

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 523**

51 Int. Cl.:

G01B 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2020** **E 20208640 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024** **EP 4001828**

54 Título: **Sensor de desgaste y método de detección de desgaste**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.11.2024

73 Titular/es:

METSO FINLAND OY (100.0%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI

72 Inventor/es:

FRIZELL, NIGEL

74 Agente/Representante:

BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 2 985 523 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

Sensor de desgaste y método de detección de desgaste

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sensor de desgaste y a un método para detectar el desgaste que se produce en un objeto. La presente invención se refiere además a un sistema de detección de desgaste que comprende el sensor de desgaste y un dispositivo de medición para medir la cantidad de desgaste que se produce en el objeto.

10 **Antecedentes**

Las plantas y equipos en muchas industrias están sujetos a desgaste por el paso o flujo de materiales abrasivos. Por ejemplo, en minería, puede hacerse pasar mena a través de rampas sobre transportadores para su procesamiento posterior. Estas rampas están sujetas a un desgaste sustancial por el paso de rocas grandes, pesadas y duras. Para prolongar la vida útil de servicio de tales plantas y equipos, se conoce fijar placas de desgaste de sacrificio o revestimientos de desgaste a las superficies que de otro modo estarían en contacto con el material abrasivo. Independientemente de si se usan o no placas de desgaste, para gestionar y mantener de manera óptima las plantas y los equipos, es práctica habitual monitorizar el desgaste. Esto puede realizarse mediante el uso de sensores de desgaste, en particular en situaciones en las que la inspección manual es físicamente imposible o requiere un tiempo de inactividad sustancial.

El documento US 2012/043980 A1 describe un sensor de desgaste que tiene un circuito eléctrico que comprende una pluralidad de elementos discretos (resistencias), en el que cada uno de los elementos discretos tiene una característica eléctrica nominal (por ejemplo, la misma resistencia, o capacidad eléctrica o inductancia) y, por tanto, contribuye a una característica eléctrica medible del circuito. Cada elemento discreto es capaz de desacoplarse eléctricamente (es decir, desconectarse) del circuito eléctrico por la acción del desgaste en el sensor. Como tal, cuando se produce desgaste en el sensor y uno o más de los elementos discretos se desacoplan eléctricamente, se produce un cambio en la característica eléctrica medible de todo el circuito eléctrico y el cambio medido indica la cantidad de desgaste. Sin embargo, medir la característica eléctrica global del circuito eléctrico solo puede no indicar un fallo de sensor, es decir, distinguir entre un escenario en el que un fallo de resistencia que contribuye a la característica eléctrica global se debe a que la resistencia se desgasta o se debe a otro problema de la resistencia.

El documento WO 2020/061634 describe un sensor de desgaste para su uso en un fijador de detección de desgaste. Se muestra un circuito que tiene resistencias y diodos Zener para medir el desgaste. Sin embargo, con el diseño basado en diodos Zener debido a la naturaleza de los diodos, la tensión a lo largo del circuito eléctrico es proporcional al número de diodos Zener. Esto significa que a medida que aumenta el número de diodos Zener, aumenta considerablemente la tensión. Por tanto, es difícil generar de manera efectiva la tensión requerida a partir de una batería típica que puede requerir un circuito elevador. Dicho de otro modo, el uso de diodos Zener en un circuito eléctrico de un sensor de desgaste requiere una mayor tensión que la que puede proporcionar una batería típica y, por tanto, requeriría un convertidor elevador y una fuente de corriente constante. Como resultado, un diseño basado en diodos Zener limita el número práctico de elementos implicados. Por ejemplo, en un diseño basado en diodos Zener, una tensión de ruptura de 1,8 V y 70 diodos Zener para el sensor de desgaste requiere una tensión de alimentación de $1,8 \text{ V} \times 70 = 126 \text{ V}$. Esto significa que hay un límite superior práctico. Además, la polarización de los diodos Zener conduce a un aumento de la corriente que conduce a un mayor consumo de energía con efectos negativos sobre la vida de la batería.

Anónimo: "Shift register - Wikipedia", 18 de octubre de 2019 (18-10-2019), recuperado de Internet: URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shift_register&oldid=921827319 describe registros de desplazamiento en general.

El documento AU 2018 101 067 A4 se refiere a un sensor de placa de desgaste para un elemento de sacrificio, tal como un revestimiento de desgaste, que incluye una placa de circuito que tiene una pluralidad de pistas impresas en la misma. Cada una de las pistas está conectada a entradas discretas de un microcontrolador o chip de E/S sobre o adyacente a la placa de circuito para generar de ese modo un número binario. Las pistas impresas pueden separarse secuencialmente por el desgaste del sensor, de tal manera que se altera el número binario del microcontrolador o chip de E/S.

El documento CN 204 113 978 U se refiere a un dispositivo de visualización de fallos de un interruptor de desgaste de freno. El dispositivo de visualización de fallos comprende un dispositivo de detección de señal de desgaste de freno, un módulo de suministro de energía, un acoplador fotoeléctrico y una pluralidad de microinterruptores, en el que cada microinterruptor está conectado en serie con una lámpara de visualización de fallos por el dispositivo de detección de señal de desgaste de freno del acoplador fotoeléctrico. Cada microinterruptor está conectado en serie con una lámpara de visualización de fallos. Cuando la extensión del desgaste del freno está más allá del límite, se cambia el estado del interruptor, es decir, se cierra el contacto normalmente abierto del interruptor de carrera de desgaste del freno. Por tanto, la lámpara de visualización de fallos conectada en serie se ilumina para visualizar que

el fallo se produce mediante algún microinterruptor, de tal manera que el técnico de mantenimiento puede descubrir rápidamente el freno en forma de disco con el fallo y repararlo y someterlo a mantenimiento para resolver oportuna y eficazmente el problema.

- 5 El documento JP S59 51229 U se refiere a un detector de desgaste que tiene un detector cuyo circuito está abierto en el límite de desgaste de un detector de desgaste. El detector de desgaste comprende un interruptor de arranque conectado a un circuito indicador de alarma tal como una lámpara, y un terminal de detector conectado a un terminal de base de un transistor proporcionado en el circuito.

10 Sumario de la invención

Problema técnico

- 15 Para indicar mejor el fallo del sensor de desgaste, por ejemplo, para distinguir mejor entre un escenario en el que un fallo de la resistencia en contribuir a la característica eléctrica global se debe a que la resistencia se desgasta o se debe a otro problema de la resistencia, puede usarse un circuito eléctrico tal como se muestra en la figura 1 en el que cada resistencia se sondea individualmente. La figura 1 muestra un circuito eléctrico convencional basado en resistencias que comprende una pluralidad de resistencias que están alineadas a lo largo de una pista.

- 20 El circuito 100 eléctrico mostrado en la figura 1 tiene una pista 110 común para todas las resistencias R46 a R52 y R62 a R68 y pistas P1 a P13 y P17 de línea individuales para cada resistencia. En lugar de resistencias, pueden usarse condensadores, pistas, diodos o similares. Según el circuito 100 eléctrico de la figura 1, cada resistencia se activa secuencialmente por turnos (por ejemplo, a través de la pista P7 de línea para la resistencia R62) y la tensión a través de todas las demás resistencias se mide secuencialmente. Además, tales mediciones de tensión se usan, por ejemplo, en un algoritmo, para determinar si falta una resistencia individual (debido al desgaste), está cortocircuitada o está fuera de la tolerancia.

- 30 Sin embargo, un circuito eléctrico de este tipo para un sensor de desgaste presenta los siguientes problemas técnicos. Un sensor de desgaste típico estaría equipado, por ejemplo, con 70 resistencias, que deben sondearse individualmente de manera individual. El tiempo de medición global es, por tanto, bastante largo (por ejemplo, para un sensor de desgaste con 70 resistencias, el tiempo de medición global es de aproximadamente 0,6 segundos). El experto reconoce que una rotura en la línea común afecta irreversiblemente a todas las mediciones y el sensor de desgaste se vuelve inutilizable ya que no hay redundancia. Además, el circuito eléctrico no se modifica a escala fácilmente debido al número de pistas requeridas (línea común más pistas de línea individuales (por ejemplo, 70) para cada resistencia) y añade complejidad ya que se requiere un convertidor analógico a digital o similar por resistencia. Normalmente, proporcionar tal cantidad de convertidores analógico a digital para un sensor requiere más de un controlador de interfaz programable (PIC) o similar, lo que aumenta los costes de fabricación y/o los requisitos de firmware.

- 40 Por tanto, existe la necesidad de abordar estos problemas técnicos asociados con los sensores de desgaste que tienen el diseño basado en resistencias anterior tal como se muestra en la figura 1. Estos problemas técnicos deben abordarse de una manera que evite mayores requisitos de consumo de energía como en el diseño basado en diodos Zener del documento WO 2020/061634.

45 Solución

La presente invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas. Otras realizaciones preferidas se definen por las reivindicaciones dependientes.

- 50 Según un aspecto, un sensor de desgaste comprende un circuito eléctrico que comprende una secuencia de elementos discretos, siendo cada elemento discreto capaz de mantener temporalmente un valor de datos digital, en el que el circuito eléctrico está configurado para transferir o desplazar secuencialmente el valor de datos digital desde un primer elemento discreto en un primer lado del sensor de desgaste a elementos discretos posteriores hacia un segundo lado del sensor de desgaste. Cada elemento discreto es capaz de desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico, secuencialmente en una dirección desde el segundo lado por la acción del desgaste en el sensor de desgaste, en el que se reduce el número de elementos discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor de desgaste.

- 60 Según otro aspecto, un método para detectar el desgaste que se produce en un objeto comprende transferir secuencialmente un valor de datos digital desde un primer elemento discreto en un primer flanco de un sensor de desgaste a elementos discretos posteriores hacia un segundo flanco del sensor de desgaste. El sensor de desgaste comprende un circuito eléctrico, el circuito eléctrico comprende una secuencia de elementos discretos, manteniendo cada elemento discreto temporalmente el valor de datos digital, y un elemento discreto se desacopla eléctricamente de la secuencia de elementos discretos, secuencialmente en una dirección desde el segundo flanco, por acción del desgaste en el sensor de desgaste, en el que se reduce el número de elementos discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor de desgaste.

Según otro aspecto, un sistema de detección de desgaste comprende uno o más sensores de desgaste y un dispositivo de medición configurado para medir la cantidad de desgaste que se produce en un objeto basándose en el uno o más sensores de desgaste.

5

Según otro aspecto, el equipo sujeto a desgaste comprende un sensor de desgaste.

Breve descripción de los dibujos

10 A continuación se describirán realizaciones de la presente invención, que se presentan para una mejor comprensión de los conceptos de la invención y que no deben considerarse como limitativos de la invención, con referencia a las figuras en las que:

15 La figura 1 muestra un circuito eléctrico convencional basado en resistencias que comprende una pluralidad de resistencias que están alineadas a lo largo de una pista.

Las figuras 2A y 2B muestran un sensor de desgaste que comprende un circuito eléctrico según una realización.

20 La figura 3 muestra una sección transversal de una configuración a modo de ejemplo de una rampa y un transportador usados en minería, en la que se instala un sensor de desgaste según una realización.

Las figuras 4A y 4B muestran circuitos eléctricos de un sensor de desgaste que tiene varios elementos biestables como elementos discretos según una realización.

25 La figura 5 muestra un diagrama de señal-tiempo a modo de ejemplo para un elemento biestable D.

La figura 6 muestra un circuito eléctrico de un sensor de desgaste sobre un sustrato según una realización.

30 La figura 7A muestra un circuito eléctrico y su salida a lo largo de una secuencia de elementos biestables según una realización.

La figura 7B muestra diagramas de señal-tiempo con respecto a la figura 7A.

35 Las figuras 8A y 8B muestran diseños de placas de circuito impreso en combinación con sensores de desgaste.

La figura 9 muestra circuitos eléctricos de un sensor de desgaste sobre un sustrato según una realización.

La figura 10 muestra un método para detectar el desgaste que se produce en un objeto según una realización.

40 La figura 11 muestra un sistema de detección de desgaste según una realización.

Descripción detallada

45 El/los mecanismo(s) descrito(s) anteriormente y con más detalle a continuación resuelven problemas técnicos que surgen con respecto a los sensores de desgaste convencionales. Se desea proporcionar un sensor de desgaste que sea capaz de medir de manera precisa y constante el desgaste que se produce en un objeto, en el que deben evitarse fallos de medición debidos a una avería del sensor y debe reducirse el tiempo de medición. Además, se desea proporcionar un sensor de desgaste fácilmente modificable a escala que tenga pequeñas dimensiones.

50 La figura 2A muestra un sensor de desgaste que comprende un circuito eléctrico según una realización. El sensor 200 de desgaste puede comprender un circuito eléctrico, en el que el circuito eléctrico puede comprender una secuencia de elementos discretos, por ejemplo, elementos 210, 211, 212, 213 y 214 discretos en la figura 2A. El sensor 200 de desgaste no se limita a cinco elementos discretos, sino que puede comprender más o menos elementos discretos dependiendo del tamaño deseado del sensor 200 de desgaste. Cada elemento 210, 211, 212, 213 y 214 discreto puede ser capaz de mantener temporalmente un valor de datos digital, tal como "1", en el que el
55 circuito eléctrico puede transferir o cambiar secuencialmente el valor de datos digital desde un primer elemento 210 discreto en un primer flanco 220 del sensor 200 de desgaste a elementos 211, 212, 213 y 214 discretos posteriores hacia un segundo flanco 230 del sensor 200 de desgaste. El valor de datos digital de "1" puede representarse por una primera tensión en el elemento discreto. En comparación, el valor de datos digital de "0" puede representarse por una segunda tensión en el elemento discreto, siendo la segunda tensión menor que la primera tensión.
60

Mantener temporalmente un valor de datos digital significa almacenar temporalmente el valor de datos digital mediante un elemento discreto. Transferir o desplazar secuencialmente el valor de datos digital significa emitir un valor de datos digital almacenado temporalmente en un primer elemento discreto y transmitir el valor de datos digital
65 emitido a un segundo elemento discreto posterior que está conectado al primer elemento discreto, en el que el segundo elemento discreto puede almacenar entonces el valor de datos digital transmitido. El primer flanco 220

puede indicar un extremo del sensor 200 de desgaste y el segundo flanco 230 puede indicar otro extremo del sensor 200 de desgaste.

Cada elemento 210, 211, 212, 213 y 214 discreto puede ser capaz de desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico, secuencialmente en una dirección desde el segundo flanco 230 por la acción del desgaste en el sensor 200 de desgaste, en el que se reduce el número de elementos discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor 200 de desgaste. Por ejemplo, cada elemento discreto es capaz de desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico, secuencialmente en una dirección desde el segundo flanco 230 hacia el primer flanco 220 por acción del desgaste en el sensor 200 de desgaste. Cuando un elemento discreto se desacopla eléctricamente del circuito eléctrico, el elemento discreto puede desconectarse de la secuencia de elementos discretos, reduciendo de ese modo el número de elementos discretos que existen en la secuencia de elementos discretos. Este número puede ser 1, 2 (tal como se muestra en la figura 2B), o un número mayor si se produce una mayor cantidad de desgaste.

La figura 2B muestra de nuevo un sensor de desgaste según una realización, en el que se produce desgaste en el sensor de desgaste. El sensor 200 de desgaste de la figura 2B es el mismo sensor de desgaste que se muestra en la figura 2A y comprende un circuito eléctrico inicialmente con cinco elementos 210, 211, 212, 213 y 214 discretos. Debido al desgaste que se produce en el sensor 200 de desgaste, dos elementos 213 y 214 discretos se desacoplan eléctricamente del circuito eléctrico, lo que significa que los elementos 213 y 214 discretos se desconectan de la secuencia de elementos discretos. Por tanto, el número de elementos discretos en la secuencia de elementos discretos disminuye desde inicialmente cinco elementos discretos a tres elementos discretos.

La figura 3 muestra una sección transversal de una configuración a modo de ejemplo de una rampa y un transportador usados en minería, en la que se instala un sensor de desgaste según una realización. En la figura 3, se muestra una rampa 310 que tiene una pared 311 y un transportador 330, en la que rocas 320 de diferentes tamaños y formas caen a través de la rampa 310 y se hacen pasar sobre el transportador 330 para ser transportadas para su procesamiento posterior. Por ejemplo, en minería, puede hacerse pasar mena a través de la rampa 310 sobre el transportador 330 para su procesamiento posterior. Sin embargo, debido a que caen rocas 320 pesadas y duras a través de la rampa 310, la rampa 310 está sujeta a un desgaste sustancial.

Para proteger la pared de la rampa 310, puede instalarse una pluralidad de revestimientos de desgaste o placas 312 de desgaste (ejemplos de equipo sujeto a desgaste) de grosor 315 sobre la pared 311 de rampa que pueden reemplazarse o repararse más fácilmente que la pared 311 de rampa. Estas placas 312 de desgaste pueden ser de diferente tamaño y pueden reemplazarse independientemente entre sí dependiendo de la cantidad de desgaste. Sin embargo, puede ser posible instalar también sólo una placa 312 de desgaste que sea lo suficientemente grande como para cubrir toda la pared 311 de rampa. Cuando se produce desgaste en la placa 312 de desgaste debido a que las rocas 320 pesadas y duras que pasan a través de la rampa 310, el grosor 315 de la placa 312 de desgaste puede reducirse.

Por tanto, para poder medir de manera precisa y continua el desgaste que se produce en las placas 312 de desgaste sin tener que detener el proceso de minería, puede instalarse un sensor 340 de desgaste en la placa 312 de desgaste. Por medio del sensor 340 de desgaste, es posible medir de manera precisa y continua el desgaste de la placa 312 de desgaste, es decir, medir la disminución del grosor de la placa 312 de desgaste debido a las rocas 320 que pasan a través de la rampa 310. Si no se usan placas de desgaste, el sensor 340 de desgaste puede instalarse directamente en la pared 311 de la rampa 310.

El sensor 340 de desgaste puede instalarse en una dirección del grosor de la placa 312 de desgaste de tal manera que el primer flanco 341 del sensor 340 de desgaste se dirige hacia fuera de la rampa 310 y el segundo flanco 342 se dirige hacia dentro de la rampa 310. Por tanto, cuando la rampa 310 se desgasta, en particular las placas 312 de desgaste, y disminuye el grosor 315 de las placas 312 de desgaste, al menos un elemento discreto en el sensor 340 de desgaste puede desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico del sensor 340 de desgaste, secuencialmente en una dirección desde el segundo flanco 342 hacia el primer flanco 341 por acción del desgaste en las placas 312 de desgaste y, por tanto, también en el sensor 340 de desgaste. Por tanto, puede reducirse el número de elementos discretos en la secuencia de elementos discretos del sensor 340 de desgaste cuando se produce desgaste en las placas 312 de desgaste y, por tanto, también en el sensor 340 de desgaste.

Según una realización, el número reducido de elementos discretos en el sensor 340 de desgaste puede indicar la cantidad de desgaste. Por ejemplo, el número reducido de elementos discretos indica el grosor 315 restante de las placas 312 de desgaste. Por ejemplo, tal como se muestra también en la figura 2B, si dos elementos discretos se desacoplan eléctricamente, entonces, basándose en la separación o distancia preestablecida entre los elementos discretos, se conoce el número restante o reducido de elementos discretos en el sensor de desgaste y puede determinarse el grosor restante del equipo de desgaste (tal como la placa 312 de desgaste) restando del grosor 315 inicial la longitud total de los dos elementos discretos desacoplados. La longitud global o total relacionada con los elementos discretos desacoplados puede obtenerse considerando los tamaños (extensión física) de los elementos discretos desacoplados más la distancia entre los elementos discretos. La cantidad de desgaste puede basarse en la longitud total relacionada con el número de elementos discretos desacoplados. Si se ha producido una gran

cantidad de desgaste en las placas 312 de desgaste, es decir, cuando la cantidad de desgaste está por encima de un umbral específico, el proceso de minería puede detenerse para proporcionar medidas apropiadas, por ejemplo, reemplazar o reparar las placas 312 de desgaste respectivas. Por tanto, pueden evitarse daños con respecto a la rampa 310.

Dicho de otro modo, puede obtenerse la cantidad de desgaste a partir de la diferencia entre el grosor 315 inicial del equipo de desgaste antes de que se produzca el desgaste (por ejemplo, después de que se haya instalado el equipo de desgaste) y el grosor 315 restante después de que se haya producido el desgaste, en el que el grosor 315 puede reducirse significativamente cuando se ha producido una gran cantidad de desgaste. Por ejemplo, el grosor 315 puede compararse con un umbral específico y si el grosor 315 está por debajo del umbral específico (lo que significa que la cantidad de desgaste está por encima del umbral específico), se detiene el proceso de minería. Por tanto, durante una fase en la que no pasan rocas 320 a través de la rampa, las placas 312 de desgaste pueden repararse o reemplazarse. Por tanto, el desgaste que se produce en la rampa 310 puede medirse de manera continua sin tener que detener el proceso de minería durante la medición, en el que el proceso de minería sólo tiene que detenerse cuando la cantidad de desgaste está por encima de un umbral específico y, por ejemplo, son necesarias medidas de reparación.

Tal como se ha explicado anteriormente, el sensor de desgaste puede comprender elementos discretos que mantienen temporalmente un valor de datos digital y son capaces de transferir o desplazar el valor de datos digital a un elemento discreto posterior del sensor de desgaste. El sensor de desgaste según una realización de la presente invención no comprende una pluralidad de resistencias tal como se describe con respecto a la figura 1, sino una pluralidad de elementos discretos que son capaces de almacenar temporalmente valores de datos digitales (tales como al menos dos tensiones diferentes que representan los valores de datos digitales de "0" y "1") y, por tanto, no requiere un convertidor analógico a digital, un circuito de detección, un circuito de detección o similar por elemento discreto. Como se usan elementos discretos y no se necesitan convertidores digital a analógico o similares, el número de pistas necesarias en el circuito eléctrico del sensor de desgaste y las dimensiones del sensor de desgaste pueden reducirse y el sensor de desgaste puede modificarse a escala fácilmente. Además, el tiempo de medición se reduce al medir el desgaste en comparación con los sensores de desgaste basados en resistencias. Mediante la reducción del tiempo de medición, puede ahorrarse potencia de batería del sensor de desgaste. Por tanto, la vida útil de la batería del sensor de desgaste se prolonga debido a mediciones más rápidas. Además, el sensor de desgaste puede alimentarse por una batería o bloque de baterías tal cual, es decir, sin la necesidad de convertidores elevadores o similares para aumentar la tensión a la tensión que proporciona la batería.

Según una realización, el circuito eléctrico del sensor de desgaste puede instalarse directamente sobre el objeto o equipo cuya cantidad de desgaste debe medirse. Tal como se ha descrito anteriormente, el objeto o equipo puede ser una placa de desgaste o un revestimiento de desgaste. Según otra realización, el sensor de desgaste puede comprender además un sustrato, en el que el circuito eléctrico puede estar soportado por el sustrato. El sustrato puede estar dispuesto a lo largo de una trayectoria sujeta a desgaste. Por ejemplo, el sustrato es un material delgado de cualquier tipo adecuado, en el que el circuito eléctrico del sensor de desgaste está montado sobre el sustrato. El sustrato que tiene el circuito eléctrico puede colocarse entonces sobre el objeto sometido a desgaste. Por ejemplo, con respecto a la figura 3, el sustrato que tiene el circuito eléctrico del sensor 340 de desgaste se proporciona en la placa 312 de desgaste montada sobre la pared 311 de rampa para medir la cantidad de desgaste de la placa 312 de desgaste que se produce debido a las rocas 320 que pasan por la rampa 210.

Según otra realización, los elementos discretos del sensor de desgaste pueden colocarse o conectarse en serie, es decir, consecutivamente, sobre el sustrato, en el que los elementos discretos del sensor de desgaste pueden desacoplarse secuencialmente del sustrato a medida que avanza un desgaste a lo largo de la trayectoria. De nuevo, la trayectoria es la dirección del desgaste, por ejemplo, una trayectoria a lo largo del grosor de una placa 312 de desgaste tal como se describe con respecto a la figura 3.

Los elementos discretos pueden estar separados uniformemente (o de manera sustancialmente uniforme) en el circuito eléctrico o sobre el sustrato. Separando uniformemente (o de manera sustancialmente uniforme) los elementos discretos, puede mejorarse la precisión de la determinación de la cantidad de desgaste que se produce en un objeto o equipo y puede facilitarse el cálculo o la medición de la cantidad de desgaste. Al aumentar el número de elementos discretos en una longitud fija del sensor de desgaste, puede aumentar la precisión. Cuando se conoce el número de elementos discretos que se desacoplaron eléctricamente del circuito eléctrico por la acción del desgaste en el sensor de desgaste, el número de elementos discretos desacoplados puede convertirse en una medida de longitud basándose en una distancia o separación preestablecida entre los elementos discretos. Por ejemplo, si se desacoplaron eléctricamente tres elementos discretos y los elementos discretos están separados uniformemente con una separación de 1 mm, el número de tres elementos discretos desacoplados puede convertirse en aproximadamente 2 mm de desgaste o cualquier otra medida de longitud. Por tanto, una vez que la cantidad de desgaste, por ejemplo representada por una medida de longitud, está por encima de un umbral, pueden realizarse medidas de reparación o reemplazo con respecto al objeto sometido a desgaste. También puede ser posible convertir la cantidad de desgaste en una medida porcentual, en el que debe realizarse reparación o reemplazo cuando la cantidad de desgaste en porcentaje está por encima de un umbral, por ejemplo, si se ha perdido más del 70 % de un sensor de desgaste (y, por tanto, de una placa de desgaste).

Sin embargo, según otra realización, también es posible que los elementos discretos no estén separados uniformemente en el circuito eléctrico o sobre el sustrato. Por ejemplo, los elementos discretos pueden estar separados de una manera exponencial o polinómica. Aunque los elementos discretos no estén separados uniformemente en el circuito eléctrico o sobre el sustrato, todavía puede determinarse la cantidad de desgaste. Por ejemplo, es posible disponer los elementos discretos con menor separación en dirección al primer flanco del sensor de desgaste y disponer los elementos discretos con mayor separación en dirección al segundo flanco del sensor de desgaste; aumentando de ese modo la resolución y precisión de la detección de desgaste en dirección al primer flanco. En este caso, una conversión del número de elementos discretos desacoplados eléctricamente del circuito eléctrico en la cantidad de desgaste se basa en una variación en la separación entre los elementos discretos.

Según una realización, los elementos discretos pueden ser elementos biestables y la secuencia de elementos biestables puede ser una matriz biestable o un registro de desplazamiento. Un elemento biestable puede tener dos estados estables y puede usarse para almacenar o mantener información de estado o un valor de datos digital, como 0 ó 1 (representado por dos valores de tensión diferentes). Un elemento biestable puede ser un dispositivo que almacene o mantenga un único bit (dígito binario) de datos; uno de sus dos estados o bits representa un "1" y el otro representa un "0". El elemento biestable puede ser un dispositivo controlado por reloj, en el que dicho dispositivo controlado por reloj puede ignorar sus entradas excepto en la transición de una señal de reloj dedicada. La señal de reloj hace que el elemento biestable o bien cambie o bien retenga (mantenga) su señal de salida basándose en los valores de las señales de entrada en la transición.

Las figuras 4A y 4B muestran circuitos eléctricos de un sensor de desgaste que tiene varios elementos biestables como elementos discretos según una realización. El circuito 400 eléctrico mostrado en la figura 4A comprende tres elementos 410 biestables, pero esto no es limitativo. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4B, el circuito 400 eléctrico puede comprender más elementos biestables, como nueve elementos biestables. Así, el circuito eléctrico puede comprender también más o menos elementos 410 biestables dependiendo de las dimensiones del equipo sometido a desgaste. Por ejemplo, pueden conectarse hasta 70 elementos biestables o incluso hasta 256 elementos biestables para un sensor de desgaste.

El circuito 400 eléctrico mostrado en la figura 4A o 4B comprende elementos 410 biestables, en el que los elementos 410 biestables pueden ser elementos biestables D. Un elemento biestable D se conoce como elemento biestable "de datos" o "de retardo" que captura el valor de datos digital de la entrada de datos (entrada D) en una porción definida de un ciclo de reloj, tal como el flanco ascendente de una señal de reloj (CK). El valor de datos digital capturados que puede ser "1" o "0" se convierte entonces en la salida Q. En otros tiempos durante el ciclo de reloj, la salida Q no cambia. El elemento biestable D puede considerarse una celda de memoria, una línea de retardo, o similar. El valor de datos digital que va a almacenarse por el elemento biestable puede ser "1" si se aplica una primera cantidad de tensión al elemento biestable. Por ejemplo, el valor de datos digital que va a almacenarse es "1", si se aplica una tensión de entre 2,4 V y 5 V al elemento biestable. Además, el valor de datos digital que va a almacenarse puede ser "0" si se aplica una segunda cantidad de tensión al elemento biestable. Por ejemplo, el valor de datos digital que va a almacenarse es "0", si se aplica una tensión de entre 0 V y 0,4 V al elemento biestable.

La figura 5 muestra un diagrama de señal-tiempo a modo de ejemplo para un elemento biestable D. El diagrama superior en la figura 5 muestra una señal de reloj CK a lo largo del tiempo, en el que la señal de reloj representa un valor de datos digital de "0" si la amplitud de la señal ("tensión") es baja, y un valor de datos digital de "1" si la amplitud de la señal ("tensión") es alta. El diagrama central en la figura 5 muestra una señal de datos D a lo largo del tiempo, en el que la señal de datos representa un valor de datos digital de "0" si la amplitud de la señal ("tensión") es baja, y un valor de datos digital de "1" si la amplitud de la señal ("tensión") es alta. El diagrama inferior en la figura 5 muestra una señal de salida Q a lo largo del tiempo, en el que la señal de salida representa un valor de datos digital de "0" si la amplitud de la señal ("tensión") es baja, y un valor de datos digital de "1" si la amplitud de la señal ("tensión") es alta.

Tal como se muestra en la figura 5, los elementos biestables D sólo capturan el valor de datos digital de la señal de datos D en el flanco ascendente de la señal de reloj CK, en los que el valor de datos digital capturado se convierte en la señal de salida Q. En el flanco descendente de la señal de reloj CK o en cualquier tiempo de la señal de reloj CK distinto del flanco ascendente, se mantiene o almacena el valor de datos digital y la señal de salida permanece sin cambios hasta que llega el siguiente flanco ascendente de la señal de reloj. Esto puede observarse al comparar el diagrama de la señal de entrada D en la figura 5 con el diagrama de la señal de salida Q, en el que el primer valor de datos digital de "1" de la señal de entrada D se convierte en la señal de salida Q, pero el segundo y tercer valores de datos digitales de "1" de la señal de entrada D no se convierten en la señal de salida Q, porque no se producen en los flancos ascendentes de la señal de reloj.

Cuando se proporciona una secuencia de elementos biestables, véanse también las figuras 4A y 4B, la secuencia de elementos biestables puede funcionar como un registro de desplazamiento. Un registro de desplazamiento puede ser una cascada de elementos biestables, que comparten el mismo reloj (CK), en el que la salida Q de cada elemento biestable se conecta a la entrada de datos D del siguiente elemento biestable en la cadena, es decir, en la secuencia, dando lugar a un circuito que desplaza en una posición el valor de datos digital o "matriz de bits"

almacenado en el mismo. Dicho de otro modo, los datos presentes en su entrada se “desplazan” hacia el elemento biestable y el último bit en la matriz de bits se “desplaza” hacia fuera del elemento biestable, en cada transición de la entrada de reloj o señal de reloj. Tal como se muestra también en las figuras 4A y 4B, los elementos 410 biestables desplazan su valor de datos digital, es decir, su contenido de memoria, hacia delante en cada ciclo de reloj. El desplazamiento hacia delante significa que los elementos 410 biestables o bien desplazan su valor de datos digital a un elemento biestable posterior o bien están fuera del registro de desplazamiento (es decir, fuera del circuito eléctrico) si el elemento biestable está al final de la secuencia de elementos biestables.

El circuito 400 eléctrico puede comprender una cantidad específica de pistas o líneas, en el que la cantidad específica de pistas o líneas es independiente del número total de elementos discretos (elementos biestables) incluidos en la secuencia. Por tanto, pueden minimizarse las dimensiones del circuito eléctrico y el sensor de desgaste, ya que no aumenta el número de pistas necesarias para el circuito eléctrico cuando se aumenta el número de elementos discretos (elementos biestables). Por tanto, el circuito eléctrico y el sensor de desgaste pueden modificarse a escala fácilmente, es decir, el número de elementos discretos puede cambiarse fácilmente sin la necesidad de pistas, convertidores analógico a digital o similares adicionales.

Por ejemplo, tal como se muestra también en las figuras 4A y 4B, el circuito eléctrico comprende cinco pistas o líneas, en el que las cinco pistas son una pista 420 para una señal de potencia, una pista 440 para una señal de reloj, una pista 430 para una señal de entrada, una pista 450 para una señal de salida y una pista 460 conectada a tierra. La señal de entrada puede ser la señal de datos D, la señal de salida puede ser la señal de salida Q, y la señal de reloj puede ser la señal de reloj CK, tal como se describe con respecto a la figura 4. Para tener un circuito eléctrico de funcionamiento correcto, es necesario aplicar potencia a los elementos biestables a través de la pista 420 y es necesario que los elementos biestables se conecten a tierra a través de la pista 460.

Según una realización, la salida Q de cada elemento 410 biestable puede conectarse además a un diodo 470, tal como se muestra en las figuras 4A y 4B, o a cualquier otro elemento que tenga funcionalidades similares. Sin embargo, esto no es necesario y el circuito 400 eléctrico puede no comprender ningún diodo. El diodo 470 puede configurarse de tal manera que si la señal de salida (salida Q) del elemento biestable representa un valor de datos digital de “1”, es decir, se relaciona con una primera cantidad de tensión de, por ejemplo, 2,4 V a 5 V, el diodo 470 deja pasar corriente a través de la pista 450. Por ejemplo, el diodo 470 es un diodo de Si (diodo de silicio) que deja pasar la corriente a una tensión superior a 0,4 V.

Además, el diodo 470 puede configurarse de tal manera que si la señal de salida (salida Q) del elemento biestable representa un valor de datos digital de “0”, es decir, se relaciona con una segunda cantidad de tensión de, por ejemplo, 0V a 0,4V, el diodo 470 no deja pasar corriente a través de la pista 450. Por ejemplo, el diodo 470 es un diodo de Si (diodo de silicio) que no deja pasar la corriente a una tensión por debajo de 0,4 V.

Un dispositivo de medición (no mostrado) puede conectarse a la pista 450 y puede medir o detectar un valor de tensión o valor de corriente en la pista 450. Midiendo o detectando un valor de tensión o corriente en la pista 450, el dispositivo de medición puede detectar si todavía está presente un valor digital de “1” en la secuencia de elementos biestables y puede determinar así la cantidad de desgaste (tal como se explicará adicionalmente más adelante). En combinación con el reloj, el dispositivo de medición puede determinar además qué elemento biestable emite actualmente el valor de datos digital de “1”. Esto se describe con más detalle a continuación. Al proporcionar diodos 470, es posible proporcionar mediciones de desgaste más precisas, ya que los diodos 470 sólo dejan pasar la corriente a alta tensión mientras que bloquean a pequeñas tensiones erróneas.

La figura 6 muestra un circuito eléctrico de un sensor de desgaste sobre un sustrato según una realización. El sensor 640 de desgaste puede ser el sensor 200 de desgaste de las figuras 2A y 2B o el sensor 340 de desgaste de la figura 3 que comprende un sustrato 643. Se han explicado anteriormente realizaciones de un sustrato, en las que el sustrato puede ser un material delgado de cualquier tipo adecuado. El sustrato 643 puede colocarse en una rampa o una placa de desgaste, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 3, en la dirección del grosor de la placa de desgaste para detectar el desgaste que se produce en la placa de desgaste debido, por ejemplo, a rocas pesadas y duras. Sobre el sustrato 643 puede colocarse un circuito 610 eléctrico. El circuito 610 eléctrico puede ser un circuito eléctrico tal como se describe con respecto a las figuras 2A y 2B o las figuras 4A y 4B. Un primer flanco 641 del sensor de desgaste (lado no afectado del sensor de desgaste) puede dirigirse hacia fuera de la rampa o cualquier otro equipo sujeto a desgaste, tal como se muestra también en la figura 3, y un segundo flanco 642 del sensor de desgaste (lado afectado del sensor de desgaste) puede dirigirse hacia dentro de la rampa o cualquier otro equipo sujeto a desgaste. Dicho de otro modo, el segundo flanco 642 puede tener contacto inmediato con material, elementos, objetos o similares, por ejemplo rocas, que provocan desgaste en el sensor de desgaste y afecta de ese modo al número de elementos discretos. El segundo flanco 642 del sensor de desgaste que está dirigido hacia dentro puede estar sujeto a desgaste, en el que un elemento biestable hacia el segundo flanco 642 puede desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico en dirección al primer flanco 641 por la acción del desgaste que se produce en el sensor de desgaste.

Según una realización, puede determinarse la cantidad de desgaste basándose en un número de transiciones de reloj entre los elementos biestables en la secuencia hasta que la salida a lo largo de la secuencia de elementos

biestables sea un valor de datos digital de cero ("0"), y preferiblemente permanezca siendo cero a lo largo de un número específico de relojes. La salida puede tener un valor de datos digital de uno ("1") siempre que esté presente un valor de datos digital de uno ("1") en la secuencia de biestables (y, por tanto, se mantenga en el circuito eléctrico).

La figura 7A muestra un circuito eléctrico y su salida a lo largo de una secuencia de elementos biestables según una realización. El circuito eléctrico comprende cinco elementos biestables, en los que "FF1", "FF2", "FF3", "FF4" y "FF5" representan un primer elemento biestable FF1, un segundo elemento biestable FF2, un tercer elemento biestable FF3, un cuarto elemento biestable FF4 y un quinto elemento biestable FF5, estando conectados los cinco elementos biestables como secuencia de elementos biestables. Además, el circuito eléctrico comprende cinco diodos D_FF1, D_FF2, D_FF3, D_FF4 y D_FF5.

En la figura 7A, una señal de entrada que representa un valor de datos digital de "1" se envía en la pista 430 que se detecta o captura por el primer elemento biestable FF1, en particular por la entrada D de FF1, en el reloj 1, por ejemplo en el flanco ascendente del reloj 1. Por tanto, la salida Q de FF1 es "1" y el diodo D_FF1 deja pasar la corriente a la pista 450, tal como se explicó anteriormente. Dicho de otro modo, el diodo D_FF1 después del elemento biestable FF1 envía una señal de salida alta que representa un valor de datos digital de "1" a la salida del circuito eléctrico a través de la pista 450. La amplitud de la señal enviada por D_FF1 puede reducirse ligeramente en comparación con la señal de salida Q, pero todavía puede considerarse como una señal de salida alta que representa un valor de datos digital de "1". Para todos los demás elementos biestables FF2 a FF5, la entrada D en el reloj 1 es baja, es decir, la entrada D tiene un valor de datos digital de "0" en el reloj 1. Por tanto, los elementos biestables FF2 a FF5 tienen un valor de datos digital de "0" en la salida Q y los diodos D_FF2 a D_FF5 bloquean. Cuando los diodos bloquean, no se hace pasar corriente a través de ellos. Por tanto, la salida a lo largo de la secuencia de los elementos biestables FF1 a FF5, es decir, la salida global sobre la corriente eléctrica del sensor de desgaste asciende al valor de datos digital de "1". Un dispositivo de medición (no mostrado) o cualquier otro dispositivo capaz de medir la cantidad de desgaste puede conectarse a la pista 450 y puede detectar o medir la corriente que pasa a través de los diodos D_FF1 a D_FF5.

Para el siguiente reloj 2, el valor de datos digital "1" se desplaza del elemento biestable FF1 al elemento biestable FF2. Así, en el reloj 2, la salida Q de FF1 es "0" mientras que la salida Q de FF2 es "1". Para los restantes elementos biestables FF3 a FF5, la salida Q es también "0". Por tanto, la salida a lo largo de la secuencia de los elementos biestables FF1 a FF5 asciende de nuevo al valor de datos digital de "1" debido al valor de datos digital "1" emitido por FF2. En este contexto, el diodo D_FF2 deja pasar la corriente a la pista 450 mientras que los otros diodos D_FF1 y D_FF3 a D_FF5 bloquean.

El procedimiento anterior también se repite para FF3, FF4 y FF5.

Sin embargo, en el reloj 6 y en todos los relojes posteriores, si los hubiera, la salida a lo largo de la secuencia de elementos biestables FF1 a FF5 cambia ahora a "0". Esto se debe al hecho de que el circuito eléctrico sólo comprende cinco elementos biestables y el elemento biestable FF5 desplaza el valor de datos digital de "1" fuera del circuito eléctrico en el reloj 6.

El circuito eléctrico puede comprender sólo cinco elementos biestables o puede haber comprendido más de cinco elementos biestables durante la fabricación, en el que los elementos biestables después de FF5 se desacoplaron eléctricamente por la acción del desgaste en el sensor de desgaste. Puesto que el valor de datos digital de "1" en el reloj 6 y todos los relojes posteriores ya no están presentes en la secuencia de los elementos biestables FF1 a FF5, la salida a lo largo de la secuencia de elementos biestables se vuelve cero. Dicho de otro modo, no se transfiere corriente a través de la pista 450 porque todos los diodos D_FF1 a D_FF5 están bloqueando, es decir, están en un estado de bloqueo. Si un dispositivo de medición está conectado a la pista 450, el dispositivo de medición puede no ser capaz de medir o detectar ninguna corriente transferida a través de la pista 450.

Para determinar ahora la cantidad de desgaste, por ejemplo, por un dispositivo de medición conectado a la pista 450, puede contarse el número de transiciones de reloj hasta que la salida a lo largo de la secuencia de los elementos biestables FF1 a FF5 cambie a cero ("0"), y preferiblemente permanezca siendo cero a lo largo de un número específico de relojes. Por ejemplo, si el número específico de relojes es uno, se cuenta el número de transiciones de reloj usando la corriente detectada transferida por la pista 450 hasta que la salida de la secuencia de elementos biestables cambia a cero en un reloj. El número contado de transiciones de reloj puede compararse entonces con un número esperado de transiciones de reloj. Sin embargo, si el número específico de relojes es mayor de uno, se cuenta el número de transiciones de reloj hasta que la salida de la secuencia de elementos biestables es cero a lo largo del número específico de relojes posteriores. Por ejemplo, si el número específico de relojes es tres, se cuenta el número de transiciones de reloj hasta que la salida de la secuencia de elementos biestables es cero en tres relojes posteriores. Observando un número específico de relojes posteriores y deteniendo el recuento de la transiciones de reloj cuando la salida de la secuencia de elementos biestables es cero a lo largo del número específico de relojes, se garantiza una medición correcta de la cantidad de desgaste aunque se produzcan errores con respecto a los elementos biestables. Por ejemplo, si D_FF2 en la figura 7A no funciona adecuadamente y, por tanto, no transfiere una señal alta a la salida a través de la pista 450, pero D_FF3 transfiere entonces correctamente una señal alta a la salida a través de la pista 450 y si el número específico de relojes posteriores se

establece en un valor mayor de uno, no se detiene el recuento de transiciones de reloj ni siquiera aunque la salida de la secuencia de elementos biestables cambie brevemente a cero debido al error en D_FF2.

Por tanto, el sensor de desgaste también puede configurarse para detectar si se ha producido o no un error con respecto a al menos un elemento biestable de la secuencia de elementos biestables. Por ejemplo, puede producirse un error en un diodo, tal como se ha explicado anteriormente, un error con respecto a las transmisiones de señal a través de las pistas, o un error en el propio elemento biestable. Además, el sensor de desgaste puede no sólo detectar si se ha producido o no un error, sino que también puede detectar una posición dentro de la corriente eléctrica en la que se ha producido el error. Por ejemplo, considerando la salida de la secuencia de elementos biestables en combinación con la señal de reloj o las transiciones de reloj, puede determinarse cuando la salida de la secuencia de elementos biestables cambia brevemente a "0" y de vuelta a "1" y, por tanto, qué elemento biestable puede verse afectado por el error. Conociendo la posición de error exacta, el circuito eléctrico del sensor de desgaste puede repararse fácilmente de una manera rápida.

Por ejemplo, si durante la fabricación los elementos biestables se conectan para formar el sensor de desgaste, el número esperado de transiciones de reloj es de 70. En comparación con un diseño convencional basado en resistencias (tal como se muestra en la figura 1) que tiene 70 resistencias individuales, el tiempo de medición global es menor de 0,1 segundos y, por tanto, se reduce significativamente. Cuando el número contado de transiciones de reloj es menor que el número esperado de transiciones de reloj, por ejemplo, menor de 70 transiciones de reloj, se determina que se ha producido desgaste en el sensor de desgaste y algunos de los elementos biestables se desacoplaron eléctricamente por la acción del desgaste.

En la figura 7A, el número de transiciones de reloj es de cinco y, por tanto, es posible determinar que todavía están presentes cinco elementos biestables en el circuito eléctrico del sensor de desgaste. Si, durante la fabricación, por ejemplo se han conectado en total 10 elementos biestables para formar el circuito eléctrico del sensor de desgaste y ahora se determina que solamente quedan cinco elementos biestables, puede determinarse la cantidad de desgaste usando la información acerca de la distancia o separación entre los elementos biestables conjuntamente con la información de que cinco elementos biestables ya no están presentes, es decir, faltan, en el circuito eléctrico debido, por ejemplo, a desacoplamiento eléctrico por acción del desgaste. El número de biestables ausentes puede convertirse, por ejemplo, en una medida de longitud, un valor en porcentaje o similar para determinar la cantidad de desgaste que se ha producido en el objeto, como una placa de desgaste, revestimiento de desgaste, o similar.

La figura 7B muestra diagramas de señal-tiempo con respecto a la figura 7A. Muestra un diagrama para la señal de reloj CK y las señales de salida para cada elemento biestable FF1, FF2, FF3, FF4 y FF5. Q1 es la salida de FF1, Q2 es la salida de FF2, Q3 es la salida de FF3, Q4 es la salida de FF4 y Q5 es la salida de FF5. Q es la salida global de la secuencia de elementos biestables en la pista 450. D2 es la entrada de FF2, D3 es la entrada de FF3, D4 es la entrada de FF4 y D5 es la entrada de FF5. Tal como puede observarse en los diagramas de señal-tiempo, una señal de salida que representa un valor de datos digital de "1" se desplaza desde un elemento biestable hasta un elemento biestable posterior con el flanco ascendente de la señal de reloj CK. Para la salida global, se suman las señales de salida de todos los elementos biestables FF1 a FF5. Para determinar la cantidad de desgaste, puede contarse el número de transiciones de reloj hasta que la salida a lo largo de la secuencia de elementos biestables FF1 a FF5 cambie a cero, preferiblemente a lo largo de un número específico de relojes.

Tal como se ha descrito anteriormente, puede determinarse la cantidad de desgaste mediante un dispositivo de medición o unidad de medición conectada a la pista 450. El dispositivo de medición y el circuito eléctrico pueden formar el sensor de desgaste, o el sensor de desgaste puede comprender sólo el circuito eléctrico, en el que el dispositivo de medición y el sensor de desgaste que comprende el circuito eléctrico forman un sistema de detección de desgaste.

Sin embargo, también es posible que un sensor que comprende una unidad de transmisión esté conectado a la pista 450, que detecta la corriente transferida a través de la pista 450 y transmite los datos necesarios para la detección y medición del desgaste a un dispositivo externo, es decir, a un dispositivo externo al sensor de desgaste. El dispositivo externo puede detectar o medir la cantidad de desgaste. El dispositivo externo se conecta o bien de manera inalámbrica o bien por cable al sensor de desgaste.

Tal como se ha descrito anteriormente, como la cantidad de pistas es independiente del número total de elementos biestables incluidos en la secuencia, pueden minimizarse las dimensiones del circuito eléctrico y el sensor de desgaste. Esto también es ventajoso para el diseño de placas de circuito impreso (PCB) tal como se muestra en las figuras 8A y 8B.

Las figuras 8A y 8B muestran diseños de placa de circuito impreso (PCB) en combinación con sensores de desgaste. La figura 8A muestra un diseño de PCB de una PCB 820A con un sensor de desgaste convencional que comprende, por ejemplo, resistencias tal como se describe también con referencia a la figura 1. La figura 8B muestra un diseño de PCB de una PCB 820B con un sensor de desgaste según una realización de la presente invención tal como se describe con referencia a las figuras 2 a 7.

Como en el sensor 810A de desgaste de la figura 8A, la cantidad de pistas depende de la cantidad de resistencias usadas para los puntos de medición, pueden aumentar drásticamente las dimensiones del sensor 810A de desgaste y el circuito eléctrico. Por ejemplo, normalmente se usan hasta 70 resistencias en un sensor 810A de desgaste, dando como resultado aproximadamente 71 pistas para el sensor de desgaste. Debido a la gran cantidad de pistas en el sensor 810A de desgaste, se requiere una PCB 820A rígida.

Sin embargo, usando un sensor 810B de desgaste tal como se muestra en la figura 8B, siendo el sensor 810B de desgaste un sensor de desgaste según una realización de la presente invención, la cantidad de pistas es independiente del número total de elementos biestables incluidos en la secuencia. Por tanto, aunque se conecten, por ejemplo, 70 elementos biestables para formar el sensor 810B de desgaste, el número de pistas por circuito eléctrico sigue siendo de cinco (véase también la descripción con respecto a las figuras 4A y 4B). Por tanto, se minimizan las dimensiones del sensor 810B de desgaste, permitiendo que se usen fácilmente tecnologías de PCB convencionales. Además, debido a la pequeña cantidad de pistas por circuito eléctrico en el sensor 810B de desgaste, puede usarse un pequeño conector 830B para conectar el sensor 810B de desgaste a la PCB 820B.

Según otra realización, el sensor de desgaste tal como se ha descrito anteriormente puede comprender además al menos un circuito eléctrico adicional de tal manera que el sensor de desgaste comprende dos o más circuitos eléctricos. Los dos o más circuitos eléctricos pueden ser independientes entre sí. Los dos o más circuitos eléctricos pueden conectarse en paralelo, tal como se muestra también en la figura 8B, en particular en el sensor 810B de desgaste que comprende dos circuitos eléctricos paralelos sobre un sustrato. Los dos o más circuitos eléctricos pueden ser o bien de estructura idéntica o bien de estructura no idéntica.

Como las dimensiones del circuito eléctrico pueden minimizarse mediante el número reducido de pistas usadas en el circuito eléctrico, puede incluirse más de un circuito eléctrico en el sensor de desgaste, lo que conduce a redundancia. Por tanto, incluso cuando se producen averías o problemas en un circuito eléctrico, el sensor de desgaste todavía puede garantizar mediciones de desgaste apropiadas y correctas debido a la redundancia. De este modo, pueden reducirse las tasas de fallos con respecto a los sensores de desgaste.

La figura 9 muestra circuitos eléctricos de un sensor de desgaste sobre un sustrato según una realización. Tal como se muestra en la figura 9, un sensor 940 de desgaste puede comprender un sustrato 943, en el que dos circuitos 910 y 912 eléctricos se sitúan sobre el sustrato 943. El sustrato puede ser un sustrato descrito con respecto a la figura 6 o la figura 8B. Los circuitos 910 y 912 eléctricos pueden ser circuitos eléctricos descritos anteriormente con respecto a cualquier realización. En la figura 9, los circuitos 910 y 912 eléctricos son de estructura idéntica; sin embargo, los circuitos 910 y 912 eléctricos pueden ser de estructura no idéntica y pueden, por ejemplo, comprender un número diferente de elementos biestables o similares. El sustrato 943 puede situarse en una rampa o una placa de desgaste, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 3, en la dirección del grosor de la placa de desgaste para detectar el desgaste que se produce en la placa de desgaste debido, por ejemplo, a rocas pesadas y duras. Un primer flanco 941 del sensor de desgaste puede dirigirse hacia fuera de la rampa o cualquier otro objeto sujeto a desgaste, tal como se muestra también en la figura 3, y un segundo flanco 942 del sensor de desgaste puede dirigirse hacia dentro de la rampa o cualquier otro objeto sujeto a desgaste. El segundo flanco 942 del sensor de desgaste dirigido hacia dentro puede estar sujeto a desgaste, en el que un elemento biestable hacia el segundo flanco 942 puede desacoplarse eléctricamente del circuito eléctrico en dirección al primer flanco 941 por la acción del desgaste que se produce en el sensor de desgaste.

En la figura 9, los dos circuitos 910 y 912 eléctricos están colocados en paralelo en un lado del sustrato 843. Sin embargo, según otra realización, uno de los circuitos eléctricos puede colocarse en el lado frontal del sustrato 943 mientras que el otro circuito eléctrico se coloca en el lado posterior del sustrato 943.

La figura 10 muestra un método para detectar el desgaste que se produce en un objeto según una realización. El método puede comprender transferir (S1010) secuencialmente un valor digital desde un primer elemento discreto en un primer flanco de un sensor de desgaste a elementos discretos posteriores hacia un segundo flanco del sensor de desgaste. El sensor de desgaste puede ser un sensor de desgaste según cualquier realización descrita con respecto a las figuras 2 a 9. Por ejemplo, el sensor de desgaste comprende un circuito eléctrico, en el que el circuito eléctrico comprende una secuencia de elementos discretos, manteniendo cada elemento discreto temporalmente el valor de datos digital. Un elemento discreto puede desacoplarse eléctricamente de la secuencia de elementos discretos, secuencialmente en una dirección desde el segundo flanco, por acción del desgaste en el sensor de desgaste, en el que se reduce el número de elementos discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor de desgaste.

La figura 11 muestra un sistema de detección de desgaste según una realización. El sistema 1100 de detección de desgaste puede comprender uno o más sensores 1110 de desgaste según cualquier realización descrita con respecto a las figuras 2 a 9 y un dispositivo 1120 de medición. El dispositivo de medición puede medir la cantidad de desgaste que se produce en un objeto basándose en el uno o más sensores de desgaste. El dispositivo 1120 de medición puede ser un dispositivo de medición tal como se ha descrito anteriormente. El sistema de detección de desgaste puede implementarse o bien mediante un único dispositivo (véanse las líneas discontinuas) o bien puede implementarse de manera distribuida. Si el sistema de detección de desgaste se implementa de manera distribuida,

el sensor 1110 de desgaste y el dispositivo 1120 de medición pueden implementarse como dispositivos o unidades independientes, en el que el sensor 1110 de desgaste puede transmitir, al dispositivo 1120 de medición ya sea de manera inalámbrica o a través de un cable, todos los datos e información necesarios para que el dispositivo de medición mida la cantidad de desgaste que se produce en el objeto. Para transmitir los datos e información necesarios, el sensor 1110 de desgaste puede comprender adicionalmente una unidad de transmisión (no mostrada), mientras que el dispositivo 1120 de medición puede comprender una unidad de recepción (no mostrada) para ser capaz de recibir los datos e información necesarios.

Según una realización, el dispositivo 1120 de medición puede ser un contador configurado para contar un número de relojes hasta que una salida del uno o más sensores de desgaste sea un valor de datos digital de "0" a lo largo de un número específico de relojes. Para más detalles con respecto a la salida del sensor de desgaste, en particular la salida a lo largo de la secuencia de elementos biestables, se hace referencia a las figuras 7A y 7B descritas anteriormente.

El sensor de desgaste, tal como se describe con las figuras 2 a 11, puede incluirse en cualquier equipo que esté sujeto a desgaste. Por ejemplo, el sensor de desgaste se incluye en una placa de desgaste, un revestimiento de desgaste, una barra de desgaste, o similar, en el que la placa de desgaste, el revestimiento de desgaste, la barra de desgaste, o similar, se coloca sobre una planta o un equipo sujeto a desgaste. Por ejemplo, la planta o el equipo sujeto a desgaste es una planta o un equipo usado en la industria minera, como una rampa.

Según otra realización, el sensor de desgaste puede incluirse directamente en una carcasa, pared, fondo, o similar, de una planta o un equipo que está sujeto a desgaste. Por ejemplo, el sensor de desgaste está incluido directamente en la pared de una rampa usada en la industria minera o cualquier otro equipo usado en la industria minera que esté sujeto a desgaste.

La invención se ha descrito en relación con realizaciones y ejemplos particulares que pretenden ser, en todos los aspectos, ilustrativos en lugar de restrictivos. Los expertos en la técnica apreciarán que muchas combinaciones diferentes de hardware, software y/o firmware serán adecuadas para poner en práctica la presente invención.

Además, otras implementaciones de la invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva y la práctica de la invención divulgada en el presente documento. Se pretende que la memoria descriptiva y los ejemplos se consideren sólo a modo de ejemplo. Con este fin, debe entenderse que los aspectos inventivos se encuentran en menos que todas las características de una única implementación o configuración divulgada anteriormente. Por tanto, el verdadero alcance de la invención se indica mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste, que comprende:
 - 5 un circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico que comprende una secuencia de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos, cada elemento (210, 211, 212, 213, 214) discreto está adaptado para mantener temporalmente un valor de datos digital, en el que el circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico está configurado para transferir secuencialmente el valor de datos digital desde un primer elemento (210) discreto en un primer lado (220, 341, 641) del sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste a elementos (211, 212, 213, 214) discretos posteriores hacia un segundo lado (230, 342, 642) del sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste,
 - 10 estando configurado cada elemento (210, 211, 212, 213, 214) discreto para desacoplarse eléctricamente del circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico, secuencialmente en una dirección desde el segundo lado (230, 342, 642) hasta el primer lado (220, 341, 641), por acción del desgaste en el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste, en el que el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste está dispuesto de tal manera que se reduce el número de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste y
 - 15 el número reducido de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos indica la cantidad de desgaste.
2. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 1, que comprende además un sustrato (643, 943) susceptible de disponerse a lo largo de una trayectoria sometida a desgaste,
 - 25 en el que el circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico está soportado por el sustrato (643, 943).
3. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 2,
 - 30 en la que los elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos se colocan en serie sobre el sustrato (643, 943) de tal manera que los elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos se desacoplan secuencialmente del sustrato (643, 943) a medida que avanza un desgaste a lo largo de la trayectoria.
4. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos están separados uniformemente en el circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico.
5. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos son elementos (410) biestables y la secuencia de elementos (410) biestables es una matriz biestable o un registro de desplazamiento.
6. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 5, en el que los elementos (410) biestables están configurados para desplazar su valor de datos digital hacia delante en cada ciclo de reloj.
7. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 5-6, en el que el circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico comprende una cantidad específica de pistas, siendo la cantidad específica de pistas independiente del número total de elementos biestables incluidos en la secuencia.
8. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 7, en el que el circuito eléctrico comprende cinco pistas, siendo las cinco pistas una pista (420) para una señal de potencia, una pista (440) para una señal de reloj, una pista (430) para una señal de entrada, la pista (450) para la señal de salida, y una pista (460) conectada a tierra.
9. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el sensor de desgaste está dispuesto de tal manera que pueda determinarse la cantidad de desgaste basándose en un número de transiciones de reloj entre los elementos (410) biestables en la secuencia hasta que la salida a lo largo de la secuencia de elementos biestables es un valor de datos digital de cero, preferiblemente a lo largo de un número específico de relojes.
10. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 9,
 - 60 en el que el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste está configurado para detectar si se ha producido o no un error con respecto a al menos un elemento (410) biestable de la secuencia de elementos (410) biestables.
11. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 10,

en el que el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste está configurado además para detectar una posición dentro de la corriente eléctrica en la que se ha producido el error.

- 5 12. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende además un circuito eléctrico adicional de tal manera que el sensor (940) de desgaste comprende dos circuitos (910, 912) eléctricos, siendo los dos circuitos (910, 912) eléctricos independientes entre sí.
- 10 13. Sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según la reivindicación 12, en la que los dos circuitos (910, 912) eléctricos están conectados en paralelo.
- 15 14. Método para detectar el desgaste que se produce en un objeto, comprendiendo el método:
transferir (S1010) secuencialmente un valor de datos digital desde un primer elemento (210) discreto en un primer lado (220, 341, 641) de un sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste a elementos (211, 212, 213, 214) discretos posteriores hacia un segundo lado (230, 342, 642) del sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste;
20 en el que el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste comprende un circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico,
el circuito (400, 610, 910, 912) eléctrico comprende una secuencia de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos, manteniendo cada elemento (210, 211, 212, 213, 214) discreto temporalmente el valor de datos digital, y
25 un elemento (210, 211, 212, 213, 214) discreto se desacopla eléctricamente de la secuencia de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos, secuencialmente en una dirección desde el segundo lado (230, 342, 642) hasta el primer lado (220, 341, 641), por acción del desgaste en el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste, en el que se reduce el número de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos en la secuencia cuando se produce desgaste en el sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste y en el que el número reducido de elementos (210, 211, 212, 213, 214) discretos indica la cantidad de desgaste.
- 30 15. Sistema de detección de desgaste, que comprende:
35 uno o más sensores (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13; y
un dispositivo de medición configurado para medir la cantidad de desgaste que se produce en un objeto basándose en el uno o más sensores (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste.
- 40 16. Sistema de detección de desgaste según la reivindicación 15, en el que el dispositivo de medición es un contador configurado para contar un número de relojes hasta que una salida del uno o más sensores (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste sea un valor de datos digital de cero a lo largo de un número específico de relojes.
- 45 17. Equipo sujeto a desgaste, que comprende:
50 un sensor (200, 340, 640, 810B, 940) de desgaste según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

Fig. 1

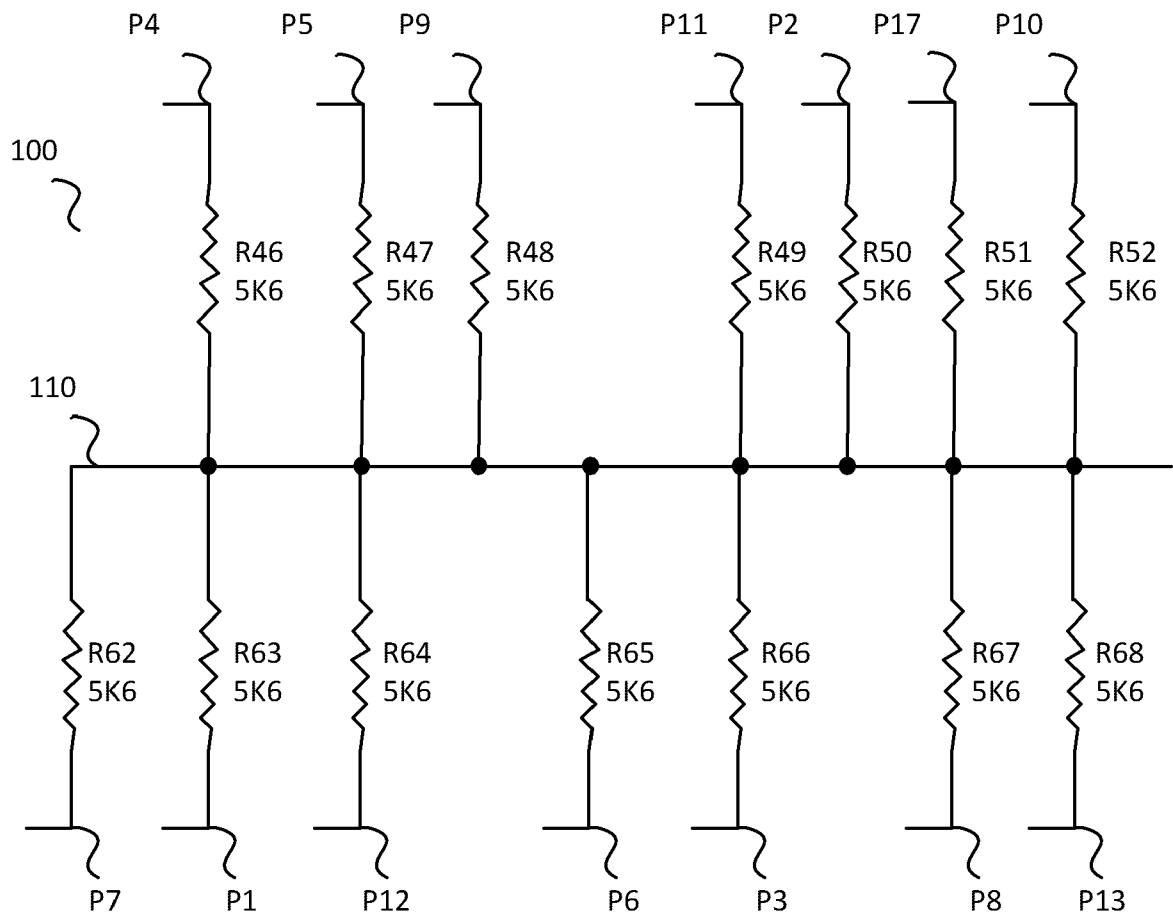


Fig. 2A

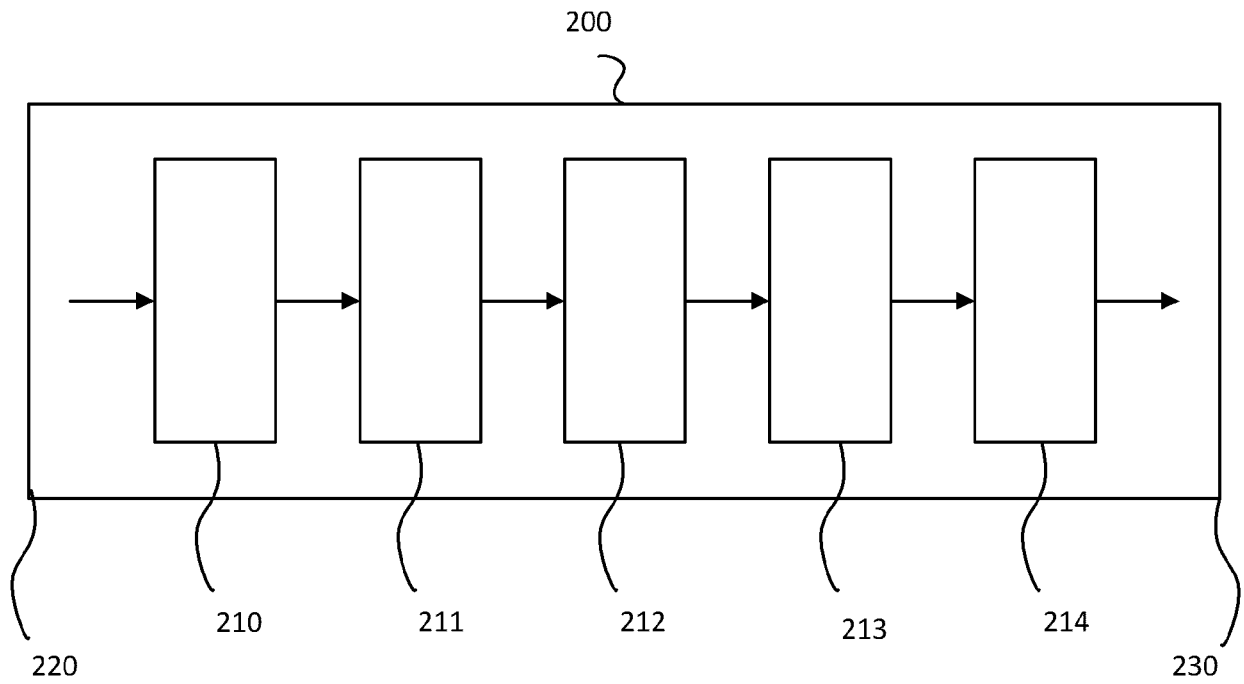


Fig. 2B

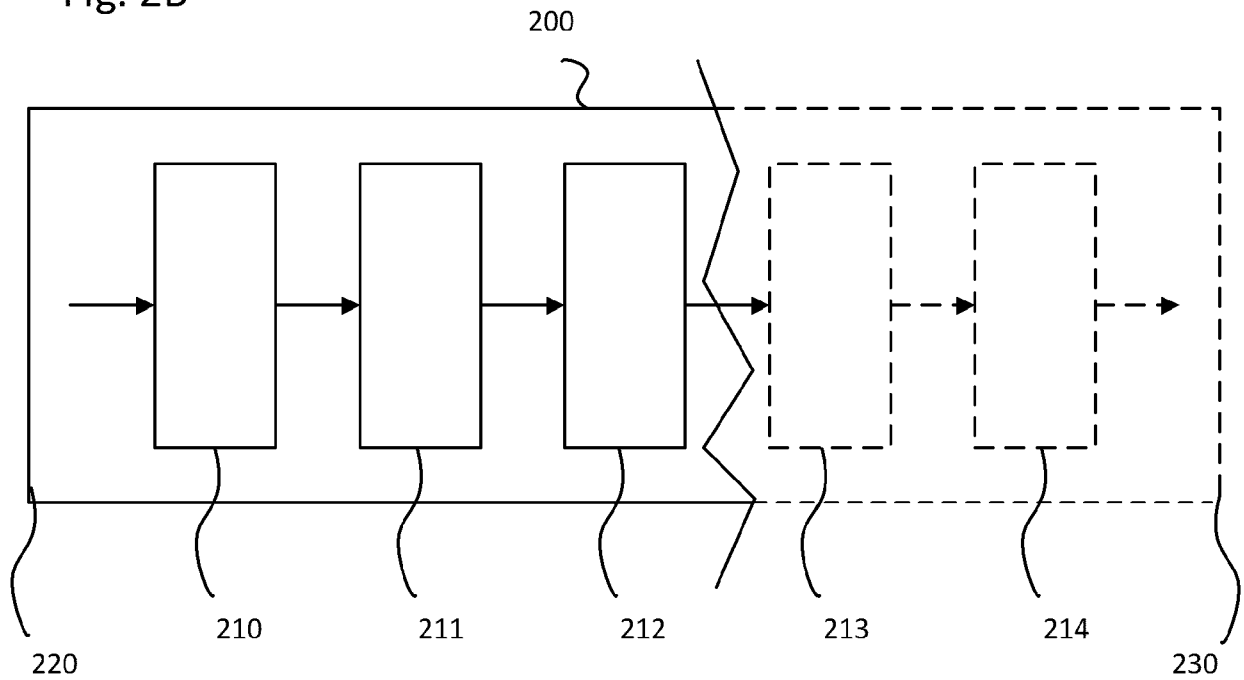


Fig. 3

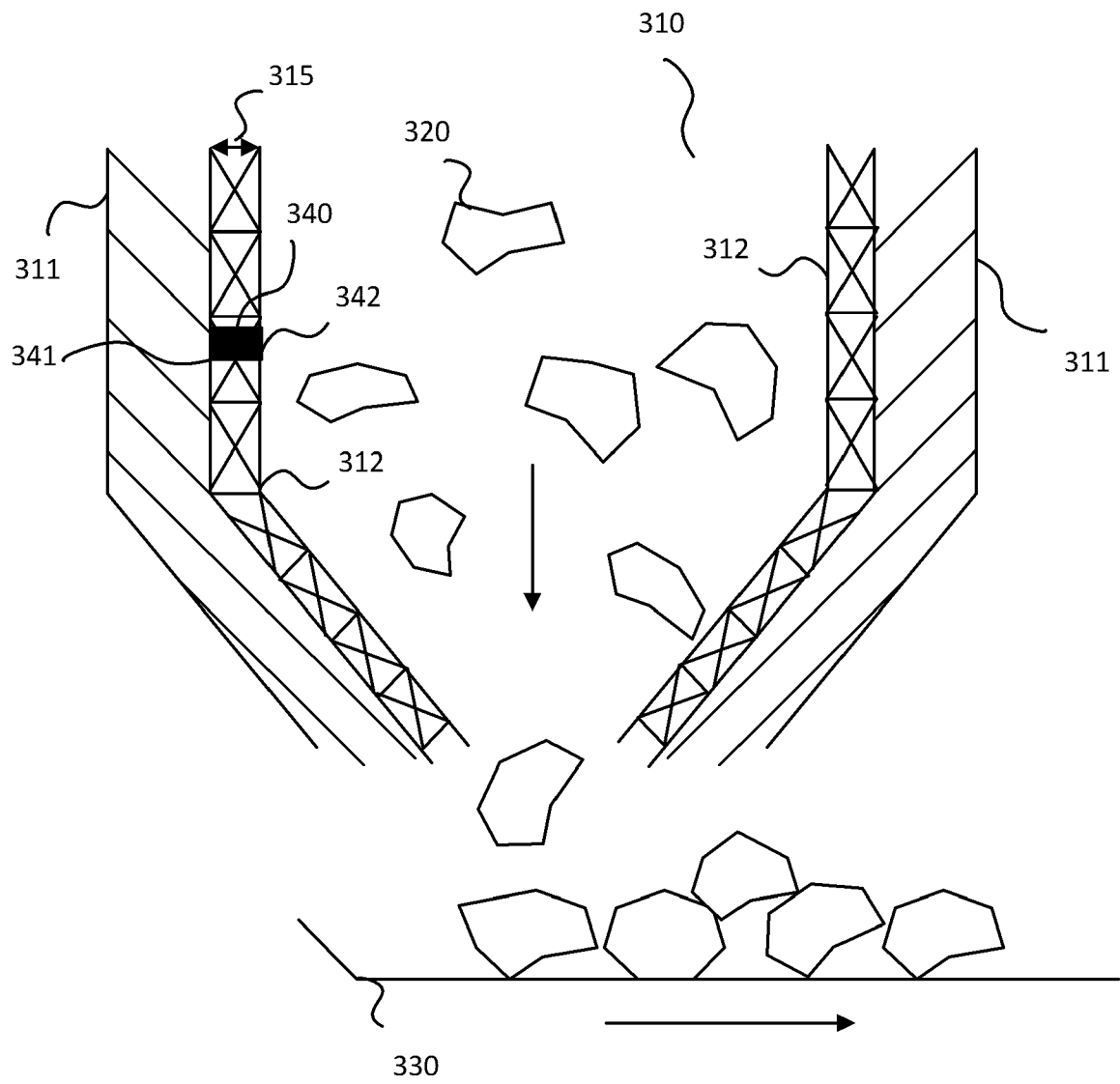


Fig. 4A

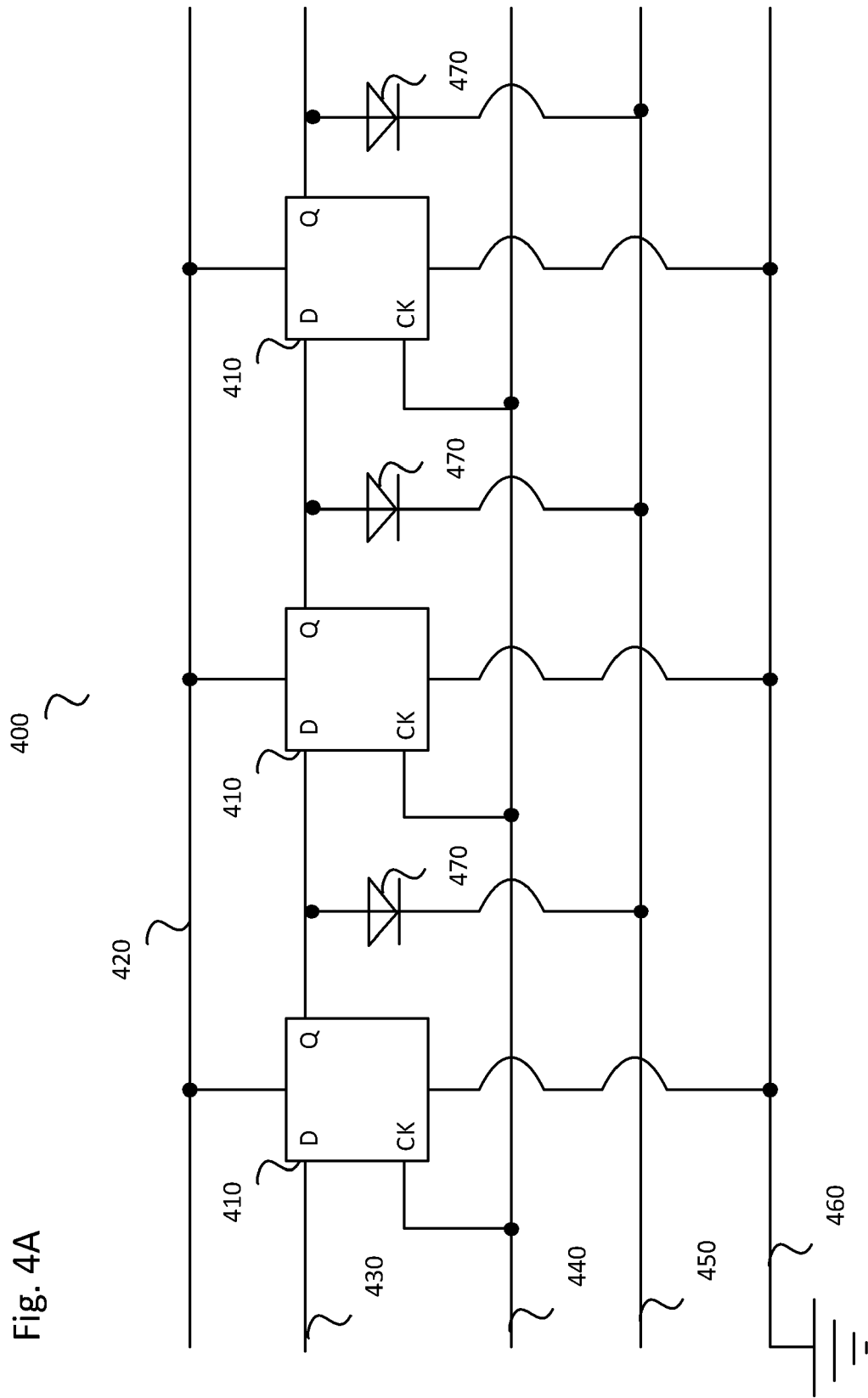


Fig. 4B

400 ~

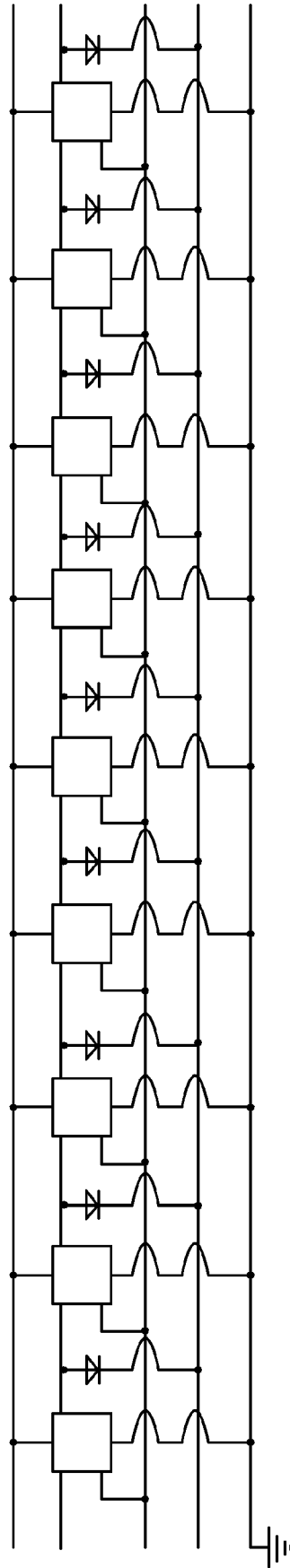


Fig. 5

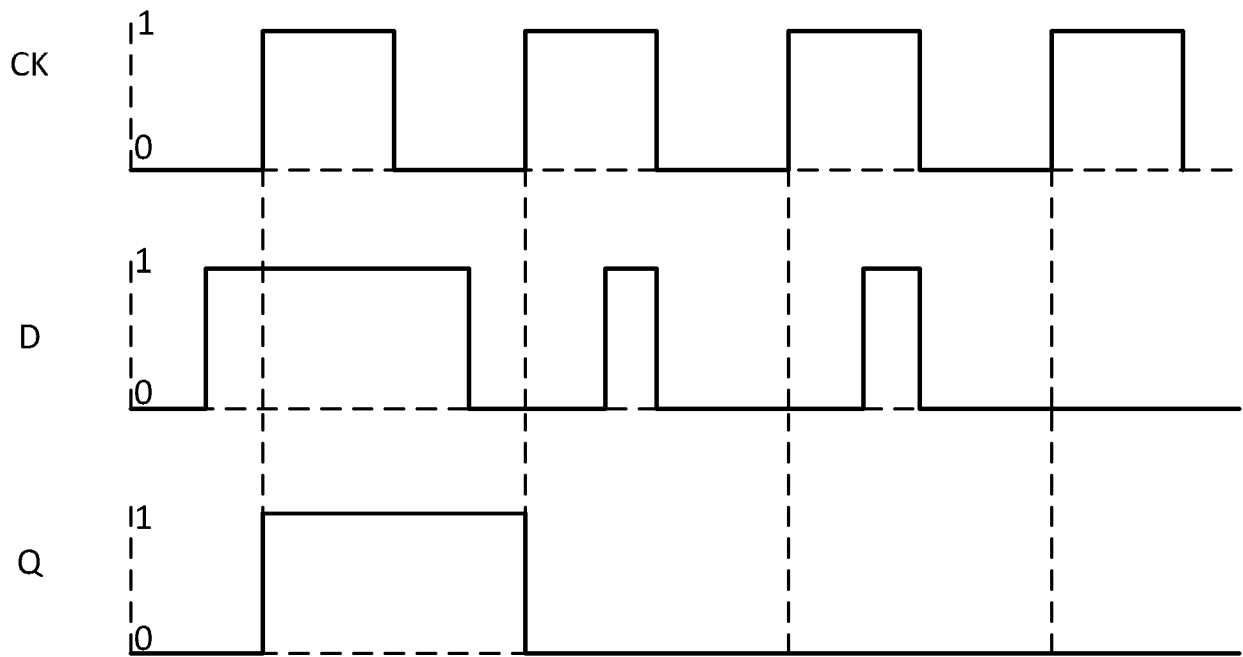


Fig. 6

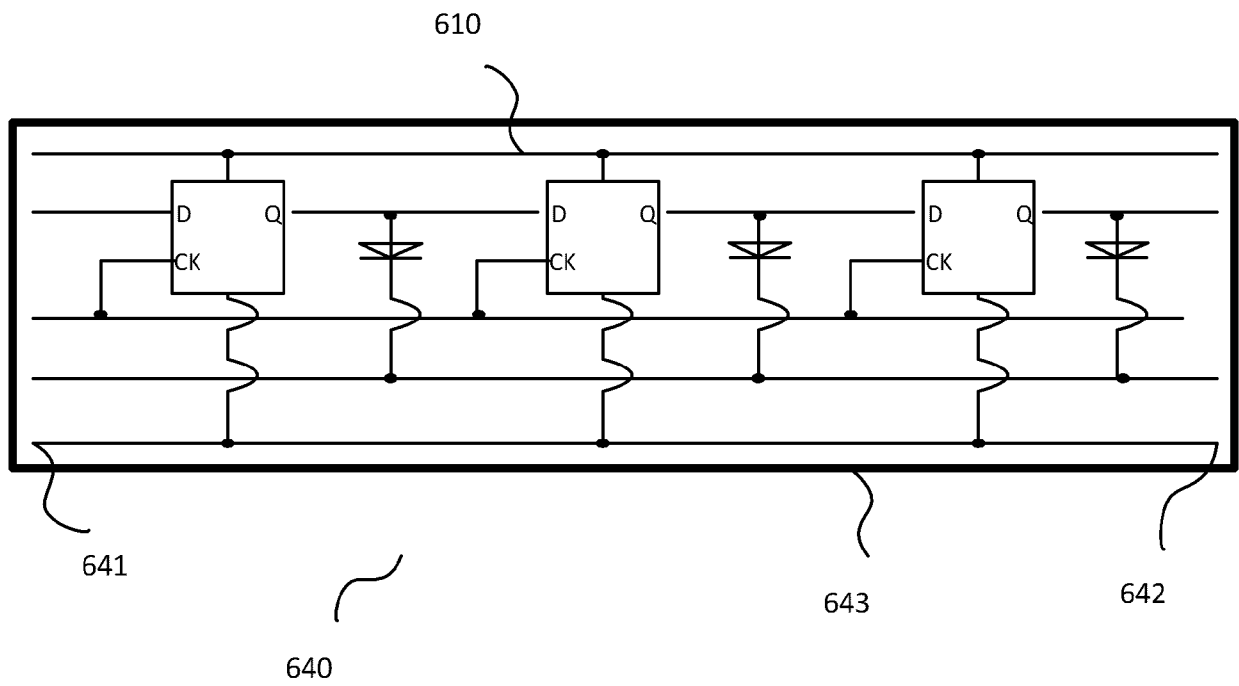
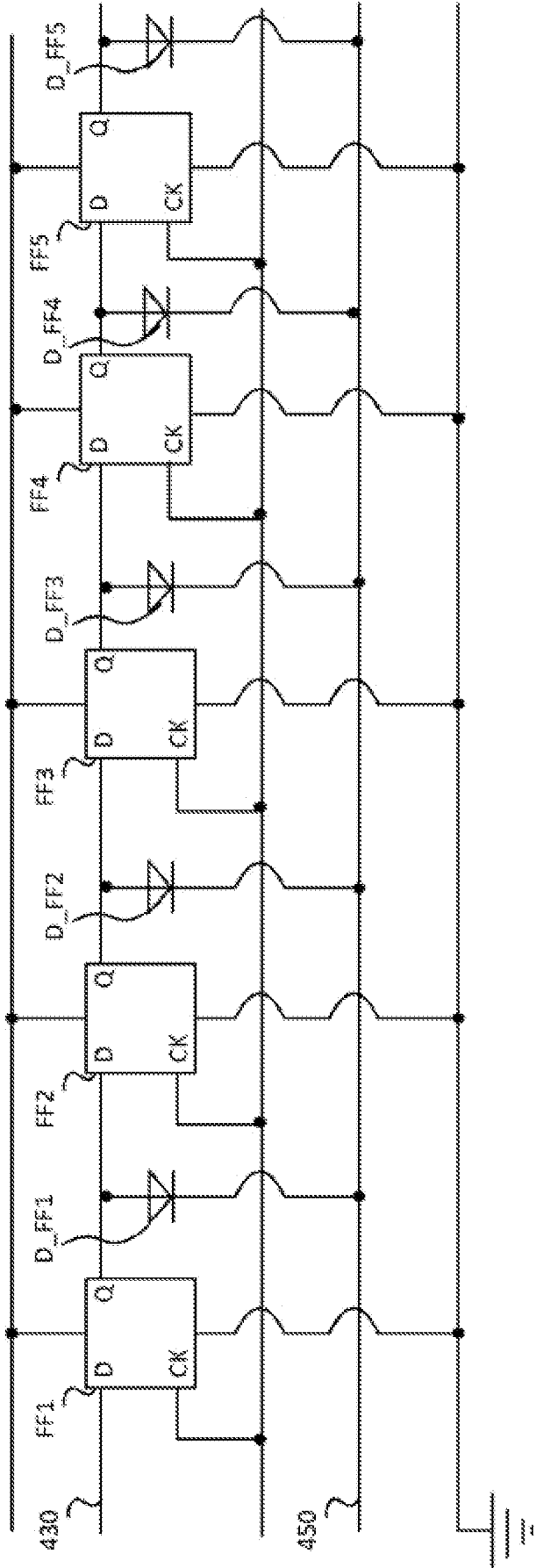


Fig. 7A

	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	...	Salida
Reloj 1	1	0	0	0	0	0	0	1
Reloj 2	0	1	0	0	0	0	0	1
Reloj 3	0	0	1	0	0	0	0	1
Reloj 4	0	0	0	1	0	0	0	1
Reloj 5	0	0	0	0	1	0	0	1
Reloj 6	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0



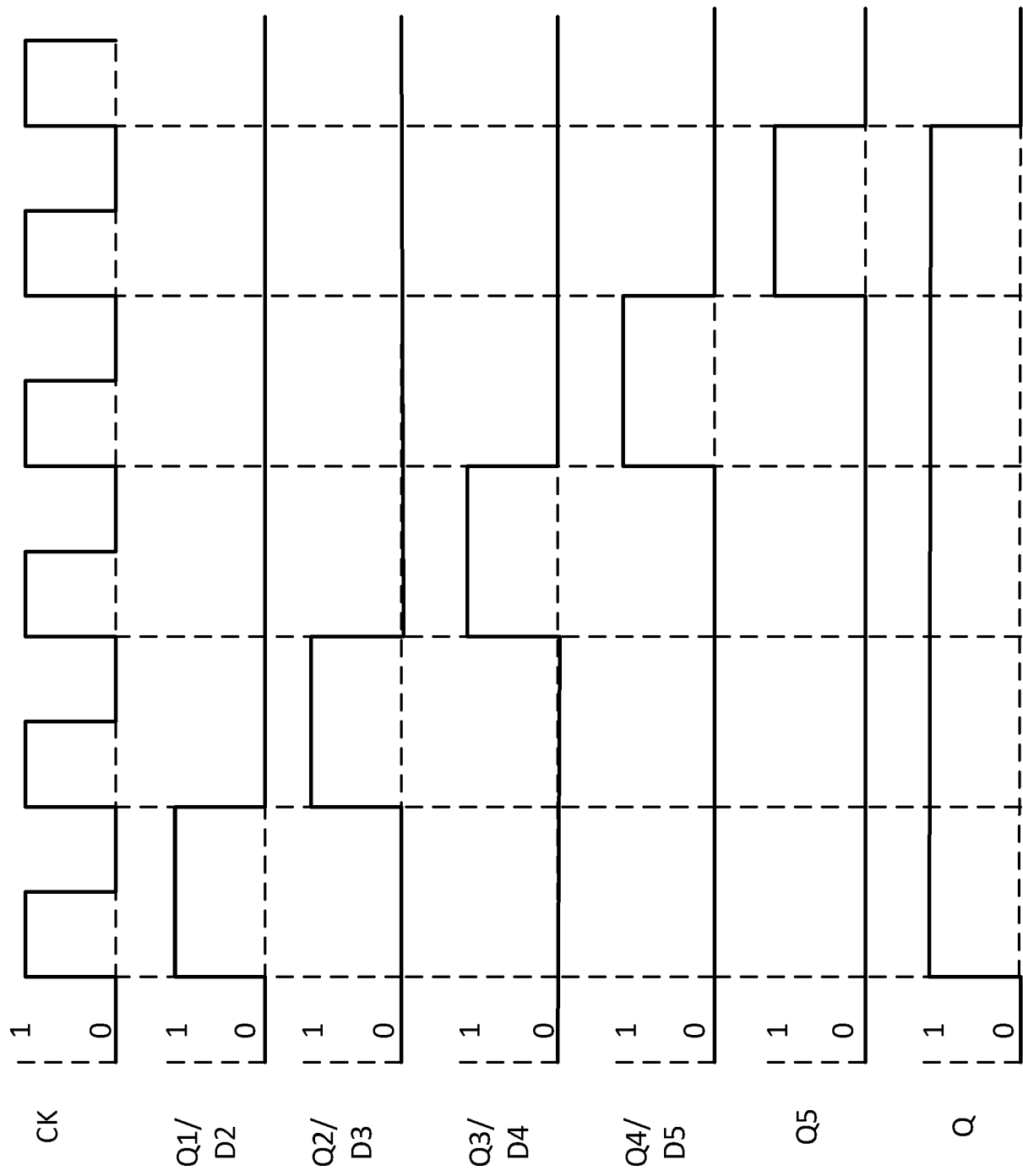


Fig. 7B

Fig. 8A

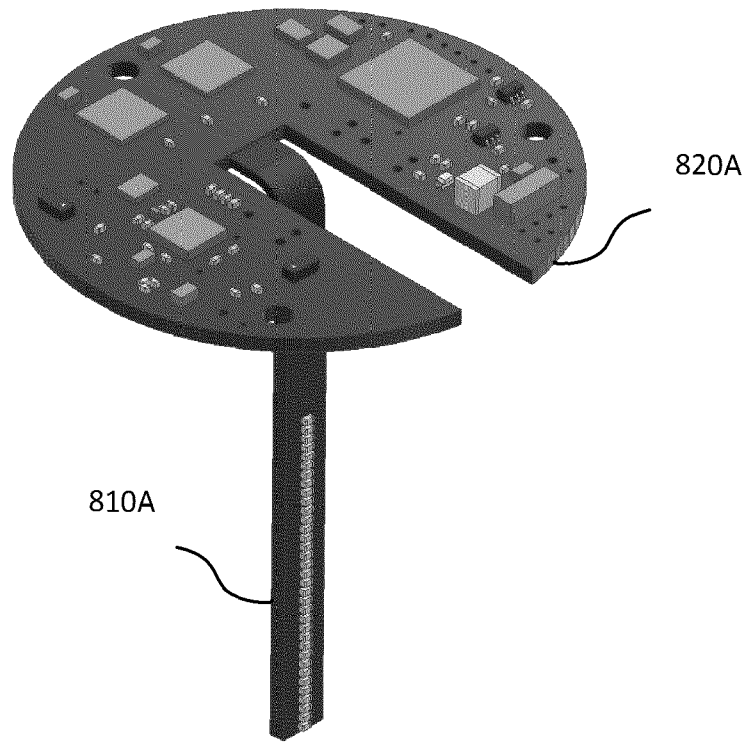


Fig. 8B

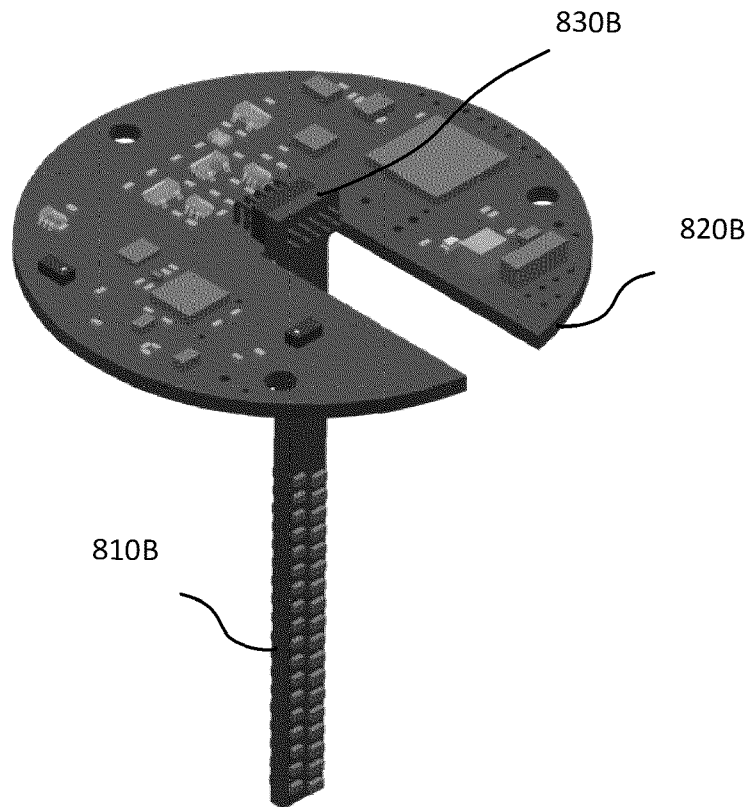


Fig. 9

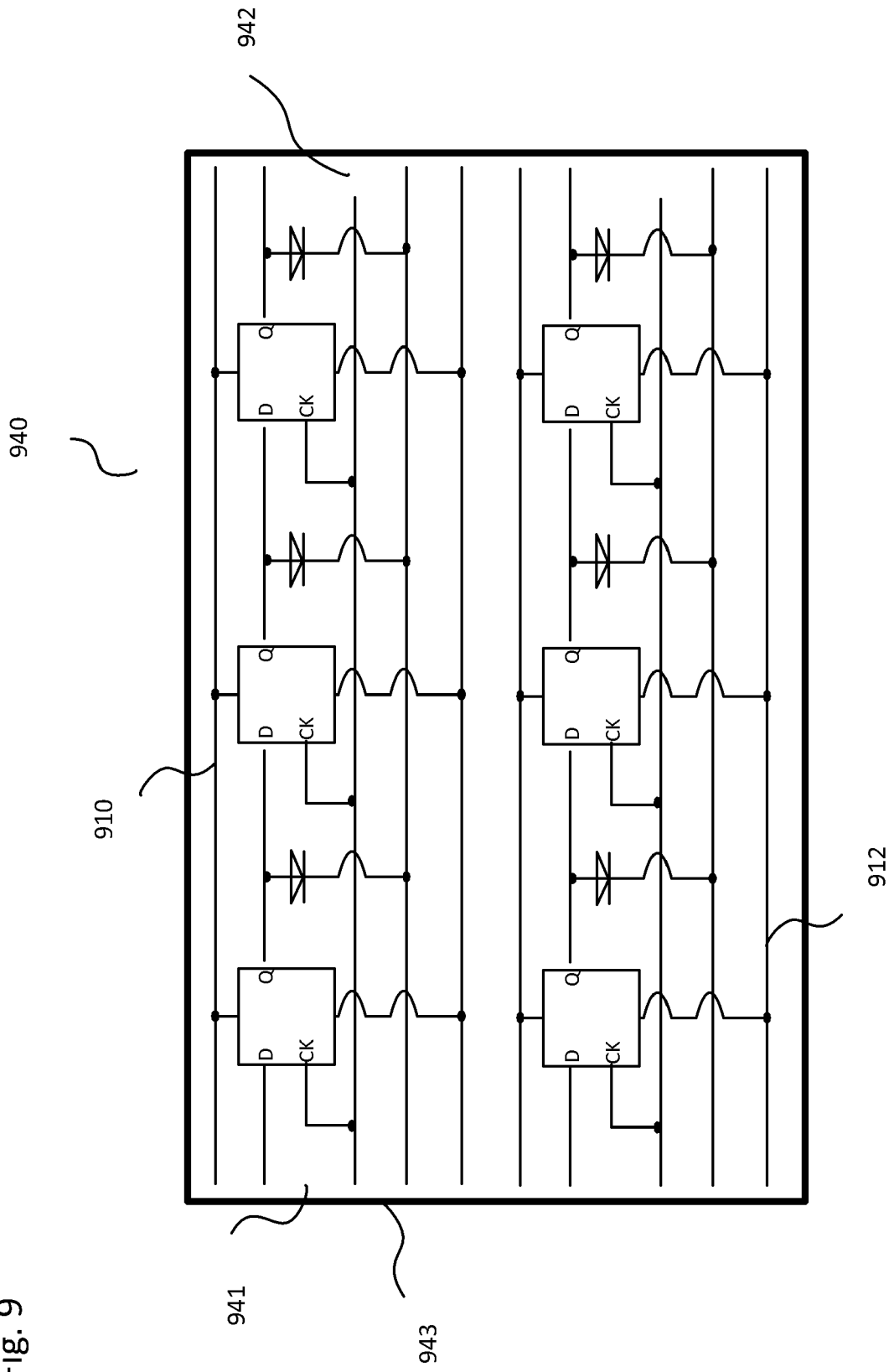


Fig. 10

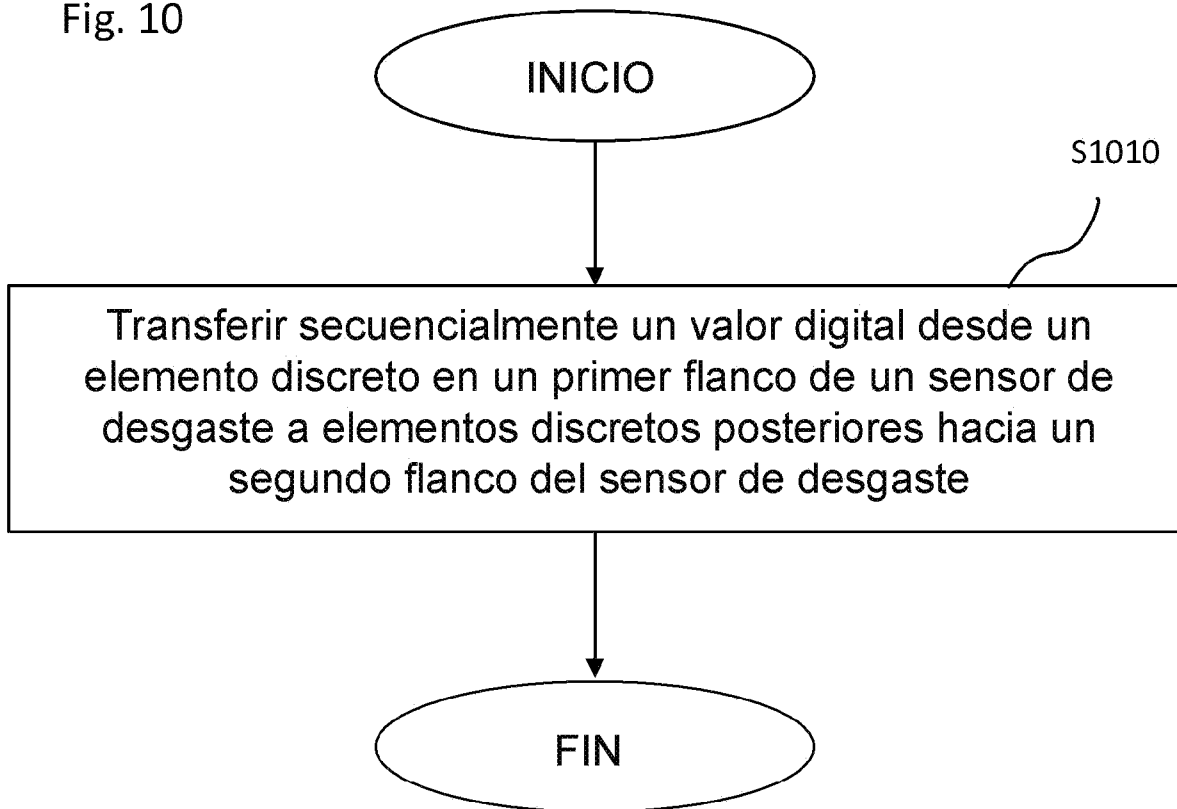


Fig. 11

