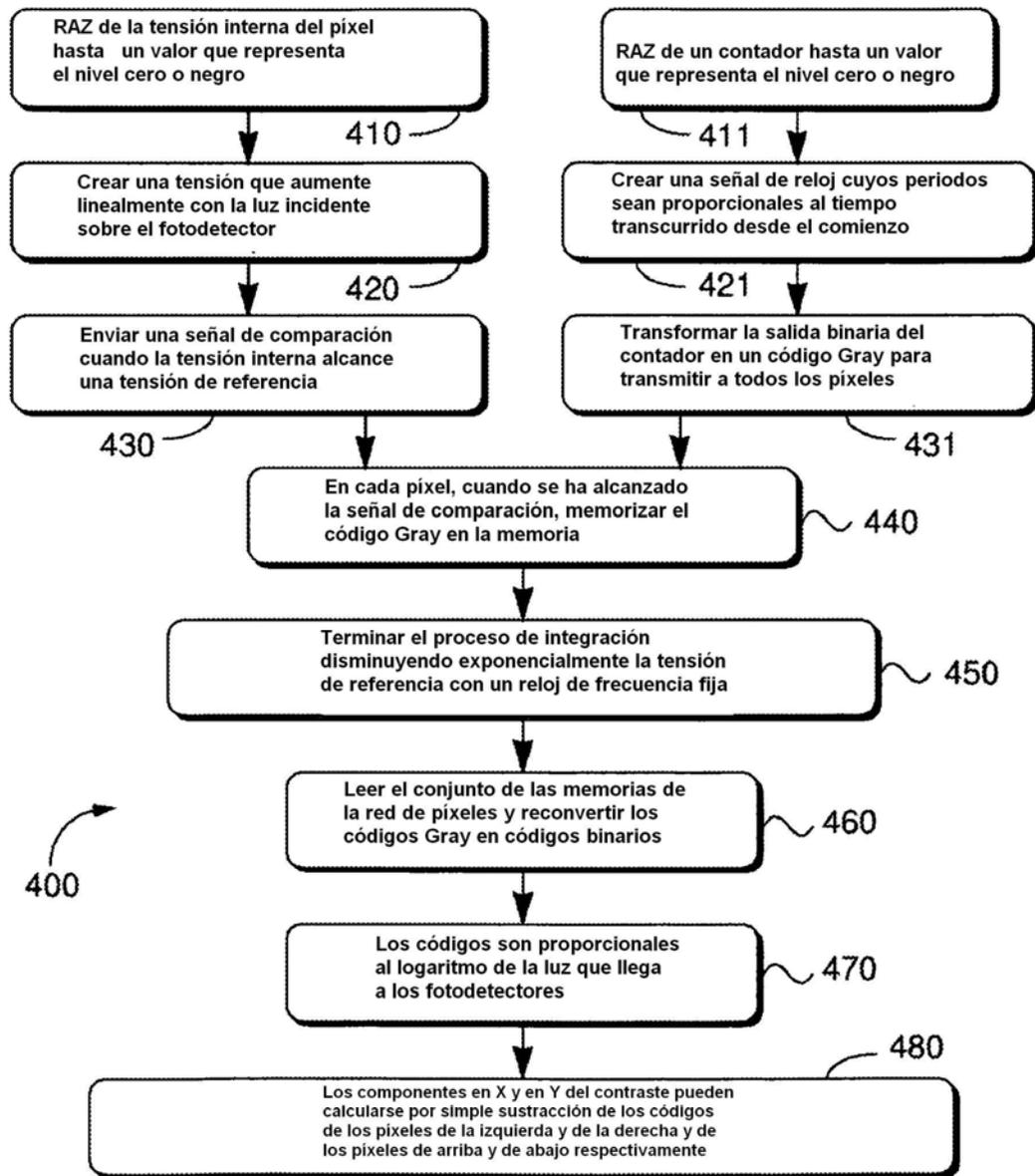


FIG. 9