(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 922 556**

(21) Número de solicitud: 202130188

(51) Int. CI.:

G01B 11/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

04.03.2021

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

16.09.2022

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE SEVILLA (90.0%)
Pase de las Delicias S/N Pabellón de Brasil
41013 Sevilla (Sevilla) ES y
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (10.0%)

(72) Inventor/es:

GÓMEZ MERCHÁN, Rubén;
LEÑERO BARDALLO, Juan Antonio y
RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, Ángel

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

(54) Título: **SENSOR SOLAR ASÍNCRONO DE BAJO CONSUMO**

(57) Resumen:

Sensor solar asincrono de bajo consumo.

Sensor solar asíncrono, capaz de calcular la posición relativa del sol respecto a su centroide, que comprende una matriz (23) de píxeles de muy bajo consumo, con N filas y M columnas, con un fotodiodo (17) trabajando en región fotovoltaica en cada pixel, en el que los píxeles están conectados en una línea común por filas (21) y una línea común por columnas (22); un módulo de óptica (7) pin-hole, vinculado a la matriz (23), y que comprende un orificio (D) por el que pasa una luz (9), generándose una región iluminada (8) sobre la matriz (23); y un módulo de procesado, conectado a la línea común por filas (21) y a la línea común por columnas (22) de la matriz (23) de píxeles, configurado para determinar directamente el centroide de la región iluminada (8).

ES 2 922 556 A1

DESCRIPCIÓN

SENSOR SOLAR ASÍNCRONO DE BAJO CONSUMO

OBJETO DE LA INVENCIÓN

El sensor solar asíncrono de bajo consumo de la invención se encuadra dentro de la disciplina de las tecnologías físicas. Particularmente, dentro del área del diseño microelectrónico de sensores ópticos en tecnología CMOS estándar. Concretamente, se propone una nueva arquitectura de sensor solar asíncrono de muy bajo consumo y alta velocidad para su uso preferente en sistemas de navegación espacial. La arquitectura propuesta se adapta a los requerimientos de operación de satélites de tamaño y dimensiones reducidas que hacen uso de sensores solares para navegar por el espacio, además de simplificar el hardware adicional, requerido en este tipo de aplicaciones.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Los sensores solares son dispositivos que sirven para medir la posición relativa del sol con respecto a su centroide. Son ampliamente utilizados en aplicaciones de recolección de energía solar y de navegación espacial. En el primero de los escenarios, su función es posicionar heliostatos o paneles solares en función de la posición del sol. En aplicaciones de navegación espacial su propósito es detectar la posición del sol para poder obtener una referencia con la que poder navegar a través del espacio.

El abaratamiento de los costes de construcción y puesta en órbita de satélites de dimensiones reducidas (micro y nano-satélites) ha disparado la demanda de sensores solares para navegación espacial. Los satélites tienen forma cúbica y suelen incorporar varios sensores solares en sus caras para detectar la posición del sol aun cuando algunas de ellas no reciben luz solar.

Las especificaciones de los sensores solares para navegación espacial son muy exigentes. Se requiere: baja latencia para navegar a alta velocidad; bajo consumo de energía, ya que la vida útil de un satélite está condicionada por el consumo de energía; y flujo de datos de salida reducido para simplificar la comunicación y la operación con otros sensores o actuadores del satélite.

A continuación, se describe el estado de la técnica relativo a la implementación de sensores solares para navegación espacial:

La tecnología dominante en el mercado hace uso de sensores solares digitales. En la Figura 1 se muestra el alzado (1) y la planta (2) de un posible esquema de un sensor solar. Éstos comprenden un sensor de imagen síncrono (3) con una matriz (23) de píxeles de tipo APS (*Active Pixel Sensor, sensor de píxel activo*), una óptica del sensor (4), normalmente de tipo pin-hole, y una cubierta opaca (5), que permiten detectar la posición del sol en un determinado ángulo de visión (6) del sensor.

Tal como se muestra en la Figura 2, dependiendo de la posición del sol (9), una pequeña región (8) de los píxeles de la matriz (23) de píxeles se iluminan, gracias a una óptica (7) de tipo estenopeica o pin-hole. A continuación, se leen de forma secuencial y síncrona los valores de iluminación de todos los píxeles de la matriz (23). Seguidamente, mediante un algoritmo, se determina el centroide de la región iluminada (8), es decir, de la fracción de la matriz (23) de píxeles iluminada. Finalmente, mediante cálculos trigonométricos sencillos, se determina la posición relativa del sol (9).

El procedimiento descrito tiene una serie de limitaciones inherentes. En primer lugar, escanear todos los píxeles de la matriz (23) conlleva tiempos de lectura altos. La mayoría de los píxeles no están iluminados y, consecuentemente, no aportan información útil. Además, los píxeles oscuros de la región iluminada (8) de píxeles iluminados deben ser procesados para determinar el centroide de la región iluminada (8). Todo ello conlleva un tiempo de respuesta limitado y un consumo de ancho de banda y energía innecesarios asociados a los píxeles no iluminados (oscuros).

Para paliar estas limitaciones, se han propuesto recientemente sensores solares asíncronos con píxeles autónomos. En la Figura 3, se muestra un ejemplo de una arquitectura de píxel de un sensor solar asíncrono ya conocida. En estas arquitecturas, hay un fotodiodo (11) operando en región inversa, conectado a un comparador de tensión (12). Los píxeles generan pulsos de tensión (13) con una frecuencia proporcional a la iluminación a la que están expuestos.

Su información es transmitida fuera de la matriz (23) de píxeles con una lógica de arbitración formada por varios elementos: transistor de reseteo (10), peticiones por filas (14) de acceso a un bus de salida compartido, señal de asentimiento (15) de las peticiones de acceso a las filas, peticiones por columnas (16) de acceso al bus de salida compartido.

Estas arquitecturas asíncronas tienen dos ventajas:

- La primera es que se suprimen todos los tiempos de lectura y procesamiento de los píxeles no iluminados (que son una amplia mayoría).
- La segunda es que, al ser los píxeles asíncronos y autónomos, no es necesario iniciar un periodo de escaneo para leer sus salidas, que directamente son proporcionadas de forma continua por los píxeles.

Combinando estas dos posibilidades, se consiguen tiempos de respuesta y consumos de energía y ancho de banda mucho más bajos que con los sensores solares digitales.

En los sensores solares conocidos hasta la fecha con arquitecturas asíncronas, se observan dos limitaciones o campos de mejora:

- Sus fotodiodos (11) funcionan en región inversa de operación con una corriente inversa que circula desde el cátodo hacia el ánodo. En esta región de operación, los fotodiodos (11) consumen energía de forma proporcional a los valores de iluminación a los que están expuestos.
- Otra limitación asociada a los sensores solares asíncronos existentes es el hecho de que el cómputo del centroide de la región iluminada (8), cuando se tienen en consideración todos los píxeles iluminados, se realiza por un microprocesador, FPGA o circuitería de procesamiento externa al sensor de imagen. Ello implica una mayor complejidad y consumo de recursos (energía, área y tiempo de cómputo) asociado al sensor.

Hasta la fecha, no se han divulgado sensores solares asíncronos que solventen las dos limitaciones anteriormente mencionadas.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención es un sensor solar asíncrono que permite medir la posición relativa de su centroide respecto al sol. El sensor comprende una matriz de píxeles recubierta por un módulo de óptica de tipo de cámara estenopeica pin-hole, de manera que cuando el sol ilumina al sensor, unos rayos de luz atraviesan el módulo de óptica, iluminando solo una región de píxeles de la matriz, cuyo centroide permite calcular la posición del sol. Además, el sensor comprende un módulo de procesado, conectado a la matriz de píxeles, que recoge una serie de señales generadas en los fotodiodos y las procesa.

Cada uno de los píxeles de la matriz comprende un fotodiodo, y es muy importante destacar que los fotodiodos se encuentran trabajando en región fotovoltaica, como celda solar.

Como es sabido del estado de la técnica, los fotodiodos pueden trabajar en modo foto-conductivo, en el que se polariza el fotodiodo inversamente, es decir, se aplica una tensión para llevar al diodo a la zona de trabajo en la que no conduce corriente. Realmente, si que existe una conducción de corriente muy pequeña denominada corriente de saturación. En presencia de luz, la corriente de saturación comienza a aumentar, dando lugar a una llamada fotocorriente.

Por el contrario, en el modo fotovoltaico, el fotodiodo trabaja como una célula fotovoltaica, es decir, el fotodiodo iluminado genera un voltaje que se puede medir.

Por tanto, puesto que los fotodiodos de la matriz de píxeles trabajan en modo fotovoltaico, la tensión que aparece entre los terminales del fotodiodo es directamente proporcional al nivel de iluminación y fácilmente distinguible entre condiciones de baja y alta iluminación.

Comparando la tensión que aparece en el fotodiodo con un umbral electrónicamente configurable, el píxel puede tomar dos valores: iluminado o no iluminado, de manera que los píxeles iluminados activarán una señal por columnas y otra por filas para indicar al módulo de procesado que el píxel de dicha dirección está iluminado.

Cuando una región de la matriz de píxeles, idealmente circular, se encuentre iluminada, el módulo de procesado tendrá como entrada una serie de filas/columnas contiguas activadas, siendo su objetivo calcular la fila y columna central, único dato que se comunica al exterior.

Esto supone una disminución considerable de los datos comunicados al exterior (ya que no se comunican las direcciones que no son de interés, ni su nivel de iluminación), aumentando en gran medida la velocidad de adquisición y reduciendo el uso de hardware.

El sensor solar asíncrono permite resolver por tanto los problemas planteados en el estado de la técnica gracias a:

- píxeles asíncronos que hacen uso de fotodiodos operando en región fotovoltaica. De esta forma, en lugar de consumir potencia, la generan, contribuyendo a reducir el consumo global del sensor solar, y
- añadir un módulo de procesado sencilla, incorporado a los píxeles y la periferia del sensor solar, que permite que éste proporcione directamente las coordenadas del píxel

más iluminado de la matriz, que debe ser el más próximo al centroide que se pretende hallar.

Por lo tanto, se propone una arquitectura de sensor solar asíncrono que ofrece dos ventajas frente a todos los sensores solares asíncronos conocidos: se reduce el consumo de energía operando con los diodos en región fotovoltaica y se dota al sensor de circuitería de procesamiento sencilla para hacer el cálculo del centroide de la región iluminada dentro del propio sensor.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un ejemplo de sensor solar del estado de la técnica basado en sensor de imagen APS (*Active Pixel Sensor,* sensor de píxel activo).

Figura 2.- Muestra la óptica de tipo pin-hole utilizada en el estado de la técnica, así como la proyección del sol en la matriz de píxeles.

Figura 3.- Muestra un ejemplo de arquitectura de sensor solar asíncrono del estado de la técnica.

Figura 4.- Muestra un esquema del píxel, conteniendo un fotodiodo, un comparador y dos transistores.

Figura 5.- Muestra una realización del sensor, que comprende una matriz de píxeles, memorias, periferia de filtrado y encoder.

Figura 6.- Muestra la interconexión de etapas de filtrado en el bloque de filtrado.

Figura 7.- Muestra la circuitería utilizada en cada una de las etapas de filtrado.

Figura 8.- Muestra el multiplexor utilizado en cada etapa del filtrado.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

Se describe a continuación, con ayuda de las figuras 1 a 8, una realización preferente del sensor solar asíncrono, objeto de la presente invención, que permite medir la posición relativa de su centroide respecto al sol (9). Este tipo de sensores son extremadamente útiles en aplicaciones espaciales, donde se utiliza el sol como referencia a la hora de orientar la aeronave.

Para ello, el sensor comprende una matriz (23) de píxeles, como la que se muestra en la figura 2, siendo estos NxM píxeles idénticos, preferentemente NxN. Posicionado sobre esta, de manera que queda entre la matriz (23) de píxeles y el sol (9), se dispone un módulo de óptica (7) de tipo cámara estenopeica o pin-hole, con apertura (D) en una zona central. Al atravesar la luz del sol (9) el módulo de óptica (7) se genera una región iluminada (8) sobre la matriz (23) de píxeles, cuya posición depende de la posición del sol (9).

Como se muestra en las figuras 1 y 2, se puede colocar una cubierta opaca (5) alrededor de la matriz (23) de píxeles y el módulo de óptica (7) sobre la parte superior de la cubierta opaca (5), en una cara opuesta a la matriz (23) de píxeles. Así, se puede conseguir que solo una pequeña región de la matriz (23) de píxeles se ilumine, tal y como se muestra en la figura 2, permitiendo calcular la posición relativa del sol (9) conociendo el centro de dicha región iluminada (8).

Los píxeles de la matriz (23) de píxeles están conectados en una línea común por filas (21) y en una línea común por columnas (22). Cada uno de los píxeles de la matriz (23) comprende un fotodiodo (17) funcionando en región fotovoltaica, lo que permite una reducción considerable del consumo del sensor.

Cuando un fotodiodo (17) iluminado se encuentra operando en región fotovoltaica, se genera una fotocorriente que causa que aparezca una diferencia de potenciales entre sus terminales, hasta el punto de que la corriente de difusión se cancela con la de arrastre. La tensión de este punto se conoce como tensión de circuito abierto (V_{oc}), ya que es la tensión que aparece cuando no existe ninguna carga conectada, la cual es directamente proporcional al nivel de iluminación.

Debido a que un sensor solar busca diferenciar entre regiones iluminadas (debido al sol) y no iluminadas en la matriz (23), cada uno de los píxeles comprende una salida que toma un valor alto cuando se considera que el fotodiodo (17) está iluminado y viceversa. Para ello, se ha utilizado el circuito de la Figura 4.

Conociendo que la tensión de circuito abierto del fotodiodo (17) toma valores cercanos a 0 V, cuando no está iluminado, y hasta aproximadamente 0.5 V, cuando se encuentra muy iluminado, se conecta su cátodo a tierra y su ánodo a un comparador (18), elemento que decide si la tensión generada es mayor a una tensión umbral (V_{th}) (19) electrónicamente configurable. La salida del comparador (20) es utilizada para escribir en la línea común por filas (21) y en la línea común por columnas (22), indicando a un módulo de procesado que el píxel de la matriz (23) de píxeles correspondiente a dicha dirección se encuentra iluminado.

Las líneas comunes de filas (21) y columnas (22) se encuentran por defecto a un nivel lógico alto, a través de un transistor de *pull-up* externo a la matriz (23) de píxeles, pasando a un nivel bajo cuando la tensión de circuito abierto del fotodiodo (17) de algún píxel de la fila o columna correspondiente supere la tensión umbral (V_{th}) (19) del comparador (18), indicando que existe un pixel iluminado en dicha coordenada. Debido a que el píxel funciona de forma continua en el tiempo, la latencia entre medidas se reduce considerablemente.

El uso de un tipo de píxel como el descrito anteriormente en un sensor solar asíncrono supone de partida una reducción de la cantidad de datos comunicados al exterior, ya que solo se extraen las coordenadas de los píxeles iluminados, sin necesidad de extraer su nivel de iluminación, con el consecuente aumento de la velocidad del sensor.

Sin embargo, el único píxel que contiene información es el localizado en el centro de la región (8) circular más iluminada (centroide), por lo que extraer la dirección de todos los píxeles a su alrededor supondría aumentar innecesariamente la carga computacional, ya que todos estos datos redundantes deberían ser almacenados y posteriormente procesados, lo que a su vez aumenta la latencia del proceso.

Esto no solo conlleva un aumento de la complejidad del hardware, sino que compromete la implementación del sensor en aplicaciones espaciales, debido a que no es posible utilizar cualquier tipo de hardware, a causa de estar sometido constantemente a radiación.

Para solventar este problema, la información es preprocesada dentro del propio sensor, pero de una manera eficiente. En lugar de contar con una circuitería capaz de extraer la posición de todos los píxeles iluminados para calcular su centroide, se ha utilizado un módulo de procesado capaz de extraer directamente la posición de éste.

Tal y como se muestra en la Figura 5, el módulo de procesado comprende una o más memorias (25), conectadas a la matriz (23) de píxeles, preferente una memoria (25) por filas y otra por columnas de la matriz (23) de píxeles. De esta se extraen las direcciones de un conjunto de filas y columnas a nivel alto que definen la región iluminada (8), y que se almacenan en las memorias (25) cuando se activa una señal de captura (26).

Las memorias (25) capturan el valor de las direcciones de los píxeles iluminados tras el flanco de subida de la señal captura (26), con objetivo de evitar fallos en el módulo de procesado, debidos al funcionamiento continuo de la matriz (23) de píxeles.

Los valores capturados han de ser la entrada de unos bloques de filtrado (28), conectados a las memorias (25), que comprenden una entrada (31) de recepción de los valores capturados, y una salida (32) por la que se comunica la coordenada de una única fila o columna activas, respectivamente, correspondiente a las coordenadas del píxel central de la región iluminada (8) (centroide). Para ello, los bloques de filtrado (28) filtran la fila y columna central (27) del conjunto de filas y columnas a nivel alto, como se muestra en la Figura 5. Al igual que en el caso de las memorias (25) el módulo de procesado comprende preferentemente un bloque de filtrado (28) para las filas y otro para las columnas.

Dado que en cada etapa de filtrado (33) se eliminan dos filas y dos columnas, el número de etapas de filtrado (33) necesarias para obtener una única fila y columna activa a la salida, vendrá dado por el tamaño de la región iluminada (8) que pudiera aparecer, el cual dependerá fuertemente del tipo de óptica utilizada. Siendo el caso más desfavorable que toda la matriz se encontrara iluminada, se necesitarían N/2 etapas de filtrado (33) para una matriz (23) de NxN píxeles, como se muestra en la Figura 6. Cada una de estas etapas de filtrado (33) es capaz de eliminar los bordes del conjunto de filas o columnas, es decir, aquellas filas o columnas activas que son vecinas a una no activa.

Como se muestra en la figura 7, el filtrado se realiza mediante la operación AND con la fila o columna anterior y posterior, lo que define una celda unitaria (35). Por lo tanto, la salida de una de las etapas de filtrado (33) va a contener una única fila o columna activa, la cual se debe trasladar a la salida del bloque de filtrado (28) completo.

Sin embargo, cuando la entrada de una etapa de filtrado (33) contiene una única fila/columna a nivel alto, ninguna de sus salidas se activa, ya que interpreta esta fila/columna como un borde. Por lo tanto, como el tamaño del área iluminada (8) puede variar durante la operación, es

necesario que la salida (32) del bloque de filtrado (28) se corresponda a la salida de la última etapa de filtrado (33) que tenga una fila/columna activa.

Para ello, el bloque de filtrado (28) comprende un multiplexor (38) a la salida de cada etapa de filtrado (33), controlado por la operación NOR del conjunto de salidas, la cual se realiza a través de sendos transistores (39) activado por cada una de las salidas de las puertas AND (40), los cuales se encargan de colocar a nivel bajo una señal común por etapa (41), que por defecto se encuentra a nivel alto a través de un transistor de *pull-up* (42), debidamente polarizado. De esta manera, si al menos una de las salidas de las operaciones AND (40) de dicha etapa de filtrado (33) se encuentra activa, estas pasan a la salida (43), si no, se pasa la salida de la etapa de filtrado anterior (44), la cual llegaría hasta la salida del bloque de filtrado (32).

Por último, el módulo de procesado comprende unos codificadores (29), que se muestran en la Figura 5, conectados a los bloques de filtrado (28), que realizan la conversión a binario de la fila y columna resultante, obteniéndose unas coordenadas, que se envían a través de una salida (30), destinada a conectarse a un dispositivo externo al sensor. Preferentemente, el módulo de procesado comprende un codificador (29) para las filas y otro para las columnas.

De esta manera, el único dato que se extrae del sensor son las coordenadas del píxel que corresponde al centroide (27), eliminando la necesidad de ningún postproceso más allá que la propia calibración del sensor y reduciendo el hardware necesario en el sistema que utilice el sensor, requisito fundamental en aplicaciones espaciales.

También es importante destacar que en caso de que solo hubiese dos filas o columnas activas, ambas serían tratadas como bordes y se filtrarían, por lo que es posible que la salida del bloque de filtrado (32) sea un conjunto de dos filas o columnas en lugar de una. En dicho caso, los codificadores (29) descartan una de ellas.

Además, en caso de que exista más de un área iluminada (8), la salida del módulo de procesado será el centro del área más grande, ya que el propio filtrado eliminaría las pequeñas áreas espúreas que pudieran aparecer. Por otra parte, si existe un foco luminoso diferente al sol (como puede ser el albedo de la Tierra en una aplicación espacial) capaz de iluminar un área incluso mayor, la configuración del umbral del comparador (19) permitiría que la propia matriz (23) de píxeles solo comunicara al bloque de filtrado (28) el área con una mayor iluminación.

REIVINDICACIONES

1.- Sensor solar asíncrono, que comprende:

- una matriz (23) de píxeles, con N filas y M columnas, que comprende en cada píxel un fotodiodo (17) trabajando en región fotovoltaica, en el que los píxeles están conectados en una línea común por filas (21) y una línea común por columnas (22),
- un módulo de óptica (7) pin-hole, vinculado a la matriz (23), y que comprende un orificio (D) por el que pasa una luz (9), generándose una región iluminada (8) sobre la matriz (23), y
- un módulo de procesado, conectado a la línea común por filas (21) y a la línea común por columnas (22) de la matriz (23) de píxeles, configurado para determinar el centroide de la región iluminada (8).

2.- El sensor de la reivindicación 1, en el que la matriz (23) de píxeles comprende adicionalmente en cada píxel un comparador (18) de tensión umbral (V_{th}) (19) conectado a cada fotodiodo (17).

3.- El sensor de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un transistor de *pull-up*, conectado a la línea común por filas (21) y la línea común por columnas (22), y que las mantiene a un nivel lógico alto.

4.- El sensor de la reivindicación 1, en el que el módulo de procesado comprende adicionalmente uno o más bloques de filtrado (28), conectados a la línea común por filas (21) y a la línea común por columnas (22) de la matriz (23) de píxeles, y en el que los bloques de filtrado (28) comprenden una entrada (31) de recepción de píxeles iluminados, y una salida (32) de coordenadas de un píxel central de la región iluminada (8).

5.- El sensor de la reivindicación 4, en el que el módulo de procesado comprende adicionalmente una o más memorias (25), conectadas entre la línea común por filas (21) y a la línea común por columnas (22) de la matriz (23) de píxeles, y los bloques de filtrado (28).

6.- El sensor de la reivindicación 4, en el que el módulo de procesado comprende adicionalmente uno o más codificadores (29), conectados a los bloques de filtrado (28).

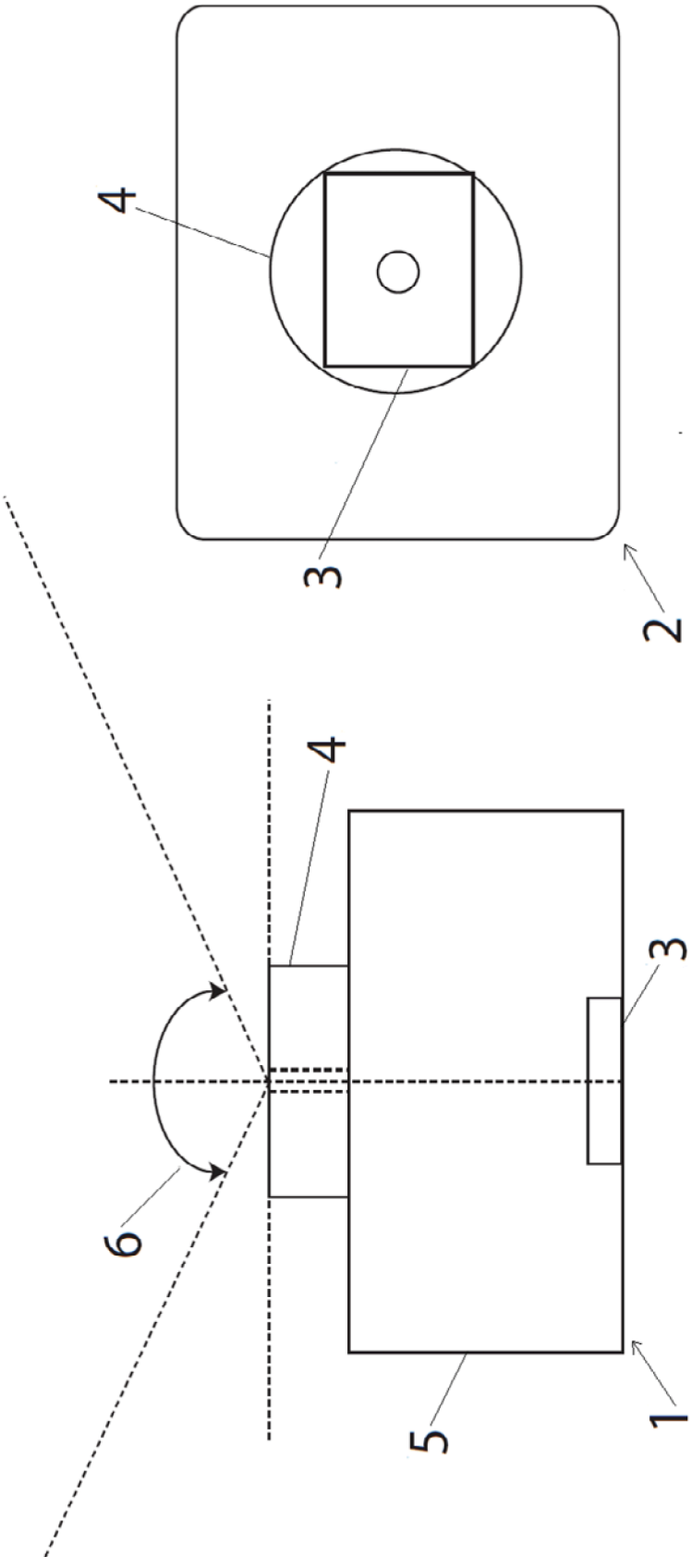


FIG. 1
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

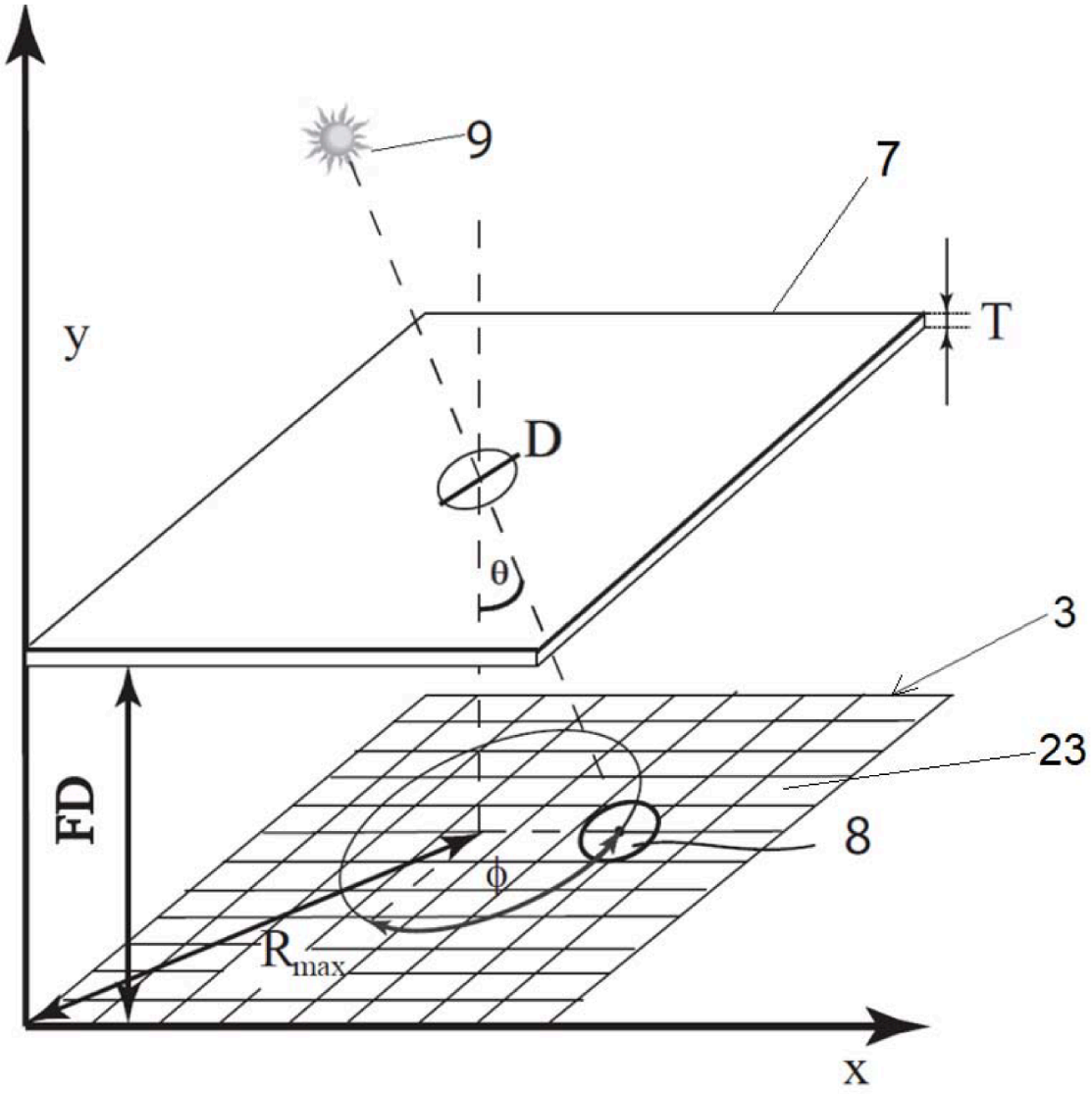


FIG. 2
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

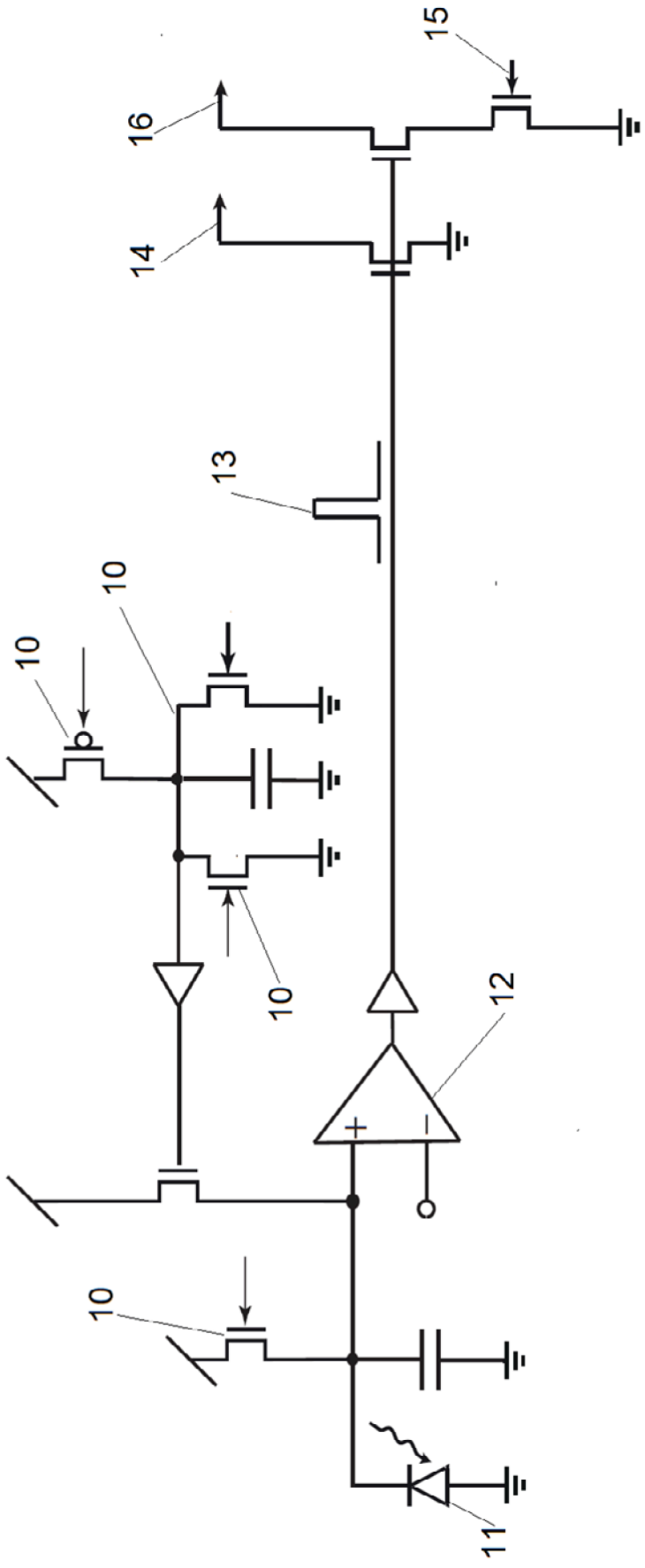


FIG. 3
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

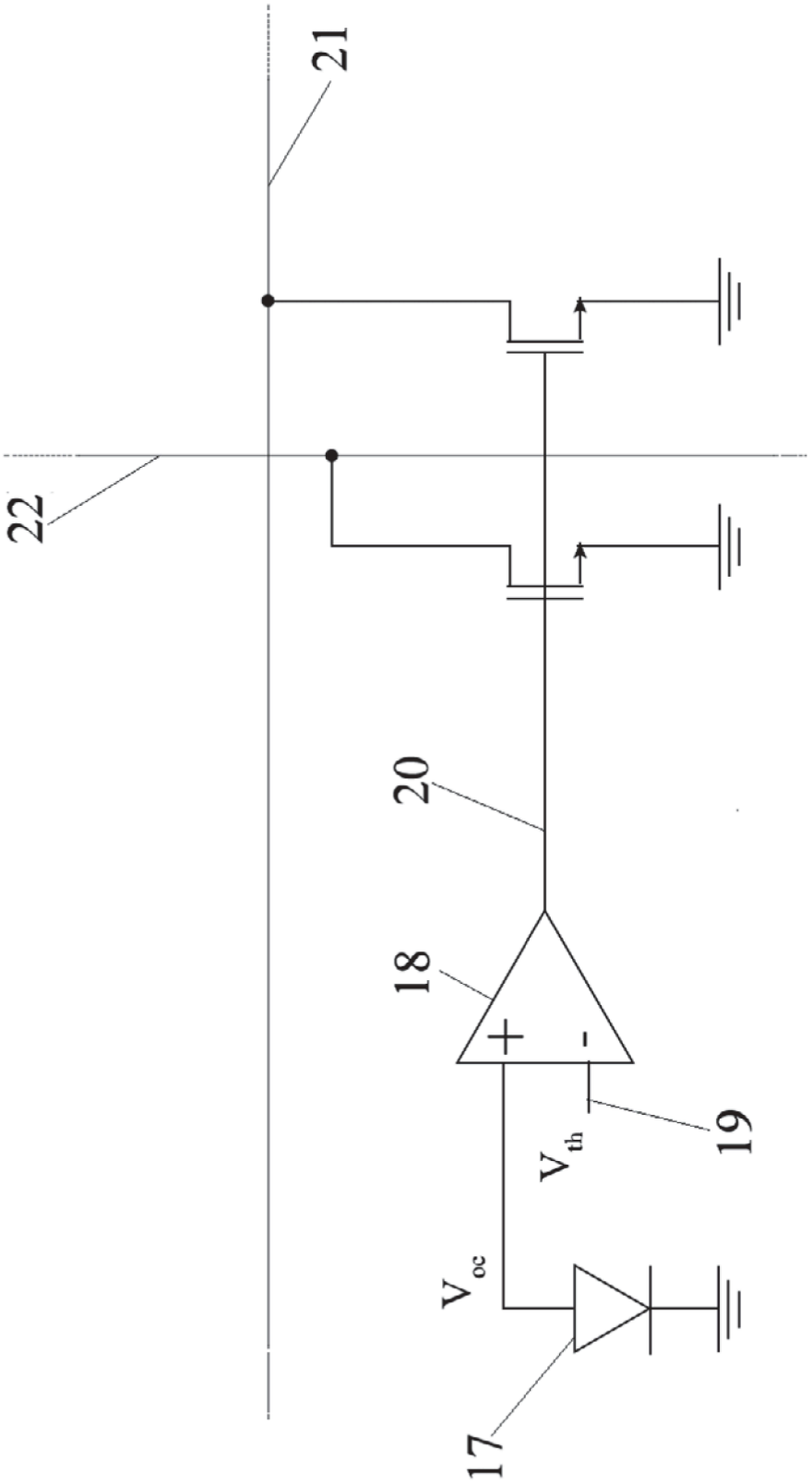


FIG. 4

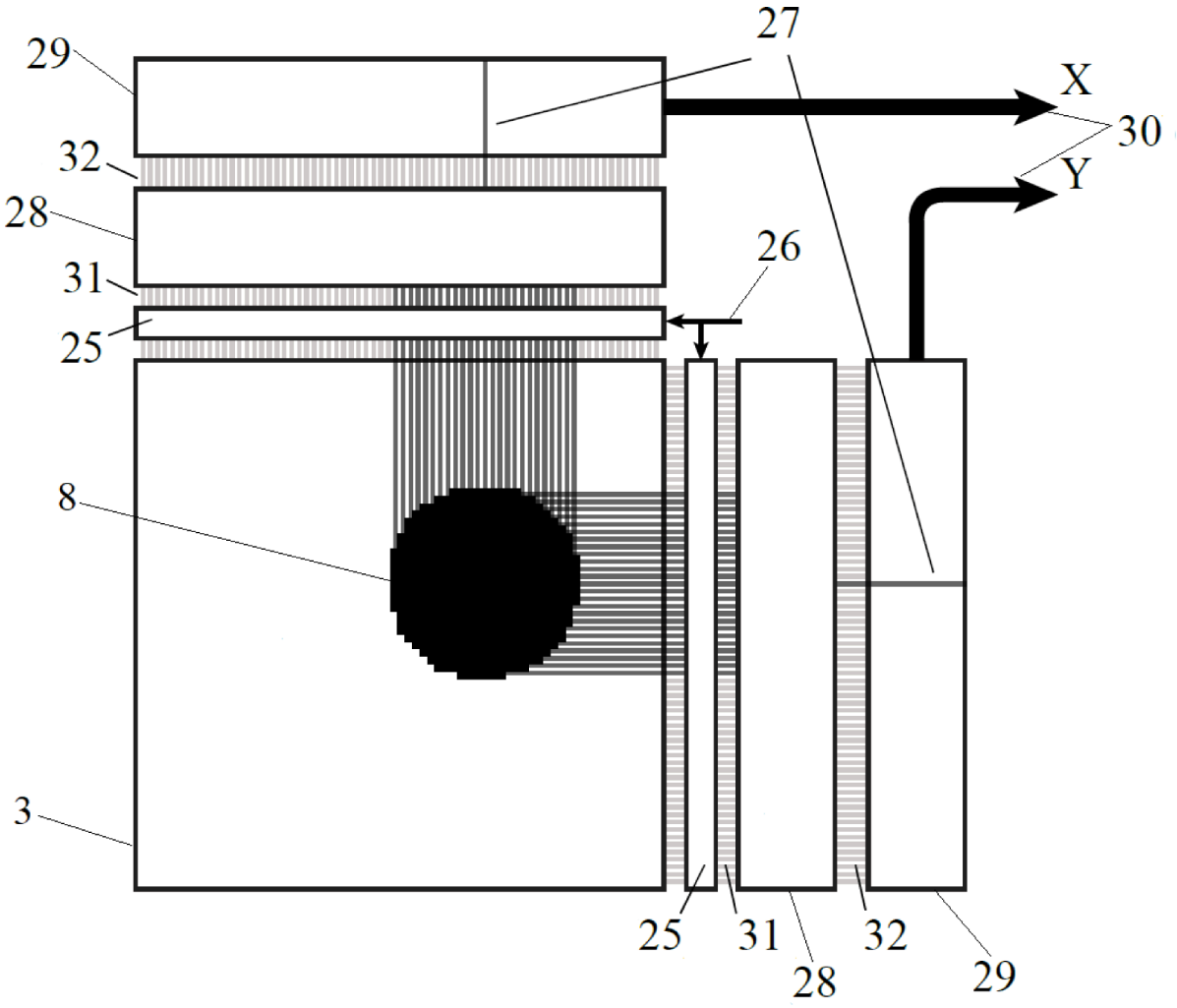


FIG. 5

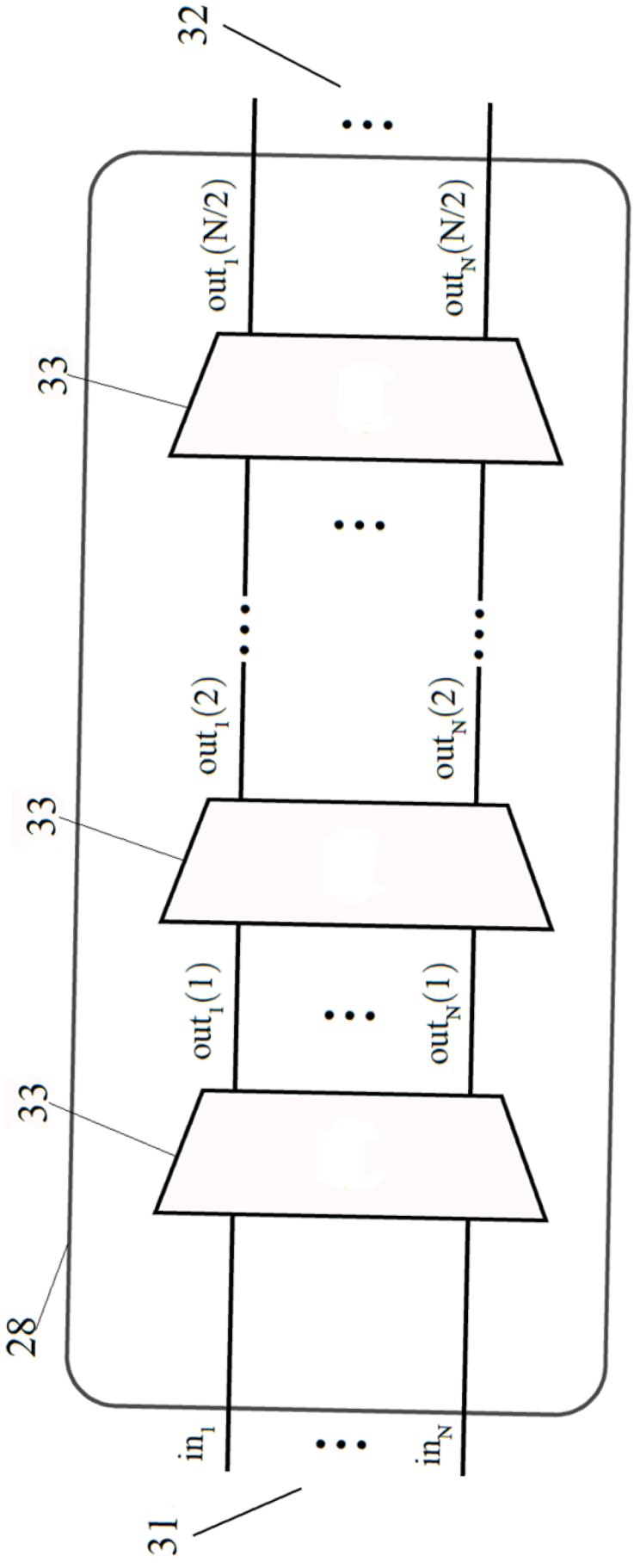

32
33
33
33
28
31
$out_1(N/2)$
$out_N(N/2)$
$out_1(2)$
$out_N(2)$
$out_1(1)$
$out_N(1)$
in_1
in_N

FIG. 6

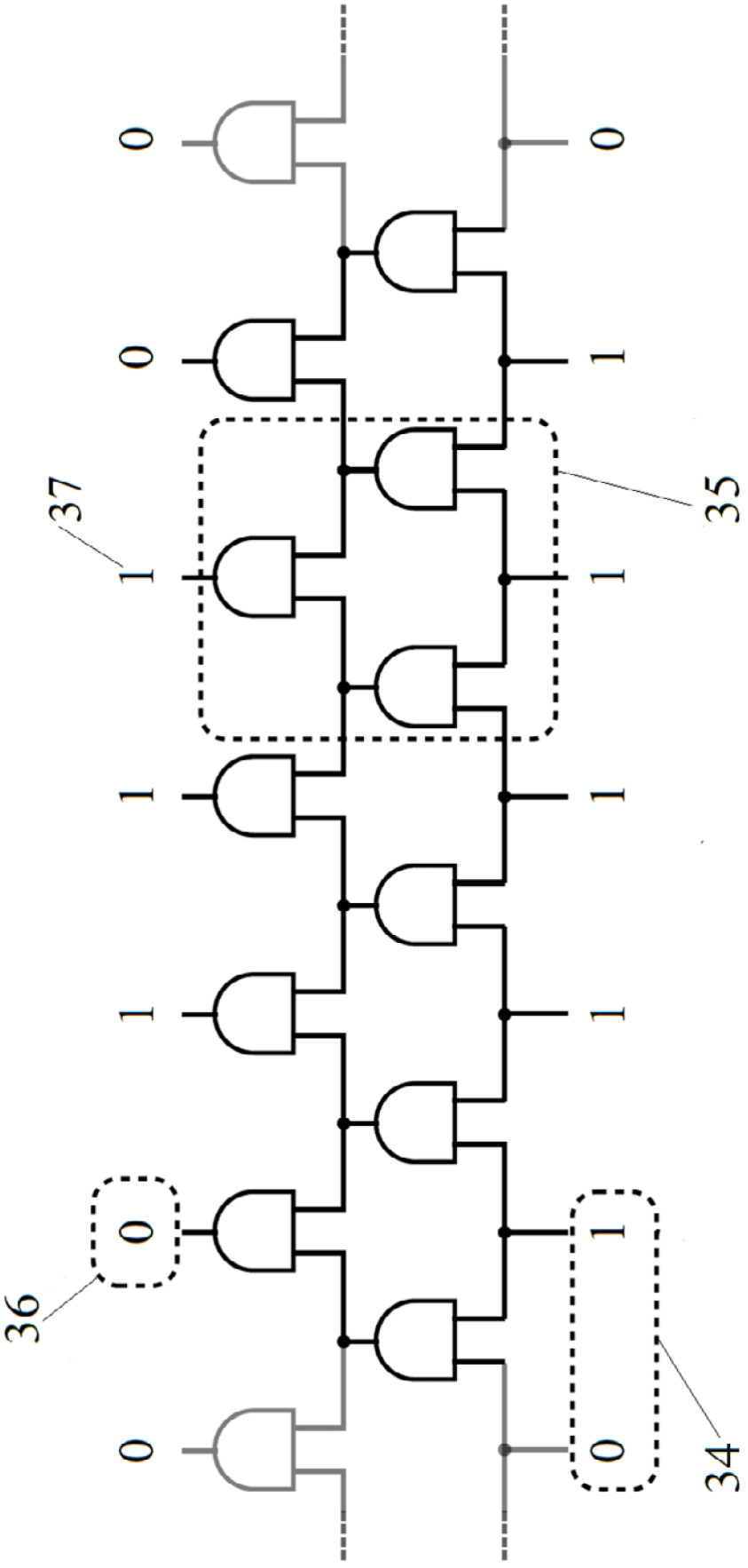


FIG. 7

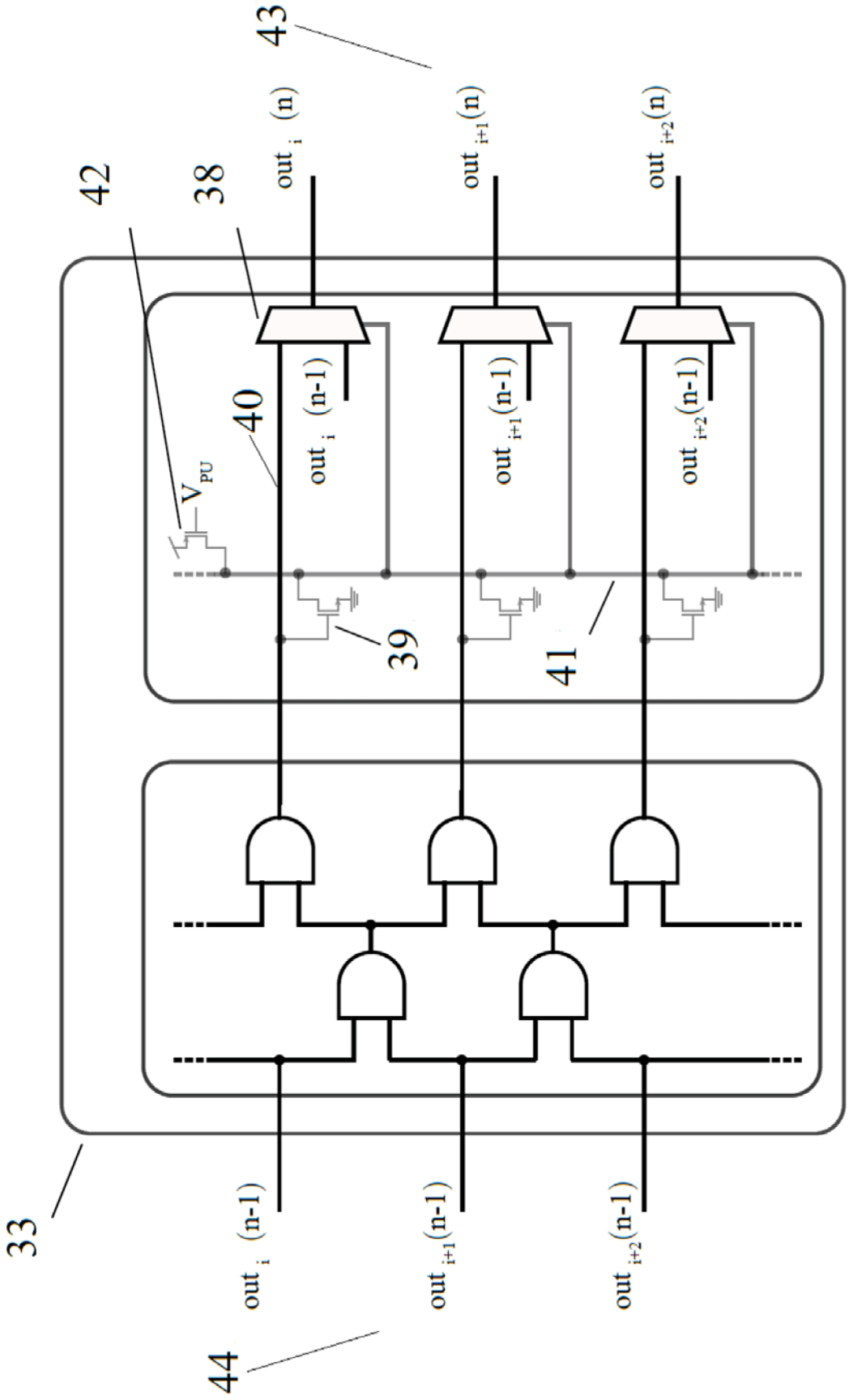

43
42
38
40
39
41
33
44
V_{PU}
out_i (n)
out_{i+1} (n)
out_{i+2} (n)
out_i (n-1)
out_{i+1} (n-1)
out_{i+2} (n-1)

FIG. 8

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 202130188

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 04.03.2021

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***G01B11/00*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	LENERO-BARDALLO J A et al. Sun sensor based on a luminance spiking pixel array. IEEE Sensors Journal 15 Oct. 2017 IEEE USA., 15/10/2017, Vol. 17, Páginas 6578 - 6588, ISSN 1530-437X, <DOI: 10.1109/JSEN.2017.2749414>	1-6
A	LEÑERO-BARDALLO J. A. et al. A sun sensor implemented with an asynchronous luminance vision sensor. ESSCIRC 2017 - 43rd IEEE European Solid State Circuits Conference, 20170911 IEEE, 11/09/2017, Páginas 67-70, <DOI: 10.1109/ESSCIRC.2017.8094527>	1-6

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
21.04.2021	J. Botella Maldonado	1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.