



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 237 278**

⑫ Número de solicitud: 200300853

⑤① Int. Cl.7: **H01P 5/08**

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **27.03.2003**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2005**

⑫④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**16.07.2005**

⑦① Solicitante/s:  
**Universidad de Las Palmas de Gran Canaria**  
**Juan de Quesada, nº 30**  
**35001 Las Palmas de G. Canaria, Las Palmas, ES**

⑦② Inventor/es: **Esper-Chaín Falcón, Roberto;**  
**Tubío Araujo, Óscar M.;**  
**Tobajas Guerrero, Félix B.;**  
**Armas Sosa, Valentín de;**  
**González González, Francisco M. y**  
**Sarmiento Rodríguez, Roberto**

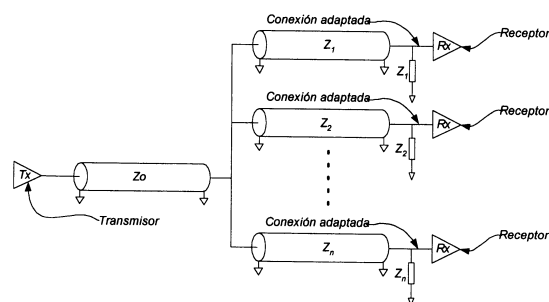
⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Procedimiento para la transmisión multipunto adaptada de señales digitales de alta velocidad en circuitos impresos y readaptación a los equipos de medida.**

⑤⑦ Resumen:

Procedimiento para la transmisión multipunto adaptada de señales digitales de alta velocidad en circuitos impresos y readaptación a los equipos de medida.

Procedimiento para la transmisión Multipunto Adaptada de Señales digitales de Alta Velocidad en Circuitos Impresos y Readaptación a los Equipos de medida por medio del cual se logra transmitir una señal digital desde una única fuente a múltiples destinos manteniendo completamente adaptado el sistema de líneas en el sentido desde el transmisor hacia los múltiples receptores, de forma que no se produzca ninguna reflexión, independientemente de la distancia a la que se sitúe cada uno de los receptores o de la impedancia característica del equipo de medida.



ES 2 237 278 A1

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la transmisión multipunto adaptada de señales digitales de alta velocidad en circuitos impresos y readaptación a los equipos de medida.

## Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector de la electrónica, más concretamente en el campo de la comunicación digital de alta velocidad entre dispositivos electrónicos a través de tarjetas de circuitos impresos.

## Estado de la técnica

A medida que ha aumentado la velocidad de comunicación entre dispositivos digitales en tarjetas de circuitos impresos, los tiempos de propagación de las señales eléctricas a través de las pistas que los conectan han dejado de ser despreciables frente a los tiempos de subida y bajada de las señales transmitidas. En estos casos, estas pistas ya no se comportan como meros cortocircuitos, sino como líneas de transmisión, siendo muy importante su diseño y trazado, así como las características eléctricas de los interfaces integrados dentro de los dispositivos utilizados. Si estos fenómenos no son tenidos en cuenta a la hora de diseñar el interconexión de los dispositivos, se produce una pérdida de la integridad de la señal transmitida, motivada por las reflexiones que aparecen en todos los puntos incorrectamente diseñados, lo que en definitiva provoca errores en la comunicación.

Para afrontar este problema en general se toman dos alternativas principales, dependiendo del ámbito de aplicación:

1. *Transmisión a muy corta distancia*: Dado que el problema se presenta cuando el tiempo de propagación es significativo frente a los tiempos de subida y bajada de las señales empleadas, se reduce la longitud de las pistas de circuitos impresos para lograr bajar este tiempo de propagación de las señales que las atraviesan, haciendo que sea despreciable frente a los tiempos de subida y bajada, y por tanto eliminando el efecto de línea de transmisión.
2. *Transmisión adaptada*: Se utilizan pistas de circuitos impresos diseñadas con impedancia característica controlada y con sus correspondientes terminaciones, evitando así las reflexiones que provocan errores en la transmisión. En el ámbito de las tarjetas de circuitos impresos, esta técnica no tiene limitaciones de distancia.

La transmisión a corta distancia obliga a utilizar componentes de tamaño más reducido y a acercar físicamente los componentes que se desean comunicar. Además, está limitada a velocidades moderadas, ya que cuando la velocidad aumenta y por tanto los tiempos de subida y bajada de las señales disminuyen, se hace inviable el diseño de los circuitos impresos que alberguen los componentes.

La transmisión adaptada se basa en el diseño de líneas de transmisión en circuitos impresos mediante las conocidas técnicas de microstrip, stripline y guía de onda coplanares y otras variantes, utilizando una única impedancia característica normalizada, comúnmente,  $50\Omega$  a la que están adaptados los receptores, para absorber correctamente la potencia transmitida evitando la degradación de la señal. La elección de  $50\Omega$  como impedancia característica está motivada por razones históricas, ya que el equipamiento para medida de señales de muy alta frecuencia está adaptado a esta impedancia característica, lo que permite una correcta monitorización de estas señales, sin alterar sus niveles de tensión. Esta alternativa ofrece menores limitaciones de velocidad, ya que las reflexiones son eliminadas, estando limitadas tan sólo por la velocidad de los dispositivos y las pérdidas en el sustrato de los circuitos impresos. Por este motivo esta opción es la mayoritariamente preferida cuando se transmite a velocidades superiores de 200Mbps por línea. Sin embargo, el inconveniente que presenta es que está orientada a la transmisión punto a punto desde un único transmisor hacia un único receptor, lo cual es una seria limitación en muchas aplicaciones.

Para superar este inconveniente, y realizar una transmisión desde una única fuente hacia varios receptores de forma adaptada, se han venido utilizando ciertas técnicas que han permitido solventar el problema en casos particulares de diseño:

1. *Divisores de potencia resistivos*: Esta técnica, que se muestra en la Fig. 1, consiste en dividir la potencia de forma adaptada mediante dos resistencias de valor igual a la impedancia de la línea que terminan. A continuación de estas resistencias siguen sendas líneas de transmisión de impedancia característica  $Z_0$ . De esta forma, se mantiene completamente adaptada la impedancia al terminar la línea de  $Z_0$  con dos resistencias de  $Z_0$ , a las que siguen sendas líneas de transmisión de  $Z_0$ . El sistema queda así perfectamente adaptado. Cada resistencia consume un cuarto de la potencia transmitida, y sendos cuartos de potencia son transmitidos por las líneas de  $Z_0$ , llegando a cada uno de los finales de línea la cuarta parte de la potencia incidente a la entrada del sistema, lo que se manifiesta como una señal de la mitad de tensión de la transmitida.
2. *Receptores agrupados*: Esta técnica, que se muestra en la Fig. 2, se basa en el uso de receptores colocados muy próximos físicamente a la línea de transmisión, conectados mediante pistas muy cortas y de elevada

impedancia característica que parten de la línea de transmisión y el uso de una única terminación que absorba la potencia, a la cual también se le puede colocar un receptor.

3. *Terminación en T*: Esta técnica, que se muestra en la Fig. 3, permite conectar dos receptores con sus respectivas terminaciones, sin alterar los niveles de tensión, mediante sendas líneas de impedancia característica  $2Z_0$  que surgen del final de la línea fuente de impedancia  $Z_0$ . Se constata que de esta forma se eliminan las reflexiones.

El uso divisores de potencia resistivos permite la transmisión correcta sin reflexiones hasta los receptores, y se pueden incluir múltiples etapas de división. Sin embargo, el inconveniente que presenta es que reduce el voltaje que llega al receptor, esencial para el proceso de detección en sistemas lógicos. Por ejemplo, una fuente transmitiendo 500mV a 8 destinos, a través de una estructura en árbol con 1 divisor, que ataca a 2 divisores y éstos a su vez atacan a 4 divisores de los cuales salen 8 líneas de  $50\Omega$  hacia 8 receptores, se obtiene en cada receptor tan sólo 62.5mV. Este problema descarta esta solución cuando el número de destinos es elevado y en sistemas digitales, ya que estos dependen de los niveles de tensión.

La técnica de receptores agrupados es la más popular, sin embargo, limita la velocidad de operación en función de la distancia a la que se sitúan los componentes receptores. Por esto, los sistemas conocidos que transmiten señales digitales a alta velocidad a múltiples destinos están limitados a velocidades inferiores o iguales a 400Mbps, y con fuertes restricciones acerca de la distancia a la que se deben situar los receptores de la línea de transmisión.

La técnica de terminación en T está pensada para transmitir hacia dos destinos desde una única fuente, aunque está prácticamente inexplorada, principalmente por la dificultad que presenta para realizar la medida de líneas de impedancia diferente de  $50\Omega$  utilizando equipamiento de alta velocidad. La ventaja que presenta es que la transmisión está adaptada y además no varían los voltajes originalmente transmitidos, ya que divide la potencia en dos mitades que son absorbidas en dos terminaciones de impedancia  $2Z_0$  individuales, facilitando la determinación de los niveles lógicos en los receptores digitales. La limitación que presenta es que tan sólo es capaz de transmitir desde una única fuente a dos destinos.

Mediante la presente invención se logra transmitir una señal lógica desde una única fuente a múltiples destinos manteniendo completamente adaptado el sistema de líneas en el sentido desde el transmisor hacia los múltiples receptores, de forma que no se produzca ninguna reflexión, independientemente de la distancia a la que se sitúa cada uno de los receptores.

### Descripción detallada de la invención

La presente invención consiste en el uso de divisores de potencia adaptados que no consumen energía y permiten recuperar la señal con el mismo voltaje con el que fue transmitido. Para ello se realiza un diseño de una red de tramos de líneas de transmisión conectadas en forma de árbol, con varias impedancias características diferentes en cada una de sus tramos, mediante el cual es posible la transmisión multipunto en sentido unidireccional de señales de alta velocidad sin reflexiones, manteniendo el nivel de tensión en los receptores. También se presenta el mecanismo de adaptación de estas líneas a los equipos de medida estándares de  $50\Omega$ .

Esta red se caracteriza por que la impedancia característica de cada uno de los tramos de línea debe ser igual al valor de el paralelo del subconjunto de impedancias características de terminación a las que alimenta. De esta forma, cualquier tramo de línea  $l$  de impedancia característica  $Z_l$ , el cual alimenta al conjunto de receptores con terminaciones  $Z_k, Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_p$ , debe seguir la relación:

$$Z_l = \frac{1}{\sum_{i=k}^p \frac{1}{Z_i}}$$

En esta red no existen limitaciones en cuanto al número de terminaciones, ni al número de pasos de subdivisión, ni otras consideraciones salvo la relación ya presentada. Dentro de esta regla general se excluye expresamente el caso particular ya conocido:

$$Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{2Z_0} + \frac{1}{2Z_0}}$$

En las figuras 4, 5, y 6 se muestran tres posibles formas de llevar a cabo la invención, sin perjuicio de que existan otras estructuras acogidas bajo la regla general presentada. En la figura 4 la regla que se debe cumplir es:

$$Z_o = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}}$$

Mientras que el resto de las impedancias  $Z_i$  no deben cumplir ninguna regla. Un ejemplo numérico para aclarar el uso de esta red, sin perjuicio del uso de otros valores, podría ser una red para transmitir desde una fuente a 4 destinos, con terminaciones de valor  $Z_1=100\Omega$ ,  $Z_2=50\Omega$ ,  $Z_3=25\Omega$  y  $Z_4=100\Omega$ , en donde la línea fuente que alimenta a estas cuatro líneas debe ser de valor  $Z_o=12.5\Omega$ .

En la figura 5, en la que se muestra un ejemplo de red que alimenta a las múltiples fuentes en tres etapas, las reglas que se deben cumplir son:

$$Z_o = \frac{1}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b}}$$

$$Z_a = \frac{1}{\sum_{i=1}^{k-1} \frac{1}{Z_i}}$$

$$Z_b = \frac{1}{\sum_{i=k}^n \frac{1}{Z_i}}$$

Si por ejemplo se deseara transmitir a 6 destinos mediante este diseño todos con terminación  $Z_i = 120\Omega$ , y de los cuales dos ( $Z_1$  y  $Z_2$ ) parten de  $Z_a$ , mientras que los otros cuatro ( $Z_3$ ,  $Z_4$ ,  $Z_5$  y  $Z_6$ ) parten de  $Z_b$ , los valores de los tramos de líneas de transmisión deben ser de impedancia característica  $Z_a = 60\Omega$ ,  $Z_b = 30\Omega$  y  $Z_o = 20\Omega$ . En este ejemplo todas las terminaciones son de igual impedancia aunque esto no es obligatorio.

Si bien en los diseños presentados como ejemplos en las figuras 4 y 5 el número de tramos de subdivisión para alcanzar a los receptores es constante (dos etapas en la figura 4 y tres etapas en la figura 5), esto no es una restricción del procedimiento. Así se presenta un ejemplo en la figura 6 en el cual se transmite a tres receptores, de tal forma que tras una primera subdivisión de la potencia entre  $Z_a$  y  $Z_b$ , se alcanza un receptor directamente conectado a  $Z_b$  con su terminación y a  $Z_1$  y  $Z_2$  se llega tras una segunda subdivisión  $Z_a$ . Si por ejemplo la terminación de  $Z_1$  fuera  $110\Omega$  y la de  $Z_2$  fuera  $132\Omega$ , la línea  $Z_a$  debe ser de  $60\Omega$  de impedancia característica. En este ejemplo, si la línea  $Z_b$  tiene una terminación de  $90\Omega$ , la línea  $Z_o$  debe ser de  $36\Omega$  de impedancia característica.

El problema que puede plantear el uso de líneas de transmisión de impedancia características diferentes de  $50\Omega$  es la dificultad que se tiene para monitorizar estas señales en equipos de medida estándares sin provocar degradación de la integridad de las señales transmitidas. Por ello, como parte de la invención se resuelve este problema. Para ello y en función de la impedancia característica de la línea se toman dos alternativas. Si la impedancia característica  $Z_i$ , de la línea es mayor que la impedancia característica del equipo de medida  $Z_o$ , se resuelve mediante la terminación de la línea de una resistencia de valor  $Z_a = Z_i - Z_o$  al que sigue una línea de transmisión de valor  $Z_o$ , con lo cual converge de forma adaptada al equipo de medida. Esto se muestra gráficamente en la figura 7. Así por ejemplo si se desea conectar una línea de impedancia característica  $Z_i = 120\Omega$  a un equipo de medida de  $50\Omega$ , para llevar a cabo la invención se deberá realizar una conexión a través de una resistencia  $Z_a = 70\Omega$ , y a continuación una línea de transmisión de impedancia característica de  $Z_o = 50\Omega$ . El único efecto que se produce es que el nivel de tensión medido es una versión atenuada de la señal original en un factor  $50/120$ , lo cual deberá ser tenido en cuenta a la hora de tomar la medida.

Si por contra, la línea que se desea monitorizar es de impedancia característica  $Z_i$  menor que la impedancia del equipo de medida  $Z_o$ , se deberá conectar al equipo de medida mediante una bifurcación de dos ramas de impedancias características  $Z_o$  y  $Z_p$ , tal como se muestra en la figura 8. La rama con impedancia característica  $Z_p$  se termina mediante una resistencia de terminación  $Z_p$  (a la cual se puede colocar un receptor si fuese necesario), y la rama con impedancia característica  $Z_o$  alimenta al equipo de medida. La relación que deben cumplir las impedancias es:

$$Z_p = \frac{Z_o \cdot Z_i}{Z_o - Z_i}$$

Mediante este mecanismo se puede realizar una medida sin degradación de la integridad de la señal y sin alteración del nivel de tensión en la línea  $Z_i$ . Como ejemplo de la invención, si se desea medir la señal de una línea de transmisión de impedancia característica de  $Z_i = 30\Omega$ , utilizando equipo adaptado a  $Z_o = 50\Omega$ , se debe bifurcar la línea de transmisión  $Z_i$ , en dos tramos, uno de valor de impedancia  $Z_p = 75\Omega$ , el cual debe ser correctamente terminado mediante una resistencia de  $75\Omega$ , y un segundo tramo de valor  $Z_o$  que alimenta al equipo de medida.

## Descripción detallada de las figuras

La Fig. 1 muestra un ejemplo del uso de divisores de potencia resistivos para transmitir desde una fuente a dos destinos. Esta técnica es utilizada habitualmente y mediante ella se realiza la transmisión sin reflexiones, aunque la señal recibida se ve atenuada por el consumo de potencia que se produce en las resistencias de división, de tal forma que los niveles de tensión recibidos en los receptores quedan divididos por 2.

La Fig. 2 muestra un ejemplo del uso de la técnica de receptores agrupados. En este caso existen dos receptores conectados a muy corta distancia de forma desadaptada. Si el tiempo de propagación de la señal a través de las pistas que unen a los receptores con la línea de transmisión es mucho menor que el tiempo de subida y bajada de la señal de datos, las reflexiones que se producen son despreciables. Al final de la línea se muestra conectada la terminación de la línea y un receptor.

La Fig. 3 muestra el uso de la terminación en T, que permite conectar a dos destinos mediante una bifurcación con dos líneas de transmisión de  $2Z_0$ .

La Fig. 4 muestra un ejemplo para llevar a cabo la invención para transmitir una señal desde una fuente hacia múltiples destinos. En este esquema se muestra una estructura en árbol donde a partir de una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0$  se alcanzan  $n$  salidas a través de  $n$  líneas de transmisión de las que se muestran a efectos ilustrativos sólo 3 de ellas. Cada una de las líneas de transmisión debe estar terminada con una resistencia de terminación de igual valor a la impedancia de la línea a la que terminan. Además, el conjunto de las líneas debe cumplir la siguiente regla:

$$Z_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}}$$

La Fig. 5 muestra otro ejemplo para llevar a cabo la invención para transmitir una señal a cuatro destinos a los cuales se llega en sucesivas etapas. La señal, que inicialmente es transmitida a través de la línea de transmisión con impedancia característica  $Z_0$ , es dividida en una primera fase en dos partes, no necesariamente iguales, a través de las líneas de transmisión de impedancia característica  $Z_a$  y  $Z_b$ . A partir de ahí existe una segunda división que sigue las reglas siguientes:

$$Z_a = \frac{1}{\sum_{i=1}^{k-1} \frac{1}{Z_i}} \quad Z_b = \frac{1}{\sum_{i=k}^n \frac{1}{Z_i}} \quad Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}}$$

La Fig. 6 muestra otro ejemplo de la invención, en la que se transmite a los diferentes destinos a través de diferentes números de etapas. La señal es transmitida inicialmente a través de una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0$ . Esta señal llega a la salida 3 a través de una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_b$ , y terminada con resistencia de terminación también de valor  $Z_b$ . Por otro lado señal es transmitida a través de una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_a$  hacia las salidas 1 y 2 a través de las líneas de transmisión con impedancia característica  $Z_1$  y  $Z_2$ . Estas dos últimas líneas están terminadas de forma correcta.

$$Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b}} \quad Z_a = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}}$$

La Fig. 7 muestra la forma de conectar una línea de impedancia característica  $Z_i$  a una línea de impedancia característica menor de valor  $Z_0$ , mediante una resistencia de adaptación  $Z_a$ . Su aplicación es para medir señales en líneas que tienen diferente impedancia característica a la impedancia de entrada de los equipos de medida.

La Fig. 8 muestra la forma de conectar una línea de impedancia característica  $Z_i$  a una línea de impedancia característica mayor de valor  $Z_0$ , mediante una bifurcación en dos líneas de impedancia característica  $Z_0$  y  $Z_p$ , estando esta última terminada mediante una resistencia de terminación  $Z_p$ .

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la transmisión multipunto adaptada de señales digitales de alta velocidad en tarjeta de circuito impreso, desde un emisor a varios receptores con terminaciones resistivas a través de un sistema de líneas de transmisión con topología en árbol **caracterizado** porque cada línea de transmisión de esta red tiene como impedancia característica el valor de el paralelo del subconjunto de resistencias de terminación a las que alimenta, ya sea a través de una o varias etapas de subdivisión.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación primera **caracterizado** porque para dividir la potencia que circula por una línea de transmisión emisora de forma adaptada en la terminación de la línea se utiliza un conjunto de líneas de transmisión receptoras ajustadas de tal forma que el paralelo de las impedancias características de las líneas receptoras sea igual a la impedancia característica de la línea emisora.
- 15 3. Procedimiento para la adaptación de una línea de transmisión con impedancia  $Z_l$ , característica mayor que  $Z_o$ , a equipos de medida con  $Z_o$  de impedancia de entrada a través de un sistema de adaptación que consiste en una terminación con una resistencia de valor  $Z_a$  igual al valor de la línea que se pretende adaptar menos  $Z_o$ , seguido de una línea de transmisión de  $Z_o$  de impedancia característica, que alimenta al equipo de medida (figura 7).
- 20 4. Procedimiento para la adaptación de una línea de transmisión con impedancia característica  $Z_l$  menor que  $Z_o$ , a equipos de medida con impedancia de entrada de valor  $Z_o$ , a través de un sistema de adaptación que consiste en una bifurcación en dos líneas de transmisión, una de valor  $Z_o$  que alimenta al equipo de medida, y una segunda línea de transmisión de valor  $Z_p$  correctamente terminada, tal que el paralelo de  $Z_p$  con  $Z_o$  sea igual a  $Z_l$  (figura 8).

25

30

35

40

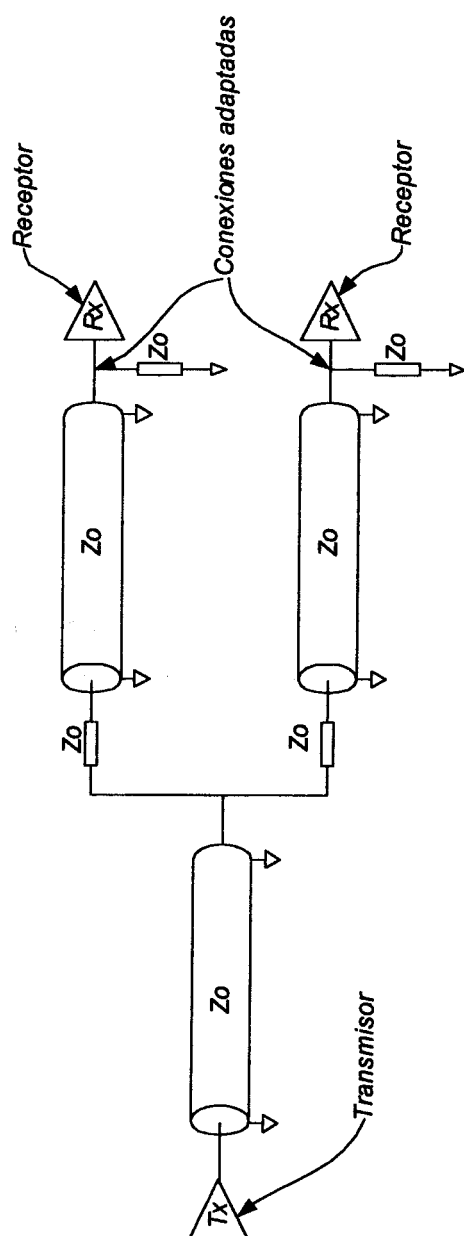
45

50

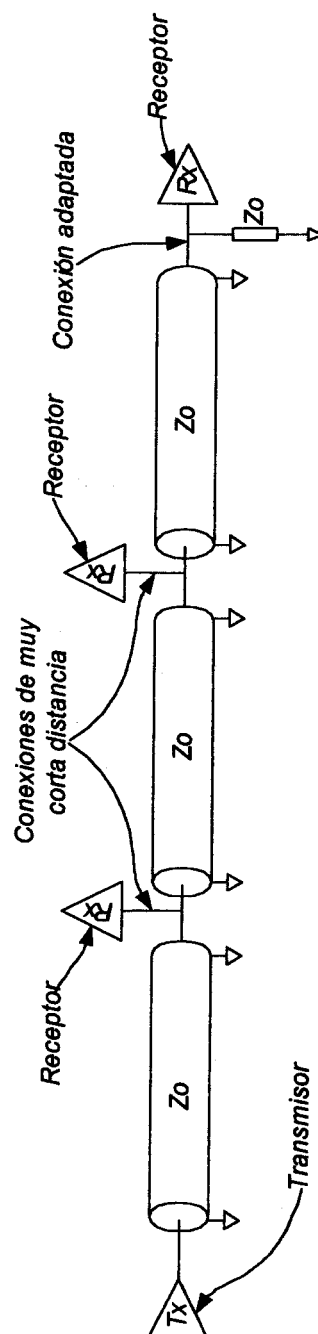
55

60

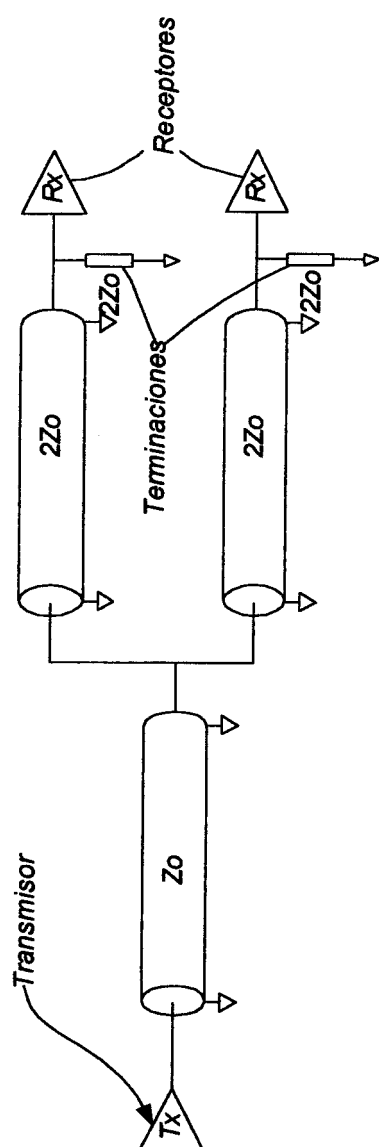
65



**Fig 1:** Estado actual de la técnica



**Fig 2:** Estado actual de la técnica



**Fig 3:** Estado actual de la técnica

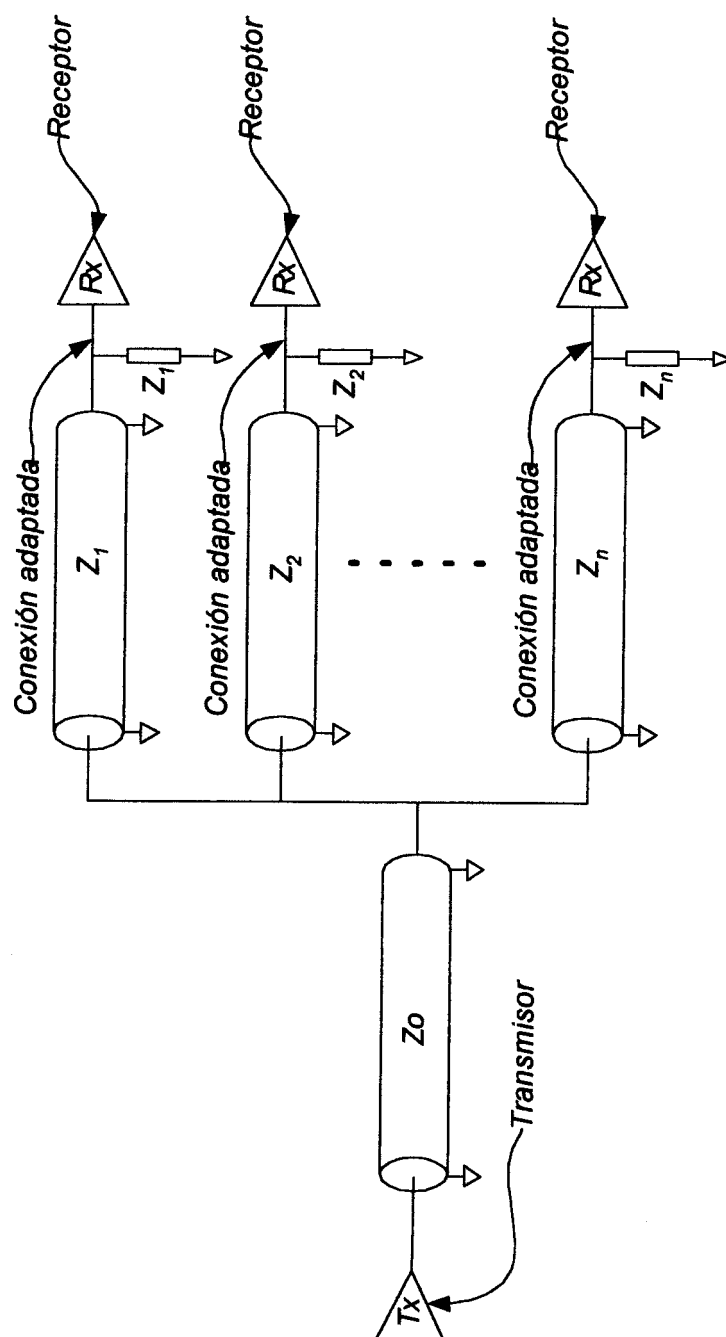


Fig. 4

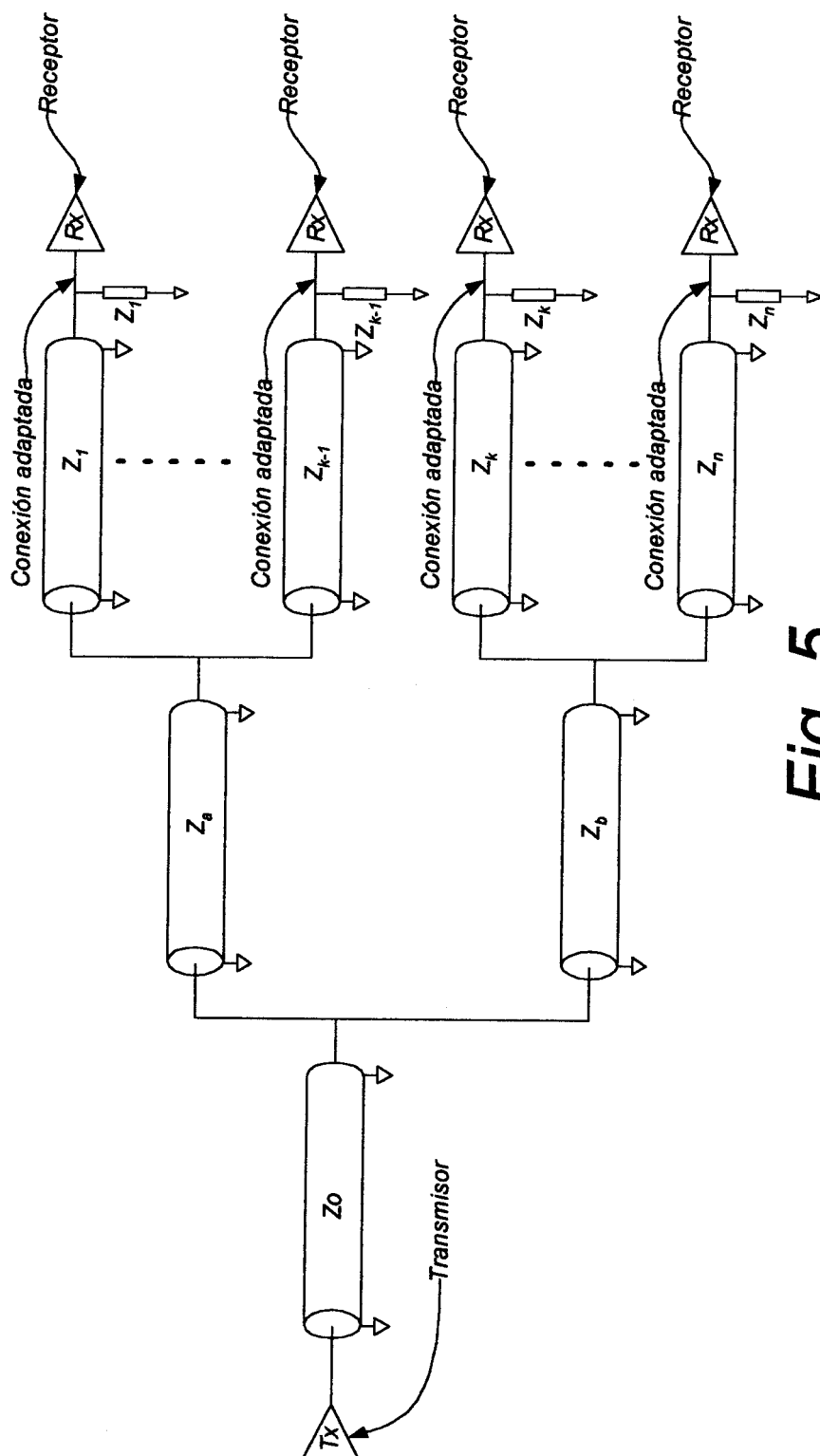


Fig. 5

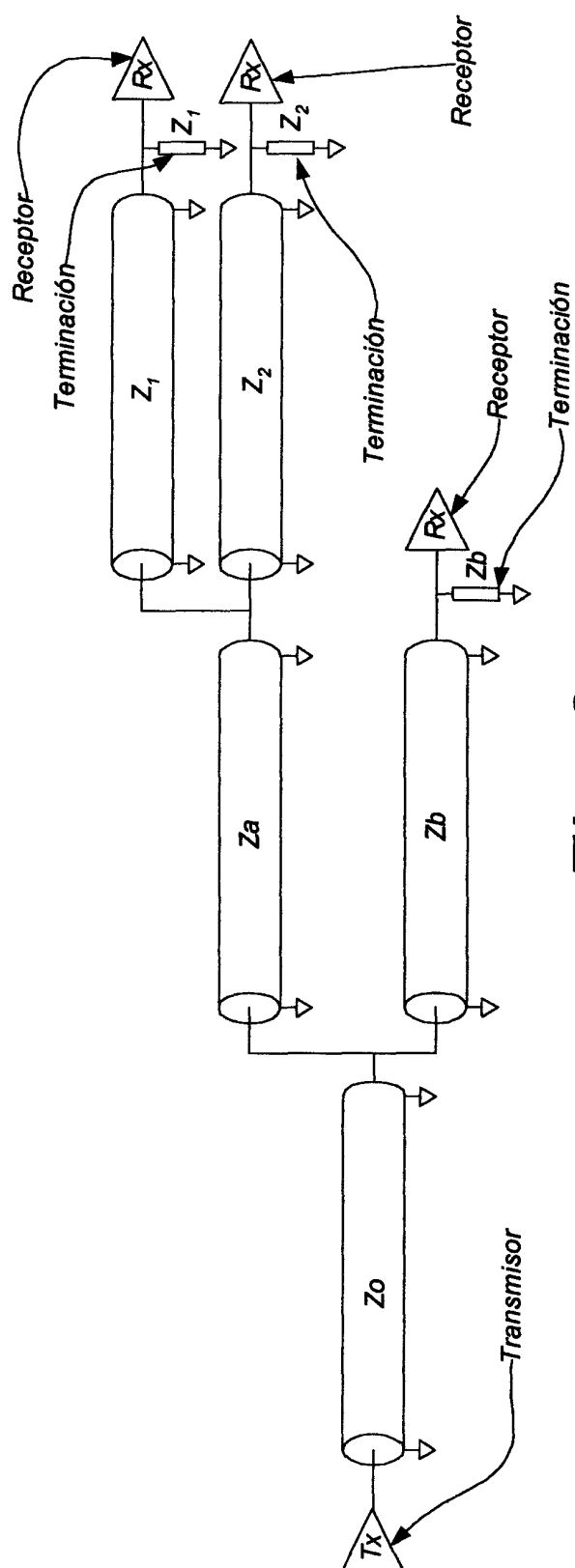
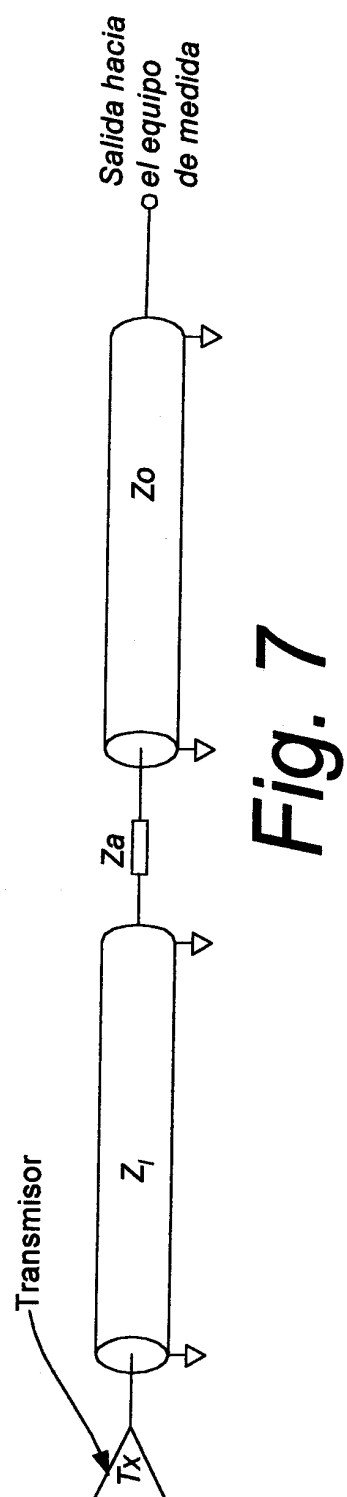
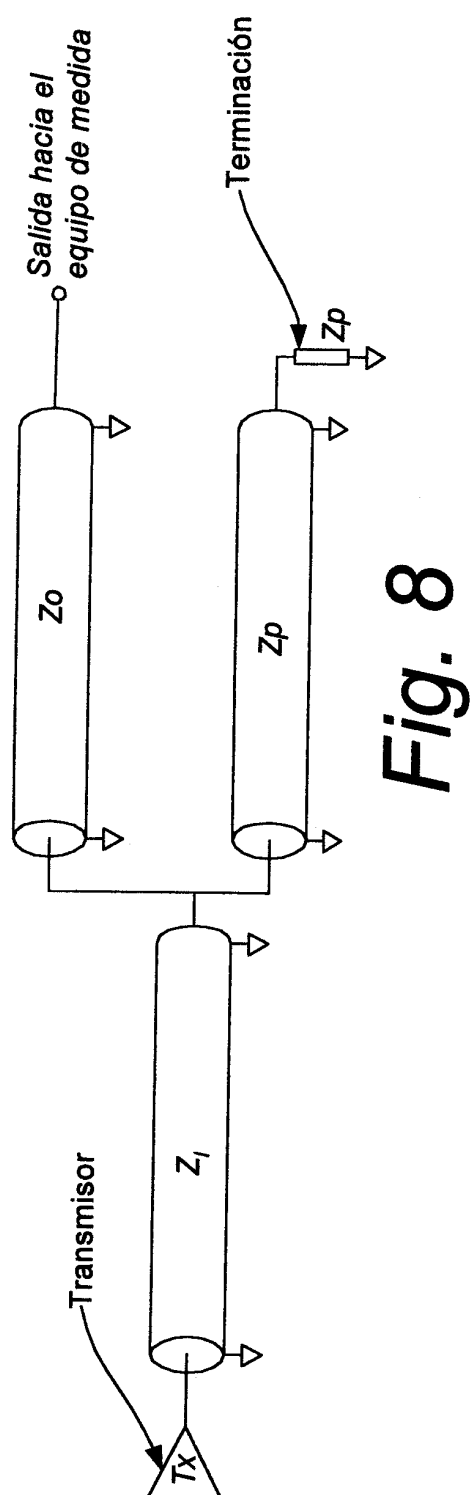


Fig. 6





OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 237 278

⑫ Nº de solicitud: 200300853

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 27.03.2003

⑭ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: H01P 5/08

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | Documentos citados                                                                                                     | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X         | JP 9246817 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 19.09.1997, descripción; figura 2.                                         | 1,2                        |
| Y         |                                                                                                                        | 3                          |
| A         |                                                                                                                        | 4                          |
| Y         | EP 0533549 A1 (ALCATEL NV; CIT ALCATEL) 24.03.1993, columna 1, líneas 9-20; columna 2, línea 42 - columna 3, línea 58. | 3                          |
| A         | JP 9172340 A (MURATA MANUFACTURING CO) 30.06.1997, todo el documento.                                                  | 1-4                        |

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

26.04.2005

Examinador

M. Pérez Formigó

Página

1/1