

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 051**

51 Int. Cl.:

H04M 11/06 (2006.01)

H04M 3/30 (2006.01)

G01R 31/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2010 E 10170237 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2282499**

54 Título: **Instrumento de prueba para TDR de pulsos, TDR de etapas y análisis de transmisión**

30 Prioridad:

21.07.2009 US 227143 P
16.07.2010 US 838199

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2018

73 Titular/es:

Textron Innovations Inc. (100.0%)
40 Westminster Street
Providence, Rhode Island 02903 / US

72 Inventor/es:

DURSTON, THOMAS W.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 671 051 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Instrumento de prueba para TDR de pulsos, TDR de etapas y análisis de transmisión

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Esta solicitud reivindica el beneficio nacional de la Patente Provisional de Estados Unidos nº de serie 61/227.143, presentada el 21 de julio de 2009.

10 Los principios de prueba de línea telefónica, descritos en esta descripción, están basados en la reflectometría de dominio temporal y son similares a la operación del radar. Se inicia una señal desde un reflectómetro de dominio temporal (TDR) conectado a la línea bajo prueba (LUT).

15 La reflectometría de dominio temporal se utiliza para diagnosticar problemas en circuitos telefónicos y DSL. Un reflectómetro TDR opera transmitiendo una señal, en una línea de transmisión, y a continuación, supervisando la línea de transmisión para detectar cualquier reflexión de la señal. Las reflexiones son causadas por cambios en la impedancia a lo largo de la línea de transmisión. Un cambio en la impedancia puede indicar la presencia de un fallo operativo. Cuando una señal transmitida por un TDR alcanza la desadaptación de impedancia, una parte de la señal transmitida se refleja de nuevo en el TDR. Debido a que las señales transmitidas y reflejadas se desplazan a lo largo de la línea de transmisión a una velocidad de propagación conocida, puede determinarse una localización precisa de la desadaptación de impedancia midiendo el tiempo en que se transmite la señal, y el momento en que la señal reflejada se recibe por el TDR.

25 La magnitud de la señal reflejada es proporcional a la magnitud de la desadaptación de impedancia. El signo o polaridad del pulso reflejado se determina por la dirección del cambio en la impedancia. A modo de ejemplo, si la señal transmitida es positiva y la impedancia del fallo aumenta, entonces la señal reflejada será positiva. Una interrupción en la línea, por ejemplo, tendrá como resultado una intensa señal reflejada positiva. Si la señal transmitida es positiva y la impedancia en el fallo disminuye, entonces, la señal reflejada será negativa. Un cortocircuito en la línea, a modo de ejemplo, producirá un pulso reflejado negativo. Por lo tanto, la naturaleza del fallo se puede determinar o inferir a partir del análisis de las formas de onda reflejadas.

35 La energía de la señal transmitida depende del ancho de la señal. Cuanto mayor es el ancho del pulso, menor es la frecuencia y se transmite más energía, lo que permite que la señal se desplace todavía más abajo de la línea. En consecuencia, numerosos reflectómetros TDR actualmente disponibles tienen un número limitado de configuraciones de ancho de pulso seleccionables. Cada configuración de pulso genera pulsos de ancho prácticamente idéntico.

40 Dos tipos de TDR actualmente en uso son el TDR de pulsos y el TDR de etapas. El TDR de pulsos, se utiliza comúnmente en la prueba de líneas de telecomunicación. El TDR de pulsos proporciona una forma de onda de impulso para estimular la línea bajo prueba LUT. El TDR de pulsos solamente proporciona un informe de una respuesta diferencial a los cambios de impedancia en la LUT. Esta respuesta diferencial suele ser adecuada para detectar el final de la línea, cortocircuitos o circuitos abiertos. El TDR de pulsos utiliza un impulso que tiene forma de pulso. El ancho de los impulsos en forma de pulso varía desde unos pocos nanosegundos hasta unos pocos microsegundos. Los anchos de pulso más cortos se utilizan para pruebas de corto alcance (p.ej., menos de unos pocos centenas de pies) y se utilizan mayores anchuras de impulsos para pruebas de mayor alcance (p.ej., miles de pies). El TDR de pulsos es útil para la aproximación de las características del fallo operativo, pero no puede medir la impedancia de línea y la naturaleza exacta de los próximos fallos. Con el TDR de pulsos no existen medios para determinar la impedancia de línea. Algunos fallos de línea, medidos por TDR de pulsos, tienen como resultado formas de onda complejas que se ilustran en la pantalla, que son difíciles de interpretar por el usuario. Por lo tanto, cuando un técnico desea una mejor definición de la LUT, debe utilizar un segundo instrumento, tal como un TDR de etapas.

55 El TDR de etapas no se utiliza comúnmente en la prueba de líneas de telecomunicación debido a la alta complejidad del circuito y la sensibilidad al daño de tensiones peligrosas que se encuentran en las líneas de telecomunicaciones. Cuando se realiza el TDR de etapas, se aplica un impulso en forma escalonada para la línea bajo prueba LUT. El impulso en forma escalonada comienza con un borde ascendente muy rápido (p.ej., un aumento que se produce en menos de un nanosegundo) y continúa emitiendo una tensión de corriente continua c.c. en la LUT, durante hasta unos pocos microsegundos. Esta técnica da como resultado un "ohmímetro de desplazamiento" efectivo, a medida que el impulso en forma escalonada se propaga por la LUT. El borde ascendente rápido y el siguiente nivel de corriente continua c.c., se rastrean, ahora, a través del tiempo. A medida que el impulso en forma escalonada encuentra un cambio de impedancia, la señal reflejada se mide como un desplazamiento al nivel de c.c. nominal, y proporciona un mecanismo para informar la impedancia de la LUT pulgada por pulgada. Esto es mucho más fácil de interpretar que el TDR de pulsos y es capaz de medir, con precisión, los fallos en la línea LUT. El TDR de etapas proporciona una lectura de impedancia directa de la LUT sobre el rango de interés, que no es posible con los métodos TDR de pulsos (o diferencial). El TDR de etapas es útil en distancias más cortas, normalmente hasta varios cientos de metros, dependiendo de la calidad de la LUT.

Se han proporcionado algunos dispositivos TDR de etapas para probar líneas de telecomunicaciones, tales como, por ejemplo, una prueba vendida por AEA bajo la marca comercial TDR 20/20. Estos dispositivos TDR de etapas utilizan un método de acoplamiento de corriente continua c.c. para la LUT. Como resultado, estos dispositivos TDR de etapas convencionales no se recomiendan en los circuitos de punta/anillo, debido al daño probable de las tensiones de la línea telefónica. Por este motivo, los productos TDR de etapas, actualmente en el mercado, proporcionan advertencias y precauciones relativas a daños para estos dispositivos cuando se utilizan en líneas telefónicas y otras fuentes de tensión. Además, la mayoría de los instrumentos TDR de etapas son sensibles a daño procedente de las tensiones presentes en las líneas telefónicas en funcionamiento.

La Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos nº 2003/0058431 de Durston, da a conocer una interfaz de línea de transmisión de reflectómetro de dominio temporal que incluye un controlador de pulsos para generar una señal de pulso transmitida. Un transformador de acoplamiento, unido al controlador de pulsos, acopla la señal de pulso transmitida a una línea de transmisión y recibe una señal de pulso reflejada, procedente de la línea de transmisión. Un amplificador diferencial está acoplado al controlador de pulsos y al transformador de acoplamiento a través de una red configurada, de modo que dicho pulso transmitido está equilibrado en las entradas inversoras y no inversoras del amplificador diferencial.

La Solicitud de Patente Europea 1 248 444 da a conocer un conjunto de pruebas de telefonía analógica con circuito de filtro de paso bajo y resistencias acopladas con el par de conductores con el fin de evitar la corrupción de las señales de comunicación digital. La corrupción de los datos digitales, sobre una línea telefónica, a la que ha de acoplarse un conjunto de prueba de telefonía, es obviada mediante la inserción de un circuito de filtro de paso bajo en la ruta de conexión de anillo-punta al conjunto de prueba. El filtro de paso bajo proporciona una ruta de baja impedancia solamente para las señales de banda de voz, mientras bloquea señales que se encuentran dentro del rango de alta frecuencia.

La Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos 2002/0089335 da a conocer un TDR integrado para localizar fallos en la línea de transmisión. Un circuito integrado incluye un transmisor, una ruta acoplada al transmisor, y un receptor TDR integrado con el transmisor para analizar una señal reflejada procedente de la ruta. El receptor TDR compara la señal reflejada con una señal de referencia variable para generar un estado lógico en un instante de muestreo determinado por una base de tiempo, que se genera por un circuito de muestreo. La señal reflejada es igual a la señal de referencia variable cuando tiene lugar transiciones de estados lógicos. La señal de referencia y el valor basado en el tiempo correspondiente se registran en la transición de estados lógicos. Se genera una forma de onda a partir de la señal de referencia registrada y su correspondiente valor basado en el tiempo. Se determina un punto de referencia para la forma de onda. La ubicación de un fallo, en la línea de transmisión, se puede determinar a partir de la diferencia de valores basados en el tiempo, entre el punto de referencia y el fallo.

SUMARIO DE LA INVENCION

El instrumento de prueba proporciona diagnosis de problemas en circuitos DSL y telefónicos. El instrumento de prueba se puede utilizar para realizar TDR y para el análisis de señales transmitidas en la línea bajo prueba. El instrumento de prueba incluye un transformador de acoplamiento de respuesta de baja frecuencia que está acoplado a los primero y segundo conductores de la línea bajo prueba, a través de circuitos de aislamiento del lado positivo y negativo. Los circuitos de aislamiento permiten que el instrumento de prueba se utilice en la línea bajo prueba mientras la línea está activa. El instrumento de prueba incluye controladores de impulso que proporcionan señales que tienen un ancho de impulso variable para ser utilizadas para realizar las funciones del TDR de pulsos, y del TDR de etapas. La respuesta de baja frecuencia del transformador de acoplamiento permite la transmisión del impulso, en forma escalonada, que incluye la componente de corriente continua c.c. del impulso en forma escalonada, a la línea bajo prueba y para la recepción de la componente de c.c. del impulso en forma escalonada, por los receptores positivo y negativo del instrumento de prueba.

Aspectos de la presente invención dan a conocer un instrumento de prueba, para probar una línea bajo prueba, tal como se establece en la reivindicación independiente 1.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La organización y la forma de la estructura y el funcionamiento de la invención, junto con otros objetos y ventajas adicionales de la misma, pueden entenderse mejor por referencia a la siguiente descripción, tomada en conexión con los dibujos adjuntos, en donde los mismos números de referencia identifican elementos similares, en los que:

La Figura 1 es un diagrama de bloques del instrumento de prueba de conformidad con una forma de realización del instrumento de prueba, que se ilustra con respecto a componentes relacionados de un sistema en el que se utiliza el instrumento de prueba;

La Figura 2A es una parte del diagrama de circuito del instrumento de prueba de la Figura 1, se proporciona una leyenda en relación con la Figura 2A que ilustra la relación entre las Figuras 2A y 2B; y

La Figura 2B es una parte del diagrama de circuito del instrumento de prueba de la Figura 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FORMA DE REALIZACIÓN ILUSTRADA

Aunque la invención puede ser susceptible para una realización en diferentes modos, anteriormente se ilustró en los dibujos, y aquí, se describirá en detalle, una forma de realización específica en el entendimiento de que la presente descripción se debe considerar a modo de un ejemplo de los principios de la invención, y no está prevista para limitar la invención que se ilustra y describe en el presente documento.

Un diagrama de bloques del instrumento de prueba 10 se ilustra en la Figura 1. Tal como se ilustra en la Figura 1, el instrumento de prueba 10 proporciona la conexión a una línea bajo prueba 12, que tiene un primer conductor/de punta 12a y un segundo conductor/anillo 12b. Según se describirá aquí, el instrumento de prueba 10 sirve para adquirir y procesar datos relacionados con la línea bajo prueba 12, o en relación con señales transmitidas en la línea bajo prueba 12, y para transmitir los datos a un sistema informático principal 14, por intermedio de una unidad central de procesamiento 16. La unidad central de procesamiento 16 proporciona la comunicación de circuitos dentro del instrumento de prueba 10, y entre el instrumento de prueba 10 y el sistema de ordenador principal 14. Con el fin de facilitar la discusión, se describirán diferentes partes o circuitos dentro del circuito de instrumento de prueba. Ha de entenderse que cada una de estas partes o circuitos no son necesariamente partes distintas, sino que juntas forman el circuito de instrumento de prueba 10. Ha de entenderse, además, que no es necesario que la totalidad las partes del instrumento de prueba 10 estén situadas dentro de una carcasa del instrumento de prueba. A modo de ejemplo, aunque la unidad central de procesamiento 16 se ilustra como estando separada del instrumento de prueba 10, ha de entenderse que la unidad central de procesamiento 16 se puede proporcionar dentro de la carcasa de alojamiento del instrumento de prueba 10, en el interior del sistema informático principal, o cualquier otro lugar. El ordenador principal 14 puede estar acoplado al instrumento de prueba 10 utilizando interfaces de hardware y protocolos de comunicación conocidos en la técnica.

Tal como se ilustra en la Figura 1, el circuito de instrumento de prueba 10 suele incluir un transmisor del lado de punta/positivo, un transmisor del lado negativo/anillo 20, un circuito de acoplamiento 22, y un duplexor/receptor complementario 24.

TRANSMISOR DEL LADO POSITIVO

El transmisor del lado de punta/positivo incluye, en general, un controlador de señal positiva 26, una red de adaptación de impedancia del lado de punta/positivo 28, y un circuito de envío de impulso positivo 30. El transmisor del lado de punta/positivo 18 recibe instrucción de un activador de señal 32 y proporciona una ruta de señal para la señal de impulso TDR_Pulse_POS_1 al circuito de acoplamiento 22.

El controlador de señal positiva 26 incluye un circuito integrado lógico, preferentemente, un circuito integrado lógico programable tal como, a modo de ejemplo, un Altera Cyclone 3 FPGA. El circuito del controlador de señal positiva 26 proporciona la señal de impulso positiva TDR_PULSE_POS_1 a la red de adaptación de impedancia del lado de punta/positivo 28. El controlador de señal positiva 26 es capaz de proporcionar señales que varían desde 20 Khz (anchos de impulso de 25 microsegundos) a 200 Mhz (anchos de impulso de 2.5 nanosegundos)

Tal como se ilustra con más detalle en la Figura 2A, la red de adaptación de impedancia del lado de punta/positivo 28 incluye condensadores de almacenamiento de carga y filtrado de ruido, C1, C2 y C3, condensadores de almacenamiento de carga y filtrado de ruido C4, C5 y C6, y un condensador de almacenamiento de carga y filtrado de ruido C8. Los condensadores C1 y C6 son, preferentemente, condensadores de 1000 pF. Los condensadores C2, C5 y C8 son, preferentemente, condensadores de 0.1 µF. Los condensadores C3 y C4 son, preferentemente, condensadores de 22 µF.

La red de adaptación de impedancia del lado de punta/positivo 28 incluye, además, la memoria intermedia de entrada U3A y memorias intermedias seleccionables U1A, U1B, U2A y U3B. Cada una de estas memorias intermedias es, preferentemente, una memoria intermedia/controlador de tipo SN74LVC2G241DCTR, de nivel lógico de tres estados.

La red de adaptación de impedancia del lado positivo 28 incluye, además, inductores L1 y L2. Los inductores L1 y L2 son preferentemente inductores de tipo MMZ1608R600A.

La red de adaptación de impedancia del lado positivo 28 incluye resistencias de impedancia seleccionables R9, R11 y R12. La resistencia R9 es, preferentemente, una resistencia de 365 Ω, la resistencia R11 es, preferentemente, una resistencia de 162 Ω, y la resistencia R12 es, preferentemente, una resistencia de 499 Ω. En una forma de realización preferida, la tolerancia de las resistencias R9, R11 y R12 es del 0.5%.

Tal como se ilustra, además, en la Figura 2A, se da a conocer una entrada de habilitación de tres estados 34 para la red de adaptación de impedancia del lado positivo 28, y permite la selección de impedancia en una de cuatro

disposiciones. La entrada de habilitación de tres estados 34 incluye una primera entrada TDR_START_N, una segunda entrada LINEZ1_EN; y una tercera entrada LINEZ2_EN. Mediante la selección de una combinación de estas entradas de impedancia, se puede seleccionar el modo de impedancia de la red de adaptación de impedancia del lado positivo 28. A modo de ejemplo, los modos de impedancia dados a conocer en la TABLA 1, que se ilustra a continuación, se pueden seleccionar para el circuito ilustrado en las Figuras 2A y 2B.

5

TABLA 1				
Resistencia del controlador de impulso positivo	Modo de impedancia	TDR_START_N (activo BAJO)	LINEZ1_EN (activo ALTO)	LINEZ2_EN (Activo ALTO)
R11	135 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 0 (apagado)	Lógica 0 (apagado)
R12	120 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 1 (encendido)	Lógica 0 (apagado)
R9	100 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 0 (apagado)	Lógica 1 (encendido)
R11, R12 y R9	90 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 1 (encendido)	Lógica 1 (encendido)

10 El circuito de reenvío de impulso positivo 30 proporciona la señal de impulso, desde el controlador de señal positiva 26 al duplexor/receptor 24, para la cancelación de la señal de impulso, según se describirá aquí. Tal como se ilustra en la Figura 2B, el circuito de reenvío de impulso positivo 30 incluye una memoria intermedia de cancelación U2B; que es, preferentemente, una memoria intermedia/controlador de tipo SN74LVC2G241DCTR de nivel lógico de tres estados, y una resistencia de habilitación de memoria intermedia R1, que es, preferentemente, una resistencia de 1 K Ω .

15 **TRANSMISOR DEL LADO NEGATIVO**

20 El transmisor del lado negativo/anillo 20, incluye, generalmente, un controlador de señal negativa 40, una red de adaptación de impedancia del lado negativo/de anillo 42, un circuito de acoplamiento de impulso negativo 44, y un circuito de reenvío de impulso negativo 46. El transmisor del lado negativo/de anillo 20 recibe instrucciones desde el activador de señal 32 y proporciona una ruta de señal para la señal de impulso TDR_PULSE_POS_2 para el circuito de acoplamiento 22.

25 El controlador de señal negativa 40 incluye un circuito integrado lógico, preferentemente un circuito integrado lógico programable tal como, a modo de ejemplo, un Altera Cyclone 3 FPGA. El controlador de señal negativa 40 proporciona la señal de impulso negativa TDR_PULSE_POS_2 a la red de adaptación de impedancia negativa/de anillo 42. El controlador de señal negativa 40 es capaz de proporcionar señales que varían desde 20 Khz (anchos de impulso de 25 microsegundos) a 200 Mhz (anchos de impulso de 2.5 nanosegundos)

30 Tal como se ilustra con más detalle en la Figura 2A, la red de adaptación de impedancia del lado negativo 42 incluye condensadores de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C32, C33 y C34; condensadores de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C41, C42 y C43, y el condensador de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C45. Los condensadores C32 y C41 son, preferentemente, condensadores de 22 μ F. Los condensadores C33, C43 y C45 son, preferentemente, condensadores de 0.1 μ F. Los condensadores C34 y C42 son, preferentemente, condensadores de 1000 pF.

35 La red de adaptación de impedancia del lado negativo 42 incluye, además, la memoria intermedia de entrada U7A y memorias intermedias seleccionables U5A, U5B, U8A y U8B. La memoria intermedia de entrada U7A es preferentemente una memoria intermedia/controlador de nivel lógico de tres estados de tipo SN74LVC2G241DCTR. Memorias intermedias seleccionables U5A, U5B, U8A y U8B son, preferentemente, una memoria intermedia/controlador de nivel lógico de tres estados de tipo SN74LVC2G240DCTR.

40 La red de adaptación de impedancia del lado negativo 42 incluye inductores L5 y L6. Los inductores L5 y L6 son preferentemente, inductores de tipo MMZ1608R600A.

45 La red de adaptación de impedancia del lado negativo 42 incluye resistencias de impedancia seleccionables R30, R32, R33 y resistencia de entrada R37. La resistencia R30 es, preferentemente, una resistencia de 365 Ω , la resistencia R32 es, preferentemente, una resistencia de 162 Ω , y la resistencia R33 es, preferentemente, una resistencia de 499 Ω . La resistencia de habilitación de memoria intermedia R37 es preferentemente una resistencia de 1 K Ω . En una forma de realización preferida, la tolerancia de las resistencias R30, R32 y R33 es del 0.5%.

50 Tal como se ilustra en la figura 2, se proporciona una entrada de habilitación de tres estados 48 a la red de adaptación de impedancia del lado negativo 42, y permite la selección de impedancia en una de cuatro disposiciones. La entrada de habilitación de tres estados 48 incluye una primera entrada TDR_START_N, una

segunda entrada LINEZ1_ENN y una tercera entrada LINEZ2_ENN. Mediante la selección de unas combinaciones de estas entradas de impedancia, se puede seleccionar el modo de impedancia de la red de adaptación de impedancia del lado negativo 42. A modo de ejemplo, los modos de impedancia dados a conocer en la TABLA 2, que se ilustra a continuación, se pueden seleccionar para el circuito ilustrado en las Figuras 2A y 2B.

5

TABLA 2				
Resistencia del controlador de impulso negativo	Modo de impedancia	TDR_START_N (Activo BAJO)	LINEZ1_ENN (Activo BAJO)	LINEZ2 ENN (Activo BAJO)
R32	135 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 1 (apagado)	Lógica 1 (apagado)
R33	120 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 0 (encendido)	Lógica 1 (apagado)
R30	100 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 1 (apagado)	Lógica 0 (encendido)
R32, R33 y R30	90 ohmios	Lógica 0 (encendido)	Lógica 0 (encendido)	Lógica 0 (encendido)

10 El circuito de acoplamiento de impulso negativo 44 incluye condensadores de aislamiento C35, C36 y C37 y la resistencia de aislamiento R29. El condensador de aislamiento C35 es, preferentemente, un condensador de 22 μ F, el condensador de aislamiento C36 es preferentemente un condensador de 0.1 μ F y el condensador de aislamiento C37 es, preferentemente, un condensador de 1000 pF. La resistencia de aislamiento R29 es, preferentemente, una resistencia de 2.21 K Ω . El circuito de acoplamiento de impulso negativo 44 sirve para evitar la saturación del transformador de acoplamiento mediante el bloqueo de la circulación de corriente continua c.c. entre memorias intermedias seleccionables U5A, U5B, U8A y U8B del transmisor del lado negativo 20, a memorias intermedias seleccionables U1A, U1B, U2A y U3B del transmisor del lado positivo 18. Además, el circuito de acoplamiento de impulso negativo 44 sirve para evitar que la corriente inactiva circule desde las memorias intermedias seleccionables U5A, U5B, U8A y U8B, del transmisor del lado negativo 20, a las memorias intermedias seleccionables U1A, U1B, U2A y U3B del transmisor del lado positivo 20 impidiendo, de este modo, el drenaje de las baterías utilizadas para la alimentación eléctrica del instrumento de prueba 10 cuando los impulsos no están proporcionando impulsos 26, 40.

15 El circuito de reenvío de impulso negativo 46 proporciona la señal de impulso procedente del controlador de señal negativa 40 al duplexor/receptor 24 para la cancelación de la señal de impulso, como se describirá más adelante. Tal como se ilustra en la Figura 2B, el circuito de reenvío de impulso negativo 46 incluye una memoria intermedia de reenvío U9A y un condensador de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C45. La memoria intermedia de reenvío U9A es, preferentemente, una memoria intermedia/controlador de nivel lógico de tres estados del tipo SN74LVC2G240DCTR, y el condensador de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C45 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F.

20 CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO

30 El circuito de acoplamiento 22 incluye un transformador de acoplamiento T1, un circuito de aislamiento del lado de punta/positivo 50 y un circuito de aislamiento del lado negativo/de anillo 52. El circuito de acoplamiento 22 recibe señales procedentes de los transmisores del lado de punta/positivo y del lado negativo/de anillo 18, 20, y proporciona las señales a la línea bajo la prueba 12. El circuito de acoplamiento 22 recibe, además, señales de la línea bajo prueba 12 y transmite las señales recibidas al receptor del lado de punta/positivo 18 y al receptor del lado negativo/de anillo 20. Las señales recibidas desde la línea bajo prueba 12 pueden ser señales de impulso reflejadas, que se analizan utilizando TDR, o señales tales como señales de transmisión de banda ancha, para ser analizadas a través de otros métodos.

35 El transformador de acoplamiento T1 se ilustra, con más detalle, en la Figura 2A y es, preferentemente, un transformador de banda ancha con respuesta de baja frecuencia extendida, tal como, a modo de ejemplo, un transformador de tipo ISD-1373. El condensador C18 y la resistencia R20 proporcionan una referencia de masa para el transformador de acoplamiento T1. El condensador C18 es, preferentemente, un condensador de 1000 pF. La resistencia R20 es preferentemente una resistencia de 100 Ω . El transformador de acoplamiento T1 incluye conexiones del lado del instrumento de prueba en los terminales 4 y 6 y conexiones del lado de línea bajo prueba en los terminales 1 y 3.

40 El circuito de aislamiento del lado de punta/positivo 50 incluye condensadores C12, C15, C16, C17, y resistencias R15 y R16. Los condensadores C12, C15 y C17 son cada uno de ellos, preferentemente, condensadores de 4.7 μ F. El condensador C16 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F. La resistencia R15 es preferentemente una resistencia de 12.4 Ω , y la resistencia R16 es, preferentemente, una resistencia de 3.01 M Ω .

45 El circuito de aislamiento del lado negativo/de anillo 52, incluye condensadores C22, C23, C24, C25 y resistencias R22 y R25. El condensador C22 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F. Los condensadores C23, C24 y C25 son cada uno de ellos, preferentemente, condensadores de 4.7 μ F. La resistencia R22 es preferentemente una

ES 2 671 051 T3

resistencia de 3.01 M Ω , y la resistencia R25 es, preferentemente, una resistencia de 12.4 Ω .

DUPLEXOR/RECEPTOR COMPLEMENTARIO

- 5 El circuito duplexor/receptor 24 suele incluir un receptor del lado positivo 54, un receptor del lado negativo 56 y un transformador de salida T2. El duplexor/receptor 24 recibe señales de transmisión o reflejadas desde el polo de punta/positivo 12a y el polo negativo/anillo 12b de la línea bajo prueba 12 para el procesamiento, y comunica las señales de transmisión o reflejadas al lado de salida del transformador de salida T2.
- 10 El receptor del lado positivo 54 recibe, en general, las señales de transmisión o reflejadas desde el lado positivo del transformador de acoplamiento T1, y proporciona las señales al lado de entrada del transformador de salida T2. El receptor del lado positivo 54 suele incluir un conmutador de atenuación de punta/positivo 58 y un circuito de cancelación de punta/positivo 60.
- 15 Tal como se ilustra en la Figura 2B, el circuito de conmutador de atenuación de punta/positivo 58 incluye un relé K1 que es, preferentemente, un relé IM42G, que tiene posiciones de ajuste y reinicio. Cuando el relé K1 está en una posición de reinicio, el instrumento de prueba 10 proporciona una función de análisis del TDR de las señales reflejadas, que se proporcionan desde el lado de punta del transformador de acoplamiento T1, al circuito de cancelación de punta/positivo 60. El circuito de conmutador de atenuación de punta/positivo 58 incluye, además,
- 20 entradas de conmutación ATT_POS_K_S-R+ y ATTPOS_K_S+R-, para colocar el conmutador de atenuación K1 en el modo de configuración o reinicio. Diodos D1 y D2, y el condensador C7, se proporcionan en los terminales de la bobina de accionamiento del conmutador de atenuación positiva/de punta K1. Los diodos D1 y D2 son preferentemente diodos de tipo BAV99, y el condensador C7 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F.
- 25 El circuito de conmutador de atenuación de punta/positivo 58 incluye, además, las resistencias R2 y R4 de atenuación de nivel de referencia de 6dB; resistencias R3, R7 y R8 de atenuación de nivel de referencia de 21 dB; recibe la resistencia de entrada de señal R13; y recibe resistencias R14 y R18 de atenuadores de señal de 6dB y 21dB. Las resistencias R2 y R4 de atenuación de nivel de referencia de 6dB son, preferentemente, resistencias de 300 Ω ; las resistencias R3 son, preferentemente, una resistencia de 300 Ω ; la resistencia R7 es, preferentemente,
- 30 una resistencia de 137 Ω ; la resistencia R8 es preferentemente una resistencia de 15.8 Ω ; la resistencia R13 es, preferentemente, una resistencia de 300 Ω ; la resistencia R14 es preferentemente una resistencia de 270 Ω ; y la resistencia R18 es, preferentemente, una resistencia de 30 Ω . Preferentemente, resistencias R2, R4, R3, R7, R8, R13, R14 y R18 tienen cada una, una tolerancia del 0.5%.
- 35 El circuito de cancelación de punta/positivo 60 recibe, desde el circuito de conmutador de atenuación de punta/positivo 58 la señal de impulso positiva y la señal reflejada positiva/de punta si se utiliza TDR, o la señal de transmisión positiva/de punta si no se utiliza TDR. El circuito de cancelación de punta/positivo 60 sirve para eliminar la señal de impulso de la señal reflejada o de transmisión, y transmite la señal resultante al transformador de salida T2.
- 40 Tal como se ilustra en la Figura 2B, el circuito de cancelación de punta/positivo 60 incluye el amplificador de cancelación U4. El amplificador de cancelación U4 es, preferentemente, un amplificador diferencial, tal como, a modo de ejemplo, un amplificador AD8009ARZ. El circuito de cancelación de punta/positivo 60 incluye, además, una resistencia de ajuste de ganancia R5 que es, preferentemente, una resistencia de 150 Ω , y una resistencia de realimentación R6 que es, preferentemente, una resistencia de 300 Ω . Cada una de las resistencias R5 y R6 tiene,
- 45 preferentemente, una tolerancia del 0.5%. El circuito de cancelación de punta/positivo incluye, además, condensadores de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C9, C10, C13, C14, C19, C20 y C21; los condensadores C9 y C14 son, preferentemente, condensadores de 0.1 μ F; C10 y C13 son, preferentemente, condensadores de 1000 pF; el condensador C19 es preferentemente un condensador de 22 μ F; el condensador C20 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F, y el condensador C21 es, preferentemente, un condensador de 1000 pF.
- 50 El circuito de cancelación del lado de punta/positivo 60 incluye, además, un inductor L3 que es, preferentemente, un inductor de tipo MMZ1608R600A, y una resistencia R17 que es preferentemente una resistencia de 4.7 Ω .
- 55 El receptor del lado negativo 56 suele recibir, en general, las señales de transmisión o reflejadas desde el lado negativo del transformador de acoplamiento T1, y proporciona las señales al lado de entrada del transformador de salida T2. El receptor del lado negativo 56 incluye, generalmente, un conmutador de atenuación negativo/de anillo 62 y un circuito de cancelación negativo/de anillo 64.
- 60 El circuito de conmutador de atenuación negativo/de anillo 62 incluye un relé K2 que es, preferentemente, un relé IM42G que tiene posiciones de ajuste y restablecimiento. El relé K2 incluye entradas de conmutador ATTNEG_K_S-R+ y ATTNEG_K_S+R-, para colocar el conmutador de atenuación K2 en el modo de configuración o restablecimiento. Diodos D3 y D4 y el condensador C38 se proporcionan en los terminales de la bobina de accionamiento del conmutador de atenuación negativo/de anillo K2. Los diodos D3 y D4 son, preferentemente,
- 65 diodos de tipo BAV99, y el condensador C38 es, preferentemente, un condensador de 0.1 μ F.

El circuito de conmutador de atenuación negativo/de anillo 62 incluye, además, resistencias R42 y R39 de atenuación de nivel de referencia de 6dB; resistencias de atenuación de nivel de referencia de 21 dB R45, R41 y R46; recibe la resistencia R27 de entrada de señal; y recibe resistencias R26 y R28 de atenuadores de señal de 6dB y 21dB. Las resistencias R42 y R39 de atenuación de nivel de referencia son preferentemente resistencias de 300 Ω; la resistencia R45 es, preferentemente, una resistencia de 300 Ω; la resistencia R41 es, preferentemente, una resistencia de 137 Ω; la resistencia R46 es preferentemente una resistencia de 15.8 Ω; la resistencia R27 es, preferentemente, una resistencia de 300 Ω; la resistencia R26 es preferentemente una resistencia de 270 Ω; y la resistencia R28 es, preferentemente, una resistencia de 30 Ω. Preferentemente, cada resistencia R42, R39, R45, R41, R46, R27, R26 y 28 tiene una tolerancia de 0.5% cada una.

El circuito de cancelación negativo/de anillo 64 recibe, desde el circuito de conmutador de atenuación negativo/de anillo 62, la señal de impulso negativa, y la señal reflejada negativa/de anillo si se utiliza TDR, o la señal de transmisión negativa/de anillo si no se utiliza TDR. El circuito de cancelación negativo/de anillo 64 sirve para eliminar la señal de impulso de la señal reflejada o de transmisión y, para transmitir la señal resultante al transformador de salida T2.

El circuito de cancelación negativo/de anillo 64 incluye el amplificador de cancelación U6. El amplificador de cancelación U6 es, preferentemente, un amplificador diferencial, tal como, a modo de ejemplo, un amplificador AD8009ARZ. El circuito de cancelación negativo/de anillo 64 incluye, además, una resistencia de ajuste de ganancia R34, que preferentemente es una resistencia de 150 Ω, y una resistencia de realimentación R35 que es, preferentemente, una resistencia de 300 Ω. Cada una de las resistencias R34 y R35 tiene, preferentemente, una tolerancia del 0.5%. El circuito de cancelación negativo/de anillo 64 incluye, además, condensadores de almacenamiento de carga y de filtrado de ruido C30, C31, C39, C40, C26, C27 y C28; condensadores C31 y C39 son, preferentemente, condensadores de 0.1 μF; C30 y C40 son preferentemente condensadores de 1000 pF; el condensador C26 es, preferentemente, un condensador de 22 μF; el condensador C27 es preferentemente un condensador de 0.1 μF, y el condensador C28 es, preferentemente, un condensador de 1000 pF.

El circuito de cancelación del lado negativo/de anillo 64 incluye, además, inductores L4 que son, preferentemente, un inductor del tipo MMZ1608R600A, y una resistencia R23 que es, preferentemente, una resistencia de 4.7 Ω.

El transformador de salida T2 es, preferentemente, un transformador de tipo ISD-1373. Tal como se ilustra en la Figura 2B, un lado del instrumento de prueba del transformador de salida T2 incluye los terminales 1, 2 y 3, y un lado de salida del transformador de salida incluye los terminales 4, 5 y 6. Se proporciona una resistencia R21 en el lado del instrumento de prueba del transformador de salida T2. La resistencia R21 es, preferentemente, una resistencia de 4.7 Ω. La resistencia R10 y el condensador C11 se proporcionan en el lado de punta/positivo del transformador de salida T2. La resistencia R10 es, preferentemente, una resistencia de 49.9 Ω y el condensador C11 es preferentemente un condensador de 22 μF. La resistencia R31 y el condensador C29 se proporcionan en el lado negativo/de anillo del transformador de salida T2. La resistencia R31 es preferentemente una resistencia de 49.9 Ω, y el condensador C29 es, preferentemente, un condensador de 22 μF. Las resistencias R19 y R24 proporcionan una opción para derivar y eliminar el transformador de salida T2. Las resistencias R19 y R24 son, preferentemente, resistencias de cero Ω, para el acoplamiento directo del circuito receptor a las siguientes etapas de amplificación del circuito.

MÉTODO DE FUNCIONAMIENTO

El circuito del instrumento de prueba 10 proporciona un modo TDR de funcionamiento y un modo de análisis de señal. En cualquier modo, el usuario comienza colocando los conductores en comunicación eléctrica con los nodos de punta y anillo del instrumento de prueba, y los conductores de punta y anillo se conectan a la punta y el anillo de la línea bajo prueba 12. Tal como se ilustra, los circuitos transmisores 18, 20 y los circuitos receptores 54, 56 del circuito de instrumento de prueba 10 no están directamente acoplados con la línea bajo prueba 12. Por el contrario, se proporciona comunicación entre los circuitos transmisores 18, 20 y los circuitos receptores 54, 56 para el circuito de instrumento de prueba 10 a través del transformador de acoplamiento T1, que protege los circuitos transmisor y receptor de las tensiones presentes en la línea bajo prueba 12. De este modo, el circuito de instrumento de prueba 10 puede utilizarse en una línea activa bajo prueba 12 sin riesgo de dañar el circuito de instrumento de prueba 10.

Al proporcionar los mismos componentes para el circuito de aislamiento positivo y el circuito de aislamiento negativo, se proporciona un equilibrio longitudinal elevado.

En el modo TDR de funcionamiento, o el modo de análisis de señal de funcionamiento, el usuario puede seleccionar la impedancia y los niveles de atenuación que han de utilizarse. Para seleccionar el nivel de impedancia de las redes de adaptación de impedancia, el usuario utiliza el sistema de ordenador principal 14 con el fin de generar una señal de habilitación de tres estados desde la unidad CPU 16, que se transmite simultáneamente a las entradas de habilitación de tres estados positivas 34 y la entrada de habilitación de tres estados negativa 48 para seleccionar la impedancia de las redes de adaptación de impedancia positiva y negativa 28, 42, que coinciden con la impedancia de cada circuito transmisor 18, 20 con la impedancia de la línea bajo prueba 12 tal como se proporciona en las

Tablas 1 y 2. Las selecciones de impedancia están en régimen estacionario mientras dura la prueba, hasta que se modifiquen por el sistema de prueba.

Para seleccionar el nivel de atenuación que ha de utilizarse, las entradas ATTPOS_K_S-R+ y ATTPOS_K_S+R- se utilizan para colocar el relé K1 en el modo establecido o reiniciado, y las entradas ATTNEG_K_S-R+ y ATTNEG_K_S+R- se utilizan para colocar el relé K2 en el modo establecido o reiniciado. Lo anterior está destinado a que K1 y K2 se configuren o reinicien, simultáneamente, para proporcionar niveles de señal equilibrados para los circuitos de atenuación 58 y 62. Cuando K1 y K2 están en la posición de reinicio, los atenuadores reducen las señales recibidas a solamente 6 dB. K1 y K2 se suelen colocar en la posición de reinicio cuando el instrumento de prueba se utiliza en el modo TDR, o para análisis de señal de bajo nivel. Cuando se establecen K1 y K2, los atenuadores reducen la señal recibida a 21 dB, lo que permite que el instrumento de prueba reciba y analice señales DSL de alto nivel.

MODO DE FUNCIONAMIENTO DEL TDR

Tal como se indicó con anterioridad, cuando el instrumento de prueba se utiliza para realizar un análisis de TDR, normalmente, los relés K1 y K2 se colocan en las posiciones de reinicio con el fin de aplicar una atenuación de 6 dB a las señales reflejadas. En el modo TDR de funcionamiento, se proporcionan señales reflejadas desde las conexiones del instrumento de prueba, en los terminales 4 y 6 del transformador de acoplamiento T1, al receptor del lado positivo y negativo 54, 56.

El modo TDR de funcionamiento se inicia proporcionando señales de impulso en TDR_PULSE_POS_1 y TDR_PULSE_POS_2. Si se va a utilizar TDR de pulsos, se dan instrucciones a la CPU 16 para proporcionar una señal de control al activador de señal 32 que proporciona instrucciones para la iniciación de una señal de impulso en forma de pulso. Si se va a utilizar el TDR de etapas, se dan instrucciones a la CPU 16 para proporcionar una señal de control al activador de señal 32 que proporciona instrucciones para la iniciación de una señal de impulso en forma escalonada. En condiciones normales, un técnico comenzará utilizando el TDR de pulsos y, si se desea información adicional, el usuario puede realizar el seguimiento con el TDR de etapas.

TDR DE PULSOS

Tal como se indicó anteriormente, para el TDR de pulsos, el sistema de ordenador principal 14 se utiliza para dar instrucciones a la CPU 16 que proporciona una señal de control al activador de señal 32 con el fin de iniciar una señal de impulso en forma de pulso. Los controladores digitales 26, 40, en respuesta al activador de señal, inician de forma simultánea la señal incidente de impulso positiva TDR_PULSE_POS_1, en el controlador de señal positiva 26 y la señal incidente de impulso negativa TDR_PULSE_POS_2, en el controlador de señal negativa 40. Estas señales incidentes positivas y negativas proporcionan señales en forma pulso. El ancho del impulso generalmente varía desde un nanosegundo hasta algunos microsegundos. Anchos de impulso más cortos se utilizan generalmente para pruebas de más corto alcance, a modo de ejemplo, menos de 300 pies. Anchos de impulso más largos se usan para pruebas de mayor alcance, por ejemplo, de hasta 18.000 pies. Para llevar a cabo un TDR de pulsos para una línea telefónica que tenga una longitud de 1000 pies, a modo de ejemplo, se puede utilizar una señal de 10 MHz, que tiene un ancho de impulso de 50 nanosegundos. Los controladores de impulsos 26, 40 proporcionan un impulso de onda cuadrada de parte superior plana que consiste en un tiempo de elevación rápido, preferentemente menos de 2 nanosegundos, y un tiempo de caída rápido, preferentemente menor que 5 nanosegundos.

Tal como se ilustra en las Figuras 2A y 2B, el TDR de señal incidente de pulso positiva PULSE_POS_1 del controlador de punta/positivo 26, se proporciona a la memoria intermedia U2B del circuito de reenvío de impulso positivo 30, y se utiliza para cancelar la señal incidente de impulso positivo, procedente de una señal reflejada, tal como se describirá a continuación. La señal incidente de impulso positivo del controlador de punta/positivo 26, se proporciona, además, a la memoria intermedia de entrada U3A, en donde se pasa, a continuación, a la memoria intermedia seleccionada U1A y U2A, U1B o U3B de la red de adaptación de impedancia positiva 28 y luego, al lado del instrumento del transformador de acoplamiento T1. Más concretamente, los impulsos proporcionados por el controlador de punta/positivo 26 se amplifican mediante memorias intermedias no inversoras U1A, U1B, U2A, U3A y U3B y se proporcionan al transformador de acoplamiento T1 por intermedio de resistencias de impedancia seleccionables de la red de adaptación de impedancia positiva 28. La señal resultante es un impulso positivo de 0 V a +5 V en las salidas de las memorias intermedias U1A y U2A, U1B y U3B y de 0 a +2.5 voltios en el terminal 6 del transformador de acoplamiento T1.

La señal incidente de impulso negativa TDR_PULSE_POS_2, del controlador negativo/de anillo 40, se proporciona a la memoria intermedia U9A del circuito de reenvío de impulso negativo 46 y se utiliza para cancelar la señal incidente de impulso negativa, procedente de una señal reflejada, según se describirá aquí, a continuación. La señal incidente de impulso negativa del controlador negativo/de anillo 40 se proporciona, además, a la memoria intermedia de entrada U7A, en donde se transmite luego a la memoria intermedia seleccionada U5A y U5B, U8A o U8B de la red de adaptación de impedancia negativa 42. La señal incidente de impulso negativa se pasa, a continuación, al circuito de acoplamiento de impulso negativo 44, antes de ser proporcionado al lado del instrumento del transformador de acoplamiento T1. Condensadores C35, C36 y C37, del circuito de acoplamiento de impulso

negativo 44, sirven para aislar el lado positivo del transformador de acoplamiento T1, del lado negativo del transformador de acoplamiento T1, con el fin de evitar la saturación del transformador de acoplamiento T1. Más específicamente, los impulsos proporcionados por el controlador negativo/de anillo 40 se amplifican por las memorias intermedias inversoras U5A, U5B, U8A y U8B, y se proporcionan al transformador de acoplamiento T1 mediante resistencias de impedancia seleccionables de la red de adaptación de impedancia negativa 42. La señal resultante es un impulso negativo de +5 V a 0 V en las salidas de las memorias intermedias, y de 0 V a -2.5 V (acoplado por condensadores C35, C36 y C37) en el terminal 4 del transformador de acoplamiento T1.

Se proporciona un impulso resultante de 5 V a través de los terminales 4 y 6, en el lado del instrumento, del transformador de acoplamiento T1, y se traslada a los terminales 1 y 3 en el lado de la línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1, y a los circuitos de aislamiento positivo y negativo 50, 52, antes de la transmisión a los conductores positivo y negativo 12a, 12b de la línea bajo prueba 12.

Las señales reflejadas por el polo de punta/positivo 12a de la línea bajo prueba 12, se proporcionan, a continuación, al lado de la línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1, por intermedio del circuito de aislamiento positivo 50. Señales reflejadas por el polo negativo/de anillo 12b de la línea bajo prueba 12, se proporciona al lado de la línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1 por intermedio del circuito de aislamiento negativo 52. La utilización del circuito de aislamiento del lado positivo y el circuito de aislamiento del lado negativo, proporciona un alto equilibrio longitudinal y no afectará a la línea bajo prueba. Las señales reflejadas se reciben en el lado de la línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1 y se trasladan al lado del instrumento de prueba del transformador de acoplamiento T1.

La señal reflejada del lado positivo se proporciona por el transformador de acoplamiento T1 al circuito de atenuación de punta/positivo 58, y la señal reflejada del lado negativo se proporciona al circuito de atenuación negativo/de punta 62. Tal como se describió anteriormente, y según se ilustra en la Figura 2B, el circuito de atenuación de punta/positivo incluye un conmutador K1. Durante el TDR de pulsos, el conmutador K1 se coloca en el modo de reinicio y proporciona la señal reflejada del lado positivo desde el terminal 6 del transformador de acoplamiento T1 al terminal 2 del conmutador K1. La señal reflejada se transmite luego desde el terminal 2 del conmutador K1, al terminal 3 del conmutador K1, y al amplificador de cancelación U4 del circuito de cancelación de punta/positivo 60. La señal incidente de impulso positiva se transmite desde la memoria intermedia U2B, del circuito de reenvío de impulso positivo 30 al terminal 7 del conmutador K1. La señal incidente de impulso positivo transmite desde el terminal 7, del conmutador K1, al terminal 6 de K1, y al amplificador de cancelación U4 del circuito de cancelación de punta/positivo 60. En este modo TDR, el conmutador K1 proporciona un nivel de atenuación de -6 dB. El amplificador de cancelación U4 proporciona, a la salida, la diferencia entre la señal incidente de impulso positivo y la señal reflejada positiva, con el fin de eliminar la señal incidente positiva de la señal reflejada.

Tal como se describió con anterioridad, y según se ilustra en la Figura 2B, el circuito de atenuación negativo/de anillo incluye un conmutador K2. Durante el TDR de pulsos, el conmutador K2 se coloca en el modo de reinicio y la señal reflejada del lado negativo se proporciona desde el terminal 4, del transformador de acoplamiento T1, al terminal 7 del conmutador K2. La señal reflejada se pasa, a continuación, desde el terminal 7, del conmutador K2, al terminal 6 del conmutador K2, y al amplificador de cancelación U6 del circuito de cancelación negativo/de anillo 64. La señal incidente de impulso negativa se transmite desde la memoria intermedia U9A, del circuito de reenvío de impulso negativo 46, al terminal 2 del conmutador K2. La señal incidente de impulso negativa transmite desde el terminal 2, del conmutador K2, al terminal 3 del conmutador K2 y al amplificador de cancelación U6 del circuito de cancelación negativo/de anillo 64. En este modo TDR, el conmutador K2 proporciona un nivel de atenuación de -6 dB. El amplificador de cancelación U6 proporciona, a la salida, la diferencia entre la señal incidente de impulso negativa y la señal reflejada negativa, con el fin de eliminar la señal incidente negativa de la señal reflejada.

Las señales reflejadas positiva y negativa, emitidas desde los amplificadores U4 y U6 (es decir, con la señal incidente eliminada) se proporcionan al lado del instrumento del transformador de salida T2. El transformador de salida convierte las señales reflejadas al lado de salida del transformador de salida T2.

Tal como se ilustra en la Figura 1, el transformador de salida T2 transmite las señales reflejadas a los circuitos de amplificación y filtrado antes de proporcionar las señales a la unidad CPU 16 y al ordenador principal 14, para su procesamiento. Este circuito TDR de impulsos proporciona una respuesta diferencial a los cambios de impedancia en la línea bajo prueba 12, que se puede visualizar y analizar utilizando el ordenador principal 14. Esta respuesta diferencial es adecuada para detectar el final de la línea, cortocircuitos o circuitos abiertos. Cuando el técnico desea una medición de la impedancia de línea, una identificación más precisa de la naturaleza de los fallos de "cierre" o, a modo de ejemplo, una imagen más clara de la calidad del cableado interno, el técnico puede utilizar el modo TDR de etapas de funcionamiento.

TDR DE ETAPAS

En el TDR de etapas, en su modo de operación, las funciones circuitales actúan de la misma manera que con el modo de funcionamiento del TDR de pulsos, con la excepción de que en el modo TDR de etapas, el sistema de ordenador principal se utiliza para dar una instrucción, a la unidad CPU, que proporciona una señal de control al

activador de señal 32 para iniciar una señal de impulso de forma escalonada. El controlador digital, en respuesta al activador de señal, inicia la señal de impulso incidente positiva en forma escalonada, TDR_PULSE_POS_1 en el controlador de señal positiva, y la señal incidente de etapa negativa TDR_PULSE_POS_2 en el controlador de señal negativa.

5 A diferencia de la señal de impulso generada digitalmente, que se utiliza en el modo TDR de pulsos descrito con anterioridad, que proporciona una onda en forma de pulso para estimular la línea bajo prueba, en el modo TDR de etapas, se aplica un impulso en forma escalonada a la línea bajo prueba. El impulso en forma escalonada, generado digitalmente, comienza con un borde ascendente muy rápido y continúa emitiendo una tensión de corriente continua c.c. constante en la línea bajo prueba durante un período de tiempo. El impulso en forma escalonada se proporciona con suficiente duración de nivel de corriente c.c. y caída mínima para crear una función de TDR de etapas, creando, de forma eficaz, un ohmímetro de desplazamiento a medida que la señal de etapa se propaga hasta la línea bajo prueba. El borde de elevación rápida, y la siguiente señal de corriente c.c., son rastreados y muestreados por el receptor 24 y la unidad CPU 16 mientras dura el impulso en forma escalonada. En una forma de realización preferida, el borde ascendente del impulso es suficientemente pronunciado para alcanzar la tensión de corriente continua deseada en menos de 1 nanosegundo, y la tensión de corriente continua constante del impulso se proporciona durante unos pocos microsegundos. Preferentemente, para el TDR de etapas, el ancho de impulso es de al menos 3 microsegundos. Si, sin embargo, un ancho de impulso de 3 microsegundos es insuficiente para proporcionar el análisis de la longitud de línea de interés, se puede utilizar un ancho de impulso más largo, a modo de ejemplo, un impulso de un ancho de aproximadamente 6 microsegundos puede ser ventajoso. Cuando se utiliza el modo TDR de etapas de funcionamiento, se ha encontrado que un ancho de impulso de aproximadamente 7 microsegundos es suficientemente amplio para proporcionar el análisis de longitudes de línea telefónica de interés normalmente. En algunos casos, sin embargo, un ancho de etapa de impulso de período más largo puede ser conveniente, a modo de ejemplo, aproximadamente 10 microsegundos para pruebas de más largo alcance.

25 El transformador de acoplamiento T1 proporciona una respuesta de baja frecuencia mejorada que permite la transmisión de energía de c.c. que se proporciona por el impulso en forma escalonada, durante al menos 3 microsegundos. Preferentemente, el transformador de acoplamiento de baja frecuencia proporcionará una transmisión de energía de c.c. de más de 10 microsegundos. La constante de tiempo proporcionada por los condensadores C12, C15, C16 y C17, y las resistencias R15 y R16, del circuito de aislamiento positivo 50, es suficientemente grande para permitir la transmisión de la energía de c.c. del impulso positivo en forma escalonada, al conductor positivo 12a de la línea bajo prueba 12, antes de que se carguen los condensadores. Asimismo, la constante de tiempo proporcionada por los condensadores C22, C23, C24 y C25, y las resistencias R22 y R25, del circuito de aislamiento negativo 52, es suficientemente grande para permitir la transmisión de la energía de c.c. del impulso en forma escalonada del lado negativo, antes de la carga de los condensadores, permitiendo, así, la transmisión de la energía de c.c. al conductor negativo 12b de la línea bajo prueba 12, antes de que se carguen los condensadores.

40 Las señales de impulso en forma escalonada, aplicadas a la línea bajo prueba, se reflejan de nuevo en el instrumento de prueba, y se reciben por el circuito de aislamiento positivo 50 y el circuito de aislamiento negativo 52. La utilización del circuito de aislamiento del lado positivo 50, y el circuito de aislamiento del lado negativo 52, proporciona un alto equilibrio longitudinal y no afectará a la línea bajo prueba. De nuevo, la constante de tiempo proporcionada por los circuitos de aislamiento positivo y negativo 50, 52 es suficiente para permitir que la energía de c.c., de las señales reflejadas, pase al lado de la línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1. El transformador de acoplamiento T1, que tiene una respuesta de baja frecuencia extendida, permite que la componente de corriente continua c.c., de la señal de impulso en forma escalonada, se transmita y sostenga para anchos de impulso más largos con caída o error insignificantes. El transformador de acoplamiento T1 transmite las señales reflejadas, que incluyen la energía de c.c. de las señales reflejadas, desde el lado de línea bajo prueba del transformador de acoplamiento T1, al lado del instrumento de prueba del transformador de acoplamiento T1.

50 El procesamiento de los impulsos en forma escalonada, positivos y negativos reflejados, para TDR de etapas, por el duplexor/receptor 24, es el mismo que el procesamiento de los impulsos positivos y negativos reflejados para el TDR de pulsos. Sin embargo, cuando los impulsos reflejados del TDR de etapas, se proporcionan al transformador de salida T2, las señales reflejadas incluirán una desviación del nivel de c.c. nominal. Este desplazamiento proporciona un mecanismo para calcular la impedancia directa, en lugar de la impedancia diferencial, proporcionada por el método TDR de pulsos. Esta medición de impedancia directa se proporciona en el rango de interés. Por lo tanto, se proporciona un análisis de impedancia directa, de la línea bajo prueba 12, sobre una base de 'pulgada por pulgada'.

60 La transmisión de las señales de impulso en forma escalonada, a la línea bajo prueba, se pone en práctica mientras que los circuitos del instrumento de prueba 10 está completamente protegidos contra tensiones de línea telefónica normales y peligrosas, incluyendo la protección contra tensiones transitorias durante varios cientos de voltios de valor máximo.

65 MODO DE OPERACIÓN DE ANÁLISIS DE SEÑAL

Además de proporcionar un análisis del TDR de la línea bajo prueba 12, el instrumento de prueba 10 se puede

utilizar para proporcionar un análisis de las señales de comunicación en la línea bajo prueba 12. Para funcionar en el modo de análisis de señal, se inicia una señal de control por el usuario, en el ordenador principal 14, y se proporciona a la unidad CPU 16. La CPU 16 reenvía la señal de control para colocar el controlador del lado positivo 18 y el controlador del lado negativo 20, en un modo de terminación activa "silencioso". En este modo de terminación activa, el TDR de pulsos no se activa, es decir, no se proporcionan impulsos en TDR_PULSE_POS_1 y TDR_PULSE_POS_2.

En el modo de análisis de señal, los ajustes de impedancia seleccionables de las redes de adaptación de impedancia 28, 42 se pueden ajustar a la impedancia de terminación deseada para proporcionar mediciones de nivel de señal precisas. Tal como se indicó con anterioridad, el usuario utiliza el sistema de ordenador principal 14 para generar una señal de habilitación de tres estados desde la CPU 16 que se pasa, simultáneamente, a la entrada de habilitación de tres estados positiva 34, y la entrada de habilitación de tres estados negativa 48, para seleccionar la impedancia de las redes de adaptación de impedancia positiva y negativa 28, 42 que coinciden con la impedancia de cada circuito transmisor 18, 20 con la impedancia de la línea bajo prueba 12, tal como se proporciona en las Tablas 1 y 2. Las selecciones de impedancia son estables para la duración de la prueba, hasta que se cambian por el sistema de prueba.

Tal como se indicó anteriormente, además, los conmutadores K1 y K2 proporcionan niveles de atenuación seleccionables. Utilizando el sistema del ordenador principal y las entradas ATTPOS_K_S-R+ y ATTPOS_K_S-R-, el conmutador K1 está situado en cualquiera de las posiciones configurada o reiniciada, y las entradas ATTNEG_K_S-R+ y ATTNEG_K_S-R- se utilizan para situar el conmutador K2 en cualquiera de entre la posición de ajuste o de reinicio. Para análisis de señal de bajo nivel, es decir, análisis de señal de alta sensibilidad, los conmutadores K1 y K2 se suelen colocar en la posición de reinicio para proporcionar solamente una atenuación de 6 dB y para un análisis de señal de alto nivel, p.ej., análisis de la señal DSL, K1 y K2 se colocan, típicamente, en la posición de ajuste, para proporcionar una atenuación de 21 dB.

En el modo de análisis de señal que utiliza una atenuación de 6 db, los relés K1 y K2 están en la posición de reinicio. En esta posición de reinicio, dichas señales de transmisión positivas, desde el primer conductor/de punta 12a de la línea bajo prueba 12, se transmiten al terminal 2 del conmutador K1, al terminal de salida 3 del conmutador K1, al amplificador positivo U4 y al lado del instrumento de prueba del transformador T2. Del mismo modo, las señales de transmisión del lado negativo, desde el segundo conductor/de anillo 12b de la línea bajo prueba 12 se transmiten del terminal 7 del conmutador K2, al terminal de salida 6 del conmutador K2, hacia el amplificador negativo U6, y al lado del instrumento de prueba del transformador T2. El transformador de salida T2 convierte las señales de transmisión al lado de salida del transformador de salida T2. Tal como se ilustra en la Figura 1, las señales de transmisión se proporcionan, a continuación, al amplificador y al circuito de filtrado 70, para la unidad CPU 16 y el ordenador principal 14 para su análisis por el usuario.

En el modo de análisis de señal que utiliza una atenuación de 21 db, los relés K1 y K2 están en la posición establecida. En esta posición establecida, señales de transmisión del lado positivo, desde el primer conductor/de punta 12a de la línea bajo prueba 12, se transmiten al terminal 4 del conmutador K1, al terminal de salida 3 del conmutador K1, hacia el amplificador positivo U4, y al lado del instrumento de prueba del transformador T2. Del mismo modo, las señales de transmisión del lado negativo, del segundo conductor/de anillo 12b de la línea bajo prueba 12, se transmiten al terminal 5 del conmutador K2, al terminal de salida 6 del conmutador K2, al amplificador negativo U6, y al lado del instrumento de prueba del transformador T2. El transformador de salida T2 convierte las señales de transmisión al lado de salida del transformador de salida T2. Tal como se ilustra en la Figura 1, las señales de transmisión se proporcionan, luego, al amplificador y al circuito de filtrado 70, hacia la CPU 16 y hacia el ordenador principal 14 para análisis por el usuario.

La invención proporciona un instrumento de prueba único 10, con características de funcionalidad de TDR de pulsos, funcionalidad de TDR de etapas y análisis de señal de transmisión (p.ej., medición de amplitud, análisis espectral, análisis de banda DSL, análisis de interferencia de ruido). En particular, la invención combina dos tecnologías de TDR y análisis de señal de transmisión DSL de banda ancha en un único instrumento de prueba 10, que utiliza un circuito común, sistema de control e interfaz de usuario. La función TDR de pulsos del circuito de instrumento de prueba 10, proporciona al usuario la capacidad de identificar, con rapidez, fallos de línea básicos, incluyendo aperturas, cortocircuitos y el final de la línea a distancias de hasta 18,000 pies. La función de TDR de etapas se puede utilizar para distancias más cortas, y proporciona una caracterización más precisa de los fallos identificados mediante el uso de la función TDR de pulsos. Cuando se usa en conexión con estas distancias más cortas, la función TDR de etapas del instrumento de prueba 10, proporciona una lectura de impedancia directa, pulgada por pulgada, de la línea bajo prueba. La función TDR de etapas es ventajosa para analizar fallos situados dentro de varios cientos de metros y, por lo tanto, proporciona una herramienta particularmente útil para analizar los fallos de cableado interno al proporcionar una imagen más clara del cableado interno en las instalaciones del abonado, que la que pueden proporcionarse simplemente utilizando TDR de pulsos. Además, a diferencia de dispositivos de TDR de etapas convencionales, el instrumento de prueba 10 se puede utilizar en conexión con una línea activa sometida a prueba.

Los técnicos que anteriormente utilizaban solamente TDR de pulsos, incluidos los técnicos de telecomunicaciones,

técnicos de CATV (teléfono sobre cable), contratistas eléctricos, etc., verían una clara ventaja en la utilización de un solo instrumento con características, a la vez, de TDR de etapas y pulsos para identificar, claramente, la posición de fallos y propiedades de impedancia de la línea bajo prueba. El uso de un solo instrumento para realizar, a la vez, un TDR de etapas y de pulsos, en lugar de un instrumento separado para proporcionar cada función, ahorra tiempo al técnico, lo que permite restaurar el servicio telefónico más fácilmente. Además, el uso de un solo instrumento de prueba reduce los costos del equipo. Las modificaciones requeridas para la adición de las características de TDR de etapas, a los circuitos TDR de pulsos actualmente disponibles, requerirán un costo de material adicional relativamente mínimo y modificaciones relativamente mínimas para el software y el firmware, a la vez que proporcionan un valor importante para el cliente.

Estos beneficios de un único instrumento de prueba se mejoran, además, proporcionando también un análisis de señal de transmisión. Los circuitos de adaptación de impedancia seleccionable, proporcionada por el transmisor del lado positivo y negativo, que se utiliza en los modos TDR se utilizan, además, en el modo de análisis de señal de transmisión. Además, los circuitos de atenuación seleccionable, utilizada en el modo TDR, se utilizan, además, para el modo de análisis de señal de transmisión.

Aunque no es necesario un equilibrio longitudinal elevado en instrumentos de TDR típicos, puesto que el instrumento de prueba 10 se utiliza para TDR y de transmisión de señal, se debe mantener un equilibrio longitudinal elevado del circuito. Este equilibrio da como resultado un equilibrio longitudinal mejorado, lo que resulta en una reducción del ruido y lecturas de datos mejoradas para, a la vez, los modos de funcionamiento de TDR y de análisis de señal de transmisión. Aunque los instrumentos de prueba TDR típicos utilizan filtros en los circuitos amplificadores 70 para eliminar ruido, dichos filtros no se pueden utilizar en el instrumento de prueba actual ya que el uso de estos filtros de reducción de ruido podría eliminar partes de las señales de transmisión requeridas para un análisis adecuado de las señales de transmisión, en el modo de análisis de señal de transmisión.

Aunque el instrumento de prueba 10 se ha descrito para su uso en relación con las pruebas de una línea de telecomunicaciones que tiene un primer conductor o "punta", y un segundo conductor o "anillo", ha de entenderse que el instrumento de prueba 10 se puede utilizar para realizar pruebas en otros tipos de líneas, tales como, a modo de ejemplo, un cable coaxial.

Aunque se ilustra y describe una forma de realización preferida del instrumento de prueba, se prevé que los expertos en la técnica puedan idear varias modificaciones del instrumento de prueba.

REIVINDICACIONES

1. Un instrumento de prueba para probar una línea bajo prueba (12) que comprende un primer conductor (12a) y un segundo conductor (12b), que tienen:

5 un transformador de acoplamiento (T1) que tiene un lado de línea bajo prueba y un lado del instrumento de prueba; un transmisor del lado positivo (18) conectado eléctricamente a dicho lado del instrumento de prueba de dicho transformador de acoplamiento (T1) e incluyendo un controlador del lado positivo,

10 un transmisor del lado negativo (20) conectado, eléctricamente, a dicho lado del instrumento de prueba de dicho transformador de acoplamiento (T1) e incluyendo un controlador del lado negativo,

15 un receptor del lado positivo (54) conectado, eléctricamente, a dicho lado del instrumento de prueba de dicho transformador de acoplamiento (T1) para recibir una señal desde dicho primer conductor (12a) de la línea bajo prueba (12), y

20 un receptor del lado negativo (56) conectado, eléctricamente, a dicho lado del instrumento de prueba de dicho transformador de acoplamiento (T1) para recibir una señal desde dicho segundo conductor (12b) de la línea bajo prueba (12),

caracterizado por cuanto que comprende:

25 un circuito de aislamiento de corriente continua c.c. del lado positivo (50) que proporciona una conexión eléctrica entre dicho lado de línea bajo prueba, de dicho transformador de acoplamiento (T1), y el primer conductor (12a) de la línea bajo prueba (12), respondiendo dicho circuito de aislamiento de c.c. del lado positivo (50) a las señales procedentes del primer conductor (12a) de la línea bajo prueba (12), y configurado para transmitir las señales recibidas desde el primer conductor (12a), de la línea bajo prueba (12), al transmisor del lado positivo (18), en donde las señales recibidas desde el primer conductor (12a), de la línea bajo prueba (12), son señales de banda ancha;

30 un circuito de aislamiento de corriente continua c.c. del lado negativo (52) que proporciona una conexión eléctrica entre el lado de línea bajo prueba, de dicho transformador de acoplamiento (T1), y el segundo conductor (12b) de la línea bajo prueba (12), estando dicho circuito de aislamiento de c.c. del lado negativo (52) equilibrado longitudinalmente con dicho circuito de aislamiento de c.c. del lado positivo (50), y respondiendo a las señales del segundo conductor (12b) de la línea bajo prueba (12), y configurado para transmitir las señales recibidas desde el segundo conductor (12b), de la línea bajo prueba (12), al transmisor del lado negativo (20), en donde las señales recibidas desde el segundo conductor (12b) de la línea bajo prueba (12) son señales de banda ancha.

40 2. El instrumento de prueba según la reivindicación 1, que incluye, además, un transformador de salida (T2), en donde un lado de entrada de dicho transformador de salida recibe señales desde dicho receptor del lado positivo (54), y desde dicho receptor del lado negativo (56), y un lado de salida de dicho transformador de salida está en comunicación con una unidad central de procesamiento (16).

45 3. El instrumento de prueba según la reivindicación 1, en donde dicho transmisor del lado negativo (20) incluye, además, un circuito de acoplamiento de impulso negativo (44) para evitar el flujo de corriente desde el transmisor del lado positivo (18) al transmisor del lado negativo (20).

50 4. El instrumento de prueba según la reivindicación 1, en donde dicho transmisor del lado positivo (18) incluye un circuito de impedancia seleccionable del lado positivo (28) y dicho transmisor del lado negativo (20) incluye un circuito de impedancia seleccionable del lado negativo (42), y en donde las impedancias de dichos circuitos transmisores del lado positivo y negativo (28, 42) se seleccionan para proporcionar la adaptación de la impedancia de los circuitos transmisores (28, 42) a la línea bajo prueba (12).

55 5. El instrumento de prueba según se define en la reivindicación 1, en donde dicho circuito receptor del lado positivo (54) comprende, además, un conmutador del lado positivo (K1) para seleccionar un nivel de atenuación que ha de aplicarse a dicha señal recibida desde dicho primer conductor (12a), y en donde dicho circuito receptor del lado negativo (56) comprende, además, un conmutador del lado negativo (K2) para seleccionar un nivel de atenuación, que ha de aplicarse a dicha señal recibida desde dicho segundo conductor (12b), en donde, además, preferentemente, dicho conmutador del lado positivo (K1) y dicho conmutador del lado negativo (K2) están en funcionamiento de forma simultánea.

60 6. El instrumento de prueba según la reivindicación 1, que incluye, además, una unidad central de procesamiento (16) para iniciar, de forma selectiva, señales de impulso en forma de impulso y en forma escalonada desde dichos transmisores del lado positivo y negativo (18, 20); y en donde dicho receptor del lado positivo (54) está configurado para recibir una señal reflejada del lado positivo desde dicho primer conductor (12a), y dicho receptor del lado negativo (56) está configurado para recibir una señal reflejada del lado negativo desde dicho segundo conductor

(12b).

7. El instrumento de prueba según la reivindicación 6, en donde dicho receptor del lado positivo (54) incluye, además, un circuito de cancelación positivo (60) para cancelar dicha señal de impulso, a partir de dicha señal reflejada del lado positivo, y en donde dicho receptor del lado negativo (56) incluye, además, un circuito de cancelación negativo (64) para cancelar dicha señal de impulso desde dicha señal reflejada del lado negativo.

8. El instrumento de prueba según la reivindicación 6, en donde dicho circuito de aislamiento del lado positivo (50) incluye un condensador (C16) y dicho circuito de aislamiento del lado negativo (52) incluye un condensador (C22) y en donde se proporciona un impulso en forma escalonada a dichos transmisores del lado positivo y negativo (18, 20) y dicho impulso en forma escalonada se aplica a dicho primer conductor (12a), antes de que dicho condensador (C16), de dicho circuito de aislamiento del lado positivo (50), se cargue y en donde se aplica un impulso en forma escalonada a dicho segundo conductor (12b), antes de que se cargue dicho condensador (C22) de dicho circuito de aislamiento del lado negativo (52).

9. El instrumento de prueba según la reivindicación 6, en donde una respuesta de frecuencia de dicho transformador de acoplamiento (T1) está configurada para proporcionar la transmisión de dichas señales de impulso y señales reflejadas; y en donde una constante de tiempo, de dicho circuito de aislamiento del lado positivo (50), y una constante de tiempo de dicho circuito de aislamiento del lado negativo (52), permiten la transmisión de una componente de c.c. de dichas señales de impulso a la línea bajo prueba (12) y permiten la transmisión de una componente de c.c. de dichas señales reflejadas a dichos receptores (54, 56).

10. El instrumento de prueba según la reivindicación 9, en donde dicha respuesta de frecuencia, de dicho transformador de acoplamiento (T1), proporciona la transmisión de señales de impulso que tienen una componente de c. c. que tiene una duración de al menos 3 microsegundos.

11. El instrumento de prueba según la reivindicación 9, en donde dicha constante de tiempo de dicho circuito de aislamiento del lado positivo (50) y dicha constante de tiempo de dicho circuito de aislamiento del lado negativo (52) son al menos 10 microsegundos.

12. El instrumento de prueba según la reivindicación 1,

en donde cuando el instrumento de prueba está en un modo de análisis de señal de transmisión, dicho transmisor del lado positivo (18) está configurado para proporcionar un circuito de terminación del lado positivo, y dicho transmisor del lado negativo (20) está configurado para proporcionar un circuito de terminación del lado negativo; y

en donde cuando el instrumento de prueba está en un modo TDR, dicho transmisor del lado positivo (18) está configurado para proporcionar una señal de impulso que ha de aplicarse al primer conductor (12a) de la línea bajo prueba, estando dicho transmisor del lado negativo (20) configurado para proporcionar una señal de impulso que ha de aplicarse al segundo conductor (12b) de la línea bajo prueba (12), y estando dicho receptor del lado positivo (54) configurado para recibir una señal reflejada positiva, y dicho receptor del lado negativo (56) está configurado para recibir una señal reflejada negativa.

13. El instrumento de prueba según la reivindicación 12, en donde dicho transmisor del lado positivo (18) incluye, además, una red de impedancia seleccionable (28) y dicho transmisor del lado negativo (20) incluye, además, una red de impedancia seleccionable (42).

14. El instrumento de prueba según la reivindicación 12, en donde dicho circuito receptor del lado positivo incluye, además, un conmutador del lado positivo (K1) para seleccionar un nivel de atenuación que ha de aplicarse a dicha señal recibida desde dicho primer conductor (12a), y dicho circuito receptor del lado negativo incluye, además, un conmutador del lado negativo (K2) para seleccionar un nivel de atenuación que ha de aplicarse a dicha señal recibida desde dicho segundo conductor (12b).

15. El instrumento de prueba según la reivindicación 9, en donde dicha respuesta de frecuencia, de dicho transformador de acoplamiento (T1), proporciona la transmisión de señales de impulso que tienen una componente de corriente continua c.c. que tiene una duración de al menos 7 microsegundos.

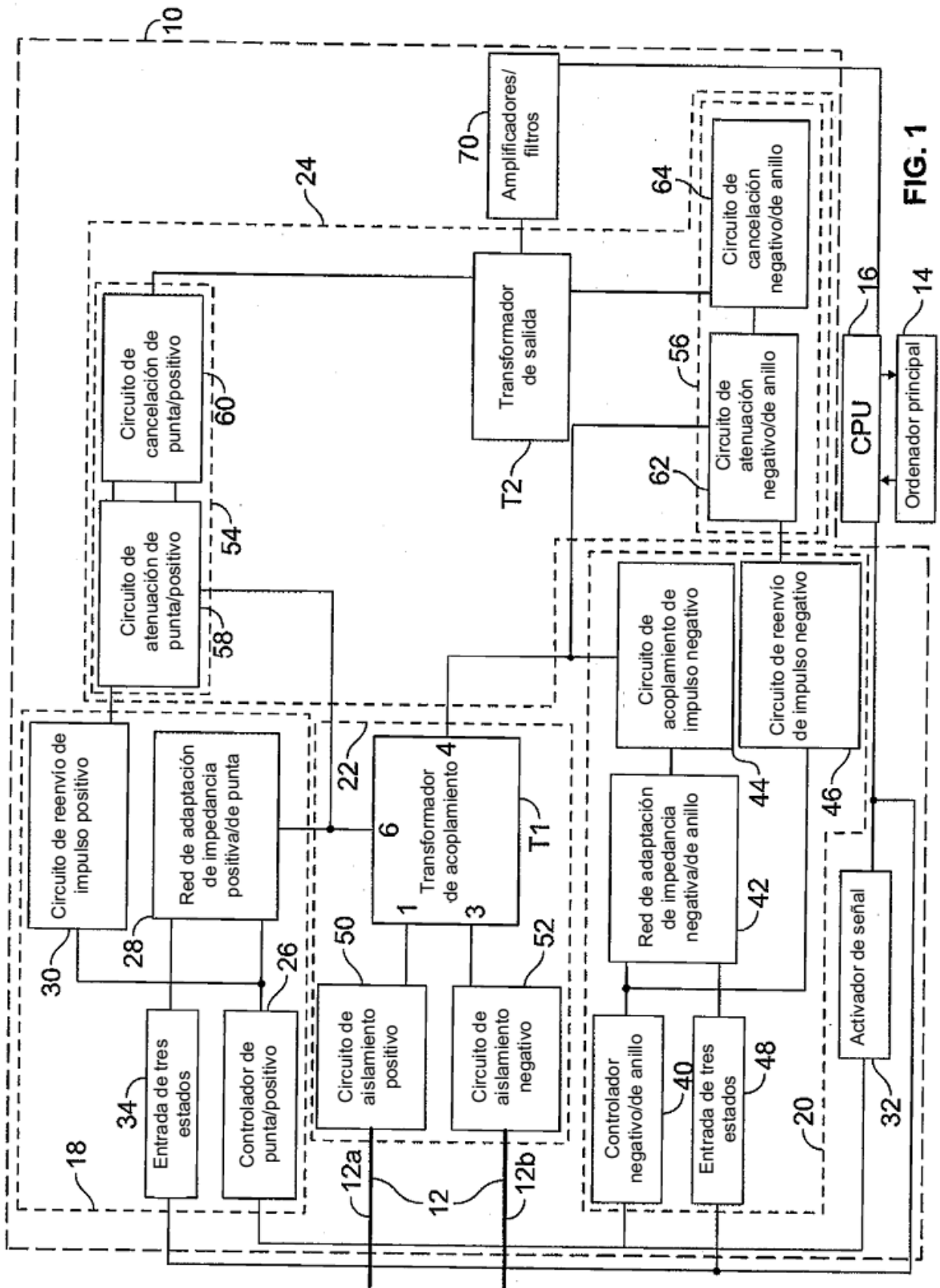


FIG. 1

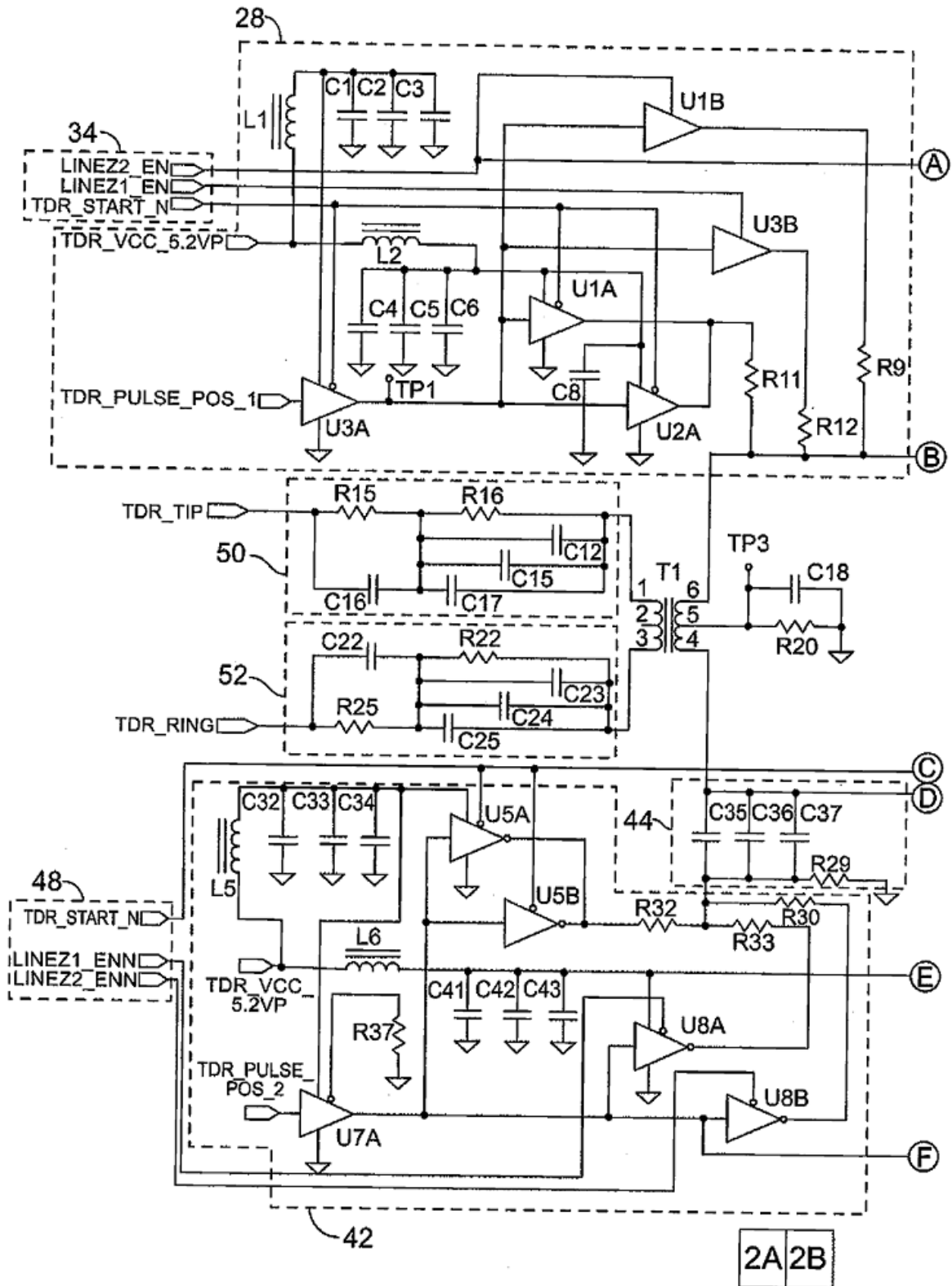


FIG. 2A

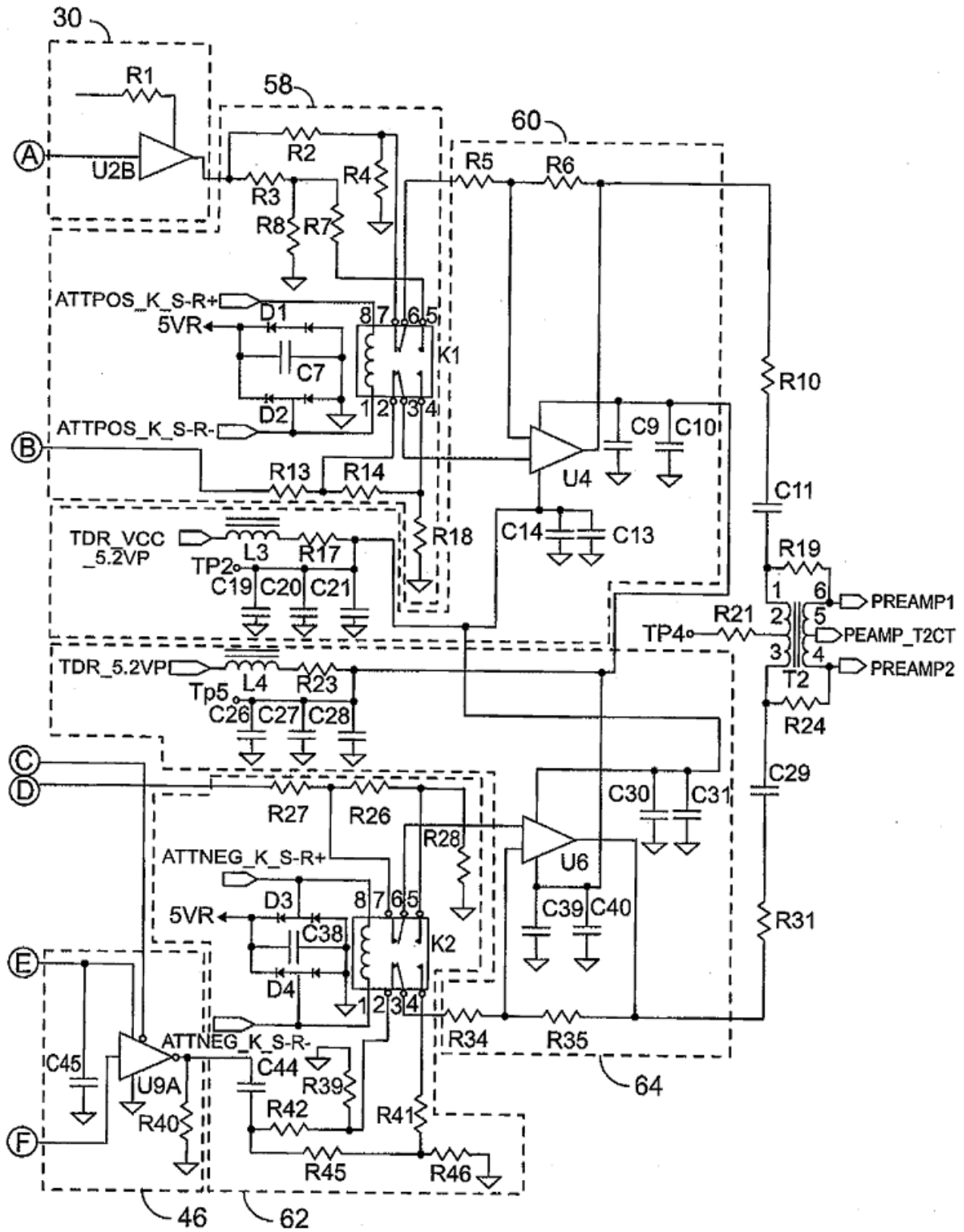


FIG. 2B