

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 508**

51 Int. Cl.:

**B60T 8/171** (2006.01)

**B60T 8/32** (2006.01)

**G01P 3/487** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2008 PCT/US2008/007170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2008 WO08153976**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2008 E 08768243 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 2170664**

54 Título: **Sensor de posición angular**

30 Prioridad:

**06.06.2007 US 933340 P**

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

**20.07.2018**

73 Titular/es:

**HYDRO-AIRE, INC. (100.0%)  
3000 WINONA AVENUE  
BURBANK, CA 91510, US**

72 Inventor/es:

**ZAK, MARK**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 676 508 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sensor de posición angular

**5 Antecedentes de la invención**

**Campo de la invención**

10 La presente invención se dirige generalmente a un sensor de posición angular y más particularmente se refiere a un sensor que es capaz de determinar la posición angular extremadamente precisa en entornos muy hostiles.

**Descripción de la técnica relacionada**

15 Hay muchas aplicaciones en las que la determinación precisa de la posición angular de un componente con respecto a otro es crítica. Además, la determinación precisa de la posición angular permite el cálculo preciso de la velocidad y de la aceleración angulares que es vital, por ejemplo, para el funcionamiento efectivo de sistemas de frenado antibloqueo o antiderrapantes de alto rendimiento. Los componentes de los sistemas de frenado pueden estar sometidos a condiciones bastante extremas, que incluyen altas temperaturas, vibraciones y cargas de choque, así como aguy suciedad. Tales condiciones se amplifican aún más en aplicaciones de aeronaves.

20 Ciertos sistemas antiderrapantes de aeronaves conocidos anteriormente se han basado en un árbol de transmisión para alejar un sensor relativamente frágil de las duras condiciones que existen inmediatamente adyacentes a los frenos y la rueda. Si bien dicha configuración permite el uso de un inductor fiable y preciso para generar los datos de velocidad de la rueda requeridos, el peso, el volumen y la complejidad de dicho sistema son desventajosos. Se ha  
25 empleado un sistema basado en señales de RF de baja frecuencia para generar datos de posición y de velocidad de la rueda. También se ha propuesto anteriormente el uso de sensores Hall, pero las configuraciones que se han considerado hacen que los sensores sean particularmente susceptibles al daño por calor y requieren una cantidad desmesurada de imanes y sensores para lograr la precisión deseada.

30 Se necesita un sensor de posición angular que sea capaz de generar datos de posición extremadamente precisos para usarlos, por ejemplo, en cálculos de velocidad angular y/o de aceleración angular. Además, el sensor debe ser capaz de funcionar de manera fiable en entornos extremadamente hostiles. El documento US4.746.862A divulga un sensor angular para detectar tanto la velocidad de rotación como el ángulo de rotación de referencia de un elemento giratorio.  
35

**Sumario de la invención**

40 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sensor de posición angular que tiene las características de la reivindicación 1.

La presente invención supera las desventajas inherentes a los sensores de posición angular conocidos anteriormente para proporcionar datos de posición altamente precisos en entornos extremadamente hostiles. El dispositivo es robusto y no requiere un acoplamiento directo entre los componentes giratorios. Como tal, es ideal para generar datos de velocidad de la rueda en aplicaciones de aeronaves.  
45

De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un método para determinar una posición angular que tiene las características de la reivindicación 5. Estas y otras ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas que, tomadas en conjunto con los dibujos, ilustran a modo de ejemplo los principios de la invención.  
50

**Breve descripción de los dibujos**

55 La figura 1 es una ilustración esquemática de un sensor de posición angular de acuerdo con la presente invención;  
la figura 2 es una ilustración esquemática de la placa de objetivo; y  
la figura 3 es una ilustración esquemática de la placa de sensor.

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

60 La presente invención está dirigida a un sensor de posición angular que puede adaptarse fácilmente, por ejemplo, a una rueda, y usarse para controlar un sistema de frenado antibloqueo o antiderrapante de dicha rueda. El sistema 12 se ilustra de forma muy general y esquemática en la figura 1 en la que una rueda 14 tiene una placa de objetivo 16 asociada a ella para girar al unísono, mientras que una placa de sensor 18 fija está fijada a un eje no giratorio 20 o a otro elemento de soporte. Una placa de objetivo circular y una placa de sensor circular están centradas alrededor de un eje común 22 y están separadas por un pequeño espacio de aire 24. Uno o más procesadores 26 convierten los  
65 datos generados por la placa de sensor en una salida utilizable tal como posición angular, tasa de rotación o

velocidad de la rueda

Como se ilustra esquemáticamente en la figura 2, la placa de objetivo 16 tiene un total de dieciocho posiciones de imán 30 que están distribuidas de forma equidistante alrededor de su periferia en incrementos de 20 grados en la que dieciséis de tales posiciones están ocupadas por imanes 32 que están dispuestos en una secuencia de polaridad alterna Norte-Sur. Dos posiciones de imán 30a y 30b permanecen desocupadas y están dispuestas a 180 grados entre sí.

La figura 3 ilustra esquemáticamente la placa de sensor 18 que soporta un total de 72 elementos de detección 34 de efecto Hall que están distribuidos de forma equidistante alrededor de su periferia en incrementos de cinco grados. Cada sensor Hall genera una señal analógica en proporción a la intensidad del campo magnético al que está sometida. La placa de objetivo y la placa de sensor están posicionadas de tal manera que se mantiene entre ellas un espacio de aire 24 de aproximadamente media pulgada (12,7 mm).

Periódicamente se toma una lectura simultánea de los 72 sensores Hall y se recurre a un algoritmo para convertir estos datos en un ángulo de rotación relativo entre la placa de sensor y la placa de objetivo y, por lo tanto, la rueda. Dos lecturas de este tipo, en un espacio de tiempo conocido, producirán la velocidad promedio de la rueda durante ese intervalo. El intervalo de tiempo nominal es de 5 ms para 200 lecturas de velocidad completas por segundo.

Los sensores Hall emiten una tensión de 0 a 5 voltios que es proporcional a la intensidad del campo magnético en cada posición de los sensores Hall. Una señal de 2,5 voltios es un valor nulo o sin campo. Un nivel superior de unos 5 voltios es un campo Sur y un nivel de unos 0 voltios es un campo Norte. La fuerza del imán y la separación del espacio del sensor Hall se establece de modo que nunca se alcanzan 5 voltios o 0 voltios (sin saturación del sensor).

El procesador que puede o no estar situado en la placa de sensor tiene una circuitería para congelar los valores instantáneos de todas las tensiones de los sensores Hall en un momento preciso, y los mantiene hasta que cada tensión se pueda convertir a un número digital. Esto da como resultado un conjunto de datos de tensión de Hall o "instantánea" tomada en el momento en que se congelaron las tensiones de los sensores Hall. Después de esta conversión, que lleva menos de 1 ms, los circuitos de Hall pueden volver a rastrear las salidas del sensor Hall y estar listos para el siguiente muestreo. Los datos de los sensores Hall son un número sin signo de 12 bits entre 0 y 4096 cómputos, el último correspondiente a los 5 voltios. El valor nulo es un cómputo nominal de 2048.

La normalización de las salidas de los sensores Hall es necesaria ya que cada sensor Hall tiene una ganancia aleatoria y una varianza de desplazamiento de CC de varios porcentajes de un dispositivo a otro. El algoritmo utilizado para dicha normalización es muy tolerante a los imanes desiguales del anillo de imanes pero no es tolerante a los sensores Hall con ganancias diferentes. El objetivo de la normalización es encontrar dinámicamente la ganancia y el desplazamiento de cada sensor Hall individual para que los factores de corrección puedan mantenerse en el software para crear el equivalente de un conjunto combinado de dispositivos Hall. Este procedimiento de normalización también se ocupa automáticamente de los sesgos o diferencias en los multiplexores de hardware, amplificadores operacionales y convertidores A a C. Los sensores Hall producen una salida de 2,5 voltios para un campo magnético nulo, un voltaje superior a este de unos 5 voltios para un campo sur y un voltaje inferior a este de unos 0 voltios para un campo norte. La salida es una tensión lineal proporcional al campo magnético. Los imanes y el espacio mecánico están dimensionados de modo que los sensores nunca se saturan (es decir, la salida nunca llega a 0 o 5 voltios). Desde el lado del software, un cómputo de los convertidores A/C de 0 es un campo Norte completo, un cómputo de 2048 es un campo cero y un cómputo de 4096 es campo Sur completo. En la operación práctica, la intensidad de campo nunca supera más de aproximadamente 1/2 a 2/3 del camino hasta la escala completa. Para cada uno de los 72 sensores Hall, se mantiene un promedio en funcionamiento en la memoria de software de todos los valores de tensión de Hall. Esta tensión promedio del valor de cómputo es igual a la tensión nominal de desplazamiento de CC de los sensores Hall. Este promedio se verá afectado de alguna forma por los imanes del anillo de imanes específico utilizado. Si los imanes Sur utilizados en un anillo dado son más fuertes que los imanes Norte, el valor promedio del cómputo cuando el anillo gira será mayor que 2048 cómputos, pero debido a que todos los imanes giran más allá de los 72 sensores Hall, el objetivo es hacer coincidir los sensores entre sí, no establecer su salida de voltios reales frente a la relación de Gauss. Una vez que se determina este punto promedio "cero" para un sensor Hall con respecto a un anillo de imanes particular, todas las muestras nuevas se utilizan, no obstante, para actualizar este promedio. Además, cada nuevo valor de Hall se clasifica como un valor "Sur" o un valor "Norte" mediante una simple comparación con el promedio específico de Hall. Por ejemplo si el valor de Hall específico "cero" es 2050 cómputos y un nuevo cómputo es 2051, es un valor "Sur". Si es 2049 es un valor "Norte". Los valores Norte y Sur se promedian en sus propios promedios en funcionamiento. Como consecuencia, para cada uno de los 72 sensores Hall, se mantienen tres promedios en funcionamiento-los promedios Sur, Nulo y Norte. En lugar de los promedios reales, los valores se introducen en filtros de primer orden de software simple con constantes de tiempo ajustables. Las salidas de estos filtros se utilizan de tal forma que la salida del filtro Nulo es el valor de desplazamiento de CC específico de Hall. El filtro Sur menos el filtro Norte es la ganancia específica relativa de Hall. Todos los desplazamientos de CC específicos de Hall se suman y se promedian. Este es el promedio general de desplazamiento de CC del sistema para esa combinación de tarjeta de datos Hall y anillo de imanes dada. Todas las ganancias específicas de Hall se promedian de forma similar para dar

al sistema un promedio de ganancia. Cada desplazamiento de Hall específico se compara con el promedio para obtener un factor de normalización de desplazamiento para ese Hall. Se hace lo mismo para obtener un factor de normalización de ganancia para ese Hall. Estos factores de normalización de ganancia y de desplazamiento se aplican entonces a todos los datos no procesados de Hall para normalizar los sensores Hall entre sí antes de que estos datos se introduzcan en el algoritmo de Fourier para determinar la posición angular de la rueda. Para la entrada a los filtros de normalización solo se utilizan los valores de Hall no procesados.

En la práctica, hay un corte de baja velocidad para los filtros de normalización, ya que esta normalización no puede realizarse sin el movimiento de la rueda y, de hecho, los filtros generarán grandes errores de ganancia y de desplazamiento si se intenta. En la realización preferida actualmente, la normalización de las integraciones de filtro se suspende por debajo de 6 bloqueos fatales, manteniendo los valores de salida en su último valor. Los valores de salida del filtro se almacenarán periódicamente en una memoria no volátil para que todos los Hall tengan una normalización de referencia al encender el sistema sin velocidad de rotación de la rueda. Los filtros de primer orden tienen constantes de tiempo de aproximadamente 30 segundos más o menos (ajustables para un mejor rendimiento) con el filtro Nulo que tiene dos veces el TC de los filtros Norte o Sur, ya que su tasa de integración es dos veces más rápida. Esta normalización sirve para casi triplicar la precisión de velocidad fina del sistema.

A continuación se usa un método simple de Fourier para encontrar el ángulo de rotación entre el objetivo del imán giratorio en la rueda y la placa de sensor Hall no giratoria. Los imanes permanentes en una placa de objetivo unidos a la rueda giratoria, se colocan en un patrón alterno Norte-Sur para simular un patrón magnético de onda sinusoidal rugosa como se ve desde un punto fijo (es decir, un sensor Hall). Hay 18 posiciones de imán, por lo que el patrón magnético de onda sinusoidal tiene nueve ondas sinusoidales completas en una revolución de rueda de 360 grados. Este patrón magnético se muestrea en 72 puntos alrededor del anillo de imanes mediante los sensores Hall. Esto es análogo a una función de tiempo periódica que se muestrea en incrementos de 72 tiempos en cada período de forma de onda repetitivo. Cada valor en el conjunto de 72 muestras magnéticas se multiplica por un valor verdadero de función sinusoidal y se suman. Esto se repite con una función de coseno. Las dos sumas se dividen para producir un término de función tangente. La arcotangente de este término es el ángulo de fase de la forma de onda de prueba (patrón de anillo de imanes) en comparación con las formas de onda seno y coseno de referencia. Esto es lo mismo que una transformada de Fourier seno/coseno, excepto que solo interesa la fase de la frecuencia fundamental. Las variaciones no sinusoidales del patrón producidas por los imanes pueden considerarse como armónicos de orden superior de los fundamentales y abandonan el cálculo. Esto le da a este método una alta tolerancia para patrones de onda sinusoidal no perfectos producidos por imanes discretos.

Un ejemplo de pseudocódigo de este algoritmo es el siguiente:

Para un espacio de muestra de sensor Hall dado (una captura de placa de sensor Hall) tenemos Hall(n) para n=1 a 72

Para las ondas de referencia de seno y coseno, hay 72/9 u ocho muestras sinusoidales, ya que hay 72 sensores Hall alrededor de la placa y el patrón magnético se repite nueve veces por revolución. Estas ocho muestras tienen solo tres valores fijos +/- y son: 0, 1/SQR (2) y 1

```

Sin(1) = 0 Cos(1) = 1
Sin(2) = 0.707 Cos(1) = 0.707
Sin(3) = 1 Cos(1) = 0
Sin(4) = 0.707 Cos(1) = -0.707
Sin(5) = 0 Cos(1) = -1
Sin(6) = -0.707 Cos(1) = -0.707
Sin(7) = -1 Cos(1) = 0
Sin(8) = -0.707 Cos(1) = 0.707
SinSum = 0
CosSum = 0
Do for m = 1 to 9
Do for n = 1 to 8
SinSum = SinSum + Sin(n) x Hall[n + (m-1) x 8]
CosSum = CosSum + Cos(n) x Hall[n + (m-1) x 8]
end Do n
end Do m
Flip = 1
If CosSum = 0
Then: Ratio = 0
Flip = -1
end Then
Else: Ratio = SinSum / CosSum
If Absolute value (Ratio) > 1
Then: Flip = - 1

```

## ES 2 676 508 T3

```
Ratio = CosSum / SinSum
end Then
end Else
  If Flip = -1 and SinSum < 0 then: Quadrant = 0
  If Flip = 1 and CosSum < 0 then: Quadrant = 1
```

5           If Flip = - 1 and SinSum > 0 then Quadrant = 2 If Flip = 1 and CosSum > 0 then: Quadrant = 3 W\_Angle = - Flip x  
Arctan [Ratio] Inter\_Angle = 90 x Quadrant + W\_Angle

10 Debido a que esto se repetirá nueve veces por revolución, el valor resultante simplemente comprende un cálculo de ángulo intermedio y no puede hacerse directamente la determinación de una única salida de 0 a 360 grados de la posición de la rueda. En consecuencia, el hecho de que dos de las posiciones de imán carezcan de imanes permite identificar un sector específico de los nueve sectores. Se ha descubierto que la eliminación de estos dos imanes tiene un efecto insignificante en la precisión del resultado del ángulo de fase de Fourier.

15 El fin de este algoritmo es encontrar en cuál de los nueve sectores de rotación está la rueda en este momento. Esto es necesario ya que el patrón magnético de Hall se repite nueve veces por revolución y se desea una salida de 0 a 360 grados. Usando la salida de Fourier de 0 a 40 grados añadida al número de sector o de "grupo" en incrementos de 40 grados se obtiene un verdadero resultado de 0 a 360 grados para cada muestra sin historial de muestras previas. El método hace uso del hecho de que los dos de los 18 imanes que faltan están separados 180 grados en el anillo de imanes. Este algoritmo detecta ambos orificios para encontrar el número de grupo de Hall de 1 a 9.

20 Nueve grupos de 8 Halls cada uno se suman para producir sumas de grupos de 1 a 9n comenzando secuencialmente con Hall#1 en orden de Hall ascendente. El grupo#1 es la suma de los Hall 1 a 8. También se suman 9 subgrupos para grupos de 8 Hall con un desplazamiento de 4 Hall, de modo que el subgrupo 1 es la suma de los Hall 5 a 12.

25 Debido a la polaridad alternante de los imanes y a las separaciones de Hall, las sumas para cada grupo tenderán a promediar el valor magnético nulo de 2048 cómputos o 1/2 de la salida nominal de los sensores Hall. Si se ha sumado un imán faltante en el grupo de ocho Hall, la suma será significativamente mayor para el imán Norte faltante y significativamente menor que este valor nulo para un imán Sur faltante. Este método busca simultáneamente los imanes faltantes Norte y Sur para obtener la máxima robustez y el rechazo del ruido.

30 Debido al número impar de grupos (9), si un imán faltante está en el medio del grupo 1, el otro imán faltante a 180 grados estará exactamente entre los grupos 5 y 6, pero este segundo imán faltante estará justo en el medio del subgrupo 5 debido al desplazamiento de 4 Hall en la suma. Para tener en cuenta las condiciones de contorno cuando el imán faltante está cerca del borde de dos grupos, la variable "Quadrant" del cálculo de Fourier se reutiliza en la lógica de detección de grupo. Luego hay 9 resultados de suma de 1 a 9 para las sumas de grupos y 9 sumas de 1 a 9 para las sumas de subgrupos.

35 Estos resultados se restan de la siguiente manera:

Para obtener un resultado de ángulo en Quadrant 2 o 3:

$$45 \quad \text{Result}(x) = \text{Group}(x) - \text{Subgroup}(x+ 4)$$

Para un ángulo en Quadrant 1 o 4:

$$50 \quad \text{Result}(x) = \text{Subgroup}(x) - \text{Group}(x+ 5)$$

El número de grupo final es entonces el número de resultado positivo más grande  
Por último, si Quadrant=4, Group se incrementa en uno.  
Este algoritmo se describe mediante el siguiente pseudocódigo:

55       Los cómputos de tensión de Hall normalizados (0 a 4096) equivalen a HallNorm (1 a 72)

```
Do for m = 1 to 9
  Do for n = 1 to 8
    Groupsum(m) = Groupsum(m) + HallNorm (n + (8 x ([m - 1]))
  end DO n
end DO m
```

60

Los resultados anteriores en las nueve sumas de grupo

Los subgrupos son entonces:

```

5      Do for m = 1 to 9
      Do for n = 1 to 8
      If (n + (8 x [m - 1]) + 4) > 72
      Then: Over = 72
      Else: Over = 0
      SubGroupsum(m) = SubGroupsum(m) + HallNorm(n + (8 x [m - 1]) + 4
10     - Over)
      End DO n
      End DO m

```

La sentencia "If" se debe a que el siguiente Hall después del Hall#72 en una placa circular es Hall#1  
Caso: Quadrant 2 o 3:

```

15     GroupMax = 0
      Do n = 1 to 9
      m=n+4
      If m > 9
      Then: m = m - 9
      Result(n) = Group(n) - SubGroup(m)
      If Result(n) > GroupMax
      Then: Group Number = n
      GroupMax = Result(n)
20     End Then
      End DO n
      Group = Group Number
      End Case

```

30 Caso: Quadrant 1 o 4:

```

      Do n = 1 to 9
      m=n+5
      If m > 9
      Then: m = m - 9
      Result(n) = SubGroup(n) - Group(m)
      If Result(n) > GroupMax
      Then: Group Number = n
      GroupMax = Result(n)
35     End Then
      End DO n
      If Quadrant = 4 then: Group = Group Number
      If Quadrant = 1 then: Group = Group Number + 1
      If Group = 10 then: Group = 1
40     End Case

```

El término "Group" ahora contiene el número de grupo correcto del 1 al 9

Posición angular compuesta final:

Ahora que se conoce el "Group", el ángulo final compuesto de la rueda de 0 a 360 grados es:

$$50 \quad \text{Angle} = (40 \times \text{Group}) + (\text{Inter\_Angle} / 9)$$

Para la Velocidad de la rueda:

La velocidad de la rueda es un promedio simple de la velocidad entre el intervalo de tiempo de muestra dado por:

$$55 \quad \text{Grados/segundo} = (\text{Ángulo(nuevo)} - \text{Ángulo(anterior)}) / (\text{diferencia de tiempo entre el nuevo y el anterior})$$

$$\text{Pies/segundo} = (\text{Rueda/diámetro} \times \text{Pi} \times \text{Grados/segundo}) / 360$$

60 Cabe señalar que pueden detectarse velocidades inversas y se muestran como una velocidad negativa.

El sensor de posición angular descrito permite una determinación de ángulo muy precisa y, en consecuencia, el cálculo de una velocidad angular muy precisa. Esto es especialmente deseable para su uso en sistemas de frenado antideslizantes o antibloqueo. La naturaleza robusta del dispositivo descrito lo hace especialmente adecuado para aplicaciones de aeronaves. Además, los expertos en la materia reconocerán que, aunque se ha descrito una

disposición circular de dispositivos Hall y de imanes, otras disposiciones de las agrupaciones de los dispositivos de Hall y de los imanes pueden proporcionar ventajas en ciertas aplicaciones.

5 Aunque se ha descrito e ilustrado una forma particular de la invención, también será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones sin apartarse del alcance de la invención. En consecuencia, no se pretende que la invención esté limitada, excepto por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Sensor de posición angular, que comprende:

5 una placa de sensor circular (18) que incluye una agrupación circular estacionaria de setenta y dos sensores Hall (34) espaciados de forma igualitaria, teniendo cada uno un radio común y estando centrados alrededor de un eje (22), y distribuyéndose de forma equidistante alrededor de una periferia de dicha placa de sensor circular (18) en incrementos de cinco grados, en la que cada sensor Hall (34) está configurado para generar una señal analógica en función de su proximidad a un imán (32);

10 una placa de objetivo circular (16) que incluye una agrupación giratoria de dieciocho posiciones de imán (30) espaciadas de forma igualitaria centradas alrededor de dicho eje (22) y separadas de dicha agrupación circular estacionaria de sensores (34), distribuyéndose las posiciones de imán (30) de forma equidistante alrededor de una periferia de dicha placa de objetivo circular (16) en incrementos de 20 grados y teniendo dieciséis de dichas dieciocho posiciones de imán (30) imanes (32) dispuestos en las mismas, estando dispuestos los imanes (32) en una secuencia alterna de polaridad Norte-Sur y las dos posiciones de imán (30a, 30b) desprovistas de imanes (32) espaciadas 180 ° entre sí; y

15 un procesador (26) configurado para relacionar señales generadas simultáneamente por dichos sensores Hall (34) a una posición angular de dicha agrupación giratoria con respecto a dicha agrupación circular estacionaria basándose en una transformada de Fourier, por lo que uno de los nueve sectores de rotación de dicha agrupación giratoria se identifica mediante dicho procesador (26) en base a dichas dos posiciones de imán (30a, 30b) desprovistas de imanes (32) para calcular dicha posición angular a partir de dicha transformada de Fourier.

25 2. Sensor de posición angular de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos sensores Hall (34) están normalizados de manera que una intensidad de campo magnético dada hace que todos los sensores Hall (34) generen una señal analógica sustancialmente idéntica.

30 3. Sensor de posición angular de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha posición angular se determina periódicamente para producir la velocidad angular.

4. Sensor de posición angular de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha placa de objetivo circular (16) que incluye dicha agrupación giratoria es adecuada para fijarse a una rueda (14), y dicha placa de sensor circular (18) que incluye dicha agrupación circular estacionaria es adecuada para fijarse a un elemento no giratorio (20), siendo adyacente dicha placa de sensor circular (18) a dicha rueda (14) y utilizando dicha velocidad angular determinada para evitar el derrape.

5. Método para determinar la posición angular, que comprende:

40 proporcionar una placa de sensor circular (18) que incluye una agrupación circular estacionaria de setenta y dos sensores Hall (34) espaciados de forma igualitaria, teniendo cada uno un radio común y estando centrados alrededor de un eje (22), y distribuyéndose de forma equidistante alrededor de una periferia de dicha placa de sensor circular (18) en incrementos de cinco grados, en la que cada sensor Hall (34) está configurado para generar una señal analógica en función de su proximidad a un imán (32);

45 proporcionar una placa de objetivo circular (16) que incluye una agrupación giratoria de dieciocho posiciones de imán (30) espaciadas de forma igualitaria que tienen sustancialmente el mismo radio, centradas alrededor de dicho eje (22) y separadas de dicha agrupación circular estacionaria de sensores (34), distribuyéndose las posiciones de imán (30) de forma equidistante alrededor de una periferia de dicha placa de objetivo circular (16) en incrementos de 20 grados y teniendo dieciséis de dichas dieciocho posiciones de imán (30) imanes (32) dispuestos en las mismas, estando dispuestos los imanes (32) en una secuencia alterna de polaridad Norte-Sur y las dos posiciones de imán (30a, 30b) desprovistas de imanes (32) espaciadas 180 ° entre sí; y

50 relacionar dichas señales analógicas generadas simultáneamente por dichos sensores Hall (34) con una posición angular de dicha agrupación giratoria con respecto a dicha agrupación estacionaria basándose en dichas dos posiciones de imán (30a, 30b) desprovistas de imanes (32), en el que se basa una transformada de Fourier para relacionar dichas señales generadas simultáneamente en una posición angular, y en el que uno de los nueve sectores de rotación de dicha agrupación giratoria se identifica basándose en dichas dos posiciones de imán (30a, 30b) desprovistas de imanes para calcular dicha posición angular a partir de dicha transformada de Fourier.

60 6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además normalizar dichos sensores Hall (34), en el que dichas señales generadas por cada uno de dichos sensores Hall (34) se ajusta de manera que una señal promedio generada por cada sensor Hall (34) cuando está adyacente a cada uno de dichos imanes (32) es igual a la señal promedio generada por el resto de dichos sensores Hall (32) cuando está adyacente a cada uno de dichos imanes (32).

65 7. Método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además determinar la velocidad angular de dicha agrupación giratoria con respecto a dicha agrupación estacionaria muestreando periódicamente dichas señales



generadas simultáneamente por dichos sensores Hall (34).

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicho muestreo se produce cada 5 ms.

