

①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



①1 Número de publicación: **2 139 538**

②1 Número de solicitud: 009800669

⑤1 Int. Cl.⁷: H04B 10/155

H04J 1/00

H04J 14/02

B06B 3/00

①2

PATENTE DE INVENCION

B1

②2 Fecha de presentación: **30.03.1998**

④3 Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2000**

Fecha de concesión: **16.08.2000**

④5 Fecha de anuncio de la concesión: **16.10.2000**

④5 Fecha de publicación del folleto de patente:
16.10.2000

⑦3 Titular/es: **Consejo Superior de
Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦2 Inventor/es: **Curpian Alonso, José y
Montero de Espinosa, Francisco**

⑦4 Agente: **No consta**

⑤4 Título: **Sistema de multiplexación y transmisión de señales ultrasónicas mediante fibra óptica.**

⑤7 Resumen:

Sistema de multiplexación y transmisión de señales ultrasónicas mediante fibra óptica.

Procedimiento de multiplexación óptica y transmisión de las señales eléctricas generadas por los transductores piezoeléctricos, funcionando como receptores de ecos ultrasónicos, mediante la utilización de fibra óptica. Para la transmisión se utiliza la modulación en frecuencia de una subportadora, que a su vez modula la intensidad luminosa de la fuente óptica. Debido a esto, puede realizarse la multiplexación de varias señales procedentes de otros tantos sensores piezoeléctricos, y su transmisión sobre una única fibra para su posterior demultiplexión y estudio.

ES 2 139 538 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Sistema de multiplexación y transmisión de señales ultrasónicas mediante fibra óptica.

Sector de la técnica

Se dirige al sector de los Ensayos no Destructivos. Encuentra aplicación en la inspección no destructiva de edificios civiles, centrales nucleares, aeronaves, etc.,.

Estado de la técnica

No se conocen sistemas similares al presentado en esta memoria. En la actualidad si está resuelto el multiplexado de señales de radiofrecuencia y su aplicación a la recepción de distintos canales de inspección por transductores como los usados en Ensayos no Destructivos. Se conoce la multiplexación eléctrica de varios sensores para su posterior transmisión por cable, aunque esto implica que la distancia a recorrer no puede ser excesiva, principalmente en ambientes fuertemente ruidosos, donde además de las interferencias captadas por el propio cable, se añaden las introducidas en los sistemas necesarios para realizar la multiplexación eléctrica, esto es, mezcladores, sumadores, etc. La necesidad de la transmisión de potencia eléctrica en estos sistemas, limita su aplicación en entornos explosivos, dado que pueden generar peligrosos arcos eléctricos. Sin embargo, ni la transmisión por fibra óptica de canales únicos ni de canales multiplexados figuran en patentes conocidas por los autores de la presente patente.

Descripción de la invención

Problema técnico planteado

Para la realización de ensayos no destructivos, se utilizan transductores piezoeléctricos que, convenientemente excitados, generan señales ultrasónicas que se propagan a través del medio. En el mismo se producen ecos ultrasónicos que nos informan del estado en que se encuentra el medio o material que se ensaya. Dichos ecos son recibidos y convertidos en señal eléctrica, bien por el mismo transductor emisor, bien por otro diferente. En ambos casos, la señal eléctrica obtenida en bornes del transductor es de naturaleza impulsiva, y de un nivel relativamente bajo.

Cuando se intenta transportar dichas señales eléctricas a través de grandes distancias mediante cable, se observa que en el mismo se inducen señales espúreas, debidas a interferencias electromagnéticas, induciendo error en la inspección.

En algunas aplicaciones, se hace necesaria la utilización de una cierta cantidad de transductores separados entre sí una distancia, con el consiguiente problema de cableado y mayor cantidad de señales espúreas inducidas.

También pueden señalarse como inconvenientes, el excesivo peso del cable en aplicaciones donde el peso es un factor a tener en cuenta, y la transmisión de potencia, por lo que encuentra limitaciones en su utilización en ambientes explosivos.

El cable además, por su naturaleza, tiene un ancho de banda limitado, así como una atenuación importante para frecuencias altas.

Breve descripción de la invención

Se trata de la utilización de la fibra óptica para la multiplexación y transmisión de las señales eléctricas de radiofrecuencia obtenidas en los ter-

minales eléctricos de transductores piezoeléctricos de banda ancha, actuando éstos como receptores de ecos ultrasónicos. Por la utilización de la fibra óptica, se añaden las ventajas inherentes a la misma, resolviendo algunos de los problemas anteriormente citados, ya que por su naturaleza, es inmune a las interferencias electromagnéticas, posee un gran ancho de banda, la señal luminosa que transporta sufre una pequeña atenuación con la distancia, y su peso es mucho menor en comparación con el cable para una distancia y ancho de banda similares, así como la no transmisión de potencia.

Descripción detallada de la invención

Para conseguir la transmisión de señales mediante fibra óptica es necesaria la utilización de fuentes luminosas, cuya potencia de transmisión es reducida. Para que la relación señal a ruido se mantenga dentro de unos márgenes aceptables, se utiliza la modulación en frecuencia de una subportadora sinusoidal. La señal eléctrica generada por los transductores modula en frecuencia dicha subportadora, y ésta, a su vez, modula en intensidad la señal luminosa que viaja por la fibra. Esto implica que la señal óptica debe mantenerse en el nivel necesario para que la subportadora transmitida no sufra distorsión, ya que la emisión de luz no tiene polaridad. Es decir, que la potencia óptica mínima transmitida, que se da en el semiciclo negativo de la subportadora, debe ser superior a la atenuación sufrida por la luz en la propagación por la fibra a lo largo del sistema. Todo lo anterior implica que los emisores electroópticos deben transmitir una determinada potencia media.

Al utilizarse este sistema de transmisión, puede realizarse la multiplexación en frecuencia de varias señales ultrasónicas mediante la elección de subportadoras de frecuencias diferentes para cada una de ellas, con la separación en frecuencia necesaria para que no exista interferencia entre ellas, tal y como se hace en el caso de transmisión por radio. Sin embargo, y al contrario que en radio, es necesario que los emisores posean una característica lineal en su conversión corriente eléctrica-potencia óptica, así como la característica de los circuitos electrónicos que excitan los emisores, dado que si no fuera así, supondría la introducción de productos de intermodulación generados en los propios emisores, y/o circuitos asociados, que por sus características, podrían coincidir con la banda de frecuencias utilizada, produciendo de este modo distorsión. Los productos de intermodulación a tener en cuenta son los de tercer orden principalmente, los que, para dos canales con frecuencias centrales f_1 y f_2 , toman los valores $2f_1 - f_2$ y $2f_2 - f_1$.

De igual forma, la característica de conversión óptico-eléctrica de los receptores, debe ser también lineal, por las mismas razones que en el caso de los emisores, aunque en este caso, y según el estado de la técnica actual en fabricación de fotodiodos, y por las propiedades de los mismos, la principal restricción en cuanto a distorsión por productos de intermodulación se encuentra en los transmisores.

La multiplexación, aun siendo en frecuencia, no se realiza eléctricamente sino ópticamente con

la utilización de acopladores y fuentes ópticos. Dichas fuentes deben emitir luz incoherente, esto es, que su anchura espectral de emisión es lo suficientemente grande como para considerar que se trata de ruido, por lo tanto, la señal óptica emitida por dos fuentes diferentes están incorreladas y se suman en potencia, haciendo posible la multiplexación óptica. Los efectos interferométricos que se producen en los acopladores, en los que se produce la suma de las señales luminosas, son despreciables o prácticamente inexistentes, dado que, para que dichos efectos se produzcan es necesario que las señales luminosas tengan un alto nivel de coherencia. Esta es una condición necesaria para algunas aplicaciones, como es el caso de aquellas que utilizan interferómetros.

En la figura 1 se representa el diagrama general de bloques para N canales, en la que T1, T2, ..., TN, representan N transmisores, cada uno en una frecuencia subportadora diferente, y V1, V2, ..., VN, representan N sistemas de presentación, o bien uno solo que incluya todas las señales. El acoplador A, puede estar constituido por un solo acoplador de N entradas, o bien por N-1 acopladores de 2 entradas.

Además de todo lo anterior, pueden añadirse otras ventajas, como la posibilidad de construir una red de sensores ultrasónicos tanto en una red de fibra óptica de nueva instalación, como en el caso en que ésta ya exista, sin más que añadir una serie de acopladores a la misma en aquellos puntos en que sea necesario, ya que la transmisión puede realizarse por una sola fibra.

El número de transductores que pueden incluirse o multiplexarse, dependerá del tipo de emisor óptico, del tipo de fibra utilizada, monomodo o multimodo, así como del número de longitudes de onda ópticas que se utilicen.

Respecto al tipo de emisor, para este sistema, y como se ha descrito, debe ser un emisor con las características espectrales necesarias, es decir, con una anchura espectral suficiente, así como una potencia óptica emitida lo suficientemente elevada, en función del número de transductores, deberá ser mayor cuantos más transductores se incluyan.

Las características eléctricas de los emisores deben cumplir los requisitos de ancho de banda. Esto quiere decir que el ancho de banda eléctrico, definido como aquella frecuencia, en nuestro caso la subportadora, para la cual la potencia óptica emitida decae 3 dB, debe ser lo suficientemente grande como para permitir la transmisión de todas las subportadoras. Como ejemplo supongamos $N = 2$ en la figura 1, es decir, estamos utilizando dos canales. Si consideramos que la señal eléctrica generada por los transductores piezoeléctricos es de 1 Mhz, lo que supone un ancho de banda total de 1,5 Mhz, la primera frecuencia subportadora podemos situarla en torno a los 25 Mhz. En función de la relación señal/ruido necesaria, se elige una desviación de frecuencia de $\pm 3,5$ Mhz, lo que implica que el ancho de banda necesario para transmitir dicho canal será de 10 Mhz. Por tanto el primer canal ocupará la banda que va desde 20 Mhz hasta 30 Mhz. Utilizando una banda de guarda de 1 Mhz, nuestro segundo canal deberá estar, como mínimo, en 41 Mhz, co-

locándose en 45 Mhz. En total, para este ejemplo, será necesario un ancho de banda de 50 Mhz, que por consideraciones de ruido debe ampliarse un 10%, lo que nos da un ancho de banda de 55 Mhz. Esto supone que el ancho de banda de nuestro emisor óptica debe ser como mínimo de 55 Mhz. De igual forma debe considerarse el ancho de banda en la fibra, mayor en una del tipo monomodo y multimodo de índice gradual, y menor en una del tipo multimodo de salto de índice.

También debe considerarse el ancho de banda en el receptor, aunque como ocurre con la linealidad, no suele ser una restricción.

El sistema propuesto puede utilizarse en aquellas aplicaciones en las que la distancia entre el palpador o sensor ultrasónico, sea considerable respecto del centro de control. Tal es el caso en que sea necesario el control continuado del estado de la estructura de un edificio civil, una central nuclear, etc., para lo que se necesitaría una cierta cantidad de palpadores separados unos de otros una distancia determinada. Con el sistema propuesto pueden multiplexarse todas las señales en una sola fibra que recorre todos los puntos a controlar, recibiendo éstas en el centro de control para su posterior demultiplexación y estudio.

También sería posible utilizarlo en aeronaves. Dado el peso reducido de la fibra, puede construirse una red de sensores capaces de controlar en todo momento el estado de los puntos críticos de las alas y del fuselaje. De la misma forma puede aplicarse en grandes buques etc.

Descripción detallada de los dibujos

• Figura 1

En esta figura se representa un sistema genérico con N canales, en el que cada uno trabaja a una frecuencia de subportadora distinta. Consta de N sensores, S1, S2, ..., SN, funcionando como receptores de los ecos ultrasónicos. Las señales eléctricas generadas son aplicadas a los transmisores T1, T2, ..., TN respectivamente, que se encargan de proporcionar la señal óptica. Como se aprecia en la figura, los transmisores utilizan fibras diferentes, convirtiéndose en una sola mediante la utilización de acopladores ópticos, en los que se produce la suma de los canales de forma pasiva.

Al receptor llega una sola fibra que transporta toda la información. En el mismo se procede a la separación de cada canal, visualizándose la información que cada uno contiene.

• Figura 2

Representa el diagrama de bloques de un transmisor genérico como los mostrados en la figura 1. La señal eléctrica generada por el sensor S es amplificada y adaptada por A1 para su aplicación al modulador Md. Este consiste en un oscilador que genera la frecuencia de la subportadora, y que es capaz de modificar su frecuencia en $\pm \Delta f$, en torno a la central, en función de la amplitud de la señal moduladora, lo que constituye un modulador de frecuencia, FM. Una vez generada la subportadora, es amplificada por A2 y debidamente filtrada por F1, para su posterior aplicación a A3, que produce el nivel de señal suficiente para excitar al dispositivo óptico emisor, acoplado a la fibra.

- Figura 3

Muestra el diagrama de bloques de un receptor de dos canales, C1 y C2. La señal luminosa que viaja por la fibra, es convertida en una señal eléctrica mediante el conversor opto-eléctrico PIN. Esta señal eléctrica, proporcional a la potencia óptica, es amplificada mediante un preamplificador de transimpedancia A1, dado su bajo nivel, y posteriormente amplificada de nuevo por A2. La salida del amplificador es una señal eléctrica compuesta por dos señales multiplexadas en frecuencia. Para su demultiplexación o separación se utilizan los filtros F11 y F21 para los canales C1 y C2 respectivamente. Estos filtros permiten el paso de las frecuencias a las que están sintonizados, dentro del ancho de banda necesario, y bloquean las frecuencias fuera del mismo.

Las señal procedente de cada filtro presenta el espectro frecuencial típico de una señal FM. Para su demodulación se utilizan sendos lazos enganchados en fase (PLL) designados como Dm1 y Dm2, cada uno de ellos sintonizado a la frecuencia central de cada canal.

Finalmente, tras ser amplificadas por A13 y A23, y filtradas por F12 y F22, son presentadas por el sistema de presentación P.

- Figura 4

La figura representa una realización diferente a la de la figura 3 de un receptor de dos canales. En este caso la frecuencia de la subportadora se genera de forma diferente a partir de un oscilador igual que el de dicha figura 3. La frecuencia de dicho oscilador será la misma para todos los transmisores, obteniéndose la subportadora mediante mezcla en Mx de la señal procedente del oscilador controlado por tensión (Md) y del oscilador local (OL). Se obtendrán diferentes frecuencias para la

subportadora cambiando la frecuencia de este oscilador.

- Figura 5

Este caso, como el anterior, utiliza la mezcla de dos señales en Mx para obtener una frecuencia intermedia sobre la que se demodula la información procedente de los sensores ultrasónicos.

Ejemplo de realización de la invención

Ejemplo 1

Se eligen dos frecuencias subportadoras C1 y C2, una para cada sensor. En las figuras 2 y 3 se representan los diagramas de bloques para el transmisor y el receptor respectivamente.

La figura 2 representa la constitución de un transmisor, en el que el bloque modulador (Md) proporciona la frecuencia de la subportadora, diferente para cada sensor.

En la figura 3 se representa el diagrama de un receptor para dos canales, C1 y C2, de frecuencias diferentes, y que corresponden a las frecuencias de dos transmisores.

Ejemplo 2

Este ejemplo se diferencia del anterior en la forma de generar la frecuencia subportadora. Mientras que en el primero se genera de forma directa, en el presente ejemplo se genera de forma indirecta a través de una frecuencia intermedia. De la misma forma, mientras en el ejemplo 1 la separación de cada canal se realiza de forma directa, es decir con un filtro específico para cada canal, en este ejemplo se realiza mediante una conversión hacia arriba.

De forma que, la figura 4, muestra el diagrama de bloques para un receptor de dos canales, y la figura 5 muestra el diagrama de bloques para un transmisor genérico.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de multiplexación y transmisión de señales ultrasónicas mediante fibra óptica, **caracterizado** porque la transmisión se realiza mediante la utilización de fuentes luminosas de potencia de transmisión reducida y la modulación en frecuencia de una subportadora sinusoidal, de manera que la señal eléctrica generada por los transductores modula en frecuencia dicha subportadora y ésta, a su vez, modula en intensidad la señal luminosa que viaja por una fibra óptica.

2. Sistema según reivindicación 1 **caracterizado** porque utilizando ese sistema de trans-

misión se realiza la multiplexación en frecuencia de varias señales ultrasónicas, mediante la elección de subportadoras de frecuencias diferentes para cada una de ellas, con la separación en frecuencia necesaria para que no exista interferencia entre ellas, procedentes de otros tantos sensores piezoeléctricos y su transmisión sobre una única fibra para su posterior demultiplexión y estudio.

3. Sistema según reivindicación 2 **caracterizado** porque la multiplexación, aun siendo en frecuencia, no se realiza eléctricamente sino ópticamente con la utilización de acopladores y fuentes ópticos.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

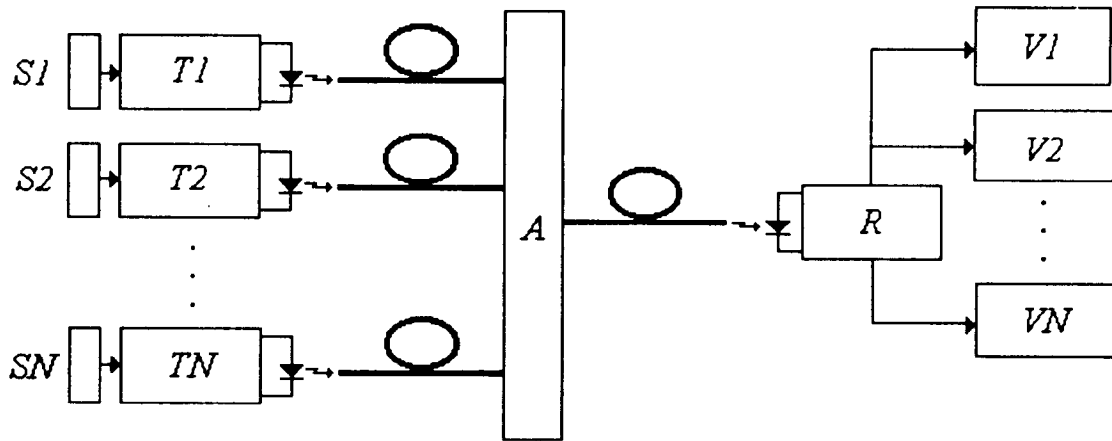


Figura 1

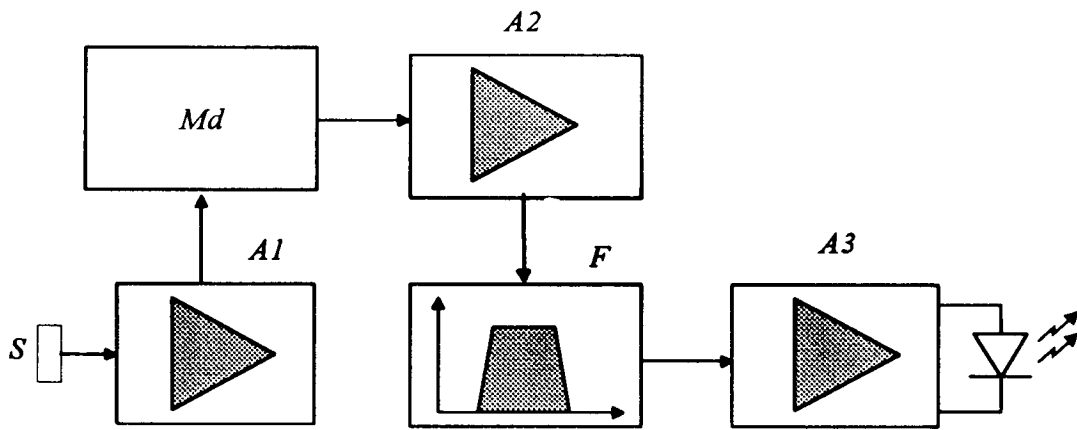


Figura 2

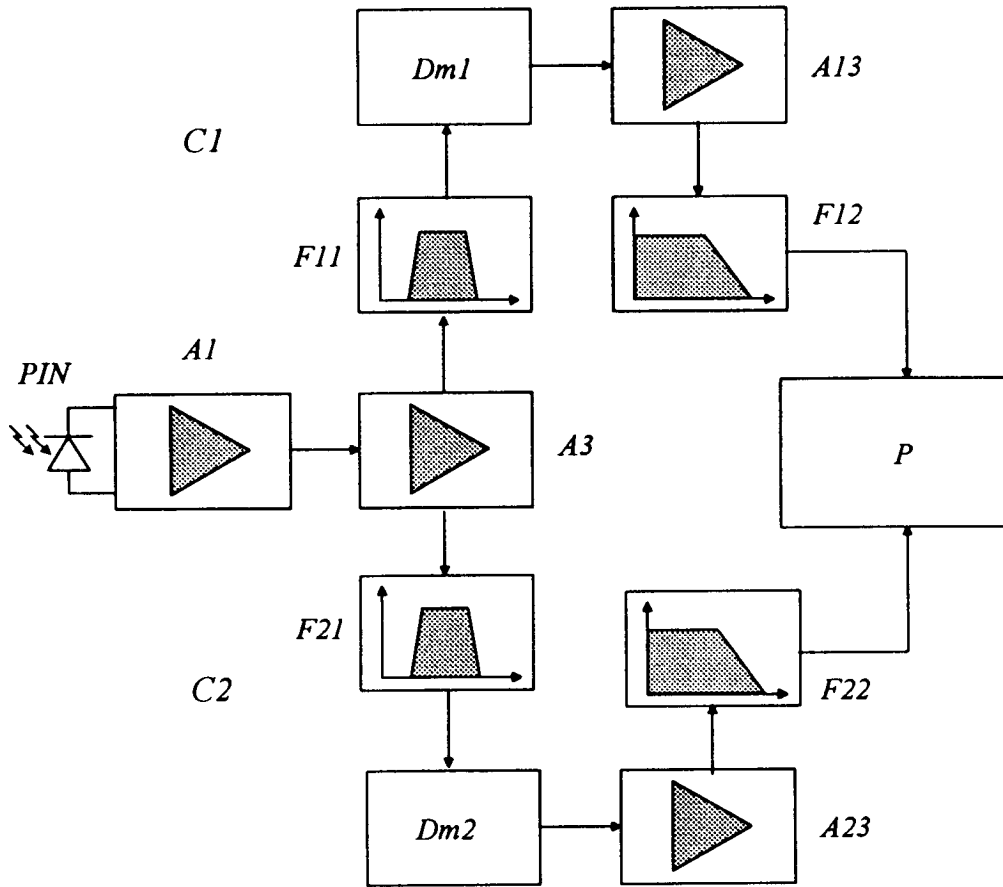


Figura 3

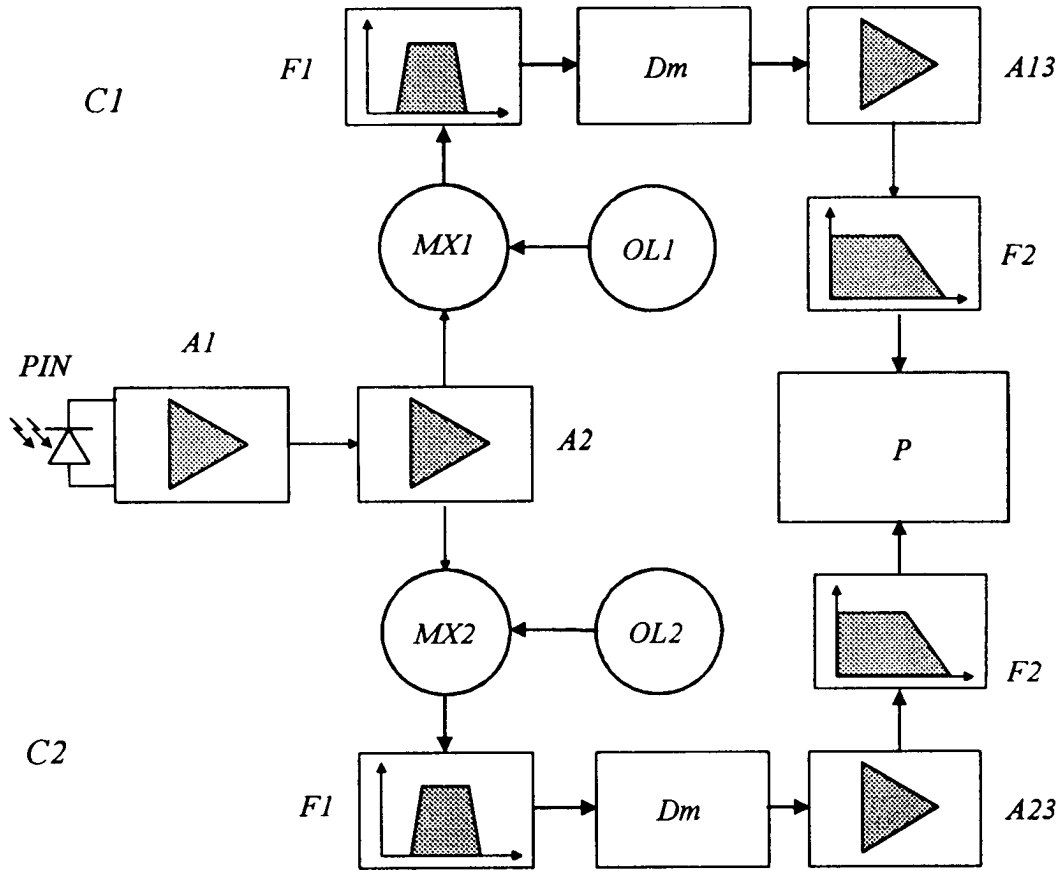


Figura 4

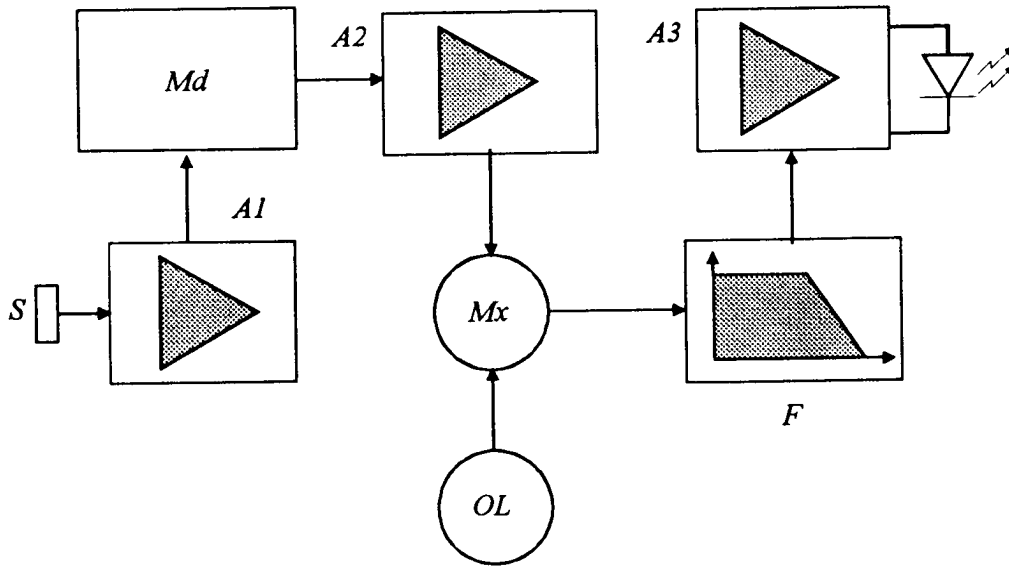


Figura 5



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: H04B 10/155, H04J 1/00, 14/02, B06B 3/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	FR 2511567 A1 (LIGNES TELEGRAPHIQUES ET TELEPHONIQUES, S.A.) 18.02.1983, página 3, línea 10 - página 4, línea 3.	1,2 3
Y	EP 0758169 A2 (NEC CORP.) 12.02.1997, columna 12, líneas 12-51.	3
X Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, CD-ROM PAJ MAY. 31, 1996 - 5 [016] [08-000001/08-028500] MIJP 9601 JP 08-018537 A (NTT CORP.) 19.01.1996	1,2 3
Y	US 4726644 A (MATHIS) 23.02.1988, columna 2, líneas 17-37; columna 3, líneas 15-31.	3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
20.12.1999

Examinador
J. Izuzquiza Rueda

Página
1/1