

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 200**

51 Int. Cl.:

G08B 29/08 (2006.01)

G06F 21/70 (2013.01)

G08B 29/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2013 PCT/EP2013/055257**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2013 WO13160009**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2013 E 13712180 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2795601**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para reconocer una manipulación en una línea eléctrica**

30 Prioridad:
25.04.2012 DE 102012206870

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.01.2020

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Strasse 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**DICHTL, MARKUS y
MEYER, BERND**

74 Agente/Representante:
LOZANO GANDIA, José

ES 2 739 200 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

Procedimiento y dispositivo para reconocer una manipulación en una línea eléctrica

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para detectar una manipulación en una línea eléctrica. La línea eléctrica es una línea de comunicación, como por ejemplo un bus de comunicación, una línea de datos o de dirección, una línea que se utiliza selectivamente para el suministro y la comunicación, una línea de una placa de (circuito impreso) entre componentes electrónicos (como por ejemplo los circuitos integrados) o una línea de un solo extremo (puerta flotante).
- 10 Se conocen una pluralidad de procedimientos para detectar intentos de manipulación en líneas eléctricas y circuitos electrónicos. Los diversos procedimientos pueden subdividirse en procedimientos con y sin sensores y en procedimientos activos y pasivos.
- 15 En la forma más simple, se utilizan sellos, precintos o carcasas a medida, por ejemplo, en contadores de corriente. Estos procedimientos permiten verificar la integridad por medio de un procedimiento de prueba: posibles procedimientos de prueba que van desde una simple inspección óptica hasta elaboradas pruebas de laboratorio. Normalmente, el dispositivo que se desea proteger no puede realizar la prueba necesaria automáticamente. Para que estos procesos estén protegidos, el fabricante debe tener una ventaja tecnológica en la generación del mecanismo de protección contra un posible atacante o falsificador.
- 20 Muchos sistemas electrónicos monitorean sus parámetros operativos para asegurar su correcto funcionamiento. Ejemplos incluyen el monitoreo de temperatura, voltaje de operación, frecuencia. Además, se pueden utilizar códigos de reconocimiento y corrección de errores para proteger datos almacenados, componentes redundantes del sistema, perros guardianes (Watch-Dogs) y similares. Sin embargo, estas técnicas generalmente solo protegen contra errores aleatorios y, por lo tanto, suelen ser importantes típicamente para aplicaciones críticas para la seguridad.
- 25 Por medio de procedimientos criptográficos también se pueden detectar cambios intencionales en los datos y programas. Para que un sistema electrónico pueda realizar la verificación de manera confiable y una reacción correspondiente a las manipulaciones detectadas, también es necesario llevar a cabo la ejecución del programa protegido, al menos las rutinas de verificación. De lo contrario, el atacante puede impedir la ejecución de un procedimiento de prueba o la evaluación del resultado de la prueba manipulando el hardware nuevamente. Para tales manipulaciones de hardware también se desarrollan y venden chips especiales, los llamados Mod-Chips. Para el ataque, las líneas individuales de un circuito se separan y el Mod-Chip se introduce en las rutas de señal. El Mod-Chip no se altera después del funcionamiento normal del dispositivo. Solo interviene en puntos muy específicos de la ejecución del programa y cambia selectivamente los valores en el bus de datos, por ejemplo, para manipular un control de seguridad.
- 30 Con el fin de habilitar la ejecución de programas protegidos, en las aplicaciones prácticas se utilizan con frecuencia controladores de seguridad especiales, denominados Hardware-Security-Token, como tarjetas de chip o microcontroladores con memoria RAM integrada y memoria no volátil. El material de la clave secreta se almacena permanentemente en este Token y al menos partes relevantes de la seguridad de la aplicación, como por ejemplo las rutinas criptográficas, se ejecutan en estos controladores. Este enfoque no utiliza sensores con componentes activos. Por lo tanto, uno se basa exclusivamente en las medidas especiales de protección de hardware del controlador.
- 35 En raras ocasiones, un sistema informático completo está protegido por sensores activos para permitir una ejecución segura del programa. El abanico va desde simples interruptores de la carcasa para el reconocimiento de apertura no autorizada, hasta embalajes y moldes de fundición especiales, como láminas anti-perforación y placas de circuito especialmente fabricadas. La electrónica supervisa constantemente las propiedades eléctricas del sistema informático empaquetado y activa una alarma durante la manipulación, borrando así el material clave y/o el programa.
- 40 Tales medidas de protección provocan altos costes de producción y requieren una batería para la fuente de alimentación ininterrumpida de la electrónica de protección. Esto da lugar a costes adicionales y problemas con respecto al tiempo de operación, parámetros de operación y procedimientos para el reemplazo de la batería. Los sensores utilizados para el monitoreo se pueden realizar de muchas maneras. Ejemplos incluyen puentes de medición óhmicos, sensores de luz y de presión, sensores capacitivos e inductivos.
- 45 El documento WO 2008/095160 A1 describe un energizador para una cerca eléctrica que tiene un cable para un avance y retorno. El energizador presenta un generador de impulsos de alto voltaje para generar impulsos de alto voltaje en el cable y un circuito de bajo voltaje para proporcionar un bajo voltaje al cable y para monitorear posibles cambios en la señal de bajo voltaje en la retroalimentación, para determinar si se está tocando el cable de la cerca, o si presenta un cortocircuito o interrupción.
- 50
- 55
- 60
- 65

El documento BE 1 013 259 A6 da a conocer un sistema de barrera para prevenir la intrusión en una propiedad, presentando el sistema de barrera un generador de impulsos eléctricos, al menos una sección de un cable de cerco eléctrico, que está dispuesto alrededor de al menos una parte de la propiedad y conectado a las salidas del generador, y aisladores.

5

El documento FR 2 413 729 A1 da a conocer un procedimiento y un sistema para detectar cambios en una disposición con un cable.

10

El documento WO 2013/117905 A1 da a conocer un procedimiento para detectar una perturbación en o alrededor de un conductor metálico y un dispositivo de reconocimiento de perturbaciones para un conductor metálico.

15

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una manera simple y económica de detectar una manipulación en una línea eléctrica. Por consiguiente, se propone un procedimiento para detectar una manipulación de al menos una línea de comunicación eléctrica (en lo sucesivo, también denominado simplemente una línea). La línea eléctrica tiene resistencia determinada, capacitancia determinada y una inductancia determinada y acopla al menos a dos nodos de comunicación. En un primer paso, se determina un parámetro definido, que depende de la resistencia determinada y la capacitancia determinada o de la resistencia determinada y de la inductancia determinada o de la resistencia determinada y la capacitancia determinada y la inductancia determinada de la línea eléctrica. En un segundo paso, el parámetro determinado se compara con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación. En un tercer paso, se detecta una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

20

Del resultado de la comparación se puede deducir si la línea eléctrica ha sido manipulada o no. Ejemplos de tal manipulación incluyen conectar un cable a la línea eléctrica o conectar un medidor a la línea eléctrica.

25

La línea eléctrica puede ser, por ejemplo, un bus o un sistema de bus que acopla o conecta a varios nodos de comunicación. La línea eléctrica también puede ser un bus bidireccional. Los nodos de la comunicación pueden incluir un bus maestro y varios esclavos de bus, tales como actuadores y sensores.

30

Los parámetros de referencia pueden almacenarse en una memoria o generarse en un paso de personalización a realizar.

35

El procedimiento descrito anteriormente hace posible reconocer automáticamente los cambios en la línea eléctrica y también en los componentes o nodos de comunicación acoplados a la línea eléctrica. Esto se puede reconocer automáticamente para la línea eléctrica que se va a proteger y los componentes o nodos de la comunicación acoplados con ella, bien que la línea eléctrica haya sido escuchada o bien se hayan introducido componentes electrónicos adicionales, por ejemplo, mediante la incorporación de los Mod-Chips mencionados anteriormente. Cuando se detecta tal manipulación, puede ser posible reaccionar activamente a tales intervenciones. Por ejemplo, los materiales clave almacenados o los datos a proteger pueden borrarse inmediatamente en respuesta a un ataque de línea eléctrica reconocido. Alternativamente, se puede cambiar el funcionamiento de la línea eléctrica o del dispositivo. Además, la línea eléctrica o el dispositivo también se pueden desconectar.

40

Esto proporciona una manera simple y económica de monitorear la línea eléctrica, como por ejemplo la línea externa de un microcontrolador. En este caso, se pueden usar placas y técnicas de ensamblaje convencionales, ya que la línea eléctrica a proteger no tiene que estar empaquetada. Preferiblemente, las propiedades eléctricas, en particular la capacitancia y/o la inductancia y la resistencia de la línea eléctrica, se miden repetidamente durante el funcionamiento de las líneas eléctricas. De esta manera, se pueden reconocer intentos de manipulación por parte de un atacante o cambios en la estructura del circuito. En particular, los buses bidireccionales, como por ejemplo los buses de datos de componentes externos, como la memoria o los dispositivos periféricos, pueden estar protegidos.

50

Como se indicó anteriormente, la línea eléctrica puede ser un bus de comunicación o bus que acopla un bus maestro con un número de esclavos de bus. En los buses utilizados bidireccionalmente, todos los nodos o componentes de comunicación conectados tienen la denominada señal de habilitación, que permite al bus maestro dirigirse específicamente a los nodos de comunicación individuales para comunicarse con ellos. Los nodos de la comunicación que no participan en la comunicación reciben una señal de desactivación y cambian sus controladores de salida para el bus a alta impedancia para no provocar un cortocircuito en el bus. Para lograr esto, los controladores de las señales de salida son por ejemplo tri-estado. Esto significa que, además de los estados de salida 0 lógico y 1 lógico, también pueden cambiarse a alta impedancia como tercer estado. Si ahora todos los nodos de comunicación conectados del bus se configuran simultáneamente en el estado de alta impedancia, entonces cada línea individual del bus se comporta como una cadena que consiste en elementos RC conectados en paralelo que consisten en el revestimiento de baja resistencia y la capacitancia de las almohadillas de conexión de los circuitos integrados (IC, Circuitos integrados), el contacto y la línea en la placa y cada una de las resistencias de terminación de alta resistencia de los componentes conectados.

60

65

En el presente caso, las propiedades eléctricas de las líneas de bus a monitorear, en particular la resistencia y la capacitancia, se miden en el estado de alta resistencia para poder detectar intentos de manipulación, que siempre cambian el comportamiento de respuesta eléctrica de las líneas. Esto proporciona una solución rentable que se puede utilizar universalmente en matrices de puertas programables en campo (FPGA) y circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC).

En el procedimiento propuesto, como parámetro, se determina un período de tiempo que depende de la resistencia determinada y la capacitancia determinada del cable eléctrico.

En este procedimiento propuesto, se mide el comportamiento en el tiempo de al menos una línea eléctrica, en particular de las líneas de bus. A este respecto, en particular, el producto de la resistencia R determinada y la capacitancia C determinada ($\tau = R * C$) se determina a partir de resistencias de terminación de alta resistencia y la capacidad de los componentes eléctricos de la línea eléctrica. Para poder realizar dicha medición, por ejemplo, el bus maestro controla una señal lógica 1 en la línea eléctrica, por ejemplo el bus bidireccional, mientras que todas las estaciones de comunicación conectadas tienen una señal de desactivación y, por lo tanto, son de alta impedancia. De esta manera, el condensador de la línea de bus formado por la pista del conductor de la placa está cargado eléctricamente. Posteriormente, el bus maestro también cambia sus controladores de salida a alta impedancia y utiliza la señal en la línea del bus como señal de entrada. Los elementos RC de la línea de bus se descargan ahora a través de las resistencias de terminación de alta impedancia de los componentes conectados y a través de corrientes de fuga hasta que la señal representada por el voltaje en la entrada del bus maestro cambia de la lógica 1 a la lógica 0. Este tiempo para indicar el cambio de señal es característico de las propiedades eléctricas de cada línea eléctrica individual y depende de su geometría y de todos los componentes conectados. Las mediciones de tiempo se pueden realizar fácilmente gracias a los relojes del sistema estables. Cualquier cambio en el circuito y cualquier intento de captar la señal de la línea de bus alterarán significativamente, en particular, las propiedades resistivas y capacitivas de la línea de bus, y por lo tanto el tiempo necesario para un cambio en las señales lógicas. En consecuencia las manipulaciones son claramente detectables.

Si la CPU del bus maestro tiene una velocidad de reloj suficientemente alta, puede contar las señales de reloj desde el momento de la conmutación de alta resistencia de una línea de bus hasta el cambio lógico del valor con un simple bucle y, por lo tanto, medir el tiempo de descarga. Alternativamente también se puede realizar un contador de ejecución rápida para la medición del tiempo con unos pocos componentes electrónicos.

La CPU ahora mide periódicamente la respuesta de tiempo para que todas las líneas eléctricas de sus buses bidireccionales sean monitoreadas de la manera descrita anteriormente y verifica desviaciones significativas de un comportamiento esperado. La desviación está determinada por el resultado de la comparación. Si se constata una desviación significativa, se detecta un ataque y la CPU del bus maestro puede tomar las contramedidas adecuadas.

Dependiendo del escenario de aplicación específico, solo puede ser necesario un pequeño circuito adicional externo, por ejemplo, mediante una resistencia Pull-Down o una resistencia Pull-Up. Los componentes necesarios para la medición del tiempo en el bus maestro están limitados en particular a un búfer de tres estados, que generalmente es inherente al control de un bus bidireccional, y opcionalmente a un contador de alta velocidad para la medición del tiempo. En particular, todos los componentes electrónicos necesarios se pueden sintetizar y realizar por medio de bibliotecas de células estándar.

Además, las líneas de señales unidireccionales como líneas eléctricas pueden complementarse con un controlador adicional de tres estados y los componentes de entrada-salida necesarios (componentes IO). De esta manera, el presente procedimiento puede aplicarse a otras líneas de conexión de un microcontrolador o un circuito integrado.

En una realización adicional el procedimiento tiene los siguientes pasos:

- medición de la temperatura ambiente actual de la línea eléctrica,
- cambiar el parámetro determinado y/o el parámetro de referencia por medio de una compensación de temperatura en función de la temperatura ambiente actual medida,
- comparación del parámetro con el parámetro de referencia para proporcionar el resultado de la comparación, y
- detección de una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

Debido a que los semiconductores y las resistencias que deben medirse pueden tener un perfil de temperatura característico, preferiblemente se mide la temperatura actual y se realiza una compensación de temperatura adecuada para reducir el número y la probabilidad de falsas alarmas. Dicha compensación de temperatura se puede implementar en hardware y/o software, en particular en la rutina de monitoreo de la CPU del bus maestro.

En una realización adicional, el parámetro definido actualmente determinado de la línea eléctrica se usa para una compensación de temperatura de al menos una línea eléctrica adicional.

En una realización adicional el procedimiento tiene los siguientes pasos:

- 5 - determinar al menos una información de estado de la línea eléctrica,
- cambiar el parámetro determinado y/o el parámetro de referencia mediante una compensación de estado en función de la información de al menos una información de estado determinada,
- 10 - comparación del parámetro con el parámetro de referencia para proporcionar el resultado de la comparación, y
- detección de una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

La información del estado puede incluir parámetros de operación, antigüedad y deriva.

La compensación de estado mencionada anteriormente tiene en cuenta especialmente el envejecimiento de los componentes electrónicos. Además, una desviación lenta, que puede surgir, por ejemplo, por un cambio en los parámetros de funcionamiento o el envejecimiento de los componentes electrónicos, también se compensa para prevenir de manera fiable las falsas alarmas. Para este propósito, preferiblemente la información de estado sobre el sistema a medir se almacena en una memoria no volátil y se actualiza a intervalos regulares.

En una realización adicional, la información comprobada de al menos una información de estado de la línea eléctrica se usa para la compensación de estado de al menos una línea eléctrica adicional.

De este modo también es posible un análisis diferencial. Por lo tanto, la circunstancia de las condiciones ambientales cambiantes y los parámetros operativos también pueden resolverse mediante el análisis diferencial descrito anteriormente. Se asume que, por un lado, los cambios en los parámetros operativos y el envejecimiento de los componentes electrónicos debido a la ubicación estrechamente limitada de las líneas eléctricas y los componentes conectados dentro de un dispositivo afectan de manera simultánea y uniforme, pero, por otro lado, un atacante no puede de manera regular manipular todos los puntos de medición de manera simultánea y uniforme para poder contrarrestar la detección de una manipulación.

En una realización adicional el procedimiento tiene los siguientes pasos:

- carga de la capacidad de la línea eléctrica,
- conmutación de alta impedancia de todos los componentes acoplados a la línea eléctrica,
- 40 - medición de un tiempo de descarga definido durante la descarga de la capacidad de la línea eléctrica,
- comparar el tiempo de descarga medido con un tiempo de descarga de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y
- 45 - detección de una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

En otra realización la capacitancia de la línea eléctrica se descarga por medio de una resistencia Pull-Down.

La resistencia Pull-Down también se puede usar en particular si, por ejemplo, uno de los componentes conectados, incluso en el estado de alta resistencia, evita la descarga de la línea eléctrica o para poder establecer la sincronización. El valor real de la resistencia Pull-Down y su tolerancia de fabricación ofrecen posibilidades adicionales para variar la sincronización al descargar la línea de bus.

En una realización adicional el procedimiento tiene los siguientes pasos:

- descarga de la capacidad del cable eléctrico,
- conmutación de alta impedancia de todos los componentes acoplados a la línea eléctrica,
- 60 - carga de la capacidad de la línea eléctrica por medio de una resistencia Pull-Up,
- medición de un tiempo de carga definido mientras se carga la capacidad del cable eléctrico,

- comparar el tiempo de carga medido con un tiempo de carga de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y

- detección de una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

5

En esta realización, al comienzo de la medición, el bus maestro puede controlar el valor de la lógica 0 en la línea eléctrica, por ejemplo, un bus bidireccional, para descargar la línea eléctrica. Una vez que el bus maestro ha cambiado sus controladores a alta impedancia, la línea de bus se carga a través de la resistencia de Pull-Up hasta que la tensión aplicada indica un cambio a la lógica 1. En este caso el período de tiempo se mide por un cambio de la lógica 0 a la lógica 1. Este período de tiempo medido se compara con el tiempo de carga de referencia para proporcionar el resultado de la comparación.

10

En una realización adicional, la conmutación de alta impedancia de todos los componentes acoplados a la línea eléctrica se lleva a cabo por medio de al menos un controlador de tres estados.

15

En una realización adicional, como parámetro se determina una frecuencia de un oscilador que depende de la resistencia determinada y la capacitancia determinada y/o la inductancia determinada de la línea eléctrica.

En una realización adicional la línea eléctrica se configura como un bus de comunicación.

20

Además se propone un producto de programa informático que provoca la ejecución del procedimiento como se explicó anteriormente en un dispositivo controlado por programa.

Puede proporcionarse o suministrarse un producto de programa informático tal como un medio de programa informático, por ejemplo, como medio de almacenamiento, como una tarjeta de memoria, una memoria USB, CD-ROM, DVD o en forma de un archivo descargable desde un servidor en una red. Esto se puede hacer, por ejemplo, en una red de comunicación inalámbrica transmitiendo un archivo correspondiente con el producto del programa informático o los medios del programa informático.

25

Además, se propone un dispositivo para detectar una manipulación de al menos una línea eléctrica. La línea eléctrica tiene resistencia determinada, una capacitancia determinada y una inductancia determinada y acopla al menos a dos nodos de comunicación. El dispositivo comprende unos medios de detección, unos medios de comparación y unos medios de reconocimiento. Los medios de determinación están dispuestos para determinar un parámetro que depende de la resistencia determinada y la capacitancia determinada o de la resistencia determinada y la inductancia determinada o de la resistencia determinada y la capacitancia determinada y la inductancia determinada de la línea eléctrica. En este caso se determina que el parámetro es un tiempo que depende de la resistencia determinada y la capacitancia específica de la línea eléctrica. Los medios de comparación se configuran para comparar el parámetro determinado con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación. Los medios de reconocimiento están dispuestos para reconocer una manipulación de la línea eléctrica en función del resultado de comparación proporcionado.

30

35

40

Los medios respectivos, los medios de determinación, los medios de comparación y los medios de reconocimiento pueden implementarse en términos de tecnología de hardware y/o software. En una implementación de hardware, los medios respectivos pueden diseñarse como un dispositivo o como parte de un dispositivo, por ejemplo, como una computadora o como un microprocesador. En una implementación de software, los medios respectivos pueden diseñarse como un producto de programa informático, como una función, como una rutina, como parte de un código de programa o como un objeto ejecutable.

45

Además, se propone una disposición, que tiene una línea eléctrica, que tiene una cierta resistencia determinada y una capacitancia determinada y una inductancia determinada, al menos dos nodos de comunicación, que están acoplados a través de la línea eléctrica, y un dispositivo para reconocer una manipulación en la línea eléctrica como se describió anteriormente.

50

Las propiedades, características y ventajas descritas anteriormente de esta invención así como el tipo y modo de cómo se consiguen, se entenderán de forma más clara y evidente en relación con la descripción esquemática siguiente de ejemplos de realización, que se aclaran más detalladamente en relación con los dibujos.

55

A este respecto muestran:

Fig. 1 un diagrama de flujo de una primera realización de un procedimiento para detectar una manipulación de una línea eléctrica;

60

Fig. 2 un diagrama de bloques de una primera realización de una línea eléctrica con dos componentes acoplados;

Fig. 3 un diagrama de flujo de una segunda realización de un procedimiento para reconocer una manipulación de una línea eléctrica;

65

Fig. 4 un diagrama de bloques de una segunda realización de una línea eléctrica con dos componentes acoplados;

5 Fig. 5 un diagrama de flujo de una tercera realización de un procedimiento para reconocer una manipulación en una línea eléctrica;

Fig. 6 un diagrama de bloques de una tercera realización de una línea eléctrica con dos componentes acoplados;

10 Fig. 7 un diagrama de bloques de una realización de un dispositivo para reconocer una manipulación en una línea eléctrica;

Fig. 8 un diagrama de bloques de una realización de un componente;

15 Fig. 9 una distribución de las frecuencias de lecturas de contadores medidas en un primer experimento;

Fig. 10 una distribución de las frecuencias de lecturas de contadores medidas en un segundo experimento;

Fig. 11 una distribución de las frecuencias de lecturas de contadores medidas en un tercer experimento;

20 Fig. 12 una distribución de las frecuencias de lecturas de contadores medidas en un cuarto experimento; y

Fig. 13 un diagrama con las curvas de las figuras 9 a 12.

25 En las figuras están previstos los mismos elementos o con la misma función con las mismas referencias, en tanto no se indique otra cosa.

30 En la Fig. 1 se representa un diagrama de flujo de una primera realización ejemplar de un procedimiento para reconocer una manipulación en una línea de comunicación eléctrica 1 (en lo sucesivo, también denominada simplemente línea 1). A tal fin la Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de la línea eléctrica 1 con dos componentes acoplados 2, 3. En las figuras, los términos componente y nodo de comunicación se usan como sinónimos. La línea eléctrica 1 es, por ejemplo, un cable eléctrico. La línea eléctrica 1 tiene una resistencia R determinada, una inductancia L determinada y capacitancia C determinada.

35 En el paso 101 se determina un parámetro definido que depende de la resistencia R determinada y la capacitancia C determinada y/o la inductancia L determinada de la línea eléctrica 1. En la etapa 102, el parámetro determinado se compara con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación. En la etapa 103, se reconoce una manipulación de la línea eléctrica 1 en función del resultado de comparación proporcionado.

40 En la Fig. 3 se muestra un diagrama de flujo de una segunda realización ejemplar de un procedimiento para reconocer una manipulación en una línea eléctrica 1. A tal fin, la Fig. 4 muestra una línea eléctrica 1, por medio de la cual se acoplan dos nodos de comunicación 2, 3. La línea eléctrica 1 tiene una resistencia R y una capacitancia C. Además, la línea eléctrica 1 de la Fig. 4 está acoplada a una resistencia Pull-Down 4.

45 En el paso 301, se carga la capacitancia C de la línea eléctrica 1. En el paso 302, todos los nodos de comunicación 2, 3 acoplados a la línea eléctrica 1 se conmutan a alta impedancia. En el ejemplo de realización de la Fig. 4, estos son los nodos de comunicación 2 y 3.

50 En la etapa 303, se mide un tiempo de descarga definido durante una descarga de la capacidad del cable eléctrico. El tiempo de descarga definido τ puede corresponder al producto de la resistencia R y la capacitancia C ($\tau = R \cdot C$). En particular, la capacitancia C de la línea eléctrica 1 se descarga por medio de la resistencia Pull-Down 4.

55 En la etapa 304, el tiempo de descarga medido se compara con un tiempo de descarga de referencia, y como resultado de la comparación, se proporciona un resultado de comparación. En la etapa 305, se reconoce una manipulación en la línea eléctrica 1 en función del resultado de comparación proporcionado. Es decir, se puede deducir del resultado de la comparación si la línea eléctrica ha sido manipulada. Un ejemplo de tal manipulación de este tipo es la conexión de un cable adicional.

60 La Fig. 5 ilustra un diagrama de flujo de un tercer ejemplo de realización de un procedimiento para detectar una manipulación en una línea eléctrica 1. A tal fin, la Fig. 6 muestra una introducción de comunicación 2 con dos nodos de comunicación acoplados 2, 3 y una resistencia Pull-Up 5.

65 En la etapa 501, se descarga la capacitancia C del cable eléctrico 1. En la etapa 502, los nodos de comunicación 2, 3 acoplados a la línea eléctrica 1 se conmutan a alta impedancia. La conmutación de alta impedancia de los nodos de comunicación 2, 3 acoplados a la línea eléctrica 1 se lleva a cabo, en particular, por medio de un controlador de tres estados 6 (véase la Fig. 8).

5 En el paso 503, la capacitancia C del cable eléctrico 1 se carga por medio de la resistencia Pull-Up 5. En la etapa 504, se mide un tiempo de carga definido durante la carga de la capacitancia C de la línea eléctrica. En la etapa 505, el tiempo de carga medido se compara con un tiempo de carga de referencia para proporcionar un resultado de comparación. En la etapa 506, se reconoce o detecta una manipulación de la línea eléctrica 1 en función del resultado de comparación proporcionado.

10 La Fig. 7 muestra un dispositivo 10 para el reconocimiento de una manipulación de una línea eléctrica 1, por medio de la cual al menos dos nodos de comunicación 2, 3 están acoplados y que tiene una resistencia R determinada y una capacidad C determinada.

15 El dispositivo 10 tiene un medio de determinación 11, un medio de comparación 12 y un medio de reconocimiento 13. Los medios de determinación 11 están dispuestos para determinar un parámetro que depende de la resistencia R determinada y la capacitancia C determinada y/o la inductancia L determinada de la línea eléctrica 1. Los medios de comparación 12 están configurados para comparar el parámetro determinado con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación. Los medios de reconocimiento 13 están adaptados para reconocer una manipulación de la línea eléctrica 1 en función del resultado de comparación proporcionado.

20 Además, la Fig. 8 muestra un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un componente 2, que se ilustra, por ejemplo, en la Fig. 2. El componente 2 es preferiblemente un bus maestro y comprende el dispositivo 10 de la Fig. 7 y un controlador de triple estado 6. El dispositivo 10 y el controlador de tres estados 6 están acoplados a través de un bus de datos 7.

25 A continuación se presentan los resultados de algunos experimentos prácticos. La configuración de medición utilizada consiste en una placa Spartan 3 FPGA de la Compañía Xilinx, en la que se conecta una almohadilla de conexión del FPGA a través de una resistencia de 1 Mohm a tierra. La almohadilla se ajustó periódicamente al valor 1, que cargó el elemento RC resultante de la almohadilla y los circuitos externos a la tensión de operación del FPGA de 3.3 V, y luego la cambió a alta impedancia. Se utiliza un contador de 32 bits de ancho operado con el reloj del sistema de 66 MHz para medir el tiempo hasta que la almohadilla de conexión vuelve al valor 0.

30 Con esta configuración de medición, se han llevado a cabo cuatro experimentos, cuyos resultados se muestran en las Figuras 9 a 13. En cada experimento se registraron 10.000 muestras de medición. Las Fig. 9 a 12 muestran la distribución de las frecuencias de los estados de contador medidos en cuatro experimentos diferentes.

35 A este respecto la Fig. 9 muestra un primer experimento en el que el montaje descrito anteriormente se ha utilizado sin cableado adicional.

40 La Fig. 10 muestra un segundo experimento en el que un cable adicional con una longitud de aproximadamente 70 cm se ha conectado en un lado al panel de conexión del FPGA. Los efectos resultantes de la carga capacitiva adicional del cable en comparación con el Experimento 1 se pueden ver claramente comparando la curva K2 de la Figura 10 con la curva K1 de la Fig. 9.

La Fig. 11 ilustra un tercer experimento en el que se ha conectado un voltímetro digital entre la almohadilla y la tierra de la placa FPGA. A este respecto el voltímetro fue apagado.

45 La Fig. 12 muestra un cuarto experimento en el que el voltímetro digital se ha cambiado entre la almohadilla y la tierra de la placa FPGA. A este respecto el voltímetro fue encendido.

50 La Figura 13 contiene las curvas K1 a K4 de los cuatro experimentos para permitir una mejor comparación. Se puede apreciar claramente cómo el valor promedio de las distribuciones medidas cambia de un experimento a otro.

Si bien la invención se ilustró y describió más detalladamente con el ejemplo de realización preferido, la invención no se ve limitada con los ejemplos dados a conocer y se pueden derivar otras variaciones por el especialista en la técnica, sin que se abandone el ámbito protector de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para detectar una manipulación de al menos una línea de comunicación eléctrica (1), por medio de la cual al menos dos participantes de comunicación (2, 3) están acoplados y que tiene una resistencia (R) determinada, una capacitancia (C) determinada y una inductancia (L) determinada, con los pasos - determinación (301) de un parámetro definido que se determina por la resistencia (R) determinada y la capacitancia (C) determinada o la resistencia (R) determinada y la inductancia (L) determinada o por la resistencia (R) determinada y la capacitancia (C) determinada y la inductancia (L) determinada de la línea de comunicación eléctrica (1), en donde como el parámetro se determina un período de tiempo que depende de la resistencia (R) determinada y la capacitancia (C) determinada de la línea de comunicación eléctrica (1), - comparación (302) del parámetro determinado con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y
- 10
- 15 - Detectar (303) una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1) en función del resultado de comparación proporcionado.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado por** los pasos:
- 25 - medición de la temperatura ambiente actual de la línea de comunicación eléctrica (1),
- cambio del parámetro determinado y/o el parámetro de referencia por medio de una compensación de temperatura en función de la temperatura ambiente actual medida,
- 30 - comparación del parámetro con el parámetro de referencia para proporcionar el resultado de la comparación, y
- detección de una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1) en función del resultado de comparación proporcionado.
- 35 3. Procedimiento según la reivindicación 2,
- caracterizado porque,**
- el parámetro definido determinado actual de la línea de comunicación eléctrica (1) se utiliza para una compensación de temperatura de al menos una línea eléctrica adicional.
- 40 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por las etapas de:
- determinar al menos una información de estado de la línea de comunicación eléctrica (1),
- cambiar el parámetro determinado y/o el parámetro de referencia mediante una compensación de estado en función de la información de al menos una información de estado determinada,
- 45 - comparación del parámetro con el parámetro de referencia para proporcionar el resultado de la comparación, y
- detección de una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1), en función del resultado de comparación proporcionado.
- 50 5. Procedimiento según la reivindicación 4,
- caracterizado porque,**
- la información de al menos un estado determinado de la línea de comunicación eléctrica (1) se utiliza para la compensación de estado de al menos una línea eléctrica adicional.
- 55 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** los pasos:
- 60 - carga (301) de la capacidad (C) de la línea de comunicación del cable eléctrico (1),
- conmutación de alta impedancia (302) de todas las estaciones de comunicación (2, 3) acopladas a la línea de comunicación eléctrica (1),
- 65 - medición (303) de un tiempo de descarga definido durante una descarga de la capacitancia (C) de la línea de comunicación eléctrica (1),

- comparación (304) del tiempo de descarga medido con un tiempo de descarga de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y

5 - detectar (305) una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1) en función del resultado de comparación proporcionado.

7. Procedimiento según la reivindicación 6,

caracterizado porque,

10

la capacidad (C) de la línea de comunicación eléctrica (1) se descarga mediante una resistencia Pull-Down (4).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** los pasos:

15

- descarga (501) de la capacitancia (C) de la línea de comunicación eléctrica (1),

- conmutación de alta impedancia (502) de todas las estaciones de comunicación (2, 3) acopladas a la línea de comunicación eléctrica (1),

20

- carga (503) de la capacitancia (C) de la línea de comunicación eléctrica (1) de una resistencia Pull-Up (5),

- medición (504) de un tiempo de carga definido durante la carga de la capacitancia (C) de la línea de comunicación eléctrica (1),

25

- comparación (505) del tiempo de carga medido con un tiempo de carga de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y

- detección (506) de una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1) en función del resultado de comparación proporcionado.

30

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** la conmutación de alta impedancia de todos los nodos de comunicación (2, 3) acoplados a la línea de comunicación eléctrica (1) se lleva a cabo por medio de al menos un controlador de tres estados (6).

35

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la línea de comunicación eléctrica (1) está formada como un bus de comunicación.

11. Producto de programa informático, que provoca la ejecución de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10 en un dispositivo controlado por programa.

40

12. Dispositivo (10) para detectar una manipulación de al menos una línea de comunicación eléctrica, por medio de la cual se acoplan al menos dos nodos de comunicación y que tiene una resistencia determinada y una capacitancia determinada y una inductancia determinada, con:

45

un medio de determinación (11) para determinar un parámetro que está determinado por la resistencia (R) determinada y la capacitancia (C) determinada o la resistencia (R) determinada y la inductancia (L) determinada o por la resistencia (R) determinada y capacitancia (C) determinada y la inductancia (L) determinada de la línea de comunicación eléctrica (1), en donde como el parámetro se determina un período de tiempo que depende de la resistencia (R) determinada y la capacitancia (C) determinada de la línea de comunicación eléctrica (1), un medio de comparación (12) para comparar el parámetro determinado con un parámetro de referencia para proporcionar un resultado de comparación, y un medio de reconocimiento (13) para reconocer una manipulación de la línea de comunicación eléctrica (1) en función del resultado de comparación proporcionado.

50

13. Ensamblaje, con:

55

una línea de comunicación eléctrica (1) que tiene una resistencia (R) determinada, una capacitancia (C) determinada y una inductancia (L) determinada, al menos dos nodos de comunicación (2, 3) que están acoplados a través de la línea de comunicación eléctrica (1), y un dispositivo (10) para detectar una manipulación en la línea de comunicación eléctrica según la reivindicación 12.

60

FIG 1

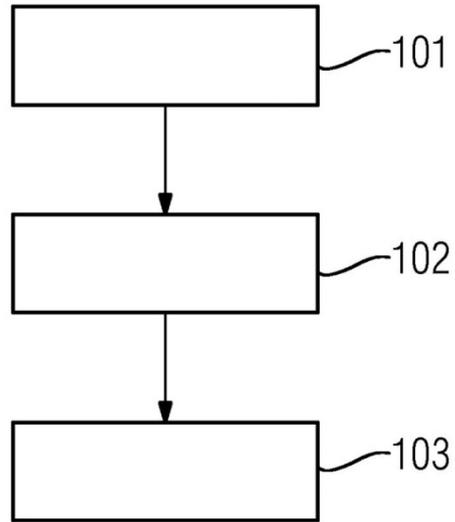


FIG 2

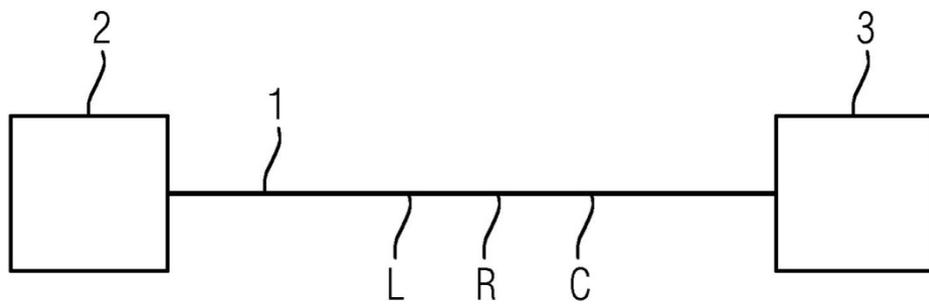


FIG 3

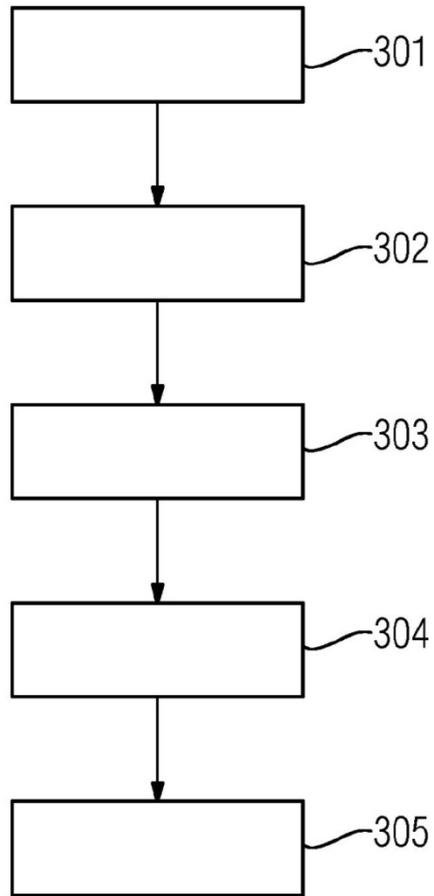


FIG 4

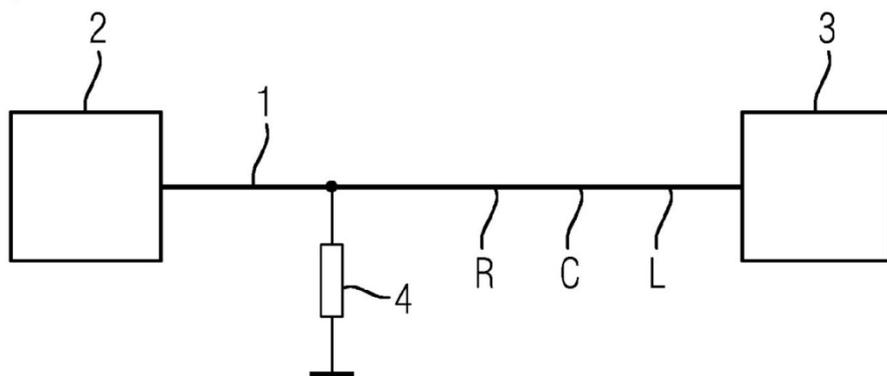


FIG 5

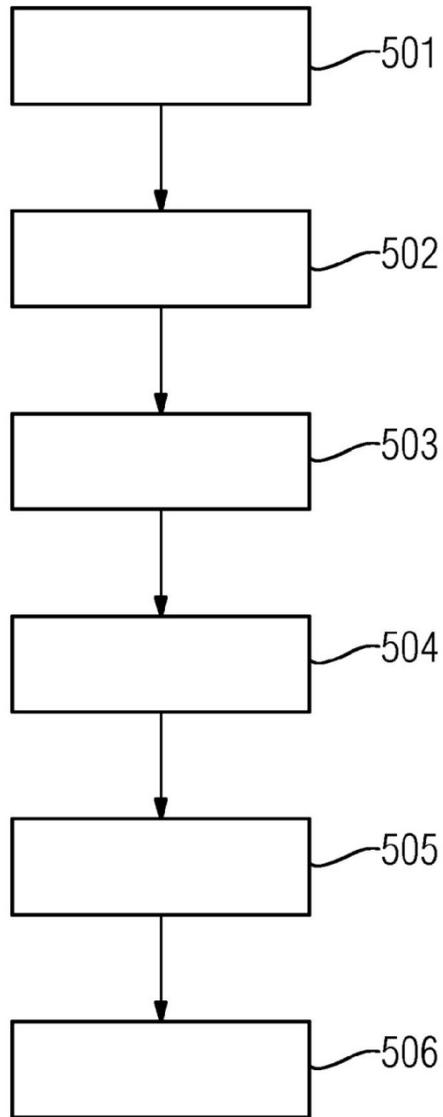


FIG 6

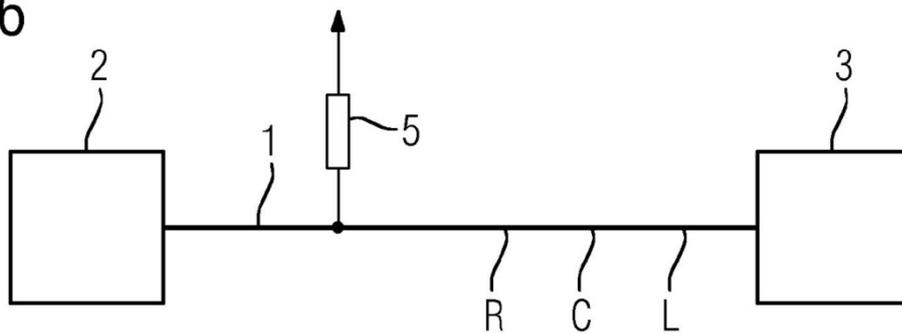


FIG 7

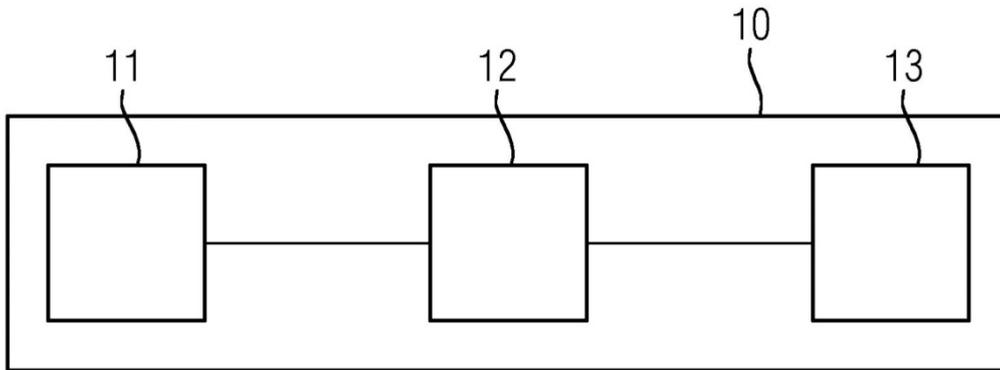
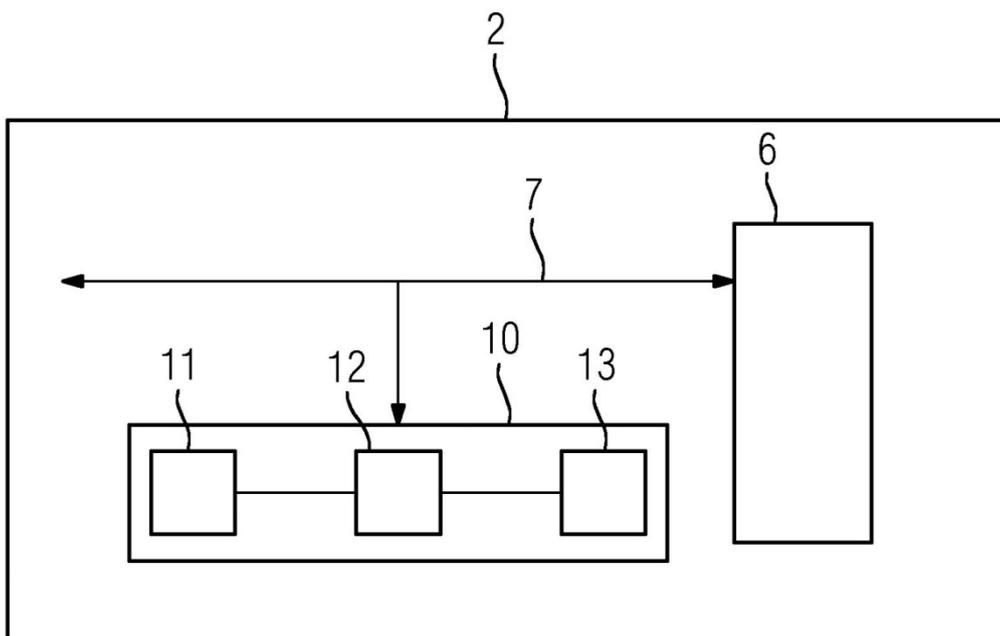
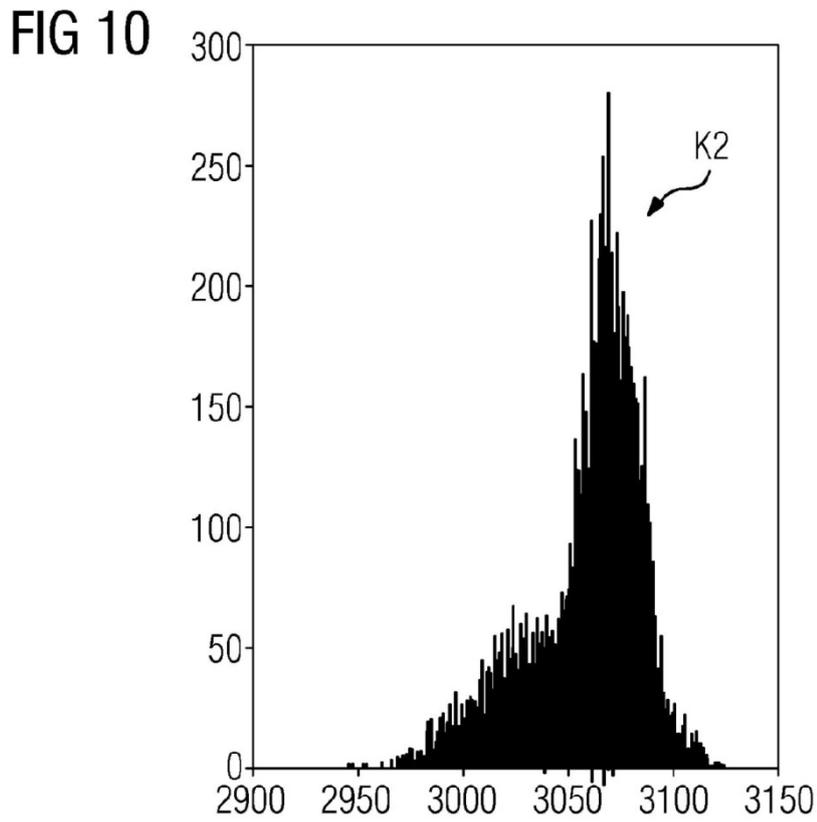
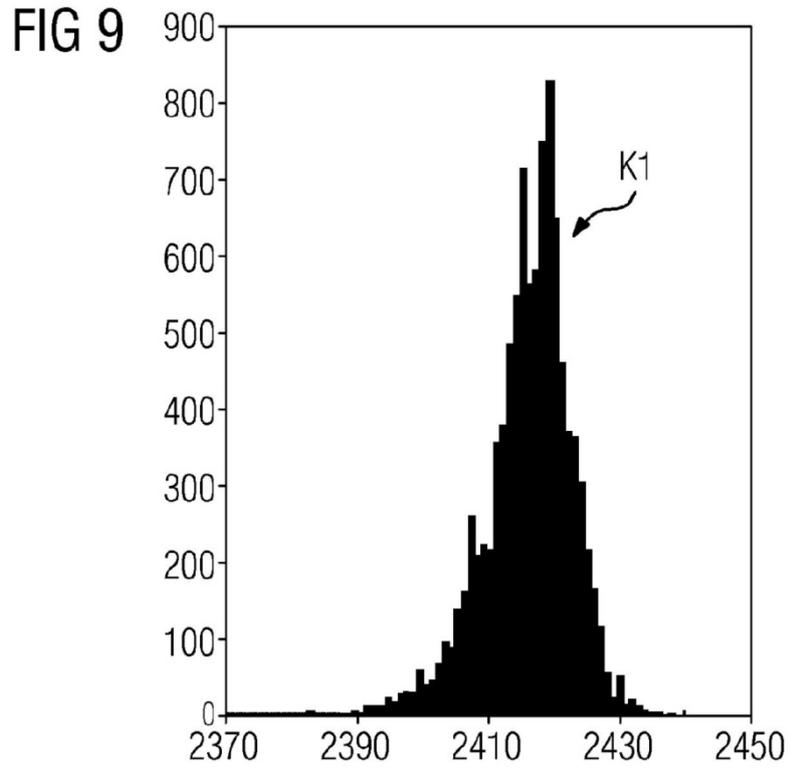


FIG 8





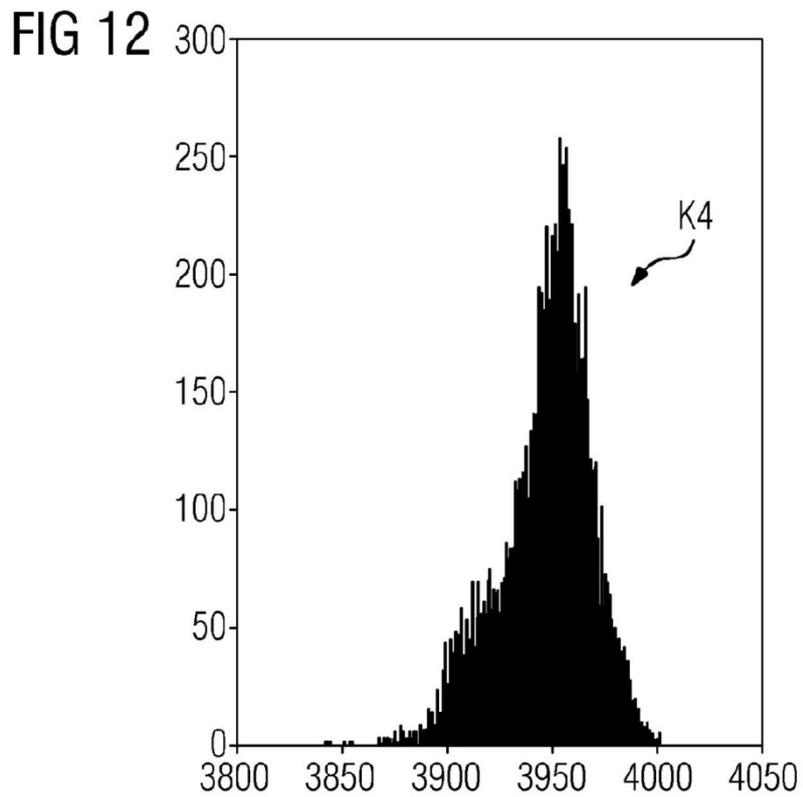
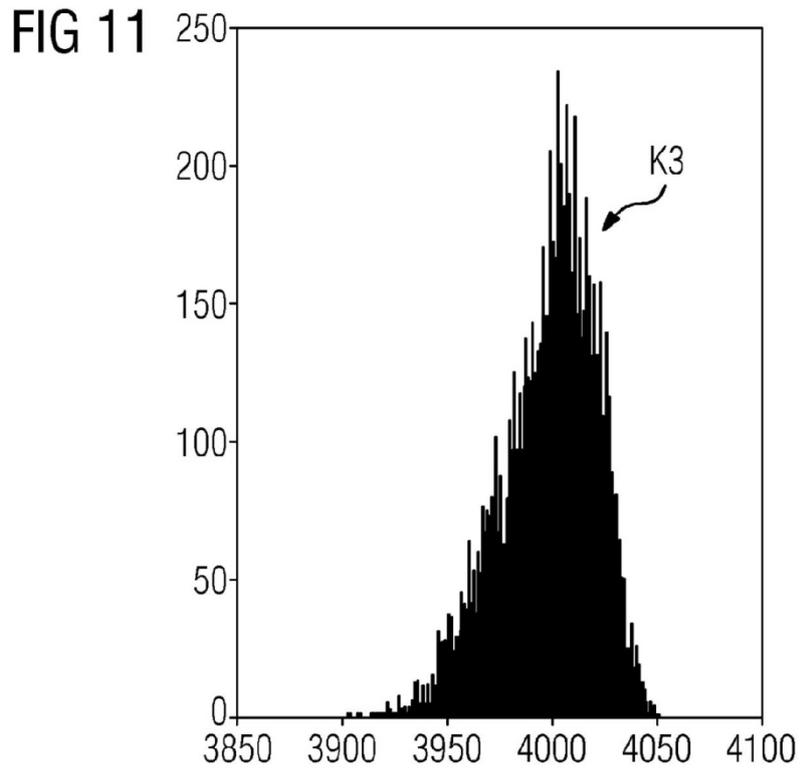


FIG 13

