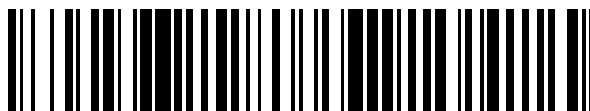


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 348**

51 Int. Cl.:

G05D 1/08 (2006.01)

G01C 21/10 (2006.01)

B60Q 1/08 (2006.01)

B60Q 1/14 (2006.01)

G05B 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2015 E 15174006 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 2960743**

54 Título: **Piloto automático de vehículo volador**

30 Prioridad:

26.06.2014 US 201414316053

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

22.01.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**WISE, KEVIN A.;
LAVRETSKY, EUGENE;
ROBERTS, BRIAN C. y
FRANCIS, JAMES H.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 738 348 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

Piloto automático de vehículo volador

Antecedentes

- Los pilotos automáticos convencionales pueden usar tanto los regímenes angulares tal como son medidos por los
5 giróscopos como las aceleraciones traslacionales a partir de unidades de medición inercial ("IMU") para controlar el
vuelo de los vehículos aéreos. Los proyectiles lanzados por armas (tanto convencionales como electromagnéticos)
experimentan fuerzas gravitacionales ("fuerzas g") muy grandes en el lanzamiento. Estas fuerzas g pueden destruir
o dañar los giróscopos usados para estabilizar una célula inestable. En algunos casos, puede ser difícil y costoso el
10 refuerzo ("refuerzo g") de estos y otros tipos de sensores contra las grandes fuerzas g experimentadas durante el
lanzamiento, así como otras operaciones posibles.

Estas y otras consideraciones se presentan con respecto a la divulgación en el presente documento.

- La patente de Estados Unidos 5.762.290 describe, de acuerdo con su resumen, un sistema para guiar un misil en
alineamiento hacia un objetivo en movimiento. En particular, el ordenador de guiado del sistema tiene una primera
15 unidad para estimar el estado del misil y los movimientos de un objetivo en función de la medición de la posición del
misil con respecto a un eje de referencia, obtenido por unos medios de medición de desviación angular, y mediante
el uso de un modelo del comportamiento dinámico del misil así como un modelo cinemático del objetivo.
Adicionalmente, el ordenador de guiado tiene una segunda unidad vinculada a la primera unidad para obtener
órdenes de seguimiento y valores de referencia para mandar sobre el misil, y una tercera unidad vinculada a la
primera y la segunda unidades para obtener la orden de control aplicada al misil y la primera unidad.

- La solicitud de patente europea EP1117972 describe, de acuerdo con su resumen, un misil guiado inercialmente con
ayuda óptica. El misil incluye un receptor para aceptar órdenes de guiado a partir de una fuente ubicada en un marco
de referencia independiente en relación con el misil y proporcionar una primera señal en respuesta a las mismas. Se
20 monta un filtro sobre el misil para procesar la primera señal y proporcionar una segunda señal en respuesta a la
misma. El filtro emite órdenes a un sistema de navegación que proporciona órdenes de guiado de misil de una forma
convencional.

Sumario

Se debería apreciar que este sumario se proporciona para presentar una selección de conceptos en forma
simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. No se tiene por objeto que
este Sumario sea usado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

- 30 De acuerdo con un aspecto, se proporciona un método implementado por ordenador como se define en la
reivindicación 1. De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema de guiado y control como se define en la
reivindicación 11.

- De acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento, se divulga un método implementado por ordenador
para controlar un vehículo volador. En algunas implementaciones, el método incluye recibir una orden de guiado,
35 recibir una medición de movimiento y generar una pluralidad de estimadas de estado. El método incluye
adicionalmente utilizar la orden de guiado y la pluralidad de estimadas de estado para emitir una orden de superficie
de control. El método también incluye determinar una orden de efector a partir de la orden de superficie de control, y
emitir la orden de efector a al menos un efector de control para controlar el vehículo volador de acuerdo con la orden
de efector.

- 40 De acuerdo con otro ejemplo divulgado en el presente documento, se divulga un sistema de guiado y control para un
vehículo volador. En algunas implementaciones, el sistema de guiado y control incluye un sistema de guiado
operativo para generar una orden de guiado, un dispositivo de medición de movimiento operativo para medir un
movimiento del vehículo volador para generar una medición de movimiento, y un módulo de piloto automático
operativo para recibir la orden de guiado. El módulo de piloto automático también puede ser operativo para generar
45 una pluralidad de estimadas de estado utilizando la medición de movimiento, y utilizar la orden de guiado y la
pluralidad de estimadas de estado para emitir una orden de superficie de control. El sistema de guiado y control
puede incluir adicionalmente un módulo de lógica de control operativo para recibir la orden de superficie de control y,
en respuesta, generar una orden de efector, y un efector de control operativo para recibir la orden de efector para
controlar el vehículo volador de acuerdo con la orden de efector.

- 50 Las características, funciones y ventajas que se han analizado se pueden lograr de forma independiente en diversas
realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones, detalles adicionales de
las cuales se pueden ver con referencia a la descripción y los dibujos siguientes.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones presentadas en el presente documento se entenderán más plenamente a partir de la descripción detallada y los dibujos adjuntos, en donde:

- 5 La figura 1 es un diagrama de un vehículo volador que utiliza estimadas de estado para un sistema de guiado y control de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- La figura 2 es una ilustración de un módulo de control vertical de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- La figura 3 es una ilustración de un módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- 10 La figura 4 es una ilustración de un módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral alternativo de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- La figura 5 es una ilustración de un sistema de guiado y control de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- 15 La figura 6 ilustra una configuración de una rutina para controlar un vehículo volador de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- La figura 7 ilustra una configuración de una rutina para modificar una orden de guiado de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- La figura 8 ilustra un ordenador en el que se pueden implementar un sistema de guiado y control usando un estimador de estado de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento.
- 20 La pluralidad de figuras presentadas en la presente solicitud ilustra variaciones y diferentes aspectos de las realizaciones de la presente divulgación. Por consiguiente, la descripción detallada acerca de cada ilustración describirá las diferencias identificadas en la ilustración correspondiente.

Descripción detallada

- 25 La siguiente descripción detallada se dirige a tecnologías para un sistema de piloto automático en un proyectil, municiones guiadas, un misil o una aeronave, que en el presente documento se denomina vehículo volador. El vehículo volador puede ser, pero no se limita a, un proyectil de hipervelocidad, un lanzagranadas, un proyectil de artillería, un arma de giro por derrape, un arma de giro por inclinación lateral o cualquier objeto guiado a través de un medio, en particular a una velocidad alta. Esta divulgación no se limita a tipo particular alguno de vehículo volador. Más bien, las tecnologías descritas en el presente documento pueden ser ventajosas en cualquier vehículo volador, incluyendo los sujetos a fuerzas g sustanciales que pueden dañar los giróscopos convencionales. En algunas implementaciones, las tecnologías descritas en el presente documento también se pueden usar como un sistema de respaldo para mantener un vuelo estable cuando las mediciones de giróscopo fallan y solo se encuentran disponibles aceleraciones traslacionales para los cálculos de control.
- 30

- 35 De acuerdo con una configuración, un sistema de guiado y control de un vehículo volador usa un estimador de estado para determinar una estimada del estado del vehículo volador. Un módulo de control del sistema de guiado y control usa las estimadas de estado para ejecutar órdenes de guiado recibidas de un módulo de guiado del sistema de guiado y control. El sistema de guiado y control puede usar dispositivos de medición de movimiento para medir la aceleración. Los dispositivos de medición de movimiento pueden incluir, pero no se limitan a, aceleración vertical, aceleración lateral, ángulo de inclinación lateral o empuje. En algunas configuraciones en las que el vehículo volador no incluye un componente de empuje de a bordo, tal como una bala o proyectil de artillería, la configuración puede no incluir un dispositivo de medición de empuje.
- 40

- Basándose en las aceleraciones medidas, se puede estimar el estado del vehículo volador. Estas estimadas se pueden usar como una entrada durante la ejecución de una orden de guiado a partir del módulo de guiado o sobre órdenes de guiado posteriores a partir del módulo de guiado. Como se usa en el presente documento, un "estado" es una característica operativa del vehículo volador, incluyendo, pero sin limitarse a, posición, dirección, cambio de dirección, dinámica de régimen y estados de efector de control.
- 45

El módulo de control puede incluir un módulo de piloto automático y un módulo de lógica de control. De acuerdo con diversas realizaciones descritas con detalle posteriormente, el módulo de piloto automático puede recibir una orden

de guiado a partir del módulo de guiado. Aunque sin limitarse a orden de guiado específica alguna, en algunos ejemplos, la orden de guiado puede estar asociada con una ubicación objetivo, trayectoria de vuelo, ruta de vuelo o punto de paso hasta el que va a navegar el vehículo volador.

5 El módulo de piloto automático utiliza la estimada del estado del vehículo volador para calcular una orden de superficie de control que se usa para controlar el vehículo volador de acuerdo con una orden de guiado. La orden de superficie de control pueden ser órdenes para un timón de profundidad, un alerón, un timón de dirección u otra operación de superficie de control convencional. El módulo de piloto automático emite la orden de control al módulo de lógica de control.

10 La orden de superficie de control determina una superficie de control apropiada a la que se va a emitir la orden de control. En algunas configuraciones, el vehículo volador se puede controlar usando uno o más efectores de control. Los efectores de control pueden adoptar la forma de superficies de control tradicionales tales como un timón de profundidad, un alerón o un timón de dirección. En algunas configuraciones, un efector de control puede incluir, o se puede usar en lugar de, las superficies de control tradicionales descritas anteriormente. En estas implementaciones, un efector de control puede ser una superficie móvil del vehículo volador que, o bien sola o bien junto con otros
15 efectores de control, cambia la aerodinámica del vehículo volador. El cambio de la aerodinámica puede maniobrar el vehículo volador. Los efectores de control se pueden usar en algunos casos en los que el vehículo volador no está diseñado o previsto para mantener una orientación rotacional en torno a un eje central como un aeroplano tradicional. El efector de control puede ser manipulado por uno o más accionadores.

20 Cuando se usa, el efector de control, o bien solo o bien junto con otros efectores de control, puede imitar el efecto aerodinámico de las superficies de control de timón de profundidad, de alerón y/o de timón de dirección convencionales. La orden de superficie de control, que puede incluir salidas para un timón de profundidad, un alerón, un timón de dirección u otras superficies de control convencionales se puede traducir a una orden de efector que se usa para modificar uno o más efectores de control del vehículo volador con el fin de modificar el estado actual de un vehículo de una forma que logrará los objetivos de navegación deseados recibidos del módulo de guiado.

25 Se hacen referencias a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma, y que se muestran a modo de ilustración, realizaciones específicas o ejemplos. Números semejantes representan elementos semejantes por las varias figuras.

30 Pasando a continuación a la figura 1, la figura 1 es un diagrama parcial de un vehículo volador 100 que utiliza estimadas de estado para un sistema de guiado y control ("G y C") 102, que se pueden usar de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El sistema de G y C 102 se puede usar para controlar el vuelo de aeronaves o proyectiles estables o inestables, tales como el vehículo volador 100. El sistema de G y C 102 se puede configurar para proporcionar una o más salidas para dar lugar a uno o más cambios de trayectoria en la senda de vuelo al vehículo volador 100.

35 El sistema de G y C 102 incluye un módulo de guiado 104. El módulo de guiado 104 se puede configurar para emitir una orden de guiado 106. En una implementación, la orden de guiado 106 pueden ser instrucciones preprogramadas almacenadas en un dispositivo de almacenamiento de a bordo del vehículo volador 100. Las instrucciones preprogramadas se pueden configurar para dar instrucciones al sistema de G y C 102 para guiar el vehículo volador 100 de acuerdo con una ruta de vuelo especificada o a un destino o punto de paso especificado.

40 En otra implementación, el módulo de guiado 104 puede recibir instrucciones a partir de una fuente de transmisión mientras el vehículo volador 100 se encuentra en vuelo. Una fuente de transmisión puede incluir, pero no se limita a, una estación terrestre, una aeronave, un satélite o una nave espacial. El módulo de guiado 104 puede emitir la orden de guiado 106 basándose en las instrucciones recibidas de la fuente de transmisión. En otras configuraciones, se puede usar una combinación de instrucciones almacenadas y preprogramadas e instrucciones recibidas por una transmisión a partir de una fuente de transmisión.

45 El módulo de guiado 104 emite la orden de guiado 106 a un módulo de control 108. El módulo de control 108 recibe la orden de guiado 106 y determina una orden de efector 110. La orden de efector 110 es una orden emitida a un efector de control 112 (o más de un efector de control 112). Como se ha hecho notar anteriormente, el efector de control 112 puede adoptar la forma de superficies de control tradicionales tales como un timón de profundidad, un alerón o un timón de dirección, o puede ser una o más superficies del vehículo volador 100 que se pueden usar para
50 controlar el vehículo volador 100 al alterar las características aerodinámicas del vehículo volador 100.

En algunos casos, para determinar la orden de efector 110 (o la orden de guiado 106), puede ser necesario determinar un estado del vehículo volador 100. Como se ha mencionado anteriormente, un estado es una característica operativa del vehículo volador, incluyendo, pero sin limitarse a, posición, dirección, cambio de dirección, dinámica de régimen y estados de efector de control. Por lo tanto, el módulo de control 108 puede usar un
55 estimador de estado 114. El estimador de estado 114 recibe diversas entradas para estimar uno o más estados

asociados con el vehículo volador 100. Entonces, el estado estimado puede ser usado por el módulo de control 108 para determinar la orden de efector 110.

Las estimadas de estado pueden ser necesarias en algunas implementaciones debido a que el equipo diseñado para medir el estado real del vehículo volador 100 puede no ser factible o puede no encontrarse disponible. Un giróscopo es un dispositivo de medición de estado comúnmente usado. Un giróscopo se puede usar para medir los regímenes angulares y ángulos de orientación (un estado) de un vehículo volador en torno a diversos ejes. En algunos casos, no obstante, puede no ser factible el uso de equipo de medición de estado, como los giróscopos.

Algunos giróscopos convencionales son propensos a error o destrucción en situaciones de fuerza g alta (tales como el lanzamiento de un proyectil de alta velocidad). En algunos de estos casos, incluso si se realizan intentos para reforzar el giróscopo contra las fuerzas de aceleración experimentadas durante el lanzamiento (u otras maniobras de fuerza g alta), puede haber una tendencia a que el giróscopo falle o a emitir mediciones erróneas. En otros casos, incluso en maniobras de fuerza g baja, un giróscopo puede fallar o quedar por lo demás inoperativo. En estas y otras situaciones, en lugar de medir un estado real del vehículo volador 100, una estimada de estado puede ser proporcionada por el estimador de estado 114.

Para determinar la estimada de estado, el estimador de estado 114 puede recibir una entrada a partir de un dispositivo de medición de movimiento 116. Aunque no se limita a movimiento particular alguno, el dispositivo de medición de movimiento 116 puede ser un instrumento diseñado para medir la aceleración en una dirección o un ángulo de inclinación lateral. Las aceleraciones típicas pueden incluir, pero no se limitan a, aceleración lineal (inducida por empuje), aceleración lateral o aceleración vertical. El ángulo de inclinación lateral (una orientación rotacional del vehículo en torno a su eje largo) puede ser el ángulo con el que se inclina el vehículo volador 100 en torno a su eje longitudinal con respecto al plano de su trayectoria curvada.

Aunque sin limitarse a una aeronave pilotada, para fines de descripción, las aceleraciones se describen de una forma que estaría asociada con una aeronave pilotada. Por ejemplo, una aceleración lateral se puede considerar una aceleración causada por un cambio en la guiñada del vehículo volador 100. En otro ejemplo, la aceleración vertical se puede considerar una aceleración causada por un cambio en el cabeceo y el ángulo de ataque del vehículo volador 100. Algunos ejemplos del módulo de control 108 se proporcionan en las figuras 2-4 en lo sucesivo.

La figura 2 es una ilustración de un módulo de control vertical 108A de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El módulo de control vertical 108A se puede configurar para controlar la actitud vertical del vehículo volador 100 al recibir una orden de guiado de aceleración vertical 106A a partir del módulo de guiado 104 (de la figura 1). El módulo de control vertical 108A incluye un módulo de piloto automático 218A y un módulo de lógica de control 220A. Como se explicará con más detalle posteriormente, el módulo de piloto automático 218A usa estimadas del estado del vehículo volador 100 para determinar una o más órdenes de efector.

El módulo de piloto automático 218A incluye un módulo de ganancia 221A, un módulo de error 222A, un estimador de estado 114A y un módulo de ganancia 224A. El módulo de ganancia 221A recibe la orden de guiado de aceleración vertical 106A a partir del módulo de guiado 104 (de la figura 1). La orden de guiado de aceleración vertical 106A representa una aceleración vertical solicitada por el módulo de guiado 104. El módulo de ganancia 221A aumenta la intensidad o valor de la orden de guiado de aceleración vertical 106A con el fin de comparar la orden de guiado de aceleración vertical 106A con una salida del módulo de error 222A.

El módulo de error 222A está configurado para recibir una aceleración vertical z . La aceleración vertical A_z es medida por un dispositivo de medición de aceleración vertical 116A. El módulo de error 222A calcula un error, o diferencia, entre la aceleración vertical A_z y una aceleración vertical deseada representada por la orden de guiado de aceleración vertical 106A. La diferencia entre la orden de guiado de aceleración vertical 106A y la aceleración vertical A_z se proporciona a un integrador 226A. El integrador 226A realiza un cálculo sobre la diferencia entre la orden de guiado de aceleración vertical 106A y la aceleración vertical A_z y emite una salida de integrador e_{yi} . La salida de integrador e_{yi} se recibe como una entrada a un módulo de ganancia de integrador 228A.

El módulo de ganancia de integrador 228A aumenta la intensidad de señal de la salida de integrador e_{yi} para su sustracción con respecto a la salida del módulo de ganancia 221A, que es una forma sometida a ganancia de la orden de guiado de aceleración vertical 106A. La sustracción de la salida de integrador e_{yi} con respecto a la orden de guiado de aceleración vertical sometida a ganancia 106A modifica la orden de guiado de aceleración vertical sometida a ganancia 106A. La orden de guiado de aceleración vertical modificada y sometida a ganancia 106A se proporciona como una entrada al estimador de estado 114A.

El estimador de estado 114A está configurado para realizar un cálculo sobre la orden de guiado de aceleración vertical modificada y sometida a ganancia 106A y producir una o más salidas de estimación 230A. Las salidas de estimación 230A son estimadas de algunos estados del vehículo volador. En la configuración ilustrada en la figura 2, las salidas de estimación 230A incluyen, pero no se limitan a, estimadas de un error $\hat{e}_{yi}$, un ángulo de ataque $\hat{\alpha}$ y un

régimen de cabeceo $\hat{q}$. Como se ha hecho notar anteriormente, las salidas de estimación 230A se pueden usar en algunas implementaciones debido a que el equipo usado para medir estas cantidades puede no ser utilizable a diversos niveles de rendimiento.

5 Por ejemplo, el régimen de cabeceo puede ser medido por uno o más giróscopos. En algunas implementaciones, los giróscopos pueden no ser adecuados para aplicaciones de fuerza g alta. En otros ejemplos, los instrumentos usados para medir estas cantidades pueden quedar inoperativos durante el vuelo. Por lo tanto, en una situación "de respaldo", como se ha descrito anteriormente, se pueden usar diversos aspectos del módulo de control vertical 108A para estimar las cantidades.

10 Las salidas de estimación 230A del error $\hat{e}_{y1}$, el ángulo de ataque $\hat{\alpha}$, y el régimen de cabeceo $\hat{q}$ se reciben como una entrada al módulo de ganancia 224A. El módulo de ganancia 224A combina las salidas de estimación 230A del error $\hat{e}_{y1}$, el ángulo de ataque $\hat{\alpha}$, y el régimen de cabeceo $\hat{q}$ y proporciona una orden de timón de profundidad 232A. La orden de timón de profundidad 232A es una orden de superficie de control. La orden de timón de profundidad 232A se usa como la entrada al módulo de lógica de control 220A. La orden de timón de profundidad 232A se puede denominar "orden de superficie de control".

15 Como se ha hecho notar anteriormente, en algunas configuraciones, el movimiento del vehículo volador 100 puede no ser causado por superficies de control tradicionales o convencionales tales como un timón de profundidad. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, la orden de timón de profundidad 232A recibida del módulo de piloto automático 218A se va a convertir en una orden adecuada para un sistema de control de tipo efector. Para convertir la orden de timón de profundidad 232A recibida del módulo de piloto automático 218A en una orden de efector vertical 110A, el
20 módulo de lógica de control 220A incluye un módulo de órdenes de control 234A.

El módulo de órdenes de control 234A usa diversos algoritmos para determinar uno o más efectores de control 112 para implementar una maniobra conforme a la orden de timón de profundidad 232A. El módulo de órdenes de control 234A puede calcular que se necesitan dos o más efectores de control para realizar la maniobra deseada. El módulo de órdenes de control 234A también puede determinar la cantidad o grado de cambio para cada uno de los efectores
25 de control 112. Por ejemplo, la posición de un efector 112 solo se puede cambiar ligeramente, mientras que la posición de otro efector 112 se puede cambiar de una forma relativamente mayor. El módulo de órdenes de control 234A emite la orden de efector vertical 110A al efector de control 112 (o más de un efector 112).

Resulta deseable que el efector de control 112 dé lugar a un cambio en la posición, dirección u otro estado del
30 vehículo volador 100. La aceleración vertical A_z es medida por el dispositivo de medición de aceleración vertical 116A. La aceleración vertical A_z se proporciona como una entrada al módulo de piloto automático 218A. La diferencia entre la orden de guiado de aceleración vertical 106A y la aceleración vertical A_z se proporciona en última instancia como un error. El error se usa para modificar la orden de guiado de aceleración vertical 106A como es emitida por el módulo de guiado 104 para calcular una orden de timón de profundidad 232A nueva o actualizada. En algunas configuraciones, los controladores se pueden usar para implementar un tipo de orden de guiado, tal como la
35 orden de guiado de aceleración vertical como se ilustra en la figura 2, o se pueden usar para implementar una combinación de órdenes de guiado, tal como el controlador de la figura 3.

La figura 3 es una ilustración de un módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108B de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108B se puede configurar para controlar la aceleración lateral y/o la actitud de ángulo de inclinación lateral del
40 vehículo volador 100. Una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B se puede recibir del módulo de guiado 104 (de la figura 1) para controlar el ángulo de inclinación lateral. De una forma similar, una orden de guiado de aceleración lateral 106C se puede recibir del módulo de guiado 104 para controlar la aceleración lateral. Ambos tipos de órdenes de guiado 106 pueden ser recibidas y manejadas por el módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108B. El módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108B incluye un módulo de piloto automático 218B y un módulo de lógica de control 220B. Como se explicará con más detalle posteriormente, el
45 módulo de piloto automático 218B usa estimadas del estado del vehículo volador 100 para determinar una o más órdenes de efector.

El módulo de piloto automático 218B incluye un módulo de ganancia 221B, un módulo de error 222B, un estimador de estado 114B y un módulo de ganancia 224B. El módulo de ganancia 221B recibe una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o una orden de guiado de aceleración lateral 106C a partir del módulo de guiado 104. La orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B representa un ángulo de inclinación lateral deseado y la orden de guiado de aceleración lateral 106C es una aceleración lateral deseada. El módulo de ganancia 221B aumenta la intensidad o valor de la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o una orden de guiado de aceleración lateral 106C a partir del módulo de guiado 104 con el fin de comparar la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o una orden de guiado de aceleración lateral 106C con una salida del módulo de error
50 222B.
55

- El módulo de error 222B está configurado para recibir el ángulo de inclinación lateral ϕ_s tal como es medido por un dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B y calcular la diferencia (o error) entre la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y el ángulo de inclinación lateral ϕ_s tal como es medido por el dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B. De una forma similar, el módulo de error 222B está configurado para recibir una aceleración lateral A_y tal como es medida por un dispositivo de medición de aceleración lateral 116C y calcular la diferencia (o error) entre la orden de guiado de aceleración lateral 106C (la aceleración lateral solicitada) y la aceleración lateral A_y tal como es medida por el dispositivo de medición de aceleración lateral 116C.
- El módulo de error 222B proporciona como una entrada la diferencia entre la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y el ángulo de inclinación lateral ϕ_s a un integrador 226B. El módulo de error 222B también puede proporcionar como una entrada la diferencia entre la orden de guiado de aceleración lateral 106C y la aceleración A_y al integrador 226B.
- El integrador 226B calcula una salida de integrador e_{yi} . La salida de integrador e_{yi} se recibe como una entrada a un módulo de ganancia de integrador 228B. El módulo de ganancia de integrador 228B aumenta la señal o la intensidad de la salida de integrador e_{yi} para su sustracción con respecto a la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B, que se sometió a ganancia en el módulo de ganancia 221B y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C, que también se puede someter a ganancia en el módulo de ganancia 221B. La salida de la comparación se recibe en el estimador de estado 114B.
- El estimador de estado 114B está configurado para realizar un cálculo sobre la salida del módulo de ganancia de integrador 228B y producir una o más salidas de estimación 230B. En la configuración ilustrada en la figura 3, las salidas de estimación 230B incluyen, pero no se limitan a, estimadas de un error de seguimiento de inclinación lateral $\hat{e}_{\phi_l}$, una aceleración lateral integrada $\hat{e}_{A_{yl}}$, un régimen de guiada ϕ_s , un ángulo de resbalamiento B, un régimen de alabeo ρ_s y un ángulo de inclinación lateral $\hat{r}_s$. Las salidas de estimación 230B son estimadas de algunos estados del vehículo volador.
- Las salidas de estimación 230B del error de seguimiento de inclinación lateral $\hat{e}_{\phi_l}$, una aceleración lateral integrada $\hat{e}_{A_{yl}}$, un régimen de guiada ϕ_s , un ángulo de resbalamiento B, un régimen de alabeo ρ_s y un ángulo de inclinación lateral $\hat{r}_s$ se reciben como una entrada al módulo de ganancia 224B. El módulo de ganancia 224B combina las estimadas y proporciona una orden de alerón 232B y/o una orden de timón de dirección 232C. La orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C se pueden denominar "orden de superficie de control".
- La orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C se usan como las entradas al módulo de lógica de control 220B. El módulo de lógica de control 220B recibe la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C y emite una orden de efector de ángulo de inclinación lateral 110B y/o una orden de efector lateral 110C. El módulo de órdenes de control 234B usa diversos algoritmos para determinar uno o más efectores de control 112 para implementar una maniobra conforme a la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C. El módulo de órdenes de control 234B puede calcular que se necesitan dos o más efectores de control para realizar la maniobra deseada. El módulo de órdenes de control 234B también puede determinar la cantidad o grado de cambio para cada uno de los efectores de control 112. Por ejemplo, la posición de un efector 112 solo se puede cambiar ligeramente, mientras que la posición de otro efector 112 se puede cambiar de una forma relativamente mayor. El módulo de órdenes de control 234B emite la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C al efector de control 112 (o más de un efector 112).
- Resulta deseable que el efector de control 112 dé lugar a un cambio en la posición, dirección u otro estado del vehículo volador 100. El ángulo de inclinación lateral ϕ_s es medido por el dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B. La aceleración lateral A_y es medida por el dispositivo de medición de aceleración lateral 116C. La diferencia entre la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C y el ángulo de inclinación lateral ϕ_s o la aceleración lateral A_y se proporciona en última instancia como un error. El error se puede usar para modificar la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C como es emitida por el módulo de guiado 104 para generar una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B nueva o actualizada y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C.
- La figura 4 es una ilustración de un módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108C alternativo de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108C usa una constante de tiempo de alabeo como una entrada adicional. Una constante de tiempo de alabeo es el tiempo requerido para que un vehículo volador alcance una velocidad final de balanceo después de entradas de alerón en escalón. La constante de tiempo de alabeo se puede usar para mitigar o corregir diversos problemas de rendimiento del vehículo volador. Por ejemplo, el vehículo volador 100 puede experimentar oscilaciones de alabeo ligeramente amortiguadas, a veces percibidas y descritas como "tableteo de alabeo". Estas oscilaciones pueden volverse más prevalentes en vehículos voladores de tipo rendimiento relativamente más alto.

Los proyectiles de alta velocidad y los aviones de caza modernos pueden experimentar las oscilaciones amortiguadas durante el inicio y la recuperación siguiendo órdenes de control de alabeo primario relativamente grandes. Las órdenes de regímenes de alabeo grandes pueden requerir unas ganancias de gradiente altas y una aceleración de alabeo alta para lograr y para recuperarse de un alabeo de una forma deseada. Los movimientos

periódicos que pueden seguir pueden sustentarse por interacciones acopladas con vehículo o piloto. El efecto de estas oscilaciones amortiguadas se puede reducir usando diversas técnicas. La figura 4 es un ejemplo del uso de una constante de tiempo de alabeo que se puede usar para lograr diversos beneficios.

En la figura 4, el módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108C recibe la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C a partir del módulo de guiado 104. La orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B representa un ángulo de inclinación lateral solicitado por el módulo de guiado 104. La orden de guiado de aceleración lateral 106C representa una aceleración lateral solicitada por el módulo de guiado 104.

La orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C se introducen en el módulo de control lateral/de ángulo de inclinación lateral 108C. Un ángulo de inclinación lateral φ_s se sustrae de la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B. El resultado de la sustracción se recibe como una entrada a un integrador de constante de tiempo de alabeo 630. El integrador de constante de tiempo de alabeo 630 convierte el resultado de la sustracción en una orden de régimen de alabeo p_{cmd} . En un ejemplo, el proceso de conversión se realiza de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$p_{cmd} = \frac{(\varphi_{cmd} - \frac{p_s}{s})}{\tau_\varphi}$$

en donde p_{cmd} es la orden de régimen de alabeo, φ_{cmd} es la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B, τ_φ es la constante de tiempo de alabeo, p_s es una medición de ángulo de inclinación lateral, y s es un valor de integración. El valor de la constante de tiempo de alabeo τ_φ se puede ajustar para reducir los problemas o lograr determinadas ganancias de rendimiento. La medición de ángulo de inclinación lateral p_s puede ser la salida del dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B. La integración de la medición de ángulo de inclinación lateral p_s en un integrador 632 proporciona el ángulo de inclinación lateral φ_s , que se sustrae de la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B como la entrada al integrador de constante de tiempo de alabeo 630.

Una vez que se ha calculado la orden de régimen de alabeo p_{cmd} , el proceso puede continuar de una forma similar a la de la figura 3 anteriormente. La orden de régimen de alabeo p_{cmd} y/o la orden de guiado de aceleración lateral 106C se reciben en el módulo de piloto automático 218B. El módulo de piloto automático 218B usa el estimador de estado 114B (como se ilustra en la figura 3) para generar la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C. La orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C son entradas al módulo de lógica de control 220B. El módulo de lógica de control 220B recibe la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C y emite la orden de efector de ángulo de inclinación lateral 110B y/o la orden de efector lateral 110C al efector de control 112 para implementar una maniobra conforme a la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C.

La figura 5 es una ilustración de un sistema de G y C 500 de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El módulo de guiado 104 puede emitir una o más órdenes de guiado. En la configuración ilustrada en la figura 5, las salidas del módulo de guiado 104 pueden incluir una orden de guiado de aceleración vertical 106A, una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y/o una orden de guiado de aceleración lateral 106C. La orden de guiado de aceleración vertical 106A se refiere a la actitud vertical del vehículo volador 100. La orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B se refiere al ángulo de inclinación lateral del vehículo volador 100. La orden de guiado de aceleración lateral 106C se refiere a la actitud lateral del vehículo volador 100.

Se debería entender que la materia objeto presentemente divulgada no se limita a tipo o combinación particular alguno de órdenes de guiado, debido a que uno o más tipos de órdenes de guiado se pueden usar solas o en combinación con otros tipos de órdenes de guiado. Además, la materia objeto presentemente divulgada no se limita a tres órdenes de guiado. Algunas implementaciones pueden usar menos de tres, mientras que otras implementaciones pueden usar más de tres. Se considera que estas y otras implementaciones se encuentran dentro del alcance de la materia objeto presentemente divulgada.

La orden de guiado de aceleración vertical 106A, la orden de guiado de aceleración lateral 106C y/o la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B se proporcionan al módulo de piloto automático 218. El módulo de piloto automático 218 recibe la orden de guiado de aceleración vertical 106A, la orden de guiado de aceleración lateral 106C y/o la orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B y determina una orden de timón de profundidad 232A, una orden de alerón 232B y una orden de timón de dirección 232C.

La materia objeto presentemente divulgada no se limita a nomenclatura o número de órdenes particular alguno, tales como la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B o la orden de timón de dirección 232C. Algunas implementaciones pueden usar diferentes superficies de control, mientras que otras limitaciones pueden usar un número diferente de superficies de control. El módulo de piloto automático 218 puede interaccionar con diversos componentes de control de navegación. El módulo de piloto automático 218 también se puede equipar con sensores de horizonte de IR y un segundo GPS de respaldo para aumento de estabilidad de cabeceo/alabeo y determinación de posición como un respaldo de seguridad en el caso de fallo de cualquier sensor o sensores inerciales. Se considera que estas y otras implementaciones se encuentran dentro del alcance de la materia objeto presentemente divulgada.

El módulo de piloto automático 218 incluye el estimador de estado 114 y un módulo de error 222. El estimador de estado 114 recibe una entrada a partir del módulo de error 222 y uno o más dispositivos de medición de movimiento tales como, pero sin limitarse a, el dispositivo de medición de aceleración vertical 116A, el dispositivo de medición de aceleración lateral 116C y el dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B. El estimador de estado 114 usa las entradas para calcular la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C.

Se debería entender que el dispositivo de medición de aceleración vertical 116A, el dispositivo de medición de aceleración lateral 116C, o el dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B se pueden usar como sustitutos de otros tipos de dispositivos de medición, o se pueden usar, en su totalidad o en parte, como un sistema de respaldo. El sistema de G y C 500 se puede usar como un sistema "de respaldo" para un sistema de navegación primario. Por ejemplo, si falla un dispositivo de aceleración lateral del sistema de navegación primario, el dispositivo de medición de aceleración vertical 116A, y los módulos adjuntos del sistema de G y C 500, se pueden usar como un respaldo para el equipo primario. El sistema de G y C 500 puede recibir una instrucción para proporcionar capacidades de guiado a un sistema de navegación primario.

La orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y la orden de timón de dirección 232C se proporcionan como entradas al módulo de lógica de control 220. En algunos vehículos voladores, la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y la orden de timón de dirección 232C se corresponden de una forma uno a uno con las superficies de control físicas del vehículo volador 100 (es decir, un timón de profundidad físico, un alerón físico o un timón de dirección físico). En otras configuraciones, las superficies de control no son traducciones directas de superficies de control particulares. Por ejemplo, dos o más superficies de control, operadas conjuntamente, pueden actuar como un timón de dirección, un alerón y/o un timón de profundidad. En esta configuración, el módulo de lógica de control 220 puede recibir la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C y determinar la superficie de control, o combinación de superficies de control, sobre la que se va a poner en práctica la orden particular.

En algunas configuraciones, las superficies de control se pueden denominar efectores debido a las superficies de control proporcionan un efecto aerodinámico esperado o deseado. En la figura 5, los efectores de control 112 incluyen un efector de timón de profundidad 112A, un efector de alerón 112B y un efector de timón de dirección 112C. Cada uno del efector de timón de profundidad 112A, el efector de alerón 112B y el efector de timón de dirección 112C puede ser una o más superficies de control físicas que, cuando actúan solas o conjuntamente, proporcionan el "efecto". En algunas configuraciones, los efectores de control 112 también pueden incluir un efector de reserva 112D.

Los efectores de control 112 ejecutan las órdenes de efector 110 generadas por el módulo de lógica de control 220. Como se ha hecho notar anteriormente, las órdenes de efector 110 son órdenes emitidas a uno o más de los efectores de control 112 que implementan la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C. El módulo de lógica de control 220 recibe la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C y calcula el efector o efectores particulares necesarios para implementar la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C. El módulo de lógica de control 220 genera una o más órdenes de efector 110 basándose en el cálculo. Por separado o colectivamente, la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C se pueden denominar "orden de superficie de control".

La figura 6 ilustra una configuración de una rutina 600 para controlar el vehículo volador 100 usando un estimador de estado de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. Salvo que se indique lo contrario, se pueden realizar más o menos operaciones de las mostradas en las figuras y descritas en el presente documento. Adicionalmente, salvo que se indique lo contrario, estas operaciones también se pueden realizar en un orden diferente al de las descritas en el presente documento.

La rutina 600 comienza en la operación 602, en donde se recibe una orden de guiado 106 y una medición de movimiento. La orden de guiado puede ser la orden de guiado de aceleración vertical 106A, una orden de guiado de aceleración lateral 106C o una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B. Las órdenes de guiado se pueden recibir del módulo de guiado 104 del sistema de G y C 500. Las órdenes de guiado se pueden proporcionar

al módulo de piloto automático 218.

La medición de movimiento se puede recibir de uno o más dispositivos de medición de movimiento 116. Algunos ejemplos de los dispositivos de medición de movimiento 116 incluyen, pero no se limitan a, el dispositivo de medición de aceleración vertical 116A, el dispositivo de medición de ángulo de inclinación lateral 116B o el dispositivo de medición de aceleración lateral 116V.

La rutina 600 continúa a la operación 604, en donde se genera una pluralidad de salidas de estimación 230. En una configuración, las salidas de estimación 230 se pueden generar usando un estimador de estado 114 del módulo de piloto automático 218. En un ejemplo, se puede calcular un error entre la orden de guiado y un movimiento medido. El cálculo del error entre la orden de guiado y el movimiento medido puede incluir integrar una diferencia entre la orden de guiado y el cambio posicional medido para generar una salida de integrador. La salida de integrador se puede proporcionar a un módulo de ganancia. En un ejemplo, la orden de guiado se modifica al sustraer la salida de integrador con respecto a la orden de guiado.

La orden de guiado puede comprender la orden de guiado de aceleración vertical 106A. En esta configuración, la pluralidad de estimadas de estado pueden incluir una estimada de un error, una estimada de un ángulo de ataque o una estimada de un régimen de cabeceo. En otro ejemplo, la orden de guiado puede comprender una orden de guiado de aceleración lateral 106C o una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral 106B. En este ejemplo, la pluralidad de estimadas de estado pueden incluir estimadas de un error de seguimiento de inclinación lateral, una aceleración lateral integrada, un régimen de guiñada, un ángulo de resbalamiento, un régimen de alabeo y un ángulo de inclinación lateral. Una orden de superficie de control se puede determinar usando la pluralidad de estimadas de estado.

La rutina 600 continúa a la operación 606, en donde se emite la orden de superficie de control 232. En un ejemplo, la orden de superficie de control 232 se puede generar como una salida de un módulo de ganancia 224. El módulo de ganancia 224 puede recibir las salidas de estimación 230 y, usando diversos algoritmos, generar la orden de superficie de control 232. En un ejemplo, la orden de superficie de control 232 se calcula usando un promedio ponderado de las estimadas de estado.

La rutina 600 continúa a la operación 608, en donde se genera al menos una orden de efector 110. En una configuración, la orden de superficie de control 232 se proporciona como una entrada al módulo de lógica de control 220. El módulo de lógica de control 220 genera una o más órdenes de efector 110 para controlar uno o más efectores de control 112. Como se ha hecho notar anteriormente, los efectores de control 112 pueden incluir una o más superficies de control físicas diseñadas para perturbar el flujo de aire en torno al vehículo volador 100 para cambiar la trayectoria del vehículo volador.

La rutina 600 continúa a la operación 610, en donde la orden de efector 110 se emite a al menos un efector de control 112 para controlar el vehículo volador 100. Dos o más efectores, operados conjuntamente, pueden actuar como un timón de dirección, un alerón y/o un timón de profundidad. En una configuración, el módulo de lógica de control 220 puede recibir la orden de timón de profundidad 232A, la orden de alerón 232B y/o la orden de timón de dirección 232C. El módulo de lógica de control 220 puede determinar el efector, o combinación de efectores, sobre el que se va a poner en práctica la orden particular. La rutina 600 puede terminar o puede volver a comenzar para proporcionar ajustes adicionales.

La figura 7 ilustra una configuración de una rutina 700 para modificar una orden de guiado 106 de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. La rutina 700 comienza en la operación 702, en donde se calcula un error entre la orden de guiado 106 y un movimiento medido.

La rutina 700 continúa a la operación 704, en donde una diferencia entre la orden de guiado y el movimiento medido se integra para generar una salida integral. La salida integral se usa para modificar la orden de guiado 106 recibida del módulo de guiado 104.

La rutina 700 continúa a la operación 706, en donde la orden de guiado 106 se modifica al sustraer la salida integral con respecto a la orden de guiado. La rutina 700 puede terminar o puede volver a comenzar para proporcionar modificaciones adicionales a la orden de guiado.

La figura 8 ilustra un ordenador en el que se pueden implementar un sistema de guiado y control usando un estimador de estado de acuerdo con al menos una realización divulgada en el presente documento. El ordenador 800 ilustrado en la figura 8 incluye una o más unidad(es) de procesamiento central ("CPU") 802, una memoria de sistema 804, incluyendo una memoria de acceso aleatorio ("RAM") 806 y una memoria de solo lectura ("ROM") 808, y un bus de sistema 810 que acopla la memoria de sistema 804 a la CPU 802. Un sistema básico de entrada/salida que contiene las rutinas que ayudan a transferir información entre elementos dentro del ordenador 800, tal como durante el arranque, se puede almacenar en la ROM 808.

Las CPU 802 pueden ser procesadores programables convencionales que realizan operaciones aritméticas y lógicas para la operación del dispositivo informático 800, tales como la rutina 600 descrita anteriormente. Las CPU 802 pueden realizar las operaciones realizando transiciones desde un estado físico discreto al siguiente a través de la manipulación de elementos de conmutación que se diferencian entre, y cambian estos estados. Los elementos de conmutación pueden incluir en general circuitos electrónicos que mantienen uno de dos estados binarios, tales como biestables, y circuitos electrónicos que proporcionan un estado de salida basándose en la combinación lógica de los estados de uno o más otros elementos de conmutación, tales como puertas lógicas. Estos elementos de conmutación básicos pueden combinarse para crear circuitos lógicos más complejos, incluyendo registros, sumadores-restadores, unidades lógicas aritméticas, unidades de coma flotante y similares.

- 5
- 10 El ordenador 800 también puede incluir un dispositivo de almacenamiento masivo 812. El dispositivo de almacenamiento masivo puede ser un disco óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o un dispositivo de almacenamiento de estado sólido. El dispositivo de almacenamiento masivo 812 puede ser operativo para almacenar una o más instrucciones para controlar el vehículo volador 100 usando un piloto automático que tiene un estimador de estado. En otra configuración, la RAM 806, la ROM 808 y el dispositivo de almacenamiento masivo 812
- 15 pueden ser operativos para tener, almacenados en los mismos, o bien solas o bien en diversas combinaciones, instrucciones para controlar el vehículo volador 100 usando un piloto automático que tiene un estimador de estado.

- 20 El dispositivo informático 800 puede almacenar programas y datos en el dispositivo de almacenamiento masivo 812 transformando el estado físico del dispositivo de almacenamiento masivo 812 para reflejar la información que se está almacenando. La transformación específica de un estado físico puede depender de diversos factores, en diferentes implementaciones de esta divulgación. Ejemplos de tales factores pueden incluir, pero sin limitación, la tecnología usada para implementar las unidades de almacenamiento masivo 812, ya esté el dispositivo de almacenamiento masivo 812 caracterizado como almacenamiento primario o secundario, y similares.

- 25 Por ejemplo, el dispositivo informático 800 puede almacenar información en el dispositivo de almacenamiento masivo 812 emitiendo instrucciones a través de un controlador de almacenamiento para modificar las características magnéticas de una localización particular en un dispositivo de unidad de disco magnético, las características reflexivas o refractivas de una localización particular en un dispositivo de almacenamiento óptico, o las características eléctricas de un condensador, transistor u otro componente discreto particular en un dispositivo de almacenamiento de estado sólido. Son posibles otras transformaciones de medios físicos sin alejarse del alcance y espíritu de la presente descripción, con los ejemplos anteriores proporcionados únicamente para facilitar esta
- 30 descripción. El dispositivo informático 800 puede leer adicionalmente información desde el dispositivo de almacenamiento masivo 812 detectando los estados físicos o características de una o más localizaciones particulares dentro del dispositivo de almacenamiento masivo 812.

- 35 La RAM 806, la ROM 808 o el dispositivo de almacenamiento masivo 812 pueden encontrarse operativos como medios de almacenamiento legibles por ordenador. Diversos aspectos de la presente divulgación se pueden almacenar en otros tipos de medios de almacenamiento legibles por ordenador tales como, pero sin limitación, RAM, ROM, EPROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria de estado sólido, CD-ROM, discos versátiles digitales ("DVD"), HD-DVD, BLU-RAY, u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento de disco magnético, otros dispositivos de almacenamiento magnético o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar la información deseada y al que se pueda acceder por medio del ordenador 800. Se
- 40 debería entender que, cuando las reivindicaciones se interpretan a la luz de esta presente divulgación, un medio de almacenamiento legible por ordenador no incluye energía en forma de ondas o señales.

- 45 El ordenador 800 también puede incluir un controlador de entrada/salida 816 para recibir y procesar entradas a partir de un número de otros dispositivos, incluyendo un teclado, un ratón o un lápiz electrónico. De forma similar, el controlador de entrada/salida 816 puede proporcionar una salida a una pantalla de visualización, una impresora u otro tipo de dispositivo de salida. Una o más realizaciones pueden incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador fabricado de tal modo que, cuando es leído por un dispositivo informático configurado apropiadamente, se pueden proporcionar instrucciones para realizar operaciones en relación con el control del vehículo volador usando un piloto automático que tiene un estimador de estado.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para controlar un vehículo volador, que comprende:

5 recibir, por un piloto automático (218A) del vehículo volador, una orden de guiado (106) generada por un sistema de guiado (104) del vehículo volador; recibir, por el piloto automático (218A) del vehículo volador, una medición de movimiento medida por un dispositivo de medición de movimiento (116) del vehículo volador;
generar, por el piloto automático (218A) del vehículo volador, una pluralidad de estimadas de estado (230A) utilizando la medición de movimiento cuando no se encuentra disponible equipo para realizar mediciones de estado real, en donde la pluralidad de estimadas de estado (230A) comprende una estimada de error, una estimada de un ángulo de ataque y una estimada del régimen de cabeceo;
10 utilizar, por el piloto automático (218A) del vehículo volador, la orden de guiado (106) y la pluralidad de estimadas de estado (230A) para emitir una orden de superficie de control;
determinar, por un módulo de lógica de control (108) del vehículo volador, una orden de efector (110) a partir de la orden de superficie de control; y
15 emitir, por el módulo de lógica de control (108) del vehículo volador, la orden de efector (110) a al menos un efector de control (112) para controlar el vehículo volador de acuerdo con la orden de efector (110).

2. El método implementado por ordenador de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente calcular un error entre la orden de guiado (106) y un movimiento medido.

3. El método implementado por ordenador de la reivindicación 2, en donde calcular el error entre la orden de guiado (106) y el movimiento medido comprende integrar una diferencia entre la orden de guiado (106) y el movimiento medido para generar una salida de integrador.
20

4. El método implementado por ordenador de la reivindicación 3, que comprende adicionalmente modificar la orden de guiado (106) al sustraer la salida de integrador con respecto a la orden de guiado.

5. El método implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la orden de guiado (106) comprende una orden de guiado de aceleración vertical.

25 6. El método implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la orden de guiado (106) comprende una orden de guiado de aceleración lateral o una orden de guiado de ángulo de inclinación lateral.

7. El método implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente introducir la pluralidad de estimadas de estado (230A) en un módulo de ganancia (224A) para generar la orden de superficie de control.
30

8. El método implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde recibir la orden de guiado (106) comprende recibir una transmisión a partir de una fuente de transmisión.

9. El método implementado por ordenador de la reivindicación 8, en donde la fuente de transmisión comprende una estación terrestre o una aeronave.

35 10. El método implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde recibir la orden de guiado (106) comprende recibir instrucciones preprogramadas en un dispositivo de almacenamiento de a bordo del vehículo volador.

11. Un sistema de guiado y control para un vehículo volador, que comprende:

40 un sistema de guiado (104) operativo para generar una orden de guiado (106);
un dispositivo de medición de movimiento (116) operativo para medir un movimiento del vehículo volador para generar una medición de movimiento;
un módulo de piloto automático (218A) operativo para recibir la orden de guiado (106),
la medición de movimiento y para:

45 generar una pluralidad de estimadas de estado (230A) utilizando la medición de movimiento cuando no se encuentra disponible equipo para realizar mediciones de estado real, en donde la pluralidad de estimadas de estado (230A) comprende una estimada de error, una estimada de un ángulo de ataque y una estimada del régimen de cabeceo, y
utilizar la orden de guiado (106) y la pluralidad de estimadas de estado (230A) para emitir una orden de superficie de control;

un módulo de lógica de control (108) operativo para recibir la orden de superficie de control y, en respuesta, generar una orden de efector (110); y
un efector de control (112) operativo para recibir la orden de efector (110) para controlar el vehículo volador de acuerdo con la orden de efector (110).

- 5 12. El sistema de guiado y control de la reivindicación 11, en donde el efector de control (112) comprende un efector de timón de profundidad, un efector de alerón o un efector de timón de dirección.
13. El sistema de guiado y control de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en donde el módulo de lógica de control (108) es operativo para determinar una combinación de efectores de control (112) en los que se va a implementar la orden de superficie de control.
- 10 14. El sistema de guiado y control de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde el vehículo volador comprende un proyectil de hipervelocidad, un lanzagranadas, un proyectil de artillería, un arma de giro por derrape o un arma de giro por inclinación lateral.

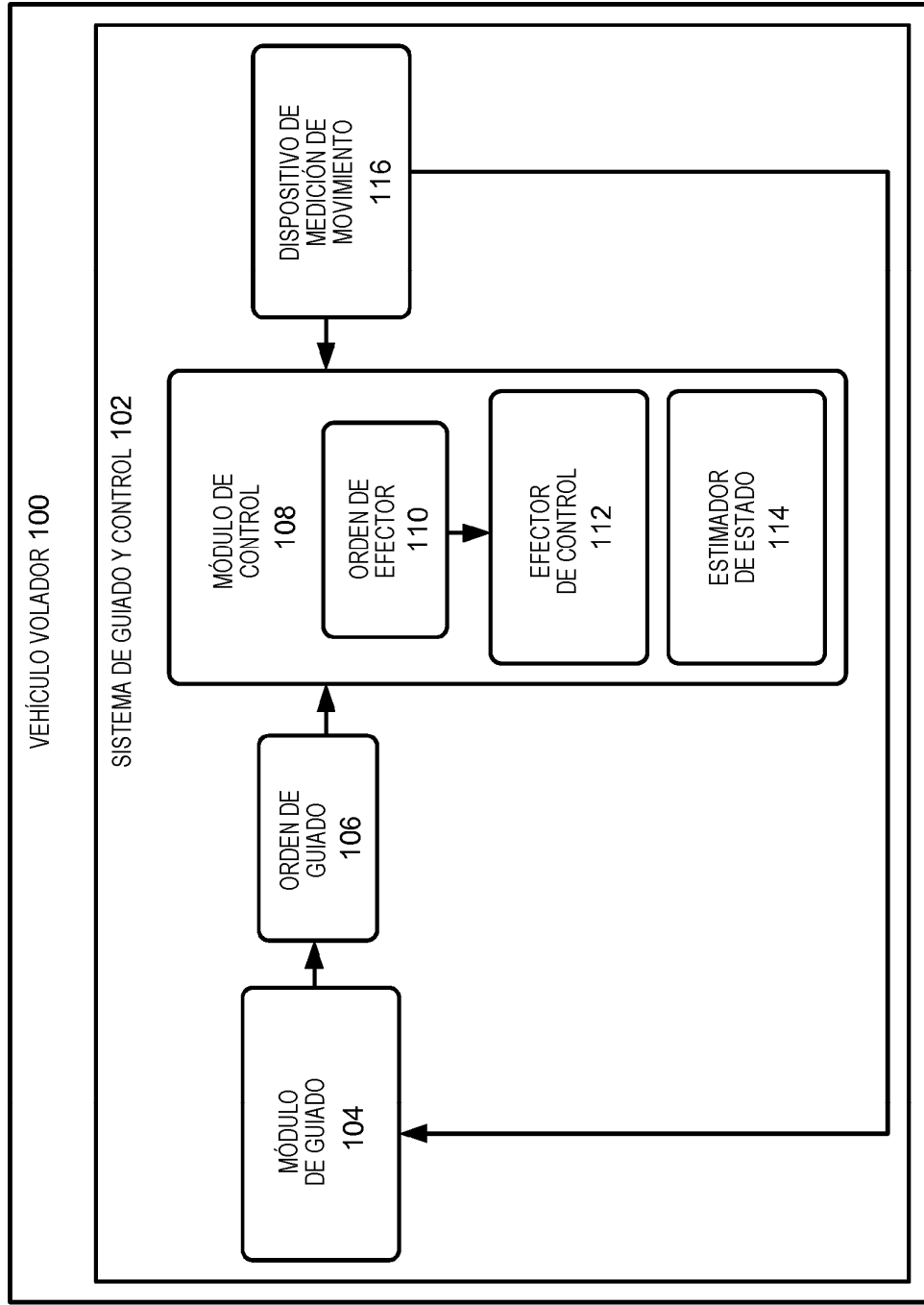


FIG. 1

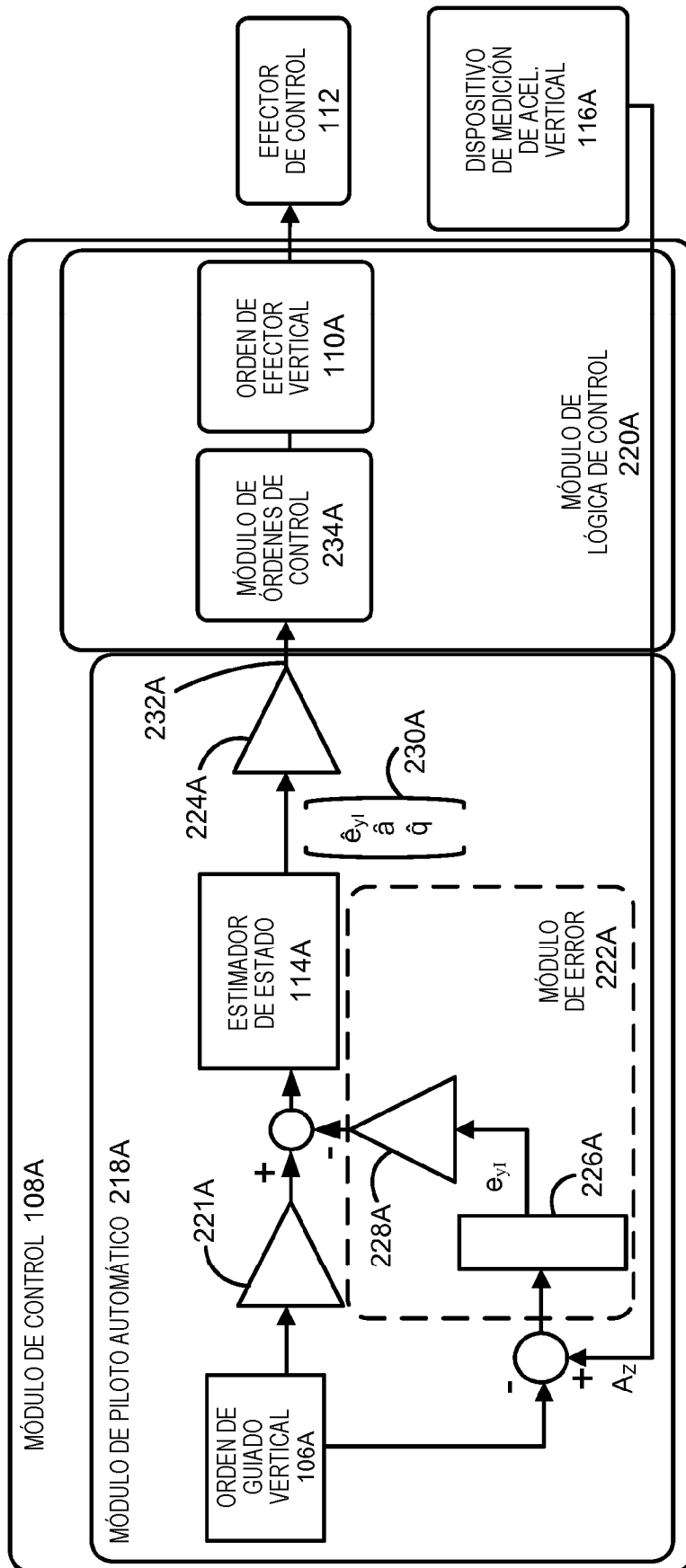


FIG. 2

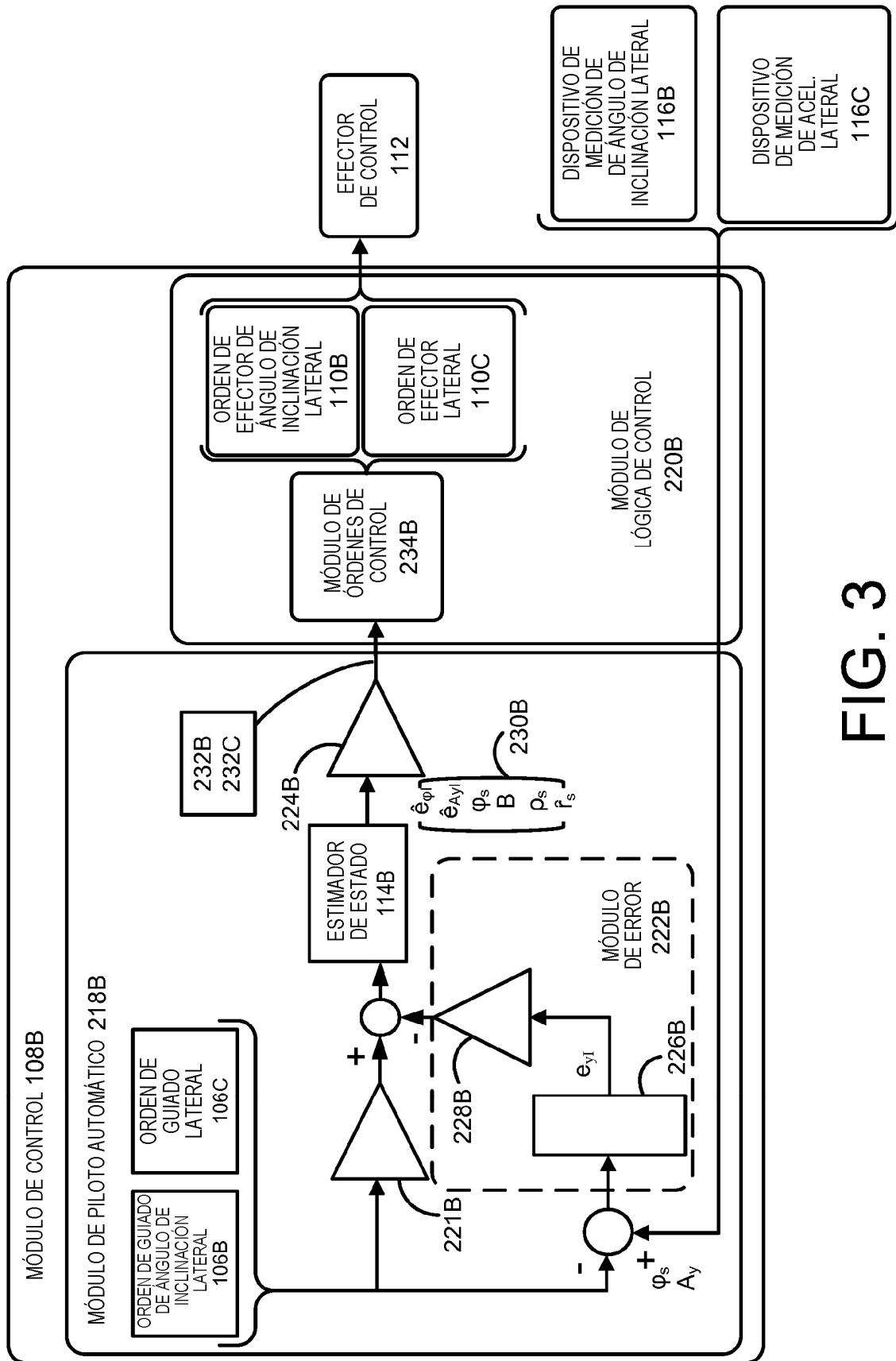


FIG. 3

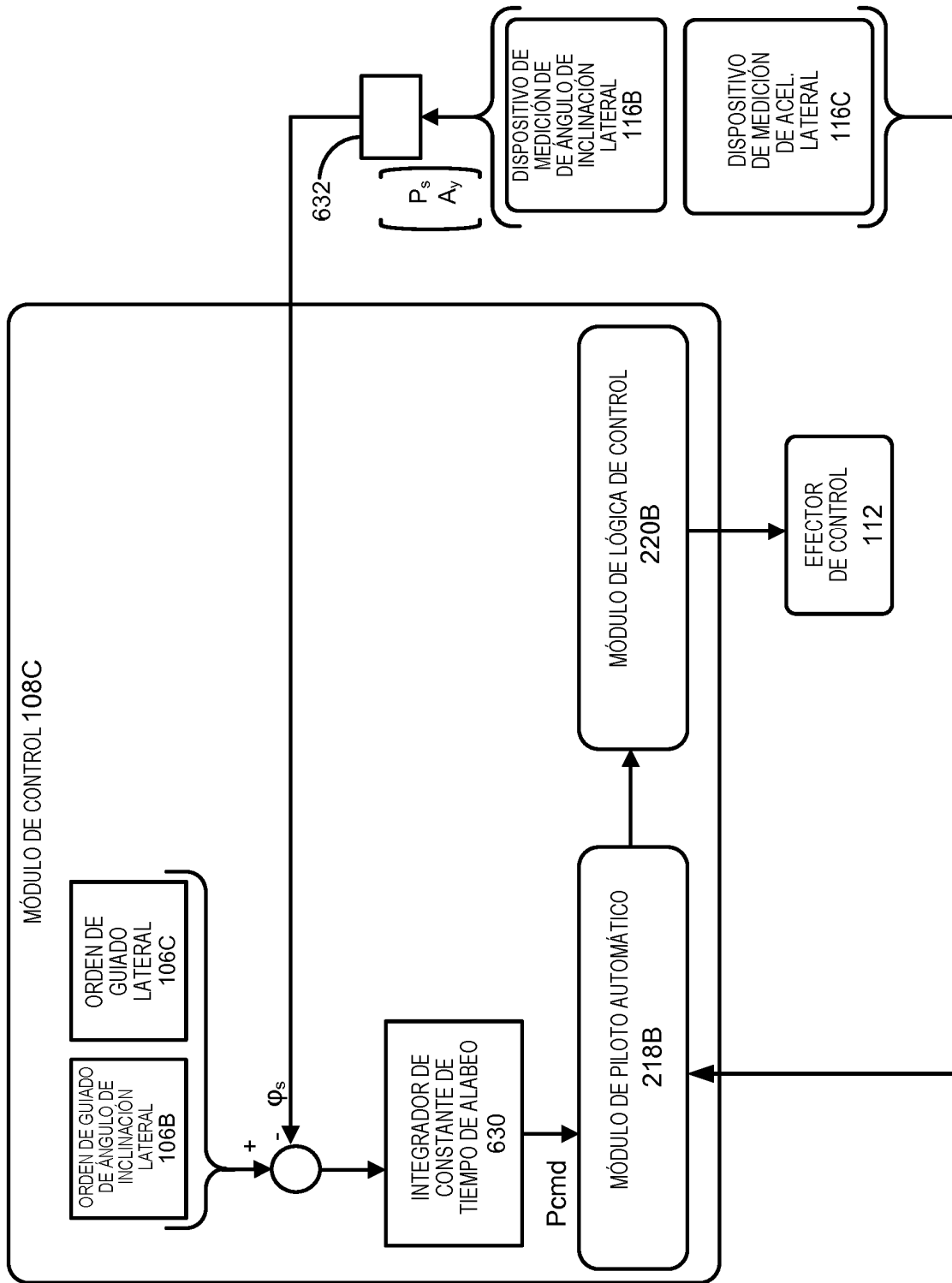


FIG. 4

500

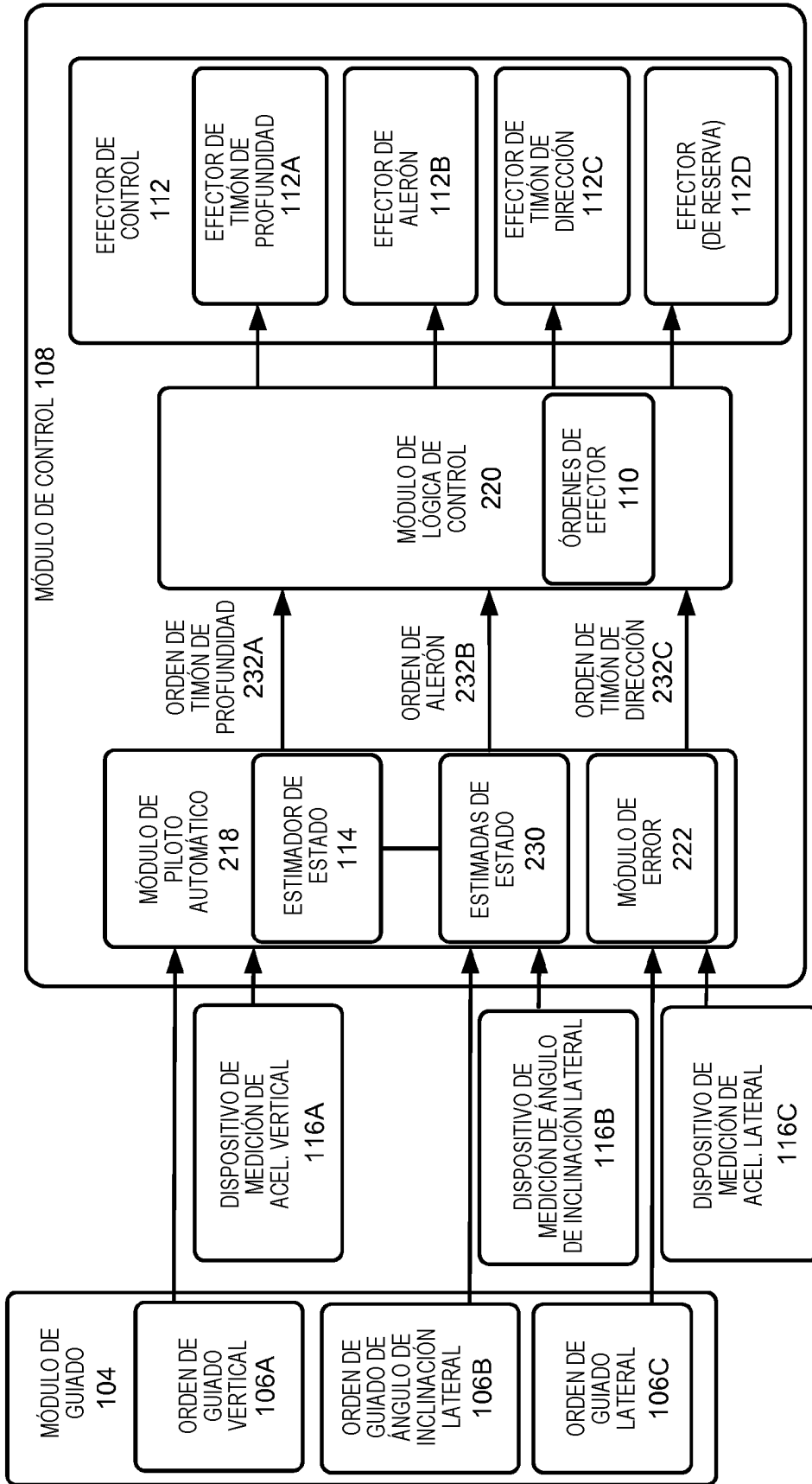


FIG. 5

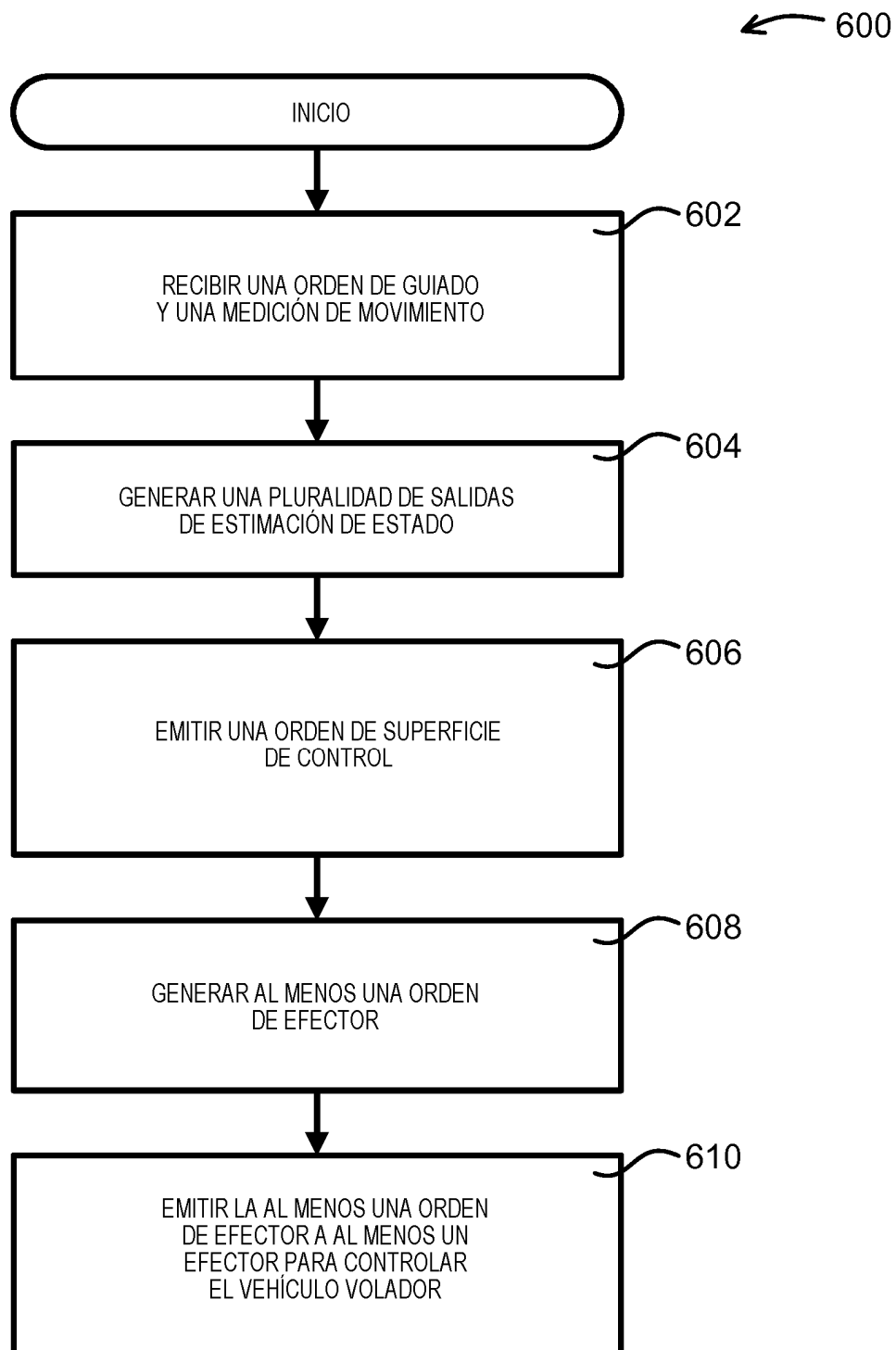


FIG. 6

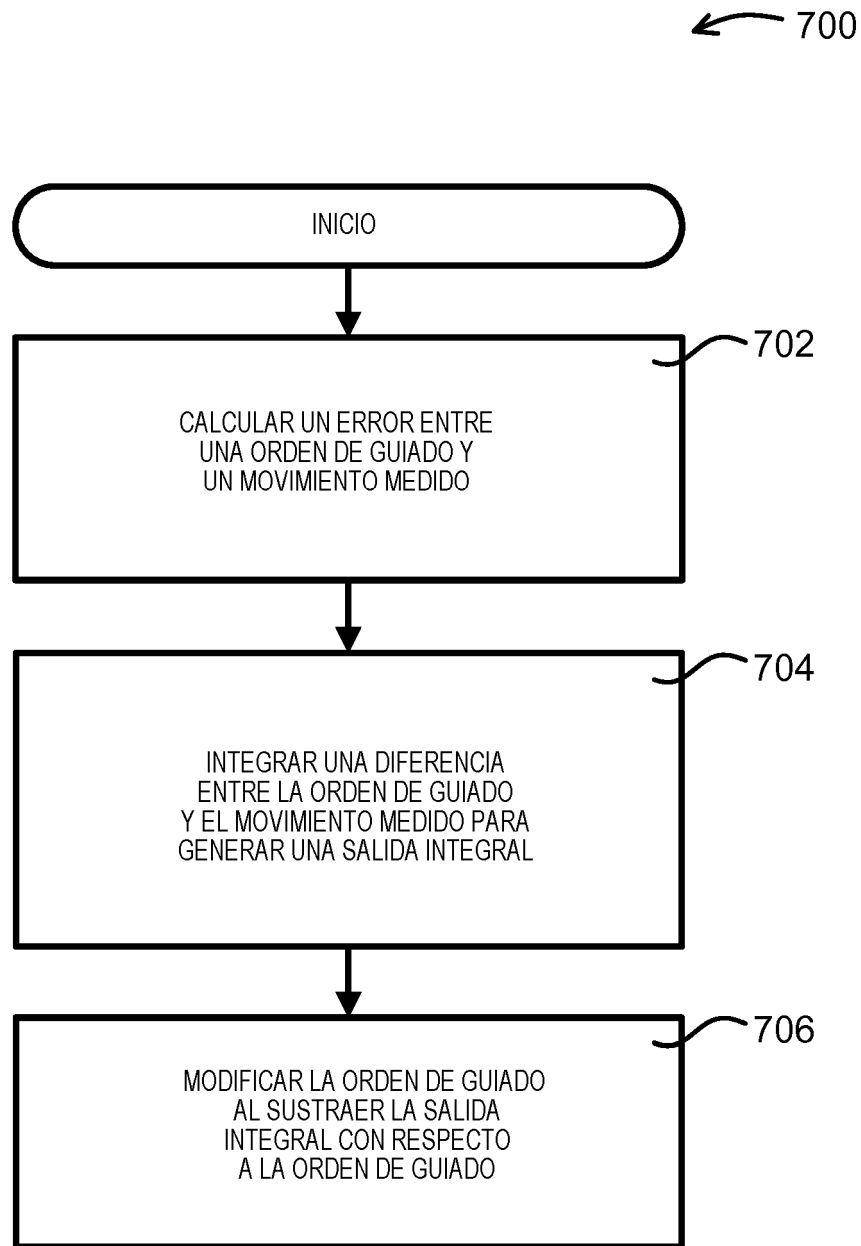


FIG. 7

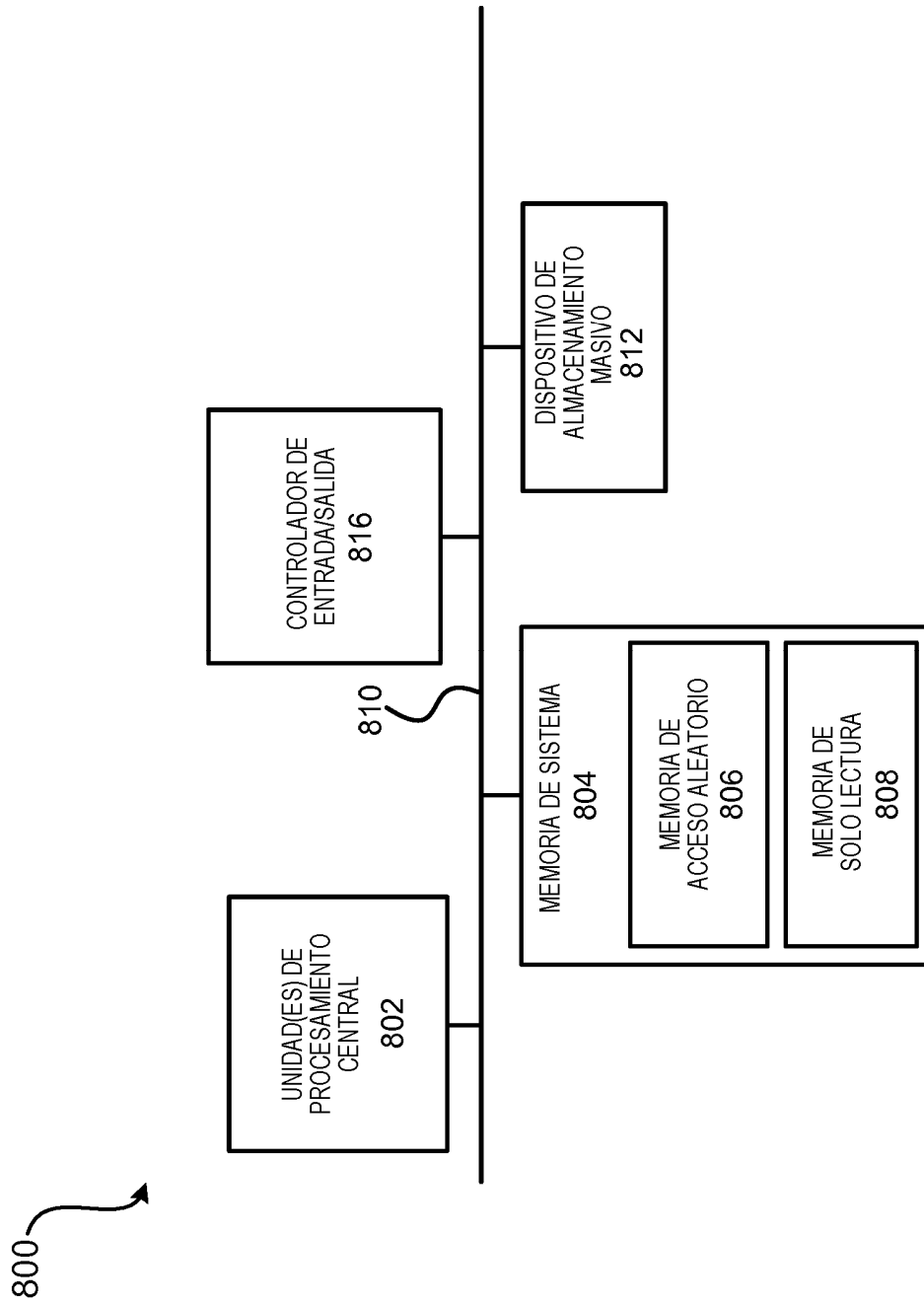


FIG. 8