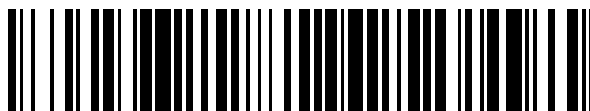


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 234**

51 Int. Cl.:

**H04N 5/365** (2011.01)

**H04N 5/372** (2011.01)

**H04N 5/378** (2011.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2014 PCT/US2014/061756**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15065786**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2014 E 14857523 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3063874**

54 Título: **Procedimiento de adaptación de múltiples canales**

30 Prioridad:

**31.10.2013 US 201361898099 P**

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

**15.03.2019**

73 Titular/es:

**THORLABS, INC. (100.0%)  
56 Sparta Avenue  
Newton, New Jersey 07860, US**

72 Inventor/es:

**GOSSAGE, KIRK**

74 Agente/Representante:

**RIERA BLANCO, Juan Carlos**

**ES 2 704 234 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

Procedimiento de adaptación de múltiples canales

### CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se refiere al campo de los detectores de múltiples canales, y, más concretamente, a un procedimiento y un aparato para adaptar uno o más canales a un canal de referencia en un detector de múltiples canales que tiene una salida digital.

### ANTECEDENTES

10 La adaptación o equilibrado de canales en cámaras digitales de múltiples canales es un requisito fundamental para muchas aplicaciones, en concreto aquellas diseñadas para salidas visibles para humanos, tales como pantallas o salidas impresas. Sin embargo, el equilibrado de canales puede requerir considerables recursos de cálculo y calibración. Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento de equilibrado de canales que no requiera muchos recursos de cálculo y calibración. JP 2001-211297 A , JP 2003-8978 A y EP 1 137 255 A2 divulgan la calibración de ADC multicanal usando tablas de búsqueda (look-up tables, LTU).

### SUMARIO

15 El equilibrado de canales puede requerir considerables recursos de cálculo y calibración. Un modo de realización de la presente invención no requiere ninguno, en cambio, solo requiere la combinación de una caracterización de relación métrica relativa a un canal de referencia seguida de una tabla de búsqueda digital que responda a la configuración de ganancia de usuario de la cámara. En un modo de realización, el procedimiento se implementa en una cámara CCD y da como resultado una muy buena adaptación en todo el rango dinámico del dispositivo y en todo el intervalo de configuración de ganancia de usuario.

20

Un modo de realización de la invención da a conocer un procedimiento para adaptar uno o más canales a un canal de referencia en un detector de múltiples canales según la reivindicación 1.

Otro modo de realización de la invención da a conocer un sistema de formación de imágenes según la reivindicación 3.

### 25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un sistema de digitalización y CCD de 4 derivaciones (4-tap) simplificado.

La Figura 2 muestra cómo las intensidades relativas de las señales obtenidas en el cuadrante 2 se comparan con el cuadrante 1 de una cámara CCD de 4 canales.

30 La Figura 3 muestra cómo las intensidades relativas de las señales obtenidas en el cuadrante 3 se comparan con el cuadrante 1 de una cámara CCD de 4 canales.

La Figura 4 muestra cómo las intensidades relativas de las señales obtenidas en el cuadrante 4 se comparan con el cuadrante 1 de una cámara CCD de 4 canales.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN PREFERENTES

35 La descripción de los modos de realización ilustrativos de acuerdo con los principios de la presente invención está pensada para leerse en relación con los dibujos adjuntos, que se deben considerar parte de la descripción escrita completa. En la descripción de los modos de realización de la invención divulgada en el presente documento, cualquier referencia a la dirección u orientación está destinada simplemente a la conveniencia de la descripción y no pretende limitar de ninguna manera el alcance de la presente invención. Se debe interpretar que los términos relativos tales como "inferior", "superior", "horizontal", "vertical", "encima", "debajo", "arriba", "abajo", "máximo" y "mínimo", así como sus derivados (por ejemplo, "horizontalmente", "hacia abajo", "hacia arriba", etc.) se refieren a la orientación como se describe a continuación o como se muestra en el dibujo que se está analizando. Estos términos relativos se usan solo para la conveniencia de la descripción y no requieren que el aparato se construya u opere en una orientación concreta, salvo que se indique explícitamente. Los términos tales como "adjunto", "fijado", "conectado", "acoplado", "interconectado" y similares se refieren a una relación en la que las estructuras se fijan o unen entre sí, directa o indirectamente, a través de estructuras intermedias, así como a conexiones o relaciones tanto móviles como rígidas, salvo que se describa expresamente de otro modo. Además, las características y ventajas de la invención se ilustran haciendo referencia a los modos de realización ejemplificados. Por consiguiente, la invención no debe limitarse expresamente a dichos modos de realización a modo de ejemplo que ilustran alguna posible combinación no limitativa de características que pueden existir de manera independiente o en otras combinaciones de características; estando definido el alcance de la invención mediante las reivindicaciones adjuntas.

50

5 La presente divulgación describe el mejor modo o modos de llevar a la práctica la invención como se contempla actualmente. No se pretende que la presente descripción se entienda en un sentido limitativo, sino que se da a conocer un ejemplo de la invención presentado únicamente con fines ilustrativos haciendo referencia a los dibujos adjuntos para informar a los expertos en la técnica de las ventajas y la construcción de la invención. En las diversas vistas de los dibujos, los caracteres de referencia iguales designan partes iguales o similares.

En los sistemas de formación de imágenes que utilizan matrices de planos focales multicanal integrados o agregados, cada canal posee una función de transferencia única debido a las diferencias paramétricas individuales en cada trayecto de señal. Por lo tanto, es necesario "equilibrar" los canales para producir una imagen de apariencia uniforme u "homogénea".

10 La solución tradicional para corregir estas diferencias por derivación es modelar cada canal mediante una ecuación lineal de primer orden,  $y=mx+b$ , donde  $x$  es la señal de entrada, y es la señal de salida.

15 La Fig. 1 muestra un sistema de digitalización y CCD 100 de 4 derivaciones simplificado. En este sistema, se supone que cada canal es perfectamente lineal, pero con pequeñas diferencias en la ganancia y el desplazamiento (polarización de CC) globales con respecto al resto. Cada canal utiliza un amplificador de ganancia programable (PGA) 111, 112, 113, 114 y un convertidor A/D 121, 122, 123, 124, típicamente integrados en un único dispositivo denominado una entrada analógica o AFE. Los canales 2 a 4 tienen una corrección de la ganancia digital y el desplazamiento corriente abajo indicada por los sumadores 132, 133, 134 y los multiplicadores 142, 143, 144 con coeficientes  $G_i$  y  $OFS_i$  ( $i = 2, 3, 4$ ).

20 El canal 1 se considera el canal de referencia. Para simplificar, se supone que el canal 1 no se corregirá, y que el resto de canales se corrigen para adaptarse al canal 1 con la mayor precisión posible.

25 La configuración de ganancia de usuario del PGA analógico es igual a  $G_{\text{usuario}}$ . Cuando el usuario ajusta el control deslizante de ganancia, todos los canales se ajustarán por igual, sin embargo, los otros canales requerirán un ajuste para esa configuración de ganancia,  $\delta_i$ ; donde  $i$  es el índice del canal ( $i = 2, 3, 4$ ). Si se requiere un ajuste fino, se puede implementar una corrección digital adicional usando las etapas de suma y multiplicación digitales, con factores de corrección  $G_i$  y  $OFS_i$  ( $i = 2, 3, 4$ ).

30 Se debe tener en cuenta el impacto del amplificador de ganancia programable (PGA) analógico. La etapa de ganancia analógica programable combinada con la no linealidad del canal introduce la consideración práctica del error dependiente de la ganancia (la dependencia de la señal debida a los efectos no lineales se tratará más adelante). Por lo tanto, el sistema necesitará una serie de correcciones que funcionan para un intervalo limitado de la configuración de ganancia en torno a un conjunto de valores de  $G_{\text{usuario}}$ . A medida que la ganancia de usuario se ajusta en el intervalo de ganancia utilizable durante la operación, se eligen diferentes conjuntos de valores de corrección basándose en umbrales predeterminados. Este esquema compensa las desviaciones respecto al caso ideal cuando se ajusta cada amplificador PGA, y compensa parcialmente la no linealidad corriente arriba debido a que se dispone de diferentes correcciones para diferentes intervalos de la función de transferencia corriente arriba.

35 Por ejemplo, se podrían usar diferentes correcciones en  $G_{\text{usuario}} = 1$  y sus proximidades, 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35. En el caso general, los valores almacenados se convertirían en:

*Gusuario<sub>1</sub>: delta<sub>21</sub>, delta<sub>31</sub>, delta<sub>41</sub>, G<sub>21</sub>, G<sub>31</sub>, G<sub>41</sub>, OFS<sub>21</sub>, OFS<sub>31</sub>, OFS<sub>41</sub>*

*Gusuario<sub>2</sub>: delta<sub>22</sub>, delta<sub>32</sub>, delta<sub>42</sub>, G<sub>22</sub>, G<sub>32</sub>, G<sub>42</sub>, OFS<sub>22</sub>, OFS<sub>32</sub>, OFS<sub>42</sub>*

40 *Gusuario<sub>j</sub>: delta<sub>2j</sub>, delta<sub>3j</sub>, delta<sub>4j</sub>, G<sub>2j</sub>, G<sub>3j</sub>, G<sub>4j</sub>, OFS<sub>2j</sub>, OFS<sub>3j</sub>, OFS<sub>4j</sub>*

Donde  $j$  es el número de intervalos dentro del intervalo de ganancia para el que se requiere un conjunto único de coeficientes de corrección y donde  $j$  se determina empíricamente caracterizando un conjunto representativo de sistemas.

El conjunto de coeficientes será único para cada unidad y se calculará en un dispositivo de calibración.

45 Se puede hacer una multiplicación simple en la cámara o en el ordenador central, aunque el lugar donde se realiza la operación no es importante en el contexto de este documento.

En la práctica, la no linealidad en cada canal hace que estas correcciones solo sean adecuadas en un subconjunto del intervalo de valores de  $x$ , y fue necesaria una mejora.

50 A continuación se describe un modo de realización de ejemplo no limitativo de la presente invención para mejorar la adaptación de canales en un rango más amplio de condiciones de operación de la cámara. Para facilitar la ilustración, se usa un ejemplo de una cámara CCD de 4 canales. En este ejemplo, los 4 canales corresponden a los 4 cuadrantes del sensor, respectivamente. En general, el procedimiento es aplicable a un detector multicanal que tenga cualquier número de canales.

5 Las Fig. 2 a 4 muestran cómo las intensidades relativas de las señales obtenidas en los cuadrantes 2 a 4 se comparan con el cuadrante 1 de una cámara CCD de 4 canales concreta. Se debe tener en cuenta que diferentes cámaras/detectores tendrían diferentes intensidades relativas. Los valores mostrados en las Fig. 2 a 4 se muestran con fines ilustrativos. En este caso, las correcciones del desplazamiento, OFS, son todas cero y, por lo tanto, se eliminan.

En las Fig. 2 a 4, el eje y es la relación de intensidad del cuadrante dado en relación con el cuadrante 1, y el eje x es el nivel de señal, x, en milivoltios, del canal 1. Las Fig. 2 a 4 muestran la intensidad relativa de los cuadrantes en todo el rango dinámico del CCD. Se debe tener en cuenta que el intervalo real de los datos relacionales usados en cualquier momento se basa en la ganancia deseada,  $G_{\text{usuario}}$  de los 4 canales.

10 En un modo de realización de la presente invención, se crea una tabla de búsqueda, también conocida como LUT, para cada cuadrante, con valores obtenidos a partir de las relaciones de señal frente a canal, o "tablas maestras", mostradas en las Fig. 2 a 4. La LUT se crea a partir de las tablas maestras basándose en la configuración de ganancia,  $G_{\text{usuario}}$ , y se vuelve a convertir en valores digitales para la tabla de búsqueda. A medida que aumenta  $G_{\text{usuario}}$ , disminuye la extensión de la tabla maestra usada.

15 Por ejemplo, en  $G_{\text{usuario}} = 1$ , se usa la tabla maestra completa (valores de x de 0 a 500 mV) para cada canal. En  $G_{\text{usuario}} = 2$ , solo se usa la mitad de la tabla maestra (valores de x de 0 a 250 mV) de la cámara. Como la LUT tiene menos entradas con valores de  $G_{\text{usuario}}$  más altos, es necesaria una interpolación para completar los valores intermedios.

20 Para crear la tabla de búsqueda dependiente de  $G_{\text{usuario}}$ , se comienza con la tabla maestra que contiene las ganancias relativas a uno de los cuadrantes (en este caso, el cuadrante 1 es la referencia, pero, en general, se puede usar cualquier cuadrante como referencia) en términos de milivoltios (mV). Se proporciona un ejemplo en la tabla 1:

Tabla 1

mV	Ganancia 1	Ganancia 2	Ganancia 3	Ganancia 4
0	1	1.07407	1.125893	1.086194
1.32811	1	1.080279	1.127423	1.09741
1.349378	1	1.086488	1.128953	1.108627
1.392361	1	1.082387	1.129363	1.088252
1.480501	1	1.063681	1.090904	1.08377
1.879822	1	1.04498	1.078453	1.093611
...	...	...	...	...
501.7231	1	0.939206	0.895597	0.952055
502.605	1	0.939324	0.895674	0.951926
503.2774	1	0.939368	0.895662	0.951835

25 La siguiente etapa es, usando la ecuación 1, calcular la señal mV en el CCD que generaría los valores digitales específicos (ADU) en todo el intervalo de la de ADU de la cámara (por ejemplo, 0 - 4095 para una cámara de 12 bits, 0 - 16383 para una cámara de 14 bits, etc.):

$$mV = V_{ADU} \times \frac{D}{D_{\text{intervalo}}} / \text{Ganancia} \quad (\text{Ecuación 1})$$

30 Donde  $V_{ADU}$  es el intervalo de voltaje total del ADC final de la cámara,  $D_{\text{intervalo}}$  es el máximo de la ADU (4096, 16383, etc.), D es un valor de la ADU específico (0 - 4095, 0 - 16383, etc.), y Ganancia es cuánto se amplifica la señal del CCD en milivoltios antes de que la señal llega al ADC. Las ganancias de los diversos cuadrantes se interpolan entonces linealmente a partir de la tabla maestra basándose en el mV. Un ejemplo de los resultados de este cálculo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

mV	ADU	Cuad1	Cuad2	Cuad3	Cuad4
0	0	1	1.07407	1.125893	1.086194
0.018821	1	1	1.074158	1.125915	1.086353

mV	ADU	Cuad1	Cuad2	Cuad3	Cuad4
0.037641	2	1	1.074246	1.125936	1.086512
0.056462	3	1	1.074334	1.125958	1.086671
0.075283	4	1	1.074422	1.12598	1.08683
0.094104	5	1	1.07451	1.126001	1.086989
...	...	...	...	...	...
308.3024	16381	1	0.932147	0.886057	0.957236
308.3213	16382	1	0.932149	0.886059	0.957235
308.3401	16383	1	0.932151	0.886061	0.957233

La tabla de búsqueda (LUT) se crea entonces para cada cuadrante tomando el valor digital de entrada (ADU) y dividiéndolo por la relación del cuadrante correspondiente para cada valor de la ADU. Un ejemplo de la LUT se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Entrada de LUT	Salida de LUT Q1	Salida de LUT Q2	Salida de LUT Q3	Salida de LUT Q4
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	4	5
...	...	...	...	...
927	927	985	1021	894
928	928	986	1022	895
929	929	988	1023	896
...	...	...	...	...
16381	16381	16383	16383	16383
16382	16382	16383	16383	16383
16383	16383	16383	16383	16383

5 Esta LUT, que se puede almacenar en un medio legible por ordenador no transitorio, se usa entonces mediante un procesador de imágenes para corregir la imagen tomando la ADU de entrada de la cámara (entrada de LUT) y sustituyendo el valor de entrada por el valor de salida (salida de LUT) para cada píxel en función del cuadrante del que procedía el píxel (Q1, Q2, Q3 o Q4).

10 Se debe tener en cuenta que los valores que se muestran en las tablas 1 a 3 tienen fines ilustrativos. Diferentes cámaras/detectores tendrán diferentes valores.

15 En otro modo de realización, se puede usar una técnica de LUT similar a la descrita anteriormente sola o junto con la corrección de cuadrante-derivación para corregir la cámara para una respuesta fotónica no lineal. Esto requeriría además una fuente de luz calibrada para medir la respuesta del CCD a un recuento de fotones conocido que varía desde que la luz no alcanza el CCD hasta la saturación del CCD. Entonces podría generarse una LUT asignando la respuesta del CCD a la luz conocida a la respuesta lineal deseada. Esto se podría hacer para todo el CCD a la vez en el modo de una única derivación, o para una única derivación (del cuadrante a adaptar en el modo de múltiples derivaciones).

20 Aunque la presente invención se ha descrito con cierta extensión y con alguna particularidad con respecto a los diversos modos de realización descritos, no se pretende que se limite a ninguna de dichas particularidades o modos de realización ni a cualquier modo de realización concreto, sino que se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para adaptar uno o más canales a un canal de referencia en un detector de múltiples canales que tiene una salida digital, comprendiendo el procedimiento:

5 recibir un valor de entrada de una unidad de analógico a digital (ADU) del detector de múltiples canales para cada canal; y

sustituir el valor de entrada de la ADU por un valor de salida correspondiente a cada canal de una tabla de búsqueda (LUT), en el que el valor de salida en la LUT está asociado con el valor de entrada de la ADU en la LUT;

en el que la LUT se crea:

10 tomando una relación de intensidad relativa de señales de cada canal en comparación con el canal de referencia en un intervalo de valores de voltaje;

para cada valor de entrada de la ADU  $D$  en todo el intervalo de la ADU del detector, en el que  $D$  varía de 0 a  $D_{intervalo}$ , calculando un valor de señal correspondiente  $mV$  en el detector que

genera cada valor de la ADU  $D$  mediante la fórmula:

$$mV = V_{ADU} \times \frac{D}{D_{Intervalo}} / Ganancia$$

15 donde  $mV$  es el valor de señal en el detector,  $V_{ADU}$  es el intervalo total de señal de una conversión de analógico a digital del detector,  $D_{intervalo}$  es el valor máximo de entrada de la ADU del detector, y

*Ganancia* es una amplificación de una señal detectada antes de la conversión de analógico a digital en todo el intervalo de la ADU del detector;

20 interpolando las relaciones de intensidad relativas para obtener relaciones correspondientes a los valores de señal calculados  $mV$  en el detector para cada canal; y

dividiendo cada uno de los valores de entrada de la ADU  $D$ , en el que  $D$  varía desde 0 hasta  $D_{intervalo}$ , por la relación interpolada correspondiente para obtener el valor de salida asociado correspondiente para cada canal.

- 25 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el detector de múltiples canales es una cámara de dispositivo de carga acoplada (CCD).

3. Sistema de formación de imágenes que comprende:

un detector multicanal que tiene una salida digital, uno o más canales y un canal de referencia;

un dispositivo de memoria; y

un procesador de imágenes configurado para:

30 recibir un valor de entrada de la unidad de analógico a digital (ADU) de cada canal; y

sustituir el valor de entrada de la ADU por un valor de salida correspondiente a cada canal de una tabla de búsqueda (LUT) almacenada en el dispositivo de memoria, en el que el valor de salida en la LUT está asociado con el valor de entrada de la ADU en la LUT;

en el que la LUT se crea:

35 tomando una relación de intensidad relativa de señales de cada canal en comparación con el canal de referencia en un intervalo de valores de voltaje;

para cada valor de entrada de la ADU  $D$  en todo el intervalo de la ADU del detector, en el que  $D$  varía de 0 a  $D_{intervalo}$ , calculando un valor de señal correspondiente  $mV$  en el detector que

genera cada valor de entrada de la ADU  $D$  mediante la fórmula:

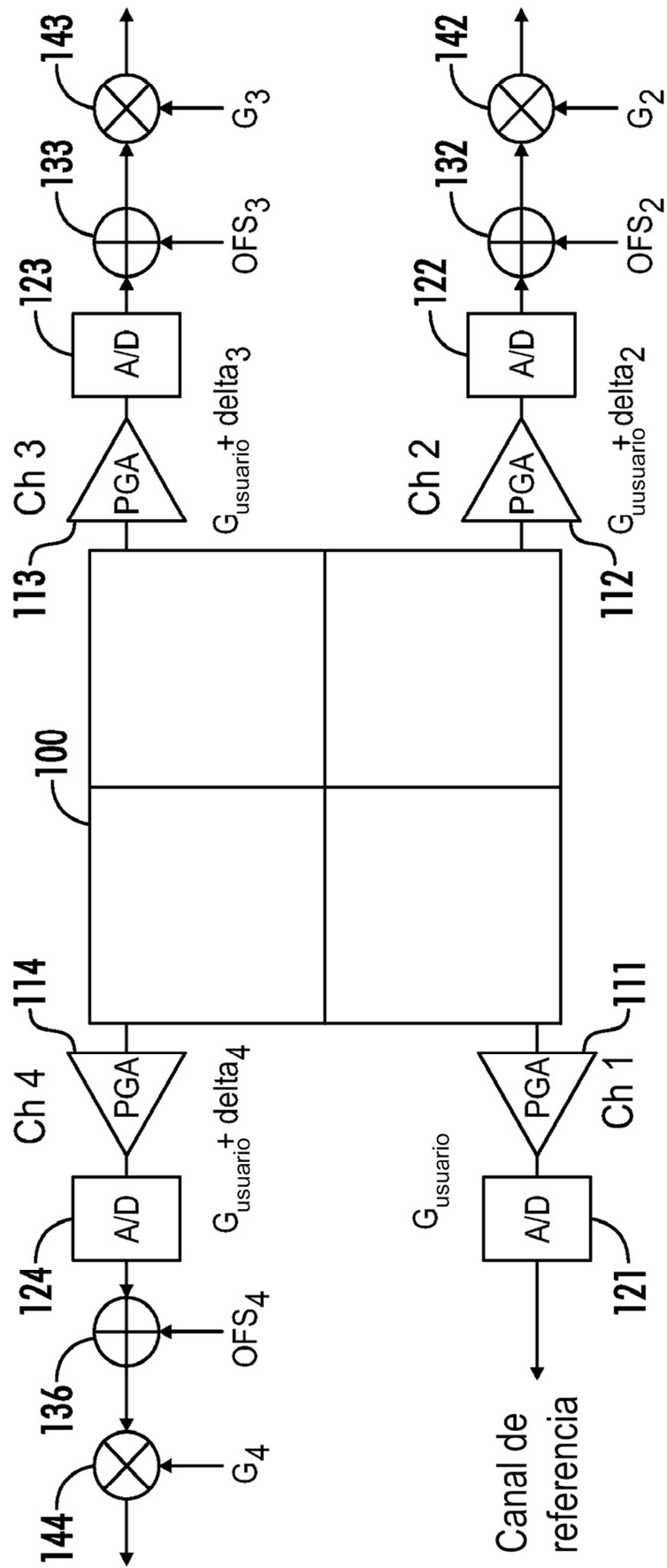
$$mV = V_{ADU} \times \frac{D}{D_{Intervalo}} / Ganancia$$

40 donde  $mV$  es el valor de señal en el detector,  $V_{ADU}$  es el intervalo total de señal de una conversión de analógico a digital del detector,  $D_{intervalo}$  es el valor máximo de entrada de la ADU del detector, y

*Ganancia* es una amplificación de una señal detectada antes de la conversión de analógico a digital en todo el intervalo de la ADU del detector;

interpolando las relaciones de intensidad relativas para obtener relaciones correspondientes a los valores de señal calculados *mV* en el detector para cada canal; y

- 5 dividiendo cada uno de los valores de entrada de la ADU  $D$ , en el que  $D$  varía desde 0 hasta  $D_{intervalo}$ , por la relación interpolada correspondiente para obtener el valor de salida asociado correspondiente para cada canal.
4. Sistema, según la reivindicación 3, en el que el detector es una cámara de dispositivo de carga acoplada (CCD) de múltiples canales.



**FIG. 1**



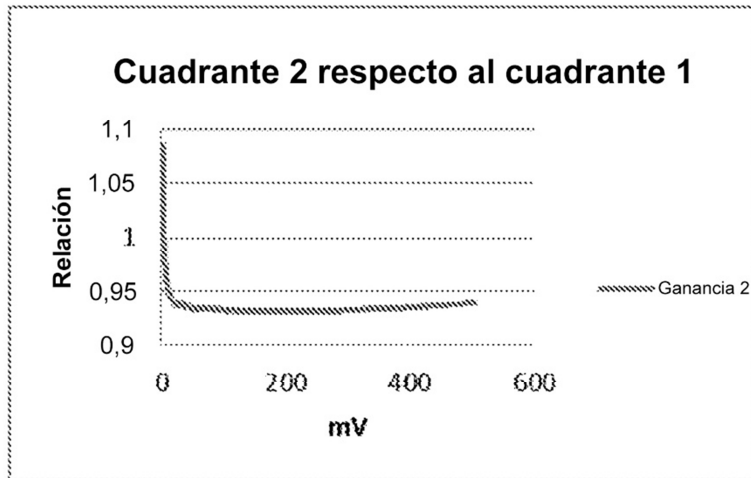


FIG. 2

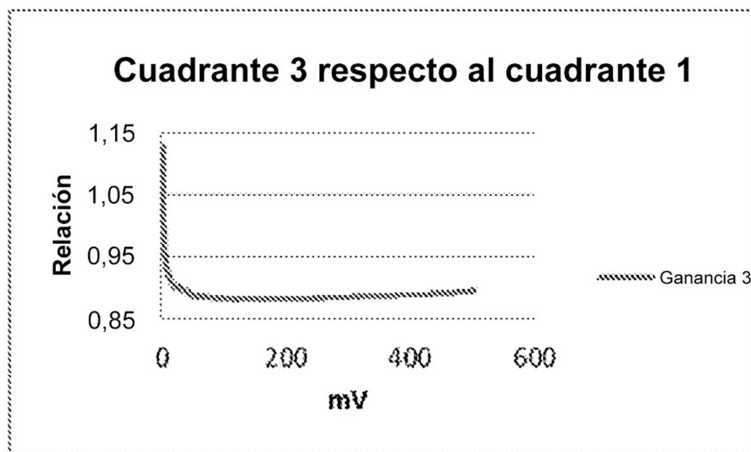


FIG. 3

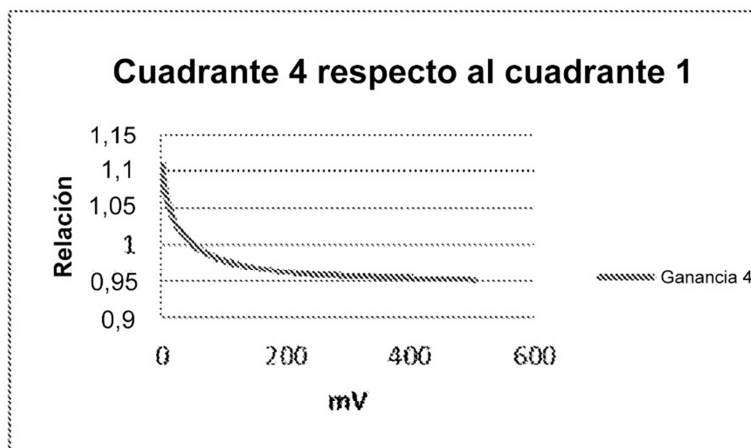


FIG. 4