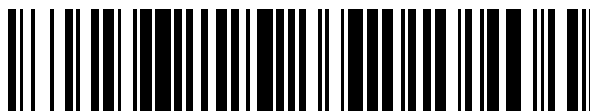


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 409**

51 Int. Cl.:

G06F 3/02 (2006.01)

G06F 3/042 (2006.01)

G01V 8/20 (2006.01)

H03K 17/94 (2006.01)

H03K 17/96 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2015** **E 15198251 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 3032386**

54 Título: **Teclado óptico para ubicaciones explosivas**

30 Prioridad:

10.12.2014 DK 201470771

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

04.11.2020

73 Titular/es:

**PR ELECTRONICS A/S (100.0%)
Lerbakken 10
8410 Rønde, DK**

72 Inventor/es:

SKIPPER, BJARNE FUNCH

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 791 409 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

Teclado óptico para ubicaciones explosivas

5 **Campo de la invención**

La presente solicitud de patente divulga un teclado óptico que comprende al menos un panel transparente que comprende una pluralidad de aberturas rodeadas de áreas cerradas, cuyo teclado óptico comprende una pluralidad de diodos emisores de luz (LED) que emiten luz modulada y al menos un fotodiodo receptor colocado en relación con las aberturas, cuya luz de los LED de transmisión se transmite a través del panel transparente y cuya luz se refleja mediante la dispersión desde una herramienta o mediante el empleo de una pulsación de tecla con la yema del dedo en relación con una de las aberturas en el panel transparente, en el que se transmite la luz modulada reflejada de vuelta a través del panel transparente y de vuelta al fotodiodo receptor para la demodulación.

15 **Antecedentes de la Invención**

El documento WO 2013/156353A1, presentado el 10 de abril de 2013, que tiene fecha de prioridad el 18 de abril de 2012, titulada "Ensamble del teclado y método para acceder a un automóvil" se refiere a un sistema de acceso sin llave a los automóviles en base a una detección simple de luz visible a través del parabrisas. El documento WO 2013/156353A1 divulga una modulación de amplitud de la luz transmitida y la demodulación de amplitud de las señales recibidas.

El documento US 4,254,333 divulga un elemento de circuito optoelectrónico para efectuar una señal de salida controlada manualmente que comprende al menos un elemento emisor de radiación, una unidad de propagación de radiación y al menos un elemento sensible a la radiación, la unidad de propagación de radiación es un cuerpo sólido que es transparente a la radiación en cuestión y que tiene una interfaz que se expone a la radiación desde la unidad de propagación de radiación, un cambio identificable en el estado del elemento sensible a la radiación se produce por cambios en las condiciones para la reflexión interna total de la radiación en la interfaz que surge del contacto de un cuerpo actuador, digamos un dedo, con dicha interfaz.

30 **Objetivo de la invención**

El objetivo de la solicitud de patente pendiente es lograr un teclado confiable y seguro. Otro objetivo es lograr un teclado para dispositivos montados en el campo en entornos peligrosos. Otro objetivo es evitar la diafonía o la interferencia de los teclados colocados. Otro objetivo es evitar la distorsión de las superficies lisas y brillantes y de la luz del día y la luz artificial.

35 **Descripción de la invención**

40 El objetivo puede cumplirse con un teclado como se divulga en la reivindicación 1.

De este modo, puede lograrse un teclado altamente confiable en el que se pueden modular al azar hasta tres parámetros diferentes. La modulación también puede ser pseudoaleatoria. Esto puede tener el efecto de que, aunque se realicen varias detecciones de pulsos de luz modulados por segundo, pasarán semanas antes de que se repita la misma combinación de luz modulada. El efecto de esto es que, aunque una pluralidad de teclados funcione muy cerca entre sí, es casi improbable que haya interferencia entre ellos. Los teclados probablemente puedan operar uno al lado del otro durante varios años antes de que transmitan la misma modulación. Además, otro efecto es que es casi imposible que cualquier perturbación de la luz del exterior tenga la misma modulación. En consecuencia, se logra un teclado altamente confiable.

50 En una realización preferente de la invención, el sistema de detección divulgado en esta solicitud de patente puede basarse en un fotodiodo receptor de infrarrojos y al menos seis LED de transmisión para obtener un teclado que tiene tres teclas. La invención puede usar tres métodos de codificación pseudoaleatoria en combinación con la modulación de la luz transmitida y la detección sincrónica de la luz recibida para obtener resistencia contra la luz no intencionada del entorno y para evitar la diafonía entre los teclados ópticos colocados.

La presente invención se refiere a un teclado adecuado para su uso en atmósferas explosivas (ATEX) o áreas peligrosas, que comprende al menos 6 diodos emisores de luz infrarroja (LED) y un diodo fotodetector de infrarrojos para permitir la detección confiable y segura de una pulsación de tecla fuera de al menos tres teclas.

60 La electrónica montada en el campo ubicada en áreas ATEX/explosivas debe cumplir con la Directiva ATEX 94/9/EC para equipos usados en la EEC, y la certificación UL/CSA correspondiente cuando se usa en los Estados Unidos de América y Canadá. Para las pantallas, se requiere una ventana de grosor mínimo de 8 mm para obtener las certificaciones para su uso en áreas peligrosas.

En una realización preferente adicional de la invención, la luz transmitida desde los LED puede filtrarse con respecto a la polarización óptica a un estado de polarización, y la luz incidente en el fotodetector se filtra al estado perpendicular de polarización con relación a la luz transmitida para evitar que el reflejo de las superficies lisas y planas perturbe la detección de un reflejo disperso de una herramienta o la yema del dedo que cause una pulsación de tecla. De este modo, se logra que solo la luz que se refleja desde la herramienta o la yema del dedo tenga un cambio en la polarización, y el fotodiodo receptor solo recibirá luz con orientación perpendicular. De este modo se logra que se evite cualquier acoplamiento cruzado de otro de los LED emisores de luz o de fuentes de luz externas o de la luz del día. Al usar un panel de vidrio, puede ocurrir una pluralidad de reflejos entre las superficies del vidrio, por lo que la luz puede alterar la medición de una pulsación de tecla, pero solo la luz con cambio en la polarización puede pasar el filtro de polarización y detectarse en el LED recibido.

En una realización preferente adicional de la invención, la luz incidente en el fotodetector puede filtrarse con respecto únicamente al rango de longitud de onda infrarroja, que coincide con la longitud de onda de emisión de los LED para reducir la cantidad de luz diurna y luz artificial incidente en el fotodiodo receptor. Mediante una simple filtración óptica es posible seleccionar longitudes de onda del espectro infrarrojo, pero como los LED se limitan por defecto a emitir luz en un espectro relativamente estrecho, es posible seleccionar LED que solo emiten luz infrarroja. De esta manera, el espectro infrarrojo puede lograrse de una manera altamente eficiente. En gran medida, se evita la influencia de la luz del día y también de la luz artificial que golpea el teclado. En una realización alternativa para la invención, también debería ser posible seleccionar luz del espectro ultravioleta en un teclado como se divulga previamente.

En una realización preferente adicional de la invención, la detección de pulsaciones de teclas puede basarse en una funcionalidad de ajuste de ganancia adaptativa y/o un umbral de detección adaptativo para tener en cuenta el rendimiento variable de los componentes ópticos y para tener en cuenta los reflejos variables de las superficies transparentes del panel debido al polvo y/o humedad presente en las superficies de vidrio. De este modo, puede lograrse que cualquier influencia de un cambio en los parámetros externos, pero también la influencia de un cambio en los LED de transmisión o el fotodiodo receptor, se evite simplemente porque el ajuste del umbral de detección y/o ganancia es automático. De esta manera, también puede evitarse que los teclados deban ajustarse de cualquier manera debido a la necesidad real. Debido a que el teclado realiza un ajuste automático de umbral de ganancia y/o detección, la influencia del cambio de luz, como la luz del día o la luz artificial que cambia su nivel o su temperatura de color, se eliminará en su mayoría, y por lo tanto no tendrá ninguna influencia en la señal detectada debido al ajuste de umbral y ganancia. El sistema se diseña de tal manera que se mide un nivel de ruido en el fotodiodo receptor en períodos de tiempo en los que no se refleja la luz de los LED de transmisión, y mediante esta medición el nivel de ruido correlacionado sin luz reflejada se resta del nivel medido. De esta manera, se elimina la mayor parte de la contribución del ruido.

En una realización preferente adicional de la invención, el ajuste de ganancia adaptativo puede realizarse mediante el ajuste de la cantidad de luz emitida por los LED de transmisión y/o el tiempo de integración en la detección síncrona analógica en el fotodiodo receptor. En una realización preferente adicional de la invención, la luz puede seleccionarse en el espectro de luz no visual, y el panel transparente se cubre con un filtro para evitar que la luz del día interrumpa el LED receptor. De este modo, puede usarse un espectro de luz relativamente pequeño fuera del espectro visible. De esta manera, será posible usar luz infrarroja, así como también ultravioleta. De este modo, puede evitarse que cualquier luz del espectro visible pueda influir en la detección del teclado.

La solicitud de patente pendiente divulga además un método para operar un teclado, como se divulga en la reivindicación 7.

De este modo, puede lograrse un teclado muy confiable. Este teclado es muy confiable y rechaza la influencia de la luz no deseada, tal como la luz del día o la luz artificial. Además, puede lograrse que diferentes teclados no interfieran entre sí.

El uso de un teclado como se divulga en una de las reivindicaciones 1-6 cumple con la directiva ATEX 94/9/CE para equipos usados en la EEC y la correspondiente certificación UL/CSA cuando se usa en los Estados Unidos de América y Canadá. De este modo se logra un teclado que será muy confiable en todas las instalaciones exteriores e interiores. También en ambientes interiores peligrosos, por ejemplo, áreas de producción mecánica, médica o química, este teclado será altamente eficiente ya que su superficie es una placa de vidrio relativamente gruesa que no se ve afectada por la mayoría de los productos químicos, ni por la suciedad y/o humedad debido a la ganancia adaptativa y funcionalidad umbral.

La invención puede ser, pero no se limita a, un teclado con el que es posible mediante detección óptica obtener una pulsación de tecla a través de una ventana de vidrio de al menos 8 mm de grosor, que cumple con los requisitos ATEX, ver figura 1. El LED transmite luz modulada a través de una abertura, que puede ser una placa de circuito impreso (PCB) pero no se limita a una PCB, que transmite luz a través de un filtro, que transmite luz a través de la ventana de vidrio. En el caso de una pulsación de tecla donde un dedo está muy cerca de la superficie del vidrio o sobre la superficie del vidrio, la luz del dedo se reflejará y transmitirá a través de la ventana de vidrio, y más allá a través del filtro y a través de la abertura y al fotodiodo receptor.

Una metodología de codificación se basa en el cambio pseudoaleatorio de al menos uno de los siguientes parámetros:

- frecuencia de modulación de la luz,
- la secuencia en la que se encienden los LED, y
- el intervalo de tiempo entre la iluminación de los LED individuales

5 Se implementa una funcionalidad de ganancia adaptativa integrada para garantizar una detección óptima de la pulsación de tecla independientemente de la variación en el rendimiento óptico de los componentes ópticos debido al envejecimiento y las variaciones de temperatura, y además para tener en cuenta los reflejos de fondo que cambian lentamente debido al cambio en el polvo y la humedad en la superficie de la ventana de cristal.

10 La variación de ganancia se realiza dentro del procesamiento de la señal analógica por dos medios:
a. por reducción del ciclo de trabajo (D) para los LED, y
b. por cambio de tiempo de integración dentro de los integradores analógicos usados para la detección síncrona.

15 Para los equipos montados en el campo ubicados en áreas peligrosas, la legislación requiere una ventana de vidrio con un grosor mínimo de 8 mm, por ejemplo, donde las pantallas deben ser visibles desde el exterior. Típicamente, se necesitarán teclados para configurar y ajustar las pantallas montadas en el campo. Una combinación de la funcionalidad de los teclados junto con la pantalla debajo de la ventana de 8 mm de grosor es una solución atractiva con respecto a la interfaz del usuario y el diseño mecánico.

20 La implementación de teclados en base a detección inductiva o capacitiva es muy difícil cuando se combina con una ventana de vidrio de 8 mm de grosor, cuando el teclado necesita emplear una detección confiable y segura de una pulsación de teclado.

25 Además, se requiere una alta inmunidad al polvo y la humedad en el exterior de la superficie del vidrio para evitar la detección de pulsaciones de teclas no deseadas.

La solicitud de patente pendiente no se limita a ningún uso especial porque la presente invención puede usarse en todos los teclados; incluso los teclados para sistemas informáticos pueden comprender un sistema de detección óptica como el divulgado. Puede usarse una pluralidad de LED de transmisión y una pluralidad de diodos sensores en un teclado grande.

30 Mediante la tecnología descrita puede lograrse una detección confiable y segura de la pulsación del teclado en dispositivos montados en el campo ubicados en áreas peligrosas. Además, la tecnología se refiere a un diseño que garantiza la detección confiable de la pulsación del teclado mediante un método de codificación tridimensional para evitar diafonías o interferencias de los teclados colocados. Además, la invención puede usar la modulación de frecuencia de la luz en combinación con una técnica de detección síncrona de la luz recibida por el fotodiodo receptor para eliminar la distorsión de la luz del día y la luz artificial.

40 Definición de "luz del día": La luz generada por el sol que pasa por la atmósfera y se recibe fuera o dentro de los edificios se define como "luz del día"

Definición de "luz artificial": La luz generada a partir de fuentes de luz artificial se define como "luz artificial"

45 **Descripción de los dibujos**

La figura 1 divulga el principio básico de detección de pulsación.

La figura 2 divulga el diseño de los tres botones con relación a la ubicación física de los LED y el fotodetector.

50 La figura 3 divulga el diseño del sistema de detección síncrono analógico donde la luz reflejada por los LED se detecta por el fotodiodo receptor (11) y la señal detectada sincrónicamente estará presente en 21 para un procesamiento adicional como se divulga en la figura 4.

La figura 4 divulga el diseño del sistema de detección síncrono analógico, donde la funcionalidad de ganancia adaptativa y el nivel de umbral se implementa y controla mediante un sistema de detección basado en microprocesador (23).

55 La figura 5 divulga la temporización entre las señales que accionan los LED de transmisión (26) y las señales correspondientes dentro de la detección síncrona.

La figura 6 divulga la temporización entre señales con una ganancia reducida dentro de los integradores desplegados por la reducción del tiempo cuando se realiza la integración, es decir, el tiempo cuando los interruptores integradores se abren.

60 La figura 7 divulga el cronograma completo de la investigación del teclado.

La figura 8 divulga una tabla de verdad para la detección de pulsaciones de teclas.

Descripción detallada de la invención

En el siguiente texto, las figuras se describirán una por una y las diferentes partes y posiciones vistas en las figuras se enumerarán con los mismos números en las diferentes figuras. No todas las partes y posiciones indicadas en una figura específica se discutirán necesariamente junto con esa figura en particular.

5 La figura 1 divulga la funcionalidad general del teclado óptico, los LED 4 transmiten luz a través de una abertura 7, a través de un filtro 6, a través de una ventana de vidrio 9, la luz incidente en la yema del dedo 10 se dispersará debido a la superficie rugosa del dedo, parte de la luz se reflejará de vuelta a través de la ventana de vidrio, a través del filtro 6, a través de la abertura 7, y cuando la luz llegue al fotodiodo receptor 5, hará que fluya una corriente en el fotodiodo receptor 5. Cuando un dedo está presente frente a la ventana de vidrio, la cantidad de luz reflejada incidente en el
10 fotodiodo receptor aumentará en comparación con la situación sin el dedo.

La figura 2 divulga un posible diseño para un teclado. Este teclado indica tres botones 1, 2, 3, como el área activa para las tres teclas. Además, se indican seis LED de transmisión 6 y un fotodiodo receptor 5. Los seis LED generan luz y esta luz puede detectarse en el fotodiodo receptor 5. Al presionar un dedo en uno de los botones 1, 2, 3, la luz reflejada en el lado interno de la superficie del teclado cambia y el cambio en la luz reflejada debe detectarse en el fotodiodo receptor 5.
15

La figura 3 divulga la implementación básica de la demodulación síncrona. Los LED de transmisión se iluminan sucesivamente al aplicar una ráfaga de, por ejemplo, 100 pulsos de corriente de inyección, cuya tasa de repetición se determina por la frecuencia elegida para los LED de transmisión particulares. Mediante una señal óptica reflejada incidente en el fotodiodo receptor 5, el amplificador de transimpedancia 12 convierte la corriente del fotodiodo receptor 5 en un voltaje en la salida del amplificador 12. La salida del amplificador se alimenta a dos integradores mediante los interruptores 16, 17, que se encienden en sincronización con los pulsos de corriente alimentados a los LED de transmisión. El interruptor 16 alimenta la señal al integrador 18 en el período en que la señal del receptor está en su máximo debido a la luz reflejada, y el interruptor 17 alimenta la señal al integrador 19 en el período en que la señal del receptor es mínima, igual al período en el que no hay luz incidente en el fotodiodo receptor. Restar las dos señales integradoras 20 produce una señal 21, que es proporcional a la cantidad de luz LED de transmisión reflejada. Después de la ráfaga de las corrientes de inyección de LED de transmisión, las señales integradoras sustraídas son investigadas por un sistema de análisis, por ejemplo, un microcontrolador. Después de analizar la señal de un LED de transmisión, la señal 13 reinicia los dos integradores 18 y 19. Después del reinicio, los integradores están listos para analizar el reflejo de otro LED de transmisión.
20
25
30

El uso del principio de detección síncrona en combinación con la tecnología de codificación elimina el efecto de otras fuentes de luz, ya sea que estén relacionadas con la iluminación de las áreas circundantes o de teclados colocados.
35

La tecnología de codificación se basa en el cambio pseudoaleatorio de la frecuencia de modulación/ráfaga, la secuencia en la que se encienden los 6 LED individuales y el intervalo de tiempo entre la ráfaga de cada uno de los 6 LED individuales.

La figura 4 divulga un sistema de detección síncrono adaptativo, donde el sistema de análisis 23 puede implementarse mediante un microcontrolador o mediante una serie de compuertas programables en campo (FPGA), que sobre la base de la señal investigada 21 puede realizar un ajuste de ganancia adaptativo. La función del ajuste de ganancia adaptativo es compensar las variaciones en el rendimiento de los componentes ópticos debido al envejecimiento y la temperatura. Además, el ajuste de ganancia compensa las variaciones en la trayectoria óptica desde los LED 4 hasta el fotodetector 5, debido, por ejemplo, al polvo y la humedad en las superficies de vidrio.
40
45

La ganancia general se ajusta de tres maneras: el ciclo de trabajo de la corriente de ráfaga del LED, la ganancia del amplificador de transimpedancia y la ganancia de los integradores.

Al ajustar el ciclo de trabajo D de los LED (4) puede ajustarse la potencia óptica por pulso y, de esta manera, la cantidad de luz incidente óptica reflejada en el fotodetector para obtener un nivel apropiado para que el fotodetector logre una relación de señal a ruido adecuada.

Al ajustar la ganancia del amplificador de transimpedancia, puede ajustarse la señal para la detección síncrona.
55

Al ajustar el ciclo de trabajo de las señales que controlan el período de integración 14, 15, puede ajustarse la ganancia del integrador.

La figura 5 divulga la temporización de las señales en el esquema de detección síncrona. 26 es la corriente dentro de uno de los LED 4, 12 es la señal del amplificador de transimpedancia, 14 es la señal de control para el interruptor 16 y 15 es la señal de control para el interruptor 17. El integrador 18 solo se integrará cuando la señal esté en un nivel alto (señal de alimentación del interruptor 16) y el integrador 19 solo se integrará cuando la señal esté en un nivel bajo (señal de alimentación del interruptor 17).
60

La figura 6 divulga la temporización de las señales en el esquema de detección síncrona cuando las ganancias del integrador se reducen al reducir el tiempo de encendido de los dos interruptores 18 y 19.
65

La figura 7 divulga la temporización del análisis total del teclado. Para cada vez T1, se realizará un análisis completo, que incluye 6 retrasos pseudoaleatorios 30-35 y la iluminación de los 6 LED 36-41 se realiza en una secuencia pseudoaleatoria. Además, la frecuencia de modulación de cada LED se cambia de forma pseudoaleatoria. Las señales 26, 14 y 15 son idénticas a las señales mostradas en La figura 5.

5 La figura 8 divulga la tabla de verdad para la detección de pulsaciones de teclas. Un "+" en la tabla indica que se detecta un reflejo de los LED. Todas las demás combinaciones de reflexión que se dan en la figura 8 son casos erróneos, no se detectarán como una pulsación de tecla. Para evitar que las fallas o el ruido causen que la pulsación de tecla detectada se acepte como pulsación de tecla, deben obtenerse dos resultados idénticos en la tabla de verdad
10 (figura 8) de al menos dos escaneos sucesivos ($N = x$ y $N = x + 1$).

REIVINDICACIONES

1. Un teclado óptico (1A) que comprende al menos un panel transparente (9) que comprende una pluralidad de aberturas (7) rodeadas de áreas cerradas (8), en el que el teclado óptico (1A) comprende una pluralidad de diodos transmisores de luz, LED, (4) adaptado para emitir luz modulada y al menos un fotodiodo detector (5) adaptado para recibir luz modulada, en el que el fotodiodo detector (5) se coloca en relación con las aberturas (7), de manera que la luz de los LED (4) se transmite a través del panel transparente (9) y se refleja por dispersión desde una herramienta o la yema del dedo (10) mediante el empleo de una pulsación de tecla en el panel transparente (9), en el que la luz reflejada se transmite de vuelta a través del panel transparente (9) y de vuelta al fotodiodo detector (5) para demodulación, en el que la luz modulada emitida desde cada LED (4) se controla mediante una combinación de los siguientes parámetros:
- a: una frecuencia de modulación de la luz emitida por los LED de transmisión (4)
 - b: una secuencia en la que los LED de transmisión (4) se encienden,
 - c: un intervalo de tiempo entre la iluminación de los LED de transmisión individuales (4) donde los parámetros varían al azar, y
- donde la detección de la luz reflejada se realiza mediante una detección síncrona de la corriente que fluye a través del fotodiodo de detección (5), y la detección compara una señal recibida con una señal codificada aleatoriamente transmitida desde los LED de transmisión (4).
2. Un teclado óptico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** se proporcionan medios de filtro para la polarización óptica a un estado de polarización, y la luz incidente en el fotodiodo receptor (5) se filtra al estado perpendicular de polarización con relación a la luz transmitida.
3. Un teclado óptico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la luz incidente en el fotodetector se filtra con respecto a un intervalo de longitud de onda que coincide con una longitud de onda de emisión de los LED de transmisión (4).
4. Un teclado óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** el teclado se configura para realizar al menos un ajuste de ganancia adaptativo y un ajuste de umbral de detección de la detección.
5. Un teclado óptico de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el ajuste de ganancia adaptativo se realiza mediante el ajuste de una cantidad de luz emitida por los LED de transmisión (4) y un tiempo de integración en la detección síncrona.
6. Un teclado óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, **caracterizado porque** una longitud de onda de emisión de los LED está en el espectro infrarrojo de luz, y el panel transparente (9) se cubre con un filtro, que es transparente para la luz en el intervalo infrarrojo.
7. Método para operar un teclado óptico como se divulga en una de las reivindicaciones 1-6, **caracterizado en la** siguiente secuencia de etapas:
- a: preparar un tren de pulsos de luz modulada,
 - b: preparar modulación aleatoria del tren de pulsos de luz,
 - c: seleccionar los siguientes parámetros para la modulación aleatoria,
 - frecuencia de modulación de la luz emitida por los LED de transmisión
 - la secuencia en la que se encienden los LED de transmisión, y
 - el intervalo de tiempo entre la iluminación de los LED individuales,
 - d: realizar la transmisión de la luz modulada aleatoriamente por uno o más de los LED individuales,
 - e: dejar que el fotodiodo detector reciba una señal reflejada,
 - f: realizar acondicionamiento de señal, amplificación y detección síncrona de la señal recibida,
 - g: mediante la comparación de la señal detectada y un nivel de umbral ajustado adaptativo que realiza una evaluación de si se presenta o no una reflexión para los LED individuales y
 - h: sobre la base de la evaluación y una tabla de verdad, decidir si se realiza una pulsación de tecla o no.

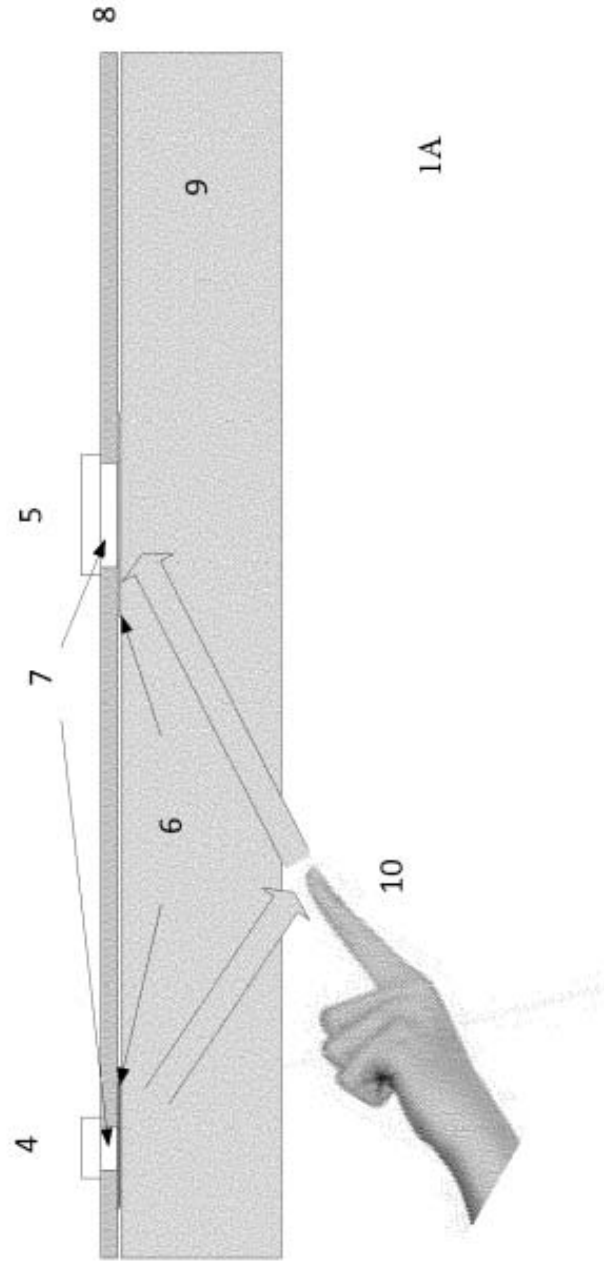


Figura 1

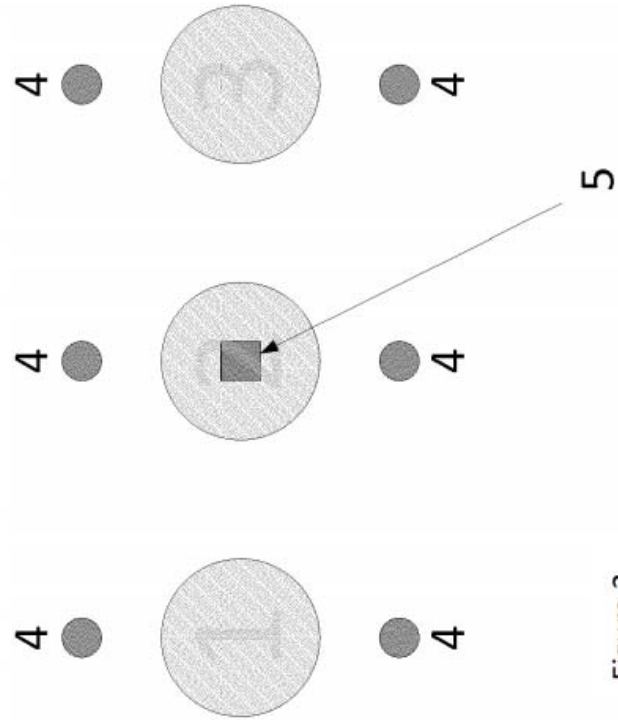


Figura 2

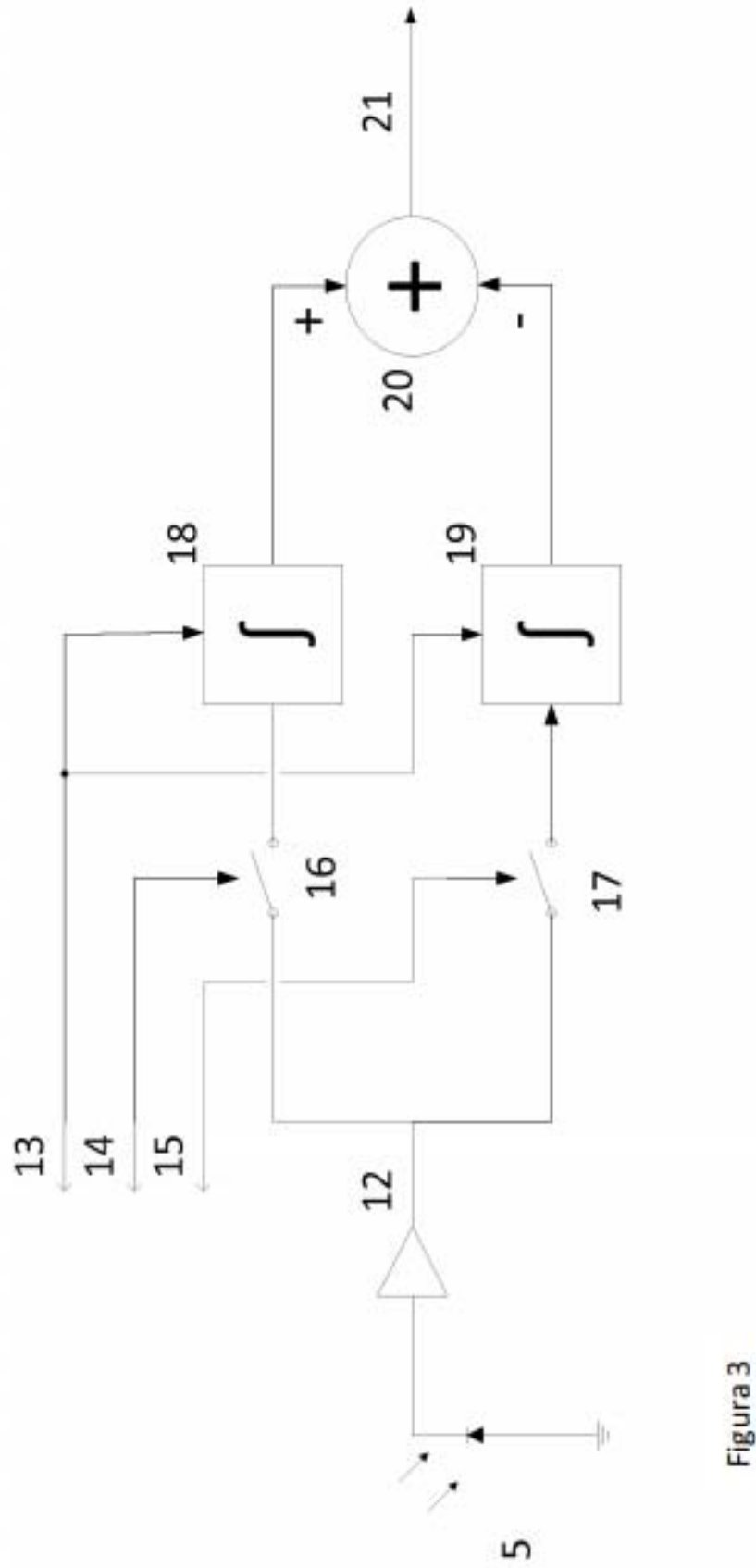


Figura 3

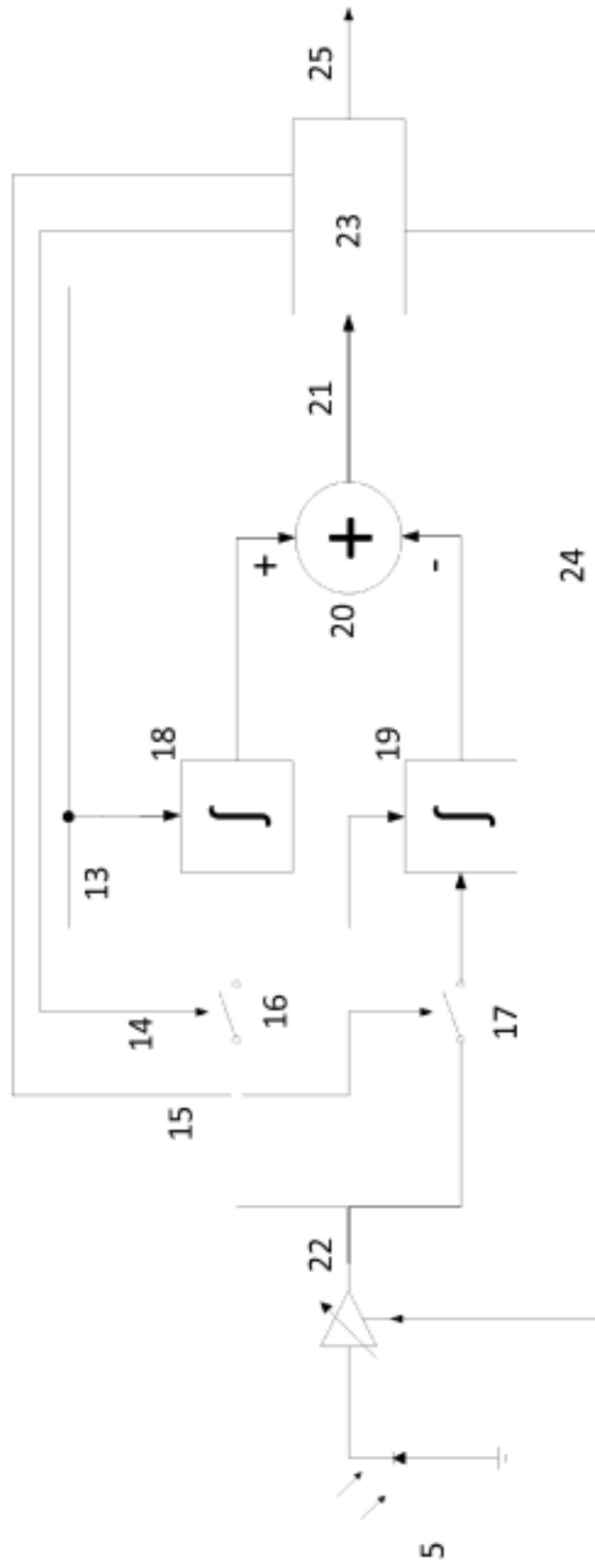


Figura 4

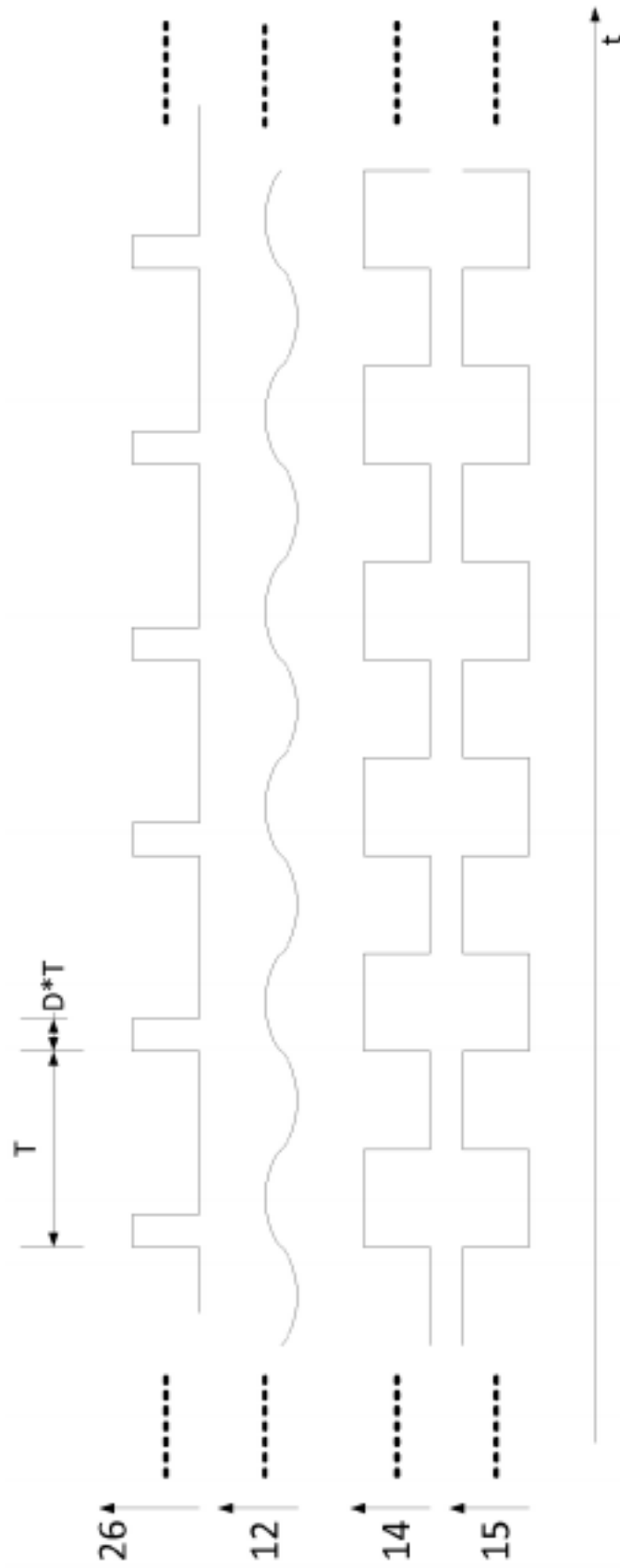


Figura 5

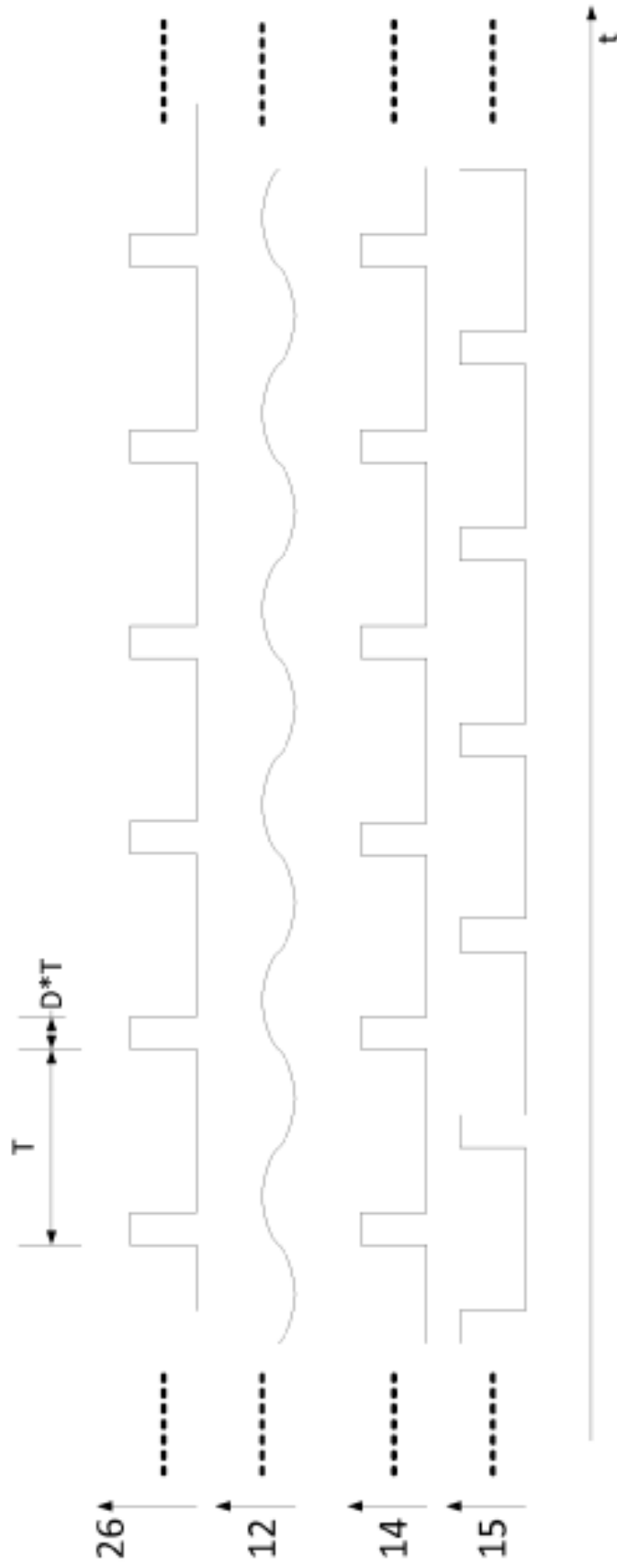


Figura 6

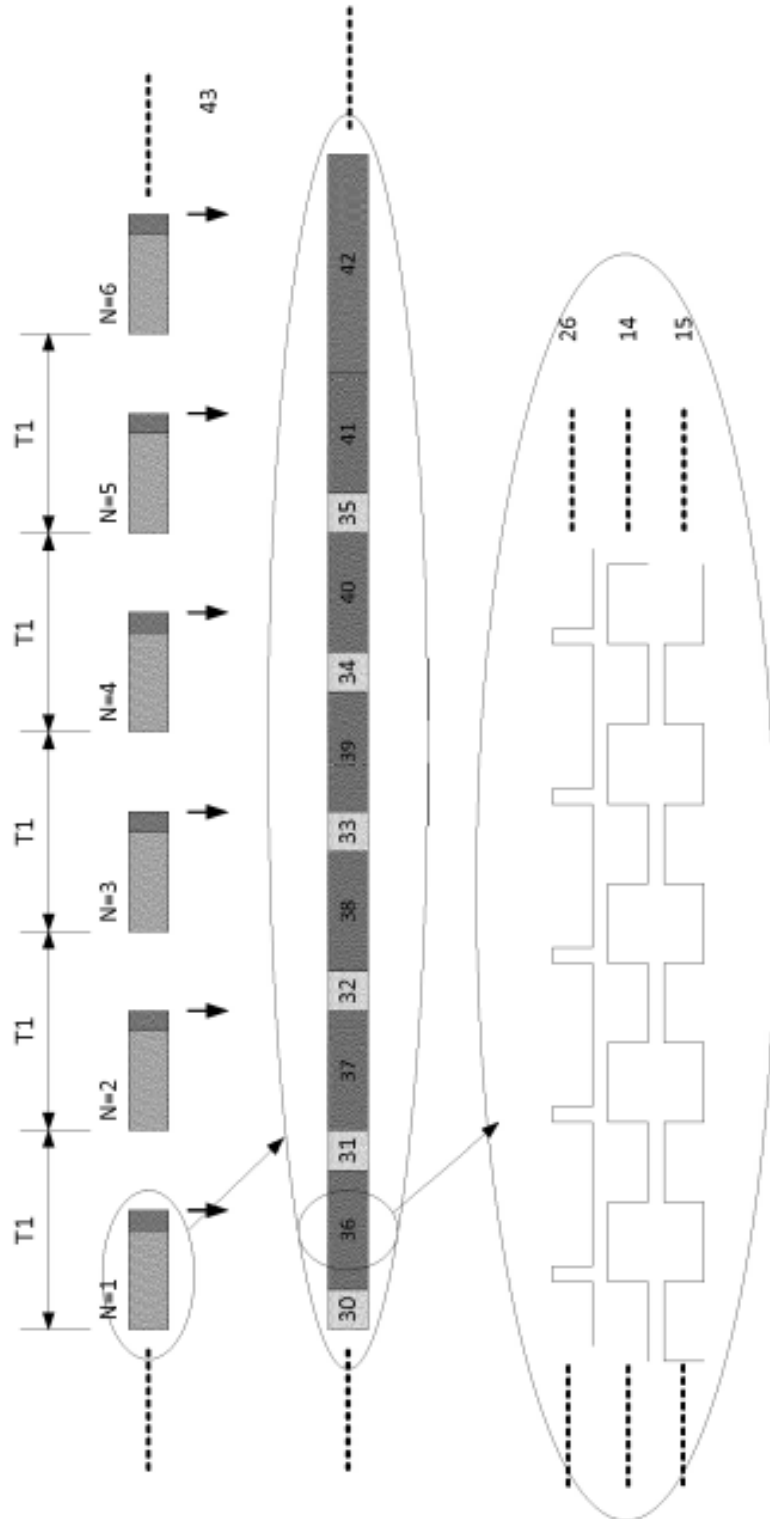


Figura 7

LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6	Resultado
+	+	-	-	-	-	Tecla 1
-	-	+	+	-	-	Tecla 2
-	-	-	-	+	+	Tecla 3
+	+	+	+	-	-	Tecla 1 y 2
-	-	+	+	+	+	Tecla 2 y 3
+	+	-	-	+	+	Tecla 1 y 3

Figura 8