(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 388 889**

(51) Int. CI.:
G01S 17/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **09005355 .4**
(96) Fecha de presentación: **15.04.2009**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2116868**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **11.11.2009**

(54) Título: **Sensor óptico**

(30) Prioridad:
07.05.2008 DE 102008022599

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2012

(73) Titular/es:
LEUZE ELECTRONIC GMBH + CO. KG
IN DER BRAIKE 1
73277 OWEN/TECK, DE

(72) Inventor/es:
Karaduman, Metin

(74) Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

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

Sensor óptico

La invención se refiere a un sensor óptico de acuerdo con los términos de la reivindicación 1.

Los sensores ópticos de este tipo constituyen sensores de distancia que funcionan en base al procedimiento de impulso y tiempo de recorrido. Para determinar la distancia al objeto de un objeto que hay que detectar el emisor del sensor óptico envía un impulso luminoso que se refleja por el objeto y así llega hasta el receptor del sensor óptico. A partir del tiempo de recorrido del impulso luminoso del emisor al objeto y de vuelta al receptor se calcula la distancia al objeto.

Los sensores ópticos del tipo del que se está hablando presentan circuitos de evaluación analógicos para determinar los tiempos de recorrido, los llamados convertidores "Time to analog". Los circuitos de evaluación de este tipo presentan un elemento capacitivo, en particular, un condensador cuyos procesos de carga se controlan mediante medios de conmutación. En cuanto se emite un impulso luminoso por el emisor se activan por primera vez los medios de conmutación. Esto puede hacerse valorando la tensión de salida del emisor con un valor umbral. En cuanto el emisor emite un impulso luminoso la tensión de salida supera el valor umbral. Así se accionan los medios de conmutación, mediante lo cual se inicia un proceso de carga del elemento capacitivo, en particular, la acumulación de carga del condensador. El proceso de carga se termina en cuanto el impulso luminoso se registra en el receptor. También en este caso se valora preferentemente la tensión de salida del receptor con un valor umbral. En cuanto la tensión de salida supera el valor umbral se accionan nuevamente los medios de conmutación y entonces se para el proceso de carga.

En función de la distancia al objeto varía el tiempo de recorrido del impulso luminoso y con ello la duración del proceso de carga del elemento capacitivo. Así, la tensión de medición generada durante el proceso de carga en el elemento capacitivo ofrece una medida directa del tiempo de recorrido del impulso luminoso y con ello la distancia al objeto.

Lo problemático en este caso es que, sin embargo, en función de los efectos de la temperatura y el envejecimiento de los componentes la tensión de medición evaluada como medida de la distancia al objeto está sometida a alteraciones y cambios que limitan la precisión de la medición de distancia notablemente.

El documento US 4 464 048 A se refiere a un dispositivo de medición de distancia que presenta como emisor un láser que emite impulsos luminosos en una secuencia temporal establecida. Como receptor se prevé un fotodiodo de avalancha. La medición de distancia se hace en base al principio del tiempo de recorrido, es decir, se mide el tiempo que necesita un impulso luminoso emitido por el emisor para llegar hasta un objeto y volver al receptor. Para ejecutar la medición del tiempo de recorrido está previsto un circuito de evaluación que presenta medios de conmutación para fijar el inicio y el final de la medición del tiempo de recorrido así como un elemento capacitivo utilizándose el proceso de carga del elemento capacitivo para la medición del tiempo de recorrido.

El documento US 5644261 A se refiere un dispositivo para probar circuitos integrados. Con el dispositivo se prueba el régimen temporal del circuito integrado. Para esto el dispositivo comprende una unidad para generar un pulso de reloj y un interpolador que genera señales de disparo para el ensayo.

La invención se basa en el objetivo de proporcionar un sensor óptico del tipo mencionado al principio que presente una precisión de medición mejorada con un bajo coste constructivo.

Para solucionar este objetivo se prevén las características de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas y perfeccionamientos convenientes de la invención están descritos en las reivindicaciones dependientes.

El sensor óptico según la invención comprende un emisor que emite impulsos luminosos, un receptor que recibe impulsos luminosos y un circuito de evaluación mediante el que a partir del tiempo de recorrido de un impulso luminoso hasta un objeto que hay que detectar se determina la distancia a este objeto. El circuito de evaluación presenta medios de conmutación y un elemento capacitivo. Al emitir un impulso luminoso se accionan los medios de conmutación y dan comienzo a un proceso de carga del elemento capacitivo. Este proceso de carga finaliza cuando se accionan de nuevo los medios de conmutación. La tensión de medición obtenida con este proceso de carga se evalúa como medida de la distancia al objeto. El circuito de evaluación presenta un generador de pulsos de reloj para establecer tiempos de referencia. Después de determinar la tensión de medición que representa el tiempo de recorrido se ejecuta un proceso de carga del elemento capacitivo por primeras activaciones de los medios de conmutación durante un primer tiempo de referencia establecido por el generador de pulsos de reloj que es menor que el tiempo de recorrido obteniéndose así una primera tensión de referencia.

Mediante segundas activaciones de los medios de conmutación se ejecuta un segundo proceso de carga del elemento capacitivo durante un segundo tiempo de referencia fijado por el generador de pulsos de reloj que es mayor que el tiempo de recorrido. Mediante la interpolación de los tiempos de referencia y las tensiones de referencia se determina el valor exacto del tiempo de recorrido para la tensión de medición.

La idea básica de la invención consiste por tanto en que después de la medición para determinar el tiempo de recorrido de un impulso luminoso a un objeto y de vuelta al sensor óptico se hacen dos medidas de calibración pudiéndose eliminar sistemáticamente, relacionando las medidas del tiempo de recorrido y las medidas de referencia, los efectos interferentes externos en el circuito de evaluación, en particular, debidos a la deriva térmica o al envejecimiento de los componentes consiguiéndose un aumento significativo de la precisión de la medida de la distancia.

Lo fundamental es que para las medidas de calibración durante el tiempo de referencia respectivo prefijado, y con ello conocido, establecido por el generador de pulsos de reloj, se ejecute un proceso de carga del elemento capacitivo. Los tiempos de referencia establecidos por generador de pulsos de reloj son independientes de la deriva térmica y dimensiones de los componentes del circuito de evaluación y proporcionan así una escala exacta invariable para las medidas de calibración.

Los tiempos de referencia se escogen según la invención de modo que un tiempo de referencia sea menor, el otro tiempo de referencia sea mayor que el tiempo de recorrido determinado. Para ello los tiempos de referencia se establecen adecuadamente mediante control por ordenador inmediatamente después de que se haya medido el tiempo de recorrido a través de la tensión de medición del elemento capacitivo.

Entonces, mediante la interpolación de los tiempos de referencia y de las tensiones de referencia obtenidas en el elemento capacitivo durante las medidas de calibración se obtiene el valor exacto del tiempo de recorrido.

La calibración de los valores de medición del tiempo de recorrido sólo requiere como componente adicional un generador de pulsos de reloj, que preferentemente está formado por un oscilador de cuarzo. La calibración se puede hacer entonces con un gasto constructivo extremadamente bajo.

En general para una medición de distancia puede usarse un impulso luminoso único. Para aumentar más la precisión de medición pueden tomarse varios impulsos luminosos para una medición de distancia suponiendo estos proporcionan sucesivas cargas del condensador que constituye el elemento capacitivo. Las mediciones de calibración pueden hacerse en consonancia para las mediciones de tiempo de recorrido con múltiples pulsos.

Otro aumento de la precisión de medición del sensor óptico según la invención se consigue con una conmutación dinámica del intervalo de medición del elemento capacitivo. El elemento capacitivo está compuesto preferentemente por un condensador. Cuanto mayor sea el tiempo de recorrido a medir más dura el proceso de carga del condensador y mayor es, en caso de que no se efectúe una conmutación del intervalo de medida, la tensión de medición del condensador. Puesto que la relación entre la tensión de medición y el tiempo de recorrido no es lineal la precisión en la obtención del tiempo de recorrido depende así también del valor de tensión de medición. Con la conmutación dinámica del intervalo de medición se consigue que la tensión de medición se mantenga en un valor fijo, óptimo independientemente del tiempo de recorrido que en su caso haya que medir, mejorándose así la precisión de medición del sensor óptico todavía más.

El receptor del sensor óptico está formado preferentemente por un fotodiodo de avalancha. Para poder registrar con garantías objetos de diferente reflectividad a distancias distintas mediante este receptor el punto de trabajo del fotodiodo de avalancha ha de ajustarse convenientemente. El punto de trabajo se elige preferentemente inferior y muy próximo al de la tensión de ruptura, aproximadamente un 10% por debajo de la tensión de ruptura. La determinación de la tensión de ruptura se hace preferentemente durante ambas mediciones de calibración.

Durante estas mediciones de calibración se apaga preferentemente el emisor de modo que para la determinación de la tensión de ruptura se registra la tensión de ruido del fotodiodo de avalancha para una tensión de entrada que aumenta permanente. Lo ventajoso es que para esto pueden utilizarse los componentes circuitales que ya tiene el sensor óptico para la medición de distancia de modo que puede mantenerse bajo el coste constructivo para el cálculo.

La invención se explica a continuación por medio de los dibujos. Muestran:

La figura 1: representación esquemática de un sensor óptico.

La figura 2: parte analógica del circuito de evaluación del sensor óptico de acuerdo con la figura 1.

La figura 3: diagramas temporales de la ejecución de la medición de distancia con el sensor óptico de acuerdo con

la figura 1.

La figura 4: el diagrama tensión-tiempo para la medición de tiempo de acuerdo con la figura 3.

La figura 1 muestra esquemáticamente la estructura de un ejemplo de realización del sensor 1 óptico de acuerdo con la invención. El sensor 1 óptico es un sensor de distancia que funciona en base al procedimiento impulso-tiempo de recorrido. El sensor 1 óptico presenta un emisor 3 que emite un impulso 2 luminoso que es un diodo láser. El sensor 1 óptico presenta además un receptor 4 que recibe impulsos 2 luminosos en forma de un fotodiodo de avalancha. Al emisor 3 está asociada una óptica 5 de emisión y al receptor 4 una óptica 6 de recepción. El emisor 3 se controla por una unidad 7 de control. Las señales de salida generadas en el receptor 4 se evalúan en un circuito 8 de evaluación. Como componente común de la unidad 7 de control y del circuito 8 de evaluación se prevé una unidad de cómputo no representada en particular. Al menos componentes de la unidad 7 de control y del circuito 8 de evaluación están implementados en un circuito ASIC.

Para determinar la distancia de un objeto 9 al sensor 1 óptico el emisor 3 emite un impulso 2 luminoso con longitudes de pulso prefijadas. Para la determinación de la distancia se evalúa en cada caso el tiempo de recorrido del impulso 2 luminoso desde el sensor 3 al objeto 9 y de vuelta al receptor 4.

La figura 2 muestra los componentes analógicos del circuito 8 de evaluación para realizar las medidas de distancia. El circuito 8 de evaluación presenta una fuente 10 de corriente controlada por tensión que está conectada por una entrada 11 a la unidad de cómputo de modo que a través de la unidad de cómputo puede establecerse la tensión de la fuente 10 de corriente. Además el circuito 8 de evaluación presenta como medios de conmutación un interruptor 12 así como un condensador 13 como elemento capacitivo. Mediante el condensador 13 se genera una tensión de medición que se hace pasar por el cable 14 hasta un convertidor analógico digital preferentemente integrado en la unidad de cómputo. La tensión de medición se evalúa en la unidad de cómputo para obtener la distancia al objeto.

Las mediciones de tiempo ejecutadas con el sensor 1 óptico se exponen en los diagramas temporales de la figura 3. El primer diagrama (superior) muestra un pulso de reloj del sistema en forma de una secuencia de pulsos periódicos que se generan por un generador de pulsos de reloj. El generador de pulsos de reloj en este caso está formado por un oscilador de cuarzo integrado en la unidad de cómputo. Con un pulso del pulso de reloj del sistema (segundo diagrama de la figura 3) se activa el emisor 3, emitiendo éste entonces un impulso 2 luminoso (tercer diagrama de la figura 3). La emisión del impulso 2 luminoso se ve retrasada un tiempo T_{d1} con respecto al pulso del sistema debido a los retardos producidos en los componentes.

El impulso 2 luminoso emitido por el emisor 3 toca en el objeto 9 a detectar y retorna desde él al receptor 4. La señal de tensión generada en el receptor 4 por el impulso 2 luminoso incidente está representada en el cuarto diagrama. Esta señal en forma de pulso es función del tiempo de recorrido del impulso 2 luminoso hasta el objeto 9 y está retrasada en un tiempo t_{mess} medido en el circuito 8 de evaluación. El punto de comienzo y de finalización se define mediante la unidad de valor umbral que, preferentemente, está integrada en la unidad de cómputo. Con la unidad de cómputo se genera un valor umbral usado en la evaluación del impulso 2 luminoso emitido por el emisor 3 (es decir, la tensión correspondiente del emisor 3) y la señal de salida, tensión de salida, del receptor 4.

En cuanto el impulso 2 luminoso emitido por el receptor supera el valor umbral se abre el interruptor 12 del circuito 8 de evaluación de acuerdo con la figura 2 y se carga el condensador 13. En cuanto la señal de salida del receptor 4 supera el valor umbral se cierra el interruptor 12, finalizando así el proceso de carga del condensador 13. Puesto que el interruptor 12 no se cierra antes de superarse el valor umbral la medición del tiempo de recorrido no se termina justo tras venir de registrar el impulso 2 luminoso sino que queda retrasado un tiempo T_{d2}. El grado de carga del condensador 13 y así la tensión U_{mess} de medición que se le pasa a la unidad de cómputo a través del cable 14 define el tiempo t_{mess} de medida entre el impulso 2 luminoso emitido por el emisor 3 y la recepción del impulso 2 luminoso en el receptor 4, es decir, el tiempo t_{mess} refleja el tiempo de recorrido del impulso 2 luminoso al objeto 9.

Debido a la deriva térmica y al envejecimiento de los componentes el tiempo t_{mess} medido se ve afectado por imprecisiones debidas al sistema. Para eliminarlas, inmediatamente después de la detección del objeto, mediante la emisión de un impulso 2 luminoso (tercer y cuarto diagrama de la figura 3) se efectúa una primera medición de calibración (quinto y sexto diagrama de la figura 3) y una segunda medición de calibración (séptimo y octavo diagrama de la figura 3). Durante las mediciones de calibración se apaga el emisor 3. Las mediciones de calibración se ejecutan en cada caso para un tiempo de referencia (t_{cal1}, t_{cal2}) establecido por el pulso de reloj del sistema del oscilador de cuarzo. Los tiempos de referencia son respectivamente múltiplos enteros del periodo del pulso del sistema. Como puede verse en los diagramas quinto y sexto de la figura 3, el tiempo t_{cal1} de referencia es menor que el tiempo t_{mess} medido. Además como puede verse en los diagramas séptimo y octavo de la figura 3, el tiempo t_{cal2} de referencia es mayor que el tiempo t_{mess} medido. Las diferencias t_{cal2}-t_{mess}, respectivamente t_{mess}-t_{cal1}, son menores que la duración del periodo del pulso de reloj del sistema.

Para cada medición de calibración con el primer pulso del pulso de reloj del sistema (inicio del intervalo de tiempo t_{cal1} o t_{cal2}) se abre el interruptor 12 del circuito 8 de evaluación abriéndose el interruptor 12 con un retardo de tiempo t_{d3} (respectivamente t_{d5}), con respecto al pulso del pulso de reloj del sistema. Análogamente el intervalo de tiempos t_{cal1}, t_{cal2} termina al cerrarse el interruptor 12 activándose este cierre también por el pulso del pulso de reloj del sistema estando retrasado el instante de cierre en una cantidad t_{d4} (respectivamente t_{d6}) con respecto al pulso del pulso de reloj del sistema.

Al principio del intervalo t_{cal1} o t_{cal2} de tiempo, al abrir el interruptor se carga el condensador 13 a través de la fuente 10 de corriente.

Al cerrar el interruptor 12 el proceso de carga del condensador 13 finaliza. Mediante estos procesos de carga durante los tiempos, t_{cal1}, t_{cal2} se obtienen tensiones U_{cal1}, U_{cal2} de referencia que se le pasan a la unidad de cómputo a través del cable 14.

En base a las tensiones U_{cal1}, U_{cal2} de referencia y los tiempos $t_{cal1,}$ t_{cal2} de referencia se hace una determinación precisa del tiempo t_{mess} medido. El tiempo t_{mess} medido resulta entonces a partir de las magnitudes mencionadas de acuerdo con la siguiente relación:

$$t_{mess} = (t_{cal2} - t_{cal1}) \cdot U_{mess} / (U_{cal2} - U_{cal1}) + (U_{cal2} t_{cal1} - U_{cal1} t_{cal2}) / (U_{cal2} - U_{cal1})$$

Esta determinación del tiempo t_{mess} medido se expone en la figura 4 que muestra las tensiones obtenidas en el condensador 13 del circuito 8 de evaluación tras cada proceso de carga individual en función de los tiempos de recorrido. Como puede verse en la figura 4, se obtiene t_{mess} estando su valor en el intervalo entre t_{cal1} y t_{cal2} en consonancia con el valor de la tensión U_{mess} de medición que está entre las tensiones U_{cal1}, U_{cal2} de referencia.

El tiempo t_{mess} de medición así determinado forma el tiempo de recorrido del impulso 2 luminoso desde el emisor 3 al objeto 9 y desde éste de vuelta al receptor 4. Con la calibración mediante las dos mediciones de calibración el tiempo de recorrido es independiente de magnitudes interferentes como deriva térmica o envejecimiento de los componentes del circuito 8 de evaluación. A partir del tiempo de recorrido determinado así la unidad de cómputo calcula la distancia al objeto y la presenta entonces como magnitud de salida del sensor 1 óptico.

Como puede verse en el diagrama de la figura 4 la tensión en el condensador 13, a la que se llega durante el proceso de carga, es tanto mayor cuanto mayor sea el tiempo de recorrido del pulso, es decir, la duración del proceso de carga.

En general, al contrario de lo que se representa en la figura 4 resulta una dependencia entre la tensión en el condensador 13 y el tiempo de recorrido que no es lineal. Para evitar las imprecisiones ocasionadas eventualmente por la no linealidad a la hora de determinar el tiempo de recorrido para el sensor 1 óptico puede preverse una conmutación del intervalo de medición.

Para esto con la unidad de cómputo se ajusta la tensión de la fuente 10 de corriente controlada por tensión de tal manera que la tensión generada por el condensador 13 durante un proceso de carga sea constante, independiente del tiempo de recorrido del pulso de modo que se haga una medición del tiempo de recorrido del pulso siempre para un punto de trabajo óptimo. En este caso la tensión establecida en la unidad de cómputo para la fuente 10 de corriente es la medida del tiempo de recorrido del pulso obtenido.

Con el sensor 1 óptico se detectarán objetos 9 de diferente reflectividad y a diferentes distancias con la misma fiabilidad. Para conseguir esto, es fundamental ajustar un punto de trabajo optimizado para el fotodiodo de avalancha que es el receptor 4. Ventajosamente el punto de trabajo estará un 10% por debajo de la tensión de ruptura del fotodiodo de avalancha. Para poder efectuar este ajuste del punto de trabajo tiene que calcularse la tensión de ruptura.

La obtención de la tensión de ruptura del fotodiodo de avalancha se hace durante la medición de calibración. Durante esta medición de calibración se apaga el emisor 3. Para determinar la tensión de ruptura se va aumentando paso a paso la tensión de entrada del fotodiodo de avalancha. La tensión de salida del fotodiodo de avalancha se mide permanentemente, correspondiéndose ésta con el ruido del fotodiodo de avalancha, comparándose con el valor umbral generado por la unidad de valor umbral. Con un contador implementado preferentemente en la unidad de cómputo se cuentan las veces que se sobrepasa el valor umbral. La tensión de ruptura del fotodiodo de avalancha se alcanza entonces cuando en el contador se registra un número establecido de veces que se supera el valor umbral.

Lista de números de referencia

(1) sensor óptico

(2) impulso luminoso

(3) emisor

(4) receptor

(5) óptica de emisión

(6) óptica de recepción

(7) unidad de control

(8) circuito de evaluación

(9) objeto

(10) fuente de corriente

11) entrada

(12) interruptor

(13) condensador

(14) cable

REIVINDICACIONES

1. Sensor óptico con un emisor que emite impulsos luminosos, un receptor que capta impulsos luminosos y un circuito de evaluación mediante el que a partir del tiempo de recorrido de un impulso luminoso hasta un objeto a detectar se determina la distancia a dicho objeto presentando el circuito de evaluación medios de conmutación y un elemento capacitivo, accionándose, al emitir un impulso luminoso, los medios de conmutación e iniciándose un proceso de carga del elemento capacitivo y finalizando dicho proceso de carga al accionarse de nuevo los medios de conmutación y tomándose la tensión generada por este proceso de carga como medida de la distancia al objeto, **caracterizado por que** el circuito (8) de evaluación presenta un generador de pulsos de reloj para establecer tiempos de referencia y por que después de determinar la tensión de medición que representa el tiempo de recorrido, mediante primeras activaciones de los medios de conmutación, se realiza un proceso de carga del elemento capacitivo durante un primer tiempo de referencia establecido por el reloj de pulsos que es más pequeño que el tiempo de recorrido, mediante lo cual se obtiene una primera tensión de referencia y mediante segundas activaciones de los medios de conmutación se ejecuta un proceso de carga del elemento capacitivo durante un segundo tiempo de referencia establecido por el generador de pulsos de reloj, que es mayor que el tiempo de recorrido, y por que por interpolación de los tiempos de referencia y de las tensiones de referencia para la tensión de medición se determina el valor exacto del tiempo de recorrido.

2. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el elemento capacitivo es un condensador (13) y por que el proceso de carga es una acumulación de carga del condensador (13).

3. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** está prevista una fuente (10) de corriente controlada por tensión mediante la que se establece una corriente para cargar el condensador (13).

4. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** se prevé una unidad de valor umbral mediante la que se genera al menos un valor umbral, comparándose con el valor umbral la amplitud del impulso (2) luminoso emitido por el emisor (3) e incidente en el receptor (4), y por que se accionan los medios de conmutación cuando el nivel de tensión correspondiente a las amplitudes de los impulsos (2) luminosos está por encima del valor umbral.

5. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el generador de pulsos de reloj está formado por un oscilador de cuarzo que genera una secuencia periódica de pulsos como pulso de reloj del sistema.

6. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** los tiempos de referencia son múltiplos enteros del periodo del pulso de reloj del sistema.

7. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 ó 5, **caracterizado por que** la diferencia entre el primer tiempo referencia y el tiempo de recorrido así como entre el segundo tiempo referencia y el tiempo de recorrido son menores que un periodo del pulso de reloj del sistema.

8. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado por que** el intervalo de medida del elemento capacitivo se puede conmutar dinámicamente estableciendo con control por ordenador la tensión de la fuente (10) de corriente.

9. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la tensión de la fuente (10) de corriente se ajusta de modo que la tensión de medición generada en el elemento capacitivo sea constante.

10. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el receptor (4) está formado por un fotodiodo de avalancha, y por que la tensión de ruptura del fotodiodo de avalancha se determina durante las mediciones para obtener el tiempo de referencia.

11. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** durante las mediciones para obtener el tiempo de referencia el emisor (3) está apagado, y por que para determinar la tensión de ruptura se aumenta la tensión entrada del fotodiodo de avalancha hasta que su tensión de salida supera un valor umbral, generándose el valor umbral mediante la unidad de valor umbral.

12. Sensor óptico de acuerdo con la reivindicación 11 **caracterizado por que** se prevé un contador con el que se cuenta el número de veces que se sobrepasa el valor umbral, y por que se considera alcanzada la ruptura del fotodiodo de avalancha cuando el número de veces que se supera el valor umbral excede un valor establecido.

13. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** el punto de trabajo del fotodiodo de avalancha puede ajustarse automáticamente en función de la tensión de ruptura obtenida.

14. Sensor óptico acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que** el circuito (8) de evaluación presenta una unidad de cómputo en la que se convierten los tiempos de recorrido obtenidos en valores de distancia.

15. Sensor óptico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado por que** al menos partes del circuito (8) de evaluación están implementados en un circuito ASIC.

Fig. 1

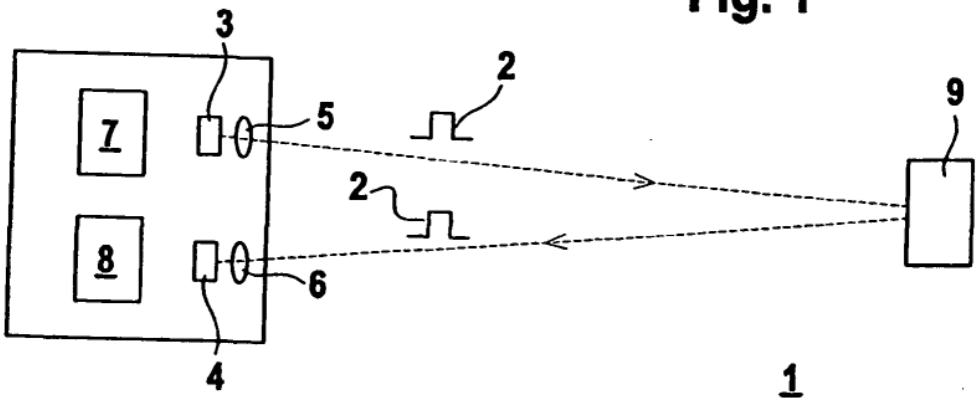


Fig. 2

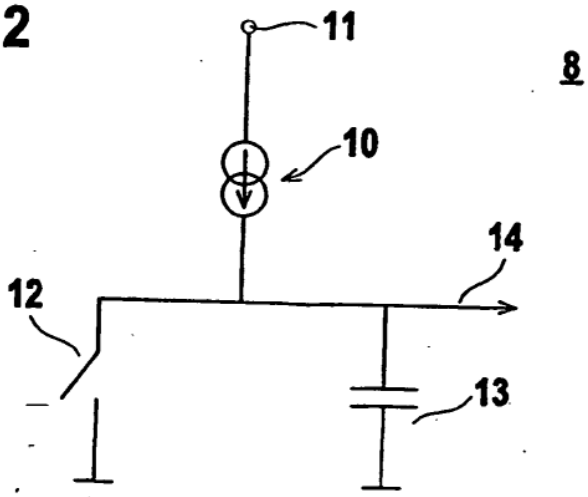


Fig. 3

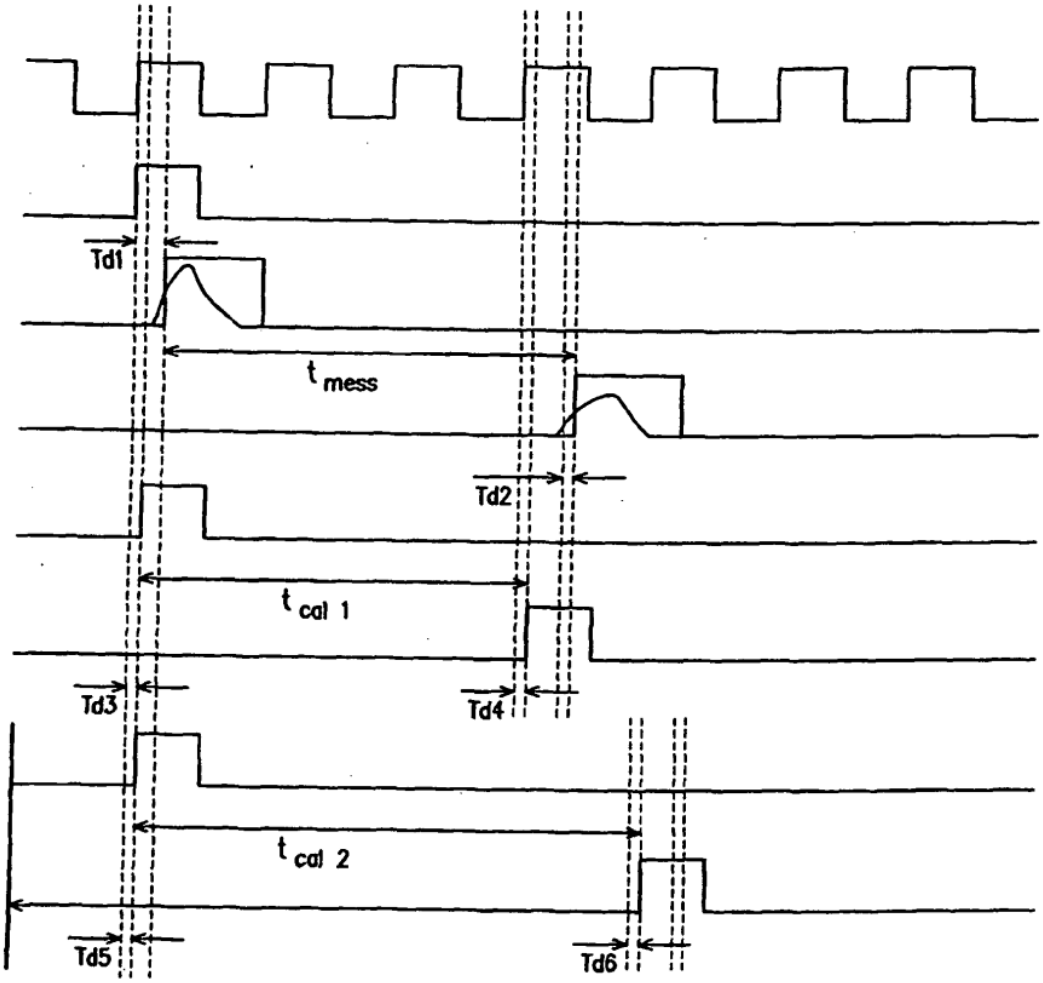
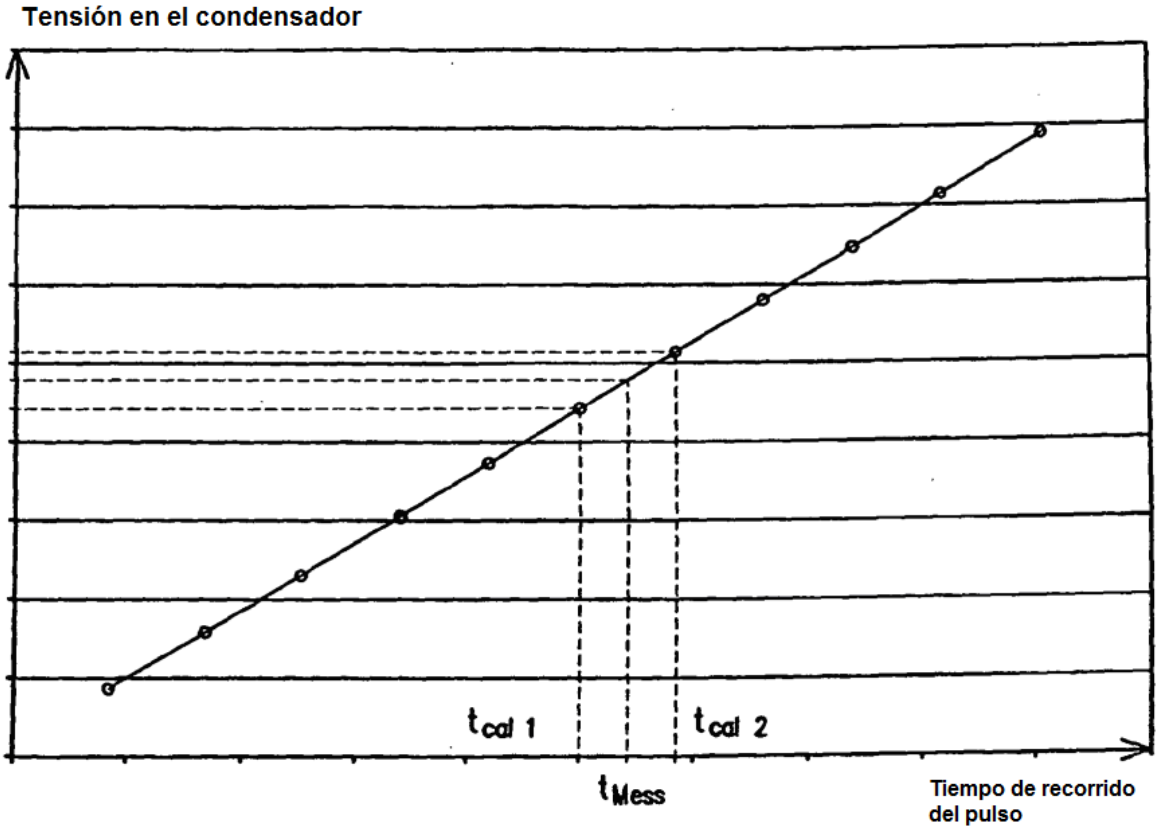


Fig. 4


Tensión en el condensador
$t_{cal\ 1}$
$t_{cal\ 2}$
t_{Mess}
Tiempo de recorrido del pulso