

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 605**

51 Int. Cl.:
G01D 5/249 (2006.01)
G01D 5/347 (2006.01)
H03M 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09778791 .5**
96 Fecha de presentación: **01.10.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2342540**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2011**

54 Título: **Codificación del ángulo absoluto y dispositivo de medición de ángulos**

30 Prioridad:
30.10.2008 DE 102008053985

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2012

73 Titular/es:
DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)
Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5
83301 Traunreut, DE

72 Inventor/es:
LINGK, CHRISTOPH

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 389 605 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

Codificación del ángulo absoluto y dispositivo de medición de ángulos.

5 En muchos campos se emplean muchas veces dispositivos de medición del ángulo absoluto para la determinación de la posición de dos cuerpos móviles relativamente entre sí. Los dispositivos de medición del ángulo absoluto tienen, frente a los sistemas de medición puramente incremental, la ventaja de que en cualquier posición relativa se puede emitir, también después de una interrupción de la energía de alimentación, inmediatamente una información de la posición correcta.

10 La posición absoluta se incorpora en este caso por una codificación del ángulo. Ahorra especialmente espacio la disposición de la información de la posición en una única pista de código con elementos de código dispuestos unos detrás de los otros. Los elementos de códigos están dispuestos en este caso unos detrás de los otros en dispositivo pseudoaleatoria, de manera que un número determinado de elementos de códigos dispuestos en sucesión forma, respectivamente, una palabra de códigos, que define de una manera unívoca la posición absoluta. En el caso de desplazamiento de la instalación de exploración con relación a la codificación angular en la medida de un único elemento de código se forma ya una nueva palabra de código y sobre toda la circunferencial (360°) a detectar de 15 forma absoluta está disponible una secuencia de diferentes palabras de códigos. Un código en serie o en secuencia de este tipo se designa también con frecuencia como código de cadenas o como código pseudo-aleatorio (PRC).

20 Para la determinación de la posición absoluta a partir de las palabras de códigos exploradas - llamada también decodificación- se emplea una tabla de decodificación, en la que a cada palabra de código está asociada una posición. Para la asociación de la posición absoluta a una palabra de código explorada, la palabra de códigos forma la dirección para la tabla de decodificación, de manera que en la salida se encuentra la posición absoluta depositada para esta palabra de códigos y está disponible para el procesamiento posterior. Estas tablas no volátiles pueden estar diseñadas actualmente cableadas con hardware en un ASIC, para posibilitar un acceso rápido.

25 Los requerimientos planteados a la resolución de dispositivos de medición angular son cada vez más altos, de manera que se pueden codificar unívocamente muchas posiciones sobre 360°. Cuantas más posiciones deben codificarse, tanto más costosa es la decodificación siguiente. En una codificación en serie es problemático que para una alta resolución deben generarse y decodificarse muchísimas palabras de códigos diferentes. Si la decodificación se realiza por medio de Tablas, es necesaria una tabla grande, en la que para cada palabra de código posible está depositada una posición absoluta correspondiente. Si se realiza la decodificación por medio de un ordenador, esto conduce a tiempos de cálculo relativamente largos.

30 El documento US 6.330.522 B1 muestra una medida sobre cómo se puede configurar una codificación angular y un dispositivo de medición de ángulos, para reducir el gasto de la decodificación. En este caso, se dispone una primera secuencia de códigos de una primera longitud y una segunda secuencia de códigos de una segunda longitud en pistas que se extienden paralelas entre sí sobre 360°. La primera secuencia de códigos está dispuesta cinco veces sobre 360° y la segunda secuencia de códigos está dispuesta catorce veces sobre 360°. La anchura binaria de la 35 primera secuencia de códigos se diferencia de la anchura binaria de la segunda secuencia de códigos. La instalación de decodificación presenta una primera reserva de valores para la decodificación de la primera secuencia de códigos así como una segunda reserva de valores para la decodificación de la segunda secuencia de códigos. La posición absoluta es unívoca a través de la combinación de las dos posiciones parciales en cualquier lugar sobre 360°.

40 En una disposición paralela de las secuencias de códigos es un inconveniente, por una parte, la sensibilidad Moiree en la exploración así como las posiciones relativamente pocas que se pueden codificar absolutas sobre 360°.

45 Por lo tanto, el cometido de la invención es indicar un dispositivo de medición del ángulo, con el que se pueden codificar de una manera unívoca una pluralidad de posiciones sobre 360°, y con el que se posibilita una decodificación sencilla de las decencias de palabras de códigos generadas a través de la exploración de esta codificación de ángulos.

Este cometido se soluciona por medio de la codificación de ángulos indicada en la reivindicación 1.

50 La codificación del ángulo absoluto utilizada a tal fin presenta varias secuencias de códigos dispuestas dentro de 360°, que codifican en combinación de una manera unívoca absoluta los 360°. La primera secuencia de códigos presenta una primera longitud L_A y está dispuesta N_A veces en sucesión, y la segunda secuencia de códigos tiene una segunda longitud L_B y está dispuesta N_B veces en sucesión, donde N_A es mayor que o igual a 2 así como un número entero o un número no entero, N_B es mayor que o igual a 2 así como un número entero o un número no entero; N_A no es igual a N_B ; L_A y L_B son números enteros; L_A no es igual a L_B .

55 Además, la primera secuencia de códigos y la segunda secuencia de códigos están dispuestas en una pista común en virtud de que una parte de la primera secuencia de códigos y una parte de la segunda secuencia de códigos, respectivamente, están dispuestas alternativamente. En particular, a un elemento de código de la primera secuencia

de códigos sigue en cada caso un único elemento de código de la segunda secuencia de códigos y a un elemento de código de la segunda secuencia de códigos sigue en cada caso un único elemento de códigos de la primera secuencia de códigos.

5 Las secuencias de códigos están dispuestas en este caso en forma circular en un disco o sobre la circunferencia de un tambor concéntricamente al punto de giro. Una parte de la secuencia de códigos significa que ésta pueden ser uno o varios elementos de códigos en sucesión de esta secuencia de códigos. En los ejemplos de realización siguientes, esta parte es, respectivamente, un único elemento de código. En este caso, un elemento de código es, respectivamente, una zona de la codificación de ángulos, a partir de la cual se puede derivar un bit 0 ó 1.

10 Secuencia de códigos significa una sucesión de varios elementos de códigos, que define sobre toda la longitud de la secuencia de códigos diferentes posiciones en el retículo de un elemento de código.

Código de secuencia seguido cíclicamente significa que en el final de la secuencia de códigos se conecta de nuevo el comienzo de esta misma secuencia de códigos.

15 La longitud de una secuencia de códigos define el sector angular, que incluye una secuencia de códigos. Puesto que los elementos de códigos de todas las secuencias de códigos incluyen en cada caso los mismos sectores angulares, la longitud de la secuencia de códigos es igual al número de los elementos de códigos dentro de la secuencia de códigos y, por lo tanto, el número de los bits que se pueden derivar de ello.

20 Para la generación de una interferencia de las posiciones de ambas secuencias de códigos, la longitud de la primera secuencia de códigos no es de manera ventajosa un múltiplo de la longitud de la segunda secuencia de códigos. La longitud de la interferencia de las secuencias de códigos es máxima, cuando la longitud de la primera secuencia de códigos se diferencia de la longitud de la segunda secuencia de códigos en 1, es decir, que una de las dos secuencias de códigos presenta un único elemento de código más que la otra de las dos secuencias de códigos.

Se obtiene una primera codificación angular fácil de decodificar cuando sobre 360° la primera secuencia de códigos está dispuesta N_A veces y la segunda secuencia de códigos está dispuesta N_B veces, siendo N_A y N_B número entero.

25 Esta codificación angular, que se puede decodificar de manera especialmente sencilla sin fin sobre toda la circunferencia (360°), tiene M_1 posiciones absolutas diferentes sobre 360° , cuando ésta presenta un número $M_1 = 2 * KGV (L_A, L_B)$ de elementos de códigos, con

$KGV (L_A, L_B) =$ múltiplo común mínimo de L_A y L_B
 $L_A =$ longitud de la primera secuencia de códigos A
 $L_B =$ longitud de la segunda secuencia de códigos B.

30 Para N_A se aplica entonces: $N_A = KGV (L_A, L_B) / L_A$
 Para N_B se aplica entonces: $N_B = KGV (L_A, L_B) / L_B$
 El número máximo de posiciones diferentes se puede alcanzar cuando L_A se diferencia de L_B en 1. Entonces se aplica:

35
$$M_{1max} = 2 * L_A * L_B$$

40 Las palabras (patrones binarios) obtenidas durante la exploración de esta codificación de ángulos por medio de una disposición de detector se pueden decodificar por medio de dos reservas de valores que están disponibles en una instalación de decodificación. La primera reserva de valores está configurada para la decodificación de una primera secuencia de palabras de códigos, que se obtiene en cada caso durante la exploración de la primera secuencia de códigos así como durante su continuación cíclica. La segunda reserva de valores está configurada para la decodificación de una segunda secuencia de palabras de códigos, que se obtiene durante la exploración de la segunda secuencia de códigos así como durante su continuación cíclica.

45 El resultado de la decodificación de la primera secuencia de palabras de códigos es una primera posición parcial dentro de la primera secuencia de códigos y el resultado de la decodificación de la otra secuencia de palabras de códigos es una segunda posición parcial dentro de la segunda secuencia de códigos. El valor total de la posición se obtiene a partir de ambas posiciones parciales.

50 Si se requiere sobre 360° un número M_2 , diferente de $M_1 = 2 * KGV (L_A, L_B)$ de posiciones absolutas, en particular $M_2 = 2^k$ posiciones diferentes, entonces en una segunda codificación angular sobre 360° el número de los elementos de códigos es:

$$M_2 < 2 * KGV (L_A, L_B),$$

con

$KGV (L_A, L_B) =$ múltiplo común mínimo de L_A y L_B

LA = longitud de la primera secuencia de códigos A
 LB = longitud de la segunda secuencia de códigos B

5 En este caso, la primera secuencia de códigos está dispuesta NA veces, con NA mayor que 2 así como NA no de número entero, de manera que la primera secuencia de códigos presenta una interrupción, y/o la segunda secuencia de códigos está dispuesta NB veces, con NB mayor que 2 así como NB no de número entero, de manera que la segunda secuencia de códigos presenta una interrupción.

10 Expresado en otras palabras, entonces al menos una de las dos secuencias de códigos están representadas una vez dentro de 360° sólo parcialmente, o bien la parte no registrada de esta secuencia de códigos está recortada y la parte restante está conectada en la secuencia siguiente de códigos. En este punto de conexión, esta secuencia de códigos está interrumpida, puesto que aquí resulta una zona de unión, en la que durante la exploración resulta una nueva secuencia de elementos de códigos, es decir, nuevos patrones binarios o bien palabras. Nuevos patrones binarios significa que estos patrones binarios no son componente de las secuencias de códigos y de sus continuaciones cíclicas. "El "recorte" o bien la "interrupción" se realiza en un límite de dos elementos de códigos, de manera que sobre 360° está presente siempre un número entero de elementos de códigos de todas las secuencias de códigos.

15 Para aprovechar bien en esta segunda codificación de ángulos las secuencias de códigos y posibilitar un número lo más alto posible de posiciones, de manera ventajosa sobre 360° el número

$$M_2 = 2 * (\text{KGV} (L_A , L_B) - E * L_A)$$

lo que significa que solamente una de las segundas secuencias de códigos B está incompleta, o

20
$$M_2 = 2 * (\text{KGV} (L_A , L_B) - E * L_B)$$

lo que significa que solamente una de las primeras secuencias de códigos. En este caso, E > 0 o número entero.

La segunda codificación de ángulos posibilita disponer ahora sobre 360° $M_2 = 2^k$ elementos de códigos.

25 Para la decodificación de las palabras obtenidas durante la exploración de la segunda codificación de ángulos es necesaria ahora, además de la primera y segunda reserva de valores, otra reserva de valores. Esta otra reserva de valores está diseñada para la decodificación de la interrupción de la sucesión cíclica de la primera y/o de la segunda secuencia de códigos y contiene ahora los patrones binarios, que aparecen de nuevo durante la exploración de la zona de unión, es decir, que no son componentes de la primera o de la segunda reserva de valores.

Otras configuraciones ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

Con la ayuda de los dibujos se explican en detalle ejemplos de realización de la invención. En este caso:

30 La figura 1 muestra un primer dispositivo de medición de ángulos con una primera codificación de ángulos en representación esquemática.

La figura 2 muestra un patrón binario de la disposición de detectores del primer dispositivo de medición de ángulos.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo y especificaciones de cálculo para la determinación de la posición por medio del primer dispositivo de medición de ángulos.

35 La figura 4 muestra un diagrama para la determinación de la posición a partir de patrones binarios leídos (palabras) con la ayuda de un ejemplo de la primera codificación de ángulos.

La figura 5 muestra un segundo dispositivo de medición de ángulos con una segunda codificación de ángulos en representación esquemática.

40 La figura 6 muestra un diagrama de flujo y especificaciones de cálculo para la determinación de la posición por medio del segundo dispositivo de medición de ángulos, y

La figura 7 muestra un diagrama para la determinación de la posición a partir de patrones binarios leídos (palabras) con la ayuda de un ejemplo de la segunda codificación de ángulos.

45 En la invención se emplea el principio Nonius. Para la medición de la posición absoluta se emplean dos secuencias de códigos en serie A, B, que presentan diferentes longitudes L_A, L_B . En cada posición dentro de la zona de medición de 360° se obtiene ahora la posición absoluta unívoca POS a partir de la combinación de posiciones parciales x_A, x_B de la pluralidad de secuencias de códigos en serie A, B. La ventaja de una codificación de este tipo consiste en que la instalación de decodificación 3 debe decodificar en cada caso solamente la pluralidad de

secuencia de códigos en serie A, B y de sus sucesiones cíclicas, y entonces se puede calcular la posición unívoca POS sobre 360° a través de relaciones relativamente sencillas a partir de estas secuencias de códigos A, B decodificadas. Si se realiza la decodificación por medio de tablas, solamente son necesarias varias tablas pequeñas. Son necesarias muchas menos entradas de tabas posiciones absolutas se pueden emitir.

5 En la figura 1 se representa de forma esquemática una primera codificación del ángulo absoluto 1 codificada de acuerdo con la invención y un dispositivo de medición del ángulo. La codificación del ángulo 1 está configurada de tal forma que define dentro de una revolución completa, es decir, sobre 360° sin fin, en cada posición una posición absoluta unívoca POS. A tal fin, la codificación de ángulos 1 está constituida por una secuencia dispuesta de forma sucesiva de elementos de códigos A0 a A4 o bien B0 a B3, que forman en cada caso un sector de ángulo de la misma magnitud.

El principio de la medición de la posición se basa en la interferencia de dos secuencias de códigos A, B de diferente longitud L_A y L_B , en la que L_A y L_B , son números enteros y con preferencia sin divisor. La longitud máxima a decodificar M_{1max} resulta cuando L_A y L_B se diferencian en 1

15 La primera secuencia de códigos A se da con la secuencia binaria $A_0A_1A_2A_3... A_{L_A-1}$ de la longitud L_A y la segunda secuencia de códigos B se da a través de la binaria $B_0B_1B_2B_3... B_{L_B-1}$ de la longitud L_B . En este caso es $A_i, B_i \in \{0;1\}$. La codificación angular 1 se establece entonces a través de la disposición alterna de un bit a partir de la secuencia de códigos A y luego de un bit a partir de la secuencia de códigos B:

$$\left| \begin{array}{ccccccc} A_0B_0 & A_1B_1 & A_2B_2 & \dots & A_{L_A-1}B_{L_B-1} & A_0B_0 & \dots \end{array} \right|$$

$M_{1max} = 2 * L_A * L_B$

20 En virtud de las longitudes diferentes L_A, L_B de la secuencia de códigos A y de la secuencia de códigos B, se produce una interferencia entre las secuencias de códigos A y B. La longitud total codificable M_{1max} (es decir, la longitud, después de la cual se repite el patrón binario se da con $L_A - L_B = 1$ a través de

$$M_{1max} = 2 * KGV (L_A , L_B) = 2 * L_A * L_B$$

25 con $KGV (L_A, L_B) =$ múltiplo común mínimo de L_A y L_B .

De acuerdo con la invención, también son posibles codificaciones angulares con secuencias de códigos con diferencia discrecional de la longitud $L_A - L_B$. No obstante, en el caso $L_A - L_B \neq 1$, la longitud máxima codificable M_{1max} es menor y el algoritmo de evaluación es, dado el caso, más costoso, de manera que aquí solamente se explica en detalle el ejemplo especialmente ventajoso, en el que L_A se diferencia de L_B en 1.

30 Para la medición de la posiciones se explora ópticamente, por ejemplo, la codificación de ángulos 1, modulando los elementos de códigos un haz de luz en función de la posición, de manera que en el lugar de una disposición de detección 2 de una instalación de exploración resulta una distribución de la luz en función de la posición que se convierte por la disposición de detector 2 en señales de exploración eléctrica. La disposición de detección 2 es un sensor de líneas, con una secuencia de elementos de detección dispuesta en la dirección de medición. Los elementos de detección están configurados de tal forma que a cada uno de los elementos de códigos está asociado en cada posición relativa al menos uno de los elementos de detección, y de esta manera a partir de cada uno de los elementos de códigos se puede obtener un bit 0 ó 1. A tal fin, en el principio de exploración óptica, los elementos de códigos son reflectantes o no reflectantes, o bien opacos o no opacos, estando asociado a los elementos de códigos reflectantes, por ejemplo, el valor binario 1 y a los elementos de códigos no reflectantes el valor binario 0. La secuencia de estos bits (patrón binario) dentro de una secuencia de códigos A, B, cuyo número depende de la longitud de exploración L_L , forma para las secuencias de códigos A, B, respectivamente, una palabra de códigos w. Las señales de exploración, es decir, las palabras de códigos w son conducidas a una instalación de decodificación 3, que deriva a partir de cada una de las palabras de códigos w de una de las secuencias de códigos A, B una posición parcial x_A, x_B y a partir de estas posiciones parciales x_A, x_B forma entonces a partir de ello una posición absoluta POS. En el caso de un desplazamiento de la disposición de detección 2 frente a la codificación de ángulos 1 en la medida de la anchura o bien de la longitud de un elemento de código A, B se genera a partir de cada una de las secuencias de códigos A, B, respectivamente, una nueva palabra de códigos w.

Para la decodificación de las palabras de códigos w, la instalación de decodificación 3 presenta dos tablas T_A y T_B , la tabla T_A para la secuencia de códigos A y la tabla T_B para la secuencia de códigos B. Un número determinado de elementos de códigos es explorado para la generación de las palabras de códigos w por medio de la disposición de detección 2. El número de los elementos de códigos explorados de ambas secuencias de códigos A, B se designa

longitud de exploración L_L y es con preferencia un número entero de elementos de códigos o bien bits. La secuencia de bits generada por la disposición de detección 2 (patrón binario) se codifica en dos palabras w_1 y w_2 , como se representa en la figura 2. Para la decodificación se buscan ambas palabras w_1 y w_2 en las dos tablas T_A ; T_B de la instalación de decodificación 3:

5 $w_1 \rightarrow T_A$; $w_1 \rightarrow T_B$; $w_2 \rightarrow T_A$; $w_2 \rightarrow T_B$

para conseguir una asociación:

$w_1 \rightarrow w_A$ o bien $w_1 \rightarrow w_B$ y $w_2 \rightarrow w_A$ o bien $w_2 \rightarrow w_B$

En la búsqueda existen las siguientes posibilidades:

Posiciones	Decodificación
Posiciones pares (0, 2, 4...)	$X_A = T_A(w_1)$
	$X_B = T_B(w_2)$
Posiciones impares (1, 3, 5,...)	$X_A = T_A(w_2)$
	$X_B = T_B(w_1)$

10

En este caso se aplica:

- w_1, w_2 son las palabras w leídas por la codificación angular 1
- x_A, x_B son las posiciones parciales dentro de las secuencias de códigos A o bien B, es decir, dentro de la Tabla T_A o bien T_B

15

- la decodificación es la determinación de las posiciones x_A, x_B a partir de las palabras w_1, w_2

En este primer ejemplo de realización, las dos secuencias de códigos A, B están dispuestas en cada caso N_A y N_B veces dentro de 360° , siendo N_A y N_B un número entero. En cada secuencia de códigos A, B se conecta de nuevo el comienzo de esta secuencia de códigos A, B, de manera que en cada punto de costura de las secuencias de códigos A, B sucesivas se prosigue cíclicamente esta secuencia de códigos A, B.

20

El diagrama de flujo representado en la figura 3 así como las especificaciones de cálculo indicadas a este respecto describen el cálculo de la posición general POS a partir de las posiciones x_A, x_B . Como se muestra de forma esquemática en la figura 1, las especificaciones de cálculo R1, R2 están ejecutadas en la instalación de decodificación 3, para calcular la posición general POS a partir de las posiciones parciales x_A y x_B obtenidas a partir de las tablas T_A y T_B .

25

Con la codificación angular 1 representada a modo de ejemplo en la figura 1 resulta, por lo tanto:

Longitud de la secuencia de códigos A: $L_A = 5$

Secuencia de códigos A: A0A1A2A3A4

Longitud de la secuencia de códigos B: $L_B = 4$

30

Secuencia de códigos B: B0B1B2B3

Longitud de exploración: $L_L = 8$

$M_{1max} = 2 * L_A * L_B = 40$

KGV (L_A, L_B) = 20

ES 2 389 605 T3

$$N_A = \text{KGV}(L_A, L_B) / L_A = 4$$

$$N_B = \text{KGV}(L_A, L_B) / L_B = 5$$

La Tabla T_A para la secuencia de códigos A:

5

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x _A
A ₀ A ₁ A ₂ A ₃	W _{A0}	0
A ₁ A ₂ A ₃ A ₄	W _{A1}	1
A ₂ A ₃ A ₄ A ₀	W _{A2}	2
A ₃ A ₄ A ₀ A ₁	W _{A3}	3
A ₄ A ₀ A ₁ A ₂	W _{A4}	4

La Tabla T_B para la secuencia de códigos B:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x _A
B ₀ B ₁ B ₂ B ₃	W _{B0}	0
B ₁ B ₂ B ₃ B ₀	W _{B1}	1
B ₂ B ₃ B ₀ B ₁	W _{B2}	2
B ₃ B ₀ B ₁ B ₂	W _{B3}	3

10 Estas dos tablas T_A y T_B contienen juntas 9 entradas, con estas 9 entradas se pueden decodificar de una manera unívoca 40 posiciones diferentes y, en concreto, sobre 360° en etapas angulares de una manera correspondiente a una anchura de un elemento de código. Condición previa para una decodificación de este tipo es que cada una de las dos secuencias A, B está dispuesta completa varias veces sobre 360°, es decir, que al final de una secuencia de códigos A, B esta secuencia de códigos A, B comienza de nuevo y está dispuesta totalmente hasta el comienzo de la siguiente secuencia de códigos A, B.

15 En la figura 4 se representa un diagrama para la determinación de la posición POS a partir de patrones binarios leídos (palabras) w con la ayuda del ejemplo de la primera codificación angular 1. En la segunda y tercera columnas se representan las palabras w₁ y w₂ calculadas a partir de las palabras w según la figura 2. Las otras cinco columnas muestran la pregunta de si las palabras w₁ y w₂ se encuentran en las tablas T_A o T_B. Un "1" define en este caso que ha hallado. La siguiente columna designada con "RV" define la especificación de cálculo R₁ ó R₂ a utilizar. En las dos columnas siguientes se indican las posiciones parciales x_A, x_B. La columna siguiente contiene el valor "n" calculado de acuerdo con las especificaciones indicadas en la figura 3. La última columna contiene ahora la posición POS calculada de acuerdo con las especificaciones de cálculo R₁ o R₂ correspondientes.

20 Si debe resolverse adicionalmente el valor de medición de la posición calculado a través de las dos secuencias de códigos A, B, se puede completar la codificación de ángulos 1 descrita anteriormente a través de otra pista u otras varias pistas con codificaciones absolutas o con divisiones incrementales.

También puede ser ventajoso derivar a partir de la codificación del ángulo absoluto 1 adicionalmente una señal incrementar periódica.

30 Un ejemplo de una disposición ventajosa de una pista incremental adicional 4 se representa en la figura 1. En este caso, paralela o concéntricamente a la pista con las secuencias de códigos A, B está prevista una pista incremental 4. El periodo de división de esta pista incremental 4 es, por ejemplo, una fracción de la anchura de un elemento de código de las secuencias de códigos A, B y los límites de los elementos de códigos están alineados con los límites de los periodos de división de la pista incremental 4. Dentro de un sector de ángulo de un elemento de código está

dispuesto, por lo tanto, un número entero, de manera ventajosa mayor que 1, de periodos de división incremental. A través de este dimensionado de la pista incremental 4 es posible dividir de nuevo la anchura de un elemento de código. A tal fin, se explora la división incremental 4 por medio de otra unidad de detección, no representada, que genera de manera conocida varias señales incrementales desfasadas entre sí. Estas señales incrementales son conducidas a una unidad de interpolación, que divide de nuevo las señales incrementales y emite una posición parcial absoluta dentro de la anchura de un elemento de código. La posición absoluta POS obtenida a partir de la codificación del ángulo absoluto 1 y la posición parcial obtenida a partir de la pista incremental 4 son conducidas a una unidad de combinación, que a partir de ello forma una posición general, que es absoluta y, por lo tanto, unívoca sobre la zona de medición de 360° y presenta una resolución que corresponde a la etapa de interpolación calculada a partir de la división incremental.

Pero para muchas aplicaciones se desea ahora una codificación del ángulo, que define $M_2 = 2^k$ posiciones diferentes sobre una rotación, es decir, dentro de 360°. A continuación se describe ahora con la ayuda de las figuras 5 a 7 un segundo ejemplo de realización de la invención, en el que para la formación de una codificación del ángulo 10 al menos una de las secuencias de códigos A, B no está configurada completa dentro de los 360°, para definir las $M_2 = 2^k$ posiciones diferentes requeridas. La codificación del ángulo 10 se da de nuevo a través de las longitudes L_A y L_B de las secuencias de códigos, donde $L_A \neq L_B$ y L_A y L_B son números enteros. Por lo tanto, no es posible seleccionar L_A y L_B de manera que $M_2 = 2 \cdot \text{KGV}(L_A, L_B) = 2^k$ con $k > 0$ y número entero. Para conseguir esto, se toma ahora a partir de la codificación del ángulo 1 descrita en el primer ejemplo de la longitud máxima $M_{1\max}$ solamente una zona V de la longitud $M_2 = 2^k$.

Además, supongamos que existe ahora una disposición de detección 20 con una longitud de exploración L_L , en la que L_L es número entero. Para este sistema existen ahora dos zonas:

1ª zona: Posiciones 0... a $(M_2 - L_L)$:

Ésta es la zona, en la que para la codificación del ángulo 10 existe la zona V tomada de la codificación del ángulo 1 y en la que la posición general POS se puede calcular por medio de las especificaciones de cálculo R_1 y R_2 del primer ejemplo de realización.

2ª zona: Posiciones $(M_2 - L_L + 1)$... a $(M_2 - 1)$:

A través de la unión de la zona V recibida resulta un nuevo lugar de unión ST, en el que al menos una de las secuencias de códigos A, B o bien la continuación cíclica de al menos una de las secuencias de códigos (aquí la secuencia de códigos A) está interrumpida. Esta zona sobre este lugar de unión ST condiciona un tratamiento separado con al menos una reserva adicional de valores para la decodificación de patrones binarios, es decir, una tabla separada, porque los patrones binarios generados durante la exploración sobre este lugar ST no están presentes en las tablas T_A y/o T_B .

Con la ayuda de un ejemplo se realizan las siguientes explicaciones:

Número de los bits necesario por circunferencia: $M_2 = 32 = 2^5$

Longitud de exploración: $L_L = 8$

$L_A = 5$

$L_B = 4$

La codificación angular completa 1 tiene una longitud $= 2 \cdot L_A \cdot L_B = 40$ posiciones y se corta o se reduce para la creación de la codificación angular necesaria 10 a una longitud de M_2 de 32 posiciones. En las figuras 1 a 5, esta zona reducida se designa con V.

Las secuencias de códigos A o bien B se dan a través de:

Secuencia de códigos A: A₀A₁A₂A₃A₄

Secuencia de códigos B: B₀B₁B₂B₃

Las tablas T_A y T_B se dan entonces a través de:

Tabla T_A para la secuencia de códigos A:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x_A
A0A1A2A3	WA0	0
A1A2A3A4	WA1	1
A2A3A4A0	WA2	2
A3A4A0A1	WA3	3
A4A0A1A2	WA4	4

Tabla T_B para la secuencia de códigos B:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x_B
B0B1B2B3	WB0	0
B1B2B3B0	WB1	1
B2B3B0B1	WB2	2
B3B0B1B2	WB3	3

5

¿Qué pasa ahora con las secuencias de códigos A y B en el nuevo lugar de unión ST? En primer lugar, se ve que la secuencia de códigos B ha sido cortada exactamente en su continuación cíclica (por lo tanto, entre B_3 y B_0). Si se mueve la disposición del detector 20 más allá del lugar de unión ST, no se plantea ningún problema con la secuencia de códigos B ("Retículo-B" ni con la tabla T_B : al bit B_3 sigue de nuevo el bit B_0 . Por lo tanto, la secuencia de códigos B así como su continuación cíclica no están interrumpidas.

10

En cambio, la secuencia de códigos A está interrumpida en el lugar de unión ST. En la secuencia de códigos A, ahora en el tránsito del lugar de unión ST con la disposición de detector 20 afloran nuevos patrones binarios, que no aparecen en la T_A . Al bit A_0 no sigue precisamente A_1 , sino de nuevo A_0 y luego en primer lugar A_1 . Las nuevas posiciones de la secuencia de códigos A en el lugar de unión ST están agrupadas en una nueva tabla T_{STA} ("ST" representa el lugar de unión; "A" representa la secuencia de códigos A).

15

Tabla T_{STA} :

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x_{STA}
A3A4A0A0	WSTA0	0
A4A0A0A1	WSTA1	1
A0A0A1A2	WSTA2	2

POS_{ST} se puede calcular ahora por medio de la tabla T_B así como T_{STA} . Las especificaciones de cálculo R3 y R4 correspondientes se indican en la figura 6. Hay que indicar que estas especificaciones de cálculo R3 y R4 se indican solamente a modo de ejemplo, puesto que aquí también se pueden aplicar otras relaciones. Las especificaciones de cálculo R1 y R2 corresponden a las especificaciones de cálculo R1 y R2 del primer ejemplo de realización (figura 3) con el tratamiento especial para la posición 31.

20

Otra posibilidad para el cálculo de las posiciones POS_{ST} en el lugar de unión ST consiste en que los patrones binarios consecutivos son considerados en su totalidad y no se distribuyen en la unión ST en las dos secuencias de códigos A y B. A tal fin se escriben los $(L_L - 1)$ 7 patrones binarios de la zona de unión ST en una tabla T_{ST} , en la que las longitud de la palabra en esa tabla T_{ST} es ahora L_L , en el ejemplo 8.

25

Tabla TST:

Patrones binarios	Palabra w	Posición x_{ST}
B ₀ A ₃ B ₁ A ₄ B ₂ A ₀ B ₃ A ₀	W _{ST0}	25
A ₃ B ₁ A ₄ B ₂ A ₀ B ₃ A ₀ B ₀	W _{ST1}	26
B ₁ A ₄ B ₂ A ₀ B ₃ A ₀ B ₀ A ₁	W _{ST2}	27
A ₄ B ₂ A ₀ B ₃ A ₀ B ₀ A ₁ B	W _{ST3}	28
B ₂ A ₀ B ₃ A ₀ B ₀ A ₁ B ₁ A ₂	W _{ST4}	29
A ₀ B ₃ A ₀ B ₀ A ₁ B ₁ A ₂ B ₂	W _{ST5}	30
B ₃ A ₀ B ₀ B ₁ A ₂ B ₂ A ₃	W _{ST6}	31

Por último, para el ejemplo anterior hay que indicar todavía un código y las tablas correspondientes:

5 Secuencia de códigos A: 01111

Secuencia de códigos B: 0100

Codificación angular1 (longitud 40 bits):

0011101010011010101100101011100010111010

Codificación angular 10 (Fragmento V de 32 bits):

10 00111010100110101011001010111000

Tabla TA para la secuencia de códigos A:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x_A
0111	W _{A0}	0
1111	W _{A1}	1
1110	W _{A2}	2
1101	W _{A3}	3
1011	W _{A4}	4

Tabla TB para la secuencia de códigos B:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x_A
0100	W _{B0}	0
1000	W _{B1}	1
0001	W _{B2}	2
0010	W _{B3}	3

Tabla TSTA:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x _{STA}
1100	W _{STA0}	0
1001	W _{STA1}	1
0011	W _{STA2}	2

Tabla TST:

Patrones binarios	Palabra w	Posición parcial x _{ST}
01110000	W _{ST0}	25
11100000	W _{ST1}	26
11000001	W _{ST2}	27
10000011	W _{ST3}	28
00000111	W _{ST4}	29
00001110	W _{ST5}	30
00011101	W _{ST6}	31

5 En el ejemplo se reconoce que es especialmente ventajoso que una de las longitudes de la secuencia de códigos (L_A o L_B) sea ya una potencia de dos. En el ejemplo anterior, la longitud total es M₂ = 32 y L_B = 4. En esta caso la ventaja es que solamente una de las secuencias de códigos A o B (aquí, en efecto, sólo la secuencia de códigos A) debe estar "cortada". En la otra secuencia de códigos (aquí la secuencia de códigos B) se mantienen completamente todas las secuencias de códigos así como sus continuaciones cíclicas en la totalidad sobre 360°.

10 Para el número de los elementos de códigos sobre 360° se aplica:

$$M_2 = 2 * (KGV(L_A, L_B) - E * L_A)$$

lo que significa que solamente una de las secuencias de códigos A dentro de 360° está incompleta, pero todas las secuencias de códigos A están registradas completas y se prosiguen cíclicamente o

$$M_2 = 2 * (KGV(L_A, L_B) - E * L_B)$$

15 lo que significa que solamente una de las secuencias de códigos A dentro de 360° está incompleta, pero todas las secuencias de códigos B están registradas completas y se prosiguen cíclicamente con E número entero > 0.

20 En la figura 7 se representa un diagrama para el cálculo de la posición POS a partir de patrones binarios leídos (palabras) w, con la ayuda del ejemplo de la segunda codificación de ángulos 10. En la segunda y en la tercera columnas se representan las palabras w1 y w2 calculadas a partir de las palabras w según la figura 2. Las otras seis columnas muestran la pregunta de si las palabras w1 y w2 se encuentran en las tablas T_A, T_B, T_{STA}. Un "1" define en este caso que ha hallado. La siguiente columna designada con "RV" define la especificación de cálculo R1, R2, R3 o R4 a utilizar. En las tres columnas siguientes se indican las posiciones parciales x_A, x_B y x_{STA}. La columna siguiente contiene el valor "n" calculado de acuerdo con las especificaciones indicadas en la figura 6. La última columna contiene ahora la posición POS calculada de acuerdo con las especificaciones de cálculo R1, R2, R3 o R4 correspondientes.

25 La instalación de decodificación 3, 30 está configurada de manera ventajosa como AIC, en la que las tablas T necesarias, es decir, las reservas de palabras necesarias, están configuradas en cada caso fijas cableadas en la fabricación del ASIC. De manera alternativa, en cambio, la tabla T o bien las reservas de palabras pueden estar depositadas también en memorias de valor fijo, como EPROM.

30 En el segundo dispositivo de medición de ángulos es especialmente ventajosa una forma mixta de memorias, en la que, por una parte, se consigue un acceso rápido a los datos de la memoria, es decir, a las reservas de valores y,

5 por otra parte, se posibilita también una adaptación rápida al objeto de aplicación. Esto se realiza cableando fijamente, por una parte, la reserva de calores TA, TB para las secuencias de codificación A y B así como sus sucesiones cíclicas y, adicionalmente previendo una memoria todavía programable de acuerdo con la fabricación de máscaras, registrando en esta memoria programable la reserva de valores T_{ST} , T_{STA} necesaria individualmente de la unión ST, es decir, las tablas T_{ST} y T_{STA} . La memoria programable es una memoria de valor fijo y está configurada, por ejemplo, como EPROM.

10 Como se representa de forma esquemática en la figura 5, la codificación del ángulo absoluto se puede completar de acuerdo con al ejemplo de la figura 1 por medio de una división incremental 40. En este caso, de nuevo dentro de un sector de ángulo de un elemento de código está dispuesto un número entero, en periodos de división incremental de manera más ventajosa mayores que 1.

15 La invención se puede emplear de manera especialmente ventajosa en el principio de exploración óptica, puesto que se puede producir de manera reproducible una codificación angular explorable óptimamente 1, 10 con las máximas posiciones diferentes posibles sobre 360° (una rotación de la codificación angular 1, 10) y de esta manera se posibilita una medición de la posición de una resolución especialmente alta. En este caso, la disposición de detectores 2, 20 y la instalación de decodificación pueden estar alojadas en común en un Opto-ASIC.

Pero la invención no está limitada al principio de exploración óptica, sino que se puede aplicar también en principios de exploración magnética, inductiva así como capacitiva.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto con una codificación angular (1, 10), que presenta varias secuencias de códigos (A, B) dispuestas dentro de 360°, que presenta una longitud (L_A) y codifican en combinación los 360° de una manera unívoca absoluta, cuya primera secuencia de códigos (A) tiene una primera longitud (L_A) y está dispuesta N_A veces en sucesión, y cuya segunda secuencia de códigos (B) tiene una segunda longitud (L_B) y está dispuesta N_B veces en sucesión, donde N_A es mayor que o igual a 2; N_B es mayor que o igual a 2; N_A no es igual a N_B ; la primera longitud L_A no es igual a la segunda longitud L_B ; y la primera secuencia de códigos (A) y la segunda secuencia de códigos (B) están dispuestas en una pista común en virtud de que una parte de la primera secuencia de códigos (A) y una parte de la segunda secuencia de códigos (B), respectivamente, están dispuestas alternativamente; una disposición de detector (2, 20) para explorar la primera y la segunda secuencias de códigos (A, B) de la codificación de ángulos (1, 10) y para generar, respectivamente, una primera palabra de códigos (w), que se produce cuando se escanea una de las primeras secuencias de códigos (A) y su continuación cíclica, y una segunda palabra de códigos (w) que se produce cuando se escanea una de las segundas secuencias de códigos (B) y su continuación cíclica, y un dispositivo de decodificación (3, 30) para decodificar la primera palabra de códigos (w) y la segunda palabra de códigos (w) y para generar un valor de posición (POS) a partir de ellas, pudiendo generarse una pluralidad de diferentes valores de posición (POS) sobre 360°.
- 2.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la primera longitud (L_A) de la primera secuencia de códigos (A) no es un múltiplo entero de la segunda longitud (L_B) de la segunda secuencia de códigos (B).
- 3.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque la longitud (L_A) de la primera secuencia de códigos (A) difiere de la longitud (L_B) de la segunda secuencia de códigos (B) en 1.
- 4.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque N_A y N_B son enteros.
- 5.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque un elemento de código de la primera secuencia de códigos (A) y un elemento de códigos de la segunda secuencia de códigos (B) están dispuestos de forma alternativa, y un número $M_1 = 2 * KGV (L_A, L_B)$ de elementos de códigos está dispuesto sobre 360°, donde
 $KGV (L_A, L_B) =$ múltiplo común mínimo de L_A y L_B
 $L_A =$ longitud de la primera secuencia de códigos A
 $L_B =$ longitud de la segunda secuencia de códigos B.
- 6.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque un número $M_1 = 2 * L_A * L_B$ de elementos de códigos está dispuesto sobre 360°, donde
 $L_A =$ longitud de la primera secuencia de códigos A;
 $L_B =$ longitud de la segunda secuencia de códigos B.
- 7.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, **caracterizado** porque sobre 360° está dispuesto un número $M_2 < 2 * KGV (L_A, L_B)$ de elementos de códigos, con $KGV (L_A, L_B) =$ múltiplo común mínimo de L_A y L_B , $L_A =$ longitud de la primera secuencia de códigos A, $L_B =$ longitud de la segunda secuencia de códigos B.
- 8.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque sobre 360° está dispuesto un número $M_2 < 2 * (KGV (L_A, L_B) - E * L_A)$ o un número $M_2 < 2 * (KGV (L_A, L_B) - E * L_B)$, con E número entero > 0 .
- 9.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque sobre 360° están dispuestos $M_2 = 2^k$ elementos de códigos, con $k > 4$ y número entero.
- 10.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque concéntricamente a la codificación del ángulo absoluto (1, 10) está dispuesta una pista incremental (4, 40) y dentro de un elemento de código está dispuesto un número entero de periodos de división incremental.
- 11.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado** porque concéntricamente a la codificación del ángulo absoluto (1, 10) está dispuesta una única pista incremental (4, 40) y dentro de un elemento de código está dispuesto un número entero mayor que 1 periodo de división incremental.
- 12.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque la instalación de decodificación (3, 30) presenta una primera reserva de valores (T_A) para la decodificación de una primera secuencia de palabras de códigos (w), que aparece, respectivamente, durante la exploración de una de las primeras secuencias de códigos (A) así como de su continuación cíclica, y la instalación de decodificación (3,

30) presenta una segunda reserva de calores (T_B) para la decodificación de una segunda secuencia de palabras de códigos (w), que aparece, respectivamente, durante la exploración de una de las segundas secuencias de códigos (B) así como de su continuación cíclica.

5 13.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque la instalación de decodificación (30) presenta una primera reserva de valores (T_A) para la decodificación de una primera secuencia de palabras de códigos (w), que aparece, respectivamente, durante la exploración de una de las primeras secuencias de códigos (A) así como de su continuación cíclica, y la instalación de decodificación (3, 30) presenta una segunda reserva de calores (T_B) para la decodificación de una segunda secuencia de palabras de códigos (w), que aparece, respectivamente, durante la exploración de una de las segundas secuencias de códigos (B) así como de su continuación cíclica, y la instalación de decodificación (30) presenta otra reserva de valores (T_{STA} , T_{ST}), que es adecuada para la decodificación de una interrupción (ST) de la primera secuencia de códigos (A) y/o de la segunda secuencia de códigos (B).
10

14.- Dispositivo de medición del ángulo absoluto de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque la otra reserva de valores (T_{STA} , T_{ST}), está memorizada en una memoria de valor fijo programable y la primera reserva de valores (T_A) así como la segunda reserva de valores (T_B) está cableada fija.
15

FIG. 1

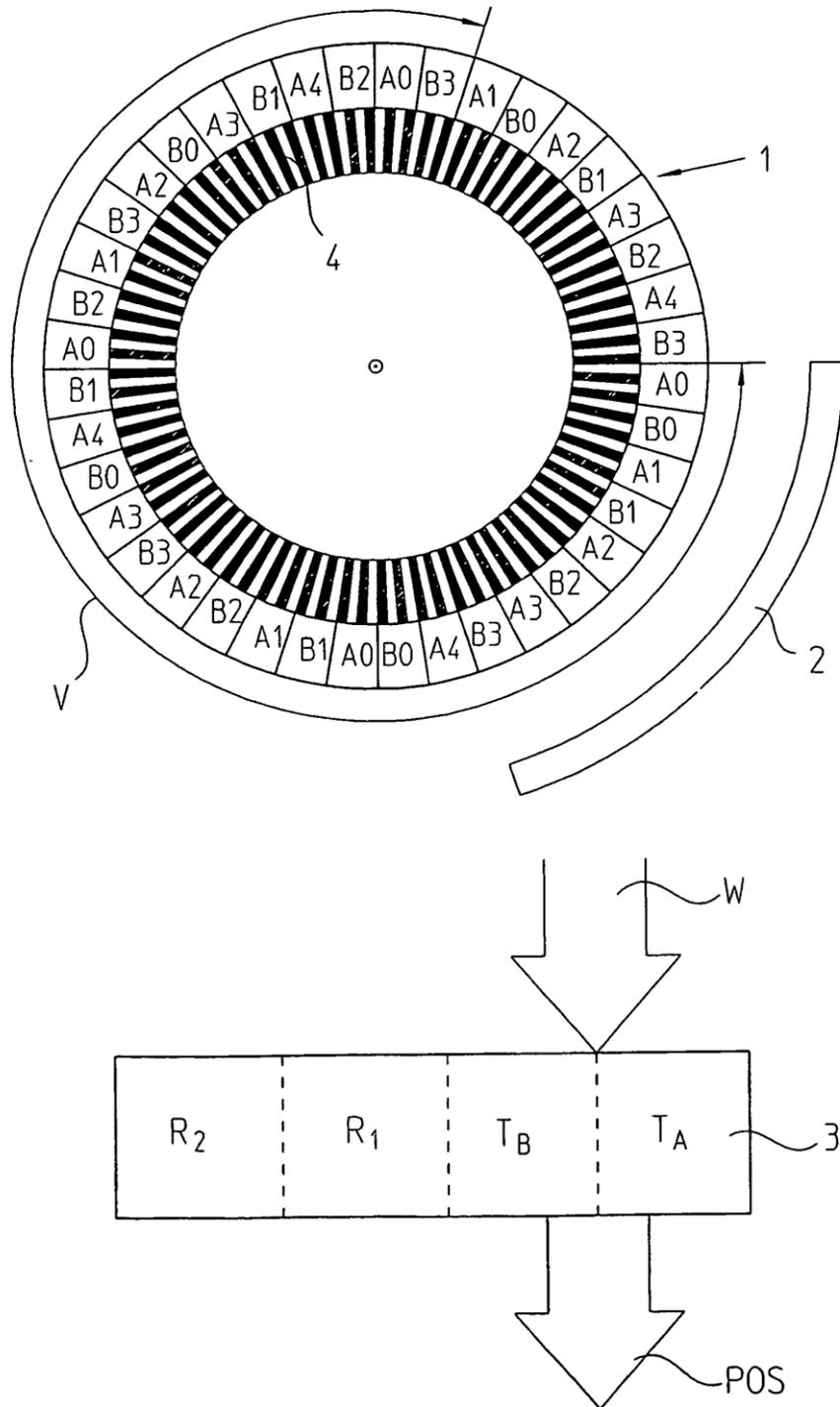


Fig. 2

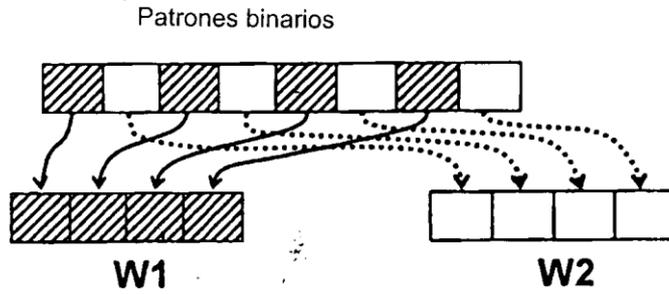


Fig. 3

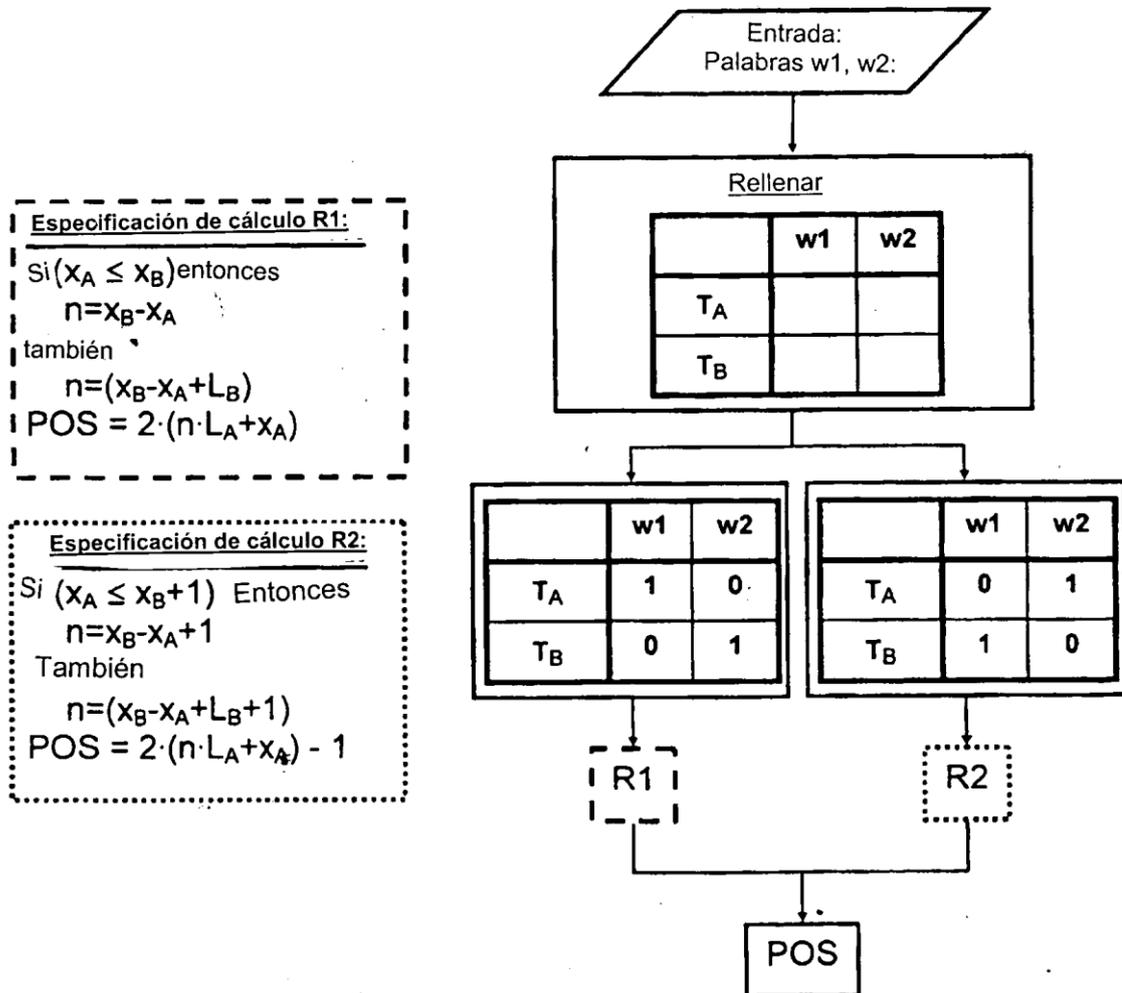


Fig. 4

W	W1	W2	W1 in TA?	W1 in TB?	W2 in TA?	W2 in TB?	RV	xA	xB	n	POS
00111010	0111	0100	1	0	0	1	R1	0	0	0	0
01110101	0100	1111	0	1	1	0	R2	1	0	0	1
11101010	1111	1000	1	0	0	1	R1	1	1	0	2
11010100	1000	1110	0	1	1	0	R2	2	1	0	3
10101001	1110	0001	1	0	0	1	R1	2	2	0	4
01010011	0001	1101	0	1	1	0	R2	3	2	0	5
10100110	1101	0010	1	0	0	1	R1	3	3	0	6
01001101	0010	1011	0	1	1	0	R2	4	3	0	7
10011010	1011	0100	1	0	0	1	R1	4	0	0	8
00110101	0100	0111	0	1	1	0	R2	0	0	1	9
01101010	0111	1000	1	0	0	1	R1	0	1	1	10
11010101	1000	1111	0	1	1	0	R2	1	1	1	11
10101011	1111	0001	1	0	0	1	R1	1	2	1	12
01010110	0001	1110	0	1	1	0	R2	2	2	1	13
10101100	1110	0010	1	0	0	1	R1	2	3	1	14
01011001	0010	1101	0	1	1	0	R2	3	3	1	15
10110010	1101	0100	1	0	0	1	R1	3	0	1	16
01100101	0100	1011	0	1	1	0	R2	4	0	1	17
11001010	1011	1000	1	0	0	1	R1	4	1	1	18
10010101	1000	0111	0	1	1	0	R2	0	1	2	19
00101011	0111	0001	1	0	0	1	R1	0	2	2	20
01010111	0001	1111	0	1	1	0	R2	1	2	2	21
10101110	1111	0010	1	0	0	1	R1	1	3	2	22
01011100	0010	1110	0	1	1	0	R2	2	3	2	23
10111000	1110	0100	1	0	0	1	R1	2	0	2	24
01110001	0100	1101	0	1	1	0	R2	3	0	2	25
11100010	1101	1000	1	0	0	1	R1	3	1	2	26
11000101	1000	1011	0	1	1	0	R2	4	1	2	27
10001011	1011	0001	1	0	0	1	R1	4	2	2	28
00010111	0001	0111	0	1	1	0	R2	0	2	3	29
00101110	0111	0010	1	0	0	1	R1	0	3	3	30
01011101	0010	1111	0	1	1	0	R2	1	3	3	31
10111010	1111	0100	1	0	0	1	R1	1	0	3	32
01110100	0100	1110	0	1	1	0	R2	2	0	3	33
11101000	1110	1000	1	0	0	1	R1	2	1	3	34
11010001	1000	1101	0	1	1	0	R2	3	1	3	35
10100011	1101	0001	1	0	0	1	R1	3	2	3	36
01000111	0001	1011	0	1	1	0	R2	4	2	3	37
10001110	1011	0010	1	0	0	1	R1	4	3	3	38
00011101	0010	0111	0	1	1	0	R2	0	3	4	39

FIG. 5

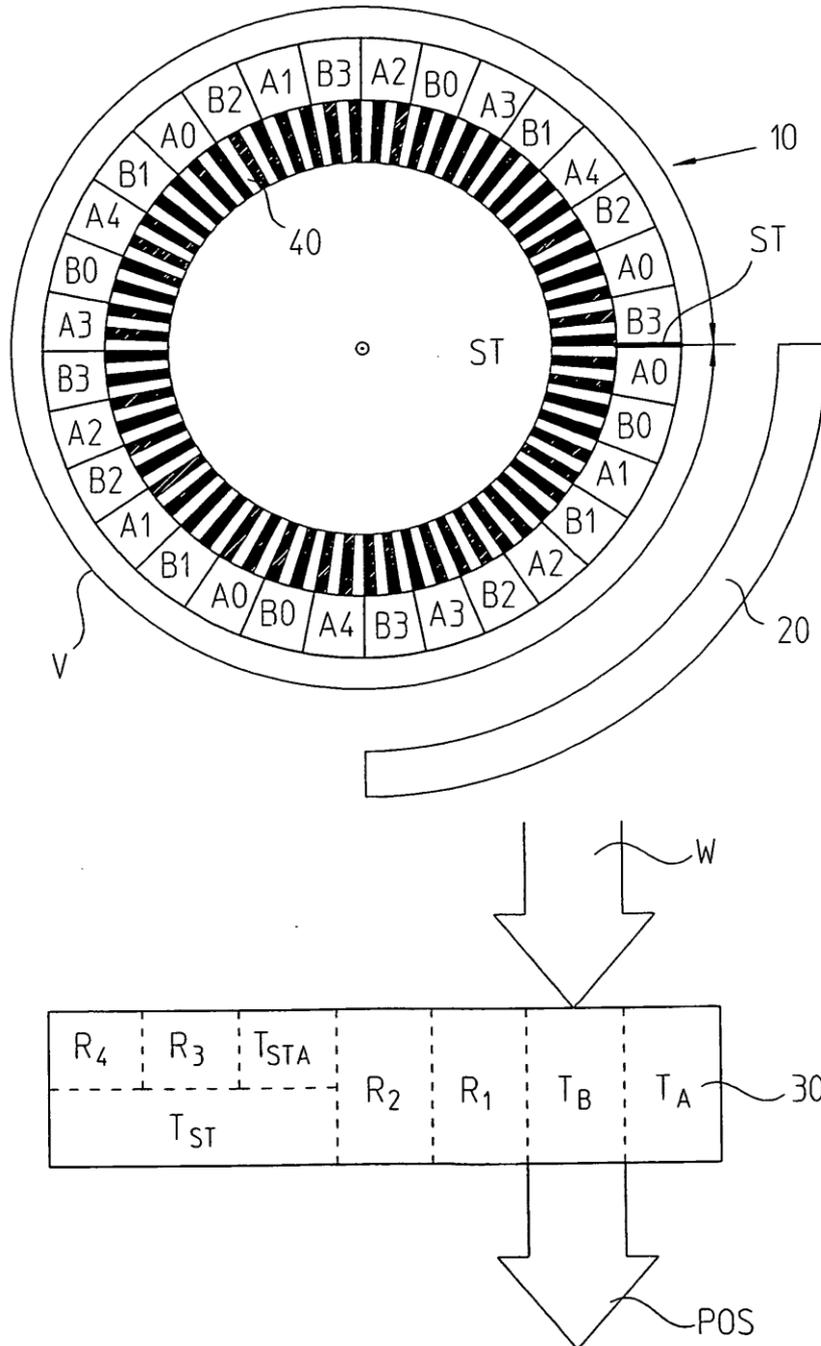


Fig. 7

W	W1	W2	W1 in TA?	W1 in TB?	W1 in TSTA?	W2 in TA?	W2 in TB?	W2 in TSTA?	RV	xA	xB	xSTA	n	POS
0011010	0111	0100	1	0	0	0	1	0	R1	0	0		0	0
01110101	0100	1111	0	1	0	1	0	0	R2	1	0		0	1
11101010	1111	1000	1	0	0	0	1	0	R1	1	1		0	2
11010100	1000	1110	0	1	0	1	0	0	R2	2	1		0	3
10101001	1110	0001	1	0	0	0	1	0	R1	2	2		0	4
01010011	0001	1101	0	1	0	1	0	0	R2	3	2		0	5
10100110	1101	0010	1	0	0	0	1	0	R1	3	3		0	6
01001101	0010	1011	0	1	0	1	0	0	R2	4	3		0	7
10011010	1011	0100	1	0	0	0	1	0	R1	4	0		0	8
00110101	0100	0111	0	1	0	1	0	0	R2	0	0		1	9
01101010	0111	1000	1	0	0	0	1	0	R1	0	1		1	10
11010101	1000	1111	0	1	0	1	0	0	R2	1	1		1	11
10101011	1111	0001	1	0	0	0	1	0	R1	1	2		1	12
01010110	0001	1110	0	1	0	1	0	0	R2	2	2		1	13
10101100	1110	0010	1	0	0	0	1	0	R1	2	3		1	14
01011001	0010	1101	0	1	0	1	0	0	R2	3	3		1	15
10110010	1101	0100	1	0	0	0	1	0	R1	3	0		1	16
01100101	0100	1011	0	1	0	1	0	0	R2	4	0		1	17
11001010	1011	1000	1	0	0	0	1	0	R1	4	1		1	18
10010101	1000	0111	0	1	0	1	0	0	R2	0	1		2	19
00101011	0111	0001	1	0	0	0	1	0	R1	0	2		2	20
01010111	0001	1111	0	1	0	1	0	0	R2	1	2		2	21
10101110	1111	0010	1	0	0	0	1	0	R1	1	3		2	22
01011100	0010	1110	0	1	0	1	0	0	R2	2	3		2	23
10111000	1110	0100	1	0	0	0	1	0	R1	2	0		2	24
01110000	0100	1100	0	1	0	0	0	1	R3		0	0		25
11100000	1100	1000	0	0	1	0	1	0	R4		1	0		26
11000001	1000	1001	0	1	0	0	0	1	R3		1	1		27
10000011	1001	0001	0	0	1	0	1	0	R4		2	1		28
00000111	0001	0011	0	1	0	0	0	1	R3		2	2		29
00001110	0011	0010	0	0	1	0	1	0	R4		3	2		30
00011101	0010	0111	0	1	0	1	0	0	R2	0	3		4	31