

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 505**

51 Int. Cl.:

H04L 12/423 (2006.01)

B60R 16/023 (2006.01)

H01M 10/42 (2006.01)

H04L 12/42 (2006.01)

B60L 3/00 (2009.01)

B60L 3/04 (2006.01)

H04L 12/437 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2013** E 13166313 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020** EP 2663032

54 Título: **Detección de rotura de cables en comunicaciones redundantes**

30 Prioridad:

07.05.2012 US 201261643794 P

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

23.02.2021

73 Titular/es:

**TESLA, INC. (100.0%)
3500 Deer Creek Road
Palo Alto, CA 94304, US**

72 Inventor/es:

**MARTIN, NATHANIEL BRIAN;
DIMEN, IAN CASIMIR y
CROWDER, SAMUEL DOUGLAS**

74 Agente/Representante:

ARAUJO EDO, Mario

ES 2 807 505 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

Detección de rotura de cables en comunicaciones redundantes

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a comunicaciones de datos y, más específicamente, pero no exclusivamente, a comunicaciones de datos resistentes a EMI (interferencias electromagnéticas, por sus siglas en inglés "*electromagnetic interferences*") a prueba de fallos y de bajo coste para entornos de vehículos eléctricos (VE) de alto rendimiento.

Antecedentes de la invención

Cada vez más se utilizan, en aplicaciones de vehículos e industriales, sistemas de almacenamiento de energía eléctrica de alta energía. Se usen ya sea para para impulsar motores de tracción/propulsión o máquinas de fábricas, estos sistemas de almacenamiento de energía a menudo incluyen muchos grupos de módulos de batería interconectados, incluyendo cada grupo de módulos muchas celdas de almacenamiento de batería individuales. Los módulos interconectados representan colectivamente un paquete unitario de batería para las necesidades de almacenamiento de energía de la aplicación.

Cada módulo incluye un sistema electrónico interno para su utilización a efectos de seguridad y monitorización y es importante que un sistema de monitorizado centralizado intercambie datos con estos módulos de manera fiable. Las tensiones y corrientes que existen en la operación y control de los motores o máquinas producen condiciones (por ejemplo, variaciones de tensión y corriente) que pueden interferir con las comunicaciones de diversas maneras. El sistema de comunicación debe por tanto estar diseñado para operar satisfactoriamente en presencia de una potencial interferencia electromagnética significativa (tanto de inducción electromagnética como de radiación electromagnética).

En el contexto del VE, entre las condiciones de contorno adicionales se incluyen: a) soluciones de bajo coste, b) soluciones de piezas/componentes reducidos, c) bajo consumo eléctrico, y d) fiabilidad adecuada para un entorno automovilístico. Las comunicaciones hasta y desde el sistema de almacenamiento de energía incluyen datos críticos de seguridad y el entorno automovilístico es estricto. El vehículo se mueve y está sujeto a golpes, sacudidas y vibraciones mecánicas, en un intervalo de condiciones de temperatura y humedad. Los módulos son elementos discretos y los sistemas de comunicaciones requieren bridas de cables que usan cables y conectores. Los cables y conectores de cable/conexiones pueden romperse y/o pueden soltarse o proporcionar conexiones intermitentes, entre otros problemas.

Lo que se necesita es un sistema y un método de comunicaciones de datos resistentes a EMI, a prueba de fallos y de bajo coste, particularmente, para un entorno de VE.

El documento EP 0383946 A1 describe un aparato de control en serie en el que una pluralidad de nodos y un controlador principal para controlar los nodos están conectados en serie usando dos líneas de señal para detectar señales marco ausentes en las dos líneas de señal. La rotura de una de las líneas de señal se detecta siempre que una señal marco no es recibida a través de dicha línea de señal durante un tiempo más largo que un periodo de tiempo predeterminado. Una técnica anterior similar se divulga en los documentos US 4.159.470 y JP S56 20356 A.

El documento US 2012/0013201 A1 divulga un sistema de gestión de baterías y de comunicación de datos en el que una pluralidad de baterías está conectada a un sistema de gestión de baterías en una estructura de anillo, a través de un bus de alimentación, un bus de fallo, un bus de reinicio y un bus de comunicación. El bus de fallo es distinto del bus de comunicación. Una señal de pulso es enviada desde el sistema de gestión de baterías al módulo de batería y desde el módulo de batería a otros módulos de batería adicionales y de vuelta al sistema de gestión de baterías a través del bus de fallo.

Breve resumen de la invención

Se divulga un sistema y un método de comunicaciones de datos resistentes a EMI, a prueba de fallos y de bajo coste.

La presente invención proporciona un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de comunicación de datos según la reivindicación 11. Las reivindicaciones dependientes aportan realizaciones de la invención.

El siguiente resumen de la invención se ha proporcionado para facilitar una comprensión de algunas de las características técnicas relacionadas con comunicaciones de datos resistentes a EMI, a prueba de fallos, de bajo coste en un vehículo eléctrico (VE), y no pretende ser una descripción completa de la presente invención. Se podrá llegar a apreciar totalmente los diversos aspectos de la invención tomando la memoria descriptiva, las

reivindicaciones y los dibujos en su totalidad como un todo. La presente invención es aplicable a otros entornos además del de los vehículos eléctricos.

5 Otras características, beneficios y ventajas de la presente invención resultarán evidentes tras revisar la presente divulgación, incluyendo la memoria descriptiva, los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

10 Las figuras adjuntas, en las que se usan los mismos números de referencia para elementos idénticos o funcionalmente similares en todas las vistas separadas en las que están incorporados y forman parte de la memoria descriptiva, ilustran adicionalmente la presente invención.

La FIG. 1 ilustra un esquema de un flujo de datos para un sistema electrónico de batería;

15 FIG. 2 ilustra un esquema de conexiones del sistema electrónico de batería;

la FIG. 3 ilustra un esquema general de componentes de un cliente;

20 la FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de un proceso de respuesta de un cliente 400 a los datos serie recibidos;

la FIG. 5 ilustra un byte de dirección usado en el sistema de comunicaciones de batería;

25 la FIG. 6 ilustra un paquete 6 que tiene 4 bytes que se usan en el sistema de comunicaciones de batería durante la enumeración;

la FIG. 7 ilustra una secuencia de transmisiones de enumeración de direcciones iniciadas por el host 105;

30 la FIG. 8 ilustra un esquema general detallado de una porción de transmisión de señal de un subsistema de señalización de fallos para un sistema de comunicaciones de batería;

la FIG. 9 ilustra un esquema general detallado de una porción de redundancia de un subsistema de señalización de fallos para un sistema de comunicaciones de batería;

35 la FIG. 10 ilustra un esquema general detallado de una porción de rechazo de interferencia de un subsistema de señalización de fallos para un sistema de comunicaciones de batería;

la FIG. 11 ilustra una configuración alternativa para el host a la mostrada en la FIG. 10 que añade un filtro en cada extremo del bucle de cadena de margarita ("daisy chain");

40 la FIG. 12 ilustra un diagrama esquemático detallado de una porción de amortiguación de oscilaciones de la implementación de distribución de alimentación para un cliente;

la FIG. 13 ilustra un diagrama esquemático detallado de una porción de activación de un cliente;

45 la FIG. 14 ilustra un diagrama general esquemático de una porción de una implementación de señal de datos diferenciales de un sistema electrónico de batería;

50 la FIG. 15 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura de un conductor de datos que incluye un mecanismo de detección de rotura de señal de datos (es decir, un "detector de rotura");

la FIG. 16 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura de conductor más generalizado en comparación con la topología 1500 mostrada en la FIG. 15;

55 la FIG. 17 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura de conductor de fuente de alimentación 1700;

60 la FIG. 18 ilustra un esquema general detallado de una porción de rechazo de interferencia de un subsistema de señalización para un sistema de comunicaciones de batería similar al de la FIG. 10 con detalles opcionales adicionales;

la FIG. 19 ilustra una configuración alternativa para el host a la mostrada en la FIG. 11 que añade una segunda fuente de alimentación del host aislada; y

65 la FIG. 20 ilustra una configuración alternativa para el host a la mostrada en la FIG. 19.

Descripción detallada de la invención

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema y un método de comunicaciones de datos resistente a EMI, a prueba de fallos y de bajo coste. La siguiente descripción se ha presentado para permitir que alguien normalmente versado en la materia pueda realizar y usar la invención y se ha proporcionado en el contexto de una solicitud de patente y sus requisitos.

Existen muchas fuentes y causas diferentes de ruido eléctrico en la gran mayoría de los entornos operativos. No siempre se da el caso de que el ruido eléctrico interfiera significativamente con las comunicaciones dentro de ese entorno operativo. Las realizaciones de la presente invención están configuradas e implementadas para proporcionar comunicaciones robustas en entornos eléctricamente ruidosos. A efectos de esta solicitud, un entorno eléctricamente ruidoso es uno en el que las tensiones inducidas o resultantes del ruido eléctrico en el entorno, medidas entre nodos o puntos que están siendo probados, son del mismo orden que los niveles de tensión usados para la señalización de datos. En el contexto específico de una aplicación que incluye un motor eléctrico, como los utilizados en la propulsión de un vehículo eléctrico (VE), hay importantes campos magnéticos variables en el tiempo presentes en regiones del VE que pueden generar un ruido significativo (como tensiones y/o corrientes).

La FIG. 1 ilustra un flujo de datos esquemáticamente representativo de un sistema electrónico de batería 100. El sistema electrónico de batería 100 incluye un host 105 y una pluralidad de N clientes 110_i , $i=1$ a N. Hay muchas implementaciones y disposiciones diferentes del host 105 y los clientes 110_x posibles, todas dentro del alcance de la presente invención. Para simplificar la explicación y como ayuda para comprenderla, la siguiente exposición se centra en una implementación específica en el contexto de un vehículo eléctrico (VE) que tiene un sistema de gestión de baterías (SGB) y N=8 módulos de batería, incluyendo cada módulo de batería una placa de módulo de batería (PMB). El SGB incluye el host 105 y cada placa de módulo de batería incluye un cliente 110_i , $i=1$ a 8.

Cada cliente 110_x es implementado usando procesadores convencionales (por ejemplo, microcontroladores de 8 bits) y opera dentro de una arquitectura diseñada con un número mínimo de cables para lograr las características descritas. La funcionalidad completa del sistema electrónico de batería 100 se mantiene en caso de rotura o desconexión de un solo cable, con el sistema funcionando satisfactoriamente en presencia de EMI con velocidades de respuesta ("slew rate") relativamente altas.

Para transmitir datos, el host 105 está conectado a cada cliente 110_x en un bucle unidireccional de cadena de margarita ("daisy chain") 115 que comienza y termina en el host 105. Los clientes 110_x están numerados en el orden en que están conectados en el bucle de cadena de margarita 115. El host 105 transmite todos los comandos a un primer cliente del bucle de cadena de margarita 115 (es decir, al cliente 110_1 en la FIG. 1). El protocolo general establece que cada cliente 110_i (por ejemplo, el cliente 110_4) retransmite todos los datos que recibe byte a byte al siguiente cliente 110_{i+1} (es decir, el cliente 110_5). El último cliente del bucle (es decir, el cliente $110_{N=8}$) transmite todos los datos de vuelta al host 105. De este modo, en la FIG. 1, el host 105 siempre transmite datos al cliente 110_1 y los recibe del cliente 110_8 . El sistema electrónico de batería 100 no requiere ningún orden de conexión particular para los módulos de batería, independiente del potencial (por ejemplo, los módulos no necesitan estar conectados en orden de tensión del paquete). Los bucles de "cadena de margarita", tal como se usan en el lenguaje convencional, incluyen esquemas de cableado en los que múltiples dispositivos están conectados entre sí por cables en una secuencia o anillo. Tal y como se usa en el presente documento, una cadena de margarita incluye tales esquemas de cableado, así como otros esquemas de cableado circulares/secuenciados en los que se regeneran o modifican datos digitales y se procesan señales analógicas para contrarrestar la atenuación.

La FIG. 2 ilustra un esquema de conexiones para un sistema electrónico de batería 100. La arquitectura de conexiones para el sistema electrónico de batería 100 incluye cinco cables, cada cable termina en cada cliente 110_x . Estos cinco cables incluyen: un primer cable de datos en serie 205, un segundo cable de datos en serie 210 (de redundancia), un cable de alimentación aislado 215, un cable a tierra aislado 220 y un cable de fallo 225. Las aplicaciones que no requieren tolerancia a fallos ni métodos de transmisión redundante usan un mínimo de tres cables: alimentación, tierra y datos en serie. Por tanto, cuatro cables lógicos conectan cada cliente (en realidad se usan cinco cables debido a la redundancia de los datos en serie). El host 105 y los clientes 110_x transmiten datos con fiabilidad a través de estos cables en presencia de una EMI sustancial estando cada cliente alimentado por su módulo de batería asociado. Cada módulo de batería es parte de una pila de potencial más grande y tiene una conexión a tierra local diferente a la de otros módulos de batería. En el VE hay un importante ruido de conmutación eléctrica, tal como el de un inversor controlador, eso crea una EMI sustancial que presenta tres formas: conmutación de transitorios, ruido en modo diferencial y ruido en modo común.

El host 105 incluye un procesador digital de señales (PDS) que puede actuar como un receptor/transmisor asíncrono universal (UART, por sus siglas en inglés de "universal asynchronous receiver/transmitter") master. Este PDS también determina el comportamiento de la batería, calcula un estado de carga y otras métricas y condiciones de la batería. Los clientes 110_x y el bus de comunicaciones son algunos de los periféricos que el PDS emplea para determinar el comportamiento correcto.

En la exposición del presente documento, se hace referencia a un número de cables o cantidad de cables. Una cantidad reducida de cables no solo es deseable debido al coste reducido de los componentes y a los menores

- costes de fabricación, sino también por fiabilidad. Aunque la FIG. 2 ilustra el sistema electrónico de batería 100 con bucles de cable, estos bucles son en realidad grupos de series de segmentos de cable y conexiones que se extienden entre el host 105 y el cliente 110₁, entre cada cliente 110_x y el cliente 110_{x+1}, y entre el cliente 110_N y el host 105. Estos cables tienen al menos dos puntos de conexión por segmento de cable, si no más. Las conexiones, ya usen o no un conector o alguna técnica de unión (por ejemplo, engastado), introducen puntos de posibles fallos que tienen un mayor riesgo de fallo en comparación con la posibilidad de que el propio cable falle. Por lo tanto, cada cable que es eliminado puede, por lo tanto, aumentar potencialmente la fiabilidad significativamente. Cualquier cable que sea añadido debe evaluarse cuidadosamente.
- La FIG. 3 ilustra un esquema general de componentes incluidos en cada cliente 110_x. El cliente 110_x incluye una placa de circuito impreso (PCI) 305 que tiene un procesador 310 (por ejemplo, un microcontrolador convencional de 8 bits o un microprocesador, o similar), un CIAE (circuito integrado de aplicación específica o ASIC en inglés, “*application specific integrated circuit*”) 315 y un grupo de aisladores 320 que desacoplan las señales internas y externas. La PCI 305 incluye un número de trazas de cable/conexión que interconectan los componentes. Las interconexiones son consideradas fiables en esta aplicación, de modo que la redundancia de los cables de datos en serie no está replicada en la PCI 305. El primer cable de datos entrantes en serie 205 y el segundo cable de datos en serie 210 están unidos entre sí en la PCI 305 a efectos de procesamiento. El primer cable de datos salientes en serie 205 y el segundo cable de datos en serie 210 están separados en la placa PCI 305 y luego son enrutados hacia fuera a un dispositivo conectado (por ejemplo, el host 105 u otro cliente 110_{x+1}). Cada PCI 305 está asociada con, y forma parte de, un módulo de batería. La electrónica interna PCI 305 está alimentada por la energía disponible procedente del módulo de batería asociado. Algunos elementos de la interfaz que forman parte de la PCI 305 son alimentados con energía procedente del host 105 como se describe más adelante en el presente documento.
- El procesador 310 gestiona las comunicaciones para el cliente 110_x. Un CIAE 315 incluye un convertidor analógico-digital (ACD) que mide tensiones, temperaturas y otros valores para cada módulo de batería y enciende un interruptor de purga cuando se le ordena. También contiene protección secundaria de hardware contra sobretensión/subtensión. Esta protección desencadena directamente una señal/indicación de fallo local sin interacción con el procesador 310.
- El procesador 310 incluye un receptor/transmisor asíncrono universal (UART) y se usa para implementar comunicaciones de datos en serie con el host 105 y los clientes 110_x. El UART está ampliamente adoptado en los microcontroladores convencionales y no requiere una señal de reloj separada, lo que ayuda a mantener aún más una cantidad reducido de cables y costes reducidos.
- Cada cliente 110_x incluye un grupo de aisladores 320 que desacoplan la transferencia de información entre transferencias cliente-cliente y transferencias cliente-host sin una referencia a tierra común. La PCI 305 incluye cuatro aisladores 320, uno para cada uno de los datos en serie entrantes (tanto 205_(entrada) como 210_(entrada) están fusionados y acoplados en una traza de señal de entrada de datos 325 en la PCI 305), los datos en serie salientes (ambos 205_(salida) y 210_(salida) están fusionados y acoplados en una traza de señal de salida de datos 330 en la PCI 305), el cable de alimentación 215 y el cable de fallo 225. Algunas realizaciones pueden reducir aún más esta cantidad de cables, por ejemplo modulando la señal de datos o la señal de fallo sobre la alimentación en el cable de alimentación 215. Algunas técnicas tales como, por ejemplo, el blanqueamiento de datos, permiten alternar la línea de datos en serie a una velocidad lo suficientemente constante como para suministrar alimentación del lado de comunicaciones 335 de los aisladores 320.
- Los aisladores 320 tal y como están implementados son aisladores digitales que modulan una señal a una frecuencia muy alta (>100 MHz) para producir una señal de AC de alta frecuencia. El aislador digital pasa esta señal de AC a través de un condensador o un inductor y logra la comunicación aislada deseada. En algunas realizaciones se usan aisladores ópticos cuando el diseño no es tan sensible a las cuestiones de coste y potencia.
- Los aisladores 320 aíslan así un lado de comunicaciones 335 de un lado local 340. Los lados de comunicaciones 335 de cada cliente 110_x están todos referenciados a la misma conexión a tierra usando un cable de tierra 220. El lado local 340 está referenciado a una conexión a tierra del módulo de batería asociado que soporta la PCI 305. Los aisladores 320 transfieren así información entre dos dominios de tensión diferentes (un dominio de comunicaciones que incluye otros dispositivos del sistema electrónico de batería 100 acoplados del lado de comunicaciones 335) y un dominio local que incluye dispositivos de la PCI 305 acoplados del lado local 340). Los aisladores 320 tienen la característica de ser tolerantes a que estos dominios se muevan (eléctricamente) entre sí. La cantidad de tensión de respuesta de modo común que los aisladores 320 deben soportar varía según la aplicación. En este caso, los aisladores 320 pueden soportar una respuesta de modo común de ~20 kV/μS antes de que la transferencia de datos entre los dominios corra el riesgo de corromperse.
- Una forma en que los aisladores 320 logran el aislamiento de tensión deseado es que están contruidos usando técnicas de fabricación de módulos de múltiples chips (MCM, “*multi-chip-module*”) que integran múltiples matrices de semiconductores en un sustrato y paquete. Las diferencias físicas entre las múltiples matrices del aislador 320 promueven el aislamiento de tensión. El CIAE 315 se puede construir usando técnicas de fabricación de MCM. En

algunas realizaciones de la presente invención, la matriz o matrices de semiconductores usadas para el aislador 320 están integradas en el sustrato y el paquete del CIAE 315 para reducir aún más el uso de componentes externos mientras se alcanzan los niveles deseados de inmunidad al ruido.

5 Tal y como se ha indicado anteriormente, el protocolo de transmisión general es para que el host 105 inicie todas las comunicaciones enviando comandos a través de los bucles unidireccionales de cadena de margarita de datos en serie. Además, cada cliente 110_x retransmite cada comando recibido, así como todas las respuestas de datos a aquellos comandos que han sido transmitidos desde los clientes posteriores 110_y, $y < x$. Cada cliente también puede tener, asimismo, una respuesta propia para transmitir. El sistema electrónico de batería 100 requiere un esquema para identificar paquetes de datos ya que el UART no tiene un mecanismo integrado para enmarcar el inicio y final de los paquetes de datos.

10 Cada cliente 110_x implementa el UART para recibir y transmitir estos comandos y respuestas. Las respuestas, al igual que los comandos, son flujos de datos de respuesta que incluirán periódicamente una serie de bytes que podrían ser interpretados como un comando. El sistema electrónico de batería 100 debe implementar una estructura y un método fáciles, de bajos recursos para detectar el inicio y el final de un paquete.

20 Un mecanismo simple que puede ser usado en el presente contexto consiste en el uso de un período sostenido de completo silencio como una marca para el inicio de un paquete. Los aisladores 320 están diseñados para evitar que bytes espurios sean inducidos en un cable de datos debido al ruido eléctrico. Por lo tanto, cuando el host 105 no está transmitiendo y todos los clientes 110_x han retransmitido todos los comandos y respuestas, el cable de datos está completamente en silencio de manera fiable. El lapso de tiempo que se requiere para que un comando se ponga en circulación desde el host 105 a través de todos los clientes 110_x es un período de referencia usado para este período de silencio. El host 105 enmarca fácilmente los comandos simplemente esperando a que un comando previo se haya completado antes de enviar un comando posterior.

30 Los clientes 110_x también usan el período de silencio. La FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de un proceso de respuesta de un cliente 400 a los datos recibidos en serie. El proceso 400 incluye las etapas 405-435. El proceso 400 empieza con un test en la etapa 405 para determinar si se está recibiendo algún dato. Si no se reciben datos, el proceso 400 realiza un bucle y repite el test en la etapa 405 mientras evalúa un lapso de tiempo durante el cual no se han recibido datos. Sin embargo, cuando el test en la etapa 405 es verdadera (y se reciben datos), el proceso 400 avanza a una etapa 410 para retransmitir los datos recibidos. Después de la etapa 410, el proceso 400 realiza un test en la etapa 415 para determinar si el período de silencio medido para la recepción de datos satisfizo el umbral de lapso de tiempo predeterminado. Cuando el test en la etapa 415 es negativo, el proceso 400 vuelve a la etapa 405 y espera a que se reciban datos.

40 Sin embargo, cuando el test en la etapa 415 es verdadero, el proceso 400 decodifica el primer byte en la etapa 420. Un test posterior en la etapa 425 determina si el primer byte decodificado, que será una dirección cuando los datos recibidos sean un comando formado correctamente, coincide con la dirección almacenada asociada con el cliente. Esto es, el primer byte sugiere que los datos recibidos son un comando para este cliente específico. Cuando el test en la etapa 425 es negativo, el proceso 400 vuelve a la etapa 405 para esperar a que se reciban datos. Cuando el test en la etapa 425 es verdadero, el proceso 400 decodifica el siguiente byte o los dos siguientes en la etapa 430 para decodificar el comando. Acto seguido, el proceso 400 realiza la etapa 435 para procesar el comando, lo que puede requerir bytes de datos adicionales y puede tener como resultado que el cliente añada una respuesta a los datos recibidos. Después de la etapa 435, el proceso 400 vuelve a la etapa 405 y aguarda datos adicionales.

50 Existen otros mecanismos que el sistema electrónico de batería 100 podría implementar para el enmarcado de paquetes, incluido el relleno de bytes para marcar un byte específico como delimitador de inicio de marco y evitar que ese byte en particular aparezca en datos reales. El relleno de bytes sería ventajoso al permitir que los comandos se canalicen por el bus de comunicaciones y aumentar la utilización del bus. Sin embargo, hacerlo requiere más procesamiento por parte de los procesadores del host 105 y los clientes 110_x.

55 En los sistemas de comunicaciones que tienen un host que emite comandos a clientes a través de un bus, es común introducir un sistema de señalización para que el host pueda determinar si los clientes han detectado y decodificado correctamente los comandos que han sido emitidos. Un mecanismo para hacer esto incluye el uso de respuestas de acuse de recibo/no acuse de recibo (ACK/NAK) que los clientes proporcionan después de recibir un comando. En el presente contexto que incluye un host que envía mensajes de difusión para todos los clientes, se hace difícil administrar múltiples clientes, transmitiendo todos ACK/NAK al mismo tiempo.

60 El sistema electrónico de batería 100 implementa un simple mecanismo de detección de fallo de bucle invertido. El protocolo usado hace que cada cliente retransmita los comandos y las respuestas recibidas, lo que permite que el host confirme que todos los clientes han detectado y decodificado correctamente los comandos. En respuesta a un comando, todos los clientes retransmiten secuencialmente ese comando hasta que el cliente final retransmite el comando de vuelta al host. El host 105 compara el comando recibido con el comando que transmitió. Cuando hay una coincidencia byte a byte, el host 105 concluye que todos los clientes 110_x vieron el comando tal y como fue enviado. No se utiliza el protocolo de negociación "handshaking" ACK/NAK.

El sistema electrónico de batería 100 requiere que todos y cada uno de los clientes 110_x tengan una dirección única para que el host 105 pueda referenciarla inequívocamente con un comando. La fabricación de un VE que tiene múltiples módulos como parte de un sistema de almacenamiento de energía se simplifica cuando los módulos de batería pueden ser instalados físicamente con tan pocos requisitos y limitaciones como sea posible. Por lo tanto, se prefiere que la fabricación no predetermine y establezca direcciones a medida que los módulos son instalados o que la fabricación no se ocupe del orden de conexión del módulo. Por lo tanto, el host y los clientes determinan las direcciones durante el tiempo de ejecución. Esto puede suponer un reto ya que el host 105 no tiene ninguna dirección específica que pueda usar cuando asigna direcciones.

El sistema electrónico de batería 100 proporciona una solución que incluye hacer que cada cliente 110_x comience con una dirección "0" cuando se enciende. El sistema electrónico de batería 100 considera que cualquier cliente 110_x con una dirección de "0" está "sin dirección". El primer byte (de 8 bits) de cualquier paquete es un byte de dirección. Dos bits del byte de dirección (por ejemplo, el primer y segundo bits) están reservados. Un bit reservado es un bit de lectura/escritura y el otro bit reservado es un bit de dirección ilegal. Los bits restantes proporcionan un máximo de 62 direcciones utilizables diferentes y, por lo tanto, 62 clientes 110_x con direcciones exclusivas. El siguiente proceso de enumeración (asignación de direcciones no ilegales a todos los clientes 110_x) usa las reglas generales de transmisión operativa con una excepción. Esa excepción no requiere, bajo un grupo muy especial de condiciones, que ese cliente 110_x retransmita exactamente los datos recibidos.

La FIG. 5 ilustra un byte de dirección 500 usado en el sistema electrónico de batería 100. Un primer bit 505 es el bit reservado de dirección ilegal y un segundo bit 510 es el bit reservado de lectura/escritura. Seis bits de orden inferior 515 son los bits de dirección del byte de dirección 500. Los seis bits (000000) - (111111) representan 63 direcciones diferentes, con la dirección (000000) reservada para la enumeración, dejando 62 direcciones operativas (000001) - (111111).

La FIG. 6 ilustra un paquete 600 en el que se han usado 4 bytes en el sistema electrónico de batería 100 durante la enumeración. (Los paquetes pueden tener diferentes disposiciones y números de bytes en otras realizaciones). El paquete 600 incluye un primer byte 605 que es un byte de dirección (por ejemplo, el byte de dirección 500 mostrado en la FIG. 5), un byte de registro 610, un byte de carga útil 615 y un byte CRC 620.

La FIG. 7 ilustra una secuencia 700 de transmisiones de enumeración de direcciones iniciadas por el host 105. El host 105 inicialmente envía un paquete de enumeración 705, y éste llega a un cliente 110_x por el primer cable de datos en serie 205. El paquete de enumeración 705 incluye una dirección (000000) con el bit de dirección ilegal y los bits de lectura/escritura ambos establecidos en (0). (Esto está representado en hexadecimal como (0x00)). También se ilustra en la FIG. 7 un registro de dirección "previo" RDP y un registro de dirección "ulterior" RDU. Estos muestran el valor de una memoria interna que cada cliente 110_x usa para determinar su dirección.

En respuesta a la recepción de un paquete (por ejemplo, el paquete de enumeración 705) procedente del host 105, cada cliente opera usando el proceso 400 de la FIG. 4. Un primer cliente 110_x que tiene una dirección coincidente (000000) decodifica los bytes restantes que son usados para establecer la dirección única deseada para el cliente 110_x . En este caso, el host 105 está cambiando la dirección del cliente 110_x de (000000) a (000011) que también está representada como 0x03. El RDP para el cliente 110_x está mostrado como 0x00 y el RDU es 0x03 reflejando este cambio.

Normalmente el cliente 110_x retransmitiría el paquete recibido al cliente 110_{x+1} , pero hacerlo tendría como resultado que el cliente 110_{x+1} también tendría una dirección 0x03. Para evitarlo, en este caso especial el cliente 110_x retransmite un paquete de enumeración modificado 710. El paquete de enumeración modificado 710 es exactamente como el paquete de enumeración 705, excepto que el bit de dirección ilegal se ha fijado en "high". Por tanto, el byte de dirección 500 cambia de (00000000) a (10000000), que también está mostrado como un cambio de 0x00 a 0x80. El cliente 110_{x+1} decodificará la dirección del paquete de enumeración modificado 710 como (000000) que coincide con su dirección, pero como se ha fijado el bit de dirección ilegal, el cliente 110_{x+1} ignora esta transmisión del paquete y no cambia su dirección. El cliente 110_{x+1} simplemente retransmite el paquete de enumeración modificado 710 exactamente tal y como fue recibido. El RDP y el RDU para el cliente 110_{x+1} están mostrados ambos como 0x00.

Este proceso de enumeración se repite para cada cliente 110_x , con direcciones asignadas según su orden de conexión en el bucle de cadena de margarita. El host 105 eventualmente recibe un bucle de retorno en respuesta al paquete de enumeración 705 transmitido. Siempre que el host 105 recibe un paquete de enumeración modificado 710 en respuesta, el host 105 confirma que un cliente 110_x ha actuado sobre el paquete de enumeración 705.

El sistema electrónico de batería 100, configurado de esta manera, opera con una latencia que es una limitación potencial para el número N de clientes 110_N . Cada cliente 110_x recibe un byte completo antes de la transmisión, por lo tanto, hay un mínimo de un "tiempo de byte" (tiempo para transmitir un byte a una velocidad en baudios ("*baud rate*") elegida) de latencia por cliente. Para un comando de lectura de tres bytes, el host 105 debe esperar un tiempo N+3 bytes antes de recibir el primer byte de la respuesta. Algunas aplicaciones pueden estar limitadas por esta

latencia a medida que N aumenta.

La FIG. 8 ilustra un esquema general detallado de una porción de transmisión de señal de un subsistema de señalización de fallos para el sistema electrónico de batería 100. Tal y como se ha indicado anteriormente, el sistema electrónico de batería 100 incluye un cable de fallo 225 para lograr una alta fiabilidad del sistema de seguridad. Cada módulo de batería está provisto de un mecanismo, a través de su placa de módulo de batería, para generar una señal de fallo. Esta señal de fallo proporciona una ruta de hardware redundante con respecto a la transmisión de datos para hacer que el VE responda adecuadamente en caso de detectar un fallo en el sistema de almacenamiento de energía o uno de sus componentes. El cable de fallo 225 es un cable de fallo compartido que distribuye la señal de fallo interna al sistema electrónico de batería 100. El cable de fallo 225 usa la topología circular del bus de cadena de margarita para proporcionar una ruta de fallo dual redundante procedente de cada cliente 110_x al host 105.

Cada uno de los N clientes 110 debe poder transmitir su señal de fallo al host 105 y hacerlo con fiabilidad. En este ejemplo, cualquier señal de fallo individual generada por cualquier cliente 110_x es condición suficiente para alertar al host 105 de un estado de fallo, por lo tanto, el medio de señalización debe permitir una suma de "O conectado por cable" de todas las señales de fallo individuales procedentes de todos los clientes 110_x. Para mejorar su resistencia en caso de daño físico, el medio de señalización proporciona dos rutas independientes al host 105 procedentes de cada cliente 110_x.

En la implementación actual, el cable de fallo 225 está instalado en un conector y ese conector se usa para fijarlo físicamente a la placa del módulo de batería que aloja un cliente 110. Los cables están unidos al conector usando un terminal de engastado. A veces se da el caso de que no se alcanzan los niveles deseados de fiabilidad y costes usando un único terminal de engastado para unir dos o más conductores/cables. Para mejorar la fiabilidad y reducir costes, hay una limitación de que no más de un solo conductor/cable esté asociado a cualquier terminal de engastado, lo que significa que cada circuito conector no puede estar asociado con más de un conductor de señal.

Para cumplir todos estos requisitos y conectar múltiples señales de fallo a un cable de fallo 225, el sistema electrónico de batería 100 usa la señalización de "colector abierto" para un transmisor de señal de fallo 805 (mostrado como un canal transmisor en el aislador 320). Con una señalización de colector abierto, cada transmisor de señal de fallo 805 es capaz de derivar la corriente procedente de un conductor de señal (por ejemplo, un cable de fallo 225) a tierra, pero es incapaz de abastecer de corriente al conductor de señal. En un estado INACTIVO (no hay señales de fallo activas), el cable de fallo 225 se mantiene a un potencial positivo de suministro de alimentación, por ejemplo mediante el uso de una o más resistencias (pull-up) de elevación de tensión 810.

Por ejemplo, estas resistencias 810 se elegirían para que tengan un valor tal que la corriente que fluye a través de las mismas cuando se aplica a estas un potencial igual a la tensión de suministro de cadena de margarita esté cerca de, pero sea inferior a la corriente de salida mínima garantizada de los transmisores de señales de fallo 805. Esto permite que los transmisores de señal de fallo 805 controlen con fiabilidad el cable de fallo 225, pero proporciona tanto margen como es posible para el rechazo de la corriente de ruido: cuanto mayor es la corriente necesaria para provocar una caída de tensión dada a través de las resistencias 810, menor es la tensión inducida por una corriente de ruido dada. Para el sistema electrónico de batería 100, la combinación paralela de las resistencias de elevación de tensión es de 2,375 kOhms, lo que hace que fluyan aproximadamente 2 mA de corriente cuando se aplica el potencial de tensión de suministro de 5 V a través de la resistencia 810. La corriente de salida nominal máxima de los transmisores de señal de fallo 805 es de 4 mA, dejando suficiente margen para garantizar que los transmisores de señal de fallo 805 alcancen su tensión de salida prevista en todas las condiciones.

Se debe tener cuidado de garantizar márgenes de señalización digital adecuados en todas las condiciones para no generar indicaciones de fallos falsas sin dejar de poder responder a cualquier señal de fallo real para señalar de manera fiable el estado de fallo utilizando el cable de fallo 225. Por ejemplo, el transmisor de señal de fallo 805 puede no ser un transmisor de colector abierto. Una forma de convertirlo para una operación de colector abierto es usar un diodo 815 en serie con una salida del transmisor de señal de fallo 805. Al tener un cátodo de diodo 815 acoplado a esta salida y un ánodo acoplado al cable de fallo 225, una baja tensión en la salida del transmisor de señal de fallo 805 tiende a tirar del cable de fallo 225 hacia tierra, señalando un fallo al host 105. Una suma de una tensión de diodo directa máxima en el peor caso posible de corriente de la resistencia (pull-up) de elevación de la tensión más la tensión de salida máxima garantizada del transmisor de señal de fallo 805 a la misma corriente es menor que una baja tensión de entrada máxima de los receptores en el host 105 que están destinados a recibir la señal de fallo.

La FIG. 9 ilustra un esquema general detallado de una porción de redundancia de un subsistema de señalización de fallos para el sistema electrónico de batería 100. Conceptualmente, el cable de fallo 225 lleva a cabo la redundancia utilizando una topología circular, siguiendo la topología de un bucle de cadena de margarita desde el host a todos los clientes y de vuelta al host. El bucle de cadena de margarita empieza y termina en el host 105 con el cable de fallo 225 haciendo lo mismo. El host 105 incluye un primer receptor de fallos 905 y un segundo receptor de fallos 910 para recibir la señal de fallo. Una rotura en un punto cualquiera del cable de fallo 225 crea dos porciones e interrumpe solo una de las rutas de señal, siempre existe una segunda ruta de señal a uno de los receptores de

fallos del host 105. Cada receptor de fallos está provisto de una resistencia (pull-up) de elevación de tensión 810 para garantizar que cada porción del cable de fallo 225 asume el potencial INACTIVO correcto cuando ninguno de los transmisores de señales de fallo 805 conectados está activo. Cuando no hay rotura, el par de resistencias (pull-up) de elevación de tensión 810 existen en paralelo en el cable de fallo 225 y se tienen en cuenta durante la operación.

La limitación de diseño descrita en el presente documento con respecto a las uniones mecánicas que usan terminales engastados significa que un solo cable no puede ser tendido literalmente en un circuito completo y realizar las conexiones necesarias. Por tanto, quizás sea más adecuado describir el cable de fallo 225 como una ruta de fallo y está formado usando numerosos segmentos individuales de cable 915. Cada PCI 305 de soporte del cliente 110_x incluye un conector de cadena de margarita 920 y los segmentos de cable 915 se extienden en la parte de la cadena de margarita que discurre entre los conectores adyacentes de la cadena de margarita 920. Cada conector en cadena de margarita 920 incluye un par de terminales engastados 925, unido cada uno a un extremo de un segmento de cable 915. Para el cliente 110_x , un terminal de engastado está unido al segmento de cable 915 que se extiende hasta el cliente 110_{x+1} y un terminal de engastado está unido al segmento de cable 915 que se extiende hasta el cliente 110_{x+1} . Cada uno de estos segmentos están unidos entre sí usando trazas metálicas de la PCI 305 acopladas al conector de cadena de margarita 920. Sin esta redundancia incorporada, las restricciones de diseño del conector mecánico podrían ser problemáticas ya que una señal de fallo originada en cualquier cliente 110_x debe entrar y salir de todos los clientes intermedios 110_x hasta llegar al host 105. Dado que los conectores mecánicos son un punto común de fallo de los sistemas eléctricos, el uso de múltiples segmentos de cable 915 podría someter la señal de fallo a múltiples conexiones mecánicas en serie. La redundancia implementada reduce los riesgos inherentes en esta implementación.

La redundancia antes mencionada no protege contra la degradación progresiva de las conexiones mecánicas en el paquete de baterías que puede conducir a un fallo multipunto del haz de cables, de modo que el host 105 debe tener un mecanismo para detectar un fallo en un único punto de la ruta de señalización de fallos y responder adecuadamente (por ejemplo, evitando el funcionamiento ininterrumpido del vehículo) si la redundancia de señalización de fallo se rompe. Dado que el host 105 incluye dos receptores de fallos separados (el receptor 905 y el receptor 910), cada uno de los cuales debería ser capaz de detectar una señal de fallo procedente de cualquiera de los clientes 110_x , el host 105 puede ejecutar una secuencia de autocomprobación para verificar la redundancia de la señalización. Dado que a los clientes 110_x se les puede ordenar que activen la señal de fallo manualmente a través de las señales de datos en cadena, el host 105 puede activar cada señal de fallo de cada cliente 110_x a su vez y verificar que ambos receptores de fallos detectan la señal de fallo. Solo es necesario activar un cliente 110_x para garantizar la integridad del cable de señalización de fallos redundante en todo su recorrido circular, pero activando cada uno de los clientes 110_x se comprobará adicionalmente cada uno de los transmisores de señal de fallo 805 y se garantizará que la ruta de señalización de fallos está intacta desde cada transmisor de señal de fallo 805 tanto hasta el receptor 905 como hasta el receptor 910.

Todas las rutas de señal (es decir, datos en serie, alimentación y fallo) están enrutadas a través de un entorno que sufre grandes cambios de corriente en periodos de tiempo muy cortos, como es común en una batería de alta tensión. Tal entorno requiere tener cuidado cuando ese recorrido incluye una ruta de señal circular como la implementada en el sistema electrónico de batería 100. Los rápidos cambios de corriente con respecto al tiempo crean campos magnéticos variables que inducen fuerzas electromotrices (FEM) en cualquier conductor que contenga un área finita. Las FEM, sin el cuidado adecuado, pueden provocar que fluya corriente no deseada por conductores de señal o que se interrumpan señales que están codificadas como tensiones. Una solución convencional para entornos con FEM prevé el uso de señales diferenciales de comunicación, ya que no se ven afectadas por las FEM inducidas.

La FIG. 10 ilustra un esquema general detallado de una porción de rechazo de interferencia de un subsistema de señalización de fallos para el sistema electrónico de batería 100. La señalización en el sistema electrónico de batería 100 no utiliza una verdadera señalización diferencial tal y como se entiende comúnmente ese término. El sistema electrónico de batería 100 transmite fallos con fiabilidad usando un único conductor enrutado circularmente a pesar de las FEM inducidas al hacer que la señal de fallo sea diferencial con respecto a los conductores de alimentación y tierra. El cable de alimentación aislado 215 y el cable de tierra aislado 220 siguen la misma ruta a través del entorno de la batería que el cable de fallo 225. Esto significa que estas rutas de señal experimentan las mismas FEM añadidas que el cable de fallo 225.

El sistema electrónico de batería 100 incluye un aislador de cadena de margarita 1005 que define y desacopla un primer extremo 1010 del bucle de cadena de margarita de un segundo extremo 1015 del bucle de cadena de margarita. El aislador de cadena de margarita 1005 es un aislador de alta frecuencia (por ejemplo, un par de inductores, bobinas de choque o similares) que permite que las FEM inducidas creen una diferencia potencial entre el primer extremo 1010 y el segundo extremo 1015. Esa diferencia de potencial no hace que la corriente disruptiva fluya por el bucle de cadena de margarita debido al aislamiento de alta frecuencia.

Esta diferencia de potencial podría, sin la debida consideración, ser perjudicial para la señalización digital. En el sistema electrónico de batería 100, los transmisores digitales y los receptores digitales usados en el primer extremo

1010 y el segundo extremo 1015 están referenciados únicamente a los potenciales de alimentación y tierra presentes en sus respectivos extremos, estando ambos extremos alimentados por una fuente de alimentación aislada (por ejemplo, un convertidor DC-DC aislado 1020) como se describe con más detalle a continuación. Además, los transmisores y receptores digitales no tienen conexión con el otro extremo del bucle de cadena de margarita. Por ejemplo, un receptor digital 1025₁ para el primer extremo 1010 está separado eléctricamente de un receptor digital 1025₂ para el segundo extremo 1015. Todos los circuitos de señalización del sistema electrónico de batería 100 incluyen un cable de señal (por ejemplo, un cable de fallo 225) y un potencial de referencia derivado para un circuito de referencia. En este contexto, un circuito de referencia se refiere a aquellos circuitos de alimentación y tierra que suministran al transmisor y al receptor pertinentes. Tales circuitos de señalización del sistema electrónico de batería 100 no experimentan ningún potencial disruptivo procedente de las FEM presentes porque las FEM inducidas hacen que cualquier potencial sea añadido por igual a un potencial del cable de señal y a un potencial del circuito de referencia.

En el sistema electrónico de batería 100, cada extremo del bucle de cadena de margarita está conectado al resto del circuito del host 105 por un aislador digital separado, cuyos receptores y transmisores pueden asumir el mismo potencial de referencia que sus respectivos extremos de la cadena de margarita y que sirven para trasladar las señales recibidas y transmitidas del bucle de cadena de margarita hacia y desde el potencial de referencia común del resto de la circuitería del host 105. Los extremos de la cadena de margarita de estos aisladores digitales son alimentados por las señales de alimentación y tierra de la cadena de margarita, y los otros extremos son alimentados por las señales comunes de alimentación y tierra del host utilizadas por el resto de los circuitos del host.

La FIG. 11 ilustra una configuración alternativa para el host 105 a la mostrada en la FIG. 10 que añade un filtro 1105 en cada extremo del bucle de cadena de margarita. En la FIG. 10, en algunas condiciones, es posible que aparezcan potenciales espurios en el cable de fallo 225 con respecto al circuito de referencia. Tales potenciales espurios pueden atribuirse a muchas causas diferentes, pero posiblemente sea algún tipo de acoplamiento capacitivo. El filtro 1105 ayuda a rechazar tales potenciales espurios y preferentemente está implementado como algún tipo de filtro de paso bajo. Algunas implementaciones pueden hallar que un simple filtro de paso bajo RC es suficiente, mientras que para otras implementaciones, podría ser necesario o deseable un filtro diferente. Otros tipos de filtro para el filtro 1105 pueden incluir alguna forma de filtro Pi para ayudar a abordar cualquier señal de alta frecuencia que aparezca en el cable de fallo 225 a través de un acoplamiento capacitivo.

La FIG. 10 también ilustra la distribución de alimentación para el sistema electrónico de batería 100. El bus de cadena de margarita divulgado usa circuitos digitales activos en cada cliente 110_x para un aislamiento de tensión. La PCI 305 de cada cliente 110_x de la realización divulgada incluye aisladores 320 que están implementados como una solución de dispositivo semiconductor de aislador digital empaquetado (por ejemplo, "chips" o dispositivos integrados y similares). El sistema electrónico de batería 100 debe distribuir alimentación a cada cliente 110_x para operar los aisladores 320. El sistema electrónico de batería 100 implementa un simple bus de distribución de 5 V DC.

El bus de cadena de margarita utiliza un aislamiento galvánico entre el medio de transmisión de datos y los nodos que dan origen a los datos (es decir, el host 105 y los clientes 110_x), por lo tanto, debe haber un mecanismo para alimentar las porciones "flotantes" de cada aislador 320. En la FIG. 3, el aislador 320 incluye una porción de comunicaciones 335 (esta es la porción flotante) y una porción local 340. La porción local está alimentada por fuentes de alimentación locales disponibles para cada módulo de batería o host. La porción de comunicaciones 335 necesita ser alimentada por una fuente de alimentación "flotante". Una forma conveniente para tal fuente de alimentación es el convertidor DC-DC aislado 1020. Tal y como se muestra, se usa un convertidor DC-DC aislado 1020 para alimentar todos los nodos, lo que requiere el uso de conductores para distribuir la alimentación necesaria a todos los nodos. Una alternativa sería instalar un convertidor DC-DC en cada nodo y alimentar cada nodo por separado.

El uso de un único convertidor DC-DC aislado 1020 requiere la instalación y el enrutado del cable de alimentación 215 y el cable de tierra 220 en un bucle de cadena de margarita en cada nodo. Estos cables están sujetos a las mismas restricciones de diseño mecánico y a problemas potenciales de EMI como se ha descrito en el presente documento en el contexto de la instalación y enrutamiento del cable de fallo 225. De manera similar a la distribución del cable de fallo 225, cada cable está de hecho implementado como una única ruta en lugar de un único conductor. Hay una ruta de alimentación y una ruta a tierra, cada ruta está formada por tramos de segmentos de cable que están unidos a los conectores de cadena de margarita 920 usando terminales engastados 925. Las trazas conductoras de la PCI 305 están divididas y enrutan la alimentación y la tierra a cada aislador 320.

La topología de cadena de margarita para las rutas de alimentación y tierra proporciona redundancia y resistencia a las EMI de manera similar a la discusión de la ruta de fallo del bucle de cadena de margarita. Una sola rotura no incapacita las conexiones de alimentación y tierra para los nodos. El aislador de cadena de margarita 1005 mitiga cualquier problema relativo al flujo de corriente inducida por FEM.

Sin embargo, en determinadas circunstancias, añadir el aislador de cadena de margarita 1005 puede tener como resultado un comportamiento no deseado. Específicamente, el bus de cadena de margarita en su grupo y los conductores de alimentación, en particular, pueden actuar como una línea de transmisión de un solo extremo con

respecto a los elementos metálicos circundantes de la batería y el compartimento de la batería. Hacer terminar el primer extremo 1010 y el segundo extremo 1015 de esta línea de transmisión en un elemento de alta impedancia, como un aislador de cadena de margarita 1005, cambia la estructura modal de la línea de transmisión y abre un modo resonante de onda estacionaria del orden más bajo a la mitad de la frecuencia que lo experimentado por una línea de transmisión cuyos extremos terminan el uno en el otro. Específicamente, el modo de onda estacionaria del orden más bajo que puede existir en una línea de transmisión circular consiste en una onda sinusoidal de corriente (o potencial) que presenta un período completo de oscilación espacial alrededor del circuito completo de la línea de transmisión: esta onda tendrá una frecuencia temporal igual a la velocidad de propagación dependiente de la frecuencia de la línea de transmisión de un único extremo a la frecuencia de resonancia dividida entre la longitud de la línea. Una línea de transmisión lineal no terminada, por otro lado, puede experimentar un modo de onda estacionaria donde la corriente (o el potencial) presenta medio período de oscilación espacial a lo largo de la línea. Este modo tiene una frecuencia temporal igual a la velocidad de propagación dependiente de la frecuencia del modo de un único extremo de la línea a la frecuencia de resonancia dividido entre el doble de la longitud de la línea.

Si la inductancia mutua de los conductores de transmisión de datos del bus de cadena de margarita con respecto a los conductores de alimentación considerados en grupo fuera igual a la autoinductancia de los conductores de alimentación, entonces, los gradientes potenciales experimentados por los conductores de alimentación durante las oscilaciones no controladas de la cadena de margarita terminada con una alta impedancia en el modo descrito anteriormente estarían emparejados con gradientes potenciales idénticos a lo largo de los conductores de datos, y no se introducirían potenciales interferentes en el circuito de señalización de datos. Lamentablemente, ya que este no es el caso, los conductores de datos experimentarán gradientes potenciales más pequeños y aquellos circuitos de señalización de datos más cercanos a la corriente máxima de resonancia (el máximo gradiente potencial, que se produce en el medio del modo más bajo de la línea de transmisión lineal) experimentarán potenciales inducidos a la velocidad de la oscilación modal. Estos potenciales, si son lo bastante grandes, podrían interrumpir la señalización digital. Dado que la velocidad de oscilación de frecuencia más baja del modo de primer orden de la línea de transmisión lineal estará más cerca de la frecuencia de la señal y, por lo tanto, será más difícil de rechazar a través del filtrado que el modo de primer orden de la resonancia de la línea de transmisión circular, podría ser necesario añadir amortiguación al modo resonante descrito anteriormente de la cadena de margarita si se añaden inductores para reducir el flujo de corriente inducida por la FEM. Esto se puede lograr insertando resistencias en paralelo con los inductores o bobinas de choque, conectando un extremo de la cadena de margarita al otro y, por tanto, sangrando energía del primer(os) (y todos los demás de orden impar) modo(s) resonante(s) cuando la diferencia de potencial está en su máximo. Este efecto de amortiguación también podría lograrse añadiendo resistencia en serie distribuida o masiva en otros puntos a lo largo de los conductores de alimentación de la cadena de margarita: pero dado que el objetivo de los conductores de alimentación es distribuir la alimentación de DC a través de una distancia, la resistencia añadida en serie interferiría con su función. En la práctica, la velocidad de señalización del sistema electrónico de batería 100 es lo bastante baja como para que no sea necesaria una amortiguación adicional, dado que los filtros de paso bajo que el sistema electrónico de batería 100 inserta entre cada conductor de datos de cadena de margarita y su receptor de datos asociado son suficientes para rechazar los potenciales oscilatorios asociados con el modo de resonancia descrito anteriormente. Sin embargo, para cadenas de margarita más largas o sistemas que requieren velocidades de señalización más altas, dicha amortiguación puede resultar ventajosa.

La FIG. 12 ilustra un diagrama esquemático detallado de una porción de amortiguación de oscilaciones de la implementación de distribución de alimentación para el cliente 110_x. Este mecanismo de amortiguación de oscilación aborda un tipo diferente de oscilación parásita que puede surgir en un bus de alimentación, a saber, la oscilación diferencial de los dos conductores de alimentación uno con respecto al otro. En algunos casos, una reactancia distribuida en las líneas de transmisión (por ejemplo, el cable de alimentación 215 y el cable de tierra 220, aquí modelizado como L_p) puede transmitir oscilaciones de tensión diferencial entre el cable de alimentación 215 y el cable de tierra 220. Dichas oscilaciones implican que fluya corriente entre muchos condensadores de desacoplamiento (representados como C_{DC}) asociados con los aisladores 320. Una resistencia de amortiguación (R_D) 1205 se añade en serie entre cada aislador digital 320 y el cable de alimentación 215. La resistencia de amortiguación 1205 amortigua la corriente oscilatoria asociada con cualquier línea de transmisión parasitaria. Un beneficio añadido de la resistencia de amortiguación 1205 es que evita que los transitorios breves inducidos lleguen a los aisladores 320, lo que les protege de posibles fuentes de daño.

La FIG. 13 ilustra un diagrama esquemático detallado de una porción de activación del cliente 110_x. Como se expone en el presente documento, el aislador 320 aborda el ruido eléctrico y la comunicación entre deltas potenciales en el sistema electrónico de batería 100. El aislador 320 tiene un inconveniente en la presente aplicación en el sentido de que, cuando está activo, consume potencia incluso cuando no se están transmitiendo datos activamente. Para reducir el consumo de potencia y mejorar la vida de la batería en suspensión, el lado local del cliente 110_x "APAGA" la alimentación que proporciona al aislador 320 cuando no se están transfiriendo datos. En consecuencia, el host 105 debe tener un mecanismo que ordene al cliente 110_x que restaure la alimentación local cuando se desea entablar una comunicación. Ese mecanismo para determinar el estado de una señal de petición de alimentación provista por un host se denomina en el presente documento "ACTIVADOR". El cliente 110_x restaura periódicamente la alimentación para que los circuitos lógicos dedicados en el cliente puedan sondear la señal de solicitud de alimentación para determinar si el host 105 desea iniciar comunicaciones. La alimentación local se restablece durante breves intervalos. Este ciclo de ENCENDIDO/APAGADO para el aislador 320 se elige para reducir el

consumo de alimentación medio al nivel más bajo posible sin sacrificar el rendimiento requerido.

El cliente 110_x incluye un generador de pulsos 1305 que proporciona una señal de sondeo. Cuando la comunicación con el host 105 no está activa, la señal de sondeo determina un estado de alimentación local en el aislador 320. Periódicamente, el generador de pulsos 1305 establece la señal de sondeo (por ejemplo, la señal se "ENCIENDE"). Cuando se establece, la señal de sondeo restaura la alimentación del lado local 340 del aislador 320, habilitando todos los transmisores y receptores. Cuando no se establece (por ejemplo, la señal se "APAGA"), se interrumpe la alimentación local, lo que desactiva todos los transmisores y receptores.

10 Un dispositivo lógico O de dos entradas 1310 (por ejemplo, una puerta "O") tiene una primera entrada acoplada a la señal de sondeo del generador de pulsos 1305 y una salida acoplada a la entrada de habilitación de alimentación del aislador 320. Cuando se establece la salida del dispositivo 1310, el aislador 320 está habilitado y cuando no se establece la salida del dispositivo 1310, el aislador 320 está inhabilitado. Cada vez que se establece la señal de sondeo procedente del generador de pulsos 1305, se establece la salida del dispositivo 1310.

15 El aislador 320 incluye un canal receptor del activador 1315 que está acoplado a una señal ACTIVADOR del host 105. (En la realización preferida, el cable de alimentación 215 está acoplado a una entrada del canal receptor del activador 1315 con el nivel de señal del cable de alimentación 215 que sirve como señal de ACTIVADOR). Se proporciona una salida del canal receptor del activador 1315 hasta una segunda entrada del dispositivo 1310. Cada vez que se establece la salida del canal receptor de activador 1315, se establece la salida del dispositivo 1310. Deben cumplirse dos condiciones para que se establezca la salida del canal receptor de activador 1315: 1) la señal ACTIVADOR debe ser establecida por el host 105, y 2) el canal receptor del activador 1315 debe estar habilitado. Cuando el canal receptor del activador 1315 está inhabilitado, la única forma de establecer la salida del dispositivo 1310 es mediante el establecimiento de la señal de sondeo. Cuando el canal receptor del activador 1315 está habilitado, el establecimiento de la señal de sondeo o el establecimiento de la señal ACTIVADOR del host 105 habilita el canal receptor de activador 1315. Habilitar el canal receptor del activador 1315 habilita todos los canales del aislador 320 y, una vez habilitados, el host 105 mantiene la alimentación al aislador 320 durante el tiempo en el que la señal ACTIVADOR está establecida. La anulación de la señal ACTIVADOR devuelve el control del estado de alimentación de los aisladores 320 a los clientes individuales 110_x que mantienen activos los aisladores 320 durante breves períodos para mantener el consumo de alimentación al mínimo mientras se alimenta periódicamente el aislador 320 para verificar el estado de la señal ACTIVADOR. Conociendo el período máximo de APAGADO de la señal de sondeo, el host 105 solo necesita mantener activa la señal ACTIVADOR durante este tiempo para garantizar que todos los aisladores 320 del sistema electrónico de batería 100 estén habilitados y listos para transmitir y recibir datos.

35 Un fallo no puede operar en absoluto si la señal ACTIVADOR no está establecida por el host 105. La razón por la que esto es aceptable es que el host 105, en esta aplicación, solo tiene una medida de respuesta que puede adoptar cuando la señal de fallo está establecida: (por ejemplo, puede abrir los conmutadores HV y desconectar la cadena de la batería HV del entorno exterior). La programación del hardware y software del host 105 garantiza que no puede cerrar estos conmutadores HV en primer lugar a menos que pueda comunicarse con los módulos de batería, y no puede hacerlo a menos que la señal ACTIVADOR se haya establecido con éxito. De modo que resumiendo, cuando la señal ACTIVADOR está anulada, el host de batería 105 no tiene acceso a las señales de fallo de los módulos individuales: pero el host entonces ya ha puesto la batería en el estado más seguro que puede alcanzar, por lo tanto, la presencia de esa señal de fallo no permitiría que la batería presente ningún comportamiento de seguridad útil que no presente ya. Como una implementación alternativa, la señal de fallo podría combinarse con la señal de sondeo para encender el lado local del aislador 320 siempre que el fallo esté establecido. Esto reduciría la latencia del host 105 que recibe la señal de fallo cuando enciende la alimentación de cadena de margarita. Sin embargo, aumentaría el consumo de alimentación del módulo en un estado de fallo. Como la subtensión es un estado de fallo potencial, esto podría conllevar una sobredescarga más rápida de los módulos de batería. De igual manera, el estado de fallo aún no estaría presente en el host 105 hasta que el host encienda la alimentación de cadena de margarita, aplicando alimentación del lado de comunicación de los aisladores.

La señal ACTIVADOR del host 105 puede usarse de manera más general para controlar otros circuitos del cliente 110_x. Por ejemplo, un regulador 1320 está acoplado a la salida del canal receptor del activador 1315. Cuando el regulador 1320 tiene un estado particular (por ejemplo, cuando una entrada de habilitación contenida por ese regulador y conectada al canal receptor del activador 1315 se controla hasta un estado lógicamente verdadero), el procesador 310 está encendido y cuando el regulador 1320 no tiene el estado particular, el procesador 310 está apagado. De esta manera, la señal activador tiene control absoluto sobre el estado de alimentación del procesador 310. El host 105 puede reducir inmediatamente la alimentación del procesador 310 anulando la señal ACTIVADOR. La alimentación del procesador 310 se restablece siempre que el aislador 320 está habilitado y la señal ACTIVADOR esté establecida. En algunas realizaciones, la funcionalidad activador está integrada en otros componentes, como por ejemplo, en el aislador 320.

65 El sistema electrónico de batería 100 incluye características para una mayor fiabilidad en el entorno de conmutación de alta energía de un VE. Una de esas características es la redundancia estratégica y efectiva de conexiones de señales y de alimentación. La detección de fallos de una ruta redundante es deseable. El sistema electrónico de

batería 100 realiza una detección de rotura de cable sobre la señal de FALLO solo mediante una autocomprobación del cable de fallo 225 al arrancar el vehículo. Algunas realizaciones implementarán una supervisión continua de algunos o todos los fallos por rotura de cables.

5 Añadir una señal redundante o una ruta de conducción de alimentación puede aumentar la fiabilidad de un sistema. En un análisis ingenuo, sustituir una conexión con una tasa de fallo de η con una combinación paralela de dos conexiones idénticas con la misma tasa de fallo dará como resultado una tasa de fallo total de η^2 . Sin embargo, este análisis se basa en el supuesto de una correlación cero entre los eventos de fallo y la distribución de Poisson. En realidad, los eventos de fallo no están descorrelacionados y a menudo surgen por causas comunes en ciertos momentos puntuales. Tales causas pueden incluir aumento de la humedad, condensación, fugas de refrigerante, fallo de sellado, períodos de vibración excesiva, fallos en procesos agrupados de fabricación y similares. Muchas de estas causas de fallo podrían llevar a que ambas mitades de un sistema dual redundante fallen dentro de un breve intervalo de tiempo entre sí, llevando a una tasa de fallo combinada mucho más próxima a η que a η^2 . Sin embargo, aún es probable que los eventos de fallo no ocurran exactamente al mismo tiempo. Al detectar el fallo de la redundancia antes de que ambas rutas hayan sucumbido al fallo, el sistema electrónico de batería 100 es capaz de evitar una operación adicional del vehículo o indicar al conductor que es necesaria una reparación antes de que pueda producirse un acontecimiento peligroso de pérdida espontánea de la función. Dado que el sistema electrónico de batería 100 se basa en rutas duales de conducción para una señal o corriente de alimentación con el fin de obtener la redundancia, los métodos implementados de detección de rotura de cables (que en el presente documento también incluyen fallos en los terminales del conector mecánico) se basan en una corriente de prueba auxiliar preexistente o adicional que fluye a través del circuito que se va a supervisar para detectar aumentos en la resistencia del circuito, provocada por rutas de conducción rotas o deterioradas. Estos aumentos se manifiestan como un cambio de tensión, que puede ser fácilmente detectado. Las topologías de circuito usadas por el sistema electrónico de batería 100 presentan un número reducido de componentes y de coste de implementación.

Hay tres tipos de conductores que el sistema electrónico de batería 100 supervisa para detectar fallos de redundancia: a) señales de datos (por ejemplo, un primer cable de datos en serie 205), b) un conductor de señal de FALLO (es decir, un cable de fallo 225), y c) conductores de alimentación (por ejemplo, un cable de ALIMENTACIÓN 215).

La ruta básica de señalización de datos dual redundante consiste en dos cables eléctricamente paralelos que van desde un transmisor hasta un receptor. Debido a que estas señales contienen información sobre un intervalo moderadamente grande de frecuencias (los datos se transmiten a ~ 1 Mbps), necesitan presentar una impedancia relativamente controlada a los circuitos del transmisor y el receptor para su correcto funcionamiento. Aunque cada ruta de señal de datos en sí es un único cable, el sistema electrónico de batería 100 forma una ruta de señal de datos diferencial por referencia a un conductor de alimentación paralelo. Las rutas de señal de datos diferenciales formadas por cada conductor de datos y su conductor de alimentación asociado deben estar mínimamente vinculadas por cualquier campo magnético variable presente en la batería, para evitar la introducción de potenciales espurios en la ruta de señalización.

La FIG. 14 ilustra un diagrama general esquemático de una porción de una implementación de señal de datos diferencial 1400 del sistema electrónico de batería 100. La implementación de la señal de datos diferencial 1400 incluye un transmisor de señal de datos 1405 que genera una señal de datos que se divide en la PCI 305 en un par de líneas de datos redundantes (primer cable de datos en serie 205 y segundo cable de datos en serie 210). Estas señales, con el cable de alimentación 215 y el cable de tierra 220 están configuradas en la implementación de señal de datos diferencial 1440 donde los datos son transmitidos a un receptor 1410 de un dispositivo que se encuentra después.

La desvinculación de las rutas de señal de datos diferencial se logra trenzando uno de los conductores de señal (por ejemplo, el primer cable de datos en serie 205) con el cable de alimentación positivo 215, y trenzando el otro conductor de señalización (el segundo cable de datos en serie 210) con el cable de alimentación negativo 220. Adicionalmente, es deseable reducir la cantidad de flujo magnético vinculado con el bucle formado por los dos conductores de datos o los dos conductores de alimentación y, por tanto, podría ser deseable trenzar los dos pares trenzados el uno con respecto al otro.

La FIG. 14 no incluye ningún circuito de detección de roturas. La FIG. 15 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura de un conductor de datos 1500 que incluye un mecanismo de detección de rotura de señal de datos (es decir, un "detector de rotura"). Para lograr la detección de roturas, el sistema electrónico de batería 100 usa el hecho de que el protocolo de transmisión de datos implementado garantiza cierto ciclo de trabajo mínimo de la señal digital transmitida. El protocolo UART incluye un bit de PARADA por cada byte transmitido, lo que significa que hay al menos algo de tensión positiva presente en el bus de datos a cada intervalo de byte. Esto significa que el circuito de detección no necesita trabajar con el bus en ambos estados: puede diseñarse para trabajar con el bus solo en el estado INACTIVO (bit de PARADA). También, dado que los estados de PARADA e INACTIVO son el mismo, se garantiza que el bus de datos pasará la mayor parte de su tiempo en este estado de PARADA, aumentando las posibilidades de que el circuito de detección de rotura detecte cualquier fallo de conexión, incluyendo fallos transitorios.

ES 2 807 505 T3

El detector de rotura de la topología del circuito de detección de rotura del conductor de datos 1500 está basado en la unión base-emisor de un solo transistor BJT 1505, con un diodo PN 1510 conectado a la unión base-emisor en antiparalelo para permitir que las corrientes de señal de ambas polaridades pasen a través del detector de rotura. El transistor 1505 presenta valores predecibles V_{BE} para un intervalo de temperatura y corriente de prueba dados y del mismo modo, el diodo 1510 presenta valores predecibles de tensión directa (V_f) para el mismo intervalo de temperatura y corriente. El sistema electrónico de batería 100 garantiza que pequeñas caídas de tensión provocadas por una corriente de prueba (I_{prueba}) a través de un buen conductor no provocarán falsas señales de fallo dimensionando la corriente de prueba I_{prueba} de manera que la caída de tensión incurrida por las resistencias previstas sea mucho menor que el valor V_{BE} mínimo esperado. Asimismo, dado que los valores V_{BE} máximo y V_f máximo son pequeños en comparación con las tensiones de señalización digital, la tensión perdida a través de la unión base-emisor en caso de transportar la corriente de señalización es pequeña.

La siguiente explicación guarda relación con el transmisor 1405 que genera una alta tensión, la cual está garantizado que se produzca al menos parte del tiempo como se ha explicado anteriormente. En condiciones normales (sin roturas en ninguno de los conductores de señalización de datos (es decir, el primer cable de datos en serie 205 o el segundo cable de datos en serie 210)), un circuito formado por los dos conductores de señalización mantiene la tensión base-emisor del transistor 1505 igual a cero. En caso de que el circuito de señalización se rompa en cualquiera de una primera posición 1515 en el primer cable de datos en serie 205 o en una segunda posición 1520 en el segundo cable de datos en serie 210, la corriente I_{prueba} , que normalmente fluye desde una salida del transmisor 1405 a través del circuito de señalización hacia la toma de tierra, será redirigida para que fluya a través de la unión base-emisor del transistor 1505. Mientras la ganancia de corriente DC del transistor 1505 sea suficientemente alta, esta corriente de base-emisor hace que el transistor 1505 sea conductor. La corriente de conducción produce una tensión a través de una resistencia de bajada de tensión R_{pd} que está disponible en un nodo de salida (SALIDA). Normalmente se elige que la resistencia R_{pd} tenga un valor lo suficientemente grande como para que la tensión a través de la misma aumente hasta que el transistor 1505 entre en saturación, punto en el que la tensión en el nodo SALIDA es igual a la tensión de salida del transmisor menos una tensión de saturación del transistor 1505. La presencia de tensión en el nodo SALIDA es una indicación de que el circuito de señalización ha fallado y que se ha perdido la redundancia. El nodo SALIDA puede estar enrutado hasta una entrada digital de un microcontrolador u otro circuito integrado, donde puede ser supervisado. Como alternativa, el nodo SALIDA puede estar conectado a la línea de señalización de fallo en un esquema de señalización de tres niveles, como se ha expuesto en el presente documento. El host 105 puede supervisar todas las rutas de cables de señalización de datos en una ubicación central supervisando la tensión en el cable de FALLO 225.

Cabe señalar que los detalles de la implementación de la FIG. 15 son de carácter general y que los detalles precisos de implementación dependen de los requisitos de la aplicación. Por ejemplo, aunque la caída de tensión de DC a través de los conductores de señalización intactos en esta topología nunca será suficiente para desencadenar la conducción de la unión B-E, se pueden desarrollar tensiones de AC transitorias a través de los conductores de señalización cuando el transmisor 1405 cambia su estado de salida digital. Específicamente, una inductancia en el circuito formado por los dos conductores de datos en las distancias de cable más largas puede permitir que se desarrolle esta tensión. Para abordar este problema, se puede instalar un condensador en paralelo a la unión B-E. Esto proporcionará una ruta de conducción para los transitorios de AC, mientras que se permite que el componente de DC de la I_{prueba} active el transistor 1505 en caso de que se produzca una interrupción en la ruta de señalización. Se debe tener cuidado de que ningún circuito resonante formado por dicho condensador y la inductancia del circuito que comprende los dos conductores de datos no esté infra-amortiguada: esto podría causar la activación del transistor 1505. La inserción de una resistencia en serie con la línea de señalización redundante podría resolver el problema.

La FIG. 16 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura del conductor 1600 en comparación con la topología 1500 mostrada en la FIG. 15. La topología 1600 incluye mecanismos adicionales para el detector de rotura, así como una señalización de fallos de tres niveles para el host 105. Adicionalmente, la FIG. 16 incluye la adición de un condensador de desacoplamiento de AC 1605 y una resistencia de amortiguación 1610 a la unión base-emisor del transistor 1505. La polaridad de señalización de fallo de la FIG. 16 es opuesta a la polaridad de señalización de fallo mostrada en la FIG. 8. El uso de un inversor simple (por ejemplo, otro transistor o IC digital o similar) hace que cualquier esquema sea compatible con el otro.

La topología 1600 incluye las implementaciones de datos de redundancia y señal de fallo de redundancia descritas en el presente documento con una señal de detección de fallo continua que permite al host 105 detectar centralmente cualquier fallo de un cable de datos o señalización en cualquier parte del sistema electrónico de batería 100.

La topología 1600 incluye un transistor emisor-seguidor 1615 en el cliente 110_x, teniendo el transistor 1615 un emisor acoplado al cable de alimentación 215, una base acoplada al colector del transistor 1505 y un colector acoplado al transmisor de señal de fallo 805. El host 105 incluye un divisor resistivo 1620 (por ejemplo, tres resistencias en serie $R_{SA} \sim 49 \text{ k}\Omega$, $R_{SB} \sim 5 \text{ k}\Omega$ y $R_{SC} \sim 1 \text{ k}\Omega$), un comparador de ventanas 1625 y un detector de fallos 1630 todos acoplados a ambos extremos del cable de fallo 225.

El transistor 1615 aplica una tensión al cable de fallo 225 cuando falla cualquier cable de datos. Esta tensión es aproximadamente una caída de diodo (por ejemplo, 0,6 V). Cuando falla un cable de fallo 225, el divisor resistivo 1620 (que también actúa como resistencia de reducción de tensión R_{pd}) genera un nivel de tensión similar en un nodo de prueba 1635. El comparador de ventanas 1625 supervisa el nodo de prueba 1635 y cuando la tensión está en el nivel que indica una rotura, el comparador de ventanas 1625 establece una señal de cable roto. (En este caso, el comparador de ventanas 1625 establece la señal de cable roto cuando la tensión en el nodo de prueba 1635 no está entre 0,1 V y 0,25 V). El establecimiento de la señal de cable roto es una señal de advertencia de que se han perdido los datos o la redundancia del cable de fallo en algún lugar del sistema electrónico de batería 100 y están disponibles en el host 105.

El comparador de ventanas 1625 tiene la función adicional de supervisar el cable de fallo para detectar cortocircuitos en uno de los dos conductores de alimentación. Cualquier conexión accidental, o "cortocircuito" del cable de fallo, puede impedir su funcionamiento normal. Dado que el cable de fallo señala condiciones potencialmente peligrosas cambiando su potencial (de un potencial bajo a un potencial alto, en el caso de la topología 1600), cualquier cortocircuito que conecte el cable de fallo eléctricamente a un potencial que sea el mismo que el potencial que normalmente usa un cable de fallo operable para señalar la ausencia de condiciones peligrosas puede enmascarar la presencia real de condiciones peligrosas evitando que el cable de fallo alcance ese potencial que normalmente es usado para señalarlos. En la realización descrita en la topología 1600, la conexión del cable de fallo al conductor de tierra de la cadena de margarita o a cualquier objeto metálico que esté en o por debajo del potencial del conductor de tierra, puede provocar la condición potencialmente dañina descrita anteriormente. Se puede ver que el divisor resistivo 1620 causará que la señal de fallo alcance normalmente un potencial que no sea igual ni al del conductor de alimentación ni al del conductor de tierra, sino que está en algún punto intermedio. En la topología descrita, el divisor resistivo 1620 está diseñado para que el cable de fallo alcance normalmente un potencial que está entre los dos umbrales del comparador de ventanas y preferentemente equidistante a ellos. En la topología 1600, este potencial que el cable de fallo normalmente alcanza cuando no se señalan fallos o cables rotos es de 0,175 V. Al implementar un comparador de ventanas 1625 que puede detectar cuándo cae el potencial en el cable de fallo por debajo de un umbral inferior, representado en el presente documento como 0,1 V, el comparador de ventanas puede señalar no solo cuando el cable de fallo se ha roto como se ha descrito antes, sino también cuando el cable de fallo se ha cortocircuitado a tierra y es incapaz de señalar un fallo. Esta condición de "cortocircuito a tierra" puede considerarse potencialmente más peligrosa que un cable de fallo roto, dado que en el primer caso no se puede señalar ningún fallo, mientras que en el último caso es probable que una señal de fallo aún llegue a uno de los dos receptores redundantes previstos. Por lo tanto, una implementación podría aspirar a sustituir el comparador de ventana 1625 representado en el presente documento por dos comparadores de nivel separados, uno de los cuales señala el paso de la señal de fallo a través de un umbral superior y el otro a través de un umbral inferior. Estos dos umbrales descritos corresponden a los umbrales de 0,1 V y 0,25 V representados en la topología 1600 y asociados al comparador de ventanas 1625. El comparador de umbral superior continuaría generando una señal de "CABLE ROTO" tal como es generada por el comparador de ventanas en la topología 1600, mientras que el comparador inferior ahora generaría una señal de "CABLE DE FALLO CORTOCIRCUITADO": el host de batería 105 podría entonces reaccionar adecuadamente a estas dos condiciones diferentes.

Si algún cliente 110_x generara una verdadera señal de FALLO desde el transmisor de señal de fallo 805, la tensión en el cable de fallo 225 aumenta a un nivel mayor y la tensión en el nodo de prueba 1635 también aumenta. La tensión en el nodo de prueba 1635 es supervisada por el detector de fallos 1630 y cuando se eleva por encima de un segundo umbral (por ejemplo, 0,25 V), el detector de fallos 1630 establece una señal de FALLO. La señal de FALLO en el host 105 es una alerta de que uno de los N clientes 110_x ha establecido una señal de FALLO real.

Si es necesario o deseable, es posible incorporar la detección de rotura de cable en los conductores de la fuente de alimentación. La FIG. 17 ilustra un diagrama esquemático para una topología de circuito de detección de rotura del conductor de la fuente de alimentación 1700. Una forma de lograr dicha detección de rotura de cable es completando la ruta redundante de la fuente de alimentación con un par de diodos (un primer diodo 1705 que conecta los dos extremos de las conexiones de alimentación y un segundo diodo 1710 que conecta los dos extremos de las conexiones a tierra). Normalmente no habrá tensión a través de los diodos, porque la ruta de conducción principal (la ruta del convertidor DC-DC a través del aislador de cadena de margarita 1005 y alrededor del bucle) suministrará corriente a toda la cadena de margarita con poca caída de tensión. Si cualquiera de los conductores de alimentación estuviera roto, su diodo asociado conducirá corriente y la tensión directa a través de este diodo puede ser medida por un circuito de comparación 1715. Un solo comparador diferencial 1720 sería suficiente para realizar las mediciones de ambas tensiones de los diodos. Algunas resistencias (por ejemplo, R_A y R_B , R_A ligeramente mayor que R_B por ejemplo, $R_A = 50 \text{ k}\Omega$ y $R_B = 49 \text{ k}\Omega$) y condensadores (por ejemplo, un par de transistores de derivación de diodos C_{BP} y un par de condensadores de filtro C_f) serían necesarias para suprimir las tensiones de AC momentáneas que podrían ser causadas por la impedancia reactiva del bucle conductor de la fuente de alimentación o la tensión inducida por las FEM. En general, se encontrará que un circuito resonante formado entre los dos condensadores de derivación de diodos y el bucle del conductor de alimentación está fuertemente infra-amortiguado. Es posible que sea necesario añadir un circuito en serie C o RC entre el cátodo del diodo en el bucle de alimentación y el ánodo del diodo del bucle de tierra. Este par de diodos podría ser sustituido por uniones base-emisor de transistores de unión bipolar, como se hizo para la detección de rotura de datos expuesta en el presente documento.

Es probable que se descubra que los transistores BJT cuyas uniones BE están clasificadas para la corriente necesaria para suministrar los múltiples aisladores digitales requeridos por el bucle de cadena de margarita son difíciles de encontrar y, por lo tanto, es poco probable que sean productos básicos y, por consiguiente, una solución más cara que normalmente la vuelve inadecuada para el sistema electrónico de batería 100 de un VE.

5 La FIG. 18 ilustra un esquema general detallado de una porción de rechazo de interferencia de un subsistema de señalización para un sistema de comunicaciones de batería similar al de la FIG. 10 con detalles opcionales adicionales. Se ha incluido explícitamente en la FIG. 18 el uso de un primer aislador digital 1805₁ en la primera ubicación 1010 y un segundo aislador digital 1805₂ en la segunda ubicación 1015 para una señalización multiestado redundante (por ejemplo, FALLO) y comunicaciones de datos con respecto al master de comunicaciones del host 105. El primer aislador digital 1805₁ soporta la señalización de FALLO₁ y la transmisión de datos (DATOS (SALIDA)) a los clientes 110 y el segundo aislador digital 1805₂ soporta la señalización de FALLO₂ y la recepción de datos (DATOS (ENTRADA)) de los clientes 110. Tal y como se ha indicado, en algunas implementaciones se desea tener dos o más bucles de cadena de margarita para comunicaciones de datos, pero para simplificar la FIG. 18, se ilustra un bucle de datos de cadena de margarita. También se ilustra un procesador 1810 para cada cliente (similar al procesador 310) que recibe comunicaciones iniciadas por el host desde un dispositivo de comunicaciones que se encuentra antes y que transmite a un dispositivo de comunicaciones conectado posteriormente a través del bucle de cadena de margarita y que termina de nuevo en el host 105.

20 La FIG. 19 ilustra una configuración alternativa para el host 105 a la mostrada en la FIG. 11 que incluye una primera fuente de alimentación aislada de host 1905 en la primera ubicación 1010 y añade una segunda fuente de alimentación aislada de host 1910 en la segunda ubicación 1015. Cada cliente 110 puede recibir alimentación procedente de ambas fuentes de alimentación y una única rotura en uno de los conductores no elimina la alimentación operativa ya que una de las fuentes de alimentación siempre permanecerá acoplada. Esto alimenta la señalización multiestado redundante (por ejemplo, FALLO) también en ambas ubicaciones.

30 La FIG. 20 ilustra una configuración alternativa del host 105 a la mostrada en la FIG. 19. En esta implementación está incluido el uso del mecanismo receptor de fallos simplificado de la FIG. 9 para la función redundante del segundo receptor de fallos. Esta disposición simplificada del receptor de fallos utiliza una única fuente de alimentación 1020 y un receptor de fallos con referencia a tierra (por ejemplo, el receptor 910) y elimina el aislador de cadena de margarita 1005.

35 El sistema y los métodos anteriores se han descrito en términos generales como una ayuda para entender los detalles de las realizaciones preferidas de la presente invención. En la descripción del presente documento, se proporcionan numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de componentes y/o métodos, para facilitar una comprensión profunda de las realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, el término "procesador" es usado no solo para referirse a microprocesadores, microcontroladores y otras organizaciones similares de circuitos electrónicos, sino que incluye, a efectos de esta solicitud, un circuito electrónico capaz de ejecutar instrucciones a las que se accede desde una memoria. El sistema de procesamiento de datos a veces se usa en el presente documento para connotar explícitamente este contexto más amplio, pero en ausencia de un contexto específico en sentido contrario, los usos de "procesador" y similares no están limitados a estas disposiciones particulares de circuitos electrónicos. Algunas características y beneficios de la presente invención están realizadas en tales modos y no son necesarias en todos los casos. Un experto en la materia relevante reconocerá, sin embargo, que se puede poner en práctica una realización de la invención sin uno o más de los detalles específicos o con otros aparatos, sistemas, ensamblajes, métodos, componentes, materiales, partes y/o similares. En otros casos, estructuras, materiales u operaciones bien conocidos no se han mostrado o descrito específicamente en detalle para evitar ocultar aspectos de las realizaciones de la presente invención.

50 La referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a "una realización", "realización" o "una realización específica" significa que un elemento, estructura o característica particular descrita en relación con la realización está incluida en al menos una realización de la presente invención y no necesariamente en todas las realizaciones. Por tanto, las apariciones respectivas de las frases "en una realización", "una realización" o "en una realización específica" en varios lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no se refieren necesariamente a la misma realización. Debe entenderse que son posibles otras variaciones y modificaciones de las realizaciones de la presente invención descritas e ilustradas en el presente documento a la luz de las enseñanzas del presente documento y deben considerarse parte integrante del alcance de la presente invención.

60 También se apreciará que uno o más de los elementos representados en los dibujos/figuras también pueden ser implementados de una manera más separada o integrada, o incluso ser eliminados o inhabilitados en algunos casos, según resulte útil de conformidad con una aplicación particular.

65 Adicionalmente, cualquier flecha de señal en los dibujos/Figuras debería considerarse solo a modo ilustrativo y no limitante, a menos que se indique lo contrario. De igual manera, el término "o" como se usa en el presente documento generalmente se pretende que signifique "y/o" a menos que se indique lo contrario. Las combinaciones de componentes o etapas también se considerarán anotadas, donde está previsto que la terminología no permita aclarar la capacidad de separar o combinar.

Como se usa en la descripción del presente documento y en todas las reivindicaciones que siguen, "un", "una" y "el/la" incluyen referencias en plural, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario. También, como se usa en la descripción del presente documento y en todas las reivindicaciones que siguen, el significado de "en" incluye "dentro" y "sobre" a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de comunicaciones de datos que comprende:
una pluralidad de módulos de batería que incluyen:
 - 5 un primer módulo de batería (110_x) que inicia una transmisión de datos a un segundo módulo de batería (110_{x+1});
un primer conductor de datos individual (205) que comunica dichos datos procedentes de dicho primer módulo de
batería a dicho segundo módulo de batería; y
un segundo conductor de datos individual (210) que comunica dichos datos procedentes de dicho primer módulo de
batería a dicho segundo módulo de batería; y
 - 10 estando dicho primer conductor de datos individual (205) y dicho segundo conductor de datos individual (210)
eléctricamente acoplados en dicho segundo módulo de batería (110_{x+1}) formando un bucle de detección de rotura;
en el que dicho primer módulo de batería (110_x) incluye un transmisor de datos (1405) conectado a dicho primer
conductor de datos individual (205); y
 - 15 en el que un detector de rotura (1505) está acoplado a dichos dos conductores de datos individuales (205, 210) y
establece una señal de rotura cuando detecta una rotura en uno de dichos conductores de datos (205, 210);
en el que dicho detector de rotura incluye una corriente de prueba (I_{prueba}) que fluye por dicho bucle de detección de
rotura, en el que dicho detector de rotura detecta una interrupción de dicha corriente de prueba (I_{prueba}) debido a una
rotura en uno de dichos conductores de datos (205, 210);
en el que dicho detector de rotura incluye un dispositivo de conmutación (1505) activado cuando una diferencia de
20 tensión entre dicho primer conductor de datos (205) y dicho segundo conductor de datos (210) supera un umbral
determinado debido a una interrupción de dicha corriente de prueba (I_{prueba}).
2. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 1 en el que dicho transmisor de datos (1405) produce
25 una tensión en dicho primer conductor de datos individual (205), y dicha tensión produce dicha corriente de prueba
(I_{prueba}) en dicho detector de rotura.
3. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 2 en el que dicho transmisor de datos (1405) incluye un
modo de prueba y un modo operativo, produciendo dicho modo de prueba dicha tensión y transmitiendo dicho modo
operativo dichos datos.
- 30 4. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 3 en el que dicho transmisor de datos (1405) produce
dicha tensión mientras transmite dichos datos.
5. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 1 en el que dicho detector de rotura conduce, en
35 respuesta a dicha interrupción de dicha corriente de prueba (I_{prueba}), suficiente corriente procedente de dicho
transmisor de datos (1405) hasta dicho segundo conector de datos único (210) como resultado de dicha diferencia
de tensión para permitir dicha transmisión de dichos datos procedentes de dicho primer módulo de batería hasta
dicho segundo módulo de batería.
- 40 6. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 1 en el que dicho dispositivo de conmutación se
compone esencialmente de un transistor bipolar (1505).
7. El sistema de comunicación de datos de la reivindicación 6 en el que dicho dispositivo de conmutación se
45 compone esencialmente de un transistor bipolar (1505) y de un diodo de unión (1510) antiparalelo a la unión base-
emisor de dicho transistor bipolar (1505).
8. El sistema de comunicación de datos de alguna de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un
sistema de gestión de baterías (105) configurado para enviar un comando, estando el sistema de gestión de baterías
(105) y el primer y segundo módulos de batería acoplados por dicho primer y segundo conductores de datos
50 individuales (205, 210) en un bucle, estando cada módulo de batería configurado para retransmitir comandos
recibidos y respuestas que permiten al sistema de gestión de baterías (105) confirmar que todos los módulos de
batería han detectado y decodificado adecuadamente los comandos.
9. El sistema de comunicación de datos de alguna de las reivindicaciones anteriores en el que el primer y el segundo
55 conductor de datos individuales entrantes (205, 210) están unidos en un módulo de batería (110) respectivo para
procesar y el primer y el segundo conductores de datos individuales salientes están separados y enrutados a un
dispositivo conectado.
10. El sistema de comunicación de datos de una de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una
60 línea de fallo (225) en donde cada módulo de batería está provisto de un mecanismo para generar una señal de fallo
en la línea de fallo (225) que proporciona una ruta de hardware redundante con respecto a la transmisión de datos
en el primer y segundo conductor de datos individual (205, 210).
11. Un método de comunicaciones de datos que comprende:
 - 65 a) iniciar una transmisión de datos desde un primer módulo de batería a un segundo módulo de batería;
 - b) comunicar de manera redundante dichos datos desde dicho primer módulo de batería a dicho segundo módulo de

batería usando un par de conductores de datos individuales acoplados eléctricamente en dicho segundo módulo de batería formando un bucle de detección de rotura, incluyendo dicho primer módulo de batería un transmisor de datos conectado a dicho par de conductores de datos individuales;

5 c) establecer una señal de rotura cuando una rotura es detectada en uno de dichos conductores de datos usando un detector de rotura acoplado a dichos dos conductores de datos;

en el que detectar una rotura comprende:

10 hacer que una corriente de prueba (I_{prueba}) fluya por dicho par de conductores de datos individuales; y activar un dispositivo de conmutación (1505) cuando una diferencia de tensión entre dicho primer conductor de datos (205) y dicho segundo conductor de datos (210) supera un umbral determinado debido a una interrupción de dicha corriente de prueba (I_{prueba}).

12. El método de la reivindicación 11 en el que la corriente de prueba es una corriente de señal preexistente o una corriente de prueba auxiliar adicional que fluye a través del primer y segundo módulos de batería para detectar incrementos en la resistencia del circuito provocados por rutas de conducción rotas o deterioradas.

15 13. El método de la reivindicación 11 o 12 en el que la transmisión de datos es en respuesta a un sistema de gestión de baterías (105) que envía un comando, estando el sistema de gestión de baterías (105) y el primer y segundo módulos de batería acoplados por dicho par de conductores de datos individuales en un bucle, retransmitiendo cada módulo de batería comandos recibidos y respuestas que permiten al sistema de gestión de baterías (105) confirmar
20 que todos los módulos de batería han detectado y decodificado adecuadamente los comandos.

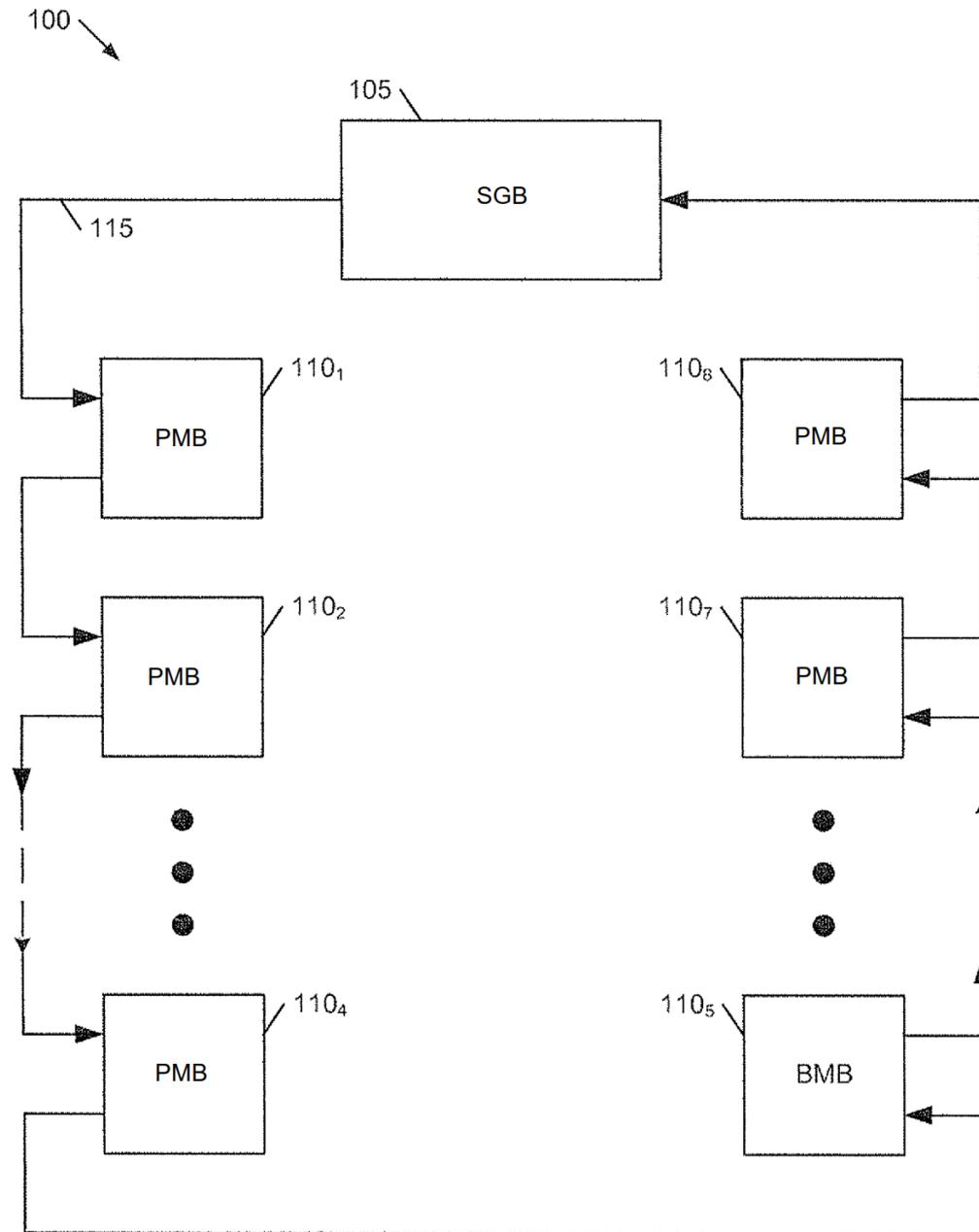


FIG. 1

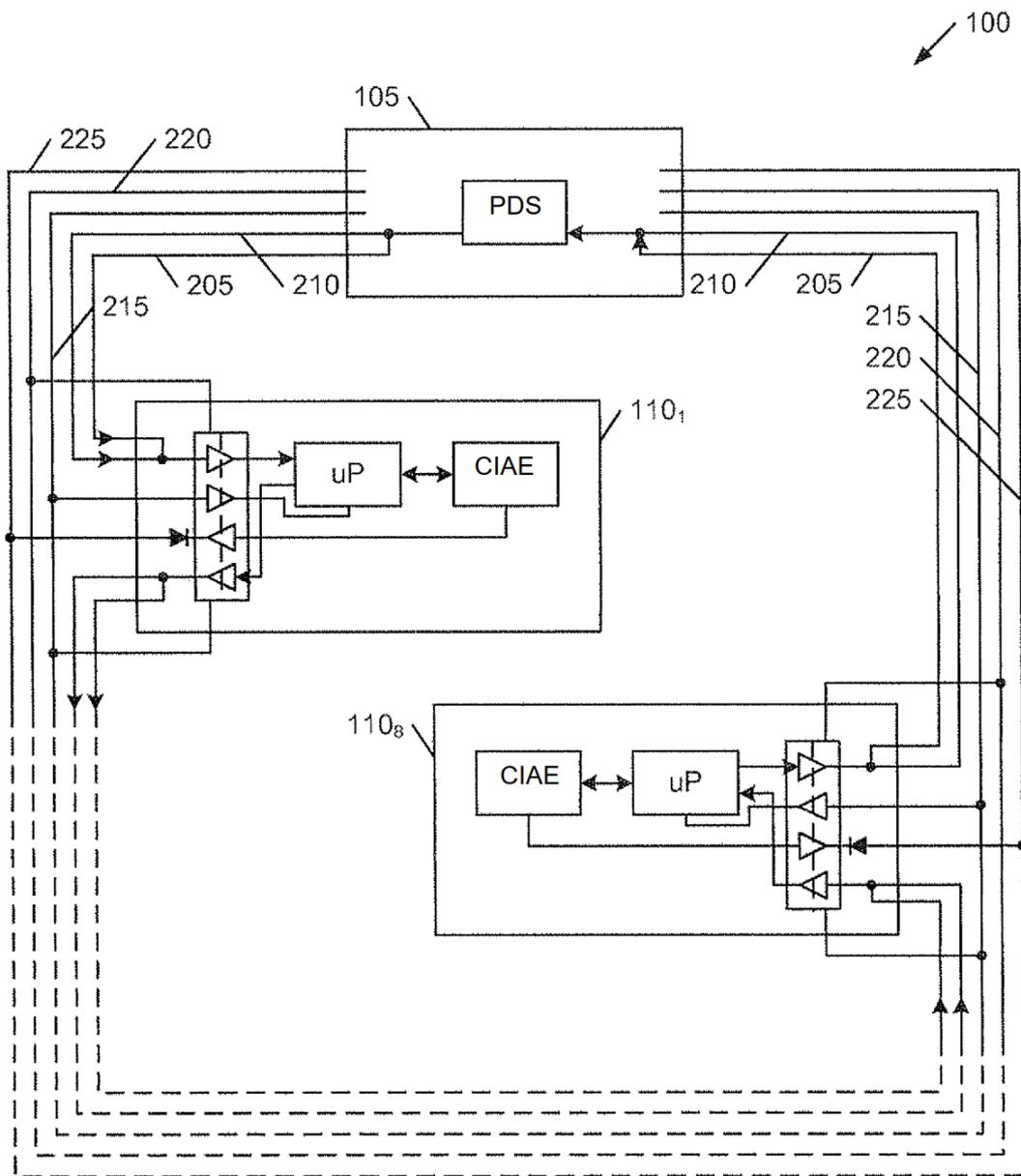


FIG. 2

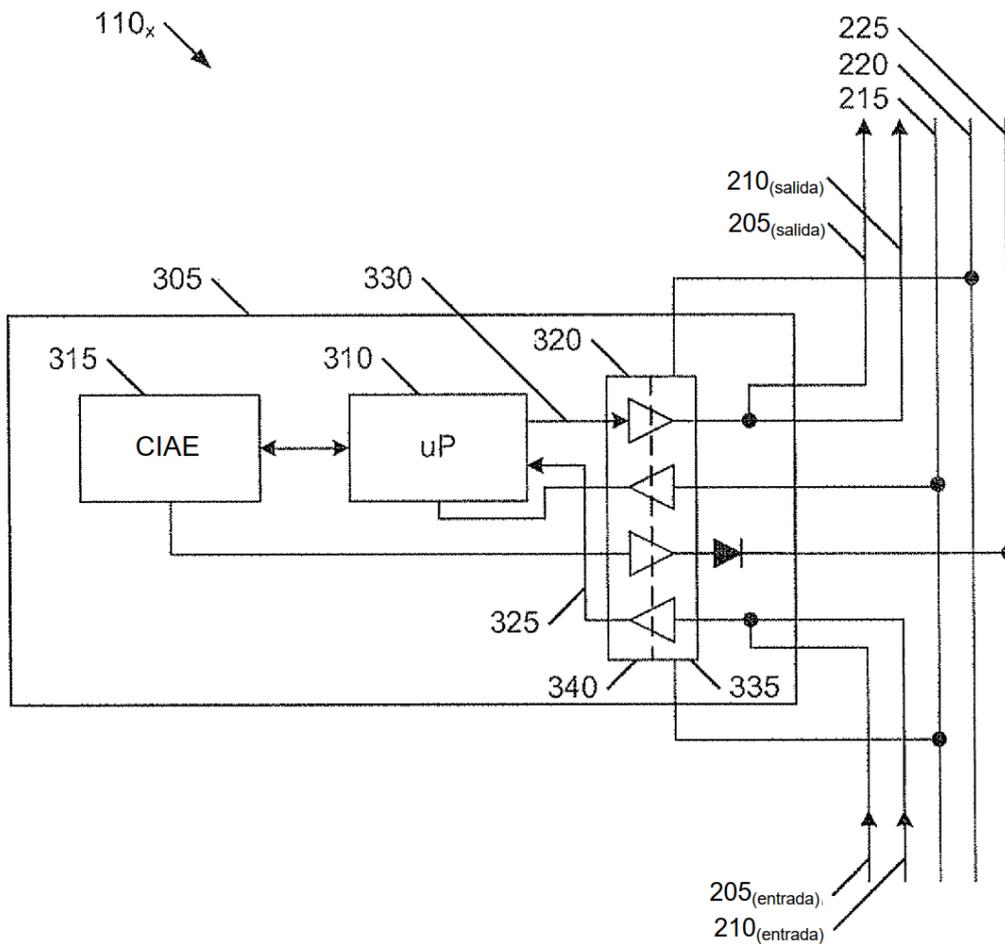


FIG. 3

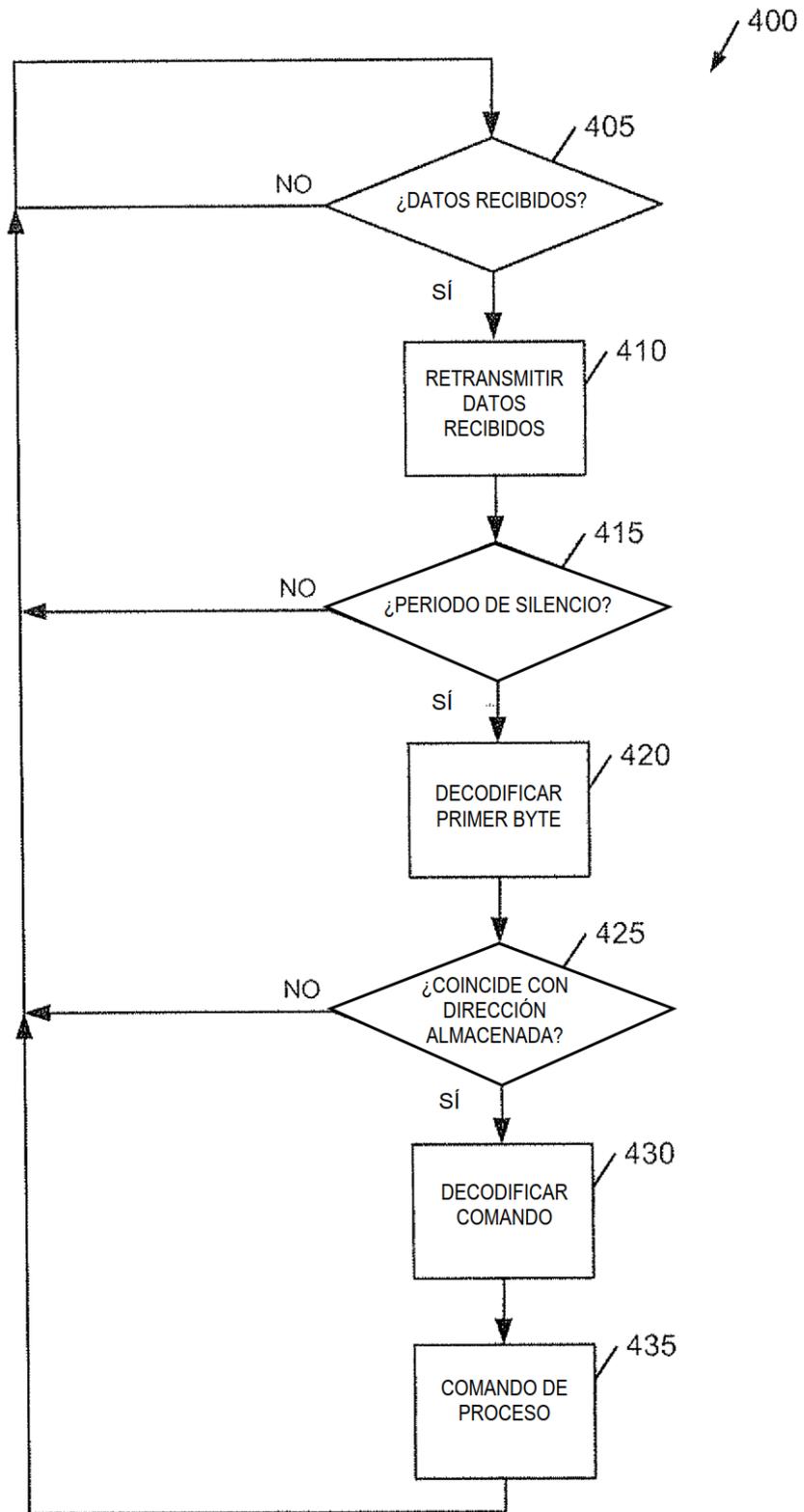


FIG. 4

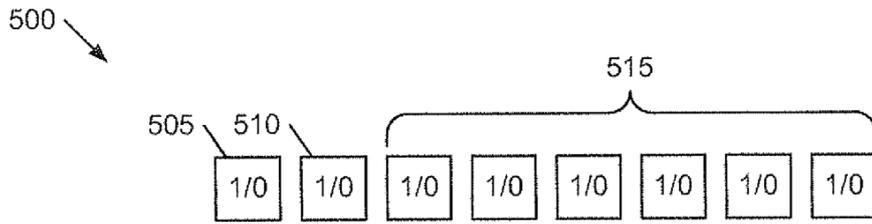


FIG. 5

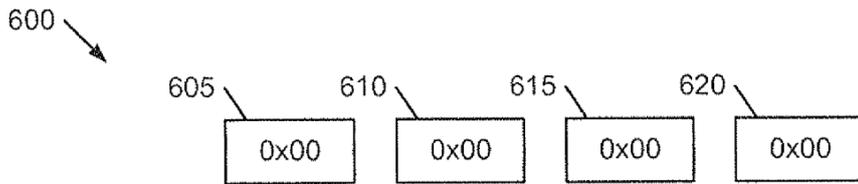


FIG. 6

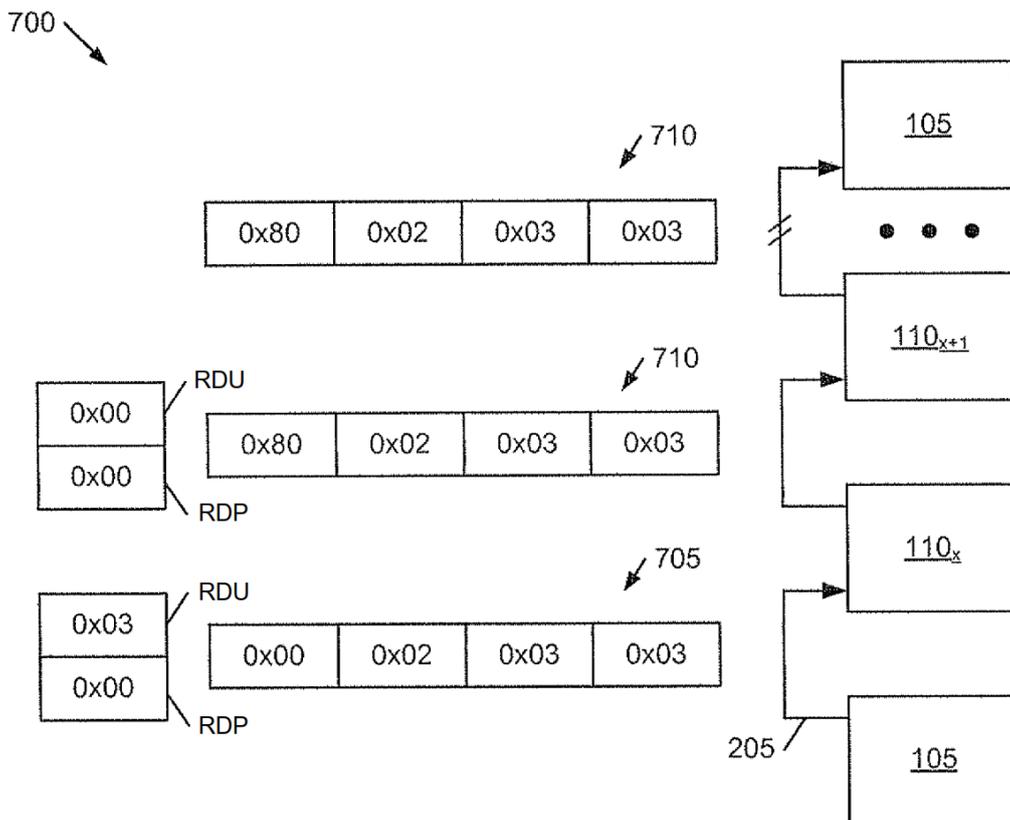


FIG. 7

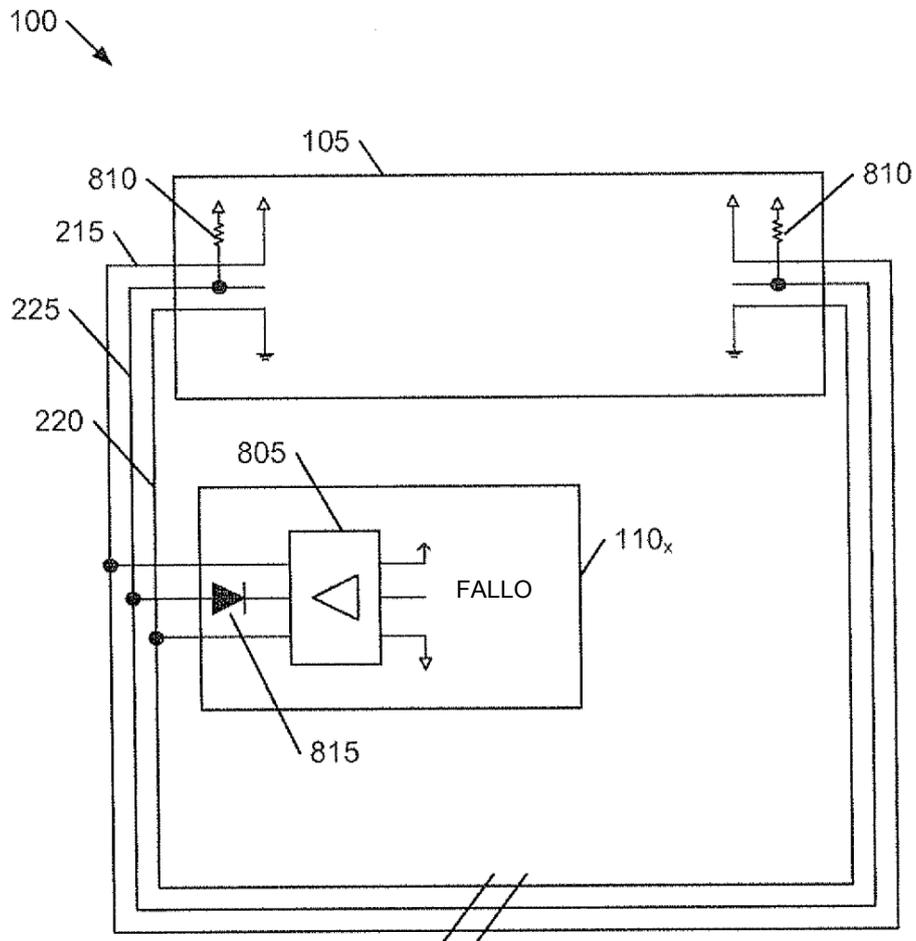


FIG. 8

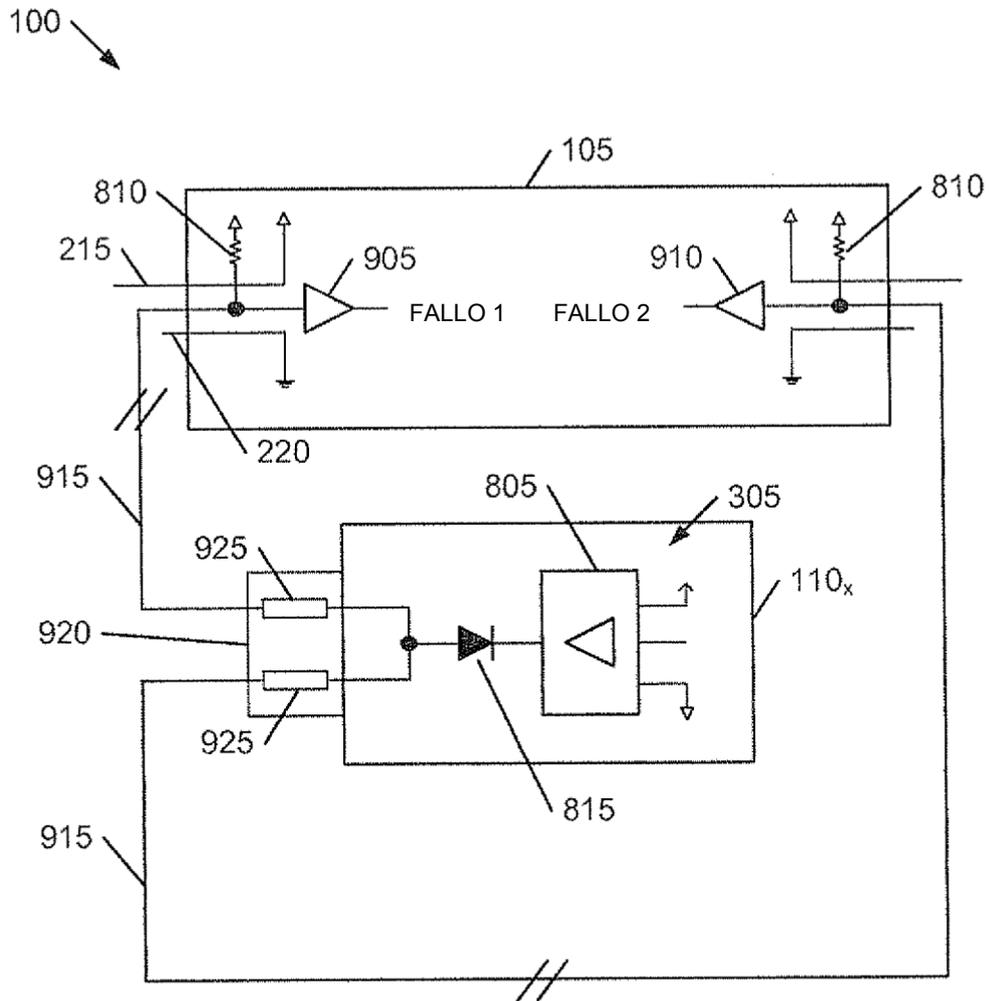


FIG. 9

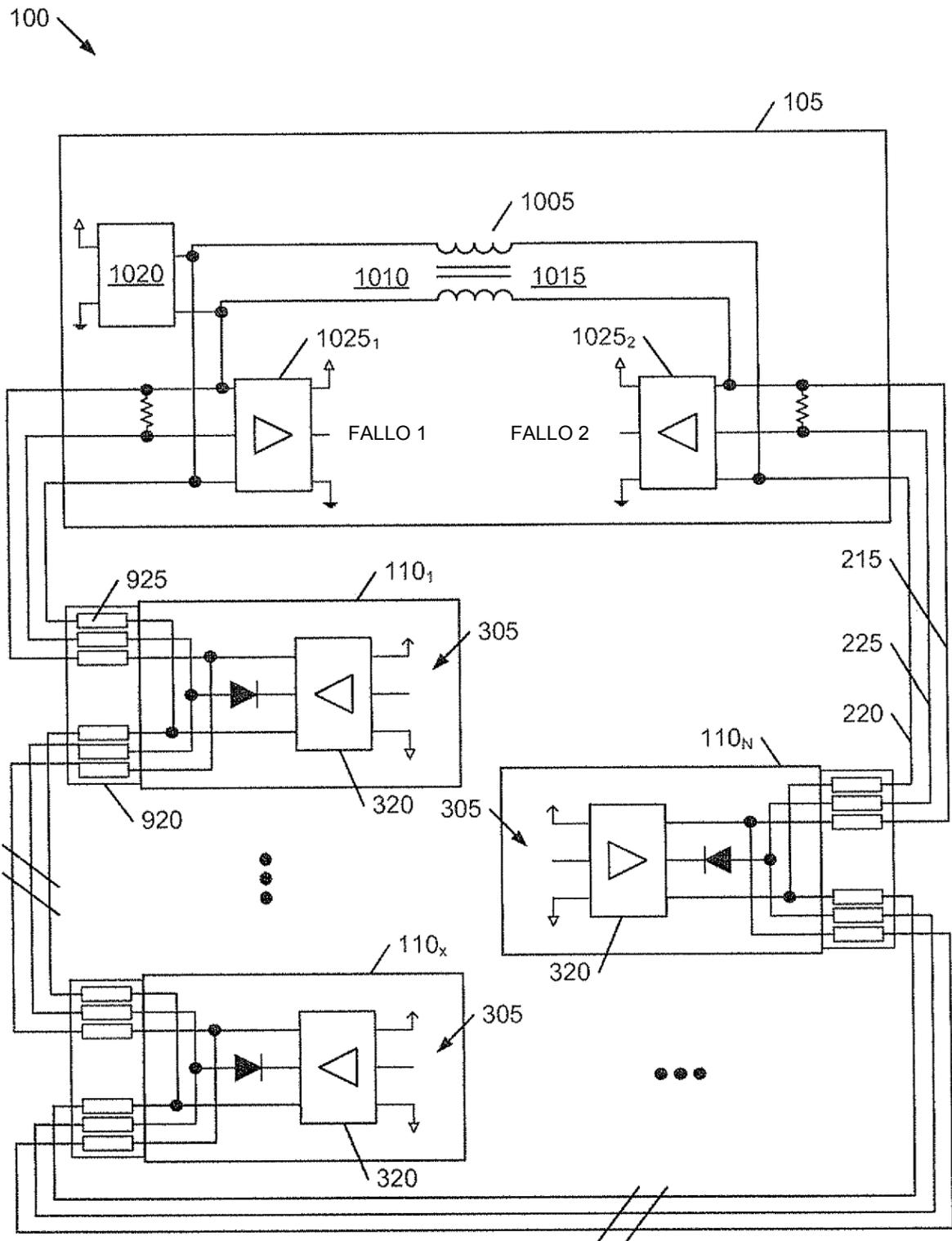


FIG. 10

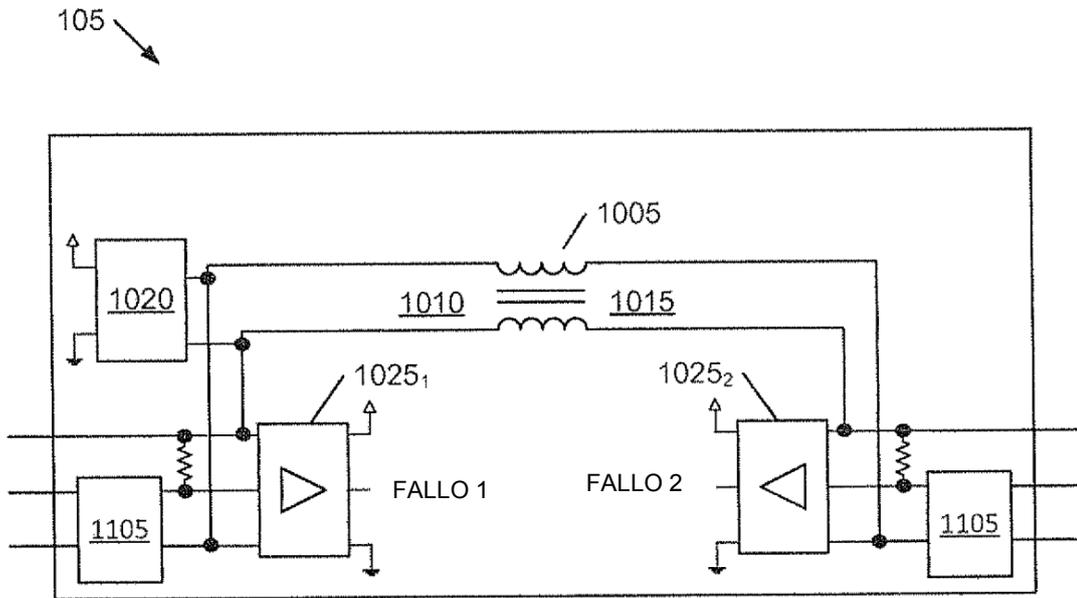


FIG. 11

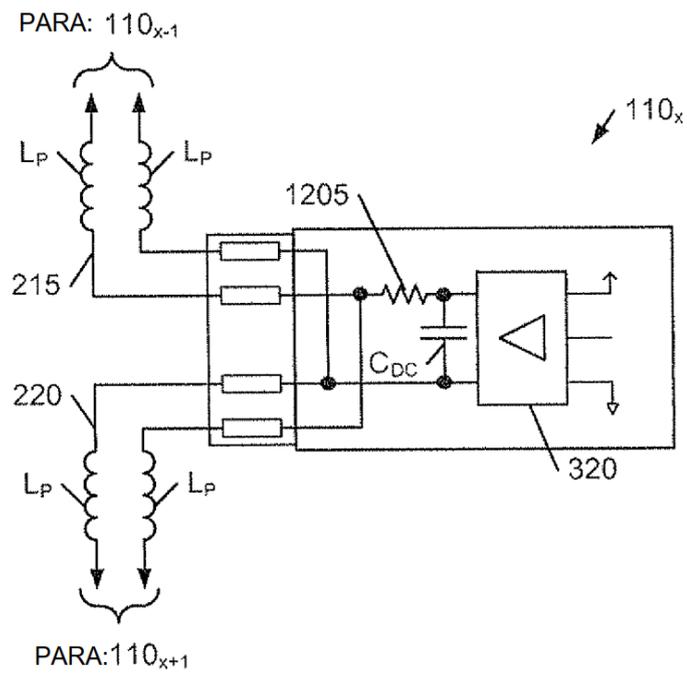


FIG. 12

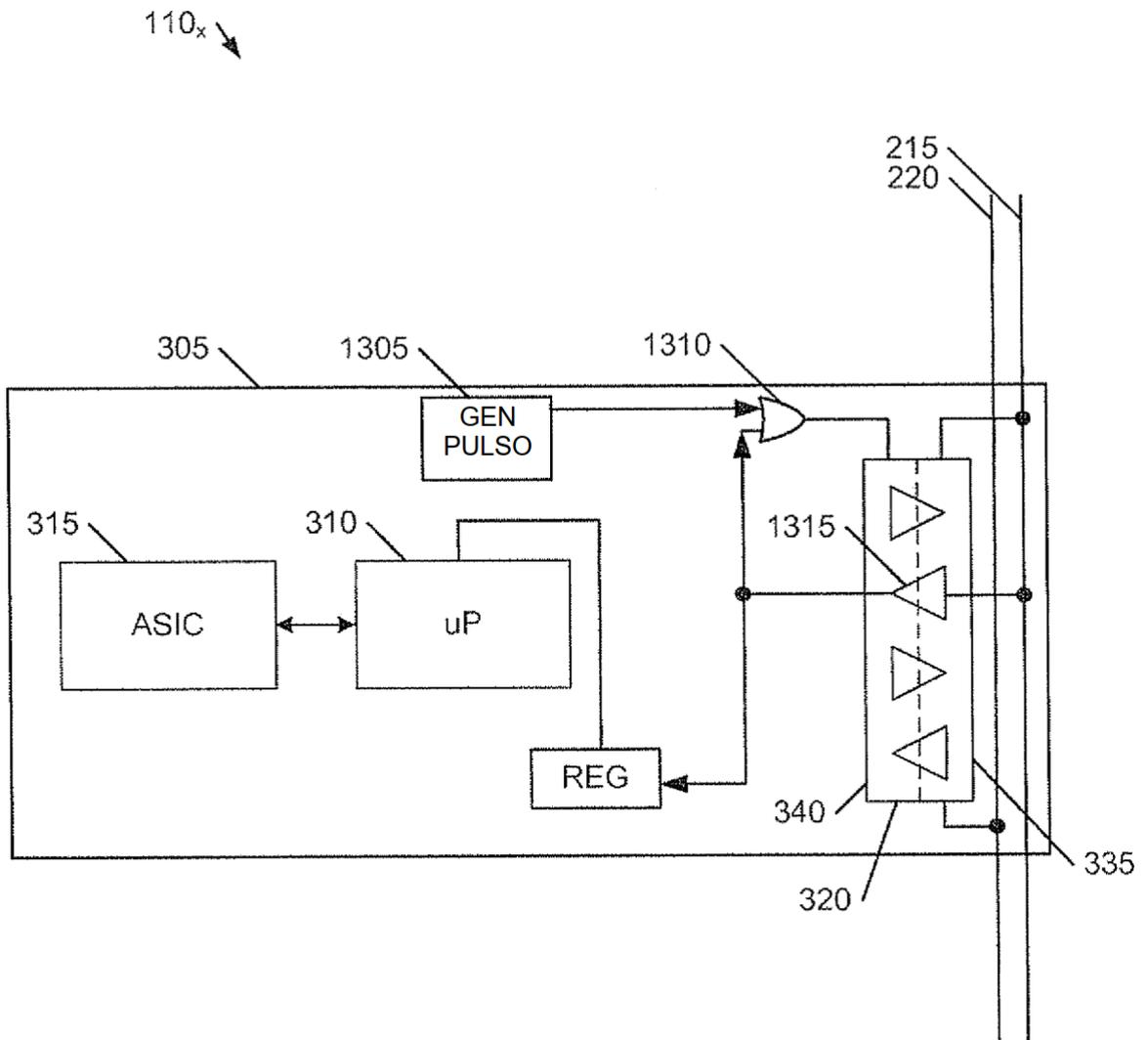


FIG. 13

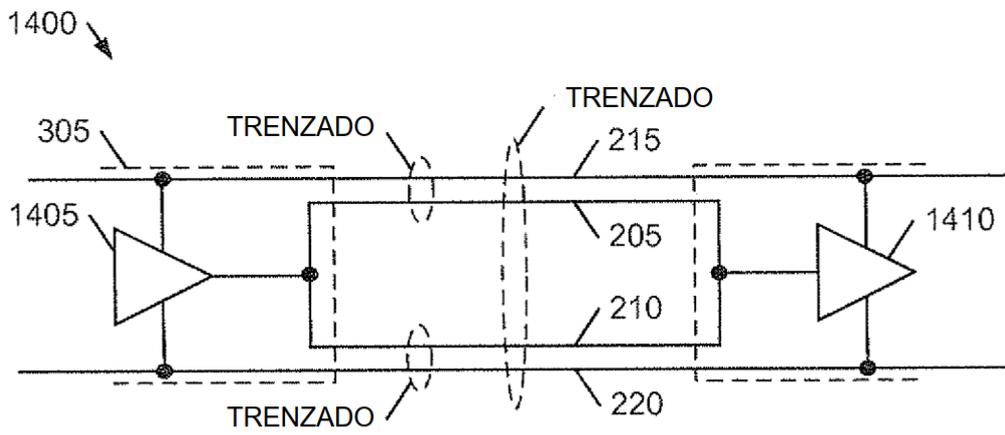


FIG. 14

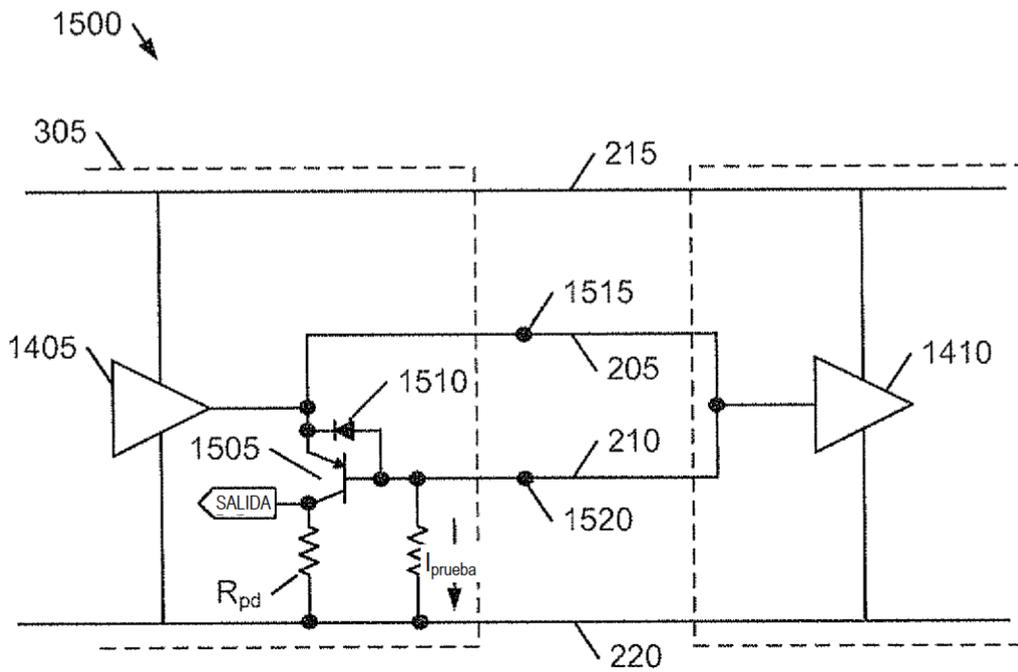


FIG. 15

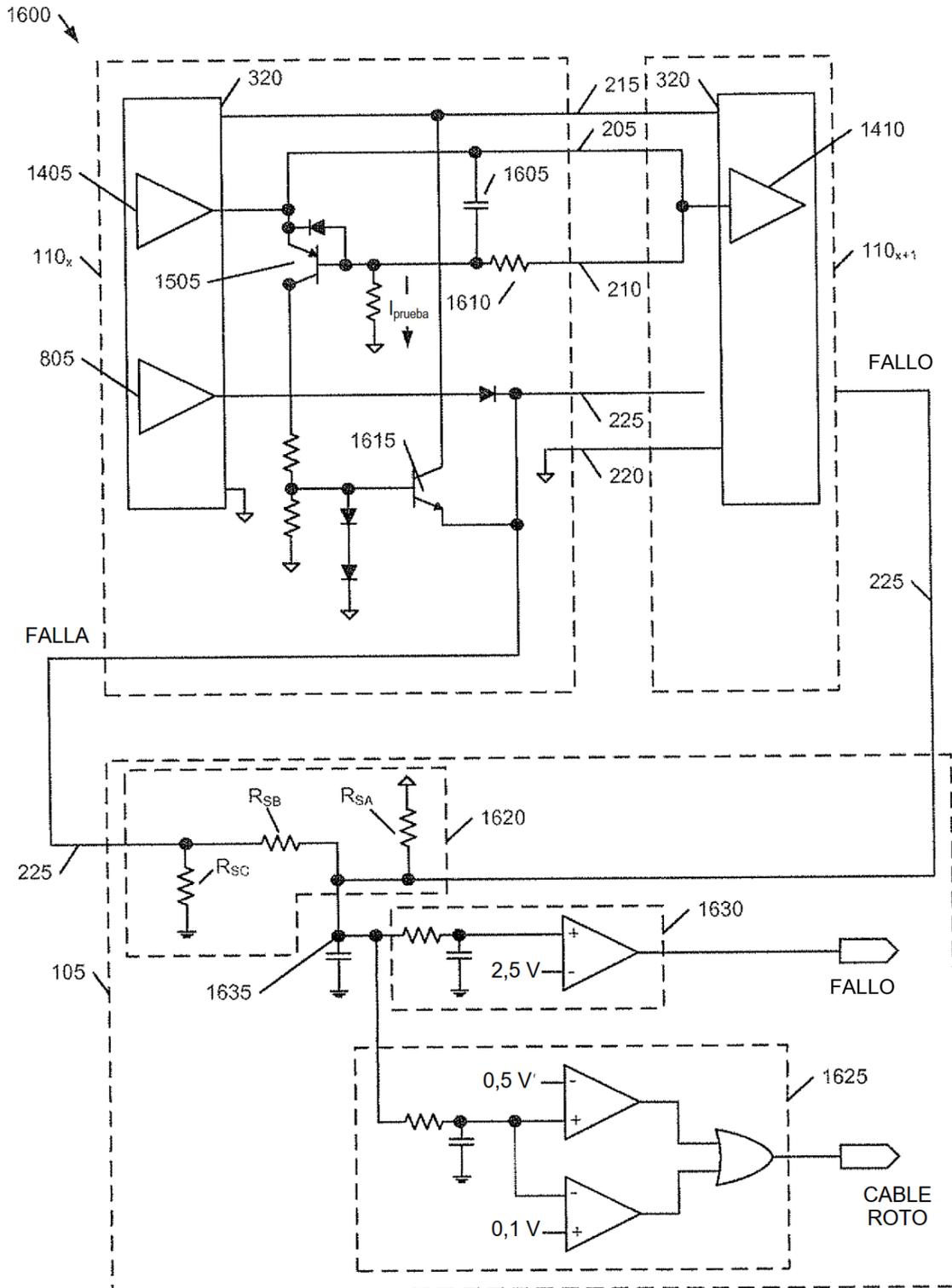


FIG. 16

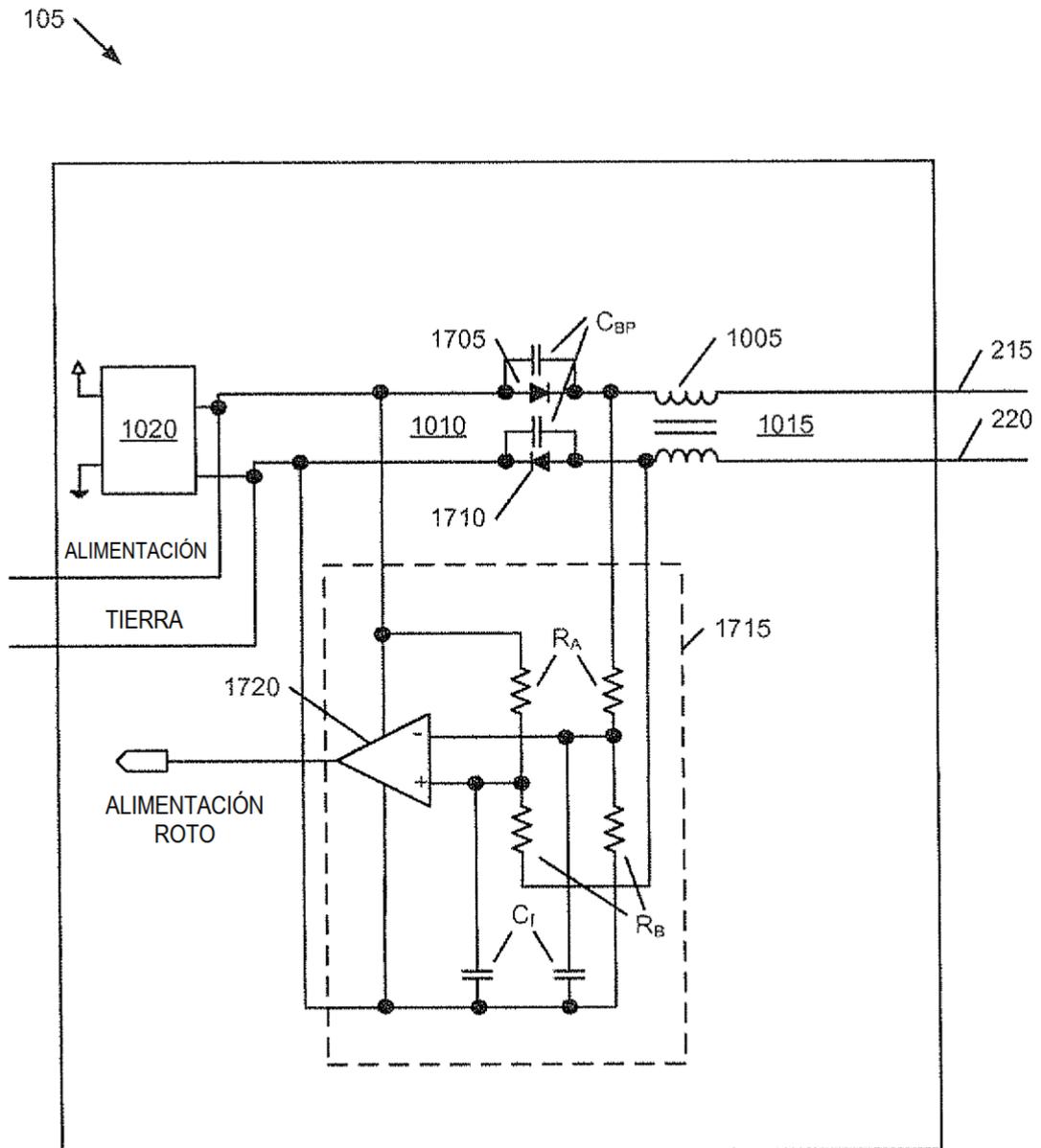


FIG. 17

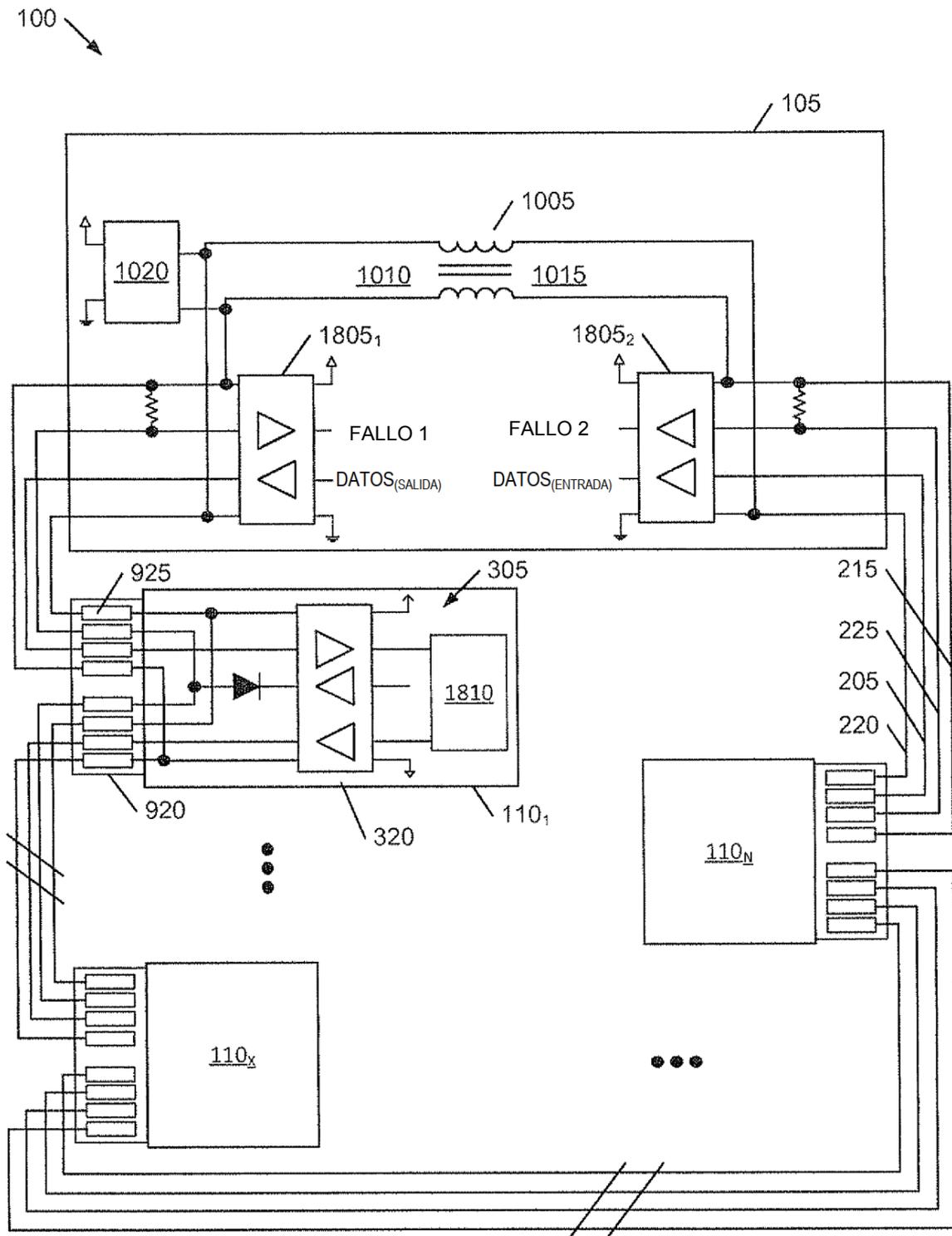


FIG. 18

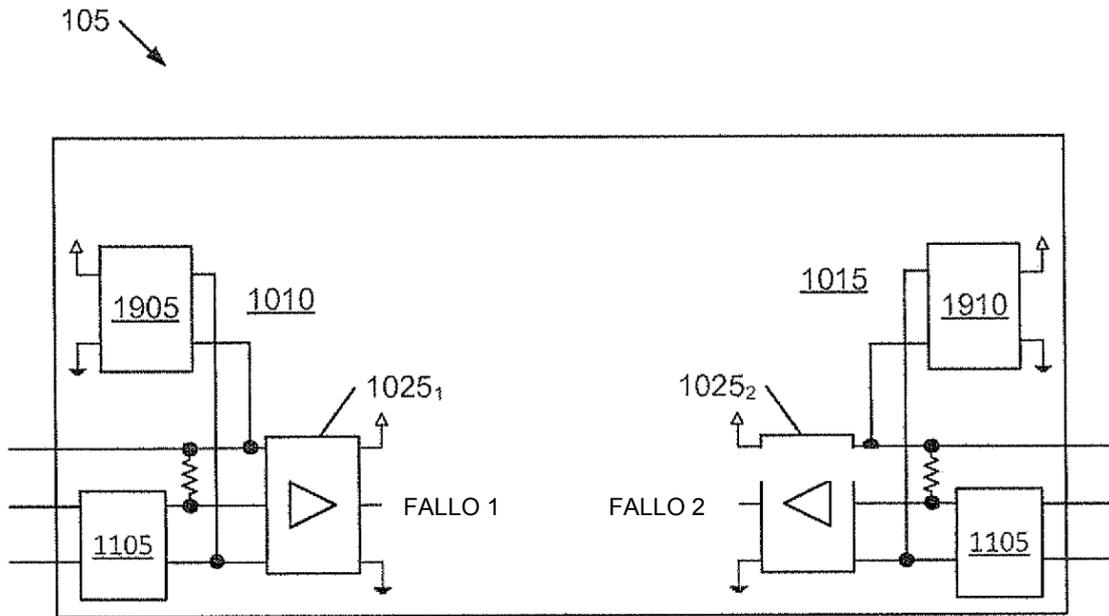


FIG. 19

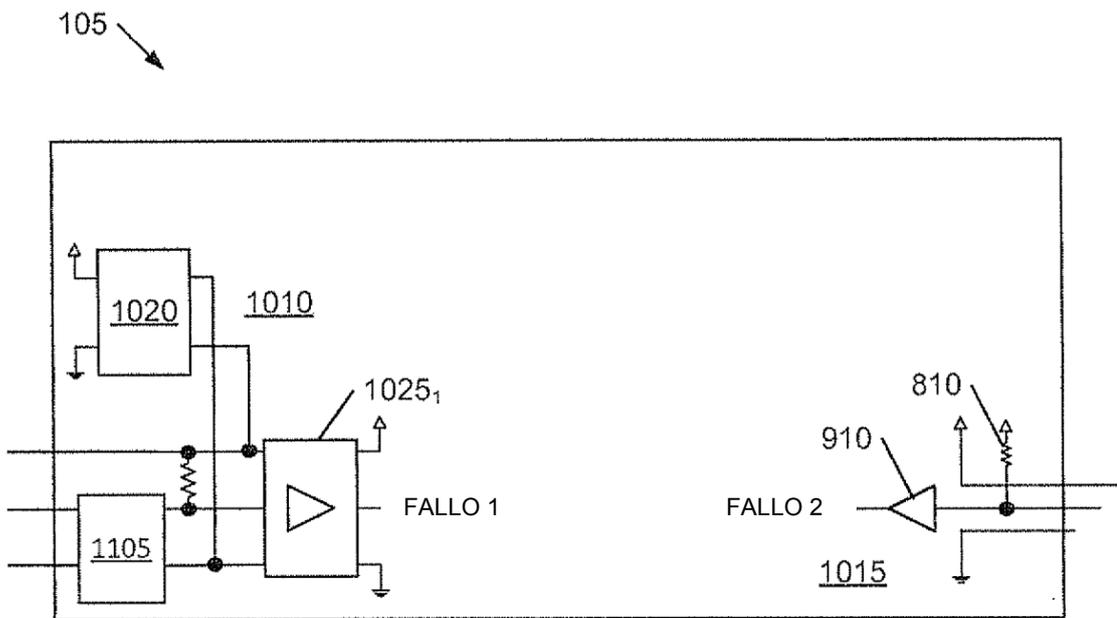


FIG. 20