



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 277 457**

51 Int. Cl.:
G04F 10/00 (2006.01)
G04F 10/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99962469 .5**
86 Fecha de presentación : **24.12.1999**
87 Número de publicación de la solicitud: **1145084**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.10.2001**

54 Título: **Determinación del retardo y determinación del desplazamiento de señal.**

30 Prioridad: **24.12.1998 GB 9828693**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.07.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.07.2007

73 Titular/es: **mitsubishi denki kabushiki kaisha**
7-3, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP

72 Inventor/es: **Szajnowski, Wieslaw Jerzy y**
Ratliff, Paul, A.

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

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

Determinación del retardo y determinación del desplazamiento de señal.

5 La presente invención se refiere a la determinación del retardo de tiempo entre al menos dos señales. Las técnicas descritas pueden ser también aplicadas en general a la determinación de la cantidad en la que una señal está desplazada con relación a otra señal.

10 Una aplicación obvia de la determinación del retardo de tiempo consiste en la sincronización de diferentes procesos o funciones que han de ser realizados en un sistema complicado de ingeniería, especialmente en un sistema de comunicaciones. Existen muchas otras aplicaciones prácticas de la determinación de retardo de tiempo; por ejemplo, los sistemas de radar y sonar. También, en algunas aplicaciones industriales y biomédicas, en las que se conoce una distancia, pero se precisa la velocidad de la forma de onda, asociada a algún fenómeno o proceso, ésta puede ser estimada mediante la determinación del tiempo requerido para que este fenómeno o proceso se desplace esa distancia conocida.

15 Un método convencional de determinación de un retardo de tiempo Δt , consiste en estimar la función de correlación cruzada estándar:

$$20 \quad R_{xy}(\tau) = (1/T) \int x(t) \cdot y(t + \tau) dt = (1/T) \int x(t - \tau) \cdot y(t) dt$$

donde la integral se evalúa en el intervalo de observación de duración T y para una gama de retardos de tiempo hipotéticos $\tau_{\min} < \tau < \tau_{\max}$. El valor de argumento de τ , a saber τ_0 , que minimiza la función $R_{xy}(\tau)$ de correlación cruzada, proporciona una estimación del retardo de tiempo Δt desconocido.

En general, la operación de correlación cruzada comprende las tres etapas siguientes:

1. retardar la señal $x(t)$ de referencia en τ ;
2. multiplicar los valores de una señal $y(t)$ recibida y de la referencia $x(t)$ retardada;
3. integrar el producto obtenido en la etapa 2 en un intervalo T de tiempo de observación especificado.

35 Un diagrama de bloques de un sistema correlacionador cruzado estándar, ha sido representado en la Figura 1. El sistema comprende una línea 100 de retardo variable, un multiplicador 102 y un integrador 104. Un ejemplo de curva típica de correlación cruzada, que con su máximo determina la estimación τ_0 de retardo de tiempo, ha sido mostrado en la Figura 2.

40 El sistema ilustrado realiza las operaciones requeridas y funciona en serie; sin embargo, se conocen también sistemas paralelo, en los que, por ejemplo, la línea de retardo de variable única se ha sustituido por una línea de retardo con derivaciones (de tipo "brigada de dirección"), proporcionando las derivaciones retardos incrementales que se alimentan a multiplicadores respectivos cuyas salidas se alimentan a integradores respectivos. Se debe puntualizar que la operación de correlación cruzada puede ser realizada tanto en el dominio del tiempo, según se ha discutido en lo que antecede, como en el dominio de la frecuencia.

45 La curva de correlación cruzada observada contiene habitualmente errores asociados a las fluctuaciones aleatorias de la propia señal, así como también errores debidos a los efectos del ruido y de interferencias. Como resultado, la tarea de localizar el pico de correlación cruzada es bastante difícil de llevar a cabo en la práctica. Incluso cuando el pico está bien definido, su posición se encuentra normalmente evaluando la función de correlación cruzada en varios puntos, y calculando las diferencias correspondientes para aproximar la derivada de la función de correlación cruzada. Cuando se utiliza este procedimiento en un sistema de rastreo, las operaciones adicionales requeridas son computacionalmente pesadas, e inconvenientes en el mejor de los casos.

55 Una clase importante de métodos activos para la determinación de un retardo de tiempo desconocido, está basada en la integración síncrona. La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema activo para determinar el retardo de tiempo. La señal $x(t)$ transmitida se retarda en una cantidad desconocida por la trayectoria 300 de señal, y se integra mediante el integrador 302 síncrono en sincronismo con la señal $x(t)$ transmitida. El proceso de integración en un integrador síncrono se inicia y se controla por medio de un tren de pulsos de disparo obtenidos por medio de un generador 304 de disparo a partir de la propia señal $x(t)$. Los sistemas de integración síncrona conocidos emplean señales compuestas repetitivas que consisten en un número de formas de onda idénticas. La Figura 4 muestra un ejemplo de formas de onda típicas y de las operaciones realizadas por parte de un integrador síncrono. En este caso, cada pulso de disparo coincide con el flanco de ataque de la forma de onda de la señal que se está transmitiendo. La forma de onda $y(t)$ de la señal de salida es una réplica retardada en el tiempo, alterada por el ruido y las interferencias. Si el número total K de formas de onda integradas es suficientemente grande, entonces el promedio acumulado, observado a la salida del integrador síncrono, tendrá la misma forma que la forma de onda $x(t)$ transmitida repetidamente. El retardo de tiempo Δt desconocido puede ser determinado entonces a partir de la diferencia de tiempo entre la ocurrencia del pulso de disparo y el flanco de ataque del promedio acumulado.

Sería deseable proporcionar una técnica mejorada para determinar el retardo de tiempo.

Los aspectos de la presente invención se exponen en las reivindicaciones que se acompañan.

5 Según un aspecto preferido de la presente invención, se mide un retardo de tiempo entre dos señales, cada una de las cuales se corresponde con la otra, pero que no necesitan ser idénticas. Una de las señales se procesa con el fin de determinar una secuencia de eventos que están separados por intervalos no uniformes. La señal está con preferencia diseñada de modo que los eventos definen al menos una sucesión sustancialmente aperiódica. Los segmentos de la segunda señal se adquieren a intervalos que corresponden con intervalos entre los eventos sucesivos derivados de la primera señal. Los segmentos se combinan. En una posición dentro de los segmentos combinados que corresponde con el desplazamiento de tiempo entre la primera y la segunda señales, las partes de la segunda señal que corresponden con los eventos de la primera señal se combinarán entre sí. Esta posición puede ser determinada a partir de los segmentos combinados. En consecuencia, es posible determinar ese desplazamiento de tiempo que corresponde con el retardo entre las señales.

15 Con preferencia, los eventos están asociados a los flancos de una señal binaria, más preferentemente con los cruces por cero de una señal bipolar, de modo que las muestras combinadas o bien son una media distinta de cero (si el desplazamiento de tiempo no corresponde con el retardo entre las señales), o bien representan una función impar (si el desplazamiento de tiempo corresponde con el retardo). Investigando la función impar, se puede determinar el retardo de tiempo correcto.

20 En realizaciones preferidas de la presente invención que se describen en lo que sigue, un discriminador de retardo de tiempo emplea un muestreo implícito. Las técnicas convencionales de procesamiento de señales están basadas en las observaciones obtenidas mediante muestreo de una señal de interés en instantes de tiempo predeterminados (y generalmente equi-espaciados) (por ejemplo, muestreo de Nyquist), con independencia de los valores adoptados por la señal (lo que se denomina muestreo explícito). Al contrario que en un muestreo explícito, los métodos implícitos de muestreo hacen uso de los instantes de tiempo en los que la señal de interés (u otra señal asociada con la misma) adopta algunos valores predeterminados.

30 En las presentes realizaciones, la secuencia de eventos se deriva de una forma de onda sustancialmente aperiódica, la cual puede ser una forma de onda caótica u otra forma de onda aleatoria o pseudo-aleatoria, con características temporales adecuadas. La forma de onda se utiliza para producir una serie de marcas temporales, correspondientes con los eventos, que pueden ser referidas como proceso puntual aleatorio. Con preferencia, aunque no necesariamente, estas marcas temporales se obtienen utilizando instantes de tiempo elegidos adecuadamente en los que la forma de onda cruza un nivel constante predeterminado (por ejemplo, nivel cero), o un nivel que varíe en el tiempo de alguna forma específica. Los cruces por el nivel cero con pendiente positiva, serán citados como cruces por cero crecientes; de forma similar, los cruces por el nivel cero con pendiente negativa serán citados como cruces por cero decrecientes. Los cruces por cero (de formas de onda reales o complejas) permiten representaciones precisas y no ambiguas de los instantes de tiempo.

40 La serie de marcas temporales obtenidas a partir de la forma de onda, se utilizan después para construir una forma de onda binaria de tal modo que las marcas temporales constituyen los instantes de transición (conmutación) entre dos niveles de tensión elegidos adecuadamente. En consecuencia, toda la información de tiempo relevante necesaria para la determinación del retardo de tiempo, estará encapsulada en las series de instantes de transición de la forma de onda binaria. Cuando se utiliza una forma de onda binaria, se elimina la incertidumbre potencial adicional asociada a la amplitud variable en el tiempo de una forma de onda, lo que da como resultado una determinación del retardo de tiempo más eficaz y fiable. En particular, una forma de onda binaria simétrica (bipolar) con tiempos de transición aleatorios puede ser considerada como una señal particularmente deseable para el propósito de determinación del retardo de tiempo debido a que su estructura temporal es puramente aleatoria, es decir, aperiódica e irregular, mientras que su estructura de amplitud es muy simple.

55 Una disposición de ese tipo no es sin embargo esencial. Es importante que los eventos, o las marcas temporales, ocurran a intervalos no uniformes. Estos intervalos podrían ser múltiplos enteros de un período común, por ejemplo un ciclo de reloj, y esto podría ser probable, en efecto, en un sistema digital. Los intervalos no necesitan, sin embargo, ser completamente aperiódicos; podrían ser, por ejemplo, una secuencia que se repita (derivada de una señal pseudo-aleatoria), pero que ésta sea incluso sustancialmente aperiódica en tanto que el período de repetición sea suficientemente largo como para evitar resultados ambiguos (es decir, más largo que la gama de retardos que han de ser medidos).

60 La invención puede ser materializada en un aparato de detección de obstáculos o en otro dispositivo de radar, utilizando por ejemplo una portadora de microondas para la transmisión de una de las señales, y determinando el retardo entre esa señal y la reflexión recibida.

Aunque se utilice una forma de onda binaria construida a partir de una serie de marcas temporales aleatorias para la determinación del retardo de tiempo, la forma de onda aleatoria empleada realmente para la modulación de la portadora puede de hecho diferir de esta forma de onda binaria, puesto que solamente se utilizan las marcas temporales extraídas de esta forma de onda aleatoria. Como resultado, mientras la forma de onda puede proporcionar marcas temporales adecuadas, sus otros parámetros, por ejemplo los que afectan a su forma, pueden ser elegidos (o incluso “diseñados”) de acuerdo con otros criterios, tales como:

ES 2 277 457 T3

1. envolvente constante (es decir, señal continua, tal como una onda seno), para una transmisión de potencia eficaz;
2. una forma adecuada para una modulación de complejidad reducida;
3. apariencia a modo de ruido para una baja probabilidad de interferencia.

5

10

Se prefiere que la modulación de la portadora sea tal que se evite la alteración de la información temporal, tal como podría ocurrir si, por ejemplo, se transmite un pulso simple en cada instante de tiempo, y la trayectoria de transmisión es tal que el tiempo de elevación de la amplitud pueda verse distorsionado.

Una disposición que materializa la invención va a ser descrita a título de ejemplo con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

15

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema correlacionador cruzado estándar;

la Figura 2 muestra un ejemplo de una curva de correlación cruzada típica;

20

la Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema activo que emplea integración síncrona para determinar el retardo de tiempo desconocido;

la Figura 4 muestra un ejemplo de formas de onda típicas y de operaciones realizadas mediante un integrador síncrono para determinar el retardo de tiempo desconocido;

25

la Figura 5 es un diagrama de bloques de un radar de microondas para detección de un obstáculo, que constituye una realización de la invención,

30

la Figura 6 es un diagrama de forma de onda que ilustra una técnica de promediado implícito utilizada en la realización de la invención;

la Figura 7 muestra una forma de onda binaria obtenida mediante un proceso de ruido Gaussiano con densidad espectral de potencia Gaussiana;

35

la Figura 8 ilustra los efectos de una limitación del ancho de banda sobre la forma del promediado implícito;

la Figura 9 es un diagrama de bloques de un discriminador de retardo de tiempo utilizado en la materialización de la invención;

40

la Figura 10 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una disposición para obtener dos formas de onda diferentes con cruces por cero coincidentes;

la Figura 11 es un diagrama de bloques de un discriminador alternativo de retardo de tiempo;

45

la Figura 12 es un diagrama de bloques de otra realización de la invención;

la Figura 13 es un diagrama de bloques que muestra un discriminador de retardo de tiempo que procesa cruces por cero ascendentes y cruces por cero descendentes, y

50

la Figura 14 es un diagrama de bloques de otra realización de la invención.

Una realización de la invención, en forma de radar de microondas para detección de obstáculos, va a ser descrita con referencia a la Figura 5, la cual es un diagrama de bloques del radar de microondas para detección de obstáculos.

55

El radar de microondas comprende un generador 1 de señal aleatoria que produce formas de onda $x(t)$ y $z(t)$ aleatorias sustancialmente continuas, con un ancho de banda y otras características adecuadas. Éstas pueden ser idénticas o, según se discute en lo que sigue, diferentes. A los efectos de la presente realización, se supone que son idénticas.

60

El radar tiene también un oscilador 2 de microondas que genera una señal sinusoidal con la frecuencia de portadora requerida, un modulador 3 que modula uno o más de los parámetros (por ejemplo, la amplitud, la fase o la frecuencia) de la señal portadora con la forma de onda $z(t)$ aleatoria, un amplificador de potencia (PA) que amplifica la señal portadora modulada hasta un nivel requerido, una antena 5 (TA) transmisora de microondas que radia una onda electromagnética que representa la señal portadora modulada hacia un obstáculo 6, una antena 7 (RA) receptora de microondas que recibe una onda electromagnética reflejada hacia atrás por el obstáculo 6, un amplificador 8 (A) de entrada que amplifica una señal proporcionada por la antena 7 (RA) de recepción, y un desmodulador 9 que procesa conjuntamente la señal portadora de referencia suministrada por el oscilador 2 y la señal suministrada por el amplificador 8 (A) de entrada para reconstruir una réplica $y(t)$ retardada en el tiempo de la forma de onda $z(t)$ aleatoria transmitida.

65

La forma de onda $x(t)$ aleatoria y la réplica $y(t)$ retardada en el tiempo, son procesadas a continuación conjuntamente por un discriminador 10 de retardo de tiempo durante un intervalo de tiempo de observación específico, para producir una estimación del retardo de tiempo desconocido que es proporcional a la distancia (separación) entre el radar y el obstáculo 6. A continuación, las estimaciones de retardo de tiempo junto con los valores de los intervalos de tiempo de observación correspondientes, son suministrados a un procesador 11 de datos que determina la distancia (separación) desde el obstáculo 6 y, en caso de que sea apropiado, el procesador 11 puede determinar también la velocidad de este obstáculo.

Las formas de onda $x(t)$ e $y(t)$ se muestran en la Figura 6. La forma de onda $x(t)$ es una forma de onda bipolar binaria aleatoria simétrica que en esta realización es también la forma de onda $z(t)$ transmitida hacia un obstáculo. Toda la información de tiempo relevante está encapsulada en el conjunto de cruces por cero aleatorios de $x(t)$. A efectos ilustrativos, algunos cruces por cero crecientes sucesivos seleccionados de la forma de onda $x(t)$ han sido marcados en la Figura 6a mediante números de 1 a 9. La forma de onda $y(t)$ binaria, reflejada hacia atrás por un obstáculo y mostrada en la Figura 6b, es una réplica retardada en el tiempo de la forma de onda $x(t)$ binaria transmitida. En consecuencia, el patrón original de los cruces por cero aleatorios asociados a $x(t)$ ha sido desplazado en el tiempo Δt de retardo. En particular, el patrón de cruces ascendentes, 1 a 9, de $x(t)$, ha sido retardado en Δt para formar el patrón correspondiente de cruces ascendentes de $y(t)$, marcados en la Figura 6b mediante los números 1^* a 9^* .

Para ilustrar la técnica utilizada por el discriminador 10 de retardo de tiempo de esta realización, se considera la construcción de la pluralidad de segmentos de forma de onda de la forma de onda $y(t)$ como sigue:

1. Seleccionar una ventana T_w de observación de duración igual al (o mayor que el) valor $\Delta t_{\text{máx}}$ máximo esperado de retardo de tiempo que va a ser determinado; un ejemplo de una ventana de observación se muestra esquemáticamente en la Figura 6m;
2. Seleccionar un cruce por cero ascendente de $x(t)$ y seleccionar un segmento de $y(t)$ de duración T_w , empezando a partir del instante de tiempo coincidente con el cruce por cero ascendente seleccionado. Por ejemplo, cuando se ha elegido el cruce por cero 1 de $x(t)$, el segmento 1 de $y(t)$, correspondiente a este cruce por cero ascendente, tendrá la forma mostrada en la Figura 6c. Según se aprecia, el segmento 1 de $y(t)$ contiene el cruce por cero 1^* creciente que está retardado con respecto al cruce por cero 1 creciente de $x(t)$ en el retardo de tiempo Δt desconocido;
3. Repetir la etapa 2 seleccionando diferentes cruces por cero crecientes sucesivos (no necesariamente consecutivos) de $x(t)$ para construir segmentos de $y(t)$ correspondientes a esos cruces por cero crecientes seleccionados. Si la duración T_w de la ventana de observación se elige de acuerdo con la norma dada en la etapa 1, es decir, $T_w > \Delta t_{\text{máx}}$, entonces cada segmento de $y(t)$ contendrá necesariamente un cruce por cero ascendente que es una réplica retardada en el tiempo del cruce por cero ascendente seleccionado de $x(t)$, utilizado para construir este segmento particular. Puesto que ninguno de los cruces por cero ascendentes seleccionados de $x(t)$ define el punto de inicio del segmento correspondiente de $y(t)$, el cruce por cero ascendente correspondiente de $y(t)$ aparecerá en el instante de tiempo que sea exactamente igual a Δt , es decir, el retardo de tiempo desconocido. La Figura 6c muestra los nueve segmentos de $y(t)$, correspondientes a los cruces por cero ascendentes seleccionados de $x(t)$, de 1 a 9. Según se ve, cuando todos los segmentos de $y(t)$ están alineados entre sí en el tiempo, los cruces ascendentes correspondientes de $y(t)$, marcados con los números de 1^* a 9^* , se producen sincrónicamente en el instante de tiempo Δt .

El número de segmentos construidos es igual al número de cruces por cero ascendentes seleccionados para su procesamiento.

Considérese el caso en que el número de segmentos es muy grande y supóngase que el número medio de cruces por cero por segmento (es decir, durante la ventana T_w de observación) es mucho mayor que uno. El promedio de estos segmentos adoptará una forma característica, mostrada esquemáticamente en la Figura 6l. A partir de esto, se podrá observar que un detalle característico se produce en un tiempo Δt de retardo, que representa el tiempo de retardo entre la señal original y su réplica retardada.

Por lo tanto, se podrá apreciar que si se muestrea la forma de onda de $y(t)$ en un tiempo de retardo correspondiente a Δt , y las muestras se suman o se promedian, se encontrará este detalle característico; sin embargo, si se seleccionan otros tiempos de retardo, no existirá ninguna correlación entre los puntos de muestra y la señal $y(t)$, de modo que la media tenderá a cero. La Figura 6l es una representación de una combinación formada al tomar segmentos de la señal $y(t)$ y solaparlos. Se debe apreciar que aunque en esta realización preferida los segmentos ocupan también, dentro de la señal $y(t)$, períodos de tiempo solapados (debido a que los intervalos entre eventos sucesivos son generalmente más cortos que la ventana T_w), esto no es necesario.

Aunque la configuración detallada de la media de la Figura 6l dependerá de las propiedades estadísticas de la forma de onda binaria bajo consideración, se aplicará en general lo siguiente:

1. La media es una función impar; la transición brusca entre el pico negativo y el pico positivo se produce en el instante de tiempo especificado por el retardo Δt entre la forma de onda binaria original y su réplica

retardada; la magnitud de los dos picos opuestos es la misma e igual que la amplitud de la forma de onda binaria retardada;

2. En los instantes de tiempo lejanos al instante de tiempo de transición, la media es igual a cero debido a que el acondicionamiento en el cruce por cero no tiene ya ningún efecto y la media es ahora igual al valor medio (es decir, cero en este caso) de la forma de onda binaria que se está considerando.

Se puede demostrar teóricamente que cuando el número de segmentos promediados tiende a infinito, la forma de su promedio se aproxima a la derivada negada de la función de correlación del proceso binario fundamental. Puesto que la función de correlación del proceso binario debe tener un pico en el retardo cero, la derivada es ahí discontinua.

La Figura 7 muestra aproximadamente la forma ideal de la media de la Figura 6l con mayor detalle, suponiendo un proceso Gaussiano de ruido aleatorio, con una función de correlación Gaussiana. Para un ancho de banda rms de 100 Mhz, el ancho de cada una de las dos partes es igual a 5 ns y el valor V_0 de pico se reduce a $V_0/2$ en el instante $T_0 = 2,5$ ns que corresponde a una distancia de 37,5 cm.

Cuando no existe ningún ruido o interferencia, la determinación del retardo de tiempo puede llevarse a cabo con una precisión sustancial tan pronto como el número de segmentos integrados alcanza un número relativamente pequeño (por ejemplo, dieciséis). Mientras que los dos valores de pico, $+V_0$ y $-V_0$, de la media no están afectados por el número L de segmentos promediados, los valores alejados de estos picos ya no son cero, sino que pueden fluctuar con la desviación estándar de $V_0 \sqrt{L}$.

En la práctica, la limitación del ancho de banda de los bloques de procesamiento y transmisión de señal, reducirá los valores de pico de la media, ensanchará su forma e introducirá un tiempo de transición finito; estos efectos han sido ilustrados en la Figura 8.

La Figura 9 es una diagrama de bloques de un discriminador 10 práctico de retardo de tiempo para su uso en la realización de la Figura 5. La señal $y(t)$ analógica suministrada por el desmodulador es la suma del ruido $n(t)$ y de la señal $z(t)$ aleatoria transmitida que ha sido atenuada en un factor "a" y retardada por Δt ; de ahí que:

$$y(t) = a.z(t - \Delta t) + n(t)$$

La señal $y(t)$ se convierte, mediante la unidad de acondicionamiento de señal (SCU), a una forma adecuada (analógica o digital), y a continuación se aplica a la entrada de un registro de desplazamiento de entrada serie y salida paralelo (SIPO).

El registro de desplazamiento SIPO consiste en K células de almacenamiento, $C1, C2, \dots, CK$. Cada una de las células tiene un terminal de entrada, un terminal de salida, y un terminal de reloj. Las células están conectadas en serie de modo que cada célula, excepto para la primera ($C1$) y la última (CK), tiene su terminal de entrada conectado al terminal de salida de la célula que le precede y su terminal de salida conectado al terminal de entrada de la célula que le sigue. El terminal de entrada de la célula $C1$ se utiliza como entrada serie del registro de desplazamiento SIPO. Los terminales de salida del total de las K células, son terminales de salida en paralelo del registro de desplazamiento SIPO. Todos los terminales de reloj de la células se han conectado entre sí para formar el terminal de reloj del registro de desplazamiento SIPO.

Una secuencia de pulsos de reloj adecuados, se proporciona mediante un generador de reloj CG. Cuando en un instante de tiempo, se aplica un pulso de reloj al terminal de reloj del registro de desplazamiento SIPO, el dato almacenado en cada célula es transmitido (desplazado) hasta, y almacenado por, la célula siguiente; la célula $C1$ almacena el valor $y(t_0)$ de la señal $y(t)$ de entrada.

El registro de desplazamiento puede ser implementado ya sea como dispositivo digital o ya sea como dispositivo analógico, por ejemplo, en forma de dispositivo acoplado por carga (CCD) de brigada de dirección. Con preferencia, el registro de desplazamiento SIPO consistirá en basculadores (flip-flops) binarios. Con preferencia, el terminal de entrada de este registro será excitado por una forma de onda de dos niveles binarios, suministrada por la unidad de acondicionamiento de señal (SCU), la cual puede comprender un limitador lineal. Un limitador lineal tiene una función de transferencia de forma escalonada, tal que una entrada de amplitud variable se transforma en una salida de dos niveles.

Las salidas paralelo del registro de desplazamiento SIPO están conectadas a través de un banco BOS de K interruptores ($S1, S2, \dots, SK$), a K unidades de promediado o de integración, $I1, I2, \dots, Ik$, que acumulan los datos suministrados por el registro de desplazamiento SIPO. Los interruptores, normalmente abiertos, se cierran cuando se aplica una señal adecuada a su entrada de control. El intervalo de tiempo durante el que están cerrados los interruptores, deberá ser suficientemente largo de modo que cada nuevo valor incremental de la señal puede ser adquirido con una mínima pérdida. Los instantes de tiempo en los que se cierran los interruptores y los nuevos datos suministrados a las unidades de integración, son determinados por el detector de cruce por cero ascendente (ZUD) que detecta los cruces ascendentes del nivel cero de la señal $x(t)$ binaria aleatoria de referencia, retardada por una línea CDL de retardo constante, consiguiendo así una operación asíncrona. El valor de este retardo constante es igual a, o mayor que, el

valor $\Delta t_{\text{máx}}$ máximo esperado de retardo de tiempo que ha de ser determinado. Se debe apreciar que los integradores reciben los valores incrementales de entrada desde el registro de desplazamiento SIPO de una manera no uniforme, en los instantes de tiempo coincidentes con los cruces por cero ascendentes de la señal $x(t)$ de referencia retardada.

Cada vez que se produce un cruce por cero ascendente, aparece un transitorio en el integrador que introduce una representación de un segmento respectivo de la señal $y(t)$, similar a los segmentos mostrados en las Figuras 6c a 6k. Los integradores combinan así estos segmentos para producir una representación de una forma de onda combinada, como la de la Figura 6l.

La unidad de control de temporización (TCU) determina la velocidad de transferencia de datos hasta el procesador 11 de datos mediante la iniciación y la terminación de los procesos de promediado o de integración realizados por los K integradores I1, I2, ..., IK. Las funciones de promediado o de integración pueden ser implementadas ya sea como media móvil o ya sea como media estándar, con valor inicial cero. Éstas pueden ser circunstancias en las que el promediado resulte deseable, es decir, en las que las medias son medias sopesadas.

Las señales obtenidas en las salidas de los integradores I1, I2, ..., IK, y utilizadas por el procesador de datos, representan la media implícita de la forma similar a la mostrada en la Figura 8. Las operaciones realizadas por el procesador de datos pueden ser resumidas como sigue, y pueden ser implementadas fácilmente por cualquier experto en la materia:

- se utilizan dos umbrales adecuados para detectar los dos valores de pico (un máximo y un mínimo) de la media implícita, aprovechando el hecho de que la separación de pico es sustancialmente conocida;
- se determina el retardo de tiempo desde la posición del cruce por cero situada entre estos dos picos de polaridad opuesta;
- se determina la distancia al obstáculo a partir del retardo de tiempo.

El procesador de datos puede determinar también la velocidad del obstáculo a partir del cambio de distancia con el tiempo.

Una ventaja importante de la presente realización consiste en que las señales pueden ser optimizadas por separado para las dos funciones básicas de (a) provisión de una forma de onda aleatoria, para la determinación del retardo de tiempo, y (b) transmisión de potencia. Una modificación que puede ser aplicada al sistema de radar mostrado en la Figura 5, ha sido representada en la Figura 10, en la que se han mostrado dos trayectorias de señal separadas procedentes del generador de señal: una para la señal $z(t)$ empleada para la modulación, y una para la forma de onda $x(t)$ binaria de referencia utilizada para la determinación del retardo de tiempo. Con fines ilustrativos, un efecto de la obtención de dos señales diferentes con cruces por cero coincidentes a partir de la misma forma de onda fundamental, ha sido representado en la Figura 10. Un generador 20 de forma de onda aleatoria o caótica, genera una señal $v(t)$ que se hace pasar a través de un limitador 22 lineal para producir la forma de onda $x(t)$ binaria aleatoria utilizada como referencia para la determinación del retardo de tiempo. La forma de onda $z(t)$ empleada para la modulación se obtiene en la salida de un limitador 24 suave excitado por $v(t)$. El limitador 24 suave, que puede ser un seccionador, tiene una función de transferencia tal que una entrada de nivel variable dará lugar a una salida que está limitada a valores mínimo y máximo predeterminados, pero que puede variar continuamente entre estos valores. Aunque la forma de onda $z(t)$ contendrá la mayor parte de las características de $x(t)$ a modo de ruido, la gama dinámica de $z(t)$ estará controlada por la forma de la característica de transferencia del limitador suave, facilitando con ello el proceso de modulación.

La línea de retardo constante (CDL) de la Figura 9, puede ser implementada de muchas formas diferentes. La Figura 11 muestra otro discriminador de retardo de tiempo, que indica otra técnica específica para implementar el retardo producido por la CDL de la Figura 9 en esta realización:

1. La forma de onda $x(t)$ de referencia se aplica a través de una unidad SCU apropiada de acondicionamiento de señal, a un registro X de desplazamiento SIPO separado.
2. Un detector de cruce por cero ascendente (ZUD) está conectado a la entrada y a la salida de la célula CK del registro X SIPO; se detecta un cruce por cero ascendente cuando la salida de CK es positiva mientras que su entrada es negativa.
3. Las entradas de reloj de los registros X e Y SIPO, pueden estar excitadas por dos generadores de reloj (CG1 y CG2) separados con diferentes frecuencias; la frecuencia de CG2 puede estar desviada respecto a la de CG1, ya sea por un valor constante o ya sea variable con el empleo de una unidad de control de frecuencia (FCU) adecuada; en general, una disposición de ese tipo mejorará la resolución de la determinación del retardo de tiempo.

La Figura 12 muestra otro sistema de detección de obstáculo de acuerdo con la presente invención. Las modificaciones del sistema básico, representado en la Figura 5, son las siguientes:

ES 2 277 457 T3

1. Se ha añadido un retardo 12 constante (CD) que opera en la región de las microondas, para obviar la necesidad de la línea de retardo constante (CDL) utilizada en el sistema mostrado en la Figura 9.
2. Se ha añadido un segundo desmodulador 13 para producir una forma de onda de referencia utilizada por el discriminador 10 de retardo de tiempo.

5

De manera clara, sería posible utilizar cruces por cero descendentes en vez de, o además de, cruces por cero ascendentes. La precisión de la determinación del retardo de tiempo se verá mejorada si todos los cruces por cero (cruces ascendentes y cruces descendentes) fueran utilizados para un promediado implícito, puesto que el número de segmentos de señal integrados se doblará. Sin embargo, la reducción alcanzada del nivel de ruido debido al auto-ruido y a otras interferencias, será menor del doble debido a la posible correlación entre los cruces por cero adyacentes.

10

Sería posible utilizar tanto cruces por cero ascendentes como cruces por cero descendentes teniendo dos sistemas idénticos, cada uno de ellos previsto para procesar cruces por cero ascendentes, utilizados en paralelo; mientras uno es excitado por la forma de onda $x(t)$, el otro es excitado por $-x(t)$. Las salidas de los integradores de los dos sistemas se pasan a continuación a un procesador de datos para la determinación del retardo de tiempo. También es posible emplear un único banco de integradores con un control adecuado de las señales de salida.

15

La Figura 13 es un diagrama de bloques de otro discriminador 10 de retardo de tiempo, que muestra una técnica alternativa para la utilización tanto de cruces por cero ascendentes como de cruces por cero descendentes. Las modificaciones con respecto al discriminador de retardo de tiempo mostrado en la Figura 9, son las siguientes:

20

1. Un detector de cruce por cero ascendente ha sido sustituido ahora por un detector de cruce por cero (ZCD) que produce dos salidas diferentes dependiendo del tipo de cruce por cero detectado.
2. En el banco de interruptores (BOS), los interruptores con dos entradas han sido sustituidos por interruptores con tres entradas.
3. Las señales de salida del registro SIPO son conectadas a los integradores a través de una combinación de inversores, memorias intermedias e interruptores para realizar las siguientes funciones:
 - cuando se detecta un cruce por cero ascendente, las salidas del registro SIPO son transferidas a los integradores a través de memorias intermedias B;
 - cuando se detecta un cruce por cero descendente, las salidas del registro SIPO son transferidas a los integradores a través de inversores I.

25

30

35

Es evidente que las demás variantes del discriminador de retardo de tiempo pueden ser desarrolladas modificando y combinando varios bloques de los sistemas discutidos en lo que antecede.

40

Se conoce el hecho de que algunos tipos de generadores de potencia de microondas, pueden ser modificados para que operen en modo caótico, produciendo con ello una señal de microondas de banda ancha con apariencia a modo de ruido, que puede ser utilizada directamente en un sistema de detección de un obstáculo de acuerdo con la invención.

45

La Figura 14 es un diagrama de bloques de un sistema de ese tipo, que emplea una fuente de señal de ruido o caótica de microondas, con un nivel de potencia de salida adecuado para las aplicaciones previstas. Las modificaciones con respecto al sistema mostrado en la Figura 5, son las siguientes:

1. El generador 1 de señal, el modulador 3 y el amplificador 4 de potencia, empleados por el sistema en la Figura 5, han sido sustituidos por un generador 1 de potencia de microondas (MG), un acoplador 4 de microondas (CPL), y un desmodulador 3, como se muestra en la Figura 14.
2. Una señal $x(t)$ de referencia requerida por el discriminador 10 de retardo de tiempo, se proporciona ahora mediante un desmodulador 3 que procesa conjuntamente una pequeña fracción de una señal transmitida y de una señal sinusoidal de una frecuencia central elegida adecuadamente, producida por el oscilador 2 de microondas.

50

55

Según se ha discutido en lo que antecede, es posible sustituir una línea de retardo constante utilizada en el discriminador 10 de retardo de tiempo, por un retardo constante que opere en la región de las microondas. Éste podría ser añadido entre el acoplador 4 (CPL) y el desmodulador 3 de la Figura 14.

60

El uso de formas de onda binarias aleatorias o caóticas ofrece una excelente capacidad multi-usuario y de anti-interferencia del sistema de radar para la detección de obstáculos. Además, debido a que se utiliza una fuente de señal aleatoria o caótica, las unidades producidas en serie (por ejemplo, para la detección de obstáculos montadas en vehículos) serán capaces de generar señales únicas y estadísticamente independientes que no interferirán unas con otras. Sin embargo, la invención se extiende también al uso de señales determinísticas y con preferencia al menos sustancialmente aperiódicas.

65

En las realizaciones de detección de obstáculos descritas en lo que antecede, se utilizan frecuencias de microondas debido a que esto ayuda a un buen enfoque de un haz de radar. Sin embargo, se podrían usar otras longitudes de onda. Puede resultar deseable, en efecto, radiar ampliamente, u omni-direccionalmente, para proporcionar una indicación de la distancia mínima de cualquier obstáculo, y además sería posible determinar si un obstáculo se está aproximando mediante la monitorización del cambio del retardo de tiempo medido. Esto podría ser útil, por ejemplo, para un robot de montaje que pudiera moverse en cualquier dirección en una fábrica automatizada.

En las realizaciones descritas anteriormente, la secuencia de eventos se deriva de la señal de referencia, y ésta se utiliza para muestrear la señal transmitida. Ésta es la disposición preferida, pero estas operaciones pueden ser invertidas, si se desea. También, en las disposiciones que anteceden, se crean versiones de la señal muestreada retardadas de manera diferente. Sin embargo, esto no es necesario. Por el contrario, las versiones de la señal de referencia retardadas de forma diferente, o de la sucesión de eventos derivados de las mismas, pueden ser utilizados para muestrear la segunda señal.

La invención tiene otros muchos usos aparte de la detección y medición de la distancia de un obstáculo en el vehículo. Por ejemplo, se puede disponer un altímetro para que opere de acuerdo con los principios de la invención. Además, esto no es necesario para una sola de las señales que van a ser transmitidas. A título de ejemplo, se puede montar un dispositivo de medición de la velocidad del suelo situando dos sensores a una distancia fija en la dirección de desplazamiento y que responden a las irregularidades del suelo en instantes diferentes. Midiendo el retardo de tiempo entre las irregularidades detectadas, sería posible calcular la velocidad a la que se están desplazando los sensores. Éste es un de los muchos ejemplos de situaciones en las que la forma de onda aleatoria o pseudo-aleatoria, al menos sustancialmente aperiódica, se obtiene como resultado de una característica externa, en vez de ser generada internamente.

Si se mide el cambio en el tiempo de retardo, se puede calcular la velocidad. Si se conoce la distancia, entonces puede utilizarse el retardo de tiempo para determinar la velocidad de la portadora de transmisión. La técnica puede ser utilizada también para la medición de múltiples objetos (por ejemplo, material voluminoso), en cuyo caso la señal se refleja desde los objetos respectivos y las reflexiones se superponen, dando lugar a múltiples características en los segmentos combinados de la señal recibida.

Si se desea, se podría detectar un patrón de retardos y, repitiendo la medición en una posición diferente, se puede determinar la velocidad a partir del tiempo entre sucesivas detecciones del patrón.

Aunque en estas realizaciones descritas anteriormente el transmisor y el receptor están en la misma posición, esto no es esencial.

La invención se extiende también a la medición de parámetros distintos del tiempo. Es decir, las dos señales que se están comparando no representan necesariamente variaciones con respecto al tiempo. Se pueden realizar las mismas operaciones que se han descrito anteriormente, *mutatis mutandis*.

Por ejemplo, el desplazamiento entre dos señales puede representar un desplazamiento lineal o angular. En un ejemplo específico, una primera señal puede representar una imagen, por ejemplo una línea a través de una imagen de vídeo de dos dimensiones. Una segunda señal puede representar una segunda versión de la imagen, que se desplaza (traslada) linealmente con respecto a la primera. Cada señal podría ser, por ejemplo, una representación en escala de grises de una línea a través de una pantalla de vídeo. Una de las señales puede ser procesada de modo que se obtengan sucesivos puntos, representando cada uno de ellos la intersección de la forma de onda en escala de grises con un nivel de referencia particular. Estos puntos pueden ser utilizados entonces para el muestreo de versiones diferentes de la segunda señal, estando cada versión asociada a un desplazamiento lineal diferente. Las muestras sucesivas durante cada desplazamiento, se integran para producir un valor combinado, y estos valores se comparan como en las realizaciones descritas en lo que antecede. La cantidad de movimiento de imagen puede ser entonces determinada de esa forma.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de comparación de dos señales de perfiles correspondientes con el fin de determinar la cantidad que el perfil de una señal está desplazado con respecto al de la otra señal, comprendiendo el procedimiento derivar a partir de una primera de dichas señales, una sucesión de puntos que están separados por intervalos no uniformes, muestrear la segunda de las señales en partes determinadas por los puntos derivados de la primera señal, combinar las muestras para extraer un valor que está inducido por el número de veces que el muestreo ha coincidido sustancialmente con las partes de la segunda señal que corresponden a los puntos respectivos derivados de la primera señal, repetir el muestreo con valores diferentes para el desplazamiento entre las señales, y seleccionar el desplazamiento asociado al mayor grado de coincidencia.
2. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, en el que los puntos se producen según una secuencia que es al menos sustancialmente aperiódica.
3. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, cuando se utiliza para determinar la cantidad en que dicha primera señal está retardada con respecto a la otra citada señal, comprendiendo el procedimiento derivar de la primera de las señales eventos que ocurren a intervalos no uniformes, formando cada evento uno respectivo de dichos puntos, representado dicho desplazamiento la cantidad de retardo.
4. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 3, en el que una de las señales ha sido transmitida y recibida a través de una trayectoria de retardo, y la otra señal comprende una señal de referencia, siendo utilizado el procedimiento para determinar el retardo asociado a la trayectoria de retardo.
5. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 4, cuando el procedimiento comprende calcular una medición de distancia a partir del retardo determinado.
6. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 4, que comprende calcular la velocidad de transmisión a partir del retardo determinado.
7. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que la señal de referencia es la primera señal.
8. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que la señal transmitida tiene una forma de onda que difiere de la que tiene la señal de referencia.
9. Un procedimiento según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de derivar los puntos a partir de la primera señal comprende determinar cuándo la señal cruza un umbral predeterminado.
10. Un procedimiento según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que las muestras se combinan mediante suma.
11. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 10, en el que las muestras se combinan mediante promediado.
12. Un procedimiento según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que la segunda señal es una señal digital, y las partes de la segunda señal que se corresponden con dichos puntos respectivos comprenden los flancos de la señal digital.
13. Un procedimiento según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que la segunda señal es una señal bipolar, y las partes de la segunda señal que corresponden con dichos puntos respectivos comprenden los cruces por cero de la señal bipolar.
14. Un procedimiento según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que la segunda señal se suministra a una línea de retardo que tiene múltiples derivaciones, cada una de las cuales proporciona una versión de la segunda señal retardada de forma diferente, y en el que los puntos derivados de la primera señal se utilizan para acoplar cada derivación citada a un medio de combinación respectivo que ha sido dispuesto para combinar las muestras sucesivas de la señal procedentes de la derivación respectiva, determinándose el desplazamiento por comparación de las salidas de los medios de combinación.
15. Aparato para la determinación del retardo entre dos señales correspondientes, estando el aparato dispuesto de modo que opera de acuerdo con un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 3 o cualquier reivindicación dependiente de la misma.
16. Aparato para la detección de obstáculos, que comprende un dispositivo para la medición del retardo entre una señal transmitida y su reflexión, estando el dispositivo dispuesto de modo que opera de acuerdo con un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 3 o en cualquier reivindicación dependiente de la misma, y medios para derivar a partir del retardo una indicación de la distancia de un objeto desde el que se ha reflejado la señal transmitida.

FIG. 1

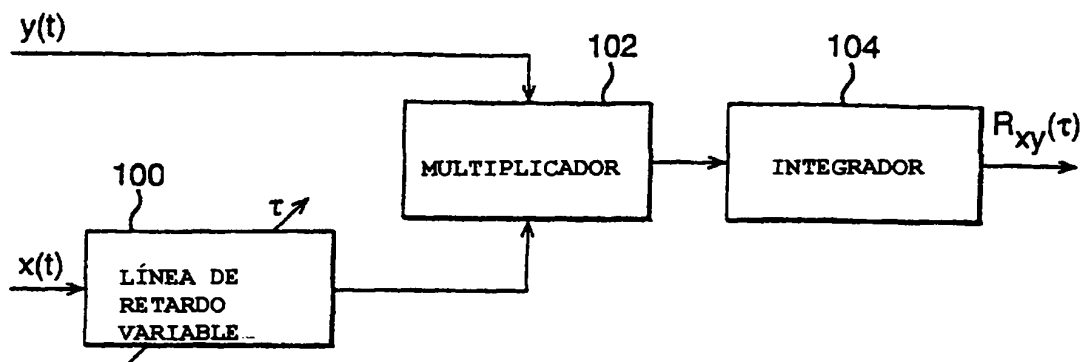


FIG. 2

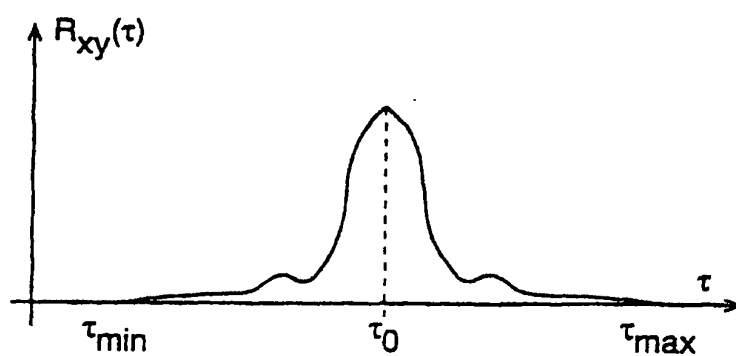


FIG. 3

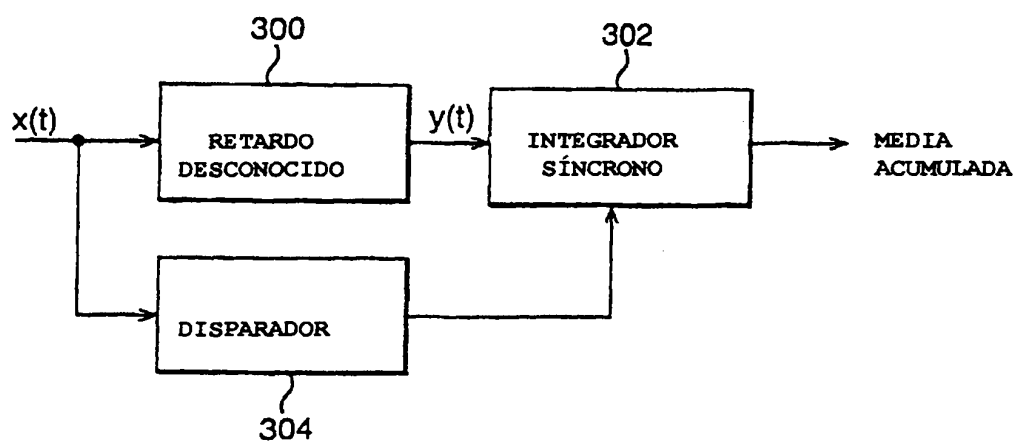
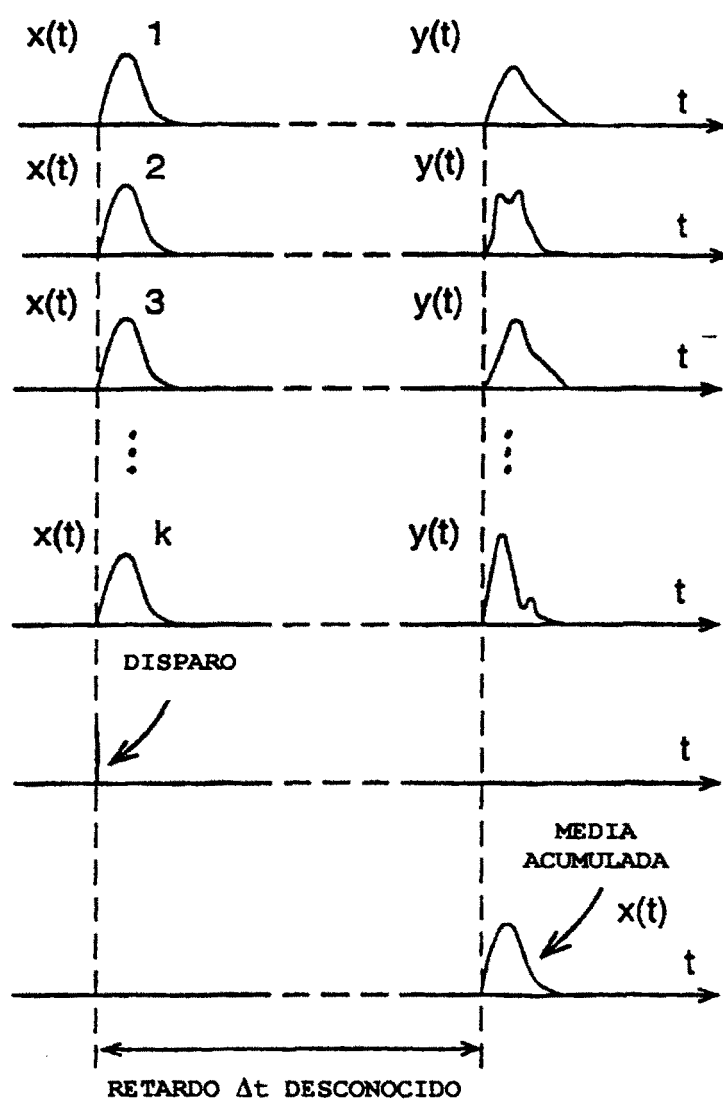


FIG. 4



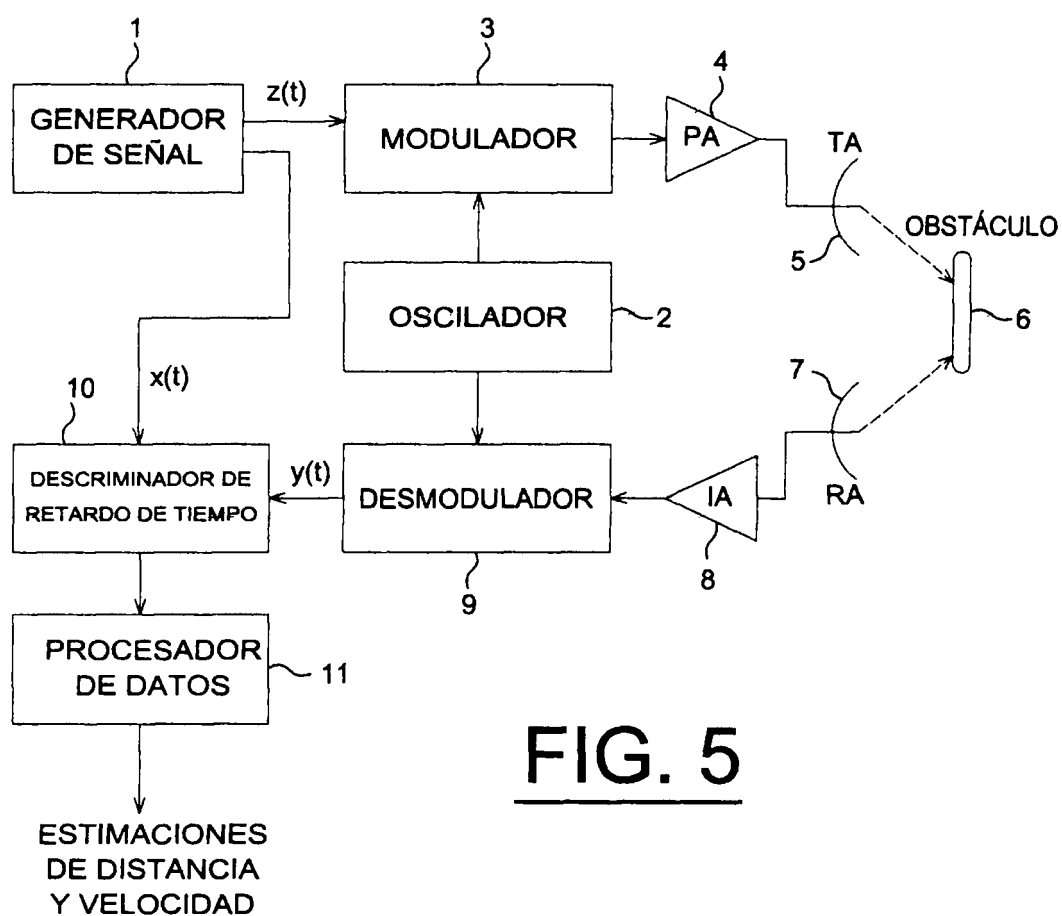


FIG. 5

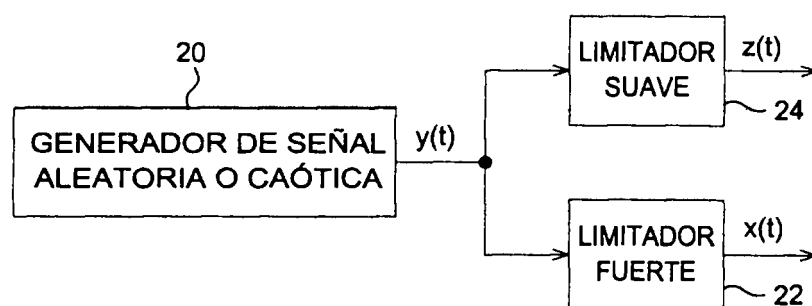


FIG. 10

FIG. 6

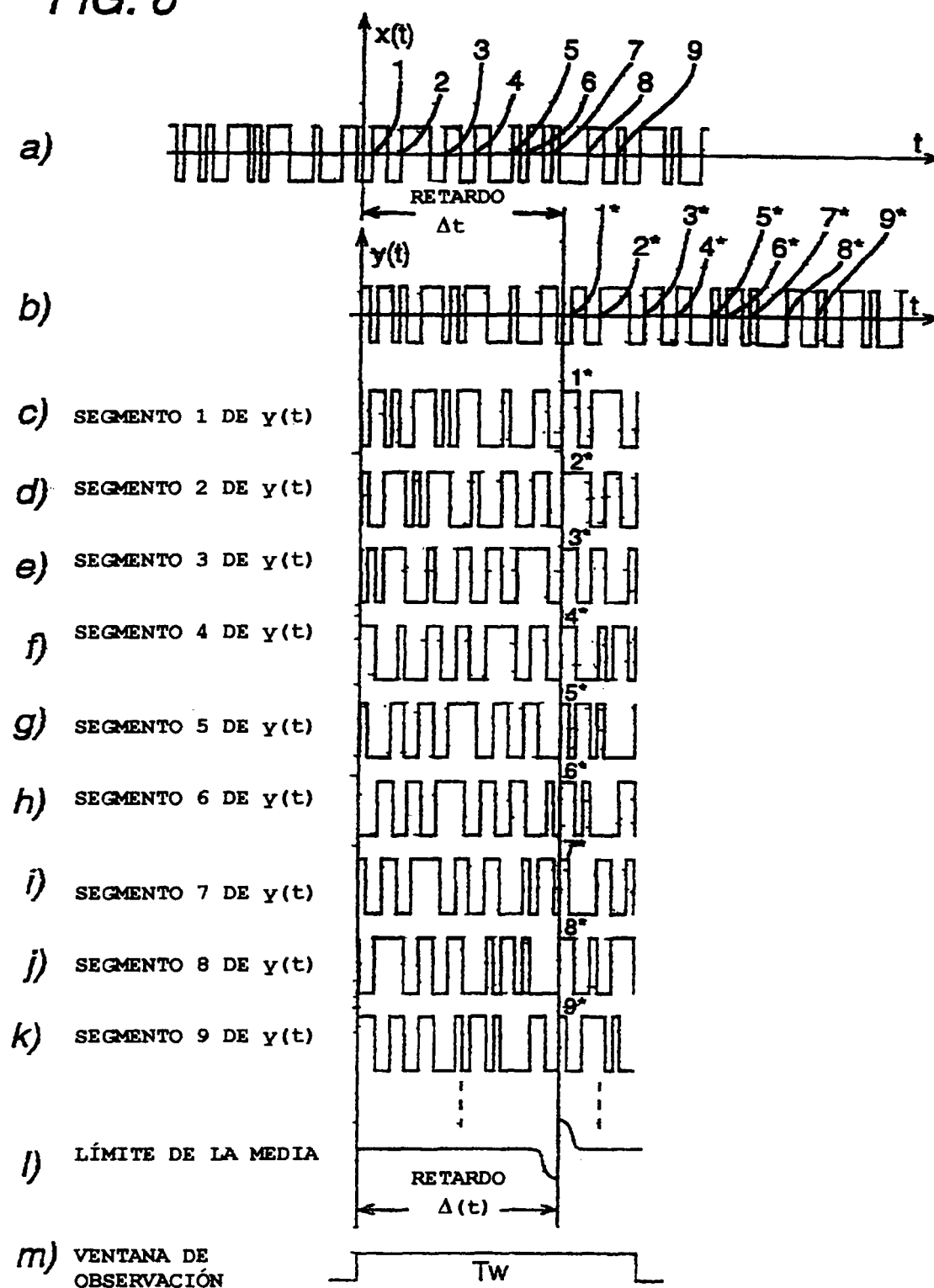


FIG. 7

SALIDA DEL
DISCRIMINADOR DE
RETARDO DE TIEMPO

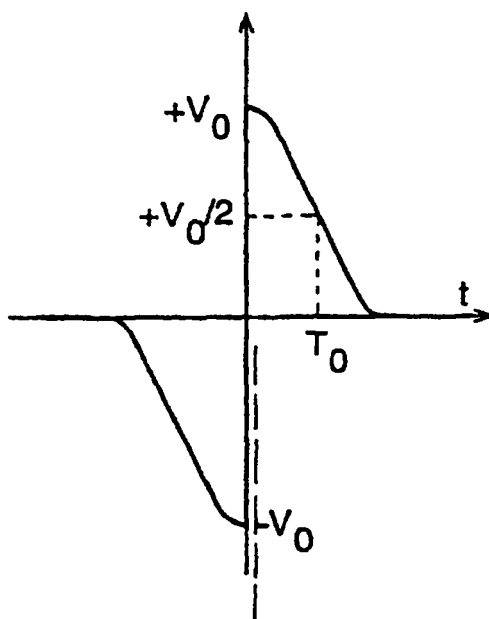
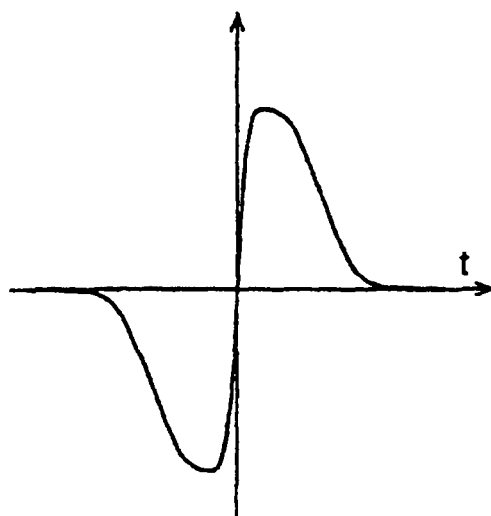


FIG. 8

SALIDA DEL
DISCRIMINADOR DE
RETARDO DE TIEMPO



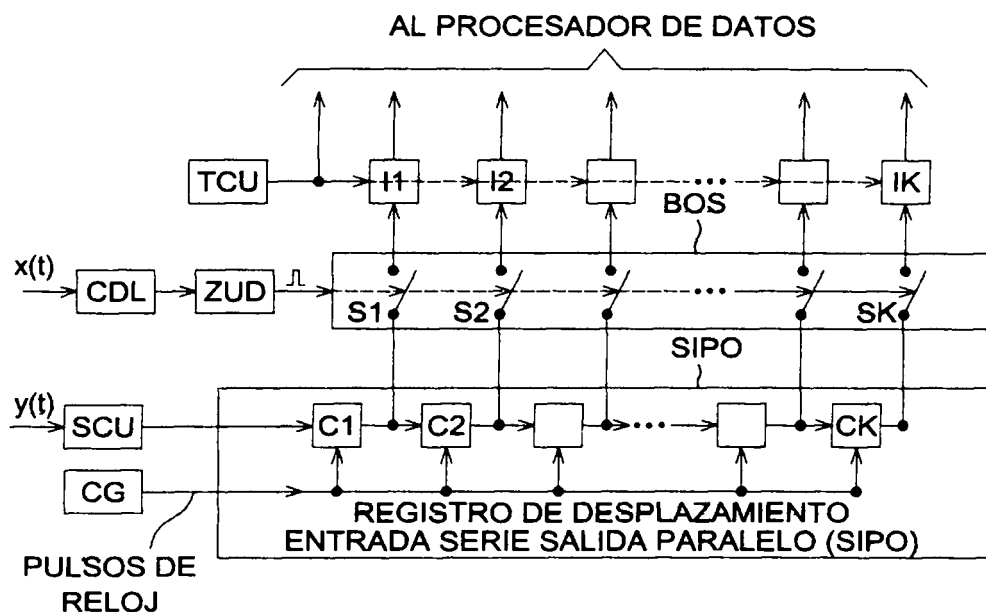


FIG. 9

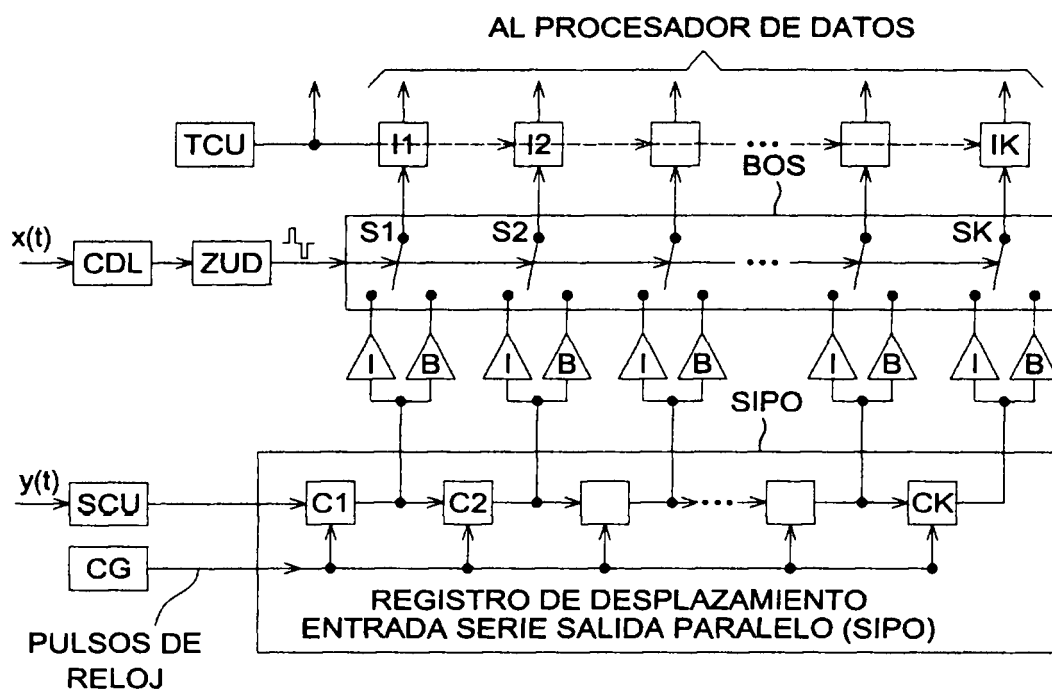
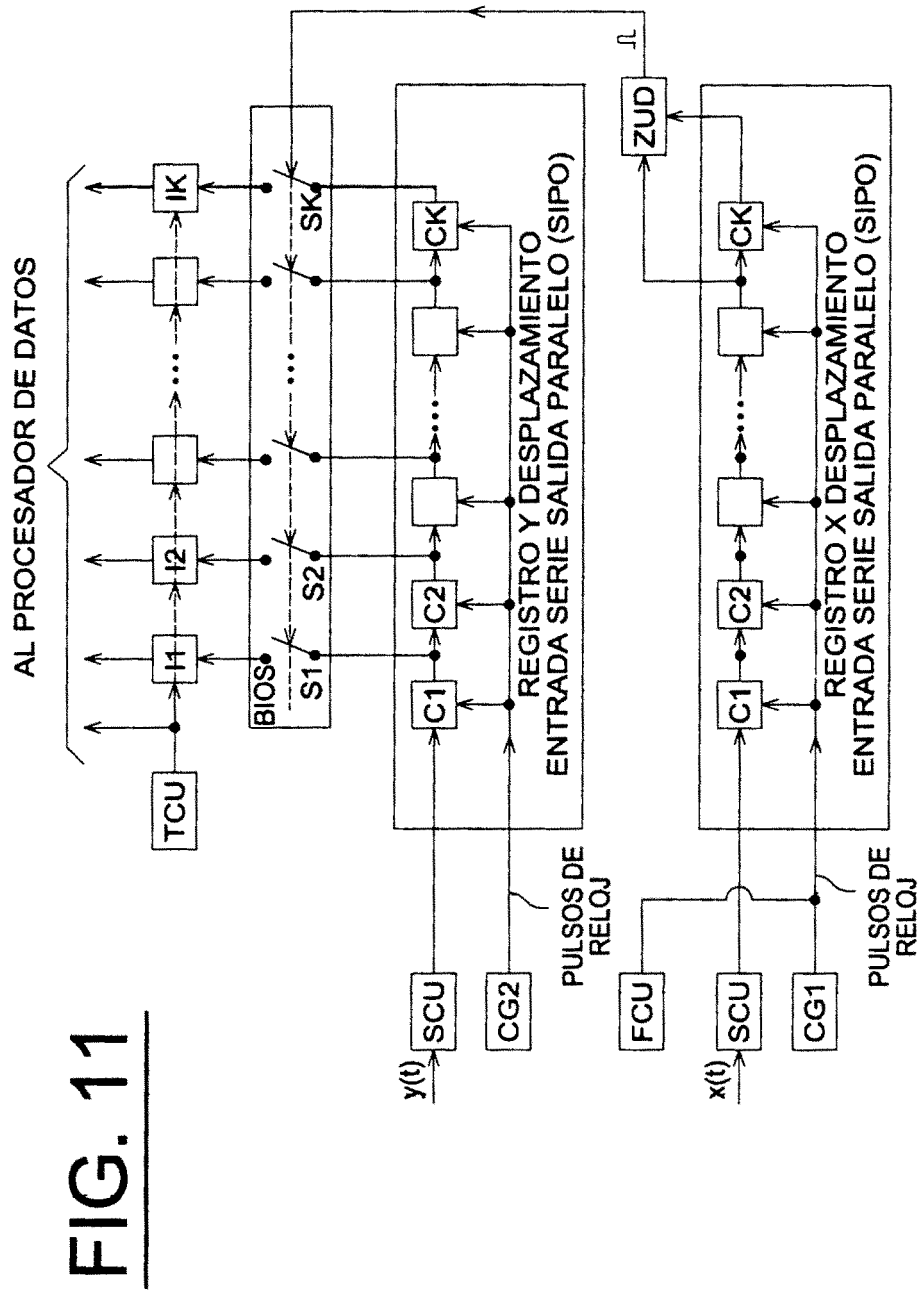


FIG. 13



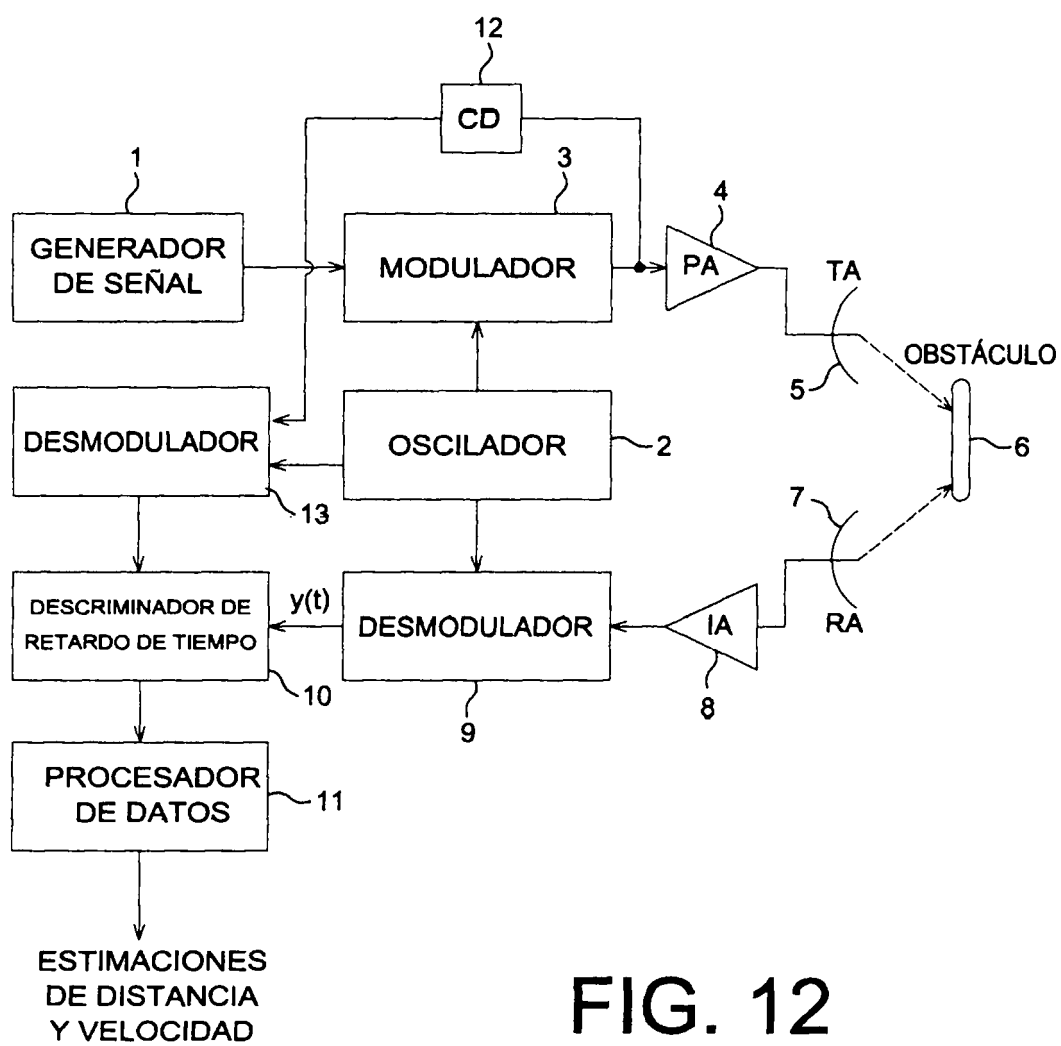


FIG. 12

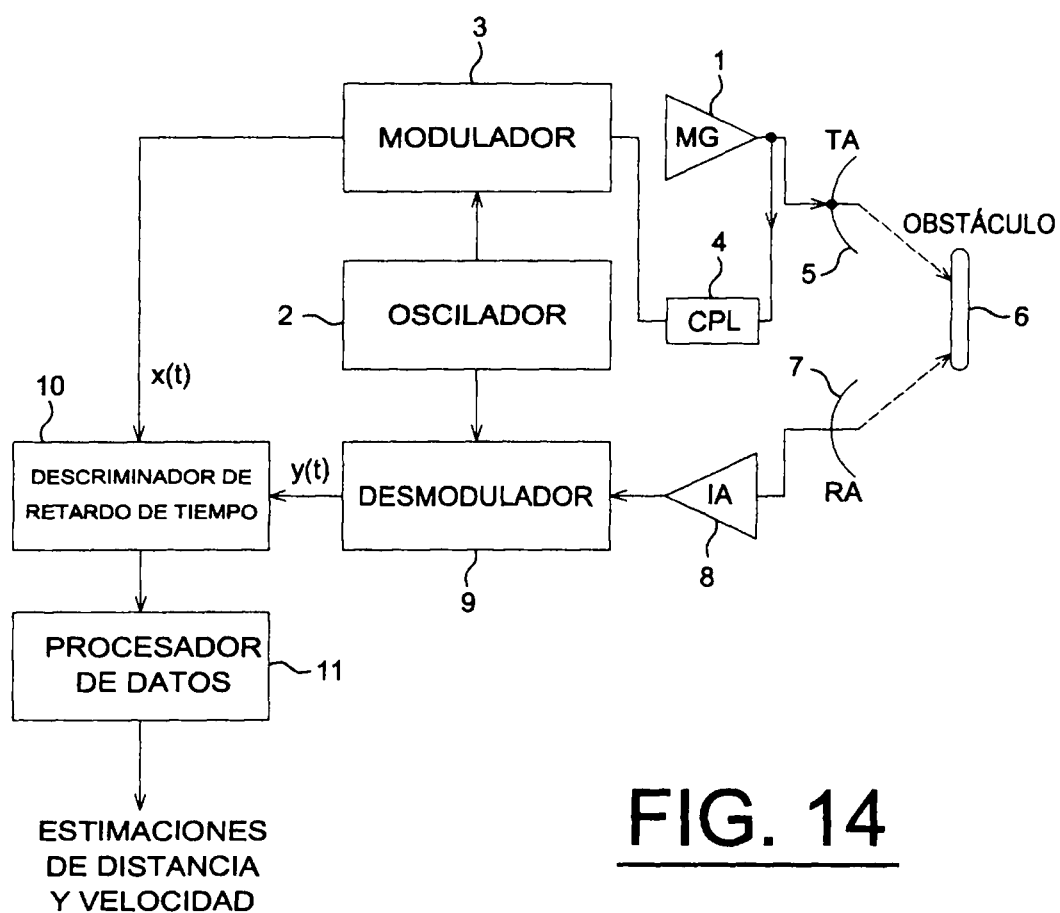


FIG. 14