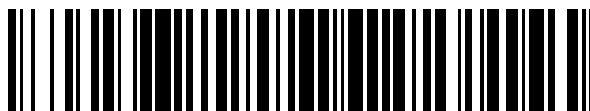


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 775**

51 Int. Cl.:

G03B 19/18 (2006.01)

G03B 9/08 (2006.01)

G02F 1/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2011 PCT/US2011/035495**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11152955**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2011 E 11785502 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2628046**

54 Título: **Aparato y método para reducir o evitar el aliasing temporal en cámaras cinematográficas**

30 Prioridad:

09.09.2010 US 381341 P

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

09.10.2019

73 Titular/es:

**RED.COM, LLC (100.0%)
34 Parker
Irvine, CA 92618, US**

72 Inventor/es:

**DAVIS, ANTHONY WAYNE y
KOUNS, JOHN R.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 726 775 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

Aparato y método para reducir o evitar el aliasing temporal en cámaras cinematográficas

5 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención (campo técnico):**

10 La presente invención se refiere a un aparato obturador incluyendo un efector de exposición de variación continua y a un método para mejorar la filtración en cámaras bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D) convencionales que dan lugar a la reducción o la prevención de aliasing temporal.

15 Las cámaras cinematográficas conocidas por los expertos en la técnica exponen una película dejando que pase luz a través de una abertura de lente y luego a través de una abertura de obturador. El obturador gira típicamente a una velocidad síncrona con la de los cuadros de película que pasan. Las cámaras cinematográficas digitales exponen el sensor controlando electrónicamente el tiempo de exposición para cada cuadro para lograr el mismo efecto

20 El obturador en la mayor parte de las cámaras cinematográficas es del tipo de plano focal y se denomina un obturador de disco rotativo. Dentro de una cámara cinematográfica hay un obturador rotativo de forma análoga a un semicírculo. La figura 1 ilustra un obturador típico de cámara cinematográfica que consta de una zona opaca y una zona abierta. Cuando la cámara opera, el mecanismo obturador gira a la posición abierta dejando que la luz choque en la película y luego continúa girando, bloqueando la luz cuando el cuadro siguiente entra en posición.

25 Un obturador de disco rotativo es un disco de espejo de forma circular que tiene un segmento cortado, que hace que el obturador tenga un ciclo luminoso y oscuro cuando el disco gira. La película se expone cuando el segmento cortado del obturador pasa por delante de la película. La película es avanzada posteriormente durante el ciclo oscuro. Cuando el disco de espejo gira, refleja una imagen a través de un vidrio esmerilado de modo que puede ser visto por el operador de cámara una parte del tiempo. La otra parte del tiempo el espejo permite que la luz pase a la película. En cámaras sencillas, este obturador está fijado y es generalmente semicircular. En cámaras más avanzadas, la forma del obturador puede ser ajustada a una posición concreta. Esta posición de obturador se denomina el ángulo de obturador.

35 Muchos obturadores de cámara cinematográfica son ajustables. Imagine dos semicírculos unidos: la cantidad de espacio que quede abierto nunca podrá ser superior a 180 grados (medio círculo), pero podría ser menos, si los dos semicírculos se desplegasen de modo que se exponga un espacio más pequeño. El ángulo de espacio expuesto se denomina el ángulo de obturador. El ángulo de obturador estándar en una cámara cinematográfica es de 180 grados. A veces se usan ángulos de menos de 180 por razones estéticas o logísticas, y así la cantidad de tiempo que cada cuadro está expuesto a luz es realmente menos de la mitad de la velocidad de cuadro. Las cámaras cinematográficas digitales no tienen un obturador mecánico, de modo que el tiempo de exposición resultante en las cámaras digitales es controlado electrónicamente simulando los mismos controles de ángulo de obturador.

45 El ajuste del ángulo de obturador controla la proporción de tiempo que la película está expuesta a luz durante cada intervalo de cuadro. La razón primaria por la que los cinematógrafos ajustan el ángulo de obturador es controlar la cantidad de estela de movimiento que se registra en cada cuadro de película sucesivo. Un ángulo de obturador ajustado limitará la estela de movimiento. Un ángulo de obturador ancho la permitirá. Un ángulo de obturador de 180° se considera normal.

50 La utilización de un obturador de disco rotativo introduce aliasing. Aliasing significa literalmente "por un nombre diferente" y se utiliza para explicar el efecto del submuestreo de una señal continua, que hace que las frecuencias del mundo real sean presentadas en un sistema muestreado como frecuencias diferentes. Esta señal de aliasing es la señal original desplazada a una frecuencia diferente y generalmente se considera como frecuencias más altas desplazadas a frecuencias más bajas.

55 Tiene lugar aliasing cuando algo continuo se representa usando lotes de trozos discretos, por ejemplo, representando imágenes usando muchos píxeles, almacenando sonidos tomando muchas muestras, o representando movimiento usando muchas imágenes fijas. El proceso de intentar representar cosas continuas en trozos discretos distorsiona inevitablemente la información. Esta distorsión introduce ambigüedades en el sonido o las imágenes y se ven cosas "erróneas", es decir, se ven desplazamientos. Por ejemplo, con respecto a una señal audio unidimensional en el tiempo, los componentes de frecuencia desplazados suenan en un tono más bajo. En un espacio bidimensional, por ejemplo, con imágenes, se observan líneas paralelas en camisas de rayas que se convierten en grandes líneas onduladas. Con señales bidimensionales que varían en el tiempo, un ejemplo de aliasing sería ver hélices en un plano que parece estar girando lentamente cuando las hélices se mueven realmente a velocidades muy altas.

65 Una forma de describir una cámara cinematográfica es como un sistema de muestreo en el tiempo. Las cámaras cinematográficas adquieren imágenes secuencialmente en el tiempo, representando cada imagen una muestra del

mundo real en el tiempo. Tanto en cámaras cinematográficas digitales como a base de película, la señal de variación en el tiempo es medida a una velocidad de cuadro fija, generalmente 24 cuadros por segundo (cps). La tasa de muestreo de las cámaras cinematográficas típicas es generalmente 24 ciclos por segundo (o 24 hercios), de modo que la velocidad de muestreo (en hercios) es la misma que la tasa de cuadros (en cuadros por segundo). Este tipo de sistema se puede considerar un sistema de muestreo temporal. El rendimiento de tal sistema de muestreo es analizado y predicho con el conocido teorema de muestro Nyquist-Shannon, que afirma: si una función $x(t)$ no contiene frecuencias más altas que B hercios, se determina completamente dando sus ordenadas en una serie de puntos espaciado $1/(2B)$ segundos.

La frecuencia Nyquist se define como la mitad de la frecuencia de muestreo. Por ejemplo, en una cámara cinematográfica de 24 cuadros por segundo (o 24 ciclos por segundo, o 24 hercios), la frecuencia Nyquist sería 12 hercios. El teorema de Nyquist-Shannon predice aliasing cuando son muestreadas señales del mundo real con frecuencias superiores a la frecuencia Nyquist, es decir, cualquier frecuencia de señal del mundo real superior a la velocidad Nyquist será sometida a aliasing, o desplazada a otra frecuencia (falsa) que pueda ser representada por el sistema de muestreo.

Puede producirse y se produce aliasing cuando las frecuencias del mundo real exceden de la tasa Nyquist dado que cámaras cinematográficas son sistemas de muestreo. Las cámaras cinematográficas miden en tres dimensiones: dos dimensiones espaciales (la imagen bidimensional producida por cada cuadro) y también el tiempo. El muestreo es una observación discreta o medición, mientras que el aliasing es una ilusión, un aspecto de algo que no es, debido a inconvenientes de muestreo.

Para entender el muestreo en el dominio del tiempo de una cámara cinematográfica, considérese una simple fuente de luz, tal como una bombilla, fotografiada con una cámara cinematográfica. Si la intensidad de la bombilla es modulada de forma sinusoidal, la intensidad registrada por la película o sensor digital deberá representar correspondientemente muestras del brillo variable en el tiempo de la bombilla, y, después de la reproducción, la intensidad de luz que varía en el tiempo deberá coincidir con la onda sinusoidal de la bombilla original. El mundo real que varía de forma continua la intensidad de la bombilla es registrado como una cadena finita de valores discretos, un valor por cada cuadro de la película.

En el ejemplo de la bombilla que varía de forma sinusoidal previamente descrito, con una frecuencia de la onda sinusoidal de 10 hercios, con la luz muestreada con un sistema de cámara normal de 24 cuadros por segundo, la señal de 10 hercios es registrada y reproducida exactamente porque es menos que la frecuencia Nyquist de 12 hercios. Sin embargo, si la bombilla se varía de forma sinusoidal a 14 hercios, el resultado de la frecuencia registrada y reproducida de una cámara de 24 cuadros por segundo es 10 hercios. Esto es porque 14 hercios es 2 hercios por encima de la frecuencia Nyquist, de modo que la frecuencia resultante está 2 hercios por debajo de la frecuencia Nyquist. Éste es un ejemplo de aliasing de señal cuando se muestrea una frecuencia superior a la frecuencia Nyquist.

El aliasing temporal en cámaras cinematográficas aparece en otras formas. La manifestación más común y popularmente entendida del aliasing temporal es conocida como el efecto de "rueda de vagón" resultante de una rueda rotativa observada en una pantalla de televisión o cine. El efecto surge porque, en una película o un vídeo, a veces parece que las ruedas giran en una dirección opuesta a la dirección de movimiento del vagón, o a una velocidad que parece "equivocada". Este efecto es especialmente pronunciado cuando se observa una rueda antigua en un carro o vagón, porque cuanto mayor es el número de radios de una rueda, más fácil es que se observe este fenómeno. Así, una rueda de vagón en rápido movimiento capturada por una cámara cinematográfica aparece parada, en dirección inversa, o que se mueve lentamente, dependiendo de la velocidad de rotación. Las frecuencias o ciclos más altos del movimiento de giro son sometidas a aliasing, o desplazadas falsamente, pareciendo frecuencias diferentes. Este aliasing temporal resulta de la tasa de cuadros limitada.

El movimiento hacia atrás de las ruedas antes descrito se ilustra en la figura 2 donde el movimiento de una rueda se ilustra como una serie de imágenes fijas o 'cuadros'. La figura 2A ilustra tres de tales cuadros donde la rueda gira 7,5 grados en cada cuadro. La figura 2B ilustra cuadros donde la rueda gira 42 grados cada vez, por ejemplo, la rueda gira más rápidamente que en la figura 2A. Cuando se centra la atención en el pequeño punto blanco en el borde de la rueda, la rotación es todavía hacia la derecha, y en incrementos bastante grandes. Pero cuando se centra la atención en los radios de la rueda, la rueda parece girar hacia la izquierda en pasos muy pequeños. Si no fuese por el punto blanco de marcación, una rotación hacia la derecha de 42 grados parecería idéntica a una rotación hacia la izquierda de 3 grados, debido a la simetría rotacional de los radios de la rueda.

La secuencia de imágenes que representan una rueda girando rápidamente en una dirección puede parecer idéntica a la secuencia de imágenes para la misma rueda girando lentamente en la dirección opuesta: Esto es un ejemplo de aliasing. Se pueden crear muchos casos de aliasing. Si la rotación tiene lugar exactamente a la velocidad correcta (45 grados por cuadro en este ejemplo particular), la rueda parecerá estar perfectamente quieta. Si es ligeramente más rápida, la rueda parecerá girar en la dirección correcta, pero demasiado lentamente con respecto a la velocidad real de la rotación de la rueda.

5 El aliasing disminuye la calidad de la imagen en movimiento. La práctica actual de resolver el problema del aliasing en imágenes en movimiento incluye usar estela de movimiento. Estela de movimiento implica hacer de cada cuadro la media en el intervalo completo entre un cuadro y el siguiente en lugar de hacer de cada imagen de la secuencia un disparo nítido del lugar donde los artículos están en un instante de tiempo dado. En el ejemplo de la rueda de vagón previamente descrito, con estela de movimiento, cada radio se representa como una "barra con estela" gris a través del ángulo de 7,5 grados que el radio barre en dicho cuadro. La primera imagen representa cada uno de los radios ligeramente más gruesos y un poco borrosos en los bordes.

10 La figura 2B es una ilustración del barrido de radios de rueda de vagón a través de 42 grados de un cuadro al siguiente, casi el mismo tamaño que el intervalo entre los radios. Se obtiene una estela gris más bien que radios individuales. La formación de estela elimina el aliasing porque la rueda ya no parece estar moviéndose hacia atrás, sólo parece borrosa, que es lo que se observa "en la vida real" cuando se mira a una rueda en rápido movimiento.

15 La utilización de estela de movimiento para eliminar el aliasing no es un proceso sencillo. El método empleado para eliminar el aliasing en sistemas de muestreo es limitar la banda de la señal del mundo real antes de que tenga lugar el muestreo, asegurando así que ninguna frecuencia superior a la frecuencia Nyquist pueda entrar en el sistema de muestreo. Esto se conoce como prefiltración y por lo general se realiza con un filtro de frecuencia de paso bajo. El filtro de frecuencia de paso bajo ideal para prefiltración es una unidad (señal no afectada) por debajo de la frecuencia Nyquist, y cero (señal no permitida) por encima de la frecuencia Nyquist.

20 La prefiltración de cámaras cinematográficas del estado de la técnica usando una ventana de exposición y ángulo de obturador tiene limitaciones. Las cámaras cinematográficas realizan cierta prefiltración inherente, porque la cantidad de tiempo que el obturador está abierto produce cierta estela de movimiento en un solo cuadro/muestra.

25 El tiempo de exposición para un cuadro se indica típicamente como un ángulo de obturador. Un ángulo de obturador de 360 grados indica que el cuadro está expuesto todo el tiempo de la muestra, mientras que un ángulo de obturador de 180 grados indica que el cuadro está expuesto la mitad del tiempo entre muestras. Por ejemplo, en un sistema de imágenes en movimiento de 24 cuadros por segundo, un obturador de 180 grados expondría cada cuadro durante 1/48 de segundo, mientras que un obturador de 360 grados expondría cada cuadro durante 1/24 de segundo.

30 Cuando la cantidad de luz que puede pasar al sensor, ya sea una película o un sensor digital, durante el tiempo de cuadro se representa como una función de tiempo, el gráfico resultante describe cómo la intensidad de imagen entrante cambia en el tiempo. Este cambio de intensidad en el tiempo se denomina la función de ventana de exposición, o simplemente la función de ventana. Las funciones de ventana de exposición para obturadores de imágenes en movimiento tienen una transición pronunciada entre 0 (no luz) y 1 (exposición plena). Las cámaras cinematográficas actuales no implementan valores distintos de 0 y 1 porque el obturador está abierto o cerrado.

35 Los filtros se representan por la respuesta a una frecuencia dada; tal representación se denomina la función de transferencia de modulación, o MTF. La función de transferencia de modulación, cuando se expresa linealmente, está normalizada entre 0 y 1, donde 1 es la respuesta plena a una frecuencia dada y 0 es ausencia de respuesta. Hay una relación matemática directa entre la función de ventana de exposición y el prefiltro de frecuencia. Si una función de ventana de exposición es conocida, la función de transferencia de modulación resultante del prefiltro puede calcularse. La figura 3 ilustra las MTFs de la prefiltración efectiva de un ángulo de obturador de 180 grados y de 360 grados en comparación con un prefiltro ideal para un sistema de 24 cuadros por segundo (la frecuencia Nyquist es, por lo tanto, 12 hercios).

40 Independientemente de a qué velocidad pase la película propiamente dicha a través de la cámara, la mitad del tiempo el obturador está abierto, exponiendo la película, y la mitad del tiempo, el obturador está cerrado, avanzando la película. La velocidad de obturador de una cámara cinematográfica, o cuánto tiempo cada imagen está expuesta a la luz, es la mitad de la tasa de cuadros o cuántas imágenes se exponen cada segundo. La tasa cinematográfica estándar de 24 cuadros por segundo usa una velocidad de obturador de la mitad, es decir, 1/48 de segundo.

45 Idealmente, todas las frecuencias superiores a Nyquist serían eliminadas antes de que tenga lugar el muestreo, y todas las frecuencias por debajo de Nyquist se conservarían sin atenuación. Esta función de transferencia de modulación ideal de un prefiltro se representa en la figura 4.

50 Si la iluminación del sensor se representa en el transcurso de una exposición, el gráfico resultante se denomina la función de ventana de exposición. Para un obturador estándar de 180 grados, la función de ventana de exposición tiene solamente dos valores: 0 (completamente oscuro) y 1 (luz plena). La función empieza en 0 (cerrado), y al instante pasa a 1 (completamente abierto y luz). Permanece completamente abierto en 1 durante 1/48 segundos. Luego pasa al instante a 0. En el caso más general, podrían considerarse múltiples funciones de ventana de exposición, estando los valores en el rango infinito entre 0 y 1.

65 Para película de 24 cps, actualmente se usa un obturador de 180°, de modo que la película esté expuesta durante 1/48 segundo. La figura 5 ilustra una función de ventana de iluminación resultante de la iluminación media de un

sensor, donde 0 es ausencia de iluminación y 1 es iluminación plena, en función del ángulo trazado sobre un círculo. Así, la transición de abierto a cerrado es brusca y los lados de la denominada ventana de "furgón" están empinados. Cuando se gira este obturador, la iluminación de imagen transmitida al sensor está a intensidad cero la mitad del tiempo en que la zona opaca está delante del sensor, y a plena intensidad la otra mitad del tiempo en que la zona abierta está delante del sensor.

La figura 6 ilustra un gráfico de exposición en función del tiempo de una función de ventana de exposición ideal representada sobre la de una ventana creado por un obturador semicircular. La ventana ideal es de longitud infinita, y, por lo tanto, no es físicamente realizable.

Actualmente, las funciones de ventana generales existen en la técnica conocida, pero las funciones de ventana aplicadas a exposición que tienen valores distintos de 0 o 1 (completamente cerrado o completamente abierto) no han sido aplicadas a sistemas de formación de imágenes. Con el fin de sintonizar una buena respuesta de frecuencia, los valores de datos tienen que ser capturados durante un período de tiempo prolongado y con funciones de ventana de exposición que pueden producir iluminación distinta de completamente oscuro y completamente iluminado; es decir, iluminación de variación continua entre oscuro y luz. La presente invención elimina esta deficiencia incluyendo un aparato y método de producir iluminación de variación continua.

EP2200277 describe un método y dispositivo para capturar imágenes emulando un obturador mecánico. Esto se logra con un esquema de lectura de matriz de dispositivos sensores de imágenes con control de ganancia secuenciado en el tiempo.

Raskar y colaboradores describen en "Coded Exposure Photography: Motion Deblurring using Fluttered Shutter" (ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 2006), 25(3): 795-804, 2006) una cámara equipada con un obturador de cristal líquido ferroeléctrico de alta velocidad. La secuencia de tiempo del obturador implementa un núcleo de filtro de banda amplia que permite reconstruir imágenes nítidas de objetos en movimiento. El documento se explica en Fuchs y colaboradores, "A Shaped Temporal Filter Camera" (MPI-I-2009-4-003, junio 2009, XP7912124) donde se sugiere que esta configuración puede usarse en principio para conformar el filtro temporal de una forma similar a iluminación estroboscópica en una secuencia de exposición de apertura y cierre.

Meadowlark Optics™ proporciona retardadores de cristal líquido variables y sus usos, que se describen en XP55495584.

La presente invención incluye un aparato obturador y método de usar el obturador que se aproxima más a crear una función de ventana de exposición ideal, eliminando así la brusca transición de apertura-cierre que se observa en las cámaras de uso actual. El aparato obturador de la presente invención reduce o elimina así el aliasing.

La presente invención incluye un filtro analógico mejorado y método de usar el filtro en el muestreo de dominio de tiempo. La presente invención también incluye un método de implementar un filtro analógico en el muestreo en el dominio de tiempo.

Objetos, ventajas y características nuevas, y el alcance de aplicabilidad adicional de la presente invención se expondrán en parte en la descripción detallada siguiente, tomada en unión con los dibujos acompañantes, y en parte serán evidentes a los expertos en la técnica después del examen de lo siguiente, o pueden conocerse por la puesta en práctica de la invención.

Resumen de la invención

La presente invención incluye un sistema para prefiltración de frecuencia como el expuesto en la reivindicación 1.

Se exponen características preferibles en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención incluye además un método de prefiltración de frecuencia como el expuesto en la reivindicación 11.

Breve descripción de las varias vistas de los dibujos

Los dibujos acompañantes anexos, que se incorporan y forman una parte de la memoria descriptiva, ilustran una o varias realizaciones de la presente invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. Los dibujos tienen únicamente la finalidad de ilustrar una o varias realizaciones preferidas de la invención y no se han de interpretar como limitación de la invención. En los dibujos:

La figura 1 es una ilustración de un disco típico de obturador de cámara cinematográfica.

Las figuras 2A y 2B ilustran un ejemplo de aliasing temporal.

- La figura 3 es una ilustración de las funciones de transferencia de modulación para cámaras cinematográficas típicas.
- 5 La figura 4 es una ilustración de una función de transferencia de modulación prefiltro ideal.
- La figura 5 es un gráfico de una función de ventana de exposición.
- 10 La figura 6 es un gráfico de exposición en función del tiempo de una función de ventana de exposición ideal y el de una función de ventana de exposición creada por un obturador semicircular.
- La figura 7A es un gráfico de la función de ventana de exposición en un solo cuadro.
- La figura 7B es un gráfico de la función de transferencia de modulación para una función de ventana de exposición.
- 15 La figura 8 es un gráfico de la función de transferencia de modulación para una función de ventana de exposición con posfiltración y prefiltración.
- La figura 9 es una ilustración de un obturador incluyendo un efector de exposición de variación continua incluyendo una pastilla perforada como un método de producir funciones de ventana de exposición variable.
- 20 La figura 10 es una ilustración de polarizadores dobles, uno estacionario y otro rotativo, como otro método de producir funciones de ventana de exposición variable.
- La figura 11 es una función de transparencia para el diseño y la fabricación de pastillas de control de exposición como las ilustradas en las figuras 9 y 13.
- 25 La figura 12 es una ilustración de polarizadores dobles, ambos rotativos, como otro método de producir funciones de ventana de exposición variable.
- 30 La figura 13 es una ilustración de un obturador incluyendo un efector de exposición de variación continua incluyendo una pastilla de densidad neutra graduada como un método de producir funciones de ventana de exposición variable.
- La figura 14 es una ilustración de un sistema de registro de secuencia de imágenes con una pastilla rotativa capaz de producir una función de ventana de exposición variable.
- 35 La figura 15 es una ilustración de una realización alternativa de un sistema de formación de imágenes con una pastilla rotativa capaz de producir una función de ventana de exposición variable.
- La figura 16A y 16B ilustran dos realizaciones de un sistema de formación de imágenes incluyendo un obturador de pantalla de cristal líquido (LCD) para producir funciones de ventana de exposición variable.
- 40 La figura 17 es una ilustración de una cámara incluyendo un sensor digital controlado para producir funciones de ventana de exposición variable.
- 45 La figura 18 es una ilustración de un sistema de dos cámaras incluyendo un sistema de reducción de aliasing temporal que emplea pastillas que producen funciones de ventana de exposición variable.
- La figura 19 es una ilustración de un sistema de dos cámaras para reducción de aliasing temporal incluyendo paneles de cristal líquido que producen funciones de ventana de exposición variable.
- 50 La figura 20 es una ilustración de un sistema de dos cámaras para reducción de aliasing temporal que emplea control directo de sensibilidad de exposición de sensores electrónicos de imagen de tal manera que se produzcan funciones de ventana de exposición variable.
- 55 La figura 21 ilustra un sistema para probar la respuesta de señal temporal de cualquier cámara.
- La figura 22 ilustra un gráfico de función de transferencia de modulación medida experimentalmente de sistemas de formación de imágenes de la técnica anterior.
- 60 La figura 23 ilustra un gráfico de función de transferencia de modulación medida experimentalmente para un sistema de formación de imágenes que emplea la nueva función de ventana de exposición de esta invención.
- La figura 24 ilustra un gráfico de función de transferencia de modulación medida experimentalmente para un sistema de formación de imágenes que emplea la nueva función de ventana de exposición de esta invención, así como la posfiltración de esta invención.
- 65

La figura 25 ilustra un sistema de detección de cambio de fase de cámara.

La figura 26 representa gráficos de una barra de luz fuera de calibración y uno en calibración.

5 La figura 27 ilustra un obturador de pantalla de cristal líquido (LCD).

La figura 28 ilustra un ejemplo de control de tiempo de exposición y exposición LCD.

Y la figura 29 es un gráfico que ilustra control de tiempo de exposición y exposición LCD.

10

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un método y aparato para reducir el aliasing temporal en cámaras cinematográficas y mejorar el rendimiento de las cámaras.

15

La presente invención incluye un prefiltro que incorpora funciones de ventana de exposición conformadas de forma diferente a las funciones de ventana actualmente usadas. El prefiltro de la presente invención exhibe valores de transición distintos de 0 (completamente cerrado) y 1 (completamente abierto). El uso del prefiltro de la presente invención da lugar a una función de transferencia de modulación mejorada diferente que se produce antes del muestreo.

20

El prefiltro de la presente invención produce ventanas de exposición que se varían de forma continua. La variación da lugar a una MTF con capacidad mejorada de reducir las frecuencias de aliasing.

25

La figura 7 ilustra una ventana de exposición resultante de todas las realizaciones de la presente invención y la MTF resultante en comparación con la MTF resultante de un obturador de 180 grados. La figura 7A es un gráfico de la función de ventana de exposición sobre un solo cuadro a una velocidad de obturador de 24 cps. La figura 7B es un gráfico de la función de transferencia de modulación para la ventana de exposición de todas las realizaciones de la presente invención ilustrada en la figura 7A. La MTF resultante tiene sustancialmente menos respuesta por encima de la frecuencia Nyquist, pero una respuesta ligeramente reducida por debajo de Nyquist en comparación con la MTF de un obturador típico de 180 grados, también representado en la figura 7B.

30

Una realización de la presente invención incluye un aparato de posfiltración que mejora la respuesta del sistema a frecuencias por debajo de la frecuencia Nyquist, también llamada la respuesta de banda base. Es deseable representar las frecuencias por debajo de Nyquist lo más completamente posible, idealmente a una respuesta de 1,0. El aparato de posfiltración regula las reducciones de la respuesta en la zona por debajo de la frecuencia Nyquist.

35

El aparato de posfiltración incluye un filtro convolucional digital de respuesta finita al impulso (FIR). El filtro FIR es un filtro unidimensional en la dimensión tiempo, de modo que, para cada píxel de un cuadro concreto, el valor para dicho píxel es sustituido por la suma ponderada de valores de ese mismo píxel en el cuadro actual, así como los cuadros anteriores y posteriores. El número de cuadros usados para la suma ponderada se determina por el orden del filtro, es decir, cuántos elementos hay en el núcleo. Cuando se usa un núcleo de tres elementos, con valores de [-1,41,-1], para cada píxel en un cuadro, el valor de píxel es multiplicado por 41, a continuación, los valores de dicho píxel en los cuadros anteriores y posteriores se restan de dicho valor. Finalmente, el valor es dividido por 39 (la suma de los tres elementos en el núcleo) para normalizar la suma. Se emplean núcleos de orden más alto (longitud) para sintonizar u obtener diferentes respuestas de frecuencia.

40

45

La figura 8 es un gráfico de la MTF para una ventana de exposición producida usando posfiltración e ilustra la MTF combinada de un prefiltro y un posfiltro. La MTF combinada proporciona una respuesta más próxima a 1,0, la respuesta deseada en esta zona a frecuencias por debajo de la frecuencia Nyquist y una respuesta reducida a frecuencias por encima de la frecuencia Nyquist, en comparación con la MTF de un obturador típico de 180 grados.

50

Un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada incluye un nuevo obturador mejorado que incluye una pastilla donde perforaciones, preferiblemente microperforaciones, están dispuestas en una configuración localmente aleatoria y se extienden a través del grosor de la pastilla. La pastilla incluye una forma incluyendo, aunque sin limitación, un disco, un rectángulo, un círculo, un óvalo, o cualquier otra forma funcional. El obturador incluye un aparato de control de exposición, o un generador de función de ventana de exposición. El obturador incluye un efector de exposición de variación continua. El obturador permite variar la iluminación capturada en la película o por un sensor. La figura 9 ilustra una pastilla de obturador 90 incluyendo una microconfiguración perforada (no representada a escala). La densidad media de perforaciones está distribuida de forma ajustable a lo largo del recorrido 92 produciendo una pluralidad de opacidades medias, creando así cualquier ventana de exposición deseada, en otras palabras, creando una función de ventana de exposición deseada media global.

60

Se crea una ventana de exposición deseada disponiendo una pastilla de obturador rotativo 90 adyacente a una lente o de forma alterna cerca de un sensor en una cámara digital. La pastilla de obturador se gira. La rotación es

65

sincronizada con la velocidad de adquisición de cuadro de la cámara. La pastilla 90 sigue girando de modo que la zona 94 gira hacia el vector de iluminación. La iluminación es bloqueada progresivamente menos a medida que la densidad de perforaciones es progresivamente mayor. Cuando la zona 98 está dispuesta directamente adyacente a la iluminación, puede pasar al sensor más luz de la que pasa en la zona 94. Cuando la pastilla de obturador 90 continúa girando y la zona 96 se gira hacia el vector de iluminación, la iluminación es bloqueada incluso menos. Cuando la zona 96 está dispuesta directamente adyacente a la iluminación, las perforaciones son tan densas que la pastilla es casi transparente a la iluminación. Así, se crea una amplia variedad de funciones de ventana de exposición con el tiempo cambiando la densidad media de perforaciones en la pastilla.

Otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada incluye un aparato incluyendo dos polarizadores ópticos que controlan de forma continua la iluminación girando los filtros polarizantes, reduciendo o incrementando así la iluminación a voluntad. La figura 10 ilustra un sistema para prefiltración de frecuencia 100 incluyendo el polarizador 101 y el polarizador 103, donde la posición relativa de dichos polarizadores controla la distribución de iluminación al sensor 108 en función del tiempo. La dirección de polarización del polarizador 101 se indica con el vector 102. La dirección de polarización del polarizador 103 se indica con el vector 104. El polarizador 101 es estacionario, mientras que el polarizador 103 se hace girar por un sistema de accionamiento electrónico 105 y un motor de accionamiento 106.

Un ejemplo alternativo de sistema para prefiltración de frecuencia 100 incluye alternar la posición relativa de los polarizadores 101 y 103 intercambiando los polarizadores y disponiendo los polarizadores 101 y 103 más próximos al sensor 108 sin cambiar el efecto en el sistema. Otra configuración del sistema para prefiltración de frecuencia 100 incluye disponer polarizadores 101 y 103 entre la lente 110 y la película o sensor digital en la cámara 108. La caja de control electrónico 107 controla el sistema de accionamiento electrónico 106 a voluntad. El cable de sincronización 109 sincroniza el sistema de accionamiento electrónico 106 con el sensor 108.

La figura 7A es una función de ventana de exposición con exposición cambiante en función del tiempo en la duración de un solo cuadro de exposición. Una función de ventana de exposición como en la figura 7A es creada por el prefiltro del ejemplo de la figura 10. Cuando el vector de dirección de polarización 104 se mueve y alinea con el vector fijo 102, puede llegar iluminación adicional al sensor 108 y se incrementa la transparencia. Cuando los vectores de dirección de polarización 102 y 104 están colocados perpendiculares uno a otro, no puede chocar iluminación en el sensor 108 y la transparencia se aproxima a cero. El sistema electrónico de control 107 controla la rotación del polarizador 103 y proporciona un amplio rango de funciones de ventana de exposición programadas controlando exactamente la velocidad angular del polarizador 103 durante cada cuadro adquirido del sensor 108. Este control permite producir funciones de ventana de exposición como la ilustrada en la figura 7A.

La figura 11 es una función de transparencia usada para diseñar pastillas de control de exposición como las ilustradas en las figuras 9 y 13. Se usan múltiples funciones para crear múltiples pastillas de control de exposición a voluntad.

La figura 12 ilustra un sistema para prefiltración de frecuencia 120 que es otro ejemplo similar al sistema para prefiltración de frecuencia 100 ilustrado en la figura 10. El sistema para prefiltración de frecuencia 120 incluye un polarizador óptico rotativo 121 y un polarizador óptico rotativo 125. La dirección de polarización del polarizador 121 se indica con el vector de dirección 122 y la dirección de polarización del polarizador 125 se indica con el vector de dirección 126. El motor 128 y el sistema de accionamiento electrónico 127 alimentan el polarizador rotativo 125. El polarizador 125 gira al menos media revolución durante el tiempo de exposición de un solo cuadro en el sensor 250 integrando todos los ángulos de polarización posibles de la luz entrante sobre el cuadro.

El polarizador 121 gira a una velocidad diferente de la velocidad de rotación del polarizador 125. El motor 124 y el sistema de accionamiento electrónico 123 alimentan el polarizador rotativo 121. El sistema electrónico de control 129 controla las velocidades de rotación relativas del polarizador 121 y 125. El polarizador 121 acelera y decelera y produce cualquier función de ventana de exposición deseada. La exposición al sensor 250 es 0,0 cuando las direcciones de los vectores de polarización 122 y 126 son perpendiculares, y la exposición es máxima cuando las direcciones de los vectores 122 y 126 son paralelas. El cable de sincronización 251 controla la sincronización del sistema electrónico de control 129 con el sensor 250.

Dependiendo del sensor, las señales de sincronización son generadas por el sistema de accionamiento electrónico para controlar el inicio de la adquisición de cuadro del sensor o el sensor genera señales que indican que la adquisición de cuadro ha empezado. El sistema electrónico de control recibe estas señales y sincroniza adecuadamente el movimiento con la adquisición de sensor. El ángulo relativo instantáneo de las direcciones de polarización 122 y 126 determina la iluminación instantánea del sensor 250. Así, el sistema de accionamiento electrónico 129 está programado para activar los polarizadores 121 y 125 para producir múltiples funciones de ventana de exposición, incluyendo la función de ventana de exposición ilustrada en la figura 7A.

La figura 13 ilustra una pastilla de obturador rotativo 130 de un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada. El obturador 130 incluye un efector de exposición de variación continua. La pastilla 130 incluye un material rígido incluyendo, aunque sin limitación, vidrio. La pastilla 130 está compuesta de un material incluyendo

opacidad de color neutro variable. Un ejemplo de la pastilla 130 incluye una zona transparente situada en o alrededor de la zona 132, una zona opaca situada en o alrededor de la zona 136, y un segmento semitransparente situado en o alrededor de la zona 134. Un recorrido trazado en la superficie de pastilla 130 produce una ventana de exposición deseada resultante de la transparencia variable de la pastilla 130. Tal recorrido se indica con un círculo 138, que realiza la función de transparencia representada en la figura 11.

La figura 14 ilustra un sistema de registro y muestreo de secuencia de imágenes 140 incluyendo una pastilla rotativa de control de exposición 141. La pastilla rotativa de control de exposición 141 está dispuesta delante de la lente 142. La pastilla de control de exposición 141 incluye una pastilla incluyendo las pastillas ilustradas en las figuras 9 y 13 y los polarizadores ópticos rotativos incluyendo las pastillas ilustradas en las figuras 10 y 12. La pastilla 141 controla la ventana de exposición durante cada exposición de cuadro para cámaras de imágenes fijas o en movimiento. La luz entrante pasa a través de la pastilla rotativa 141. La intensidad de la luz que entra a la lente 142 y a la cámara 143 se varía según el tipo de pastilla usado, como se ha descrito previamente. El sistema de accionamiento electrónico 144 controla el motor 145, que alimenta la pastilla rotativa de control de exposición 141. El cable de sincronización 146 está montado entre la cámara 143 y el sistema de accionamiento electrónico 144 y sincroniza la posición de la pastilla 141 con la exposición de la cámara.

La rotación de la pastilla 141 en el transcurso de la adquisición de cuadro de la cámara 143 cambia la cantidad de luz con el tiempo, y, por lo tanto, produce una función de ventana de exposición de variación continua a voluntad, como la representada en la figura 7A.

La figura 15 ilustra un sistema de formación de imágenes ejemplar alternativo 150. El sistema 150 incluye una pastilla de control de exposición 151 dispuesta adyacente a la lente 152, entre la lente 152 y el sensor 153. La luz entrante pasa a través de la pastilla rotativa 151. La pastilla de control de exposición 151 incluye una pastilla incluyendo las pastillas ilustradas en las figuras 9 y 13 y los polarizadores ópticos rotativos incluyendo las pastillas ilustradas en las figuras 10 y 12, y controla la ventana de exposición durante cada exposición de cuadro para una cámara de imágenes fijas o en movimiento. La pastilla de control de exposición 151 cambia de forma variable la intensidad de la luz procedente de la lente 152 antes de que la luz entre en el sensor 153. El sistema de accionamiento electrónico 154 controla el motor 156 que alimenta la pastilla rotativa de control de exposición 151. El cable de sincronización 155 está montado entre la cámara 153 y el sistema de accionamiento electrónico 154 y sincroniza la posición de la pastilla con la exposición de la cámara.

La rotación de pastilla 151 en el transcurso de la adquisición de cuadro del sensor 153 cambia la luz en un período de tiempo, y por lo tanto produce alguna de múltiples funciones de ventana de exposición de variación continua, como la representada en la figura 7A.

Un aparato según la presente invención incluye un obturador de pantalla de cristal líquido (LCD), como se ilustra en la figura 16. El obturador que incluye cristal líquido 161 incluye un efector de exposición de variación continua. La figura 16A ilustra el sistema de formación de imágenes 160 que incluye un cristal líquido 161 que incluye una placa para crear una función de ventana de exposición variable en el tiempo. El obturador LCD controla de forma continua la iluminación instantánea del sensor en el transcurso de una sola exposición. El sistema 160 incluye cristal líquido 161 dispuesto adyacente a la lente 162 en el lado del cristal líquido 161 opuesto a la disposición del sensor 164. El sensor 164 incluye un sensor óptico que incluye película o, de forma alterna, un sensor digital.

La opacidad del cristal líquido 161 varía dependiendo del voltaje de activación. El cristal líquido controlado 161 atenúa la luz entrante de la escena en cantidades variables dependiendo del accionamiento del sistema de accionamiento electrónico 163. El cable de sincronización 165 sincroniza el sistema de accionamiento electrónico 163 con la cámara 164. El cristal líquido 161 regula la intensidad de luz y crea funciones de ventana de exposición como la representada en la figura 7A.

La figura 16B ilustra un sistema alternativo de formación de imágenes 260 incluyendo un cristal líquido 161 dispuesto entre la lente 162 y la película o sensor digital 164. El cable de sincronización 165 sincroniza el sistema de accionamiento electrónico 163 con el sensor 164. Dependiendo del sensor, las señales de sincronización son generadas por el sistema de accionamiento electrónico para controlar el inicio de adquisición de cuadro del sensor, o el sensor genera señales que indican que la adquisición de cuadro ha empezado. El sistema de accionamiento electrónico recibe estas señales y sincroniza adecuadamente el movimiento mediante el motor con la adquisición de sensor. En ambas realizaciones previamente descritas, la opacidad variable característica del cristal líquido 161 controla la iluminación instantánea del sensor. La opacidad eléctricamente controlada del cristal líquido 161 produce una amplia variedad de funciones de ventana de exposición, como la representada en la figura 7A.

La figura 17 ilustra otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada que incluye el sistema 170 que incluye la cámara 172, el sensor digital 174 dispuesto dentro de la cámara 172 y el sistema de accionamiento electrónico 176. El obturador electrónico del sensor de imagen 174 es modulado directamente para lograr una función de ventana de exposición deseada. El sensor digital 174 incluye un sensor CCD o CMOS que detecta la luz entrante. El sistema de accionamiento electrónico 176 genera una señal electrónica de control. El sensor 174

detecta la luz entrante que es detectada por la proporción a la señal de control generada por el sistema de accionamiento electrónico 176.

5 El sensor digital 174 incluye un sensor CCD o CMOS diseñado con control eléctrico directo de la potencia a los
 fotodiodos incluyendo un "obturador electrónico" o "control de línea de polarización". Cuando se quita la polarización
 (o potencia) a cada fotodiodo de pixel, el píxel ya no es sensible a la luz. Cuando se aplica potencia, el píxel es
 10 sensible a la luz. El sistema de accionamiento electrónico 176 mueve la línea de polarización del sensor
 rápidamente para aproximación a un cambio analógico de la ganancia del píxel. Cuando la línea de polarización,
 durante el transcurso de un solo cuadro de exposición, es encendida y apagada rápidamente, y la relación del
 tiempo de encendido al tiempo de apagado se varía en el transcurso de dicha exposición, se produce una función de
 ventana de exposición de cualquier forma deseada durante el tiempo de exposición de un solo cuadro. El
 accionamiento del sistema de control varía y modula así la sensibilidad en el sensor. La figura 7A ilustra una función
 de ventana de exposición generada posible resultante del sistema 170.

15 La figura 18 ilustra un sistema de dos cámaras 180 incluyendo un sistema de reducción de aliasing temporal. Las
 pastillas 184 y 183 incluyen alguno de los ejemplos de pastilla ilustrados en las figuras 9 o 13 o los polarizadores
 ópticos rotativos ilustrados en las figuras 10 y 12. Las pastillas 184 y 183 incluyen pastillas rotativas de control de
 exposición y proporcionan exposición instantánea a los sensores 185 y 186. Los sensores 185 y 186 incluyen
 20 sensores ópticos, no limitados a película o sensores digitales. La luz entrante entra en la lente 181. Un divisor de
 imagen 182 divide la imagen. Un controlador controla la rotación de la pastilla de función de ventana de exposición
 183 de modo que la función de ventana de exposición descrita, o puesta por las posiciones relativas de los ángulos
 de polarización, esté desfasada 180 grados con la función de la pastilla de ventana de exposición 184. Cables de
 sincronización 188 y 189 montan y sincronizan el controlador de accionamiento de movimiento 187 con sistemas de
 sensor 185 y 186. El controlador 187 mueve las pastillas 183 y 184 mediante los motores 270 y 271.

25 Este método de prefiltración de frecuencia incluye conectar el sensor al generador electrónico de señal mediante al
 menos un cable de sincronización adicional, disponer un divisor de imagen, operar dos sensores y dos efectores de
 control de exposición simultáneamente, operar dos sensores y efectores de control de exposición desfasados 180
 30 grados uno de otro; e intercalar las secuencias de imagen de los dos sensores para crear una sola secuencia
 resultante con respuesta de frecuencia deseada.

El sistema de dos cámaras logra una función de ventana de exposición efectiva más larga que una sola cámara.
 Cada cámara muestrea y adquiere imágenes y secuencias de imagen a la mitad de la velocidad de una sola cámara.
 Los cuadros procedentes de las dos cámaras son combinados para crear metraje continuo final. Cada cámara
 35 funciona a 12 cuadros por segundo, con el resultado de que el sistema 180 en conjunto logra una captura efectiva
 de 24 cuadros por segundo. Los cuadros de cada sensor son reproducidos de forma alterna para crear el metraje
 final. Alternativamente, las cámaras funcionan a velocidades más altas, y se emplean filtros de submuestreo
 digitales de la técnica anterior para lograr mejores funciones de transferencia de modulación efectivas.

40 La figura 19 ilustra un sistema de dos cámaras 190 para reducir el aliasing incluyendo cristales líquidos incluyendo
 paneles 193 y 194. Los paneles de cristal líquido 193 y 194 son similares al cristal líquido que incluye la placa 161
 ilustrada en la figura 16. Los paneles de cristal líquido 193 y 194 controlan la función de ventana de exposición de
 tiempo a cada cámara 195 y 196 de forma similar a la realización ilustrada en la figura 16. La luz entrante entra en la
 45 lente 191 y la imagen es dividida por un divisor de imagen 192. El panel de cristal líquido 193 es controlado de tal
 manera que tenga una función de ventana de exposición desfasada 180 grados de la función de ventana creada por
 el control del panel de cristal líquido 194.

Cables de sincronización 198 y 199 sincronizan el controlador de accionamiento electrónico 197 con ambos
 50 sistemas de cámara, y activan los paneles de cristal líquido. El sistema de dos cámaras 190 logra una función de
 ventana de exposición efectiva más larga de lo que puede lograr una sola cámara, y cada cámara adquiere y
 muestrea imágenes y secuencias de imagen a la mitad de la velocidad de una sola cámara. Los cuadros
 procedentes de las dos cámaras son intercalados o combinados para crear el metraje continuo final. Cada cámara
 funciona a 12 cuadros por segundo logrando una captura efectiva de 24 cuadros por segundo. Los cuadros
 55 procedentes de cada cámara son alternados para crear el metraje final. Alternativamente, las cámaras funcionan a
 velocidades más altas, y se emplean funciones de filtro digital más especializadas para lograr funciones de
 transferencia de modulación efectivas mejoradas. La presente invención incluye así dos cámaras orientadas a la
 misma imagen al mismo tiempo con muestreo y adquisición alternos, y así logra un rendimiento mejorado.

La figura 20 ilustra un sistema de dos cámaras 200 que emplea control de sensibilidad de exposición directo de
 60 sensores electrónicos de imagen 203 y 204, similares a los ilustrados en la figura 17. El sistema 200 controla la
 ventana de exposición de tiempo de forma similar al ejemplo ilustrado en la figura 17. La luz entrante entra en la
 lente 201. El divisor de imagen 202 divide la imagen. Una función de ventana de exposición desfasada 180 grados
 de la función de ventana de exposición del sensor 204 activa la sensibilidad de exposición del sensor 203. El
 sistema de accionamiento electrónico 207 controla y modula el tiempo de adquisición y la sensibilidad de exposición
 65 de cada sensor mediante cables de sincronización 205 y 206.

El sistema de dos cámaras logra una función de ventana de exposición efectiva más larga que una sola cámara. Cada cámara adquiere y muestrea imágenes y secuencias de imagen a la mitad de la velocidad de una sola cámara. Los cuadros procedentes de las dos cámaras son posteriormente intercalados o combinados para crear un metraje continuo final. Cada cámara funciona a 12 cuadros por segundo logrando una captura efectiva de 24 cuadros por segundo. Los cuadros procedentes de cada una son alternados para crear el metraje final. Alternativamente, las cámaras funcionan a velocidades más altas, y se emplean filtros de submuestreo digitales de la técnica anterior para lograr funciones de transferencia de modulación efectivas mejoradas.

La figura 21 ilustra un sistema 210 para prueba de la respuesta de señal temporal de cualquier sistema de cámara con o sin las realizaciones y ejemplos enumerados en este documento. La caja de control 214 alimenta uno o varios diodos fotoemisores que iluminan un panel de diodos fotoemisores 212. La caja de control 214 no está sincronizada con la cámara 216 que se comprueba. El panel de LEDs de prueba 212 está dispuesto adyacente a la cámara 216 de modo que el panel llena el campo de visión de la cámara. La caja de control 214 activa los diodos fotoemisores y varía de forma sinusoidal la iluminación media del panel 212. En el transcurso de una prueba, la caja de control 214 varía la frecuencia de la luz sinusoidal salida del panel 212 en pasos con señales de indicación entre cada frecuencia. El análisis de los datos resultantes de la cámara da lugar a pasos de frecuencia fácilmente identificables.

Para prueba de una cámara típica con respecto a respuesta de frecuencia en el dominio de tiempo, la frecuencia de la iluminación sinusoidal del panel 212 se varía en incrementos de 1 hercio desde 1 hercio a 120 hercios, aunque pueden producirse frecuencias más altas. Comenzando en una frecuencia de 1 hercio, el panel de LEDs es iluminado con una intensidad sinusoidal de 1 hercio durante varios (típicamente cinco) segundos. A continuación, la frecuencia se incrementa a 2 hercios y se mantiene a dicha frecuencia durante varios segundos. Este proceso se continúa con respecto a todas las frecuencias deseadas. Las imágenes y las secuencias de imágenes de la cámara que registra toda la secuencia de iluminación son analizadas para determinar la frecuencia registrada con respecto a la frecuencia iluminada en el panel 212, y se analiza la respuesta (amplitud registrada de la sinusoide con respecto a amplitud real del panel 212) de la cámara a cada frecuencia. Para asegurar la respuesta lineal de la cámara a niveles de iluminación de 212, y para compensar para cualquier respuesta no lineal, un barrido lineal de amplitud de iluminación de 212 es producido y registrado por la cámara en la película o dispositivo de almacenamiento digital.

Un retardo, o desfase, entre la señal de sincronización generada externa o internamente y el tiempo real de secuenciación y adquisición de imagen puede existir en cámaras actualmente usado. Este desfase existe por muchas razones, incluyendo un retardo de controlador de cámara interno o el retardo de tiempo producido por obturadores rotativos CMOS. La cantidad de este desfase de tiempo a menudo difiere de una cámara a un modelo de cámara idéntico.

El desfase inherente a una cámara, si lo hay, debe ser conocido con el fin de sincronizar satisfactoriamente una acción física que tiene lugar en el campo de visión de una cámara cinematográfica con el tiempo exacto en que una imagen es capturada. Esto es necesario para sincronizar cualquiera de las realizaciones de un generador de función de ventana de exposición contenido a un sistema de cámara. Las diferencias de fase entre señales de sincronización y adquisición de cámara que no sean compensadas correctamente producirán alineación incorrecta de la función de ventana de exposición generada y la exposición del sensor o película.

Otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada incluye un aparato y método para detectar y sincronizar cambios de fase. La figura 25 ilustra un sistema de detección de cambio de fase de cámara 250 incluyendo la varilla de secuencia 251, caja de control 252 y cámara 253. La caja de control 252 recibe una señal de sincronización 253 mediante el cable de sincronización 254 y también controla la varilla de secuencia 251 en base a la misma señal de sincronización. La varilla de secuencia 251 incluye una pluralidad de indicadores electromecánicos o electroluminescentes visibles 255.

Siempre se iluminan luces adicionales 256 para indicar una línea central, o cruce de líneas, para proporcionar al usuario una posición deseada durante la calibración. Los múltiples indicadores electromecánicos o electroluminescentes visibles 255 son operados en forma secuencial y completan un ciclo cada período de cuadro.

Un ejemplo incluye una pluralidad de indicadores electromecánicos o electroluminescentes visibles 255 incluyendo una pluralidad de diodos fotoemisores (LEDs). El sistema de control 252 ilumina secuencialmente solamente un LED a la vez de la pluralidad de LEDs, creando así una configuración de exploración de izquierda a derecha (o viceversa). La secuencia de iluminación de control comienza en el instante en que una señal de sincronización es recibida mediante el cable de sincronización 254.

Los múltiples indicadores electromecánicos o electroluminescentes visibles 255 están dispuestos en una posición a la vista de la cámara cinematográfica. Cuando el tiempo de obturador de la cámara se pone a un ángulo muy estrecho, es decir, una exposición muy corta, solamente se iluminará uno de los LEDs durante el tiempo de la exposición de la cámara. El desfase inherente de la cámara cinematográfica se determina observando qué LED se ilumina. Cuando el tiempo de inicio de exposición de sensor de cámara y la señal de sincronización están calibrados exactamente, el LED central es detectado por el sensor durante la exposición. Cuando el cambio de fase aumenta,

otros LEDs son visibles y son detectados por el sensor. El desfase correcto lo determina el usuario ajustando el desfase con la caja de control 252 hasta que el LED central es visible y es detectado por el sensor de cámara.

5 No se dispone actualmente de ningún método o sistema para cuantificar la fase de una cámara cinematográfica, aunque existen actualmente muchos métodos y sistemas para sincronizar la frecuencia o tasa de cuadros de cámaras cinematográficas. A veces hay que cuantificar la fase, o el retardo inherente en la cámara, desde cuando tiene lugar una señal de sincronización a cuando un cuadro es capturado realmente, cuando se usan cámaras cinematográficas.

10 El sistema del ejemplo presente incluye una serie de luces que se encienden y apagan en una secuencia particular durante el transcurso de un solo cuadro. El tiempo y la sincronización de las luces se basa en la señal de sincronización enviada a y desde la cámara cinematográfica. La serie de luces se mantiene en el campo de visión de la cámara y la cámara está configurada para funcionar con un ángulo de obturador muy estrecho. Cuando la cámara capture una imagen, solamente se iluminarán algunas luces de la serie. Conociendo qué luces se iluminan, la
15 secuencia en la que las luces se iluminan y el período de la señal de sincronización puede determinarse la fase de la cámara.

20 La figura 26 representa dos gráficos, de los que uno ilustra un sistema de cámara y sincronización donde el desfase entre sincronización y exposición de la cámara es muy grande, y el otro representa un sistema sin diferencia de fase, es decir, un sistema en el que el muestreo y adquisición de imagen y la señal de sincronización tienen lugar simultáneamente. El desfase de cámara es desconocido al inicio de calibración y, en este ejemplo, da lugar a que los LEDs cerca del extremo derecho de pluralidad de indicadores electromecánicos o electroluminescentes visibles 255 sean los únicos de los que se detecta luz durante el muestreo y la adquisición de imagen.

25 Cuando el usuario usa la caja de control 254 para cambiar el punto de inicio, o cambio de fase, de la secuencia de LEDs con relación al pulso de sincronización recibido en el cable de sincronización 254, la pequeña sección de LEDs que se iluminan durante la corta exposición de la cámara 253 parece cambiar en la imagen muestreada y adquirida por la cámara. Esto se ajusta hasta que los LEDs son iluminados en el punto de referencia 256. Este valor de desviación de calibración del cambio de tiempo introducido a la caja de control es igual al cambio de fase
30 inherente en la cámara cinematográfica.

Otro ejemplo incluye un sistema para filtración de densidad neutra variable automatizada. Un cristal líquido dispuesto delante de una lente de cámara es movido por una caja de control electrónico con una activación de onda cuadrada simétrica de amplitud variable y voltaje medio cero. La amplitud de la onda cuadrada hace que la opacidad del cristal
35 líquido varíe, con amplitud creciente produciendo una mayor opacidad. Ajustando la amplitud del voltaje de onda cuadrada, la opacidad del cristal líquido es controlada exactamente logrando una reducción deseada de la luz para facilitar la exposición apropiada.

40 La figura 27 ilustra el obturador de pantalla de cristal líquido (LCD) 271 dispuesto delante de la lente de cámara 272. La caja de control electrónico 273 mueve el obturador 271 y controla exactamente la opacidad del cristal líquido para lograr la reducción deseada de la luz entrante 275 procedente de la escena 274 para facilitar la exposición apropiada. Las señales de sincronización son aceptadas por la caja de control 273 mediante el cable de sincronización 276. El control general de la secuencia de lapso de tiempo es dirigido por el controlador externo de transcurso de tiempo 277, que indica electrónicamente al controlador 273, mediante protocolos de señal estándar, la
45 exposición deseada para un cuadro concreto.

Este control de opacidad es especialmente beneficioso en el campo de la fotografía de lapso de tiempo, especialmente la fotografía de lapso de tiempo donde el tiempo entre exposiciones es variable durante la secuencia de exposiciones. A menudo en este caso, es deseable hacer que el tiempo de exposición del obturador esté
50 relacionado con el tiempo entre exposiciones. Por ejemplo, si se desea un ángulo de obturador de 180 grados para toda la secuencia de lapso de tiempo, entonces el tiempo de exposición para cada cuadro será exactamente la mitad del tiempo entre exposiciones, de modo que, si se ha de tomar una imagen cada segundo, el tiempo de exposición será, por lo tanto, medio segundo.

55 En el caso de una secuencia de lapso de tiempo no lineal, el tiempo entre exposiciones puede ser diferente durante el transcurso de la secuencia. Si el ángulo de obturador efectivo ha de permanecer constante mientras el tiempo entre exposiciones cambia, el tiempo absoluto de exposición del obturador será más largo o más corto para un cuadro concreto de la secuencia, lo que dará lugar a sobreexposición o subexposición. La compensación con la apertura de lente no es deseable, porque cambiará la profundidad de campo de enfoque. El ejemplo presente
60 expone sistemáticamente cada cuadro de la secuencia de lapso de tiempo ajustando la opacidad del cristal líquido y así logra la exposición deseada para una velocidad y apertura dadas del obturador.

La interfaz de control electrónico para el cristal líquido combina la electrónica de activación real, una interfaz de usuario para control de exposición, y una interfaz de ordenador para control por un ordenador externo de control de
65 lapso de tiempo.

La figura 28 ilustra un ejemplo de control de tiempo de exposición y exposición LCD para una secuencia de lapso de tiempo variable de tres cuadros donde se desea tener un obturador de 180 grados para los tres cuadros. El primer cuadro cubre un período de tiempo de un segundo, y, por lo tanto, el obturador se abre durante 0,5 segundos. LA LCD se pone de manera que tenga 100% de transparencia para el cuadro uno. El cuadro dos cubre dos segundos, de modo que, por lo tanto, el obturador se abrirá durante un segundo para lograr el ángulo de obturador de 180 grados. Para compensar esta exposición, LA LCD se pone a 50% de transparencia. El cuadro tres cubre tres segundos, de modo que el obturador se abrirá durante 1,5 segundos, y, por lo tanto, el LCD se pone a 33% de transparencia. En todos los tres cuadros, la exposición a CCD o película es la misma, y se mantiene el aspecto del obturador de 180 grados.

Otra realización de la presente invención incluye un aparato y método para controlar el cristal líquido durante cada exposición con el fin de crear valores de ventana de exposición continuos, variables en el tiempo, durante la exposición de obturador para sintonizar la respuesta de frecuencia del sistema.

La figura 29 es un gráfico que ilustra el control de tiempo de exposición y exposición LCD que mantiene la exposición para cada cuadro además de proporcionar antialiasing temporal y de reducir el aliasing. Para cada cuadro, el obturador de la cámara está abierto toda la duración del cuadro. La opacidad de LCD se ajusta durante el cuadro para lograr la función de ventana de exposición deseada para antialiasing temporal y reducir el aliasing. Adicionalmente, la opacidad general de LA LCD se ajusta para compensar el tiempo de cuadro. En el cuadro uno, que dura un segundo, la opacidad de LCD es máxima a 100%. En el cuadro dos, que tiene una longitud de dos segundos, la opacidad de LCD es la mitad, o solamente 50% como máximo. En el cuadro tres, que tiene una longitud de tres segundos, la opacidad de LCD es un tercio, o 33% como máximo. Todos los tres cuadros tienen la misma respuesta de frecuencia de movimiento sintonizada y propiedades antialiasing, y tendrá la misma exposición a la película o CCD.

Además, se describen los ejemplos no limitativos siguientes:

Ejemplo 1

Se comprobó una cámara cinematográfica estándar con el sistema ilustrado en la figura 21. Se utilizó una cámara cinematográfica digital Red One, y se colocó mirando al panel de LEDs en una sala oscurecida según la preparación de la prueba expuesta en la figura 21. El ángulo de obturador de cámara se puso a 180 grados, y la velocidad de cuadros era 24 cuadros por segundo. El panel era inicialmente oscuro. El panel se puso en rampa linealmente en iluminación a brillo pleno, registrándose la iluminación. La rampa de iluminación se utilizó para linearizar todos los datos de esta prueba.

Posteriormente se activó eléctricamente el panel de LEDs para producir una intensidad de luz que variaba de forma sinusoidal cuando el panel se iluminaba a frecuencias crecientes de 1 a 120 Hercios. La salida fue capturada por la cámara. Se obtuvo un gráfico de función de transferencia de modulación representando la amplitud medida, o modulación, de cada onda sinusoidal registrada por la cámara. El gráfico resultante se muestra en la figura 22. La línea continua indica los datos medidos, y la línea de trazos indica la respuesta teórica. La frecuencia Nyquist, 12 Hercios, se indica en el gráfico con una línea vertical de trazos. La figura 22 es la función de transferencia de modulación medida en el dominio de tiempo de la cámara.

Ejemplo 2

Se comprobó una cámara cinematográfica estándar para sintonizar u obtener una respuesta de frecuencia en el dominio de tiempo con el sistema 160 para crear un valor de ventana de exposición variable en el tiempo representado en la figura 7A con el sistema de prueba 210 ilustrado en la figura 21. Se utilizó una cámara cinematográfica digital Red One. Se montó un obturador LCD con sistema de control de tiempo delante de la lente. El sistema de prefiltración LCD produjo la función de ventana de exposición ilustrada en la figura 7A. La cámara miraba al panel LED en una sala oscurecida. El ángulo de obturador de cámara se puso a 360 grados, y la tasa de cuadros era 24 cuadros por segundo. El panel era inicialmente oscuro. El panel se puso en rampa linealmente en iluminación a brillo pleno, registrándose la iluminación. La rampa de iluminación se utilizó para linearizar todos los datos de esta prueba.

El panel de LED se movió posteriormente para producir una intensidad de luz que variaba de forma sinusoidal en una serie de frecuencias crecientes de 1 a 120 Hercios. La salida fue capturada por la cámara. Se produjo un gráfico de función de transferencia de modulación representando la amplitud medida, o modulación, de cada onda sinusoidal registrada por la cámara. El gráfico se representa en la figura 23. La línea continua representa los datos medidos, y la línea de trazos representa la respuesta teórica. La frecuencia Nyquist, 12 Hercios, se indica con una línea vertical de trazos. La figura 23 es la función de transferencia de modulación medida en el dominio de tiempo de la cámara.

Ejemplo 3

- Se comprobó una cámara cinematográfica estándar con la realización ilustrada en la figura 16A con el sistema de prueba ilustrado en la figura 21. Se montó un posfiltro digital y una cámara cinematográfica digital Red One. Se montó un obturador LCD con un sistema de control de tiempo delante de la lente, produciendo la función de ventana de exposición representada en la figura 7A. La cámara se colocó mirando al panel LED en una sala oscurecida. El ángulo de obturador de cámara se puso a 360 grados y la velocidad de cuadros empleada era 24 cuadros por segundo. El panel era inicialmente oscuro. El panel se puso en rampa linealmente en iluminación a brillo pleno, registrándose la iluminación. La rampa de iluminación se utilizó para linearizar todos los datos de la prueba siguiente.
- 5
- 10 Posteriormente se activó el panel LED para producir intensidad de luz que variaba de forma sinusoidal en una serie de frecuencias crecientes de 1 a 120 Hercios. La salida fue capturada por la cámara. La secuencia de cuadros digital resultante se hizo después más nítida a lo largo del dominio de tiempo por aplicación de un filtro convolucional de tres elementos.
- 15 Se produjo un gráfico de función de transferencia de modulación representando la amplitud medida, o modulación, de cada onda sinusoidal registrada por la cámara. El gráfico se representa en la figura 24. La línea continua representa los datos medidos, y la línea de trazos representa la respuesta teórica. La frecuencia Nyquist, 12 Hercios, se indica con una línea vertical de trazos.
- 20 Los ejemplos precedentes pueden repetirse con éxito similar sustituyendo genérica o específicamente las condiciones operativas de los ejemplos precedentes por las descritas de esta invención.
- Aunque la invención se ha descrito con detalle con referencia especial a estas realizaciones preferidas, otras realizaciones pueden lograr los mismos resultados. Variaciones y modificaciones de la presente invención serán obvias a los expertos en la técnica y se tiene la intención de cubrir todas las modificaciones y equivalentes.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de cámara cinematográfica para prefiltración de frecuencia, incluyendo:
- 5 un obturador que tiene opacidad variable configurado para variar la cantidad de luz incidente en un sensor de imagen digital en base a una señal electrónica de control, incluyendo el obturador un cristal líquido y estando colocado en un recorrido de imagen antes del sensor de imagen;
- 10 un sistema de accionamiento electrónico configurado para generar la señal electrónica de control para controlar la opacidad del obturador para variar la cantidad de luz incidente en el sensor de imagen de modo que, durante un cuadro de exposición, la opacidad del obturador exhiba valores de transición distintos de completamente transparente y completamente opaco y varíe para reducir una respuesta de una función de transferencia de modulación del obturador por encima de una frecuencia Nyquist; y
- 15 donde el sistema está configurado para sincronizar el sistema de accionamiento electrónico con la adquisición de cuadro del sensor de imagen, con el fin de reducir el aliasing temporal.
2. El sistema de la reivindicación 1, donde el cristal líquido incluye una placa incluyendo un panel de opacidad variable.
- 20 3. El sistema de la reivindicación 1, incluyendo además un posfiltro incluyendo un filtro convolucional digital de respuesta finita al impulso.
4. El sistema de la reivindicación 1, donde el sistema de accionamiento electrónico está configurado para generar la señal electrónica de control para controlar la opacidad del obturador para variar la cantidad de luz incidente en el sensor de imagen aproximadamente consistente con una función curvada.
- 25 5. El sistema de la reivindicación 4, donde la transparencia del obturador es máxima a aproximadamente la mitad durante el cuadro de exposición.
- 30 6. El sistema de la reivindicación 4, donde un nivel intermedio de opacidad del obturador incluye un nivel de opacidad de 50%.
7. El sistema de la reivindicación 1, donde el sistema está configurado para reducir las frecuencias de aliasing.
- 35 8. El sistema de la reivindicación 1, donde el obturador está configurado para colocarse en el recorrido de imagen entre una lente y una cámara que aloja el sensor de imagen.
9. El sistema de la reivindicación 1, donde una lente está configurada para colocarse en el recorrido de imagen entre el obturador y el sensor de imagen.
- 40 10. El sistema de la reivindicación 1, donde, durante el cuadro de exposición, la opacidad del obturador varía de forma continua.
- 45 11. Un método de prefiltración de frecuencia, donde el método incluye operar el sistema de cualquier reivindicación precedente.

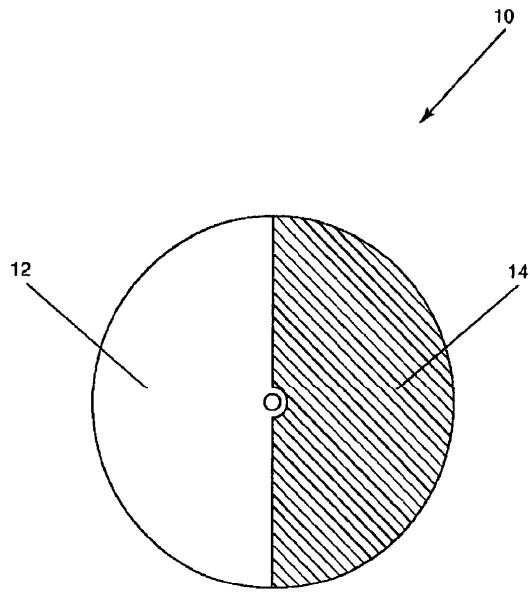
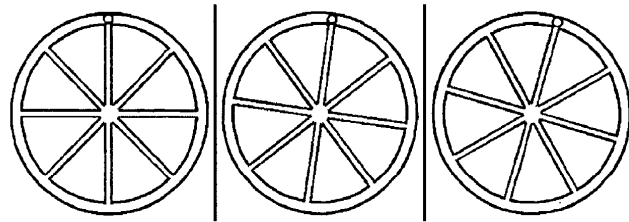
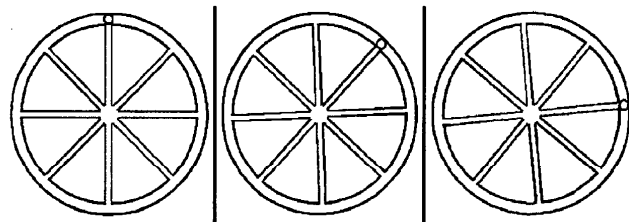


FIG. 1



A



B

FIG. 2

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE MODULACIÓN TEMPORAL (cps)

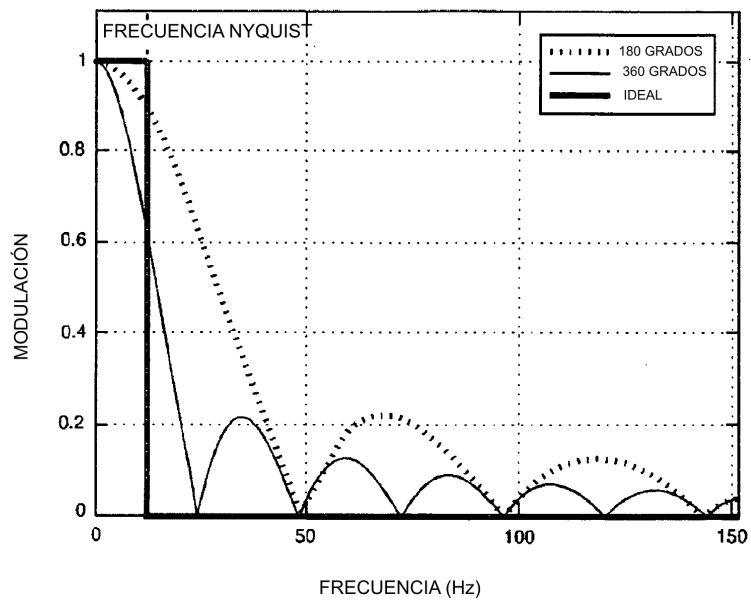


FIG. 3

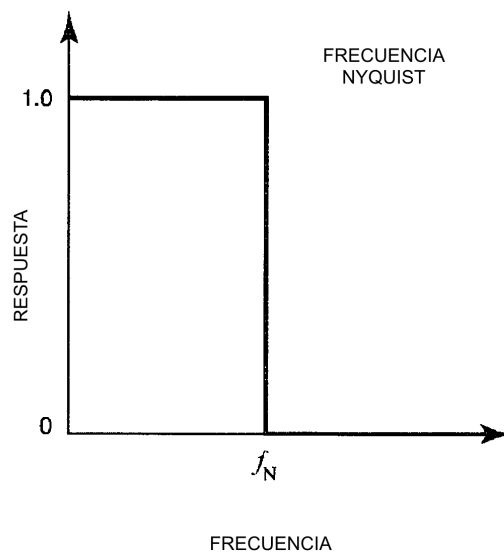


FIG. 4

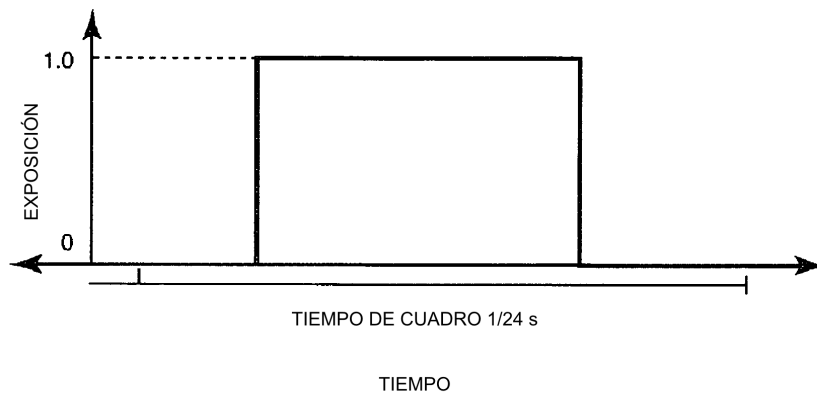


FIG. 5

VENTANA DE EXPOSICIÓN IDEAL PARA CAPTURA DE 24 cps (TRUNCADA)

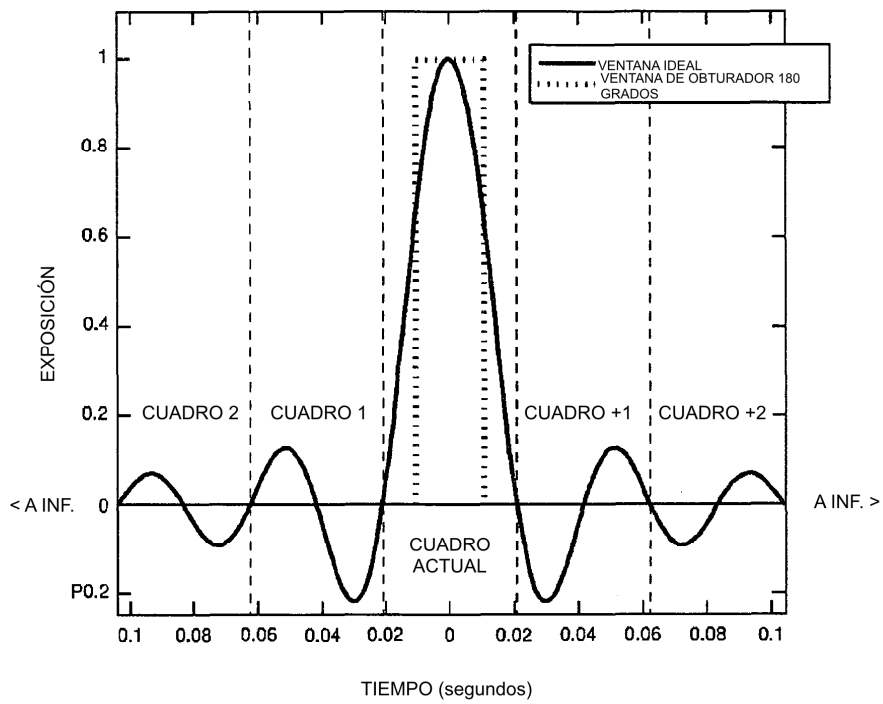


FIG. 6

FUNCIÓN DE VENTANA DE EXPOSICIÓN EN UN SOLO CUADRO (24 cps)

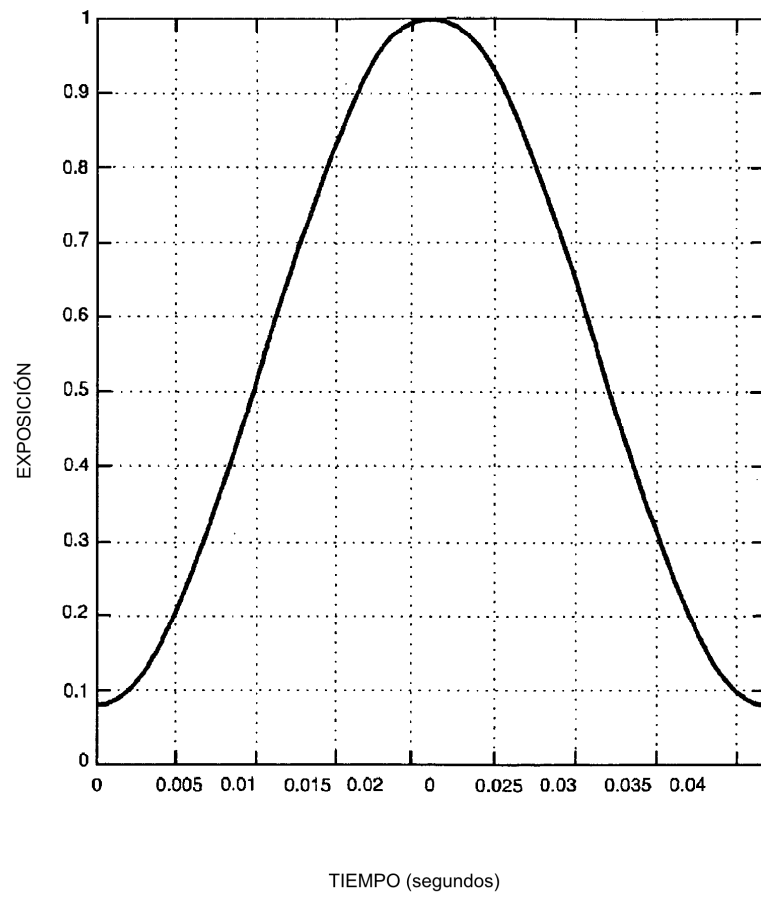


FIG. 7A

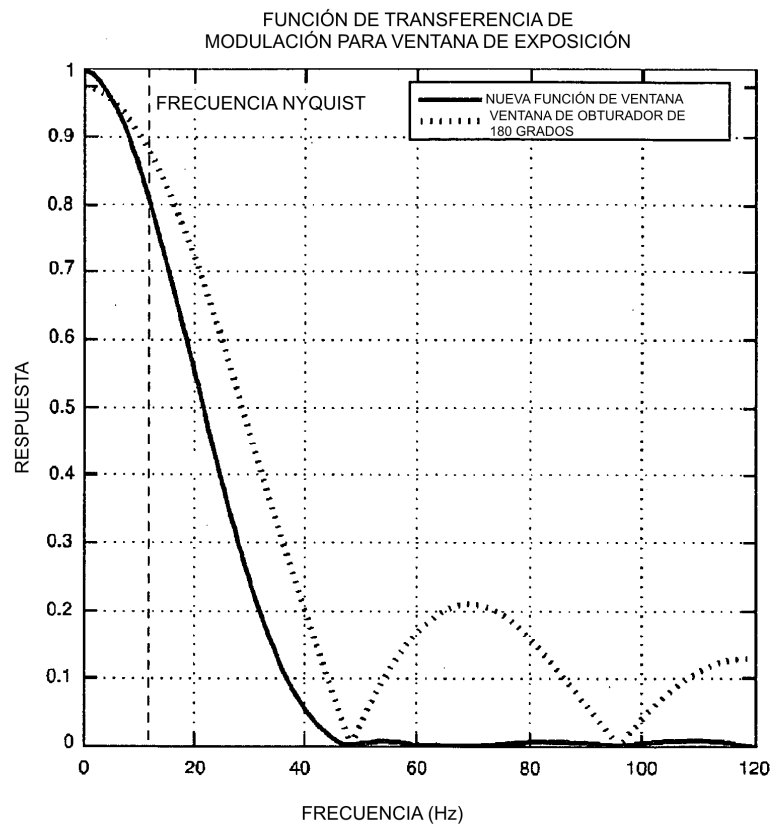


FIG. 7B

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE MODULACIÓN
PARA VENTANA DE EXPOSICIÓN CON POSFILTRACIÓN

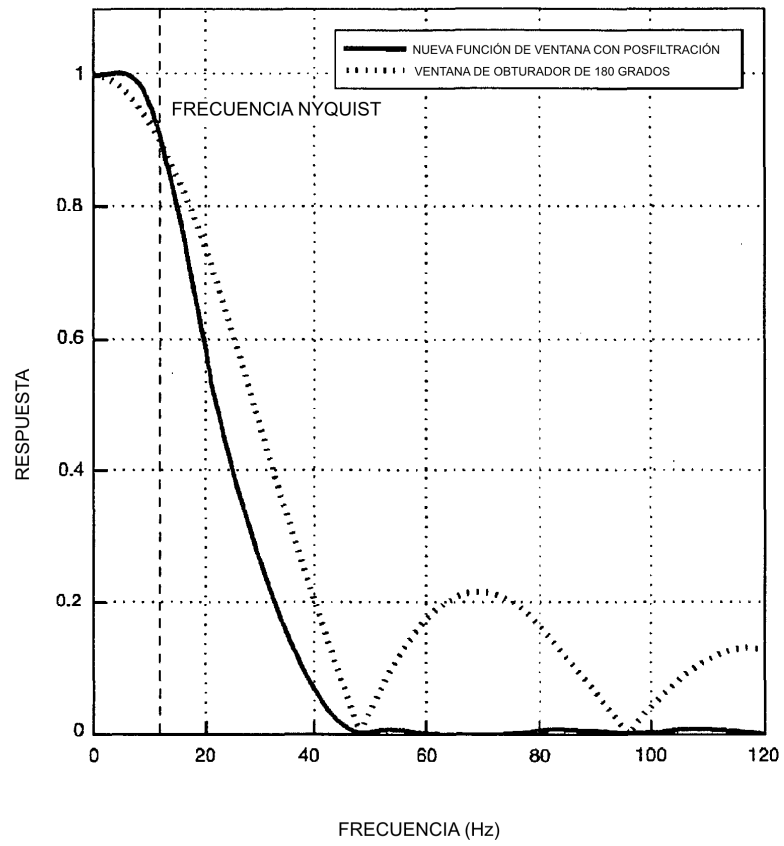


FIG. 8

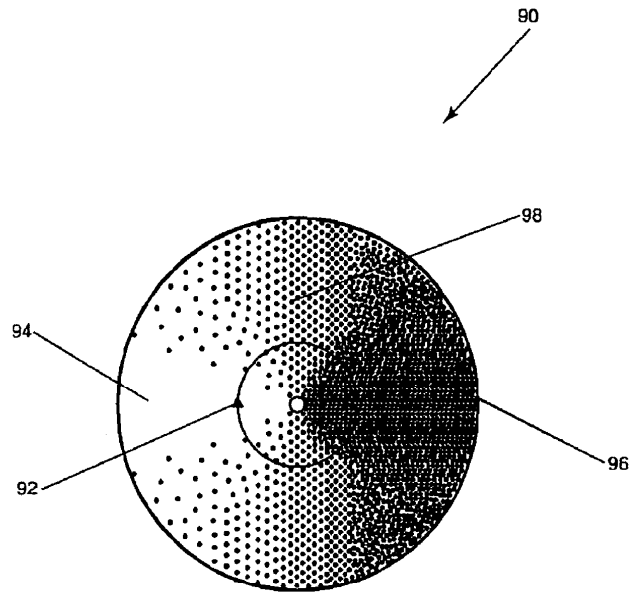


FIG. 9

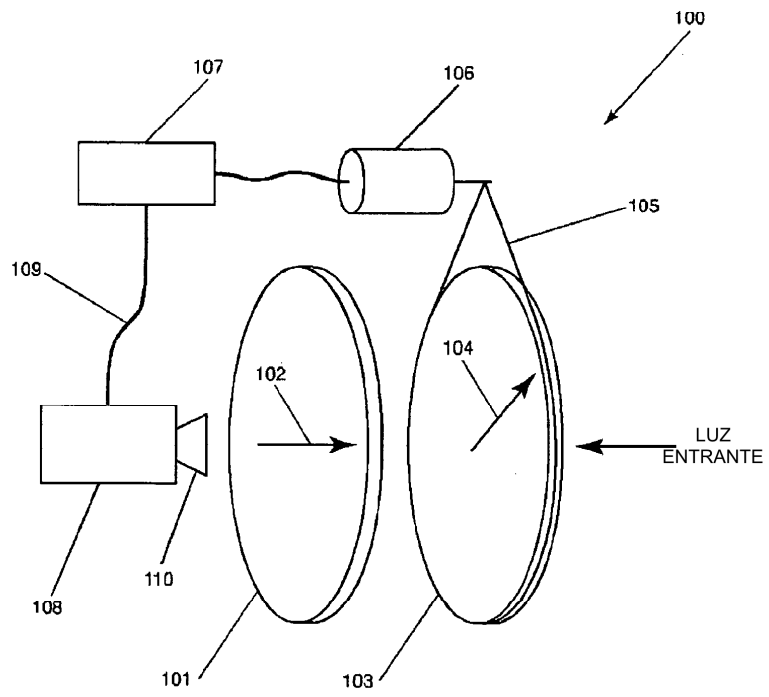


FIG. 10

VENTANA DE EXPOSICIÓN EN FUNCIÓN DEL
ÁNGULO DE OBTURADOR DURANTE UN SOLO CUADRO

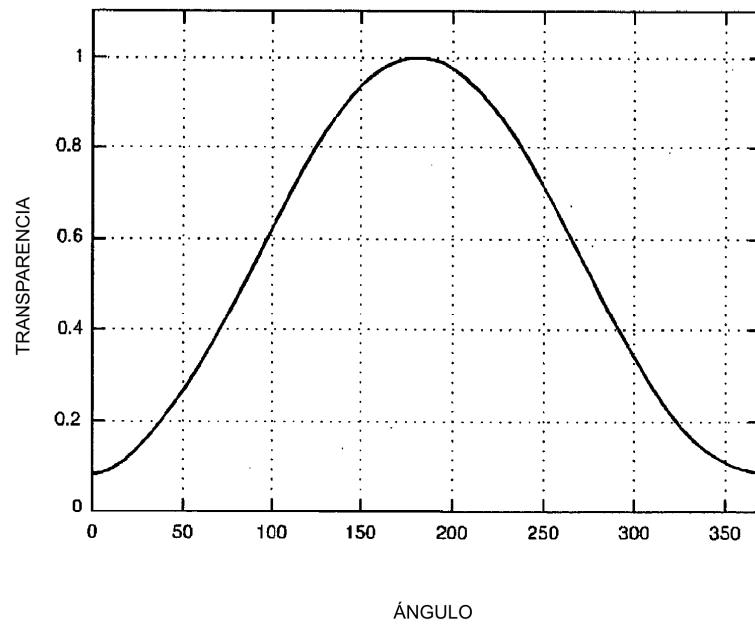


FIG. 11

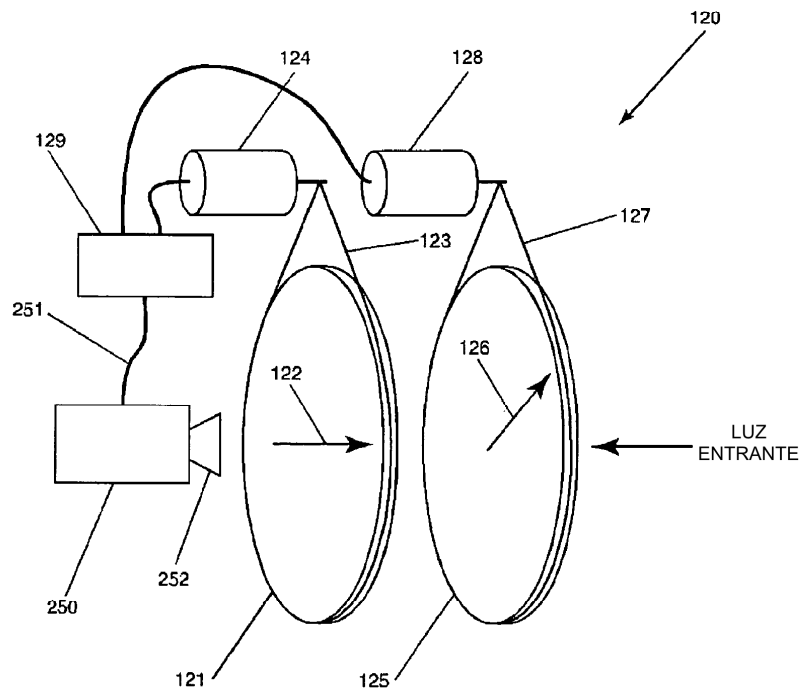


FIG. 12

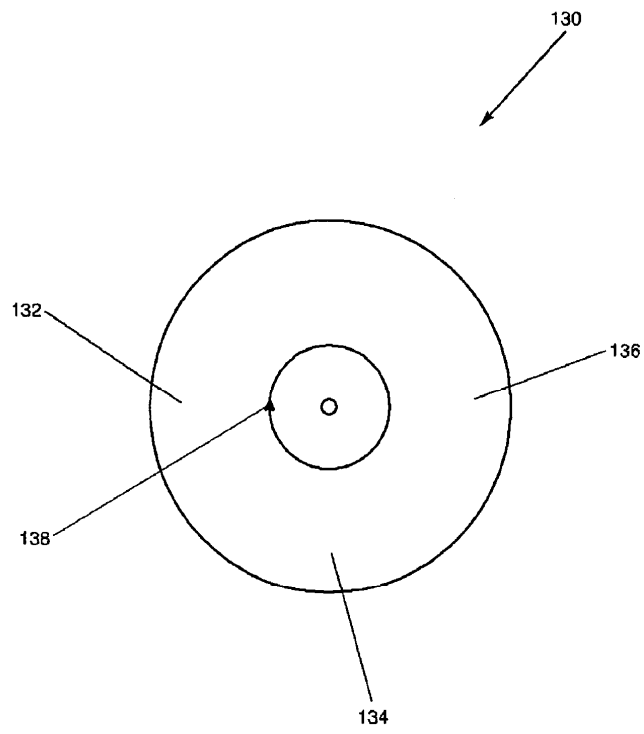


FIG. 13

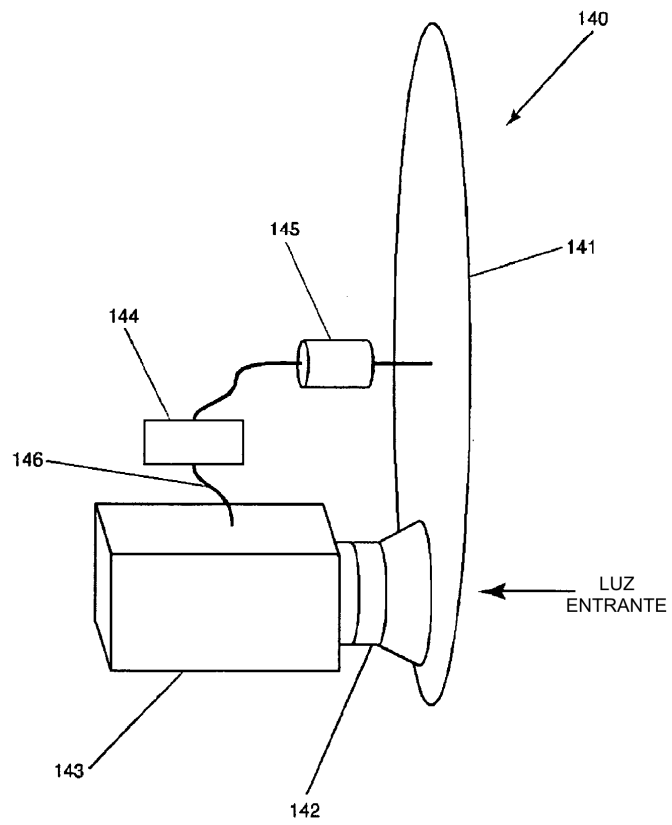


FIG. 14

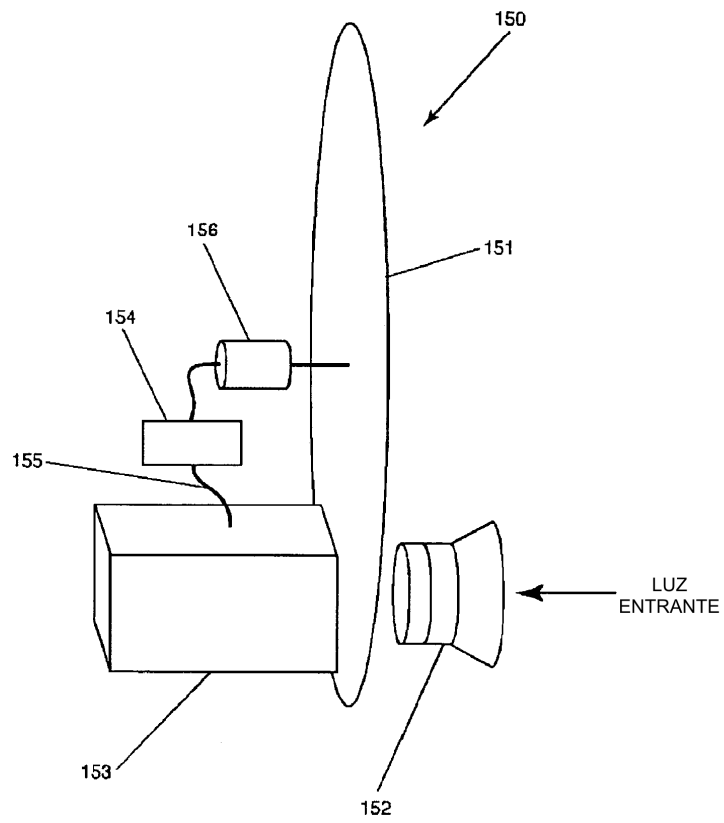


FIG. 15

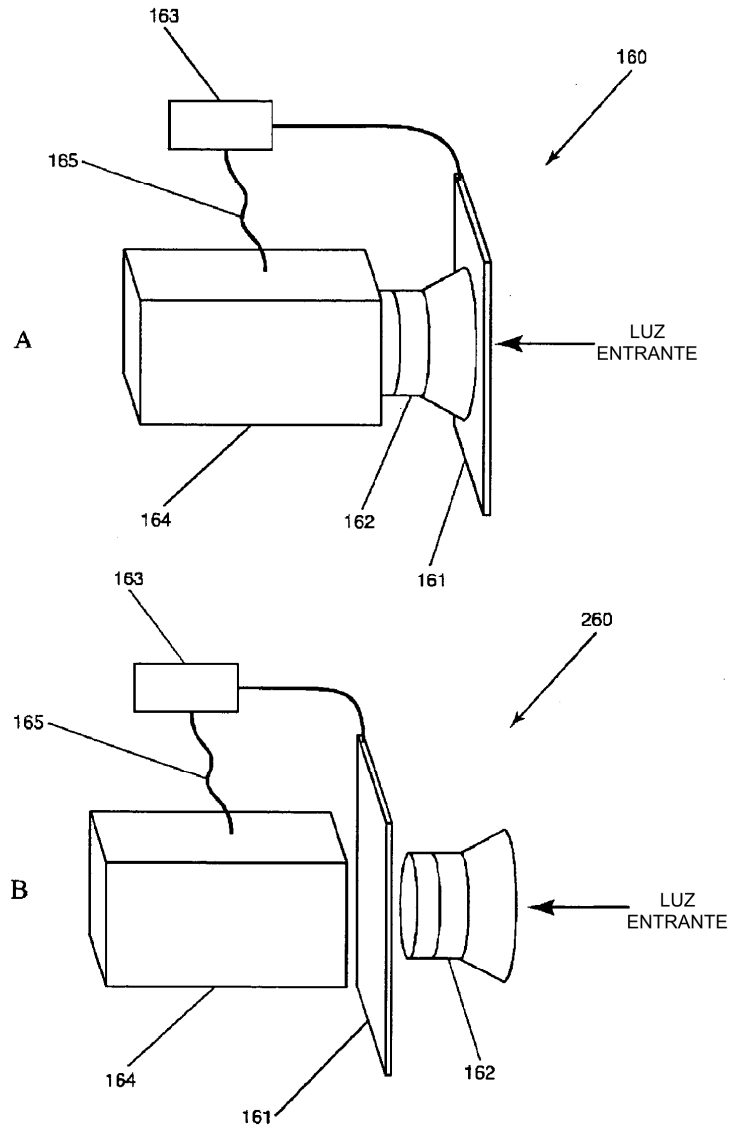


FIG. 16

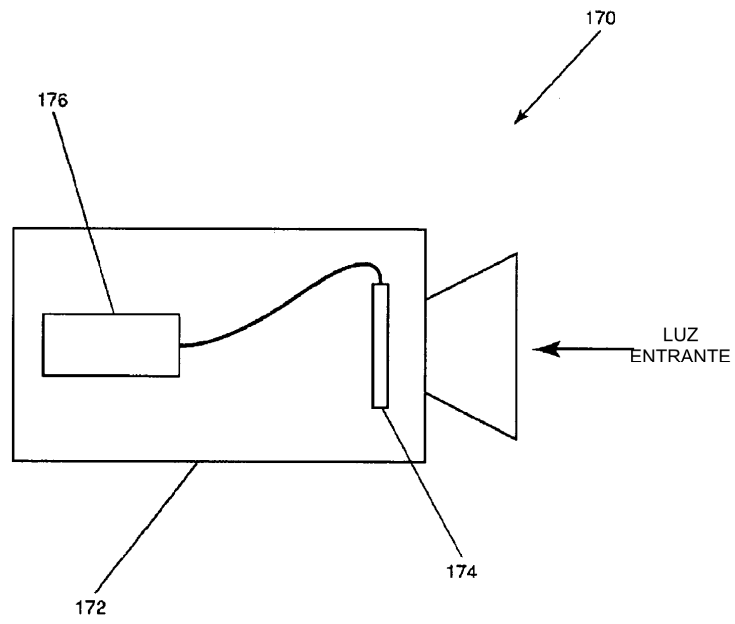


FIG. 17

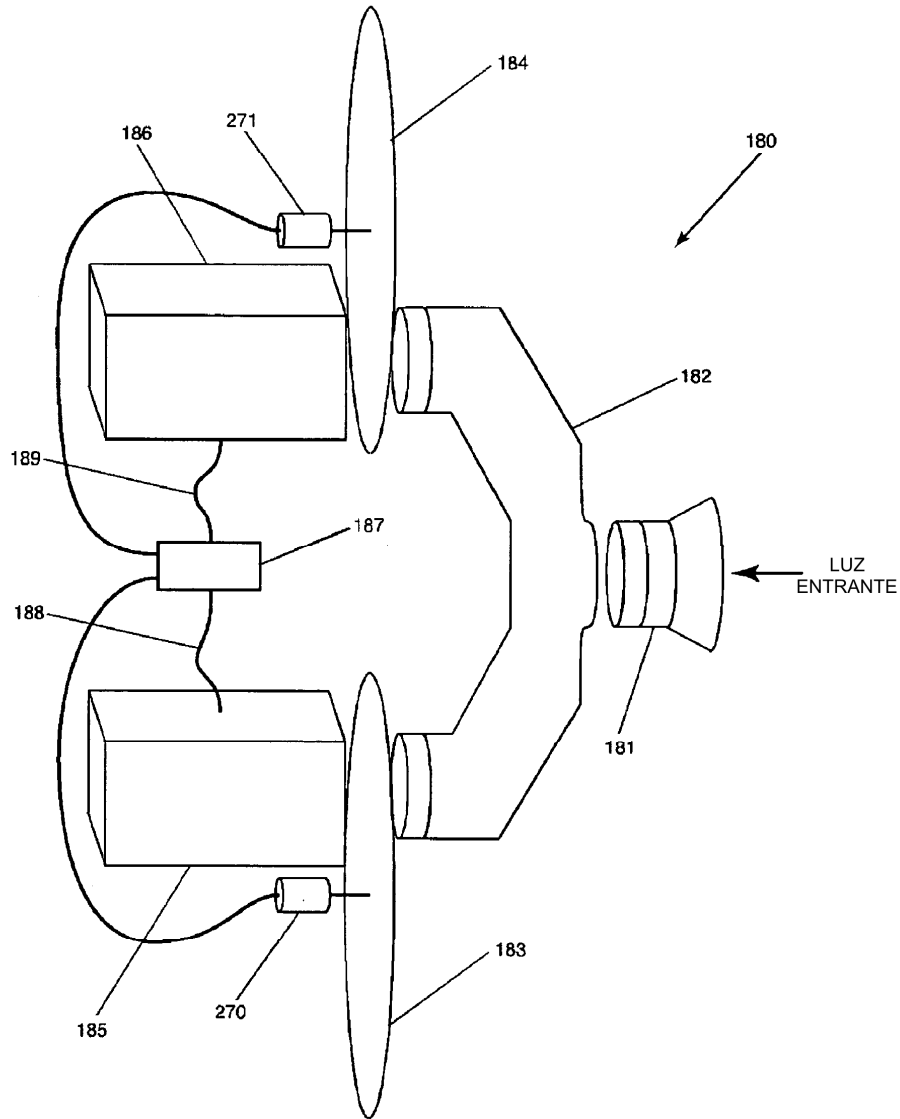


FIG. 18

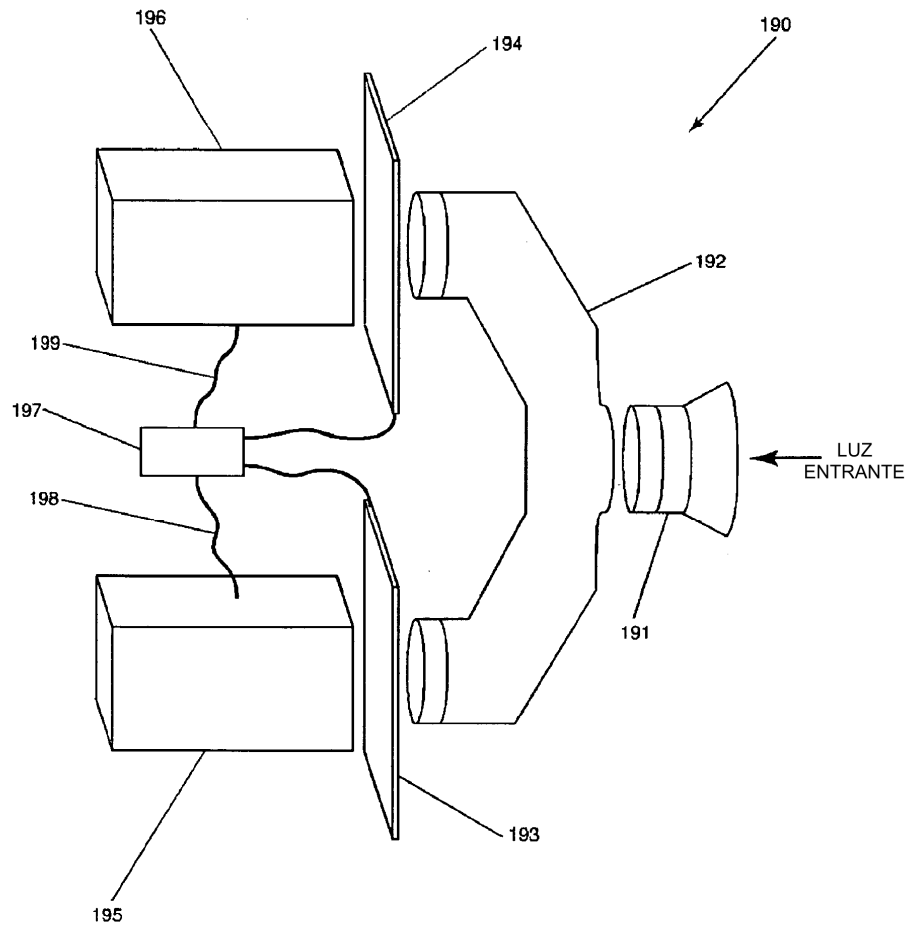


FIG. 19

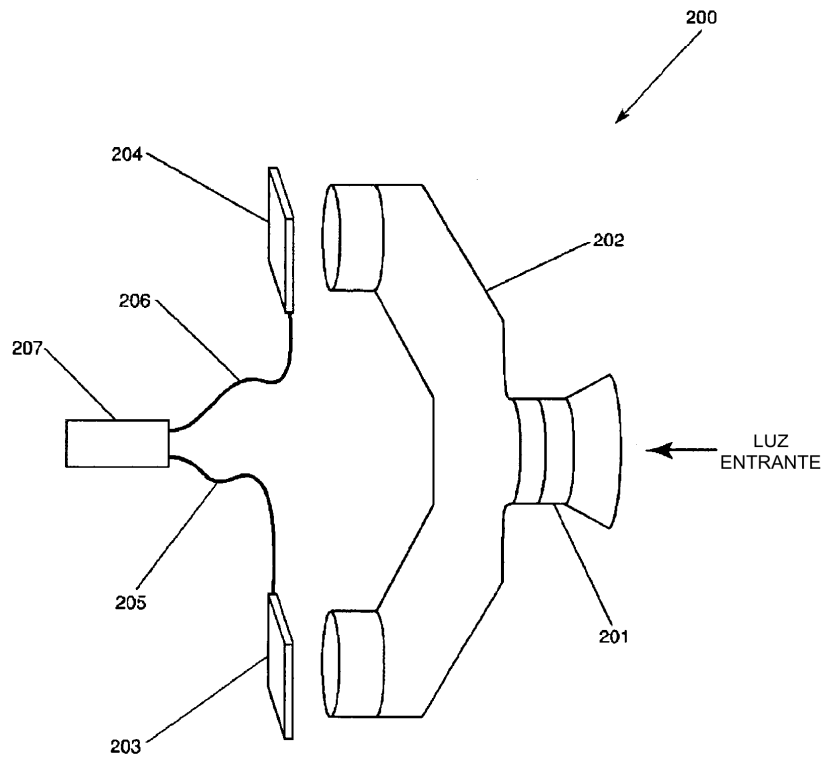


FIG. 20

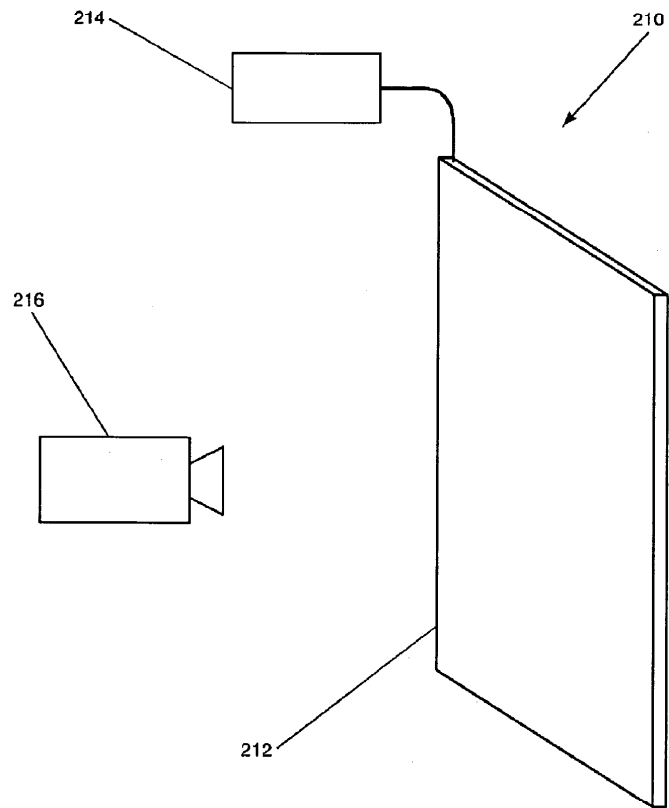


FIG. 21

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE MODULACIÓN TEMPORAL
(OBTURADOR DE 180 GRADOS, 24 cps)

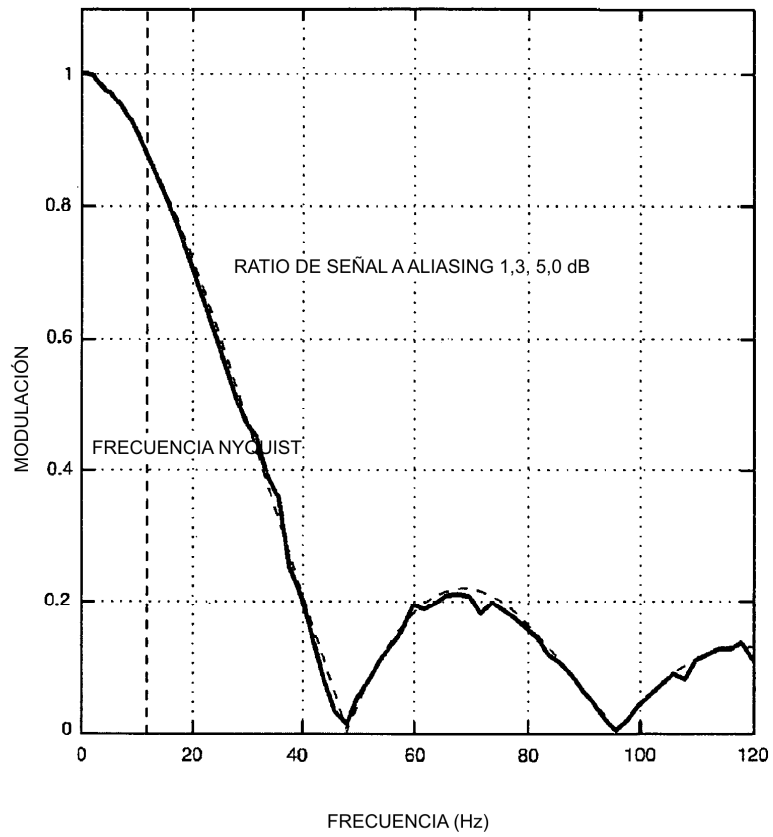


FIG. 22

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE MODULACIÓN TEMPORAL
(VENTANA HAMMING, 24 cps)

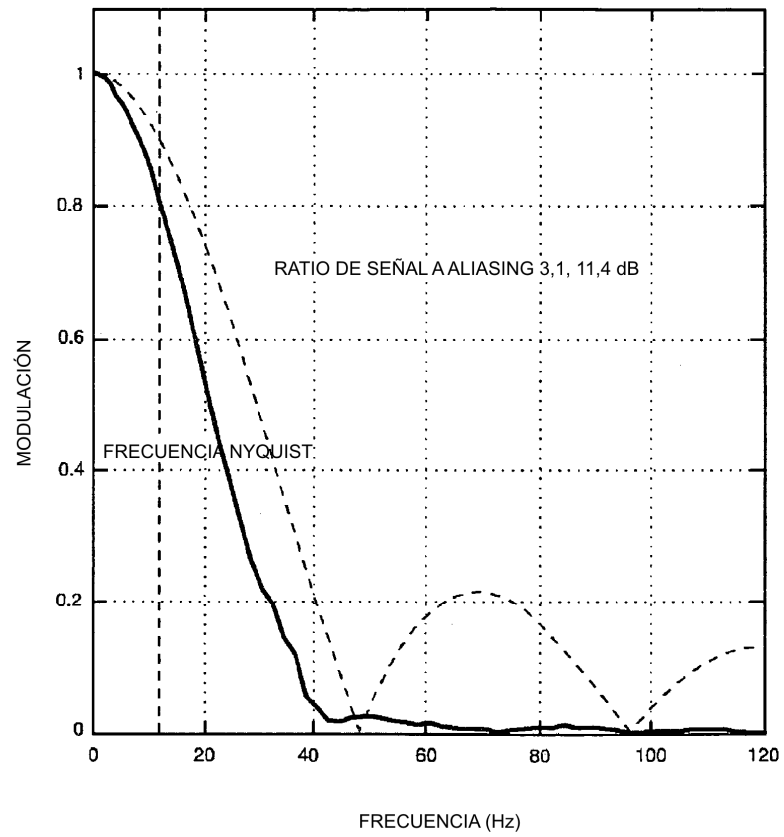


FIG. 23

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE MODULACIÓN TEMPORAL
(VENTANA HAMMING, 24 cps)

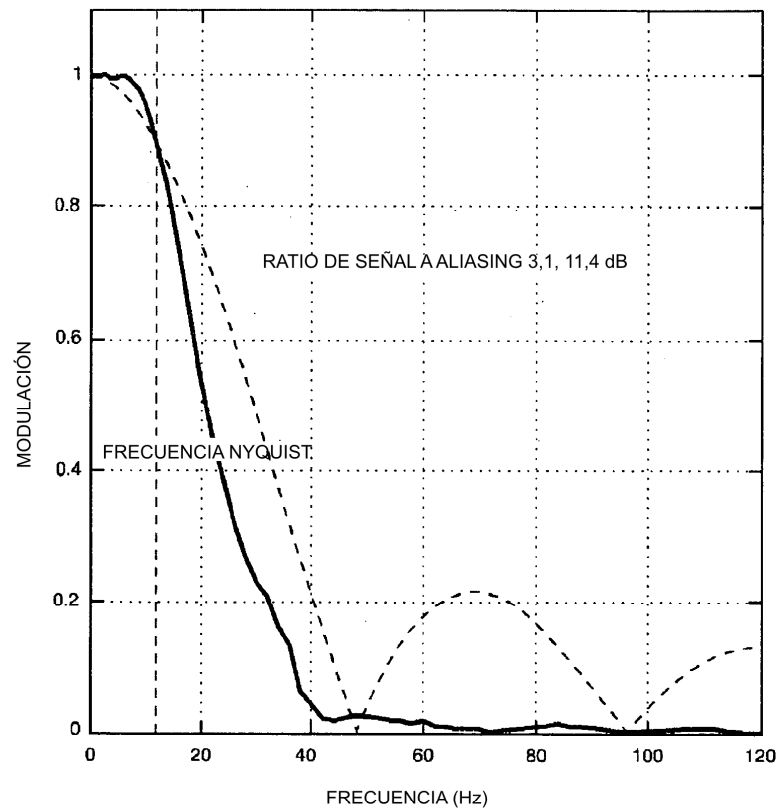


FIG. 24

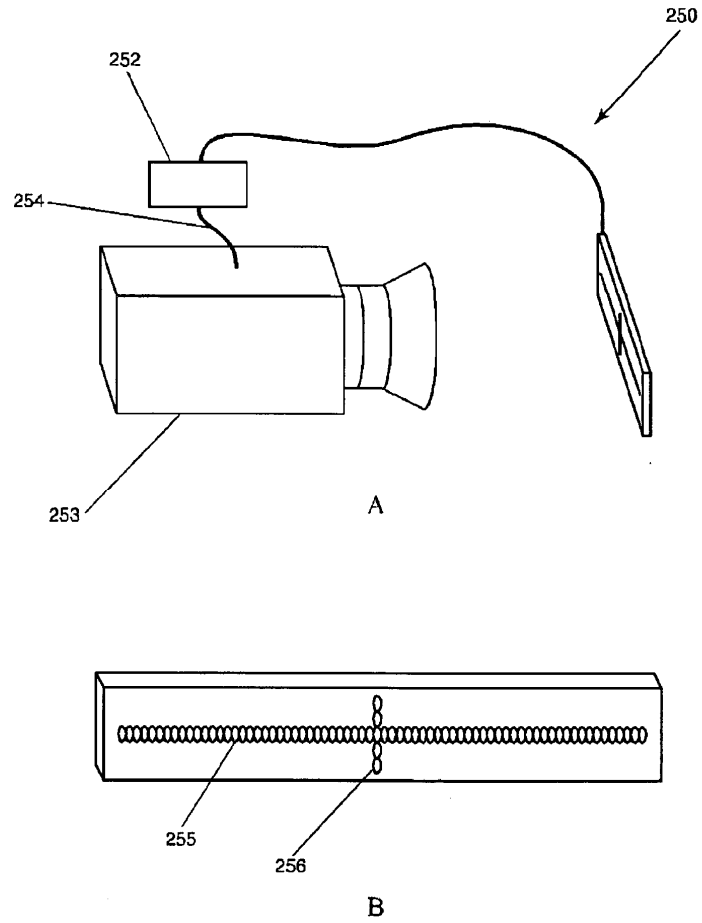


FIG. 25

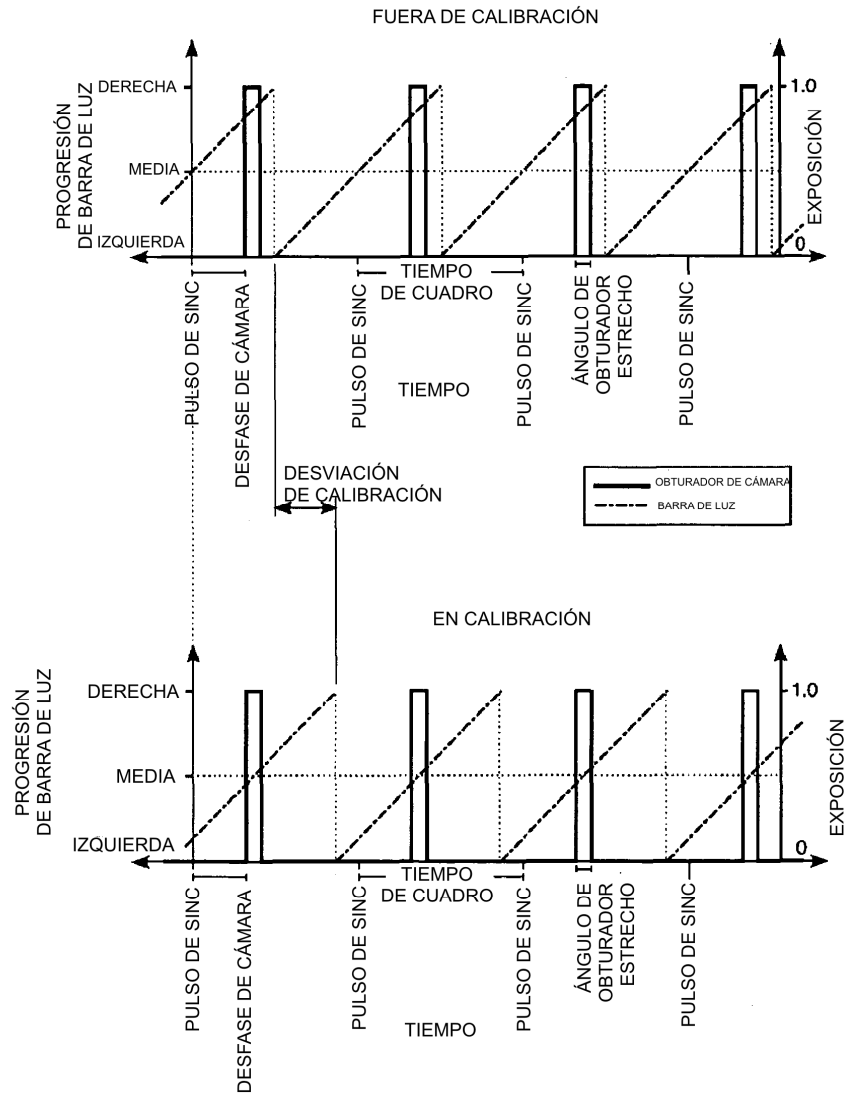


FIG. 26

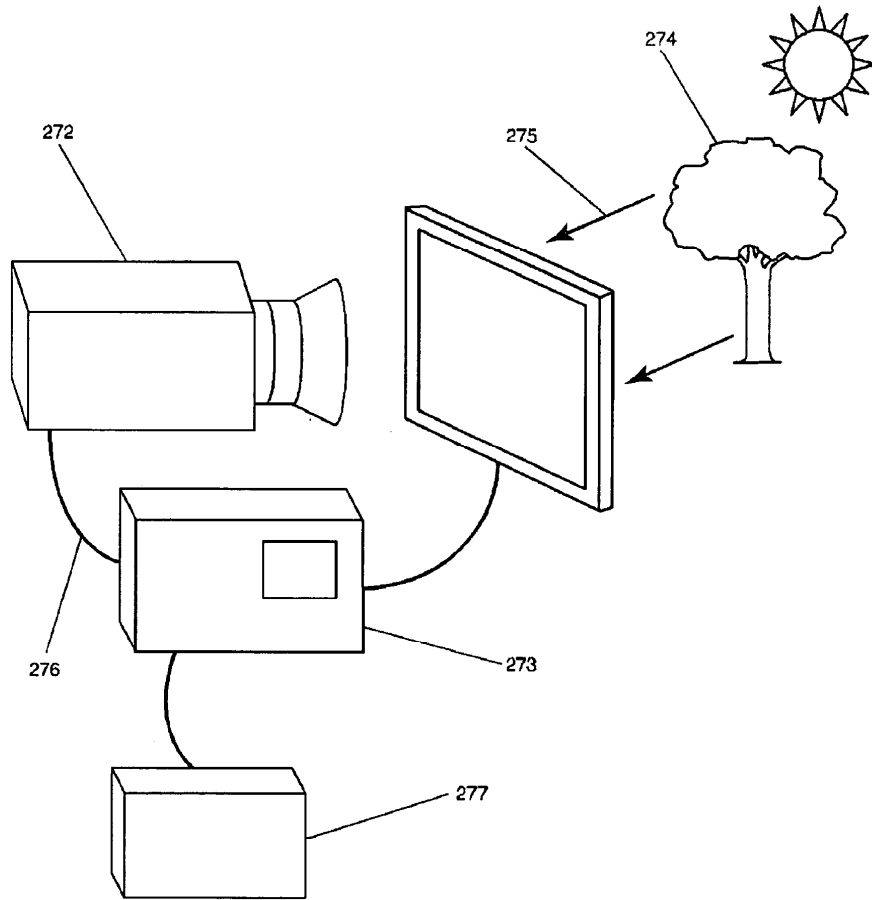
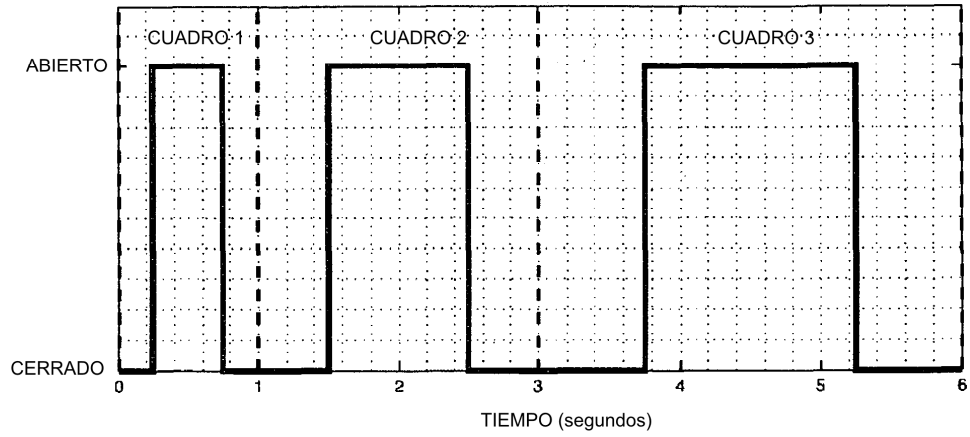


FIG. 27

OBTURADOR PARA EJEMPLO DE LAPSO DE TIEMPO VARIABLE



OPACIDAD LCD

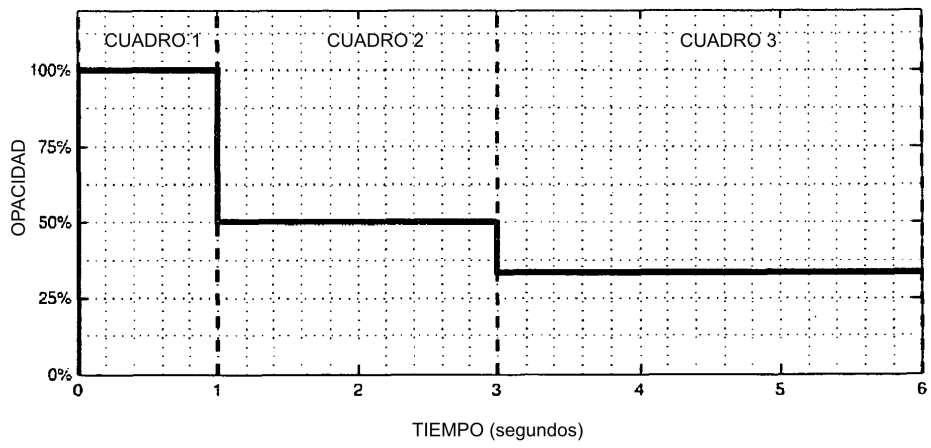
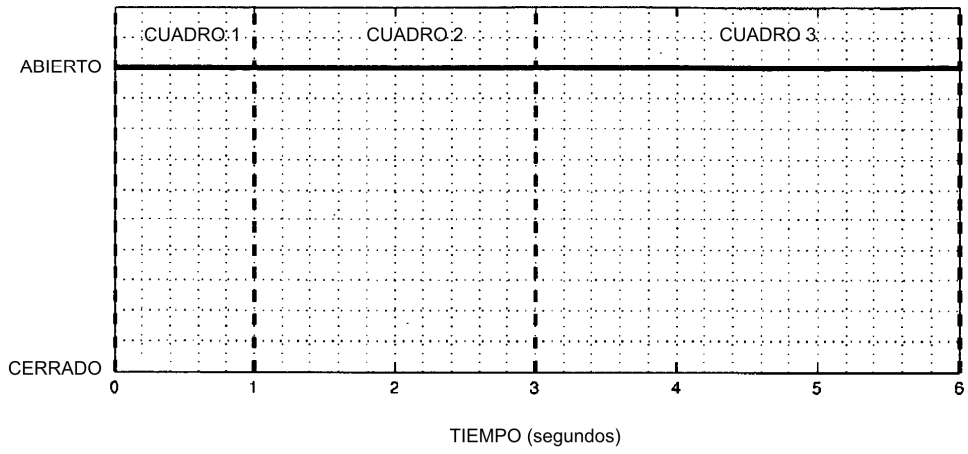


FIG. 28

OBTURADOR PARA EJEMPLO DE LAPSO DE TIEMPO VARIABLE
CON FILTRO ANTIALIASING



OPACIDAD LCD

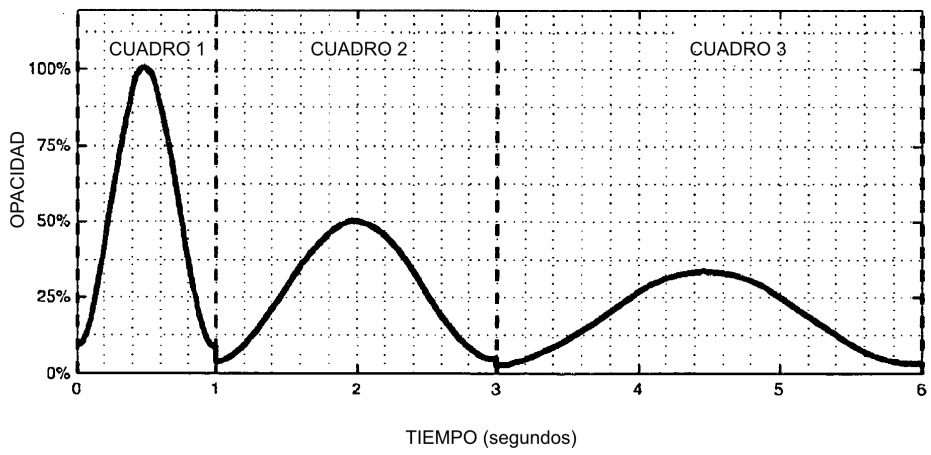


FIG. 29