

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 475**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/245** (2006.01)

**G01D 5/249** (2006.01)

**G01D 5/347** (2006.01)

**H03M 1/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2009 PCT/EP2009/007043**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10049049**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2009 E 09778793 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2340417**

54 Título: **Dispositivo de medición de posición absoluta**

30 Prioridad:

**30.10.2008 DE 102008053986**

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

**18.01.2018**

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:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 650 475 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 de medición de posición absoluta

- 5 En muchos campos se emplean cada vez en mayor medida dispositivos de medición de ángulo absoluto para determinar la posición de dos cuerpos que se mueven uno en relación con otro. En relación con los sistemas de medición puramente incremental, los dispositivos de medición de ángulo absoluto tienen la ventaja de que es posible emitir inmediatamente una información de posición correcta cualquiera que sea la posición relativa, incluso tras un corte de la energía de alimentación.
- 10 En este contexto, la posición absoluta está representada por una codificación angular. La disposición de la información de posición en una única pista de código con elementos de código dispuestos uno tras otro en la dirección de medición ahorra mucho espacio. Los elementos de código están dispuestos aquí uno tras otro en una distribución pseudoaleatoria, de manera que un determinado número de elementos de código sucesivos forma en cada caso una palabra de código, que define la posición absoluta de manera inequívoca. Con el desplazamiento del dispositivo de exploración en la medida de un único elemento de código se forma ya una nueva palabra de código y en todo el alcance que se ha de registrar de manera absoluta se dispone de una serie de palabras de código diferentes. Un código serial o secuencial de este tipo se denomina también frecuentemente código de encadenamiento o código pseudoaleatorio (PRC = *Pseudo-Random-Code*).
- 15 Para determinar la posición absoluta a partir de las palabras de código exploradas –también denominado decodificación– se emplea una tabla de decodificación en la que cada palabra de código tiene asignada una posición. Para la asignación de la posición absoluta a una palabra de código explorada, la palabra de código constituye la dirección para la tabla de decodificación, de manera que en la salida se halla la posición absoluta depositada para esta palabra de código, que está disponible para un procesamiento ulterior. Estas tablas no volátiles pueden estar diseñadas actualmente cableadas en hardware en un ASIC, para hacer posible un acceso rápido.
- 20 Las exigencias a la resolución de los dispositivos de medición de ángulo son cada vez mayores, de manera que en 360° hay muchas posiciones que codificar de manera inequívoca.
- 25 Cuantas más posiciones hayan de codificarse, tanto más costosa es la decodificación subsiguiente. Un problema de la codificación serial es que para lograr una gran resolución han de generarse y decodificarse muchas palabras de código diferentes. Si la decodificación se realiza mediante tablas, se necesita una tabla grande en la que para cada posible palabra de código esté depositada una posición absoluta correspondiente. Si la decodificación se realiza mediante un ordenador, esto lleva a tiempos de cálculo relativamente largos.
- 30 El documento US 6,330,522 B1 muestra una medida consistente en cómo pueden configurarse una codificación angular y un dispositivo de medición de ángulo para reducir el esfuerzo de la decodificación. En ésta se disponen una primera secuencia de código y una segunda secuencia de código en pistas que se extienden paralelas entre sí en 360°. La primera secuencia de código está dispuesta cinco veces en 360° y la segunda secuencia de código está dispuesta catorce veces en 360°. Las secuencias de código incluyen distintos sectores angulares. La anchura en bits de la primera secuencia de código es diferente de la anchura en bits de la segunda secuencia de código. El dispositivo decodificador presenta una primera reserva de valores para decodificar la primera secuencia de código, así como una segunda reserva de valores para decodificar la segunda secuencia de código. La posición absoluta viene dada de manera inequívoca por la combinación de ambas posiciones parciales en cada lugar en 360°.
- 35 Una desventaja en este caso es que en 360° sólo puede codificarse una cantidad de posiciones que en cada caso es un múltiplo entero de la longitud de ambas secuencias de código.
- 40 Por lo tanto, el objetivo de la invención es indicar una codificación angular con la que pueda codificarse de manera inequívoca una cantidad cualquiera de posiciones en 360° y con la que se haga posible en un dispositivo de medición de ángulo una decodificación fácil de las sucesiones de palabras de código generadas por la exploración de esta codificación angular.
- 45 Este objetivo se logra mediante la codificación angular indicada en la reivindicación 1.
- 50 En la reivindicación 11 se indica un dispositivo de medición de ángulo absoluto con una codificación angular de este tipo.
- 55 La codificación angular absoluta presenta varias secuencias de código dispuestas dentro de 360° que, en combinación, codifican absolutamente de manera inequívoca los 360°, de las cuales una primera secuencia de código, consistente en una sucesión de elementos de código, incluye un primer sector angular y está dispuesta varias veces consecutivas, así como continuada varias veces cíclicamente, una segunda secuencia de código, consistente en una sucesión de elementos de código, incluye un segundo sector angular y está dispuesta varias veces consecutivas, así como continuada varias veces cíclicamente,
- 60
- 65

siendo el primer sector angular diferente al segundo sector angular, y estando al menos una de las secuencias de código dentro de los 360° configurada sólo parcialmente y formando esta o estas secuencias de código un punto de unión con la secuencia de código subsiguiente.

5 Expresado en otras palabras, al menos una de las dos secuencias de código está aplicada sólo parcialmente dentro de 360°, y esta parte está juntada a la siguiente secuencia de código. En este punto de junta se interrumpe esta secuencia de código, ya que aquí se produce una zona de unión en la que, durante la exploración, se forma una nueva sucesión de elementos de código, es decir nuevos esquemas de bits o nuevas palabras. Nuevos esquemas de bits significa que estos esquemas de bits no forman parte de las secuencias de código y sus continuaciones cíclicas.

Las secuencias de código están dispuestas en forma de círculo en un disco o a lo largo de la periferia de un tambor.

15 Un elemento de código es en cada caso una zona de la codificación angular de la que puede derivarse un bit.

“Secuencia de código” significa una sucesión de elementos de código que, mediante la longitud total de la secuencia de código, define distintas posiciones en la retícula de un elemento de código.

20 “Secuencia de código continuada cíclicamente” significa que al final de la secuencia de código le sigue de nuevo el principio de esta misma secuencia de código.

La codificación angular configurada según la invención posibilita pues codificar, en particular en 360°,  $2^k$  posiciones diferentes, siendo k preferiblemente >4 y entero.

25 Los elementos de código de la primera secuencia de código y de la segunda secuencia de código incluyen preferiblemente sectores angulares siempre iguales. Presuponiendo esto, el tamaño de un sector angular puede definirse muy fácilmente a través de la cantidad de elementos de código.

30 Si la longitud de la primera secuencia de código se diferencia de la longitud de la segunda secuencia de código en 1, se obtiene la cantidad máxima de posiciones diferentes. En este contexto, la longitud de la primera secuencia de código es la cantidad de elementos de código de la primera secuencia de código, y la longitud de la segunda secuencia de código es la cantidad de elementos de código de la segunda secuencia de código.

35 Si la primera secuencia de código y la segunda secuencia de código están dispuestas en pistas diferentes, se consigue una evaluación relativamente fácil de las palabras (esquemas de bits) obtenidas mediante la exploración de las secuencias de código.

En caso de una disposición en dos pistas, está dispuesta en las dos pistas, en cada caso en 360°, una cantidad

40  $M_1 < \text{MCM}(L_A, L_B)$  igual de elementos de código, siendo  
 $\text{MCM}(L_A, L_B)$  = mínimo común múltiplo de  $L_A$  y  $L_B$   
 $L_A$  = cantidad en número entero de elementos de código de la primera secuencia de código  
 $L_B$  = cantidad en número entero de elementos de código de la segunda secuencia de código.

45 En los 360° pueden codificarse más posiciones diferentes, si la primera secuencia de código y la segunda secuencia de código están dispuestas en una pista común, haciendo que en cada caso una parte de la primera secuencia de código y una parte de la segunda secuencia de código estén dispuestas de forma alternada. En particular, a un elemento de código de la primera secuencia de código le sigue en cada caso un único elemento de código de la segunda secuencia de código, y a un elemento de código de la segunda secuencia de código le sigue en cada caso un único elemento de código de la primera secuencia de código.

En caso de una disposición en una pista común, está dispuesta esta pista, en 360°, una cantidad

55  $M_2 < 2 * \text{MCM}(L_A, L_B)$  de elementos de código, siendo  
 $\text{MCM}(L_A, L_B)$  = mínimo común múltiplo de  $L_A$  y  $L_B$   
 $L_A$  = cantidad de elementos de código de la primera secuencia de código  
 $L_B$  = cantidad de elementos de código de la segunda secuencia de código.

60 Si ha de darse más resolución al valor de posición determinado mediante las dos secuencias de código A, B, puede estar dispuesta concéntricamente a la codificación angular absoluta al menos una pista incremental. El periodo de división de esta pista incremental es por ejemplo una fracción de la anchura de un elemento de código de las secuencias A, B de código.

Un dispositivo de medición de ángulo presenta pues una disposición detectora para explorar la primera y la segunda secuencias de código de la codificación angular y para generar palabras de código, así como un dispositivo decodificador para decodificar las palabras de código y para generar valores de posición.

5 El dispositivo decodificador presenta una primera reserva de valores para decodificar una primera sucesión de palabras de código, que se forma en cada caso durante la exploración de una de las primeras secuencias de código, así como de su continuación cíclica, y una segunda reserva de valores para decodificar una segunda sucesión de palabras de código, que se forma en cada caso durante la exploración de una de las segundas secuencias de código, así como de su continuación cíclica, y el dispositivo decodificador presenta una reserva de valores adicional  
10 adecuada para la decodificación del punto de unión de la primera secuencia de código y/o de la segunda secuencia de código.

En las reivindicaciones dependientes se indican otras configuraciones ventajosas de la invención.

15 Por medio de los dibujos se explican más detalladamente unos ejemplos de realización de la invención.

Se muestran:

20 En la Figura 1, un primer dispositivo de medición de ángulo con una primera codificación angular en una representación esquemática;  
en la Figura 2, un diagrama de flujo y reglas para el cálculo para determinar la posición del primer dispositivo de medición de ángulo;  
en la Figura 3, un diagrama para determinar la posición a partir de esquemas de bits (palabras) leídos, por medio de un ejemplo de la primera codificación angular;  
25 en la Figura 4, un segundo dispositivo de medición de ángulo con una segunda codificación angular en una representación esquemática;  
en la Figura 5, un esquema de bits de la disposición detectora del segundo dispositivo de medición de ángulo;  
en la Figura 6, un diagrama de flujo y reglas para el cálculo para determinar la posición del segundo dispositivo de medición de ángulo, y  
30 en la Figura 7, un diagrama para determinar la posición a partir de esquemas de bits (palabras) leídos, por medio de un ejemplo de la segunda codificación angular.

En la invención se emplea el principio de nonio. Para la medición de la posición absoluta se emplean dos secuencias A, B de código seriales, que incluyen distintos sectores angulares  $L_A$  y  $L_B$ . En cada posición dentro del intervalo de medición de  $360^\circ$  se obtiene pues la posición absoluta inequívoca POS a partir de la combinación de posiciones  
35 parciales  $x_A$ ,  $x_B$  de las varias secuencias A, B de código seriales. La ventaja de una codificación de este tipo consiste en que un dispositivo decodificador 3 sólo ha de decodificar en cada caso las varias secuencias A, B de código seriales, relativamente cortas, y sus continuaciones cíclicas y a continuación puede determinarse la posición inequívoca POS en  $360^\circ$  mediante relaciones relativamente sencillas a partir de estas secuencias A, B de código decodificadas. Si la decodificación se realiza mediante tablas, sólo se requieren varias tablas pequeñas. Las  
40 entradas de tabla necesarias son muchas menos que las posiciones absolutas que pueden emitirse.

En la Figura 1 están representados esquemáticamente una primera codificación angular absoluta 1 y un primer dispositivo de medición de ángulo absoluto configurados según la invención. La codificación angular 1 está configurada de tal manera que, dentro de una rotación completa, o sea en  $360^\circ$  sin fin, define en cada posición una  
45 posición absoluta inequívoca POS. Con este fin, la codificación angular 1 consta de una sucesión de elementos A0 a A4 o B0 a B3 de código dispuestos uno tras otro, que incluyen en cada caso un sector angular del mismo tamaño. La primera sucesión de elementos A0 a A4 de código está dispuesta en una primera pista y constituye la secuencia A de código, y la segunda sucesión de elementos B0 a B3 de código está dispuesta en una segunda pista y constituye la segunda secuencia B de código. Las dos pistas de código están dispuestas concéntricamente una con respecto a otra. Resulta particularmente ventajoso que los elementos de código de las dos pistas de código estén  
50 alineados entre sí.

El principio de la medición de posición se basa en el batimiento de dos secuencias de código A, B con diferente tamaño del sector angular  $L_A$  y  $L_B$  que las incluye. Con este fin, los tamaños de los sectores angulares  $L_A$  y  $L_B$  se diferencian sólo ligeramente uno de otro, de manera que el sector angular  $L_A$  no es un múltiplo entero del sector angular  $L_B$ .

Si, como está representado en el ejemplo, los sectores angulares de los elementos A0 a A4 de código son iguales a los sectores angulares de los elementos B0 a B3 de código, el tamaño de los sectores angulares de las secuencias A, B de código puede representarse mediante el número de elementos de código, para simplificar la explicación posterior. Así pues,  $L_A$  y  $L_B$  son cantidades de elementos de código en números enteros y preferiblemente primos entre sí. La máxima longitud  $M_{1\max}$  por decodificar se obtiene si  $L_A$  se diferencia de  $L_B$  en 1.

La primera secuencia A de código viene dada por la secuencia de bits

65

$A_0A_1A_2A_3\dots A_{L_A-1}$   
de longitud  $L_A$ .

5 La segunda secuencia B de código viene dada por la secuencia de bits  
 $B_0B_1B_2B_3\dots B_{L_B-1}$   
de longitud  $L_B$ .

Aquí se aplica  $A_i, B_i \in \{0;1\}$ .

10 Debido a las longitudes  $L_A, L_B$  de la secuencia A de código y de la secuencia B de código, se produce un batimiento entre las secuencias A y B de código. La longitud codificable total  $M_{1max}$  (o sea la longitud tras la que se repite la configuración de bits) viene dada en caso de  $L_A - L_B = 1$  por

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

15 con  $MCM(L_A, L_B) =$  mínimo común múltiplo de  $L_A$  y  $L_B$ .

20 Para muchas aplicaciones se desea una codificación angular 1 que a lo largo de una rotación, o sea dentro de  $360^\circ$ , defina  $M_1 = 2^k$  posiciones diferentes. Por lo tanto, para formar esta codificación angular 1, al menos una de las secuencias A, B de código dentro de los  $360^\circ$  no está configurada por completo, con el fin de definir las  $M_1 = 2^k$  posiciones diferentes requeridas.

25 Para medir la posición, la codificación angular 1 se explora por ejemplo ópticamente por el método de que los elementos de código modulen un haz luminoso en función de la posición, de manera que en el lugar de una disposición detectora 2 de un dispositivo de exploración se forme una distribución de la luz dependiente de la posición, que es convertida en señales eléctricas w de exploración por la disposición detectora 2. La disposición detectora 2 es un sensor de líneas, con una serie de elementos detectores dispuestos en la dirección de medición. Los elementos detectores están configurados de tal manera que cada uno de los elementos de código tenga asignada de manera inequívoca en cada posición relativa al menos uno de los elementos detectores y, por consiguiente, pueda obtenerse un bit 0 o 1 a partir de cada uno de los elementos de código. Con este fin, en el caso del principio de exploración óptica, los elementos de código son reflectantes o no reflectantes, u opacos o no opacos, asignándose a los elementos de código reflectantes por ejemplo el valor de bit 1 y a los elementos de código no reflectantes el valor de bit 0. La sucesión de estos bits (esquemas de bits) dentro de una secuencia A, B de código, cuya cantidad depende de la longitud  $L_L$  de exploración, forma para las dos secuencias A, B de código en cada caso una palabra w de código. Las señales de exploración, o sea las palabras w de código, se alimentan a un dispositivo decodificador 3 que, a partir de cada una de las palabras w de código de una de las secuencias A, B de código, deriva una posición parcial  $x_A, x_B$  y, a partir de estas posiciones parciales  $x_A, x_B$ , forma a continuación una posición absoluta POS. Con un desplazamiento de la disposición detectora 2 en relación con la codificación angular 1 en la medida de la anchura o la longitud de un elemento A, B de código, se genera en cada caso una nueva palabra w de código a partir de cada una de las secuencias A, B de código.

40 La disposición detectora 2 presenta en cada caso un detector 2A, 2B para explorar una de las secuencias A, B de código, con, en cada caso, una longitud  $L_{L1}$  de exploración. Para esta codificación angular existen pues dos zonas:

1ª zona:

45 Ésta es la zona en la que todas las secuencias A, B de código están completas y continúan cíclicamente.

2ª zona:

50 Se produce un nuevo punto ST de unión, en el que la continuación cíclica de al menos una de las secuencias de código (aquí la secuencia A de código) está interrumpida. Esta zona sobre este punto ST de unión requiere durante la decodificación un tratamiento especial con al menos una tabla separada, porque los esquemas de bits generados durante la exploración sobre este punto ST de unión no están presentes en las tablas  $T_A$  y/o  $T_B$ .

A continuación se ofrecen aclaraciones adicionales por medio de un ejemplo:

55 Cantidad de bits necesarios por circunferencia:  $M_1 = 16 = 2^4$   
Longitud de exploración:  $L_{L1} = 4$   
 $L_A = 5$   
 $L_B = 4$

60 La codificación angular 1 completa tiene una longitud  $L_A * L_B = 20$  posiciones y, para crear la codificación angular 1 necesaria, se corta o se reduce a una longitud  $M_1$  de 16 posiciones.

Las secuencias A o B de código vienen dadas por:

65 secuencia A de código:  $A_0A_1A_2A_3A_4$   
secuencia B de código:  $B_0B_1B_2B_3$

Tabla T<sub>A</sub>: para secuencia A de código

Esquema de bits	Palabra W <sub>A</sub>	Posición parcial x <sub>A</sub>
A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	W <sub>A0</sub>	0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> A <sub>4</sub>	W <sub>A1</sub>	1
A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> A <sub>0</sub>	W <sub>A2</sub>	2
A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	W <sub>A3</sub>	3
A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	W <sub>A4</sub>	4

5

Tabla T<sub>B</sub>: para secuencia B de código

Esquema de bits	Palabra W <sub>B</sub>	Posición parcial x <sub>B</sub>
B <sub>0</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	W <sub>B0</sub>	0
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>0</sub>	W <sub>B1</sub>	1
B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>0</sub> B <sub>1</sub>	W <sub>B2</sub>	2
B <sub>3</sub> B <sub>0</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	W <sub>B3</sub>	3

¿Qué pasa ahora con las secuencias A y B de código en el nuevo punto ST de unión?

10 En primer lugar puede verse que la secuencia B de código se ha cortado exactamente en su continuación cíclica (o sea entre B<sub>3</sub> y B<sub>0</sub>). Por lo tanto, si la disposición detectora 2B se mueve sobre el punto ST de unión, no se presenta ningún problema con la secuencia B de código ("retícula B") ni con la tabla T<sub>B</sub>: al bit B<sub>3</sub> le sigue de nuevo el bit B<sub>0</sub>. Por consiguiente no se interrumpen ni la secuencia B de código ni su continuación cíclica.

15 En cambio, la secuencia A de código está interrumpida en el punto ST de unión, ya que en el punto de unión una de las secuencias A de código está cortada y no está aplicada completa. En el caso de la secuencia A de código, al pasar por el punto ST de unión con la disposición detectora 2A surgen nuevos esquemas de bits, que no aparecen en la tabla T<sub>A</sub>. Al bit A<sub>0</sub> no le sigue A<sub>1</sub>, sino de nuevo A<sub>0</sub> y sólo entonces A<sub>1</sub>. Las nuevas posiciones de la secuencia A de código en el punto ST de unión están reunidas en una nueva tabla T<sub>STA</sub> ("ST" por punto de unión; "A" por la secuencia A de código). Esta tabla T<sub>STA</sub> adicional pone a disposición la reserva de valores para la decodificación de las palabras W<sub>STA</sub> generadas por el detector 2A en el punto ST de unión. La cantidad de entradas es (L<sub>L1</sub>-1), y en el ejemplo es 3.

25

Tabla T<sub>STA</sub>:

Esquema de bits	Palabra W <sub>STA</sub>	Posición parcial x <sub>STA</sub>
A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>0</sub>	W <sub>STA0</sub>	0
A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	W <sub>STA1</sub>	1
A <sub>0</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	W <sub>STA2</sub>	2

La posición POS fuera del punto ST de unión se determina pues a partir de las posiciones parciales x<sub>A</sub> y x<sub>B</sub> y al pasar por el punto ST de unión a partir de las posiciones parciales x<sub>A</sub> y x<sub>STA</sub>.

30 La invención se explica aun más por medio de una codificación angular concreta:

Las secuencias A o B de código vienen dadas por:

35

secuencia A de código: 01111  
secuencia B de código: 0100

longitud máxima codificable = MCM(5;4) = 20

40

pista completa con la secuencia A de código: 01111011110111101111  
pista completa con la secuencia B de código: 01000100010001000100  
pista de la secuencia A de código reducida a 16 posiciones: 0111101111011110  
pista de la secuencia B de código reducida a 16 posiciones: 0100010001000100

45

Longitud L<sub>L</sub> de exploración = 4 (para cada una de las dos pistas)

Tabla T<sub>A</sub>: para secuencia A de código

Esquema de bits	Palabra W <sub>A</sub>	Posición parcial x <sub>A</sub>
0111	W <sub>A0</sub>	0
1111	W <sub>A1</sub>	1
1110	W <sub>A2</sub>	2
1101	W <sub>A3</sub>	3
1011	W <sub>A4</sub>	4

5

Tabla T<sub>B</sub>: para secuencia B de código

Esquema de bits	Palabra W <sub>B</sub>	Posición parcial x <sub>B</sub>
0100	W <sub>B0</sub>	0
1000	W <sub>B1</sub>	1
0001	W <sub>B2</sub>	2
0010	W <sub>B3</sub>	3

Tabla T<sub>STA</sub>:

Esquema de bits	Palabra W <sub>STA</sub>	Posición parcial x <sub>STA</sub>
1100	W <sub>STA0</sub>	0
1001	W <sub>STA1</sub>	1
0011	W <sub>STA2</sub>	2

10

En la Figura 2 están representados un diagrama de flujo y reglas para el cálculo para la determinación de la posición POS a partir de los esquemas de bits leídos.

15

La Figura 3 muestra un diagrama para la determinación de la posición POS a partir de los esquemas de bits (palabras) leídos, por medio del ejemplo concreto.

20

Si ha de darse más resolución al valor de medición de posición determinado mediante las dos secuencias A, B de código, la codificación angular 1 anteriormente descrita puede estar complementada con una pista adicional o varias pistas adicionales con codificaciones absolutas o con divisiones incrementales.

25

Resulta especialmente ventajoso derivar a partir de la codificación angular absoluta 1 una señal incremental periódica que tenga un periodo correspondiente a la anchura (sector angular) o a un múltiplo entero de la anchura de un elemento de código.

30

Adicionalmente resulta ventajoso disponer una pista incremental 4 paralelamente, o sea concéntricamente, a las pistas con las secuencias A, B de código. El periodo de división de esta pista incremental 4 es ventajosamente una fracción de la anchura de un elemento de código de las secuencias A, B de código. Dentro de un sector angular de un elemento de código está dispuesta ventajosamente una cantidad de periodos de división incrementales mayor o igual que 1. Mediante este dimensionamiento de la pista incremental 4 es posible subdividir adicionalmente la anchura de un elemento de código. Para ello, la división incremental 4 se explora mediante una unidad detectora adicional, no representada, que, de forma ya conocida, genera varias señales incrementales desfasadas unas en relación con otras. Estas señales incrementales se alimentan a una unidad de interpolación, que subdivide adicionalmente 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 angular absoluta 1, y la posición parcial obtenida a partir de la pista incremental 4 se alimentan a una unidad de combinación, que a partir de las mismas forma una posición total que, en el intervalo de medición de 360°, es absoluta y por tanto inequívoca y presenta una resolución correspondiente al paso de interpolación determinado a partir de la división incremental. Así, en 360° están dispuestos por ejemplo 2<sup>11</sup> elementos de código y una división incremental con 2<sup>15</sup> periodos incrementales. Dentro de un elemento de código están dispuestos entonces 16 periodos incrementales.

40

A continuación se describe un segundo ejemplo de realización de la invención por medio de las Figuras 4 a 7. La codificación angular 10 se produce entonces mediante la disposición alternada de un elemento de código (bits) de la secuencia A de código y a continuación un elemento de código (bits) de la secuencia B de código:

45

$$\left| A_0B_0 \ A_1B_1 \ A_2B_2 \ \dots \ A_{L_A-1}B_{L_B-1} \right| A_0B_0 \dots$$

$$\leftarrow M_{2\max} = 2 * L_A * L_B \rightarrow$$

## ES 2 650 475 T3

Sobre la base de las diferentes longitudes  $L_A$ ,  $L_B$  de la secuencia A de código y de la secuencia B de código se produce un batimiento entre las secuencias A y B de código.

5 La longitud codificable total  $M_{2max}$  (o sea la longitud tras la que se repite la configuración de bits) viene dada en caso de  $L_A - L_B = 1$  por

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

10 con  $MCM(L_A, L_B) =$  mínimo común múltiplo de  $L_A$  y  $L_B$ .

Para formar la codificación angular 10, de nuevo al menos una de las secuencias A, B de código dentro de los  $360^\circ$  no está configurada por completo, con el fin de definir las  $M_2 = 2^k$  posiciones diferentes requeridas. La codificación angular 10 viene dada de nuevo por las longitudes  $L_A$  y  $L_B$  de las secuencias A y B de código, siendo  $L_A \neq L_B$  y siendo  $L_A$  y  $L_B$  números enteros. Dado que los elementos de código incluyen todos el mismo sector angular, las longitudes  $L_A$  y  $L_B$  se definen de nuevo como cantidad de elementos de código de la secuencia A, B de código correspondiente.

15 Existe además una disposición detectora 20 con una longitud de exploración  $L_{L2}$ , siendo  $L_{L2}$  un número entero. Para este sistema existen ahora dos zonas:

20 1ª zona: Posiciones 0...hasta  $(M_2 - L_{L2})$ :  
Ésta es la zona en la que, para la codificación angular 10 en  $360^\circ$ , existen sólo secuencias A y B de código completas. La posición total POS se calcula aquí mediante las reglas para el cálculo  $R_1$  y  $R_2$  según la Figura 6.

25 2ª zona: Posiciones  $(M_2 - L_{L2} + 1)$ ...hasta  $(M_2 - 1)$ :  
En el punto ST de unión, al menos una de las secuencias A, B de código está cortada y por lo tanto la continuación cíclica de al menos una de las secuencias de código (aquí la secuencia A de código) está interrumpida. Esta zona sobre este punto ST de unión requiere un tratamiento especial con al menos una tabla separada, porque los esquemas de bits generados durante la exploración sobre este punto ST de unión no están presentes en las tablas  $T_A$  y/o  $T_B$ .

30 A continuación se ofrecen aclaraciones adicionales por medio de un ejemplo:

Cantidad de bits necesarios por circunferencia:  $M_2 = 32 = 2^5$

35 Longitud de exploración:  $L_{L2} = 8$   
 $L_A = 5$   
 $L_B = 4$

40 La codificación angular 1 completa tiene una longitud

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

45 en el ejemplo por lo tanto 40 posiciones, y, para crear la codificación angular 10 necesaria, se corta o se reduce a una longitud  $M_2$  de 32 posiciones.

Las secuencias A o B de código vienen dadas por:

secuencia A de código:  $A_0A_1A_2A_3A_4$   
secuencia B de código:  $B_0B_1B_2B_3$

50 Las tablas  $T_A$  y  $T_B$  vienen dadas entonces por:

Tabla  $T_A$ : para secuencia A de código

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial $x_A$
$A_0A_1A_2A_3$	$W_{A0}$	0
$A_1A_2A_3A_4$	$W_{A1}$	1
$A_2A_3A_4A_0$	$W_{A2}$	2
$A_3A_4A_0A_1$	$W_{A3}$	3
$A_4A_0A_1A_2$	$W_{A4}$	4

55



Tabla T<sub>B</sub>: para secuencia B de código

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>B</sub>
B <sub>0</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	W <sub>B0</sub>	0
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>0</sub>	W <sub>B1</sub>	1
B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>0</sub> B <sub>1</sub>	W <sub>B2</sub>	2
B <sub>3</sub> B <sub>0</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	W <sub>B3</sub>	3

5

¿Qué pasa ahora con las secuencias A y B de código en el nuevo punto ST de unión?

10

En primer lugar puede verse que la secuencia B de código se ha cortado exactamente en su continuación cíclica (o sea entre B<sub>3</sub> y B<sub>0</sub>). Por lo tanto, si la disposición detectora 20 se mueve sobre el punto ST de unión, no se presenta ningún problema con la secuencia B de código ("retícula B") ni con la tabla T<sub>B</sub>: al bit B<sub>3</sub> le sigue de nuevo el bit B<sub>0</sub>. Por consiguiente no se interrumpen ni la secuencia B de código ni su continuación cíclica.

15

En cambio, la secuencia A de código está interrumpida en el punto ST de unión. En el caso de la secuencia A de código, al pasar por el punto ST de unión con la disposición detectora 20 surgen nuevos esquemas de bits, que no aparecen en la tabla T<sub>A</sub>. Al bit A<sub>0</sub> no le sigue A<sub>1</sub>, sino de nuevo A<sub>0</sub> y sólo entonces A<sub>1</sub>. Las nuevas posiciones de la secuencia A de código en el punto ST de unión pueden reunirse en una nueva tabla T<sub>STA</sub> ("ST" por punto de unión; "A" por la secuencia A de código).

20

Tabla T<sub>STA</sub>:

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>STA</sub>
A <sub>3</sub> A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>0</sub>	W <sub>STA0</sub>	0
A <sub>4</sub> A <sub>0</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	W <sub>STA1</sub>	1
A <sub>0</sub> A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	W <sub>STA2</sub>	2

25

Las reglas para el cálculo R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> para la determinación de la posición POS se indican en la Figura 6. Hay que observar que estas reglas para el cálculo R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> se indican sólo a modo de ejemplo, ya que aquí pueden aplicarse también otras relaciones.

30

Otra posibilidad para determinar las posiciones POS<sub>ST</sub> en el punto ST de unión consiste en que los esquemas de bits consecutivos se consideren en su totalidad. Para ello, los (L<sub>L2</sub>-1) = 7 esquemas de bits de la zona ST de unión se escriben en una tabla T<sub>ST</sub>, siendo la longitud de palabra en esta tabla T<sub>ST</sub> pues L<sub>L2</sub>, en el ejemplo 8.

Tabla T<sub>ST</sub>:

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>STA</sub>
B <sub>0</sub> A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub>	W <sub>ST0</sub>	25
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub>	W <sub>ST1</sub>	26
B <sub>1</sub> A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	W <sub>ST2</sub>	27
A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B	W <sub>ST3</sub>	28
B <sub>2</sub> A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	W <sub>ST4</sub>	29
A <sub>0</sub> B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	W <sub>ST5</sub>	30
B <sub>3</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	W <sub>ST6</sub>	31

35

Finalmente se indican para el ejemplo anterior un código y las tablas correspondientes:

Secuencia A de código: 01111  
 Secuencia B de código: 0100

40

Codificación angular completa (longitud 40 bits):

0011101010011010101100101011100010111010

45

Codificación angular 10 (detalle de 32 bits de la codificación angular completa con 40 bits):

00111010100110101011001010111000

Tabla T<sub>A</sub>: para secuencia A de código

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>A</sub>
0111	W <sub>A0</sub>	0
1111	W <sub>A1</sub>	1
1110	W <sub>A2</sub>	2
1101	W <sub>A3</sub>	3
1011	W <sub>A4</sub>	4

5

Tabla T<sub>B</sub>: para secuencia B de código

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>B</sub>
0100	W <sub>B0</sub>	0
1000	W <sub>B1</sub>	1
0001	W <sub>B2</sub>	2
0010	W <sub>B3</sub>	3

10

Tabla T<sub>STA</sub>:

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>STA</sub>
1100	W <sub>STA0</sub>	0
1001	W <sub>STA1</sub>	1
0011	W <sub>STA2</sub>	2

Tabla T<sub>ST</sub>:

Esquema de bits	Palabra w	Posición parcial x <sub>STA</sub>
01110000	W <sub>ST0</sub>	25
11100000	W <sub>ST1</sub>	26
11000001	W <sub>ST2</sub>	27
10000011	W <sub>ST3</sub>	28
00000111	W <sub>ST4</sub>	29
00001110	W <sub>ST5</sub>	30
00011101	W <sub>ST6</sub>	31

15

En los dos ejemplos puede verse que resulta especialmente ventajoso que una de las longitudes de secuencia de código (L<sub>A</sub> o L<sub>B</sub>) sea ya una segunda potencia. En el segundo ejemplo anterior, la longitud total M<sub>2</sub> = 32 y L<sub>B</sub> = 4. La ventaja aquí es entonces que sólo ha de "cortarse" una de las secuencias A o B de código (aquí sólo la secuencia A de código). En el caso de la otra secuencia de código (aquí la secuencia B de código), todas las secuencias de código y sus continuaciones cíclicas se conservan en su totalidad en los 360°.

20

Para la cantidad de elementos de código dentro de 360° se aplica entonces en el segundo ejemplo:

25

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

lo que significa que sólo una de las secuencias B de código está incompleta, o M<sub>2</sub> = 2 \* (MCM(L<sub>A</sub>, L<sub>B</sub>) - E \* L<sub>B</sub>) lo que significa que sólo una de las secuencias A de código está incompleta, con E número entero > 0.

30

En el ejemplo antes discutido con L<sub>A</sub> = 5 y L<sub>B</sub> = 4, así como E = 1, una de las secuencias A de código está incompleta y M<sub>2</sub> = 32.

35

En la Figura 7 está representado un diagrama para la determinación de la posición POS a partir de esquemas de bits (palabras) w leídos, por medio del ejemplo de la segunda codificación angular 10. En la segunda y la tercera columnas están representadas las palabras w1 y w2 determinadas a partir de las palabras w según la Figura 5. Las seis columnas siguientes muestran la consulta en cuanto a si las palabras w1 o w2 se encuentran en las tablas T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>, T<sub>STA</sub>. Un "1" define aquí encontrada. La siguiente columna, denominada "RV", define la regla para el cálculo R1, R2, R3 o R4 que se ha de utilizar. En las siguientes tres columnas se indican las posiciones parciales x<sub>A</sub>, x<sub>B</sub> y x<sub>STA</sub>. La siguiente columna contiene el valor "n" calculado según las reglas indicadas en la Figura 6. La última columna contiene ahora la posición POS calculada según las reglas para el cálculo R1, R2, R3 o R4 correspondientes.

40

El dispositivo decodificador 3, 30 está configurado ventajosamente como ASIC, estando las tablas T necesarias, o sea las reservas de valores necesarias, en cada caso cableadas durante la fabricación del ASIC. Sin embargo, como alternativa, las tablas T o las reservas de valores pueden también estar depositadas en memorias de sólo lectura, como EPROM.

5 En los dispositivos de medición de ángulo realizados según la invención resulta particularmente ventajosa una forma mixta de memorias, lográndose por una parte un acceso rápido a los datos almacenados, o sea las reservas de valores, y posibilitándose por otra parte también una adaptación rápida al uso previsto. Esto se realiza cableando por una parte la reserva de valores  $T_A$ ,  $T_B$  para las secuencias A y B de código, así como para sus continuaciones cíclicas, y previendo adicionalmente una memoria que aún pueda programarse tras la producción de las máscaras, cargándose en esta memoria programable la reserva de valores  $T_{ST}$ ,  $T_{STA}$  individualmente necesaria del punto ST de unión, o sea las tablas  $T_{ST}$  o  $T_{STA}$ . La memoria programable es una memoria de sólo lectura y está configurada por ejemplo como EPROM.

10 15 Las tablas  $T_{ST}$  o  $T_{STA}$  pueden predefinirse fijamente, o sea cargarse, durante la fabricación del dispositivo de medición de ángulo. Como alternativa, las tablas  $T_{ST}$  o  $T_{STA}$  pueden también generarse automáticamente mediante unas reglas de formación predefinidas y almacenarse, o la generación se realiza mediante una pasada de calibrado en la que se asigna y se almacena una posición para cada esquema de bits (palabra) explorado.

20 Como está representado esquemáticamente en la Figura 4, la codificación angular absoluta 10 puede complementarse mediante una división incremental 40 de manera análoga al ejemplo de la Figura 1. En este contexto, de nuevo están dispuestos dentro de un sector angular de un elemento de código cierto número, ventajosamente igual o mayor que 1, de periodos de división incrementales.

25 La invención puede emplearse de manera especialmente ventajosa en el caso del principio de exploración óptica, ya que una codificación angular 1, 10 explorable ópticamente con un número máximo de posiciones diferentes en  $360^\circ$  (una rotación de la codificación angular 1, 10) puede producirse de manera reproducible y de este modo se hace posible una medición de posición de muy alta resolución. En este contexto, la disposición detectora 2, 20 y el dispositivo decodificador 3, 30 pueden estar alojados juntos en un Opto-ASIC.

30 Sin embargo, la invención no está limitada al principio de exploración óptica, sino que también puede emplearse para principios de exploración magnética, inductiva y capacitiva.

REIVINDICACIONES

1. Codificación angular absoluta, que presenta varias secuencias (A, B) de código dispuestas dentro de 360° que, en combinación, codifican absolutamente de manera inequívoca los 360°, de las cuales
- 5 una primera secuencia (A) de código, de longitud  $L_A$ , consistente en una sucesión de elementos de código, incluye un primer sector angular y está dispuesta varias veces consecutivas, así como continuada varias veces cíclicamente,
- 10 una segunda secuencia (B) de código, de longitud  $L_B$ , consistente en una sucesión de elementos de código, incluye un segundo sector angular y está dispuesta varias veces consecutivas, así como continuada varias veces cíclicamente,
- siendo la longitud  $L_A$  de la primera secuencia (A) de código la cantidad en número entero de elementos de código de la primera secuencia de código y
- siendo la longitud  $L_B$  de la segunda secuencia (B) de código la cantidad en número entero de elementos de código de la segunda secuencia (B) de código, y
- 15 siendo el primer sector angular diferente al segundo sector angular, porque la longitud  $L_A$  de la primera secuencia (A) de código es diferente a la longitud  $L_B$  de la segunda secuencia (B) de código,
- estando al menos una de las secuencias (A, B) de código dentro de los 360° configurada sólo parcialmente y formando esta o estas secuencias de código un punto (ST) de unión con la secuencia (A, B) de código subsiguiente e
- 20 incluyendo los elementos de código de la primera secuencia (A) de código y de la segunda secuencia (B) de código sectores angulares iguales.
2. Codificación angular absoluta según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la longitud  $L_A$  de la primera secuencia (A) de código se diferencia de la longitud  $L_B$  de la segunda secuencia (B) de código en 1.
- 25 3. Codificación angular absoluta según una de las reivindicaciones 1 a 2 precedentes, **caracterizada por que** la primera secuencia (A) de código está dispuesta en una primera pista, y la segunda secuencia (B) de código está dispuesta en otra pista, que se extiende concéntricamente a la primera pista.
- 30 4. Codificación angular absoluta según la reivindicación 3, **caracterizada por que** en 360° está dispuesta en la primera pista y en la otra pista en cada caso una cantidad  $M_1 < MCM(L_A, L_B)$  igual de elementos de código, siendo  $MCM(L_A, L_B) = \text{mínimo común múltiplo de } L_A \text{ y } L_B$
- 35  $L_A = \text{cantidad en número entero de elementos de código de la primera secuencia (A) de código}$   
 $L_B = \text{cantidad en número entero de elementos de código de la segunda secuencia (B) de código}.$
5. Codificación angular absoluta según la reivindicación 4, **caracterizada por que** la cantidad  $M_1 = 2^k$ , siendo  $k > 4$  y entero.
- 40 6. Codificación angular absoluta según una de las reivindicaciones 1 a 2 precedentes, **caracterizada por que** la primera secuencia (A) de código y la segunda secuencia (B) de código están dispuestas en una pista común, estando dispuestas en cada caso una parte de la primera secuencia (A) de código y una parte de la segunda secuencia (B) de código de forma alternada.
- 45 7. Codificación angular absoluta según la reivindicación 6, **caracterizada por que** en 360° está dispuesta una cantidad  $M_2 < 2 * MCM(L_A, L_B)$  de elementos de código, siendo  $MCM(L_A, L_B) = \text{mínimo común múltiplo de } L_A \text{ y } L_B$
- 50  $L_A = \text{cantidad en número entero de elementos de código de la primera secuencia (A) de código}$   
 $L_B = \text{cantidad en número entero de elementos de código de la segunda secuencia (B) de código}.$
8. Codificación angular absoluta según la reivindicación 7, **caracterizada por que** la cantidad  $M_2 = 2^k$ , siendo  $k > 4$  y entero.
- 55 9. Codificación angular absoluta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que**, concéntricamente a la codificación angular absoluta (1, 10), está dispuesta al menos una pista incremental (4, 40).
- 60 10. Codificación angular absoluta según la reivindicación 9, **caracterizada por que**, concéntricamente a la codificación angular absoluta (1, 10), está dispuesta una única pista incremental (4, 40) y dentro de un elemento de código está dispuesto un número entero de periodos de división incrementales mayor o igual que 1.
11. Dispositivo de medición de ángulo absoluto con una codificación angular (1, 10) según una de las reivindicaciones 1 a 10 y una disposición detectora (2, 20) para explorar la primera y la segunda secuencias (A, B) de código de la codificación angular (1, 10) y para generar palabras (w) de código y

un dispositivo decodificador (3, 30) para decodificar las palabras (w) de código y para generar valores (POS) de posición.

- 5 12. Dispositivo de medición de ángulo absoluto según la reivindicación 11, **caracterizado por que** el dispositivo decodificador (3, 30) presenta una primera reserva ( $T_A$ ) de valores para decodificar una primera sucesión de palabras ( $w_A$ ) de código, que se forma en cada caso durante la exploración de una de las primeras secuencias (A) de código, así como de su continuación cíclica, y
- 10 el dispositivo decodificador (3, 30) presenta una segunda reserva ( $T_B$ ) de valores para decodificar una segunda sucesión de palabras ( $w_B$ ) de código, que se forma en cada caso durante la exploración de una de las segundas secuencias (B) de código, así como de su continuación cíclica, y
- el dispositivo decodificador (30) presenta una reserva adicional ( $T_{STA}$ ,  $T_{ST}$ ) de valores, que es adecuada para decodificar el punto (ST) de unión de la primera secuencia (A) de código y/o de la segunda secuencia (B) de código.
- 15 13. Dispositivo de medición de ángulo absoluto según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la reserva adicional ( $T_{STA}$ ,  $T_{ST}$ ) de valores está almacenada en una memoria de sólo lectura programable, y la primera reserva ( $T_A$ ) de valores y la segunda reserva ( $T_B$ ) de valores están cableadas.

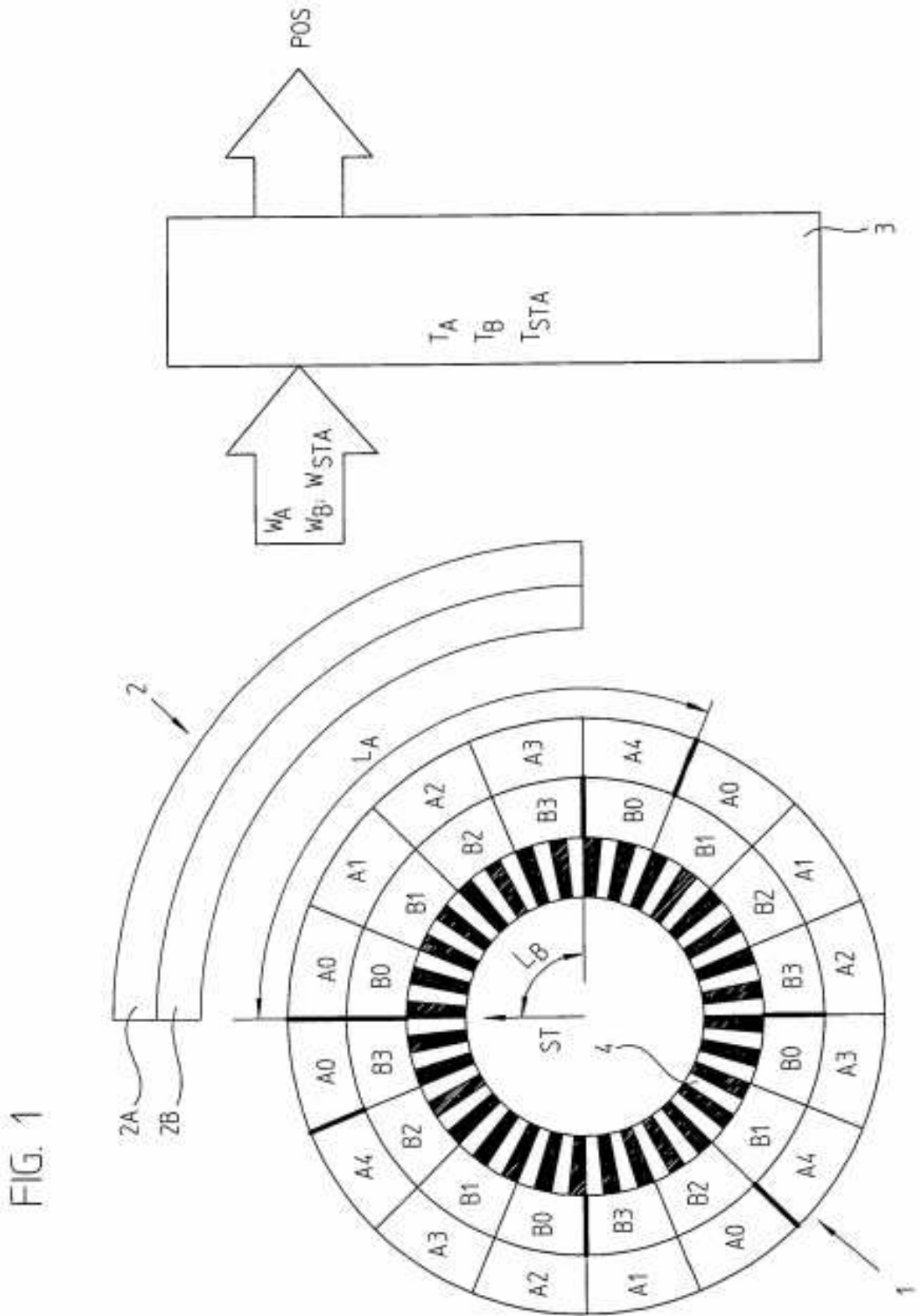


Fig. 2

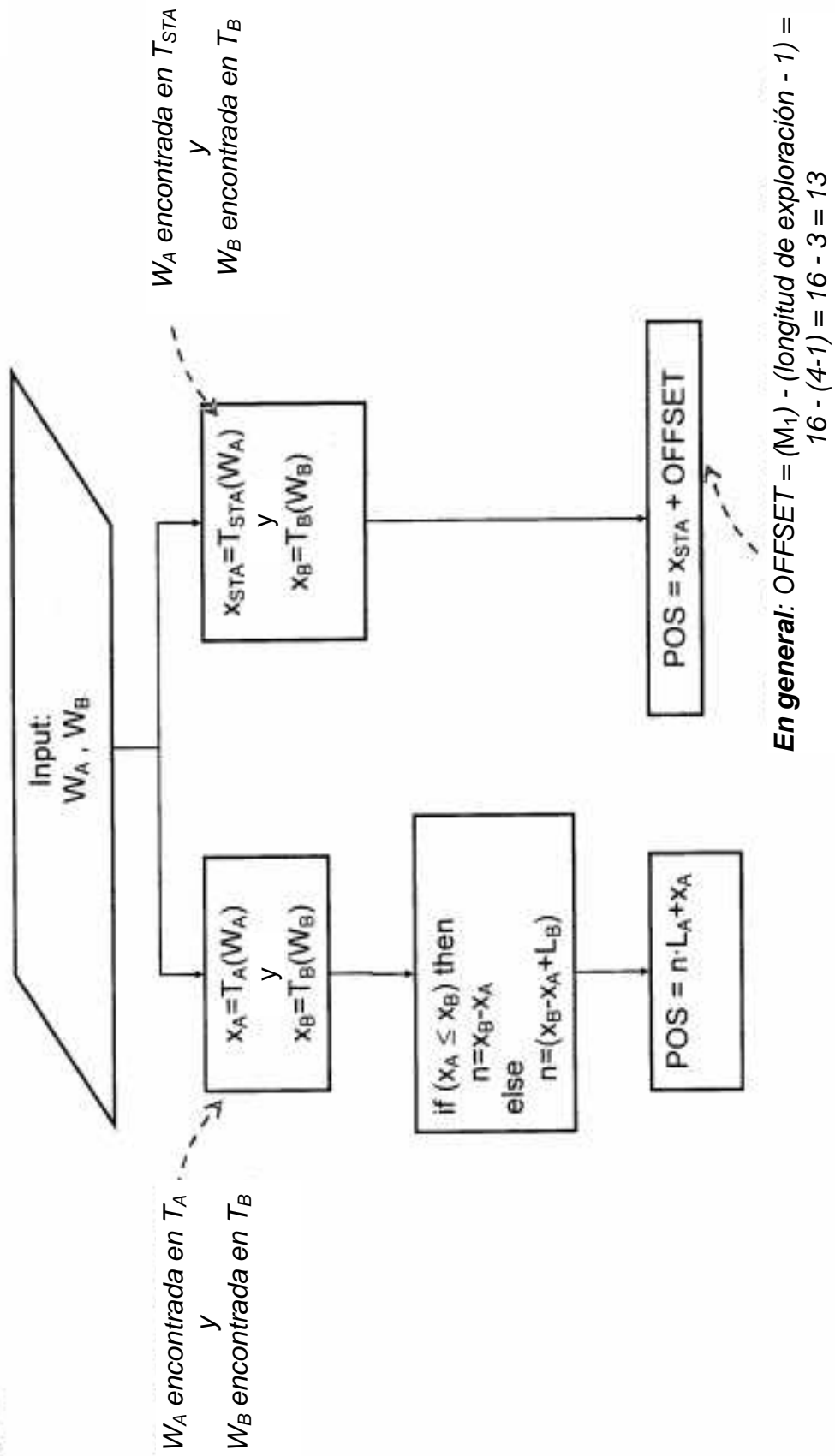


Fig. 3

W1	W2	xA	xB	xSTA	n	POS
0111	0100	0	0		0	0
1111	1000	1	1		0	1
1110	0001	2	2		0	2
1101	0010	3	3		0	3
1011	0100	4	0		0	4
0111	1000	0	1		1	5
1111	0001	1	2		1	6
1110	0010	2	3		1	7
1101	0100	3	0		1	8
1011	1000	4	1		1	9
0111	0001	0	2		2	10
1111	0010	1	3		2	11
1110	0100	2	0		2	12
1100	1000		1	0		13
1001	0001		2	1		14
0011	0010		3	2		15



FIG. 4

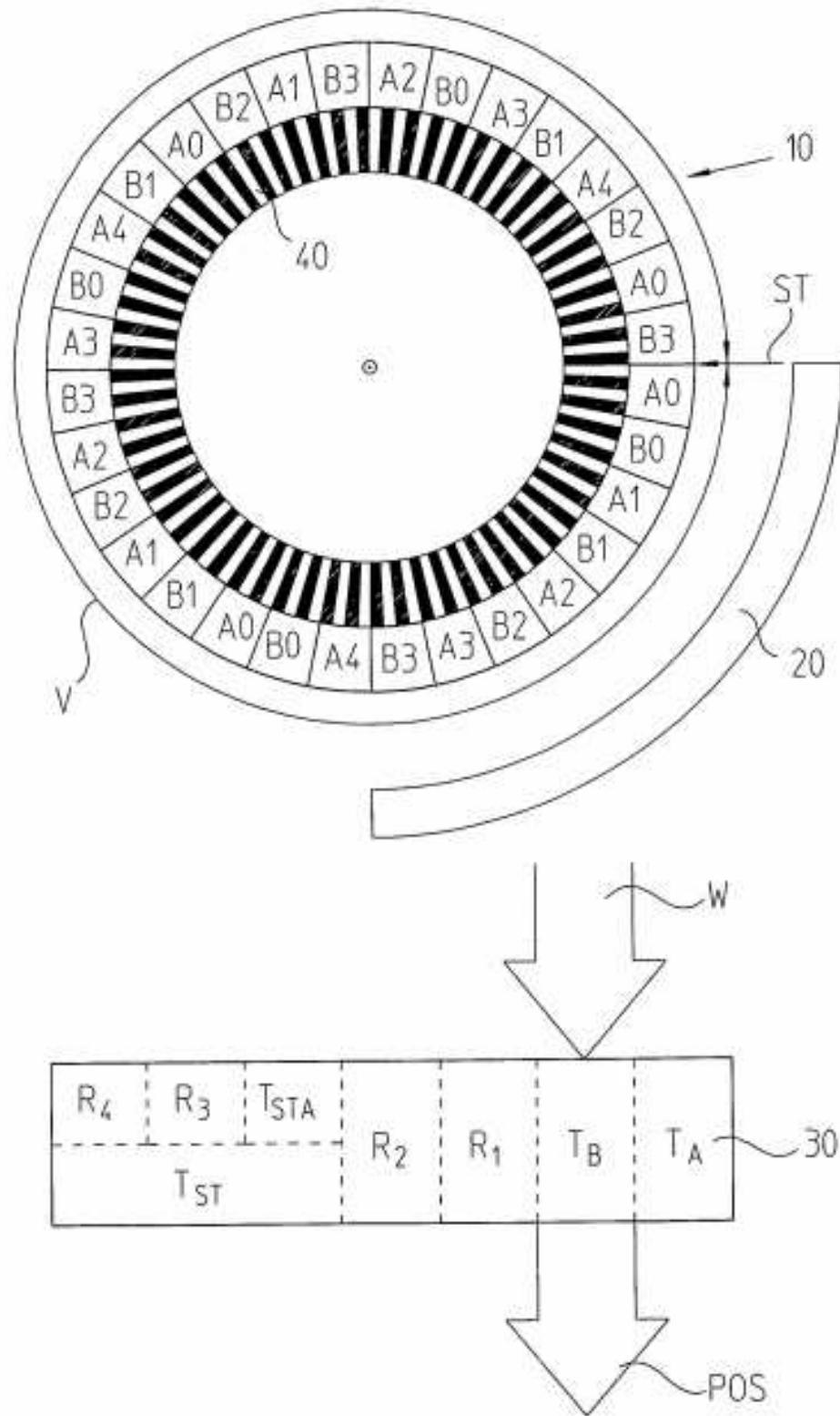


Fig. 5

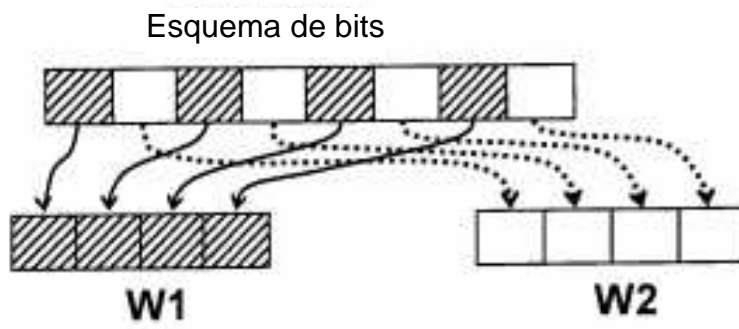


Fig. 6

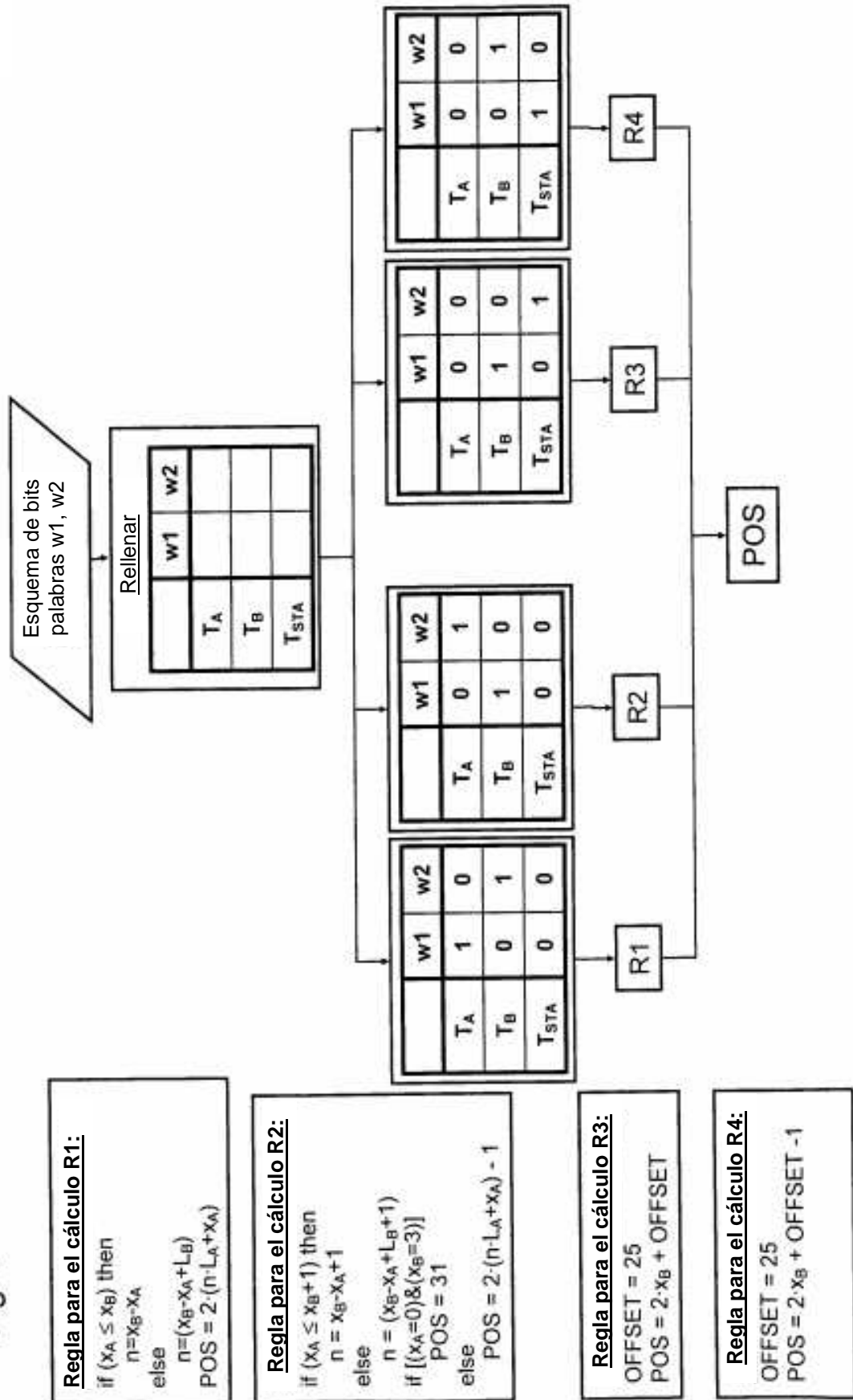


Fig. 7

w	w1	w2	¿W1 en TA?	¿W1 en TB?	¿W1 en TSTA?	¿W2 en TA?	¿W2 en TB?	¿W2 en TSTA?	RV	xA	xB	xSTA	n	POS
00111010	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	0	1	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	1	0	R3	0	0		0	25
11100000	1100	1000	0	0	1	0	1	0	R4	1	0		0	26
11000001	1000	1001	0	1	0	0	0	1	R3	1	1		1	27
10000011	1001	0001	0	0	1	0	1	0	R4	2	1		1	28
00000111	0001	0011	0	1	0	0	0	1	R3	2	2		2	29
00001110	0011	0010	0	0	1	0	1	0	R4	3	2		2	30
00011101	0010	0111	0	1	0	1	0	0	R2	0	3		4	31