

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 949**

51 Int. Cl.:

H01R 13/6473 (2011.01)

H01R 13/646 (2011.01)

H01R 24/62 (2011.01)

H01R 13/6466 (2011.01)

H01R 13/66 (2006.01)

H01R 24/64 (2011.01)

H05K 1/02 (2006.01)

H05K 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2015** **PCT/US2015/042638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016** **WO16019004**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2015** **E 15827806 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.06.2021** **EP 3175515**

54 Título: **Conectores de comunicaciones que incluyen segmentos de línea de transmisión de baja impedancia que mejoran la pérdida de retorno y métodos relacionados**

30 Prioridad:

01.08.2014 US 201414449383

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

26.11.2021

73 Titular/es:

COMMScope, INC. OF NORTH CAROLINA
(100.0%)

1100 CommScope Place, SE
Hickory, NC 28602, US

72 Inventor/es:

HASHIM, AMID I.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 880 949 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

Conectores de comunicaciones que incluyen segmentos de línea de transmisión de baja impedancia que mejoran la pérdida de retorno y métodos relacionados

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a conectores de comunicaciones y, más particularmente, a conectores de comunicaciones como tomas y enchufes modulares que pueden exhibir un rendimiento de pérdida de retorno mejorado.

Antecedentes

Muchos sistemas de comunicaciones cableados usan conectores de toma y enchufe para conectar un cable de comunicaciones a otro cable de comunicaciones o a una pieza de equipo como un ordenador, impresora, servidor, conmutador o panel de conexiones. A manera de ejemplo, los sistemas de comunicaciones de alta velocidad usan habitualmente dichos conectores de toma y enchufe para conectar ordenadores, impresoras y otros dispositivos a redes de área local y/o redes externas como el Internet. La **Figura 1** representa un ejemplo muy simplificado de un sistema de comunicaciones de alta velocidad cableado que ilustra cómo pueden usarse los conectores de toma y enchufe para interconectar un ordenador **11** a, por ejemplo, un servidor de red **20**.

Como se muestra en la **Figura 1**, el ordenador **11** se conecta por un cable **12** a una toma de comunicaciones **15** que se monta en una placa de pared **19**. El cable **12** es un cable de conexión que incluye un enchufe de comunicaciones **13,14** en cada extremo del mismo. Típicamente, el cable **12** incluye ocho conductores aislados. Como se muestra en la **Figura 1**, el enchufe **14** se inserta en una abertura o "abertura de enchufe" **16** en la parte frontal de la toma de comunicaciones **15** de manera que los contactos **21** o "clavijas de enchufe" del enchufe de comunicaciones **14** se acoplan con los contactos respectivos de la toma de comunicaciones **15**. Si el cable **12** incluye ocho conductores, el enchufe de comunicaciones **14** y la toma de comunicaciones **15** normalmente cada uno tendrá ocho contactos. La toma de comunicaciones **15** incluye un conjunto de conexión de cables **17** en el extremo posterior del mismo que recibe una pluralidad de conductores (por ejemplo, ocho) de un segundo cable **18** que se presionan individualmente en las ranuras del conjunto de conexión de cables **17** para establecer conexiones mecánicas y eléctricas entre cada conductor del segundo cable **18** y una respectiva de una pluralidad de rutas conductoras a través de la toma de comunicaciones **15**. El otro extremo del segundo cable **18** se conecta a un servidor de red **20** que puede ubicarse, por ejemplo, en un armario de telecomunicaciones de un edificio de oficinas comerciales. El enchufe de comunicaciones **13** de manera similar se inserta en la abertura del enchufe de una segunda toma de comunicaciones (no se muestra en la **Figura 1**) que se proporciona en la parte posterior del ordenador **11**. De esta manera, el cable de conexión **12**, el cable **18** y la toma de comunicaciones **15** proporcionan una pluralidad de rutas eléctricas entre el ordenador **11** y el servidor de red **20**. Estas rutas eléctricas pueden usarse para comunicar señales de información eléctrica entre el ordenador **11** y el servidor de red **20**.

Los estándares de la industria como, por ejemplo, el estándar ANSI/TIA-568-C.2 aprobado el 11 de agosto de 2009 por la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (también conocido como "Estándar de Componentes y Cableado de Telecomunicaciones para Par Trenzado Balanceado"), que ayudaron a garantizar que los conectores de toma y enchufe que se fabricaron por diferentes proveedores funcionen juntos y cumplan con los criterios mínimos de rendimiento. Muchos de estos estándares especifican que los conectores de toma y enchufe se ajustan a la especificación de interfaz "RJ-45". Conforme a esta especificación, cada conector de toma y enchufe incluye ocho rutas conductoras, que están dispuestas como cuatro pares diferenciales de rutas conductoras y ocho contactos de interfaz (a los que típicamente se hace referencia como las "clavijas" del enchufe y los "contactos de cable metálico" de la toma). De esta manera, cada enchufe, toma y segmento de cable en la **Figura 1** incluye cuatro pares diferenciales, y por lo tanto un total de cuatro líneas de transmisión diferenciales se proporcionan entre el ordenador **11** y el servidor **20** que pueden usarse para transportar comunicaciones bidireccionales entre ellos (por ejemplo, dos de los pares diferenciales pueden usarse para transportar señales desde el ordenador **11** al servidor **20**, mientras que los otros dos pueden usarse para transportar señales desde el servidor **20** al ordenador **11**). En la región de conexión donde las clavijas del enchufe se acoplan con los contactos de cable metálico (la "región de acoplamiento de toma-enchufe"), las ocho clavijas de enchufe **21** (ver **Figura 1**) y los ocho contactos de cable metálico 1-8 (ver **Figura 2**) están alineados en una fila. La **Figura 2** también muestra la asignación de los contactos de cable metálico 1-8 a los cuatro pares diferenciales. Los sistemas de comunicaciones que usan enchufes, tomas y cables RJ-45 a menudo se denominan sistemas de comunicaciones "Ethernet".

Cuando las señales se transmiten a través de un conductor (por ejemplo, un alambre de cobre aislado) en un cable de comunicaciones, el conductor puede captar el ruido eléctrico de fuentes externas, degradando la calidad de la señal. Para contrarrestar dichas fuentes de ruido, las señales de información en los sistemas de comunicaciones descritos anteriormente se transmiten típicamente entre dispositivos a través de cables de comunicaciones que incluyen uno o más pares de conductores (en lo sucesivo, un "par diferencial" o simplemente un "par") en lugar de sobre un solo conductor. Los dos conductores de cada par diferencial están trenzados firmemente juntos en los cables de comunicaciones y los cables de conexión de manera que los ocho conductores están dispuestos como cuatro pares

diferenciales trenzados de conductores. Las señales que se transmiten en cada conductor de un par diferencial pueden, por ejemplo, tener magnitudes iguales, pero fases opuestas, y la señal de información está embebida como la diferencia de tensión entre las señales transportadas en los dos conductores del par. Cuando la señal se transmite a través de un par diferencial trenzado de conductores, cada conductor del par diferencial a menudo capta aproximadamente la misma cantidad de ruido de estas fuentes externas. Debido a que aproximadamente una cantidad igual de ruido se agrega a las señales transportadas por ambos conductores del par diferencial trenzado, la señal de información típicamente no se perturba, ya que la señal de información se extrae al tomar la diferencia de las señales transportadas en los dos conductores del par diferencial, y este proceso de sustracción puede cancelar principalmente la señal de ruido.

Refiriéndose de nuevo a la **Figura 2**, puede verse que el arreglo de los ocho contactos de cable metálico **1-8** en la región de acoplamiento de enchufe resultará en un acoplamiento capacitivo y/o inductivo desigual entre los cuatro pares diferenciales. Estos acoplamientos desiguales entre los conductores de diferentes pares diferenciales dan lugar a otro tipo de ruido que se conoce como "diafonía."

En particular, la "diafonía" se refiere a la energía de la señal no deseada que se acopla de manera capacitiva y/o inductiva a los conductores de un primer par diferencial "víctima" desde una señal que se transmite a través de un segundo par diferencial "perturbador". La diafonía inducida puede incluir tanto diafonía de extremo cercano (NEXT), que es la diafonía medida en una ubicación de entrada correspondiente a una fuente en la misma ubicación (es decir, diafonía cuya señal de tensión inducida viaja en una dirección opuesta a la de un origen, la señal perturbadora en una ruta diferente) y diafonía en el extremo lejano (FEXT), que es la diafonía medida en la ubicación de salida correspondiente a una fuente en la ubicación de entrada (es decir, diafonía cuya señal viaja en la misma dirección que la señal perturbadora en el ruta diferente). Ambos tipos de diafonía comprenden una señal de ruido indeseable que interfiere con la señal de información que se transmite a través del par diferencial víctima.

Para reducir los efectos de la diafonía, las tomas de comunicaciones ahora incluyen rutinariamente circuitos de compensación de diafonía que introducen una diafonía compensadora que se usa para cancelar gran parte de la diafonía "ofensiva" que se introduce en el enchufe y en la región de acoplamiento del enchufe-toma como resultado de las configuraciones de conectores estandarizados por la industria y los estándares de interoperabilidad. Estos circuitos de compensación de diafonía típicamente se implementan al enrutar conductores de dos pares diferenciales diferentes en una toma cerca una de la otra para crear intencionalmente un acoplamiento capacitivo y/o inductivo que cancele los acoplamientos capacitivos e inductivos que surgen entre los conductores de los dos pares diferenciales en otras porciones de la conexión toma-enchufe acoplada.

Otro parámetro importante para los conectores de toma y enchufe descritos anteriormente es la pérdida de retorno que se experimenta a lo largo de cada línea de transmisión diferencial a través del conector. La pérdida de retorno de una línea de transmisión es una medida de qué tan bien coincide la impedancia de la línea de transmisión con la impedancia de referencia del sistema (típicamente 100 ohmios para sistemas de cableado de par trenzado balanceado). Las desviaciones de esta impedancia de referencia por la línea de transmisión o un dispositivo de terminación u otras cargas que se insertan a lo largo de ella pueden resultar en discontinuidades de impedancia que causarán reflejos de señal no deseados. En particular, la pérdida de retorno es una medida de la potencia de la señal que se pierde debido a tales reflejos de señal que pueden ocurrir en discontinuidades (desajustes de impedancia) en la línea de transmisión. La pérdida de retorno se expresa típicamente como una relación en decibelios (dB) de la siguiente manera:

$$RL(\text{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_r}$$

donde $RL(\text{dB})$ es la pérdida de retorno en dB, P_i es la potencia incidente y P_r es la potencia reflejada. Los valores altos de pérdida de retorno indican una buena adaptación de impedancia (es decir, poca pérdida de señal debido a la reflexión), lo que da como resultado valores de pérdida de inserción más bajos, lo cual es conveniente.

Los sistemas de comunicaciones Ethernet, cada línea de transmisión en los cables y conectores, y los dispositivos de terminación, se diseñarán típicamente para tener una impedancia diferencial de 100 ohmios, si es posible, para obtener valores altos de pérdida de retorno. Los estándares de la industria especifican típicamente requisitos mínimos de pérdida de retorno para las líneas de transmisión dentro de conectores individuales, dentro de conectores acoplados (es decir, a través de una toma y enchufe acoplados) y/o para un canal de comunicaciones completo (es decir, para una o más líneas de transmisión diferencial que se extienden del ordenador **11** al servidor **20** en la **Figura 1** a través de varios conectores y segmentos de cable). Como la pérdida de retorno típicamente disminuye con el aumento de la frecuencia (es decir, el rendimiento de la pérdida de retorno empeora con el aumento de la frecuencia), los estándares de la industria especifican típicamente valores mínimos de pérdida de retorno que deben cumplirse en función de la frecuencia para los componentes y/o canales especificados.

El documento de la técnica anterior US 5 997 358 describe un aparato y método para reducir la interferencia entre

conductores en un conector eléctrico mediante la introducción de señales de compensación. El documento de la técnica anterior US 2012/243184 A1 describe una estructura de transmisión de par de señales diferenciales simétricas y una placa de cableado y un módulo electrónico que usa la misma.

- 5 El documento de la técnica anterior WO 2006/062629 A1 describe la comunicación para la mejora de la pérdida de retorno en conectores de comunicación de alta frecuencia.

El documento de la técnica anterior US 2014/203886 A1 describe conectores de comunicaciones tales como enchufes modulares que pueden exhibir una pérdida de retorno mejorada y/o un rendimiento de pérdida de inserción.

10

Resumen

La presente invención proporciona una solución a los aspectos mencionados anteriormente de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Las modalidades preferidas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes. Las modalidades y/o ejemplos de la siguiente descripción que no están cubiertos por las reivindicaciones, se proporcionan solo con fines ilustrativos y solo están destinados a ayudar al lector en la comprensión de la presente invención. Sin embargo, tales modalidades y/o ejemplos que no están cubiertos por las reivindicaciones no forman parte de la presente invención que está definida únicamente por las reivindicaciones.

15

20

La presente invención es un conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1.

En algunas modalidades, el conector de comunicaciones puede ser un conector RJ-45 que incluye del primero al octavo contactos de cable metálico que se conectan eléctricamente a los respectivos de la pluralidad de terminales de entrada y del primero al octavo terminales de conexión del cable que se conectan eléctricamente a los respectivos de la pluralidad de terminales de salida. En tales modalidades, la pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal comprenden de la primera a la octava rutas conductoras que transportan corriente de señal, y la pluralidad de líneas de transmisión diferencial comprende de la primera a la cuarta líneas de transmisión diferencial.

25

30

En algunas modalidades, al menos una de las rutas conductoras que transportan corriente de señal de la línea de transmisión diferencial que incluye la primera y la segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal puede incluir además una sección de autoacoplamiento inductivo.

35

En algunas modalidades, la primera ruta conductora que transporta corriente de señal puede incluir una primera sección de autoacoplamiento inductivo y la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal puede incluir una segunda sección de autoacoplamiento inductivo.

40

En algunas modalidades, la ubicación y/o magnitud de al menos uno de los segmentos primero y segundo apilados verticalmente o la sección de autoacoplamiento inductivo puede seleccionarse para proporcionar un máximo local en el espectro de pérdida de retorno de la línea de transmisión diferencial que incluye la primera y la segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal, donde el máximo en el espectro de pérdida de retorno está entre una primera frecuencia que es la mitad de la frecuencia de operación máxima especificada para la toma RJ-45 y 1,5 veces la frecuencia de operación máxima especificada para la toma RJ-45.

45

50

En algunas modalidades, el conector de comunicaciones puede ser un enchufe RJ-45, la pluralidad de terminales de entrada puede comprender desde el primero hasta el octavo terminales de entrada que se conectan eléctricamente a las respectivas clavijas de enchufe desde la primera hasta la octava, la pluralidad de terminales de salida puede comprender desde el primero hasta el octavo terminales de salida que se conectan eléctricamente a los respectivos conductores desde el primero al octavo de un cable de comunicaciones, la pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal puede comprender desde la primera a la octava rutas conductoras que transportan corriente de señal, y la pluralidad de líneas de transmisión diferencial puede comprender desde la primera a la cuarta líneas de transmisión diferencial.

55

60

Conforme a las modalidades adicionales de la presente invención, la primera línea de transmisión diferencial incluye una primera sección en la que un primer segmento de la primera ruta que transporta corriente de señal se enruta en una primera capa de la placa de circuito impreso y se coloca para acoplarse capacitiva e inductivamente con un segundo segmento de la segunda ruta que transporta corriente de señal que se enruta en una segunda capa de la placa de circuito impreso que es diferente a la primera capa. La primera sección de la primera línea de transmisión diferencial tiene una impedancia característica que es al menos un veinte por ciento por debajo de una impedancia preseleccionada. La primera línea de transmisión diferencial incluye una segunda sección que tiene una segunda impedancia característica que es al menos veinte por ciento mayor que la impedancia preseleccionada. En algunas modalidades, la impedancia preseleccionada puede ser de 100 ohmios.

65

En algunas modalidades, la primera sección puede estar entre la segunda sección de la primera línea de transmisión diferencial y los terminales de salida que se conectan eléctricamente a la primera línea de transmisión diferencial.

En algunas modalidades, la segunda sección puede conectarse directamente a la primera sección por una tercera

sección que tiene una impedancia dentro del veinte por ciento de la impedancia preseleccionada.

Conforme a otras modalidades de la presente invención, se forma un circuito de compensación de pérdida de retorno en la primera línea de transmisión diferencial que incluye una sección de alta impedancia en serie con una sección de baja impedancia, donde las impedancias de las secciones de alta y baja impedancia y la distancia entre las secciones de alta y baja impedancia se seleccionan para mejorar el rendimiento de pérdida de retorno de la primera línea de transmisión diferencial a una frecuencia de operación máxima del conector de comunicaciones. La sección de baja impedancia comprende un primer segmento de la primera ruta conductora que transporta la señal que se encuentra en una primera capa de la placa de circuito impreso que corre generalmente en la misma dirección que un segundo segmento de la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal que está en una segunda capa interna de la placa de circuito impreso que es diferente a la primera capa, el primer y segundo segmentos se colocan para tener una reactancia capacitiva entre ellos que excede su reactancia inductiva.

En algunas modalidades, las impedancias de las subsecciones de alta y baja impedancia y la distancia entre las secciones de alta y baja impedancia pueden seleccionarse para crear un pico en el espectro de pérdida de retorno para la primera línea de transmisión diferencial que define un máximo local en el espectro de pérdida de retorno para la primera línea de transmisión diferencial, y la frecuencia de operación máxima del conector de comunicaciones puede estar dentro del pico en el espectro de pérdida de retorno.

En algunas modalidades, los primero y segundo segmentos pueden encaminarse en una arreglo apilado verticalmente.

En algunas modalidades, la sección de baja impedancia puede estar entre la sección de alta impedancia y los terminales de salida que están conectados eléctricamente a la primera línea de transmisión diferencial.

En algunas modalidades, la sección de alta impedancia puede formarse al incluir una espiral en al menos una de las primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal para formar una sección de autoacoplamiento inductivo en al menos una de las primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal.

En algunas modalidades, el primer segmento de la primera ruta conductora que transporta la señal puede tener un primer ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la primera ruta conductora que transporta corriente de señal y/o el segundo segmento de la segunda ruta conductora que transporta la señal puede tener un segundo ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal.

Breve Descripción de los Dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático simplificado que ilustra el uso de tomas y enchufes de comunicaciones convencionales para interconectar un ordenador con equipos de red.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra las asignaciones de cableado de contacto de la toma modular TIA 568B para una toma de comunicaciones convencional de 8 posiciones según se ve desde la abertura frontal de la toma.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una toma de comunicaciones de acuerdo con las modalidades de la presente invención.

Las Figuras 4A y 4B son vistas en perspectiva de un inserto de comunicaciones de la toma de la **Figura 3**.

La Figura 5A es una vista lateral de la placa de circuito impreso del inserto de comunicaciones de las **Figuras 4A y 4B**.

Las Figuras 5B-5H son vistas en planta de las capas conductoras de la placa de circuito impreso de la **Figura 5A**.

Las Figuras 6A-6F son vistas en planta esquemáticas, ampliadas, de porciones de placas de circuito impreso del conector de comunicaciones de acuerdo con las modalidades de la presente invención que ilustran técnicas de ejemplo para proporcionar segmentos de línea de transmisión de baja impedancia.

La Figura 7 es una vista en perspectiva de un cable de conexión de acuerdo con las modalidades de la presente invención.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de un enchufe de comunicaciones que se incluye en el cable de conexión de la **Figura 7**.

La Figura 9 es una vista en perspectiva de una placa de circuito impreso del enchufe de la **Figura 8** que incluye un segmento de línea de transmisión de baja impedancia de acuerdo con las modalidades de la presente invención.

La **Figura 10** es un gráfico que ilustra cómo pueden usarse las técnicas de acuerdo con las modalidades de la presente invención para generar un máximo local en el espectro de pérdida de retorno que puede usarse para proporcionar un rendimiento de pérdida de retorno mejorado en un intervalo de frecuencia de interés.

- 5 **La Figura 11** es una vista en perspectiva de un inserto de comunicaciones de una toma de comunicaciones de acuerdo con las modalidades adicionales de la presente invención.

Descripción detallada

- 10 Conforme a las modalidades de la presente invención, se proporcionan conectores de comunicaciones tales como tomas y enchufes de comunicaciones que pueden exhibir un rendimiento de pérdida de retorno mejorado.

- 15 Como describió anteriormente, los conectores en los sistemas de comunicaciones Ethernet típicamente inyectan una diafonía “ofensiva” y/o “compensadora” entre las líneas de transmisión diferencial de los mismos. Desafortunadamente, esta diafonía aparece como cargas a lo largo de las líneas de transmisión diferencial de los conectores que pueden degradar el rendimiento de pérdida de retorno de los conectores.

- 20 La impedancia característica de una línea de transmisión diferencial varía según, entre otras cosas, la capacitancia entre el par de conductores de la línea de transmisión diferencial y la inductancia del par de conductores de la línea de transmisión diferencial. La inductancia del par de conductores de la línea de transmisión diferencial es igual a la suma de las autoinductancias de los dos conductores del par menos la inductancia mutua entre ellos. Para una línea de transmisión diferencial sin pérdidas, la impedancia característica, Z_c , puede expresarse mediante la siguiente ecuación en términos de la capacitancia por unidad de longitud entre su par de conductores, C , y la inductancia por

25

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

30

- Conforme a las modalidades de la presente invención, se proporcionan conectores de comunicaciones que tienen placas de circuito impreso que incluyen líneas de transmisión diferencial que tienen secciones donde la impedancia característica de la línea de transmisión diferencial se diseña para estar por debajo de un valor preseleccionado como, por ejemplo, 100 ohmios. Esta sección de baja impedancia puede proporcionarse para compensar los efectos negativos de una sección de alta impedancia que se produce en cualquier otro lugar a lo largo de la línea de transmisión diferencial. La sección de baja impedancia puede implementarse al hacer la transición de al menos una de las rutas conductoras de la línea de transmisión diferencial a una capa conductora interior de la placa de circuito impreso y luego al enrutar la otra ruta conductora de la línea de transmisión diferencial en una capa conductora diferente, que puede ser interna o externa, de manera que las dos rutas conductoras se solapen (o casi se solapen) cuando la placa de circuito impreso se ve desde arriba. Pueden seleccionarse parámetros como la longitud de la sección de solapamiento, el grado de solapamiento, los anchos de los segmentos conductores de solapamiento, la separación vertical entre los segmentos conductores de solapamiento y la constante dieléctrica del material de la placa de circuito impreso para disminuir la impedancia de la línea de transmisión diferencial. El valor de impedancia característica resultante, así como también la longitud de la sección de baja impedancia y su ubicación a lo largo de la línea de transmisión diferencial pueden seleccionarse para mejorar la pérdida de retorno de la línea de transmisión diferencial.

- 35 En algunas modalidades, puede incluirse una sección de alta impedancia a lo largo de la línea de transmisión diferencial inmediatamente adyacente a la sección de baja impedancia. La sección de alta impedancia puede implementarse, por ejemplo, al incluir segmentos de autoacoplamiento inductivos en una o ambas rutas conductoras que forman la línea de transmisión diferencial. En algunas modalidades, la ubicación y las magnitudes de las secciones de alta y baja impedancia pueden ajustarse para crear una resonancia que forme un pico que tiene un máximo local en el espectro de pérdida de retorno para la línea de transmisión diferencial. La forma y ubicación del pico en el espectro de pérdida de retorno puede seleccionarse para mejorar la pérdida de retorno de la línea de transmisión diferencial. Por ejemplo, el diseño del conector puede sintonizarse de manera que una frecuencia de operación máxima para la línea de transmisión diferencial se encuentre dentro del pico del espectro de pérdida de retorno.

- 40 Las modalidades de la presente invención se discutirán ahora con mayor detalle con referencia a las **Figuras 3-9**, que representan ejemplos de modalidades de la invención.

- 60 **Las Figuras 3-5** ilustran una toma de comunicaciones **100** de acuerdo con determinadas modalidades de la presente invención. En particular, la **Figura 3** es una vista en perspectiva de la toma de comunicaciones **100**, las **Figuras 4A y 4B** son vistas en perspectiva de un inserto de comunicaciones **120** que se incluye en la toma **100**, y las **Figuras 5A-5H** son vistas laterales y en planta de las capas conductoras de una placa de circuito impreso **130** que forma parte del inserto de comunicaciones **120**.

65

Como se muestra en la **Figura 3**, la toma **100** incluye una carcasa multipiezas **110**, que en la modalidad representada

incluye un marco de toma **112**, una tapa **116** y una carcasa de terminal **118**. Un inserto de comunicaciones **120** (ver **Figuras 4A-4B**) se recibe dentro de la carcasa **110**. El marco de la toma **112** incluye una abertura de enchufe **114** que se dimensiona para recibir un enchufe de acoplamiento. La carcasa del terminal **118** cubre y protege una pluralidad de terminales de conexión de cables **150** (ver **Figura 4A**) que sirven como terminales de salida de la toma **100**. La tapa **116** cubre y protege una superficie inferior del inserto de comunicaciones **120**. Las piezas de la carcasa **112**, **116**, **118** pueden estar hechas de un material plástico aislante adecuado que cumpla con todos los estándares aplicables con respecto a, por ejemplo, ruptura dieléctrica e inflamabilidad tal como, por ejemplo, policarbonato, ABS y mezclas de los mismos. Mientras que la toma **100** incluye una carcasa específica multipiezas, se apreciará que la carcasa **110** puede ser cualquier estructura de carcasa convencional o no convencional, y puede comprender una carcasa de una pieza en algunas modalidades.

Las **Figuras 4A** y **4B** son vistas en perspectiva superior del inserto de comunicaciones **120**. Como se muestra en la **Figura 4A**, el inserto de comunicaciones **120** incluye una placa de circuito impreso **130**, ocho contactos de cable metálico **140-1** hasta **140-8** y terminales de conexión de ocho cables **150-1** hasta **150-8**. En la presente descripción, cuando un conector incluye varios de los mismos elementos, puede hacerse referencia a los elementos individualmente por su número de referencia completo (por ejemplo, contacto de cable metálico **140-3**) y pueden denominarse colectivamente por la primera parte de su numeral de referencia (por ejemplo, los contactos de cable metálico **140**). El inserto de comunicaciones **120** también puede incluir una o más estructuras de guía (no mostradas) que soportan los contactos de cable metálico **140** y/o que mantienen los contactos de cable metálico **140** en sus posiciones adecuadas para acoplar las clavijas de un enchufe de acoplamiento que se recibe en la abertura del enchufe **114** de la toma **100**. La **Figura 4B** es idéntica a la **Figura 4A** excepto que los contactos de cable metálico **140** y los terminales de conexión de cables **150** se omiten para ilustrar más claramente la placa de circuito impreso **130**.

La placa de circuito impreso **130** puede comprender un sustrato que incluye una pluralidad de capas conductoras y capas dieléctricas apiladas. En lo sucesivo, cuando la palabra “capa” se use por sí misma, se pretende que se refiera a una capa conductora en lugar de a una capa dieléctrica. En algunas modalidades, la placa de circuito impreso puede comprender una placa de circuito impreso rígida convencional que incluye al menos dos capas dieléctricas y al menos tres capas conductoras. Cada capa conductora puede comprender estructuras conductoras que están impresas o de cualquier otra manera depositadas o formadas sobre una superficie superior o una superficie inferior de una de las capas dieléctricas. Las capas dieléctricas pueden comprender, por ejemplo, capas FR4, aunque puede usarse cualquier material adecuado para cualquiera o todas las capas dieléctricas. Las superficies superior e inferior de la placa de circuito impreso **130** pueden revestirse con un revestimiento aislante protector. En otras modalidades, la placa de circuito impreso **130** puede comprender una placa de circuito impreso flexible multicapa o una placa de circuito impreso híbrida que incluye secciones rígidas y flexibles. Típicamente, la placa de circuito impreso **130** es una estructura plana que es mucho más larga y mucho más ancha que gruesa. La placa de circuito impreso **130** puede incluir vías rellenas de metal o enchapadas u otras estructuras que conectan eléctricamente elementos en una primera capa conductora de la placa de circuito impreso **130** a elementos en una o más capas conductoras de la placa de circuito impreso **130**. La placa de circuito impreso **130** se discute con más detalle a continuación con referencia a las **Figuras 5A-5H**.

Como se muestra en las **Figuras 3** y **4A**, cada uno de los contactos de cable metálico **140** comprende un alambre alargado que se forma a partir de un metal elástico tal como bronce fosforoso templado por resorte, cobre berilio o similares. Una sección transversal típica de cada contacto de cable metálico **140** tiene 0,017 pulgadas de ancho por 0,010 pulgadas de grosor, aunque pueden usarse contactos de otro tamaño y/o forma (por ejemplo, redondos). La placa de circuito impreso **130** incluye ocho vías chapadas en metal **142**, que se ven mejor en la **Figura 4B**. Cada contacto de cable metálico **140** se monta en voladizo con la base del contacto de cable metálico **140** recibido en una respectiva de las vías chapadas en metal **142** y el extremo distal de cada contacto de cable metálico **140** extendiéndose por encima de la placa de circuito impreso **130** hacia el frente de la placa de circuito impreso **130**.

Como se muestra en la **Figura 4A**, los contactos de cable metálico **140-3** y **140-6** incluyen un cruce **144** en que el contacto de cable metálico **140-3** cruza sobre el contacto de cable metálico **140-6** cuando el contacto de cable metálico **140** es visto desde arriba, es decir, cuando la toma **100** se orienta como se muestra en la **Figura 4A**. Para efectuar este cruce **144**, el contacto de cable metálico **140-3** cruza sobre los contactos de cable metálico **140-4** y **140-5** y el contacto de cable metálico **140-6** pasa por debajo de los contactos de cable metálico **140-4** y **140-5**. Mientras que una posible configuración de contacto de cable metálico se ilustra en la **Figura 4A**, esencialmente, cualquier configuración de contacto de cable metálico funcionará con las modalidades de la presente invención. En consecuencia, los contactos de cable metálico **140** pueden tener el mismo o diferentes perfiles, pueden o no, estar generalmente alineados en una relación de lado a lado, pueden o no incluir cruces, pueden tener diferentes números de cruces, pueden tener escalonamientos donde ingresan al tablero de cableado, pueden estar en voladizo desde el frente, pueden implementarse como trazas conductoras en una placa de circuito impreso flexible, etc. en otras de las modalidades de la presente invención. Por tanto, se apreciará que el término “contacto de cable metálico” se usa ampliamente en la presente descripción e incluye, por ejemplo, cualquier contacto que sea apropiado para acoplarse con una clavija de un enchufe RJ-45.

Los terminales de conexión de cables **150** se implementan como contactos de desplazamiento de aislamiento o “IDC”

en el conector de la **Figuras 3-5**. Cada IDC **150** se monta a lo largo de uno de los dos bordes laterales de la placa de circuito impreso **130** en una respectivo de una pluralidad de aberturas chapadas en metal **152** a través de la placa de circuito impreso **130**. Se apreciará que puede usarse cualquier terminal de conexión de cable apropiado **150**, y que los terminales de conexión de cables **150** pueden montarse en diferentes lugares de la placa de circuito impreso **130**.

La placa de circuito impreso **130** incluye además una pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal **160-1** hasta **160-8**. Cada una de las rutas conductoras que transportan corriente de señal **160** conecta eléctricamente uno de los contactos de cable metálico respectivo **140-1** hasta **140-8** a uno respectivo de los IDC **150-1** hasta **150-8**. Cada ruta conductora que transporta corriente de señal **160** puede incluir uno o más segmentos conductores que pueden proporcionarse en diferentes capas de la placa de circuito impreso **130**, y puede incluir estructuras de conexión de capa conductora como vías conductoras que conectan eléctricamente segmentos conductores que están en diferentes capas de la placa de circuito impreso **130**.

En la presente descripción, el término “ruta conductora que transporta corriente de señal” se usa para referirse a una ruta conductora en la que una señal eléctrica viajará en su camino desde un terminal de entrada a un terminal de salida de una placa de circuito impreso de un conector de comunicaciones. Pueden formarse rutas conductoras que transportan corriente de señal al colocar en cascada una o más trazas conductoras en una placa de circuito impreso y aberturas rellenas de metal u otras estructuras de transferencia de capas que conectan física y eléctricamente trazas conductoras en diferentes capas de la placa de circuito impreso. Las ramas que se extienden desde una ruta conductora que transporta corriente de señal y luego un extremo sin salida, como, por ejemplo, una rama de la ruta conductora que transporta corriente de señal que forma uno de los electrodos de un capacitor de dedo interdigitado, no se consideran parte de la ruta conductora que transporta corriente señal, aunque estas ramas se conecten eléctricamente a la ruta conductora que transporta corriente de señal. Mientras que una pequeña cantidad de corriente fluiría hacia tales ramas de extremo sin salida, la corriente que fluye hacia estas ramas de extremo sin salida generalmente no fluye hacia el terminal de salida de la placa de circuito impreso que corresponde al terminal de entrada de la placa de circuito impreso que recibe el señal eléctrica de entrada (tenga en cuenta que los terminales de entrada y los terminales de salida de la placa de circuito impreso **130** pueden ser las aberturas chapadas en metal **142**, **152** que sostienen los contactos de cable metálico **140** y los IDC **150**, respectivamente, en la modalidad de las **Figuras 3-5**). En la presente descripción, la corriente que fluye hacia tales ramas de extremo sin salida se denomina “corriente de acoplamiento,” mientras que la corriente que fluye a lo largo de la ruta conductora que transporta corriente de señal desde un terminal de entrada a un terminal de salida de la placa de circuito impreso se denomina “corriente de señal.” Típicamente, los capacitores que se usan para proporcionar compensación de diafonía se implementan como elementos de acoplamiento que no son parte de las rutas conductoras que transportan corriente de señal.

La placa de circuito impreso **130** también incluye elementos de circuito eléctrico dispuestos en o dentro de la placa para compensar la diafonía que de cualquier otra manera podría estar presente en la toma **100** y/o en un enchufe asociado que se acopla con la toma **100**. Dichos elementos de circuito incluyen, entre otros, capacitores de placa que se implementan en dos o más capas o superficies de la placa y capacitores de dedos interdigitados.

Para cumplir con varios estándares de la industria como, por ejemplo, el estándar ANSI/TIA-568 C.2 mencionado anteriormente, los enchufes RJ-45 se diseñan intencionalmente para incluir niveles específicos de diafonía entre las cuatro líneas de transmisión diferencial que se incluyen en los mismos. Debido a que las clavijas de los enchufes del Par 1 están rodeadas por las clavijas de los enchufes del Par 3, los estándares de la industria requieren que haya un nivel particularmente alto de diafonía “ofensiva” en los enchufes entre los Pares 1 y 3. Para cancelar esta diafonía ofensiva, se incluyen estructuras de cancelación de diafonía en la toma que inyectan al menos una cantidad correspondiente de diafonía “compensadora” que se diseña para cancelar la diafonía ofensiva. Además, si se usa compensación de diafonía de múltiples etapas, no es raro que la toma incluya estructuras que inyectan cantidades de diafonía “compensadora” que exceden la cantidad de diafonía ofensiva. Tanto la diafonía ofensiva como la diafonía compensadora aparecen como cargas en las líneas de transmisión para los Pares 1 y 3 que tenderán que hacer que la impedancia de estas líneas de transmisión se desvíe de un valor deseado, como 100 ohmios.

La impedancia de una línea de transmisión diferencial varía según, entre otras cosas, la cantidad de capacitancia entre los dos conductores de la línea de transmisión diferencial y la cantidad de inductancia de los dos conductores de la línea de transmisión diferencial. En términos generales, aumentar la cantidad de capacitancia mientras se mantienen todos los demás parámetros iguales tiende a disminuir la impedancia de la línea de transmisión diferencial, mientras que aumentar la cantidad de inductancia mientras se mantienen todos los demás parámetros iguales tiende a aumentar la impedancia de la línea de transmisión diferencial. En una conexión típica acoplada de toma RJ-45/enchufe RJ-45, la línea de transmisión para el Par 1 típicamente tiene una sección de baja impedancia y alta impedancia. Por ejemplo, la gran cantidad de capacitancia entre las dos clavijas de los enchufes del Par 1, debido a la gran área de solapamiento y la alta permisividad entre ellas, tiende a dar como resultado un segmento de baja impedancia dentro del enchufe. Sin embargo, los contactos de cable metálico para el Par 1 típicamente (ver **Figura 4A**) tienen formas alargadas a lo largo de sus respectivas rutas de flujo de corriente de señal. Esto provoca un alto nivel de inductancia, lo que da como resultado una sección de alta impedancia en el Par 1. Típicamente, se proporcionan circuitos de compensación de diafonía tanto inductivos como capacitivos, lo que da como resultado secciones adicionales de alta y baja impedancia a lo largo del Par 1. Esta combinación de sección de baja impedancia y alta impedancia, en muchos casos, puede resultar en una impedancia de entrada de aproximadamente 100 ohmios cuando la conexión de la toma

se termina con una carga de 100 ohmios (o al menos una lo suficientemente cerca de 100 ohmios para que la impedancia pueda ajustarse a cerca de 100 ohmios mediante el uso de técnicas convencionales para ajustar la impedancia).

Por el contrario, la impedancia característica del Par 3 puede tender a exceder los 100 ohmios en gran parte de la conexión toma-enchufe acoplada. Esto puede ocurrir, por ejemplo, porque las clavijas de los enchufes y los contactos de cable metálico del Par 3 están separados (ya que las clavijas de los enchufes y los contactos de cable metálico del Par 1 están interpuestos entre ellos). En estas separaciones más grandes, se reducen los acoplamientos capacitivos e inductivos entre los conductores del Par 3. Como resultado, aumenta la impedancia del Par 3, no solo debido al acoplamiento capacitivo reducido, sino también debido al acoplamiento inductivo reducido que hace que la inductancia del par sea mayor.

Cada uno de los pares diferenciales de conductores en un cable Ethernet se diseña típicamente para tener una impedancia característica de aproximadamente 100 ohmios, y típicamente estos cables pueden acercarse mucho a lograr este valor de impedancia característica deseado. Con el fin de minimizar la pérdida de retorno, se diseñará una conexión toma-enchufe acoplada para tener una impedancia de aproximadamente 100 ohmios al mirar hacia el interior de la toma del cable Ethernet que se conecta al mismo y al mirar hacia el interior del enchufe del cable del cable de conexión. La impedancia, vista desde estas dos perspectivas, será una función de las impedancias de las secciones individuales dentro de la conexión toma-enchufe acoplada, con los valores de impedancia de las secciones, y las longitudes de los segmentos que impulsan el valor de impedancia general. Las secciones más cercanas a la interfaz contribuyen más fuertemente al valor de impedancia que se ve al mirar hacia el interior de la conexión de toma-enchufe acoplada desde estas dos ubicaciones.

Conforme a las modalidades de la presente invención, se proporcionan conectores de comunicaciones que tienen secciones de línea de transmisión de baja impedancia implementadas en una placa de circuito impreso de la misma que pueden mejorar el rendimiento de la pérdida de retorno del conector. En algunas modalidades, estas secciones de línea de transmisión de baja impedancia se crean mediante la transición de la primera ruta conductora que transporta corriente de señal de la línea de transmisión a una capa interior de la placa de circuito impreso, y luego enrutando las primera y segunda rutas que transportan corriente de señal de la línea de transmisión diferencial en un arreglo apilado verticalmente. Los segmentos de trazas conductoras de la primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal de una línea de transmisión diferencial se denominan en la presente descripción como enrutados en un arreglo "apilado verticalmente" si los segmentos de trazas conductoras están en diferentes capas de una placa de circuito impreso, al menos se solapan parcialmente a lo largo de un eje que es perpendicular a una superficie principal de la placa de circuito impreso y se extienden en la misma dirección general por una distancia que es al menos el doble del ancho promedio de al menos uno del primer segmento de traza conductora o el segundo segmento de traza conductora. Las porciones de las rutas conductoras que transportan corriente de señal que forman la sección de baja impedancia de la línea de transmisión diferencial pueden colocarse en capas adyacentes de la placa de circuito impreso que están muy próximas entre sí de manera que las rutas conductoras que transportan corriente de señal tendrán un nivel relativamente alto de acoplamiento capacitivo. La medida en que la sección de baja impedancia de la línea de transmisión reduce la impedancia de la línea de transmisión puede controlarse, por ejemplo, al variar los anchos de los segmentos de trazas conductoras, la cantidad de solapamiento de segmentos de trazas conductoras, la distancia entre los segmentos de trazas conductoras, la longitud para la cual los segmentos de trazas conductoras se apilan verticalmente y la constante dieléctrica de la capa dieléctrica intermedia de la placa de circuito impreso.

Con referencia de nuevo a las **Figuras 4A-4B**, puede verse que las secciones de baja impedancia **137** se proporcionan a lo largo de dos de las líneas de transmisión diferencial a través de la placa de circuito impreso **130** de la toma **100**. En particular, una primera sección de baja impedancia **137-1** se proporciona en la línea de transmisión para el Par 1, y una segunda sección de baja impedancia **137-2** se proporciona en la línea de transmisión para el Par 3. Estas secciones de baja impedancia pueden ubicarse junto a los IDC **150**, como se muestra en la **Figura 4A**.

Con referencia ahora a las **Figuras 5A-5H**, puede verse que la placa de circuito impreso **130** es una placa de circuito impreso multicapa que incluye seis capas conductoras **132-1** hasta **132-6** y cinco capas dieléctricas **134-1** hasta **134-5**. La **Figura 5A** es una vista lateral de la placa de circuito impreso **130** que ilustra el posicionamiento relativo de las once capas **132, 134** y el grosor de cada capa. Las **Figuras 5B-5G** son vistas en planta de las seis capas conductoras **132** de placa de circuito impreso **130** que ilustran las rutas y estructuras conductoras que se incluyen en cada una de las seis capas conductoras **132**. La **Figura 5H** es una vista desde la parte superior de la placa de circuito impreso que mira a través de las seis capas conductoras **132-1** hasta **132-6**, que comienza con la capa **132-1** en la parte superior (y así, por ejemplo, las estructuras conductoras en la capa **132-1** bloquean la vista de las estructuras conductoras de las capas conductoras **132** inferiores).

Las vías chapadas en metal **142** y **152** que reciben los contactos de cable metálico **140** y los IDC **150** se muestran en las **Figuras 5B-5G**. Las ocho vías chapadas en metal etiquetadas **142** que se colocan en una región central de la placa de circuito impreso **130** sostiene los extremos de la base de los ocho contactos de cable metálico **140**, mientras que las ocho vías chapadas en metal **152** que se colocan en dos filas de cuatro a lo largo de los bordes laterales de la placa de circuito impreso **130** sostienen los extremos de la base de los ocho IDC **150**.

Como se muestra más adelante en las **Figuras 5B-5G**, las capas conductoras **132** de la placa de circuito impreso **130** incluyen una pluralidad de segmentos de trazas conductoras **136**. Una pluralidad de enchufes conductores **138** también se proporcionan para extenderse verticalmente a través de la placa de circuito impreso **130**. Los enchufes conductores **138** conectan eléctricamente segmentos de trazas conductoras **136** (u otras estructuras conductoras como electrodos de capacitor) en una de las capas conductoras **132** de la placa de circuito impreso **130** a trazas conductoras **136** u otras estructuras en una capa conductora diferente **132** de la placa de circuito impreso **130**, como es conocido por los expertos en la técnica.

Las capas conductoras **132** además incluyen estructuras conductoras como almohadillas de contacto de superficie **131**, capacitores de placa y dedos interdigitados **133** que proporcionan compensación de diafonía y secciones de autoacoplamiento inductivo **135** a lo largo de las rutas conductoras que transportan la señal que se proporcionan para formar secciones de alta impedancia a lo largo de varias de las líneas de transmisión diferencial. Las almohadillas de contacto de superficie **131** conectan los extremos distales de varios de los contactos de cable metálico **140** a los capacitores de compensación de diafonía **133** que se implementan en las capas conductoras interiores **132** de la placa de circuito impreso **130**. Las secciones de autoacoplamiento inductivo **135** comprenden espirales que se incluyen a lo largo de varias de las rutas conductoras que transportan corriente de señal. Estas secciones inductivas de autoacoplamiento **135** se discuten con mayor detalle en la presente descripción.

Como se muestra en las **Figuras 4B y 5D-5E**, las líneas de transmisión diferencial para los Pares 1 y 3 a través de la placa de circuito impreso **130** cada uno incluye una sección de baja impedancia **137** de acuerdo con las modalidades de la presente invención. En particular, la línea de transmisión para el Par 1 incluye la sección de baja impedancia **137-1** que se implementa como segmentos de trazas conductoras apiladas verticalmente en capas conductoras **132-3 y 132-4** que se solapan en las proximidades de los IDC **150-4 y 150-5** para el Par 1. La línea de transmisión para el Par 3 incluye la sección de baja impedancia **137-2** que se implementa como segmentos de trazas conductoras apiladas verticalmente en capas conductoras **132-3 y 132-4** que se solapan en las proximidades de los IDC **150-3 y 150-6** para el Par 3.

Refiriéndose a la **Figura 5A**, puede verse que las capas conductoras **132-3 y 132-4** están separadas por una capa dieléctrica muy delgada (solo 4,6 mil de espesor) **134-3**. Como resultado, los segmentos de trazas conductoras que forman las secciones de baja impedancia **137-1 y 137-2** exhibirán un alto grado de acoplamiento capacitivo así como también inductivo, y ambos acoplamientos contribuirán a reducir la impedancia de la línea de transmisión. Además, los segmentos de trazas conductoras que forman las secciones de la línea de transmisión de baja impedancia **137-1 y 137-2** también son segmentos de traza ensanchados, lo que tiende a reducir aún más la impedancia en estas secciones de las líneas de transmisión para los Pares 1 y 3.

En particular, las secciones de baja impedancia **137-1 y 137-2** se forman mediante el uso de segmentos de trazas conductoras que son parte de las rutas que transportan corriente de señal de las líneas de transmisión diferencial para los Pares 1 y 3. En consecuencia, no se requiere un área adicional de la placa de circuito impreso para implementar estas secciones de baja impedancia, como sería el caso si se formaran capacitores entre las dos rutas conductoras de cada línea de transmisión diferencial.

Como se muestra en las **Figuras 4B y 5G**, las rutas conductores **160-3 hasta 160-6**, cada una incluye una o más secciones de autoacoplamiento inductivo **135** que son inmediatamente adyacentes entre sí y que corren generalmente paralelos entre sí. Además, la corriente que fluye en estas secciones de autoacoplamiento inductivo **135** tendrá generalmente la misma dirección de corriente instantánea que cada una de las rutas conductoras **160-3 hasta 160-6** enrollándose alrededor de sí misma para formar las secciones de autoacoplamiento inductivo **135**. Debido a que estos segmentos de traza tienen generalmente la misma dirección de corriente instantánea y están muy separados entre sí, los segmentos de trazas se autoacoplan inductivamente para formar las secciones de autoacoplamiento inductivo **135** (es decir, se desencadena un aumento localizado de la inductancia en estas secciones **135**). Este aumento localizado en la inductancia tiende a aumentar la impedancia del Par 3 que forman las rutas conductoras **160-3 y 160-6**. Las secciones **135** no es necesario que corran exactamente paralelas entre sí, sino que deben correr juntas en direcciones similares para longitudes que sean sustancialmente mayores que las anchuras de las rutas conductoras para generar un aumento útil de la inductancia. En la modalidad representada, algunas de las secciones de autoacoplamiento inductivo **135** se forman al usar estructuras en espiral, que pueden ser muy efectivas para generar un aumento significativo de la inductancia a lo largo de una línea de transmisión en un espacio pequeño. Otras de las secciones de autoacoplamiento inductivo **135** se forman al usar simplemente bucles en una selección de las rutas conductoras que transportan corriente de señal **160** que permiten que dos segmentos de la misma ruta conductora que transporta corriente de señal **160** corra uno al lado del otro de manera que los segmentos tengan direcciones de corriente instantánea iguales o similares. Son posibles aún otras implementaciones. Típicamente, se proporcionarán secciones de autoacoplamiento inductivo en ambas rutas conductoras de una línea de transmisión de manera que las rutas conductores puedan tener longitudes aproximadamente iguales. Las secciones de autoacoplamiento inductivo **135** pueden formar secciones de alta impedancia **135** a lo largo de las líneas de transmisión diferencial.

En algunas de las modalidades de la presente invención, las características de las secciones de baja impedancia **137** y las secciones de alta impedancia **135** a lo largo de una línea de transmisión diferencial pueden seleccionarse para crear resonancias de impedancia que pueden afectar el espectro de pérdida de retorno de la línea de transmisión

diferencial (es decir, la pérdida de retorno trazada como función de la frecuencia). Estas resonancias (que incluyen el rango de frecuencia sobre el cual ocurren las resonancias) pueden sintonizarse para mejorar la pérdida de retorno de la línea de transmisión dentro de un intervalo de frecuencias deseado sin degradar inaceptablemente otras características de la línea de transmisión diferencial. Las frecuencias de resonancia no están necesariamente dentro del intervalo de frecuencias dentro de las cuales se incrementa la pérdida de retorno y/o la pérdida de inserción. Las características de las secciones de baja impedancia **137** y las secciones de alta impedancia **135** que pueden ajustarse para crear y afinar la resonancia incluyen las magnitudes de los acoplamientos capacitivos e inductivos de cada sección **137**, **135**, la distancia entre las secciones **137**, **135**, y la distancia de las secciones **137**, **135** de otras secciones de baja o alta impedancia de la línea de transmisión diferencial, como, por ejemplo, capacitores de compensación de diafonía.

En algunas modalidades, pueden proporcionarse líneas de transmisión diferenciales que tengan una primera sección de baja impedancia que se forma al enrutar al menos una de las rutas conductoras que transportan corriente de señal de la línea de transmisión sobre una capa interna de una placa de circuito impreso de manera que exhiba aumento del acoplamiento capacitivo con la otra ruta que transporta corriente de señal de la línea de transmisión de manera que esta primera sección de la línea de transmisión tiene una impedancia característica que es al menos un veinte por ciento por debajo de una impedancia preseleccionada (por ejemplo, 100 ohmios). La línea de transmisión diferencial también puede tener una segunda sección de autoacoplamiento inductivo de alta impedancia que tiene una impedancia característica que es al menos un veinte por ciento por encima de la impedancia preseleccionada. La primera sección de baja impedancia puede estar adyacente a los terminales de salida del conector (por ejemplo, los IDC de una toma de comunicaciones), y la segunda sección puede estar entre los terminales de entrada del conector y la primera sección. La primera y la segunda secciones pueden estar directamente adyacentes entre sí.

Como se mencionó anteriormente, los estándares de la industria especifican típicamente los requisitos de la pérdida de retorno en función de la frecuencia. La **Figura 10** es un gráfico de ejemplo que ilustra un requisito hipotético de pérdida de retorno mínima (curva 180). En el ejemplo de la **Figura 10**, el estándar de pérdida de retorno hipotético cae a una tasa de 20 dB/década para frecuencias entre 100 MHz y 1,5 GHz, y luego permanece plano en frecuencias superiores a 1,5 GHz. En muchos casos, los conectores de comunicaciones pueden exceder los requisitos de pérdida de retorno para todas las frecuencias de interés. Cuando no lo hacen, lo más típico es que la pérdida de retorno tenderá a fallar en los requisitos de pérdida de retorno en (1) frecuencias bajas o (2) en o cerca de las frecuencias de operación máximas para el conector. Generalmente, aumentar el acoplamiento capacitivo entre los dos conductores de una línea de transmisión diferencial tiende a mejorar la pérdida de retorno a altas frecuencias mientras degrada la pérdida de retorno a frecuencias más bajas. Por el contrario, aumentar la inductancia del par de una línea de transmisión diferencial tiende a mejorar la pérdida de retorno a baja frecuencias mientras se degrada la pérdida de retorno a frecuencias más altas. Si un conector no cumple con las especificaciones de pérdida de retorno en una de las frecuencias bajas o altas, pero tiene un margen de pérdida de retorno significativo en el otro, a menudo es posible simplemente aumentar la inductancia del par de la línea de transmisión diferencial o el acoplamiento capacitivo entre sus dos rutas conductoras para cumplir con las especificaciones de pérdida de retorno (es decir, al renunciar al margen de pérdida de retorno en una de las frecuencias altas o bajas, puede obtenerse un rendimiento mejorado de la pérdida de retorno en la otra de frecuencias altas o bajas).

En algunos casos, sin embargo, una toma o enchufe de comunicaciones puede no cumplir con las especificaciones de pérdida de retorno tanto en frecuencias bajas como altas, o puede fallar las especificaciones en una de las dos y tener poco margen en la otra. En tal caso, simplemente al aumentar la inductancia del par de la línea de transmisión diferencial o el acoplamiento capacitivo entre sus dos rutas conductoras típicamente no logrará el objetivo de cumplir con las especificaciones de pérdida de retorno en todas las frecuencias en un intervalo operativo específico del conector. Al crear resonancias en el espectro de pérdida de retorno de la manera descrita anteriormente, a menudo es posible mejorar la pérdida de retorno en gran parte o en la totalidad de una banda de frecuencia de operación, mientras se crean oscilaciones más amplias en la pérdida de retorno en otras frecuencias. Pueden usarse técnicas de simulación estándar para diseñar las características de las secciones de baja impedancia y alta impedancia **137**, **135** que crearán resonancias que mejoran la pérdida de retorno en una banda de frecuencia de interés (típicamente la banda de frecuencia de operación especificada para el conector). En algunos casos, las resonancias pueden crear un máximo local en el espectro de pérdida de retorno para la línea de transmisión. En muchos casos, puede ser ventajoso sintonizar el conector de manera que este máximo local esté en la porción más alta del intervalo de frecuencia para el cual la línea de transmisión está diseñada para operar o justo fuera de ese intervalo de frecuencia, técnica que puede usarse para extender de manera efectiva (a frecuencias más altas) el intervalo de frecuencia en el que la línea de transmisión puede proporcionar un rendimiento de pérdida de retorno adecuado.

Refiriéndose de nuevo a la **Figura 10**, la curva **182** ilustra la pérdida de retorno de una línea de transmisión a través de una toma que podría ocurrir sin usar las técnicas de acuerdo con las modalidades de la presente invención. Como se muestra en este ejemplo, la pérdida de retorno en realidad cumple con el estándar en todas las frecuencias por debajo de aproximadamente 1,7 GHz, pero luego no cumple con el estándar en todas las frecuencias más altas. Si se introducen resonancias en la línea de transmisión, el espectro de pérdida de retorno para el conector puede modificarse como se muestra en la curva **184**, donde la pérdida de retorno se mejora hasta frecuencias de aproximadamente 2,9 GHz, pero luego se degrada a frecuencias más altas, como puede verse en la **Figura 10**, el espectro de pérdida de retorno tiene un pico **186** que se extiende desde aproximadamente 1,2 GHz a

aproximadamente 2,2 GHz. Este pico **186** define un máximo local **188** en la pérdida de retorno (que tiene en este caso el margen máximo absoluto por encima del estándar) en aproximadamente 1,8 GHz. El ejemplo de la **Figura 10** ilustra por qué puede ser beneficioso localizar el máximo local **188** en la pérdida de retorno cerca de una frecuencia de operación máxima para el conector. En algunas modalidades, el máximo local puede colocarse a una frecuencia que sea al menos la mitad de la frecuencia máxima de operación para el conector pero no más del 50 % mayor que la frecuencia máxima de operación para el conector. La frecuencia de operación máxima para el conector de comunicaciones puede ubicarse dentro del pico **186** del espectro de pérdida de retorno

En algunas modalidades, la sección de baja impedancia de una línea de transmisión puede ser una sección donde la reactancia capacitiva del segmento de la línea de transmisión excede la reactancia inductiva del segmento de la línea de transmisión. Como es conocido por los expertos en la técnica, la reactancia capacitiva X_C para un par de conductores (como los dos conductores de una línea de transmisión diferencial) se define como:

$$X_C = 1/2\pi fC \quad (1)$$

donde f es la frecuencia y la C es la capacitancia. La reactancia capacitiva X_C se expresa en unidades de ohmios. La reactancia inductiva X_L para un par de conductores se define como:

$$X_L = 2\pi fL \quad (2)$$

donde f es la frecuencia y L es la inductancia. La reactancia inductiva X_L también se expresa en unidades de ohmios. Un segmento de línea de transmisión exhibirá una reactancia capacitiva distribuida y una reactancia inductiva distribuida que se refieren a la reactancia capacitiva por unidad de longitud y la reactancia inductiva por unidad de longitud, respectivamente, para el segmento de línea de transmisión en cuestión. Conforme a algunas de las modalidades de la presente invención, los segmentos de la línea de transmisión de baja impedancia pueden ser segmentos en los que la reactancia capacitiva distribuida excede la reactancia inductiva distribuida para el segmento de la línea de transmisión.

En algunas modalidades, las secciones de baja impedancia en una línea de transmisión diferencial pueden formarse encaminando al menos una de las trazas conductoras a una capa conductora interior de la placa de circuito impreso. Como es conocido por los expertos en la técnica, un grosor común para las placas de circuito impreso rígidas convencionales es de aproximadamente 62 milésimas de pulgadas. Dicho grosor puede ser demasiado grande para obtener suficiente acoplamiento capacitivo entre las trazas conductoras en las capas superior e inferior de la placa de circuito impreso para reducir la impedancia de una línea de transmisión. En consecuencia, en algunas de las modalidades de la presente invención, al menos una de las trazas conductoras puede ubicarse en una capa interior de la placa de circuito impreso. Para cumplir con los requisitos de prueba actuales para las tomas (por ejemplo, la prueba de 7 Amp que se especifica en UL 1863), puede ser necesario ampliar la(s) traza(s) que se proporcionan en las capas conductoras interiores de la placa de circuito impreso, ya que el calor no se disipa tan bien desde estas capas interiores y, por lo tanto, las grandes densidades de corriente pueden causar un calentamiento excesivo que puede dañar la placa de circuito impreso. Sin embargo, afortunadamente, el aumento de la anchura de la traza también tiende a aumentar el acoplamiento capacitivo entre las dos rutas conductoras de la línea de transmisión y, por tanto, es coherente con el objetivo de formar una sección de baja impedancia en la línea de transmisión diferencial.

Se apreciará que las secciones de línea de transmisión de baja impedancia de acuerdo con las modalidades de la presente invención pueden implementarse de numerosas formas diferentes. Las Figuras 6A-6F ilustran implementaciones de ejemplo. Las Figuras 6A-6F son vistas en planta esquemáticas de una porción de dos capas conductoras de una placa de circuito impreso que ilustran el posicionamiento relativo de las trazas conductoras de los segmentos de la línea de transmisión que pueden usarse para formar varias secciones de la línea de transmisión de baja impedancia de acuerdo con las modalidades de la presente invención. En las Figuras 6A-6F, las áreas sombreadas de manera diferente son trazas conductoras que residen en diferentes capas de la placa de circuito impreso. Al menos una de las capas es una capa interna de la placa de circuito impreso.

La Figura 6A ilustra un primer ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-1**, **214-1** de una línea de transmisión **210-1** se proporcionan en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-1** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-1**. En la modalidad de la Figura 6A, las dos trazas conductoras **212-1**, **214-1** se enrutan en un arreglo apilado verticalmente para solaparse completamente. Las dos trazas conductoras **212-1**, **214-1** también tienen anchos idénticos. La Figura 6B ilustra un segundo ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-2**, **214-2** de una línea de transmisión **210-2** se enrutan de nuevo en un arreglo apilado verticalmente en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-2** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-2**. En la modalidad de la Figura 6B, las trazas **212-2**, **214-2** se ensanchan en la región donde las trazas se colocan verticalmente apiladas. La Figura 6C ilustra un tercer ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-3**, **214-3** de una línea de transmisión **210-3** se encaminan en un arreglo apilado verticalmente en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-3** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-3**. Sin embargo, en la modalidad de la Figura 6C, las trazas **212-3**,

214-3 no se solapan completamente, sino que solo se solapan parcialmente en la sección de baja impedancia **216-3**.

La **Figura 6D** ilustra un cuarto ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-4**, **214-4** de una línea de transmisión **210-4** se encaminan en un arreglo apilado verticalmente en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-4** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-4**. En la modalidad de la **Figura 6D**, la traza conductora **214-4** es lineal en la sección de baja impedancia, mientras que la traza conductora **212-4** se enruta en un patrón de zig-zag para extenderse en general en la misma dirección que la traza conductora **214-4** y tener un solapamiento significativo con él. La **Figura 6E** ilustra un quinto ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-5**, **214-5** de una línea de transmisión **210-5** cada una incluye regiones ensanchadas que se apilan verticalmente en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-5** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-5**. Finalmente, la **Figura 6F** ilustra un sexto ejemplo en el que las dos trazas conductoras **212-6**, **214-6** de una línea de transmisión **210-6** se enrutan en capas conductoras adyacentes de una placa de circuito impreso **200-6** para proporcionar una sección de línea de transmisión de baja impedancia **216-6**. En la modalidad de la **Figura 6F**, las trazas **212-6**, **214-6** no se solapan completamente cuando se ven desde arriba, pero pueden estar lo suficientemente cerca entre sí como para que la reactancia capacitiva entre las trazas conductoras **212-6**, **214-6** excede su reactancia inductiva. Se apreciará que las técnicas para proporcionar la sección de baja impedancia ilustrada en las modalidades de ejemplo de las **Figuras 6A-6F** pueden combinarse para crear formas de modalidad adicionales. También se apreciará que las modalidades de las **Figuras 6A-6F** son de naturaleza ilustrativa y que son posibles muchas otras implementaciones.

La **Figura 11** es una vista en perspectiva de un inserto de comunicaciones **420** de una toma de comunicaciones de acuerdo con las modalidades adicionales de la presente invención. El inserto de comunicaciones **420** puede usarse, por ejemplo, en la carcasa **110** de la toma **100**. Como se muestra en la **Figura 11**, el inserto de comunicaciones **420** incluye una placa de circuito impreso **430**, ocho contactos de cable metálico **440-1** hasta **440-8** y terminales de conexión de cables **450-1** hasta **450-8** en forma de IDC. Los contactos de cable metálico **440-1** hasta **440-8** y ocho IDC **450-1** hasta **450-8** pueden ser similares a los correspondientes contactos de cable metálico e IDC que se ilustran en la toma **100** discutido anteriormente y, por lo tanto, no se describirá por separado. Sin embargo, como puede verse en la **Figura 11**, los contactos de cable metálico **440-1** hasta **440-8** tienen una configuración de cruce diferente en comparación con los contactos de cable metálico **140-1** hasta **140-8** de la toma **100**. La placa de circuito impreso **430** puede comprender un sustrato que incluye una pluralidad de capas conductoras y capas dieléctricas apiladas y puede, por ejemplo, tener la configuración que se ilustra en la **Figura 5A**.

La placa de circuito impreso **430** incluye además una pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal **460-1** hasta **460-8** (**460-4** no es visible en la **Figura 11**), cada uno de los cuales conecta eléctricamente uno de los contactos de cable metálico respectivo **440-1** hasta **440-8** a uno respectivo de los IDC **450-1** hasta **450-8**. Cada ruta conductora que transporta corriente de señal **460** puede incluir uno o más segmentos conductores que pueden proporcionarse en diferentes capas de la placa de circuito impreso **430**, y puede incluir estructuras de conexión de capa conductora como vías conductoras que conectan eléctricamente segmentos conductores que están en diferentes capas de la placa de circuito impreso **430**. La placa de circuito impreso **430** también puede incluir elementos de circuitos eléctricos, como capacitores y/o secciones de acoplamiento inductivo que están dispuestos en o dentro de la placa para compensar la diafonía. La mayoría de estos elementos del circuito no se muestran en la **Figura 11** para simplificar el dibujo.

Como se muestra en la **Figura 11**, las secciones de baja impedancia **437-1**, **437-2** se proporcionan en la placa de circuito impreso **430** para las líneas de transmisión de los Pares 2 y 3, respectivamente. Como en la modalidad de las **Figuras 3-5**, las secciones de línea de transmisión de baja impedancia se crean mediante la transición de la primera ruta conductora que transporta corriente de señal de una línea de transmisión diferencial a una capa interior de la placa de circuito impreso, y luego enrutando las primera y segunda rutas que transportan corriente de señal de la línea de transmisión diferencial en un arreglo apilado verticalmente.

Además, la línea de transmisión diferencial para el par 2 incluye además una sección **435** donde las rutas conductoras **460-1** y **460-2** están espaciadas más ampliamente en la misma capa de la placa de circuito impreso **430**. Este arreglo tiende a aumentar la impedancia del Par 2 de manera que la sección **435** comprende una sección de alta impedancia a lo largo de la línea de transmisión diferencial. Similar a la discusión anterior con respecto a la toma **100**, en algunas modalidades, las características de la sección de baja impedancia **437-1** y la sección de alta impedancia **435** a lo largo de la línea de transmisión diferencial **460-1**, **460-2** pueden seleccionarse para crear resonancias de impedancia que pueden afectar el espectro de pérdida de retorno de la línea de transmisión diferencial, cuyas resonancias pueden sintonizarse para mejorar la pérdida de retorno de la línea de transmisión dentro de un intervalo de frecuencias deseado.

En algunas modalidades, la sección de baja impedancia **437-1** puede tener una impedancia característica que esté al menos un veinte por ciento por debajo de una impedancia preseleccionada (por ejemplo, 100 ohmios), mientras que la sección de alta impedancia **435** puede tener una impedancia característica distribuida que sea al menos un veinte por ciento por encima de la impedancia preseleccionada. La sección de baja impedancia **437-1** puede estar adyacente a los terminales de salida del conector (por ejemplo, los IDC de una toma de comunicaciones), y la sección de alta impedancia **435** puede estar entre los terminales de entrada del conector y la primera sección. La primera y la segunda

secciones pueden estar directamente adyacentes entre sí.

Como se indicó anteriormente, las técnicas de acuerdo con las modalidades de la presente invención pueden implementarse tanto en tomas como enchufes de comunicaciones. **Las Figuras 7-9** ilustran un cable de conexión **300** que incluye enchufes **320** de acuerdo con las modalidades de la presente invención. En particular, la **Figura 7** es una vista en perspectiva del cable de conexión **300**, la **Figura 8** es una vista en perspectiva superior trasera de uno de los enchufes **320**, y la **Figura 9** es una vista de arte en perspectiva de una placa de circuito impreso **340** del enchufe el **320**.

Como se muestra en la **Figura 7**, el cable de conexión **300** incluye un cable **309** que tiene ocho conductores aislados **301-308** encerrado en una chaqueta **310** (los conductores **301-308** no están numerados individualmente en la **Figura 7**, y no todos los conductores **301-308** son visibles en las **Figuras 7 y 8**). Los conductores aislados **301-308** puede estar dispuestos como cuatro pares trenzados de conductores **311-314** (el par **311** no es visible en la **Figura 7**, pero se muestra en la **Figura 8**), con conductores **304 y 305** trenzados juntos para formar un par trenzado **311**, conductores **301 y 302** trenzados juntos para formar un par trenzado **312**, conductores **303 y 306** trenzados juntos para formar un par trenzado **313** y conductores **307 y 308** trenzados juntos para formar un par trenzado **314**. Cada par trenzado **311-314** forma una línea de transmisión diferencial. Un separador **315** como un separador de cinta o un separador cruciforme puede proporcionarse para separar uno o más de los pares trenzados **311-314** de uno o más de los otros pares trenzados **311-314**. Un primer enchufe **320-1** se conecta a un primer extremo del cable **309** y un segundo enchufe **320-2** se conecta al segundo extremo del cable **309** para formar el cable de conexión **300**.

[0076] La **Figura 8** es una vista ampliada que ilustra el primer enchufe **320-1** con mayor detalle. Para simplificar el dibujo, se omiten de la **Figura 8**, una tapa trasera de la carcasa del enchufe, varios mecanismos de retención y preparación de cables y una funda de alivio de tensión. Como se muestra en la **Figura 8**, el enchufe **320-1** incluye una carcasa **322** que tiene una cara superior **324**, una cara frontal **326** y una abertura trasera **328** que recibe una tapa trasera (no mostrada). Un cierre de enchufe **330** se extiende desde una cara inferior de la carcasa. Las caras superior y frontal **324, 326** de la carcasa **322** incluyen una pluralidad de ranuras que se extienden longitudinalmente **332**. El cable de comunicaciones **309** (ver **Figura 7**) se recibe a través de la abertura trasera **328**. Una tapa trasera (no mostrada) que incluye una abertura de cable se bloquea en su lugar sobre la abertura trasera **328** de la carcasa **322** después de que el cable de comunicaciones **309** ha sido insertado en el mismo.

Como también se muestra en la **Figura 8**, el enchufe **320-1** incluye además una placa de circuito impreso **340** que está dispuesto dentro de la carcasa **322** y una pluralidad de clavijas de enchufe **350-1** hasta **350-8** se montan en el borde delantero de la placa de circuito impreso **340** para que las clavijas **350** puedan accederse a través de las ranuras **332** en la carcasa **322**. Cualquier carcasa convencional **322** puede usarse de manera que se configure para sostener la placa de circuito impreso **340**, y de ahí la carcasa **322** no se describe con más detalle en la presente descripción.

La placa de circuito impreso **340** puede comprender, por ejemplo, una placa de circuito impreso rígida convencional o una placa de circuito impreso flexible. En la modalidad representada, la placa de circuito impreso **340** comprende una placa de circuito impreso rígida multicapa convencional.

Las clavijas del enchufe **350** se configuran para hacer contacto mecánico y eléctrico con contactos respectivos, tales como, por ejemplo, los contactos de cable metálico, de una toma de comunicaciones acoplada. Como se muestra en la **Figura 8**, cada una de las ocho clavijas del enchufe **350** se montan en la porción frontal de la placa de circuito impreso **340**. Las clavijas del enchufe **350** pueden estar sustancialmente alineadas transversalmente en una relación de lado a lado. Cada una de las clavijas del enchufe **350** incluye una primera sección que se extiende hacia adelante a lo largo de una superficie superior de la placa de circuito impreso **340**, una sección de transición que se curva en un ángulo de aproximadamente noventa grados y una segunda sección que se extiende hacia abajo desde la primera sección a lo largo de una porción del borde frontal de la placa de circuito impreso **340**. La sección de transición puede incluir un radio exterior curvo que cumpla con la especificación establecida en, por ejemplo, IEC 60603-7-4 para clavijas de enchufe que cumplen con los estándares de la industria.

Cada una de las clavijas del enchufe **350** puede fabricarse por separado de la placa de circuito impreso **340**. En la modalidad representada, cada una de las clavijas del enchufe **350** comprenden, por ejemplo, una tira de metal alargada que tiene una longitud de aproximadamente 140 milésimas de pulgada, un ancho de aproximadamente 20 milésimas de pulgada y una altura (es decir, un espesor) de aproximadamente 20 milésimas de pulgada. Cada clavija del enchufe **350** también incluye una columna base (no mostrada) que se extiende desde una superficie inferior de la primera sección de la clavija del enchufe (es decir, la sección que se extiende hacia adelante a lo largo de la superficie superior de la placa de circuito impreso **340**). La placa de circuito impreso **340** incluye ocho vías chapadas en metal **342** (ver **Figura 9**) que se disponen en dos filas a lo largo de su borde frontal. La columna base **352** de cada clavija del enchufe **350** se recibe dentro de una de las respectivas vías chapadas en metal **342** donde puede ajustarse a presión, con soldadura por fusión o con soldadura por capilaridad, en su lugar para montar las clavijas del enchufe **350** en la placa de circuito impreso **340**.

[0081] Las clavijas del enchufe **350** pueden montarse en la placa de circuito impreso **340** de otras maneras. Por ejemplo, en otras modalidades, pueden proporcionarse almohadillas de contacto alargadas en la superficie superior

de la placa de circuito impreso **340** y cada clavija del enchufe **350** puede soldarse por fusión o soldar por capilaridad a una de estas almohadillas de contacto respectivas. Se apreciará que pueden usarse muchos otros mecanismos de fijación. Adicionalmente, puede usarse una amplia variedad de clavijas de enchufe diferentes en lugar de las clavijas del enchufe **350**.

Refiriéndose a la **Figura 9**, una pluralidad de almohadillas plateadas **344** se proporcionan en las superficies superior e inferior de la placa de circuito impreso **340** a lo largo de un borde trasero del mismo. Los conductores **301-308** del cable **309** terminan en una de las respectivas almohadillas **344** por ejemplo, soldando por capilaridad. Una pluralidad de rutas conductoras **360-1** hasta **360-8** se proporcionan en y/o en la placa de circuito impreso **340**. Cada una de estas rutas conductoras **360** conecta eléctricamente una de las almohadillas plateadas **344** a una de las respectivas vías chapadas en metal **342** para proporcionar una ruta eléctrica entre cada uno de los conductores **301-308** y una de las respectivas clavijas de enchufe **350-1** hasta **350-8** que se montan en las vías chapadas en metal **342**. Cada ruta conductora **360** puede comprender, por ejemplo, una o más trazas conductoras que se proporcionan en una o más capas de la placa de circuito impreso **340**. Se proporcionan orificios pasantes chapados en metal o rellenos de metal (u otras estructuras de transferencia de capas conocidas por los expertos en esta técnica) para conectar eléctricamente porciones de varias de las rutas conductoras **360** que están en diferentes capas de la placa de circuito impreso **340**. Las rutas conductoras **360** están dispuestos en pares para formar cuatro líneas de transmisión diferencial **371-374**. Las dos trazas conductoras **360** que forman cada una de las líneas de transmisión diferencial **371-374** en la placa de circuito impreso **340**, con una excepción que se indica a continuación, se ejecutan generalmente juntos, uno al lado de la otra, en la placa de circuito impreso **340**, que puede proporcionar una impedancia relativamente constante.

También se incluye una pluralidad de circuitos de diafonía ofensivos en la placa de circuito impreso **340** en forma de capacitores **380** que se interponen entre varias de las rutas conductoras **360** adyacente a las clavijas del enchufe **350**. Los circuitos de diafonía ofensivos **380** pueden proporcionarse, por ejemplo, para asegurar que el enchufe **320-1** cumple con todas las especificaciones de diafonía ofensivas par a par que se requieren por un documento de estándares de la industria, como el estándar ANSI/TIA-568-C.2 antes mencionado. Desafortunadamente, estos circuitos de diafonía ofensivos **380** aparecen como cargas a lo largo de cada una de las líneas de transmisión **371-374** a través del enchufe **320-1** que puede dificultar que el enchufe **320-1** cumpla con las especificaciones de rendimiento de pérdida de retorno objetivo, particularmente en frecuencias más altas (por ejemplo, frecuencias por encima de 500 MHz, e incluso más con respecto a frecuencias por encima de 1 GHz o por encima de 1,5 GHz).

Como se discutió anteriormente, los conectores de comunicaciones de acuerdo con de las modalidades de la presente invención pueden incluir secciones de línea de transmisión de baja impedancia que mejoran la pérdida de retorno en las líneas de transmisión en un intervalo de frecuencia deseado. Estas secciones de baja impedancia también pueden, en algunos casos, colocarse adyacentes a una sección de alta impedancia que se forma, por ejemplo, al incluir regiones de autoacoplamiento inductivo en las rutas conductoras de la línea de transmisión. Estas secciones de alta y baja impedancia pueden crear resonancias, y al ajustar las magnitudes de las respectivas impedancias y las distancias entre las secciones de baja y alta impedancia (y las distancias entre estas secciones y los circuitos de diafonía y las clavijas del enchufe), estas resonancias pueden “sintonizarse” para proporcionar una pérdida de retorno mejorada y/o rendimiento de pérdida de inserción para la línea de transmisión sobre los intervalos de frecuencia seleccionada.

En el ejemplo de enchufe de la **Figura 9**, la línea de transmisión **373** se diseña para incluir secciones de baja y alta impedancia que pueden ajustarse para proporcionar un mejor rendimiento de pérdida de retorno en la línea de transmisión **373**. En particular, como se muestra en la **Figura 9**, en la línea de transmisión **373**, la ruta conductora **360-3** incluye tanto una sección en espiral **376-1** y una sección de baja impedancia **378** donde la ruta conductora **360-3** pasa a una capa interna de la placa de circuito impreso **340** y se enruta en un arreglo apilado verticalmente por encima de la ruta conductora **360-6**. La ruta conductora **360-6** igualmente incluye una sección en espiral **376-2**. Estas secciones de baja y alta impedancia pueden sintonizarse, por ejemplo, para crear un máximo local en el espectro de pérdida de retorno para la línea de transmisión **373** cerca de una frecuencia de operación máxima para el enchufe **320-1** (por ejemplo, 500 MHz), lo que puede facilitar la garantía de que la línea de transmisión **373** cumpla con las especificaciones de pérdida de retorno establecidas en los estándares de la industria.

La presente invención no se limita a las modalidades ilustradas discutidas anteriormente; más bien, estas modalidades están destinadas a revelar plena y completamente la invención a los expertos en esta técnica. En los dibujos, los números iguales se refieren a elementos iguales en todas partes. Los grosores y dimensiones de algunos componentes pueden exagerarse para mayor claridad.

Los términos espacialmente relativos, como “superior”, “inferior”, “lateral”, “más alto”, “más bajo” y similares, pueden usarse en la presente descripción para facilitar la descripción para describir la relación de un elemento o característica con otro(s) elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las figuras. Se debe entender que los términos espacialmente relativos pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo en uso u operación además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al dispositivo de las figuras, los elementos descritos como “debajo” o “debajo de”, otros elementos o características se orientarían entonces “sobre” los otros elementos o características. Por tanto, el término ilustrativo “debajo” puede abarcar tanto una orientación de arriba como debajo. El dispositivo puede estar orientado de cualquier otra manera (girado 90 grados o en otras orientaciones)

y los descriptores espacialmente relativos que se usan en la presente descripción se interpretan en consecuencia.

La terminología que se usa en la presente descripción tiene el propósito de describir modalidades particulares únicamente y no pretende ser una limitación de la invención. Como se usa en la presente descripción, la expresión "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Como se usa en la presente descripción, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye" cuando se usan en esta descripción, especifican la presencia de características, enteros, etapas operaciones, elementos y/o componentes declarados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más otras características, enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

Lo anterior es ilustrativo de la presente invención y no debe interpretarse como una limitación de la misma. Aunque se han descrito modalidades ilustrativas de esta invención, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones en las modalidades ilustrativas sin apartarse materialmente de las nuevas enseñanzas y ventajas de esta invención. En consecuencia, se pretende que todas estas modificaciones estén incluidas dentro del alcance de esta invención como se define en las reivindicaciones. La invención se define mediante las siguientes reivindicaciones, en las que se incluirán equivalentes de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conector de comunicaciones que comprende:
5 una placa de circuito impreso (130) que tiene una primera capa conductora interna (132-1), una primera capa conductora externa (132-3) y una segunda capa conductora externa (132-6), la primera y segunda capas conductoras externas (132-1, 132-6) y la primera capa conductora interna (132-3) apilada a lo largo de un eje vertical con capas dieléctricas (134) entre ellas;
10 en donde la placa de circuito impreso (130) incluye una pluralidad de terminales de entrada (142), una pluralidad de terminales de salida (152) y una pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal (160), cada una de las cuales conecta eléctricamente uno de los respectivos terminales de entradas (142) a uno de los respectivos terminales de salida (152), las rutas conductoras que transportan corriente de señal (160) dispuestas en pares para formar una pluralidad de líneas de transmisión diferenciales, y
15 en donde una primera ruta conductora que transporta corriente de señal (160) incluye un primer segmento (136) que está en la primera capa conductora interna (132-3) de la placa de circuito impreso (130) que se enruta en un arreglo apilado verticalmente con un segundo segmento (136) de una segunda ruta conductora que transporta corriente de señal (160) de manera que el primer y segundo segmentos (136) están en diferentes capas de la placa de circuito impreso (130) y se solapan al menos parcialmente a lo largo de un eje que es perpendicular a una superficie principal de la placa de circuito impreso (130) y se extienden en la misma dirección general por una distancia que es al menos el doble del ancho promedio de al menos uno de los
20 primero y segundo segmentos (136), la primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal (160) que forman una primera línea de transmisión diferencial de la pluralidad de líneas de transmisión diferencial, en donde los primeros y segundos segmentos (136) están en capas conductoras adyacentes (132-3, 132-4) de la placa de circuito impreso (130), **caracterizado porque**
25 el primer segmento (136) tiene un primer ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la primera ruta conductora que transporta corriente de señal (160) y/o el segundo segmento (136) tiene un segundo ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal (160).
- 30 2. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el conector de comunicaciones es un toma RJ-45 (100) que incluye contactos de cable metálico del primero al octavo (140) que se conectan eléctricamente a los respectivos de la pluralidad de terminales de entrada (142) y terminales de conexión de cables del primero al octavo (150) que se conectan eléctricamente a los respectivos de la pluralidad de
35 terminales de salida (152), la pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal (160) comprenden de la primera a la octava rutas conductoras que transportan corriente de señal (160), y la pluralidad de líneas de transmisión diferencial que comprenden la primera línea de transmisión diferencial y de la segunda a la cuarta líneas de transmisión diferencial.
- 40 3. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el conector de comunicaciones es un enchufe RJ-45 (320), la pluralidad de terminales de entrada comprende desde el primero hasta el octavo terminales de entrada que se conectan eléctricamente a las respectivas clavijas de enchufe (350) desde la primera hasta el octavo, la pluralidad de terminales de salida comprende desde el primero hasta el octavo terminales de salida que se conectan eléctricamente a los respectivos conductores desde el primero al octavo de un cable de comunicaciones, la pluralidad de rutas conductoras que transportan corriente de señal (160)
45 comprenden desde la primera a la octava rutas conductoras que transportan corriente de señal, y la pluralidad de líneas de transmisión diferencial comprenden desde la primera a la cuarta líneas de transmisión diferencial.
4. El conector de comunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde al menos una de las primera o segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal (160) incluye además una
50 primera sección de autoacoplamiento.
5. El conector de comunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la primera ruta conductora que transporta corriente de señal (160) incluye una primera sección de autoacoplamiento inductivo y la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal (160) incluye una segunda sección de
55 autoacoplamiento inductivo.
6. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la ubicación y/o magnitud de al menos uno de los primero y segundo segmentos apilados verticalmente o la primera sección de autoacoplamiento inductivo se selecciona para proporcionar un máximo local en el espectro de pérdida de
60 retorno de la primera línea de transmisión diferencial, donde el máximo en el espectro de pérdida de retorno está entre una primera frecuencia que es la mitad de una frecuencia de operación máxima especificada para la toma RJ-45 (100) y 1,5 veces la frecuencia de operación máxima especificada para la toma RJ-45 (100).
7. El conector de comunicaciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el primer
65 segmento (136) y el segundo segmento (136) forman una primera sección de la primera línea de transmisión diferencial que tiene una impedancia característica que está al menos un veinte por ciento por debajo de una

impedancia preseleccionada, y en donde la primera línea de transmisión diferencial incluye además una segunda sección que tiene una segunda impedancia característica que es al menos un veinte por ciento mayor que la impedancia preseleccionada.

- 5 8. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la primera sección está entre la segunda sección y los terminales de salida (152) que se conectan eléctricamente a la primera línea de transmisión diferencial.
- 10 9. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la segunda sección se conecta directamente a la primera sección mediante una tercera sección que tiene una impedancia dentro del veinte por ciento de la impedancia preseleccionada.
- 15 10. El conector de comunicaciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el primer segmento (136) y el segundo segmento (136) forman una sección de baja impedancia de la primera línea de transmisión diferencial que tiene una impedancia que es al menos un veinte por ciento menos que una impedancia preseleccionada, la primera transmisión diferencial que incluye además una sección de alta impedancia en cascada con la sección de baja impedancia
- 20 11. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 10, en donde los primeros y segundos segmentos (136) se posicionan para tener una reactancia capacitiva entre ellos que excede su reactancia inductiva.
- 25 12. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la sección de baja impedancia está entre la sección de alta impedancia y los terminales de salida (152) que se conectan eléctricamente a la primera línea de transmisión diferencial.
- 30 13. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la sección de alta impedancia se forma al incluir una espiral en al menos una de las primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal para formar una sección de autoacoplamiento inductivo en al menos una de las primera y segunda rutas conductoras que transportan corriente de señal.
- 35 14. El conector de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el primer segmento de la ruta conductora que transporta corriente de señal (160) tiene un primer ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la primera ruta conductora que transporta corriente de señal (160) y/o el segundo segmento de la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal (160) tiene un segundo ancho promedio que excede el ancho promedio de la totalidad de la segunda ruta conductora que transporta corriente de señal (160).

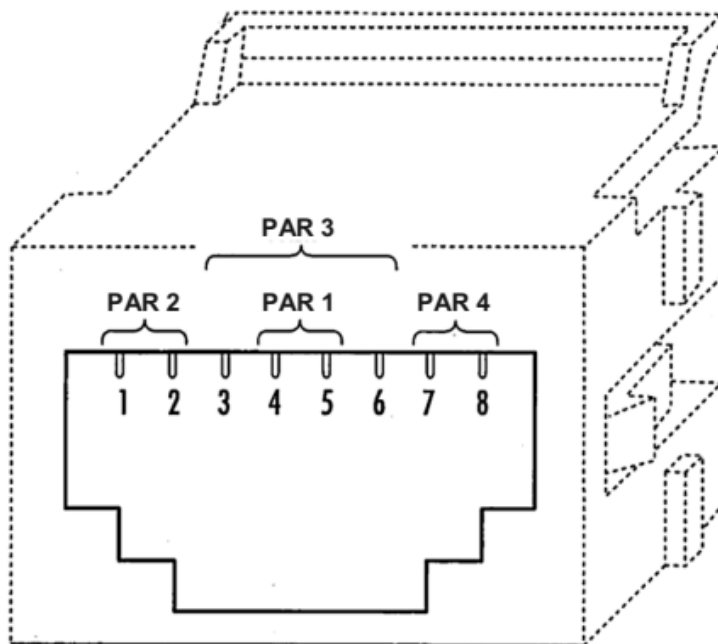
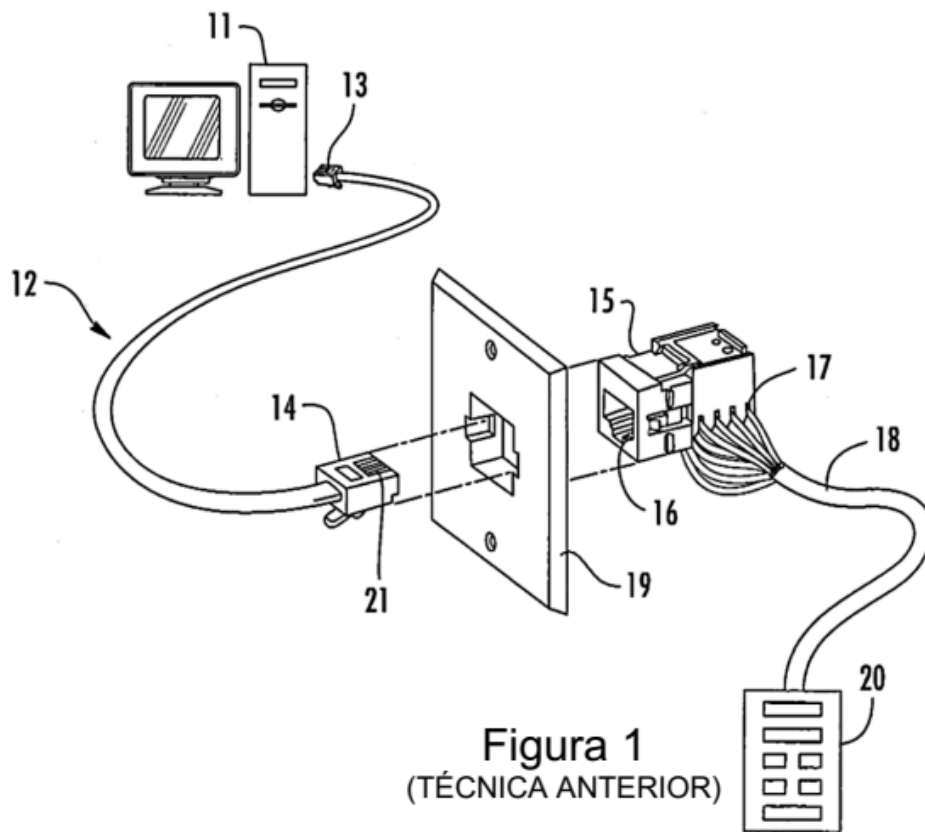
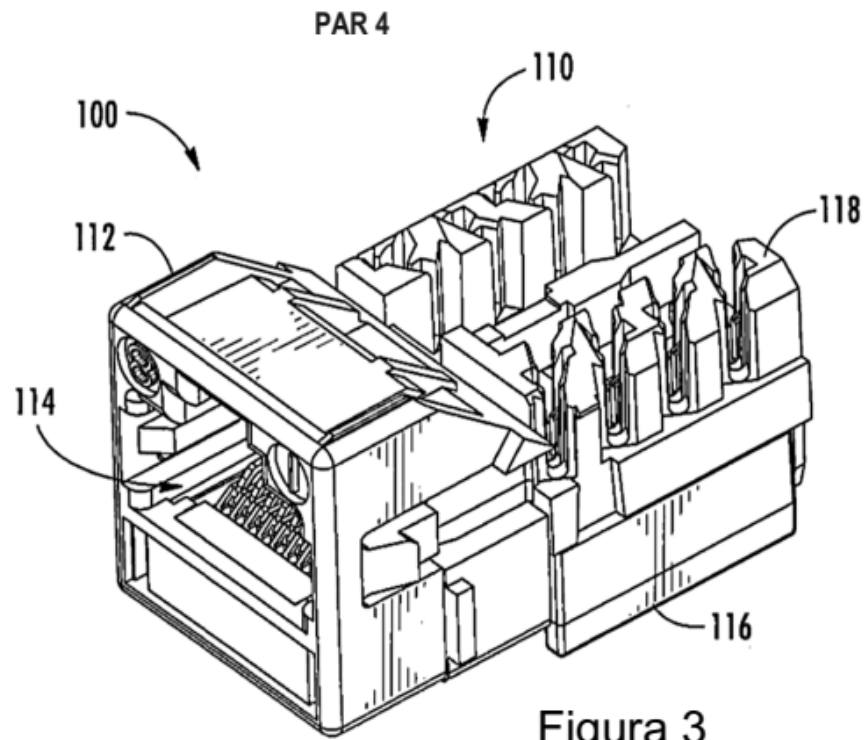


Figura 2
(TÉCNICA ANTERIOR)



		GROSOR (MILÉSIMAS DE PULGADAS)
130		
132-1	COBRE	2,00
	PRE-PREG	18,10
	COBRE	0,70
132-2	NÚCLEO	24,00
	COBRE	0,70
132-3	PRE-PREG	4,60
	COBRE	0,70
132-4	NÚCLEO	24,00
132-5	COBRE	0,70
	PRE-PREG	18,10
132-6	COBRE	2,00

Figura 5A

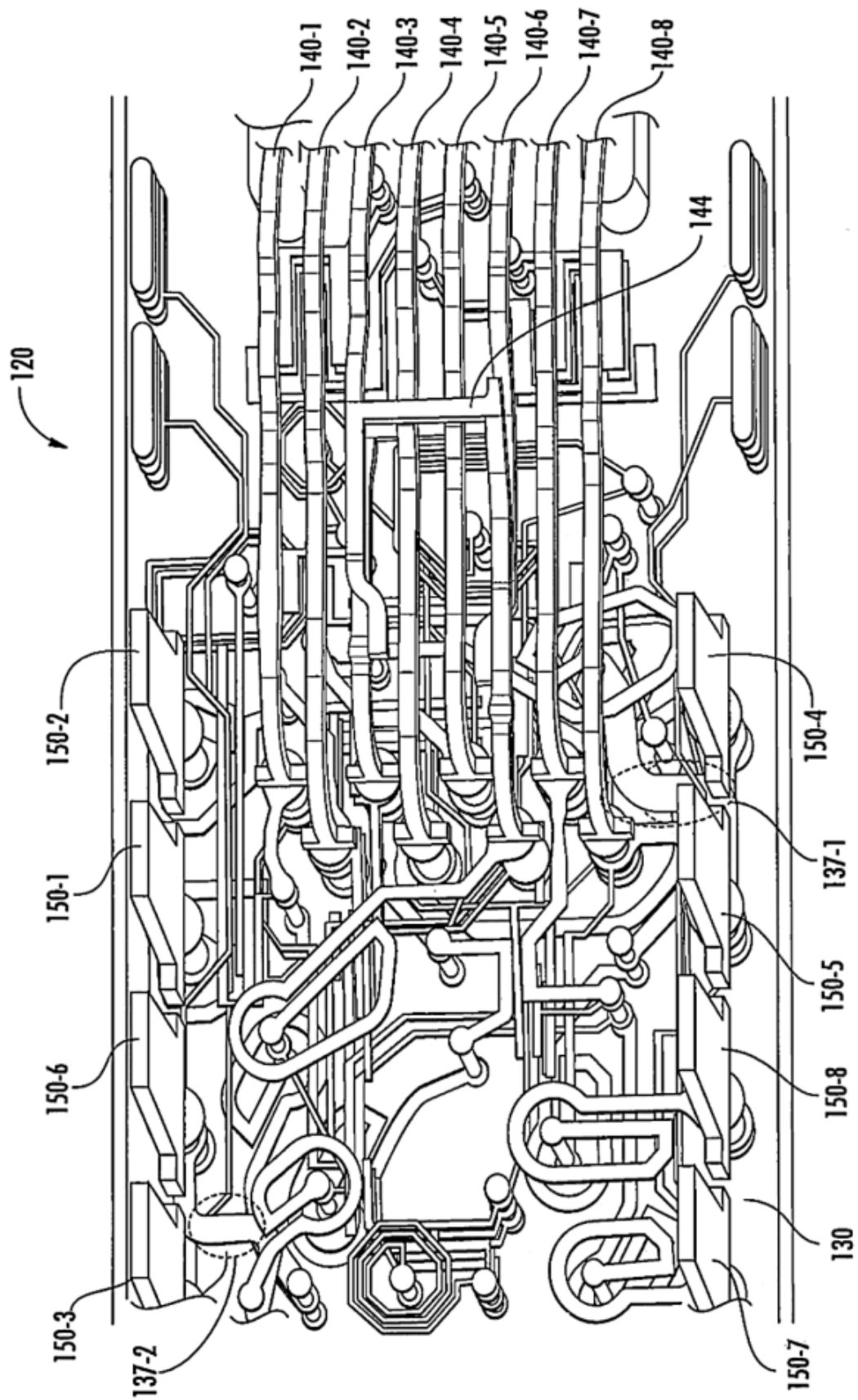


Figura 4A

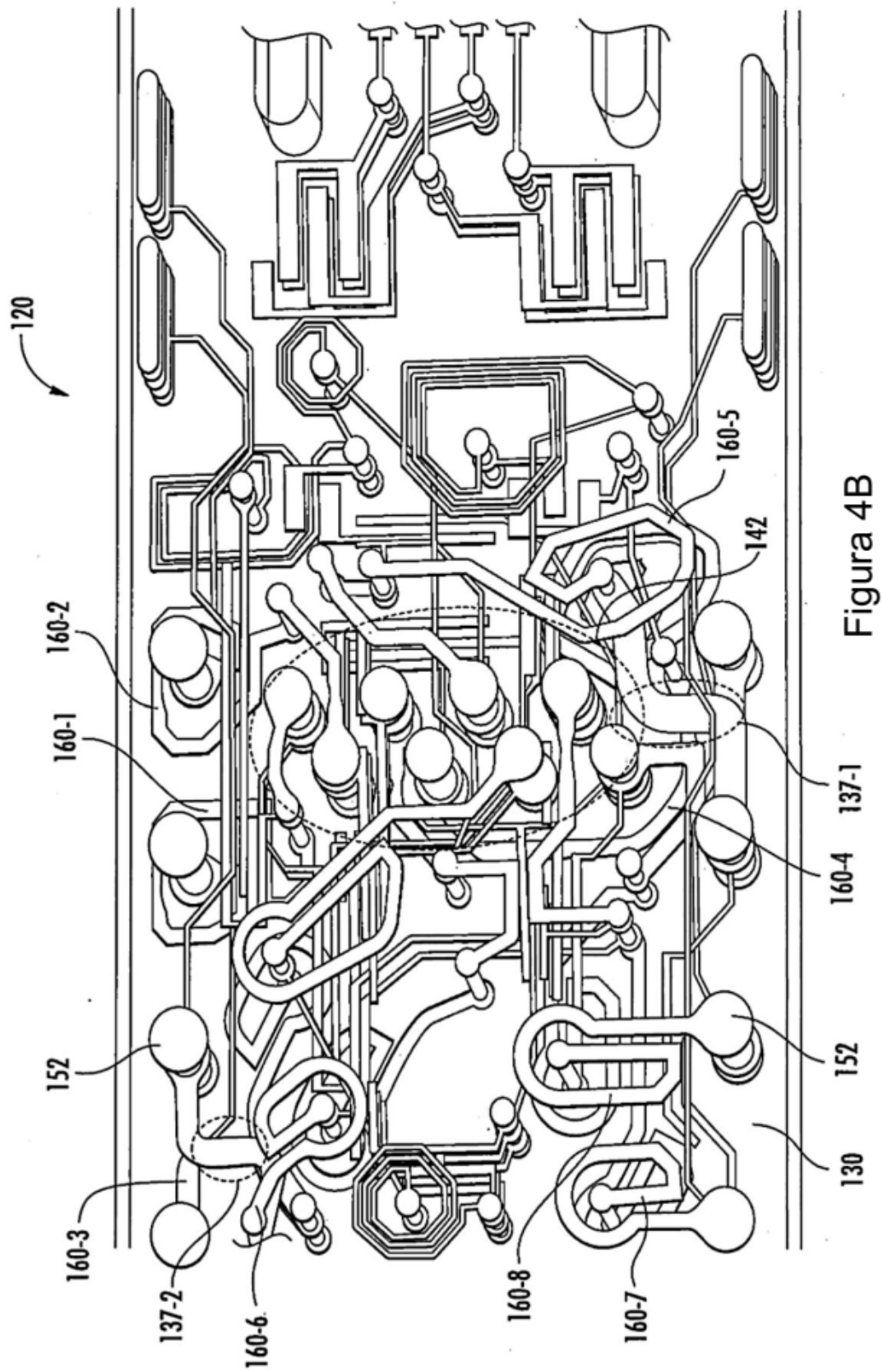
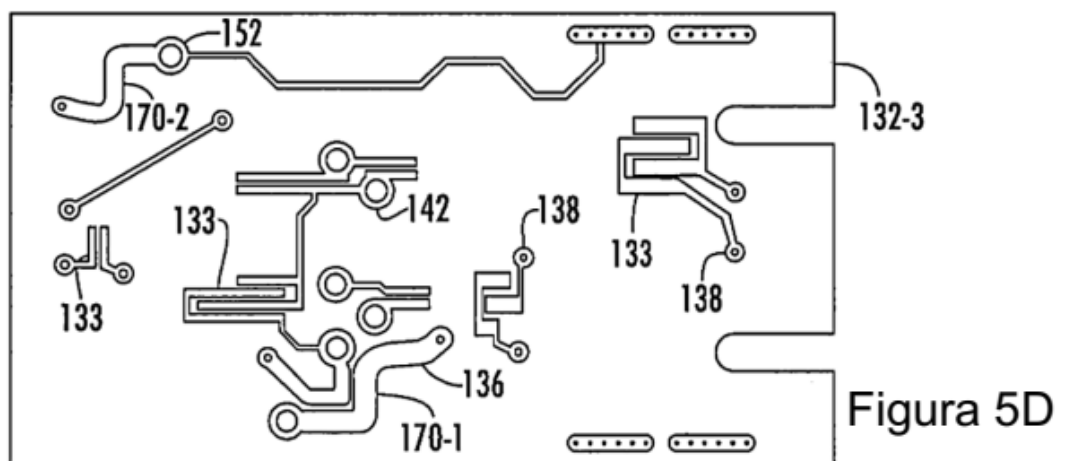
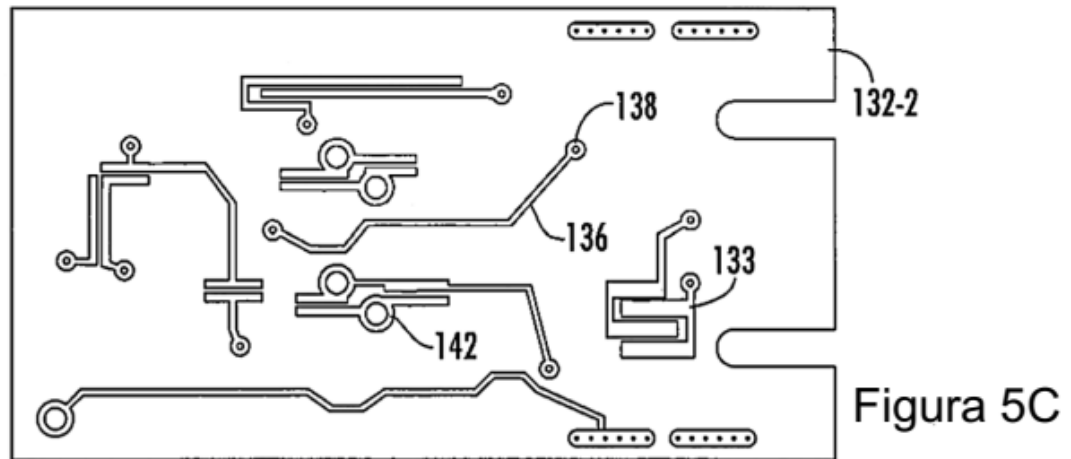
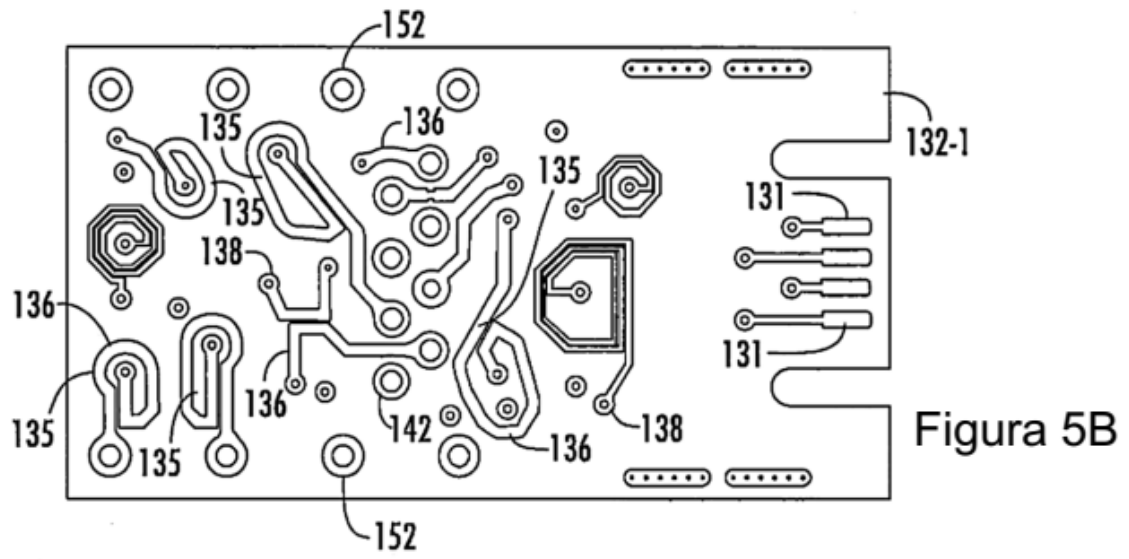
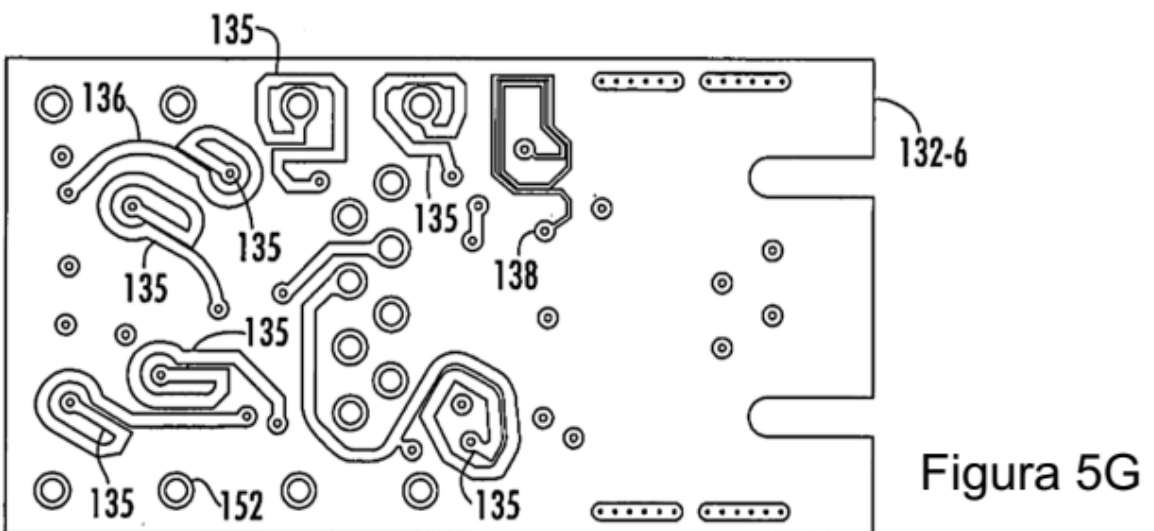
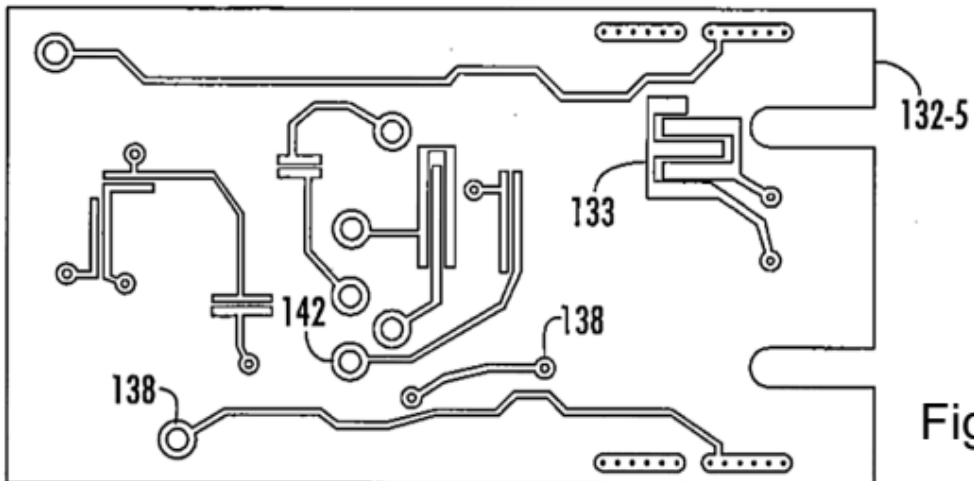
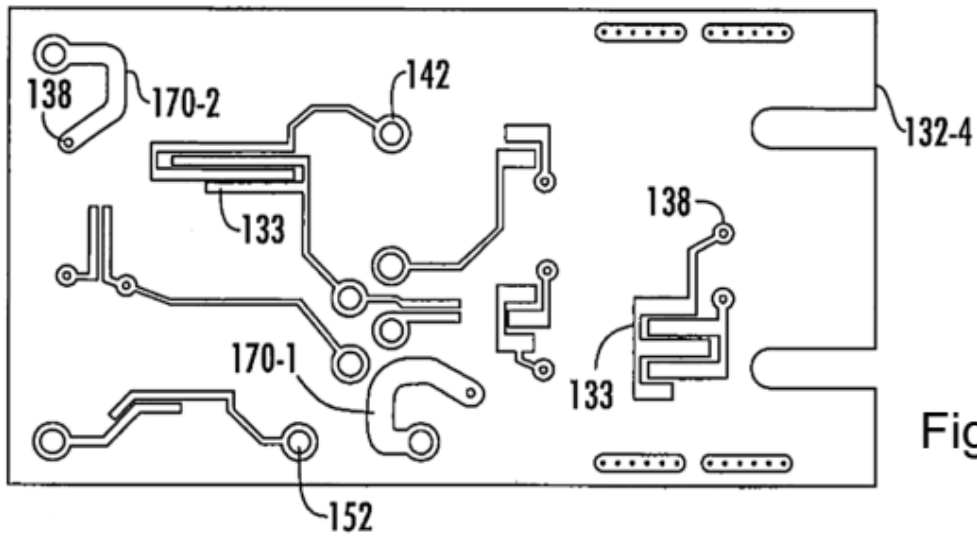


Figura 4B





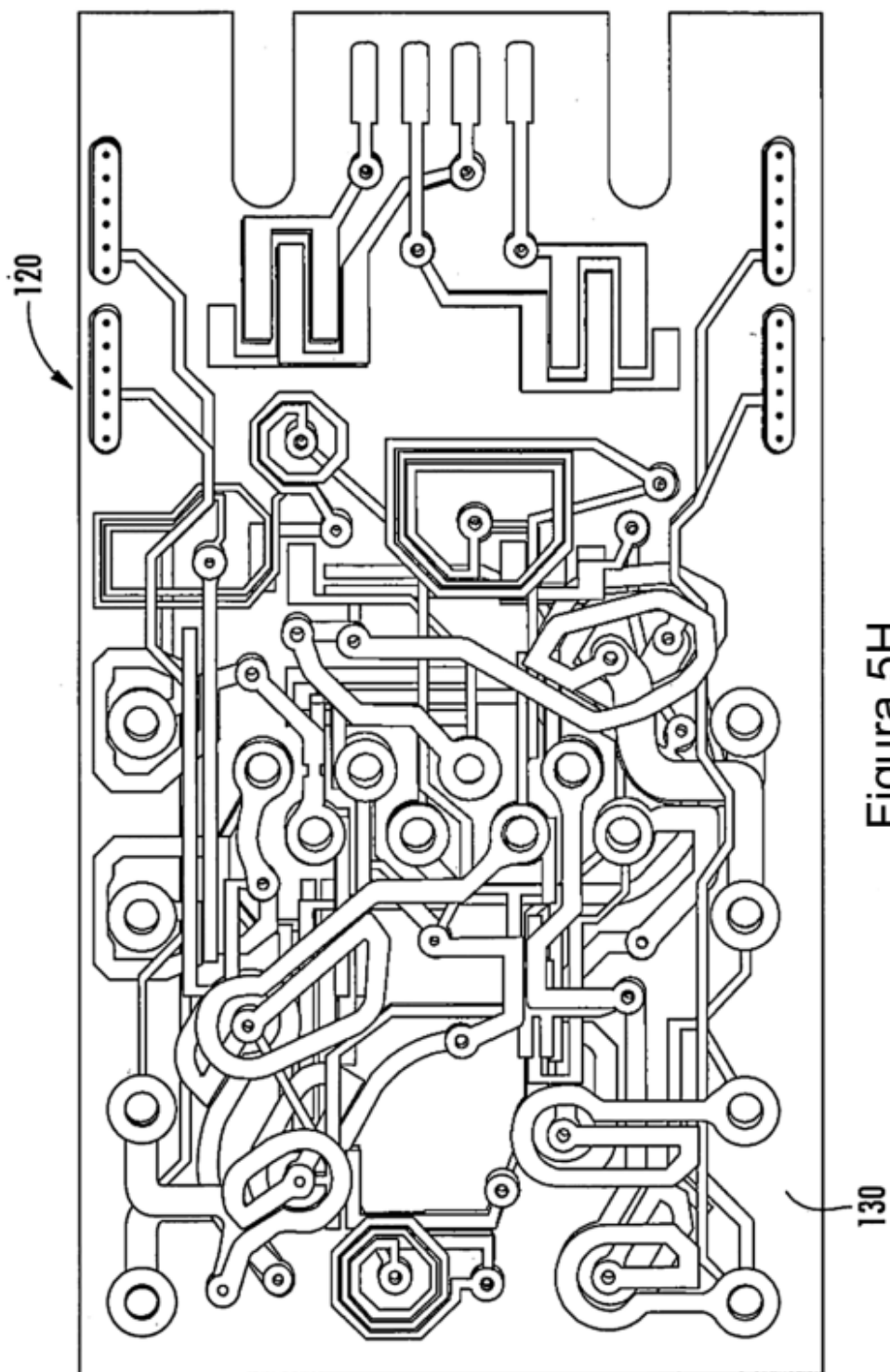


Figura 5H

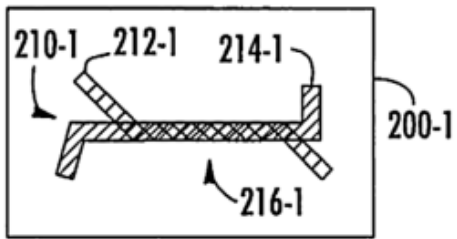


Figura 6A

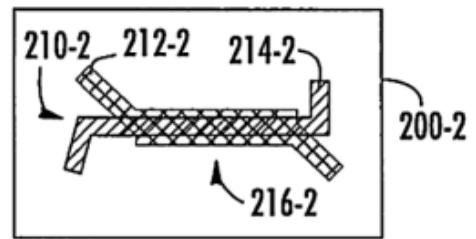


Figura 6B

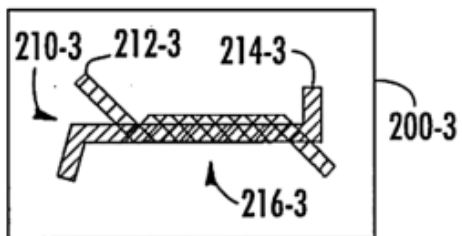


Figura 6C

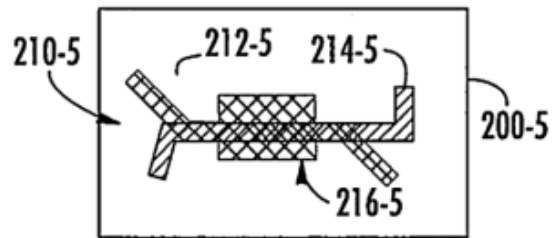


Figura 6E

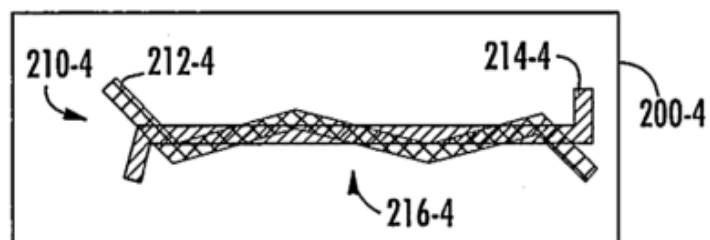


Figura 6D

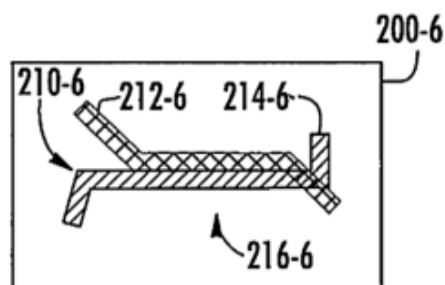


Figura 6F

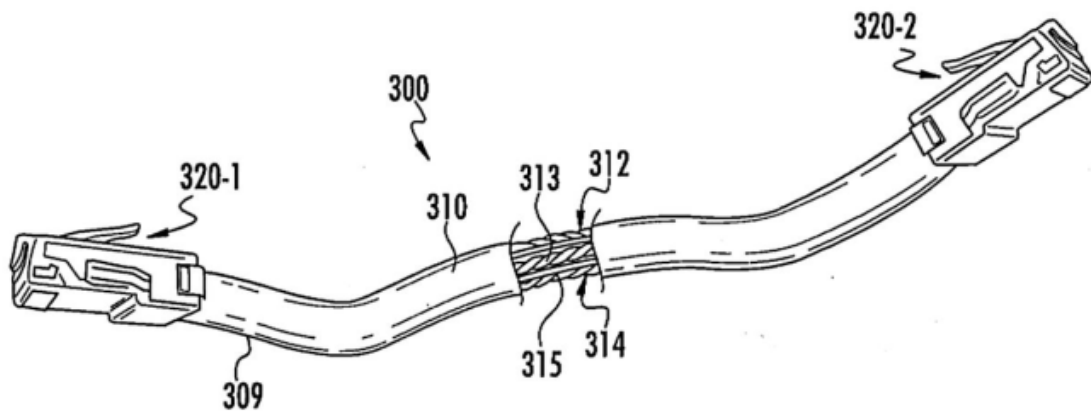


Figura 7

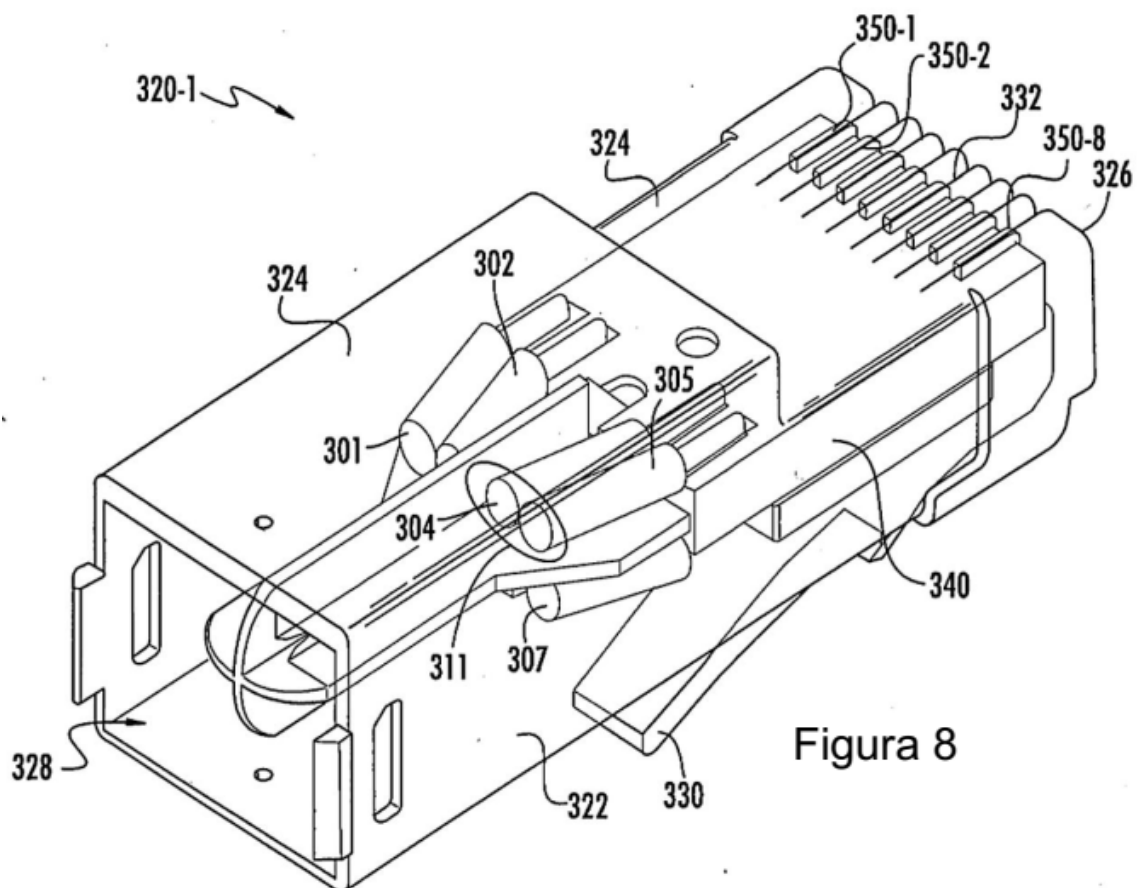


Figura 8

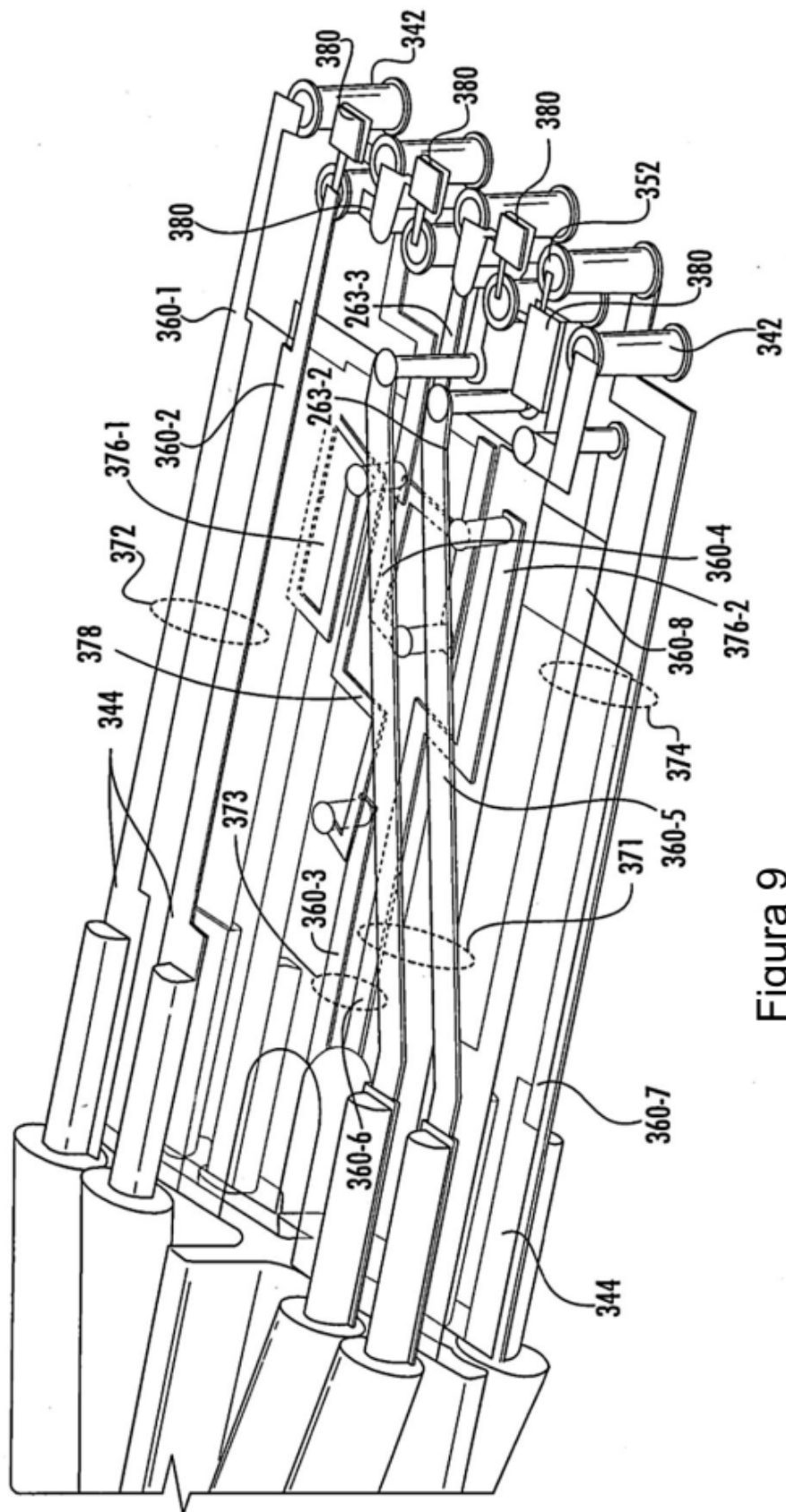


Figura 9

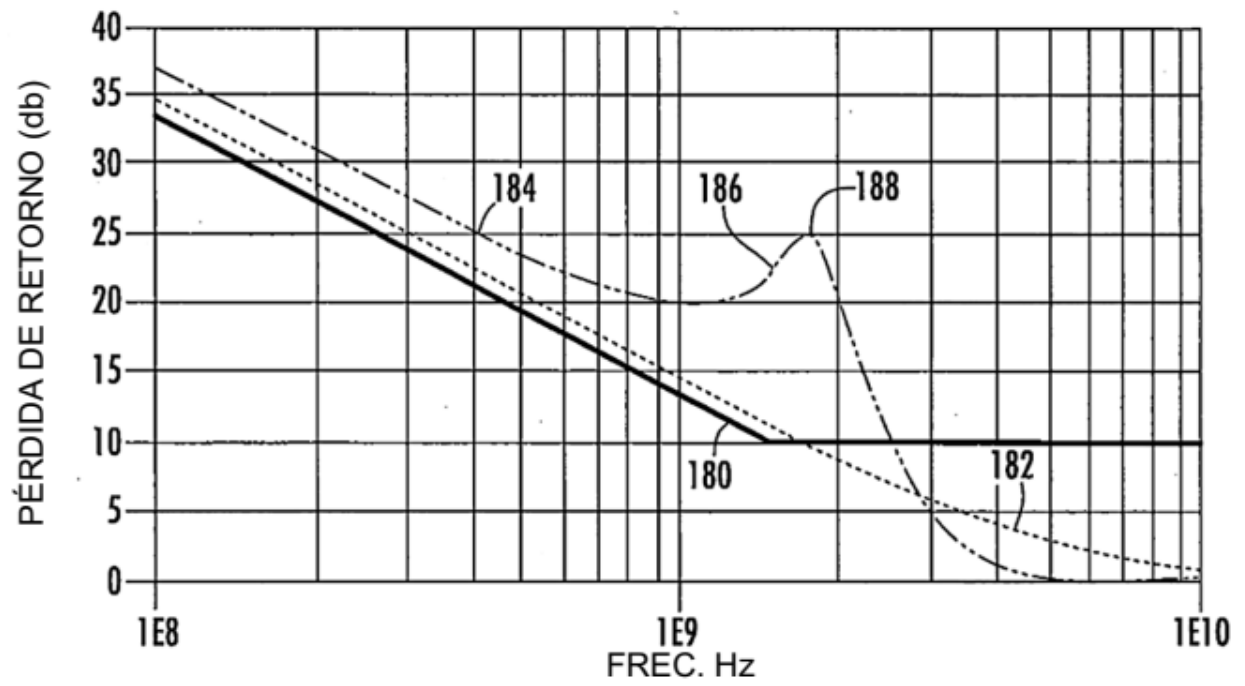


Figura 10

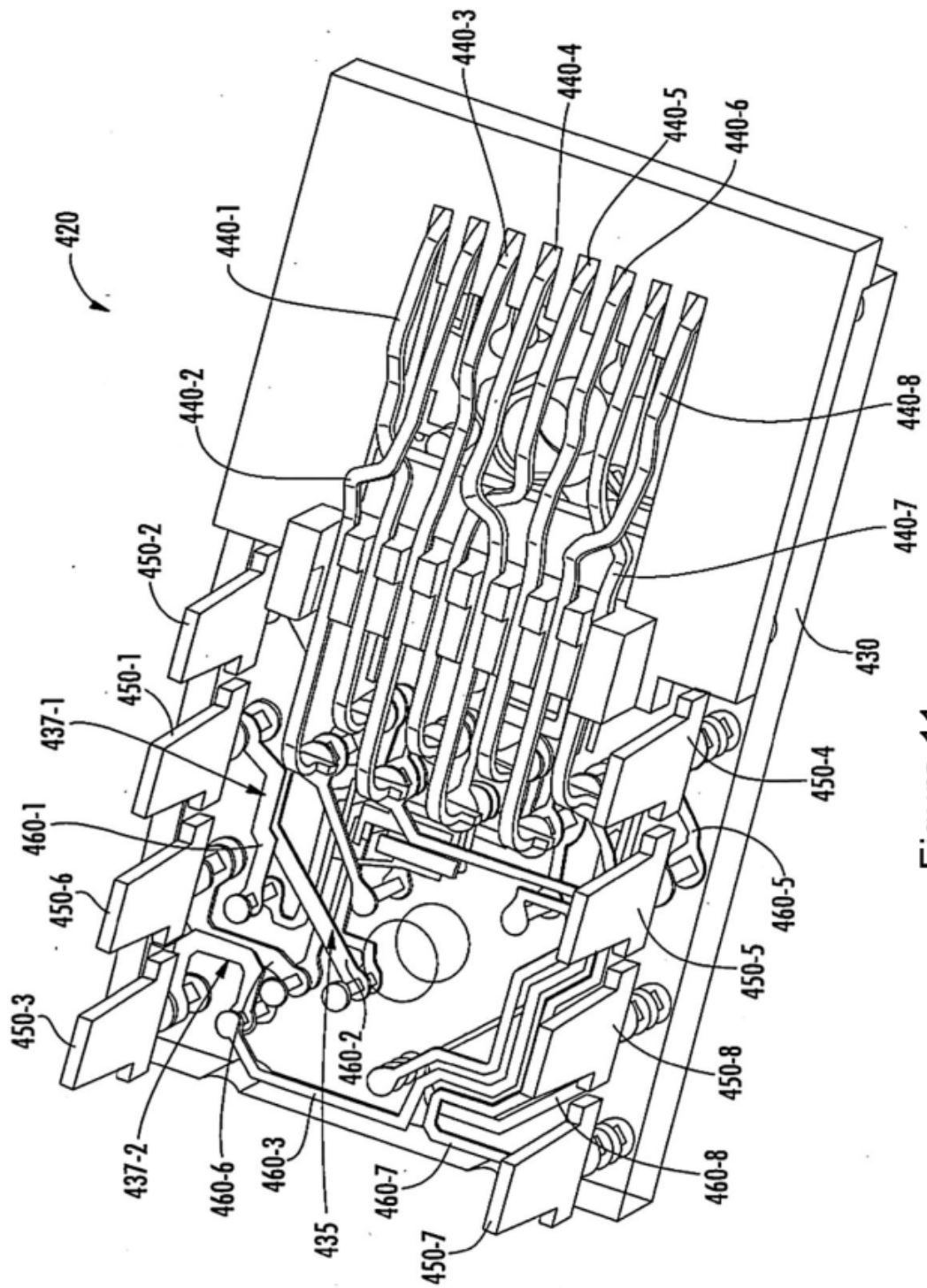


Figure 11