

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 333**

51 Int. Cl.:

**H03K 21/38** (2006.01)

**G01M 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2012** **E 12002229 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2506437**

54 Título: **Detección de la rotura de un eje**

30 Prioridad:

**30.03.2011 DE 102011015581**

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

**05.10.2016**

73 Titular/es:

**PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG (100.0%)  
Flachmarktstrasse 8  
32825 Blomberg, DE**

72 Inventor/es:

**TEUTENBERG, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 585 333 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).

**DETECCIÓN DE LA ROTURA DE UN EJE****DESCRIPCIÓN**

5 La invención se refiere a un procedimiento y un sistema de circuitos para detectar la rotura de un tren de ejes de accionamiento entre el extremo de accionamiento y el extremo accionado.

10 Bajo tren de ejes de accionamiento se entiende un sistema mecánico de accionamiento que presenta uno o varios ejes individuales, mecanismos de transmisión, acoplamientos y similares, que se accionan en el mismo sentido. Un tren de ejes de accionamiento puede romperse o fallar de alguna otra forma en cualquier lugar entre el extremo de accionamiento y el extremo accionado, por lo que se pretende detectar automáticamente una tal rotura de eje. Para este fin se montan en ambos extremos del tren de ejes sensores, como por ejemplo se describe en el documento JP 560109656 A, con los cuales puede detectarse el movimiento del tren de ejes. Cuando ambos sensores aportan los mismos resultados de medida, se detecta un funcionamiento sin faltas y caso contrario se señaliza una rotura de eje.

15 Al vigilar un tren de ejes de accionamiento interesa no sólo detectar la rotura de un eje, sino también el sentido de giro, la velocidad de giro y la posición angular del tren de ejes de accionamiento. Por ello existe en el extremo de accionamiento de un tren de ejes un sensor con alta resolución de medida, que se utiliza para determinar esas magnitudes. Este sensor con alta resolución de medida se utiliza usualmente con un segundo sensor de resolución muy inferior en el extremo accionado del tren de ejes, para detectar la rotura de un eje. En su ejecución técnica esto significa la utilización de un codificador incremental en el extremo de accionamiento y de un iniciador en el extremo accionado del tren de ejes. Los impulsos de señal del iniciador se espera recibirlos a intervalos de tiempo regulares cuando la velocidad de la instalación supera un valor mínimo. En tales instalaciones conocidas se incluyen para detectar la rotura de un eje sólo las señales del primer sensor de mayor resolución de medida y la detección de impulsos del segundo sensor de inferior resolución de medida.

20 En tales instalaciones conocidas pueden producirse malas interpretaciones, es decir, dictámenes incorrectos sobre la rotura de un eje. Si el tren de ejes no realiza una rotación continua, sino que cambia continuamente de sentido de giro, puede suceder que se señalice incorrectamente una rotura del eje, porque el movimiento que llega al extremo accionado no provoca ningún impulso en el segundo sensor cuando el movimiento de giro hacia un lado y hacia otro tiene lugar en un intervalo libre de impulsos del sensor en el extremo accionado.

25 En otra situación no se detecta una rotura de eje cuando el extremo accionado se ve arrastrado pese a la rotura del eje, ya que el segundo sensor de inferior resolución de medida emite ocasionalmente impulsos que simulan la existencia de un tren de ejes de accionamiento intacto.

30 Finalmente puede generarse también una señalización errónea cuando el tren de ejes está detenido, pero vibra, y las vibraciones pueden dar lugar a que uno de los sensores emita impulsos que se interpretan incorrectamente como giro del tren de ejes, mientras que el otro sensor señaliza una parada.

35 Para el operador de una instalación es muy molesto que la disponibilidad de la instalación se vea amenazada por una detección de faltas insuficiente.

40 La invención tiene como objetivo básico indicar un procedimiento de detección de la rotura de un eje que evite los inconvenientes descritos. En particular debe lograrse un sistema de circuitos para detectar la rotura de un tren de ejes de accionamiento entre el extremo de accionamiento y el extremo accionado que pueda utilizar a la vez las partes de la instalación para determinar la velocidad de rotación, la posición de ángulo de giro y el sentido de giro de trenes de ejes.

45 En la invención se generan, en función del accionamiento del eje y de la salida del eje accionado, trenes de impulsos que se encuentran entre sí en una relación de frecuencias fija (U). La rotura del eje se detecta comparando los estados de cómputo de dos contadores, de los cuales el primer contador se hace avanzar mediante impulsos del primer tren de impulsos, pero el segundo contador lo hace por bloques, según una relación de frecuencias fija (U). Existe una rotura de un eje cuando la comparación de los estados de los contadores muestra una discrepancia, es decir, cuando la cifra de referencia se encuentra fuera de una gama de valores de por ejemplo 0,5 a 2. Existe también rotura del eje cuando el estado de cómputo correspondiente al segundo contador queda por debajo de un valor absoluto predeterminado.

50 El sistema de circuitos correspondiente a la invención incluye un primer sensor con mayor resolución de medida que explora el extremo de accionamiento y un detector de impulsos asociado para emitir un primer tren de impulsos, así como un segundo sensor de inferior resolución de medida que explora el extremo accionado y un detector de impulsos asociado para emitir un segundo tren de impulsos. Un primer y un segundo contador se cargan con impulsos detectados. Como particularidad de la invención está previsto un emisor de impulsos de relación de frecuencias con un ajuste fijo, que emite impulsos en

función de la relación de frecuencias  $U$  entre los impulsos del primer sensor y los impulsos del segundo sensor, en base a un extremo accionado sin perturbaciones (sin rotura de eje). El sistema de circuitos incluye también medios para formar ventanas de tiempo  $t_m$  para períodos de medida y de evaluación, así como medios de evaluación para comparar los estados de cómputo del primer y el segundo contador, así como para emitir una señal de falta cuando se detecta una discrepancia entre los estados de los contadores. Mientras que el primer contador se carga con los impulsos del primer detector de impulsos, recibe el segundo contador, controlado por los impulsos del segundo detector de impulsos, la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias  $U$  del emisor de impulsos de la relación de frecuencias. Los medios de evaluación comparan los estados de cómputo del primer y del segundo contador y emiten una señal de falta cuando existe una discrepancia entre los estados de los contadores.

Lo que se interpreta como discrepancia depende de cómo se suman los impulsos generados por el primer sensor o primer detector de impulsos en el primer contador en relación con la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias  $U$  del emisor de impulsos de la relación de frecuencias. El primer sensor con una mayor resolución de medida genera una secuencia de impulsos muy rápida en relación con el segundo sensor y cuando el primer detector de impulsos retransmite esta secuencia de impulsos muy rápida a intervalos cortos de tiempo o continuamente, aumenta muy rápidamente el estado de cómputo del primer contador, mientras que el estado de cómputo del segundo contador sólo aumenta ocasionalmente con la llegada de un impulso del segundo detector de impulsos y entonces sólo en la medida de  $U$  de la relación de frecuencias entre lado de accionamiento y lado accionado. Cuando la rotación se realiza sin problemas en una dirección de giro, resultan estados de cómputo del mismo orden de magnitud en ambos contadores y esto se evalúa en los medios de evaluación como "sin faltas".

Pero cuando no llega del segundo detector de impulsos ningún impulso o sólo pocos impulsos, porque existe una rotura de eje, el estado de cómputo del segundo contador queda muy por detrás del estado de cómputo del primer contador y esto se evalúa como rotura en el tren de ejes de accionamiento.

Cuando el tren de ejes está detenido, pero vibra ligeramente, pueden generarse unos pocos impulsos, que no obstante sólo dejan crecer muy poco los estados de los contadores por cada ventana de tiempo  $t_m$ . Esto se evalúa como "no hay rotura de eje".

Cuando en el extremo de accionamiento varía continuamente el sentido de giro en el marco de unos pocos grados angulares y esto tiene lugar en un intervalo libre de impulsos del sensor en el extremo accionado, aumenta entonces el estado de cómputo en el primer contador durante una ventana de tiempo  $t_m$  sólo muy poco y esto se evalúa como "no hay rotura de eje".

Como rotura del eje puede incluirse adicionalmente el siguiente criterio: Cuando uno de los contadores sobrepasa un valor mínimo, entonces debe presentar también el otro contador un valor mínimo, es decir, la relación entre los estados de cómputo no debe ser superior o inferior a un valor predeterminado. Cuando es éste el caso, se señala rotura de eje.

Cuando el sistema de circuitos para detectar una rotura del eje es parte de un sistema de circuitos para determinar la velocidad de giro, la posición angular y el sentido de giro del tren de ejes, se configura el primer sensor como codificador incremental, mientras que como segundo sensor también pueden utilizarse un iniciador, con el que solamente se detecta si en el extremo accionado se detecta un giro o no. Un tal codificador incremental genera varios canales de señal, a partir de los cuales, junto a la velocidad de giro, también puede determinarse la posición angular y el sentido de giro del tren de ejes. Esta información puede aprovecharse en los medios de evaluación para detectar la parada del tren de ejes y para controlar el primer contador a fin de compensar los movimientos en un sentido y en otro del tren de ejes.

Como ventana de tiempo puede elegirse un periodo de tiempo relativamente largo de por ejemplo 2 a 3 segundos. En un tal caso es conveniente formar subintervalos dentro de la ventana de tiempo, para realizar durante estos subintervalos mediciones de frecuencia en el primer tren de impulsos y hacer avanzar correspondientemente el primer contador.

En base a los dibujos se describirán ejemplos de ejecución. Al respecto muestra:

figura 1 un sistema de circuitos para detectar la rotura de un tren de ejes de accionamiento y figura 2 señales de movimiento de un primer y un segundo sensor.

Bajo tren de ejes de accionamiento se entienden diversos módulos acoplados mecánicamente entre si, a los que puede asociarse un extremo de accionamiento y un extremo accionado. En el extremo de accionamiento se dispone un primer sensor 1 de mayor resolución de medida y en el extremo accionado un segundo sensor 2 de inferior resolución de medida. Las correspondientes señales se representan básicamente en la figura 2. El sensor 1 de de mayor resolución de medida puede ser un iniciador, pero con preferencia un codificador incremental con varios canales de señal, por ejemplo cuatro canales de

señal, que son útiles para determinar la velocidad de giro, la posición angular y el sentido de giro del tren de ejes. Para el sensor 2, que sirve para determinar el giro en el extremo accionado, es suficiente normalmente un iniciador de inferior resolución de medida. En función de la ejecución con uno o con dos canales de señal se utilizan uno o dos iniciadores.

5

La parte de procesamiento del sistema de circuitos para detectar la rotura de un eje puede constituirse a modo de computadora, lo cual se indica mediante un cajetín alrededor de esta parte. Al primer sensor 1 está conectado un primer detector de impulsos 11, que en base a las señales del sensor emite un primer tren de impulsos. Al respecto se tienen en cuenta movimientos hacia adelante y hacia atrás en el extremo de accionamiento dentro de subintervalos, es decir, se sustraen uno de otro los correspondientes valores de señal del sensor 1. Este primer tren de impulsos puede interpretarse como una medida de la frecuencia compensada acoplada con la velocidad de giro. Al sensor 2 está conectado un segundo detector de impulsos 21, para proporcionar el segundo tren de impulsos. Entre el primer y el segundo tren de impulsos existe una relación de impulsos fija cuando el tren de ejes de accionamiento está intacto, es decir, no hay rotura de eje. Esta relación fija entre la cantidad de impulsos del primer tren de impulsos y la cantidad de impulsos del segundo tren de impulsos, para giro del tren de ejes en el mismo sentido, se denomina cantidad de impulsos de la relación de frecuencias U. En el circuito está previsto un emisor de impulsos de relación de frecuencias 3 que puede ajustarse para emitir una cantidad de impulsos correspondiente a la relación de frecuencias U.

10

15

20

El detector de impulsos 11 lleva conectado a continuación un primer contador 10 y el emisor de impulsos 3 lleva conectado a continuación un segundo contador 20. El circuito incluye adicionalmente un temporizador 4 como medio para formar ventanas de tiempo  $t_m$  y medios de evaluación 5 para comparar los estados de cómputo del primer y el segundo contador y emitir una señal de falta cuando hay discrepancia entre los estados de cómputo. El circuito puede incluir también adicionalmente medios 6 para obtener información sobre el sentido de giro y la posición angular a partir de los canales de señal del sensor 1.

25

30

El temporizador 4 sirve para determinar las ventanas de tiempo  $t_m$  durante las que se cargan los contadores 10 y 20. Para ello existen activadores (trigger) y conexiones de reposición (reset) desde el temporizador (timer) 4 a los contadores 10 y 20. El temporizador 4 sirve también para activar los medios de evaluación 5, para evaluar los estados de cómputo de los contadores 10 y 20. Finalmente sirve también el temporizador 4 para poner a cero el segundo detector de impulsos 21, cuya tarea es abrir el segundo contador 20 cuando llega un impulso del segundo tren de impulsos, para que pueda recibirse la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias U del emisor de impulsos de la relación de frecuencias 3 en cada caso en un bloque. El contador 20 se hace avanzar así por bloques en función del valor U.

35

40

Supongamos que no hay perturbaciones en el funcionamiento del tren de ejes para una velocidad de giro media. Mediante el sensor 1 y el detector de impulsos 11 se capta una elevada velocidad de impulsos en el primer contador de impulsos 10, con lo que durante un tiempo predeterminado, por ejemplo un subintervalo de la ventana de tiempo  $t_m$ , se llega a un determinado estado de cómputo en el contador 10. Durante el giro del tren de ejes emite también el segundo sensor 2 una señal y el detector de impulsos 21 abre el contador 20, con lo que se capta la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias U del emisor de impulsos de la relación de frecuencias 3. Supongamos que para una velocidad de giro media del tren de ejes todavía durante el giro del eje el segundo detector de impulsos 21, en base a la correspondiente señal del segundo sensor 2, emite otro impulso, que origina una nueva emisión de la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias U del emisor de impulsos de la relación de frecuencias 3. Durante este tiempo se ha seguido alimentando el primer contador 10 con impulsos. Esto continúa hasta que una vez transcurrido el tiempo de la ventana de tiempo  $t_m$  finaliza el cómputo de impulsos y se realiza la evaluación de los estados de los contadores. Puede contarse con estados de cómputo de los contadores 10 y 20 de aproximadamente el mismo orden de magnitud, lo cual es evaluado por los medios de evaluación 5 como un tren de ejes de accionamiento intacto.

45

50

55

Cuando hay una rotura del eje, no aporta el segundo sensor 2 ninguna señal en absoluto (cuando está detenido el eje accionado) o sólo unas pocas señales (cuando el extremo accionado es arrastrado). Cuando no hay ninguna señal del segundo sensor 2, no puede abrir el segundo detector de impulsos 21 el contador 20, con lo que no entra ningún impulso del emisor de impulsos 3 en el contador 20. La comparación de los estados de cómputo de los contadores 10 y 20 da como resultado una fuerte discrepancia y los medios de evaluación 5 emiten la señal de falta "rotura de eje".

60

Cuando existe una rotura del eje, que origina el arrastre del extremo accionado, llega ocasionalmente una señal del segundo sensor 2 al segundo detector de impulsos 21, que a continuación abre el segundo contador 20 de vez en cuando, con lo que en éste entran impulsos en un número inferior a en el caso de un tren de ejes intacto. La magnitud insuficiente en el contador 20 da lugar a que al comparar el estado de cómputo del contador 20 con el del contador 10 se quede por debajo de un valor de la relación predeterminado, lo cual se evalúa como discrepancia y rotura de eje.

65

## ES 2 585 333 T3

Puede suceder también que el contador 10 presente un valor demasiado pequeño, por ejemplo cuando el correspondiente extremo del sensor 1 está roto. Esto se interpreta también entonces como rotura de eje.

5 Los medios de evaluación 5 pueden también estar programados tal que cuando el estado de cómputo del segundo contador 20 quede por debajo de un valor absoluto, esto se detecte como que se ha producido una rotura de eje.

10 Cuando el tren de ejes está detenido, no emiten normalmente señales el primer ni el segundo sensor. Los medios de evaluación 5 están en condiciones de indicar, dado el caso con ayuda de los medios 6 para detectar el sentido de giro y la posición angular, este estado de funcionamiento como tren de ejes intacto, es decir, no se emite ninguna señal de falta. Pero también puede suceder que haya sacudidas y vibraciones que den lugar a que el primer o el segundo sensor se muevan en un flanco del canal hacia un lado y hacia otro, lo cual puede dar lugar a que se generen señales. La cantidad de estas señales por cada ventana de tiempo  $t_m$  es no obstante reducida, comparada con un movimiento adecuado del tren de ejes. Por lo tanto cuando el estado de cómputo en uno de los contadores 10 y 20 queda por debajo de una cantidad mínima, se señala funcionamiento sin perturbaciones. (El caso ODER puede presentarse desde luego cuando hay rotura de eje). El mismo dictamen se obtiene cuando los medios 6 no señalizan ningún movimiento.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar la rotura de un tren de ejes de accionamiento entre el extremo de accionamiento y el extremo accionado, con las siguientes etapas:
  - a) generación de un primer tren de impulsos en el extremo de accionamiento,
  - b) generación de un segundo tren de impulsos en el extremo accionado,

**caracterizado por**

  - c) la puesta a disposición sobre demanda de una cantidad de impulsos según la relación de frecuencias (U) entre primer y segundo tren de impulsos,
  - d) la adición de la cantidad de impulsos del primer tren de impulsos durante una ventana de tiempo ( $t_m$ ) en un primer contador (10),
  - e) la captación por bloques de la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias (U) durante la ventana de tiempo ( $t_m$ ) en un segundo contador (20) en función de la solicitud mediante el segundo tren de impulsos,
  - f) comparación de los estados de cómputo del primer y el segundo contador (10, 20) y emisión de una señal de falta cuando hay una discrepancia entre los estados de los contadores.
  
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la discrepancia se define como que la relación entre los estados de los contadores quede por debajo de un valor predeterminado.
  
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la discrepancia se define como que el valor absoluto del estado de cómputo del primer o del segundo contador quede por debajo de un valor absoluto.
  
4. Sistema de circuitos para detectar la rotura de un tren de ejes de accionamiento entre el extremo de accionamiento y el extremo accionado, que incluye:
  - un primer sensor (1) que explora el extremo de accionamiento para emitir una primera señal de movimiento,
  - un segundo sensor (2) que explora el extremo accionado para emitir una segunda señal de movimiento,

**caracterizado porque**

  - el primer sensor (1) tiene una mayor resolución de medida,
  - el segundo sensor (2) tiene una menor resolución de medida

**y porque** el sistema de circuitos presenta además:

  - un primer detector de impulsos (11) conectado al primer sensor (1) y que emite un primer tren de impulsos,
  - un segundo detector de impulsos (21) conectado al segundo sensor (2) y que emite un segundo tren de impulsos,
  - un emisor de impulsos de relación de frecuencias (3) para emitir una cantidad de impulsos de la relación de frecuencias (U) según la relación de impulsos entre el primer y el segundo tren de impulsos, cuando el tren de ejes de accionamiento está intacto,
  - un primer contador (10),
  - un segundo contador (20) y
  - medios (4) para formar ventanas de tiempo ( $t_m$ ) para períodos de medida y de evaluación, sumando el primer contador (10) la cantidad de impulsos del primer tren de impulsos durante una ventana de tiempo ( $t_m$ ) y la cantidad de impulsos de la relación de frecuencias (U) se capta durante la ventana de tiempo ( $t_m$ ) en el segundo contador (20) por bloques en función de la solicitud mediante el segundo tren de impulsos y
  - medios de evaluación (5) para comparar los estados de cómputo del segundo contador (20) y del primer contador (10) y para emitir una señal de falta cuando existe una discrepancia entre los estados de los contadores.
  
5. Sistema de circuitos según la reivindicación 4, en el que el primer sensor (1) está configurado como generador de señales de codificador incremental para la determinación precisa de la velocidad de giro del tren de ejes de accionamiento y del segundo sensor (2) como iniciador para detectar el giro en el extremo accionado.
  
6. Sistema de circuitos según la reivindicación 4 ó 5, en el que el primer sensor (1) genera varios canales de señal y están previstos medios (6) para obtener información sobre el sentido de giro y la posición angular a partir de los canales de señal.
  
7. Sistema de circuitos según la reivindicación 6, en el que la información sobre el sentido de giro y la posición angular se utiliza en los medios de evaluación (5) como criterio relativo al accionamiento en ese momento del tren de ejes de accionamiento.

8. Sistema de circuitos según una de las reivindicaciones 4 a 7, en el que están previstos medios para formar subintervalos dentro de las ventanas de tiempo ( $t_m$ ), para realizar mediciones de frecuencias durante los subintervalos en el primer tren de impulsos y hacer avanzar correspondientemente el primer contador (1).

5

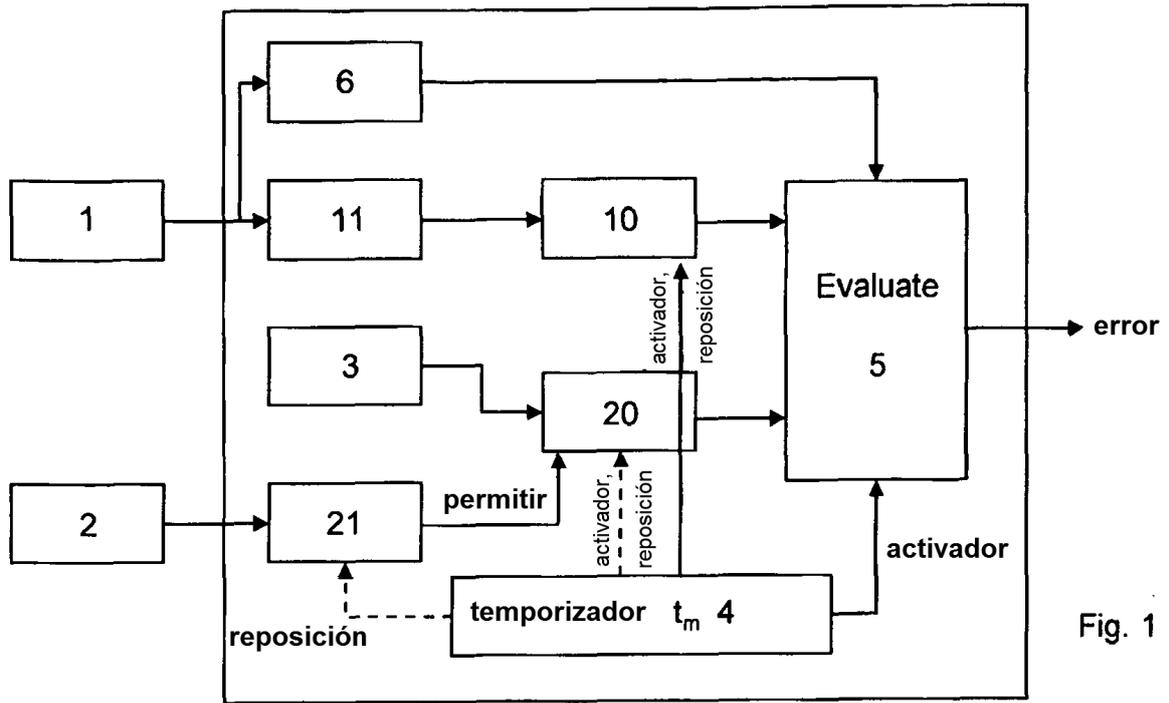
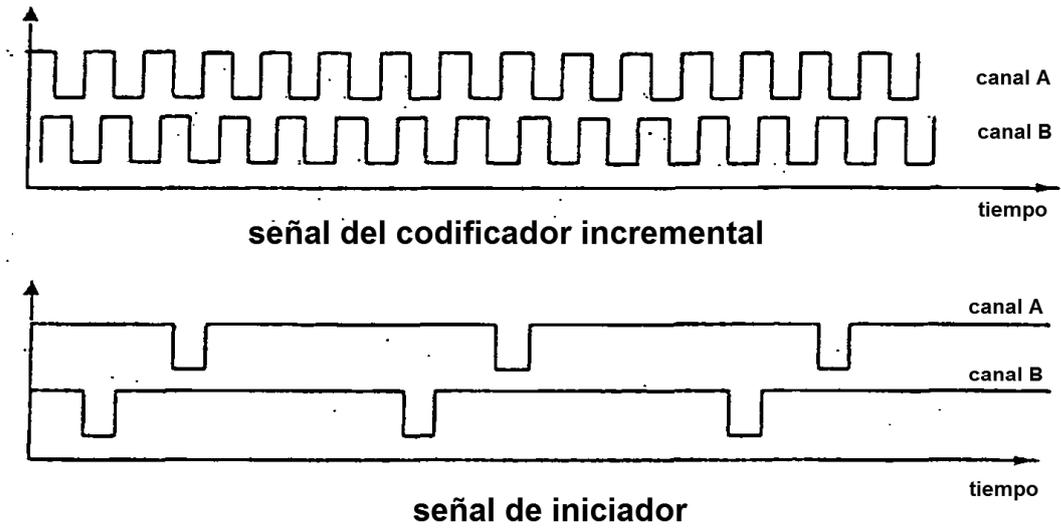


Fig. 1



*Fig. 2*