

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 588**

51 Int. Cl.:

G01P 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2010 PCT/US2010/023424**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2010 WO10091323**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2010 E 10739210 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2394176**

54 Título: **Rueda eléctrica inteligente para bicicletas eléctricas**

30 Prioridad:

06.02.2009 US 206909 P

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

15.02.2017

73 Titular/es:

**BELON ENGINEERING INC. (100.0%)
17748 Aquamiel Road
San Diego, CA 92127, US**

72 Inventor/es:

**BELON, JUAN BAUTISTA;
CHANG, CHIA-WEN;
CHEN, HSIN-CHIH;
CHIANG, SHU-HSUN;
FAUCHER, PAUL DANIEL;
KE, YA-FANG;
MEYER, DAVID;
SWARUP, NITISH y
 TSAI, HSING-HAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 601 588 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

Rueda eléctrica inteligente para bicicletas eléctricas

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención pertenece a bicicletas híbridas y, más en particular, a la modernización de bicicletas convencionales para convertirlas en bicicletas híbridas.

Descripción de la técnica anterior

- 10 Numerosas bicicletas alimentadas eléctricamente y bicicletas híbridas existen actualmente en el mercado. Híbrida tal como se usa en el presente documento se refiere a bicicletas o vehículos que se alimentan usando múltiples fuentes de energía. Una bicicleta híbrida, tal como se usa en el presente documento, se refiere a bicicletas que tienen una fuente de energía eléctrica además de al menos otra fuente de energía.

- 15 Actualmente existen kits que pueden usarse para modernizar bicicletas convencionales alimentadas manualmente en bicicletas alimentadas eléctricamente o alimentadas de manera híbrida. Estos kits proporcionan normalmente ruedas alimentadas eléctricamente o partes que convierten ruedas convencionales en ruedas alimentadas eléctricamente. Los kits actualmente disponibles tienen hardware distribuido a través de diversas partes de la bicicleta.

- 20 Un ejemplo de un tipo de kit actualmente disponible para la modernización de bicicletas convencionales para crear bicicletas eléctricas o híbridas requiere que los usuarios ensamblen baterías en algún lugar en el bastidor de la bicicleta e instalen controladores de algún tipo en el manillar para que el usuario pueda controlar la energía eléctrica al motor. El ensamblaje de estos kits lleva algún tiempo y algunos clientes se desaniman con el tiempo necesario así como con la experiencia técnica y las herramientas requeridas para completar el ensamblaje.

Sigue existiendo la necesidad de conjuntos que puedan modernizar bicicletas convencionales para crear bicicletas híbridas o eléctricas, que no requieran un ensamblaje significativo del usuario o tengan numerosas partes distribuidas en diversas áreas de la bicicleta.

- 25 El documento WO 2004/050385 A2 desvela una rueda de bicicleta, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que tiene un motor configurado con un engranaje de piñón de motor para accionar un engranaje cónico montado en la llanta rotativa para ayudar a la propulsión. La rueda consiste en una porción más exterior y una porción más interior. El elemento de llanta rotativa de la rueda de bicicleta es la porción más exterior que comprende un neumático y un soporte externo. La porción más interior de la rueda de bicicleta comprende un eje de rueda ubicado centralmente dentro del neumático y un motor fijado al soporte interno en el que el elemento rotativo del motor se acopla al soporte externo a través de un mecanismo de accionamiento que comprende un engranaje de piñón y un engranaje cónico. Un rodillo de soporte se interpone entre el soporte interno y el soporte externo y funciona contra al menos uno del soporte interno y el soporte externo. Esta configuración va destinada a mejorar el manejo del vehículo y el rendimiento reduciendo la masa de inercia de la rueda. También se desvela un sistema de control para controlar el motor, e incluye un sensor de grado de carretera para determinar el cabeceo de la rueda, o un cabeceo de un manillar asociado con la rueda.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un conjunto de rueda alimentado eléctricamente y autocontenido de acuerdo con la reivindicación 1.

- 40 Las realizaciones descritas en el presente documento analizan el diseño de una rueda de bicicleta eléctrica y algoritmos usados para controlar la rueda de bicicleta eléctrica.

Otras realizaciones desvelan algoritmos y una combinación de sensores dentro de una rueda eléctrica que controlan la energía a una bicicleta eléctrica o híbrida sin la necesidad de una entrada de usuario.

- 45 Las realizaciones adicionales descritas en el presente documento analizan una rueda de bicicleta eléctrica que tiene todos los componentes de hardware incorporados dentro de un conjunto de rueda delantera.

De acuerdo con la invención, una rueda de bicicleta eléctrica emplea un acelerómetro para controlar la energía eléctrica de la bicicleta.

Otras realizaciones detallan una rueda que es un único conjunto que puede usarse para modernizar bicicletas para crear una bicicleta híbrida.

- 50 Otra realización proporciona un conjunto de rueda delantera eléctrica que contiene todo el hardware necesario para modernizar una bicicleta convencional para crear una bicicleta híbrida sin ninguna herramienta para bicicletas

convencionales que tienen un husillo de fileta de liberación rápida.

Breve descripción de los dibujos

- La Figura 1 es una vista en perspectiva transversal de una realización para una rueda de bicicleta eléctrica;
- 5 la Figura 2 es un diagrama de bloques funcional para la determinación de la tensión de salida aplicada al motor de rueda;
- la Figura 3 es un diagrama de flujo del funcionamiento para la rueda de bicicleta eléctrica mostrada en la Figura 1;
- la Figura 4 es un diagrama de flujo para el cálculo de la velocidad de la rueda de bicicleta eléctrica en la Figura 1;
- 10 la Figura 5 es un diagrama de flujo para el cálculo del ángulo de la rueda de bicicleta eléctrica mostrada en la Figura 1.

Descripción detallada

La Figura 1 es una ilustración de una realización para un conjunto 10 de rueda delantera de bicicleta que proporciona energía usando únicamente elementos contenidos dentro del conjunto 10 de rueda. El conjunto 10 de rueda se alimenta mediante un motor 12 que se monta alrededor de un eje 8 central. El conjunto de rueda tiene un neumático 4 y una cubierta 2. La cubierta 2 existe a ambos lados del conjunto 10 de rueda pero se retira del lado de visión para permitir que las porciones interiores del conjunto de rueda puedan verse.

El conjunto 10 de rueda rota alrededor de un eje 8. Un ejemplo de un motor que puede usarse para el conjunto 12 de motor dentro del conjunto 10 de rueda es un motor de 24 voltios y 250 vatios fabricado por Jia-Yu.

En una realización, un mecanismo de control se suministra fuera del conjunto 10 de rueda para permitir que un usuario incremente la energía suministrada mediante el conjunto 10 de rueda. El usuario usará el mecanismo de control para comandar la energía hacia el motor 12.

En otra realización, no existe mecanismo de control de usuario y el conjunto de rueda está provisto de suficiente inteligencia para funcionar sin entradas o control del usuario. El conjunto 10 de rueda eléctrica se diseña con suficiente inteligencia de manera que no se necesita entrada del usuario. Por consiguiente, no se necesita un mecanismo de control de usuario, ni en el manillar ni en ningún otro lugar en la bicicleta. El sistema electrónico dentro del conjunto 10 de rueda toma decisiones con respecto a la cantidad de energía a suministrar al motor eléctrico.

En realizaciones que no necesitan entradas o control de usuario, se emplean algoritmos y combinaciones de sensores en el conjunto de 10 de rueda para controlar tensiones aplicadas al motor 12.

En otra realización, se emplea el conjunto 10 de rueda como una sustitución de una rueda delantera de bicicleta convencional. El conjunto 10 de rueda es un diseño de rueda eléctrica inteligente que hace que la modernización en una bicicleta convencional con el conjunto 10 de rueda sea una tarea trivial. En esta realización, el conjunto 10 de rueda eléctrica inteligente contiene todo el hardware necesario para proporcionar la energía para accionar una bicicleta. Incluidos dentro del conjunto 10 de rueda están baterías, controladores, y cables incorporados en su interior. El conjunto de rueda se coloca en uso simplemente sustituyendo la rueda delantera en la bicicleta convencional por el conjunto 10 de rueda. La bicicleta convencional modernizada con el conjunto 10 de rueda se convierte entonces en una bicicleta híbrida con energía aplicada de una manera convencional y energía eléctrica aplicada a través del conjunto 10 de rueda.

En una realización, el conjunto 10 de rueda eléctrica puede incluir múltiples tipos de sensores. Estos tipos de sensores pueden incluir acelerómetros, codificadores en o asociados con el motor 12, que miden la posición angular del motor 12 con respecto al suelo, y galgas extensiométricas en uno o más radios 24.

La energía para el motor 12 se proporciona mediante el conjunto 22 de batería. El conjunto 22 de batería es un conjunto que contiene conexiones para varias baterías. En una realización, el conjunto de batería puede rotar con el conjunto 10 de rueda. El conjunto 22 de batería ilustrado en la Figura 1 contiene baterías dispersadas circunferencialmente alrededor del eje 8 de manera que el conjunto 22 de batería puede rotar con el conjunto 10 de rueda. El controlador 6 recibe señales desde la tarjeta 16 de circuito principal con respecto a la cantidad de energía que el motor 12 debería recibir desde el sistema 22 de batería. Una conexión de energía CC (no se muestra) se proporciona para recargar el sistema 22 de batería.

Una realización para el conjunto 22 de batería emplea 20 baterías recargables de tamaño D. Un ejemplo de baterías recargables que pueden usarse son baterías recargables de tamaño D de NEXcell®. Debería apreciarse que numerosos tipos de baterías pueden usarse dentro del conjunto 22 de batería y pueden realizarse conjuntos de batería que contienen más o menos de 20 baterías. Debería apreciarse que se conciben conjuntos adicionales para proporcionar energía de baterías que no contienen baterías dispersadas circunferencialmente alrededor del eje 8 o

que no rotan con el conjunto 10 de rueda.

El conjunto 10 de rueda ilustrado en la Figura 1 puede emplear diversos sensores. Un tipo de sensor que se emplea es un acelerómetro 14 que proporciona datos de sensor indicativos del movimiento del conjunto de rueda. Un ejemplo de un acelerómetro 14 satisfactorio es el Freescale KIT3376MMA7341L que proporciona una salida analógica de tres ejes. El acelerómetro 14 se une a uno de los radios 24 y rota con el conjunto 10 de rueda 10. Los datos de sensor analógicos del acelerómetro 14 se introducen en la tarjeta 16 de circuito principal. Los datos de sensor analógicos del acelerómetro 14 pueden convertirse en datos de sensor digitales en la tarjeta 16 de circuito principal. Un ejemplo de una tarjeta de circuito disponible que puede proporcionar las funciones requeridas por la tarjeta 16 de circuito principal es la RABBIT BL4S200 o similar. En una realización que usa la RABBIT BL4S200, el procesador contenido en la misma puede realizar una Transformada Rápida de Fourier (FFT) de los datos de sensor digitales del acelerómetro 14. Las realizaciones pueden hacer que el procesador realice operaciones matemáticas en los datos de sensor digitales de acelerómetro 14 en tiempo real. El procesador en una RABBIT BL4S200 es suficientemente rápido para realizar estas operaciones en tiempo real.

Otras realizaciones pueden implementar una Tabla de Consulta (LUT) con memoria contenida en la tarjeta 16 de circuito principal. La RABBIT BL4S200 contiene memoria flash que puede proporcionar funcionalidad LUT. Los datos de sensor del acelerómetro 14 pueden convertirse de dominio de tiempo a dominio de frecuencia mediante una FFT y colocarse dentro de una LUT. La LUT puede leerse para proporcionar el ángulo en el que el conjunto 10 de rueda existe actualmente.

Otro sensor que puede usarse dentro del conjunto 10 de rueda es un codificador 18 que funciona para proporcionar datos relativos a la velocidad lineal del conjunto 10 de rueda. El codificador 18 puede ser un codificador rotativo que tiene una parte que no rota con el conjunto 10 de rueda y otra parte que sí rota con el conjunto 10 de rueda. Para determinar la velocidad lineal del conjunto 10 de rueda rotativo, el movimiento de la parte que rota con el conjunto 10 de rueda se mide con respecto a la parte que no rota con el conjunto 10 de rueda. Un ejemplo de tal codificador es el Avago HEDS-9701.

El Avago HEDS-9701 contiene un diodo emisor de luz (LED) que tiene luz emitida y colimada en un haz paralelo mediante una lente de colimación que se coloca en la trayectoria de la luz. En oposición al LED se encuentra un conjunto de fotodetectores y asociado con la circuitería de procesamiento de señal que produce ondas digitales desde la luz recibida desde el LED. En una realización, el LED, la lente de colimación, los fotodetectores y la circuitería de procesamiento de señal rotan con el conjunto 10 de rueda y el disco decodificador permanece en una relación espacial fija con el eje 8.

El disco decodificador se coloca entre el LED y los fotodetectores. El disco decodificador no rota con el conjunto 10 de rueda. Por tanto, el movimiento relativo del disco decodificador con respecto al LED y los fotodetectores provoca que el haz de luz se interrumpa mediante el patrón de espacios y barras en el disco decodificador. Los fotodiodos detectan estas interrupciones que están dispuestas en un patrón. Los fotodetectores se separan de manera que un periodo de luz en un par de fotodetectores se corresponde con un periodo oscuro en el par adyacente de fotodetectores. Las salidas desde los fotodiodos se introducen en comparadores dentro de la circuitería de procesamiento de señal que producen salidas finales para los canales A y B. Las salidas de los canales A y B son señales digitales que están 90 grados fuera de fase, o mencionado de otra manera se dice que están en cuadratura. El conteo del número de fases del disco decodificador giratorio conduce a una determinación de la velocidad del conjunto 10 de rueda. Estas señales para los canales A y B de salida se introducen en la tarjeta 16 de circuito principal. Las salidas desde los canales A y B pueden colocarse dentro de una LUT tal como se analizará en más detalle a continuación. Otras realizaciones pueden usar las salidas de los canales A y B directamente en cálculos matemáticos sin emplear una LUT en la tarjeta 16 de circuito principal o colocarlas en memoria en la tarjeta 16 de circuito principal y usarlas directamente.

El codificador rotativo descrito antes es un ejemplo de un tipo específico de codificador rotativo y será de inmediato aparente para los expertos en la materia que podrían usarse otros codificadores rotativos. Adicionalmente, otros tipos de codificadores en lugar de codificadores rotativos pueden usarse para determinar la velocidad de una bicicleta que emplea el conjunto 10 de rueda.

En una realización, una configuración de sensores emplea un codificador y un acelerómetro.

El acelerómetro 14 se coloca de manera que rota con el conjunto 10 de rueda para medir la intensidad de aceleración. En esta realización, el valor de aceleración se lee mediante el sistema electrónico junto con la lectura del codificador 18. La lectura del codificador 18 puede inicializarse estableciéndola artificialmente en cero cuando la rueda está en una superficie plana. Una vez inicializada, el sistema electrónico mantiene un seguimiento de la posición del codificador y las lecturas del acelerómetro. En una realización, la posición del codificador 18 y las lecturas del acelerómetro 14 se usan mediante el procesador en la tarjeta 16 de circuito principal para calcular la velocidad y la posición, respectivamente. El ángulo de fase del acelerómetro puede calcularse para proporcionar una medición de la pendiente.

- 5 El sistema electrónico también puede calcular el cambio de posición del codificador 18 en unidades de tiempo, lo que es una medición de la velocidad de la bicicleta. Estos dos valores, de pendiente y velocidad, pueden compararse en tiempo real mediante el procesador en la tarjeta 16 de circuito principal para proporcionar información para generar la tensión correspondiente necesaria para el motor para compensar la pendiente y para compensar el arrastre debido a la velocidad.
- Otras realizaciones que emplean tablas de consulta pueden recuperar datos previamente calculados y colocados en tablas de consulta, y comparar los valores contenidos en tablas de consulta durante el funcionamiento del conjunto 10 de rueda. Las comparaciones resultantes proporcionan información para generar la tensión correspondiente necesaria por el motor para compensar la pendiente y para compensar el arrastre debido a la velocidad.
- 10 Tal como se ha mencionado antes, el algoritmo requiere que la pendiente se establezca inicialmente en cero. Por tanto, el usuario debe calibrar la unidad en una superficie plana. En este tipo de realización, la pendiente inicial se calcula cuando la bicicleta se inicia (y se asume que está en un nivel de suelo), se almacena y se sustrae del ángulo de fase calculado en revoluciones posteriores después de la inicialización. Como alternativa, un mecanismo de reinicio de inicialización puede incorporarse al conjunto 10 de rueda permitiendo a un usuario indicar un punto de inicio. Al incorporar uno o más sensores 28 de galga extensiométrica, esta etapa de inicialización puede eliminarse.
- 15 En una realización, uno o más sensores 28 de galga extensiométrica se ubican en radios 24. En una realización que usa sensores 28 de galga extensiométrica ubicados en cada radio 24, la salida desde los sensores 28 de galga extensiométrica alcanza un máximo una vez que el extremo del radio cerca del neumático está más cerca del suelo, teniendo como resultado una máxima cantidad de tensión en ese radio 24. La FFT resultante de las galgas extensiométricas junto con la FFT del acelerómetro proporcionará la pendiente sin ninguna calibración.
- 20 En realizaciones que usan un único sensor 28 de galga extensiométrica, el sistema electrónico asociado con el sensor 28 de galga extensiométrica puede calcular un centroide del valor de tensión para identificar el ángulo de colocación del conjunto de rueda.
- 25 En una realización, un amplificador de puente de Wheatstone se asocia con cada sensor 28 de galga extensiométrica. En otras realizaciones, múltiples sensores 28 de galga extensiométrica proporcionarán múltiples valores de resistencia con un circuito de puente de Wheatstone.
- 30 La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional para una realización del conjunto 10 de rueda. La realización mostrada en la Figura 2 es un conjunto 10 de rueda que puede funcionar sin la necesidad de ningún control del usuario y por tanto no necesita interfaz de usuario. La realización en la Figura 2 con el conjunto de rueda proporciona el sistema electrónico que permite que el usuario simplemente pedalee o frene. El conjunto 10 de rueda tiene múltiples sensores que proporcionan suficiente inteligencia para leer la pendiente y la velocidad de la bicicleta.
- 35 Los sensores en la realización para el conjunto 10 de rueda ilustrados en la Figura 2 incluyen una o más galgas 28 extensiométricas. Las galgas 28 extensiométricas proporcionan una inicialización simple y eficaz para el conjunto 10 de rueda 10. Cada galga 28 extensiométrica puede tener un circuito amplificador de puente de Wheatstone (completo, medio o un cuarto) asociado con la misma para proporcionar una indicación de que el valor de resistencia de la galga extensiométrica ha cambiado. Un amplificador 25 de galga extensiométrica puede usarse para proporcionar excitación para un circuito amplificador de puente de Wheatstone y para amplificar la lectura de la galga extensiométrica.
- 40 Para realizaciones que usan múltiples galgas extensiométricas en radios del conjunto 10 de rueda, la fuerza ejercida por el suelo creará una lectura máxima para la galga 28 extensiométrica en el radio 24 más cerca del suelo. Estas realizaciones pueden colocar una galga 28 extensiométrica en cada radio 28 para crear inteligencia que permitirá que el procesador 23 en la tarjeta de circuito principal conozca la posición del conjunto de rueda.
- 45 Una realización incluye la medición del ángulo de pendiente con respecto a la gravedad usando una única galga 28 extensiométrica. La galga 28 extensiométrica puede configurarse para medir tensión en múltiples direcciones. El centroide de la tensión puede usarse entonces para ubicar la posición del conjunto 10 de rueda. Las realizaciones que emplean una única galga 28 extensiométrica pueden usarse para determinar un centroide de niveles de tensión y de una manera que informa al procesador 23 en la tarjeta de circuito principal de la posición del conjunto 10 de rueda.
- 50 Un conversor 19 de analógico a digital (A/D) convierte los datos de galga extensiométrica a formato digital donde se colocan en un bus A. Los datos de galga extensiométrica pueden usarse entonces mediante el procesador 23.
- 55 El codificador 18 proporciona señales de cuadratura indicativas del movimiento del conjunto 10 de rueda alrededor del eje 8. Las señales del codificador 18 pueden, en una realización, ser señales digitales. Por tanto, la conversión de analógico a digital no es necesaria. Estas señales de cuadratura se colocan en el bus A y se usan mediante el procesador 23 para calcular la velocidad lineal a la que se mueve el conjunto 10 de rueda.
- En otra realización, las señales de cuadratura pueden colocarse en memoria en la tarjeta 16 de circuito principal y

leerse mediante el procesador para calcular la velocidad. Una Tabla 27a de consulta (LUT) por medio de un bus A también podría usarse para este fin.

5 El acelerómetro 14 mide fuerzas ejercidas a través del movimiento del conjunto 10 de rueda así como fuerzas debido a la gravedad. El acelerómetro 14 producirá salidas de tensión en respuesta a la fuerza ejercida en el acelerómetro 14. Estas salidas de tensión son los datos recibidos y convertidos a formato digital mediante el A/D 26. La versión digitalizada de los datos de acelerómetro está entonces disponible en el Bus A donde se colocan en una agrupación 21. Los datos desde la agrupación 18 pueden leerse periódicamente mediante el procesador 23 y puede realizarse una Transformada Rápida de Fourier usando la FFT 20.

10 En otra realización, la Transformada Rápida de Fourier de los datos del acelerómetro 14 se coloca en la Tabla 27b de consulta (LUT) mediante el bus A. Los datos ubicados en la LUT 27b pueden usarse mediante el procesador.

La agrupación 21 y la FFT 20 pueden ubicarse en memoria en la tarjeta 16 de circuito principal. La agrupación 21 es una asignación de memoria para fines de almacenamiento. En lugar de la agrupación 21 que se usa como una estructura de datos, otra estructura de datos, tal como una lista vinculada, podría usarse también. La FFT 20 es un programa que puede residir dentro de memoria en la tarjeta 16 de circuito principal.

15 En realizaciones que emplean la LUT 27a, 27b, estas pueden ubicarse en memoria flash en la tarjeta 16 de circuito principal.

La Transformada Rápida de Fourier de los datos del acelerómetro representa la pendiente. Durante la inicialización, la sustracción del ángulo de fase para las galgas extensiométricas desde el ángulo de fase del acelerómetro (por ejemplo $\phi_A - \phi_S$) proporciona el ángulo inclinado en el que sale el conjunto 10 de rueda.

20 En una realización, el sistema electrónico puede emplear tablas de consulta (LUT). Estas tablas 27a, 27b de consulta pueden contener datos de acelerómetro como una función del ángulo de pendiente y datos de las galgas extensiométricas.

25 En una realización, el ordenador lee las dos LUT 27a, 27b dependiendo de los valores de los sensores y combina los valores de las LUT 27a, 27b para producir un valor para la tensión de salida que debe enviarse desde el conjunto 22 de batería al motor 12. De esta manera, el procesador en la tarjeta 16 de circuito principal puede compensar la pendiente y la fuerza de arrastre debido a que la velocidad de la bicicleta hace que la bicicleta sea más fácil y más divertida de conducir.

Otras realizaciones pueden realizar cálculos directamente desde el sensor y no necesitan el uso de tablas de consulta.

30 La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento básico del cálculo de pendiente, velocidad y ángulo de fase. La rutina se introduce una vez que se está usando el conjunto 10 de rueda. El sistema para el conjunto de rueda va a través de una inicialización 32 en la que los recursos del sistema se adquieren según sea necesario y las diversas partes se inicializan. La Velocidad Detectada 33 espera el movimiento suficiente en el conjunto de rueda antes de leer cualquier dato del sensor. De esta manera, existen 0 voltios aplicados al motor 12 mientras que la bicicleta está en una posición de parada. Una vez que la velocidad se detecta, se adoptan ramificaciones paralelas. Recoger Datos de Velocidad 34 es similar al diagrama de flujo en la Figura 4 y Recoger Datos de Acelerómetro es similar al diagrama de flujo en la Figura 5, y pueden realizarse en paralelo.

35 La velocidad lineal del conjunto 10 de rueda se determina mediante Calcular Datos de Velocidad 34. El ángulo de fase para los datos de acelerómetro se determina mediante Realizar FFT 36. La Fase Calcular Pendiente Sustrayendo Ángulo de Fase de Velocidad del Ángulo de Fase de Acelerómetro 38 proporciona el ángulo de inclinación para ayudar a determinar la tensión de salida que debería suministrarse desde el conjunto 22 de batería al motor 12 mediante el controlador 6.

La rutina de la Figura 3 vuelve entonces al estado de postinicialización y comienza de nuevo la rutina.

45 En una realización, un Cálculo de Ángulo puede determinarse para proporcionar la tensión de salida deseada desde el conjunto 22 de batería al motor 12 en cualquier punto determinado en el tiempo mientras la bicicleta se conduce. La tensión de salida debería ser mayor si la bicicleta está subiendo una colina, y menor si está viajando en un terreno plano o descendiendo una colina.

50 Adicionalmente, la tensión de salida debería ser mayor si la bicicleta viaja a mayores velocidades por dos motivos: (1) para superar fuerzas de arrastre mecánicas que aumentan con la velocidad; (2) para superar la fuerza contraelectromotriz que se genera mediante el motor a medida que gira más deprisa.

La tensión de salida deseada puede derivarse del cálculo de la Ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1: tensión de salida} = [(\text{ÁNGULO} * \text{C1}) + (\text{VELOCIDAD} * \text{C2})] + \text{C3}$$

En la que, ÁNGULO es el ángulo de la superficie en la que corre la bicicleta, VELOCIDAD es la velocidad lineal de la

bicicleta, C1 es la ganancia aplicada al ángulo, C2 es la ganancia aplicada a la velocidad y C3 es un desplazamiento aplicada a todo el cálculo.

5 En una realización, C1, la ganancia aplicada al ángulo, es 37, representándose el ángulo en radianes. C2, la ganancia aplicada a la velocidad, es 0,42, con la velocidad medida en m/s. C3, el desplazamiento aplicada a todo el cálculo, es 0,75 voltios. Debería apreciarse que las realizaciones variables pueden emplear diferentes ganancias C1, C2 y desplazamiento C3 y que lo anterior es solo un ejemplo de una de varias realizaciones posibles.

En una realización, ÁNGULO se actualiza una vez por revolución de la rueda. La actualización de ÁNGULO puede realizarse más o menos frecuentemente de acuerdo con diferentes realizaciones.

10 En otra realización, VELOCIDAD se actualiza N veces por revolución de la rueda. La actualización de VELOCIDAD puede realizarse más o menos frecuentemente de acuerdo con diferentes realizaciones. En una realización, el valor de N es 90. La frecuencia a la que se actualiza VELOCIDAD puede variar en gran medida de acuerdo con realizaciones variables.

15 En una realización, cada vez que se actualiza VELOCIDAD, los datos del acelerómetro 14 pueden actualizarse y almacenarse en una agrupación dentro de la memoria en la tarjeta 16 principal. En cada revolución del conjunto 10 de rueda, los datos del acelerómetro en la agrupación pueden leerse y usarse para calcular el desplazamiento de fase del acelerómetro.

Los cálculos pueden lograrse usando el procesador 23 en la tarjeta 16 de circuito principal.

Fuentes de datos:

20 Los datos para el cálculo de VELOCIDAD y ÁNGULO pueden obtenerse desde dos fuentes: (1) el acelerómetro 14; y (2) el codificador 18 rotativo digital de dos canales que tiene una parte que permanece estacionaria en relación con un eje 8, y otra parte que rota con el conjunto 10 de rueda.

Cálculo de VELOCIDAD:

25 La Figura 4 es un diagrama de flujo para una realización que calcula la velocidad del conjunto 10 de rueda. Establecer $i=0$ 41 inicializa una variable de indexación. Interrupción recibida 43 espera a una interrupción en el procesador a bordo de la tarjeta 16 de circuito principal. El codificador 18 genera pulsos de cuadratura a medida que el conjunto 10 de rueda rota que se usan para interrumpir el procesador a bordo de la tarjeta 16 de circuito principal. El codificador 18 genera pulsos de cuadratura N veces por revolución del conjunto 10 de rueda. Por tanto, el procesador a bordo de la tarjeta 16 de circuito principal se interrumpe N veces por revolución mediante pulsos desde el codificador 18, activando cada interrupción una rutina de servicio de interrupción (ISR). En una realización, N es 30 90; sin embargo, este número puede variar en gran medida de acuerdo con realizaciones variables.

Cada vez que se activa ISR, LEER TEMPORIZADOR 43 lee el valor de un temporizador en la tarjeta 16 de circuito principal. CALCULAR TIEMPO DESDE ÚLTIMA INTERRUPCIÓN 45 almacena el valor del temporizador que es el tiempo desde la última interrupción. La distancia calculada desde la última interrupción es un valor conocido que permanece constante entre pulsos de codificador. Usando la lectura del temporizador y la distancia conocida 35 VELOCIDAD=(DISTANCIA RECORRIDA)/LECTURA DE TEMPORIZADOR 47 se realiza la relación mostrada en la Ecuación 2:

Ecuación 2: VELOCIDAD=distancia recorrida entre pulsos de codificador/conteos de temporizador

40 Cada vez que el codificador 18 proporciona pulsos que interrumpen el proceso en la tarjeta 16 de circuito principal, se conoce la cantidad de tiempo desde el último pulso del codificador 18 (desde la última interrupción). En una realización, el temporizador puede tener una resolución de 100 000 conteos por segundo. Otras realizaciones tendrán resoluciones de temporizador diferentes, ya sean más conteos por segundo o menos conteos por segundo. Está implícito en cada pulso de codificador que una distancia determinada se ha cubierto entre cada pulso. La distancia es una constante, que hace que el cálculo de VELOCIDAD sea una tarea simple.

45 Una vez que VELOCIDAD se calcula, REINICIAR TEMPORIZADOR 48 reinicia el temporizador a 0. Establecer $i=i+1$ incrementa la variable de indexación i que se cuenta hasta el valor de N. Una vez que $i=N$, $i<N$ 42 sale de la rutina de la Figura 4 porque una revolución completa del conjunto 16 de rueda se ha completado y la VELOCIDAD del conjunto 10 de rueda se ha calculado.

La parte dependiente de VELOCIDAD de la tensión de salida se actualiza de esta manera.

50 En una realización, la Figura 4 no sale sino que vuelve otra vez al punto de entrada A y comienza cálculos de velocidad para la siguiente revolución del conjunto 10 de rueda.

Cálculo de ÁNGULO:

En una realización, el cálculo de ÁNGULO se deriva de múltiples fuentes de datos. Estas fuentes de datos pueden ser un codificador rotativo y/o un acelerómetro.

5 En una realización, el cálculo de ÁNGULO se actualiza una vez por revolución de la rueda. Por consiguiente, en tal realización, la adquisición de datos y los cálculos descritos a continuación en referencia a la Figura 5 trabajarán en paralelo con la adquisición de datos y cálculos descritos antes en referencia a la Figura 4.

En una realización, el cálculo de ÁNGULO se logra en dos partes:

10 En la Parte I del cálculo de ÁNGULO, el acelerómetro 14 rota con el conjunto 10 de rueda. Por tanto, si la bicicleta rueda a una velocidad constante en una superficie lisa, la gravedad provoca que la salida del acelerómetro 14 sea una onda sinusoidal. Las conversiones de analógico a digital (A/D) se realizan en la señal desde el acelerómetro N veces por revolución. Estos valores se almacenan en la memoria en la tarjeta 16 de circuito principal como una agrupación o lista vinculada. Al completar una revolución, los datos desde el acelerómetro 14 se almacenan en la memoria y se usan para calcular el desplazamiento de fase de la señal.

15 En referencia a la Figura 5, la rutina de cálculo de ángulo realizada mediante el procesador en la tarjeta 16 de circuito principal tiene un punto de entrada B. Tal como se ha analizado antes en referencia a la Figura 4, ESTABLECER i = 0 inicializa una variable de indexación que se usa para indexar la lectura de los datos de sensor. LEER DATOS DE ACELERÓMETRO DIGITALIZADOS 53 adquiere los datos de sensor desde el acelerómetro 14. ALMACENAR DATOS DE ACELERÓMETRO EN AGRUPACIÓN 54 coloca los datos de sensor adquiridos desde el acelerómetro 14 en memoria en la tarjeta 16 de circuito principal de manera que puede accederse a ellos como una agrupación. Debería apreciarse que una lista vinculada de cada iteración de los datos del acelerómetro almacenados y leídos puede crearse en lugar de una agrupación. Adicionalmente, cualquier estructura de datos que permita el acceso a las iteraciones de datos de acelerómetro almacenados en la memoria puede usarse. Establecer i=i+1 55 incrementa la variable de indexación i. El bloque de decisión i<n 56 comprueba el valor de la variable de indexación i. La rutina en la Figura 5 dividirá el bucle de vuelta a LEER DATOS DE ACELERÓMETRO DIGITALIZADOS 53 del SENSOR hasta que la variable de indexación i se vuelve igual a N.

20

25

30 En una realización, el bucle antes descrito se realiza en paralelo con el cálculo de velocidad descrito en referencia a la Figura 4. Cada vez que un pulso desde el codificador 18 interrumpe el procesador en la tarjeta 16 de circuito principal, los datos del acelerómetro 14 se adquieren y almacenan en una agrupación. Esto continúa durante toda una revolución del conjunto 10 de rueda y luego comienza de nuevo. Al completar una revolución, los datos desde el acelerómetro 14 se almacenan en la memoria y se usan para calcular el desplazamiento de fase de la señal. Al completar una revolución, los datos del acelerómetro 14 que se han almacenado en la memoria se usan para calcular el desplazamiento de fase de la señal.

En una realización, se usa una implementación MatLab para el cálculo de el desplazamiento de fase de la señal de los datos del acelerómetro almacenados. Esta implementación MatLab se muestra a continuación.

35 Implementación Matlab del cálculo de ángulo

Función [ang1, ang2]=ángulo_calc(y1,N)

% dada una señal de entrada, y1 devolverá el desplazamiento de fase de la señal % asumiendo que y1 está principalmente 1 Hz sobre N muestras.

```

% y1 es señal de péndulo = A1*cos(2*pi*x+ang1);
40         %N=90;
           x=(0:N-1)/N;
           base_péndulo_cos(x) = cos(2*pi*x);
           base_péndulo_sen(x) = sen(2*pi*x);
           a1=0;
45         b1=0;

```

para i = 1:N,

```

a1 = a1 + y1(i)*base_péndulo_cos(i);

```

```

b1 =b1 + y1(i)*base_péndulo_sen(i);

```

fin

a1 = a1/N;

b1 = b1/N;

a2 = a2/N;

5

b2 = b2/N;

A1 = 2*sqrt(a1^2+b1^2);

ang1 = atan2(-b1, a1).

10 En otra realización, el cálculo realizado en la implementación MatLab anterior se realiza mediante una Transformada Rápida de Fourier (FFT). La FFT puede escribirse en una versión de C++, u otro alto nivel de programación para realizar las mismas computaciones matemáticas realizadas mediante la anterior implementación MatLab.

15 En la Parte 2 del cálculo de ÁNGULO, el acelerómetro 14 se emplea para detectar todas las fuerzas de aceleración, no solo la gravedad. La aceleración lineal de la bicicleta también forma un componente de la aceleración total que mide el acelerómetro. En esta aplicación, la porción del ángulo que se debe a la aceleración lineal de la bicicleta no es un componente deseado. Para compensar esto, la aceleración lineal promedia lineal se calcula a partir de los datos de velocidad de acuerdo con la relación de la Ecuación 3.

En referencia a la Figura 5, CALCULAR DESPLAZAMIENTO DE FASE PARA ACELERÓMETRO 57 SE REALIZA AL FINAL DE UNA REVOLUCIÓN usando una FFT, la implementación MetLab u otra solución de programación.

CALCULAR ÁNGULO DEBIDO A ACELERACIÓN LINEAL 58 realiza los cálculos descritos a continuación. Primero se realiza un cálculo lineal promedio de acuerdo con la ecuación 3:

20 **Ecuación 3: aceleración lineal promedia = [(velocidad al final de la revolución) – (velocidad al inicio de la revolución)]/(tiempo que tarda en ocurrir la revolución)**

El resultado de la Ecuación 3 se multiplica por una constante para colocarlo en unidades gravitacionales (G) de 9,81 m/s².

La porción del ángulo debido a la aceleración lineal se calcula entonces de acuerdo con la relación de la Ecuación 4:

25 **Ecuación 4: ángulo_aparente = atan(aceleración lineal promedia)**

SUSTRARER ÁNGULO DESDE DESPLAZAMIENTO DE FASE 59 sustrae El Ángulo_aparente del ángulo calculado en la Parte 1, teniendo como resultado el ángulo que se usa para calcular la tensión de salida.

En una realización, si el ángulo final calculado está fuera del intervalo de +/- 7 grados, se mantiene en +/- 7 grados usando lógica implementada dentro del sistema de software que realiza lo siguiente:

30 Si (ángulo > 7 grados)

{

Ángulo = 7 grados

}

Si (ángulo < -7 grados)

35 {

Ángulo = - 7 grados

}

Cálculos adicionales:

40 Para reducir el efecto de fuentes de ruido, se usa un promedio de ejecución para el cálculo de ángulo tal como se muestra mediante la siguiente relación de la Ecuación 4:

Ecuación 4: ángulo aplicado para esta revolución = promedio de los ángulos calculados para las revoluciones n anteriores (El valor óptimo de N todavía se está determinando. Pero en este momento, n = 4)

45 Una interpolación lineal se realiza entre el ángulo previo y el ángulo actual, teniendo como resultado que una revolución completa cambie entre los dos ángulos. Esto asegura que no existan cambios abruptos en la tensión en los límites de la rotación de la rueda.

Un ejemplo de la interpolación:

Se asume que el nuevo ángulo se ha calculado como se ha descrito antes, y el ángulo anterior también se conoce.

Se asumen los siguientes valores:

ángulo (rev n-1) = 1 grado

ángulo (rev n) = 2 grados

Se asume que cada revolución se separa en 90 etapas.

- 5 En cada etapa, $1/90$ de la diferencia en ángulo se aplica a la rueda. En el ejemplo, la diferencia en ángulo son 2 grados - 1 grado = 1 grado.
 $1/90$ de 1 grado = 0,0111

Tabla 1

<u>número de interrupción</u>	<u>ángulo aplicado</u>
1	1
2	1,0111
3	1,0222
4	1,0333
...	...
87	1,9667
88	1,9778
89	1,9889
90	2,000

- 10 Tal como se muestra en la Tabla 1, una revolución completa de la rueda se usó para aplicar el cambio de ángulo, evitando cambios abruptos en la tensión al motor.

Lo anterior describe una realización de la invención con motivos ilustrativos. Estas realizaciones no deberían verse como limitadas y la amplitud de la invención debería medirse mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (10) de rueda alimentado eléctricamente con una llanta, eje central, y radios, que comprende:

un motor (12);
 un sistema (22) de batería dentro de dicho conjunto (10) de rueda que se configura para suministrar energía a dicho motor (12);
 un sistema de sensor unido a dicho conjunto (10) de rueda que proporciona datos analógicos relacionados con la velocidad y el ángulo de orientación de dicho conjunto (10) de rueda; y
 un sistema (6) de control dentro de dicho conjunto (10) de rueda configurado para recibir los datos relacionados con la velocidad y el ángulo de orientación para dicho conjunto de rueda desde dicho sistema de sensor, teniendo dicho sistema (6) de control al menos un procesador (23) con un algoritmo configurado para calcular una tensión de salida basada en los datos relacionados con la velocidad y el ángulo de orientación, generando dicho sistema (6) de control una salida y proporcionándola al sistema (22) de batería para alterar una energía suministrada a dicho motor (12) mediante el sistema (22) de batería para mantener suficiente movimiento en vista de al menos uno de dicha velocidad y dicho ángulo de orientación,
caracterizado porque:

el motor (12) se une al eje (8) dentro de dicho conjunto (10) de rueda y se monta alrededor del eje para accionar el conjunto (10) de rueda, y
 el sistema de sensor comprende un acelerómetro (14) dispuesto para rotar con el conjunto de rueda.

2. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 1 en el que dicha salida de dicho sistema (6) de control controla dicha cantidad de energía suministrada a dicho motor (12) sin ninguna entrada del usuario.

3. El conjunto de rueda de la reivindicación 1 en el que dicho sistema de sensor comprende además un codificador rotativo para proporcionar datos relacionados con velocidad.

4. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 1, en el que:

el motor (12) se une al eje (8) dentro de dicho conjunto (10) de rueda, de manera que dicho motor (12) alimenta dicho conjunto (10) de rueda para rotar alrededor de dicho eje (8) después de que dicho motor (12) reciba una cantidad predeterminada de energía; y dicho sistema (22) de batería está dispuesto para rotar con dicho conjunto (10) de rueda.

5. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 4 en el que dicha salida de dicho sistema (6) de control controla dicha cantidad de energía suministrada desde dicho sistema (22) de batería a dicho motor (12) en respuesta a entradas desde dicho sistema de sensor.

6. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 1 o 5 en el que dicho sistema (6) de control comprende además:

al menos un convertor (19, 26) de analógico a digital que recibe datos que son analógicos y relacionados con dicha velocidad y ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda desde dicho sistema de sensor y convierte los datos analógicos en datos digitales;
 recibiendo algoritmo dichos datos digitales y comprendiendo:

una primera función para determinar el ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda;
 una segunda función para determinar la velocidad de dicho conjunto (10) de rueda;
 una determinación de la tensión de salida aplicada a dicho motor (12) por medio de dicha salida a dicho sistema (22) de batería, realizada dicha determinación de acuerdo con:

$$\text{TENSIÓN DE SALIDA} = \text{ÁNGULO} * C1 + \text{VELOCIDAD} * C2 + C3$$

en la que, ÁNGULO es el ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda; VELOCIDAD es la velocidad de dicho conjunto de rueda; C1 es la ganancia aplicada al ÁNGULO, C2 es la ganancia aplicada a VELOCIDAD y C3 es un desplazamiento de tensión, y

un dispositivo (6) de control asociado con dicho sistema (22) de batería, recibiendo dicho dispositivo (6) de control dicha determinación y aplicando dicha determinación de TENSIÓN DE SALIDA a dicho sistema (22) de batería.

7. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 6 en el que dicho sistema (6) de control comprende además una Transformada (20) Rápida de Fourier (FFT) de datos digitales relacionados con velocidad y ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda, almacenándose dicha FFT (20) de datos digitales relacionados con velocidad y ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda en un par de Tablas (27a, 27b) de Consulta (LUT) y la determinación de la tensión de salida se realiza sustrayendo la FFT almacenada relacionada con velocidad desde la FFT almacenada relacionada con el ángulo de orientación para dicho conjunto de rueda.

8. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 7 en el que la FFT almacenada relacionada con velocidad y la FFT almacenada relacionada con el ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda seleccionadas en la determinación de TENSIÓN DE SALIDA se realizan mediante los datos de sensor.
- 5 9. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 8 en el que dicha primera función para determinar el ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda y dicha segunda función para determinar la velocidad de dicho conjunto (10) de rueda se realizan en paralelo.
10. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 9 en el que dicha primera función para determinar el ángulo de orientación para dicho conjunto (10) de rueda se realiza en cada revolución de dicho conjunto (10) de rueda.
- 10 11. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 10 en el que dicho sistema de sensor comprende además un codificador (18) rotativo para proporcionar datos relacionados con velocidad que interrumpe un procesador (23) de sistema para actualizar los datos de velocidad.
12. El conjunto (10) de rueda de la reivindicación 1, que comprende además un sensor (28) extensiométrico que proporciona una determinación inicial de orientación de dicho conjunto (10) de rueda.

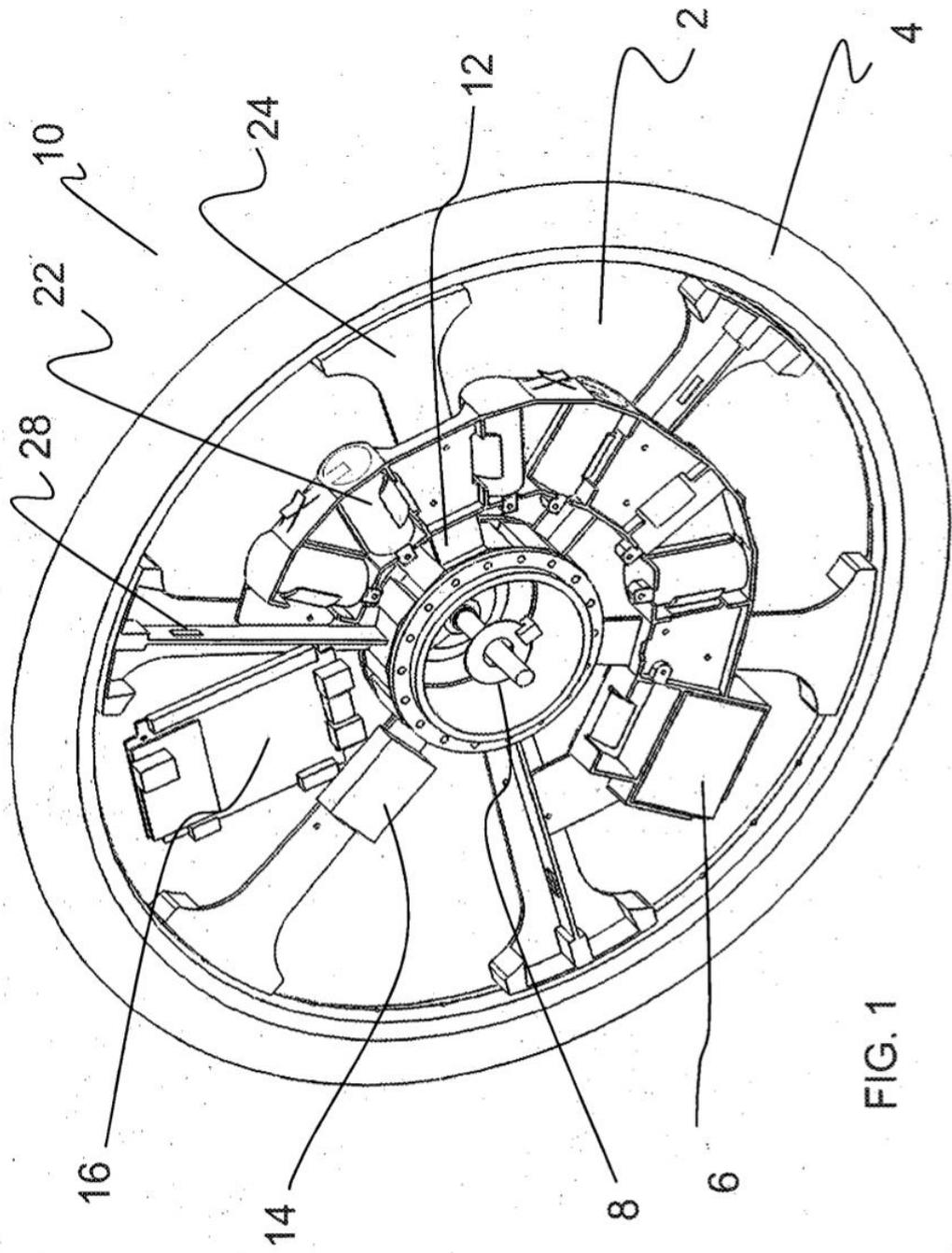


FIG. 1

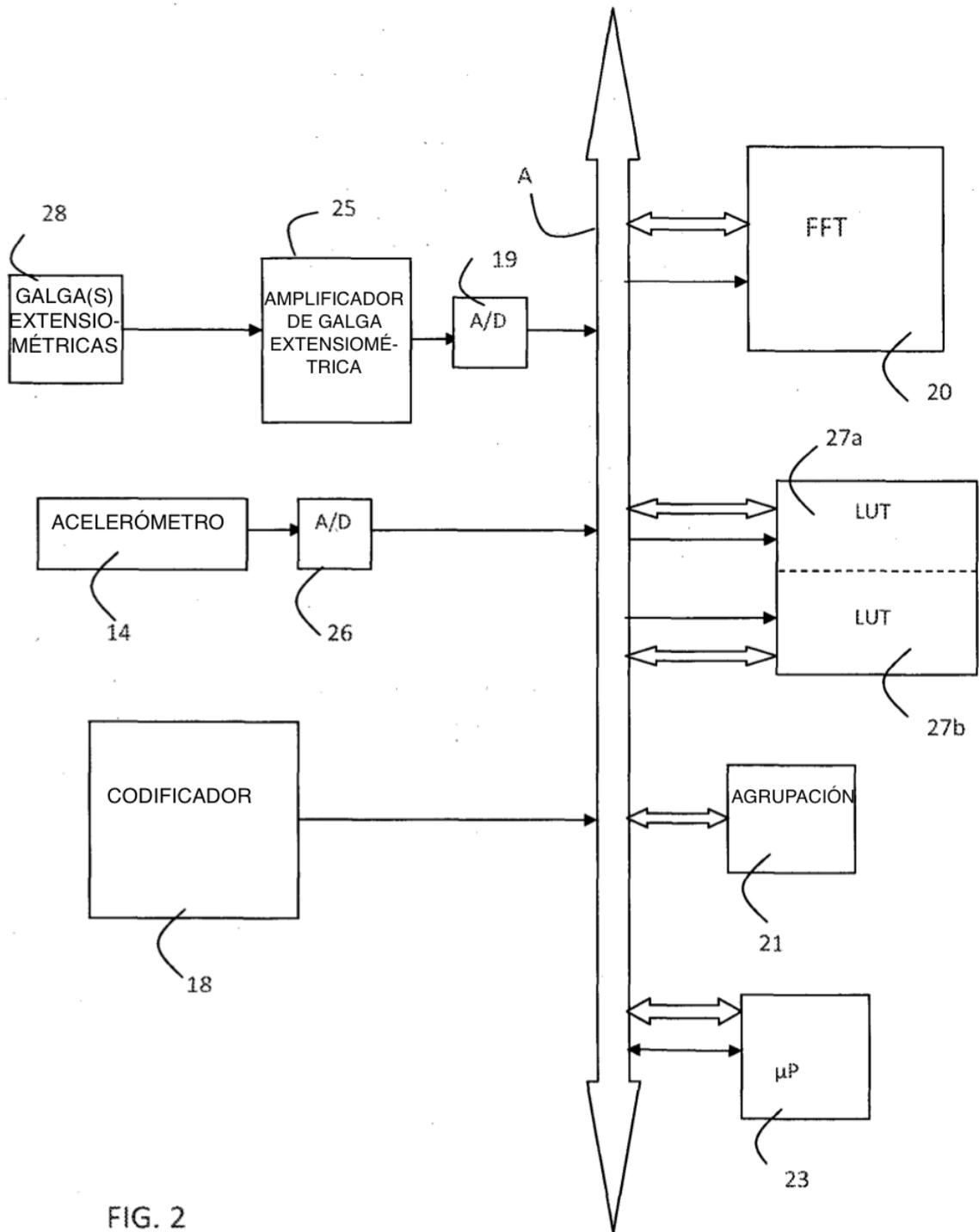


FIG. 2

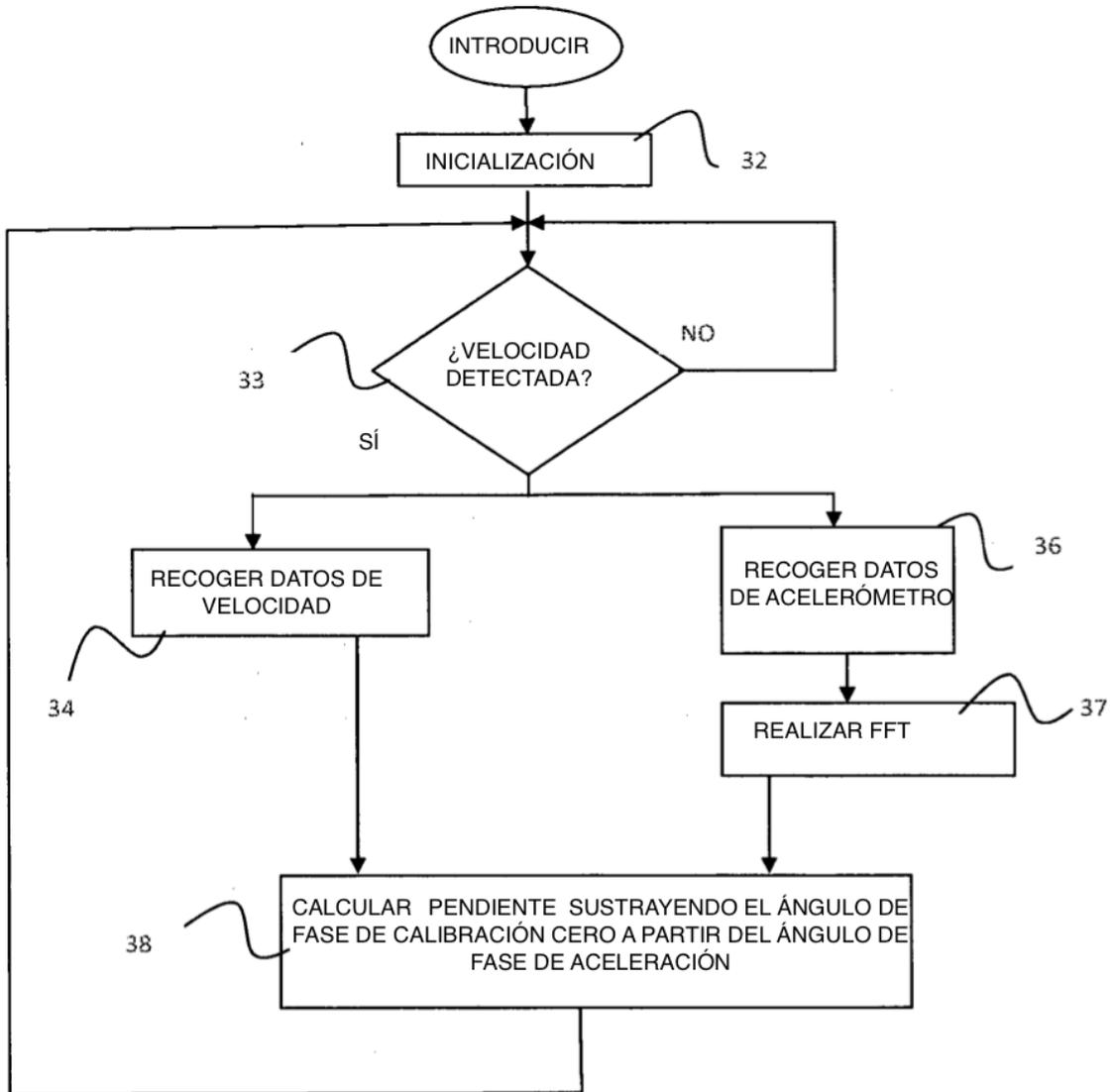


Fig. 3

Cálculo de velocidad

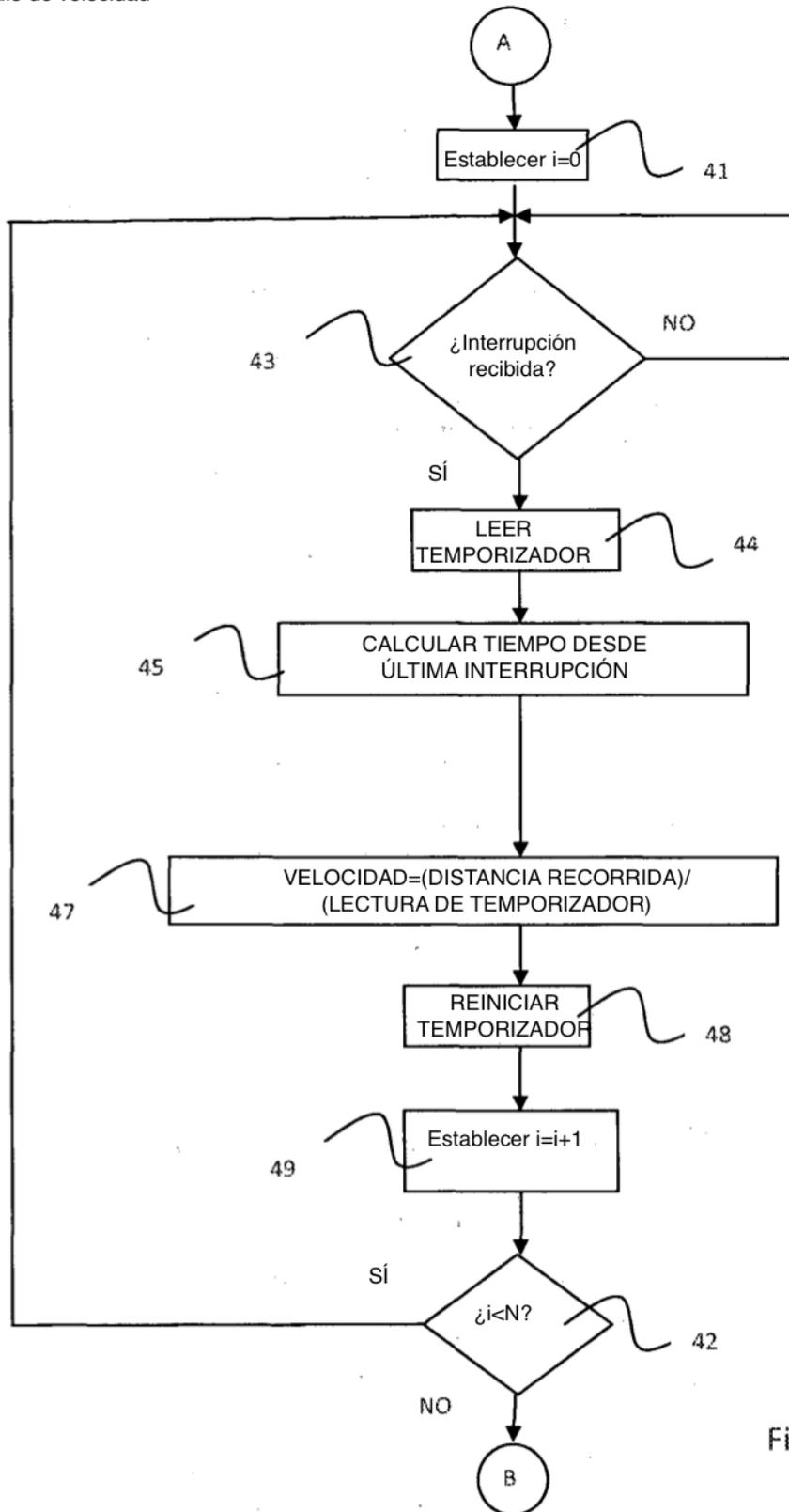


Fig. 4

Cálculo de ángulo

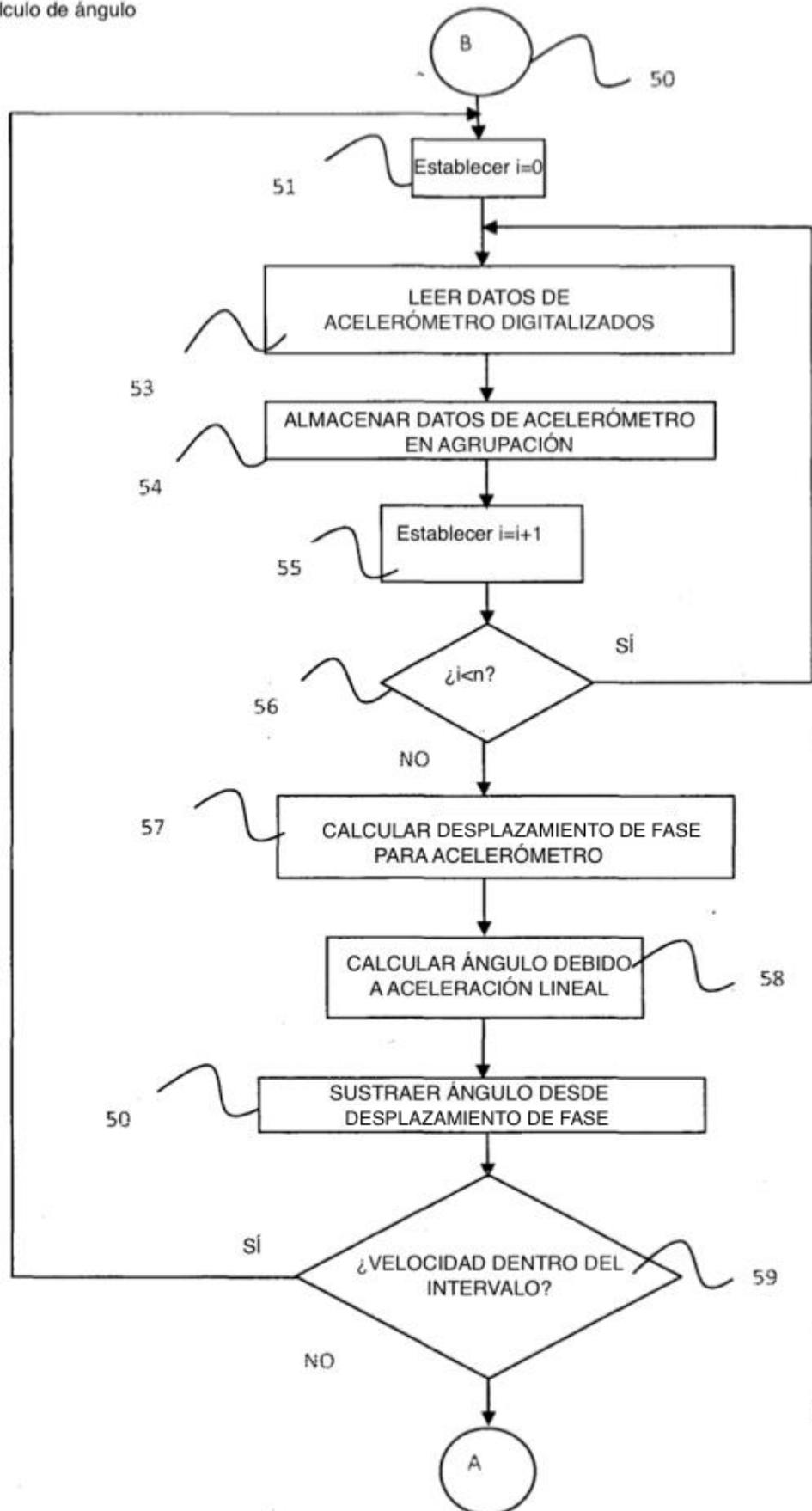


Fig. 5