

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 142**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/244** (2006.01)

**H04L 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2015 E 15185475 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 3035000**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para comprobar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición**

30 Prioridad:

**15.12.2014 DE 102014225867**

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

**07.03.2019**

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)  
Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5  
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**VON BERG, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 703 142 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**

Dispositivo y procedimiento para comprobar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición

**5 Título de la invención**

Dispositivo y procedimiento para comprobar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición

**Campo de la técnica**

10 La invención se refiere a un dispositivo para comprobar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, así como a un procedimiento para comprobar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición según la reivindicación 6.

**15 Estado de la técnica**

Un campo de uso muy generalizado para dispositivos de medición de posición son las máquinas herramienta de control numérico. Se usan en las mismas para determinar valores reales de posición, que una electrónica de seguimiento, por ejemplo un control numérico, requiere a fin de calcular valores teóricos para circuitos de regulación, con los que se controla el avance de una herramienta o de una pieza de trabajo. Para ello, se acoplan por ejemplo codificadores rotatorios o grafómetros directa o indirectamente al árbol de un motor y extensómetros por ejemplo a un carro portaherramientas desplazable.

25 Los dispositivos de medición de posición modernos generan valores de medición absolutos digitales. A este respecto puede tratarse tanto de valores de posición, como de valores de medición derivados de la evolución temporal de valores de posición, como por ejemplo valores de velocidad o valores de aceleración. Asimismo se conocen dispositivos de medición de posición que, adicionalmente, determinan valores de medición por sensores dispuestos en el interior o en el exterior del dispositivo de medición de posición, por ejemplo sensores de temperatura o de vibración. La transmisión de los valores de medición desde el dispositivo de medición de posición a la electrónica de seguimiento se efectúa a través de interfaces de transmisión de datos digitales. A modo de ejemplo de un dispositivo de medición de posición de tipo genérico con una interfaz de transmisión de datos digital cabe mencionar aquí el documento EP 0 660 209 A1. Para proporcionar las funciones necesarias –detección de señales de posición, procesamiento de las señales de posición en valores de posición digitales o valores de medición derivados a partir de las mismas, comunicación con la electrónica de seguimiento– son necesarios complejos bloques de circuitos analógicos y digitales.

40 Una unidad central en dispositivos de medición de posición es un generador de reloj, que genera una señal de reloj de trabajo que sirve como base temporal para muchos bloques funcionales del dispositivo de medición de posición, por ejemplo para convertidores A/D, máquinas de estados, las interfaces de transmisión de datos digitales o, dado el caso, un microprocesador o microcontrolador como componente de una unidad central de procesamiento. El documento DE102008027902 A1 y el documento DE102008031498 A1 describen dispositivos de medición de posición con generador de reloj.

45 Si, debido a un funcionamiento incorrecto, la frecuencia de la señal de reloj de trabajo varía, puede suceder que los bloques funcionales funcionen fuera de su especificación, lo que puede conducir, a su vez, a errores de medición, a averías esporádicas, etc.

50 Algunos de los errores así casados, en particular cuando dan como resultado valores de medición erróneos, no pueden ser identificados en la electrónica de seguimiento. Debido a ello, en casos desfavorables, por ejemplo en una máquina herramienta, puede resultar inservible la pieza de trabajo que se está siendo mecanizada en ese momento, o incluso puede que la máquina herramienta resulte dañada. Aún peor que los daños materiales que pueden producirse es un riesgo de lesión para el personal de servicio. Es por tanto importante garantizar el correcto funcionamiento del generador de reloj.

**55 Sumario de la invención**

Por tanto, el objetivo de la invención es crear un dispositivo para monitorizar una señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición.

60 Este objetivo se consigue mediante un dispositivo según la reivindicación 1. Detalles ventajoso de un dispositivo de este tipo se desprenden de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

Un objetivo de la invención es, además, indicar un procedimiento para monitorizar la señal de reloj de trabajo de un dispositivo de medición de posición.

65

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 6. Detalles ventajoso del procedimiento se desprenden de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 6.

- 5 Otras ventajas así como particularidades de la presente invención se desprenden de la siguiente descripción con ayuda de las figuras.

**Breve descripción de los dibujos**

- 10 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de medición de posición y de una electrónica de seguimiento, que están conectados entre sí a través de un canal de transmisión de datos,  
 la figura 2 una unidad de generación de pulsos,  
 la figura 3 un diagrama de señales de un ciclo de órdenes con una arquitectura maestro-esclavo,  
 la figura 4 un primer ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos,  
 15 la figura 5 otro ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos,  
 la figura 6 otro ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos y  
 la figura 7 otro ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos.

**Descripción de las formas de realización**

20 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de medición de posición 10 y de una electrónica de seguimiento 100, que están conectadas entre sí a través de un canal de transmisión de datos 60. El dispositivo de medición de posición 10 y la electrónica de seguimiento 100 son en este caso ejemplos representativos de aparatos de la técnica de la automatización.

25 El dispositivo de medición de posición 10 presenta componentes de aparato de medición en forma de una unidad de detección de posición 20 y de una unidad de procesamiento 30 opcional. La unidad de detección de posición 20 está diseñada adecuadamente para generar valores de posición digitales. Para ello comprende, por ejemplo, una medida materializada con una graduación de medición, una unidad de escaneo para su escaneo, así como una electrónica de procesamiento de señales para calcular el valor de posición digital a partir de señales de escaneo de la unidad de escaneo, que se generan mediante el escaneo de la graduación de medición. La medida materializada y la unidad de escaneo están dispuestas, de manera conocida, de manera móvil una respecto a otra y están unidas mecánicamente con partes de máquina cuya posición ha de medirse unas respecto a otras. El dispositivo de medición de posición 10 es un codificador rotatorio, con el que va a medirse la posición angular del árbol de un motor eléctrico, por lo que la unidad de escaneo (o la carcasa del codificador rotatorio) está colocada, por ejemplo, en una carcasa de motor y un árbol del codificador rotatorio, que está unido de manera resistente al giro con la medida materializada, está unido a través de un embrague de árbol con el árbol de motor que ha de medirse.

40 En particular para poner a disposición de las partes de circuito digitales una base temporal, o una trama de tiempo definida, en el dispositivo de medición de posición 10 está dispuesto además un generador de reloj 35. Este suministra al menos una señal de reloj de trabajo CLK, que es alimentada a máquinas de estados digitales, microprocesadores, microcontroladores, etc.

45 El principio físico del escaneo, en el que se basa la unidad de detección de posición 20, no es relevante para la presente invención. Así pues, puede tratarse de un principio de escaneo óptico, magnético, capacitivo o inductivo. Conforme a las etapas de procesamiento necesarias, requeridas para procesar las señales de escaneo de la unidad de escaneo en valores de posición, la electrónica de procesamiento de señales comprende unidades funcionales que realizan etapas de procesamiento tales como amplificación, corrección de señales (corrección de desfase, de amplitud, de fase), interpolación, recuento de periodos de graduación, conversión A/D,...

50 Para la transmisión de señales de control y/o datos entre la unidad de detección de posición 20 y la unidad de procesamiento 30 están previstas líneas de señales adecuadas. Estas sirven, en particular, para transmitir los valores de posición generados en la unidad de detección de posición 20 a la unidad de procesamiento 30.

55 En la unidad de procesamiento 30, los valores de posición se procesan, dado el caso, adicionalmente para obtener datos de salida. A este respecto pueden requerirse etapas de procesamiento tales como ajuste a escala, modificación del formato de datos, corrección de errores, etc., que se realizan en la unidad de procesamiento 30 de forma puramente digital. Sin embargo, los datos de salida no solo pueden ser valores de posición, sino también valores de velocidad o de aceleración, que se calculan en la unidad de procesamiento 30 a partir de varios valores de posición generados de manera sucesiva.

60 Para la comunicación con la electrónica de seguimiento 100 por un lado y con los componentes de aparato de medición 20, 30 por otro lado está dispuesta en el dispositivo de medición de posición 10, además, una unidad de interfaz 40. En particular, a través de la unidad de interfaz 40 se consigue la transmisión de los datos de salida a la electrónica de seguimiento 100. Los datos de salida son transmitidos a la unidad de interfaz 40 a través de líneas de señales adecuadas desde la unidad de procesamiento 30 o la unidad de detección de posición 20. También se

suministra a la unidad de interfaz 40 una señal de reloj, que sirve como base temporal para sus procesos internos. A este respecto puede tratarse de la señal de reloj de trabajo CLK.

5 El enlace físico para la transmisión de órdenes y datos entre la unidad de interfaz 40 del dispositivo de medición de posición 10 y una correspondiente unidad de interfaz 140 de la electrónica de seguimiento 100 se establece a través del canal de transmisión de datos 60, que en este ejemplo de realización comprende una línea de datos 61 realizada de manera bidireccional y una línea de reloj 62. A través de la línea de reloj 62 se transmite desde la electrónica de seguimiento 100 hasta el dispositivo de medición de posición 10 una señal de reloj de interfaz, que sincroniza la transmisión de datos sobre la línea de datos 61. Tal disposición se conoce, por ejemplo, por el documento EP 0 660 209 A1.

15 Alternativamente, también pueden estar previstas dos líneas de datos de funcionamiento unidireccional. Un requisito previo para la presente invención es, únicamente, que a través de la línea de datos 61 puedan transmitirse señales de datos del dispositivo de medición de posición 10 a la electrónica de seguimiento 100. La transmisión puede efectuarse, por ejemplo, en forma de trama de datos.

20 La transmisión física de las señales de datos puede efectuarse de manera diferencial, por ejemplo conforme a la norma RS-485 ampliamente difundida. En este caso, para la línea de datos 61 y la línea de reloj 62 pueden preverse en cada caso pares de líneas. En las unidades de interfaz 40, 140 se generan las señales diferenciales para la transmisión a partir de señales referidas a la masa (*single-ended*), o a partir de señales diferenciales que llegan se obtienen, de nuevo para el procesamiento posterior, señales referidas a masa. Para ello están presentes módulos emisores y receptores adecuados. Las líneas están dispuestas, dado el caso junto con otras líneas para el suministro eléctrico del dispositivo de medición de posición, en un cable de interfaz.

25 Alternativamente, la transmisión de señales puede efectuarse también por vía óptica, por ejemplo a través de fibra óptica.

30 Los procesos en la electrónica de seguimiento 100 son controlados por una unidad de control 110 interna. Si la electrónica de seguimiento 100 es un control numérico u otro aparato de control de la electrónica de la automatización, la unidad de control 110 pedirá a través de la unidad de interfaz 140, por ejemplo, de forma continua, valores de posición al dispositivo de medición de posición 10, para obtener valores reales de posición que necesita para circuitos de regulación, por ejemplo para situar de manera precisa componentes mecánicos de una máquina a través de un accionamiento (servoaccionamiento).

35 También en la electrónica de seguimiento 100 está dispuesto un generador de reloj 120, que genera una señal de reloj de trabajo ACLK, que es suministrada, para la formación de una base temporal, o de una trama de tiempo, a la unidad de control 110 y a la unidad de interfaz 140.

40 En la unidad de interfaz 40 del dispositivo de medición de posición 10 está dispuesta ahora una unidad de generación de pulsos 50. Con ella puede generarse un pulso de prueba 220 que presenta una duración de pulso  $t_m$  y que se genera usando la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10. El pulso de prueba 220 se basa por tanto en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10. El pulso de prueba 220 puede transmitirse a través de la línea de datos 61 a la electrónica de seguimiento 100. Allí se mide la duración de pulso  $t_m$  del pulso de prueba 220 por una unidad de medición de pulsos 45 150 realizada de manera funcionalmente segura, que está dispuesta en la unidad de interfaz 140, y se emite al menos un valor de medición, que representa la duración de pulso  $t_m$  del pulso de prueba 220, para su evaluación en la unidad de control 110. La medición de la duración de pulso  $t_m$  se basa en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo ACLK de la electrónica de seguimiento 100.

50 El diseño funcionalmente seguro de la unidad de medición de pulsos 150 se implementa utilizando una unidad de medición de tiempo que genera de manera forzada resultados de medición variables y/o mediante el uso de varias unidades de medición de tiempo que generan resultados de medición redundantes. Gracias al diseño funcionalmente seguro de la unidad de medición de pulsos 150 se consigue que un mal funcionamiento de la unidad de medición de pulsos 150 no pueda conducir a que la monitorización de la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10 sea ineficaz y, por ejemplo, se emitan valores válidos de medición de la duración de pulso  $t_m$ , aunque ya no tenga lugar en absoluto una medición debido a un defecto.

60 La generación del pulso de prueba 220 se va a explicar ahora más detalladamente con ayuda de las figuras 2 y 3, mostrando la figura 2 una forma de realización de una unidad de generación de pulsos 50 y la figura 3 un diagrama de señales de un intercambio de datos típico de la técnica de la automatización entre el dispositivo de medición de posición 10 y la electrónica de seguimiento 100, que se ha ampliado a la transmisión del pulso de prueba 220.

65 Se suministra a la unidad de generación de pulsos 50 la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10, así como una señal de disparo TR. Como ya se ha explicado anteriormente, la señal de reloj de trabajo CLK forma una trama de tiempo, sobre cuya base se desarrollan las funciones del dispositivo de medición de posición 10, en particular en la unidad de detección de posición 20, la unidad de procesamiento 30 y dado el caso

también en la unidad de interfaz 40. Cabe indicar en este punto que, en un dispositivo de medición de posición, también pueden utilizarse varias señales de reloj de diferentes frecuencias. Estas se derivan con frecuencia de una única señal de reloj generada por el generador de reloj 35. La señal de reloj de trabajo CLK usada en los ejemplos de realización es un ejemplo representativo de una señal de reloj que ha de monitorizarse.

5 La señal de disparo TR se genera en la unidad de interfaz 40 y determina el punto de partida START del pulso de prueba 220, que se emite a través de la línea de datos 61 a la electrónica de seguimiento 100. La duración de pulso  $t_m$  se establece usando la señal de reloj de trabajo CLK. De manera ventajosa, la unidad de generación de pulsos 50 se basa en un contador digital, cuyas etapas de recuento se disparan por la señal de reloj de trabajo CLK. La llegada de la señal de disparo TR provoca, por un lado, el comienzo de la emisión del pulso de prueba 220 y, por otro lado, el inicio de la operación de recuento. Si, una vez transcurrida la duración de pulso  $t_m$  deseada, el contador alcanza, en un punto de parada STOP, un valor de recuento definido, finaliza la emisión del pulso de prueba 220 y se restablece el contador. Para el establecimiento del valor de recuento definido puede estar previsto un módulo de comparación.

15 El diagrama de señales, representado en la figura 3, muestra un ciclo de órdenes típico en una arquitectura maestro-esclavo, en la que la electrónica de seguimiento 100 es un maestro y el dispositivo de medición de posición 10 es un esclavo. En tal arquitectura se inician todas las transmisiones de datos por el maestro. En el ejemplo, la electrónica de seguimiento 100 envía una trama de datos de orden 200 (por ejemplo con una orden de solicitud de posición) al dispositivo de medición de posición 10, que responde a continuación con una trama de datos de respuesta 210 (con el valor de posición solicitado). Puesto que la línea de datos 61 funciona de manera bidireccional, entre la trama de datos de orden 200 y la trama de datos de respuesta 210 tiene lugar una conmutación del sentido de los datos. La transmisión de datos todavía no termina tras la trama de datos de respuesta 210, sino que al pulso de prueba 220 le sigue la duración de pulso  $t_m$ , delimitada por el evento de inicio START y el evento de parada STOP. Una vez transmitido el pulso de prueba 220, la línea de datos 61 se pone tras un cierto tiempo a alta impedancia (se apaga el controlador de datos en el dispositivo de medición de posición 10, representado por un potencial de señal promedio), de modo que la electrónica de seguimiento 100 puede volver a enviar una trama de datos de orden 200.

30 Diferiendo de este ejemplo, el pulso de prueba 220 también puede enviarse por separado, en lugar de la trama de datos de respuesta 210 (por ejemplo como respuesta a una correspondiente orden de la electrónica de seguimiento 100), antes de la trama de datos de respuesta 210, entre dos tramas de datos de respuesta 210, o temporalmente distanciado de la trama de datos de respuesta 210.

35 En la figura 3 no se ha representado la señal de reloj de interfaz sobre la línea de reloj 62, con la que se sincroniza la transmisión de las tramas de dato 200, 210. En conjunto, el diagrama de señales solo ha de considerarse esquemáticamente; el nivel de señal, las duraciones de tiempo, etc. se han elegido de manera arbitraria y en una implementación de la invención dependen del principio físico de transmisión.

40 Puesto que las interferencias de la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10 (por ejemplo variaciones de frecuencia estáticas o dinámicas, pulsos de reloj ausentes, breves impulsos interferentes,...) no provocan forzosamente un fallo en la generación de valores de medición o en la transmisión de datos a la electrónica de seguimiento 100, una evaluación segura de los pulsos de prueba 220 recibidos es decisiva para la idoneidad del sistema dispositivo de medición de posición 10 - electrónica de seguimiento 100 para aplicaciones que son muy exigentes en cuanto a la seguridad funcional. Un mal funcionamiento difícil de descubrir de una unidad de medición de pulsos se produce cuando el valor de medición ya no varía. Este patrón de error puede estar provocado por un contador defectuoso, usado para la medición temporal, cuando este emite en la salida siempre el mismo valor, es decir que el valor de medición "se congela". Este error puede producirse, por ejemplo, también por un módulo de registro defectuoso. En tal caso, la monitorización de la señal de reloj de trabajo CLK no es válida pero esto pasa desapercibido. De acuerdo con la invención, la unidad de medición de pulsos está diseñada por tanto de manera funcionalmente segura.

Las figuras 4 a 7 muestran ejemplos de realización de unidades de medición de pulsos. Estas pueden utilizarse en cada caso en lugar de la unidad de medición de pulsos 150 en la figura 1.

55 La figura 4 muestra una primera forma de realización de una unidad de medición de pulsos 250. Esta comprende una unidad de inicio/parada 252, una primera unidad de medición de tiempo 254 y una segunda unidad de medición de tiempo 256.

60 A la unidad de inicio/parada 252 se le suministran las señales de datos de la línea de datos 61. Esta está diseñada adecuadamente, para emitir en función del evento de inicio START y del evento de parada STOP una señal de inicio ST y una señal de parada SP a las unidades de medición de tiempo 254, 256.

65 Como se representa en la figura 3, como evento de inicio START puede elegirse la terminación de la recepción de una trama de datos de respuesta 210, caracterizada por el último flanco de señal de la trama de datos de respuesta 210, o la llegada/detección del último bit de la trama de datos de respuesta 210 (bit de parada de la transmisión de datos) en la unidad de interfaz 140. La información acerca de la terminación de la recepción de la trama de datos de

## ES 2 703 142 T3

respuesta 210 puede ser indicada a la unidad de inicio/parada por la unidad de interfaz 140, que evalúa las tramas de datos que llegan desde el dispositivo de medición de posición 10. El evento de parada STOP es, en el ejemplo elegido, el siguiente flanco de señal que sigue al evento de inicio START.

5 A la unidad inicio/parada 252 se le puede suministrar la señal de reloj de trabajo ACLK de la electrónica de seguimiento 100, por ejemplo para escanear las señales que llegan en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo ACLK y detectar así cambios de nivel (flancos de señal).

10 Para ser más exhaustivos cabe indicar que también en la electrónica de seguimiento 100 pueden estar presentes varias señales de reloj, o bien derivadas de una señal de reloj maestra, o bien generadas de manera independiente unas de otras. La señal de reloj de trabajo ACLK es un ejemplo representativo de una señal de reloj, que es adecuada para medir la duración del pulso de prueba 220.

15 La señal de reloj de trabajo ACLK se suministra también a las unidades de medición de tiempo 254, 256 y sirve como base temporal para las mediciones de tiempo. Tras la llegada de la señal de inicio ST, las unidades de medición de tiempo 254, 256 empiezan las mediciones de tiempo; la llegada de la señal de parada SP finaliza las mediciones de tiempo. El resultado de las mediciones son valores de medición T1, T2, que representan la duración de pulso del pulso de prueba 220 y se emiten, para la valoración de la función de la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición 10, a la unidad de control 110. A continuación se restablecen las unidades de medición de tiempo 254, 256 a través de una señal de restablecimiento RES.

25 Las unidades de medición de tiempo 254, 256 pueden estar implementadas, por ejemplo, como contadores, cuyo valor de recuento se incrementa en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo ACLK de la electrónica de seguimiento 100 desde el instante de llegada de la señal de inicio ST hasta el instante de llegada de la señal de parada SP. Los valores de recuento (valores de medición T1, T2) corresponden entonces, de manera aproximada, (con una resolución temporal de la trama de tiempos de la señal de reloj de trabajo ACLK) a la duración de pulso  $t_m$  del pulso de prueba 220.

30 Esta solución consigue una gran seguridad funcional, ya que hay disponibles para la evaluación dos valores de medición T1, T2 generados de manera redundante.

35 La figura 5 muestra otro ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos 350. Además de una unidad de inicio/parada 352, una primera unidad de medición de tiempo 354 y una segunda unidad de medición de tiempo 356, comprende también un multiplexador 358.

La función de la unidad de inicio/parada 352 se corresponde con la de la unidad de inicio/parada 252 del ejemplo de realización anterior.

40 Los valores de medición T1, T2 medidos por las unidades de medición de tiempo 354, 356 se suministran ahora al multiplexador 358 y la unidad de control 110 puede elegir por medio de una señal de selección SEL en cada caso uno de los valores de medición T1, T2 para la evaluación.

45 Esta solución tiene, con respecto al ejemplo de realización anteriormente descrito, la ventaja de que el número de líneas de conexión necesarias para la emisión de los valores de medición T1, T2 a la unidad de control 110 puede dividirse por la mitad. En cambio solo se necesita un nuevo hilo de control para la señal de selección SEL. Durante el funcionamiento continuo, cuando por ejemplo la electrónica de seguimiento solicita de manera continua valores de posición que se suceden a intervalos cortos al dispositivo de medición de posición 10, puede bastar también con que por cada transmisión de una trama de datos de respuesta 210 se evalúe, de manera alterna, solo uno de los valores de medición T1, T2. Esto reduce adicionalmente el esfuerzo computacional para la evaluación. En una variante, la línea de control SEL también puede generarse en la unidad de medición de pulsos 350, de modo que se emite automáticamente de manera alterna solo uno de los valores de medición T1, T2 para su evaluación en la unidad de control 110.

55 En el caso poco probable, pero en teoría posible, de que la señal de selección SEL esté ausente y se emita y se evalúe siempre el mismo valor de medición T1, T2 solo en una de las unidades de medición de tiempo 354, 356, vuelve a darse el problema ya mencionado anteriormente de que, en caso de "congelación" de la unidad de medición de tiempo 354, 356, cuyo valor de medición llega a la evaluación, no existe de nuevo la posibilidad de observar el error. La monitorización de la señal de reloj de trabajo CLK del dispositivo de medición de posición resultaría inválida.

60 Para hacer identificable también este caso de error extremadamente improbable, las unidades de medición de tiempo 354, 356 están diseñadas de modo que la primera unidad de medición de tiempo 354 presenta un comportamiento de medición distinto al de la segunda unidad de medición de tiempo 356 y los valores de medición T1, T2 se diferencian de este modo unos de otros. Algunos ejemplos de ello son:

65

## ES 2 703 142 T3

- diferente sentido de recuento de los contadores usados,
- diferente codificación de los valores de medición T1, T2,
- una relación matemática conocida (por ejemplo, desfase) entre los valores de medición T1, T2.

5 De este modo se consigue que los valores de medición T1, T2 de las dos unidades de medición de tiempo 354, 356 se diferencien de manera segura unos de otros. Gracias al comportamiento de medición conocido de cada unidad de medición de tiempo 354, 356 puede concluirse en la unidad de control 110 a partir de los valores de medición T1, T2 de nuevo la duración de tiempo  $t_m$  medida del pulso de prueba 220. Una "congelación" de una de las unidades de medición de tiempo 354, 356 puede identificarse de manera segura.

10 Gracias al uso de unidades de medición de tiempo que presentan comportamientos de recuento diferentes, puede aumentarse también aún más la seguridad funcional de la unidad de medición de pulsos 250 del anterior ejemplo de realización.

15 La figura 6 muestra otro ejemplo de realización de una unidad de medición de pulsos 450. Esta comprende una unidad de inicio/parada 452 sin cambios con respecto a los ejemplos de realización anteriores, así como una unidad de medición de tiempo 455.

20 La unidad de medición de tiempo 455 está diseñada de tal modo que genera un valor de medición T que varía de manera forzada. En otras palabras, una "congelación" desapercibida del valor de medición, o de la unidad de medición de tiempo 455, se previene al variar de manera forzada el valor de medición T, que representa la duración de pulso  $t_m$  del pulso de prueba 220, con cada medición. Esto puede conseguirse diseñando la unidad de medición de tiempo 455 de tal modo que su comportamiento de medición sea variable. Así pues puede conmutarse, por ejemplo, el sentido de recuento de un contador, que realiza la medición de tiempo en la unidad de medición de tiempo 455, de manera controlada por la unidad de control 110, a través de una señal de sentido DIR o también automáticamente, tras cada medición. Alternativas a esto son:

- variación de la codificación de valores de medición T sucesivos, o
- variación de una relación matemática (por ejemplo, desfase) entre valores de medición T sucesivos.

30 El valor de medición T, que representa la duración de pulso  $t_m$  del pulso de prueba 220, se suministra para su evaluación de nuevo a la unidad de control 110. También en este caso puede estar prevista una señal de restablecimiento RES para restablecer el contador.

35 Esta variante es por tanto especialmente ventajosa, porque con una estructura no demasiado compleja de la unidad de medición de tiempo 455 basta con muy pocas unidades funcionales.

40 La figura 7 muestra un ejemplo de realización final de una unidad de medición de pulsos 550. También comprende una unidad de inicio/parada 552 sin cambios y una unidad de medición de tiempo 555.

Como en el ejemplo de realización anterior, la unidad de medición de tiempo 555 se basa en que el valor de medición T varía de manera forzada con cada medición. Esto se consigue en este caso, sin embargo, al presentar la unidad de medición de tiempo 555 un mayor intervalo de medición de lo que necesario para la medición de un pulso de prueba 220. De manera ventajosa, con la unidad de medición de tiempo 555 pueden medirse varios pulsos de prueba 220 sucesivamente y la unidad de medición de tiempo 555, al rebasarse el intervalo de medición, empieza de nuevo a medir desde cero. Esto hace que mediciones sucesivas en la unidad de medición de tiempo 555 se sumen. Teniendo en cuenta un posible rebasamiento, la unidad de control 110 puede determinar y evaluar, usando el valor de medición alcanzado en la medición anterior, la duración de pulso  $t_m$  actualmente medida del pulso de prueba 220. Una "congelación" de la unidad de medición de tiempo 555 también puede identificarse en este ejemplo de realización de manera segura.

Puede prescindirse de señales de control DIR, RES, SEL de la unidad de control 110 a la unidad de medición de pulsos 550.

55 En el marco de las reivindicaciones pueden implementarse, evidentemente, aún otras formas de realización de unidades de medición de pulsos.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para monitorizar una señal de reloj de trabajo (CLK) de un dispositivo de medición de posición (10), que está conectado a través de un canal de transmisión de datos (60) con una electrónica de seguimiento (100) y el canal de transmisión de datos (60) presenta una línea de datos (61) a través de la cual pueden transmitirse señales de datos de una unidad de interfaz (40) del dispositivo de medición de posición (10) a una unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100), donde
- el dispositivo de medición de posición (10) presenta componentes de aparato de medición (20, 30) a los que se suministra la señal de reloj de trabajo (CLK) y las funciones de los componentes de aparato de medición (20, 30) se desarrollan en una trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo (CLK),
  - la unidad de interfaz (40) del dispositivo de medición de posición (10) comprende una unidad de generación de pulsos (50) con la que, basándose en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo (CLK), puede generarse un pulso de prueba (220) y el pulso de prueba (220) puede transmitirse a través de la línea de datos (61) a la unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100) y
  - la unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100) comprende una unidad de medición de pulsos (150, 250, 350, 450, 550) con la que puede medirse de manera funcionalmente segura una duración de pulso (tm) del pulso de prueba (220) en la trama de tiempo de una señal de reloj de trabajo (ACLK) de la electrónica de seguimiento (100) y puede emitirse un valor de medición (T, T1, T2), que representa la duración de pulso (tm), para su evaluación en una unidad de control (110), **caracterizado por que** la unidad de medición de pulsos (150, 250, 350) comprende una primera unidad de medición de tiempo (254, 354) y una segunda unidad de medición de tiempo (256, 356) con las que pueden generarse valores de medición (T1, T2) redundantes que representan la duración de tiempo (tm) del pulso de prueba (220).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde la unidad de medición de pulsos (150, 250, 350, 450, 550) comprende una unidad de inicio/parada, que está configurada adecuadamente para, en función de un evento de inicio (START) y un evento de parada (STOP), que delimitan el pulso de prueba (220), emitir una señal de inicio (ST) y una señal de parada (SP) a al menos una unidad de medición de tiempo (254, 256, 354, 355, 455, 555).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde la primera unidad de medición de tiempo (254, 354) presenta un comportamiento de medición distinto al de la segunda unidad de medición de tiempo (256, 356).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de medición de pulsos (350) comprende un multiplexador (358) al que se suministran los valores de medición (T1, T2) y con el que puede elegirse si se emite el primer valor de medición (T1) o el segundo valor de medición (T2) a la unidad de control (110).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, donde la unidad de medición de pulsos (450, 550) comprende una unidad de medición de tiempo (455, 555) que genera un valor de medición (T) que varía de manera forzada, el cual representa la duración de tiempo (tm) del pulso de prueba (220).
6. Procedimiento para monitorizar una señal de reloj de trabajo (CLK) de un dispositivo de medición de posición (10), que está conectado a través de un canal de transmisión de datos (60) con una electrónica de seguimiento (100) y el canal de transmisión de datos (60) presenta una línea de datos (61) a través de la cual pueden transmitirse señales de datos de una unidad de interfaz (40) del dispositivo de medición de posición (10) a una unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100), donde
- el dispositivo de medición de posición (10) presenta componentes de aparato de medición (20, 30), a los que se suministra la señal de reloj de trabajo (CLK) y las funciones de los componentes de aparato de medición (20, 30) se desarrollan en una trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo (CLK),
  - la unidad de interfaz (40) del dispositivo de medición de posición (10) comprende una unidad de generación de pulsos (50) con la que, basándose en la trama de tiempo de la señal de reloj de trabajo (CLK), se genera un pulso de prueba (220) y el pulso de prueba (220) se transmite a través de la línea de datos (61) a la unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100) y
  - la unidad de interfaz (140) de la electrónica de seguimiento (100) comprende una unidad de medición de pulsos (150, 250, 350, 450, 550) con la que se mide de manera funcionalmente segura una duración de pulso (tm) del pulso de prueba (220) en la trama de tiempo de una señal de reloj de trabajo (ACLK) de la electrónica de seguimiento (100) y se emite un valor de medición (T, T1, T2), que representa la duración de pulso (tm), para su evaluación en una unidad de control (110), **caracterizado por que** la unidad de medición de pulsos (150, 250, 350) comprende una primera unidad de medición de tiempo (254, 354) y una segunda unidad de medición de tiempo (256, 356) que generan valores de medición (T1, T2) redundantes que representan la duración de tiempo (tm) del pulso de prueba (220).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, donde la unidad de medición de pulsos (150, 250, 350, 450, 550) comprende una unidad de inicio/parada que emite, en función de un evento de inicio (START) y un evento de parada (STOP), que delimitan el pulso de prueba (220), una señal de inicio (ST) y una señal de parada (SP) a al menos una unidad de medición de tiempo (254, 256, 354, 355, 455, 555).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 o 7, donde la primera unidad de medición de tiempo (254, 354) presenta un comportamiento de medición diferente al de la segunda unidad de medición de tiempo (256, 356).

5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 o 7, donde la unidad de medición de pulsos (450, 550) comprende una unidad de medición de tiempo (455, 555) que genera un valor de medición (T) que varía de manera forzada, el cual representa la duración de tiempo ( $t_m$ ) del pulso de prueba (220).

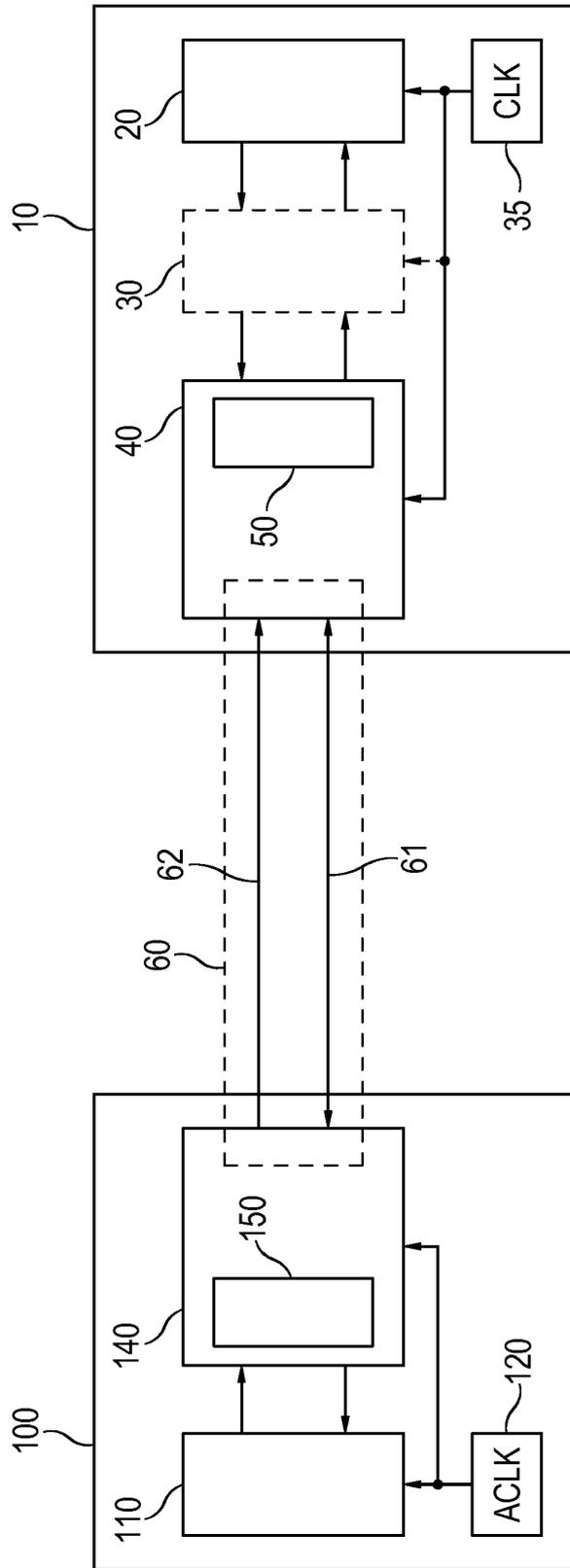


Fig. 1

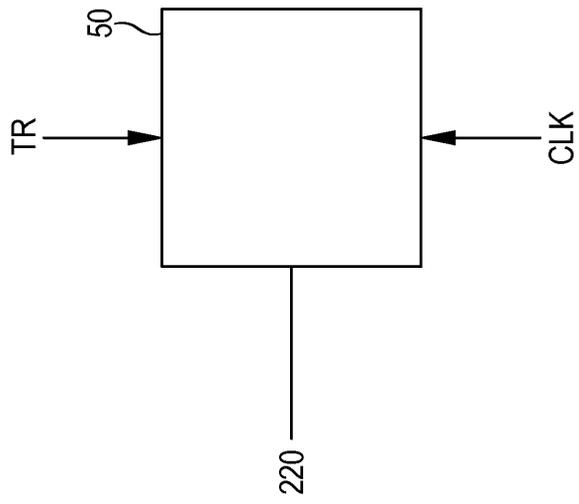


Fig. 2

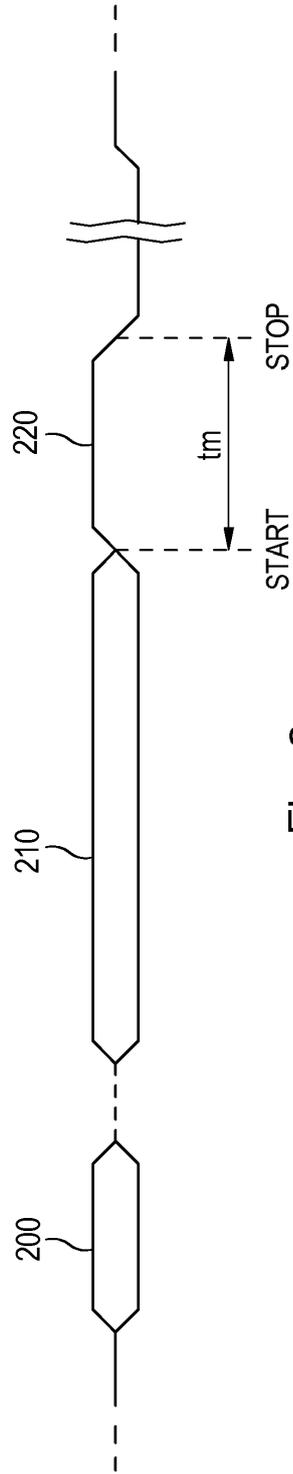


Fig. 3

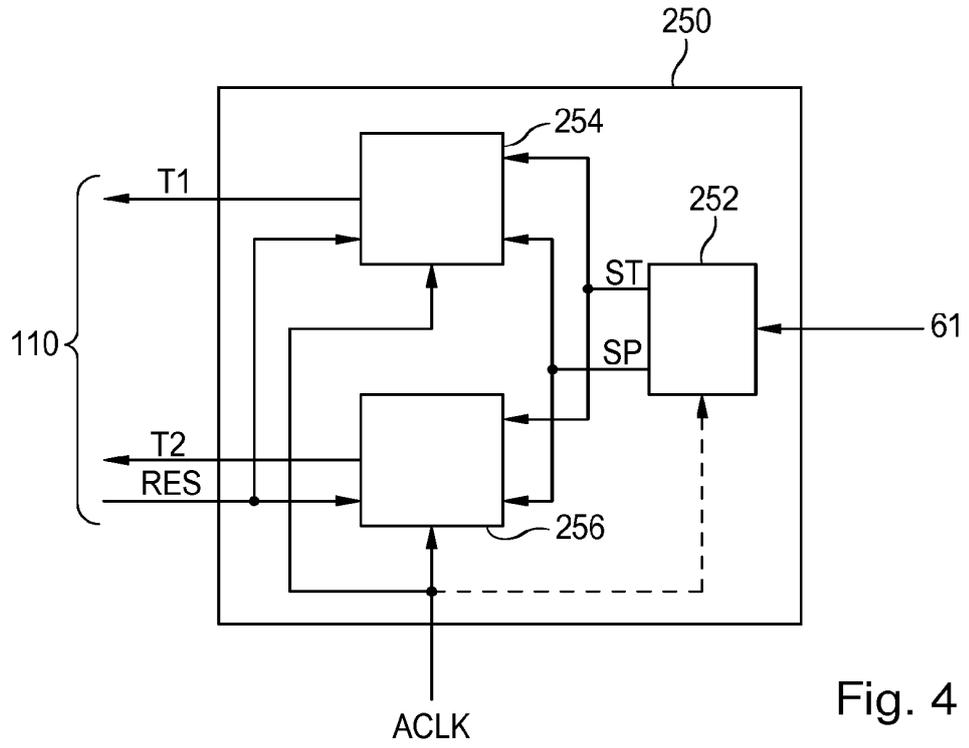


Fig. 4

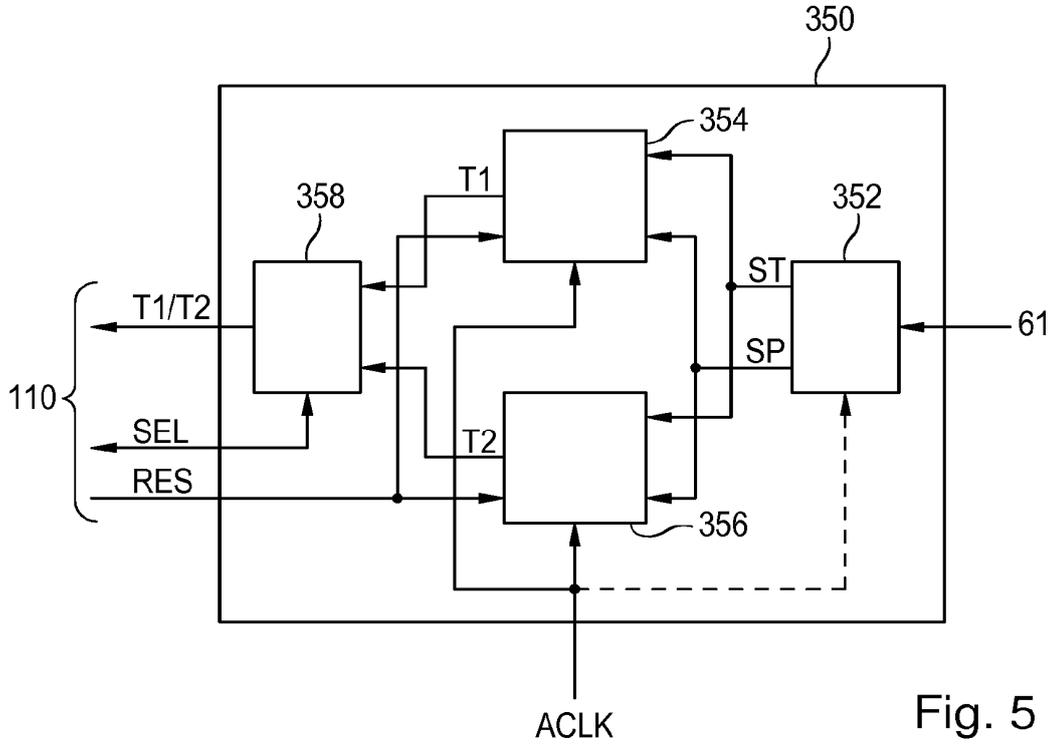


Fig. 5

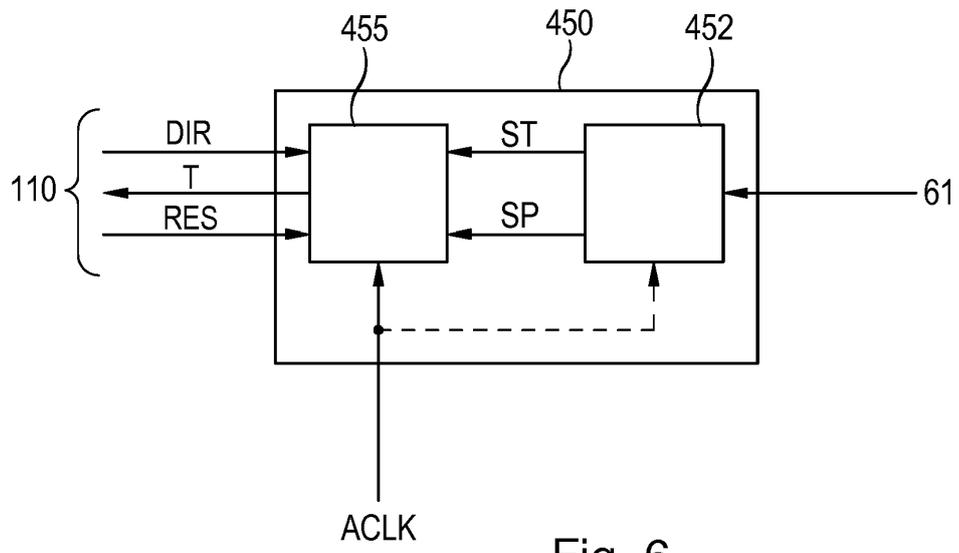


Fig. 6

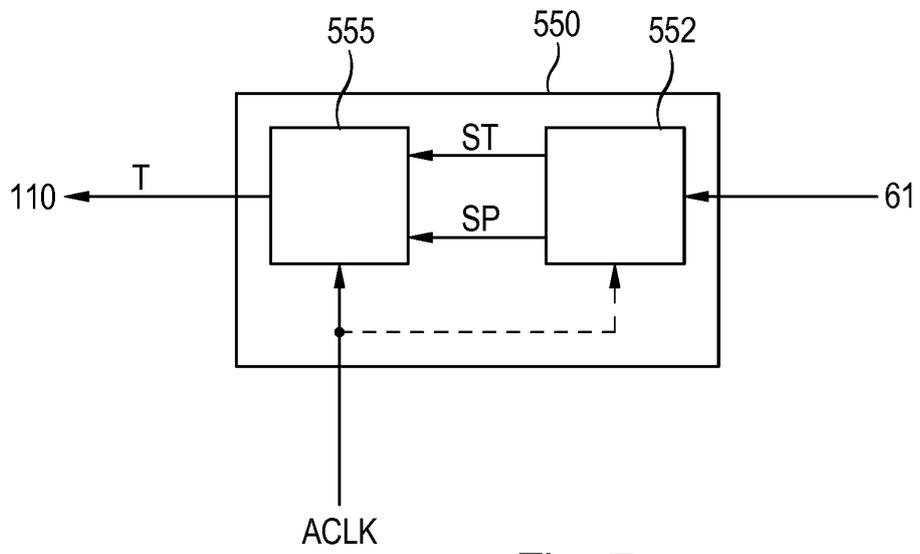


Fig. 7