

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 436**

51 Int. Cl.:

**G01S 17/89** (2006.01)

**G01S 17/10** (2006.01)

**H04N 9/31** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.08.2011 PCT/US2011/049606**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.04.2012 WO12047410**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2011 E 11831132 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2622847**

54 Título: **Cámara de profundidad de baja potencia integrada y dispositivo de proyección**

30 Prioridad:

**28.09.2010 US 892589**

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

**24.10.2016**

73 Titular/es:

**MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC  
(100.0%)  
One Microsoft Way  
Redmond, WA 98052, US**

72 Inventor/es:

**KATZ, SAGI;  
FELZENSHEIN, SHLOMO;  
ADLER, AVISHAI y  
YAHAV, GIORA**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 587 436 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

Cámara de profundidad de baja potencia integrada y dispositivo de proyección

### Antecedentes

5 Una cámara de profundidad en tiempo real puede determinar la distancia a una persona u otro objeto en un campo de visión de la cámara, y actualizar la distancia sustancialmente en tiempo real en base a un número de imágenes por segundo de la cámara. Tal cámara de profundidad puede ser utilizada en sistemas de captura de movimiento, por ejemplo para obtener datos relativos a la localización y el movimiento de un cuerpo humano o de otro sujeto en un espacio físico, y puede utilizar los datos como una entrada a una aplicación en un sistema informático. Son posibles muchas aplicaciones, por ejemplo para propósitos militares, de entretenimiento, deportivos y médicos. Una cámara de profundidad incluye típicamente un iluminador de infrarrojos que ilumina el campo de visión, y uno o más sensores de imagen infrarroja que detectan la luz reflejada desde el campo de visión para formar una imagen. Por otra parte, la cámara de profundidad puede ser proporcionada como parte de una consola de juegos que se comunica con un dispositivo de visualización, tal como una televisión en el hogar de un usuario. Sin embargo, existen varios desafíos en la adaptación de la tecnología de cámara de profundidad para dispositivos portátiles u otros dispositivos de factor de forma pequeño, tales como dispositivos proyectores de vídeo. Estos desafíos incluyen limitaciones de potencia y espacio.

10 El documento WO 2009/124601 A1 describe un sistema de formación de imágenes que incluye un sistema de retroiluminación que comprende un dispositivo de visualización electrónico, tal como una pantalla LCD, y un conjunto de retroiluminación dispuesto detrás del dispositivo de visualización electrónico y que comprende una matriz de LED para iluminar el dispositivo de visualización electrónico. El sistema de formación de imágenes comprende también un controlador de retroiluminación para ajustar la cantidad de corriente proporcionada al conjunto de retroiluminación y la correspondiente intensidad de luz de los LED; y un sensor de fotones o matriz de sensores, dispuesto en un lado del dispositivo de visualización electrónico o posiblemente por detrás. Mediciones TOF pueden ser realizadas usando un método pulsado, en las que es medido el tiempo directo de propagación en ambos sentidos de un impulso de haz de luz. En este método, los LED del conjunto de retroiluminación son modulados con impulsos muy cortos o un tren de impulsos muy cortos, por ejemplo de algunos cientos de picosegundos.

### Sumario

30 Es proporcionado un dispositivo proyector de vídeo que logra los objetivos de tamaño compacto y consumo de energía y coste reducidos. Una luz de fondo del dispositivo proyector de vídeo es modulada para crear impulsos de luz que pueden ser detectados por una cámara de luz visible y transformados en datos distancia/profundidad relativos a un campo de visión. Este tipo de modulación no afecta significativamente a la calidad de la imagen de la luz proyectada y puede ser realizada en una variedad de dispositivos móviles o no móviles que son utilizados para varias aplicaciones que son ejecutadas en el dispositivo o en un anfitrión conectado al dispositivo.

35 En una realización, un dispositivo proyector de vídeo incluye una fuente de luz, tal como la luz de fondo de un proyector, que emite luz visible. En una porción de proyector del dispositivo proyector de vídeo está previsto un controlador que modula la luz visible emitida desde la fuente de luz. También pueden estar previstos uno o más paneles LCD transmisores de luz, que tienen píxeles controlables individualmente para conferir la información de vídeo de color a la luz visible de la fuente de luz. Está previsto al menos un componente óptico que proyecta la luz visible codificada en color en un campo de visión. Por ejemplo, pueden ser utilizadas una o más lentes. En una porción de sensor del dispositivo proyector de vídeo están previstos uno o más sensores, tales como dispositivos de carga acoplada (CCD) que detectan la luz visible, incluyendo la luz visible que es reflejada desde al menos un objeto en el campo de visión, de modo que el sensor comprende una matriz de píxeles. Ventajosamente, el sensor puede ser un CCD convencional del tipo que es utilizado en las cámaras digitales. Está previsto al menos un circuito de control que proyecta tramas de vídeo. Una trama puede incluir una subtrama sincronizada, en la que la fuente de luz es accionada en un modo pulsado mientras que el sensor es operado en un modo sincronizado, después de lo cual la fuente de luz es accionada en un modo continuo mientras que el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz. El al menos un circuito de control obtiene datos de profundidad relativos al por lo menos un objeto en el campo de visión en base a los valores de intensidad de luz, utilizando un principio de tiempo de vuelo. Los datos de profundidad pueden ser proporcionados en forma de un mapa de profundidad del campo de visión, por ejemplo.

Este sumario está previsto para introducir de una forma simplificada una selección de conceptos que se describirán con más detalle después en la descripción. Este sumario no pretende identificar las características clave o características esenciales de la materia reivindicada, ni está destinado a ser utilizado para limitar el alcance de la materia reivindicada.

### 55 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, elementos con números similares se corresponden entre sí.

La Fig. 1 representa una vista lateral de un ejemplo de entorno que involucra un dispositivo proyector de vídeo.

- La Fig. 2 representa una vista superior del ejemplo de entorno de la Fig. 1.
- La Fig. 3 representa un ejemplo de diagrama de bloques del dispositivo proyector de vídeo de la Fig. 1.
- La Fig. 4A representa un proceso que utiliza un dispositivo proyector de vídeo.
- 5 La Fig. 4B representa un ejemplo de un proceso que implica subtramas que pueden ser utilizadas en la etapa 400 de la Fig. 4A.
- La Fig. 4C representa otro ejemplo de un proceso que implica subtramas que puede ser utilizadas en la etapa 400 de la Fig. 4A.
- La Fig. 5A representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama sincronizada como se establece en la etapa 410 de la Fig. 4B.
- 10 La Fig. 5B representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama no sincronizada como se establece en la etapa 412 de la Fig. 4B.
- La Fig. 5C representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama de fondo como se establece en la etapa 414 de la Fig. 4B.
- 15 La Fig. 5D representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama de color como se establece en la etapa 416 de la Fig. 4B.
- La Fig. 6A representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama sincronizada como se establece en la etapa 420 de la Fig. 4C.
- La Fig. 6B representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama no sincronizada como se establece en la etapa 422 de la Fig. 4C.
- 20 La Fig. 7A representa una salida de un proyector que corresponde al proceso de la Fig. 4B.
- La Fig. 7B representa una entrada a un sensor basada en la salida de proyector de la Fig. 7A.
- La Fig. 7C representa una trama de no detección de profundidad en la que se produce proyección continua.
- La Fig. 7D representa un ejemplo de una secuencia de tramas que proporciona alternativamente tramas con intensidades de luz más bajas y más altas.
- 25 La Fig. 7E representa un ejemplo de una secuencia de tramas que proporciona alternativamente tramas con periodos de trama más largos y más cortos.
- La Fig. 8A representa una salida de un proyector que corresponde al proceso de la Fig. 4C.
- La Fig. 8B representa una entrada a un sensor basada en la salida de proyector de la Fig. 8A.
- La Fig. 9A representa la luz pulsada que es emitida desde un proyector usando formas de onda cuadradas.
- 30 La Fig. 9B representa luz pulsada que es la entrada a un sensor en base a la salida de proyector de la Fig. 9A.
- La Fig. 10A representa luz pulsada que es emitida desde un proyector usando formas de onda triangulares.
- La Fig. 10B representa luz pulsada que es la entrada a un sensor en base a la salida de proyector de la Fig. 10A.

### Descripción detallada

- 35 Es proporcionado un dispositivo proyector de vídeo que es útil en varias aplicaciones. Un ejemplo de aplicación proyecta una imagen sobre una superficie, de modo que la imagen tiene un número de porciones de imagen seleccionables como elemento de menú en una interfaz de usuario. Un usuario puede hacer por ejemplo un gesto utilizando la mano para seleccionar una de las porciones de imagen. Una entrada de control correspondiente puede ser proporcionada a la aplicación para seleccionar nuevo contenido de vídeo o imagen fija, modificar el contenido de vídeo o imagen fija proyectado actualmente, jugar un juego, iniciar una comunicación, por ejemplo una llamada telefónica, etc. En un enfoque, la imagen proyectada sobre la superficie se convierte en una pantalla táctil. En otro ejemplo de aplicación es detectada y registrada la forma 3D de un objeto en el campo de visión. El dispositivo proyector de vídeo utiliza ventajosamente un proyector de luz visible para proyectar luz continua en un patrón deseado en el campo de visión, como por ejemplo sobre una superficie u objeto en el campo de visión, mientras que también proporciona luz pulsada para su uso en la obtención de datos de profundidad utilizando un principio de tiempo de vuelo. Los datos de profundidad pueden ser obtenidos accionando periódicamente una fuente de luz para proporcionar impulsos de luz visible durante un período limitado, relativo a un período en el que es proporcionada una salida de luz continua, de manera que la calidad de la imagen no se reduce notablemente. Durante el período
- 45

de tiempo limitado, un sensor del dispositivo proyector de vídeo está sincronizado para detectar impulsos de luz visible reflejada desde el campo de visión. El sensor también tiene la capacidad de obtener datos de color del campo de visión, por ejemplo para obtener una imagen fija, por ejemplo una fotografía, o imágenes de vídeo, por ejemplo un vídeo, como una cámara digital típica.

- 5 Los elementos que se utilizan comúnmente en un dispositivo proyector de vídeo pueden ser usados de una manera nueva para conseguir una funcionalidad adicional, transformando el dispositivo en un dispositivo de detección de datos 3D. Por ejemplo, pueden ser obtenidos datos de profundidad 3D para un objeto que está cerca de una superficie sobre la que es proyectada la imagen de vídeo.

10 El proyector de vídeo también puede operar en un modo de solo detección, en el que se proporcionan impulsos de luz visible pero no se proporciona salida de luz continua. En otra opción, para incrementar el contraste de color, la duración de la trama puede ser alargada y/o la intensidad de la luz puede ser incrementada cuando el proyector de vídeo funciona en un modo de proyección y detección, con respecto a cuando el proyector de vídeo funciona en un modo de solo proyección.

15 La Fig. 1 representa una vista lateral de un ejemplo de entorno que implica un dispositivo proyector de vídeo. Como se mencionó al principio, las cámaras de profundidad se han vuelto cada vez más comunes. La tecnología de detección de profundidad puede ser utilizada en otros productos, tales como dispositivos proyectores de vídeo móviles u otros de factor de forma pequeño. Los dispositivos proyectores de vídeo incluyen pequeños dispositivos de mano a los que a veces se hace referencia como picoproectores, proyectores móviles y proyectores de bolsillo. Tales dispositivos pueden incluir hardware miniaturizado y software que puede proyectar imágenes digitales sobre cualquier superficie de visualización en las inmediaciones, como por ejemplo una pared plana o una mesa, o en general cualquier superficie/objeto con forma. Los dispositivos proyectores de vídeo pueden incluir otros dispositivos que no necesariamente puedan ser sujetados por la mano o portátiles, incluyendo dispositivos que descansan sobre una superficie superior de una mesa y dispositivos que están montados en una pared u otra superficie.

25 Una aplicación es para la visualización de una imagen fija o de vídeo y permitir que un usuario modifique la imagen mediante movimientos a través de gestos con las manos. Por ejemplo, un gesto de mover las manos o los dedos de una mano, además, puede tener como resultado que la imagen proyectada se magnifique/se acerque, y un movimiento opuesto puede tener como resultado que la imagen proyectada se haga cada vez más pequeña/se aleje. El usuario puede actuar para elevar o de otra forma seleccionar un objeto de la imagen proyectada, de manera que la proyección del objeto cambie cuando el objeto está seleccionado. Un gesto de ondulación o de agitar la mano hacia los lados puede tener como resultado el desplazamiento de un menú o la detección o inicio de una visualización de vídeo o imagen fija. Puede ser creada una experiencia de interfaz natural de usuario (NUI), en la que el usuario interactúa con objetos proyectados como si fueran objetos físicos reales. Son posibles muchas otras aplicaciones. Más información relativa al seguimiento de una porción de una persona, una persona entera, u otro objeto se puede encontrar, por ejemplo, en el documento US 2010/0197399, publicado el 5 de agosto de 2010, titulado "Visual Target Tracking" (Seguimiento de objetivo visual), y el documento US 2010/0194872, publicado el 5 agosto de 2010, titulado "Body Scan" (Escáner corporal), cada uno de las cuales se incorpora como referencia en el presente documento.

40 En la Fig. 1 está representado un dispositivo proyector de vídeo 100 que descansa sobre la superficie superior de una mesa 102. Se usa una lente de proyector 100 para transmitir o proyectar luz visible en un campo de visión que en este ejemplo está limitado por los rayos de luz 112 y 114. Una porción de la luz proyectada es reflejada, como está representado por una región limitada por los rayos de luz 122 y 124, y detectada por un sensor en el dispositivo proyector de vídeo 100, a través de una lente de cámara 120. Un usuario 130 coloca el brazo o la mano 132 en el campo de visión proyectado, de manera que la presencia de la mano y cualquier movimiento de la mano pueden ser detectados por el sensor.

45 La Fig. 2 representa una vista desde arriba del ejemplo de entorno de la Fig. 1. Una región de imagen 150 es proyectada por el dispositivo proyector de vídeo en la superficie superior de la mesa 102. La región de la imagen 150 incluye porciones de imagen 152, 154, 156 y 158, por ejemplo. El usuario puede seleccionar la porción de imagen 152 colocando la mano 132 sobre la porción de imagen 152. La selección de la porción de imagen 152 puede ser activada de diferentes maneras. En un enfoque, la presencia de la mano sobre la porción de imagen 152 durante un período mínimo de tiempo, por ejemplo 1-2 segundos, puede activar la selección de la porción de imagen 152. En otro enfoque, se requiere que el usuario realice un gesto, por ejemplo la colocación de la mano por encima de la porción de imagen 152, seguido del descenso de la mano hacia la porción de imagen 152, o la elevación de la mano lejos de la porción de imagen 152. Existen muchas otras posibilidades. Puede estar previsto un ejemplo similar en el que la imagen se proyecta sobre una superficie vertical o en otra superficie que no es necesariamente plana.

55 La Fig. 3 representa un ejemplo de diagrama de bloques del dispositivo proyector de vídeo de la Fig. 1. Los componentes pueden estar previstos en una carcasa única. El dispositivo proyector de vídeo 300 incluye una fuente de luz 318, tal como una luz de fondo, que puede ser activada (encendida o conectada) para emitir luz visible continua o pulsada. La fuente de luz 318 también puede ser desactivada (apagada o desconectada) de manera que emita luz no visible, para reducir el consumo de energía. La fuente de luz es modulada durante la detección de profundidad y se mantiene activada durante la proyección de vídeo. Si está apagada, esto significa que el sistema

solo puede capturar imágenes/vídeo de color. En un posible enfoque, la fuente de luz 318 puede incluir uno o más diodos emisores de luz (LED). Varios otros componentes ópticos que no están representados son también empleados típicamente. En un enfoque, cuando se utiliza una fuente de luz blanca, tal como una lámpara de haluro metálico, la fuente de luz comprende una luz blanca que mediante un prisma es separada en tres componentes de color (por ejemplo: rojo, verde y azul) y cada componente de color pasa a través de un modulador separado. La luz modulada de cada color es posteriormente combinada y proyectada utilizando componentes ópticos apropiados. En otro enfoque, la luz blanca es proporcionada a un modulador único a través de un componente, tal como una rueda de colores, para que por ejemplo los componentes rojo, verde y azul sean proporcionados al modulador de una manera multiplexada en el tiempo. En otro enfoque, por ejemplo cuando se utilizan LED, cada grupo de LED emite un color diferente, tal como rojo, verde y azul, cada componente de color pasa a través de un modulador separado, y la luz modulada de cada color es posteriormente combinada y proyectada utilizando componentes ópticos apropiados.

Otra opción para la fuente de luz es el chip "Digital Light Processing" (DLP)<sup>®</sup> (procesamiento digital de la luz) (Texas Instruments, Inc.), que contiene una matriz rectangular de hasta 2 millones de espejos microscópicos montados de forma articulada que pueden reflejar una imagen digital sobre una pantalla u otra superficie. La modulación del chip DLP es similar a la modulación de un chip LCD. En una configuración de un solo chip DLP, la luz blanca pasa a través de un filtro de color, haciendo que el rojo, verde, azul e incluso colores primarios adicionales, tales como amarillo, cian, magenta y otros, brillen en secuencia sobre la superficie del chip DLP. La conmutación de los espejos, y la proporción de tiempo que están "activados" o "desactivados" es coordinada de acuerdo al color que brilla sobre ellos. A continuación, los colores secuenciales son mezclados para crear una imagen a todo color que es proyectada.

Un panel LCD 320 codifica la luz emitida desde la fuente de luz con la información de color de vídeo, para proporcionar luz visible codificada en color que es proyectada a través de al menos un componente óptico, tal como una lente de proyección 322. Pueden estar previstos uno o más paneles LCD transmisores de luz, por ejemplo, como mediante el uso de chips LCD transmisores de luz. El panel LCD puede incluir una o más matrices de píxeles transmisores de luz, donde cada píxel puede ser controlado individualmente, en respuesta a un circuito de control de proyector 310. Los píxeles del panel LCD pueden ser controlados para conferir datos de imagen, tales como una imagen del color deseado que ha de ser proyectada.

La lente de proyección 322 y/o la lente del sensor 360 pueden ser controladas mediante el circuito de control de proyector 310, tal como para proporcionar una función de enfoque automático, en base a la información de profundidad que es proporcionada al circuito de control de proyector 310 desde un circuito de control de sensor 340. Con una profundidad o intervalo de profundidades conocidas de uno o más objetos en el campo visual puede ser ajustado un enfoque óptimo.

El circuito de control de proyector 310 puede incluir uno o más procesadores, representados por el procesador 312, uno o más componentes de memoria, representados por el componente de memoria 314 y uno o más controladores, representados por el controlador 316. El procesador puede ser, por ejemplo, un microprocesador que ejecuta las instrucciones que están almacenadas en la memoria 314 para proporcionar una funcionalidad tal como se describe en el presente documento. La memoria 314 puede almacenar instrucciones que son ejecutadas por el procesador 312, así como almacenar datos de imagen para controlar el panel LCD 320 para proporcionar una imagen proyectada deseada. Por ejemplo, la memoria 314 puede incluir memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria caché, memoria flash, un disco duro, o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador tangible adecuado. El componente de memoria 314 puede ser un componente separado en comunicación con el procesador 312 y/o el circuito de control de proyector 310 por ejemplo a través de un bus. O bien, el componente de memoria 314 puede estar integrado en el procesador 312 y/o el circuito de control de proyector 310. La memoria 314 es un medio de almacenamiento legible por ordenador tangible que tiene software legible por ordenador incorporado en el mismo para la programación de al menos un procesador 312 para llevar a cabo un método para procesar datos de imagen en un dispositivo proyector de vídeo como se describe en el presente documento.

El controlador 316 comunica con la fuente de luz para accionarla o modularla tal como se describe en el presente documento. Por ejemplo, la corriente y/o el voltaje a la fuente de luz pueden ser modulados por el controlador, de manera que la luz emitida sea modulada. El controlador puede ser un controlador personalizado que soporte tanto un modo de impulso rápido como un modo de iluminación continua. El circuito de control de proyector puede controlar filas y columnas de píxeles del panel LCD.

Una interfaz de usuario 330 puede incluir controles, tales como botones o una pantalla táctil, que permitan al usuario introducir comandos para controlar el dispositivo proyector de vídeo. Ejemplos de comandos incluyen iniciar o detener una secuencia de tramas del proyector de vídeo, iniciar o detener una proyección de una imagen fija, por ejemplo una única trama, e iniciar o detener un modo de detección de profundidad. En un enfoque, el usuario tiene la opción de la captura de una sola trama de datos de profundidad, similar a una instantánea, en un modo de solo detección. El usuario puede ajustar, por ejemplo, un modo de proyección y de detección de profundidad, un modo de proyección y no detección de profundidad, o un modo de detección de profundidad pero no proyección. El usuario también puede realizar ajustes que afecten a una respuesta o sensibilidad en el seguimiento de un objeto en el

campo de visión. Diferentes usuarios pueden preferir diferentes niveles de sensibilidad de seguimiento en diferentes situaciones cuando interactúan con una imagen proyectada. El usuario también puede realizar ajustes tales como el brillo del proyector.

5 Una porción de sensor del dispositivo proyector de vídeo 300 incluye una lente de sensor 360 a través de la cual  
 10 pasa la luz visible desde el campo de visión y alcanza uno o más sensores, representados por un sensor 350. La luz visible puede incluir reflexiones de la luz proyectada, así como luz ambiente de fondo, tal como de fuentes de luz artificial que no sean del dispositivo proyector de vídeo, por ejemplo lámparas eléctricas, y fuentes de luz natural, por ejemplo la luz del sol en una habitación. El sensor puede incluir uno o más CCD, por ejemplo que tengan píxeles sensibles a la luz. Cada píxel genera carga, y la cantidad de carga acumulada o integrada puede ser leída como una  
 15 indicación de la intensidad de luz que ha alcanzado el píxel. El sensor puede funcionar en un modo sincronizado o no sincronizado, bajo el control de un circuito de control de sensor 340.

15 En una implementación de un funcionamiento sincronizado, los píxeles son activados y desactivados alternativamente en una secuencia controlada. A un tiempo en el que los píxeles están activados se hace referencia como un período sincronizado. Cuando un píxel está activado puede detectar luz y acumular carga. Cuando un píxel está desactivado no puede detectar luz ni acumular carga, incluso si la luz incide sobre el píxel. En otra implementación del funcionamiento sincronizado puede estar previsto un modulador separado (no mostrado) que esté entre el sensor 350 y la lente 360, y que tenga la capacidad de bloquear o dejar pasar la luz, como un obturador. El modulador o sensor pueden actuar como un obturador que puede ser abierto o cerrado según se  
 20 desee.

20 En una implementación de operación no sincronizada, los píxeles de los sensores son activados de modo que acumulan carga en un período de tiempo no interrumpido, después de lo cual la cantidad de carga acumulada es leída por el circuito de control de sensor 340.

25 El circuito de control de sensor 340 puede incluir uno o más procesadores, representados por el procesador 342, y uno o más componentes de memoria, representados por el componente de memoria 348. El procesador puede ser por ejemplo un microprocesador que ejecuta las instrucciones que están almacenadas en la memoria 348 para proporcionar una funcionalidad tal como se describe en el presente documento. La memoria 348 puede almacenar instrucciones que son ejecutadas por el procesador 312, así como almacenar lecturas y datos de imagen del sensor. La memoria 348 puede ser configurada de manera similar a la memoria 314 como se discutió anteriormente. La memoria 348 es un medio de almacenamiento legible por ordenador tangible que tiene un software legible por  
 30 ordenador incorporado en el mismo para la programación de al menos un procesador 342 para realizar un método para procesar datos de imagen en un dispositivo proyector de vídeo como se describe en el presente documento.

35 El procesador 342 puede incluir una porción de procesamiento de datos de profundidad 344 que recibe las lecturas del sensor y las traduce en datos de profundidad para cada píxel del sensor. Por ejemplo, una lectura de un píxel puede indicar una cantidad de carga acumulada y esta puede ser correlacionada con una intensidad de luz en base a las características del sensor. Por otra parte, la temporización de la luz detectada de un píxel puede ser correlacionada con impulsos de luz desde el proyector, cuando el proyector funciona en un modo pulsado y el sensor funciona en un modo sincronizado. Esto permite que un valor de profundidad sea asociado con el píxel en base a principios de tiempo de vuelo. Para obtener los valores de profundidad se necesitan dos mediciones: sincronizada y no sincronizada. Un conjunto de valores de profundidad de algunos o todos los píxeles del sensor proporciona un mapa de profundidad para una trama de datos de imágenes detectadas. El mapa de profundidad puede ser almacenado en la memoria 348, por ejemplo. El circuito de control de sensor 340 puede comunicar con el  
 40 circuito de control de proyector para obtener datos de temporización que utiliza la porción de procesamiento de datos de profundidad 344 para calcular los valores de profundidad. Opcionalmente, un circuito de control central gestiona el circuito de control de proyector 310 y el circuito de control de sensor 340, incluyendo proporcionar datos de temporización para el establecimiento de un modo pulsado o continuo en el circuito de control de proyector 310, y para ajustar un modo sincronizado o no sincronizado en el circuito de control de sensor 340.

45 El procesador 342 puede incluir una porción de procesamiento de datos de color 346 que recibe los datos de píxeles de color desde el sensor, de manera similar a la forma en que opera un sensor de una cámara fija o vídeo. De esta manera, las imágenes de color del campo de visión del sensor pueden ser obtenidas y almacenadas en la memoria  
 50 348, por ejemplo.

El procesador 342 puede también incluir una biblioteca de gestos 347, tal como una colección de filtros de gesto, cada uno con una información relativa a un gesto que puede ser realizado por un usuario, incluyendo gestos con las manos. Mediante la comparación de un movimiento detectado con cada filtro puede ser identificado un gesto especificado o movimiento que es realizado por el usuario.

55 La Fig. 4A representa un proceso que utiliza un dispositivo proyector de vídeo. La etapa 400 incluye proporcionar una trama de datos de imagen mediante la proyección de luz visible en un campo de visión mientras que es leído el sensor para obtener datos de profundidad. La etapa 402 incluye proporcionar una entrada de control a una aplicación en base a los datos de profundidad. La etapa de decisión 404 determina si va a ser proyectada una trama siguiente. Si una trama siguiente va a ser proyectada, el proceso se repite comenzando en la etapa 400. Si no va a

ser proyectada una trama siguiente, el proceso termina en la etapa 406. Ejemplos de implementaciones de la etapa 400 son tratados a continuación.

La Fig. 4B representa un ejemplo de un proceso que implica subtramas que pueden ser utilizadas en la etapa 400 de la Fig. 4A. En general, la luz emitida por la fuente de luz puede ser modulada de acuerdo con una secuencia sincronizada del sensor. Por ejemplo, una posible implementación del sensor es el sensor CCD SONY® modelo ICX424AQ. El ICX424AL es un sensor de imagen de estado sólido CCD de 6 mm de diagonal (tipo 1/3) con transferencia interlínea, con una matriz de píxeles cuadrada. El barrido progresivo permite que todas las señales de pixel salgan de forma independiente dentro de aproximadamente 1/60 de segundo. El chip tiene un obturador electrónico con tiempo de almacenamiento de carga variable que hace que sea posible realizar imágenes fijas de trama completa sin un obturador mecánico. Soporta varios modos/resoluciones de píxeles que incluyen: Adaptador Gráfico de Vídeo (VGA) (640 × 480 @ 60 Hz), quarter-VGA (QVGA) (320 × 240 @ 120 Hz) y quarter-QVGA (QQVGA) (160 × 120 @ 240 Hz). Con referencia también a Figs. 7A y 7B, se supone que se utiliza el modo QQVGA, que incluye un período de proyección de 33 ms o el período de trama completo que es dividido en cuatro secciones o subtramas. En cada subtrama, el sensor es expuesto a la luz y son leídos valores de intensidad de luz en subtramas seleccionadas.

Una trama completa puede ser definida por una trama de datos de píxeles que van a ser proyectados. En las diferentes subtramas en las que son proyectados los datos de píxeles, en un modo pulsado o continuo, pueden ser utilizados los mismos datos de píxeles de la trama. Aunque, si la imagen proyectada tiene secciones en negro en ella, no vamos a ser capaces de medir la profundidad si la luz pulsada muestra la misma imagen. Esto se puede solucionar de varias maneras que incluyen cambiar el nivel de negro (por lo que se proyectará algo). Subtramas son imágenes que cuando se combinan proporcionan la salida completa de una trama. Por ejemplo, las imágenes sincronizadas y no sincronizadas son subtramas. En nuestra notación, una trama contiene todas las subtramas en un ciclo de detección. Los datos de píxeles proyectados son independientes de la modulación de fuente de luz (aunque sincronizados con ella). El controlador de la fuente de luz generalmente no tiene acceso a los datos de píxeles proyectados.

La etapa 410 proporciona una subtrama sincronizada usando luz pulsada seguida de luz continua. En esta subtrama, los impulsos son enviados por el proyector y una imagen sincronizada es detectada por el sensor, se permite por ejemplo que el sensor detecte la luz solo durante intervalos limitados que corresponden a cada impulso transmitido. El proyector proporciona un modo de iluminación continua después de que se ha utilizado la iluminación pulsada. La subtrama sincronizada puede producir valores de intensidad de luz que se correlacionan con los datos de profundidad de uno o más objetos en el campo de visión.

La etapa 412 proporciona una subtrama no sincronizada usando luz pulsada seguida de luz continua. En esta subtrama, los impulsos son enviados de nuevo por el proyector, pero una imagen no sincronizada es detectada por el sensor. Usualmente, en el modo no sincronizado el sensor se comporta de manera similar a en el modo sincronizado, siendo la diferencia principal el tiempo que el obturador se abre y se cierra. En cualquier caso, para aumentar la robustez a la luz ambiente, el sensor está abierto en intervalos de tiempo que corresponden a cada impulso transmitido. La subtrama no sincronizada puede producir datos de reflectividad de uno o más objetos en el campo de visión.

La etapa 414 proporciona una subtrama de fondo utilizando nada de luz seguida de luz continua. En esta subtrama, inicialmente no es enviada luz por el proyector, de manera que la luz de fondo es detectada por el sensor. Posteriormente, es proporcionada luz continua por el proyector. La subtrama de fondo puede producir datos con respecto a la luz de fondo en el campo de visión. La luz de fondo no se origina desde el dispositivo proyector de vídeo y puede proceder de fuentes artificiales o naturales.

La etapa 416 proporciona una subtrama de color opcional usando luz continua. En esta subtrama, el sensor actúa como una cámara mediante la detección y almacenamiento de datos de color del campo de visión. Los datos de color podrían ser una imagen RGB estándar, por ejemplo. En la subtrama de color, la luz puede ser accionada en un modo continuo mientras que el sensor está activo.

Hay que tener en cuenta que el orden de las subtramas puede variar. En un enfoque, se proporciona la subtrama sincronizada, seguida de la subtrama no sincronizada, seguida por la subtrama de fondo, seguida por la subtrama de color. Sin embargo, no se requiere este orden. Por otra parte, las diferentes subtramas pueden ser proporcionadas con diferentes frecuencias de ocurrencia. Por ejemplo, la subtrama sincronizada puede ser proporcionada cada  $n_1 \geq 1$  tramas, la subtrama no sincronizada puede ser proporcionada cada  $n_2 \geq 1$  tramas, la subtrama de fondo se puede proporcionar cada  $n_3 \geq 1$  tramas, y la subtrama de color se puede proporcionar cada  $n_4 \geq 1$  tramas, si son utilizadas;  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  y  $n_4$  son números enteros positivos. Por ejemplo, se supone que es suficiente proporcionar datos de profundidad para cada dos tramas, por lo que  $n_1 = n_2 = n_3 = 2$  y  $n_4 = 1$ . Cuando una o más subtramas no están previstas en una trama, las porciones restantes de la trama pueden ser extendidas para llenar el periodo de trama. Por ejemplo, para una trama que incluya solo la subtrama de color, la subtrama de color es extendida a los 33 ms completos. O bien, la duración de la trama puede ser acortada. En un enfoque, el resto del tiempo de la trama puede ser utilizado para la proyección continua con el fin de aumentar el contraste del

video proyectado. Para detectar la profundidad no es deseable extender el tiempo de exposición. Para el color, por otro lado, podría ser deseable en escenas con poca luz.

En otro ejemplo, si no necesitamos datos de color, puede estar prevista una segunda detección de fondo en la que una trama incluye una subtrama de fondo, una subtrama sincronizada, una subtrama no sincronizada y una subtrama de fondo, en ese orden.

La Fig. 4C representa otro ejemplo de un proceso que implica subtramas que pueden ser utilizadas en la etapa 400 de la Fig. 4A. En este caso se lleva a cabo solo detección de profundidad sin proyección continua en el campo de visión. La etapa 420 incluye proporcionar una subtrama sincronizada utilizando luz pulsada, que no es seguida por luz continua. La etapa 422 incluye proporcionar una subtrama no sincronizada usando luz pulsada, que de nuevo no es seguida por luz continua. La luz visible pulsada generalmente no será perceptible por el ojo humano, puesto que el período de iluminación es muy corto. También puede ser tomada una imagen de fondo (una imagen sin impulsos) (etapa 424). En este caso, la imagen de fondo y la imagen de color pueden ser la misma imagen ya que no hay diferencia en las condiciones de iluminación. Puede también ser proporcionada una subtrama de color (etapa 426), que es la misma que la subtrama de fondo. Una ventaja de detectar profundidad sin proyección continua es que el consumo de energía se reduce. Se hace referencia a las Figs. 8A y 8B para mas detalles.

La Fig. 5A representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama sincronizada como se establece en la etapa 410 de la Fig. 4B. La etapa 500 comienza con una subtrama sincronizada que utiliza luz pulsada seguida de luz continua desde el proyector. Las etapas 502 y 503 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En un enfoque, la fuente de luz emite continuamente luz visible. En la etapa 502, la fuente de luz del proyector es accionada en un modo pulsado, de manera que es emitida luz visible pulsada en el campo de visión. Las Figs. 9A y 10A proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz pulsada. Véase también el tiempo de 0 a 2 ms en la Fig. 7A. En la etapa 503, el sensor es operado en un modo sincronizado, mientras que son detectados impulsos reflejados (así como luz de fondo). Las Figs. 9B y 10B proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz detectada. Véase también el tiempo de 0 a 2 ms en la Fig. 7B.

Las etapas 504 y 505 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 504, la fuente de luz es accionada en un modo continuo, de modo que es emitida luz visible continua en el campo de visión. Véase el tiempo de 2-8 ms en la Fig. 7A. En la etapa 505, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz. Véase el tiempo de 2-8 ms en la Fig. 7B. Durante este periodo de lectura, no es detectada luz adicional por el sensor. Los valores de intensidad de luz pueden ser almacenados para su uso posterior en la determinación de valores de profundidad. Por ejemplo, los valores de intensidad de luz pueden ser normalizados en base a los valores de intensidad de luz que son obtenidos en la subtrama no sincronizada. Esta normalización se realiza después de restar la subtrama de fondo de ambas subtramas, sincronizada y no sincronizada. Los valores de intensidad de luz normalizados pueden entonces ser utilizados para determinar valores de profundidad.

La Fig. 5B representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama no sincronizada como se establece en la etapa 412 de la Fig. 4B. La etapa 510 comienza con una subtrama no sincronizada que utiliza luz pulsada seguida de luz continua desde el proyector. Las etapas 512 y 513 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 512, la fuente de luz es accionada en un modo pulsado, de manera que es emitida luz visible pulsada en el campo de visión. Las Figs. 9A y 10A proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz pulsada. Véase también el tiempo 8 a 10 ms en la Fig. 7A. En la etapa 513, el sensor es operado en un modo no sincronizado mientras que son detectados impulsos reflejados (así como luz de fondo). Las Figs. 9B y 10B proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz detectada. Véase también el tiempo de 8 a 10 ms en la Fig. 7B.

Las etapas 514 y 515 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 514, la fuente de luz es accionada en un modo continuo, de modo que es emitida luz visible continua en el campo de visión. Véase el tiempo 10-16 ms en la Fig. 7A. En la etapa 515, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz que indican reflectividad. Véase el tiempo 10-16 ms en la Fig. 7B. En la etapa 516, los valores de intensidad de luz que fueron determinados en la etapa 505 de la Fig. 5A son ajustados, por ejemplo normalizados, en base a los valores de intensidad de luz de la etapa 515. En general, varias propiedades afectan a la cantidad de luz que alcanza cada píxel del sensor, incluyendo la distancia que recorre la luz, la reflectividad del objeto, y la dirección normal del objeto que la luz refleja de él. Este ajuste tiene en cuenta la reflectividad y la dirección normal. Durante la subtrama no sincronizada, para cada impulso, se cierra el obturador para el sensor en un tiempo específico, después de devolver toda la luz que es proyectada en el campo de visión y reflejada de vuelta al sensor. Por el contrario, con la imagen sincronizada, no esperamos a que todos los impulsos de luz se reflejen de nuevo al sensor. Si una cantidad relativamente alta de luz se refleja de nuevo debido a la reflectividad y/o las direcciones normales, se tendrá un valor relativamente alto de intensidad de luz no sincronizada. Los valores de intensidad de luz de la etapa 505 pueden ser normalizados para crear valores de profundidad dividiendo por los valores de intensidad de luz correspondientes de la etapa 515.

La Fig. 5C representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama de fondo como se establece en la etapa 414 de la Fig. 4B. La etapa 520 comienza con una subtrama de fondo que utiliza nada de luz seguida de luz continua desde el proyector. Las etapas 522 y 523 pueden ocurrir simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 522, la fuente de luz no es accionada de manera que nada de luz visible sea emitida en el campo de visión. Véase el



tiempo 16-18 ms en la Fig. 7A. En la etapa 523, el sensor es operado en un modo sincronizado mientras que es detectada luz de fondo. La luz de fondo también podría ser detectada en un modo no sincronizado. Un modo sincronizado "simula" la forma en que la luz de fondo es recibida durante las fases de iluminación activa. Véase el tiempo 16-18 ms en la Fig. 7B.

5 Las etapas 525 y 526 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 525, la fuente de luz es accionada en un modo continuo, de modo que es emitida luz visible continua en el campo de visión. Véase el tiempo 18-24 ms en la Fig. 7A. En la etapa 526, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz que indican una cantidad de luz de fondo. Véase el tiempo 18-24 ms en la Fig. 7B. En la etapa 527, los valores de intensidad de luz que fueron determinados en la etapa 505 de la Fig. 5A o en la etapa 516 de la Fig. 5B son ajustados en base a los valores de intensidad de luz de la etapa 526. El ajuste puede implicar restar los valores de intensidad de la luz de fondo. Hay que tener en cuenta que el ajuste de la reflectividad debería hacerse después del ajuste de la luz de fondo. La normalización de la imagen sincronizada por la imagen no sincronizada es utilizada para proporcionar datos de profundidad. La normalización usando la imagen de fondo puede ser omitida, por ejemplo cuando se opera el proyector en la oscuridad. En la etapa 528, los valores de profundidad son determinados en base a los valores de intensidad de luz ajustada.

La Fig. 5D representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama de color como se establece en la etapa 416 de la Fig. 4B. La etapa 530 comienza una trama de color que utiliza luz continua desde el proyector. Las etapas 532 y 533 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 532, la fuente de luz del proyector es accionada en un modo continuo, de modo que es emitida luz visible continua en el campo de visión. Véase el tiempo 24-26 ms en la Fig. 7A. En la etapa 533, el sensor es operado en un modo de detección de color, que es un modo de detección de cámara digital estándar, mientras que es detectada la luz reflejada (así como la luz de fondo). Véase el tiempo 24-26 ms en la Fig. 7B. En la etapa 534, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz que indican datos de color.

La Fig. 6A representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama sincronizada como se establece en la etapa 420 de la Fig. 4C. La etapa 600 comienza una subtrama sincronizada que utiliza luz pulsada. Las etapas 602 y 603 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 602, la fuente de luz del proyector es accionada en un modo pulsado, de manera que es emitida luz visible pulsada en el campo de visión. Las Figs. 9A y 10A proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz pulsada. Véase también el tiempo 0-2 ms en la Fig. 8A. En la etapa 603, el sensor es operado en un modo sincronizado mientras que son detectados impulsos reflejados (así como luz de fondo). Las Figs. 9B y 10B proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz detectada. Véase también el tiempo 0-2 ms en la Fig. 8B.

Las etapas 605 y 606 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 605, la fuente de luz no es accionada, por lo que no es emitida luz visible. Véase el tiempo 2-8 ms en la Fig. 8A. En la etapa 606, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz. Véase el tiempo 2-8 ms en la Fig. 8B. Los valores de intensidad de luz pueden ser almacenados para su posterior uso en la determinación de valores de profundidad. Por ejemplo, los valores de intensidad de la luz pueden ser ajustados en base a los valores de intensidad de luz que son obtenidos en la subtrama no sincronizada y, opcionalmente, la subtrama de fondo. Los valores de intensidad de luz ajustados pueden ser usados a continuación para determinar los valores de profundidad.

La Fig. 6B representa un ejemplo de un proceso para proporcionar una subtrama no sincronizada como se establece en la etapa 422 de la Fig. 4C. La etapa 610 comienza una subtrama no sincronizada que utiliza luz pulsada. Las etapas 612 y 613 pueden producirse simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 612, la fuente de luz es accionada en un modo pulsado, de manera que se emite luz visible pulsada en el campo de visión. Las Figs. 9A y 10A proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz pulsada. Véase también el tiempo 8-10 ms en la Fig. 8A. En la etapa 613, el sensor es operado en un modo no sincronizado mientras que son detectados impulsos reflejados (así como la luz de fondo). Las Figs. 9B y 10B proporcionan ejemplos de formas de onda para la luz detectada. Véase también el tiempo 8-10 ms en la Fig. 8B.

Las etapas 615 y 616 pueden ocurrir simultáneamente, al menos en parte. En la etapa 615, la fuente de luz no está accionada. Como resultado, no es emitida luz visible. Véase el tiempo 10-16 ms en la Fig. 8A. En la etapa 616, el sensor es leído para obtener valores de intensidad de luz que indiquen reflectividad. Véase el tiempo 10-16 ms en la Fig. 8B. En la etapa 617, los valores de intensidad de luz que fueron determinados en la etapa 606 de la Fig. 6A son ajustados en base a los valores de intensidad de luz de la etapa 616. En la etapa 618, los valores de profundidad son determinados en base a los valores de intensidad de luz ajustados.

El ejemplo de implementación de las Figs. 7A y 7B, tratado a continuación, es para un modo QQVGA que incluye un periodo de trama de 33 ms que está dividido en cuatro secciones o subtramas. Este es un ejemplo de una trama que incluye detección de la profundidad, detección del color y proyección. Son posibles muchas otras implementaciones. Por otra parte, como se ha mencionado, pueden ser usadas subtramas diferentes en tramas diferentes. Por ejemplo, algunas subtramas pueden ser usadas menos frecuentemente que en todas las tramas, mientras que otras subtramas son utilizadas en todas las tramas.

La Fig. 7A representa una salida de un proyector que corresponde al proceso de la Fig. 4B. En un periodo de trama de ejemplo de 33 ms están previstas cuatro subtramas. Una subtrama temporizada se extiende desde 0-8 ms. De 0 a 2 ms el proyector emite una luz visible pulsada. De 2-8 ms el proyector emite una luz visible continua que tiene una amplitud  $I_2$ . Una subtrama no sincronizada se extiende de 8-16 ms. De 8 a 10 ms el proyector emite luz visible pulsada. De 10-16 ms el proyector emite una luz visible continua. Una subtrama de fondo se extiende de 16-24 ms. De 16 a 18 ms el proyector no emite luz visible. De 18-24 ms el proyector emite una luz visible continua. Una subtrama de color se extiende de 24-33 ms. De 24-26 ms el proyector emite una luz visible continua. De 26-33 ms el proyector continua emitiendo una luz visible continua.

La línea 700 representa una intensidad de luz  $I_1$  de una trama en la que el proyector proporciona una salida continua y no se produce detección, en una trama de no detección de profundidad. En un enfoque, es utilizada una intensidad o potencia de salida inferior, de tal manera que  $I_1 < I_2$ . Proporcionar una mayor salida de luz durante una trama de detección de profundidad, en comparación con una trama de no detección de profundidad, puede ser útil para mejorar el contraste de color de la imagen proyectada, mediante la compensación de los periodos en los que es usada luz pulsante o ninguna salida de luz. Otra opción, que puede ser utilizada adicional o alternativamente, es proporcionar un periodo de trama más largo (representado por el periodo de trama FP en la Fig. 7C ) para la trama de no detección de profundidad en comparación con la trama de detección de profundidad. Por ejemplo  $FP > 33$  ms, donde 33 ms es el periodo de trama de la trama de detección de profundidad. Cualquiera de los enfoques aumenta la cantidad de luz que es emitida por el proyector por unidad de tiempo. Al ajustar selectivamente la intensidad de la luz y/o el periodo de trama, el consumo de energía y la calidad de la imagen proyectada son optimizadas. Véanse las Figs. 7D y 7E para mas detalles.

La Fig. 7B representa una entrada a un sensor basada en la salida de proyector de la Fig. 7A. Cada subtrama incluye una integración o periodo de detección activa, en el que es generada carga por cada píxel en el sensor en proporción a la cantidad de luz detectada, seguido de un periodo de lectura o sobrecarga, en el que se lee la cantidad de carga acumulada de todos los píxeles. Durante la lectura, puede ser leída una porción de un píxel al que se hace referencia como un acumulador y el acumulador puesto a cero para la detección posterior. En la subtrama sincronizada, de 0-2 ms, el sensor integra o acumula carga mientras que el proyector es pulsado, y de 2-8 ms es leída la carga acumulada. En la subtrama no sincronizada, de 8-10 ms el sensor integra carga, mientras que el proyector es pulsado, y de 10-16 ms es leída la carga acumulada. En la subtrama de fondo, de 16-18 de ms el sensor integra carga mientras el proyector no emite ninguna luz y de 18-24 ms es leída la carga acumulada. En la subtrama de color, de 24-26 ms, el sensor integra carga mientras que la salida del proyector es continua, y de 26-33 ms es leída la carga acumulada.

FIG. 7D representa un ejemplo de secuencia de trama que proporciona alternativamente una trama de no detección de profundidad utilizando una menor intensidad de luz  $I_1$ , tal como en las etapas 720 y 724, y una trama de detección de profundidad usando una mayor intensidad de luz  $I_2$ , tal como en las etapas 722 y 726. Aquí, al menos un circuito de control proporciona, en diferentes momentos: (a) una trama de detección de profundidad (etapas 722 y 726) en la que el al menos un circuito de control deriva datos de profundidad con respecto al por lo menos un objeto en el campo de visión en base a los valores de intensidad de luz que son leídos desde el sensor utilizando un principio de tiempo de vuelo, y (b) una trama de no detección de profundidad (etapas 720 y 724), en la que el por lo menos un circuito de control no deriva datos de profundidad con respecto al por lo menos un objeto en el campo de visión. Por otra parte, el por lo menos un circuito de control hace que la fuente de luz emita luz visible a una potencia de iluminación superior durante la trama de detección de profundidad que durante la trama de no detección de profundidad.

Otra opción implica diferentes modos de detección de profundidad. En general, al menos un circuito de control puede ser controlado para funcionar selectivamente en un primer modo, en el que el al menos un circuito de control utiliza un número limitado de una o más tramas para obtener datos de profundidad con respecto al por lo menos un objeto en el campo de visión, y en un segundo modo, en el que el al menos un circuito de control obtiene continuamente datos de profundidad con respecto al por lo menos un objeto en el campo de visión. Por ejemplo, el número limitado de una o más tramas para obtener datos de profundidad en el primer modo puede ser una sola trama, o un pequeño número de tramas en un periodo de hasta, por ejemplo, un segundo. Esto se puede utilizar para proporcionar un modo de detección de profundidad de instantánea en el que se obtienen datos de profundidad para un objeto en el campo de visión, tal como un objeto estático, en base a un comando de usuario. Por ejemplo, los datos de profundidad pueden ser obtenidos para un objeto de interés. En el segundo modo, los datos de profundidad son obtenidos continuamente para un objeto de interés, tal como un objeto en movimiento. Como se ha mencionado, no tiene que ser usado el modo de proyector cuando se obtienen datos de profundidad.

La Fig. 7E representa un ejemplo de secuencia de trama que proporciona alternativamente una trama de no detección de profundidad usando un periodo de trama/duración más corto, tal como en las etapas 730 y 734, y una trama de detección de profundidad utilizando un periodo de trama más largo, como en las etapas 732 y 736.

El ejemplo de implementación de las Figs. 8A y 8B, descrito a continuación, es para un modo QQVGA que incluye un periodo de trama de 33 ms que se divide en dos subtramas, en las que solo se realiza detección. Este es un ejemplo de una trama de detección de profundidad y una trama de no proyección.

La Fig. 8A representa una salida de un proyector que corresponde al proceso de la Fig. 4C. Una subtrama sincronizada se extiende de 0-8 ms. De 0 a 2 ms el proyector emite una luz visible pulsada. De 2-8 ms el proyector no emite luz visible. Una subtrama no sincronizada se extiende de 8-16 ms. De 8 a 10 ms el proyector emite una luz visible pulsada. De 10-16 ms el proyector no emite luz visible. De modo similar, en un resto de la trama de 16 a 33 ms, el proyector no emite luz visible. En este modo, la imagen de fondo es obtenida de la imagen de color, de 16-33 ms, puesto que son esencialmente idénticas.

La Fig. 8B representa una entrada a un sensor en base a la salida de proyector de la Fig. 8A. En la subtrama sincronizada, de 0-2 ms el sensor integra carga mientras que el proyector es pulsado, y de 2-8 ms es leída la carga acumulada. En la trama no sincronizada, de 8-10 ms el sensor integra carga mientras que el proyector es pulsado, y de 10-16 ms es leída la carga acumulada. En un resto de la trama, de 16-33 ms, pueden ser detectadas una subtrama de fondo y una subtrama de color, que son esencialmente la misma. Como se ha mencionado, este modo permite que el dispositivo proyector de vídeo opere en un modo de solo detección, en el que no se produce proyección, de manera que se reduce el consumo de energía. No es emitida luz visible en un momento que no sea durante la subtrama sincronizada y la subtrama no sincronizada. Por ejemplo, la fuente de luz puede ser apagada para reducir el consumo de energía.

La Fig. 9A representa la luz pulsada que es emitida desde un proyector usando formas de onda cuadradas. Los principios de tiempo de vuelo permiten que sea determinada la profundidad de un punto en un objeto en un campo de visión en base al tiempo transcurrido para que la luz viaje desde el proyector hasta el punto y sea reflejada de nuevo al sensor. Por otra parte, es utilizada una cantidad de luz registrada por un píxel en la superficie fotosensible del sensor durante el período sincronizado para determinar la distancia a un elemento de superficie de la escena captada en el píxel. Un ejemplo de frecuencia de impulsos es 44 Mhz. A lo largo del eje x, que representa el tiempo,  $\Delta t1$  representa una duración de impulso de impulsos de ejemplo 900 y 920, y  $\Delta t2$  representa un periodo entre el inicio de cada pulso. A lo largo del eje y, que representa la intensidad de luz proyectada, cada pulso es elevado y tiene esencialmente una forma de onda cuadrada en esta implementación. En un enfoque, cada impulso aumenta desde un nivel de intensidad esencialmente cero a un nivel máximo. En otro enfoque, cada impulso aumenta desde un nivel de intensidad distinto de cero a un nivel máximo. En otro enfoque, la intensidad proyectada sigue una modulación de onda continua, tal como una onda sinusoidal, en lugar de proporcionar impulsos de luz separados. En este caso, es medida la diferencia de fase entre las señales enviadas y recibidas, en lugar de medir directamente el tiempo total del viaje de un impulso de luz particular. Como la frecuencia de modulación es conocida, esta fase medida se corresponde directamente con el tiempo de vuelo. Una fuente de luz pulsada puede obtenerse accionando la fuente de luz de forma correspondiente.

La Fig. 9B representa la luz pulsada, que es la entrada a un sensor en base a la salida de proyector de la Fig. 9A. El eje x de Fig. 9B está alineado en el tiempo con el eje x de la Fig. 9A. Cuando el sensor está en un modo sincronizado, es definido un período sincronizado  $\Delta t3$  en el que se puede producir detección. La luz detectada está representada por los impulsos 910 y 930. Típicamente,  $\Delta t3 > \Delta t1$ , de modo que son proporcionados márgenes de tiempo  $\Delta t4f$  y  $\Delta t4b$  en la parte delantera y trasera, respectivamente, de cada período sincronizado. Se ilustra el tiempo de vuelo (TOF) representado por los impulsos 900 y 910. Los impulsos detectados 910 y 930 corresponden a los impulsos proyectados 900 y 920, respectivamente. Está representado que durante toda la detección existe una luz detectada ambiente o a nivel del suelo.

La Fig. 10A representa la luz pulsada que se emite desde un proyector usando formas de onda triangulares. Una forma de onda triangular puede ser considerada como un impulso que tiene al menos uno de: (a) un flanco ascendente que pasa a alto a una velocidad que está por debajo de una velocidad de subida del modulador, y (b) un flanco descendente que pasa a bajo a una velocidad que está por debajo de una velocidad de bajada del modulador. Es decir, el flanco ascendente es controlado para pasar a alto a una velocidad que es más lenta que una velocidad máxima posible, que es una subida inmediata, y/o el flanco descendente es controlado para pasar a bajo a una velocidad que es más lenta que una velocidad máxima posible, que es un descenso inmediato. Como forma de onda puede tener flancos ascendentes y flancos descendentes simétricos o no simétricos. En una opción, la forma de onda alcanza una amplitud máxima y permanece en ese nivel durante algún tiempo, de modo que la forma de onda tiene una forma trapezoidal, tal como en los ejemplos de formas de onda 1000 y 1010. La forma de onda 1000 incluye un flanco ascendente 1002, una amplitud máxima 1004 y un flanco descendente 1006. En otra opción, la forma de onda es un triángulo que tiene un pico afilado.

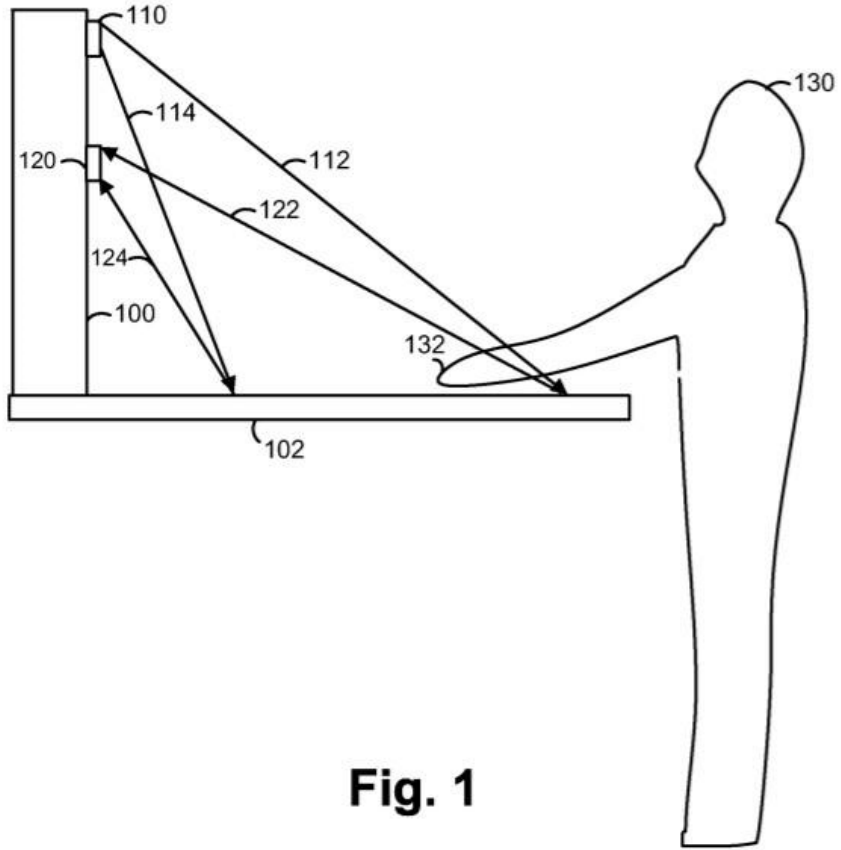
La Fig. 10B representa la luz pulsada, que es la entrada a un sensor en base a la salida proyectada de la Fig. 10A. Las formas de onda detectadas 1020 y 1030 corresponden a las formas de onda proyectadas de los impulsos 1000 y 1010, respectivamente.

La descripción detallada anterior de la tecnología en el presente documento ha sido presentada con propósitos de ilustración y descripción. No se pretende que sea exhaustiva o limitar la tecnología a la forma precisa descrita. Muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de las enseñanzas anteriores. Las realizaciones descritas fueron elegidas para explicar mejor los principios de la tecnología y su aplicación práctica para permitir de ese modo que otros expertos en la técnica utilicen de la mejor forma posible la tecnología en varias realizaciones y con varias

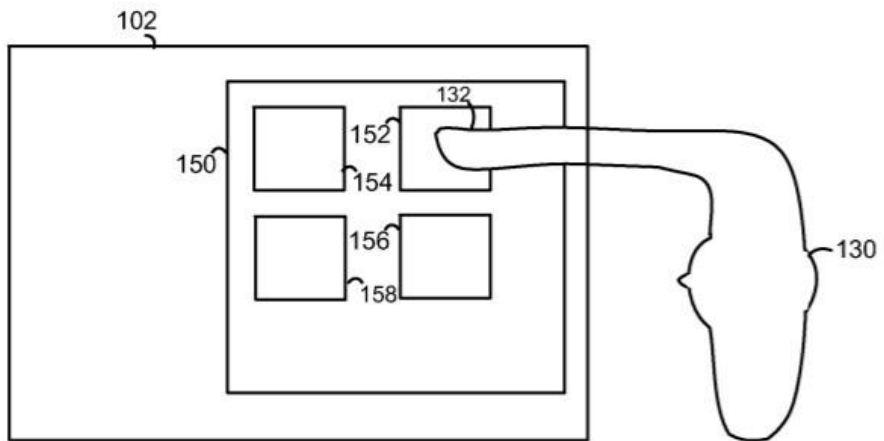
modificaciones que sean adecuadas al uso particular contemplado. Se pretende que el alcance de la tecnología sea definido por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

## REIVINDICACIONES

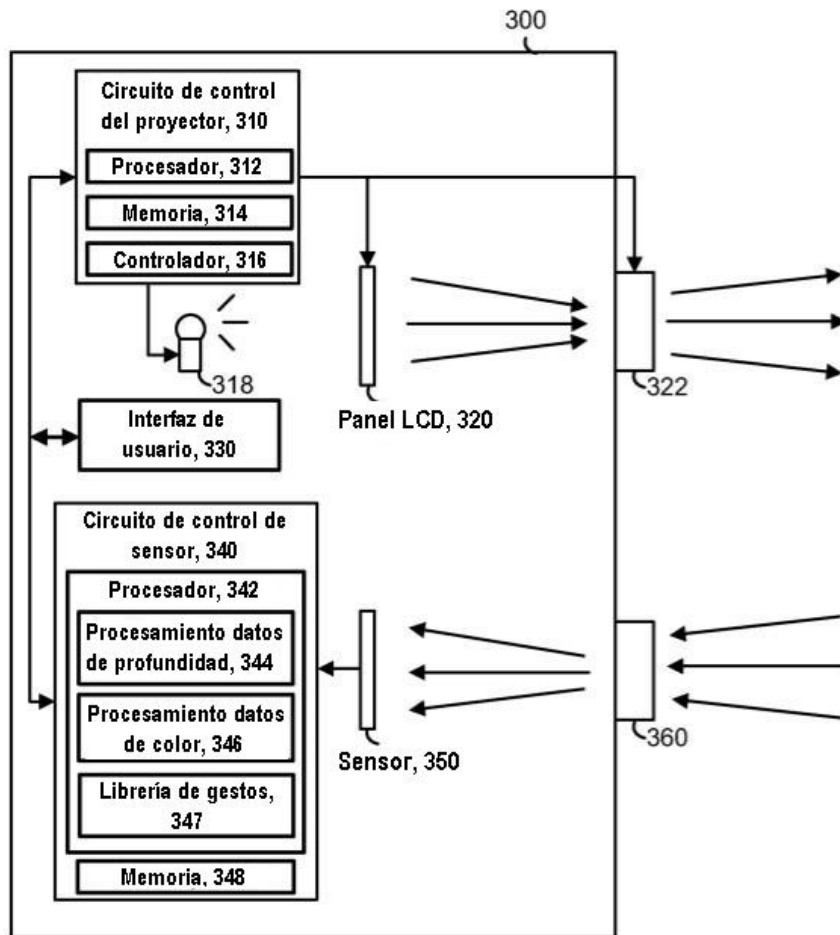
1. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300), que comprende: una fuente de luz (318) que emite luz visible; un controlador (316) que acciona la fuente de luz (318); al menos un componente óptico (322) que proyecta la luz visible en un campo de visión; un sensor (350) que detecta la luz visible, incluyendo la luz visible que es reflejada desde al menos un objeto en el campo de visión, comprendiendo el sensor (350) una pluralidad de píxeles; y al menos un circuito de control (310, 340) que proporciona una subtrama sincronizada, en la que la fuente de luz (318) es accionada en un modo pulsado mientras que el sensor (350) es operado en un modo sincronizado, después de lo cual la fuente de luz (318) es accionada en un modo continuo mientras que es leído el sensor (350) para obtener valores de intensidad de luz, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) deriva datos de profundidad con respecto al por lo menos un objeto en el campo de visión en base a los valores de intensidad de luz utilizando un principio de tiempo de vuelo, y la fuente de luz (318) y el componente óptico (322) son usados para la proyección de vídeo y para la medición de tiempo de vuelo, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona una subtrama no sincronizada, en la que la fuente de luz (318) es accionada en el modo pulsado mientras que el sensor (350) es operado en un modo no sincronizado, después de lo cual la fuente de luz (318) es accionada en el modo continuo mientras que es leído el sensor (350) para obtener valores de intensidad de luz, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) ajusta los valores de intensidad de luz obtenidos durante la subtrama sincronizada en base a los valores de intensidad de luz obtenidos durante la subtrama no sincronizada, para compensar la reflectividad del al menos un objeto en el campo de visión.
2. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según la reivindicación 1, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona al menos una subtrama de fondo en la que no es emitida luz visible mientras que el sensor (350) es operado en un modo sincronizado, después de lo cual la fuente de luz (318) es accionada en el modo continuo mientras que es leído el sensor (350) para obtener valores de intensidad de luz, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) ajusta los valores de intensidad de luz obtenidos durante la subtrama sincronizada en base a los valores de intensidad de luz obtenidos durante la subtrama de fondo, para compensar la luz de fondo en el campo de visión.
3. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según la reivindicación 1, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona dos de las subtramas de fondo en una trama.
4. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que: el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona una subtrama de color en la que la fuente de luz (318) es accionada en el modo continuo mientras que el sensor (350) es operado en un modo de detección de color estándar, después de lo cual la fuente de luz (318) es accionada en el modo continuo mientras que es leído el sensor (350) para obtener valores de intensidad de luz que incluyen datos de color del campo de visión.
5. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona una subtrama en la que la fuente de luz (318) es accionada en el modo continuo mientras que el sensor (350) está activo.
6. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) acciona la fuente de luz (318) utilizando impulsos con forma triangular durante la subtrama sincronizada.
7. Dispositivo proyector de vídeo (300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) acciona la fuente de luz (318) utilizando impulsos que tienen cada uno al menos uno de: (a) un flanco ascendente, que pasa a alto a una velocidad que está por debajo de una velocidad de subida de la fuente de luz (318) y (b) un flanco descendente que pasa a bajo a una velocidad que está por debajo de una velocidad de descenso de la fuente de luz (318).
8. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de luz (318), al menos un componente óptico (322), el al menos un circuito de control (310, 340) y el sensor (350) están previstos en una carcasa común.
9. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un panel LCD (320) transmisor de luz que codifica información de vídeo sobre la luz visible, comprendiendo el al menos un panel LCD (320) transmisor de luz una pluralidad de píxeles.
10. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) enfoca el al menos un componente óptico (322) en base a los datos de profundidad.
11. Dispositivo proyector de vídeo (100, 300) según la reivindicación 10, en el que el al menos un circuito de control (310, 340) proporciona una subtrama no sincronizada en la que la fuente de luz (318) es accionada en el modo pulsado mientras que el sensor (350) es operado en un modo no sincronizado, y no es emitida luz no visible en una trama en otro momento que no sea durante la subtrama sincronizada y la subtrama no sincronizada.



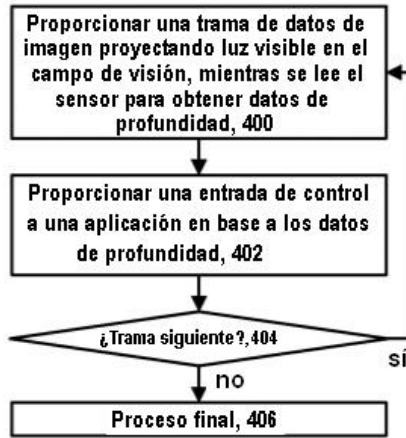
**Fig. 1**



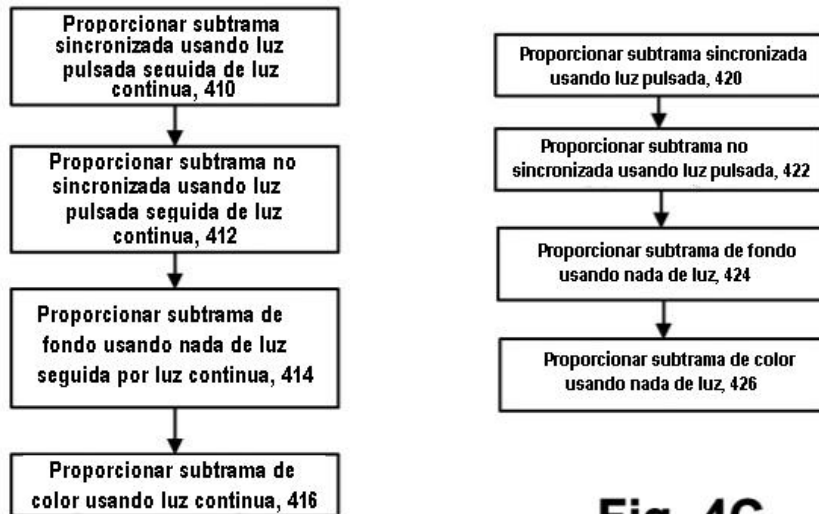
**Fig. 2**



**Fig. 3**



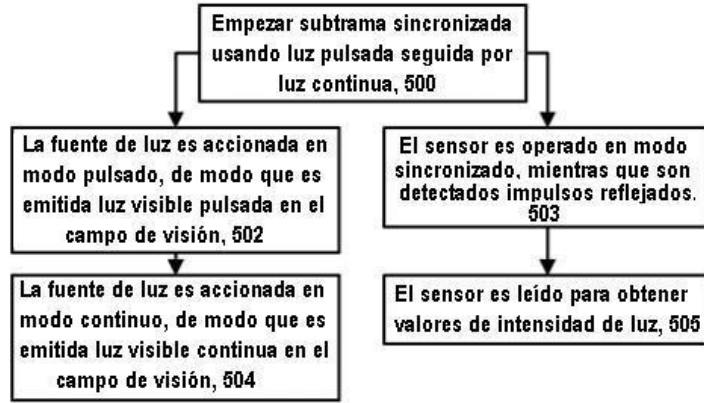
**Fig. 4A**



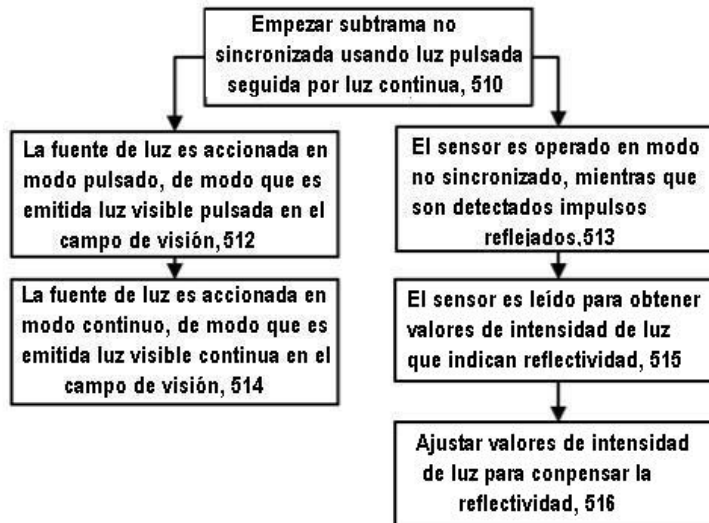
**Fig. 4C**

**Fig. 4B**





**Fig. 5A**



**Fig. 5B**

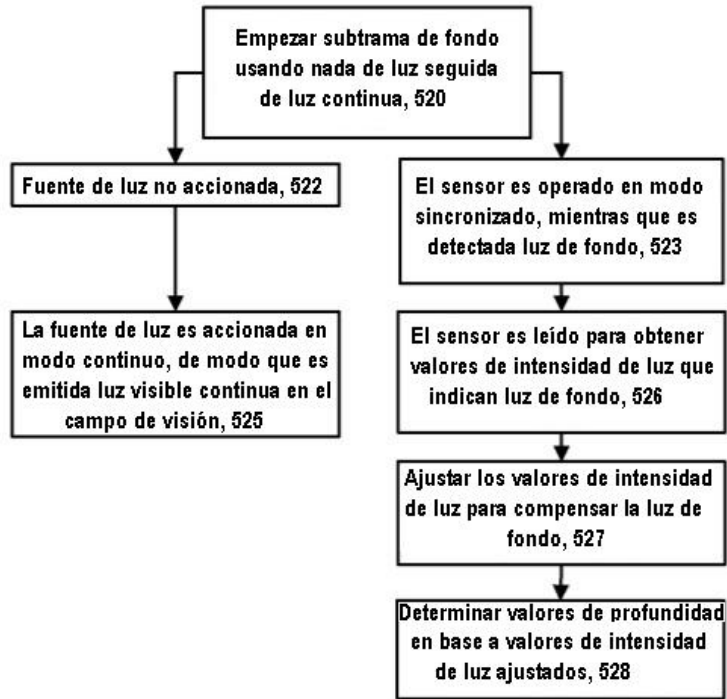


Fig. 5C

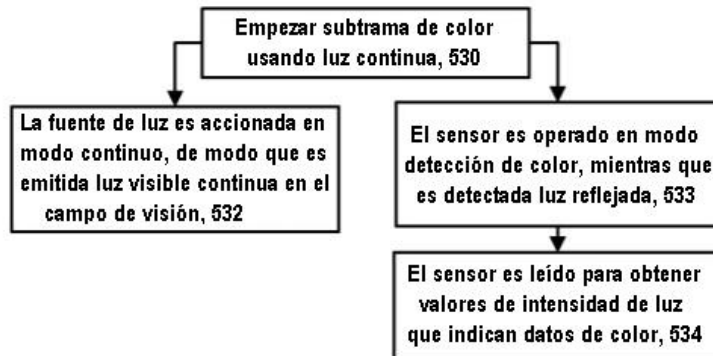
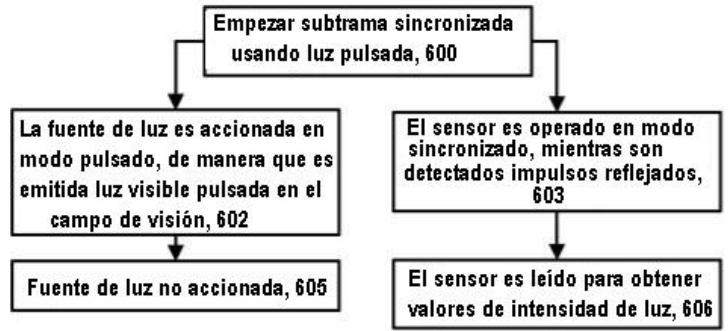
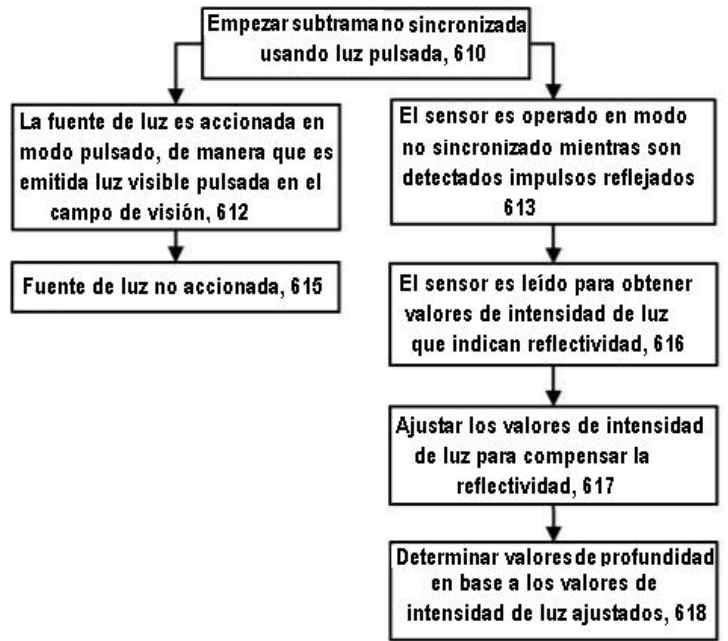


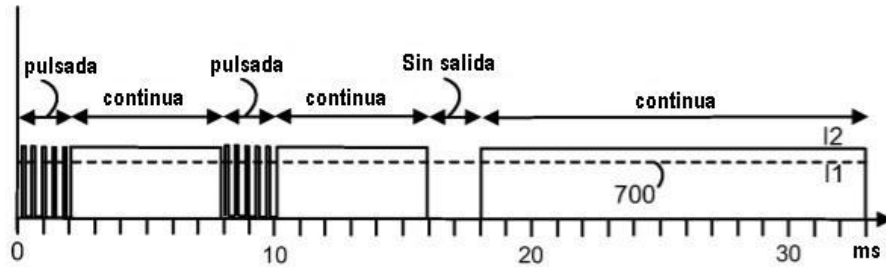
Fig. 5D



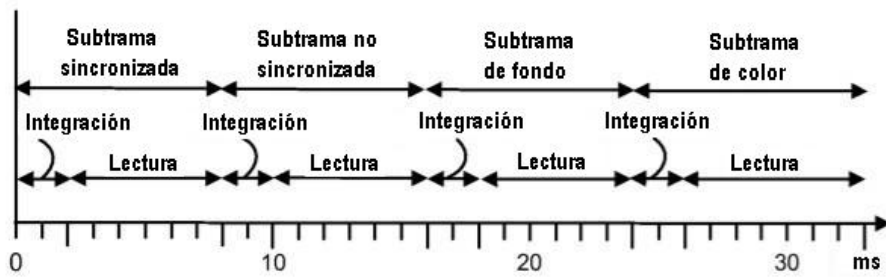
**Fig. 6A**



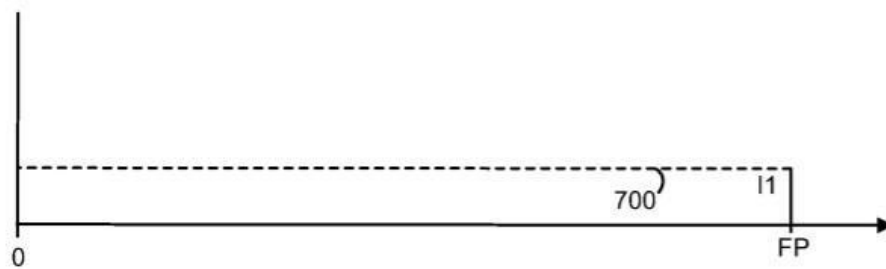
**Fig. 6B**



**Fig. 7A**



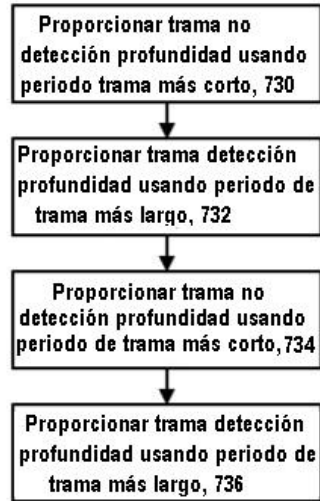
**Fig. 7B**



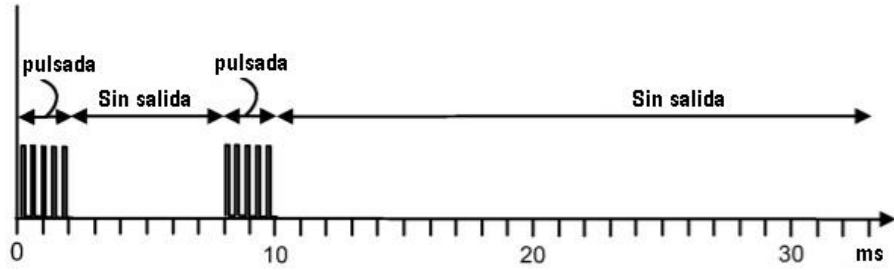
**Fig. 7C**



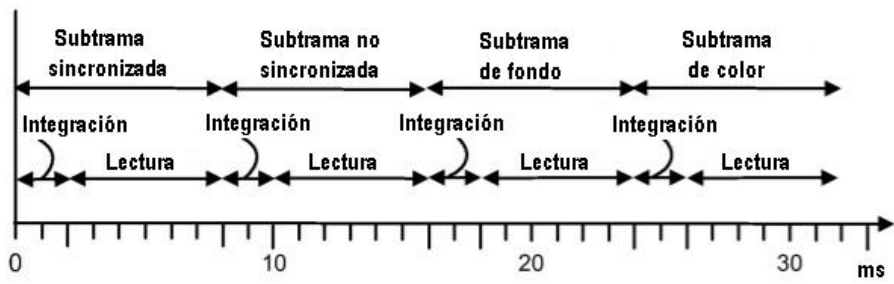
**Fig. 7D**



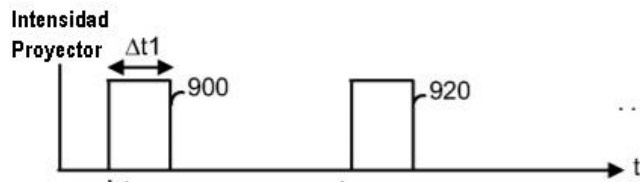
**Fig. 7E**



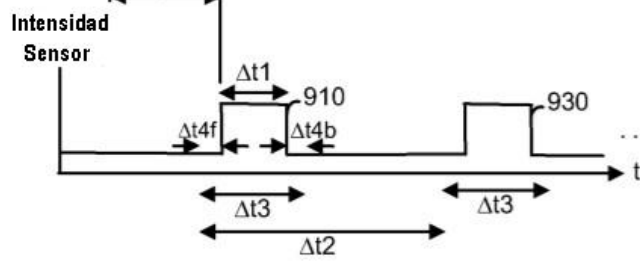
**Fig. 8A**



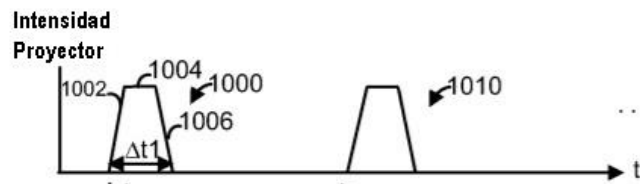
**Fig. 8B**



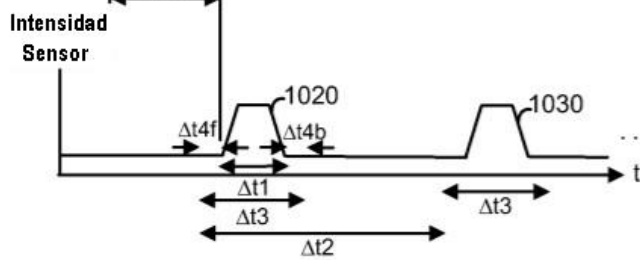
**Fig. 9A**



**Fig. 9B**



**Fig. 10A**



**Fig. 10B**